今後の環境・エネルギー制約の改善を図るための
海外プラント市場拡大に向けた調査研究報告書

平成２１年３月

財 団 法 人 国 際 経 済 交 流 財 団

委託先　社団法人日本プラント協会

この事業は、競輪の補助金を受けて
実施したものです。
http://ringring-keirin.jp

当該事業結果の要約

１．この調査研究は、アジア諸国の中から今後の経済発展が期待されるインドネシア、インド、ベトナムの３か国を対象とし、日本に優位性があると言われる各種環境関連プラントについて、機器別国別に状況分析を行うとともに、途上国市場に対して、効果的に売り出していく方策や、主要各社の市場展開にあたっての戦略を調査し、その上で、政府の政策課題を抽出し、海外展開支援策について、包括的な政策提言に繋げる目的で調査研究を実施した。

２．本調査研究を進めるにあたり、関連分野に豊富な知見を有する公的機関や企業などの委員から成る委員会を組織し、２回にわたって委員会を開催して貴重な意見を聴取し調査研究に反映した。委員名簿を下記する。

委員長	国際連合工業開発機関　東京投資・技術移転促進事務所 代表　大嶋 清治
委員	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 エネルギー・環境技術本部 国際事業統括室　室長　井上 宏一
委員	三井物産株式会社　プロジェクト本部 営業推進室 シニアプロジェクトコーディネーター　杵村 昭典
委員	株式会社日立製作所　電力統括営業本部 国際開発室 室長代理　五味 敬芳
委員	三菱重工業株式会社　海外戦略本部 海外事業管理部 次長　佐々木 秀晴
委員	財団法人省エネルギーセンター　国際協力本部 国際協力部 部長　関山 武司
委員	株式会社日本政策金融公庫　国際協力銀行 国際業務戦略部 次長　内藤 英雄
委員	東洋エンジニアリング株式会社 広報・渉外部長　渡辺 博

３．国内の技術関連誌や関連雑誌、関連機関・各企業・団体のウェブ情報などや海外関係機関・企業のウェブ情報を収集・分析するとともに、日本プラント協会の会員企業である主要なプラントメーカーやエンジニアリング企業、商社へのアンケートを実施し、更にその内の数社に対してヒアリングを実施した。アンケートは、配付先22社中17社より回答を得た。

４．環境・省エネ関連プラントの成約事例に見る特徴

本邦企業による環境・省エネ関連プラントの成約事例をみると、ビジネスの対象となっているプラントに発揮される技術競争力の優位さと市場における当該企業のプレゼンスの高さがあいまって成約に至っていることが見て取れる。技術競争力では50年近い自社開発の結果として省エネ/CO2削減で世界をリードする技術を売り出している場合(例：ガスタービンコンバインドサイクル、尿素プラント)があり、市場におけるプレゼンスについては相手国における環境規制動向に即してプラントニーズを先取りしている場合(例：排煙脱硫装置、廃棄物処理プラント)や設計及び建設における技術力・プロジェクトマネジメントで世界的に市場評価を確立できている場合(例：石油精製、LNGプラント)等が特徴的に見られる。

５．本邦企業の海外プラントビジネスにかかる問題点

環境・省エネ関連プラント市場として今回の調査対象国以外で最も拡大を見込めるところは中国と見られている。ここで留意すべき点は中国企業のプレゼンスが急激に高まっており今やアジア市場においては本邦企業と肩を並べる状況(2006年ENR統計各国企業シェア：日本18%、中国19%)となっていることである。本邦企業としては中国企業とのアライアンスを前提に既開発商品の技術優位は一定期間、保持することに努めつつ技術改良・新製品開発に注力するという技術競争力確保のための経営力が必要とされよう。

６．調査対象国国別プレゼンス拡大の展望と課題

１)ベトナムは社会経済発展計画により2010年の経済規模が2000年の2.1倍以上、一人当たりGDP1,050～1,100ドルの経済発展を見込んでいることからエネルギー政策の基本として省エネルギー型経済の構築を目指している。昨年、JICA協力によって国家エネルギーマスタープラン調査を完了、省エネの進展については日本、オランダなどの支援があるものの推進の余地が依然大きいとされている。DRAFT11を数えている省エネ法によって省エネ及び環境対策投資事業に対する政府支援スキームはエネルギー監査、租税優遇措置、資金調達支援、省エネセンターサービスなど多様である。このうち資金調達支援の一環として新規円借款によるベトナム開発銀行を転貸銀行とするTSL供与が準備中であるが対象プロジェクトの投資事業者の履行能力についてはO&M段階を含め技術面で充分に審査することが肝要となろう。

２)ベトナムは技術導入について国産化を達成し更には国際競争力を持ったレベルへと高めていくことを考えており、中国と同レベルでの技術移転を意識している。本邦企業がプロセス自体の差別性をもってビジネスを定着させている成約事例(例：CO2回収技術供与)が見られる。

３）インドネシアにおけるエネルギー供給の 95%は炭化水素資源であるが石油資源が急速な枯渇を見せる一方で、再生可能エネルギー資源の開発は出遅れている。また、これまで石油依存に伴う補助金支給による消費構造の維持は国家財政に大きな負担をもたらしており、同国にとって省エネ及び再生可能エネルギー利用の推進が政策課題となっている。省エネルギー政令案(2008 年末公布予定)には需要側管理として啓蒙活動、研修、省エネパートナーシッププログラム(エネルギー監査実施)、省エネラベル、標準化がうちだされている。また、再生可能エネルギー資源のうち、特にバイオ燃料に対する期待は大きくバイオ燃料特別区開発など民間部門の役割増大、バイオ燃料製造への政策支援がある。

４）2008 年 5 月発効となった日本・インドネシア経済連携協定は、我が国からの直接投資が既進出日系企業による拡張投資が主体となっている現状からインドネシア側としては電力、石油・ガス、その他鉱物資源分野では投資収益の保護・拡大に配慮しつつ、製造業分野では関連産業の能力開発を重視、日本側の協力を仰ぐ姿勢が明確となっている。省エネ及び環境対策投資事業においては本邦企業としても技術移転のプロセスについてインドネシア市場の成長性と均衡をとって展開していくことを勘案することが必要とされよう。本邦企業にとって注目すべき事象としては石炭火力発電所開発加速プログラム(2009 年までに計 10,000MW 建設、通称クラッシュプログラム)において中国企業が受注攻勢をかけていることで、日本勢への相当な影響が予想されることから今後、実際に稼動に至るまでのパフォーマンスをフォローすることが必要となろう。

５）インドは第 11 次５か年計画(2008～12 年)で年平均９％の GDP 成長を謳っている。省エネ活動として各種の方策(省エネ機器のラベル化及び格付け、省エネ商品ベンチマーク、エネルギー監査、省エネビル推進等)が強力に推進されるべきとしている。環境関連では、数値目標として①大気：主要都市につき WHO 基準クリア②水質:都市生活廃水をきれいな河川レベルまで処理③エネルギー効率：2017 年度までに 20%アップ、を設定している。2008 年 9 月、閣僚級の定期エネルギー政策対話である日印エネルギー対話において環境・エネルギー分野における協力事項として省エネ分野では省エネセンター設立、NEDO 省エネモデル事業/省エネ診断事業、人材育成、啓蒙活動、JICA 研修、JETRO 国際展示会参加が挙げられている。

６）インド市場の成長性は魅力であるが、国産のレベルが総じて高く投資意思決定に必要となる投資環境確認のプロセスが長いものとなっている。本邦企業として市場アクセスを最大限に効率化するには先ずは現地営業拠点の充実を図ることが近道。また、インドの市場規模を勘案すると地場有力企業とのアライアンスが市場への参入拡大に最も有効な方策となろう。

７．我が国プラント関係業界の海外市場戦略の方向

１）海外エンジニアリング会社のプロフィットセンター化

エンジニアリング会社の海外子会社が横断的に地場エンジニアリング会社として営業守備範囲をホスト国及び周辺国市場の発展にあわせ拡大を図っていくもの。

２）投資事業の積極的な展開

ホスト国の経済発展にともなうプラント投資ニーズの変化を的確に把握して当該国におけるプレゼンスを確立し収益拡大に繋げていくためには EPC のみの契約形態では価格競争力に限界があるところから受注の確率に期待ができない。こうした現状から脱却する方策として志向すべきビジネスモデルとして①O&M の取り込み、②事業権の獲得、③CDM/JI スキームの利用拡大、が有効。

８．期待される政策支援措置及び提言

本邦企業による投資要因（地場パートナー、技術移転ニーズがある技術、資金調達ツール等）の見極め選定を迅速化するうえで、わが国政府機関が提供する公的支援メニューの実効性ある運用を確保することが最も期待される課題。

１）公的ファイナンススキームを最大限利用した案件形成の促進

「政策制度支援」型のプログラムローンは政策アクションの達成状況評価を含むプロセスの早期進展が必要。財政支援であるので案件形成の機会創出にあたり資金調達は別途、検討の要あり。この点。JBIC との連携が必要。

アジア・環境ファシリティは JBIC として出資比率等、弾力的対応が必要。

２）ホスト国への知的支援ツールの有効活用

省エネ及び環境対策投資が本邦企業にとって合弁事業展開レベルで現地化していく発展形態が主流になっていくものと考えられるところ、我が国公的機関による継続的な知的支援ツール(マスタープラン作成、専門家派遣、研修生受け入れ、セミナー/ワークショップ等)が本邦企業による個別の事業案件形成に着実に結びついていけるような工夫が欲しい。

３）技術移転フィージビリティの検証機会の拡大

省エネ及び環境対策投資にあたり地場企業の技術導入ニーズの拡大可能性を見極める機会として省エネルギーセンター(現状、調査対象国ではベトナムのみ設立済み)等による現地の啓蒙活動業務をよりビジネスマッチングに密着したものとする。

４）セクター別アプローチの国際枠組化にかかる合意形成

クールアース 50 で提唱されているセクター別アプローチはセクター毎に技術、政策措置等のベストプラクティスを特定するとしているが、実行面で本邦企業によるビジネス機会が最大限に確保されるスキーム導入に注力してほしい。

目　　次

当該事業結果の要約
略号

1.　はじめに 1

2.　調査研究の目的・実施方法・日程 2
2.1　調査研究の目的 2
2.2　調査研究の実施方法 2
2.3　調査研究の日程 3

3.　我が国環境・省エネルギープラントの技術動向 4
3.1　本邦企業による省エネ・環境関連プラントの技術優位性 4
3.2　プラント分野別の技術動向 9
3.2.1　省エネルギープラント 9
3.2.1.1　発電技術 13
3.2.1.2　石油精製技術 23
3.2.1.3　鉄鋼技術 38
3.2.1.4　化学工業技術 59
3.2.1.5　セメント技術 80
3.2.1.6　紙・パルプ技術 92
3.2.1.7　LNG 技術..... 108
3.2.2　公害防止プラント 124
3.2.2.1　排煙脱硫装置 124
3.2.2.2　廃棄物処理プラント 130
3.2.3　海水淡水化プラント 140
3.2.3.1　発電造水プラント 140

4　　本邦企業による省エネ・環境対策関連プラントの海外ビジネス動向..145
4.1　本邦企業による海外プラント・エンジニアリング成約動向と特徴 145
4.1.1　　2007 年度実績..... 145
4.1.2　2008 年度上期実績..... 146
4.1.3　省エネルギー及び環境関連プラントの成約実績 148
4.1.3.1 エネルギープラント成約実績における機種別動向 149

4.1.3.2 化学プラント成約実績における機種別動向 151
4.1.3.3 電力プラント成約実績における機種別動向 153
4.1.3.4 環境関連プラント成約実績における機種別動向 154
4.2 環境・省エネ関連プラントの成約事例にみる特徴 156
4.2.1 省エネプラント 156
4.2.1.1 発電：スペイン・三菱重工業ガスタービンコンバインドサイクル(GTCC)156
4.2.1.2 石油・天然ガス：ベトナム・日揮ズンカット石油精製 157
4.2.1.3 鉄鋼：中国/韓国・三菱重工業製鉄高炉ガス焚き GTCC..... 159
4.2.1.4 化学：インドネシア・東洋エンジニアリング肥料プラント 160
4.2.1.5 セメント：ベトナム・太平洋セメント合弁事業 160
4.2.1.6 LNG：インドネシア・日揮タングーLNG プラント建設..... 162
4.2.2 環境対策プラント 162
4.2.2.1 排煙脱硫装置：ベトナム/インドネシア・IHI 排煙脱硫装置..... 163
4.2.2.2 廃棄物処理プラント：中国・日立造船　成都市ごみ焼却炉 164
4.2.2.3 発電造水プラント：サウジアラビア・三菱重工業 IWSPP 向け発電・造水設備 164
4.3 本邦企業の海外プラントビジネスにかかる問題点 167

5. 省エネ・環境関連プラントの有力海外市場動向 168
5.1 調査対象国の選定理由 168
5.2 国別動向 170
5.2.1 インド..... 170
5.2.1.1 インドにおける省エネルギー事情 170
5.2.1.2 インドにおける環境事情 190
5.2.1.3 日本による環境・省エネルギー関連プラント導入に向けた協力の状況..192
5.2.2 インドネシア 203
5.2.2.1 インドネシアのエネルギー事情 203
5.2.2.2 インドネシアにおける環境事情 224
5.2.2.3 日本による環境・省エネルギー関連プラント導入に向けた協力の状況..228
5.2.3 ベトナム 234
5.2.3.1 ベトナムのエネルギー事情 234
5.2.3.2 ベトナムにおける環境事情 255
5.2.3.3 日本による環境・省エネルギー関連プラント導入に向けた協力の状況..260
5.3 国別プレゼンス拡大の展望と課題 267
5.3.1 インド 267

5.3.1.1 第 11 次５カ年計画(2008～12)による高成長維持と格差是正路線への対応 267
5.3.1.2　第３回日印エネルギー対話を通じたビジネス促進 269
5.3.1.3　本邦企業から見たインドビジネス展開上の課題と展望 272
5.3.2 インドネシア 274
5.3.2.1　省エネルギー及びエネルギー効率増進に向けた政策支援体制 274
5.3.2.2 再生可能エネルギー資源の利用拡大 276
5.3.2.3 本邦企業から見たインドネシアビジネス展開上の課題と展望 278
5.3.3 ベトナム 283
5.3.3.1 我が国 ODA による総合エネルギー開発計画の提示 283
5.3.3.2 ベトナム政府による省エネ及び環境保護活動への支援スキーム ... 288
5.3.3.3 本邦企業からみたベトナムビジネス展開上の課題と展望 292

6.　我が国関係業界の海外市場戦略の方向 297
6.1 海外エンジニアリング会社のプロフィットセンター化 297
6.2 投資事業の積極的な展開 298
6.2.1 O&M の取り込み..... 298
6.2.2 事業権の獲得 298
6.2.3 CDM/JI スキームの利用拡大..... 299
6.2.3.1 ブルガリア風力発電事業 300
6.2.3.2 中国風力発電事業 302

7.　期待される政策支援措置及び提言 303
7.1　公的ファイナンススキームを最大限利用した案件形成の促進 303
7.2　ホスト国への知的支援ツールの有効活用 305
7.3　技術移転フィージビリティの検証機会の拡大 306
7.4 セクター別アプローチの国際枠組化にかかる合意形成 306

APPENDIX

1.「アジア市場への省エネ･環境対策プラントビジネス拡大の課題」アンケート311
2.　同アンケート調査結果 319
3.　委員会議事録　第１回及び第２回 331
4.　参考図表 345

略　号

【A】

ACES	Advanced Process for Cost and Energy Saving
AHAT	Advanced Humid Air Turbine
APCI	Air Products and Chemical, Inc.
APERC	Asia Pacific Energy Research Centre
APP	Asia Pacific Partnership
ASEAN	Association of South East Asian Nations

【B】

bBtud	billion British Thermal Units
B/D	Barrel per Day
BD	Barrel per Day
BFG	blast-furnace off-gas
BOD	Biochemical Oxygen Demand
BOE	Barrels of Oil Equivalent
BOG	Boil Off Gas
BOT	Build Operate Transfer
BP	British Petroleum

【C】

CAPL	Continuous Annealing and Processing Line
CBM	Coal Bed Methane
CC	Continuous Casting
CDM	Clean Development Mechanism
CCS	Carbon Capture & Storage
CDQ	Coke Dry Quenching
CFD	Computational Fluid Dynamics
COD	Chemical Oxygen Demand
COURSE50	CO2 Ultimate Reduction in Steelmaking process by Innovative technology for cool Earth 50

【D】

DEA	Di Ethanol Amine
DGA	Di Glycol Amine
DOIS	Direct Iron Ore Smelting Reduction Process

【E】

EAS	East Asia Summit
EU	European Union

	ESCO	Energy Service Company
【F】		
	FCC	Fluid Catalyst Cracking
【G】		
	GDP	Gross Domestic Product
	GEF	The Global Environment Facility
	GTL	Gas To Liquid
	GW	Giga Watt
	GWe	Giga Watt equivalent
	GWh	Giga Watt hour
【I】		
	IAEA	The International Atomic Energy Agency
	IEA	International Energy Agency
	IEF	International Energy Foundation
	IGCC	Integrated Coal Gasification Combined Cycle
	IMF	International Monetary Fund
	IPP	Independent Power Producer
【J】		
	JBIC	Japan Bank for International Cooperation
	JOGMEC	Japan Oil, Gas and Metals National Corporation (独立行政法人　石油天然ガス金属鉱物資源機構)
	JPEC	Japan Petroleum Energy Center
【K】		
	Kgoe	Kilograms of oil equivalent
	kV	kilo Volt
	KTOE	kilo Ton of oil equivalent
	kW	Kilo Watt
	kWh	Kilo Watt Hour
【L】		
	LHV	Lower Heating Value
	LNG	Liquefied Natural Gas
	LPG	Liquefied Petroleum Gas
【M】		
	MDEA	N-Methyl Di Ethanol Amine
	MEA	Mono Ethanol Amine
	MJ	Mega Joule

	Mtoe	Millions ton of oil equivalent
	MW	Mega Watt
【N】		
	NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organization (独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)
	NMP	N-Methyl-Pyrolidone
	NSP	New Suspension Preheater
【O】		
	ODA	Official Development Assistance
	OPEC	The Organization of the Petroleum Exporting Countries
【P】		
	PCI	Pulverized Coal Injection
	PFBC	Pressurized Fluidized Bed Combustion
	pH	potential Hydrogen, power of Hydrogen
	PJ	Peta Joule
【R】		
	RITE	Research Institute of Innovative Technology for the Earth (財団法人地球環境産業技術研究機構)
	RPF	Refuse Paper & Plastic Fuel
【S】		
	SP	Suspension Preheater
【T】		
	TBC	Thermal Barrier Coating
	Tcf	Trillion cubic feet
	TCF	trillion cubic feet
	TERI	The Energy and Resources Institute
	TOE	Ton Oil Equivalence
	TRT	Top Gas Pressure Recovery Turbine
	TSS	Total Suspended Solid
	TW	Terra Watt
	TWh	Tera Watt-hour
【U】		
	UAE	United Arab Emirates
【V】		
	VVVF	Variable Voltage Variable Frequency

1. はじめに

本調査研究は、財団法人国際経済交流財団より平成 20 年度委託事業「今後の環境・エネルギー制約の改善を図るための海外プラント市場拡大に向けた調査研究」として実施したものである。

洞爺湖サミットや気候変動枠組条約における温室効果ガス削減の交渉によって、温暖化対策を初めとする環境問題に対する意識は先進国のみならず、途上国においても浸透する傾向にある。その中で、我が国の優れた環境技術を活かしたプラント、機器の売込みを積極的に行うべき時期にある。実際に我が国のプラントエンジニアリング企業は、産油産ガス国を中心に積極的な受注活動を展開している。また、一部の重工メーカーはアジアに合弁工場を建設し、市場を開拓しようとする動きが見られる状況である。

この調査研究は、アジア諸国の中から今後の経済発展が期待されるインド、インドネシア、ベトナムの３か国を対象とし、日本に優位性があると言われる各種環境関連プラントについて、機器別国別に状況分析を行うとともに、途上国市場に対して、効果的に売り出していく方策や、主要各社の市場展開にあたっての戦略を調査し、その上で、政府の政策課題を抽出し、海外展開支援策について、包括的な政策提言に繋げる目的で調査研究を行った。

本報告書が、我が国のプラントエンジニアリングに携わる企業がこれらアジア諸国において省エネ・環境分野を中心としたプラントエンジニアリングビジネスを推進する上で一助となり、また我が国政府による本分野における政策決定・推進の一助となることを期待する。

2. 調査研究の目的・実施方法・日程

2.1 調査研究の目的

日本に優位性があると言われる各種環境関連プラントについて、機器別国別に状況分析を行うとともに、途上国市場に対して、効果的に売り出していく方策や、主要各社の市場展開にあたっての戦略を調査し、その上で、政府の政策課題を抽出し、海外展開支援策について、包括的な政策提言に繋げる目的で調査研究を行った。

2.2 調査研究の実施方法

1)資料・データの収集・分析

文献やウェブ上の情報を収集し、分析した。国内の技術関連誌や関連雑誌、関連機関・各企業・団体のウェブ情報など、海外関係機関・企業のウェブ情報を収集の対象とした。

2)有識者で構成される委員会の設置・開催

調査開始時における調査研究方針に対するレビューと報告書作成時における調査研究結果のレビューの２回、関係政府機関や当会の会員企業であるプラントメーカー、エンジニアリング企業、商社からの有識者で構成される委員会を開催し、これら企業等の関心の所在や調査研究の方向性などについて助言を受けた。

第１回委員会：2009 年 1 月 26 日(月)開催

第２回委員会：2009 年 3 月 2 日(月)開催

委員会構成を以下に示す。

委員長	国際連合工業開発機関　東京投資・技術移転促進事務所 代表　大嶋 清治
委員	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 エネルギー・環境技術本部 国際事業統括室　室長　井上 宏一
委員	三井物産株式会社　プロジェクト本部 営業推進室 シニアプロジェクトコーディネーター　杵村 昭典
委員	株式会社日立製作所　電力統括営業本部 国際開発室 室長代理　五味 敬芳
委員	三菱重工業株式会社　海外戦略本部 海外事業管理部 次長　佐々木 秀晴
委員	財団法人省エネルギーセンター　国際協力本部 国際協力部 部長　関山 武司

委員　　株式会社日本政策金融公庫　国際協力銀行 国際業務戦略部
次長　内藤 英雄
委員　　東洋エンジニアリング株式会社
広報・渉外部長　渡辺 博

3)実態調査の実施(アンケート、ヒアリング)

省エネプラントや公害防止プラント、海水淡水化プラントに関する技術を有する主要なプラントメーカーやエンジニアリング企業、商社から成る当会の会員企業 22 社を対象にアンケートを実施した。その内数社から補足的にヒアリングを実施した。

ヒアリングの実績を以下に示す。

・2 月 3 日（火） 日揮株式会社
・2 月 4 日（水） JFE エンジニアリング株式会社
・2 月 9 日（月） 東洋エンジニアリング株式会社
・2 月 9 日（月） 三菱重工業株式会社
・2 月 10 日（火） 株式会社 IHI

4)海外現地調査

実施していない。

2.3 調査研究の日程

概ね以下のスケジュールで実施した。

	H20 年 12 月	H21 年 1 月	2 月	3 月
(1)資料・データの収集・分析	━━	━━	━	
(2)委員会開催		◎		◎
(3)アンケート		━		
(4)ヒアリング			━	
(5)調査報告書執筆		━	━	━
(6)調査報告書原稿提出				◎

1. はじめに

本調査研究は、財団法人国際経済交流財団より平成 20 年度委託事業「今後の環境・エネルギー制約の改善を図るための海外プラント市場拡大に向けた調査研究」として実施したものである。

洞爺湖サミットや気候変動枠組条約における温室効果ガス削減の交渉によって、温暖化対策を初めとする環境問題に対する意識は先進国のみならず、途上国においても浸透する傾向にある。その中で、我が国の優れた環境技術を活かしたプラント、機器の売込みを積極的に行うべき時期にある。実際に我が国のプラントエンジニアリング企業は、産油産ガス国を中心に積極的な受注活動を展開している。また、一部の重工メーカーはアジアに合弁工場を建設し、市場を開拓しようとする動きが見られる状況である。

この調査研究は、アジア諸国の中から今後の経済発展が期待されるインド、インドネシア、ベトナムの３か国を対象とし、日本に優位性があると言われる各種環境関連プラントについて、機器別国別に状況分析を行うとともに、途上国市場に対して、効果的に売り出していく方策や、主要各社の市場展開にあたっての戦略を調査し、その上で、政府の政策課題を抽出し、海外展開支援策について、包括的な政策提言に繋げる目的で調査研究を行った。

本報告書が、我が国のプラントエンジニアリングに携わる企業がこれらアジア諸国において省エネ・環境分野を中心としたプラントエンジニアリングビジネスを推進する上で一助となり、また我が国政府による本分野における政策決定・推進の一助となることを期待する。

2. 調査研究の目的・実施方法・日程

2.1 調査研究の目的

日本に優位性があると言われる各種環境関連プラントについて、機器別国別に状況分析を行うとともに、途上国市場に対して、効果的に売り出していく方策や、主要各社の市場展開にあたっての戦略を調査し、その上で、政府の政策課題を抽出し、海外展開支援策について、包括的な政策提言に繋げる目的で調査研究を行った。

2.2 調査研究の実施方法

1)資料・データの収集・分析

文献やウェブ上の情報を収集し、分析した。国内の技術関連誌や関連雑誌、関連機関・各企業・団体のウェブ情報など、海外関係機関・企業のウェブ情報を収集の対象とした。

2)有識者で構成される委員会の設置・開催

調査開始時における調査研究方針に対するレビューと報告書作成時における調査研究結果のレビューの２回、関係政府機関や当会の会員企業であるプラントメーカー、エンジニアリング企業、商社からの有識者で構成される委員会を開催し、これら企業等の関心の所在や調査研究の方向性などについて助言を受けた。

第１回委員会：2009 年 1 月 26 日(月)開催

第２回委員会：2009 年 3 月 2 日(月)開催

委員会構成を以下に示す。

委員長	国際連合工業開発機関　東京投資・技術移転促進事務所 代表　大嶋 清治
委員	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 エネルギー・環境技術本部 国際事業統括室　室長　井上 宏一
委員	三井物産株式会社　プロジェクト本部 営業推進室 シニアプロジェクトコーディネーター　杵村 昭典
委員	株式会社日立製作所　電力統括営業本部 国際開発室 室長代理　五味 敬芳
委員	三菱重工業株式会社　海外戦略本部 海外事業管理部 次長　佐々木 秀晴
委員	財団法人省エネルギーセンター　国際協力本部 国際協力部 部長　関山 武司

委員　　株式会社日本政策金融公庫　国際協力銀行 国際業務戦略部
次長　内藤 英雄
委員　　東洋エンジニアリング株式会社
広報・渉外部長　渡辺 博

3)実態調査の実施(アンケート、ヒアリング)

省エネプラントや公害防止プラント、海水淡水化プラントに関する技術を有する主要なプラントメーカーやエンジニアリング企業、商社から成る当会の会員企業 22 社を対象にアンケートを実施した。その内数社から補足的にヒアリングを実施した。

ヒアリングの実績を以下に示す。

・2 月 3 日（火） 日揮株式会社
・2 月 4 日（水） JFE エンジニアリング株式会社
・2 月 9 日（月） 東洋エンジニアリング株式会社
・2 月 9 日（月） 三菱重工業株式会社
・2 月 10 日（火） 株式会社 IHI

4)海外現地調査

実施していない。

2.3 調査研究の日程

概ね以下のスケジュールで実施した。

	H20 年 12 月	H21 年 1 月	2 月	3 月
(1)資料・データの収集・分析	━━	━━	━	
(2)委員会開催		◎		◎
(3)アンケート		━		
(4)ヒアリング			━	
(5)調査報告書執筆		━	━	━
(6)調査報告書原稿提出				◎

3. 我が国環境・省エネルギープラントの技術動向

3.1 本邦企業による省エネ・環境関連プラントの技術優位性

我が国は 2006 年 5 月に公表された「新国家エネルギー戦略」において①エネルギー安全保障の確立、②エネルギー問題と環境問題の一体的解決による持続可能な成長基盤の確立、③アジア・世界のエネルギー問題克服への積極的貢献、を３目標とした上で、2030 年のエネルギー需給展望をベースとして省エネルギー、石油依存度低減、原子力発電、海外資源開発につきそれぞれ数値目標を設定している。省エネルギーの目標は過去 30 年間(1973～2003 年度)で GDP あたりエネルギー利用効率を約 37%改善しており、世界最先端に到達しているところ、2030 年度には更に少なくとも約 30%の改善を示すとしている。新国家エネルギー戦略は、我が国では石油ショック以降のような抜本的なエネルギー利用効率の向上は大きく見込めないとして、革新的なエネルギー技術の開発・導入によって、各国に先んじて次世代型エネルギー利用社会の構築に取り組むことが不可欠としている。2030 年に向けて開発すべき技術面の課題については開発戦略を 2006 年度以後、定期的にロードマップの形で提示することとしている。2006 年度においては以下の５政策目標を設定、2007 年 4 月、「エネルギー技術戦略 2007」において政策目標に寄与する 235 の技術を分類・整理の上 25 技術分野を特定している。

【政策目標】

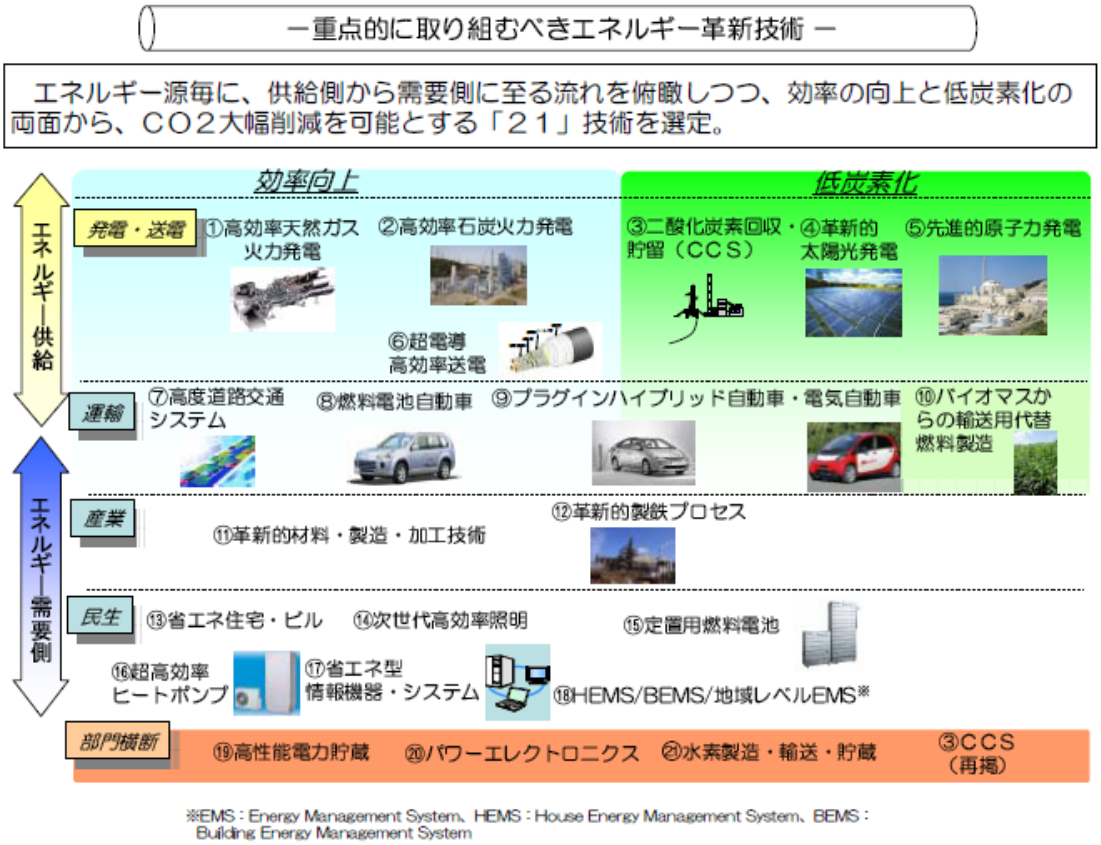
・総合エネルギー効率の向上
・運輸部門の燃料多様化
・新エネルギーの開発・導入促進
・原子力利用の推進とその大前提となる安全確保
・化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

更に、2007 年 5 月当時の安倍総理より公表された「美しい星 50(クールアース 50)」イニシアティブの実現には従来技術の延長ではなく、革新技術の開発が不可欠との認識にたって、2008 年 3 月、「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」の下で以下の３つの指標による技術の絞込みを行い、エネルギー分野における革新的な 21 の技術を選定している。

【革新技術選定の３指標】

・2050 年の世界における大幅な CO2 削減に寄与する技術
・飛躍的な性能の向上、低コスト化、普及の拡大などが期待できる革新的な技術
・日本が世界をリードできる技術

図 3.1-1：

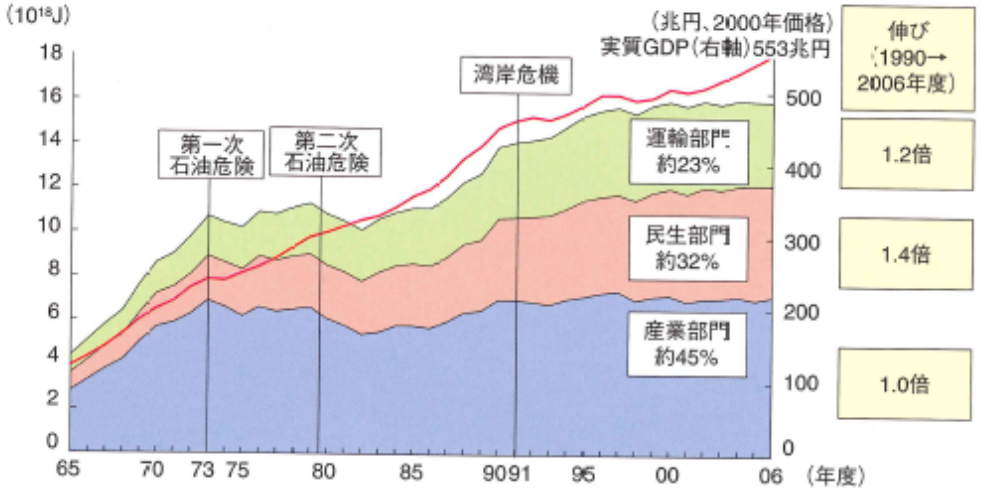


出所：「Cool Earth － エネルギー革新技術計画」
平成 20 年 3 月 5 日 経済産業省

こうした我が国におけるエネルギー技術開発路線の前提となっているのがこれまでの実績としてのエネルギー利用効率の改善である。

日本が世界最高水準のエネルギー利用効率を誇っていることは以下(図 3.1-2、3.1-3)に見るとおり、我が国においては 1990～2006 年度の間、部門別のエネルギー消費動向が産業部門 1.0 倍、民生部門 1.4 倍、運輸部門 1.2 倍と民生・運輸部門の伸びに対し、産業部門が横ばいとなってきており、そうした消費構造の中で経済活動をより少ないエネルギー量で維持してきたことに起因することが分かる。

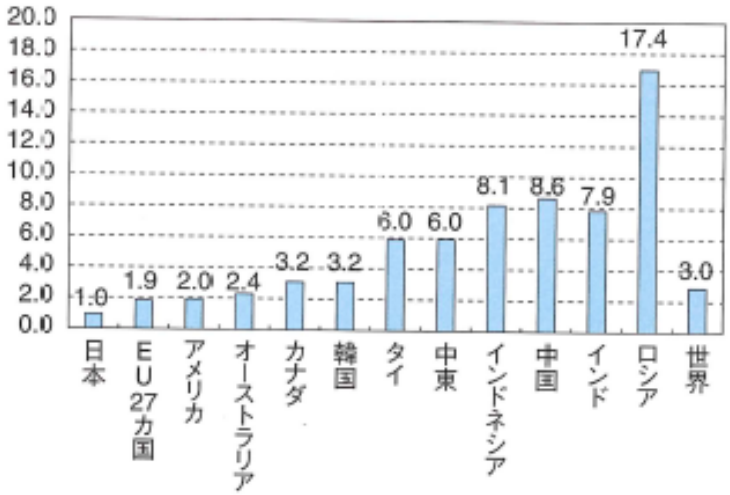
図 3.1-2：最終エネルギー消費と実質 GDP の推移



資料：資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、内閣府「国民経済計算年報」、(財)日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」より経済産業省推計
注：1. J(ジュール)はエネルギーの大きさを示す指標の一つで、百万ジュール＝0.0258×10³ 原油換算kℓ
2.「総合エネルギー統計」は、1990 年度以降の数値について算出方法が変更されている

出所：エネルギー白書 2008 年版　経済産業省 編

図 3.1-3：GDP 当たりの一次エネルギー供給の各国比較(2005 年)



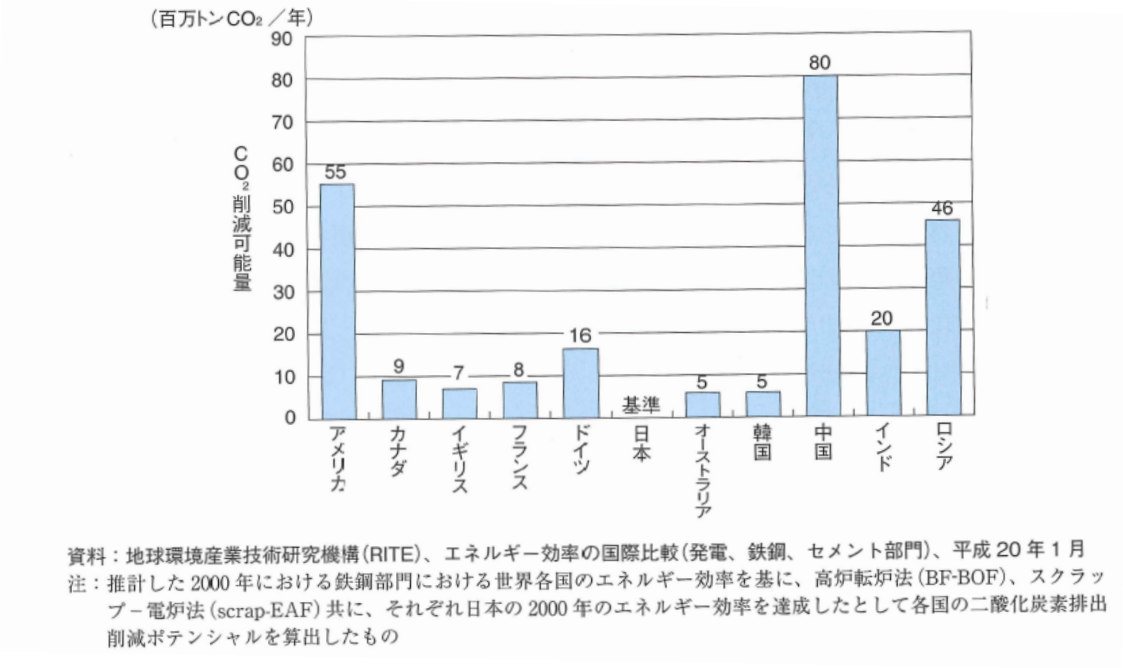
資料：IEA "Energy Balances of OECD Countries 2004-2005"
注：一次エネルギー供給(原油換算トン)／実質 GDP を日本＝1 として換算

出所：エネルギー白書 2008 年版　経済産業省 編

また、我が国の産業部門がエネルギー効率の点で世界的に高い水準にあることも

IEA、その他関係機関によって確認されている。以下、個別業界単位で鉄鋼(図 3.1-4)、セメント(図 3.1-5)、化学(図 3.1-6)の事例を紹介する。

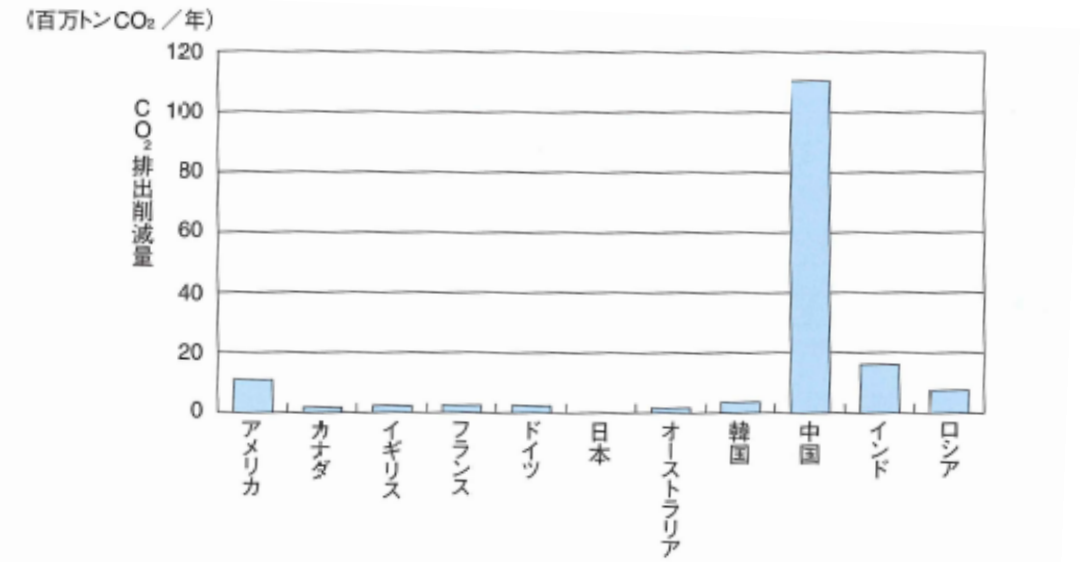
図 3.1-4：各国の鉄鋼部門におけるエネルギー効率向上による
二酸化炭素削減ポテンシャル



資料：地球環境産業技術研究機構(RITE)、エネルギー効率の国際比較(発電、鉄鋼、セメント部門)、平成 20 年 1 月
注：推計した 2000 年における鉄鋼部門における世界各国のエネルギー効率を基に、高炉転炉法(BF-BOF)、スクラップ－電炉法(scrap-EAF)共に、それぞれ日本の 2000 年のエネルギー効率を達成したとして各国の二酸化炭素排出削減ポテンシャルを算出したもの

出所：エネルギー白書 2008 年版　経済産業省 編

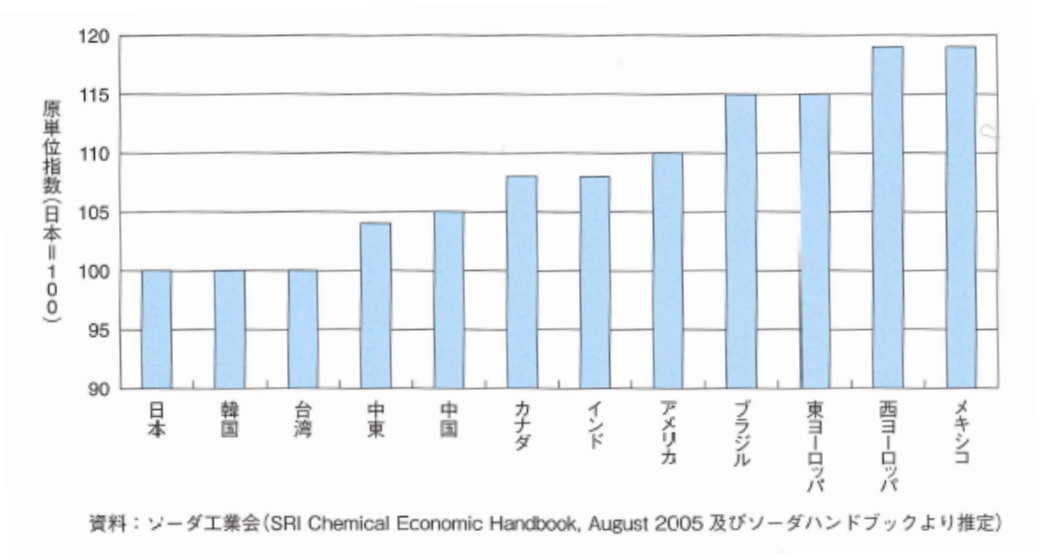
図 3.1-5：各国のセメント部門におけるエネルギー効率向上による
二酸化炭素削減ポテンシャル



資料：地球環境産業技術研究機構（RITE）、エネルギー効率の国際比較（発電、鉄鋼、セメント部門）、平成 20 年 1 月
注：算計した 2000 年におけるセメント部門における世界各国のエネルギー効率を基に、日本の 2000 年におけるクリンカ生産のエネルギー効率を達成したとして各国の二酸化炭素排出削減ポテンシャルを算出したもの

出所：エネルギー白書 2008 年版　経済産業省 編

図 3.1-6：か性ソーダ：電解電力原単位国際比較(2004 年)



出所：エネルギー白書 2008 年版　経済産業省 編

3.2　プラント分野別の技術動向

現在、エネルギー資源の制約と地球温暖化に伴う気候変動という二つの課題に直面している。この二つの課題を解決に有効な対策が「省エネルギー」である。省エネルギーの重要性に対する認識は世界的に高まっており、エネルギーの効率的な利用を進めようという動きが世界各地で起こっている。

日本で既に普及している省エネルギー技術を途上国に移転するだけで、世界全体でのエネルギー消費量を大きく削減できる。また、省エネルギーによってエネルギー消費の伸びを抑えられれば、石油や天然ガスなどの資源の保全に寄与することにもなる。

また、環境対策という点でも省エネルギーは有効であり、CO2 だけでなく、石油や石炭を燃焼する際に発生する硫黄酸化物や窒素酸化物などの汚染物質の削減にもなり、大気汚染対策にもなっている。

3.2.1　省エネルギープラント

我が国は GDP 単位あたり一次エネルギー消費量が世界で最少であり、これは我が国が誇る省エネルギー技術の貢献によるものである。今回の調査対象となった発電技術、石油精製技術、鉄鋼技術、化学工業技術、セメント技術、および紙・パルプ技術における省エネルギーの開発経緯、技術内容、今後の開発動向等について次のパラグラフで述べるが、ここではその技術の中心部分について概要を述べる。

1)発電における省エネルギー技術の概要

最新技術として、圧力 25MPa×温度 600℃超クラスが実用化されていて、更に次世代技術として 700℃級への開発に挑戦している。石炭をガス化してガスタービンの燃料にする IGCC は、将来の主役となる発電技術の候補であり、国家プロジェクトとして、現在福島県いわき市で商用化のための実証実験が行われている。

天然ガス火力発電のコンバインドサイクル発電に関しては、現在 1,500℃級のガスタービンが実用化されている。1,700℃級のガスタービンの実用化に向けては、高温に耐え得る耐熱材料やコーティング材料などの素材開発や、高性能圧縮機の開発などが課題となる。

重質油ガス化発電に関しては、2003 年、新日本石油(株)根岸製油所において重質油を使用する IGCC 商用機の運転が開始された。燃料に残渣油(アスファルト)を使用し、送電端効率 36%、発電端効率 46%(いずれも高位発熱量あたり)となっている。

2)石油精製における省エネルギー技術の概要

我が国の製油所のエネルギー消費効率は欧米と比較して同等乃至は優位にある。我

が国の石油精製における省エネルギー対策としては、石油精製設備そのものにおける熱回収の推進、設備の高効率化・最適化と用役設備における熱回収の推進、設備の高効率化・最適化、高効率発電設備の導入が実施されてきている。

3)鉄鋼業おける省エネルギー技術の概要

代表的なエネルギー多消費型産業である鉄鋼業では、第一次石油ショックを契機に、経時的に、「高炉燃料費低減、加熱炉空燃比制御や加熱炉熱片装入など」操業改善による省エネルギー、「高炉炉頂圧発電(TRT)、焼結クーラー排熱回収、コークス炉乾式消火設備(CDQ)など、大型排熱回収設備導入」による省エネルギー、「連続鋳造設備、連続焼鈍設備など工程連続化または省略化、および高炉 PCI 導入」による省エネルギー、さらに「VVVF による省電力、新型酸素プラント、コンバインドサイクル発電の導入、エネルギーセンター総合管制化などエネルギー設備の効率的運用実施」による省エネルギーが実施されてきた。

その後、地球温暖化問題の高まりを背景に、省エネルギー活動の目的がエネルギー削減から CO2 削減へと変化。「環境調和型技術、廃棄物リサイクル技術」など新技術が推進されている。

4)化学工業おける省エネルギー技術の概要

様々な化学製品を製造する石油化学工業においては、石油ショック以降、エチレン分解炉の高効率化、エチレン分解炉や他の加熱炉からの廃熱回収を徹底したほか、エチレン製造設備での反応時間の高温・短縮化やポリエチレン製造設備での新触媒の導入によりエネルギー消費を削減し、石油ショック時に比べ約 40%エネルギー効率を改善している。

か性ソーダや塩化物などを製造するソーダ工業の場合には、1970 年代半ば頃から製造方法を水銀法から隔膜法、更にイオン交換膜法への転換を進め、約 30%のエネルギー効率改善を達成した。我が国のソーダ工業は、世界のトップランナーであることは良く知られているが、これはメーカーがエネルギー効率の良いイオン交換膜法に転換したこと(2000 年に全面転換)、及び、世界最高レベルの「イオン交換膜電解技術」に開発を行ったことによる。ソーダ工業での電力コストは、生産コストの約 35%を占めている。また、燃料や蒸気等の購入費用を含めたソーダ工業全体でのエネルギーコストは、工場生産額の約 16%を占めている。

世界に主要な尿素プロセスとして、オランダの Stamicarbon 社による CO2 ストリッピングプロセス、イタリアの Snamprogetti 社による NH3 ストリッピングプロセス等があり、我が国の独自技術として東洋エンジニアリング(株)の「ACES21®」プロセスがある。どのプロセスも、省エネルギー、プラントコストの低減、大型化を目指して、技術開発が進められてきたものである。

1980 年代初めに東洋エンジニアリング(株)は、尿素プラントでのエネルギー消費を大幅に削減する ACES(Advanced Process for Cost and Energy Saving)尿素プロセスを開発した。さらに 1990 年代に、ACES 尿素プロセスの発展型である尿素合成技術「ACES21®」をインドネシア Pusri 社と共同で開発した。この「ACES21®」を採用した尿素プラントは中国とインドネシアで商業運転が行われていて、「ACES21®」を採用したプラントは日産 4,200 トン/日に達していて、2010 年までには、イラン、トリニダード、ベネズエラでも商業運転が開始され、約 12,000 トン/日に達することになる。

このように、化学工業は、工業部門のエネルギー消費の大きな部分を占める工業であり、第一次、第二次オイルショック後には大幅な省エネルギーを実現するなど、省エネルギーには積極的な取り組みを推進してきている。

5)セメント工業における省エネルギー技術の概要

セメント工業において、エネルギー消費の 70%以上を占めるセメント焼成工程における省エネルギー対策については、既に、1997 年において新鋭設備(NSP・SP キルン)への転換が 100%実施されており、また、排熱利用、熱交換効率の向上等も対応も限界に達していると言われている。

セメント工業では、第二次石油ショックを契機に石油から石炭への燃料転換を実施し、1990 年代後半から様々な「産業廃棄物･副産物の原材料使用」を進めている。最近では、石炭灰、焼却灰、下水汚泥やスラッジ、鋳物砂、製鉄における副産物である高炉スラグなどの廃棄物・副産物を主に焼成用の原料として、廃プラスチック、廃タイヤ、肉骨粉などを焼成用の原料・燃料として利用している。

6)紙・パルプ工業における省エネルギー技術の概要

エネルギー多消費工業として古くから対策を行ってきた製紙工業であるが、製紙各社では、黒液の燃焼で発生する熱の回収効率を向上、抄紙設備における高圧脱水設備・高露点ドライヤーフード・高濃度サイズプレスなどの導入によって、エネルギー利用効率の高い設備・システムへの切り替えを行っている。

また、この他にも製紙工業ではコージェネレーションシステムを活用し、エネルギー利用効率を少しでも高める努力を行っている。

7)LNG おける省エネルギー技術の概要

LNG 液化基地の液化設備においては、冷媒コンプレッサーおよび発電機の駆動機をスチームタービンからガスタービンへ転換することによって省エネルギーが達成され、ボイラープラント、またそれに伴う冷却水(海水)、純水、海水脱塩等のユーティリティー設備を大幅に小さくすることもでき、スタートアップに必要な時間も大幅に改善されることになった。

LNG 輸送部分での LNG 船の省エネルギーに関しては、我が国は、環境負荷低減の要請と燃料の経済性改善の要請に応える形で、燃料消費量の大幅な改善を図った BOG の「ガス焚きエンジン電気推進」、「低燃費型蒸気タービン」等の LNG 船向けの新たな推進システムが開発・実用化に貢献している。また、LNG の効率的な再液化も可能となり、BOG 処理と推進システムを分離して、通常船同様にディーゼル機関を使用した LNG 船も実現している。

LNG 受け入れ基地の LNG の再気化部分においては、LNG の冷熱エネルギーの有効利用を目的として、炭酸ガス、酸素、窒素の液化や LNG から気化の際の膨張を利用した、冷熱発電が行われている。

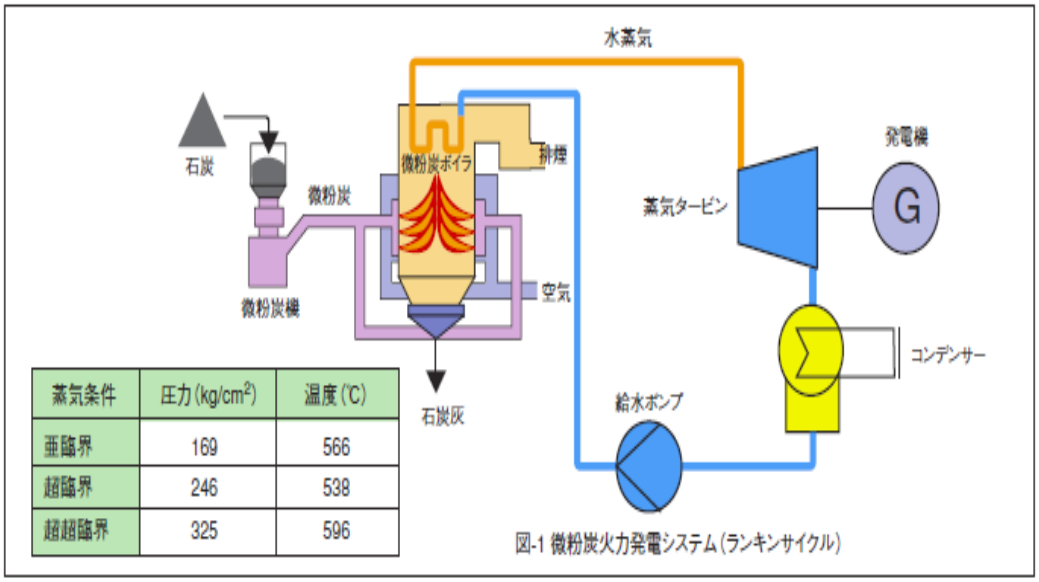
3.2.1.1　発電技術

1)　石炭火力発電の技術動向

(1)　微粉炭火力発電システム

図 3.2.1.1-1 に示す微粉炭火力発電システムは、極めて信頼性の高い、確立された技術として、広く利用されている。　現在の石炭火力発電の中心は微粉炭燃焼による蒸気火力である。　この発電効率は 1950 年代には 30%であったものが、現在では 40%を超えている。　なお、微粉炭ボイラで使われている石炭は通常揮発性のある瀝青炭・亜瀝青炭であり、無煙炭という揮発性の低い石炭は超臨界圧級のボイラでは使われていない。

図 3.2.1.1-1：微粉炭火力発電システム

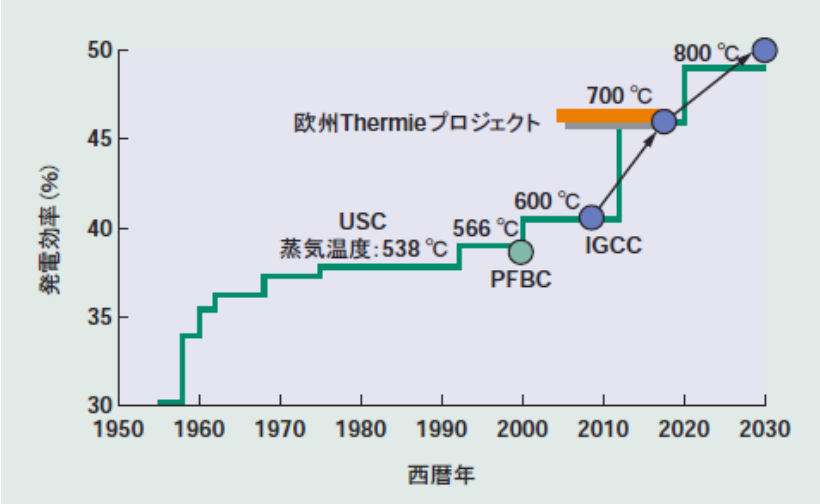


蒸気条件	圧力(kg/cm²)	温度(℃)
亜臨界	169	566
超臨界	246	538
超超臨界	325	596

出所：石炭エネルギーセンター

図 3.2.1.1-2 に効率の変遷を示すが、1960 年代から 2000 年までの 40 年では、約 5%の増加である。　効率の増加率は年間 0.12～0.13%である。

図 3.2.1.1-2:石炭火力発電効率の変遷



＊USC (Ultra Super Critical)

＊石炭火力の発電効率は蒸気条件の改善が主流であり、将来は IGCC も主役の候補となる。

出所：「高効率発電技術」、日立評論、2005.5

1989 年中部電力（株）川越 1 号機（700MW）にて 316kg/cm2g（31.0MPa）×566℃/566℃が採用され、1993 年中部電力（株）碧南 3 号機（700MW）にて 246kg/cm2g（24.1MPa）×538℃/593℃と国内で初めて 593℃が再熱蒸気温度に採用された。

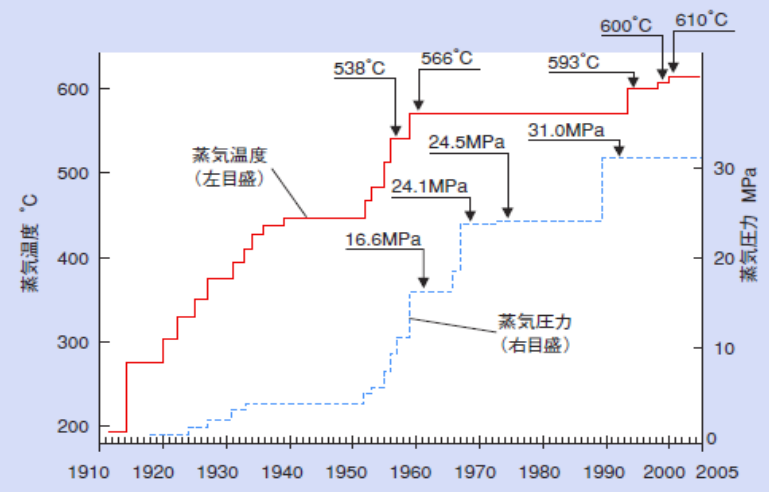
その後、1998 年中国電力（株）三隅 1 号機（1,000MW）、及び東北電力（株）原町 2 号機（1,000MW）において、24.5MPa×600℃/600℃が採用された。　さらに、2000 年、電源開発（株）橘湾 1、2 号機（1,050MW）において、25.0MPa×600℃/610℃が採用された。　2002 年に運開した電源開発（株）磯子新 1 号で、純変圧方式による主蒸気温度 600℃、再熱蒸気温度 610℃が採用されている。

わが国の現在の最新技術として、圧力 25MPa×温度 600℃超クラスが実用化されていて、更に次世代技術として 700℃級への開発に挑戦している。　EU では、1998 年から、35MPa、700℃以上の先進的超々臨界圧発電によって 50%の発電効率をめざす「THERMIE プロジェクト」を始まっている。　ドイツの Hitachi Power Europe 社は、このプロジェクトに参画、700℃級ボイラの実用化をめざしている。

発電プラントの熱効率向上は、発電コスト低減という経済性のみならず CO2 発生抑制の観点からも重要な課題である。

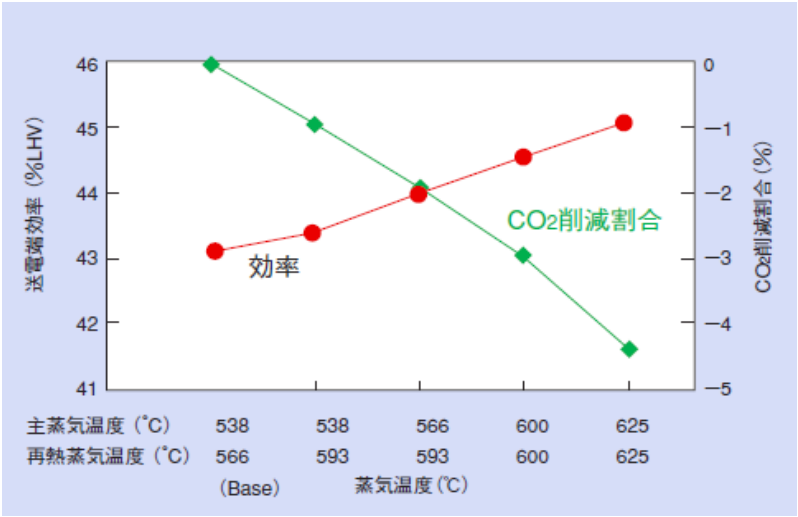
図 3.2.1.1-3 に近年の蒸気条件の変遷を示した。　また、図 3.2.1.1-4 に超臨界圧プラントの蒸気条件と送電端効率・CO2 削減割合の関係を示す。

図 3.2.1.1-3:蒸気条件の変遷



出所：「高効率発電技術」、日立評論、2005.5

図 3.2.1.1-4：蒸気条件と送電端効率・CO2 削減割合



出所：「高効率発電技術」、日立評論、2005.5

蒸気火力発電の効率向上は蒸気温度の上昇によって達成されており、蒸気温度の高温化に伴い、高温領域で強度が高い材料を使用して、ボイラ耐圧部伝熱管の肉厚増加を抑えるとともに、熱応力の緩和と管内圧力損失を低減する必要がある。

また、耐高温腐食性、耐水蒸気酸化性及び工作性に優れた高強度材料の開発・実用化が、電力会社、鋼材メーカ及びボイラメーカによって推進されている。

なお、石炭火力の一段の高効率化を目指し、前に述べたように、欧州では700℃級の蒸気火力発電の技術開発が進められている。　技術の優位性を保つには、我が国でもこれに対抗する必要があり、鍵となる Ni 基合金のような高温材料の開発が進められており、650℃級用の高温材料については、既に実用化段階にある。更なる高効率化に向けて、700℃級に対応する高温材料等の検討が進められている。

蒸気温度の上昇のほかに、構成する機器の損失改善技術も進歩している。　タービン翼の開発では、高効率化を目指すことは当然である。　例えば、低圧最終段動翼では、流出する運動エネルギーを減らしてプラント効率を向上させるために、長翼化が課題となる。　3,000min－1、600MW 級のプラントの最終段翼長を48インチ(122cm)から53インチ(135cm)に変えることでプラント効率を約0.3%向上できる。　一方、最終段長翼では遠心力が増大するために、10 年前までは、3,000min－1の48インチ翼はチタン合金で作られてきた。　その後、材料の進歩により、現在では安価なスチール製である。　今後も新たな材料開発とともに、いっそうの長翼化が進むものと考える。

蒸気タービン内部効率の向上では、翼形状の選定のほかに、シールと排気部の流路形状の流体力学的な特性の解析が重要である。　近年では、計算機の進歩に伴って大規模な計算が容易となり、CFD（Computational Fluid Dynamics）が設計で駆使される。

(2)　コンバインドサイクル発電

革新的な技術開発が望まれ、蒸気とガスタービンを組み合わせるコンバインドサイクル発電が将来の火力発電として期待される。　その一つである PFBC（Pressurized Fluidized Bed Combustion）コンバインドサイクル発電では、石炭を高圧化で燃焼し、その燃焼ガスでガスタービンを回転させる。　特徴は、流動媒体に石灰石を使うことにより、炉内で脱硫ができることである。　PFBC コンバインドサイクル発電は、国内では3基の商用プラントが建設された。　これをさらに普及するためには、建設費の低減と効率向上の継続的な努力が必要とされる。

(3)　IGCC 発電

石炭をガス化してガスタービンの燃料にする IGCC（Integrated Coal Gasification Combined Cycle）は、海外ではすでに数基の商用プラントが建設され、将来の主役となる発電技術の候補である。

IGCC の開発では、国家プロジェクトとして、電力9社と J-POWER（電源開発）、電力中央研究所による共同研究が行われており、2001 年に設立されたクリーンコールパワー研究所（福島県いわき市）が現在、商用化のための実証実験を行っている。

IGCC では、従来型の微粉炭石炭火力発電では利用が困難だった灰融点の低い石炭が利用でき、利用炭種の拡大につながる。　日本で輸入量の多いオーストラリア産の石炭は主に微粉炭火力発電向けだが、北米や中国、インドネシア産の石炭は灰融点が低いものが多い。　IGCC の実用化により、輸入国の拡大も見込める。また、石炭のガス化に際し、燃焼ガスの段階で CO2 を分離・回収する CCS と組み合わせることが容易になり、さらなる CO2 排出量の削減も期待されている。

クリーンコールパワー研究所の IGCC 実証機は、出力を商用機の半分程度の規模とするため、三菱重工製の 1,200℃級ガスタービンを採用している。　このため発電効率は送電端で 42％（LHV。HHV では 40.5％）にとどまっているが、1,500℃級のガスタービンを採用すれば、発電効率を 48～50％（LHV）程度に向上することができる。　2008 年 6 月初旬から 2000 時間の連続運転に入っており、商用機としての信頼性を検証する段階に入っている。

IGCC 実証機の構成は、コンバインドサイクル発電設備に空気吹き加圧 2 室 2 段噴流床ドライフィードガス化炉と湿式ガス精製方式を組み合わせている。　このうちガス化炉は、主に「酸素吹き」と「空気吹き」があるが、酸素吹きの場合は酸素と窒素を分離させる空気分離装置の所要動力が大きくなり、自ら発電した電力を使用する割合が高まって送電端での効率が低下する。　このため、今回の実証機では空気吹きを採用されている。　また、湿式ガス精製方式は乾式ガス精製方式に比べて熱効率の面では落ちるが、精製ガス中のアルカリ金属やアンモニアなどを確実に除去できるため、機器の信頼性や環境性能への課題が少ないという。

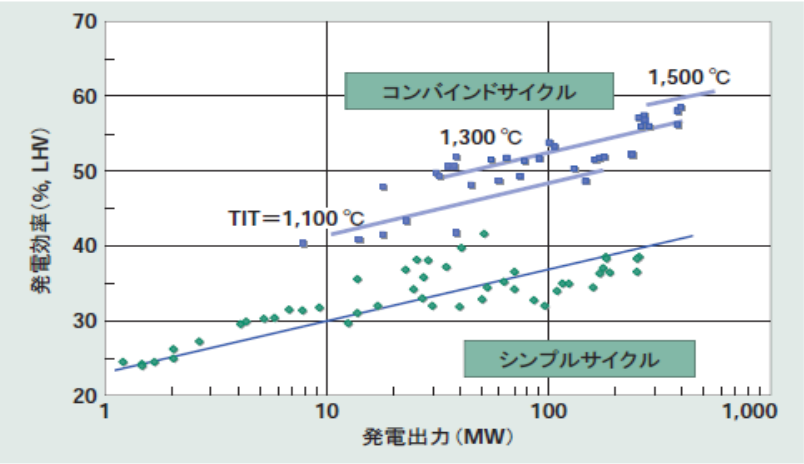
しかし、一般に、新たな発電技術は成熟した従来技術に比べて習熟度が低いために建設費がかさみ、長期信頼性の実証が必要でもあるため、IGCC が広く普及するにはまだ時間がかかる。

2)　天然ガス火力発電の技術動向

(1)　コンバインドサイクル発電

石油と天然ガスを燃料とする発電方式としては、ガスタービンの排熱を蒸気で回収し、蒸気タービンを回すコンバインドサイクル発電の採用により、図 3.2.1.1-5 に示すように、発電効率が向上した。

図 3.2.1.1-5：コンバインドサイクルの発電効率



出典:Gas Turbine World 1997

＊TIT（タービン入口温度)、LHV（Lower Heating Value）
＊ガスタービンは大容量化と高温化により効率が向上する。
出所：「高効率発電技術」、日立評論、2005.5

1990 年代以降は、ガスタービンと蒸気サイクルを組み合わせたコンバインドサイクル発電とすることで熱効率が飛躍的に高くなった。　導入当初は、高効率ガスタービンはタービン入り口温度をタービン材料の耐熱温度より高くする必要があるため、タービンブレードの寿命等、信頼性にかける点が多く、電気事業者向けに導入されることはほとんど無かった。　しかし、1984 年、1,100℃級のガスタービンコンバインドサイクル発電システムが東北電力（株）東新潟 3 号系列に導入されて以来、急速に技術開発と設備導入が進められた。

コンビナートで設置される自家発電所では従来型ボイラとスチーム・タービンによるエネルギーシステムが採用されている。　そこでは電気事業用と異なり蒸気の供給を伴うため、蒸気のホールドアップ量が多いドラム型ボイラが採用され、超臨界圧型ボイラの採用はほとんど見られない。　発電効率の向上を狙うより、熱需要の拡大により熱供給を含めた総合効率の向上を狙ったものと考えられる。

効率向上のためには、単機容量の増加とガスタービン入口温度の上昇が効果的である。　現在 1,500℃級のガスタービンが実用化されており、今後もいっそうの高温化を目指した技術開発が必要である。

タービン入口温度の上昇は、タービン翼の材料開発と冷却技術によって実現される。　最近では耐熱性に優れる単結晶翼も信頼性が高くなり、また、材料では、母材の耐熱性向上に加えて、タービン翼表面をセラミックでコーティングする TBC（Thermal Barrier Coating）もその有効性が示され、採用されている。

冷却では、冷却用の空気を翼表面に沿って流すフィルム冷却法の採用が大きな

流れであるが、フィルム孔周辺の局所的な応力発生や、主流ガスとの混合損失によるガスタービン効率の低下もあり、タービン翼の内面から冷却する技術開発も盛んである。

静翼には冷却空気を噴流として衝突させるインピンジメント冷却を採用しており、熱負荷の大きい前縁部分の伝熱性能を向上させる突起構造が特徴である。冷却通路には、三次元的な微小渦の発生により、熱の移動を促進させるリブを設けており、高い伝熱性能と低い圧力損失特性を示すV形スタッガードリブを開発している。

ガスタービン入口温度、すなわち燃焼温度が上昇するとNOxが増加する。　石炭のように燃料中の窒素に起因するNOxが大半を占める場合には、その発生量に及ぼす燃焼温度の影響は小さい。　しかし、空気中の窒素がNOxになる天然ガスの燃焼では、NOx の発生量は温度とともに指数関数的に増加する。　希薄予混合燃焼では、局所的な高温領域の存在をなくして、燃焼器内の温度分布を均一にする。

これを達成できる燃焼器の開発がここ 10 年以上の課題である。　また、現在のガスタービンはボイラに比較すると、使用できる燃料の種類が少ない。　ガスタービンの普及には、ジメチルエーテルのような新しい燃料も燃焼できる燃焼器が必須である。

2007年6月、東京電力が川崎発電所の1号系列（第3軸）の営業運転を開始した。　LNG（液化天然ガス）を燃料とする同発電所の特徴は、その熱効率の高さであり、送電端電力（HHV）から算出した熱効率は、世界最高水準の 52%（LHV＝低位発熱量では59%に相当）を実現している。　川崎発電所は1,500℃級のガスタービンを搭載したコンバインドサイクル発電を採用。　1 軸あたりの出力は50万kWである。

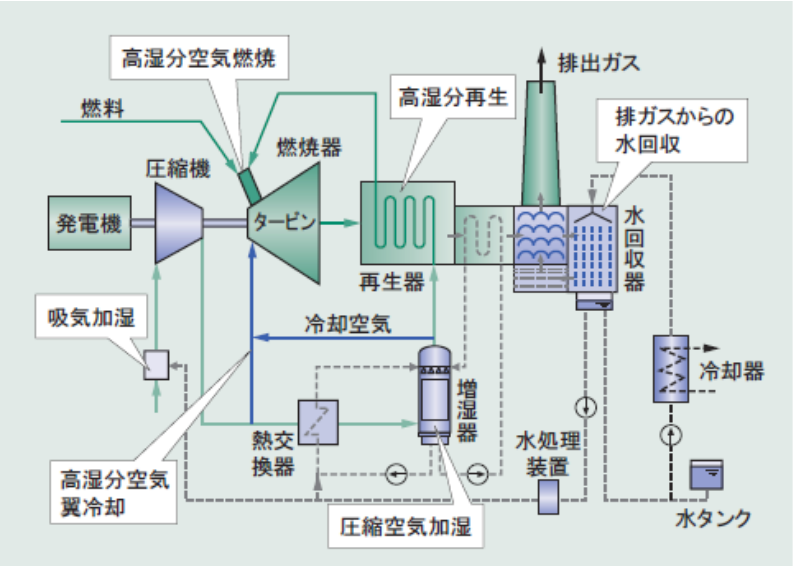
川崎火力発電所のガスタービンは三菱重工業製の「G型」だが、今後、1,700℃級のガスタービンの実用化に向けては、高温に耐え得る耐熱材料やコーティング材料などの素材開発や、高性能圧縮機の開発などが課題となる。

(2)　AHAT発電システム

ガスタービンを用いた発電システムの高効率化には、圧力比や燃焼温度を上げずにサイクルと冷却方法を改良する方法もある。　AHAT（Advanced Humid Air Turbine）システムでは、図 3.2.1.1-6 に示すように、圧縮機吐出空気を増湿塔で温水と直接接触させた低温の高湿分空気で排ガスからの熱を回収する。　湿分を増加することで増出力を、再生器で燃焼空気を予熱することにより、それぞれ燃料削減を実現することができ、効率が向上する。　また、ガスタービンでは出力の半分が圧縮機動力に消費される。　このため、AHATでは圧縮機入口に水を噴霧し、圧縮機内の空気温度の上昇を抑制することによって圧縮機動力を下げる。

これらにより、蒸気タービンを用いることなく、コンバインドサイクルをしのぐ高効率システムを構成することができる。

図 3.2.1.1-6：AHAT 発電システムの構成



＊AHAT（Advanced Humid Air Turbine）により、ガスタービン単体でコンバインドサイクルと同等、もしくはそれ以上の効率を達成する。

出所：「高効率発電技術」、日立評論、2005.5

3) 重質油ガス化発電

エネルギーコストの安い石炭をガス化してガスタービン燃料とする石炭ガス化コンバインドサイクル発電システム（IGCC）の開発は、実証段階に至ったがガス化炉の大型化、高温乾式ガス精製装置の開発、ガスタービン用の低カロリー石炭ガス高温燃焼器の開発等の開発課題が残されている。

一方、2003 年、新日本石油(株)根岸製油所において重質油を使用する IGCC 商用機の運転が開始された。　燃料に残渣油（アスファルト）を使用し、送電端効率 36%、発電端効率 46%（いずれも高位発熱量あたり）となっている。　これはコンビナートのエネルギーシステム用ではなく、独立系発電事業者（IPP）としての運用となっている。

電力中央研究所が作成した稼動中もしくは計画中の重質油ガス化コンバインドサイクル発電システムプロジェクトを表 3.2.1.1-1 に示す。

プロジェクトのほとんどがテキサコ炉（現 GE 炉）とシェル炉であり、両者の寡占状況にある。　いずれも噴流床酸素吹きとなっており所内率が高いことが、送電端効率の低下要因と思われる。

表 3.2.1.1-1：世界で稼働中または計画中の超上質油等ガス化複合発電プロジェクト

（出所：米電力研究所（EPRI）ガス化会議等に基づき電力中央研究所が作成）

プロジェクト名	ガス化炉	ガス化炉仕様	処理量	燃料	適用	出力	運開年	状況
EL Dorado-USA	Texaco	噴流床　酸素	160MT/D	Petcoke/残渣油	Cogen	35MW	96	※1
Shell Pernis-Netherlands	Shell	噴流床　酸素	1650MT/D(3基)	減圧残渣	Cogen/H_2(255T/D)	127MW	97	※1
ISAB-Italy	Texaco	噴流床　酸素	2879MT/D(2基)	残渣油(asphalt)	Power/H_2	512MW	00	※1
SARAS-Italy	Texaco	噴流床　酸素	3420MT/D(3基)	残渣油(vb. tar)	Cogen/H_2	551MW	01	※1
Api-Italy	Texaco	噴流床　酸素	1370MT/D(2基)	残渣油(vb. tar)	Power	250MW	00	※2
Delaware-USA	Texaco	噴流床　酸素	2086MT/D(2基)	Petcoke	Power	240MW	00	※3
新日本石油根岸一日本	Texaco	噴流床　酸素	2000MT/D(1基)	減圧残渣	Power	431MW	03	※1
EDF-France	Texaco	噴流床　酸素	—	Sludge	Power	400MW	03	—
PIEMSA-Spain	Texaco	噴流床　酸素	4680MT/D(2基)	残渣油	Power /H_2	935MW	04	—
IOCL-India	Shell	噴流床　酸素	—	Petcoke	Power /H_2	180MW	04	—
ENI R&M-Italy	Shell	噴流床　酸素	1200MT/D	残渣油(vb. tar)	Power	250MW	05	—

※1：商用運転中　　※2：不明（2000年7月にガス化炉100%負荷運転）　　※3：不明（2000年7月にガス化開始）

出所:「産業間連携による省エネルギーについて」、エネルギー総合工学 Vol27 No.2(2004.7)

4)　電気事業における地球温暖化対策への自主行動計画（省エネルギーと電源のベストミックス）(2007 年 10 月 11 日、電気事業連合会)

(1)　省エネルギー対策

自主行動計画の中の省エネルギー対策として、火力発電熱効率のさらなる向上と火力電源運用方法の検討をすることになっており、火力発電は、燃料の供給安定性・経済性・環境特性に考慮しつつ、石炭、LNG、石油をバランス良く開発し、運用していく必要があるとしている。　電気事業としての主な取り組みを実施する。

㋐LNG コンバインドサイクル発電等高効率設備の導入拡大などによる熱効率向上
(2012 年度までに、832 万 kW の LNG コンバインド火力発電の運転開始を予定)

㋑燃料調達、設備運用面の制約、エネルギーセキュリティーの確保を踏まえつつ、環境特性に配慮した火力電源の運用方法を検討

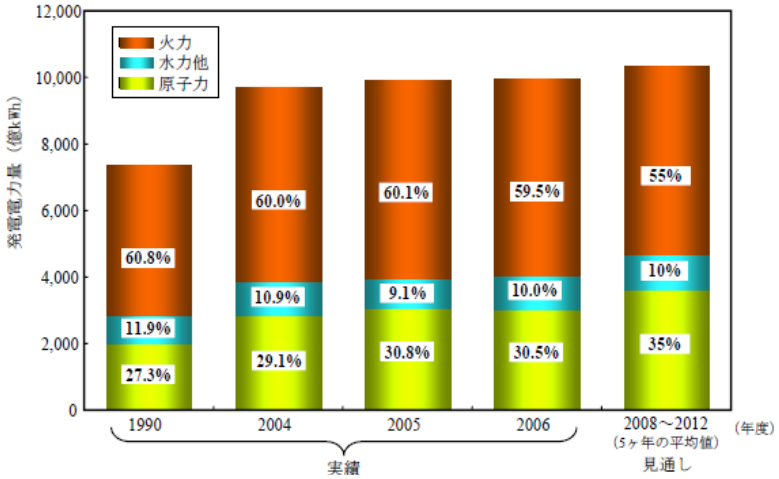
(2)　電源のベストミックス

㋐1979 年 5 月に IEA 閣僚理事会の合意に基づき、ベースロード用石油専焼火力の新設を排除

㋑石油ショック以降、石油依存度を下げるために石油火力を廃止する一方で、原子力、石炭、LNG 火力等を新増設し、その発電比率を増加させ、エネルギーのベストミックスを図ってきた。

図 3.2.1.1-7 に電気事業における電源構成を示す。

図 3. 2. 1. 1-7：電気事業における電源構成



出所：「電気事業における地球温暖化対策の取り組み」、2007 年 10 月 11 日、
電気事業連合会

－参照資料－

1.「高効率発電技術」、2005. 5、日立評論
2.「産業間連携による省エネルギーについて」、エネルギー総合工学 Vol.27 No.2(2004.7)
3.「電気事業における地球温暖化対策の取り組み」、2007 年 10 月 11 日、電気事業連合会
4.「地球温暖化防止に有効なエネルギー革新技術」、2008 年 7 月 3 日、経済産業省
5.「2050 年半減へ待ったなし火力発電所のイノベーション」、2008 年 7 月、
資源エネルギー庁

3.2.1.2　石油精製技術

1)　世界の石油精製能力と我が国の石油精能力の現状

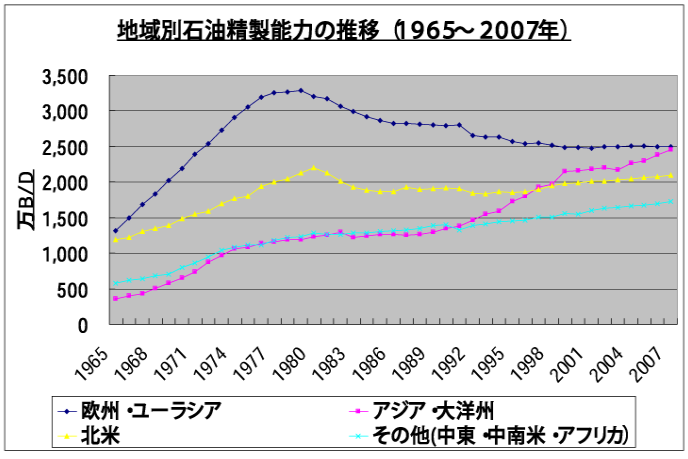
2007 年の世界の石油精製能力は 8,791 万バレル/日(以下 B/D)であった。図 3.2.1.2-1 に示すように、これを地域別でみると最も大きいのは欧州・ユーラシアの 2,502 万 B/D で全世界に占める割合は 28%である。　アジア・大洋州もほぼ同規模の 2,460 万 B/D(28%)であり、北米 2,097 万 B/D(24%)がこれに続いている。

一方、石油消費量では北米、アジア・大洋州、欧州・ユーラシアの順であり、北米と欧州・ユーラシアの順位が逆である。　このことから欧州・ユーラシアは精製能力過剰の状態にあり、北米は反対に精製能力不足の状態にあることが推定される。

なお、図 3.2.1.2-2 に、米・日・中・印の精製能力の推移(1965-2007 年)を示す。

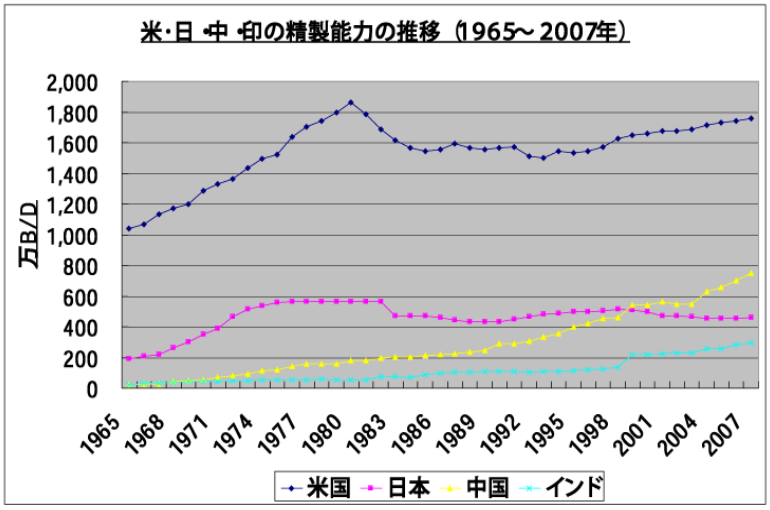
国別では、表 3.2.1.2-1 に示すように、米国の精製能力は 1,759 万 B/D、世界全体の 20%を占め、2 位の中国（751 万 B/D、8.5%）以下を大きく引き離している。　以下は 3 位ロシア(558 万 B/D)、4 位日本(460 万 B/D)、5 位インド(298 万 B/D)、6 位韓国(267 万 B/D)と続き、世界上位 10 カ国にはこのほかドイツ、イタリア、サウジアラビア及びフランスが入っている。

図 3.2.1.2-1：世界の地域別石油精製能力の推移(1965 年-2007 年)



出所：石油連盟 H.P.

図 3.2.1.2-2：米・日・中・印の精製能力の推移(1965-2007 年)



出所：石油連盟 H.P.

表 3.2.1.2-1：国別石油精製能力(2007 年度)

国別石油精製能力(2007年)　　(前田作成)

順位	国名	精製能力 (1,000B/D)	シェア
1	米国	17,588	20.0%
2	中国	7,511	8.5%
3	ロシア	5,583	6.4%
4	日本	4,598	5.2%
5	インド	2,983	3.4%
6	韓国	2,668	3.0%
7	ドイツ	2,390	2.7%
8	イタリア	2,329	2.6%
9	サウジアラビア	2,100	2.4%
10	フランス	1,959	2.2%
	全世界	87,913	100.0%

出所：石油連盟 H.P.

平成 18 年 8 月現在、表 3.2.1.2-2 に示すようにわが国の精製会社数 17 社（内、精製・元売兼業 7 社、精製専業 10 社）である。　精製設備として、製油所数 30 ヵ所、常圧蒸留装置能力 4,779,924B/D である。

表 3.2.1.2-2：わが国の石油精製能力

精製・元売 G	精製設備	
	能力(B/D)	シェア
新日本石油グループ ・新日本石油精製（株） ・日本海石油（株）	1,217,000	25.5%
コスモ石油	595,000	12.4%
出光興産	640,000	13.4%
ジャパンエナジーグループ ・（株）ジャパンエナジー ・鹿島石油（株）	405,200	8.5%
昭和シェル石油グループ ・昭和シェル石油（株） ・昭和四日市石油（株） ・西部石油（株） ・東亜石油（株） ・富士石油（株）	707,000	14.8%
エクソンモービルグループ ・東燃ゼネラル石油（株） ・南西石油（株） ・極東石油（株）	936,000	19.6%
その他	279,724	5.9%
合計	4,779,924	100%

出所：石油連盟 H.P.

2)　日本の主要石油精製設備の構成と常圧蒸留装置能力の推移

(1)　原油の処理スキーム

図 3.2.1.2-3 に示すように、原油は 常圧蒸留装置でナフサ（化学・ガソリン原料)、灯油、軽油、A重油等に沸点分留で分けられる。　残ったものが常圧残渣油（C重油）である。

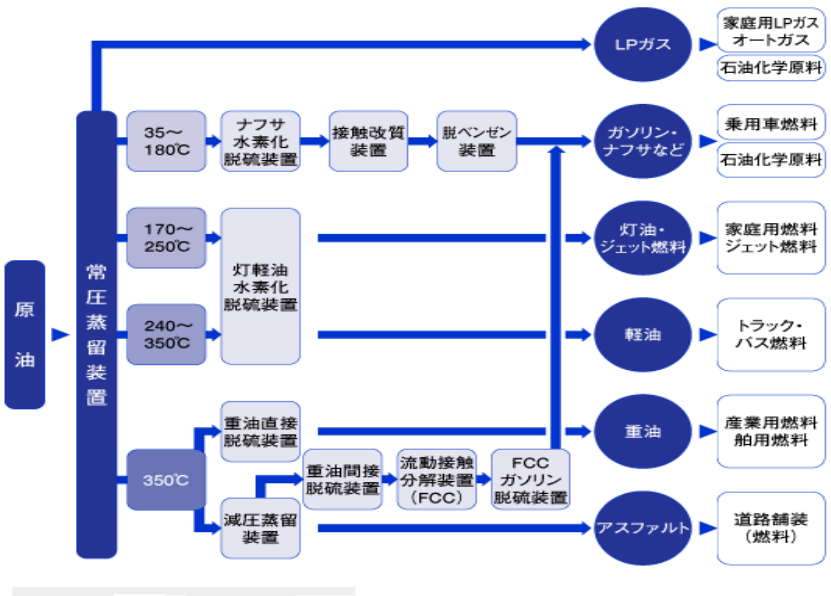
ナフサ（LPG/灯油/軽油）が石油化学工業の大本のエチレン装置の原料となる。　1980 年代以前、常圧残渣油は石油火力発電所で大量に焚かれていたが石油価格上昇で、火力発電所は石炭や LNG に燃料転換したため、1980 年代以降は常圧残渣油（C 重油）を分解して白油（ナフサ、灯油、軽油、A 重油）にする白油化設備が建設された。

白油化工程としては、減圧蒸留装置、流動接触分解装置（FCC)、水素化分解装置（Hydro Cracker）、減圧残渣油熱分解装置（Delayed Coker)などがある。

常圧蒸留装置の残渣油（常圧残渣油=C重油）は減圧蒸留装置で分けられて、減圧軽油と減圧残油（アスファルトなどの原料）とになる。　軽質減圧軽油は流動接触分解装置（FCC)で分解されブテン（合成ゴムやオクタン価向上剤原料）とナフサ、灯油、FCC軽油となる。

重質減圧軽油は水素化分解装置（Hydro Cracker）で分解され LPG とブテンとガソリン、灯油、軽油となる。　減圧残渣油熱分解装置（Delayed Coker）に掛けられ熱分解でナフサ、軽油と石油コークスを産出する。

図 3.2.1.2-3：原油の処理スキーム



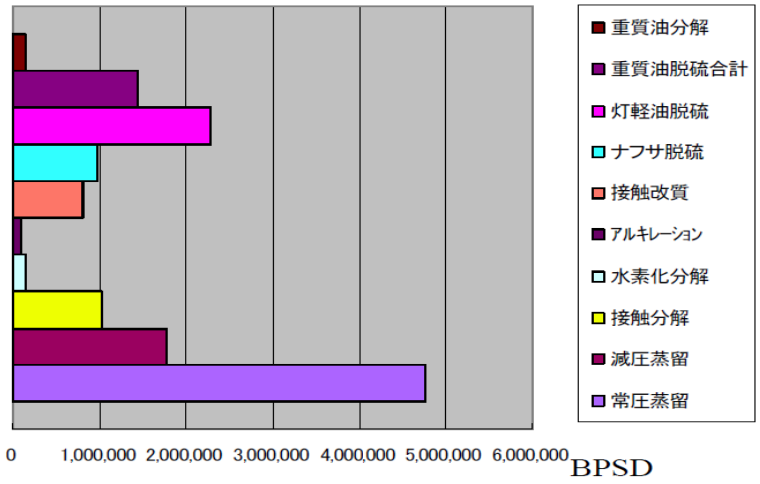
出所：コスモ石油 H.P.

(2)　日本の主要石油精製設備の構成

①原油処理能力

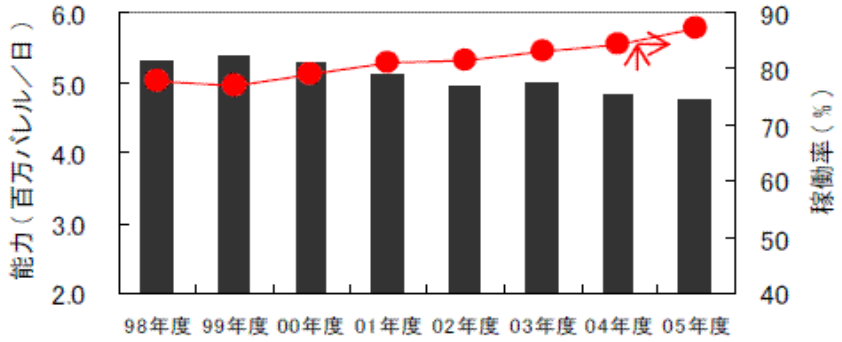
日本の主要石油精製設備の構成を図 3.2.1.2-4 に示し、図 3.2.1.2-5 に原油処理能力および製油所稼働率の推移を示す。

図 3.2.1.2-4：日本の主要石油精製設備構成（2006 年 4 月 1 日現在）



出所：「日本の石油産業の地球温暖化・省エネ対策への取り組み」、
2006 年 11 月 22 日、石油連盟、(CPS－JPEC 石油技術交流会)

図 3.2.1.2-5：原油処理能力および製油所稼働率の推移



（原典）：石油通信社版「石油資料」

出所：石油便覧（新日本石油）

②燃料油種別生産

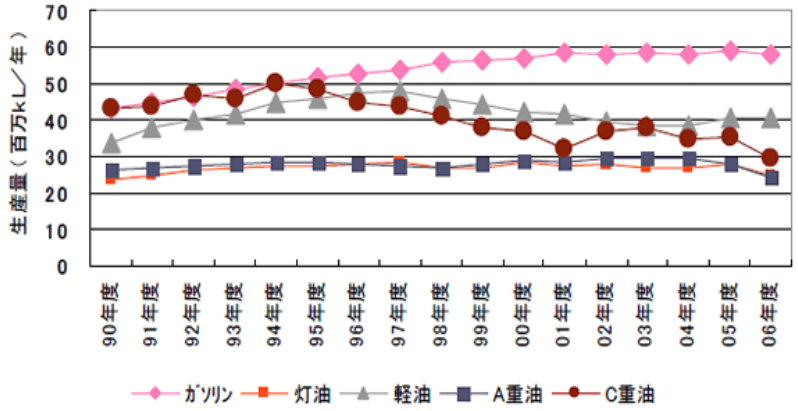
2000-2005 年度の燃料油生産量（精製用自家消費分を除く）は 2.17-2.24 億 KL の範囲で推移し、1992 年度以降、14 年連続して 2 億 KL 以上の生産量を記録した。　2006 年度の燃料油生産量(212,240 千 KL)は 2000 年度(222,203 千 KL）に対し、約 1000 万 KL(4.5%)減少したが、これは国内需

要量の減少約 2,000 万 KL（243,211→223,921 千 KL）の半分である。

需要量減少よりも生産量減少が小さいのは、アジアの石化製品の需要増に対応する原料ナフサ需要の増加を製油所でのナフサ生産の増加によって対応したためであり、また最近数年は、軽油、C重油等の輸出が増加したためでもある。

主要燃料の油種別生産量を図 3.2.1.2-6 に示した。　油種毎の生産量を 2006 年度と 2000 年度で比較すると、ガソリンが微増（1.5%増）、ナフサ（22%増）とジェット燃料（26%増）が増加した反面、軽油がわずかに減少（4%減）、灯油（13%減）、A 重油（15%減）および C 重油（20%減）が大幅に減少した。

図 3.2.1.2-6：燃料油の油種別生産量の推移



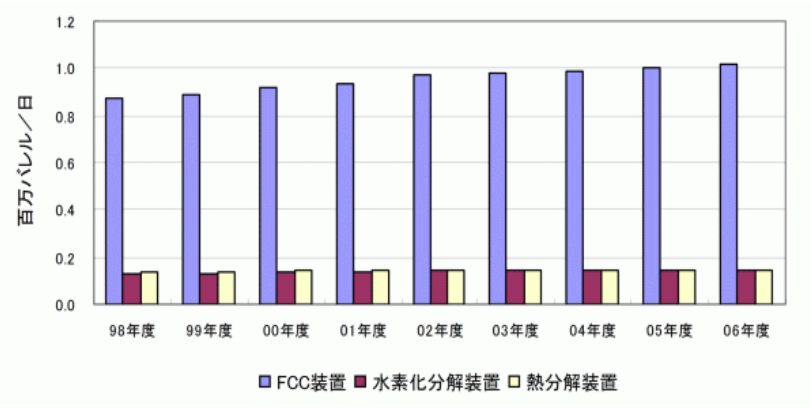
（原典）：石油通信社版「石油資料」より作成

出所：「石油便覧」、新日本石油

③重質油分解装置

1998 年度から 2006 年度の重質油分解装置能力の推移を図 3.2.1.2-7 に示した。　1998 年度において、流動接触分解（FCC）装置、水素化分解装置、熱分解装置（コーカー、ビスブレーカー等）はそれぞれ 871,500 B/D、132,000 B/D、138,000 B/Dであったが、2006 年度にはそれらは 1,015,500 B/D（17%増）、145,000 B/D（10%増）、147,000 B/D（7%増）となった。この間の重質油分解装置はガソリンを増産するFCC装置の増強が主であった。

図 3.2.1.2-7：重質油分解装置能力の推移



（原典）：石油通信社版「石油資料」より作成
出所：「油便覧」、新日本石油

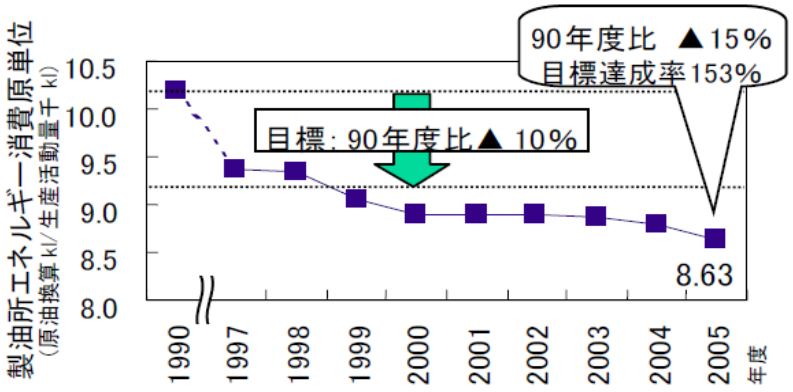
3) 製油所エネルギー消費原単位の推移と目標

(1) わが国の石油精製エネルギー消費量の推移

2005 年度の製油所エネルギー消費原単位は、図 3.2.1.2-8 に示すように、省エネルギー等が推進された結果、8.63 となり、1990 年度に比べると、15%の低減となった。 エネルギー消費原単位は 1990 年度以降順調に低減しており、1999 年度以降はほぼ横這いとなっている。

今後、更なる需要構成の軽質化の進展、ガソリン、軽油のサルファーフリー化（10ppm 以下）等石油製品の品質向上のため、製油所における新たな設備が必要となりエネルギー増加の要因も予想されるが、現状の原単位維持が図られる。

図3.2.1.2-8：精製部門（製油所）原単位の推移



＊単位：原油換算 KL/常圧蒸留装置換算通油量千 KL
出所；「日本の石油産業の地球温暖化・省エネ対策への取り組み」、石油連盟
石油精製において使用されたエネルギー消費量は 1997 年以降、あまり変化

は見られなかったが、2005 年度は 8 年ぶりに微増した。　対策を行なわなかった場合に比べると、1990 年度比で約 200 万 KL（原油換算）が削減された。その原因は、

㋐製品の需要量の増加

経済発展や国民のライフスタイルの変化に伴うエネルギー消費量の増大による石油製品需要の増加 ⇒ 17.5%

㋑製品の需要構成の変化

産業部門や発電所における燃料転換等による重油需要は減少。　一方、ガソリン、ナフサ等の需要増加などのため、重質油を原料にガソリン、ナフサ等の軽質油を増産すべく分解装置の新増設、稼動増によりエネルギー消費量が増加 ⇒ 23.1%

㋒環境に配慮した品質

ガソリン、軽油の低硫黄化、ガソリンの低ベンゼン化等環境に配慮した製品生産のため、ベンゼン抽出装置や脱硫装置やベンゼン抽出装置等の新増設、稼動増によりエネルギー消費量が増加 ⇒ 8.6%

表 3.2.1.2-3 に低硫黄化の技術導入時期、表 3.2.1.2-4 と図 3.2.1.2-9 に石油精製におけるエネルギー消費量の推移を示す。

表 3.2.1.2-3：低硫黄化の技術導入時期

1970 年代	1980 年代	1990 年代	2000 年代
重質油水素化脱硫技術 （硫黄 4⇒1%）	重質油水素化脱硫技術 （硫黄 4⇒0.3%）	軽油水素化脱硫技術 （軽油 S 分 500ppm）	軽油水素化脱硫技術 （軽油 S 分 50ppm）
軽油水素化脱硫技術 （軽油 S 分 500ppm）	省ｴﾈﾙｷﾞｰ技術	省ｴﾈﾙｷﾞｰ技術 （1990 年対比 10%削減目標）	軽油水素化脱硫技術 （軽油 S 分<10ppm）
			FCC ｶﾞｿﾘﾝ脱硫技術 （ｶﾞｿﾘﾝ S 分<10ppm）
			省ｴﾈﾙｷﾞｰ技術 （原単位 10%削減達成）

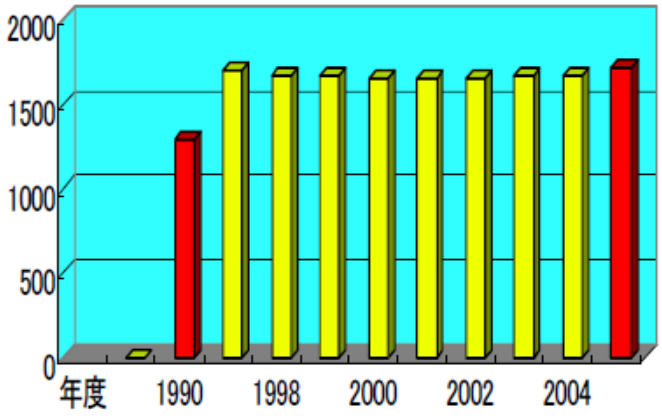
出所：「日本の石油産業の地球温暖化・省エネ対策への取り組み」、2006 年 11 月 22 日、石油連盟、（北京 CPS－JPEC 石油技術交流会）

表 3.2.1.2-4：石油精製におけるエネルギー消費量

	1990 年度	2004 年度	2005 年度	2005 年度/1990 年度
ｴﾈﾙｷﾞｰ消費量 （原油換算万 KL/年）	1,287	1,669	1,723	33.9%増

出所：「日本の石油産業の地球温暖化・省エネ対策への取り組み」、
2006 年 11 月 22 日、石油連盟、（北京 CPS－JPEC 石油技術交流会）

図 3.2.1.2-9：石油精製における年間エネルギー 消費量推移

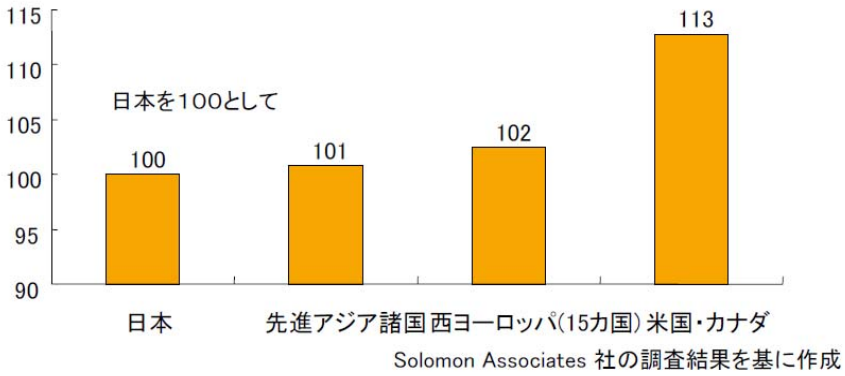


＊単位：原油換算万 KL/年
出所：「日本の石油産業の地球温暖化・省エネ対策への取り組み」、
2006 年 11 月 22 日、石油連盟、(CPS－JPEC 石油技術交流会)

(2) 製油所エネルギー消費の国際比較

日本の製油所のエネルギー消費効率は欧米と比較して同等ないしは優位にある。 石油産業活性化センターが実施した SOLOMON ASSOCIATES 社による調査結果（2002 年実績)、図 3.2.1.2-10 に示すように、エネルギー消費効率は日本を 100 とすると先進アジア諸国（中国の除く、シンガポール、マレーシア、韓国）101、西ヨーロッパ（17 カ国）102、米国及びカナダ 113 であった。

図 3.2.1.2-10：エネルギー消費効率の比較（2002 年実績）



（原典）：SOLOMON ASSOCIATES 社
出所：「日本の石油産業の地球温暖化・省エネ対策への取り組み」、
2006 年 11 月 22 日、石油連盟、（CPS－JPEC 石油技術交流会）

4) わが国の石油精製における省エネルギー対策

石油精製における省エネルギー対策としては、石油精製設備そのものにおける熱回収の推進、設備の高効率化・最適化、と用役設備における熱回収の推進、設備の高効率化・最適化、高効率発電設備の導入が実施されてきた。

(1) 石油精製設備関連

㋐熱回収の推進

各種熱交換器の設置、廃熱ボイラーの設置、ヒートポンプの設置、塔槽類および配管の保温・保冷の徹底、加熱炉空気予熱器の設置・洗浄・取り替え、低温廃熱等未利用エネルギーの回収技術の開発

㋑設備の高効率化最適化

精製装置間の相互熱利用の推進、加熱炉の空気量低減（低 02 化）、加熱炉・熱交換器の高効率化、石油精製触媒の高性能化（より低温での運転を実現）、プロセスタービン設置（圧力エネルギーの回収）、ポンプ容量の最適化（インペラーカット）、コンピューター制御の推進、運転管理値の見直し、大型モーターのインバーター化、コンプレッサーの無段階ロード調整機構の導入

(2) 用役設備関連

㋐熱回収の推進

炉壁・各種保温材の補修・取り替え、空気予熱器の設置・洗浄・取り替え、ボイラー給水予熱器の設置、スチーム過熱器設置、エコノマイザー設置（排ガスからの熱回収）、工場間に及ぶ熱利用の推進・技術開発、各種熱交換器の新増設。

㋑設備の高効率化・最適化

ボイラー空気量低減、発電用スチームタービンの高効率化、ポンプ容量の最適化（インペラーカット）、コンピューター制御の推進、運転管理値の見直し(酸素濃度、温度、圧力、蒸気)。

㋒高効率発電設備の導入

ガスタービン・コージェネレーション等の高効率発電設備の設置、石油残渣ガス化複合発電(IGCC ： Integrated Gasification Combined Cycle)。

(3) 今後実施予定の対策

㋐従来対策の継続（ガス廃熱の回収、低温廃熱の有効利用、コージェネレーションシステムの導入、高効率タービンの導入、ヒートインテグレーション、高効率熱交換器への変更等）

㋑コンビナートルネッサンスの推進（近隣他業種事業所と熱、エネルギー、原料の効率的利用を通じた省エネ）(3.6 万 KL／年、CO2:20 万 t／年の低減効果が見込まれている)

表 3.2.1.2-5 に、2005 年度に実施された省エネ対策の一例を示す。

表 3.2.1.2-5：2005 年度に実施された省エネルギー対策の一例

	省エネ対策内容	省エネ効果 (原油換算KI)
1	分解装置の分留塔塔頂部からの熱回収を強化し、原料油加熱炉を停止させる	4,520
2	灯軽油脱硫装置の熱交換器を高性能タイプに変更／増強し省エネをはかる	814
3	水素化脱硫装置に高活性触媒を採用／充填することで、反応温度を抑え加熱炉の燃料消費量を削減する	970
4	自家発電設備としてガスタービン式コージェネレーションの導入	11,755
5	二次装置へのダイレクトチャージ（ホットチャージ）に必要な配管の設置により燃料消費を低減	3,604
6	改質装置の抽出工程に高度制御を導入し、運転条件の更なる最適化をはかりエネルギー消費を削減する	1,990
7	水素製造装置の原料を軽質ナフサから製油所で発生したオフガスに転換することで、水素製造装置でのスチーム消費削減をはかる	2,300
8	原油タンクの運用を見直し、一部タンクの休止化によりタンク加熱用のスチームの削減をはかる	1,300
9	廃熱回収ボイラーの水管を増設し、廃熱回収スチーム量を増加させ、同装置のスチーム発生用ボイラーの燃料低減をはかる	4,150
10	加熱炉排ガス中の酸素濃度の管理強化	270
11	加熱炉への高効率回転式蓄熱バーナーの導入	4,200
12	スチームトラップの管理強化／省エネタイプの導入により、スチーム消費量の削減をはかる	464
13	自家発電装置に吸気冷却設備を導入し発電量低下を回避することで省エネをはかる	1,668
14	加熱タンクの保温強化と温度管理の徹底	410
15	冷却塔循環水ポンプにインバーター設備を導入し電力使用量を削減する	320
16	常圧蒸留装置・減圧蒸留装置の熱交換器の洗浄頻度を増加させ効率を向上し、加熱炉の燃料消費削減をはかる	2,630
17	回転機の動力として稼働しているスチームタービンを高効率化し、スチーム使用量を低減させる	2,800
18	既設ボイラーを高効率タイプに置き換え	1,003
19	分解装置の触媒再生塔を改造／効率化し、不要となる蒸気の削減、並びに再生塔の運転圧力を低下させ蒸気使用量削減をはかる	7,932
20	常圧蒸留装置の加熱炉ダクトの増強を行うことで、エアプレーンヒーターへの排ガスバイパス量を増加させ、排熱回収量を増加させる	2,580
21	改質装置分留塔の運転最適化によりリボイラースチームの消費量を削減する	228
22	エアプレーンヒーターの増設による排熱回収量の増加	376
23	原油タンクの撹拌運転時間の見直し／短縮による電力消費量削減	19
24	製油所内の照明設備を水銀灯からナトリウム灯に変更	2

出所：「石油精製業における地球温暖化対策の取り組み」、平成 19 年 2 月 22 日、石油連盟

4)　石油精製業における地球温暖化対策の自主行動計画

（平成 19 年 2 月 22 日、石油連盟）

(1) 業界の自主行動計画における目標

［石油精製部門］

2010 年度における製油所エネルギー消費原単位を 1990 年度実績から 10%低減。

［輸送（運輸）部門］

2010 年度における石油製品の輸送に伴う燃料消費量を 1990 年度実績より 9%削減

［消費（民生・業務）部門］

石油コージェネレーションの普及により 2010 年度までに 1990 年度実績より年間 140 万 kl の省エネルギーを達成

(2) 目標を達成するために実施する対策と今後の省エネルギー効果

これまでの取り組みと同様の対策を更に推進するが、製油所では 1973 年の第一次石油危機以降、30 年以上に渡り積極的に省エネに取り組んできたことから、単独の製油所における規模の大きな省エネ対策は概ね実施済みである。

現時点における今後実施予定の省エネ対策による効果は、2010 年度の時点で約 30 万 kl/年（原油換算値：2010 年までの効果を累積）である。

表 3.2.1.2-6 に、エネルギー消費量・原単位、原単位の実績及び見通しを示す。 表 3.2.1.2-7 に石油産業が目指す「製油所エネルギー消費原単位」（＊）を指標として、2010 年度の削減目標を 1990 年度対比▲10%と設定し、省エネルギーを推進している。

＊カバー率：石油精製業の 100%（ただし潤滑油製造専業者を除く）。

＊目標値の設定：目標値の設定にあたっては、1973 年の第一次石油危機以降、基準年となる 1990 年度までに取り組まれた省エネルギー対策を考慮し、年 0.5%程度の改善を目安に 1990 年度比 10%改善とした。

表 3.2.1.2-6：エネルギー消費量・原単位、原単位の実績及び見通し

実績値	1990年度	1997年度	1998年度	1999年度	2000年度	2001年度
生産活動量（換算通油量）［百万kl］	1263	1820	1790	1850	1869	1865
エネルギー消費量［原油換算万kl］	1287	1705	1670	1675	1661	1657
製油所エネルギー消費原単位 注1	10.19 (1.00)	9.37 (0.92)	9.33 (0.92)	9.06 (0.89)	8.89 (0.87)	8.89 (0.87)

実績値	2002年度	2003年度	2004年度	2005年度	2010年度	
					見通し 注2	目標
生産活動量（換算通油量）［百万kl］	1854	1888	1898	1996	2007	
エネルギー消費量［原油換算万kl］	1650	1675	1669	1723	1732	
製油所エネルギー消費原単位 注1	8.90 (0.87)	8.87 (0.87)	8.80 (0.86)	8.63 (0.85)	8.63 (0.85)	9.17 (0.90)

注1：単位：原油換算kl/生産活動量千kl。()内は1990年度を1とした場合の指数。

注2：2010年度見通しは、総合資源エネルギー調査会石油分科会石油部会石油市場動向調査委員会（2006年3月）における2010年度石油製品需要見通しを基に、現状の製品性状及び精製技術等を前提として2010年度の生産活動量（換算通油量）を2,007百万klと見通し、その上で製油所エネルギー消費原単位は2005年度並み(90年度比-15%)に維持されると仮定した場合の数値。

出所：「石油精製業における地球温暖化対策の取り組み」、平成19年2月22日、石油連盟

表3.2.1.2-7：エネルギー原単位削減目標

（単位：原油換算ＫＬ／常圧蒸留装置換算通油量千ＫＬ）

項　目	１９９０年度（基準年度）	２０１０年度（目標年度）	削減目標	参　考
製油所エネルギー消費原単位	１０．１９	９．１７	▲１０％	年間約１２９万ＫＬに相当

出所：「石油業界の地球環境保全自主行動計画」（第6回フォローアップ）、平成15年10月、石油連盟

－参照資料－

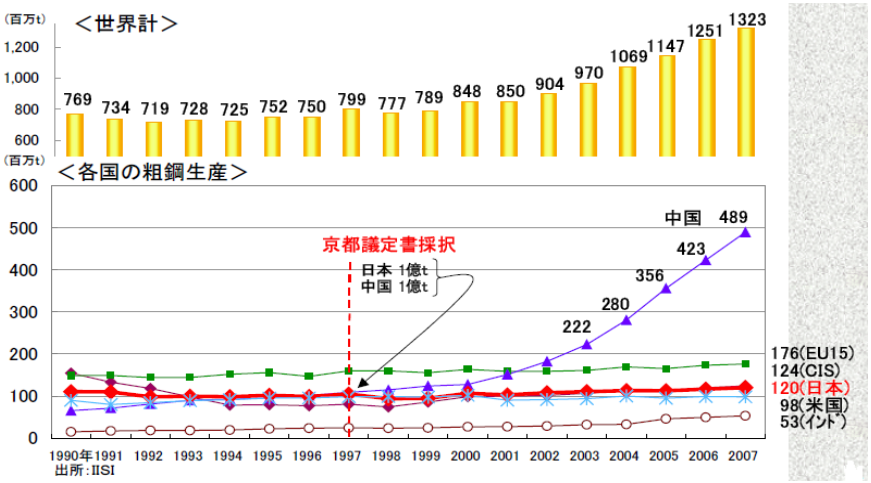
1.「日本の石油産業の地球温暖化・省エネ対策への取り組み」、2006 年 11 月 22 日、
石油連盟、(北京 CPS－JPEC 石油技術交流会)
2.「石油精製業における地球温暖化対策の取り組み」、平成 19 年 2 月 22 日、石油連盟
3. 「石油便覧」、新日本石油

3.2.1.3　鉄鋼技術

1)　鉄鋼業における省エネルギー取り組みの歴史

我が国鉄鋼業界は、図 3.2.1.3-1 に示すように、粗鋼生産量では 1973 年の 1.2 億トンをピークに 30 年以上にわたり 1 億トン前後の生産量を維持してきた。　2007 年は、粗鋼生産量でも過去最高となっているが、基本的には各企業とも国内においては、全く新規に製銑製鋼設備を構築することにより生産能力を大幅に拡大するようなことはなく、既存設備の更新による効率改善を行ってきた。

図 3.2.1.3-1　：世界粗鋼生産の状況



出所：鉄鋼業の地球温暖化対策への取組　自主行動計画進捗状況報告、
平成20年10月、(社)日本鉄鋼連盟

2)　我が国の鉄鋼産業における省エネルギーとエネルギー消費の推移

代表的なエネルギー多消費型産業である鉄鋼業では、第一次石油ショックの 1973 年は省エネルギー元年と言われている。　第一次石油ショックを契機に、副生ガス（石炭からコークスを製造する過程で発生する可燃性ガス。水素や一酸化炭素が主成分）の回収強化、生産方式の連続鋳造方式への変更、高炉炉頂圧発電方式（TRT）の開発・導入、コークス製造における排熱の回収設備(CDQ)の導入などを行ってきた。

これらの省エネルギー技術を駆使し、1970～80 年代にかけ約 20%の省エネルギーを達成した。　業界内の取り組みとして、1990 年度以降実施された諸対策（省エネ設備投資、操業改善等）による省エネ効果は、▽377PJ（▽14.9%）となった。　ただし、製品の高付加価値化、環境による対策の強化等による増エネ要因もあり、全体では▽133PJ（▽5.2%）、346 万 Kl の削減となった。

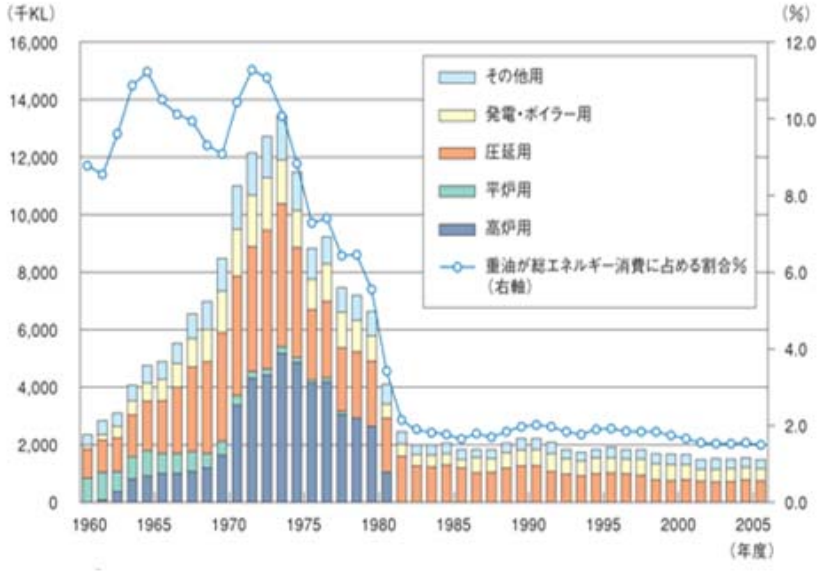
（注：PJ はペタジュール（1,015 ジュール）。１cal は 4.18605 J 。1PJ は原油約 2.58 万 KL。）

1990 年以降、製品の高付加価値化が進みより多くのプロセスが必要になったため、エネルギー消費が増加したが、コークスの代替として高炉に微粉炭を吹き込む、自家発電設備の効率を上げるといった生産工程対策を行うと同時に、高炉およびコークス炉等の熱源として廃プラスチックや廃タイヤの有効利用を進めている。

なお、鉄鋼業では元来石油よりも石炭を多く消費しているが、石油ショック当時には鉄鉱石の還元剤や工場内の加熱用燃料、自家発電用燃料として石油が使用されていた。　しかし、図 3.2.1.3-2 に示すように、石油ショックを契機に、還元剤の石炭回帰や副生ガスの利用強化等により石油から石炭へエネルギー転換を行い、1973 年度に 1,346 万 KL であった重油消費量は、1980 年度には 412 万 KL、85 年度には 188 万 KL と激減し、現在でも鉄鋼業の全エネルギー消費量のわずか 2%を占めるに過ぎない。

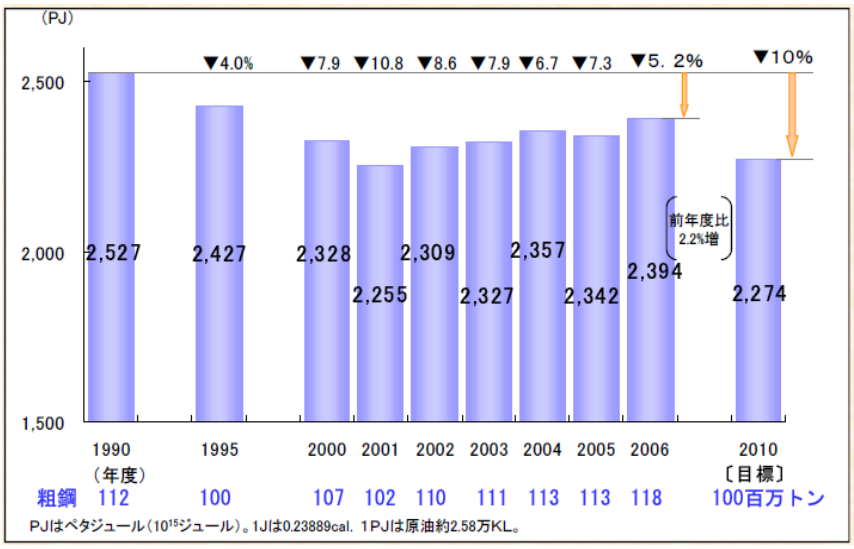
図 3.2.1.3-3 に鉄鋼業のエネルギー消費量の推移、図 3.2.1.3-4 に鉄鋼業のエネルギー原単位の推移、図 3.2.1.3-5 に鉄鋼業のエネルギー原単位の国際比較、および図 3.2.1.3-6 に一貫製鉄所のエネルギー原単位指数の国際比較を示す。

図 3.2.1.3-2：日本の鉄鋼業の重油消費量とエネルギーに占める比率の推移



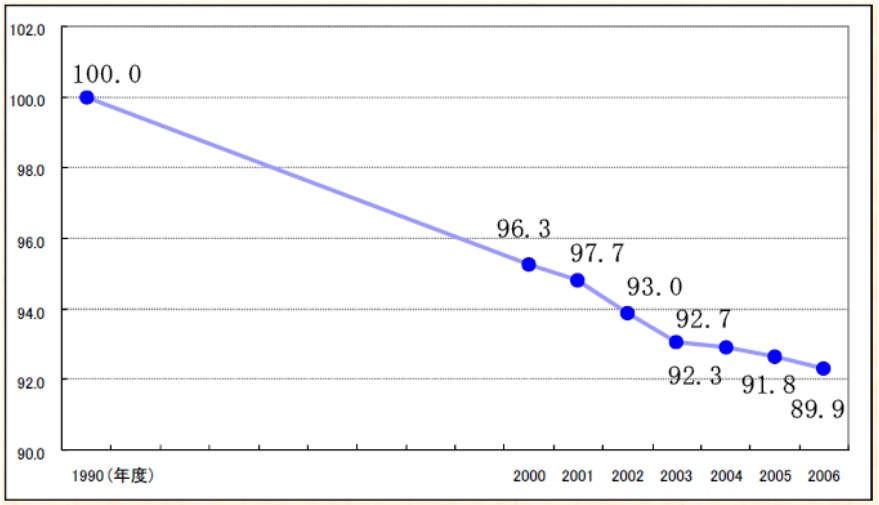
出所：(社)日本鉄鋼連盟

図 3.2.1.3-3：鉄鋼業のエネルギー消費量の推移



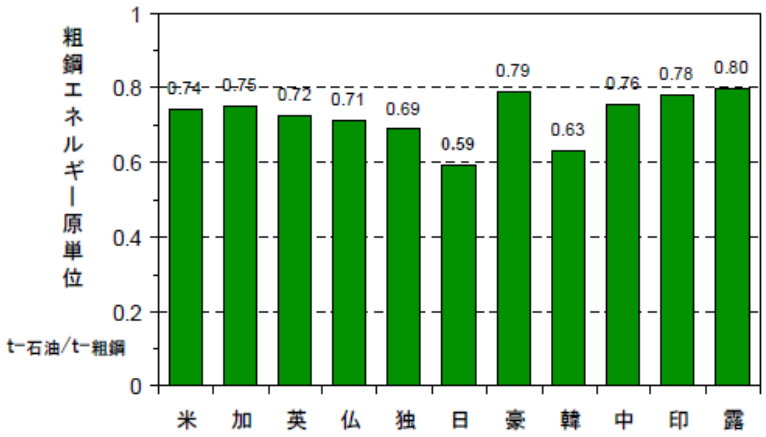
出所：日本鉄鋼業の地球温暖化対策への取組み、平成20年3月31日、新日本製鐵株式会社

図 3.2.1.3-4：鉄鋼業のエネルギー原単位の推移（1990 年度を基点）



出所：日本鉄鋼業の地球温暖化対策への取組み、平成20年3月31日、新日本製鐵株式会社

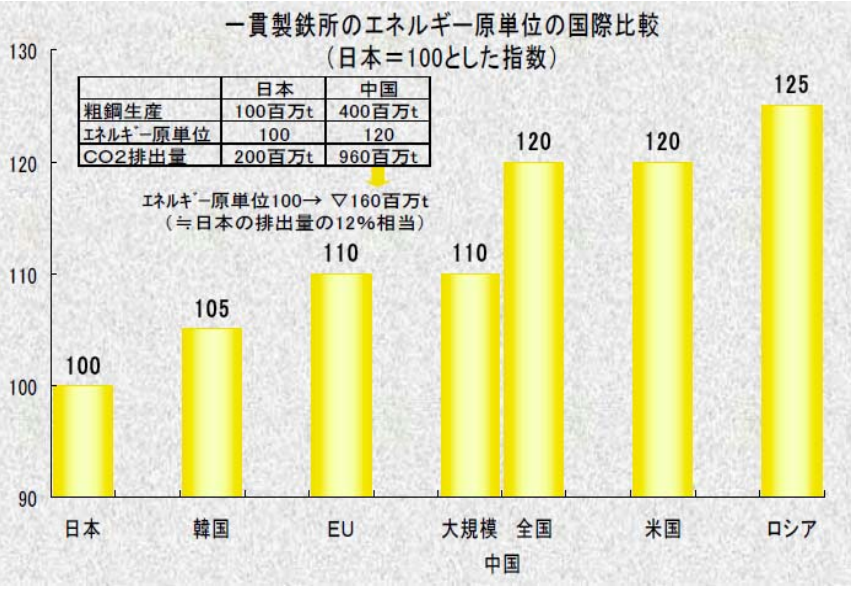
図 3.2.1.3-5：鉄鋼業のエネルギー原単位の国際比較



（原典）：「エネルギー効率の国際比較（発電、鉄鋼、セメント部門）」、
2008、RITE

出所：「日本鉄鋼業のエネルギー効率」について 、
平成20年2月25日、（社）日本鉄鋼連盟

図 3.2.1.3-6：一貫製鉄所のエネルギー原単位指数の国際比較



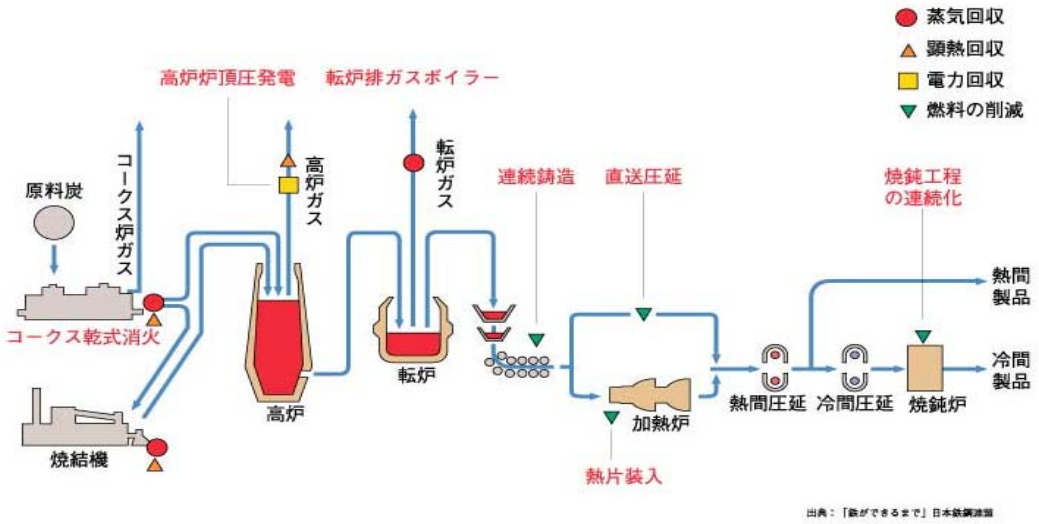
（原典）：韓国鉄鋼協会、中国鋼鉄工業協会、個別ヒアリング等
出所：「エネルギー効率の国際比較（発電、鉄鋼、ｾﾒﾝﾄ部門）」、
RITE、2008

3)　鉄鋼業における省エネルギー技術

鉄鋼の製造においては、鉄鉱石を還元するために石炭中の炭素を利用する。還元剤として石炭の利用が不可欠である以上、鉄鋼業の最大の温暖化対策（省エネルギー）は、石炭をはじめとするエネルギーの消費を節減することである。

コークス炉、高炉、転炉などの鉄鋼の製・精錬工程では、高温の熱エネルギーや高圧が生じており、それらは蒸気や電力として回収可能である。　図 3.2.1.3-7 に、鉄鋼製造における主な省エネルギー技術箇所を示す。

図 3.2.1.3-7：鉄鋼製造における主な省エネルギー技術箇所(朱記部分)



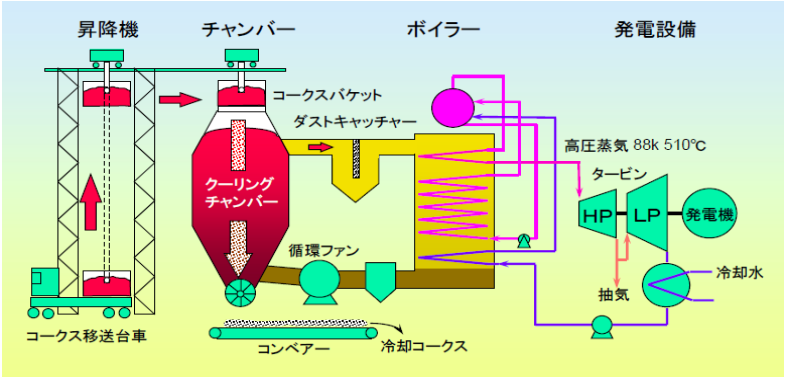
出所：「鉄鋼プロセス工学入門」、JFE

省エネルギー技術の代表例に、図 3.2.1.3-8 に示しているコークス乾式消火設備（CDQ）と、図 3.2.1.3-9 に示している高炉における炉頂圧発電(TRT)がある。

乾式消火は、水の代わりに窒素ガスでコークスを消火し、高温のコークスが持っている顕熱を有効に回収してボイラーに利用する。

CDQ は CO2 や粉塵を削減し環境保全に貢献すると同時に、排熱回収による高い省エネルギー効果を発揮する画期的な技術である。新日鉄の場合は、この技術の普及を積極的に進めた結果、CDQ の設置数で約 40%（41 基）という世界一のシェアを誇っている。

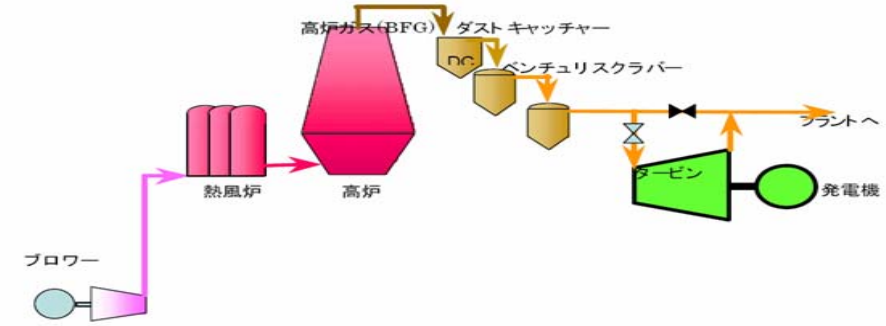
図 3.2.1.3-8：コークス乾式消火設備（CDQ）



出所：「セクター別アプローチ（鉄鋼）」、経済産業省

炉頂圧発電は、高炉の排ガスが持っている圧力を利用してタービンを回し発電を行う。　転炉の排ガスが持っている顕熱も排ガスボイラーによって有効に回収する。　さらに排ガスを圧延工程に送り、加熱炉や焼鈍炉の燃料ガスとして再利用している。

図 3.2.1.3-9：高炉乾式炉頂圧発電設備(TRT)



出所：「セクター別アプローチ（鉄鋼）」、経済産業省

このほか、省エネルギー効果の大きなものに、生産工程の省略・連続化がある。　この例としては、㋐造塊・分塊圧延から連続鋳造への転換により、鋼塊を均熱する燃料と分塊圧延機の電力の低減、㋑連鋳スラブの熱片装入や直送圧延による加熱炉燃料の節減、㋒鋼板のバッチ焼鈍から連続焼鈍への移行などがあげられる。

これらの工程変更で鉄鋼生産に消費されるエネルギーの大きな節減が可能となった。　エネルギーの回収・有効利用や工程の省略・連続化は、今後とも鉄鋼業にとって重要な課題である。

スクラップを原料とする電気炉による製鋼法で必要なエネルギーは、高炉・転炉法のそれよりはるかに少ない。　これは高炉・転炉法の全所要エネルギーの約 70%を占める鉄鉱石の還元に要するエネルギーが不要となるためである。　したがって、スクラップが豊富な国では電気炉法が有効である。

さらに、鉄鋼製品の品質・特性の向上も、省エネルギーに貢献している。たとえば、自動車用鋼板の高強度化は、車体重量の軽減を通じて、自動車の燃費節減に役立っている。　また、電力の、発電から消費に至る過程の各種機器にひろく使用されている鉄鋼材料も、省エネルギーに貢献している。

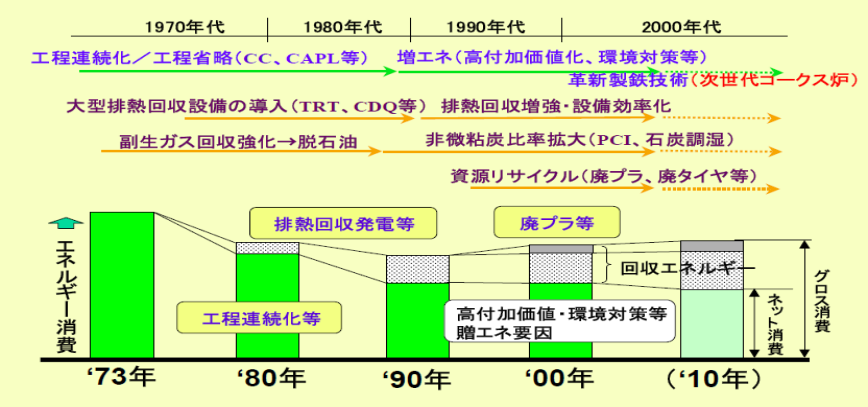
たとえば、ガスタービン発電では、利用するガス温度が高いほど発電効率が上がるが、このガス温度を決めているのはタービン翼や回転軸に使われる材料の耐熱性であり、耐熱性の良い超合金、ステンレス鋼や鉄鋼材料の開発が発電効率の向上につながっている。　電磁鋼板の鉄損の低下による電力の変換効率の向上がある。　耐候性鋼、表面処理鋼板などの耐食性向上、軸受鋼の寿命延長なども、それらを用いた設備のライフサイクルが延びることによって省エネルギーに貢献している。

4)　鉄鋼業における省エネルギー技術普及

(1)　省エネルギーへの取組の推移

「鉄鋼業における省エネルギーへの取組の推移」は、日本鉄鋼連盟において、図 3.2.1.3-10 のようにまとめられている。　1970 年代の「工程連続化・工程省略（CC：連続鋳造、CAPL：連続焼鈍設備）等」、1980 年代の「大型排熱回収設備（CDQ、TRT 等）普及」、1990 年代の「非微粘炭比率拡大（PCI：微粉炭吹込、石炭調湿）と捉えられている。

図 3.2.1.3-10：「鉄鋼業における省エネルギーへの取組の推移」



出所：鉄鋼業の地球温暖化対策への取組　自主行動計画進捗状況報告、
平成20年10月、(社)日本鉄鋼連盟

オイルショック以降の鉄鋼業の省エネルギー消費の推移は概ね次の4期に分けられる。

第1期：1978年

高炉燃料費低減、加熱炉空燃比制御や加熱炉熱片装入など、主として操業改善による省エネルギー。

第2期：～1985年

高炉炉頂圧発電（TRT)、焼結クーラー排熱回収、コークス炉乾式消火設備（CDQ）など、大型排熱回収設備導入による省エネルギー。

第3期：～1995年

連続鋳造設備、連続焼鈍設備など工程連続化または省略化および、高炉PCI導入による省エネルギー、さらにVVVFによる省電力、新型酸素プラント、コンバインドサイクル発電の導入、エネルギーセンター総合管制化などエネルギー設備の効率的運用実施。

第4期：～現在

地球温暖化問題の高まりを背景に、省エネルギー活動の目的がエネルギー削減から CO2 削減へと変化。環境調和型技術、廃棄物リサイクル技術など視点を変えた新技術の発掘とシーズ開発を推進。　その代表例としては、使用済みプラスチックによる高炉還元エネルギー代替利用技術、セラミック蓄熱体を用いて限界熱回収利用と超低 NOx 燃焼を両立した環境調和型蓄熱式バーナー加熱システム技術などがある。

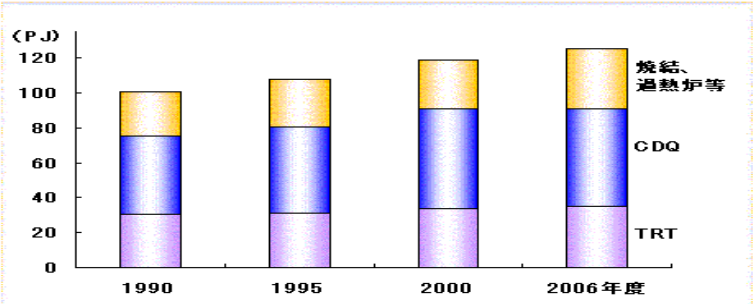
鉄鋼業の既存省エネルギー技術の大部分は、物理的な導入可能部分について、1990年代にほぼ100%導入されている。　現在、鋭意、導入中の技術は、「リジェネ（排熱回収）バーナ<高性能工業炉>」であり、導入可能な対象設備が膨大であることから、大きな効果が期待されている。

(2)　高炉炉頂圧発電（TRT)、コークス炉乾式消火設備（CDQ)、焼結クーラー排熱回収など、大型排熱回収設備導入による省エネルギー

図3.2.1.3-11に排エネルギーの回収量の推移、図3.2.1.3-12に鉄鋼業における省エネルギー主要設備の普及率（1990－2000年度)、図3.2.1.3-13に省エネルギー主要設備の普及率の推移、図3.2.1.3-14に主要省エネルギー設備の普及率の国際比較（1996年調査)、および図3.2.1.3-15に主要国の鉄鋼業における高効率設備の導入シェアを示す。

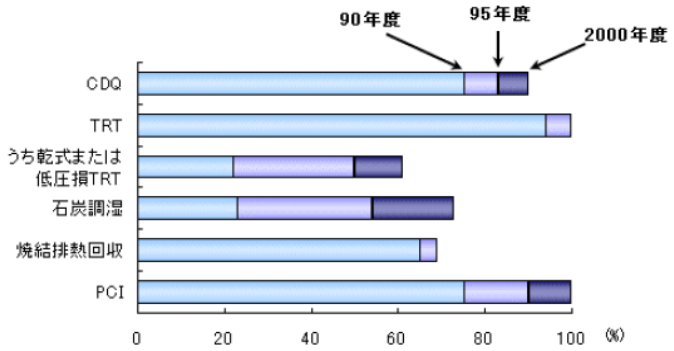
これらの図から、排熱回収設備（CDQ、TRT）の日本の普及率が欧米を圧倒していることと、副生ガス（コークス炉ガス、転炉ガス）の回収についても日本の優位性が明らかとなっている。

図 3.2.1.3-11：排エネルギー回収量の推移



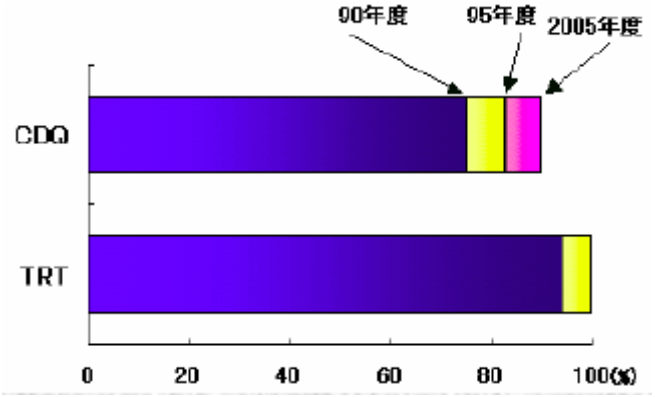
＊1990 年までにおよそ 100ＰＪ回収、90 年代に更に 20ＰＪ普及拡大
出所：「自主行動計画進捗状況報告（2005.11）」、(社)日本鉄鋼連盟

図 3.2.1.3-12：鉄鋼業における省エネルギー主要設備の普及率
（1990－2000 年度）



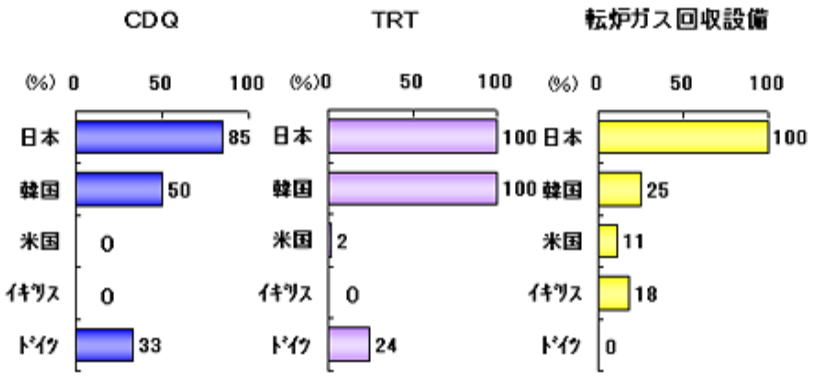
出所：日本鉄鋼連盟/自主行動計画進捗状況報告（2005.11）

図 3.2.1.3-13：省エネルギー主要設備の普及率の推移



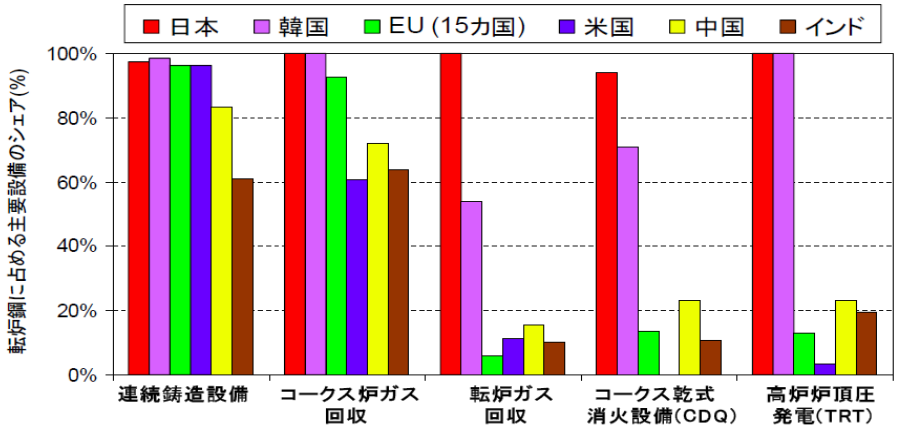
出所：鉄鋼業の地球温暖化対策への取組み、平成19年6月、
(社)日本鉄鋼連盟

図 3.2.1.3-14:主要省エネルギー設備の普及率の国際比較（1996 年調査）



出所：「省エネルギーへの取組み状況」、鉄鋼連盟

図 3.2.1.3-15：主要国の鉄鋼業における高効率設備の導入シェア



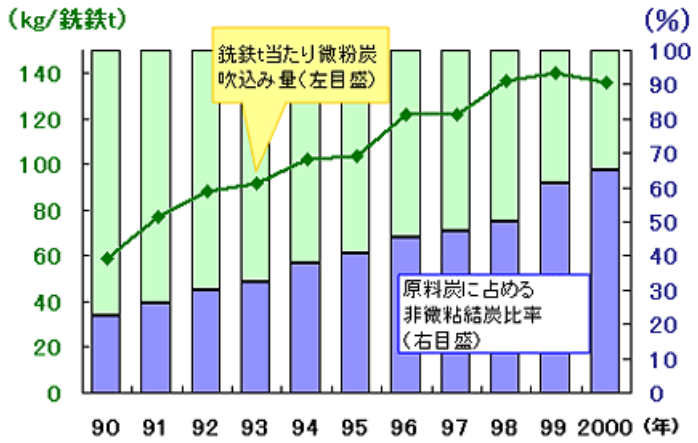
出所：「温暖化対策における技術指向の国際協力と CO2 削減効果」、
地球環境産業技術研究機構、秋元圭吾

(3) 焼結料炭に占める非微粘結炭比率と PCI（微粉炭吹込み）

微粉炭（PC）の吹込みが注目されている。 PC 吹込み操業は、1970 年代の石油危機を契機とした石油価格の高騰と供給不安による脱石油対策として導入された。 その後、コークス炉能力不足の解消およびエネルギーコストの低減を目的として、PC 吹込みは急速に普及し、現在わが国で稼動している 31 基の高炉すべてで実施されている。

図 3.2.1.3-16 に原料炭に占める非微粘結炭比率と PCI（微粉炭吹込み）量の推移を示す。

図 3.2.1.3-15：原料炭に占める非微粘結炭比率と
PCI（微粉炭吹込み）量の推移



＊PCI：石炭を微粉にし、コークス工程を省略して直接高炉に吹き込む技術

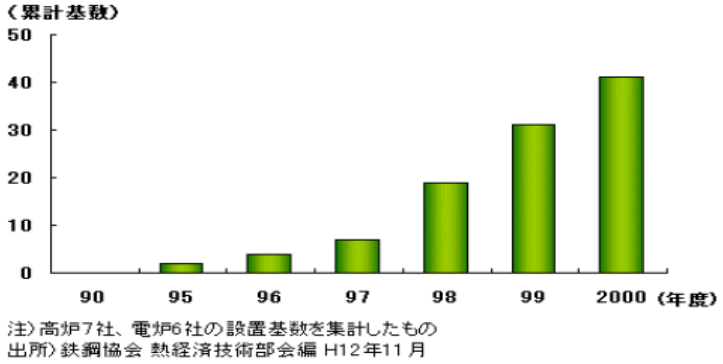
出所：「省エネルギーへの取組み状況」、鉄鋼連盟

(4) リジェネ（排熱回収）バーナ

現在、鋭意、導入中の技術は、「リジェネ（排熱回収）バーナ〈高性能工業炉〉」であり、導入可能な対象設備が膨大であることから、大きな効果が期待されている。

図 3.2.1.3-16 に鉄鋼業におけるリジェネバーナ累計設置基数の推移を示す。

図 3.2.1.3-16:鉄鋼業におけるリジェネバーナ累計設置基数の推移



出所：「自主行動計画進捗状況報告」、2005.11、日本鉄鋼連盟

5)　鉄鋼業における今後のおける省エネルギー対策の見通し

鉄鋼業の自主行動計画においては、粗鋼生産量１億トンを前提として、2010年度の鉄鋼生産工程におけるエネルギー消費量を、基準年の 1990 年度に対して 10%削減することを目標としている。　この目標は、2008～2012 年度の 5 年間の平均値として達成する。（エネルギー消費量の 10%削減に見合う CO2 排出量は 9%削減。）

生産工程における取組に加え、社会における省エネルギーへの貢献も目指す、㋐集荷システムの確立を前提に、廃プラスチック等を100万トン活用、㋑製品･副産物による社会での省エネルギー貢献、㋒国際技術協力による省エネルギー貢献、㋓未利用エネルギーの近隣地域での活用、㋔民生・業務・運輸における取組の強化などである。

2020 年以降の中長期の将来省エネ技術となる次世代プロセスである「高効率コークス炉」を大分にて実験中（SCOPE-21）である。

今後の省エネルギー対策の重点は、廃プラ・廃タイヤなどの再生品利用、副生水素供給、低温排熱利用など、産業間、工場地域での「クロスバウンダ リーな取組」を推進することである。　廃プラの利用については、高炉の還元剤代替およびコークス炉の石炭代替が検討されている。

2010 年に向け、鉄鋼各社が現在検討している対策の具体的内容（一部既採用）を表 3.2.1.3-1 に示す。

表 3.2.1.3-1：今後のおける省エネルギー対策

（構成比%）

排エネ回収	TRT増強、CDQ新設、ｶﾞｽ回収強化、転炉ｶﾞｽ顕熱回収、ﾘｼﾞｪﾈﾊﾞｰﾅｰ　他	25
設備高効率化	高効率酸素設備、発電ﾀｰﾋﾞﾝ改良、焼結改良、高炉改修、ﾓｰﾀｰ効率化、発電設備効率化、熱風炉改修　他	20
操業効率化	還元材比低減、鋼材温度管理、冷鉄源利用　他	45
廃ﾌﾟﾗ等有効活用	廃ﾌﾟﾗ等活用、廃ﾌﾟﾗ処理設備増強　他	5
その他	ﾀﾞｽﾄﾘｻｲｸﾙ、石炭調湿、鉱石事前処理　他	5

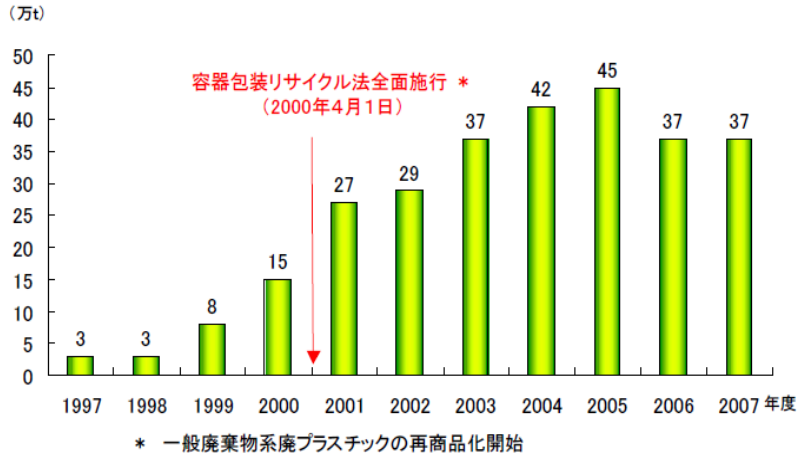
出所：鉄鋼業の地球温暖化対策への取組み、平成19年6月、(社)日本鉄鋼連盟

(1)　高炉の還元剤代替

高炉業界における廃プラ利用手法として注目されている高炉吹き込みは、銑鉄生産に必要な還元剤（コークス、微粉炭）を廃プラで代替しようとするもので、高炉に投入するコークス・石炭を削減できる分、CO2 の排出を抑制することができるものである。　通常、銑鉄 1 トンの生産にあたって、還元剤（コークス、微粉炭）が約 500 kg投入されており、このうち、廃プラで代替可能な量の上限は 200 kg程度とされている。　廃プラを高炉に投入する前の処理工程でもっとも問題とされる塩化ビニルの除去技術は確立しており、普及拡大に向けてさらなる低コスト化が課題となっている。

図 3.2.1.3-17 に廃プラスチックおよび廃タイヤ利用実績を示す。

図 3.2.1.3-17：廃プラスチック・廃タイヤ利用実績



出所：鉄鋼業の地球温暖化対策への取組　自主行動計画進捗状況報告、
平成20年10月、(社)日本鉄鋼連盟

(2)　コークス炉の石炭代替

廃プラの高炉吹き込みと類似する廃プラ利用手法として「コークス炉化学原料化法」がある。　これは、高炉ではなく、コークス炉に石炭の代替として投入されるものである。　投入された廃プラは1,200℃高温下で乾留され、約 40%は油化物として回収され化学工業原料などに使用される。　約 40%はコークス炉ガスとして発電燃料等に利用され、残りの約 20%がコークスの一部として高炉に投入されることになる。

コークス炉投入に先立って、収集された廃プラの粉砕・選別・塩ビ除去・成形などの前処理工程が必要であるのは、高炉原料化法と同様である。　ただし、高炉投入の場合には、高炉に投入するコークスの 2 割程度を廃プラで代替できるが、コークス炉投入の場合には、コークス炉に投入される石炭の 1

～2%程度しか廃プラで代替できない。　このため、コークス炉のみでは処理量に限界がある。

6)　鉄鋼業における次世代技術

生産工程における省エネの取組みは、高効率設備の導入と操業技術の改善、製造プロセスの工程省略と連続化、排エネルギーの回収などだが、その反面これまでの方法では、今後の改善の余地はわずかしか残っていないともいえる。

そこで、生産工程におけるエネルギー消費量を 2010 年に 1990 年比 10%（原油換算 572 万 kl/年）削減するという業界目標を達成するために、現在開発を進めているのが次世代型の製鉄技術「溶融還元製鉄」と「次世代コークス炉」である。

(1)　溶融還元製鉄法

溶融還元製鉄法（DOIS）は、一般炭をコークス化（結晶化）せずに直接使用することができ、設備・エネルギーコストが削減できる。日本鉄鋼連盟が 1996 年にパイロットプラントによる実験を終了し、実用実験に入っている。

(2)　次世代コークス炉

あらかじめ石炭を急速加熱してコークス炉に入れることで低温度での乾留を可能とし、消費エネルギーを従来法より 20%程度削減する次世代コークス炉は、1994 年から 8 年間の国家プロジェクトとして開発が進められており、2010 年までに業界全体の 2 割の導入を想定している。

(3)　高炉ガスからの CO2 分離回収技術、コークス炉ガス改質水素による鉄鉱石の還元技術等

長期的に大幅な排出削減の観点から、高炉ガスからの CO2 分離回収技術、コークス炉ガス改質水素による鉄鉱石の還元技術など革新的技術開発への取組を推進する。

表 3.2.1.3-2 に鉄鋼業における各対策の省エネ原単位及び将来導入率の設定、および表 3.2.1.3-3 に鉄鋼部門における省エネルギー対策技術の導入状況と導入見通しを示す。

表 3.2.1.3-2：鉄鋼業における各対策の省エネ原単位及び将来導入率の設定

対策		工程別原単位 Mcal/t	省エネ原単位 Mcal/t	導入率設定(%) 1995	2000	2005	2010	
コークス工程	石炭調湿設備	325	80	54	70	80	90	省エネ対策
	自動燃焼制御		30	90	100	100	100	省エネ対策
	コークス乾式消火設備(CDQ)		250	70	80	90	100	省エネ対策
	COG顕熱回収		35	2	5	5	5	省エネ対策
	次世代コークス炉		110	0	0	10	20	新工程
	廃プラ投入		325	0.0%	0.1%	1.3%	3.0%	新工程→表2-3
焼結工程	点火炉のストリップバーナの導入	559	30	90	100	100	100	省エネ対策
	クーラー排熱回収ボイラー		25	53	65	70	95	省エネ対策
	主排熱回収ボイラー		10	24	53	60	70	省エネ対策
高炉工程	TRT乾式化	3245	15	13	40	55	70	省エネ対策
	微粉炭吹込み(PCI)		110	72	72	72	72	省エネ対策
	高炉スラグ顕熱回収		29	0	0	5	5	省エネ対策
	溶融還元法(DIOS)		199	0	0	0	5	新工程
転炉工程	LDG潜熱・顕熱回収	160	250	50	70	80	90	省エネ対策
	OG誘因送風機回転数制御		4	90	100	100	100	省エネ対策
	酸素製造設備の高効率化		10	ー	ー	ー	ー	省エネ対策
	密閉式転炉ガス回収		200	2	ー	ー	ー	省エネ対策
電気炉	直流電気炉	1625	50	1	10	15	20	省エネ対策
	スクラップ予熱		90	12	26	32	48	省エネ対策
一次圧延	熱片挿入(HCR)	496	90	55	60	65	70	省エネ対策
	直送圧延(HDR)		300	0	2	3	5	省エネ対策
	加熱炉設置高効率化		10	ー	ー	ー	ー	省エネ対策
	熱延ミル加工熱処理設備導入		28	ー	ー	ー	ー	省エネ対策
	鋼片板幅制御装置		19	ー	ー	ー	ー	省エネ対策
	コイル巻取調整装置導入		16	ー	ー	ー	ー	省エネ対策
	薄板ホットストリップキャスティング		533	ー	ー	ー	ー	省エネ対策
二次圧延	排ガス顕熱回収	353	40	100	ー	ー	ー	省エネ対策
	高性能連続焼鈍装置		150	43	45	48	52	省エネ対策
	半凝固加工プロセス			ー	ー	ー	ー	新工程
	新製鋼プロセス			ー	ー	ー	ー	新工程
その他工程		544		ー	ー	ー	ー	

＊　工程別原単位、省エネ原単位は、表2-4による．各年度の導入率は、表2-4の情報に基づき想定した．

出所：環境省

表 3.2.1.3-3：鉄鋼部門における省エネルギー対策技術の導入状況と導入見通し(1)

対策技術		導入率						省エネ原単位(Mcal/t-粗鋼)		
		～1995年	２０００年	２００５年	２０１０年	２０２０年	２０３０年	＊０	＊１	＊３
コークス工程	石炭調湿設備	5%*3 31%*4	○		◎			８０		２０
	自動燃焼制御		◎					３０		
	コークス乾式消火設備（ＣＤＱ）	70%*1 76%*2 72%*3	○		◎(100%)*1	100%*4		２５０	４０	200~300
	ＣＯＧ顕熱回収	2%*1 5%*4	△		○ (2%)*1		○	３５		
	次世代コークス炉		△		△	100%*4	◎	１１０		
焼結工程	点火炉のスリットバーナの導入		◎					３０		
	クーラー排熱回収ボイラー	53%*1 57%*4	○		○ (94%)*1	100%*4	○	２５	２５	５０*4
	主排熱熱回収ボイラー	24%*1 46%*4	○		○ (24%)*1	85%*4	○	１０		
高炉工程	ＴＲＴ乾式化	13%*1 3 21%*2 22%*4	○		○(88%)*1 100%*4		◎	１５	２３	１５
	微粉炭吹込み（ＰＣＩ）	72%*5 85kg/t-p*4	○		○	150~200kg/t-p	○	１１０		
	高炉スラグ顕熱回収	(0%)*3	△		△		○	２９		２００
	溶融還元法（ＤＩＯＳ）	開発中	△	５%*4	△	20%*4	○	１９９		300~600*4
転炉工程	ＬＤＧ潜熱・顕熱回収	56%*1 50%*4	○		○ (93%)*1	100%*4	◎	２５０	１６	
	ＯＧ誘因送風機回転数制御		◎					4		
	酸素製造設備の高効率化		○		◎			１０		
	密閉式転炉ガス回収*3	２%*3								２００

出所：環境省

表 3.2.1.3-3：鉄鋼部門における省エネルギー対策技術の導入状況と導入見通し(2)

対策技術		導入率						省エネ原単位(Mcal/t-粗鋼)		
		～1995年	２０００年	２００５年	２０１０年	２０２０年	２０３０年	＊０	＊１	＊３
電気炉	直流電気炉	１％*3　４％*4	△		○	40%*4	○			５０
	スクラップ予熱	12%*3　20%*4	○		○	50%*4	○			70~110
一次圧延工程	熱片挿入（ＨＣＲ） 直送圧延（ＨＤＲ）	50～60%*3 0%*1　11%*3	○		○	80%*4 10%*4	◎	９０	6 １０	１００ ３００
	加熱炉設置高効率化		△		○		○	１０		
	熱延ミル加工熱処理設備導入		△		△		○	２８		
	鋼片板幅制御装置導入		△		△		○	１９		
	コイル巻取調整装置導入		△		△		○	１６		
	薄板ﾎｯﾄｽﾄﾘｯﾌﾟｷｬｽﾃｨﾝｸﾞ		△		△	1,2工場が実用化	○	５３３		
二次圧延	排ガス顕熱回収（レキュの設置）	≒100%*1	◎					４０		
	高性能連続焼鈍装置	43%*3	○		◎	30～100%*4		１５０		１１０
半凝固加工プロセス		開発中								
新製鋼プロセス		開発中								

△ ---- 対策の導入を図る
○ ---- 対策の充実を図る
◎ ---- 対策を概ね完了
*0 通産省産業構造審議会資料（96年10月）

：日本鉄鋼連盟 自主行動計画進捗状況報告で挙げられている主な省エネ対策

*1 「一貫製鉄所の未利用エネルギー」（日本鉄鋼連盟）1992年12月
*2 「省エネルギー便覧 平成７年版」（資源エネルギー庁）
*3 「平成３年　地球温暖化対策技術評価（産業部門）調査報告書」（環境庁）1992年３月
*4 「温室効果ガス低減対策技術の展望と課題」（ＮＥＤＯ）1996年６月
*5 「一貫製鉄所の省エネルギー対策とその成果」（日本鉄鋼連盟）1993年４月
*a 現状の平均原単位4.68Gcal/tの５～10%の削減

出所：環境省

7) 革新的製鉄プロセス（COURSE50）

（COURSE50：CO2 Ultimate Reduction in Steelmaking process by Innovative technology for cool Earth 50）

経済産業省が2008年3月に発表した「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」で、図3.2.1.3-18に示す「革新的製鉄プロセス（COURSE50）」が取り上げられている。　新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)による「環境調和型製鉄プロセス技術開発」の公募によって、神戸製鋼所、JFEスチール、新日鉄エンジニアリング、新日本製鐵、住友金属工業、日新製鋼、日本鉄鋼連盟の7者で共同提案し、2008年7月22日、正式採択された。

プロジェクト概要は、

㋐事業費総額：約100億円

㋑研究期間フェーズ1 Step1）：5年（2008～12年度）

㋒研究内容

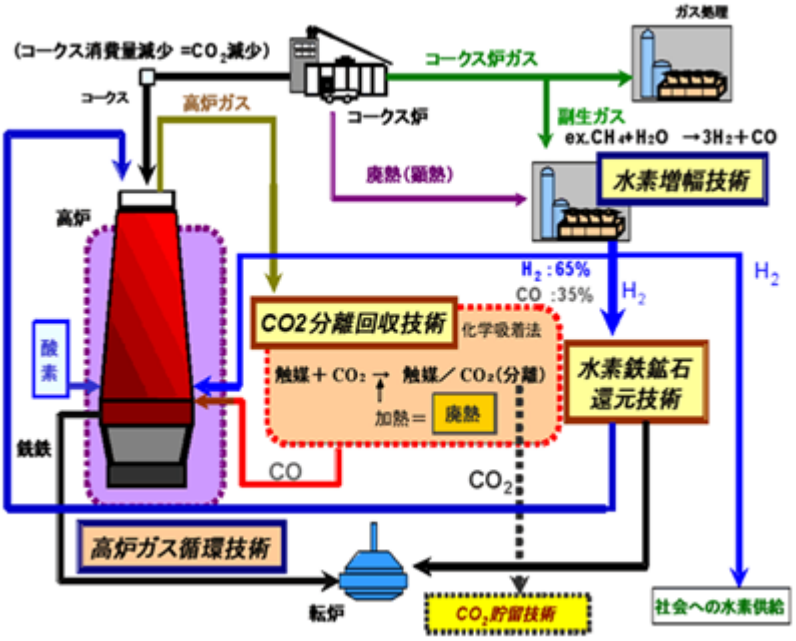
ⓐ高炉からのCO2排出削減技術開発

- CO2削減のための高炉でのコークス使用量削減を目的に水素などを用いて鉄鉱石を還元する反応制御技術を開発する。
- コークス炉の800℃の未利用排熱を利用し水素量を増幅するコークス炉ガス(COG)改質技術を開発する。
- 水素還元用の高強度・高反応性コークス製造技術を開発する。

ⓑ高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収技術開発

- 高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収に係る吸収液や物理吸着法の開発を行う。
- 製鉄所の未利用排熱活用拡大によるCO2分離回収エネルギー削減(鉄鋼業のCO2削減)に寄与する技術開発を推進する。　なお、フェーズⅡ、次ステップ開発を経て、総合的に約30%のCO2削減可能な技術の確立を目指す。

図 3.2.1.3-18：革新的製鉄プロセス開発



出所：経済産業省

8)　鉄鋼業の地球温暖化対策への取組　自主行動計画進捗状況報告、（平成 20 年 10 月）、(社) 日本鉄鋼連盟

(1)　鉄鋼業の環境保全に関する自主行動計画

実効性のある地球温暖化対策の取組に向けて、日本鉄鋼業は、世界の省エネトップランナーとして、引き続き以下の取組を進め、地球温暖化対策への貢献に資する。　すなわち、鉄鋼業の環境保全に関する自主行動計画は、

㋐鉄鋼生産工程における省エネルギーへの取組

・粗鋼生産量 1 億トンを前提として、2010 年度の鉄鋼生産工程におけるエネルギー消費量を、基準年の 1990 年度に対し、10%削減。

・ただし、粗鋼生産が 1 億トンを上回る状況においても京都メカニズムの活用等も含め目標達成に最大限努力する。

・上記目標は、2008～2012 年度の 5 年間の平均値として達成する。

※なお、エネルギー消費量の 10%削減に見合う CO2 排出量は 9%削減として設定。

㋑社会における省エネルギーへの貢献

・集荷システムの確立を前提に、廃プラスチック等を 100 万トン活用。

・製品･副産物による社会での省エネルギー貢献

・国際技術協力による省エネルギー貢献

・未利用エネルギーの近隣地域での活用

・民生・業務・運輸における取組の強化

㋒革新的技術開発への取組

・高炉ガスからの CO2 分離回収技術

・コークス炉ガス改質水素による鉄鉱石の還元技術

(2) APP(Asia Pacific Partnership)鉄鋼タスクフォースによる製鉄所診断調査

2007 年 12 月に中国 3 製鉄所調査、2008 年 1 月にインド 1 製鉄所調査を実施した。 各製鉄所において、省エネポテンシャルがあることが分かったほか、環境保全面でも、焼結工場脱硫設備の導入、NOx・SOx 連続測定装置の導入といった改善項目が抽出された。 2008 年 12 月には、インド 2 製鉄所調査を実施予定。

㋐中国/APP/3 製鐵所

ⓐ太原：JFE、ⓑ済南：新日鉄、神鋼、ⓒ江陰：住金

㋑India

ⓐEssar Steel Ltd. (Hazira)、ⓑIspat Industries Ltd. (Dolvi)

ⓒJSW Steel (Vijayanagar)、ⓓTata Steel Ltd. (Jamshedpur)

ⓔSAIL (Rourkela)、ⓕRashtriya Ispat Nigam Ltd.(Visakhapatnam)

表 3.2.1.3-4 に APP 鉄鋼タスクフォースの活動実績を示す。

表3.2.1.3-4：APP鉄鋼タスクフォースの活動

鉄鋼タスクフォース	概括
第1回(2006年4月) 米国	・アクションプランの合意 ・技術ハンドブック第0次原稿配布 ・実態調査(普及率)方法合意
第2回(2006年9月) 東京	・普及率調査結果一次取りまとめ報告 ・エネルギー原単位調査議論(Boundaryなど)
第3回(2007年3月) インド	・普及率調査、削減ポテンシャル評価報告 ・エネルギー原単位調査方法合意 ・中印現地調査など議論 ・技術ハンドブック・ドラフト完成
第4回(2007年10月) 豪州	・原単位調査結果報告(ポテンシャル評価) ・現地調査進捗報告
第5回(2008年4月) 韓国	・中印製鉄所の診断調査報告と今後の展開について検討 ・中期目標の設定、データ分析結果の正当性付与等について議論
第6回予定 (2008年11月)中国	・技術移転上の障壁について中間報告 ・中期目標設定に向けた具体的議論

出所：(社)日本鉄鋼連盟

－参照資料－

1.「鉄鋼業の地球温暖化対策への取組　自主行動計画進捗状況報告」、平成 20 年 10 月、(社)日本鉄鋼連盟
2.「省エネルギーへの取組み状況」、(社)日本鉄鋼連盟
3.「鉄鋼プロセス工学入門」、JFE
4.「産業分野の省エネルギー技術に関する調査」、平成 18 年 4 月、NEDO
5.「温暖化対策における技術指向の国際協力と CO2 削減効果」、
地球環境産業技術研究機構、秋元圭吾
6.「日本鉄鋼業の地球温暖化対策への取組み」、2007 年 10 月 18 日、新日本製鐵、
山田健司

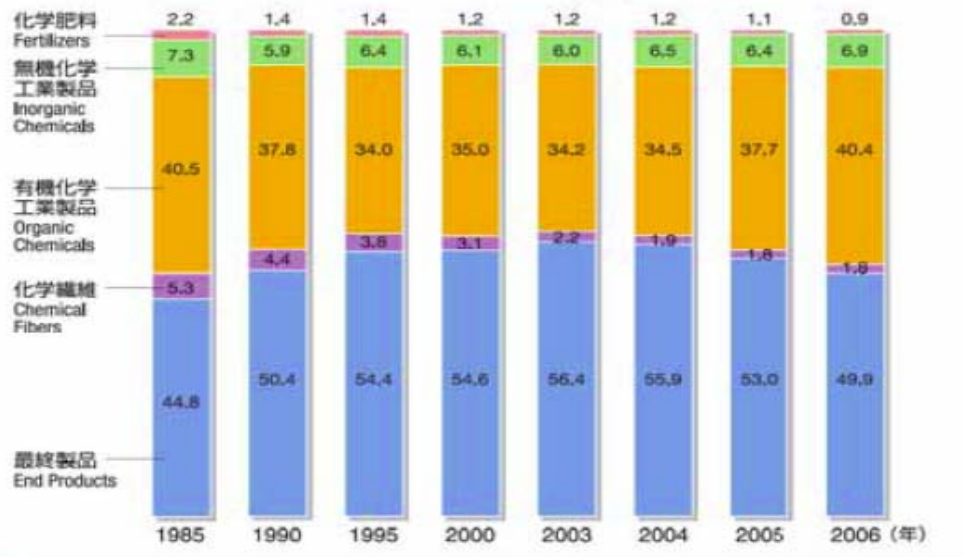
3.2.1.4　化学工業技術

1)　化学工業の構成と省エネルギー

(1)　化学工業の構成

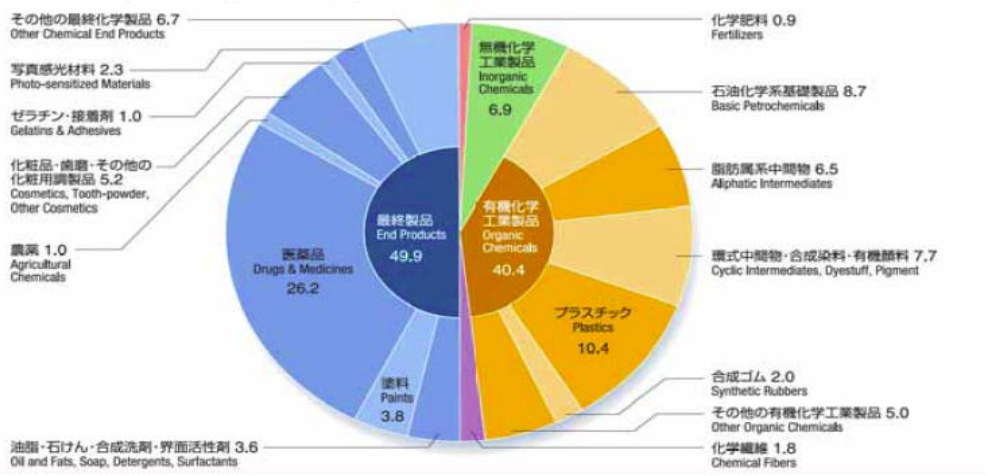
化学工業は、化学肥料、無機化学工業製品、有機化学工業製品、化学繊維、油脂加工製品・合成洗剤、医薬品等々多岐にわたる製品を製造している工業から成り立っている。　それを出荷構成比で見ると、図 3.2.1.4-1 および図 3.2.1.4-2 のようになる。

図 3.2.1.4-1：化学工業の出荷額構成比の推移(1985-2006 年)



出所：「グラフでみる日本の化学工業 2008」、(社) 日本化学工業協会

図 3.2.1.4-2：化学工業の出荷額構成比(2006 年)



出所：「グラフでみる日本の化学工業 2008」、(社) 日本化学工業協会

(2)　化学工業におけるエネルギー原単位の推移と省エネルギー投資対象

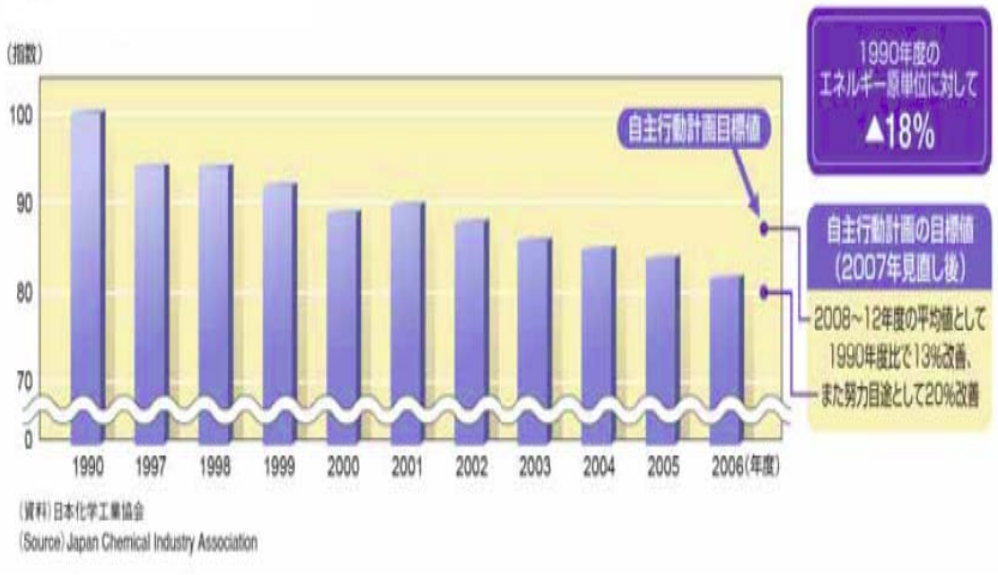
化学産業では、石油ショック以降、エネルギー消費及び環境負荷が少ない製造プロセスへの転換のほか、ガスタービンや高効率ボイラー・圧縮機、廃熱回収設備の導入を進め、省エネルギーを進めてきた。　例えば、石油を原材料に様々な化学製品を製造する石油化学工業のエチレンプラントにおいて、1973 年の石油ショック以降、エチレン分解炉の高効率化、エチレン分解炉などの加熱炉からの廃熱回収の徹底、エチレン製造設備での反応条件の変更、ポリエチレン製造設備での新触媒の導入によりエネルギー消費を削減し、石油ショック時に比べ約 40%エネルギー効率を改善した。

また、塩を原材料としてか性ソーダや塩化物などを製造するソーダ工業の場合には、1970 年代半ば頃から製造方法を水銀法から隔膜法、更にイオン交換膜法への転換を進め、約 30%のエネルギー効率改善を達成した。

化学工業は、工業部門のエネルギー消費の大きな部分を占める工業であり、第一次、第二次オイルショック後には大幅な省エネルギーを実現するなど、省エネルギーには積極的な取り組みを推進してきた。

図 3.2.1.4-3 および図 3.2.1.4-4 に、化学工業におけるエネルギー原単位指数の推移と省エネルギー投資対象(2006 年度)を示す。

図 3.2.1.4-3：化学工業におけるエネルギー原単位指数の推移



出所：「グラフでみる日本の化学工業 2008」、（社）日本化学工業協会

図 3.2.1.4-4：省エネルギー投資対象(2006 年度)

出所：「グラフでみる日本の化学工業 2008」、(社) 日本化学工業協会

2) 石油化学工業、か性ソーダ工業および尿素工業における省エネルギー

化学工業には技術は極めて多くのものがあるが、本調査では、石油化学工業、か性ソーダ工業、および尿素工業における省エネルギーについて述べる。

(1) 石油化学工業における省エネルギー

化学工業では、石油ショック以降、エネルギー消費及び環境負荷が少ない製造プロセスへの転換のほか、ガスタービンや高効率ボイラー・圧縮機、廃熱回収設備の導入を進め、省エネルギーを進めてきた。

石油化学産業においても、省エネルギーの努力はなされているが、石油化学の最も代表的なエチレンプラントについて見ると、最近のアジア、中東での主なエチレンプラントの規模は日本のものと比べて極めて大きく、エネルギー消費量も少ないものになっている。

これに対して、わが国では、1973 年の石油ショック以降、エチレン分解炉の高効率化、エチレン分解炉や他の加熱炉からの廃熱回収を徹底したほか、エチレン製造設備での反応時間の高温・短縮化やポリエチレン製造設備での新触媒の導入によりエネルギー消費を削減し、石油ショック時に比べ約 40%エネルギー効率を改善している。

エチレンプラント分解炉省エネ対策としては、エチレンプラントの主なエネルギー消費機器である精製用圧縮機の動力は分解炉から発生・回収される超高圧蒸気を利用している。　分解炉の熱効率は初期 80%台であったが、現状では平均 90%%以上となっており、最新のもでは 95%となっている。　今後の省エネ対策の一つとして、高効率コンプレッサー・タービンの採用が挙げられる。

蒸留・分離プロセスは、エネルギー使用量の約 40%を占めている。　石油化学工業は、この大量エネルギー使用プロセスの省エネルギーの技術開発にも取り組んでいる。　蒸留塔の濃縮部の未利用廃熱を蒸留塔内部の熱交換により有効活用を図るプロジェクトである。　この技術開発により、30%の省エネが期待できる。　また、自家発電用ガスタービンを利用したエネルギーの効率アップの開発も進んでいる。　これらの技術の開発・普及により、石油化学工業も更なる省エネルギーが期待できる。

ちなみに、エネルギー消費原単位（生産量当たりのエネルギー消費量）で見ると､1976 年度の同原単位指数を 100 とした場合､2004 年度は 61 であり、39%%の原単位改善を実現している。

この様に、原単位の相当な改善で、エネルギー消費量は大幅に抑制されてきていまるが､それでも好調な石化需要を背景に 2004 年度のエネルギー消費量は、結果として 1976 年度比で 20%%強の伸びとなった。

なお、省エネルギーを達成する一つの方法として、企業間連携が推進されている。　石油化学コンビナート内は、蒸気、冷熱、各種の副生ガス等、未利用熱・未利用資源を保有する石油精製、鉄鋼等の産業が隣接している所が多く、企業間連携によって、これらの有効利用を図ることを目指している。

(2)　か性ソーダ工業における省エネルギー

か性ソーダ工業（電解ソーダ工業）は、食塩水を電気分解することによって、か性ソーダ、塩素、水素を製造している。　電気分解は、電気なしでは起こらず、か性ソーダ工業にとって、電気は、他のものに置き換えることができない、必須の原料であると言える。

か性ソーダ用電力消費量の過去最高は1973年（昭和48年）の111.6億kWhであったが、その時のか性ソーダ生産量は3,214千トンで、電解電力原単位は3,462kWhであった。　これを2006年度と比較すると、生産量は39%増加しているが、原単位が29%向上したため、電力消費量は、2%減少している。

か性ソーダ業界では、世界に先駆けて「イオン交換膜法電解法」と呼ばれる製造法を実用化、導入し、省エネにも貢献してきた。　か性ソーダ工業での電力コストは、生産コストの約35%を占めている。　また、燃料や蒸気等の購入費用を含めたソーダ工業全体でのエネルギーコストは､工場生産額の約16%を占めており、他の産業と比べて、極めて高い比率となっている。

従って、か性ソーダ工業にとって、エネルギーコスト、特に、電力コストをいかに低減するかは、最大の課題となっており、電解電力原単位の向上をはじめとする省エネルギー活動に、積極的に取り組んでいる。　その結果として、わが国のか性ソーダ工業の電解電力原単位は、30 年前に比べ

て、上述のように、約 30%も向上している。

表 3.2.1.4-1 に示すように、2005 年度の電力消費量は 110 億 2,717 万 kWh であったが、か性ソーダの電力原単位は 2,444kWh/トン、前年度より着実に向上している。　直近の 10 年間では 4.2%も向上しており、イオン交換膜法に全面転換した 2000 年度と比べても 1.4%向上している。　1.4%は、電力消費量として年間 1 億 5,400 万 kWh の削減になる。

表3.2.1.4-1：か性ソーダ工業の電力消費量、買電・自家発電比率、電力原単位の推移

（単位：百万 kWh）

年　度	電　力　消　費　量			電力原単位 kWh／t
	買　電（構成比%）	自家発電（構成比%）	計	
1997 年	3,777（33%）	7,385（67%）	11,162	2,533
1998 年	3,436（32%）	7,084（68%）	10,520	2,507
1999 年	3,487（31%）	7,556（69%）	11,043	2,485
2000 年	3,361（30%）	7,621（70%）	10,982	2,479
2001 年	3,090（30%）	7,287（70%）	10,377	2,462
2002 年	3,309（31%）	7,389（69%）	10,698	2,460
2003 年	3,498（32%）	7,265（68%）	10,763	2,458
2004 年	3,825（34%）	7,306（66%）	11,131	2,452
2005 年	3,815（35%）	7,212（65%）	11,027	2,444
2006 年	3,864（35%）	7,082（65%）	10,946	2,449

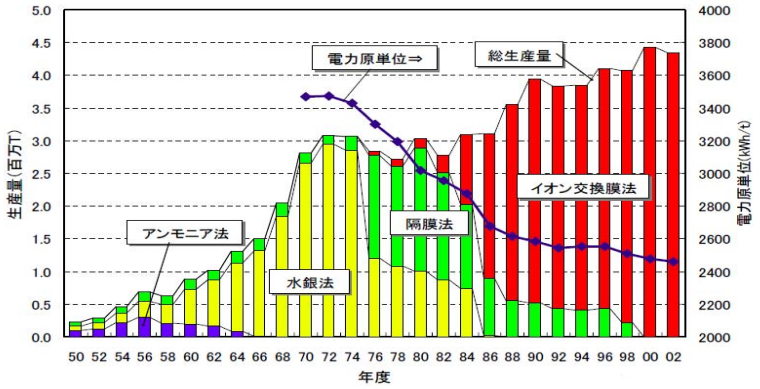
注）電力原単位は、か性ソーダ生産１トン当たりの電力消費量を表す。

出所：電解ソーダ工業の電力消費量、買電・自家発電比率、電力原単位の推移

食塩電解技術には、歴史的に、隔膜法・水銀法・イオン交換膜法があるが、イオン交換膜法に比べて、水銀法では 34%、隔膜法では 12%、多くの電力が必要である。　世界的に見ると、各国・地域でのか性ソーダ生産量のうち、西欧では水銀法 56%・隔膜法 21%、米国では水銀法 10%・隔膜法 67%、中国では水銀法はほとんど無いが隔膜法 46%となっている。

か性ソーダ工業の場合には、図 3.2.1.4-5 に示すように、1970 年代半ば頃から製造方法を水銀法から隔膜法、更にイオン交換膜法への転換を進め、約 30%のエネルギー効率改善を達成した。

図 3.2.1.4-5：か性ソーダ工業における製造方法の変遷と
電力原単位の推移



出所：化学業界の地球温暖化対策の取組　2006 年、2007 年 1 月 29 日、
日本化学工業協会

電解ソーダ工業における電力消費指数を推定すると、日本を 100 とした場合、西欧では 119、米国 110、中国 105 となり、我が国電解ソーダ工業のエネルギー効率は、欧米諸国に比べてエネルギー効率が 10-20%優れていて、世界のトップランナーであることは良く知られている。　その要因は、国内メーカーがいち早くエネルギー効率の良いイオン交換膜法に転換したこと（2000 年に全面転換）、及び、国内メーカーが世界最高レベルのイオン交換膜電解技術に磨き上げたこと、の二つである。

一方、水銀問題に端を発したイオン交換膜電解技術開発競争は熾烈なものがあり、この中から、極限まで電圧ロスを減らしたゼロギャップ電解技術、高性能活性陰極、低抵抗イオン交換膜などの主要技術が育ってきている。　従って、同じイオン交換膜技術であっても、日本の電解技術の優位性も明確であり、日本の高性能食塩電解技術は、世界各国にビジネスベースで導入されている。

なお、現在、日本では、新しい電解技術として、「ガス拡散電極電解法」技術の開発に取り組んでいる。　この技術は、現在、世界最高の省エネルギー技術といわれている「イオン交換膜電解法」技術に比べて、電解電力原単位が、さらに約 40%も向上するという、画期的な夢の新技術である。　なお、この技術が完成し、ソーダ工業のすべてのプラントで採用された場合、省エネルギーによって、CO2 換算で年間約 200 万トンの削減が期待されている。

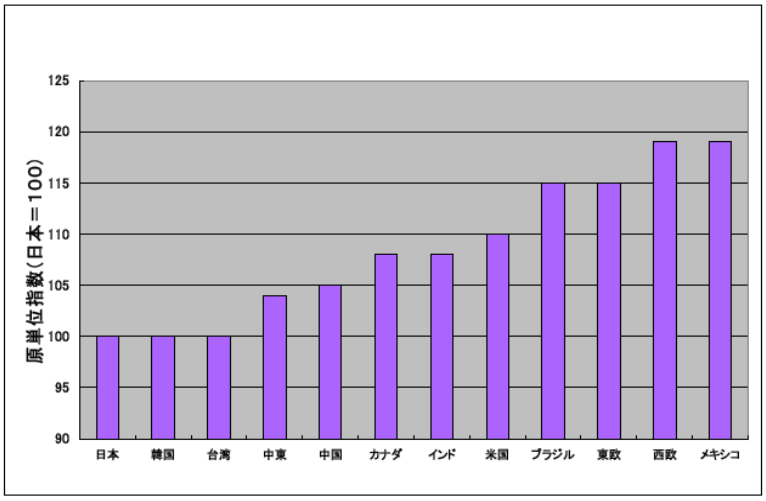
また、電解ソーダ工業の省エネルギー・温暖化対策への寄与として、水

素の活用がある。　電解水素は、古くはほとんど有効利用されていなかったが、その後、クリーンエネルギー源としてボイラー燃料や乾燥炉燃料に利用され、工場としての省エネルギー・省炭酸ガスに寄与した。　また、水素ガスは、無機・有機化合物を製造するための還元剤となるが、新規に水素ガスを製造するためには別途多くのエネルギーが必要となる。

そこで、電解工場またはその近隣に水素利用プラントを設置することで、エネルギー効率の良い最適化された水素利用プラントの運営が可能になる。また、現在、注目されている燃料電池用燃料としての水素は精製が必要ですが、電解水素は元々純度が良く簡単な精製プロセスで燃料電池に使用できる。　既に電解水素を使用した水素ステーションの実証試験も行われており、他の方式の水素ステーションとともに、電解水素は重要なインフラになりえる可能性もある。

図 3.2.1.4-6 に、か性ソーダ電解電力原単位国際比較を示す。

図 3.2.1.4-6：か性ソーダ電解電力原単位国際比較（2004 年）



出所：化学業界の地球温暖化対策の取組　2006 年、2007 年 1 月 29 日、
日本化学工業協会

(3)　尿素工業における省エネルギー

①最新の尿素プロセス技術

現在、世界に主要な尿素プロセスとして、オランダの Stamicarbon 社による CO2 ストリッピングプロセス、イタリアの Snamprogetti 社による NH3 ストリッピングプロセス等があり、わが国の独自技術として東洋エンジニアリング㈱の「ACES21®」プロセスがある。　いずれのプロセスにおいても、省エネルギー、プラントコストの低減、大型化を目指して、技術開発

を進めてきている。

表 3.2.1.4-2 表に上記の主要尿素プロセスでの原料・ユーテリテイ消費量比較を示す。

表 3.2.1.4-2：主要尿素プロセスでの原料・ユーテリテイ消費量比較

（尿素トン当たりの消費量）

プロセス	「ACES21®」	Stamicarbon	Snamprogetti
CO2 (kg)	740-750	740-750	740-750
冷却水 (m3)	90	81	94
ｽﾁｰﾑ (kg)　高圧	771	814	814
低圧	---	---	759
電力 (kWh)	25	17	26
総ｴﾈﾙｷﾞｰ (Gcal/t)	0.699	0.710	0.748
ｱﾝﾓﾆｱ (kg)	567	567	567

出所：「Energy Saving Opportunities in Ammonia & Urea Plants」、KRIBHCO

②「ACES21®」の開発と実績

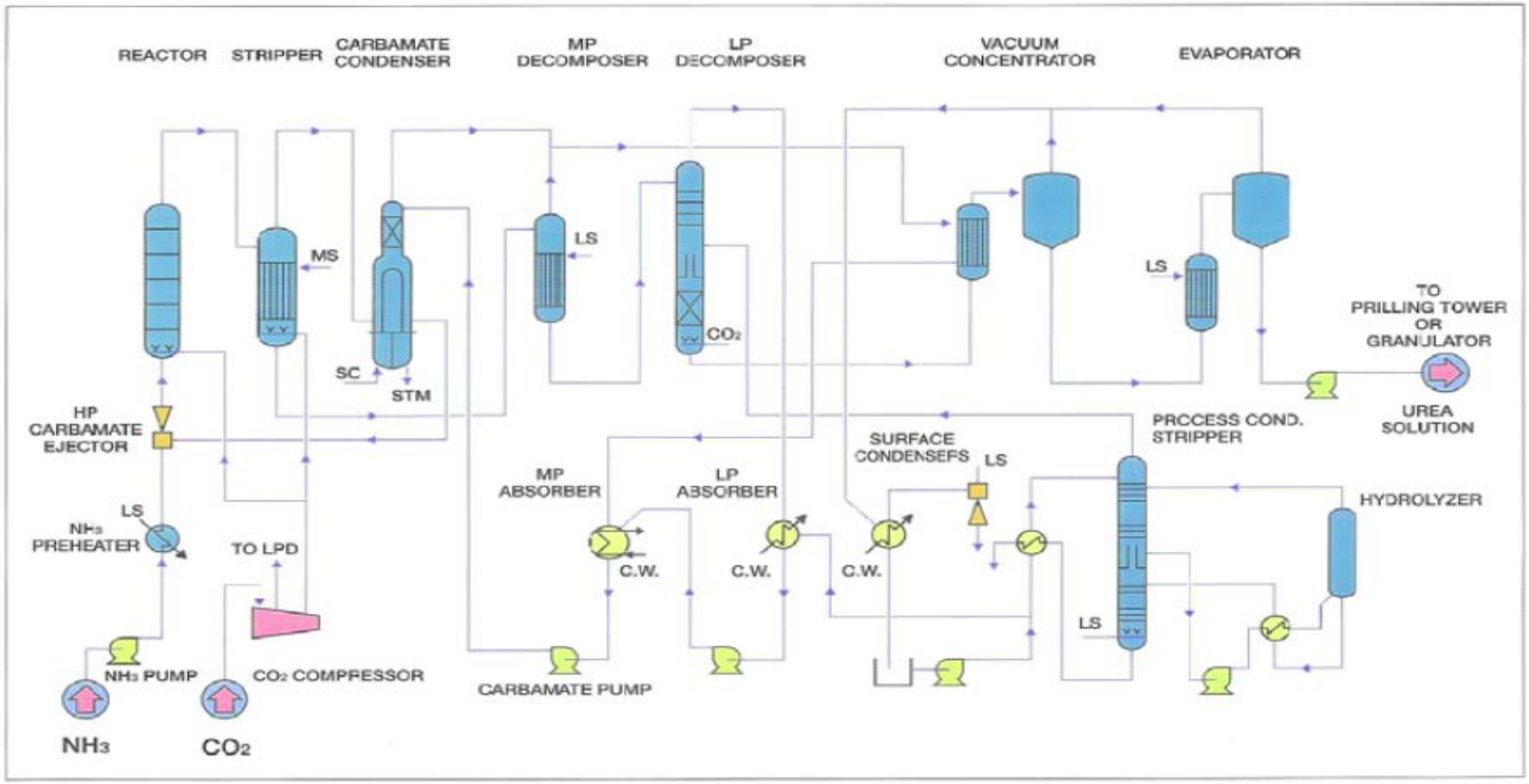
1961 年の創業以来、東洋エンジニアリング㈱は、自社技術による尿素プラントの設計、建設、試運転を行なってきていて、そのプラント数は 100 基以上になっている。

1980 年代初めに東洋エンジニアリング㈱は、尿素プラントでのエネルギー消費を大幅に削減する ACES（Advanced Process for Cost and Energy Saving）尿素プロセスを開発した。　さらに 1990 年代に、ACES 尿素プロセスの発展型である尿素合成技術「ACES21®」をインドネシア Pusri 社と共同で開発した。　現在、この「ACES21®」を採用した尿素プラントは中国とインドネシアで商業運転が行われていて、「ACES21®」を採用したプラントは、日産 4,200 トン/日に達していて、2010 年までには、イラン、トリニダード、ベネズエラでも商業運転が開始され、約 12,000 トン/日に達することになる。

「ACES21®」プロセスは、それ以前の尿素プロセスに比較して、尿素合成の操業条件はより低い操作圧力下で最適化され、著しい省エネルギーとプラントコスト削減をもたらした。　過去、尿素 1 トンを生産するのにスチーム 0.93 トンと電力 140kWh を必要としていたのに対して、「ACES21®」プロセスでは、スチーム 0.43 トンと電力 118kWh で済むようになり、大幅な省エネルギーを実現し CO2 削減にも貢献しています。

図 3.2.1.4-7 に「ACES21®」のプロセスフロー、表 3.2.1.4-3 に
「ACES21®」プロセスにおける代表的な原料・ユーテリテイ消費量を示す。

図 3.2.1.4-7：「ACES21®」のプロセスフロー



出所：東洋エンジニアリング㈱H.P.

表 3.2.1.4-3：「ACES21®」プロセスにおける代表的な原料・ユーテリテイ消費量

	Unit	Electric Motor Driven		Steam Turbine Driven	
	-	Steam Export	Self Balance	42 bar Steam	110 bar Steam
Steam Import					
22 bar x 300 °C	ton	0.67	0.58		
42 bar x 380 °C	ton			0.80	
110 bar x 510 °C	ton				0.69
Steam Export					
5 bar, Saturated	ton	0.24			
Cooling Water					
(ΔT=10°C)	m^3	52	52	81	75
Electricity					
Urea Process	kWh	105	105	21	21
Granulation	kWh	24	24	24	24

Notes: 1) unit: per metric ton of final granular urea product
2) including CO_2 compression

ケース 1:電動機ですべての回転機を駆動し、過剰低圧スチームを外部に送り出す

ケース 2:電動機ですべての回転機を駆動し、スチーム系はセルフバランス

ケース 3:CO2 コンプレッサーは 42barG スチームタービンによって駆動

ケース 4:CO2 コンプレッサーは 110barG スチームタービンによって駆動

出所：「Energy Saving Opportunities in Ammonia & Urea Plants」、KRIBHCO

「ACES21®」は 5 基の尿素プラントで採用されている。 最初に採用されたのは、2002 年に、旧来型の尿素プランを近代化し、エネルギー消費量を 30%低減し、生産能力を 1,620 トン/日からトを 2,460 トン/日に増強するプロジェクトでありに、残りの 4 基はグラスルーツあるいは新設プラントである。 表 3.2.1.4-4 はこの 5 基の尿素プラントの概要を示している。

表3.2.1.4-4：「ACES21®」による尿素プラントのリスト

Owner	Location	Capacity (MT/D)	On-stream
PT Pupuk Kujang	Cikampek, Indonesia	1,725	2006
Sichuan Chemical Works (Group) Ltd.	Chengdu, China	2,460	2004
Methanol Holding (Trinidad) Limited	Point Lisas, Trinidad and Tobago	2,100	(2009)
National Petrochemical Company	Shiraz, Iran	3,250	(2010)
Petroquimica de Venezuela S.A.	Moron, Venezuela	2,200	(2010)

出所：「Energy Saving Opportunities in Ammonia & Urea Plants」、KRIBHCO

③「ACES21®」の優位性

「ACES21®」は、尿素合成系を簡素化することでプラントコストを低減したばかりではなく、操業条件をより最適化しオペレーションコスト削減を実現しており、以下の優位性を持っている。

㋐プラントコスト低減

＊建設費の削減

-高圧エジェクターによる強制送液採用による合成管の地上設置縦型のサブマージカーバメートコンデンサー（VSCC）

-合成ループの簡素化

＊機器費の削減

-2 段合成による機器サイズ削減

-合成ループ内の機器数の削減

㋑省エネルギー

＊最適なプロセスコンディション採用による低い合成圧力の実現

㋒運転しやすさと安定性

＊高圧エジェクターによる高圧ループ内の強制循環(重力流れなし)

㋓保全費の削減

＊低い合成系温度と信頼性の高い材料を採用することにより、腐食による問題発生を回避

(4) 「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス開発」

経済産業省は、環境対策の一環として、化学工業の製造グリーン化プロジクト「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス開発」を推進する。

工業分野の中で鉄鋼に次いでエネルギーを多く消費する化学工業を対象に、地球温暖化の防止と、石油をベースとした原料の高騰・低品位化に対応させるのが狙いであり、2009 年度からは、

㋐石油化学工業の出発原料となるナフサ（粗製ガソリン）の分解プロセスの低温化による省エネルギー化

㋑膜技術の活用による化学産業の蒸留プロセスの省エネルギー化

㋒二酸化炭素(CO2)の化学原料化に向けた CO2 高濃度回収技術の開発－に重点を置く計画である。

それぞれ、「実用化のめどを 2030 年ごろとする中長期開発テーマ」として取り組む。　なかでも大きなテーマとなるのがナフサ分解の低温化である。　ナフサは石油化学製品の中心原料となるだけに、化学産業全体に影

響を与える。　ナフサを分解することで、エチレンやプロピレンなど各種樹脂の素材となる基礎原料を作っていくが、現状ではこの熱分解を約 850℃で行っている。

これを、新触媒を開発することなどで 200℃低い約 650℃で行えるようにするのが目標である。　これにより大幅な省エネが可能になる。　また現在、各種の化学成分を種類別に分けるには、いったん蒸気にした後、再び液化し、それぞれの成分の沸点の差によって分離する「蒸留法」を用いている。

この手法では、多量の熱エネルギーを必要とするが、例えばエチレンだけを通す膜を開発できればそれによって分離でき、使用エネルギーの低減が期待できる。特定成分だけを通過させる膜技術の開発を目指す方針である。

4)　化学産業の環境保全自主行動計画

(1)　化学産業の省エネルギー・温暖化対策への取り組み

化学産業の省エネルギー・地球温暖化対策を一層推進させ、その自主努力による成果を PR するため、化学工業の 6 団体（日本化学工業協会、石油化学工業協会、日本ソーダ工業会、塩ビ工業・環境協会、日本化学繊維協会、日本産業ガス協会）は 2004 年 10 月、化学産業団体・地球温暖化対策協議会を設立した。

なお、その中に、途上国支援部会があり、途上国、特に経済発展のめざましい中国が重要であり、すでに 2004 年、中国からの要請もあり「日中官民対話」で省エネルギーに関する講演を実施した。　今後も、途上国に対する支援を積極的に行うこととしている。

(2)　化学工業の環境保全自主行動計画の目標

（平成 19 年 10 月 11 日、日本化学工業協会）

日本化学工業協会における地球温暖化対策の取り組みとして、

①目標

業界の自主行動計画における目標（下記の 5 つの柱からなる新計画へ変更された。）

【目標値の設定】

㋐2008-2012 年度の平均として、エネルギー原単位を 1990 年の 80%にするよう努力する。（ただし、今後エネルギー原単位悪化要因が顕在化した場合には、87%程度になり得る。）

㋑本社ビル、営業所等の業務部門での省エネ活動のガイドラインを設定し活動を開始する。

㋒政府主導の省エネ国民運動を促進する「化学産業の推進する家庭部門での省エネ活動」を、日化協の全会員を対象として募集し、活動を開始する。

㋓「日本の化学産業が保有する省エネルギー・環境に関する技術集」を作成し、途上国等の省エネ技術を必要としている人々に提供する。

㋔省エネ新素材の開発・普及を継続して行う。

②カバー率

化学工業の出荷額は 23 兆円であり、参画企業の出荷額推定は 15 兆円であるが、エネルギー使用ベースでのカバー率は約 90%になると考えられる。

【目標指標の選択】

㋐エネルギー原単位指数は、企業が管理できる数字であり、努力によって向上させる事ができ、妥当であると考えた。　化学産業の場合、製品の種類が他業種とは違って大変に多種多様であり、かつ、世の中のニーズに応じて常に新たな素材・製品を提供するというのが“化学”という産業の本質である。　生産量が変わり、製品構成は 10 年間で 30%が変わると言われている。　製造するものが異なれば、その製造方法や工程あるいは設備も当然違ってくるので、排出量という絶対値では省エネルギーについて努力の成果を連続的・継続的に計ることができなくなることから、エネルギー原単位を指標とする。

㋑業務部門での省エネ努力も、CO2 削減に貢献できる対策であり、目標に組み入れて自主行動の中で推進していくことにした。

㋒国民の省エネへの関心を高めることは、CO2 削減量のみならず、省エネルギー活動への理解を深め、日々の企業活動への理解が深まり、CO2 削減に寄与すると考えた。

㋓発展途上国への技術移転を行うことは、地球規模での CO2 削減に貢献できると考えた。

㋔技術開発は CO2 削減のキーファクターであり、企業が省エネルギー努力とともに行なうべきと考えた。

【目標値の設定】

エネルギー原単位指数については、これまでの削減努力により、当初の目標 90 を数年継続して達成してきました。　今般の目標については、2012 年までの経済見通し等を考慮したものであり、原単位悪化要因が顕在化した場合は 87 程度になり得ますが、努力して目指していく目標として 80 という数値を設定した。

③目標を達成するために実施した対策と省エネルギー効果

ここ数年 200-350 億円/年の省エネルギー関連投資を行っているが、2006

年度は更に大きく 430 億円以上の投資を行ったと報告されている。　今まで実施してきた対策事項を分類すると、表 3.2.1.4-5 に示すように、

㋐設備・機器効率の改善

㋑運転方法の改善

㋒排出エネルギーの回収

が多く、この 3 つの対策で 全体の約 80%を占めています。

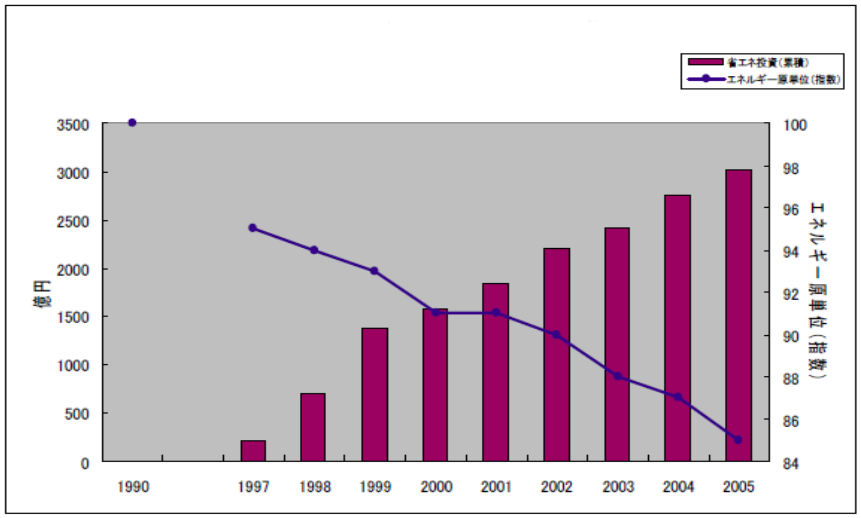
図 3.2.1.4-8 に現在までの省エネ投資（累計）とエネルギー原単位の推移を示す。

表 3.2.1.4-5：実施された省エネルギー対策事項

対策項目	件数	
設備・機器効率の改善	136	39%
運転方法の改善	87	25%
排出エネルギーの回収	49	14%
プロセスの合理化	27	8%
燃料転換	24	7%
その他	30	8%
合計	353	100%

出所：「化学工業の環境保全自主行動計画の目標」、平成 19 年 10 月 11 日、日本化学工業協会

図 3.2.1.4-8：省エネ投資（累計）とエネルギー原単位の推移



出所：「化学工業の環境保全自主行動計画の目標」、平成 19 年 10 月 11 日、日本化学工業協会

④今後実施予定の対策

具体的な対策内容としては、以下のことが考えられている。

㋐設備や機器の効率改善・低効率の設備の更新

-ボイラー等の集約

-付帯設備による全体効率向上

-材質の変更による効率向上

-コージェネレーションによる効率向上

㋑運転方法の改善・圧力や温度の設定変更により効率向上

-連続生産等の生産計画の変更により効率向上

㋒排出エネルギーの回収・排出温冷熱の回収再利用

-廃液、廃油、排ガスの燃焼による熱利用

㋓プロセスの合理化・化学反応の触媒等を変更した省エネ

-生産工程の集約により効率向上

㋔）燃料転換・C 重油から都市ガスへの燃料転換等

今後計画されている省エネルギー対策は 317 件あり、その投資額は累計で約 1,340 億円と見込まれている。 また、それによるエネルギー削減効果は、原油換算 830 千 KL と算出されている。 2007 年度に計画されてた対策事項を表 3.2.1.4-6 に示す。

表 3.2.1.4-6：2007 年度以降で計画されている省エネ対策

		投資額（百万円）	件数
運転方法の改善	圧力、温度、流量、環流比等条件変更	4437	26
	運転台数削減	37	9
	生産計画の改善	0	0
	長期連続運転、寿命延長	45	1
	時間短縮	2	7
	高度制御、制御強化、計算機高度化	400	10
	再利用、リサイクル、その他	578	5
	Sub-total	5499	58
排出エネルギーの回収	排出温冷熱利用・回収	8168	44
	廃液、廃油、排ガス等の燃料化	7250	4
	蓄熱、その他	93	5
	Sub-total	15511	53
プロセスの合理化	プロセス合理化	12767	20
	製法転換	4778	6
	方式変更、触媒変更	2178	16
	ピンチ解析適用、その他	50	2
	Sub-total	19774	44
設備・機器効率の改善	機器性能改善	2150	22
	機器、材質更新による効率改善	27356	35
	コージェネレーション設置	1390	7
	高効率設備の設置	49596	57
	照明、モーター効率改善、その他	281	16
	Sub-total	80773	137
燃料転換	燃料転換	6338	21
その他	製品変更、その他	6170	4
	Total	134064	317

⑤エネルギー消費量・原単位、CO2 排出量・原単位の実績及び見通し

表 3.2.1.4-7 に、エネルギー使用量・CO2 排出量・生産指数の推移と見通しを示す。

表 3.2.1.4-7：エネルギー使用量・CO2 排出量・生産指数の推移

年度	1990年度	1997年度	1998年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度
生産指数	100	121	117	124	126	119	123
エネルギー使用量（原油換算万KL）	2,678	3,056	2,951	3,058	2,990	2,857	2,885
使用実績の変化	100	114	110	114	112	107	108
電力使用量(10^9kwh)	30	30	28	29	29	28	29
CO2排出量（合計）[万t-CO2]	6,685	7,464	7,200	7,541	7,510	7,155	7,271
購入電力分（万t-CO2/年）	1,097	965	891	950	961	935	1,037
化石燃料分（万t-CO2/年	5,588	6,499	6,309	6,591	6,549	6,220	6,234
エネルギー原単位指数	100	94	94	92	89	90	88
CO2排出原単位指数（1990年度=100	100	92	92	91	89	90	88

年度	2003年度	2004年度	2005年度	2006年度	2010年度 見通し*	2010年度 目標
生産指数	125	129	130	131	130	
エネルギー使用量（原油換算万KL）	2,886	2,950	2,911	2,879	3,029	
使用実績の変化	108	110	109	108	113	
電力使用量(10^9kwh)	29	30	31	32	33	
CO2排出量（合計）[万t-CO2]	7,339	7,439	7,305	7,288	7,450	
購入電力分（万t-CO2/年）	1,124	1,136	1,183	1,191	993	
化石燃料分（万t-CO2/年	6,215	6,303	6,122	6,097	6,457	
エネルギー原単位指数	86	85	84	82	87	80
CO2排出原単位指数（1990年度=100	88	86	84	83	86	

注 1：CO2 排出量に関して、2010 年度の購入電力分については、電力原単位改善分を含んで計算している。

注 2：2010 年度の目標は、2008-2012 年度の 5 年間の平均値として達成することとしている。

注 3：2006 年度のエネルギー使用量は、1990 年度に比べ 生産量が 30%増加したにもかかわらず、エネルギー原単位が向上したため、8%増に抑えられている。

※2010 年度の見通しは、後年の原単位変化要因が顕在化した場合のものである。

⑥化学工業における省エネルギー投資

表 3.2.1.4-8 および表 3.2.1.4-9 に、2003、2004 年度化学工業における省エネルギー関連投資実績ベスト 50 リストを示し、表 3.2.1.4-10 に、化学工業における今後の省エネ関連投資計画を示す。

表 3.2.1.4-8:化学工業における省エネ関連投資実績（2003 年度）

No.	投資内容	投資金額（百万円）	削減効果（原油ｋｌ）	費用効果（原油kl/百万円）	業種
1	プラスティック容器ガス化	8,000	22,000	3	総合化学
2	燃料転換	570	16,410	29	総合化学
3	芳香族装置の省エネ改造	1,050	15,000	14	石油化学
4	天然ガスエンジンコジェネレーション	2,363	14,000	6	化学繊維
5	エチレンプラント　プロピレン精留搭熱源変更	130	6,700	52	総合化学
6	コ・ジェネ設置	27	5,950	220	その他
7	ボイラー燃料転換	135	3,980	29	その他
8	スチームトラップ更新	40	3,700	93	総合化学
9	BTXプラントベンゼン搭熱回収強化	160	3,300	21	総合化学
10	モノマー抽出製造プロセス改善	55	2,984	54	石油化学
11	排熱ボイラの排熱回収強化	50	2,800	56	総合化学
12	第4エチレン製造装置　高度制御システムによる運転最適化	20	2,700	135	石油化学
13	発電タービンの性能改善	200	2,690	13	化学繊維
14	ボイラーの水質改善等電力削減・効率改善	430	2,329	5	石油化学
15	プラント廃熱　回収	40	2,275	57	総合化学
16	回収水からの熱回収	30	2,110	70	総合化学
17	復水発電設備のDSS運転II	30	2,000	67	無機化学
18	製品スペックの緩和による蒸気削減	9	2,000	222	総合化学
19	「小」コジェネレーション設備導入	1,250	1,900	2	その他
20	回転機電力ロス削減	50	1,800	36	総合化学
21	ガスタービンの設置	511	1,740	3	総合化学
22	プラント内　廃熱回収	4	1,730	433	総合化学
23	ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ・ｺｰｼﾞｪﾈの導入（初期のみ）	30	1,700	57	その他
24	熱回収・利用の最適化	70	1,700	24	石油化学
25	脱溶工程改良によるｽﾁｰﾑ削減	25	1,500	60	石油化学
26	廃温水からのエネルギー回収	9	1,470	163	石油化学
27	水素畜圧器の設置	1	1,426	1,426	無機化学
28	生産性向上による効率化運転	80	1,300	16	石油化学
29	回収蒸気熱交換器の改良	68	1,210	18	総合化学
30	高効率乾燥システムの導入による蒸気量の削減	3	1,200	400	その他
31	乾燥機　高効率化	10	1,173	117	総合化学
32	熱交停止による蒸気削減	10	1,150	115	総合化学
33	ゴム製造プラントの製造技術改善	20	1,129	56	石油化学
34	発電機の排熱回収・再利用	2	1,100	550	その他
35	A工場：スチームトラップ整備	14	1,040	74	無機化学
36	Tower温排水からの排熱回収	30	1,030	34	無機化学
37	再生方法改善による長寿命化、ｲﾝﾊﾞｰﾀ等高制御化	20	1,025	51	無機化学
38	反応熱回収によるｽﾁｰﾑ発生、背圧回収による発電	43	1,004	23	無機化学
39	余剰蒸気の削減	1	975	975	無機化学
40	蒸気ﾄﾞﾚﾝの熱回収	53	940	18	化学繊維
41	圧力・還流比等運転条件の適正化、工程時間短縮	1	938	938	無機化学
42	廃熱回収による省ｽﾁｰﾑ	102	891	9	無機化学
43	溶剤吸収装置効率化	1	890	890	化学繊維
44	製造プラント電力削減	7	867	124	総合化学
45	蒸発潜熱不要ﾌﾟﾛｾｽ変更	66	830	13	無機化学
46	脱臭炉排熱回収用熱交換器の新設　他	48	785	16	その他
47	小型ﾎﾞｲﾗｰ分散配置による過剰設備の廃止と送気ﾛｽの低減	90	720	8	その他
48	廃液焼却炉の廃熱回収	40	700	18	その他
49	B工場：冷凍機工程合理化	40	700	18	無機化学
50	小型ボイラーへの切替	30	650	22	その他

（出所）(社)日本化学工業協会資料（2006.3 受領）

表 3.2.1.4-9:化学工業における省エネ関連投資実績（2004 年度）

No.	投資内容	投資金額（百万円）	削減効果（原油ｋｌ）	費用効果（原油kl/百万円）	業種
1	バイオマス燃料（木材）への燃料転換	220	84,194	383	化学繊維
2	高効率圧縮装置への更新	6,000	18,000	3	その他化学
3	省エネ型水素分離システムの導入	1,400	12,691	9	石油化学
4	エチレン装置省エネ改造	92	7,065	77	石油化学
5	高効率圧縮装置への更新	5,000	6,000	1	その他化学
6	蒸留工程変更による蒸気削減	64	5,500	86	総合化学
7	製造条件変更による精製系の省蒸気	10	4,700	470	総合化学
8	A工場：プラント低圧蒸気使用比率UP	21	4,480	219	総合化学
9	発電タービンの効率改善	1,100	4,100	4	化学繊維
10	BTX装置運転改善	12	4,074	329	石油化学
11	アリルアルコールプラントの蒸気削減	70	4,000	57	総合化学
12	複数発電ユニットの最適負荷配分調整 Ⅰ	159	3,900	25	無機化学
13	ｽﾁｰﾑﾄﾗｯﾌﾟの型式変更と管理強化	35	3,500	100	無機化学
14	コージェネレーション	700	3,500	5	その他化学
15	熱ピンチ解析による排熱利用･最適化	90	2,750	31	その他化学
16	ソーダ灰製造工程変更	31	2,700	87	無機化学
17	ﾎﾞｲﾗ更新（ｴｺﾉﾏｲｻﾞｰ付）	200	2,500	13	石油化学
18	NP装置排熱回収設備設置	100	2,448	24	石油化学
19	大型変圧器の更新	10	2,444	244	その他化学
20	重油ﾎﾞｲﾗｰからガスﾎﾞｲﾗｰへの更新（6基）	24	2,419	101	その他化学
21	ボイラー関連モーターのインバーター化	290	2,300	8	総合化学
22	ESCO事業導入	100	2,280	23	その他化学
23	電解槽の膜および活性陰極の更新	235	1,920	8	無機化学
24	発電機の発電高効率化	500	1,900	4	総合化学
25	余剰水素回収	25	1,766	71	総合化学
26	生産性向上による効率化運転	300	1,740	6	石油化学
27	クーリングタワー省エネ型工事	0.6	1,699	2,832	その他化学
28	廃水処理施設の省エネ	280	1,618	6	その他化学
29	スケール防止による蒸気削減	80	1,558	19	総合化学
30	溶剤回収装置の導入	800	1,440	2	その他化学
31	稼働率のアップ	52	1,400	27	その他化学
32	分解炉分解ガスの熱回収	568	1,400	2	無機化学
33	発電効率向上	20	1,300	65	無機化学
34	硫安プラントの熱回収	80	1,300	16	無機化学
35	排煙脱硫設備改善	120	1,300	11	無機化学
36	コージェネ追加導入	309	1,300	4	その他化学
37	ﾓﾉﾏｰ抽出組成安定化改善（水島）	300	1,230	4	石油化学
39	冷凍機の設備更新	16	1,200	75	その他化学
40	塩化カルシウム製造工程改善	22	1,200	55	無機化学
41	蒸気工程　ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ排熱ﾎﾞｲﾗｰを再燃料方式に更新	255	1,200	5	その他化学
42	蓄熱式脱臭炉の導入	400	1,200	3	その他化学
43	脱水素反応器偏流改善	41	1,120	27	総合化学
44	エチレン分解炉の反応管改良（１炉）	225	1,060	5	石油化学
45	ﾌﾞﾀｼﾞｴﾝ製造装置　抽出／蒸留塔への高性能ﾄﾚｲ更新	120	1,000	8	石油化学
46	T－廃熱回収工程改造	200	1,000	5	その他化学
47	タービン排気圧力変更	9	943	105	石油化学
49	冷却塔ファンインバーター化	46	860	19	化学繊維
50	ゴム凝固蒸気再利用	20	853	43	石油化学

（出所）(社)日本化学工業協会資料（2006.3 受領）

表 3.2.1.4-10:化学工業における今後の省エネ関連投資計画（2004 年度）

No.	投資内容	投資金額（百万円）	削減効果（原油ｋｌ）	費用効果（原油kl/百万円）	業種
1	木質ﾊﾞｲｵﾏｽ燃焼ﾎﾞｲﾗ設置	1,700	126,296	74	化学繊維
2	ボイラー燃料転換	89	84,194	946	石油化学
3	生産設備統合	4,000	29,000	7	その他化学
4	高効率圧縮装置の導入	5,000	20,000	4	その他化学
5	高効率圧縮装置への更新	5,000	20,000	4	その他化学
6	廃ガス､廃熱、冷熱回収	1,200	14,793	12	総合化学
7	高効率圧縮装置への更新	6,000	14,000	2	その他化学
8	プロセス変更	280	13,590	49	総合化学
9	ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ発電設備の設置	2,000	12,400	6	化学繊維
10	ポリプロピレン気相法への転換	3,000	10,000	3	総合化学
11	高効率設備の導入	4,250	10,000	2	無機化学
12	ｴﾁﾚﾝ装置ﾌﾟﾛｾｽｶﾞｽ圧縮機ﾀｰﾋﾞﾝ改造	80	8,613	108	石油化学
13	ソーダプラントガス拡散電極化	300	8,500	28	無機化学
14	ナフサ分解炉高効率型への更新	2,000	8,000	4	石油化学
15	燃料転換（LPG→LNG)	50	7,654	153	化学繊維
16	苛性ソーダイオン交換膜への転換	2,000	7,600	4	無機化学
17	ｴﾁﾚﾝ分解炉排ガス熱回収	312	7,160	23	石油化学
18	副生水素の回収利用	700	7,000	10	無機化学
19	焼却処理排水の合理化	700	7,000	10	総合化学
20	液化ｴﾁﾚﾝ冷熱の利用	646	6,400	10	石油化学
21	機器更新による効率改善	1,520	5,387	4	総合化学
22	近隣リファイナリーとの熱協業	500	5,000	10	総合化学
23	ガスタービン能力増強	1,600	5,000	3	無機化学
24	増設設備の副生ガス有効利用	100	4,500	45	その他化学
25	可燃性廃棄物の利用	250	4,500	18	無機化学
26	ボイラー排ガスの熱回収	300	4,500	15	総合化学
27	排ガス利用の自家発設置	800	4,500	6	その他化学
28	ｴﾁﾚﾝ製造装置　原料希釈ｽﾁｰﾑの回収	200	4,000	20	石油化学
29	苛性ｿｰﾀﾞ濃縮用蒸気削減	265	3,780	14	無機化学
30	BTXプラントの蒸気回収	70	3,500	50	総合化学
31	高性能ﾎﾞｲﾗｰに更新	680	3,445	5	その他化学
32	ラクタム製造プラントの熱回収	600	3,300	6	総合化学
33	LNGへの燃料転換	20	3,253	163	その他化学
34	パラキシレンプラント省エネ	30	3,200	107	石油化学
35	水素混焼比率ｱｯﾌﾟ及び高効率化ﾎﾞｲﾗｰ導入	208	3,194	15	無機化学
36	エチレン分解炉の反応管改良（3炉）	675	3,180	5	石油化学
37	木質バイオマス燃料利用による石炭代替	150	3,000	20	無機化学
39	ボイラー燃料LNG化	300	3,000	10	その他化学
40	高効率圧縮機への更新	800	3,000	4	その他化学
41	ガス焚きコジェネ導入	2,500	2,924	1	その他化学
42	反応系プロセスの改善	70	2,800	40	その他化学
43	高度制御	150	2,700	18	総合化学
44	高性能炉設置	3,000	2,500	1	その他化学
45	廃熱回収､背圧発電	220	2,486	11	その他化学
46	ﾁｭｰﾌﾞ管高圧洗浄による蒸気節減	6	2,422	404	化学繊維
47	LDPE重合熱の回収ステップ２	90	2,420	27	石油化学
49	高圧蒸気配管の流動抵抗低減	165	2,000	12	石油化学
50	ｱﾙｺｰﾙｹﾄﾝ製造装置　ｺﾝﾍﾞｸｼｮﾝ装置による排熱回収	10	2,000	200	石油化学

（出所）(社)日本化学工業協会資料（2006.3 受領）

－参照資料―

1.「化学産業は地球温暖化対策に積極的に取り組んでいます」、化学産業団体・地球温暖化対策協議会
2.「地球温暖化対策に関する石油化学業界の取り組み」、石油化学工業協会
3.「地球温暖化対策における電解ソーダ工業の役割」、日本ソーダ工業会、地球温暖化対策 WG
4.「ソーダ業界の温暖化対策」、日本ソーダ工業会
5.「ソーダ工業業界の温暖化対策への取り組」、日本ソーダ工業会
6.「化学工業の環境保全自主行動計画の目標」、平成 19 年 10 月 11 日、日本化学工業協会
7.「化学産業における炭酸ガス削減ポテンシャル -エチレンプラントの例-」、2004 年 6 月 8 日、(社) 日本化学工業協会
8.「化学産業の技術開発支援　年 920 万トン　CO2 削減効果」、平成 20 年 10 月 23 日、経済産業省
10.「Urea Production Reduces Greenhouse Gas by Energy Saving and Carbon Dioxide Recovery」、2008、Toyo Engineering Corporation
11.「Energy Saving Opportunities in Ammonia & Urea Plants」、KRIBHCO
12.「The Outlook for Global Nitrogen The Key Issues」、March 2008、Fertilizer & Chemical Consultancy Ltd
13.東洋エンジニアリング㈱ H.P.

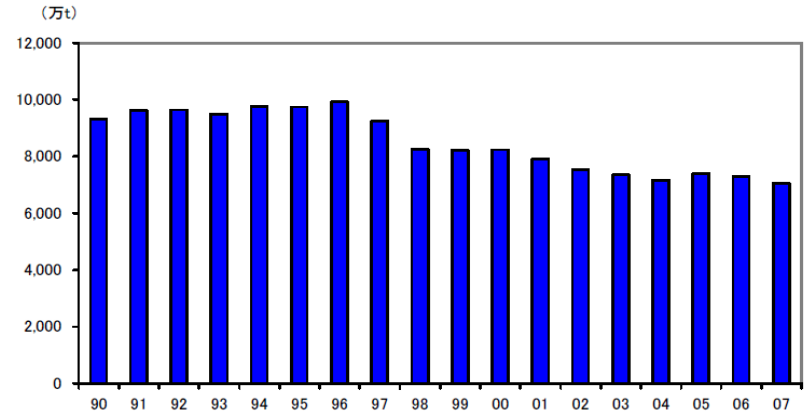
3.2.1.5　セメント技術

1)　セメント産業におけるエネルギー消費量推移

セメントは石灰石を主原料としていることから、その分解（CaCO3 ⇒ CaO＋CO2）による原料起源の CO2 を多く排出している。　また、セメント産業はエネルギー多消費型産業であり、生産コストの中でエネルギー費が高い割合を占めている。　したがって、早くから省エネルギー対策について最重要課題として取り組み、色々な新技術を開発・導入をしてきた。

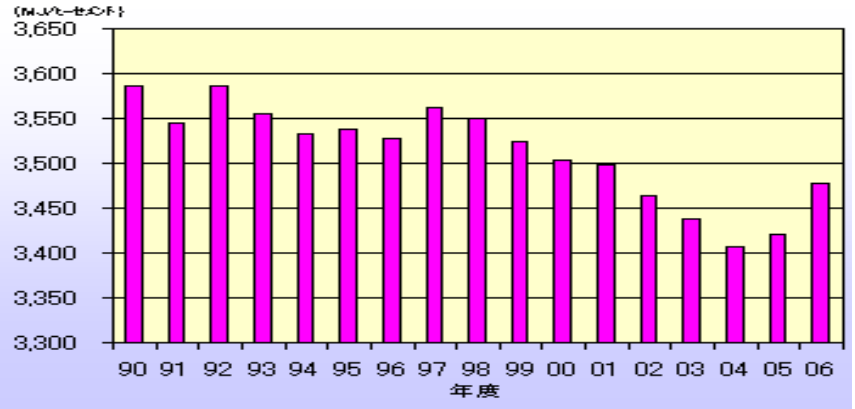
図 3.2.1.5-1 にセメントの生産量の推移、図 3.2.1.5-2 にセメント製造用熱エネルギー原単位の推移、および図 3.2.1.5-3：電力消費量等の推移を示す。　また、図 3.2.1.5-4 に国別のエネルギー効率推計値を示す。

図 3.2.1.5-1：セメントの生産量推移



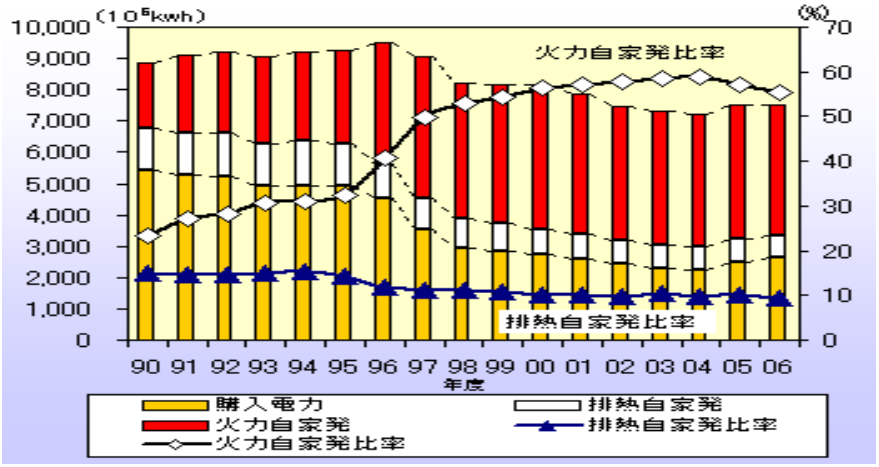
出所：「セメント産業における地球温暖化対策の取り組み
-自主行動計画進捗状況報告-」、平成 20 年 11 月 14 日、
（社）セメント協会

図 3.2.1.5-2：セメント製造用エネルギー原単位の推移



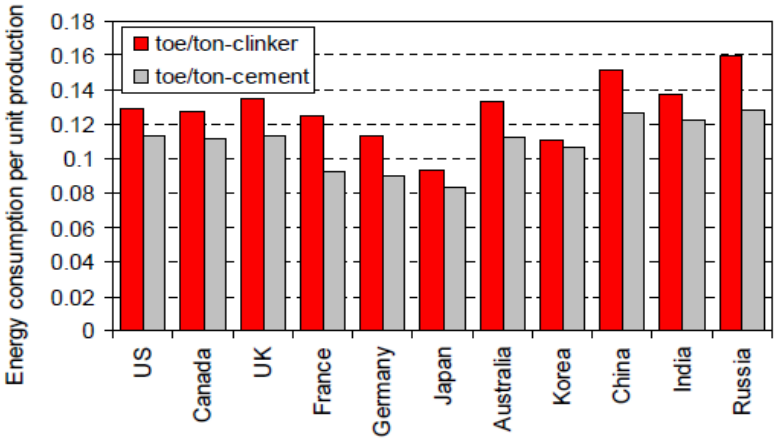
出所：「エネルギー消費、CO2 排出の状況（セメント）、（社）セメント協会

図 3.2.1.5-3：電力消費量等の推移



出所：「エネルギー消費、CO2 排出の状況（セメント）、（社）セメント協会

図 3.2.1.5-4：国別のエネルギー効率推計値



注：電力については1MWh=0.086/0.33toeにて換算

出所：「エネルギー効率の国際比較（発電、鉄鋼、セメント部門）」、
平成20年1月11日、RITE

2)　セメント産業における省エネルギー目標

セメント産業は、典型的なエネルギー多消費型産業であり、生産コストに占めるエネルギー費の割合が高いことから、省エネルギー対策については、世界各国のセメント産業に先駆けて、最重点課題として取り組んできた。

これまで様々な新技術の開発・導入を行いながら、既存設備においても徹底的なエネルギー利用効率改善対策を実施してきたことで、わが国のセメント産業のエネルギー効率は国際的にもトップクラスとなっている。

これまでのような大幅な省エネの余地は少なくなってきているが、今後も

可能な限りのエネルギー削減対策が推進される。　セメント産業は、日本経団連「環境自主行動計画」に当初から参画しており、1996 年 12 月に『セメント産業の環境保全に関する自主的行動計画』を策定（1998 年 10 月、2008 年 5 月改訂）し、以下の目標値を設定している。

㋐2010 年度におけるセメント製造用エネルギー原単位（セメント製造用熱エネルギー ＋ 自家発電用熱エネルギー ＋ 購入電力エネルギー）を 1990 年度 3.8%低減させる。
㋑上記目標は､2008～2012 年度の 5 年間の平均値として達成することとする。

(注) セメント製造用エネルギーの種類 : 石炭、重油、石油コークス、都市ガス、購入電力

さらなる目標を達成するための取り組みとして、主に 4 テーマへの投資を進めている。

㋐省エネ設備の普及促進
-粉砕機の竪型ミル化、予備粉砕機設置
-高性能セパレーターの導入
-燃料バーナーの改良
-大型ファンの回転制御 等
㋑廃棄物燃料の使用拡大
-廃プラ、木屑、肉骨粉等の燃焼設備設置
㋒その他廃棄物の使用拡大
-天然原料の使用低減 （石炭灰、下水汚泥、都市ごみの活用等）
㋓混合セメントの生産比率拡大
-生産設備の拡充
-出荷設備の増強等

注：混合セメントは、ポルトランドセメントのクリンカーと石膏の他に、各種の混合材を混合してつくったセメントで、クリンカーの割合が小さい分、焼成エネルギーが少なくてすむ。 各混合セメントは、それぞれの特徴を生かした用途に使用される。

表 3.2.1.5-1 に、セメント工業における対策導入によるエネルギー削減原単位の推移と見通しを示す。

表 3.2.1.5-1:セメント工業における対策導入によるエネルギー削減原単位

		2000年	2005年	2010年	備　考
1. 設備改善	熱 Mcal	10.0			
	電力 kWh/t	3.7			
	合計 Mcal/t	18.0			
2. 廃棄物・副産物	熱 Mcal	9.0	10.0	11.0	
の利用拡大	電力 kWh/t				
	合計 Mcal/t	9.0	10.0	11.0	
3. 混合セメント	熱 Mcal	19.0	23.0	27.0	
の拡大	電力 kWh/t	0.4	0.5	0.6	
	合計 Mcal/t	20.0	24.5	29.0	
全体	Mcal/t	47.0	34.5	40.0	
※2000年と2010年のエネルギー削減原単位は、セメント協会資料による.（表8ー2）					
2005年のエネルギー削減原単位は、2000年と2010年の中間値により設定した.					

出所：環境省資料

3)　セメント産業における省エネルギー対策の推移

エネルギー消費の 70%以上を占めるセメント焼成工程における省エネルギー対策については、既に、1997 年度において新鋭設備（NSP・SP キルン）への転換が 100%実施されており、また、排熱利用、熱交換効率の向上等も対応も限界に達しているため、今後の改善余地はほとんど無くなっている。

また、産業廃棄物･副産物の原材料化、混合セメントの生産比率拡大も図っている。

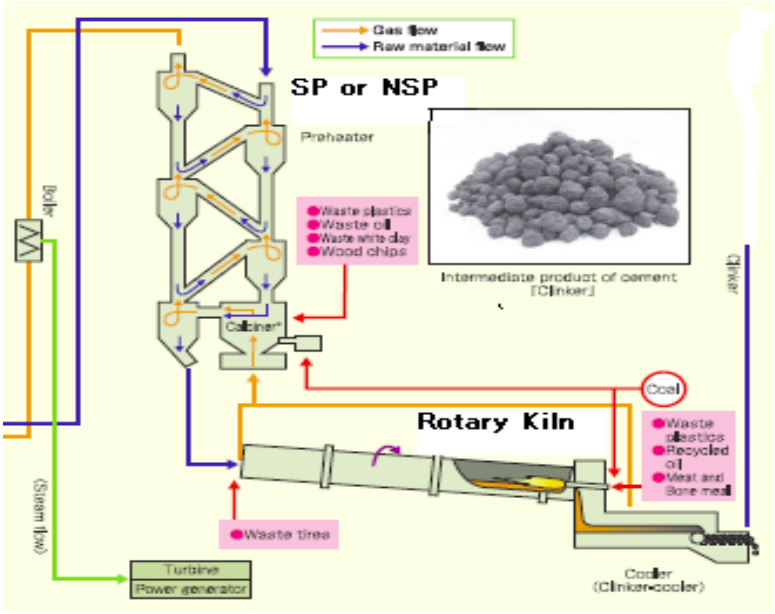
(1)　SP/NSP の導入

セメント製造業では、図 3.2.1.5-5 に示すように、1970 年代から 1980 年代に、エネルギーを最も消費する焼成設備（混合したセメント材料を 1,450℃で加熱し熱変性させる設備でキルンと呼ばれる）を湿式等の旧タイプからエネルギー効率が 2 倍程度向上する最新の乾式タイプ（SP 型キルン、NSP 型キルン）へ順次切り替えてきた。　SP/NSP（乾式化）導入が進んだことによって省エネルギーが進展した。

現在、SP/NSP は、100％普及している。

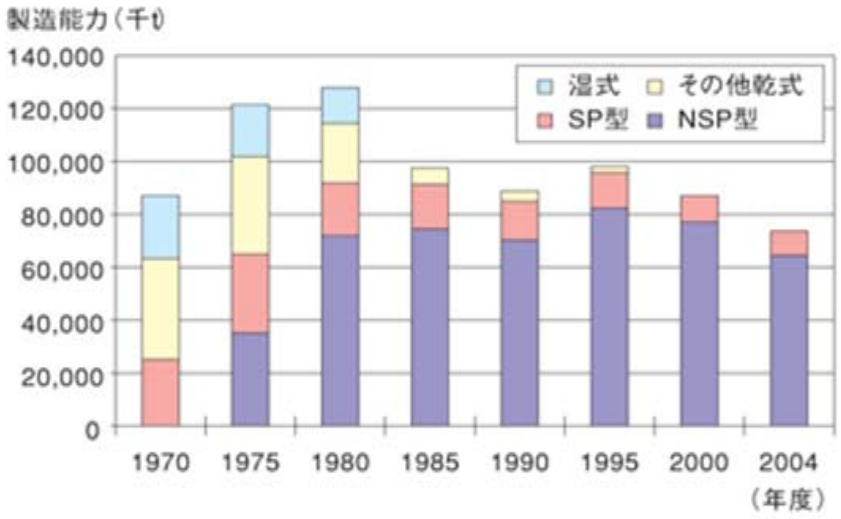
＊SP=Suspension Preheater　＊NSP=New Suspension Preheater）

図 3.2.1.5-5：SP（NSP)型キルン



出所：Cement Industry in Japan、(社)セメント協会

図 3.2.1.5-6：セメント焼成設備（キルン）のタイプの推移



＊日本における湿式/乾式およびキルン型別生産量の推移

出所：(社)セメント協会

表 3.2.1.5-2：キルンの SP/NSP の基数および乾式化の推移

（単位：基、千t／年）

製造様式		年度	1980	1985	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005
乾式	NSP	基数	64	60	55	60	55	55	54	52	49	48
		能力	71,859	74,157	69,736	81,508	77,108	73,535	70,620	69,001	64,874	61,177
	SP	基数	24	17	17	15	10	10	10	10	10	10
		能力	18,850	15,766	14,475	13,676	10,115	9,774	9,659	9,459	9,373	9,036
	L	基数	38	13	3	1	－	－	－	－	－	－
		能力	13,695	4,451	950	298	－	－	－	－	－	－
	DB	基数	20	7	5	5	－	－	－	－	－	－
		能力	5,835	2,948	2,014	2,093	－	－	－	－	－	－
	NCB	基数	6	－	－	－	－	－	－	－	－	－
		能力	3,545	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	S	基数	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
		能力	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	計	基数	152	97	80	81	65	65	64	62	59	58
		能力	113,784	97,322	87,175	97,574	87,223	83,309	80,278	78,460	74,247	70,213
湿式	W	基数	27	1	－	－	－	－	－	－	－	－
		能力	10,022	659	－	－	－	－	－	－	－	－
	WFB	基数	11	－	－	－	－	－	－	－	－	－
		能力	2,035	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	WF	基数	1	－	－	－	－	－	－	－	－	－
		能力	263	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	WL	基数	1	－	－	－	－	－	－	－	－	－
		能力	248	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	計	基数	40	1	－	－	－	－	－	－	－	－
		能力	12,568	659	－	－	－	－	－	－	－	－
合　計		基数	192	98	80	81	65	65	64	62	59	58
		能力	126,352	97,981	87,175	97,574	87,223	83,309	80,278	78,460	74,247	70,213

出所：「産業分野の省エネルギー技術に関する調査」、平成 18 年 4 月、NEDO

(2)　石炭への燃料転換と産業廃棄物･副産物の原材料使用

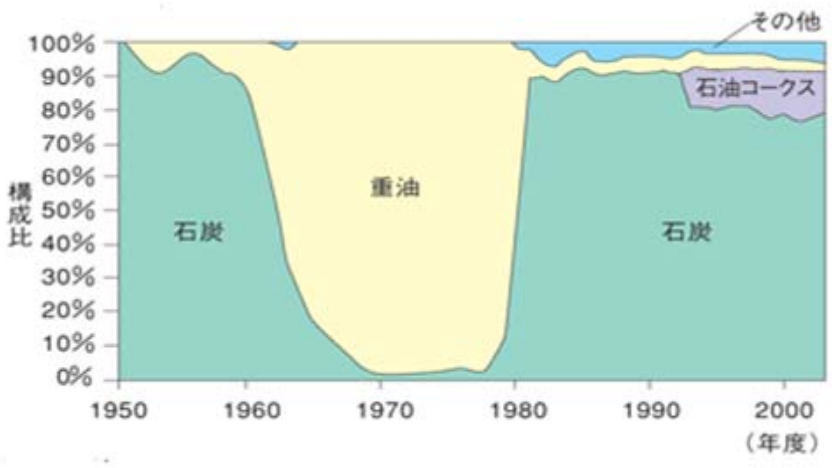
セメント業界では、第二次石油ショックを契機に石油から石炭への燃料転換を実施した。　そして、1990 年代後半から様々な「産業廃棄物･副産物の原材料使用」を進めている。　最近では、石炭灰、焼却灰、下水汚泥やスラッジ、鋳物砂、製鉄における副産物である高炉スラグなどの廃棄物・副産物を主に焼成用の原料として、廃プラスチック、廃タイヤ、肉骨粉などを焼成用の原料・燃料として利用している。

これら 20 種類以上の廃棄物・副産物の量は 2005 年度には 29,600 トン（セメント 1 トン当たりの使用量は 400kg)、重油換算で 394 千 KL に及んでいる。

①石油から石炭への転換

図 3.2.1.5-7 に示すように、第二次石油ショックを契機に燃焼機器の改良や貯炭設備の設置などを行い、石油から石炭へと燃料転換を一気に行い、第二次石油ショックの影響を回避した。

図 3.2.1.5-7:セメント製造業の石炭への転換比率の推移



＊エネルギー源別/消費量構成比の推移
出所：(社)セメント協会

②エネルギー代替廃棄物等の使用拡大

廃プラ、木屑、肉骨粉等の燃焼設備設置に取り組んでいる。　図 3.2.1.5-8 にセメント生産工程における廃棄物の利用箇所を示し、図 3.2.1.5-9 にセメント製造用熱エネルギー消費量とエネルギー代替廃棄物等比率の推移を示し、そして図 3.2.1.5-10 に廃棄物等の使用量の推移を示す。　これらの図が示すように、エネルギー代替廃棄物等の使用拡大を進めてきたが、その使用拡大を推進している。

エネルギー代替廃棄物等の使用拡大は、前処理設備や工場内輸送等でセメント工場の電力原単位を悪化させる要因となるが、これらマイナス分を加味しても全体のエネルギー消費低減につながる。　エネルギー代替廃棄物等がセメント産業によって有効活用されない場合、その廃棄物は焼却もしくは埋立処分せざるを得ず、この場合、廃棄物中の炭素分は最終的には CO2 または強力な温室効果を有する CH4（メタン）になってしまう。　一方、エネルギー代替廃棄物等をセメント産業で有効活用する場合には、その分だけ天然化石起源エネルギーの使用量が削減され、温室効果ガスの排出量は減少することになる。

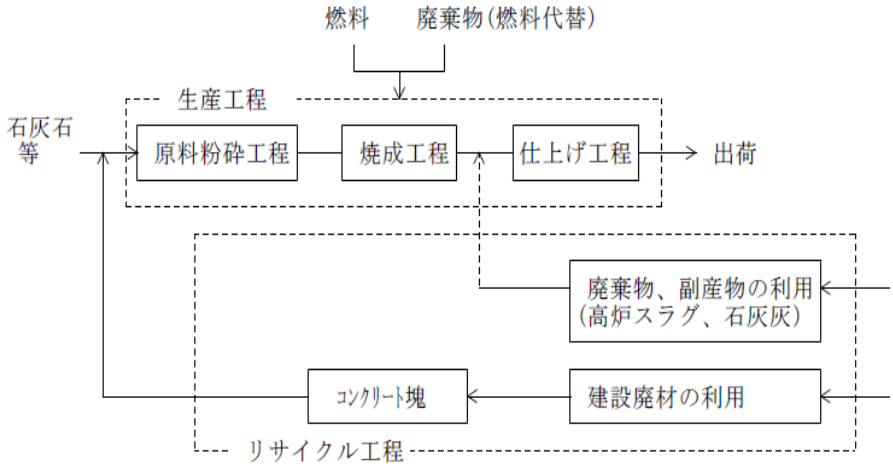
③その他廃棄物等の使用拡大

通常埋立処分される再利用されない石炭灰、下水汚泥、都市ごみ等の廃棄物の活用により、天然原料の使用低減を図っている。

セメント産業がこれらの廃棄物等をセメント原料やエネルギー代替物

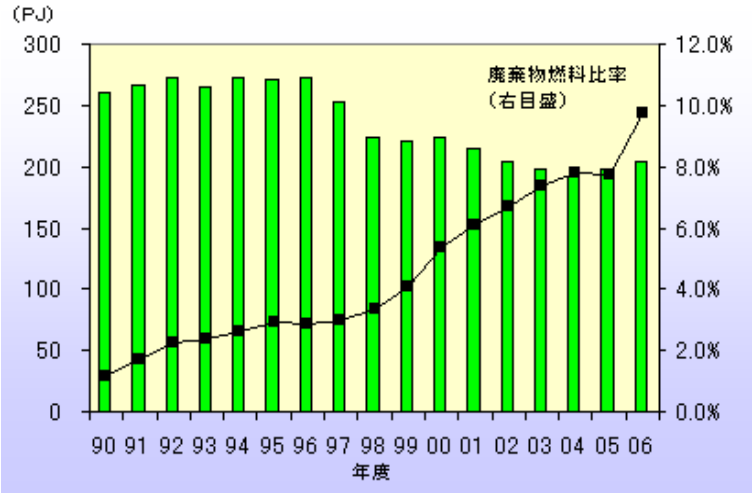
として有効利用することは、最終処分場の新たな建設や処分のために消費されるエネルギーの削減につながっている。　また CaO を多く含む廃棄物等を再利用することで、原料起源 CO2 の削減にもつながっている。　セメント産業のこのような活動は、温室効果ガス削減のみならず、循環型社会の形成にも大いに貢献している。

図 3.2.1.5-8：セメント生産工程における廃棄物の利用箇所



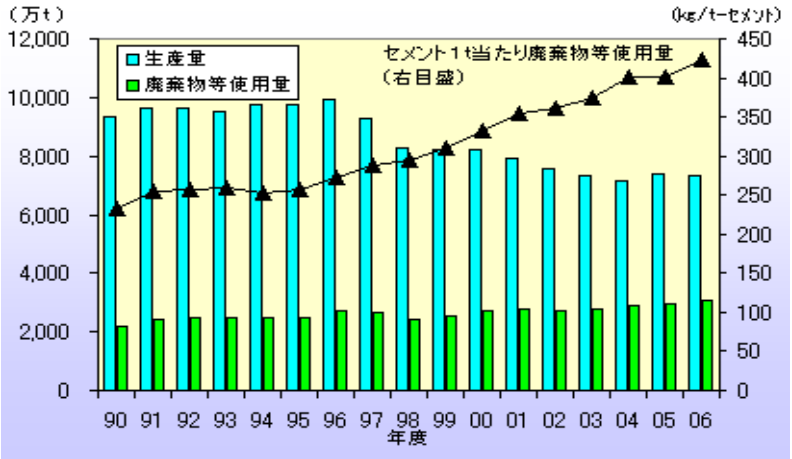
出所：環境省資料

図 3.2.1.5-9:セメント製造用熱エネルギー消費量と
エネルギー代替廃棄物等比率の推移



出所：「目標を達成するための取り組み状況」、(社)セメント協会

図 3.2.1.5-10：廃棄物等の使用量の推移



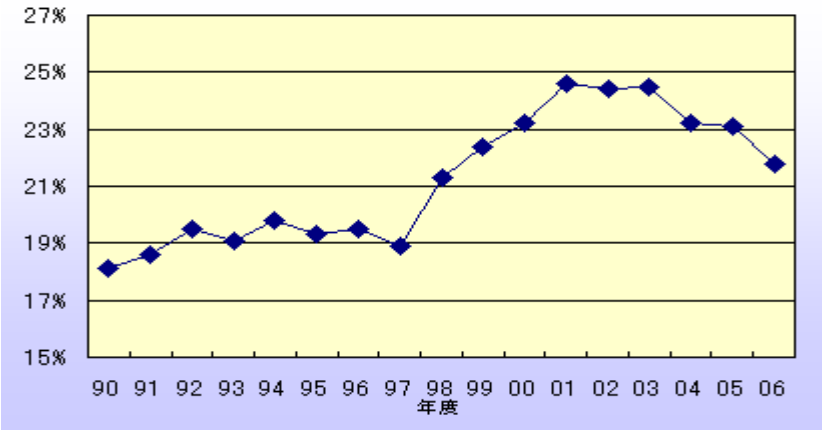
出所：「目標を達成するための取り組み状況」、(社)セメント協会

(3)　混合セメントの生産比率拡大

混合セメントとは、ポルトランドセメントのクリンカ（セメントの中間製品）と石膏の他に、各種の混合材を混合して作ったセメントである。　各種混合セメントは、それぞれの特徴を生かし、様々な用途に使用されている。

ポルトランドセメントに比べてクリンカの割合が小さい分、焼成エネルギーが少なくてすむことから、混合セメントの生産設備の拡充や出荷設備の増強等に取り組んでいる。　混合セメント生産比率を図 3.2.2.5-11 に示すが、1990 年度以降増加傾向を示していたが、公共投資の減少によって、ここ数年は若干減少している。

図 3.2.1.5-11：混合セメント生産比率推移



出所：「目標を達成するための取り組み状況」、(社)セメント協会

4) セメント産業における地球温暖化対策の自主行動計画

2008 年 5 月 23 日の自主行動計画の改訂版によれば、セメント産業は、典型的なエネルギー多消費型産業であり、生産コストに占めるエネルギー費の割合が高いことから、省エネルギー対策については、世界各国のセメント産業に先駆けて、最重点課題として取り組んできた。

これまで様々な新技術の開発・導入を行いながら、既存設備においても徹底的なエネルギー利用効率改善対策を実施してきたことで、わが国のセメント産業のエネルギー効率は国際的にもトップクラスとなっている。 これまでのような大幅な省エネルギーの余地は少なくなってきているが、今後も可能な限りのエネルギー削減対策を推進する。

セメント産業は、日本経団連「環境自主行動計画」に当初から参画し、1996 年 12 月に『セメント産業の環境保全に関する自主的行動計画』を策定（1998 年 10 月、2008 年 5 月改訂）し、以下の目標値を設定している。

㋐2010 年度におけるセメント製造用エネルギー原単位（セメント製造用熱エネルギー ＋ 自家発電用熱エネルギー ＋ 購入電力エネルギー）を 1990 年度比 3.8%低減させる。 （2007 年度より、「3%程度」としていた目標表記を「3.8%」と明確にした。）

㋑なお、上記目標は、2008～2012 年度の 5 年間の平均値として達成することとする。

（注）セメント製造用エネルギーの種類：石炭、重油、石油コークス、都市ガス、購入電力

今後の取り組みとしては、2010 年度目標値である「3,451MJ/t-セメント」を達成するためには、2007 年度実績値 3,458MJ/t-セメントよりも 7MJ/t セメント改善することが必要。 表 3.2.1.5-3 に、今後の改善対策計画と悪化要因を示す。

表 3.2.1.5-3：今後の改善対策計画と悪化要因

			エネルギー原単位（MJ/t-セメント）
セメント各社による最大限の改善対策計画			
	(1)省エネに資する投資		
		熱エネルギー代替廃棄物等使用設備（木くず、廃プラ等）	▲ 12
		各種設備効率改善（原料ドライヤ、ファン、クーラ、仕上ミル等）	▲ 1
		省エネ設備新設／改造（高効率クリンカクーラ等）	▲ 6
		設備更新等（設備補修を含む）	▲ 3
		小計	▲ 22
	(2)熱エネルギー代替廃棄物増		▲ 44
	(3)その他（混合材混合比率アップ等）		▲ 2
	計		▲ 68
想定される悪化要因			
	(1)廃棄物増による影響（高含水廃棄物受入れ増、前処理・輸送機増等）		17
	(2)原燃料事情による影響（品位低下ほか）		25
	(3)その他設備増の影響		2
	(4)その他		6
	計		50
合計			▲ 18

出所：「セメント産業の環境保全に関する自主的行動計画」、
2008 年 5 月 23 日改訂、（社）セメント協会

5) 国際協力

図 3.2.1.5-4 に示すとおり、わが国のエネルギー効率は、国際的にトップクラスであり、国際貢献も最重要課題の一つと考えている。 「クリーン開発と気候に関するアジア太平洋パートナーシップ」(APP)は、2005 年 7 月に立ち上げられた地域協力のパートナーシップである。 パートナー国は、日本、豪州、中国、インド、韓国、米国、カナダの 7 ヵ国である。 APP では増大するエネルギー需要、エネルギー安全保障、および気候変動といった問題に取り組むことを目的としている。 具体的には、クリーンで効率的な技術の開発、普及、移転の地域協力の推進を目指している。

APP は京都議定書を補完する取り組みと位置づけられ、セクター別のボトムアップ方式での検討を行うことが特徴となっている。 そのために民間のパートナーとも協力し、セメントを含む 8 つの部門別タスクフォースを官民により設立した。

セメントに関しては、パートナー各国は世界のセメント生産量の 61%を生産する。 セメントタスクフォースにおいては、わが国が議長国となっており、セメント産業もタスクフォースに積極的に参画し、主導的な貢献を行っている。

－参照資料－

1.「エネルギー消費、CO2 排出の状況」、(社)セメント協会
2.「産業分野の省エネルギー技術に関する調査」、平成 18 年 4 月、NEDO
3.「目標を達成するための取り組み状況」、(社)セメント協会
4.「セメント産業における地球温暖化対策の取り組み」、平成 19 年 10 月 11 日、
(社)セメント協会
5.「セメント産業の環境保全に関する自主的行動計画」、2008 年 5 月 23 日改訂、
(社) セメント協会

3.2.1.6　紙・パルプ技術

1)　我が国の紙・パルプ工業

(1)　我が国の紙・パルプ工業の現状

我が国の紙・パルプ工業は、今日に至るまで、パルプ・製紙一貫型工場の建設、高速・大型抄紙機の導入、省エネルギー技術の向上、古紙利用技術の向上などにより、世界的に見ても高品質の紙・板紙を製造し、流通させる高度な工業基盤を確立している。

しかし近年では、原油の高騰に加え、木材チップやパルプ、古紙の価格の高騰といった原燃料のコストが増加している。　このような収益性の低さはこれまで我が国の紙・パルプ工業が、価格よりもシェアの確保をより重視してきたことも一因ではないかと考えられている。　また、規模の経済の働く紙・パルプ工業は、市況が良いとシェア拡大に向け生産量を増加させ、その結果、過剰供給となり市況が悪化してしまい、生産を引き締め、やがて市況が安定化・好況に向かうとまた生産拡大を行う、という傾向があったと言える。

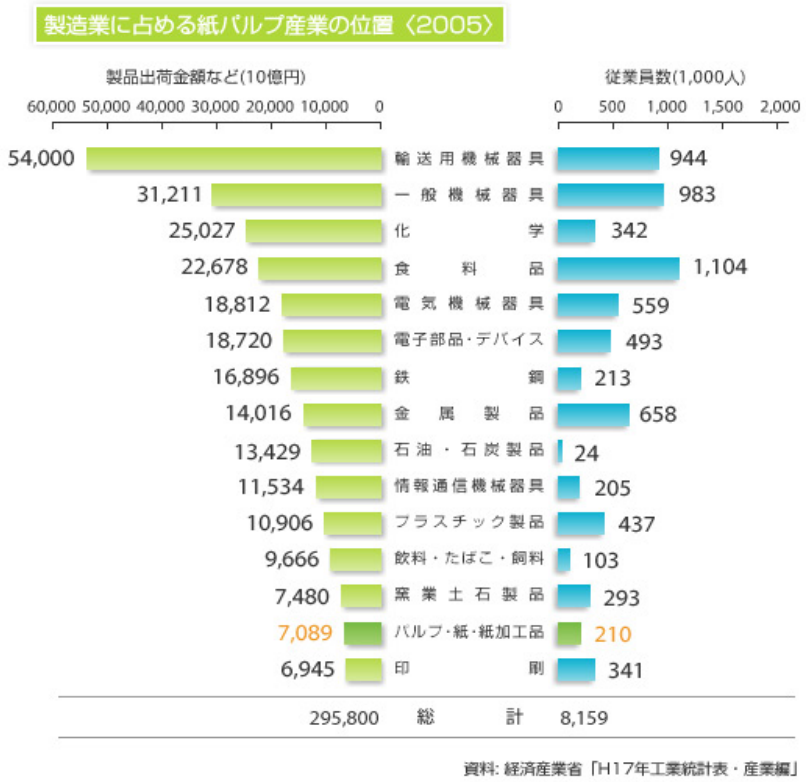
(2)　製造業に占める紙・パルプ工業の位置

製紙産業は、新聞用紙・印刷用紙等の情報用、段ボール原紙・クラフト紙等の包装用、トイレットペーパー・ティッシュ等の衛生用、電気絶縁紙等の工業用の紙・板紙を生産、供給することで、各種の産業活動や家庭生活の下支えをしている産業である。

2005 年の紙・パルプ・紙加工品産業の製品出荷額は約 7 兆円余りである。これは、製造業全体の 2.4%弱、GDP（国内総生産）の 1.4%に当たり、製造業 24 業種中第 14 位の位置を占めている。　また、従業員数は約 21 万人で、従業員一人当たりの出荷額は 3,368 万円、順位は製造業 24 業種中 8 位となっている。　また、国際的に見ても、わが国はアメリカ、中国に次ぐ第 3 位の紙・板紙生産国であり（2006 年)、日本の主要な製紙企業は、世界の中でも上位の規模を有している。

図 3.2.1.6-1 に製造業に占める紙・パルプ産業の位置(2005)を示す。

図 3.2.1.6-1：製造業に占める紙・パルプ産業の位置(2005)



出所：日本製紙連合会

(3)　我が国の紙・パルプ企業と製品の概要

①国内企業の概要

表 3.2.1.6-1：に国内企業の概要とその生産シェアを示す。

表 3.2.1.6-1：国内企業の概要　生産シェア（グループ別）

（単位：千トン）

グループ	生産量(2006年)					
	合計		紙		板紙	
		シェア		シェア		シェア
王子製紙	8,131	26.1%	4,680	24.6%	3,451	28.6%
日本製紙	7,627	24.5%	5,743	30.1%	1,884	15.6%
大王製紙	2,958	9.5%	2,013	10.6%	945	7.8%
レンゴー	2,239	7.2%	47	0.2%	2,192	18.2%
北越製紙	1,312	4.2%	979	5.1%	333	2.8%
三菱製紙	994	3.2%	945	5.0%	49	0.4%
中越パルプ工業	978	3.1%	910	4.8%	68	0.6%
7グループ合計	24,239	77.9%	15,317	80.4%	8,922	74.1%
業界合計	31,108	100.0%	19,062	100.0%	12,046	100.0%

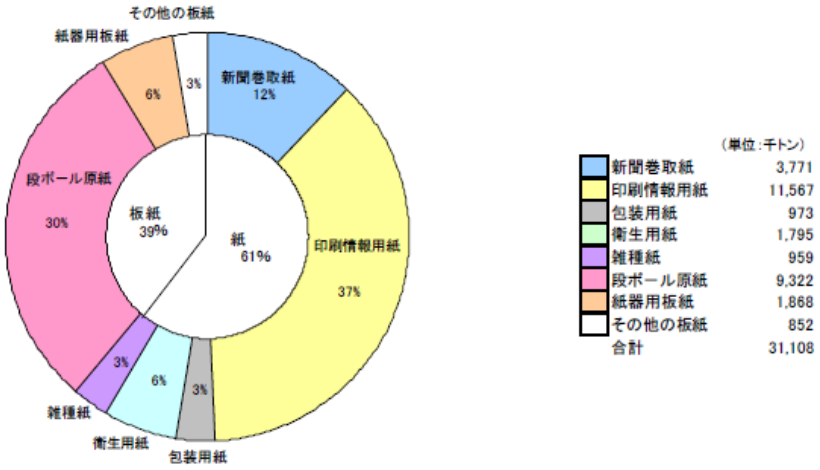
出所：「紙・パルプ産業の現状と国際展望」

②品種別生産量

我が国の紙・パルプ工業は、優れた操業技術、古紙利用・環境保全技術等により、幅広い需要分野に年間約 3,000 万トンの高品質の紙・板紙を供給している。

図 3.2.1.6-2 に品種別生産量と主な用途（2006 年）を示す。

図 3.2.1.6-2：品種別生産量と主な用途（2006 年）



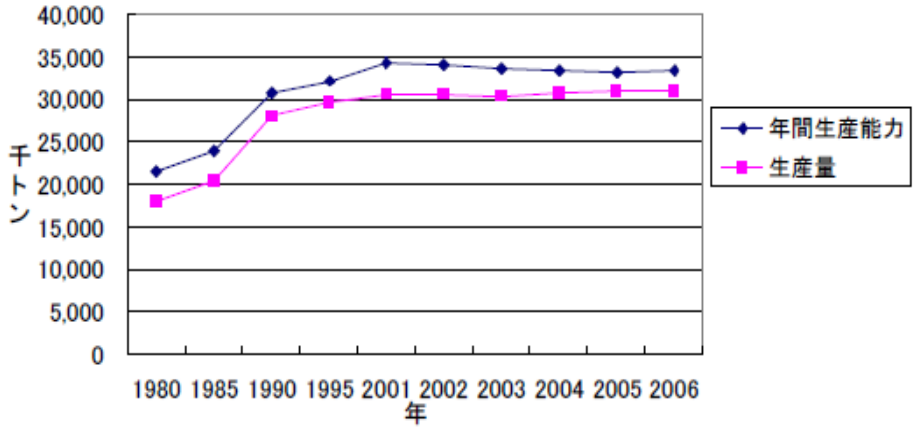
（原典）：経済産業省「紙・パルプ統計」
出所：「紙・パルプ産業の現状と国際展望」

③生産能力

2006 年時点での我が国全体の生産能力は、紙で 20,067 千トン、板紙で 13,380 千トンである。　また、1990 年代以降平均稼働率は、紙、板紙ともに 90%程度である。　紙・板紙とも総じて生産能力の過剰感が強く、とくに今後の需要の増大が見込まれない板紙については過剰感がより大きい。

図 3.2.1.6-3 に年間生産能力（推計）と生産量の推移を示す。

図 3.2.1.6-3：年間生産能力（推計）と生産量の推移



（原典）：経済産業省「紙・パルプ統計」、日本製紙連合会「紙・板紙統計年報」
出所：「紙・パルプ産業の現状と国際展望」

2) 紙・パルプの製造工程の概要

図 3.2.1.6-4 に示すように、紙・パルプ製造工程は、パルプ化工程、調成工程、抄造工程、塗工工程、仕上・加工工程から成り立っている。

(1) パルプ化工程

パルプ製造とその後の工程を両方とも行う工場は、紙・パルプ一貫工場と呼ばれる。 紙の製造過程では多くの場合、木材からパルプを製造する。 木材から製造するパルプは、製造方法により機械パルプと化学パルプに大別される。 現在、化学パルプでは、クラフトパルプが一般的である。

化学パルプは紙の原料になる木材片（チップ）をか性ソーダなどの薬品で煮込んでパルプを造る。 また、古紙から作る再生パルプは、古紙をパルパーで水や薬品で溶かしてパルプを造り、クリナーおよびスクリーンで除塵、フローテーターで古紙に残ったインクを除き、古紙脱墨パルプとする。

白い紙を作る場合、パルプ製造過程でパルプを漂白する。 漂白したパルプは、晒しパルプと呼ばれる。

(2) 調成工程

上述のように、パルプには化学パルプと再生パルプそれに木材をそのままほぐして造る機械パルプの 3 種類があり、この 3 種類のパルプを、色々な割合で配合して、さまざまな種類の紙が出来上がる。

調成工程では、各種パルプを混合し、叩解し、薬品を添加する。 叩解には、かつてはビーター、現在はリファイナーという機械が使われる。 調成工程を経たパルプを、紙料という。

(3)　抄紙工程

1%程度に水で薄めたものを原料に、ワイヤー（網）の上に広げ、パルプだけが残り、薄いシートができる。　これをプレスパートのロールの間に挟んで脱水し湿紙の水分を 55%程度にする。

ドライヤーで乾燥させ水分が 8%程度の紙にする。　出来上がった紙は、強度を高めるために表面に糊を塗ったり、カレンダーでしごいて艶を出すなどさまざまに加工される。　その後、紙はいったんリールに巻き取られ、カッターで決まった寸法に裁断される。

(4)　塗工工程

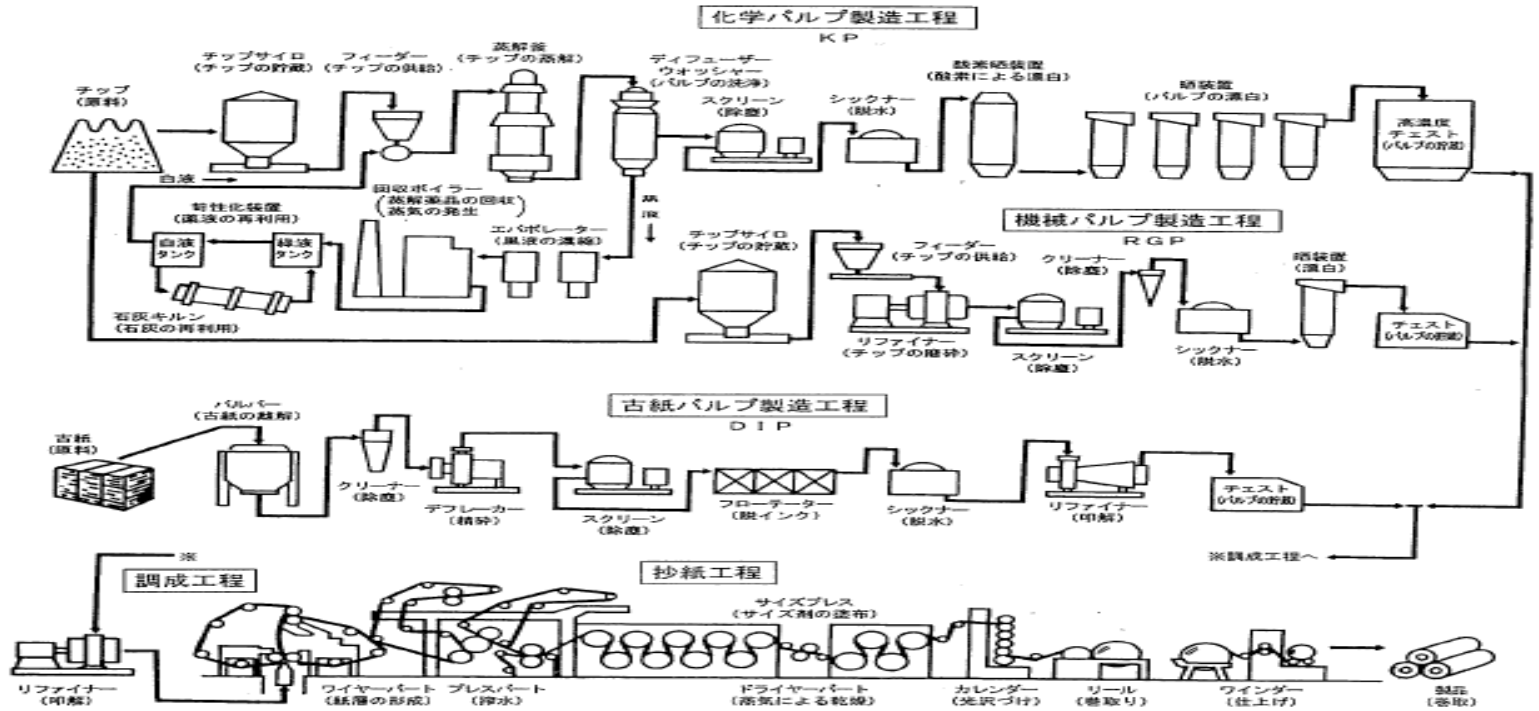
塗工紙の場合は、コーターを使い、紙の表面を顔料などで塗工する。　コーターには、抄紙機と直結することで抄紙・塗工を 1 工程とするオンマシン式と、抄紙とは別工程とするオフマシン式がある。

(5)　仕上・加工工程

乾燥し、抄紙機またはコーターから出てきた紙は、次の工程で仕上・加工する。　カレンダーを使って圧力をかけ、紙の表面に光沢や平滑性を高める。

カレンダーは、金属ローラーと弾性ローラーの組み合わせ（ニップ）から構成される機械である。　カレンダリング後、リールによる巻き取り、ワインダーやカッターで断裁、包装、出荷する。

図 3.2.1.6-4：紙・パルプ製造工程



出所：「紙・パルプ産業の現状」 2008 年版、日本製紙連合会

3) 我が国の紙・パルプの製造におけるエネルギー消費

(1) 環境に負荷をかけないエネルギーの利用

地球温暖化対策（CO2 排出削減）の一環として、製紙工業は、表 3.2.1.6-2 黒液、木くず、ペーパースラッジなどのバイオマスや、RPF、廃タイヤといった可燃性廃棄物を燃料として利用している。 これらの消費量は、図 3.2.1.6-5 に示すように、化石エネルギーに替わって年々増加傾向にある。

こうして化石エネルギーに替わるエネルギーの開発と利用を行ってきた。図 3.2.1.6-6 に示すように、製紙産業のエネルギー構成比は、現在では約 4 割を再生可能廃棄物エネルギーで占めるまでになった。 この環境負荷の少ないエネルギー利用率の高さは、製紙産業におけるエネルギー使用構成上の大きな特徴とも言える。 さらに発生した灰などは、セメントの原料や土壌改良剤として有効利用している。 今後も、より一層環境負荷の少ないエネルギーへの転換を強力に推進していくのが、製紙工業の大きな目標となっている。

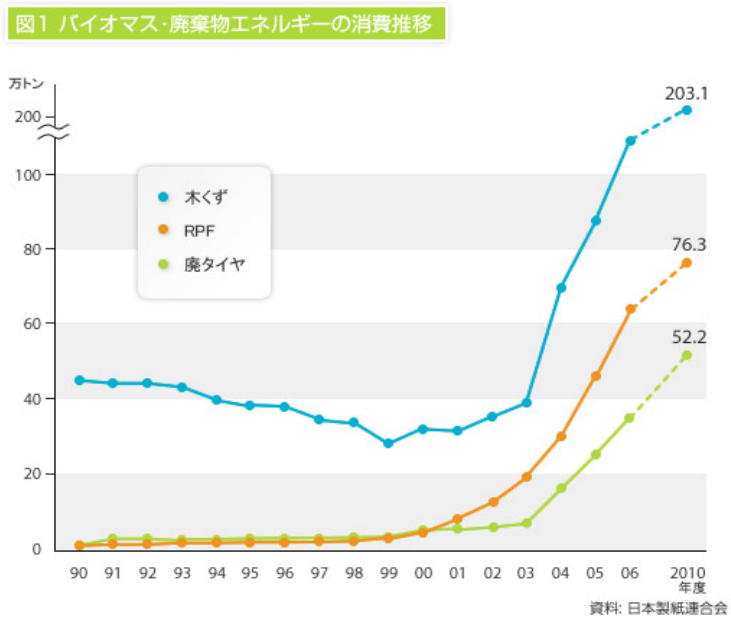
図 3.2.1.6-7 に紙・パルプ工業のエネルギー構成比の推移を示す。

表 3.2.1.6-2：可燃性廃棄物

バイオマス	生物体（bio）により生成した有機性の物資資源（mass）で再生可能なもの。例えば植物や家畜の排泄物、生ゴミなどの有機物資源。バイオマスによる CO2 排出は自然環境の循環内のものと考えられ、国際的な取り決めにより CO2 排出量としてカウントされていない。
黒液	木材パルプの製造工程で、木材から繊維を取り出した時に出る廃液。バイオマスの一種。
ペーパースラッジ	紙の製造工程で生じる微細な繊維分などを含む有機性汚泥。バイオマスの一種。
RPF	再生困難な古紙と廃プラスチックから作られ、石炭同様の火力エネルギーをもつ。廃棄物燃料の一種。

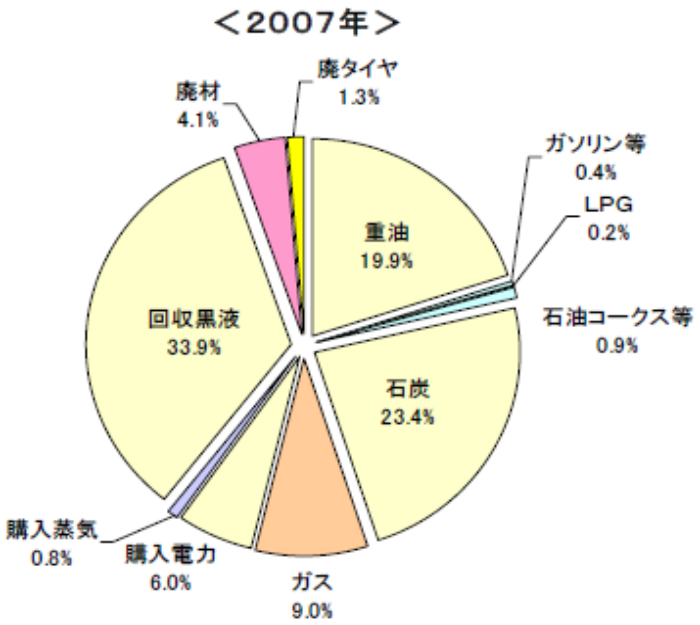
出所：日本製紙連合会 H.P.

図 3.2.1.6-5:バイオマス・廃棄物エネルギーの消費推移



出所：日本製紙連合会 H.P.

図 3.2.1.6-6：紙・パルプ工業のエネルギー構成（2007 年 9 月）



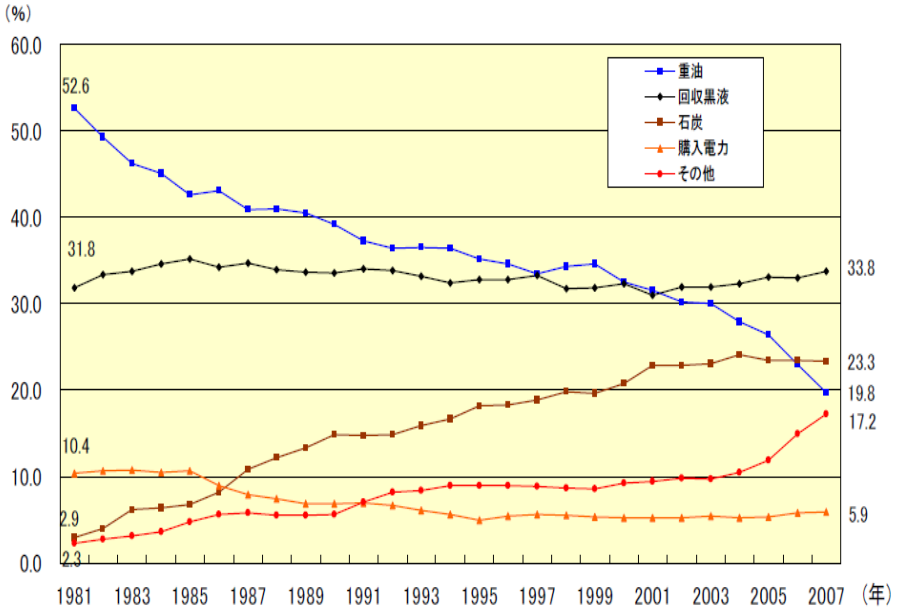
出所：「紙･パルプ産業のエネルギー事業 2008 年度」、日本製紙連合会

表 3.2.1.6-3：紙・パルプ工業のエネルギー消費量（2007 年 9 月）

	百万MJ	%
重油	102,486	19.9
ガソリン・灯油・軽油	1,968	0.4
LPG	1,216	0.2
炭化水素油・石油コークス	4,868	0.9
石油系燃料	110,538	21.4
石炭	120,959	23.4
都市ガス・天然ガス	46,517	9.0
その他燃料	167,477	32.5
購入電力 （3.60MJ/kwh）	30,752	6.0
購入蒸気	4,189	0.8
二次エネルギー	34,942	6.8
回収黒液	175,129	33.9
廃材	20,936	4.1
廃タイヤ	6,845	1.3
再生可能・廃棄物エネルギー計	202,910	39.3
合　計	515,866	100.0

（原典）：「石油等消費動態統計年報」2007（平成 19）年、経済産業省
出所：「紙・パルプ産業のエネルギー事業 2008 年度」、日本製紙連合会

図 3.2.1.6-7：紙・パルプ工業のエネルギー構成比の推移（熱量ベース）



（原典）：「石油等消費動態統計年報」2007（平成 19）年、経済産業省
出所：「紙・パルプ産業のエネルギー事業 2008 年度」、日本製紙連合会

(2)　古紙の利用率および回収率の推移

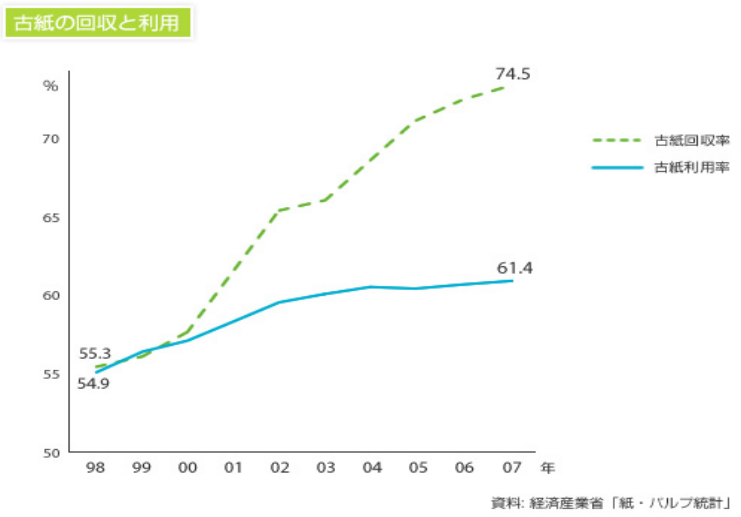
紙・板紙の生産増加に伴い、原料の消費量も増えているが、その増加分は主に古紙によってまかなわれている。　2007 年の古紙利用率は前年より 0.8 ポイント上昇し、過去最高の 61.4%を記録した。　その要因は、紙向けの消費が増加しているためである。　一方で回収率は過去最高の 74.5%となったが、2000 年に利用率を上回って以降、両者の差は拡大し続けている。

日本では、国土面積が狭いという特徴に加え、古紙回収システムが整備されており、高い回収率を支える結果となっている。　わが国の利用率・回収率は世界でもトップクラスにあり、まさにリサイクル先進国と言える。

日本製紙連合会では 2005 年 12 月に『環境に関する自主行動計画』の中で、2010 年度までに利用率 62%”という努力目標を新たに掲げた。　古紙利用の一層の拡大には、板紙の利用率がほぼ限界に達していること、あるいは印刷情報用紙で使用可能な古紙は質的・量的に限定される等の多くの問題をクリアする必要がある。　しかし、古紙リサイクルは社会的に推進すべき課題であり、業界として社会的責任を全うするためにも、更なる利用率向上に向けて引き続き努力すべきとの判断から、新たな古紙利用目標が設定された。

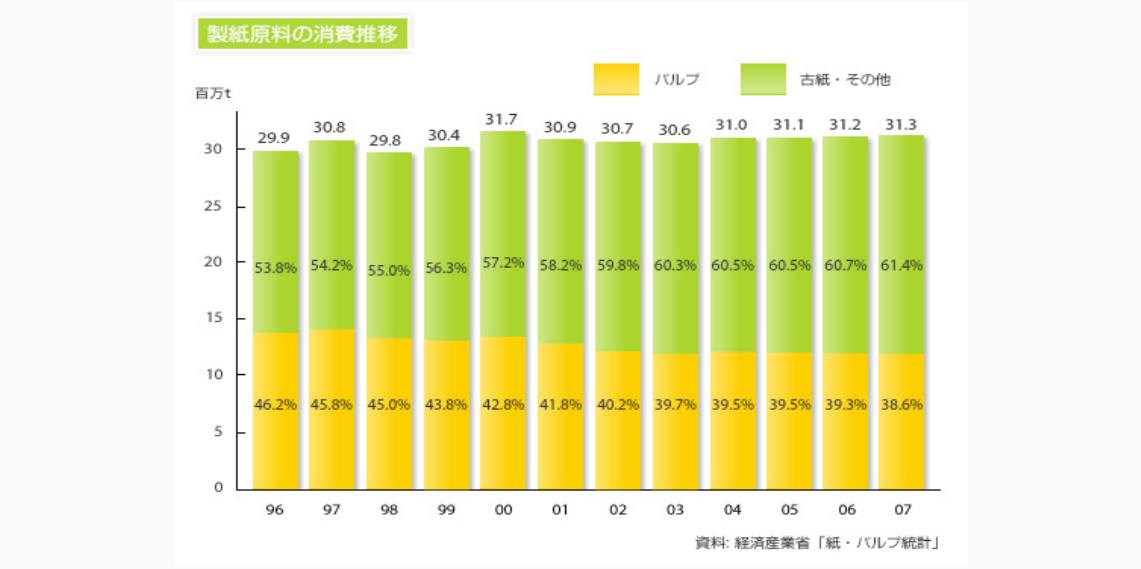
図 3.2.1.6-8 に古紙の回収率と利用率の推移、図 3.2.1.6-9 に製紙原料の消費推移、図 3.2.1.6-10 に古紙の紙・板紙別消費量(2007)を示す。

図 3.2.1.6-8：古紙の回収率と利用率の推移



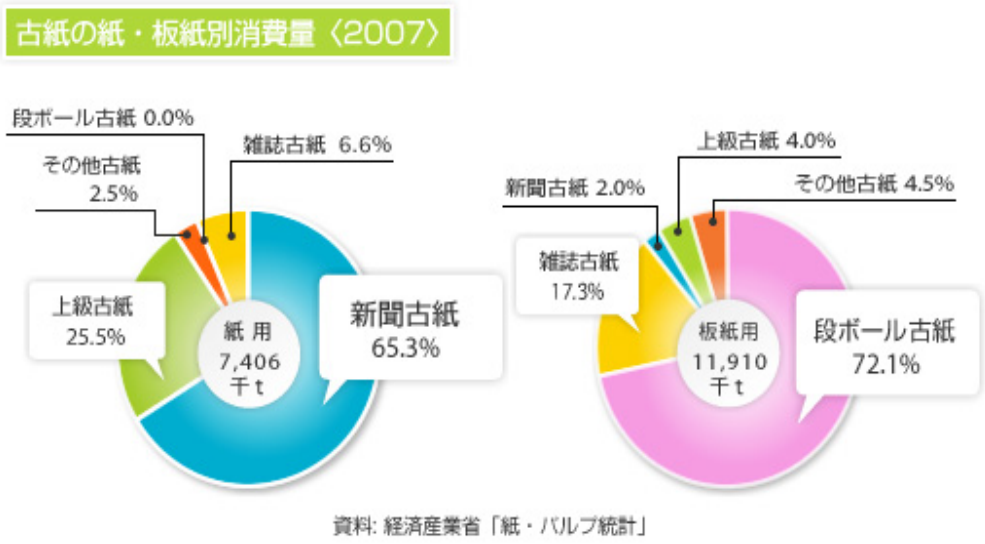
出所：日本製紙連合会 H.P.

図 3.2.1.6-9：製紙原料の消費推移



出所：日本製紙連合会 H.P.

図 3.2.1.6-10：古紙の紙・板紙別消費量（2007）



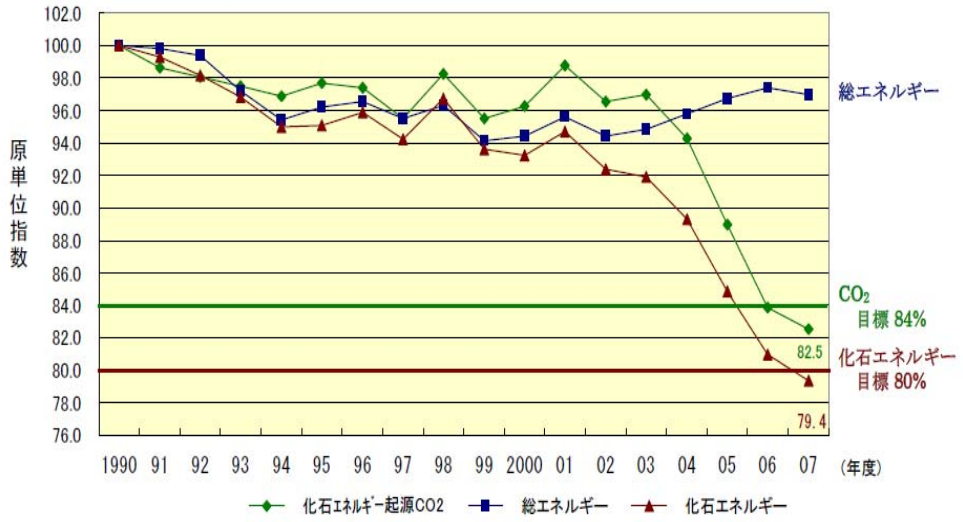
出所：日本製紙連合会 H.P.

(3)　エネルギー原単位の推移

紙・パルプの製造は、エネルギー多消費工業であり、コスト削減及び地球環境問題・環境保護の観点から、我が国の紙・パルプメーカーは省エネルギーに努力してきた。　図 3.2.1.6-11 に示すとおり、2007 年度の化石エネルギー原単位は、1990 年度を 100 とした場合 79.4 で、20.6%減となり 2010 年度の目標を上回った。

図 3.2.1.6-12 に化石エネルギー燃料別原単位の推移を示す。

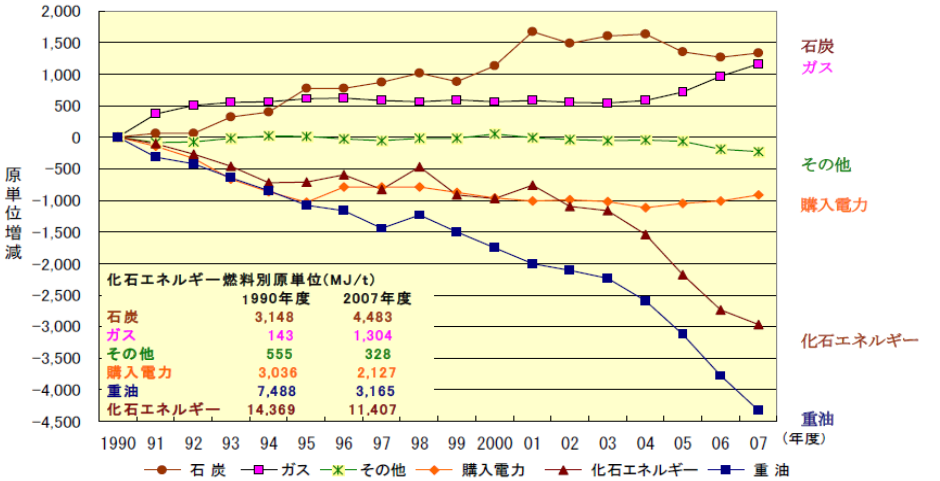
図 3.2.1.6-11：化石エネルギー原単位指数および CO2 排出原単位指数の推移(1990 年度=100)



(原典)：第 11 回(2008 年度)「環境に関する自主行動計画（温暖化対策)」フォローアップ調査結果(2007 年度実績)

出所：「紙･パルプ産業のエネルギー事業 2008 年度」、日本製紙連合会

図 3.2.1.6-12：化石エネルギー燃料別原単位の推移(MJ/t、1990 年度基準)



(原典)：第 11 回(2008 年度)「環境に関する自主行動計画（温暖化対策)」フォローアップ調査結果(2007 年度実績)

出所：「紙･パルプ産業のエネルギー事業 2008 年度」、日本製紙連合会

(4) 省エネルギー

①省エネルギー設備導入を促進

省エネや地球温暖化問題の対策が求められるなか、エネルギー多消費工業として古くから対策を行ってきた製紙工業であるが、現在もさらなる改善に向けて取り組みを継続している。 製紙各社では、各製造工程の設備・装置を見直し、少しでもエネルギー利用効率の高い設備・システムへの切り替えを検討、順次導入を行っている。(表 3.2.1.6-4)。 この取り組みを投資額で見ると、1997 年度以降、年平均で約 210 億円規模を投資。 2006 年度以降 2010 年度までの累計投資額は 2,206 億円と見込まれ、エネルギー対策への積極的な取り組みが現れる形となっている。

また、この他にも製紙工業では古くから導入している、燃料を焚いて得られる蒸気を発電に利用するコージェネレーション（熱電供給）システムを、現在は製紙工程にも活用。エネルギー利用効率を少しでも高める努力を行っている。

表 3.2.1.6-4：現在導入が進んでいる主な省エネ設備とその効果

熱回収設備	高温高圧型回収ボイラー
	黒液の燃焼で発生する熱の回収効率を高め、エネルギー効率を向上
抄紙設備	高圧脱水設備
	抄かれた紙に幅広く圧力をかけ、効率的に水を絞り乾燥で使用するエネルギーを削減
	高露点ドライヤーフード
	紙の乾燥工程を密閉することで、熱や蒸気の流出を防ぎ電力と蒸気の消費量を削減
	高濃度サイズプレス
	印刷適性向上のために、塗料の濃度を高め、乾燥に使用するエネルギーを削減

出所：日本製紙連合会 H.P.

②製紙産業における省エネルギー対策の背景と今後

製紙産業は、エネルギー多消費工業であるため、長年エネルギー対策は重要な課題とされ、数々の対策がなされてきた。 特に 1973 年と 1979 年の 2 度のオイルショック以降は、省エネルギー型設備の導入や操業方法の改善など、徹底したエネルギー節減を積極的に展開し、1981 年から 10 年間で、紙を 1 トン作るのに使用するエネルギー(エネルギー原単位)を 25%

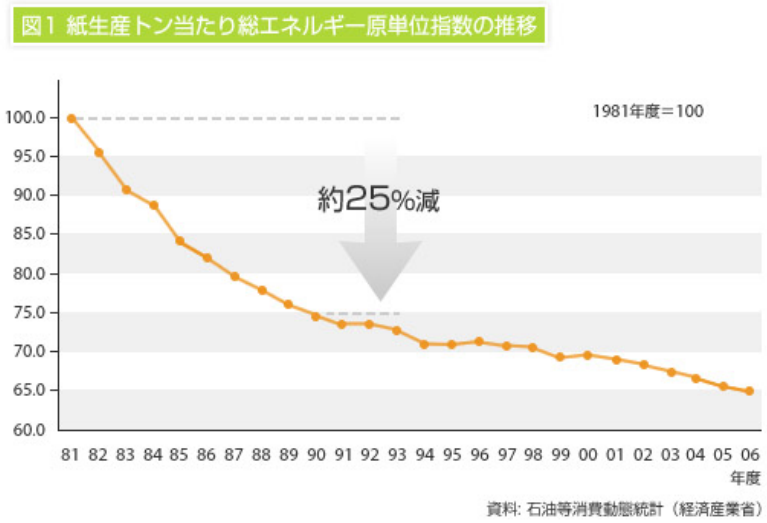
削減した（図 3.2.1.6-13）。

1990 年代に入り、地球温暖化をはじめとする環境問題への対応が世界的な課題になる中、製紙産業は従来の省エネルギー対策を一層強化するとともに、地球温暖化の原因となる CO2 排出を削減する対策を実施しています。

具体的な対策としては従来から利用している黒液に加え、木くず・ペーパースラッジ（バイオマスエネルギー）、廃タイヤ・RPF（廃棄物エネルギー）への転換である。

従来から行われていた、燃料を焚いて得られる蒸気を発電で利用するとともに、製紙工程にも活用するコージェネレーションシステムなどに加えて、さらなる高効率設備の導入や製造工程の見直しなどによる方法が大きな 2 本の柱となっている。

図 3.2.1.6-13：紙生産トン当たりの総エネルギー原単位指数の推移



出所：日本製紙連合会 H.P.

4)　日本製紙連合会「環境に関する自主行動計画」

（改訂　2008 年 5 月 20 日）

日本製紙連合会では、資源環境問題への取り組みをより積極化するために、「環境に関する自主行動計画」を制定している。　1997 年の制定以降、数回にわたりその目標値を順次強化・改定し、さらなる高みに向けて努力している。

資源環境問題に対する自主的かつ積極的な、すべての主体による枠組みの必要性と有効性を認識し、平成 6 年（1994 年）に閣議決定された環境基本計画が掲げる「循環」「共生」「参加」「国際的取組」の長期的目標を見据え、かつ、1996 年 7 月の「経団連環境アピール」に呼応するものとして、日本製紙連合会は『環境に関する自主行動計画』を制定している。

基本方針地球温暖化問題の解決に向け、国際的取組みもふくめ最大限の努力を払い。　環境を守り、資源を持続的、効率的に利用する循環型社会の構築を目指す。　環境マネジメントシステムのさらなる構築、定着を目指す。

行動計画（主な数値目標等を抜粋）地球温暖化対策

㋐今後も対策に最大限の努力を払い、2008 年度から 2012 年度の 5 年間平均で製品あたり化石エネルギー原単位を 1990 年度比で 20%削減し、CO2 排出原単位で 16%削減する。

㋑植林や森林整備は、紙パルプ原料確保の観点のみならず地球温暖化対策にとって極めて重要であり、継続的な努力が必要である。　日本製連合会は森林産業の一員として将来に亘り引き続き国内外における植林事業を進め、2012 年度までに所有または管理する植林地の面積を 70 万 ha（1990 年度比 42.5 万 ha 増）とする。

㋒間伐材の利用を推進することは、間伐の実施による国内の森林整備を促進し、京都議定書による森林吸収源 3.8%の実現に貢献するとともに、資源の有効利用、山村の活性化にも寄与する。　このため、森林所有者、森林組合、素材生産業者、製材業者、木材チップ業者等の間伐材のコスト削減及び安定供給への取り組みと連携しながら、間伐材の利用量の増大に積極的に取り組む。

㋓循環型経済社会の構築等 CO2 の吸収固定と炭素の循環利用の推進や生産多様性の維持等の観点から、森林資源の保全に努めるとともに、『育てる原料』へのシフトを推進する。

㋔ゴミ減量化、森林資源保全などの環境保全の観点から、古紙の回収、利用の促進を図るため、2010 年度までに古紙利用率 62%の目標達成に努める。

㋕産業廃棄物の発生抑制と有効利用を進め、2010 年までに産業廃棄物の最

終処分量を有姿量で 45 万トンまで低減することに努める。　産業廃棄物の最終処分量の低減を進めるため、製紙業界独自目標として、2010 年度までに有効利用率（(発生量-最終処分量）/発生量（有姿ベース)）93%以上をめざす。

㋕微量化学物質による環境リスク問題への対策を進める。

－参照資料－

1.「日本の紙・パルプ産業の持続可能な成長に向けて」 、
平成１８年度経済産業省委託調査、㈱日本アプライドリサーチ研究所
2.「紙・パルプ産業の現状と国際展望」
3. 日本製紙連合会 H.P.

3.2.1.7　LNG技術

1)　LNG の需給状況

2007 年版エネルギー白書によれば、2005 年度の一次エネルギーの石油依存度は 49%を占め、その中東依存度は 90%を超えている。　一方、天然ガスは同 14%でありその輸入地域は豪州を含むアジア、太平洋地域から 75%と、エネルギー調達の対外依存における地政学的リスクは分散されている。

また、2005 年総合資源エネルギー調査会需給部会報告の「2030 年のエネルギー需給展望」、これに続く 2006 年資源エネルギー庁発表の「新・国家エネルギー戦略」によれば、石油の一次エネルギー依存度は 2030 年には 40%以下とする一方、LNGについてはその調達力の維持、強化とともに火力発電、ボイラー需要の天然ガス利用促進を行うことが明示されている。

2006 年の世界天然ガス需要は約 101 兆立方フィート（TCF）/年（原油換算約 26 億トン、LNG 換算約 21 億トン）である。

主な天然ガスの消費国・地域別では、米国が約 22TCF、欧州・ユーラシア諸国が約 40TCF、アジア・太平洋諸国が約 15TCF、この内日本の需要は約 3TCF（LNG 換算約 60 百万トン）である。　日本の需要は世界の LNG 貿易取引の 40%を占める。　LNG 受入基地は主需要先である電力・都市ガス会社等が所有し、大小 27 箇所、年間受払い能力は約 68 百万トン/年である。

世界の一次エネルギーに占める天然ガスシェアは 23.5%であり、DOE（米国エネルギー省）予測では 2030 年には 26%にまで拡大するとされる。

世界の天然ガス輸送方法は、米国、欧州などの大需要地を中心に建設されたパイプライングリッドによる気体輸送が主体である。　LNG による専用タンカー輸送は増加傾向にあるものの、世界全体の輸送ベースではパイプライン輸送 70%に対し、LNG 輸送 30%となっている。

2)　新規 LNG 液化プロジェクトの概況と発熱量別で見る LNG 供給

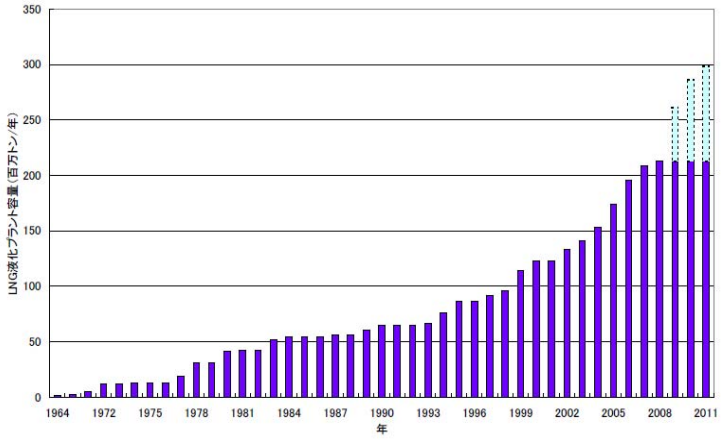
2009 年から 2011/2012 年にかけて、新規 LNG 液化プロジェクトの運転開始が見込まれている。　カタールで建設が進む 1 トレインあたり 780 万トン/年のメガトレイン 6 基をはじめとする、各プロジェクトの完成により、従来の供給能力の 1.5 倍近い LNG 供給体制が整う。

(1)　LNG 供給量の増加

天然ガスおよびLNG の需要が堅調に伸びる中、この 2～3 年間は新規の LNG 液化案件が少なく、将来的な LNG 供給不足を懸念する向きもある。　ただ、2015 年前後の完成に向けた新たな LNG プロジェクトの構想は数多く、2009 年には数件が具体化するものと思われる。　短期的に見れば、現在進行中の新規プロジェクトや、デボトルネッキングによるアップグレードや改修作業を行う既存プロジェクトにより、供給量の大幅な増加が見込まれる。

図 3.2.1.7-1 は液化プラントの容量（設備能力ベースであり、稼働率は考慮せず）の変遷を示すものであるが、2009 年からは大幅な増加が見てとれる。カタールで建設が進む、１トレインあたりの液化能力が 780 万トン-LNG／年のメガトレインが順次 6 トレイン立ち上がることが大きく寄与するが、ロシア・サハリン 2 やインドネシア・タングー等、複数の液化プロジェクトが完成に近づいている。　これらのプロジェクトの多くは、資機材費高騰や技術者・労働者不足により当初予定よりも遅延しているものの、生産開始の目処が立ち、そのうち数件は 2009 年の LNG 出荷開始の報道が相次いだ。

図 3.2.1.7-1：LNG 液化プラント容量の変遷



各種資料を基に JOGMEC 作成

出所：「新規 LNG 液化プロジェクトの概況と発熱量別で見る LNG 供給」、2008/12/12、JOGMEC

(2)　LNG 供給量の向上に繋がる各プロジェクト概況

㋐カタール巨大プロジェクト

カタールでは、既存の Qatar gas および Ras Gas プロジェクトに隣接して、1 トレインあたり 780 万トン/年のメガトレインを、合計 6 トレイン新設する工事が進んでいる。　既存プロジェクトが、Qatar gas 全体で 970 万トン/年、Ras Gas 全体で 2,070 万トン/年、合計で 3,040 万トン/年であるのに対し、新設の 6 トレイン分を合計すると 7,720 万トン/年と、約 2.5 倍の設備能力へと増強される（全トレイン完成予定は 2011 年末時点）。

１トレインあたり 780 万トン/年の生産能力は世界最大であり、それを 6 トレイン新設するのは、巨大なノースフィールドガス田（埋蔵量 900Tcf）を有するカタールならではと言える。　トレインの大型化による、単位 LNG 生産量あたりのコスト低減は、ベースロード用に LNG 生産が開始され

た 1964 年から進められてきたが、このメガトレインはほぼ最終形に近いと考えられる。

㋑その他の新規 LNG プロジェクト

インドネシア・タングー（380 万トン/年×2 トレイン）、イエメン（335 万トン/年×2 トレイン）が、いずれも 2009 年第 2 四半期に LNG 出荷を開始する見込みである。　翌 2010 年には、オーストラリア・プルート（430 万トン/年×1 トレイン）、ペルー（445 万トン/年×1 トレイン）が、ともに下期にスタートするものと見られる。　また、アンゴラや、ナイジェリアの拡張（第 7 トレイン）が 2012 年の運転開始の構想はあるが、具体的な開始時期の見通しはついていない。

表 3.2.1.7-1 にベースロード用天然ガス液化基地一覧表を示す。

表 3.2.1.7-1：ベースロード用天然ガス液化基地一覧表

No.	プロジェクト名	操業開始（年）	操業会社	国名	サイト	液化能力（万トン/年）x系列	液化方式
1	キャメル	1964	CAMEL	アルジェリア	Arzew	44×3	カスケード
2	ケナイ	1969	Kenai LNG	USA	Kenai	58×2	カスケード
3	リビア	1970	Sirte Oil	リビア	Marsa el Brega	64×4	混合冷媒
4	スキクダー1	1972	Sonatrach	アルジェリア	Skikda	100×3	混合冷媒
5	スキクダー2					110×2	混合冷媒
						121×2	混合冷媒
6	ブルネイ	1972	Brunei LNG	ブルネイ	Lumut	100×5	混合冷媒
7	ダス島ー1	1977	ADGAS	UAE	Das Island	130×2	混合冷媒
8	ダス島ー2	1994				230×1	混合冷媒
9	バダックーA/B	1977	P.T.Badak NGL	インドネシア	Bontang	270×2	混合冷媒
10	バダックーC/D	1983				270×2	混合冷媒
11	バダックーE	1990				280×1	混合冷媒
12	バダックーF	1994				280×1	混合冷媒
13	バダックーG	1997				280×1	混合冷媒
14	バダックーH	1999				300×1	混合冷媒
15	アルンーT1/2/3	1978	P.T.Arun NGL	インドネシア	Lhokseu-mawe	167×3	混合冷媒
16	アルンーT4/5	1984				167×2	混合冷媒
17	アルンーT6	1987				167×1	混合冷媒
18	アルズーー1	1978	Sonatrach	アルジェリア	Arzew	122×6	混合冷媒
19	アルズーー2	1981				122×6	混合冷媒
20	サラワクー1	1983	Malaysia LNG	マレーシア	Bintulu	200×3	混合冷媒
21	サラワクー2	1995				265×3	混合冷媒
22	西豪州ー1	1989	North West Shelf J/V	オーストラリア	Dampier	200×2	混合冷媒
23	西豪州ー2	1993				200×1	混合冷媒
24	カタールガスー1	1996	Qatar Liquified Gas Company	カタール	Ras Laffan	200×2	混合冷媒
25	カタールガスー2	1998				200×1	混合冷媒
26	ナイジェリアーT1	1999	Nigeria LNG	ナイジェリア	Bonny Island	295×1	混合冷媒
27	ナイジェリアーT2	2000				295×1	混合冷媒
28	ラスガスーT1	1999	Ras Laffan LNG	カタール	Ras Laffan	330×1	混合冷媒
29	ラスガスーT2	2000				330×1	混合冷媒
30	オマーン	2000	Oman LNG	オマーン	Al-Ghallah	330×2	混合冷媒
31	アトランティックーT1	1999	Atrantic LNG	トリニダード・トバゴ	Port Fortin	300×1	カスケード
32	アトランティックーT2/3	2002				330×2	
33	ナイジェリアーT3	2002	Nigeria LNG	ナイジェリア	Bonny Island	295×1	混合冷媒
34	マレーシアー3	2003	Malaysia LNG Tiga	マレーシア	Bintulu	380×2	混合冷媒
35	西豪州ーT4	2004	North West Shelf J/V	オーストラリア	Dampier	420×1	混合冷媒
36	ラスガスーT3/4	2004	Ras Laffan LNG Ⅱ	カタール	Ras Laffan	470×2	混合冷媒
37	ダミエッターT1	2004	SEGas	エジプト	Damietta	500×1	混合冷媒
計				13ヵ国	16サイト	15,232	

出所：「LNG ビジネスの本質を理解するための液化プラント必須知識」、石油・天然ガスレビュー、JOGMEC

3)　LNG の生産から消費

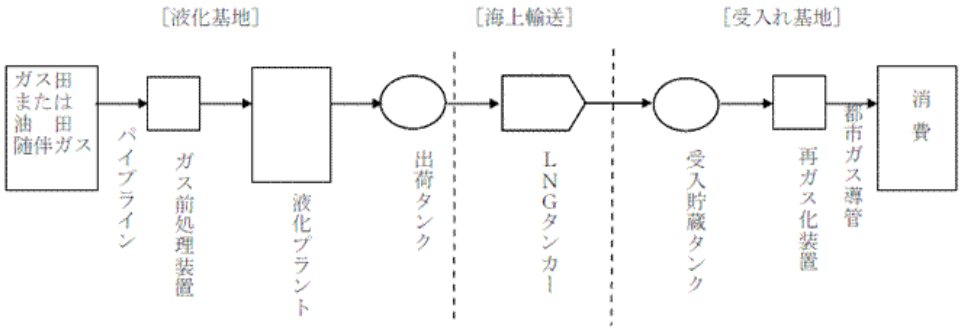
LNG は、地下より採掘された天然ガスを陸上（または海上）の液化プラント基地までパイプラインで引き込み、必要な前処理を経て－162℃の超低温に冷却･液化して生産･出荷される。 液化された天然ガスの体積は気体比 1/600 となることから LNG 専用タンカーによる経済的な輸送が可能となる。

出荷タンク、LNG タンカー、受入タンクは、この超低温液体の貯蔵に耐える特殊合金材料で製造されている。　受入貯蔵タンクからは再度ガス化され、発電所燃料や都市ガスとして消費される。

LNG は極めてクリーンな燃料である。　そのためその消費先での省エネルギー・環境改善に大いに役に立っているが、ここでは、液化基地、輸送および受け入れ基地における省エネルギーに注目する。

図 3.2.1.7-2 に LNG の生産から消費までの流れを示す。

図 3.2.1.7-2：LNG の生産から消費まで



出所：「液化天然ガス（LNG）の概要」、新日本石油　石油便覧

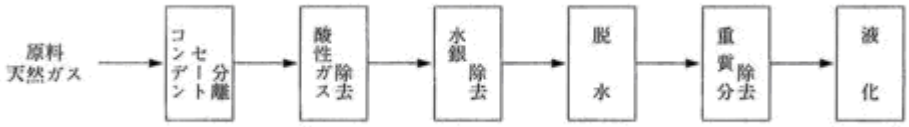
4)　LNG 液化基地

(1)　LNG 液化基地の概要

液化基地に移送される原料天然ガスは、井戸元で概略の前処理がされた場合であってもまだ種々の不純物を含んでいるので、液化プロセスにかける前に前処理として各種の精製工程にかける必要がある。　含まれる不純物は原料となる天然ガスの性状に依存するが、原料ガスに含まれる硫化水素、二酸化炭素などの酸性ガスや水分、不純物を除去する。　酸性ガス除去、水分除去、重質分除去の精製工程で構成される場合が多い。　原料天然ガスに水銀が含まれる場合はさらに水銀除去が必要となる。

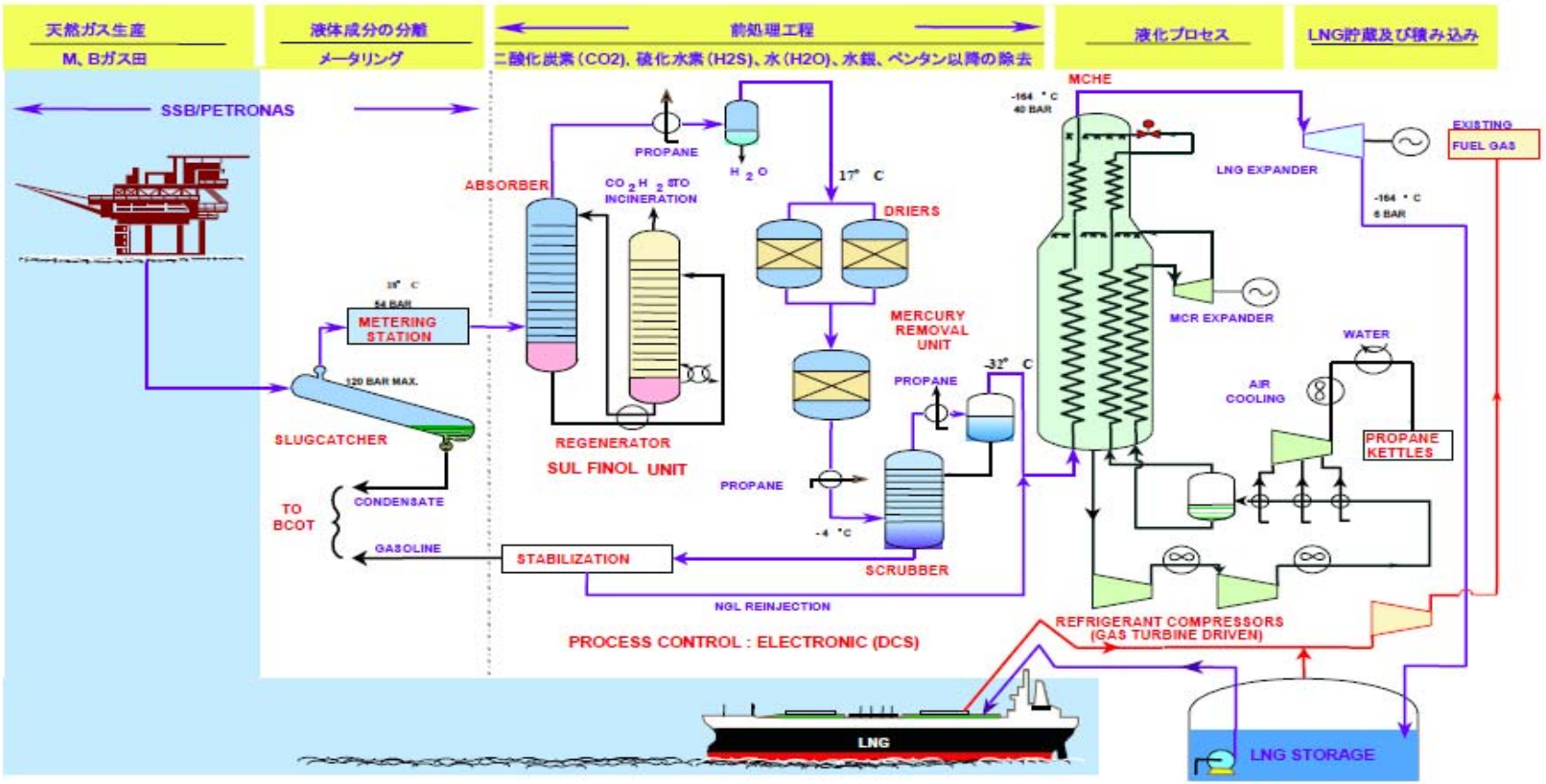
図 3.2.1.7-3 に天然ガス液化のブロックフロー、そして図 3.2.1.7-4 に LNG 液化基地のプロセス系統を示す。

図 3.2.1.7-3：天然ガス液化プロセス



出所：「天然ガス液化プロセス」、JOGMEC

図 3.2.1.7-4：LNG 液化基地のプロセス系統



出所：「天然ガス中の不純物が設備に与える影響について」、平成17年5月31日、高圧ガス保安協会

①天然ガスの精製

天然ガスには硫化水素（H2S)、二酸化炭素（CO2）等の酸性ガス、重質炭化水素、水銀および水分が含まれている。　これらの成分は液化プラントの安定運転に種々の障害を引き起こすため、液化の前段で前処理が必要となる。

㋐スラグキャッチャー（Slag Catcher）およびガス計量設備

井戸からの原料天然ガスには、コンデンセートと呼ばれるプロパン以上（C5+）の液体成分が通常含まれるため、スラグキャッチャーにより粗い分離が行われる。　スラグキャッチャーを経た原料天然ガスは気液分離セパレーターによりコンデンセートの精密な分離を行い、計量設備にてガスと液それぞれが計量される。

㋑脱湿処理（Dehydration）

液化工程において水分が固体化することを防ぐため、天然ガス内の水分を除去する必要があり。　脱湿処理法として、脱湿剤（エチレングリコール、モレキュラーシーブ）により吸収・吸着除去する方法、低温により冷却脱湿を行う方法などの方法が実用化されている。

㋒酸性ガス除去処理（Acid Gas Removal）

原料天然ガス中に含まれる酸性ガスは、金属製プラントを腐食させたり、液化時に固化して配管や主熱交換器を閉塞させたり、燃焼排ガス中のSOx濃度を高めたりするため、完全に除去する必要がある。　したがって、これらの酸性ガスは液化プロセスにかける前に除去する必要がある。

これらの酸性ガスには、硫化水素（H2S)、メルカプタン（R-SH、R：炭化水素基)、ジサルファイド（RSSR)、硫化カルボニル（COS)、二硫化炭素（CS2）等の有機硫黄化合物等のほか、二酸化炭素がある。　全プロセスプラントで消費するエネルギーの10%以上といわれている。

モレキュラー・シーブなどの吸着剤を用いた吸着法、酢酸アセテート・メンブレンなどを用いた膜分離プロセスも開発されているが、現在商業的に最も実績のある吸収法は、使用する溶液の種類により化学吸収法、物理吸収法、化学物理同時吸収法に大別され、原料天然ガスの圧力、温度、含有する酸性ガスの種類および除去レベルに応じて、方法が選定される。

吸収液として用いられている代表的なものは次のとおりである。

⒜化学吸収法

MEA(MonoEthanol　Amine)、DEA(DiEthanol　Amine)、DGA(Diglycol

Amine))、炭酸カリウム

⑹物理吸収法

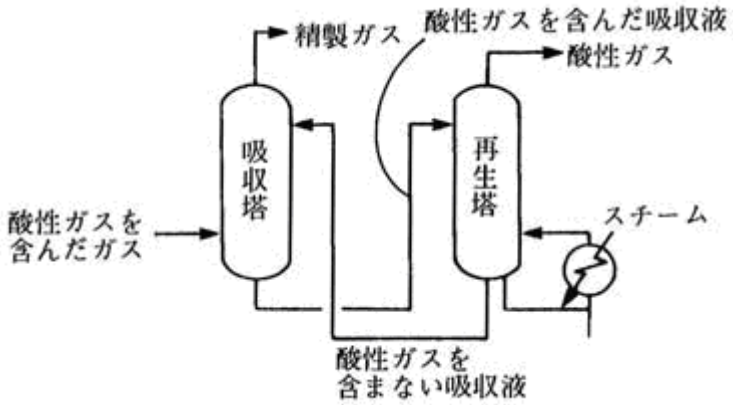
NMP(N-Methyl-Pyrrolidone)、Dimethyl Ether of Polyethylene Glycol

⑹化学物理同時吸収法

MDEA(N-Methyl DiEthanol Amine)

最も多用される MEA、DEA を用いる吸収法のプロセスの基本は図 3.2.1.7-5 のとおりである。　未精製ガスは吸収塔（棚段塔、充てん塔）に入り塔内で上部より流れ落ちる吸収液と向流接触し酸性ガスを除去され、精製ガスとなる。　酸性ガスを吸収した吸収液は再生塔へ送られ、減圧・加熱により酸性ガスを放散し再生されたあと、再び吸収塔へ循環される。

図 3.2.1.7-5：酸性ガス除去プロセス



出所：「天然ガス液化プロセス」、JOGMEC

㈤水分除去

原料ガスは通常飽和水蒸気を含んでいるため、高圧・低温下となる液化の過程で、メタンやエタンと結合してハイドレートと称される水和物の結晶を形成する。　そのため、酸性ガスと同様、配管や熱交換器等の閉塞トラブルを招く可能性があり、液化プロセスでのハイドレード形成温度到達以前に除去する必要がある。

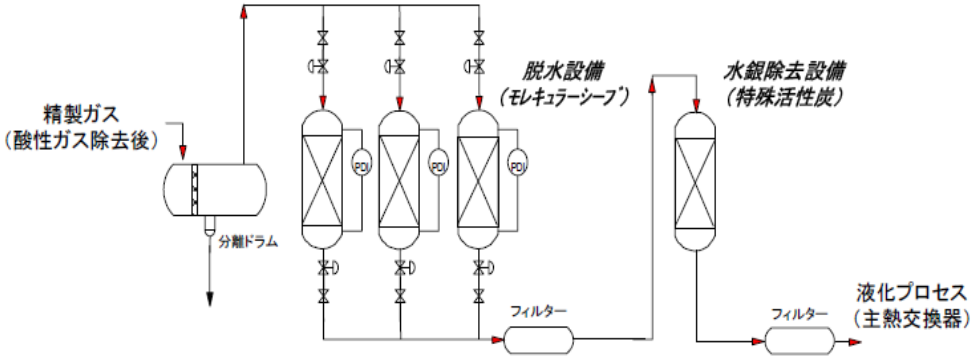
水分除去の方法には水和物防止剤の注入、乾燥剤による吸収等の方法もあるが、天然ガス液化プラントで要求される許容水分量は 1ppm 以下と厳しいため、低濃度でも水分除去効率の高い、モレキュラーシーブが用いられる。

㋕水銀除去（Hg Removal）

水銀除去は水銀アマルガム生成によるアルミニウム製機器の腐食を防ぐことを目的とする。　硫黄や硫黄化合物で処理した活性炭を充てんした固定床吸着塔に天然ガスを通すことにより、ガス中の水銀を吸着除去するプロセスなどが用いられている。　アルミニウムは、低温用材料としてLNGプラントで広く用いられているので、原料天然ガス中に水銀蒸気が含まれている場合には、前処理として除去設備が必要となる。

図3.2.1.7-6に脱水・水銀除去プロセスの例、表3.2.1.7-2に酸性ガス、水分、水銀等の除去設備の性能を示す。

図3.2.1.7-6：脱水・水銀除去プロセスの例



出所：「天然ガス中の不純物が設備に与える影響について」、平成17年5月31日、高圧ガス保安協会

表3.2.1.7-2：酸性ガス、水分、水銀等の除去設備の性能

不純物	除去設備の性能
水分	0.1 - 1 ppm
CO2	20 - 100 ppm
H2S	0.5ppm以下
全硫黄	30mg/Nm3以下
水銀	0.01μg/Nm3

出所：「天然ガス液化プロセス」、JOGMEC

㋖重質炭化水素回収（Heavy HC Recovery）

冷却精留により液を凝縮して塔の下部からプロパン、ブタン、コンデンセートといった重質炭化水素を分離回収する。　プロパン、ブタンはLPG（液化石油ガス）として販売されたり、原料ガスに再注入される。コンデンセートは原油にスパイクされるか、または単独で販売される。

②天然ガスの液化

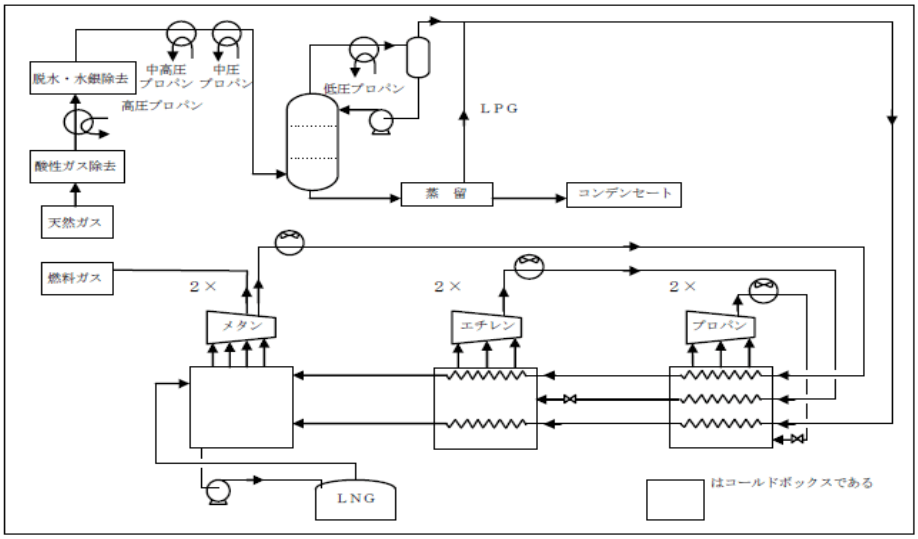
メタンの場合には、1 気圧のもとで－162℃以下に温度を下げると液化する。　精製された天然ガスは、ジュール・トムソン効果を利用する冷却装置により断熱膨張等を利用し冷却液化される。　すなわち、高圧下で液体になった冷媒の圧力を急激に下げる（断熱膨張）ことにより低温低圧の気体冷媒を作り、原料天然ガスをこの低温冷媒と接触・熱交換させて冷却・液化するものである。

現在、ベースロード用 LNG プラントに使用されるのは、低温冷媒と接触させて冷却する外部冷媒方式である。　これには、プロパン、エチレン、メタン等の複数の冷媒を別々に使用するカスケード方式と、プロパン、エタン、メタン等を混合した混合冷媒を使用する混合冷媒方式がある。　最初の LNG 液化プロセスは、エチレンプラントなどの実績からもあまり大きな隔たりのないカスケード方式が採用された。　このプロセスは、1960 年代に建設されたが、それ以降は実績が全くない時代が続いていた。　しかし、最近になっていくつかのプロジェクトではカスケード方式を採用している。

㋐カスケード法（Cascade Cycle）：プロパン、エチレン、メタンを冷媒として、段階的に温度を下げる方法（図 3.2.1.7-7)。
㋑混合冷媒法(Mixed Refrigerant Cycle)：メタン、エタン、プロパン、窒素等からなる混合物を冷媒として冷却する方法（図 3.2.1.7-8)。

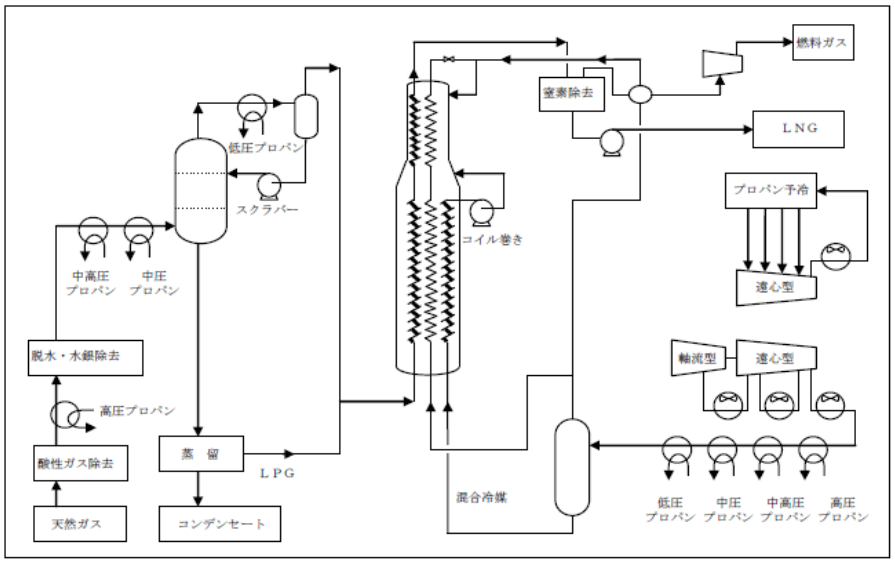
いずれの方法もそれぞれ特徴があり、どのプロセスを選ぶかは、液化プラントの規模、ガス組成、目的、立地条件により異なってくるが、APCI 社のプロパン予冷混合冷媒サイクルが、世界の天然ガス液化プラントの 90%以上で採用されている。

図 3.2.1.7-7：Phillips 社オプティマイズドカスケードサイクル



（原典）：第 12 回 LNG 国際会議資料　Shell Global Solutions 社
出所：「液化天然ガス（LNG）の概要」、新日本石油　石油便覧

図 3.2.1.7-8：3APCI 社プロパン予冷混合冷媒サイクル



（原典）：第 12 回 LNG 国際会議資料　Shell Global Solutions 社
出所：「液化天然ガス（LNG）の概要」、新日本石油　石油便覧

③冷媒コンプレサー駆動用ガスタービンの採用

冷媒コンプレッサーの駆動機としては、アラスカの Camel プラント以来 15 年くらいは、運転実績が多く信頼性の高いスチームタービンが主に採用されてきた。　最初に大型のガスタービンが採用されたのはインドネシア

の Arun のプラントで、ここでは産業用 2 軸ガスタービンとして GE 社製 Frame-5 を冷媒コンプレッサーおよび発電機の駆動機として採用し順調に運転を続けている。

さらに大型の発電用として開発された、1 軸のガスタービンである GE Frame-7 の採用を初めて提案したのはナイジェリアのプロジェクトである。

発電駆動用として設計された 1 軸ガスタービン Frame-7 は、標準の始動用モーター/トルク・コンバーターではコンプレッサーを速度上昇させるための起動トルクが不十分なため、外部の大容量の始動用駆動機が必要となる。　Frame-6 も同様である。　結局、このプロジェクトはその後液化プロセスを APCI 社の C3-MCR プロセスに変更され、2 種類の 1 軸ガスタービンを使用するスキームに変更された（プロパンコンプレッサー用：GE Frame6、低圧、高圧 MR コンプレッサー用：GE Frame7)。

LNG プラントの冷媒コンプレッサーおよび発電機の駆動機をスチームタービンからガスタービンへ転換することは、ボイラープラント、またそれに伴う冷却水（海水)、純水、海水脱塩等のユーティリティー設備を大幅に小さくすることができるとともに、スタートアップに必要な時間も大幅に改善されることになった。

④ユーティリティー設備、貯蔵設備、および出荷設備

天然ガスの液化は、多くのエネルギー投入と熱の除去が必要となり、使用するユーティリティーも膨大となる。　一般的に液化基地は他の工業団地から遠く離れた場所に建設されるのがほとんどであり、基地内で必要なユーティリティーは自給できるように計画されることが多い。　受入基地とは大きく異なり、液化基地における貯蔵設備の役割は、出荷するまでの数日間、製品である LNG を一時的に貯蔵しておくことである。　製品となる LNG の出荷には、貯蔵タンク内に設置されたポンプおよび LNG ローディングアームである。

5)　LNG の輸送

(1)　LNG タンカーの構造

LNG タンカーの構造は大別すると、モス型（球型タンク)、メンブレン型（薄膜型タンク）および SPB 型（自立角型タンク）の 3 種類に分けられる。　LNG タンカーにおいては、船体構造を過冷却から防ぐとともに、外界から熱がタンクに侵入し、LNG の蒸発を促進することのないように、船体の内面またはタンクの周囲に十分な断熱材を施す必要がある。　断熱材としては、バルサ材、パーライト、ポリウレタンフォーム、ポリスチレンフォーム、グラスフ

ァイバー等が採用されている。

(2) BOG の有効利用

LNG の海上輸送は、1959 年に米国コンストック社が実験船をメキシコ湾から英国まで試験航海させたことに始まる。 その後、モス型、メンブレン型などの新技術が実用化され、船型も大型化して、現在は各種の LNG タンカーが建造されている。 推進用燃料として輸送中の LNG 気化ガス(BOG:Boil Off Gas)を蒸気タービンエンジンに使用できるため、輸送中の環境負荷も重油燃料使用船より軽い。

従来の LNG 船は、航海中に発生する BOG を本船のボイラーで燃焼処理してきた。 BOG をボイラ採用ーで燃焼して蒸気を発生させて蒸気タービンを駆動する推進システムが長くされてきた。 この方式は燃料効率が悪いので、一般の船舶では現在ほとんど使用されなくなり、LNG 船のみに採用されていた。

最近では、環境負荷低減の要請と燃料の経済性改善の要請に応える形で、燃料消費量の大幅な改善を図った「ガス焚きエンジン電気推進」「低燃費型蒸気タービン」等の LNG 船向けの新たな推進システムが開発・実用化されるに至った。 また、LNG の効率的な再液化も可能となったので、BOG 処理と推進システムを分離して、通常船同様にディーゼル機関を使用した LNG 船も実現した。

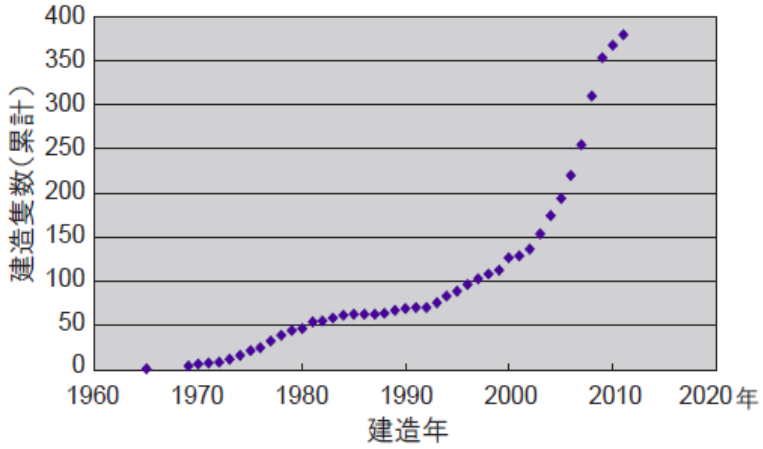
BOG を船上で再液化することの方が経済効率がよいという判断のもとに、BOG の再液化装置を搭載した LNG 船がある。 コンプレッサールームの中に完全に収まってしまい、外観からはまったくわからない。 この装置によって、オマーンから日本までの 14 日の航海の間に発生する BOG の全量を液化できるといわれている。

(3) LNG 船の大型化

LNG 船の大型化は一般的には困難であった。 1970 年後半以降 2000 年前半までの間、標準船型は 12 万 5,000m3 から 15 万 m3 程度までに徐々に大型化されてきた。 しかし、カタールプロジェクト向けの大型プロジェクトであり、このプロジェクトでは新規の大型基地の建設と輸送距離の長距離化を克服するために、Q-flex 型と呼ばれる 21 万 m3 型と Q-max 型と呼ばれる 26 万 m3 型の超大型 LNG 船が開発されて、2007 年に Q-flex 船が竣工、2008 年には Q-max 船が竣工し、LNG 船の大型化が一気に進んでいる。 これらの LNG 船は、再液化装置付きの 2 基 2 軸ディーゼル推進システムを採用している。

図 3.2.1.7-9 に LNG 船の船腹量の推移を示す。

図 3.2.1.7-9：LNG 船の船腹量の推移

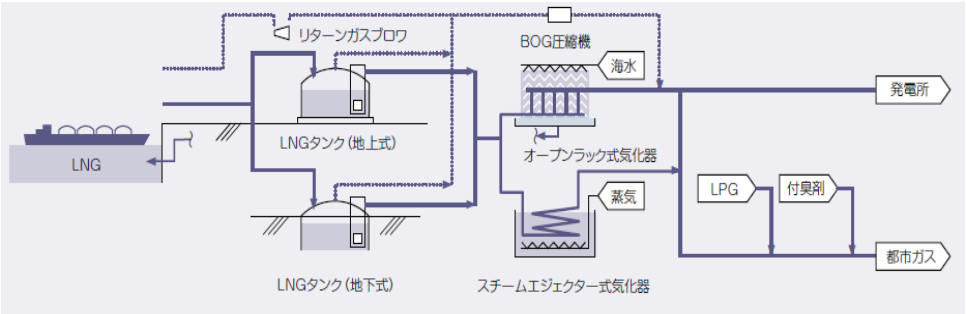


出所：「LNG 輸送技術の最新動向」、2008.7 Vol.42 No.4、
石油・天然ガスレビュー、JOGMEC

6) LNG 受け入れ基地

LNG の受け入れ基地は、LNG 貯蔵設備、BOG 処理設備、気化設備から構成されている。 輸入された LNG は保冷材で覆われたタンクに貯蔵される。 BOG は圧縮機で昇圧され、気化ガスと共に製品となる。 タンクに長蔵された LNG はポンプで気化器に送られ、海水や温水で温められて液体からガスに変わる。ガスは発電所の燃料として、または熱量調整後・付臭を行った後で都市ガスとして利用される。

図 3.2.1.7-10：LNG 受け入れ基地の基本フロー



出所：LNG 事業を通じての社会貢献、千代田化工建設㈱

(1) LNG の受入・貯蔵

LNG タンカーで運ばれた LNG は受入ターミナルの貯蔵タンクに受け入れられる。 現在実用化されている LNG タンクは、地上式金属製二重殻タンク、地下式メンブレンタンクおよびプレストレストコンクリート製地上タンクに

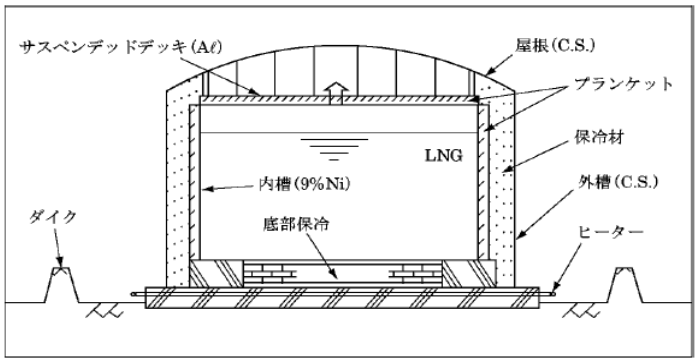
大別される。

㋐地上式金属製二重殻 LNG タンク

現在最も多く実用化されているタイプで、内槽は 9%ニッケル鋼、アルミニウム等の低温材料が用いられ、外槽には一般に炭素鋼が用いられる。

このタンクの天井部分にはドーム型とサスペンデッドデッキ型とがあるが、多くはサスペンデッドデッキ型である（図 3.2.1.7-11)。

図 3.2.1.7-11：金属製二重殻タンク（サスペンデッドデッキ型）

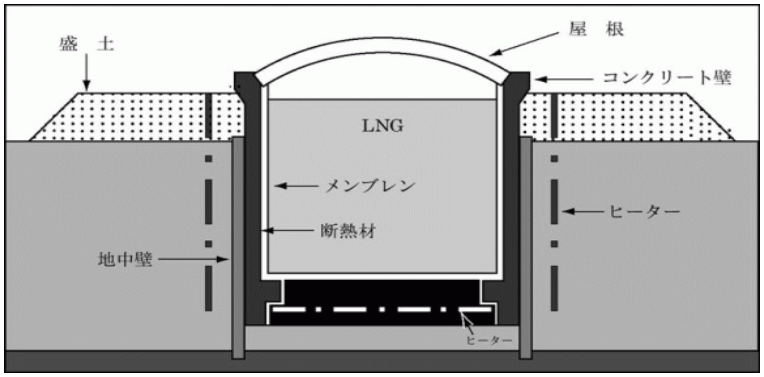


出所：「液化天然ガス（LNG）の概要」、新日本石油　石油便覧

㋑地下式メンブレン LNG タンク

このタンクは、力を受け持つ構造部分と、液およびガスを囲むシール部分および入熱をおさえるための保冷部分からなっている。　シール部分にはステンレス鋼あるいは 36%ニッケル鋼が用いられている。　メンブレンは特殊構造のヒダをもち、冷却時に生ずる熱ひずみを吸収し応力の発生を抑える（図 3.2.1.7-12)。

図 3.2.1.7-12：地下式メンブレンタンク



出所：「液化天然ガス（LNG）の概要」、新日本石油　石油便覧

㋒プレストレストコンクリート（PC)タンク

金属製二重殻構造のタンクとプレストレストコンクリート製の防液提を一体化した地上式タンクで、LNG の浸透を防ぐためにステンレス鋼のシールを設けている。　防液提を一体化したことにより従来の地上式タンクの必要敷地面積が小さくて済む利点がある。

(2)　LNG の再気化・出荷

LNG を燃料として利用するには、再気化して、いわゆる天然ガスに戻す必要がある。　LNG を再気化するためには、沸点（－162℃）までの気化熱に加え、常温までの熱を与える必要がある。　再気化プロセスの代表的なものとして、海水と熱交換して気化するオープンラック式と、水中バーナーにより暖めた水を媒体として気化するサブマージド式がある。

また、LNG の冷熱の有効利用を目的として、炭酸ガス、酸素、窒素の液化や LNG から気化の際の膨張を利用した、冷熱発電が行われている。　再ガス化された天然ガスは、近接の発電所燃料あるいは導管により配送され都市ガスとして消費される。また都市ガス導管が建設されていない遠隔需要地の都市ガス事業者や工場向けには、LNG の出荷設備を受入基地内に保有し、LNG 専用のタンクローリー、タンク車（鉄道）のほか、最近では専用の内航船（1,000 トン積級）によるサテライト LNG タンクへの 2 次転送も行われている。

－参照資料－

1.「液化天然ガス（LNG）の概要」、新日本石油　石油便覧
2.「天然ガス中の不純物が設備に与える影響について」、平成17年5月31日、
　高圧ガス保安協会
3.「天然ガス液化プロセス」、JOGMEC
4.「新規 LNG 液化プロジェクトの概況と発熱量別で見る LNG 供給」、2008/12/12、JOGMEC
5.「LNG ビジネスの本質を理解するための液化プラント必須知識」、
　石油・天然ガスレビュー
6.「LNG 事業を通じての社会貢献」、千代田化工建設
7.「LNG 輸送技術の最新動向」、2008.7 Vol.42 No.4、石油・天然ガスレビュー、JOGMEC
8.「日本の LNG 輸送技術の粋を結集した世界最新コンセプトの LNG 船」

3.2.2　公害防止プラント

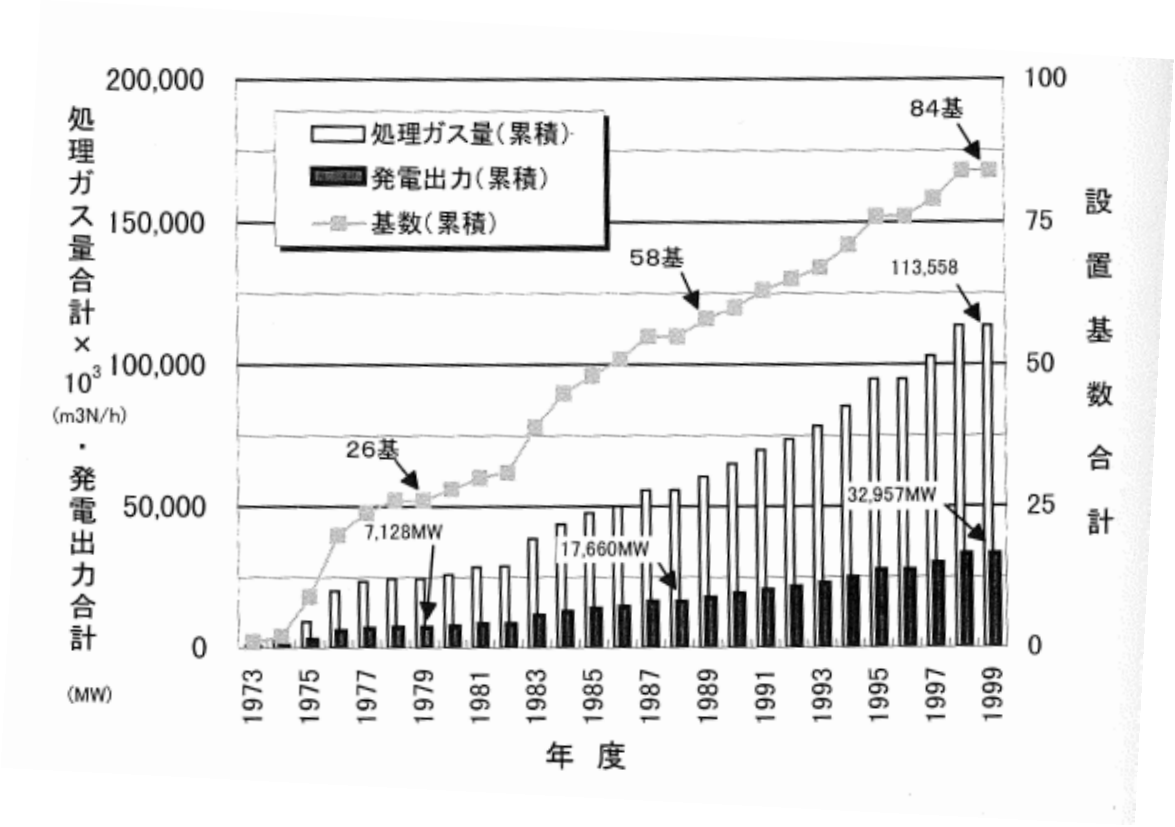
3.2.2.1　排煙脱硫装置

本邦において排煙脱硫装置は、低硫黄分燃料が使用される場合を除いて多くの場面で使用され、本邦の各排煙脱硫装置メーカーは、装置設計、製造、運転技術について世界のトップクラスである。ここでは本邦における排煙脱硫装置設置のトップに位置し、報告対象の国々への輸出に耐える技術の例示として、本邦の事業用火力発電所における排煙脱硫装置技術を取り上げ、更に海外輸出対応に必要な技術についても若干触れて解説する。

1)本邦事業用火力発電所における排煙脱硫設備の設置状況

本邦における事業用火力発電所においては 1970 年代に入って排煙脱硫装置の設置が本格的となり、2000 年代に至って全国の発電容量の約 50% を占める発電所において排煙脱硫装置を設置する様になった。採用されている脱硫プロセスは石灰石・石膏法が主流となっている。その背景として、吸収剤として大量に消費される石灰石が他の吸収剤に比して安価であり入手しやすい事と、脱硫プロセスから副生する石膏がセメントや石膏ボード用原料として有効利用されうる点が挙げられる。また、過去に問題が多くあったスケーリングや磨耗と言った種類のトラブルに対しての技術改善が成功し設備信頼性が大幅に高められた事も排煙脱硫設備普及の側面として指摘される。1973 年から 1999 年までの本邦国内火力発電所における排煙脱硫装置の設備状況について図 3.2.2.1-1 に示す。

図 3.2.2.1-1：本邦国内事業用火力発電所 排煙脱硫装置設備状況



出所：火力原子力発電 第 51 巻 10 号

2)最近の SOX 排出レベルと脱硫技術の概要

排煙脱硫装置の設備出口における硫黄酸化物の排出許容値については、地表面への硫黄酸化物の拡散濃度を当該装置単独レベルで評価し規制する、いわゆるK値規制方式を採る事が本邦では基本となっているが、隣接する他の設備等から発生する硫黄酸化物が既に当該地域に存在するなどの要因から、K値による一般規制では充分でないとされる地域では、空気中に放出される硫黄酸化物の総量を規制しようとする、いわゆる総量規制基準が適用されて居り、それらの地区では排出口で 30ppm 以下の 厳しい Sox 排出レベルを要求されている場合もあった。この高度規制の傾向は更に強まり、2000 年代からは 10ppm 以下を要求される例もある。設備から排出される硫黄酸化物の濃度は発電所で使用される燃料自体の含有硫黄成分濃度と排煙脱硫装置の脱硫効率の双方によって決まる為、装置に要求される硫黄酸化物除去効率の高低によって排出口での硫黄酸化物規制濃度で一義的に決まる訳ではないが、国土が狭く住民が密集している本邦国内における排出規制は世界的に見ても最も厳しいレベルにあり、本邦の排煙脱硫装置メーカーは高度な技術レベルを常に維持する事を要求された。結果として、海外輸出を考慮する場合、本邦メーカーの保持する技術は対象国から要求されるレベルに対して十二分に高いと評価される。この種の評価を数値で行う事には

若干無理を感じない訳ではないが、ごく大胆に言うと、海外輸出の場合、要求される脱硫性能は概ね 70～90%であるのに対して設備メーカーの実力は 98～99%をクリアし、高硫黄分燃料の使用が必要である場合には 99.9%という超高効率を達成している例もある。

3)特殊燃料への対応

発電所における使用燃料の種類が変化すると排煙脱硫装置の設計条件にも当然影響が出る。本邦国内における事業用火力発電所での使用燃料種類のトレンドについては、70 年代では油焚き対応の設備が約 80%であったのに対して、80 年代では石炭焚き対応が 75%と逆転し、90 年代以降では、天然ガス焚きとされる場合を除いては殆どすべての設備が石炭焚き対応に変わってしまった。従って、本邦各メーカーの対応も当然石炭焚きを主としているが、オリマルジョン、残渣油などの新種燃料への対応についても十分な技術の蓄積があり、海外輸出プラントにおける応用問題への対応にも問題なくフォローできる。

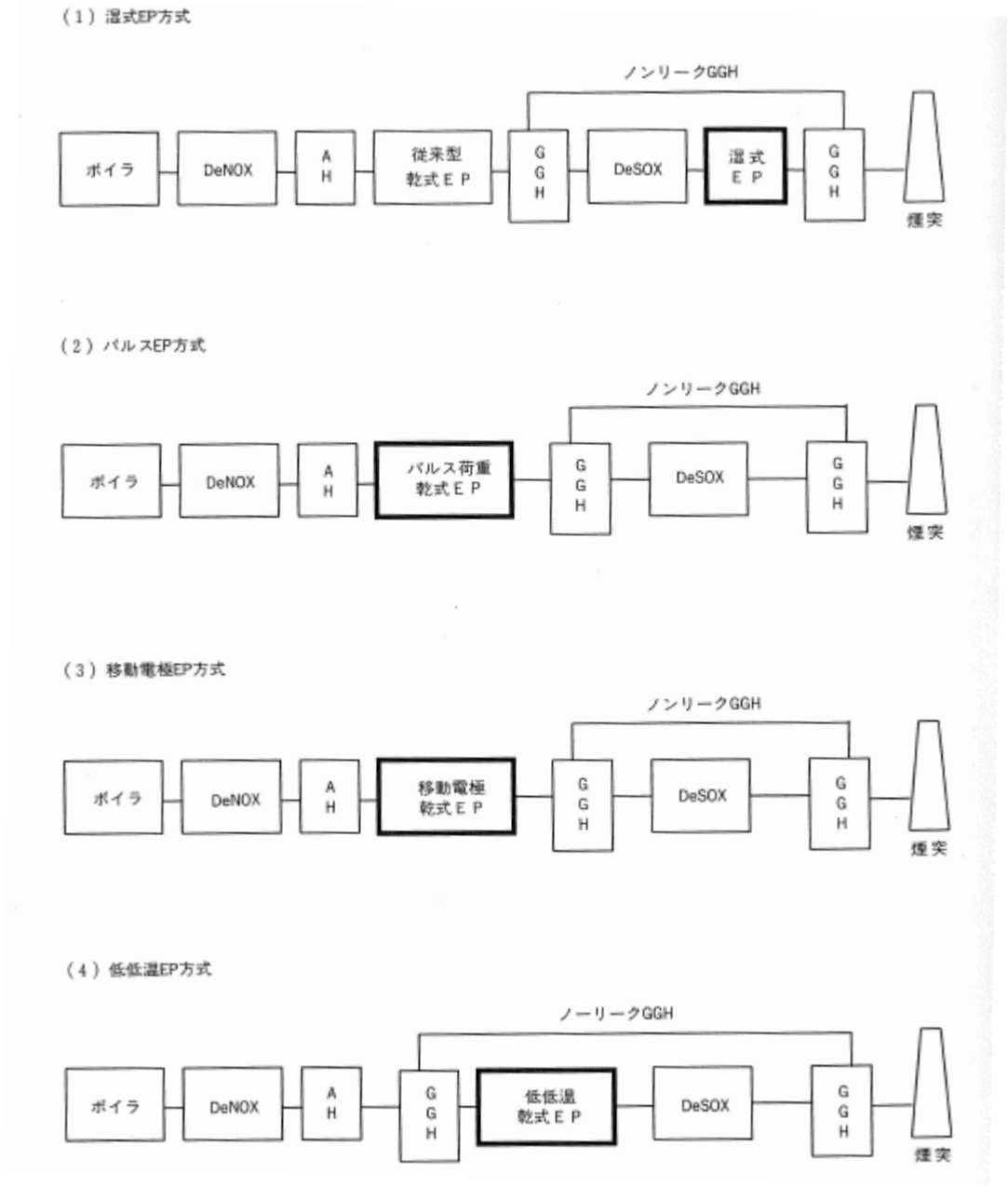
4)設備大型化への対応

設備容量の大型化については、火力発電所の大型化に対応しての大型化が脱硫設備についても計られ、1,000MW を上回る発電設備に単機の脱硫塔で対応する例も実現しており、輸出対応上で求められる可能性のある大型設備への対応についても問題はない。

5)火力発電所排煙処理設備の一部としての排煙脱硫装置

火力発電所として要求される重要な排煙処理機構としては脱硫の他に脱硝及び除塵がある。これらの機能を高度で効率的組み合わせて設備する事が火力発電所において求められる。これら 3 種の機能を備えた排煙処理設備がどの様な構成になるかについては、本項の対象である排煙脱硫装置技術についての議論としては深く入り過ぎる恐れがある為、ここでは詳述を避け、ごく簡単なフローシートを紹介するに留めるが、脱硝設備、除塵設備の構成、特に除塵設備の構成が全体のフローに大きく影響する事は理解されると考える。次に示したフローシート図 3.2.2.1-2 を参照されたい。

図 3.2.2.1-2：石炭焚きボイラー用排煙処理システムと電気集塵機(EP)の形式



出所：火力原子力発電 第 51 巻 10 号

6)設備のコンパクト化と合理性の追求

発電所用地面積上の問題から装置をコンパクト化する事への要求も当然ながらあり、設備の効率化、合理化への要求も高い。設備全体の除塵効率を効果的に向上させ

る目的で、ガス・ガス熱交換器を電気集塵機の上流に設置し新たに構成機器を増やさないで高効率化に応えるシステムのコンパクト化が行われている。前掲の図 3.2.2.1-2 のフロー(４)「低低温 EP 方式」を参照されたい。また脱硫反応の中心を担う吸収塔において脱硫のみでなく除塵も行わせようとする技術も定着してきた。

7)ガス再加熱装置

従来回転再生式が主であったガス再加熱装置(前掲、図 3.2.2.1-2 参照)について、特に高度な除塵性能を求められる場合にノンリーク型の再加熱機が採用される例が多くなってきた。これは従来使用されてきた回転再生式の加熱機においては、処理ガス、未処理ガスの間で発生するガスリークにより、未処理ガス中に存在する煤塵が処理ガス中に排出されてしまう事を防止するための変更であるが、海外輸出案件への対応においては、要求される排気煤塵濃度の規制値があまり厳しくない為に適用されている例は少ない。

8)石炭焚き発電所排煙処理設備における低低温電気集塵機システム

石炭焚き発電所における設備においては、近年の 10mg/Nm3 といった厳しい排出煤塵規制に対し合理的に対応するために電気集塵機の運転温度領域を従来の 130～140℃というレベルよりも低い 90～100℃と低下させる方法が採用されつつあり、この方式の採用により脱硫装置の設計にも変化が出てきている。このシステムについての詳述は避けるが、システムフローについては前掲の図 3.2.2.1-2 の(４)「低低温 EP 方式」を参照されたい。

9)脱硫新技術の開発状況

(1)湿式石灰石・石膏法における簡易湿式脱硫方式

湿式石灰石・石膏法は成熟した技術であるが設備費が大きい事が悩みであり、特にこれは海外輸出への対応時に問題となる。このため、特に発展途上国向け対応を考慮し、経済性に重点をおいた簡易湿式脱硫方式の開発が進められており、本邦国内においても比較的小型の火力発電設備対応用としての設置も検討された。具体的には煙道と装置を一体化するコンセプトを採用する「煙道設置型高速水平流型」、あるいは、「U-タイプダクト内スプレイ型」、ガス・ガスヒーターを設備しない場合の「煙突組み込み型」などのアイデアがあり、一部実用化されている。

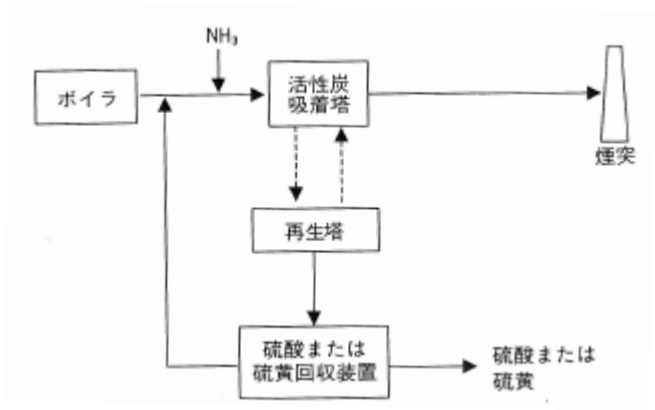
(2)湿式石灰石・石膏法以外の新技術

湿式石灰石・石膏法以外の新技術としては、活性炭が吸着剤としての機能の他に持つ触媒機能を生かした同時脱硫脱硝法で「活性炭吸着法」呼ばれるもの、石炭灰を消

石灰及び石膏と混合、押出成型、固化して吸収剤として使用する「石炭灰利用乾式脱硫法」、排ガス中に電子ビームを照射する事に依って排ガス中のSOx及びNOxをミスト化し、ガス中に注入したアンモニアと反応させる事によって生じた硫酸アンモニア、硝酸アンモニアの微結晶を後段の集塵機で取り除こうとする「電子ビーム法」、更にフライアッシュ及び副生石膏を含む使用済み脱硫剤に生石灰又は消石灰を加えて熱水養生をする事によってスラリー状の吸収剤をつくって、これをスプレイドライヤに吹き込みSOxを吸収させる「半乾式法」などがあるが詳述を避ける。

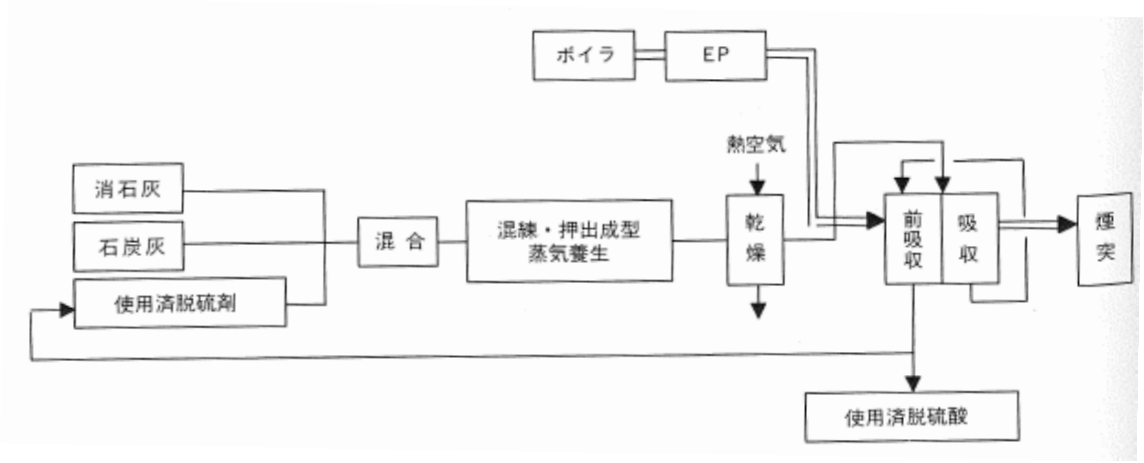
これらの方式についてのシステムフローを、図3.2.2-3「活性炭吸着法」、図3.2.2-4「石炭灰利用乾式脱硫法」、図3.2.2-5「半乾式法」（いずれも火力原子力発電 第51巻 10号からの転載）として示す。

図 3.2.2.1-3：活性炭吸着法



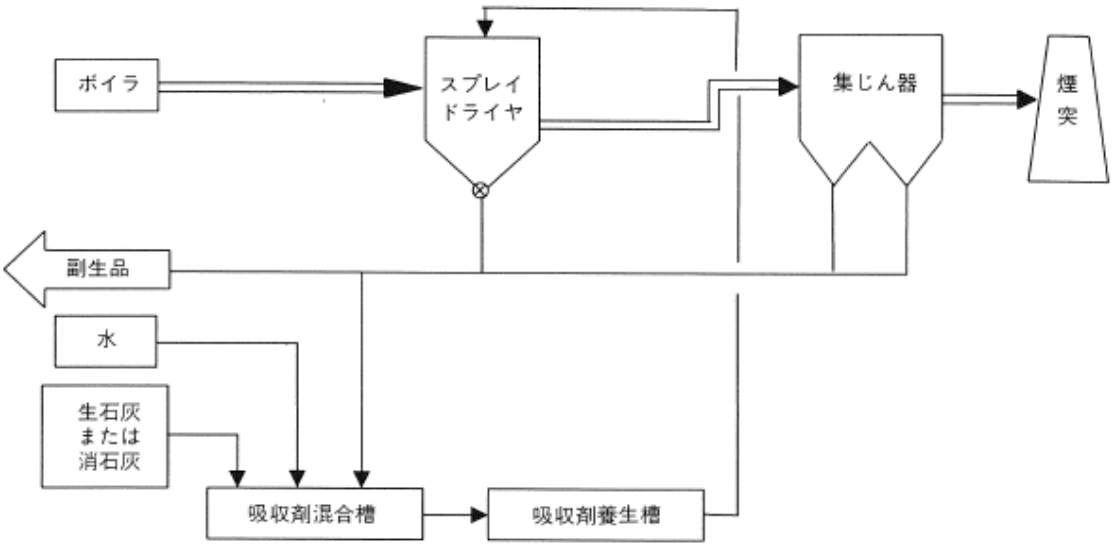
出所：火力原子力発電 第 51 巻 10 号

図 3.2.2.1-4：石炭灰利用乾式脱硫法



出所：火力原子力発電 第 51 巻 10 号

図 3.2.2.1-5：半乾式法



出所：火力原子力発電 第 51 巻 10 号

3.2.2.2 廃棄物処理プラント

国土が狭い本邦においては、廃棄物の処理過程における環境汚染の防止に特に高度

な配慮を行う事が必要であり、また最終処理のためには廃棄物の大幅減量が重要課題であり、本邦国内に設置する廃棄物処理プラントを設計、建設し運転を行う各メーカーは高度な技術を保持し、世界最高レベルのプラントを供給できる立場にある。一方、廃棄物処理プラントを海外に輸出する場面を考えた場合、社会環境が本邦の国内事情と大きく異なる為、本邦企業の保持する技術から見てかなり下のレベルでの競合を強いられるケースも多く見られる。一言で「廃棄物処理」と表現すると、簡単な報告書では到底カバーし切れない、多岐に亘るプラントが対象として登場してしまうが、ここでは本報告書の趣旨を勘案して、多岐に亘る廃棄物処理プラントの中から、下記の種類の設備に対象を絞って解説を行うこととする。

1)都市ごみ焼却(発電)設備

都市生活者が排出し都市当局が収拾、集約する、いわゆる都市ごみを焼却し、排出エネルギーの有効利用対策として、必要に応じ、ごみの焼却熱を回収して発電、又は温水の供給を行う設備である。設備の構成については、収拾されるごみの発熱量、水分保有量、等の性状、発生量、焼却後排出される排煙、焼却灰等についての性状規制の厳しさ等によって支配され、焼却炉の形状についても各メーカーがそれぞれ特色のあるものを作っているので、細かく見ると必ずしも都市ごみ焼却(発電)設備としての標準と言えるものが存在する訳ではない。ここでは単なる一例として本邦の地方都市に実際に設置された小型設備の場合についてのフローシートを次頁に図 3.2.2.2-1として紹介する。

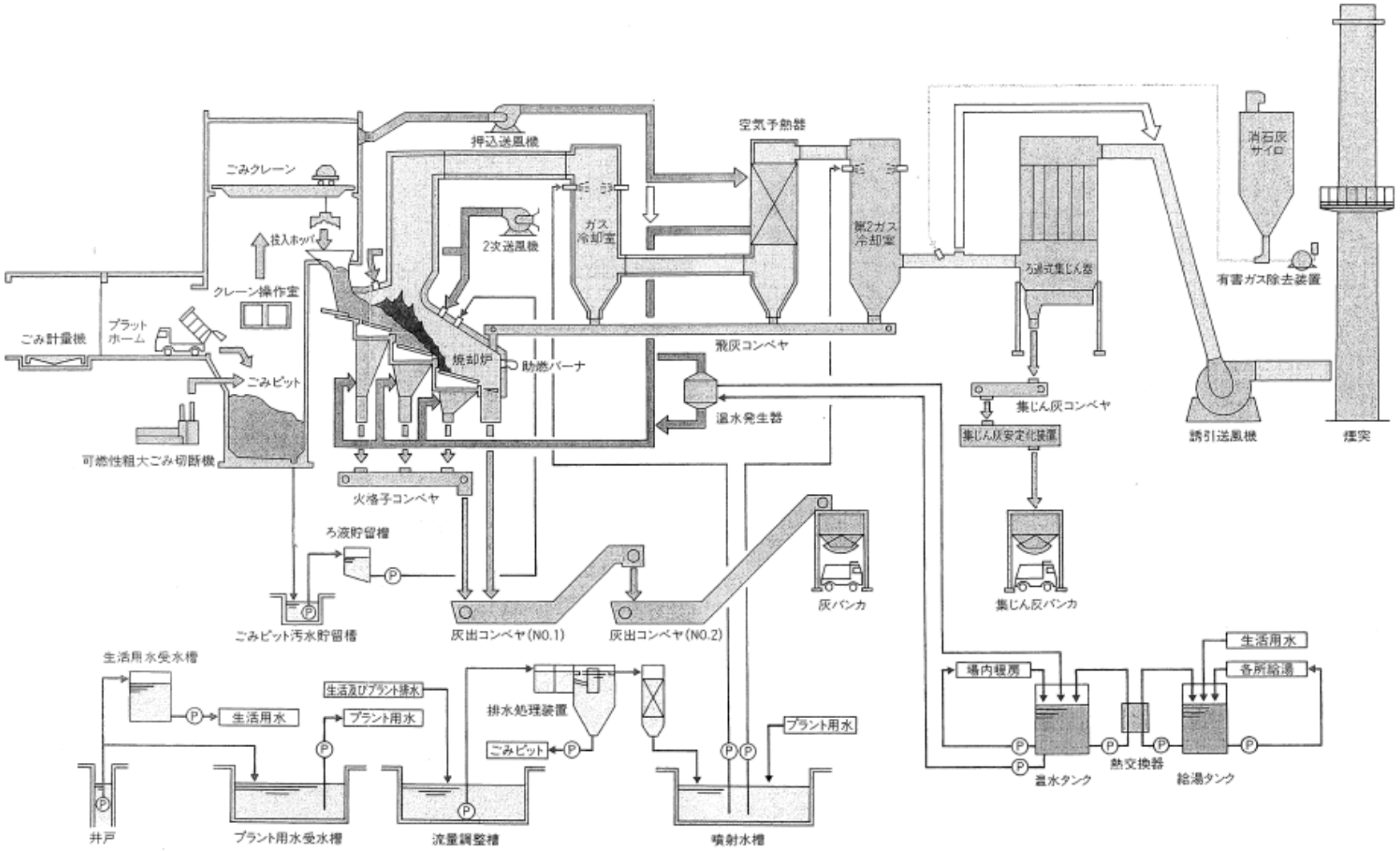


図 3.2.2.2-1：小型ごみ焼却設備フローシート

このシステムフローに示された例は、燃焼器として最も一般的であるストーカー方式を採用したものであり、小型設備であり発電可能な電力が少ないため発電設備の併設は行っておらず、また設備から排出されるダイオキシンを含んだ煤塵を無害化処理する設備も処理を外部に依存する事としており、そのための設備を自己設置していないタイプのものである。一般的なごみ焼却(発電)設備の技術上の要件について以下に述べる。

(1) ごみの収集と分別

本邦においては、ごみ焼却設備で焼却可能な「可燃ごみ」と他の種のごみとの分別収集が実施され、収集後の焼却にはあまり大きな問題は生じないが、海外の、特に発展途上国においては往々にして問題が生ずる恐れがある。すなわち、自己の排出するごみを規定された通りに分別する事は、必ずしも、住民自身にとっての直接利益をもたらすものではなく住民をして分別収集に充分協力させる事はそれほど容易ではない。結果として分別が忠実に行われなかったとしても、勿論の事ながら、ごみ焼却設備を供給した本邦のメーカー側としては問題点の解決能力を何ら持ってはいない。結果として、本邦の優秀な技術力を保持する設備メーカーとしても如何ともしがたい事となりうる事は十分認識しておく必要がある。実際に日本国外でごみ焼却設備が建設され成功裏に運転されている例は、先進国を除いては、人口の集中した大都市のみに限られている。

(2) 燃焼炉の構造と設計

外部から搬入されたごみは燃焼炉の前部から燃焼炉内部に投入され、傾斜式ストーカーの上で燃焼する。一般的に都市ごみは他の種類のバイオマス燃料等に比べて発熱量が低く、適切な配慮を行って燃焼炉を設計しないと、ごみの継続的に安定した自立燃焼を維持する事は出来ない。設計上の要点は、投入直後には含有水分が高く自立燃焼を維持しにくいごみを、炉内に存在するごみの燃焼熱を利用してその含有水分を蒸発、減少させる様な炉及びストーカーの構造を持たせること、炉内に供給する燃焼空気を適切に余熱し、適切に配分する事、さらに、炉前部で水分を減少させたごみを適切に撹拌し、ストーカー上で炉後部に向けて均等に、炉内の全ての部分でほぼ完全に燃焼を完了する様な仕組みと速度で後部へ移送することなどが必要である。特に炉内下部の炉表面は、炉内の温度が水分の多いごみの自立燃焼温度を確保できるレベルに保持できるよう、耐熱材で構成し炉内の過冷却を避けるようにする必要がある。これらの炉設計の要件は投入されるごみの性状と密接な関係がある事は理解されると思うが、ごみの性状の事前把握を確実に行い、更に、ある程度のごみ性状の変動には追いついて行けるようなフレキシビリティを持った炉設計を実現する事が重要である。この様な炉設計の困難さから見て、比較的に安定した条件でごみが排出される本邦内で行った炉設計の経験のみでは海外輸出対応に弱いところが出てくる可能性がある事を指摘しておきたい。

(3)発電設備

ごみ焼却設備に発電設備を付加する場合その発電設備は、ごみ焼却炉内部で発生するごみ燃焼ガスの保有熱をボイラーで回収し、ボイラーで発生させた蒸気を蒸気タービンに送って発電させるのが一般的である。図3.2.2.2-1において燃焼ガスの保有熱を回収するボイラーの主体が配置される位置は燃焼炉の直後、図中に「ガス冷却室」と表示された部分である。炉体構成物を高熱から保護する為に燃焼炉の周囲にボイラーの一部をなす水冷壁を設ける場合もあるが、水冷壁の表面で、特に高温の燃焼ガスにさらされる燃焼炉下部では、燃焼中のごみが過剰冷却に陥る可能性がある事を避ける事も必要である為、その表面を耐火物でライニングするのが普通である。ごみ焼却設備で燃焼される廃棄物の中には塩化物が含まれており、その為にごみ焼却炉で発生する燃焼ガス中には塩素分がかなり含まれている。この塩素分によりボイラーを構成する鋼管の表面が侵食され、侵食が進むと鋼管が破断する恐れがある。ごみ焼却設備に付設される発電設備は、その熱効率をできるだけ高く保つ為、ボイラーの運転圧力と過熱器出口上記温度を出来るだけを高く採りたいところであるが、燃焼ガス中に含まれる塩素分と、それによる鋼管表面の侵食現象の存在により、安全に運転を継続可能とするために必要な圧力、温度の限界が存在する。鋼管表面の侵食現象は鋼管の表面温度がある限界を超えると急速に進む事が知られており、鋼管表面温度をある限界以下に保ちつつボイラーの運転圧力と過熱器出口上記温度を如何に高く保てるように配慮するかがボイラーの設計の要点である。現在のところ、ボイラーの運転圧力を最高4 Mpa、蒸気温度を最高400℃級とするのが適切であろうと思われる。また、ごみ焼却発電設備が経済的に成立する為には、焼却ごみの量がある程度まとまる事が必要でもあり、この種の設備が大規模向きである事も理解しておく必要がある。本邦の場合では焼却ごみ量200t/d以下の施設では発電設備を付設する事はあまりない。

(4)ダイオキシン対策

ごみの焼却を行う際に燃焼ガス中にダイオキシンが発生する事は良く知られている。ダイオキシンは燃焼物中に炭素、水素、塩素が存在し、燃焼ガスにふれる部分に触媒となる金属物質が存在し、比較的低温度での燃焼が行われた場合に発生する。一方、ごみの燃焼は高温で行われたために、ダイオキシンを発生する事が少なかった場合といえども、燃焼ガスがその冷却過程である温度域を通過する事によって、そのガス中にダイオキシンが副生されてしまう事が判っている。従ってごみを焼却処理する為には、燃焼温度と燃焼ガスの温度管理をいかにたくみに行ったとしても、ダイオキシンの発生を無くす事は非常に困難であり、発生してしまったダイオキシンを、いかに拡散させずに捕集し、安全に処理するかについても考えなければならない。幸いな事にダイオキシンは水溶性ではなく、ごみの燃焼ガス中に含まれる煤塵とともに集塵機で捕集する事が出来、捕集した後は高温度で分解処理した後、急速冷却して再副生される事を防止する事が可能である。ダイオキシンを含んだ煤塵を捕集する使命を担う集塵機には高性能のものが求められ、一般にはバグフイルター方式が採用される。捕集煤塵の処理にはアーク放電またはガスにより煤塵灰を溶融させ水中に落下させ

て急速冷却する方法が一般に選ばれる。図3.2.2.2-1に例示したフローにこのプロセスが示してないのは、この施設においては捕集された煤塵の処理を他所に依存しているからである。

2)醗酵ガス焼却(発電)設備

以上述べたごとく、ごみの焼却処理には配慮すべき事が多く存在し、特にダイオキシン問題は対応を誤ると非常に難しい問題に発展する恐れがある。これに対する全くべつのアプローチとして廃棄物を生の状態では燃焼処理せず醗酵分解させ、発生した醗酵ガス(主としてメタンガス)を燃焼させて処理をしようとするものがある。

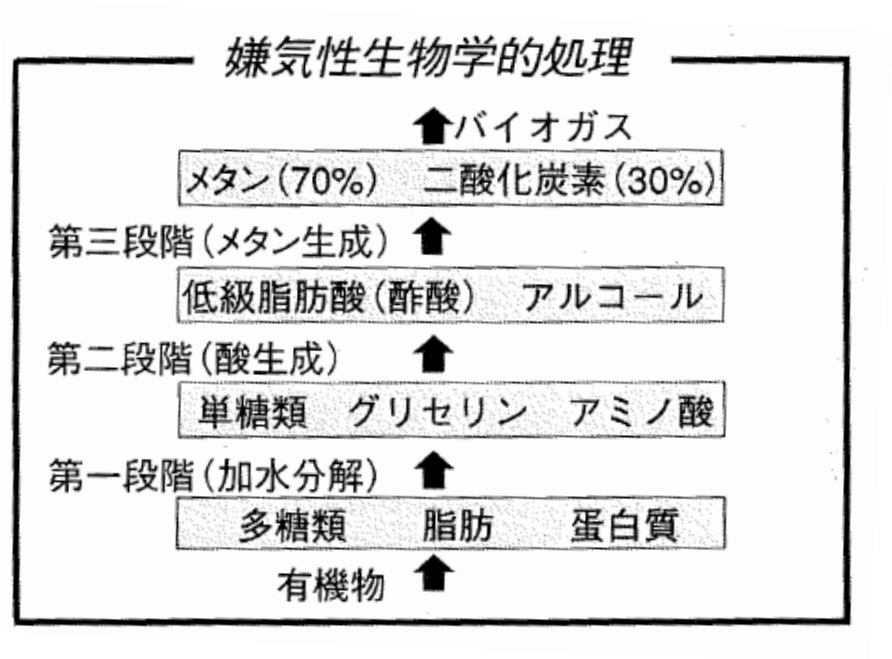
(1)LF 方式

ごみの醗酵分解プロセスとして最も普及しているのがLF(Land Fill：埋め立て)方式である。ごみを排出する都市の近傍にLFに適する土地があれば、埋め立てた土地の上部を適切に土で覆い、地中に挿入したガス回収パイプを通じて分解ガスを収拾し、捕集した可燃ガスでガスエンジン発電機を駆動して電気エネルギーを回収すると共に地球温暖化ガスとしてはCO2よりはるかに高い温暖化効果を持つと言われるメタンガスをエンジン中でCO2に変換して温暖化効果を緩和しようとするものである。本邦においては、このLF方式に適した立地条件が得られないために殆ど普及しておらず、海外でのLFプロジェクトの関連設備として輸出可能なエンジン発電機についても、本邦のエンジンメーカーはLFG(Land Fill Gas)の様な低発熱量ガスに対応するエンジン発電機はあまり得意としていないと聞いている。

(2)醗酵ガス発生設備を備えた設備

LFG発電が以上のべた如く、本邦のメーカーにとってあまり得意でない分野に属しているのに比して、LF Siteを得られない本邦で注目されているのがメタンガス発生プロセスを設備として備えた工業立国の本邦に向いたシステムである。ここで改めて有機物の嫌気性生物学的処理の概念を図3.2.2.2-2として次に示す。

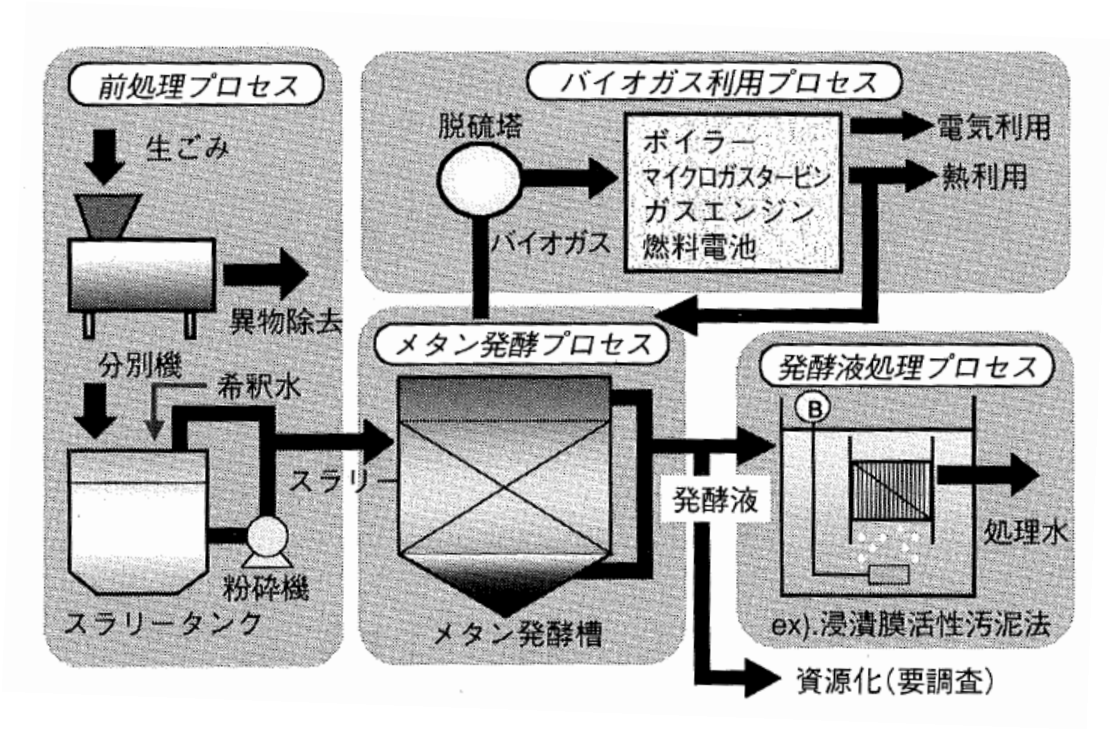
図 3.2.2.2-2：メタン醗酵の概念



出所：火力原子力発電 第 154 巻 8 号

生ごみのリサイクルはコンポスト化による堆肥生産が一部で実施されていたが、堆肥化については塩分や油分の濃縮による問題などで必ずしも好結果を産んでいない。ここで紹介するシステムは生ごみの高度醗酵処理を処理装置内部で行おうとするものであり、そのプロセスフローを図3.2.2.2-3として次に示す。

図 3.2.2.2-3：醗酵システムの構成



出所：火力原子力発電 第 154 巻 8 号

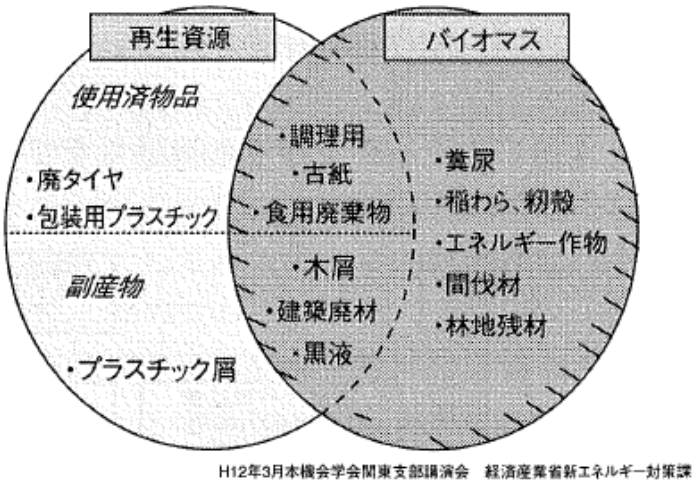
フローに示す如くこのプロセスは、前処理、メタン醗酵、バイオガス利用、醗酵液処理、から構成されている。入荷したごみは、まず前処理により、ごみ中に混入している醗酵処理には適さない介在物(わりばし、プラスチック袋など)を除去し、有効物質をメタン醗酵に適したスラリー状に液化して本プロセスの中核である醗酵槽に送る。醗酵槽では約10日間の醗酵プロセスを経て有機物をバイオガス化させる。発生したバイオガスはマイクロガスタービン、ガスエンジン、燃料電池などによる発電に使用し余剰の熱も併せて回収する。前述のLFの場合では避けられない、ガス中への空気の混入によるガス発熱量の低下が防止される為、より効率の高い発電と余熱回収が計られる。この種類の設備については検証のための設置と運転が2001年から始められており、今後の発展が期待される。

3)植物性バイオ廃棄物焼却(発電)設備

植物性バイオ廃棄物を焼却する事によって得られる熱を発電、熱利用等に活用する方式は、世界各地で採用されている。本邦国内においては、製材、パルプ製造などの生産過程における残材、建築廃材等の木質燃料を利用する例が殆どであるが、海外では、北欧などで木質材の使用が多い他は、中南米、東南アジア地区で、籾殻、サトウキビ滓(バガス)、アブラヤシ殻等、農産物からの廃棄物を利用する例が多く、台湾、タイ、マレーシアなどの東南アジア地域のプラントでは本邦メーカーが設備供給を担当している例も多い。

可燃性廃棄物の焼却発電に使用される一般的再生資源とバイオマス資源の関係を概念的に図 3.2.2.2-4 として、海外におけるバイオマス焼却発電導入の事例を表 3.2.2.2-1 として、また、木質バイオマス燃料を使用したシステムのフロー例を図 3.2.2.2-5 として、次に示す。

図 3.2.2.2-4：一般的再生資源とバイオマス資源の関係



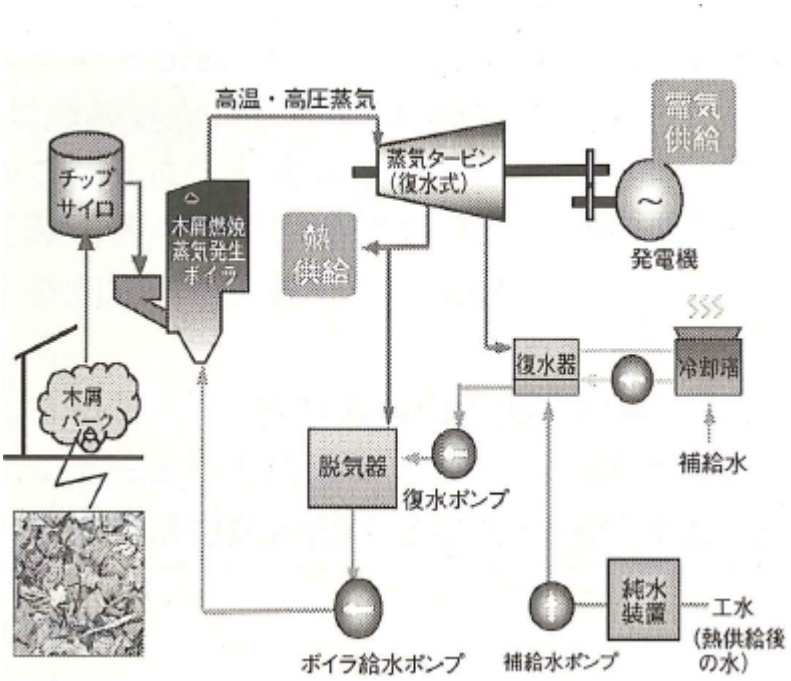
出所：火力原子力発電 第 154 巻 8 号

表 3.2.2.2-1：海外におけるバイオマス燃料導入の事例(ごく一部の例である)

項目	単位	フォルサン(フィンランド)	ロイエット(タイ)	ヤラ（タイ）
使用バイオマス	—	木屑・チップ	籾殻	ゴム木廃材
燃料発熱量	kcal/kg	1700	3000	2100
燃料含水率	%	65	12	45
灰分	%	2	13	5
燃焼炉形式	kcal/kg	流動床式	ストーカ式	ストーカ式
蒸発量	ton/h	82	55	90
蒸気温度	℃	510	405	450
蒸気圧力	bar	62	41	61
タービン形式	—	背圧式	復水式	復水式
タービン回転数	rpm	7500	5800	6300
復水器	m^2	なし	999	1327
熱出力	MWth	48MWth	なし	なし
発電機容量	—	＊＊	11700KVA	26600KVA
プラント電気出力	MW	17.2	10	23
力率		0.85	0.85	0.85
プラント効率	%	90（電気＋熱）	21（発電）	26（電気）

出所：火力原子力発電 第 154 巻 8 号

図 3.2.2.2-5：木質バイオマス燃料を使用したシステムの一例



出所：火力原子力発電 第 154 巻 8 号

木質燃料、サトウキビ滓等を使用する場合については対応の歴史も長く、適切な燃焼設備の構造設計技術は既に確立された観がある。一方、他の種の植物バイオマス燃料は、それぞれが、それぞれ固有の問題点をもっているため、その克服には、当該燃料独特の対応方針を心得た技術をもって当らねばならない。対応技術の内容については、あまりにも多岐に亘るので個々には触れないが、応用問題としての対応を要求される一例としてアブラヤシ殻燃焼の場合について、ごく簡単に紹介する。

4)アブラヤシ殻焚きボイラー設備

アブラヤシ殻とは東南アジアで主に栽培されるアブラヤシの種子から、油(パームオイル)を搾り取った後に残る種子殻を指し、その含有水分は約 70%と高く、硬い繊維質からなる大きな塊として排出される事に加え、燃焼灰中にはカリウムが 30%も含まれるためボイラーの伝熱面に極めて付着しやすい、と言った扱い難さがある。この種の燃料は従来、簡単な構造の焼却炉で人力を使って燃焼され、燃焼熱の回収も行わず単なる焼却処分に留まっていたケースも多く、排ガス中の多量に存在する煤塵処理のための集塵機さえ設備されない例も多く見られた。東南アジア地区でアブラヤシ栽培が最も盛んなのはマレーシアであるが、同国では 1993 年以降この種の簡易焼却処理を新設プラントに導入する事は禁止されアブラヤシ殻の大部分は堆肥化処理をされていた。しかしながら、アブラヤシ殻は堆肥原料としてもあまり上質とは言えず、エネルギー有効利用の観点から、高度な技術を駆使した燃焼設備、熱回収設備、燃焼

排ガス処理設備を適用して問題を解決しようとする要望が高くなった。この種の要望に応える燃焼炉の構造としては、従来技術ではストーカー方式の採用が普通であったが、上に述べたアブラヤシ殻の燃料としての取り扱いの難しさがストーカー方式燃焼炉の多くでトラブルを発生する原因となって、従来型のストーカー炉方式は必ずしもアブラヤシ殻に向いてはいないとする考え方が登場し流動床方式の採用が検討されている。

3.2.3　海水淡水化プラント

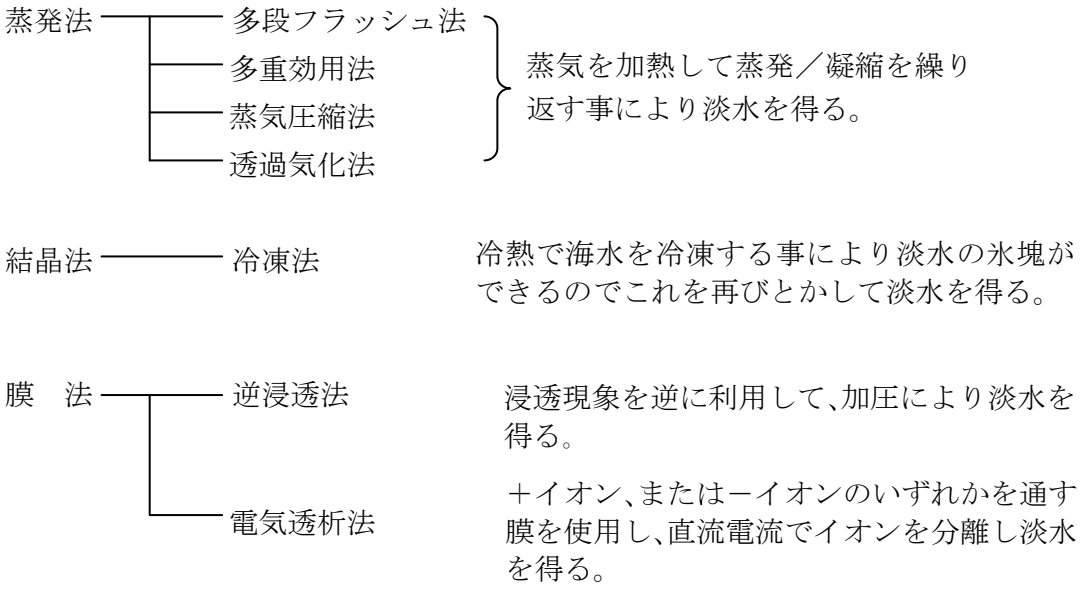
3.2.3.1　発電造水プラント

海水淡水化プラントと言うとまず頭に浮かぶのが発電造水プラントであろう。この種のプラントは、大型の設備としては、淡水の不足に悩む一方、その保有する豊富な化石エネルギーの利用を指向する中近東諸国で大量の需要があり、本邦企業の多くがその需要に応えて多数のプラントを輸出している。一方、近年になると、逆浸透膜利用の設備が登場し、高いエネルギー効率を武器に従来発電造水プラントの市場であった中近東諸国向けに至るまで多くの市場に浸透するに至った。ここでは、この事実を踏まえて下記の構成で解説を行う。

1)海水淡水化システムについて

海水淡水化の方式面からの分類例を図示すると下図 3.2.3.1-1、そして各方式の比較を表示すると次表 3.2.3.1-1 のようになる。

図 3.2.3.1-1：海水淡水化システムの方式



図に示した各種の淡水化方式は全て実用化されているが、これらの中で、現状、最もよく使われている方式は多段フラッシュ法及び逆浸透法(RO 法)であり、その多くは中近東地域で使用されている。中近東における海水淡水化は多段フラッシュ法で始まり、中近東諸国の豊富な化石燃料を燃焼させて発電を行い、発電プラントの廃熱を利用して海水を蒸発、淡水化する方式が一般的であったが、逆浸透膜技術が向上した現在、エネルギー消費率の低い逆浸透膜方式が主流になりつつある。

表 3.2.3.1-1：海水淡水化システムの各方式の比較

	製造水質(TDS)	主要エネルギー	エネルギー消費量 (電力換算)	海水量 (造水㎥当り)
多段フラッシュ法	20ppm 以下	蒸気＋(電気)	約 2kWh/㎥ (二重目的 11kWh/㎥)	6~8 ㎥/㎥
多重効用法	20ppm 以下	同上	約 23kWh/㎥ (廃熱利用 2kWh/㎥)	4.2 ㎥/㎥
蒸気圧縮法	20ppm 以下	同上	約 18kWh/㎥	4~5 ㎥/㎥
冷　凍　法	100~500ppm	冷熱＋(電気)	約 14kWh/㎥(LNG 冷熱利用 3kWh/㎥)	
逆浸透法	400ppm 以下	電気	約 7kWh/㎥	2.5 ㎥/㎥
電気透析法	1000ppm 以下	電気	約 18kWh/㎥	2.5 ㎥/㎥

2)発電造水プラント

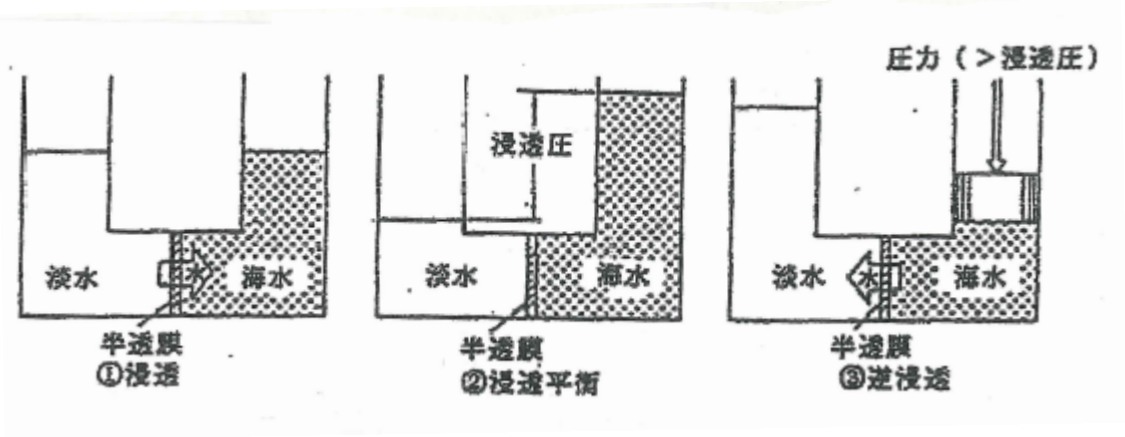
多段フラッシュ発電造水プラントに使用される蒸発法は、エネルギー消費率は逆浸透膜方式に比して高いが良質の淡水が容易に得られ、プラント規模を大きくする事も容易である等の中近東地域に向いた性格が歓迎されてきた。多段フラッシュ法で利用されるフラッシュ現象とは、容器中にその容器の内部気圧よりも高い蒸気圧を持つ海水を注入すると、瞬間的に海水が蒸発を起こす現象の事であり、この現象を何段にも繰り返して海水から蒸発し、もはや塩分を含んでいない水蒸気を冷却、凝縮させて淡水を得るのが多段フラッシュ法である。具体的には、水蒸気を冷却、凝縮させる為の冷却水として蒸発器の中を通過させ、昇温させた海水をさらに蒸気を加温源とするヒーターで所定の温度まで加温し、エゼクターを使用して内部を減圧した蒸発器へ導き、蒸発器の内部で海水をフラッシュ蒸発させる、この時発生した水蒸気を冷却管表面で凝縮して淡水を得る事になる。この時に必要な加熱蒸気はそれほど高温、高圧である必要はなく、海水の温度をフラッシュ蒸発に必要なレベルまで加熱するだけで良いので、発電に使用した蒸気タービンの排気を利用する事でタービン駆動の為に発生させた蒸気のエネルギーを 2 重の目的で高効率に使用できる。この様な仕組みから、多段

フラッシュ発電造水プラントはそれなりにエネルギー効率も高く、中近東のごとく燃料単価が低い地域では有効な設備であったが、以下に解説する逆浸透法が更に高いエネルギー効率を示す事から、逆浸透膜設備の信頼性が高まるにつれて、多段フラッシュ発電造水方式は逆浸透方式にその地位を奪われつつある。すなわち海水淡水化設備のマーケットにおいて、2000 年までは設備容量評価で 50%以上を蒸発法が占めていたが 2005 年では逆浸透法がその地位を逆転して 65%を占めるに至り、2015 年には 70%を超えると想定される。

3)逆浸透(RO)方式造水プラント

逆浸透法は水の分子は通過させるものの、水に溶解している塩類は通し難い性質を有した半透膜を用いて海水中から塩類を含まない水だけを取り出そうとする方式である。半透膜の性能の限界から、高水質の淡水を得るのは困難であるが、得られる淡水量単位重量当りの消費エネルギーが蒸発法に比して大幅に少ない事と、充分実用に差し支えない品質の淡水を得る事が出来る事から、その評価は高くなってきている。下図 3.2.3.1-2 は逆浸透法の原理図である。

図 3.2.3.1-2：逆浸透法の原理



逆浸透による海水淡水化の原理を上図 3.2.3.1-2 により説明する。

(1)浸透

半透膜を境界にして、一方に淡水、他方に海水を入れると水は同じ塩分濃度になろうとして、淡水が半透膜を通過し海水の方へ流れる。

(2)浸透平衡

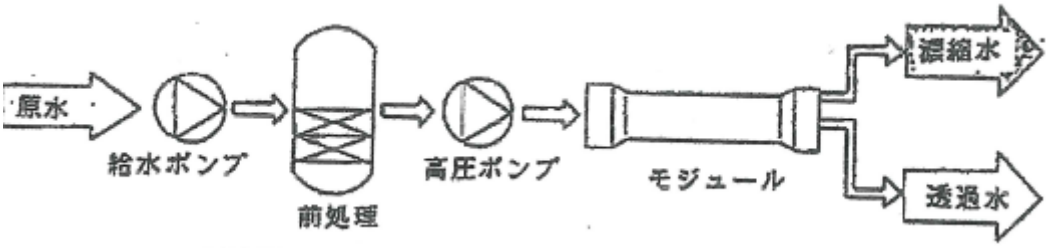
淡水が海水側に移動する事によって淡水側の水位が低下し海水側の水位が上昇する。この時、淡水側と海水側の水位に生ずる水頭差は、淡水の塩濃度をゼロとすれば、海水の塩濃度から一義的に決まり、塩分3.5%の標準海水では約25kg/cm2である。この圧力差を浸透圧と呼ぶ。

(3)逆浸透

この浸透平衡の状態で浸透圧以上の圧力を海水側にかけると、海水中の水が塩分を海水側に残し、淡水として半透膜を通過してもとの淡水側に戻って行く。この現象が逆浸透現象と呼ばれ、海水側に浸透圧以上の圧力を加えたままの状態で海水を補給し、淡水側から淡水をくみ出すと連続的に海水から淡水を得る事が出来る。この時、逆浸透システムで消費されるエネルギーは主として浸透圧に抗して海水側に海水を押し込むに要するポンプの駆動動力である。

この半透膜を組み込みコンパクトに装置化したセットを逆浸透モジュールと呼び、この半透膜を逆浸透膜と呼んでいる。海水淡水化に使用する逆浸透モジュールは通常、逆浸透幕を円筒状に巻いたスパイラル型と呼ばれる型、または逆浸透幕を中空糸型(ホローファイバー型)に成型して束ねた型が使用される。逆浸透法による海水淡水化設備のフロー概念図を下に図3.2.3.1-3として示す。

図3.2.3.1-3：逆浸透法海水淡水化システムフローの概念



4)多段フラッシュ方式と逆浸透方式の比較と納入実績

中近東地域に設備された海水淡水化装置の大部分は近年まで多段フラッシュであり、100 万 m3/d に近い容量を持つ設備も稼動している。近年逆浸透法による設備も大型化し、200 万 m3/d を超える設備が建設された。両者を比較する為に各種の海水淡水化装置の性能について、得られる水質と投入エネルギーの種類についての比較を次に表 3.2.3.1-1 として示す

表 3.2.3.1-1：各種海水淡水化システムの水質及び使用エネルギー一覧

	製造水質(TDS as ppm)	主要エネルギー
多段フラッシュ法	20ppm 以下	蒸気＋(電気)
多重効用法	20ppm 以下	蒸気＋(電気)
蒸気圧縮法	20ppm 以下	蒸気＋(電気)
冷　凍　法	100~500ppm	冷熱＋(電気)
逆浸透法	400ppm 以下	電気
電気透析法	1,000ppm 以下	電気

本邦メーカーのこの分野における技術力は、世界一流であり、多段フラッシュ方式であっても、逆浸透方式であっても充分競争に耐える実力があり、納入実績も多い。

4　本邦企業による省エネ・環境対策関連プラントの海外ビジネス動向

4.1　本邦企業による海外プラント・エンジニアリング成約動向と特徴

経済産業省による海外プラント･エンジニアリング成約実績に関するアンケート調査に基づき最近の本邦企業による成約動向をみると以下のとおりである。

4.1.1　2007 年度実績

2007 年度は総額 238.0 億ドルと過去最高であった 2005 年度(257.7 億ドル)に引き続き 200 億ドルを突破している。2007 年度は対前年 33%増となっているがその特徴としては世界各地で火力、風力、地熱など発電プラントが大幅増(2006 年度：55.5 億ドル → 2007 年度：109.1 億ドル)となったこと、成約額 10 億ドル以上の超大型案件が 5 件(前年度：1 件)登場したこと、世界的に成約が好調であったことが挙げられている。

(参考)2007 年度　超大型案件

－サウジアラビア・石油化学プラント

－オランダ・ガスタービン複合火力発電プラント

－サウジアラビア/クウェート・発電・造水プラント

－アルジェリア・LPG プラント

地域別では 2007 年度のシェア上位 3 地域はアジア(30.1%)、中東(27.6%)、北米(11.6%)と前年度と同様である。機種別にみると 2007 年度の成約額上位 3 機種は、発電プラント、化学プラント(44.5 億ドル)、エネルギープラント(25.3 億ドル)。業種別にみると 2007 年度の成約額上位 3 業種は、商社(103.4 億ドル)、メーカー(98.4 億ドル)、エンジニアリング専業(30.9 億ドル)で、前年度と比べ商社 (55.7 億ドル)、メーカー(65.7 億ドル)が大幅な増大となっている。成約額 1 億ドル以上の大型案件の件数は 50 件､成約額は 164.0 億ドルで成約実績全体に占めるシェアは件数で 4.3%、成約額で 68.9%となっている。成約要因としては技術力 75.8%、実績(リピートオーダー)65.3%、価格優位性 52.1%、納期 33.4%、プロジェクトマネジメント力 15.7%が上位となっている。資金調達としては、成約額 1 億ドル以上の大型案件では客先自己資金 44%、海外民間銀行 38%、出資先(親会社)18%が上位となっており、1 億ドル未満の中小案件では客先自己資金が 61.1%と最も高い。民活案件(BOT、 BOO、PFI など)の成約額は、49.1 億ドル、成約額全体の 20.6%となり、発電プラントが全体の８割超を占めている。

4.1.2　2008 年度上期実績

2009 年 1 月に公表された 2008 年度上期実績を見ると、総額は 104.2 億ドルと 3 半期連続で 100 億ドル超の水準であったが前年度同期比 16.6%減少であった。成約額上位 3 地域は、中東 43.7 億ドル、アジア 24.0 億ドル、アフリカ 9.9 億ドルとなっており、前年度同期と比べ、中東が増加、アジア、アフリカが減少を示している。国別の成約額上位 3 カ国は、クウェート、サウジアラビア、米国となっている。成約額上位 3 機種は、エネルギープラント 41.8 億ドル、発電プラント 36.9 億ドル、鉄鋼プラント 11.6 億ドルとなっており、前年度同期と比べ、超大型案件が 2 件あったエネルギープラントと鉄鋼プラントが増加、発電プラントが減少となっている。

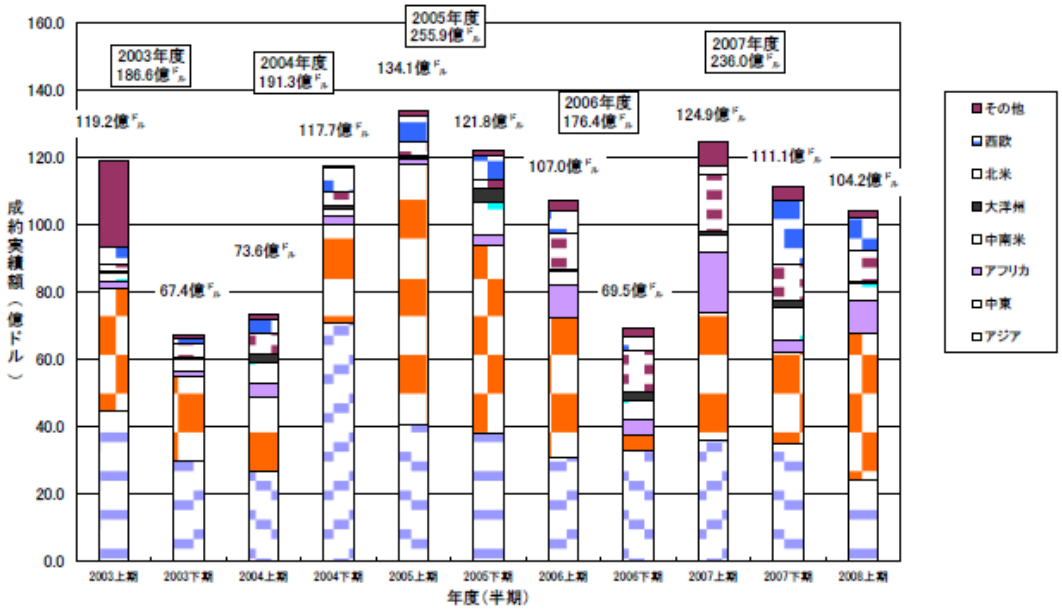
表 4.1.2-1：成約実績全体の推移

	件数（件）	成約額（億ドル）	対前年度（同期）比（%）	本邦輸出分（億ドル）	海外調達分（億ドル）	海外調達比率（%）
1998年度	575	100.7	▲ 14.9	64.0	36.7	36.5
1999年度	422	79.3	▲ 21.2	51.8	27.5	34.7
2000年度	483	152.6	92.4	96.3	56.3	36.9
2001年度	404	122.7	▲ 19.6	71.7	51.0	41.6
2002年度	616	137.6	12.1	69.7	67.9	49.4
2003年度	690	186.6	35.7	101.2	85.5	45.8
2004年度	712	191.3	2.5	103.8	87.5	45.7
2005年度	681	255.9	33.8	125.3	130.6	51.0
2006年度	786	176.4	▲ 31.1	124.2	52.2	29.6
2007年度	873	236.0	33.7	143.7	92.3	39.1
2007年度上期	418	124.9	16.7	67.4	57.5	46.0
2008年度上期	399	104.2	▲ 16.6	61.1	43.1	41.3

（注1）1998～2007年度の数値については、2008年度上期調査で実施された調査対象金額の変更に合わせて成約額100万ドル以上の案件を対象に再集計を行っている。従って、本表の数値と過去の報告書の掲載結果とは一致しない。
（注2）成約額、本邦輸出分、海外調達分との関係は次の通りである。
成約額 = 本邦輸出額 + 海外調達額
（注3）四捨五入の関係で合計が合わない箇所がある。

出所：経済産業省「News Release」（平成 21 年 1 月 15 日）
2008 年度上期 海外プラント・エンジニアリング成約実績について

表 4.1.2-2：地域別実績の推移



出所：経済産業省「News Release」（平成 21 年 1 月 15 日）
2008 年度上期 海外プラント・エンジニアリング成約実績について

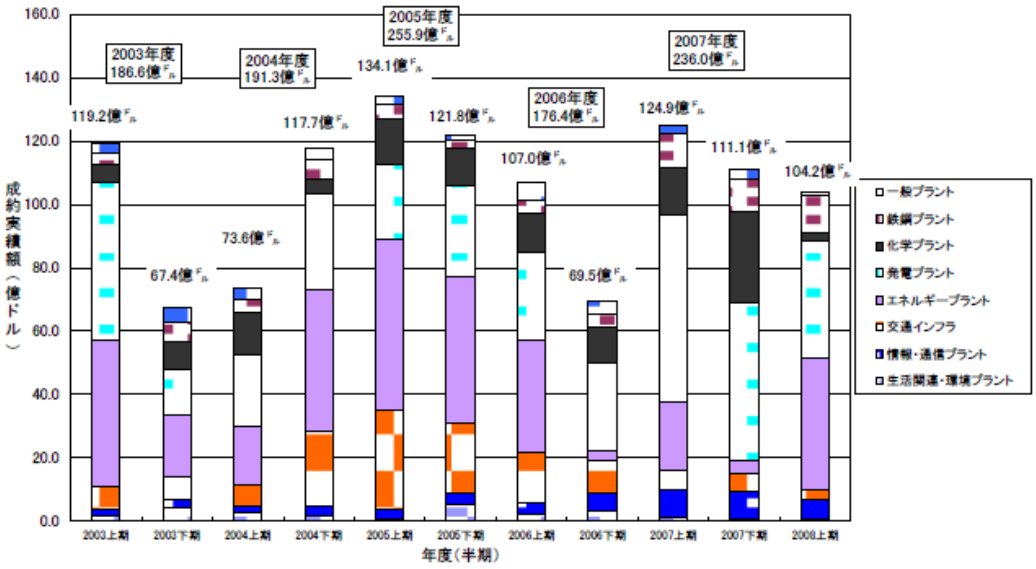
表 4.1.2-3：国別実績（上位 10 ヶ国）の推移

	2006年度		2007年度		2007年度上期		2008年度上期	
	国名	成約額（億ドル）	国名	成約額（億ドル）	国名	成約額（億ドル）	国名	成約額（億ドル）
1	カタール	29.1	サウジアラビア	35.1	米国	16.8	クウェート	20.3
2	米国	18.4	米国	27.4	サウジアラビア	15.9	サウジアラビア	17.1
3	中国	12.4	インド	16.0	クウェート	12.9	米国	9.6
4	タイ	10.8	オランダ	15.9	アルジェリア	11.2	中国	8.2
5	アラブ首長国連邦	9.5	クウェート	12.9	シンガポール	8.5	カタール	4.9
6	インド	7.8	アルジェリア	11.5	インド	6.9	アルジェリア	4.8
7	台湾	6.9	韓国	10.9	エジプト	5.7	ブラジル	4.5
8	スペイン	6.0	中国	10.5	バーレーン	4.7	エジプト	4.3
9	アルジェリア	5.4	アラブ首長国連邦	9.2	ポーランド	4.3	スペイン	4.3
10	韓国	5.3	シンガポール	8.7	韓国	4.3	シンガポール	3.3
－	シェア 63.3%	111.6	シェア 67.0%	158.1	シェア 73.0%	91.1	シェア 78.1%	81.4

（注1）表中の「シェア」とは、当該年度の成約額全体に占める上位 10 ヶ国の成約額合計の比率を示す。

出所：経済産業省「News Release」（平成 21 年 1 月 15 日）
2008 年度上期 海外プラント・エンジニアリング成約実績について

表 4.1.2-4：機種別実績の推移



出所：経済産業省「News Release」（平成 21 年 1 月 15 日）
2008 年度上期 海外プラント・エンジニアリング成約実績について

4.1.3 省エネルギー及び環境関連プラントの成約実績

今回の調査対象となっている省エネ及び環境対策関連プラントについては METI の成約実績統計上、そのまま合致する分類項目はないが 2008 年 5 月、日本機械輸出組合による報告（「プラント・エンジニアリング輸出をとりまく競争環境の現状と今後の見通しに関する調査報告書」）では成約実績統計のデータ（1997～2006 年度）再集計のうえ、石油・ガス、電力、交通インフラ、環境関連の 4 分野とした成約額の分析を行っている。同報告による分析の概要は以下のとおりである。なお、再集計の前提となっているプラント機種の対応関係は下図となっている。

図 4.1.3-1：分析対象分野と「海外プラント・エンジニアリング成約実績」
における機種分類との関係

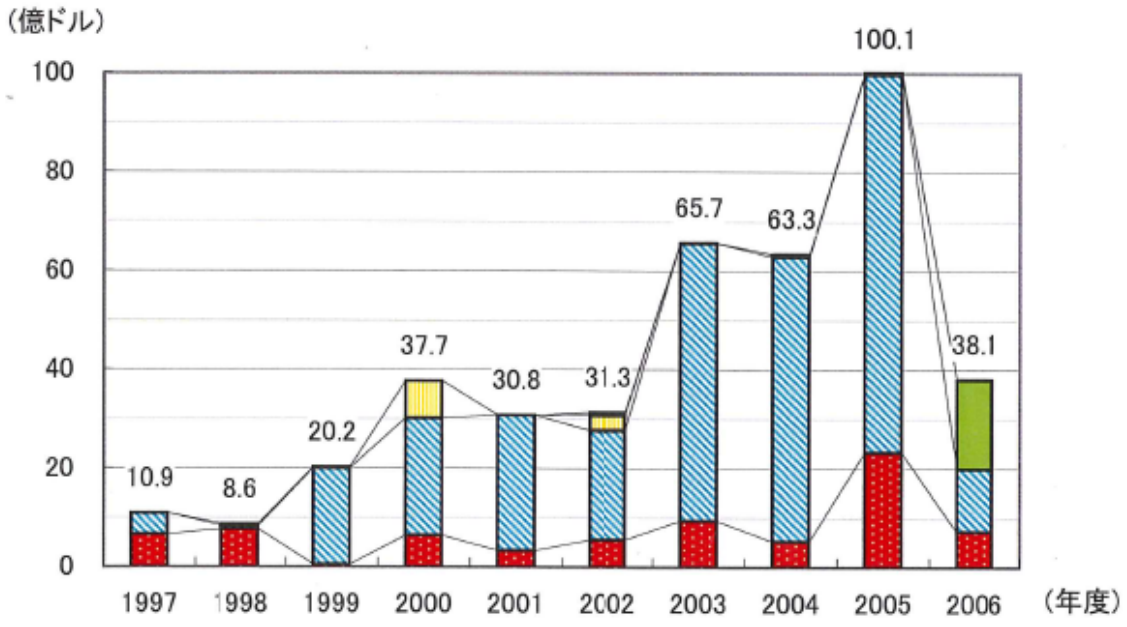
分析対象分野	成約実績での分類		例
	大分類	小分類	
石油・ガス	エネルギープラント	石油精製施設・設備	原油パイプライン、石油タンク、コークドラム
		天然ガス精製・液化施設・設備	ガスパイプライン、LPG・LNG受入基地、
		次世代エネルギー関連施設・設備	DME、GTL、メタンハイドレート
		資源開発関連施設・設備	石油ガス掘削、鉱山掘削設備、FPSO
		その他	
	化学プラント	石油化学関連	エチレンプラント、ポリプロピレン
		化学肥料施設・設備	肥料用硫酸、アンモニア尿素プラント
		化学薬品施設・設備	農薬プラント
		化学繊維施設・設備	ポリエステル、アクリル繊維製造プラント
		その他	フィルム、タイヤ製造プラント、ろ過機、メタノール
電力	発電プラント	水力発電施設・設備	ダム、蒸気タービン
		火力発電施設・設備	コンバインドサイクル、ガスタービン
		地熱発電施設・設備	
		送・配電施設・設備	
		変電施設・設備	
		原子力発電施設・設備	
		その他	風力発電施設・設備
交通インフラ	交通インフラ	鉄道関連施設・設備	鉄道電化、都市交通プロジェクト、モノレールシステム
		鉄道車両	電車、機関車、モノレール用車輛
		土木関連施設・設備	港湾設備、道路、空港設備、橋梁（鉄骨橋梁以外の橋梁）、
		船舶	客船、貨物船、バラ積船
		その他	
環境	生活関連・環境プラント	海水淡水化施設・設備	造水プラント
		環境施設・設備	焼却施設、上下水道、脱硫装置

出所：「プラント・エンジニアリング輸出をとりまく競争環境の現状と今後の見通しに関する調査報告書」平成 20 年 5 月　日本機械輸出組合

4.1.3.1　エネルギープラント成約実績における機種別動向

1999～2005 年度に数 10 億ドル超となった天然ガス精製・液化施設がエネルギープラント全体の約４分の３を占めている。

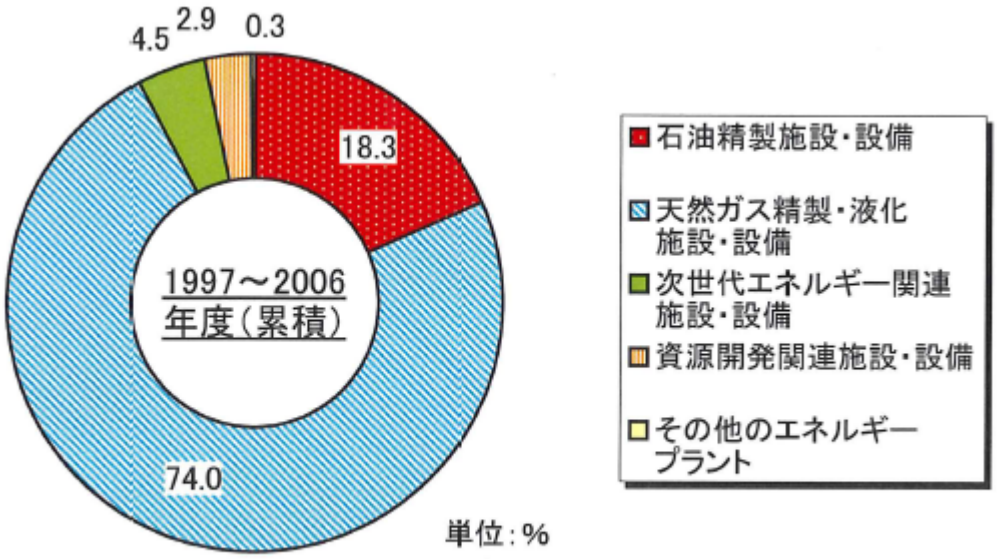
図 4.1.3.1-1：我が国のエネルギープラント成約実績における機種別内訳



(出典)経済産業省『海外プラント・エンジニアリング成約実績』のデータをもとに作成。
(注)凡例は下図を参照のこと。

出所：「プラント・エンジニアリング輸出をとりまく競争環境の現状と今後の見通しに関する調査報告書」平成 20 年 5 月　日本機械輸出組合

図 4.1.3.1-2：我が国のエネルギープラント成約実績における機種別内訳
－直近 10 年の累積成約額ベース－



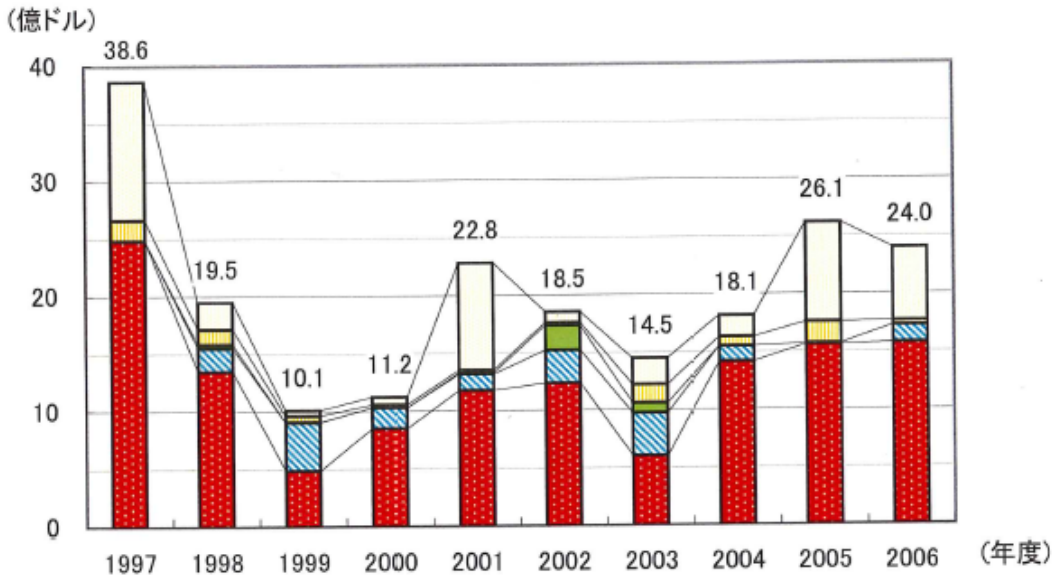
（出典）経済産業省『海外プラント・エンジニアリング成約実績』のデータをもとに作成。

出所：「プラント・エンジニアリング輸出をとりまく競争環境の現状と今後の見通しに関する調査報告書」平成 20 年 5 月　日本機械輸出組合

4.1.3.2　化学プラント成約実績における機種別動向

1997～2006 年度、石油化学関連設備は化学プラント全体の６割超を占める。アンモニア・尿素プラント等が含まれる化学肥料施設・設備は約１割を占める。

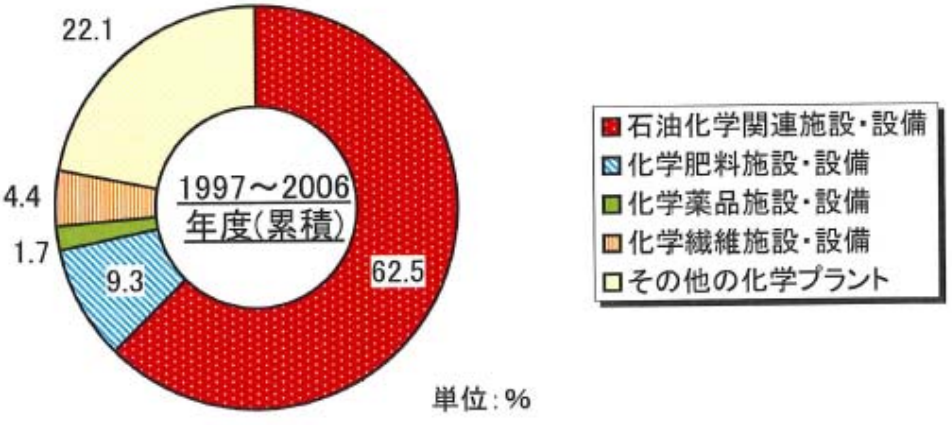
図 4.1.3.2-1：我が国の化学プラント成約実績における機種別内訳



(出典)経済産業省『海外プラント・エンジニアリング成約実績』のデータをもとに作成。
(注)凡例は下図を参照のこと。

出所：「プラント・エンジニアリング輸出をとりまく競争環境の現状と今後の見通しに関する調査報告書」平成 20 年 5 月　日本機械輸出組合

図 4.1.3.2-2：我が国の化学プラント成約実績における機種別内訳
－直近 10 年の累積成約額ベース－



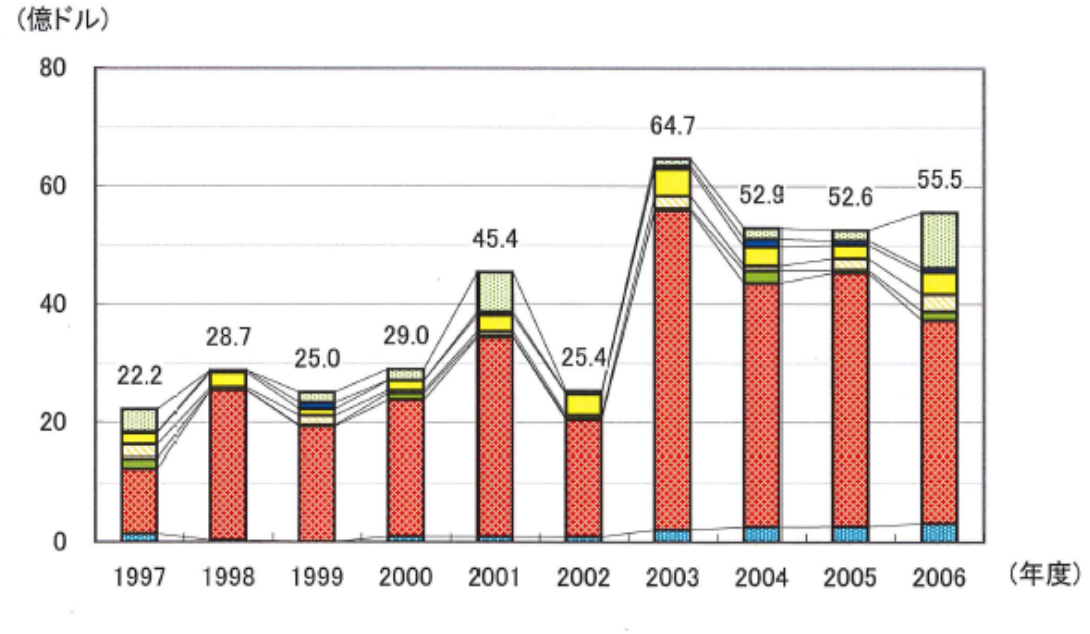
(出典)経済産業省『海外プラント・エンジニアリング成約実績』のデータをもとに作成。

出所：「プラント・エンジニアリング輸出をとりまく競争環境の現状と今後の見通しに関する調査報告書」平成 20 年 5 月　日本機械輸出組合

4.1.3.3　電力プラント成約実績における機種別動向

1997～2006 年度、火力発電施設・設備が成約実績全体の約４分の３を占める。

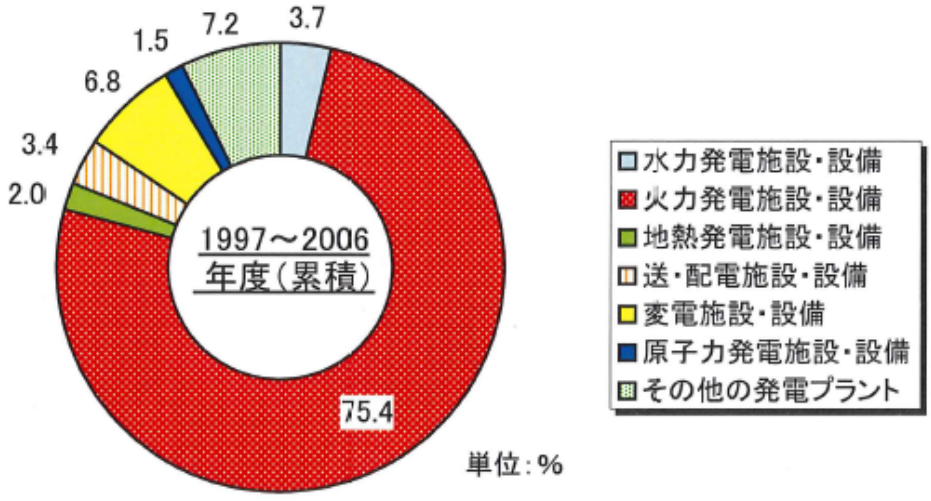
図 4.1.3.3-1：我が国の電力プラント成約実績における機種別内訳



(出典)経済産業省『海外プラント・エンジニアリング成約実績』の発電プラントのデータをもとに作成。
(注)凡例は下図を参照のこと。

出所：「プラント・エンジニアリング輸出をとりまく競争環境の現状と今後の見通しに関する調査報告書」平成 20 年 5 月　日本機械輸出組合

図 4.1.3.3-2：我が国の電力プラント成約実績における機種別内訳
－直近 10 年の累積成約額ベース－



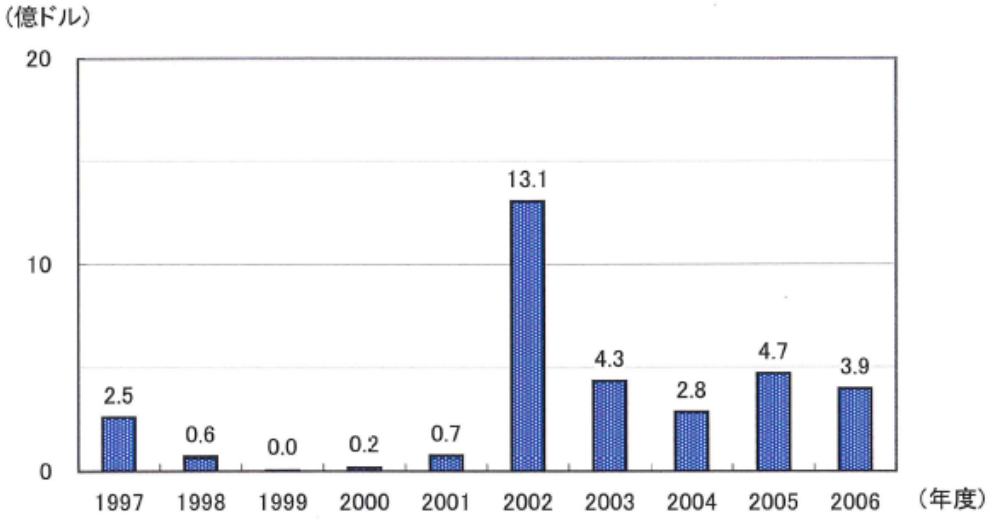
(出典)経済産業省『海外プラント・エンジニアリング成約実績』の発電プラントのデータをもとに作成。

出所：「プラント・エンジニアリング輸出をとりまく競争環境の現状と今後の見通しに関する調査報告書」平成 20 年 5 月　日本機械輸出組合

4.1.3.4　環境関連プラント成約実績における機種別動向

時期によるばらつきがあるものの、2002 年度を除くと、数千万ドル～５億ドルで推移。地域別では中東４割、アジア約３割となっている。

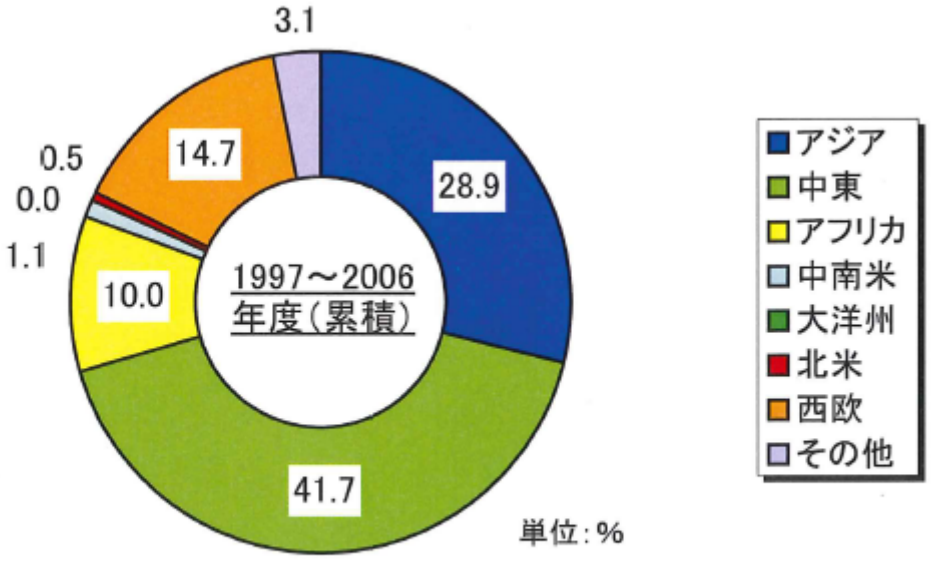
図 4.1.3.4-1：我が国の環境関連プラント成約実績における機種別内訳



(注)数値は成約額(契約発効した案件の契約金額)ベース。「0.0」は計数単位未満を表す。
(出典)経済産業省『海外プラント・エンジニアリング成約実績』のデータをもとに作成。

出所：「プラント・エンジニアリング輸出をとりまく競争環境の現状と今後の見通しに関する調査報告書」平成 20 年 5 月　日本機械輸出組合

図 4.1.3.4-2：我が国の環境関連プラント成約実績における機種別内訳
－直近 10 年の累積成約額ベース－



(出典)経済産業省『海外プラント・エンジニアリング成約実績』のデータをもとに作成。

出所：「プラント・エンジニアリング輸出をとりまく競争環境の現状と今後の見通しに関する調査報告書」平成 20 年 5 月　日本機械輸出組合

4.2　環境・省エネ関連プラントの成約事例にみる特徴

4.2.1　省エネプラント

4.2.1.1　発電：スペイン・三菱重工業ガスタービンコンバインドサイクル(GTCC)

三菱重工業は火力発電プラントの海外ビジネスにおいて 1960 年代からの技術導入・技術開発の長い歴史に裏付けられた商品として世界最大級の出力・効率を誇るG形ガスタービンを投入し、全世界で大型受注を達成している。GTCC 発電設備は、ガスタービンにより発電を行い、その排熱を利用して蒸気タービンでも発電する方式であり、エネルギーの有効利用と CO2 排出削減を可能とするもので省エネ及び環境対策投資としてきわめて有効な手段となっている。本件は2006年9月、三菱重工業(以下、MHI)がベルギーの大手電力会社エレクトラベル社(Electrabel S.A.)のスペインにおけるプロジェクト子会社による首都マドリッド近郊での新設発電所向けに総出力135万 kW の天然ガス焚きガスタービンコンバインドサイクル(GTCC)を受注したものである。本 GTCC はG形ガスタービンの１シリーズ(50 ヘルツ仕様で開発された M701G 形)が海外で初受注に結びついたもので MHI の技術力とスペイン市場における製作実績が高く評価されている。本契約は機器供給に加え、長期メインテナンスがあり、MHI はガスタービン及び蒸気タービンの製作、大物補機の調達ならびにメインテナンス、発電機は三菱電機が製作、据付・土建工事・プラント補機調達は地場エンジニアリング会社 INITEC が担当している。

GTCC が MHI の戦略投資事業である原動機部門を代表する商品に育ってきた背景に以下のとおり同社独自の技術開発に向けた長きにわたるプロセスがあったことが重要である。

1963 年	米国 Westinghouse 社との技術提携によるガスタービン生産開始 当初はライセンス機種を製造
1976 年	共同開発機種の誕生
1984 年	東北電力に納入された機種(燃焼機は MHI 独自開発)が当時で世界最大の発電容量記録と世界最高の発電効率の記録を達成
1985 年	世界初のタービン入口温度 1,250℃機種を開発 高効率ガスタービンの開発を目的とする国家プロジェクト(ムーンライト計画 1978～88)の成果を一部活用
1991 年	Westinghouse 社との技術提携を解消
1997 年	世界で初の 1,500℃級の高温ガスを動力とするガスタービン(G形)の

開発に成功

2008年11月末時点で内外の火力発電所におけるガスタービン稼動数は528台に達している。主要な納入先は日本国内(161 台)、アジア(145 台；中国 24, インドネシア 23, 台湾 22, タイ 22, 印度 10, ベトナム 3 ほか)、中近東・アフリカ(91 台)である。MHI はG形に続くより高い機種として目下、1,700℃級を開発すべく R&D 推進中である。

4.2.1.2 石油・天然ガス：ベトナム・日揮ズンカット石油精製

ベトナムは軽質・低メタル・低硫黄分の国産原油があるものの石油精製設備を持っていないことから自国原油は輸出に回し、石油製品を輸入に依存している。本件はベトナム政府主導の下、同国初の大型製油所として1997年に計画されたもの。当初は、ロシアの協力により推進が予定されていたが同国が手を引く結果となり 2000 年末に引き合いがあり再出発となった。本件に対しわが国からは日揮が Technip(仏)、Tecnicas Reunidas(西)と JV を組成、翌年、プロポーザルを提出、受注候補に内定した。しかしながら、ベトナムのモータリゼーション進展に対応した高品質製品へのニーズによるプラント構成の変更に加え、価格交渉の長期化などの事情が重なり 2005 年、ようやく以下のとおり受注にこぎつけたもの。

受注にあたっては丸紅ほか日本商社連合の協力をえており、また、プロジェクト実施には東洋エンジニアリングがパートナーとして参画している。

1. 顧客名：Vietnam Oil and Gas Corporation(ペトロベトナム社)
2. 建設地：首都ハノイの南東約 850Km に位置する Quang Ngai 県 Dung Quat 地区
3. 契約内容：148,000BPD の新設製油所(Dung Quat Refinery)の設計・機材調達・建設工事
4. 契約形式：ランプサム契約
5. 受注金額：約 1,600 億円(うち当社分は約 580 億円)
6. 完成予定：2009 年 2 月
7. プロジェクトの概要：新設される Dung Quat 製油所は、処理能力 148,000 バーレルの常圧蒸留装置(CDU)、ナフサ水素化脱硫装置/連続再生式接触改質装置(NHT/CCR)、異性化装置(ISOMER)、残油接触流動分解装置(RFCC)、LCO 水素化精製装置(LCO HTR)、および硫黄回収装置(SRU)などから構成されます。

（出所：JGC ニュースリリース 2005/05/24）

1. 顧客名：ペトロベトナム社
2. 建設地：首都ハノイの南東約 850km に位置するクワンガイ県ズンクワット地区
3. 契約内容:ズンクワット製油所の原油タンク設備(65,000m³×6 基)、製品タンク設備(27 基)、パイプライン(約 8km)、出荷設備等の設計・機材調達・建設工事
4. 契約形式：ランプサム契約(追加契約)
5. 受注金額：約 460 億円(うち当社分は約 180 億円)
6. 完成予定：2008 年 12 月
7. その他：当社ジョイントベンチャーは、本年 5 月にペトロベトナム社向けズンクワット製油所の新設プロジェクト(処理能力日量 148,000 バーレルの常圧蒸留装置(CDU)、ナフサ水素化脱硫装置/連続再生式接触改質装置(NHT/CCR)、残油接触流動分解装置(RFCC)などで構成)を既に受注しており、今般の原油タンク設備をはじめとする付帯設備の受注により、同製油所に関する全て設備の EPC 役務を遂行することになります。

（出所：JGC ニュースリリース 2005/09/12）

本プロジェクト所要資金にかかる資金調達は政府の自己資金および地場銀行からの借入、また、日本からの機器調達については、J/V パートナー各社がエリア別にプロジェクトを分担しているなかで日揮の担当エリアにおける主な日本からの調達機器は、次の通り。

・RFCC 装置のリアクター・リジェネレーター ⇒ 日立造船
・ウェストガスコンプレッサー／エアコンプレッサー／プロピレンベーパーコンプレッサー ⇒ 荏原製作所
・スラリーポンプ ⇒ 新潟ウオシントン
・リフラクトリー ⇒ 日本プライブリコ

日揮は石油精製プロジェクトについては中東地域で 48 件の新設案件の実績を上げるなど、石油精製に関する豊富な知見による技術提案を競争力としている。本件についても製油所の中心設備となる RFCC 装置(重質残油を分解しガソリンなど高付加価値製品を製造)の設計と建設において同社の技術力が発揮されている。

現時点(2009 年 2 月初)の見通しとしては 2009 年 11 月に客先に引渡し、O&M については客先として別発注を予定、オペレーションは出光がサポート、メインテナスは第

１段階(稼動前準備)につき入札中であり日揮はこれに参加している。

客先は同国内のガソリン需要の急増に対応すべく本プロジェクトに加え、第２製油所(ギソン)、第３製油所(ロンソン)の建設稼動を計画している。

第２製油所(ハノイ南西 200km のギソンに立地予定、処理能力日量 140,000 バーレルで 2015 年完成予定)は事業主体としてペトロベトナム(PVN)(25.1%)、クウェート国際石油 KPI(35.1%)、出光(35.1%)、三井化学(4.7%)からなる国際コンソーシアムが組成されており 2009 年 1 月完了予定で Foster Wheeler(米)が FEED を実施中である。南部に立地予定の第３製油所(第２製油所と同等の処理能力、2020 年以降完成予定)は事業主体としてベネズエラ石油公社(PDVSA)：60%、PVN：29%、残りの 11%は未定(馬ペトロナス、三菱商事が関心)が見込まれておりアクセンス(仏)が F/S 作成中である。

4.2.1.3　鉄鋼：中国/韓国・三菱重工業製鉄高炉ガス焚きGTCC

鉄鋼プラントにおける高炉ガスは天然ガスに比べ熱量が低く、ガスタービンの安定運転には高度な燃焼技術が必要である。MHI は 2008 年 6 月、中国と韓国から高炉ガス焚きガスタービンコンバインドサイクル(GTCC)を相次いで受注している。

中国については、鉄鋼大手グループである首都鋼鉄グループが北京オリンピック開催に向けた環境対策として北京で操業していた老朽化した高炉を閉鎖し、河北省遷安市に新設で大型高炉(遷安鋼鉄所：北京の東方約 150km)を建設中であるのに対し、本 GTCC 導入によって高炉から副生物として排出されるガスを活用、製鉄所内で必要な電力の一部を賄うものである。出力 15 万 kW で MHI はガスタービン、蒸気タービンの設計・製作、発電機は三菱電機が供給する。2009 年 5 月納入となっている。

韓国については以下の契約となっている。

１．顧客		POSCO Power(韓国最大の製鉄会社 POSCO の IPP)
発注元		POSCO Engineering & Construction Co., Ltd. (韓国有数のゼネコン、本件 EPC コントラクター)
２．建設地		POSCO 光陽製鉄所(光陽市)
３．契約内容		GTCC 設備(出力 28.4 万 kW)の設計及び製作
		MHI：ガスタービン、蒸気タービン
		三菱電機：発電機
４．納期		2009/2010

本件、いずれもエネルギー有効利用と環境負荷の低減に貢献するもので、MHI は中国向けで累計 10 台目の受注、韓国向けは 2005 年の POSCO 浦項製鉄所(浦項市)に次い

で２件目の受注となっている。

4.2.1.4　化学：インドネシア・東洋エンジニアリング肥料プラント

東洋エンジニアリングはインドネシアの肥料会社PT. Pupuk Kujang(クジャン肥料会社、国営の PT. Pupuk Sriwidjaja の 100％子会社)の西ジャワ州チカンペック(Cikampek, West Java)におけるプラント 拡張プロジェクトに対し1997年入札、2001年 、アンモニア(1,000ton/day)及び尿素肥料(1,725ton/day)製造設備一式を EPC 成約している。成約にあたっては当時、アジア通貨危機後の金融機関による貸し渋りが進行している中でJBICのB/C融資とNEXI保険引受の適用による公的ファイナンス支援が寄与している。

東洋エンジニアリング(以下、TEC)は1961年の創業以来、尿素技術のリーダーとして世界の尿素製造設備のほぼ3分の1に当たる約100基の尿素プラントの設計、建設、運転を行った実績を誇る。技術的には尿素プラントは省エネルギーの歴史とも言いうるものであり、本件はTECが自社開発した省エネ型尿素技術ACES21(Advanced process for Cost and Energy Saving)をグラスルーツで海外受注に結びつけた最初のプロジェクトである。このプロセスは1970年代当時のプロセスが尿素１トンを生産するのにスチーム 0.93 トンと電力 140kW を必要としていたのに対し、スチーム 0.43 トンと電力 118kWh のレベルに引き下げており大幅な省エネルギーと CO2 削減を実現している。本プロジェクトは2006年完工に至っているがACES21プロセスは本件以後、中国、トリニダードトバゴ、ベネズエラの尿素プラントに採用されている。

4.2.1.5　セメント：ベトナム・太平洋セメント合弁事業

ベトナムの経済発展に伴う旺盛なセメント需要の増大を見込んで国営セメント公社と合弁による製造販売事業を展開。95 年の合弁契約締結に始まり、現在、増設プラントの建設が進行中である。

第１生産ラインと合わせた本事業は引き続きベトナムにおける日本からの最大投資事業となり、増設完成後は同国における最大のセメント製造会社となる見通しである。

１．ギソン・セメント社の概要

・社名：Nghi Son Cement Corporation
・本社／工 場：ベトナム社会主義共和国タインホア省ギソン地区
・資本金：1億810万米ドル(約130 億円；US$1＝120円)
・総投資額：3億7,300万米ドル(うち第２生産ライン予定240百万米ドル)

・出資比率：ベトナムセメント公社(VNCC)35%、エヌエムセメント(日本側投資会社)65%〔内太平洋セメント 70%、三菱マテリアル 30%〕
・代表者：社長　森 紀雄
・従業員数：約 450 名
・セメント生産能力：215 万トン／年
・セメントターミナル：ホーチミン市、1 万７千トンサイロ×２ 基
・支店 ハノイ市、ホーチミン市

２．設備投資概要
・第二生産ライン　セメント生産能力 220 万トン／年(第一生産ラインに並列して増設)
・石灰石鉱山拡張 新鉱床開発
・セメントタンカー　１万５千トンセメント専用船新造
・中部セメントターミナル
・カインホア省ニャチャン市近郊　１万５千トンサイロ×1 基

３．経緯
95.1　合弁契約調印
96.4　敷地造成
98.2　プラント工事着工
00.4　プラント火入れ
.7　営業運転
05.5　第２生産ラインの増設(220 万トン/年)決定
09.秋 増設ラインの営業運転

４．本件の特徴
・ファイナンス及び付帯条件
IFC PF
JBIC 投資金融(親会社保証)
６号直貸(政府 comfort letter)
融資にあたっては世銀及び JBIC が採用している国際金融機関として最高レベルの環境基準の充足が前提となっている。増設にかかるファイナンス組成はホスト国政府の承認プロセスを勘案、第１生産ラインと同様の構成としている。
・セメントプラント EPC コントラクター
第１生産ラインは本邦企業(三菱重工業)、増設ラインは第３国企業(中国・建築材料集団公司 CNBM)。

4.2.1.6　LNG：インドネシア・日揮タングーLNGプラント建設

日揮は 2005 年 3 月、インドネシアのパプア州に所在するタングーガス田からのガスを利用した LNG プラントの建設にかかる EPC を受注した。本プロジェクトは年産 760 万トンの LNG を中国、韓国、米国等に供給するもので、事業内容は以下のとおりである。

1	契約先	BP ベラウ社(BP インドネシア法人/BP Berau, Ltd.)
2	事業者出資構成	BP：37.16%、中国海洋石油総公司(CNOOC)：16.96%、MI ベラウ B.V.(三菱商事、国際石油開発)：16.3%、日石ベラウ石油開発(新日本石油開発、石油公団)：12.33%、ケージーベラウ/ケージーウィリアガール社(兼松、海外石油開発、石油公団)：10%、エルエヌジージャパン(双日、住友商事)：7.35%
3	建設場所	パプア州ビンツニ地区(首都ジャカルタの東約 3,200km)
4	契約内容	年産 760 万トン(380×2 系列)LNG プラント、Utility、オフサイト、インフラなどの EPC 及び試運転役務
5	契約形式	ランプサム契約
6	受注金額	約 2,000 億円(内日揮分約 1,000 億円)
7	納期	2008 年後半(注：2009 年 1 月プラントのスタートアップ 、3 月生産開始予定)

日揮は本件受注にあたり米国 KBR 社、日揮インドネシア法人ベルタフェニッキエンジニアリング社とコンソーシアムを組成しており、コンソーシアムとして①経済性を徹底した最適設計の実現、②事業者の中心である BP のプロジェクト方針である環境に最大限の配慮をしたプロジェクト計画の策定、③遠隔地のプロジェクトを遂行しうるプロジェクトマネジメント、からなる総合力が顧客の高く評価するところとなり、2003 年 4 月に受注内定、その後の契約交渉を経て正式受注に至ったものである。
日揮は本件受注時点で世界の LNG 生産量の 40%以上を占める LNG プロジェクトを遂行しており、また、本件が BP の LNG ビジネスの世界戦略を担う位置づけを与えられていることから、世界の LNG ビジネスをリードする立場にあることをうかがわせたものである。

4.2.2　環境対策プラント

4.2.2.1　排煙脱硫装置：ベトナム/インドネシア・IHI排煙脱硫装置

IHI は中国において 2000 年 4 月、上海電気ほかとの合弁会社(上海電気石川島電站環保工程有限公司)を設立、同社を通じて昨年、中国政府の元借款を利用、ベトナム及びインドネシアにおいて排煙脱硫装置の受注に成功している。中国の子会社には IHI として当初 49%出資していたが現在は 25%と比率を下げている。事業内容は排煙脱硫/脱硝装置の設計、製作、販売及びサービスであり、受注実績は中国国内業界において脱硫装置で 7～8 位、脱硝装置で首位となっている。

IHI は中国環境ビジネスへの取り組み対象として石炭火力発電所における排煙脱硫装置の投資需要が大気汚染規制の強化(2004 年、大気汚染立法の改正)とともに拡大すると見込み、2005 年 5 月には以下のとおり基本設計を受注している。

１．顧　　客：山西魯晋王曲発電有限公司(山西省)
２．契約内容：超臨界圧石炭火力発電所(出力 60 万 kW×２基)用排煙脱硫装置２基の基本設計及び据付/試運転の技術支援
３．設計受注：東工国際貿易有限公司(天津市)が一括受注

IHI としてはこの時点で中国における排煙脱硫装置の価格競争が激しくなっており、EPC 受注競争がいよいよ熾烈なものになってくることが必至とみており、ビジネス展開として基本設計受注という新たなモデルを構築し、ソフトで戦うエンジニアリング部隊への脱皮を狙ったものである。中国市場については地域単位に有力な地場企業とのライセンス契約を締結、指導員派遣を含む技術指導を行うとともに当該ライセンシーを通じて受注に努め、受注に至った場合、本邦企業は基本設計をメインとし、顧客による稼動まで協力をしていくのが実態となっている。

排煙脱硫装置については対象国における環境規制の進捗にともない、確実に新規投資需要が発生してくる。IHI も中国でのビジネス展開とほぼ同時期に東欧諸国における EU 加盟を見越した脱硫装置の新設への動意を受注活動につなげている。

2004 年 10 月、IHI はブルガリアにおいて国営電力会社の既設石炭火力発電所について概要以下のとおり土木工事込みの FTK(フルターンキー)で契約している。

１．顧　　客：Maritsa East　II 火力発電会社
　　(ブルガリア中部スタラ・ザゴラ市の南東約 60km)
２．受　注　者：共同受注(IHI/三井物産/東芝)
３．契 約 内 容：石炭火力発電所の改修工事
　　(既設発電設備６基の蒸気タービンと発電機のリハビリ)
　　(改修後出力 17 万 kW×４基)

排煙脱硫装置の新設

４．ファイナンス：JBIC B/C　251 億円限度(ブルガリア政府保証付)

4.2.2.2　廃棄物処理プラント：中国・日立造船　成都市ごみ焼却炉

日立造船は 2006 年 2 月、中国の成都市向けにストーカ式ごみ焼却施設(400t/日×３基、合計 1,200t/日)の建設工事にかかる設計・機器供給及び製作・据付・試運転時における技術者派遣業務を受注している。本プロジェクトは成都市政府よりごみ焼却処理の事業権を獲得した上海環境投資有限公司による環境施設の整備事業であり、同社にとって初の中国向けごみ焼却炉の受注である。本件受注の背景としては同社の日本国内における 180 箇所にのぼる納入実績、台湾、韓国における計 11 件の建設・運転実績がある。

このうち韓国について同社は従来のストーカ式焼却炉の事業展開とは別に前年、ソウル市所在の土木建設及び環境関連事業会社に対し流動床ガス化溶融炉に関する技術供与を行っている。韓国と比較すれば中国では生ごみなど生活ごみがようやく埋め立て処理から焼却処理の対象となってきつつある状況である。

なお、2006 年、上海に事務所を開設した JFE エンジニアリングは 2009 年初、全額出資の現地法人に改組しており、青島市向けに 1,500t/日の処理能力をもつ焼却炉を受注している。同社の見通しでは上海、大連など主要都市において今後３年間に、処理能力 1,000ｔ/日以上の大型焼却施設の発注が 20 件以上あるとしている。(2009 年 1 月 5 日　日本経済新聞)

4.2.2.3　発電造水プラント：サウジアラビア・三菱重工業IWSPP向け発電・造水設備

三菱重工業(以下、MHI)は 2005 年 8 月サウジアラビアで丸紅、日揮、伊藤忠商事及び地場 IPP(ACWA パワー社)からなる企業連合から火力発電設備と海水淡水化設備の建設工事をフルターンキーFTK 契約で受注している。この企業連合が水・蒸気・電力供給事業会社 IWSPP ラービグ・アラビア水電力会社としてサウジアラビア国営石油会社アラムコ・日本住友化学折半出資合弁 SPC であるラービグ・リファイニング・アンド・ペトロケミカルカンパニー社の石油精製・石油化学プラント(世界最大規模　エチレン年産 130 万トン、石油精製能力日量 40 万バーレル)へ電気・高純度工業用水・蒸気を 25 年間にわたって供給する。

MHI が設計、製作、建設、据付、試運転を行う設備は以下のとおり構成されている。

火力発電設備

重油焚きボイラー９台(毎時 470 トンの蒸気を発生)

総出力 60 万 kW(12 万 kW 蒸気タービン×５台)

発電機５台(三菱電機が供給)

海水淡水化設備

高分子膜(フィルター)の活用で海水を濾過して脱塩する逆浸透膜プラントで１時間当たり 8,000 トンの真水を供給

商業規模としては世界初の逆浸透(Reverse Osmosis：RS)膜法は従来、中東地区で広く採用されてきた蒸発法方式に比べ、建設費用・運営費用が少なく建設期間が短く、より少ない消費エネルギーで高純度の淡水を製造できるとされている。

本件受注に至った背景としては MHI の住友化学へのプラント納入実績、サウジアラビアでの発電・海水淡水化設備の納入実績と納入済みプラント稼働率への高い評価がある。本契約は 2008 年 5 月には完成・稼動に至っており、この極めて短期間での成果を踏まえて MHI は淡水化ニーズの積極開拓をしようとしている。

海水淡水化プラントについて、膜そのものは膜メーカー(DuPont、東レ)の技術であるのでプラントメーカーのビジネスモデルとしては韓国、欧米勢と技術的な差別化を図ることが難しく発電設備とパッケージでの対応が要請されている。

―参照資料―

1. 三菱重工業　ホームページ
・ ニュースリリース
・ ものづくり物語　ガスタービン
２．日揮　ホームページ
・ニュースリリース
３．東洋エンジニアリング　ホームページ
・ニュース
・TEC COMM. 2007.10 Vol.12
４．太平洋セメント　ホームページ
・ニュースリリース
５．IHI ホームページ
・プレスリリース
６．日立造船　ホームページ
・ニュースリリース

4.3　本邦企業の海外プラントビジネスにかかる問題点

今回調査にあたって実施したアンケートにおいては調査対象国への省エネ・環境対策関連プラントビジネス拡大の観点からの質問に加え、調査対象国以外で拡大を見込める市場を質問している。回答では中国がもっとも関心を寄せられており、その魅力として「既設プラントも多い、環境対応ニーズ次第で、大きな装置需要が創出する可能性が高い」ことが指摘されている。ごみ焼却施設の事例のように中国のプラント市場の成長性は確実に具体化しているところである。しかしながら、本邦企業による技術協力を基盤とするビジネス拡大シナリオもライセンシーの事業戦略に左右される面があるところから協力形態を確実に発展させていく舵取りが必要となろう。特に、汎用性のあるプラント技術である場合は中国企業として価格競争力を駆使したプラント輸出商品に仕立てられるところから最近のアジア市場における中国企業の市場参入は無視できないレベルとなってきている。

この点、ENR によるプラント・エンジニアリング関連建設の世界市場報告(ENR Top 225 International Contractors)によれば下記のとおり中国企業はそのプレゼンスを急激に増大させており、日本企業と肩を並べるレベルにまで追いついてきていることが明らかにされている。

・海外売上高上位 225 社における国別企業数の推移

日本　96 年：12.4%、06 年：　6.7%

中国　96 年：12.0%、06 年：21.8%

・海外市場における国別売上高シェア(売上高は 2006 年、中国が日本(約 200 億ドル)に肉薄

日本　96 年：19.1%、06 年：8.4%

中国　96 年：　3.2%、06 年：7.3%

・2006 年地域市場に占める各国企業のシェア

アジア：402 億ドル　日本企業：18%

ドイツ企業：26%

中国企業：19%

中　東：414 億ドル　米国企業：29%

日本企業：16%

ギリシャ、仏、韓国企業：8%

本邦企業としては中国企業とのアライアンスを前提に既開発商品の技術優位は一定期間、保持することに努めつつ技術改良・新製品開発に注力するという技術競争力確保のための経営力が必要とされよう。

5. 省エネ・環境関連プラントの有力海外市場動向

5.1 調査対象国の選定理由

今回調査の背景から対象国はアジア地域に絞ることとし、更に、技術優位に裏付けられたプラント競争力を持つ本邦企業が省エネ及び環境関連で有利なビジネス展開を望める国であることが必要である。これまでの我が国による経済協力の実施状況、プラント輸出実績等を勘案、新たなビジネス展開を窺えることが可能な国として、我が国製造業から見て有望な海外事業展開先とみなされる国を取り上げることとした。

具体的な参考情報として 2008 年 11 月、JBIC によって公表された「我が国製造業企業の海外事業展開の動向」に関するアンケート調査がある。これによれば中期的（今後３年程度）有望事業展開先の国ランクとして、インド、ベトナム及びインドネシア、がそれぞれ２位、３位、８位と挙げられている。中国が１位を守っているが有望とする企業数は減少傾向にあり、インドを有望とする企業数は中国に拮抗するに至っている。また、新規投資対象としてインド、ベトナムが目立っている。インドネシアは今後の市場成長性に対する評価が高い。

表 5.1-1：中期的(今後 3 年程度)有望事業展開先国・地域

（括弧内は昨年度の数字）

順位		国・地域名	社数 471 (503)	得票率 (%)	
1 (1)	－	中国	297 (342)	63 (68)	↓
2 (2)	－	インド	271 (254)	58 (50)	↑
3 (3)	－	ベトナム	152 (178)	32 (35)	↓
4 (5)	↑	ロシア	130 (114)	28 (23)	↑
5 (4)	↓	タイ	125 (132)	27 (26)	↑
6 (7)	↑	ブラジル	91 (47)	19 (9)	↑
7 (6)	↓	米国	78 (93)	17 (18)	↓
8 (8)	－	インドネシア	41 (46)	9 (9)	－
9 (9)	－	韓国	27 (32)	6 (6)	－
10 (10)	－	台湾	22 (24)	5 (5)	－
11 (11)	－	メキシコ	21 (21)	4 (4)	－
12 (12)	－	マレーシア	20 (21)	4 (4)	－
13 (25)	↑	シンガポール	15 (5)	3 (1)	↑
14 (22)	↑	アラブ首長国連邦	14 (7)	3 (1)	↑
15 (14)	↓	ドイツ	13 (15)	3 (3)	－
16 (15)	↓	チェコ	13 (13)	3 (3)	－
17 (17)	－	トルコ	12 (10)	3 (2)	↑
18 (16)	↓	英国	8 (10)	2 (2)	－
19 (19)	－	オーストラリア	8 (8)	2 (2)	－
20 (24)	↑	南アフリカ	8 (6)	2 (1)	↑

（注）上に掲げた国・地域以外に、EU・欧州・西欧（回答企業数38社、得票率8%）、北米（回答企業数18社、得票率4%）、中東欧・東欧（回答企業数17社、得票率4%）、中近東（回答企業数16社、得票率3%）などがあった。

出所：国際協力銀行プレスリリース 2008 年 11 月 25 日
「わが国製造業企業の海外事業展開に関する調査報告」

5.2 国別動向

5.2.1 インド

5.2.1.1 インドにおける省エネルギー事情

1) インドのエネルギー事情

インドはエネルギーの多くを石炭に依存し、一次エネルギー需要の 40%、発電出力の 70%を占める。原油は 70%を輸入しており、エネルギー需要の増大は輸入依存の拡大となる。2005 年一次エネルギー需要は 537mtoe であり、日本より大きい。Per Capita は 500 kgoe である(世界平均 1,800 kgoe)。

インドのエネルギー効率性は非常に悪く、IEA によれば、GDP 1 単位を生産するのに必要なエネルギーについて、日本を 1.0 とすれば、インドは 9.2 になるとの試算もある(米国は 2.0)。

インドのエネルギー需要は、持続的な経済成長(中国に次ぐ成長率)に伴って今後とも高まっていく見通しであり、また気候変動の観点からも、インドにおける省エネルギーやクリーン・エネルギー促進は重要な課題である。省エネの可能性は、全体で 23%と言われている(主に、農業と工業部門)。

2) エネルギー資源

インドのエネルギー資源の概況は、石炭資源が 924 億トン(世界の 10.2%)、石油資源は 59 億バレル(同 0.5%)、天然ガス資源が 1.1 兆立米(同 0.6%)であり、一次エネルギー供給量としては 5.5 億 TOE(同 5.2%)になる。

(1) 石炭資源

石炭はインドエネルギー部門の基幹である。採掘された石炭の 78%は発電に使用され、発電量の約 58%は石炭を電力源としている。インドの石炭埋蔵量は、推定で 2,480 億トンと莫大であり、(確認埋蔵量は 930 億トン) 世界第 4 位の確認埋蔵量となっており、世界全体の約 10%を占め、世界第 3 位の石炭生産国(毎年 3 億 6,000 万トン)となっており、第８位の輸入国である。

石炭採掘は主に国営企業が担っており、インド石炭公社(CIL)が総生産量の 85%を占めている。民間企業の参入は限られている。

(2) 石油・天然ガス資源

インドの多くの原油資源は、西海岸(Mumbai High)と国の北部に存在していて、2007 年 1 月現在、56 億バーレルの確認石油埋蔵量を有している。ベンガル湾のオフショアおよび Rajasthan 州に未開発の資源がある。

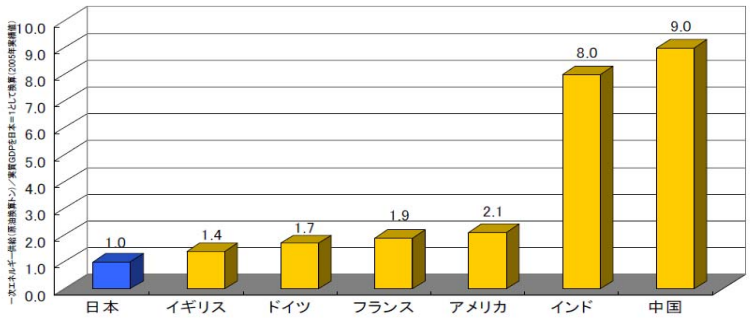
国内探鉱は ONGC を中心に進められているが、増産は見込めず長期的には漸減傾向にある。最大の油田は 1974 年に発見された Mumbai High 油田である。

2002 年に、Reliance によるベンガル湾側での世界最大の、Dhirubhai ガス田(約 5 兆立方メートル)の発見がある。ONGC Videsh、IOC、OIL 等が海外探鉱を展開しており、中でも大きな権益としては、サハリン－1 の 20%がある。

3) エネルギー供給

図 5.2.1-1 に、主要国の GDP あたりの一次エネルギーの供給量を示す。

図 5.2.1-1：GDP あたりの一次エネルギー供給（2005 年）



(原典)：IEA Key World Energy Statistics 2008
出所：エネルギーにおける日印パートナーシップ、2008、
（独）新エネルギー･産業技術総合開発機構

(1) 石炭の供給

表 5.2.1-1 に 2000-2005 年の石炭の生産量と需要を示す。インドは年間で約 4 億万トン石炭を生産し、2,500 万トンを輸入しており、石炭はインドのエネルギー供給の三分の一を賄っている。

“Coal Vision 2025”の中の石炭需要予測などに基づいて、インドの石炭需給の変化について検討が行われており、第 11 次 5 ヵ年計画では 2016 年度の石炭需要量を 11 億 2,500 万トンと予測しており、国内石炭生産量を 10 億 5,500 万トンと見込み、需給ギャップ 7,000 万トンを輸入に頼る必要があるとしている。

表 5.2.1-1：石炭の生産量 2000-2005 年 （百万トン）

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
生産	311.4	324.8	337.8	358.4	382.6	397.7

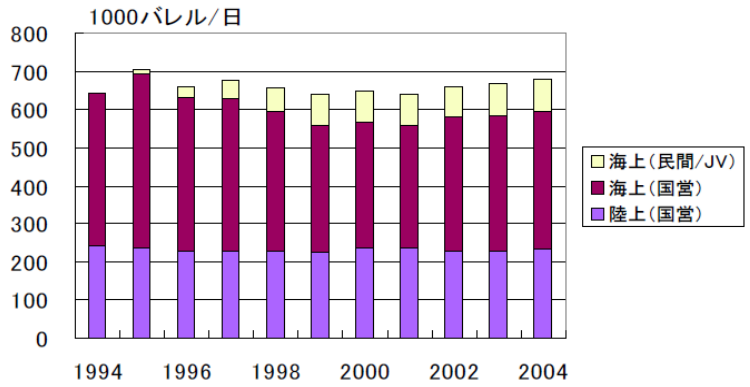
出所：World Coal Institute

(2) 石油・天然ガスの供給

インドは、2006 年、日量平均液体石油 84 万 5,000 バーレルを生産し、その内 77%の 64 万 8,000 バーレルが原油であった。2006 年に、インドは推定 263 万バーレルの石油を消費した。

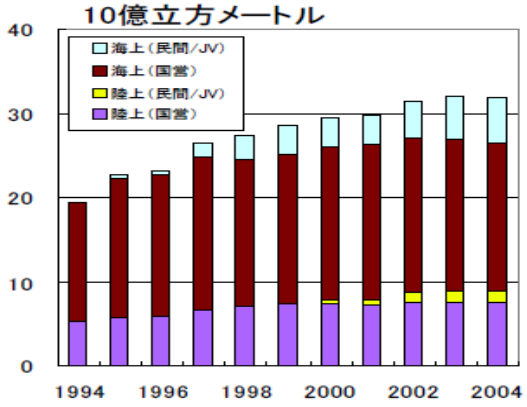
図5.2.1-2にインドの原油生産量の推移、図5.2.1-3に天然ガスの生産量の推移を示す。

図 5.2.1-2：インドの原油生産量の推移



(原典)： TERI 「TEDDY 2004/2005」
出所：インドのエネルギー情勢・政策動向、2006 年 7 月 12 日、
(財) 日本エネルギー経済研究所

図5.2.1-3：天然ガスの生産量の推移



(原典)： TERI 「TEDDY 2004/2005」
出所：インドのエネルギー情勢・政策動向、2006 年 7 月 12 日、
(財) 日本エネルギー経済研究所

3) エネルギー需要

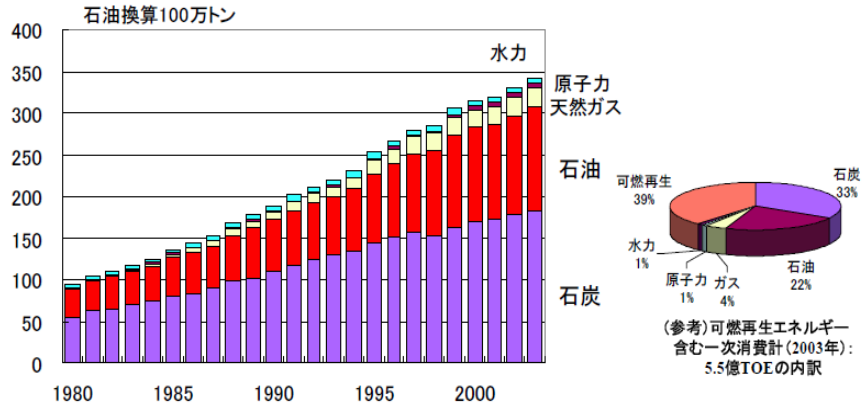
インドは中国に次ぐ世界第二位の人口約 10 億人を抱え、また、世界第 7 位

の国土面積（日本の約 9 倍）を誇る世界的な大国の一つである。このインドは近年の急速な経済発展に伴い、エネルギー、電力需要が急増している。

1990 年～2005 年に一次エネルギー需要は 3 倍となり、年率 7.5%と大きな伸びを示し、2005 年には 5.4 億石油換算トンに達した。これは世界のエネルギー消費の約 5%を占める量で日本を上回り世界第 4 位の消費規模である。

図 5.2.1-4 にインドの一次エネルギー消費推移、図 5.2.1-5 にインドのエネルギー源別需給(2005 年)、図 5.2.1-6 に一人あたりのエネルギー消費(2005 年)、および図 5.2.1-7 にエネルギー必要量予測 － 2031 年を示す。

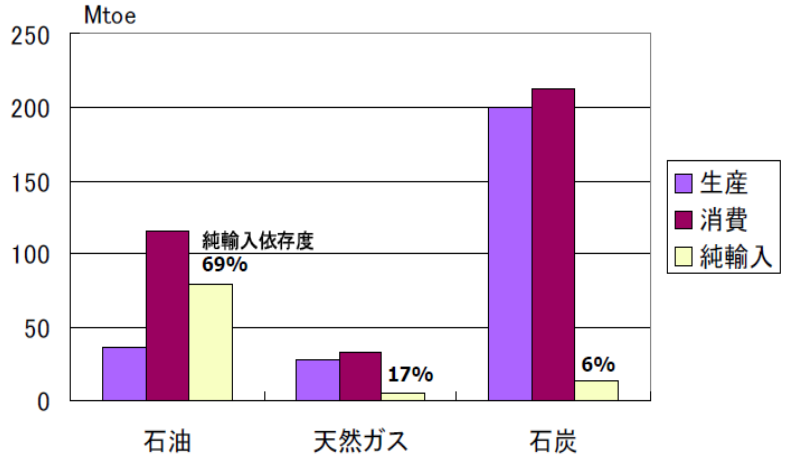
図 5.2.1-4：インドの一次エネルギー消費推移



（原典）：IEA「ENERGY BALANCE OF NON-OECD COUNTRIES」

出所：インドのエネルギー情勢・政策動向、2006 年 7 月 12 日、
（財）日本エネルギー経済研究所

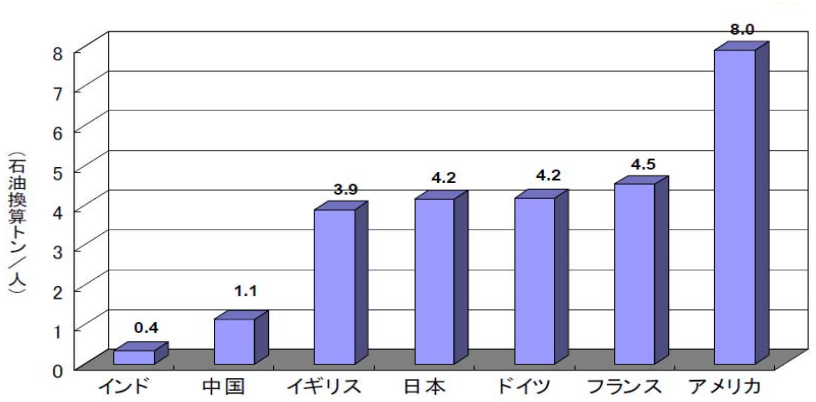
図 5.2.1-5：インドのエネルギー源別需給（2005 年）



（原典）:「BP統計」

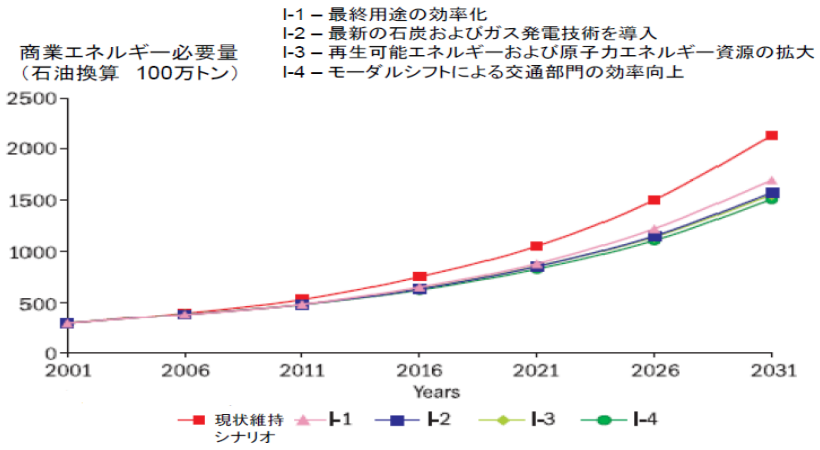
出所：インドのエネルギー情勢・政策動向、2006 年 7 月 12 日、
（財）日本エネルギー経済研究所

図5.2.1-6：一人あたりのエネルギー消費(2005年)



(原典)：IEA Key World Energy Statistics 2008
出所：エネルギーにおける日印パートナーシップ、2008、
（独）新エネルギー･産業技術総合開発機構

図 5.2.1-7：エネルギー必要量予測 － 2031 年



(原典)： インド・エネルギーマップ
出所：インドのエネルギー効率概要と今後の展望、2008、
エネルギー資源研究所　ニューデリー

(1)　石炭の需要

表 5.2.1-2 に示すように、石炭消費は 2005 年において 4 億 3,300 万トンであった。　図 5.2.1-8 に石炭消費量の推移を示す。

2031 年の発電部門の消費量は 6.63 億トンで全体の 56%を占めると予想さ

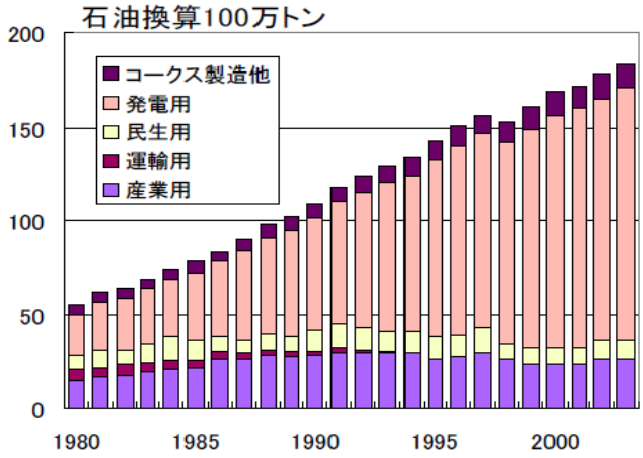
れ、工業部門の加熱用が 24%となる。　発電部門の石炭消費量は、2031 年までに燃料の多様化により 2.96 億トンまで 55%削減が可能であると言われている。　インドの経済が高成長した場合には、2031 年の発電部門の消費量は 11.48 億トンとなるが、燃料の多様化により 49%削減可能である。

表 5.2.1-2：石炭の需要量 2000-2005 年　（百万トン）

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
需要	338.1	348.1	362.1	374.0	408.6	433

出所：World Coal Institute

図 5.2.1-8：石炭消費量の推移



（原典）：IEA-Energy Balances of non-OECD Countries
出所：インドのエネルギー情勢・政策動向、2006 年 7 月 12 日、
（財）日本エネルギー経済研究所

(2)　石油・天然ガスの需要

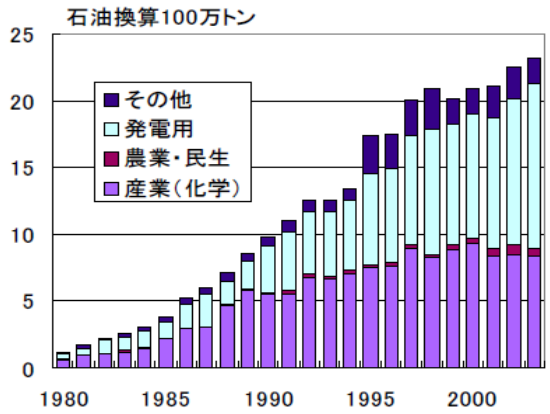
原油需要が現在約 1 億 1,600 万トンであるのに対し、国内の原油生産量は 3,340 万トンである。　過去 3 年間に、原油の輸入は年率 7%で増加している。

石油・ガスは、インドのエネルギー需要の 35%を賄って、石油化学・肥料・エネルギーなどの下流産業に欠かせない資源である。

天然ガス需要は 1 日当たり約 1 億 5,000 万立法メートル(2004 年)であり、うち国内資源で満たされているのは 54%のみの 1 日当たり 8,100 万立方メートルである。　インドにおけるガス比率は、一次エネルギーの 6%、発電源の 12%となっている。　西部地域では、ムンバイ沖合いからの国産ガス利用の長い歴史がある。　東部では、石炭を産出するが、西部への輸送手段が劣悪なため、ガス利用が進んでいる。

図 5.2.1-9 に天然ガス消費量の推移を示す。

図 5.2.1-9：天然ガス消費量の推移



（原典）：IEA-Energy Balances of non-OECD Countries
出所：インドのエネルギー情勢・政策動向、2006 年 7 月 12 日、
（財）日本エネルギー経済研究所

4) エネルギーの輸入

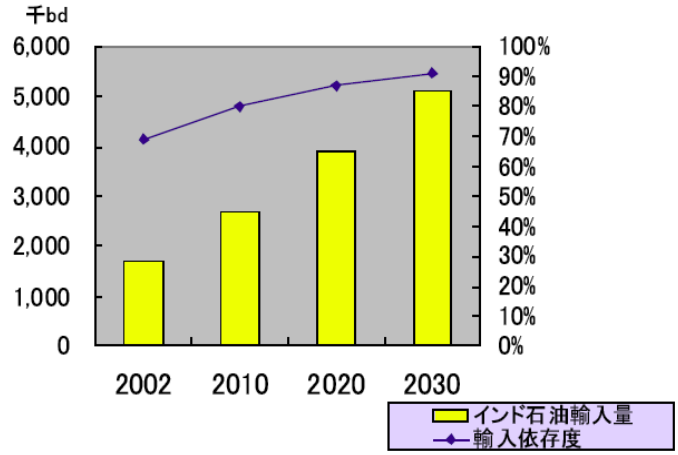
(1) 石油・ガスの輸入

図 5.2.1-10 に示すように、現在のインドにおける石油の輸入依存度は 70%以上になる。 2030 年には石油の輸入依存率は 90%に上ると見られる。 また、増大するガス需要に対応するために、インドは LNG の輸入を促進する政策を採っており、中長期的には数多くの LNG、パイプラインガスの輸入計画がある。 始動しているのは、

㋐2004 年 1 月操業開始のダヘジ LNG（Petronet 社、カタールの Ras Gas から年間 500 万 t)、次いで

㋑2005 年 4 月操業開始のハジラ LNG(Shell 社、シェルのエクイティから LNG カーゴを年間 250 万トン、スポットで調達）の 2 件で、ともにインド西部に位置する。

図 5.2.1-10：インドにおける石油輸入量と輸入依存率の推移



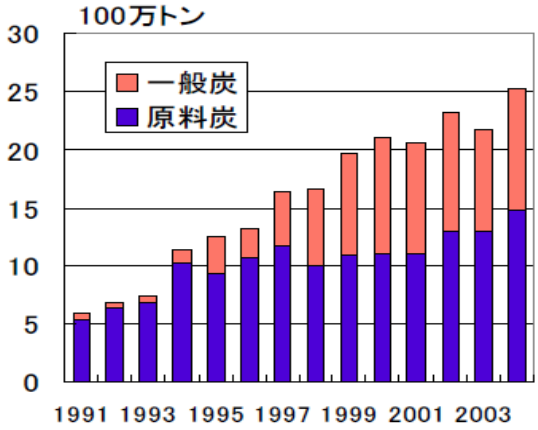
（原典）：IEA, 2004

出所：中国とインドのエネルギー、2007

(2) 石炭の輸入

石炭についても国内炭だけでは間に合わず、輸入に依存するようになっている。 現在、石炭の自給率は 91%にまで低下しており、石炭火力がフル稼動できない状況にある。 図 5.2.1-11 に石炭輸入量の推移を示す。

図 5.2.1-11：石炭輸入量の推移



（原典）：TERI 「TEDDY 2004/2005」

出所：インドのエネルギー情勢・政策動向、2006 年 7 月 12 日、
（財）日本エネルギー経済研究所

5) インドの電力部門および工業部門におけるエネルギー消費と省エネルギーの状況

(1) 電力部門

①発電構成

発電容量は127ギガワットであり、世界第5位の発電能力を持つ。 発電構成は、石炭火力発電が発電総量の54%、水力発電が26%、ガス火力発電が11%、原子力発電が4%、再生可能資源からの発電が5%を占める。 所有者構成は中央政府32.6%、州政府55.3%、私有12.1%となっている。

火力プラントは総じて小規模であり、石炭プラント約500のうち約5割が10万kW以下、約2割が10～20万kWとなっており、30万kW以上は、50万kWのプラントが25あるのみである。 現在も新規プラントのほとんどは30万kW以下となっている。 石炭プラントを建設時期別に見ると、約4割が80年代の建設したものとなっている。

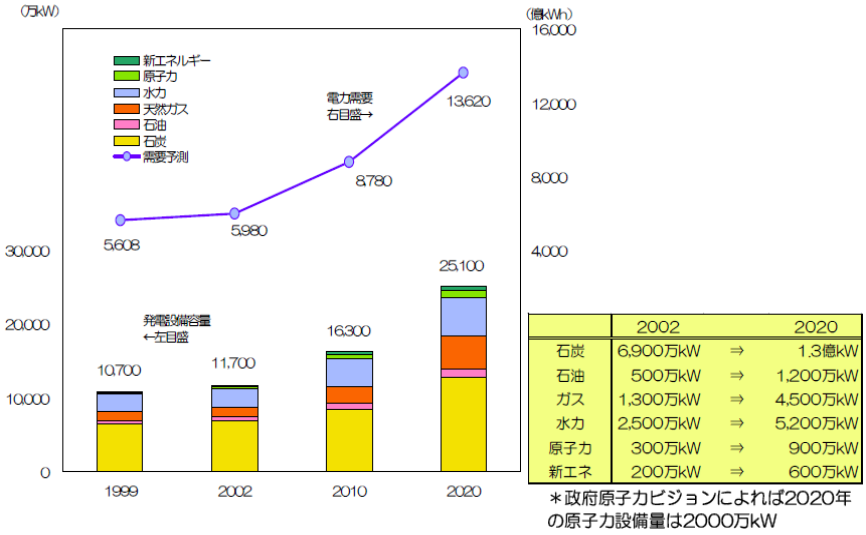
発電プラントのリノベイションが計画されており、火力発電のリノベイションは、2007-2012 年に 198 基 = 20,000MW を目標にし、水力発電は、2007-2008 年に 56Schemes = 10,000MW を目標にしている。

インドで電力供給の中心となっているのは石炭火力である。 インドには石油や天然ガスが存在するが、それほど大規模なものではなく、最も豊富なのは石炭で、そのため、電力供給の70%は石炭で賄われている。 なお、インドの石炭は灰分含有率が40%程度と高く品質は高くない。

近年の急速な経済発展によるエネルギー・電力の需要増に伴い、石油輸入の増大に加えて、今後も石炭火力がインドの電源の中心であることは変わりなく、2030年度までのエネルギー政策を示した政府の「総合エネルギー政策」(2006年) では、2030年時点でも引き続き石炭を電源の主力とすることを明確にしている。

図 5.2.1-12 にインドの電源の推移を示す。

図5.2.1-12：インドの電力需給の中長期見通し



（原典）：World Energy Outlook 2003, 2004（IEA）

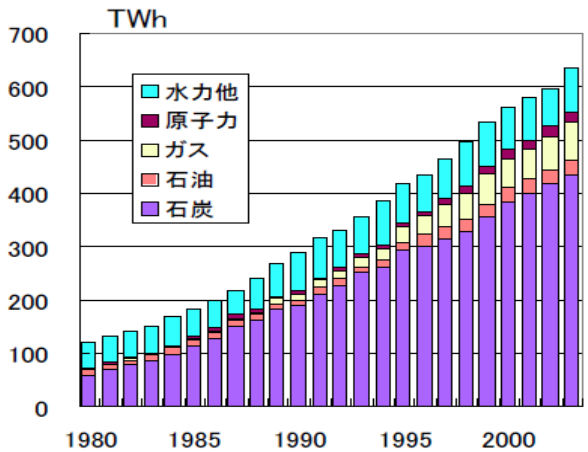
出所：セクター別アプローチについて　―電力―、2006、経済産業省

②発電量

電力需要は急増していて、1990年～2005年の間に発電電力量は2.4倍となり、年率6.0%と大きな伸びを示した。　2005年には6,975億kWhを記録し、カナダを抜き世界第5位にまで増大した。

図5.2.1-13に発電量の推移を示す。

図5.2.1-13：発電量の推移



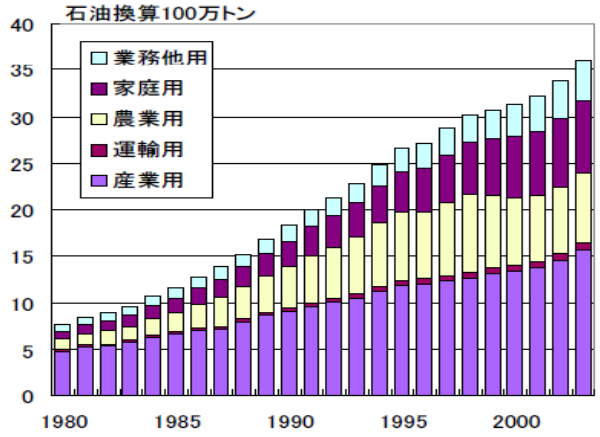
（原典）：IEA-Energy Balances of non-OECD Countries
出所：インドのエネルギー情勢・政策動向、2006 年 7 月 12 日、
（財）日本エネルギー経済研究所

③電力需要

電気を使うことが出来るのは未だ全世帯の55%に過ぎず、一人当たり消費電力量は約600kWhと、世界平均の約4分の１となっている。　また、電力不足も深刻で、年間の発電電力量で約8%、最大電力で約10%の電力が不足しており、停電は各地で頻発している。　2006年の経済白書では「電力不足は経済成長を阻害している唯一最大の障害」と指摘されている。

図5.2.1-14に電力消費量の推移を示す。

図5.2.1-14：電力消費量の推移



（原典）：IEA-Energy Balances of non-OECD Countries
出所：インドのエネルギー情勢・政策動向、2006 年 7 月 12 日、
（財）日本エネルギー経済研究所

④電力需給見通し

合計の電力消費量は、2031年において2001年の8.9倍となる。（平均伸び率7.6%）　工業部門と民生部門の電力消費量の合計は、2031年において合計電力消費のほぼ80%となり、2001年の63%より大きく伸びる。

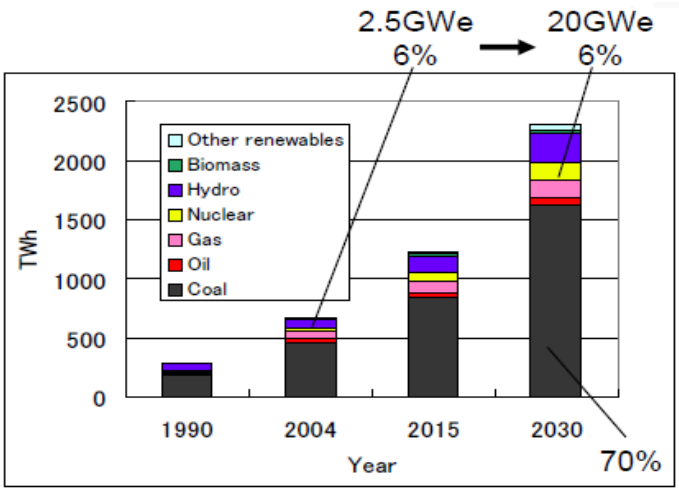
家庭用電力消費は、2031年において2001年の12.6倍と、他部門に比べ大幅な伸びを示すが、これは収入増加による生活スタイルの変化によるものである。

合計発電設備容量は、2031年において2001年の6.34倍となる。（平均伸び率6.3%）　石炭火力の2031年時点で全体の59%を占めて最も多く、続いて水力の20%となる。　2031年の合計発電設備容量は、エネルギー政策（案）

によると7.95億ｋＷで、電力省によると9.62億kWである。

図 5.2.1-15 にインドの電源の推移と見通しを示す。

図 5.2.1-15：インドの電源の推移と見通し



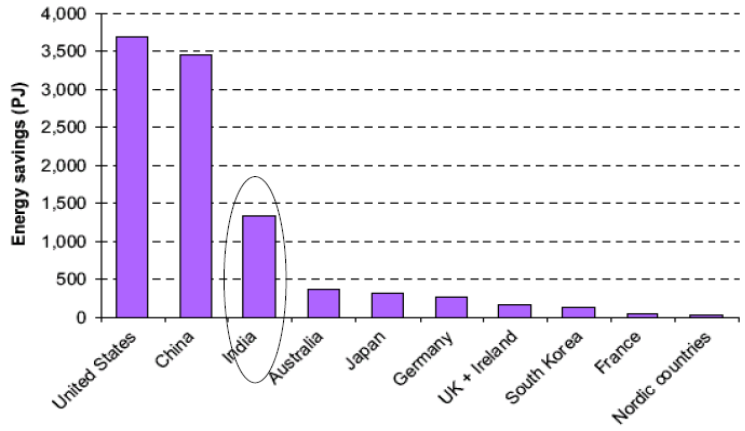
出所：インドをめぐる国際動向
－長期エネルギー需給・地球環境問題の観点から－、
2007、(財)電力中央研究所

⑥インドの電力部門における省エネルギーポテンシャル

全火力の重み付け平均の熱効率で見れば、北欧諸国、英国及び日本の化石燃料燃焼発電効率は約43%と高く、ドイツ、フランス及び米国は35～37%である。　インドは29～33%と低く、省エネルギーポテンシャルはあるものと思われる。

図 5.2.1-16 に高効率発電国に比較による省エネルギーポテンシャル、図 5.2.1-17 に全火力の重み付け平均の熱効率、図 5.2.1-18 にインドとその他主要国における石炭火力発電所の効率、図 5.2.1-19 にインドとその他主要国における天然ガス火力発電所の効率、および図 5.2.1-20 にインドとその他主要国における石油火力発電所の効率を示す。

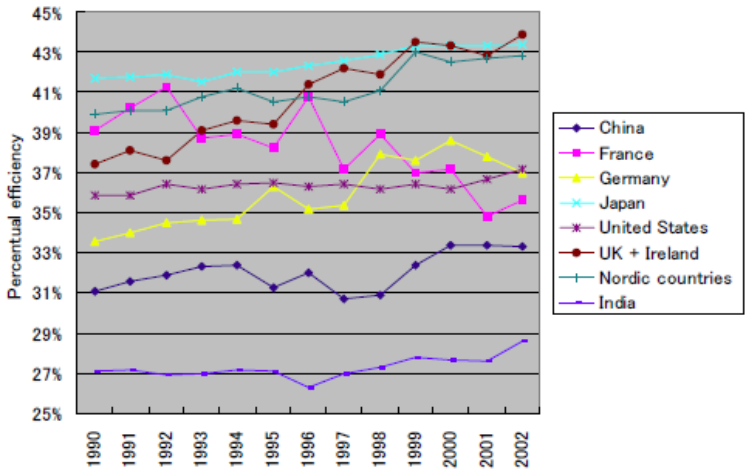
図 5.2.1-16：高効率発電国に比較による省エネルギーポテンシャル



（原典）：Graus, Voogt & Worrell (2007)

出所：Domestic 'Climate' Policy Perspectives from the Indian Power and Steel Sector, May 2008, IIT Kanpur (India) Engg.

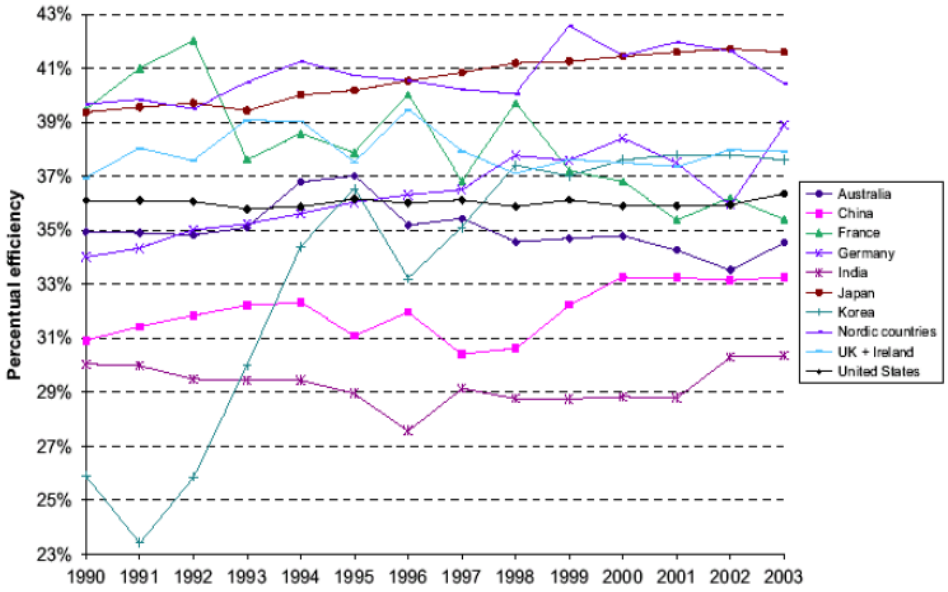
図5.2.1-17：全火力の重み付け平均の熱効率



（原典）：Grausand Voogt(2005), Updated Comparison of Power Efficiency on Grid Level, Ecofys, Utrecht.

出所：セクター別アプローチについて　―電力―、2006、経済産業省

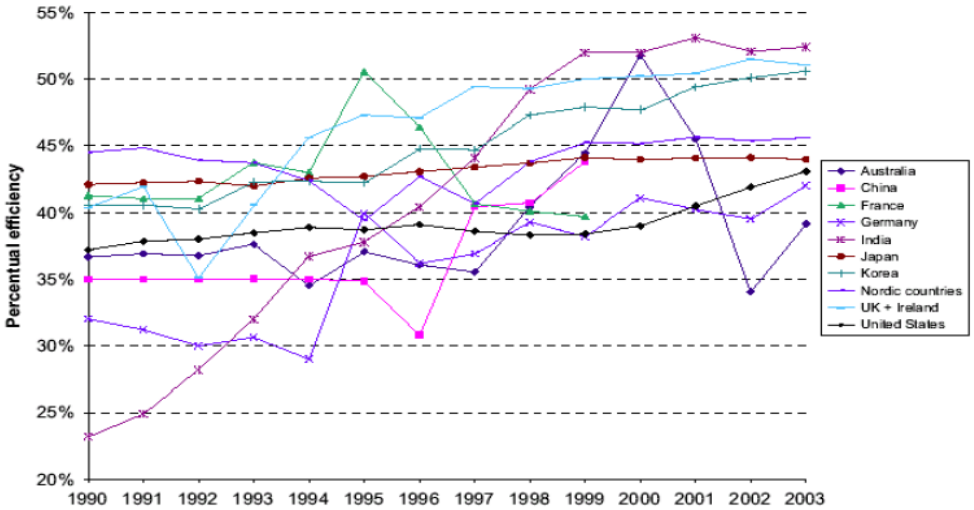
図 5.2.1-18：インドとその他主要国における石炭火力発電所の効率



（原典）：Graus, Voogt & Worrell (2007)

出所：Domestic 'Climate' Policy Perspectives from the Indian Power and Steel Sector, May 2008, IIT Kanpur (India) Engg.

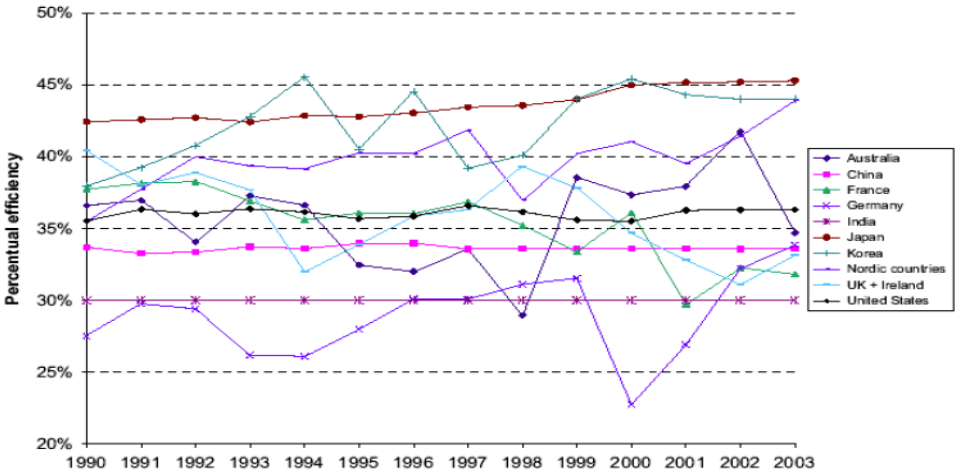
図 5.2.1-19：インドとその他主要国における天然ガス火力発電所の効率



（原典）：Graus, Voogt & Worrell (2007)

出所：Domestic 'Climate' Policy Perspectives from the Indian Power and Steel Sector, May 2008, IIT Kanpur (India) Engg.

図 5.2.1-20：インドとその他主要国における石油火力発電所の効率



（原典）：Graus, Voogt & Worrell (2007)

出所：Domestic 'Climate' Policy Perspectives from the Indian Power and Steel Sector, May 2008, IIT Kanpur (India) Engg.

(2) 工業部門

インドの工業部門は国内総商業エネルギーの 52%を消費している。 エネルギー集約度の高い工業は、肥料、アルミニウム、織物、セメント、鉄鋼、パルプ・紙、およびクロル-アルカリであり、約 65%の総工業エネルギーを消費している。

工業部門は、次の主な理由で、エネルギー効率改善計画にあまり注意を払ってこなかった。

㋐製造設備の大部分はまだ古い機械に頼っている。

㋑ヨーロッパ/米国規格に比べ、比較的高い資本コスト。

㋒特定の工業部門の長期的成長に関する不確実性。

しかし、次の各表が示すように、主要工業部門にいて、10-25%の省エネルギー・ポテンシャルが存在すると予測されている。

表 5.2.1-3 に主要工業で単位消費エネルギーの比較（百万 Kcal/トン）、表 5.2.1-4 にインド工業の競争力に及ぼすエネルギー消費量、表 5.2.1-5 にインドにおける代表的工業におけるエネルギー消費量、表 5.2.1-6 にインドの

主要工業部門におけるエネルギー原単位、および表 5.2.1-7 に主要工業部門における省エネルギー・ポテンシャルを示す。

表5.2.1-3：主要工業で単位消費エネルギーの比較（百万Kcal/トン）

国	鉄鋼	ｾﾒﾝﾄ	紙・ﾊﾟﾙﾌﾟ	肥料
ｲﾝﾄﾞ	9.50	2.00	11.13	12.23
英国	6.07	1.30	7.62	11.25
米国	6.06	0.95	9.70	11.32
日本	4.18	1.20	---	
ｽｳｪｰﾃﾞﾝ	5.02	1.40	7.56	

(原典)：TERI, 2003Ref: 2003

出所：Blueprint for Energy Efficiency, Confederation of Indian Industry

表 5.2.1-4：インド工業の競争力に及ぼすエネルギー消費量

工業	製造ｺｽﾄ中のｴﾈﾙｷﾞｰｺｽﾄ	省ｴﾈﾙｷﾞ―のﾎﾟﾃﾝｼｬﾙ
苛性ｿｰﾀﾞ	60-65%	5-10%
ｾﾒﾝﾄ	40-45%	3-7%
ｱﾙﾐﾆｭｰﾑ	35-45%	5-8%
紙	25-30%	3-10%
化学	10-30%	5-15%

出所：Confederation of Indian Industry

表5.2.1-5：インドにおける代表的工業におけるエネルギー消費量（2001）

	最終ｴﾈﾙｷﾞｰ)		一次ｴﾈﾙｷﾞｰ	
	ｴﾈﾙｷﾞｰ (PJ)	工業部門における (%)	ｴﾈﾙｷﾞｰ (PJ)	工業部門における (%)
総工業部門	4,477	100	5,270	100
ｾﾒﾝﾄ	352	8	466	9
石油精製	316	7	316	6
肥料	524	12	561	11
繊維	113	3	163	3
ｸﾛﾙｱﾙｶﾘ	29	1	47	1

Note: Primary electricity calculated using an electricity conversion efficiency of 33%.

出所：Annual Survey of Industries, 2001-2002; IEA, 2004; CEA, 2001; India Ministry

of Coal, 2003; India Ministry of petroleum & Natural Gas, n. d.; Teri, 2001.

表 5.2.1-6：インドの主要工業部門におけるエネルギー原単位

工業部門	ｴﾈﾙｷﾞｰ原単位	世界標準
ｱﾙﾐﾆｭｰﾑ	90 GJ/ﾄﾝ	60-70 GJ/ﾄﾝ
鉄鋼	30-40 GJ/ﾄﾝ	18-20 GJ/ﾄﾝ
紙	35-50 GJ/ﾄﾝ	20-25 GJ/ﾄﾝ
鉱油・石油	製油所における製油量の 7-10%	5-6%

出所：STRATEGIES FOR OPTIMIZING ENERGY EFFICIENCY IN INDUSTRIES、Department of Electrical Engineering, Appejay College of Engineering Sohna

表 5.2.1-7：主要工業部門における省エネルギー・ポテンシャル

工業部門	省ｴﾈﾙｷﾞｰ・ﾎﾟﾃﾝｼｬﾙ
鉄鋼	10 %
肥料	15 %
繊維	25 %
ｾﾒﾝﾄ	15 %
ｸﾛﾙ･ｱﾙｶﾘ	15 %
紙･ﾊﾟﾙﾌﾟ	25 %
ｱﾙﾐﾆｭｰﾑ	10 %
鉄鋳物	20 %
石油化学	15 %
ｶﾞﾗｽ・ｾﾗﾐｸｽ	20 %
石油精製	10 %

出所：Blueprint for Energy Efficiency, Confederation of Indian Industry

6) インドにおける省エネルギー制度と政策

(1) 省エネルギー活動

世界第 4 位のエネルギー消費国であり、省エネルギーポテンシャルが大きい。インドの製造業においては一部西欧の最新設備が導入されてはいるが、たとえば最も重要なエネルギー供給を担う電力産業においては、発電効率の向上の余地がある旧式の発電設備のままであり、今後新設発電設備はもとより、既存の設備も老朽化に応じ高効率設備とのリプレースが行われるものと

思われる。

インドの工業界は多くの分野で海外進出を目指しており、今後国際競合に曝されるので製品コスト低減が重要になっている。インド製造業はエネルギー多消費型であるので、コスト低減の重要な要素がエネルギー消費量の低減による製造費低減であり、政府は産業界の省エネルギー対策を強力に推進している。

2001 年に省エネルギー法を制定し、この省エネルギー法の下に、電力省エネルギー効率局(Bureau of Energy Efficiency：BEE) を設置し、工業横断的に省エネルギーを推進中である。肥料、鉄鋼、セメント等 15 業種について、一定規模を超える事業所に報告書提出や、省エネルギー診断、エネルギー管理士の選任を義務付けている。

(2) 省エネルギー関連政策と関連法案

①インドのエネルギー効率に関する政策の主な展開

インドのエネルギー効率に関する政策主な展開

1965 - インドエネルギー調査委員会(ESCI)

1974 - 燃料政策委員会(FPC)

1979 - エネルギー政策に関する作業グループ(WGEP)

1983 - エネルギー諮問委員会(ABE)

1987 - 内閣管理局 (PMO) 内のエネルギー効率諮問委員会

最近の政治的動き

2001 - 省エネルギー法(ECA) - 2002 年からエネルギー効率局が始動

2008 - 気候変動に関する国家行動計画におけるエネルギー効率化向上

②インドの 5ヵ年計画における基本政策

㋐第 10 次 5 カ年計画 (2002 年) における政策において、

・石炭・電力の生産の拡大

・石油・天然ガスの国内探鉱開発の強化 (CBM を含む)

・海外石油開発権益の獲得

・エネルギー部門構造改革・規制緩和推進

・DSM によるエネルギー効率化

・環境汚染対策の強化

㋑第 11 次 5 ヶ年計画案 (2005 年) における政策において、

・総合エネ政策策定のための専門家委員会設置

・エネルギー使用の効率向上に重点

③省エネルギー法(Energy Conservation Act)

EC(Energy Conservation) Act, 2001 が 2002 年 3 月に発効した。この法律は政府による産業界におけるエネルギーの高効率利用とエネルギー

節約の促進を行うことを可能にしたもので、この法律に基づき電力省に省エネルギー対策の導入促進を任務とする政府調整機関であるBEEが創設された。

④気候変動に関する国家行動計画におけるエネルギー効率化

エネルギー効率向上のための国家ミッションは新たにエネルギー効率化行動計画を提案

実行・達成・貿易計画- エネルギー効率向上のための市場メカニズム

エネルギー効率化のための市場変革(MTEE) - CDM（クリーン開発メカニズム）ロードマップ、標準化とラベリング、ESCO推進、能力強化

エネルギー効率化への資金調達- 税控除、回転基金、部分リスク保証基金

発電業界の技術戦略 - 燃料転換、新規ならびに既存発電所の効率化、石炭ガス化複合発電（IGCC）実証発電所、最先端の超臨界ボイラーの技術情報の整備

⑤電力省エネルギー効率局（Bureau of Energy Efficiency（BEE））と石油天然ガス省石油節減研究協会(Petroleum Conservation Research Association（PCRA)の設置

㋐電力省エネルギー効率局

2002 年の省エネルギー法施行に伴って、Bureau of Energy Efficiency（BEE：電力省エネルギー効率局BEEの設置された。 その任務は省エネルギー法の実施・推進であり、インド工業界がエネルギー効率向上によるエネルギー消費量削減により競争力を向上し、EC Act、2001の義務条項を履行できるようにIIPEC（Indian Industry Programme for Energy Conservation)と連携して工業界の省エネルギー活動を支援している。業界の情報共有等を目的として6工業分野(セメント、紙・パルプ、繊維、肥料、化学、及びアルミニウム産業)でタスクフォースを立ち上げている。そしてBEEは例えば、セメント産業と紙・パルプ産業に省エネルギー規範のモデル作りを指示したり、政府関係建物の省エネルギープログラムも開始している。 更に、省エネルギー対策を行うエネルギー監査コンサルタントとコンソーシアムを組んでエネルギー監査(Energy Audit：エネルギー使用量の適正評価等)を始めた。 また ECBCs（Energy Conservation Building Codes)が、インドの気象条件に基づき6区分された地区ごとに商業ビルを対象として制定される予定である。 この他BEEは現在エネルギー監査(Energy Audit)機関の認証業務も行っている。省エネルギー法を効果的なものにするために、州政府やユニオンテリトリにそのための機関の設立を指示している。 BEE はまた省エネルギー

に格段の努力をしている企業を評価し、省エネルギー意欲の高揚を図るため、電力省の“National Energy Conservation Awards”計画も担当している。

㋑石油天然ガス省石油節減研究協会

PCRA は Ministry of Petroleum & Natural Gas の省エネルギー活動エネルギー(石油に限らない)の有効利用と環境保全を通じて生活の品質向上に寄与することを任務とし、各産業分野、運輸、農業及び家庭の 4 分野においてエネルギー消費の監査(Energy Audit：エネルギー消費量の測定･評価、改善対策の立案（ESCO 業務に類似)）を行い、省エネルギーの普及活動、省エネルギー技術の研究開発（バイオエタノールの技術開発も実施)、改善対策費の貸与･補助、トレーニング･指導(釜戸の炊き方や台所の省エネ、エネルギー節減の車輌運転法なども含む)、及び政府シンクタンクを業務としている。　当初は石油を対象としたが、現在はすべてのエネルギー(各種燃料、電気）の消費節減対策に取組んでいる。

発電に関しては、電力省より PCRA が主体となってエネルギー節減に取組む。　BEE が省エネルギーのための法制度・体制関連の業務を行う事務部門であるのに対し、PCRA は省エネルギー対策の実施に関連した業務を行う実務部門である。

⑥インドのエネルギー効率化の可能性と省エネルギー政策上の主要な懸念事項

インドで利用可能な商業エネルギーの約半分を工業部門が消費しており、そのうち 70%をエネルギー集約型工業（肥料、アルミニウム、繊維、セメント、鉄鋼業、製紙業）が使用している。　このうち 15～25%は節約できると言われている。

㋐維持管理方法を改善するだけで 5～10%の省エネが可能

㋑低コストの設備改造、エネルギー効率の高い機器の利用、管理など、わずかな投資でさらに 10-15%の省エネが可能(TERI. 1996, Bhattacharjee, S. 2000)コストの高い対策を行えば、さらに大幅な省エネが可能。

また、省エネルギー政策上の主要な懸念事項として、次の事項が言われている。

㋐エネルギー必要量の増加傾向

㋑気候変動およびその他の環境問題

㋒エネルギー安全保障

㋓エネルギー供給オプションの不足

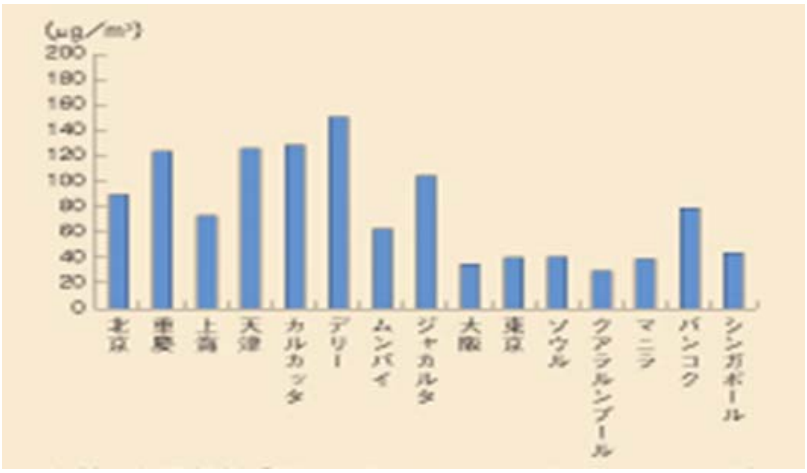
㋔エネルギー効率化対策の範囲の広さ

5.2.1.2　インドにおける環境事情

1)　インドにおける公害の現状

火力発電所や工場による石炭や石油の燃焼量の増加、自動車台数の増加等により、硫黄酸化物（SOx）や窒素酸化物（NOx）などの大気汚染物質の排出量が増加し、特に都市部において大気汚染が深刻化している。　2004 年時点の大気中の粒子状物質濃度は、カルカッタ、デリーでは WHO の大気質指針値の 5 倍に当たる 100μg/m3 を超える非常に高い数値となっている。（図 5.2.1-21）。

図 5.2.1-21：アジアの主要都市の粒子状物質(PM)濃度(2004 年)



(原典)：世界銀行「World Development Indicators 2007」

出所：中国、インド等における公害の状況、2008、環境省

2)　インドにおける環境対策の現状

(1)　インドの環境対策

インド政府は、2006年に国家環境政策(National Environment Policy 2006)を策定、2008年度からの第11次5カ年計画においても、人口増による環境負荷の増大と経済成長による環境悪化を認識し、

㋐大気及び水質改善

㋑固形廃棄物管理

㋒野生生物と生物多様性の保全

㋓植林を通じた土地劣化の防止

㋓緑地被覆率の増加
㋔環境許認可制度の改善を掲げている。
これに加えて、保健関連として
㋕清浄な飲料水の供給
㋖下水道整備
エネルギー関連として
㋗省エネ
㋘再生可能エネルギー
の推進が掲げられている。

(2) インドの環境規制と環境管理体制

インドでは、環境関連の一般事項を定める法律が幾つか制定されている（表5.2.1-8）これら以外にも、水質、大気、工業、廃棄物、海洋、野生生物、森林などに関連して個別に規定が存在する。 インドの環境管理の主な体制は森林環境省を頂点とし、中央公害対策委員会、州・自治体の環境局や州の公害対策委員会が実際の管理を行っている。

表5.2.1-8：インドの環境関連法

制定年	法令名
1976年	ｲﾝﾄﾞ憲法
1986年	環境(保護)法
1994年	告知：環境影響評価
1995年	国家環境裁判法
1997年	国家環境控訴機関法

出所：国際協力事業団「国別環境情報整備調査報告書（インド国)」、2002年

3) 対インド経済協力における環境分野の支援

2007年、日印両国政府間で実施された経済協力に関する政策協議において、国別援助計画を踏まえて、日本が中期的に対インド経済協力において取り組んでいくべき政策目標として、

㋐日印経済関係強化を通じた経済成長の促進
㋑環境・気候変動、エネルギー問題に関する協力、
㋒貧困削減及び社会セクター開発

の3点が両国政府経済協力関係者間で共有されており、環境・気候変動分野での支援は、一つの大きな柱として引き続き重視されている。

5.2.1.3　日本による環境・省エネ関連プラント導入に向けた協力の状況

1)　日本とのエネルギー分野での関わり

これまで両国の関係は、中国などに比べ緊密ではなかったが、インドは日本と中東とを結ぶシーレーンの要衝に位置し、経済自由化、IT 関連産業の発展を通じて高い経済成長を達成している。

インドとのエネルギーに係る関係では、日本は「省エネ人材育成協力」や、「NEDO 省エネモデル事業（3 件)」(セメント排熱有効利用（2004 年完了)、コークス乾式消火設備（実施中)）を実施してきた。

また、2005 年 4 月の日印首脳会談（ニューデリー）において設置に合意した、「日印石油・天然ガス政策対話」にのっとり、2005 年 9 月の中川経済産業大臣－アイヤール石油天然ガス大臣会談時に発出された共同声明で、その内容が具体化した。　主に㋐第三国における探鉱開発、㋑石油備蓄、㋒アジア石油市場の共同研究、㋓メタンハイドレード、㋔省エネルギー、㋕水素エネルギーの 6 分野に関する協力について議論してきた。　事務レベル会合を２回（2005 年 9 月、2006 年 12 月)、大臣会合を１回（2006 年 4 月）開催している。

2006 年 12 月に「日印戦略的グローバル・パートナーシップ」に向けた共同声明を発出され、継続的に「日印エネルギーフォーラム」が開催されるようになった。

①2005 年 1 月：インドが両国のエネルギー協力を提案

②2005 年 4 月：小泉首相の訪印、日印共同声明に署名

③2005 年 9 月：両国が包括的エネルギー協力で合意「日印石油・天然ガス政策対話」インドでの探鉱開発への参加、第三国での共同探鉱開発省エネルギー、石油備蓄に関する情報・経験の移転　アジア石油市場安定化の方策に関する共同研究など

④2006 年 12 月：「日印戦略的グローバル・パートナーシップ」に向けた共同声明を発出。　同時に、第１回「日印エネルギーフォーラム」の開催。(2006 年 12 月 6 日-7 日）

⑤2007 年 4 月 23 日」: 日印エネルギー対話（閣僚級）の創設、第１回「日印エネルギー対話」。　電力・発電 WG、省エネ WG、石炭 WG、再生可能エネ WG、石油・天然ガス WG）の設置に合意。

⑥2007 年 7 月 2 日　：デリーにて、甘利経済産業大臣とアルワリア計画委員会副委員長の間で、第 2 回「日印エネルギー対話」を開催。
共同声明「セブ宣言に則り、エネルギー効率改善のため、省エネ目標/行動計画の自主的な策定を再確認」

「長期専門家派遣、NEDO モデル事業の実施等の省エネ協力に合意（鉄鋼、セメント分野における省エネ診断事業の創設）。

⑦2008 年 9 月 17 日：東京にて、第 3 回「日印エネルギー対話」開催。省エネ、石炭・電力、再生可能エネルギー、石油・天然ガスなど幅広い分野での協力について議論し、共同声明を発出。

(1) 第１回「日印エネルギー対話」

「日印エネルギー対話」は、2006 年 12 月のマンモハン・シン・インド首相の訪日時に、安倍総理大臣とシン首相による、「日印戦略的グローバル・パートナーシップ」に向けた共同声明において、両国において必要とされるエネルギーを充足させることが極めて重要であるとの認識にたち、エネルギー分野における協力を包括的な形で促進するべく、その設立が合意されたものである。

2007 年 4 月 23 日、日本国経済産業省甘利明大臣とインド計画委員会モンテク・シン・アルワリヤ副委員長は、日印間の定期的な閣僚級エネルギー政策対話である「日印エネルギー対話」を新たに立ち上げ、その第１回を東京において開催した。

双方は、今回の第１回「日印エネルギー対話」において、以下の点につき、共通の認識を得た。

㋐日印のエネルギー分野における協力は両国関係の発展に重要な役割を果たしており、本分野における両国当局間及び企業レベルの更なる包括的な協力は互恵的性格を有する。

㋑エネルギー安全保障、経済発展、環境保全の好循環を作り出すことが重要であり、その最も効果的かつ効率的な対策は、エネルギーインフラの整備に加え、省エネルギー対策の推進である。

㋒クリーン・エネルギー、省エネルギー等のエネルギー分野で、専門家の交換派遣や人材育成、インド電力部門への日本企業の参画を通じた具体的協力プロジェクトを推進することは、双方にとって重要である。双方は、こうした分野において協力を促進すべく、積極的に取り組む。

㋓東アジア首脳会議(EAS)、「クリーン開発と気候に関するアジア太平洋パートナーシップ(APP)、2006 年 12 月に北京で第 1 回会合が開催された「5ヵ国エネルギー大臣会合」等の多国間の枠組みにおいて、エネルギーの安全保障を確保し、エネルギー効率化を向上させるため、連携を強化することが重要である。とりわけ、第 2 回東アジア首脳会議における「東アジアのエネルギー安全保障に関するセブ宣言」に基づき、双方は共同して、国別省エネルギー目標・行動計画の策定、省エネ推進のための共同プロジェクトの実施に向けた協力を強化する。

㈭日本国経済産業省は、省エネルギー、石油備蓄などの分野において、国際エネルギー機関(IEA)とインドが協力していくことを積極的に支持する。

各ワーキング・グループが目指す方向性は以下の通りとする。

㈠電力・発電

インドの電力需要の拡大に対応した発電所、配送電網を整備することの重要性につき、認識を共有する。　とりわけ発電所の運用管理、グリッド管理、計画・需要予測手法等の分野及びコスト効率的な技術等の協力可能性を検討する。

㈡省エネルギー

エネルギーの利用効率向上のためには、省エネルギーの推進が重要であるとの認識を共有する。　日本は省エネに関する先進的な知見、技術と制度を有する。　これを踏まえ、エネルギー多消費産業などにおいて、専門家派遣や人材育成、省エネ目標及び行動計画の自主的策定、その他関連する取組を含む協力を強化する。

㈢石炭

炭層メタンガス/炭鉱メタンガス利用技術、石炭のクリーン利用技術等の分野における協力を推進する。

㈣再生可能エネルギー

再生可能エネルギー導入促進のための共同プロジェクトの実施に向け、共同研究開発の可能性を模索する。

㈤石油・天然ガス

2005 年 9 月に、日本国経済産業大臣とインド石油天然ガス大臣との間で署名した共同声明、及びこれに基づき両国実施機関間において締結された 4 覚書（「インド及び第三国での探鉱開発協力」、「メタンハイドレード協力」、「石油備蓄協力」、「アジア市場の共同研究」）の着実な実施を図ることにより、石油・天然ガス分野の協力を更に推進する。

(2)　「省エネにおける協力拡大や日本のエネルギー分野での経験をインドで活用させるための協力体制の整備など」についての合意

2007年7月には日印両国間で省エネにおける協力拡大や日本のエネルギー分野での経験をインドで活用させるための協力体制の整備などについての合意が交わされた。　この合意書の中には「エネルギー効率の改善に向けての自主行動計画や再生可能資源の開発のための協力強化」なども含まれている。

合意書締結により、現在、鉄鋼業やセメントなどの工業部門に対する 2 国間エネルギー監査やインドの 15 のエネルギー集約型工業に対しての日

本からのエネルギー消費量削減支援などが実施されている。　また日本政府は、国際エネルギー機関と協力し、インドの石油埋蔵量の探査支援を行うことでも同意している。

さらには、インドの石油天然ガス省と日本の経済産業省との間では、石油及び天然ガスに関する対話が実施されており、日本はインドと日本のエネルギー協力関係を大幅に強化させる多くの新たな構想を打ち出している。　また、高いエネルギー消費国である両国の間では、クリーンエネルギー分野での人材育成協力やエネルギー埋蔵技術についての協力についても話し合われ、日本のインドに対するエネルギー効率改善とクリーンエネルギーインフラ開発分野での支援が約束された。

その他の 2 国間エネルギー協力としては、日本からインドに対する原子力技術や部品の供給なども含まれている。　1999 年から 2003 年までの間にインドは日本から約 10 億ドルの原子炉とそれに関する技術を輸入している。

(3)　第 2 回日印エネルギー対話に係る共同声明

人類が気候変動への対応と持続可能な経済発展とを同時達成するという重要な挑戦に直面している中、エネルギー、とりわけエネルギー効率改善の分野における政策の展開が極めて重要である。　この認識を踏まえ、日印は、以下の形で協力関係を拡大する。

㋐経済産業省は、インドが 2001 年に省エネルギー法を制定し、15 のエネルギー多消費産業を特定して、エネルギー消費の報告と、エネルギー診断士による診断を義務付け、さらに、エネルギー消費基準の採用を法律上規定することにより、これらの多消費産業にエネルギー消費の削減を義務付けていることを高く評価する。

㋑双方は、各々、省エネルギー政策の構築を加速化するとともに、政策遂行のための共同作業計画を作成し、随時そのレビューを行う。

㋒このため、経済産業省は、省エネルギー分野では、

・特定産業分野（鉄鋼、セメント等）での省エネルギー診断事業を新設(NEDO)

・鉄鋼の CDQ（コークス乾式消化設備）モデル事業の円滑な実施(NEDO)

・今後 3 年間で 200 人規模の省エネルギー政策・技術関連研修の実施（省エネセンター等)

・特定産業分野の省エネルギー技術に関する専門家派遣、ワークショップの開催（省エネセンター等）などを実施すること

・新たに、インド電力省の省エネルギー総局に長期専門家を派遣することを表明した。

(4) 第3回日印エネルギー対話に係る共同声明

2008年9月17日、東京にて、第3回「日印エネルギー対話」開催。 省エネ、石炭・電力、再生可能エネルギー、石油・天然ガスなど幅広い分野での協力について議論し、共同声明を発出した。

2) 多国間枠組みにおけるエネルギー協力

(1) 東アジア首脳会議

2007年1月15日にフィリピン・セブにおいて第2回東アジア首脳会議(EAS)が開催され、EAS加盟国（ASEAN各国、日、中、韓、印、豪、NZ）の各国首脳が「エネルギー安全保障に関するセブ宣言」に署名しました。 セブ宣言には、省エネ分野において、EAS加盟各国が省エネ目標・行動計画を自主的に策定すること等が盛り込まれている。 また、安倍総理から提案した日本のエネルギー協力イニシアティブは各国から歓迎され、議長声明にもその旨が明記されました。 今後は、この安倍イニシアティブに基づき、省エネ（アジア・省エネルギー協力センター設置、5年で1,000人の研修生受入れ、500人の専門家派遣など）、バイオマスエネルギー、石炭のクリーン利用、エネルギー貧困解消について協力していくこととなる。

㋐エネルギー安全保障に関するセブ宣言

・省エネ分野の国際協力を強化し、具体的行動を実施。各国毎に省エネ目標と行動計画を自主的に策定。
・バイオ燃料の利用促進。バイオ燃料の自由貿易促進と燃料の規格策定に向けた作業を実施。
・バイオ燃料を含む新・再生可能エネルギーの研究開発に共同して努力。
・石炭のクリーン利用技術の開発・普及と、気候変動緩和に関する国際協力を促進。
・戦略的燃料備蓄のあるべき形態を探求。等

㋑日本のエネルギー協力イニシアティブ

・省エネルギー推進
今後5年間で域内から1,000名の研修生を受入れ、500名の専門家を派遣。
・「アジア・省エネ協力センター」を設置。
・円借款及びJBICの投資金融等を積極活用。
・バイオマスエネルギーの推進
-バイオ燃料の共同研究実施のため「アジア・バイオマスエネルギー研究コア」を設置。

-今後 5 年間で 500 名の研修生を受入れる。
-政策・技術のベストプラクティスに関するセミナーを開催。
-「アジア・バイオマスエネルギー協力推進オフィス」を設置。

・石炭のクリーンな利用
-「石炭液化支援センター」を建設し、石炭液化の普及と専門家育成を実施。
-クリーンコールテクノロジー協力を実施。

・エネルギー貧困の解消
・今後 3 年間でエネルギーアクセス改善や省エネ対策等のため、20 億ドル規模のエネルギー関連 ODA を実施。

(2) 5ヵ国エネルギー大臣会合

2006 年 12 月 16 日、中国の提唱で、世界のエネルギー消費の半分を占める米、中、日、印、韓 5ヵ国のエネルギー大臣が初めて一堂に会し、エネルギー問題を議論した。 日本から甘利経済産業大臣が出席した。

㋐省エネルギーの推進
㋑戦略備蓄等緊急時対応の強化
㋒エネルギー源多様化
㋓エネルギー産出国の投資環境整備
㋔市場原理に基づく価格設定の重要性、を強調。

共同声明がとりまとめられ、省エネルギーの推進、緊急時対応の強化、エネルギー源の多様化等に合意。また、会合の定例化で一致した。

①5ヵ国エネルギー大臣会合共同声明の骨子

㋐十分で信頼できる、環境に配慮した、適正価格によるエネルギーの供給確保、効率的なエネルギー利用が５ヶ国の共通課題。
㋑石油価格の変動及び高騰は世界経済、特に途上国経済にマイナスの影響。5ヵ国の協力は国際エネルギー市場安定にとって重要。
㋒市場原理に基づく価格設定が省エネや在来型エネルギー、代替エネルギーの投資確保のために重要。
㋓5ヵ国はエネルギー分野における利害を共有し､以下の分野で協力を促進。

・クリーンコール、原子力、再生可能エネルギー等、エネルギーミックスの多様化及びエネルギー技術の研究・開発・導入における協力
・省エネ・エネルギー効率の改善
・戦略石油備蓄に関する協力強化。 IEA を通じた国際協調は有益。
・エネルギーデータの透明性向上。 共同石油データイニシアティブ(JODI)を歓迎
・ビジネス部門における協力の慫慂。アジア太平洋パートナーシップ

(APP)の取り組みを歓迎。

㋔5ヵ国は国際社会に対し、以下を呼びかけ。

・エネルギー投資を促進するための透明で効果的な法的・規制的枠組み
・エネルギー多様化
・持続可能なエネルギー技術の開発・導入及び省エネ
・戦略備蓄を通じた緊急時における協調的対応
・重要なエネルギー施設及び石油・ガスの海上輸送路保全
・エネルギーデータの質と迅速性の改善

(3) アジア産消国ラウンドテーブル

第1回は、2005年1月、ニューデリーにおいて開催した。2007年5月、サウジアラビアのリヤドにおいて、第2回アジア産消国ラウンドテーブルが開催され、甘利大臣は、同国のナイミ石油鉱物資源大臣とともに共同議長を務めた。　次回会合は、2009年に日本において開催が予定されている。

本会合は、石油の需要が急増しているアジアの主要消費国と、中東湾岸国をはじめとするアジアの産油国・産ガス国との間で、地域の課題に焦点を当てた対話と信頼関係構築を行う重要なもの。

[参加者]

サウジアラビア、日本、バーレーン、ブルネイ、中国、インド、インドネシア、イラン、イラク、韓国、クウェート、オマーン、パキスタン、フィリピン、カタール、タイ、UAEの17ヵ国のエネルギー大臣、IEA、IEF、OPECの3国際機関の事務局長。

[成果]

甘利大臣は、フレアガス削減等を例に、「限りある資源を有効かつ効果的に活用するためにも、省エネルギーが必要」と繰り返し発言し、これを受けて、議長間でとりまとめられた共同声明に、「産油国、消費国ともに自主的な省エネルギー目標や省エネルギー行動計画を策定すべきこと」が盛り込まれた。　これは第2回東アジアサミット・セブ宣言（1月15日）における省エネ目標・行動計画策定を、（これまで省エネルギー政策に消極的であった）産油国も含め、アジア全域に拡大するものである。

省エネのほか、エネルギー分野の投資拡大及び自由・競争的かつ透明な石油・天然ガス市場の重要性、炭素隔離貯蔵（CCS）等の技術を活用した環境保護や気候変動問題への対応の必要性も共同声明に盛り込まれた。

[共同声明抜粋]

㋐各国が自主的に省エネルギー目標や省エネルギー行動計画を国全体又は部門別に設定することや、省エネルギーに関するベストプラクティス

の共有を行う等の方策を通じ、エネルギー輸入国だけでなく、エネルギー輸出国においても、エネルギー効率の改善を促進する。

㈣エネルギー産業が直面する、環境保護や気候変動等の諸問題に対応するべく、炭素隔離貯蔵（CCS）等の技術的な解決を支援する。

(4) IEA 閣僚理事会

2007 年 5 月、パリにおいて、IEA 閣僚理事会が開催され、IEA 加盟 26 カ国及び加盟申請国等の閣僚等が参加した。

㈠甘利大臣からは、加盟国・非加盟国での省エネ目標・行動計画の設定など省エネルギー対策の強化、原子力発電を始めとするエネルギー多様化、革新的技術開発の必要性を呼びかけ、これらは全てコミュニケに盛り込まれた。

㈡我が国が目指すエネルギー安全保障、経済成長、気候変動の一体的な解決の実現に向けて、IEA が世界に決意を発信したものと評価できる。

㈢甘利大臣による世界エネルギー・イノベーション・イニシアティブ（省エネルギー対策）の重要性と非加盟国の取り込み強化し、加盟国、非加盟国による自主的省エネ目標・行動計画の策定と IEA によるレビュー、原子力発電、石炭のクリーン利用などエネルギー多様化促進、長期的に温暖化ガスを削減するための革新的技術開発を行う。

［IEA 閣僚理事会コミュニケ］

㈠世界全体での省エネを推進すべく全ての政府が部門別ベンチマークを活用し、省エネ目標と行動計画の策定を行うよう促す。

㈡IEA に対して加盟国、主要非加盟国の省エネに関する評価・報告を求める。

㈢地球温暖化対策への対応策として原子力計画、先進的技術を推進する。

(5) アジア太平洋パートナーシップ(APP)

京都議定書を離脱した米ブッシュ政権の発案により、2005 年 7 月の ASEAN（東南アジア諸国連合）地域フォーラム会合で創設が合意された。

㈠「クリーン開発と気候に関するアジア太平洋パートナーシップ」(APP)は、2005 年 7 月に米国主導によって立ち上げられた。 参加国は、日本、米国、豪州、韓国、中国、インド、カナダの 7 ヵ国である。(2007 年にカナダが加わり 7 カ国となった。) 京都議定書を補完する機関。

㈡アジア太平洋地域において、増大するエネルギー需要、エネルギー安全保障、気候変動問題へ対処することが目的。 具体的には、クリーンで効率的な技術の開発・普及・移転のための地域協力を推進。

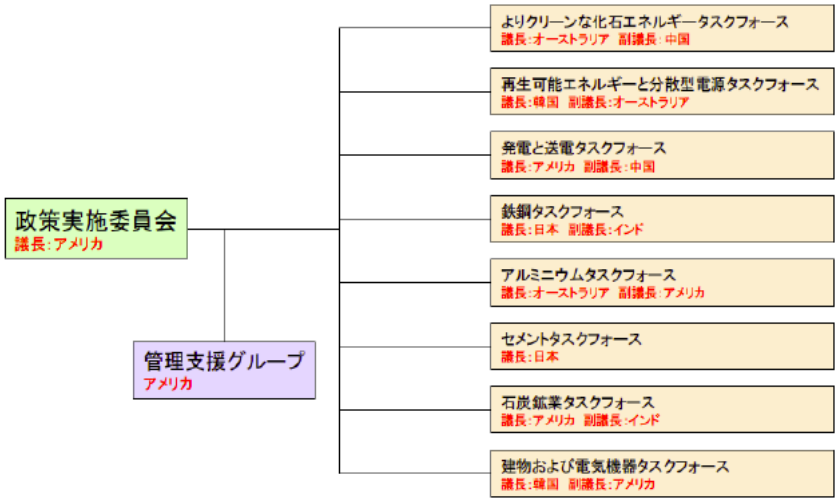
㈢エネルギー問題に焦点を当てて少数の主要排出国で官民を交えた真のパートナーシップを築き、大きな成果を上げようというもの。

㊦APP の参加 7 ヶ国の二酸化炭素排出量が世界全体に占める割合は、5 割を越えており、これらの国々における省エネなどの協力による排出量削減のポテンシャルは極めて大きい。

㊧APP では次の 8 つの官民タスクフォースを設置し、具体的協力を開始している。「よりクリーンな化石エネルギー」、「再生可能エネルギーと分散型電源」、「発電及び送電」、「鉄鋼」、「アルミニウム」、「セメント」、「石炭鉱業」、「建物及び電気機器」。鉄鋼、セメントは日本が議長国。　2007 年 10 月には、インドのニューデリーで第 2 回閣僚会合が開催された。

図5.2.1-2にAPP組織図を示す。

図 5.2.1-22：APP 組織図



出所：http://www.asiapacificpartnership.jp/apporganizationalchart.pdf

－参照資料－

1.最近のインド情勢と日印関係、平成19年6月22日、外務省アジア大洋州局
2.「Towards a Low Carbon Economy : Partnership between Japan & India」, 21 November 2008, PTC India Ltd
3.「Climate Change and Clean Technologies ; Potential for Indian-Japanese Partnerships, 21st November 2008, Director-General, TERI
4.「インドのエネルギー情勢・政策動向」、2006年7月12日、(財) 日本エネルギー経済研究所
5.「India」、2005年12月、the Investment Commission
6.「中国とインドのエネルギー」2007
7.「India Country Brief」, Jan 2007, Energy information Administration
8.「エネルギーにおける日印パートナーシップ」、2008、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構
9.「インドのエネルギー効率概要と今後の展望」、2008、エネルギー資源研究所　ニューデリー
10.「インドをめぐる国際動向　－長期エネルギー需給・地球環境問題の観点から－」、2007、(財)電力中央研究所
11.「セクター別アプローチについて　―電力―」、経済産業省
12.「Blueprint for Energy Efficiency」、Confederation of Indian Industry
13.「Domestic Climate Policy Perspectives from the Indian Power and Steel Sector」、May 2008、IIT Kanpur (India) Engg.
14.「Industrial Facilities: Designing energy, pollution and resource efficient industrial processes & facilities」、Confederation of Indian Industry
15.「Assessment of Energy Use and Energy Savings Potential in Selected Industrial Sectors in India」、August 2005、ERNEST ORLANDO LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY
16.「STRATEGIES FOR OPTIMIZING ENERGY EFFICIENCY IN INDUSTRIES」、Department of Electrical Engineering、Appejay College of Engineering Sohna
17.「中国、インド等における公害の状況」、2008、環境省
18.「対インド経済協力における環境分野の支援」、2008、外務省国別開発協力第一課
19.「第2回日印エネルギー対話に係る共同声明」、2007年7月
20.「省エネルギーにおける日本の国際協力とECCJの活動」、2008年11月21日 (財) 省エネルギセンタ (ECCJ)
21.「アジア・エネルギー外交」、2008、資源エネルギー庁
22.「アジアを中心とするエネルギー協力」、2007年５月、資源エネルギー庁

23.「省エネルギー分野における国際協力と国際的な動きについて」、
平成19年12月、資源エネルギー庁

5.2.2 インドネシア

5.2.2.1 インドネシアのエネルギー事情

東西 5,000km にもおよぶ広い国土と海洋をもつインドネシアは、石油や天然ガスの輸出国として馴染み深く、わが国へのエネルギー供給において重要な役割を果たしてきた。 インドネシアは日本にとって最大の LNG 輸入先であるが、ガス田の枯渇・生産不調や国内需要の増加から、2000 年以降、LNG 輸出は波乱含みで推移している。

ASEAN10 ヶ国中最大の人口を抱えるインドネシアでは、経済成長にともないエネルギー消費が 1985 年以降の 20 年間に 3 倍以上に増加し、国内のエネルギー事情は大きく変貌した。 モータリゼーションが進行し、国内の石油消費が増加を続ける一方で、石油輸出は漸減を続け 2004 年にはついにネットの石油輸入国となった。 石油生産は 1995 年以降減少に転じている。

燃料や電力の供給が不足気味で、財政赤字削減とエネルギー価格の国際化を目指す石油製品の値上げに対して抗議デモが起きている。 このような事態の背景には、同国のエネルギー部門が石油・天然ガス資源開発の不振、電力インフラ整備の遅れ、省エネルギーへの取組みの遅れなど、様々な問題を抱えているという事情がある。

これらの課題の解決を目指して、インドネシアでは 2004 年 3 月に新「国家エネルギー政策」が発表された。 経済成長による内需の増加、政治改革による民主化の進行とともに「国内優先」という国民の声が高まり、エネルギー輸出国というこれまでの性格は今後かなり変貌する可能性がある。

1) エネルギー資源

(1) 石炭資源

石炭産業はインドネシア経済に大きく貢献していて、2006年に石炭産業はインドネシアの総GDPの約3%を占めた（2005年の2%から増加）。 石炭産業は地域および地域共同体の発展にも大きく貢献し続けている。

表5.2.2-1にインドネシアの石炭の埋蔵量、資源量、および品質を示す。

表5.2.2-1：石炭の埋蔵量、資源量、および品質（2006年）

NO	島名	品質（熱量）		資源量	埋蔵量
		分類	発熱量 (Kcal/Kg)	（百万ﾄﾝ）	（百万ﾄﾝ）
1	ジャワ	低-中	< 5100 -6100	19.24	0.00
		高-非常に高い	6100 - 7100	2.97	0.00
2	スマトラ	低-中	< 5100 - 6100	26,872.5	2,636.62
		高-非常に高	6100 - 7100	1,780.66	134.11

3	カリマンタン	低-中	< 5100 - 6100	25,375.69	2,769.01
		高-非常に高	6100 - 7100	6,844.44	1,219.10
4	スラウェシ	低-中	< 5100 - 6100	218.42	0.06
		高-非常に高	6100 - 7100	14.68	0.00
5	マルク	低-中	< 5100	2.13	0.00
6	パプア	低-中	< 5100 - 6100	120.35	0.00
		高-非常に高	6100 - 7100	30.91	0.00
2006 年総資源量				61,273.99	6,758.90

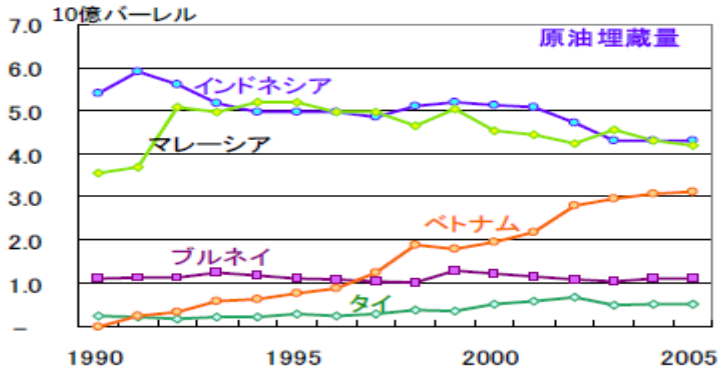
出所：「インドネシアにおける石炭産業の現状および将来」、
2008年9月4日、インドネシア石炭鉱山協会

(2) 石油・天然ガス資源

図 5.2.2-1 および図 5.2.2-2 のように、インドネシアの石油と天然ガスの埋蔵量は東南アジア諸国の中では最大である。 しかし、近年では国土面積が約 1/6 のマレーシアとほぼ同じ水準にとどまり、原油ではベトナムにも急追されている。 これは、インドネシアでの石油・ガスの探鉱が相対的に進んでいないことである。

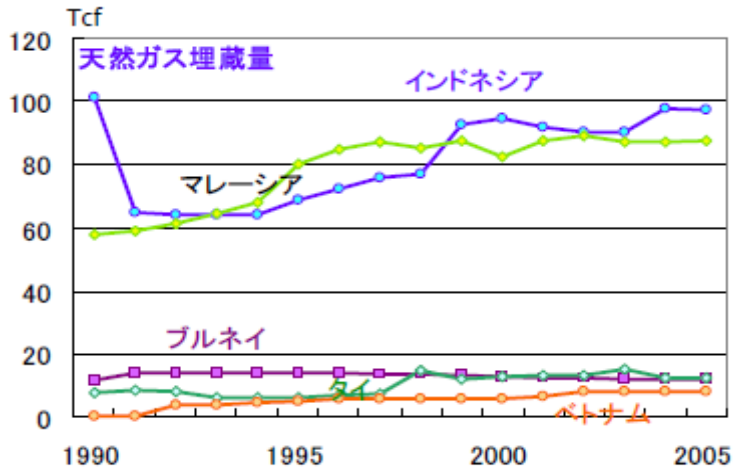
インドネシアの天然ガスの確認埋蔵量は 2005 年末時点で 97.4Tcf と見積もられ、これは世界全体の 1.5%、アジア･太平洋地域全体の 18.6%に相当する（表 5.2.2-1）。 R/P 比は 36 年で、現状のペースで今後 40 年程度の生産は可能との見通しである。 天然ガス生産量は、1999 年の生産レベルの 2.5Tcf から 7%増の 2.7Tcf にまで増えている。

図 5.2.2-1：インドネシア(東南アジア諸国)の原油の埋蔵量



(原典：BP 統計)
出所：「インドネシアの石油・天然ガス：その現状と課題」
2006 年 8 月、(財)日本エネルギー経済研究所

図 5.2.2-2：インドネシア(東南アジア諸国)の天然ガスの埋蔵量



(原典)：BP統計

出所：「インドネシアの石油・天然ガス：その現状と課題」

2006 年 8 月、(財)日本エネルギー経済研究所

表 5.2.2-2:天然ガスの確認埋蔵量

確認埋蔵量	2005年末			
	兆立方メートル	TCF	シェアー	R/P比
インドネシア	2.76	97.4(A)	100%	36.1
アジア太平洋	14.84	523.7(B)	18.6 %(A/B)	41.2
世界	179.83	6348.1(C)	1.5 %(A/C)	65.1

(原典)：BP統計

出所：「インドネシアの石油・天然ガス：その現状と課題」

2006 年 8 月、(財)日本エネルギー経済研究所

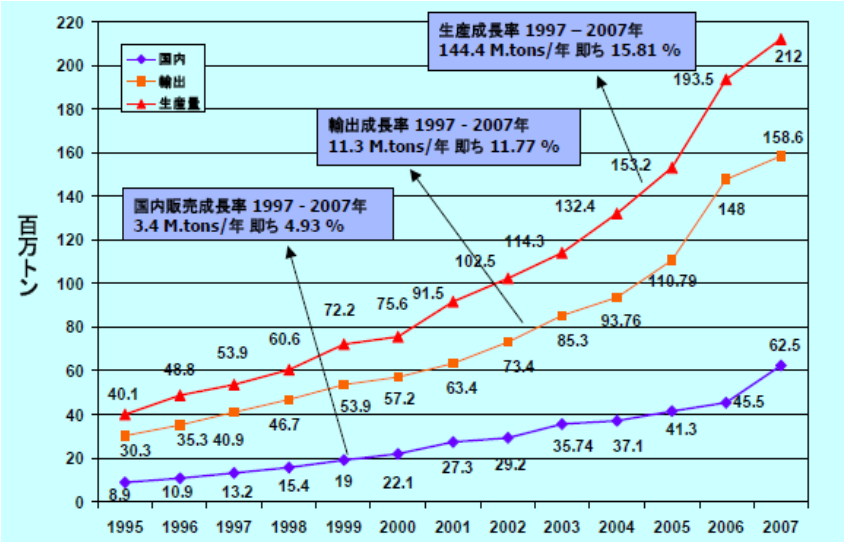
3) エネルギー供給

(1) 石炭の供給

インドネシアの経済発展における石炭の役割は、エネルギーミックス計画にしたがい、今後 20 年間さらに増大すると考えられており、高い石炭価格からも、生産量と輸出量が伸張し続けると予測されている。

図 5.2.2-3 に、インドネシアの石炭生産量、輸出量、国内販売量の伸び（1995 年- 2007 年）を示す。

図 5.2.2-3：インドネシアの石炭生産量、輸出量、国内販売量の伸び
（1995 年- 2007 年）



（原典）：Directorate of Mineral and Coal Enterprise - “Indonesia Mineral and Coal Statistic 2005” - APBI-ICMA

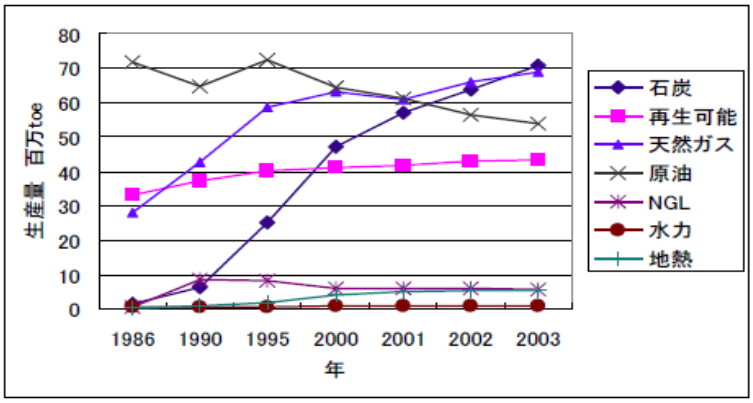
出所：「インドネシアにおける石炭産業の現状および将来」、2008 年 9 月 4 日、インドネシア石炭鉱山協会

(2) 石油・天然ガスの供給

インドネシアのエネルギー生産は石油が低迷するなか、図 5.2.2-4 に示すように、石炭や天然ガスへのシフトが進行している。 これは、ミナスなど低硫黄良質原油を輸出し、相対的に安価な中東原油を輸入して価格差を稼いでいたこと、一方で、石油精製能力の総量や高硫黄原油を処理する二次装置が不足していたことなどがあげられる。 今後は国内の石油需要増加を賄うため、精製用原油の輸入がますます増加する方向にある。

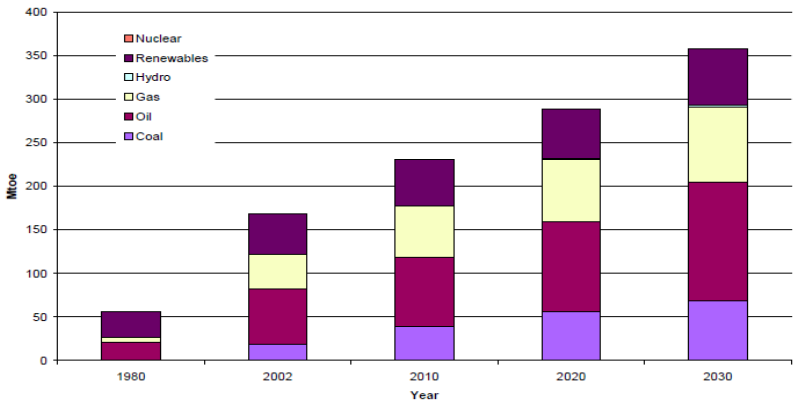
図 5.2.2-5 に、「一次エネルギーの資源別供給の推移と予測」を示す。

図 5.2.2-4:一次エネルギー生産量の推移（単位：石油換算百万トン）



（原典）：IEA, “Energy Balances of Non-OECD Countries,”
出所：「インドネシアの石油・天然ガス：その現状と課題」
2006 年 8 月、(財)日本エネルギー経済研究所

図 5.2.2-5:一次エネルギーの資源別供給の推移と予測



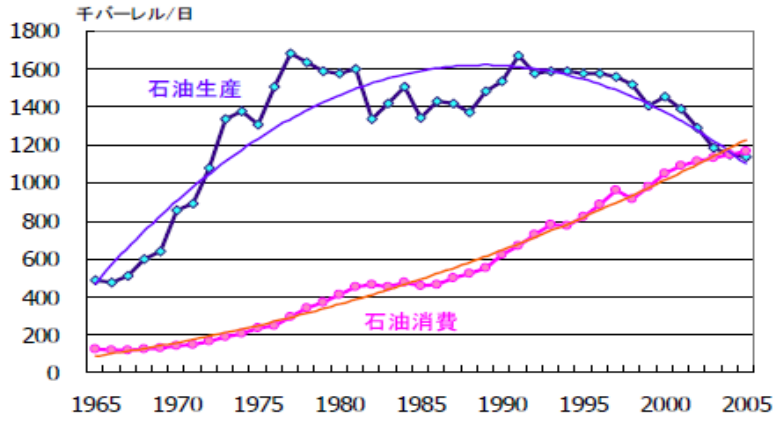
（原典）：APERC(2006)
出所：Indonesia Country Report (USAID)

(3) 石油生産の減少と供給構造

インドネシアでは近年原油生産が減少傾向にあり、それは既存油田が終焉を迎えつつある一方で新規発見や開発が進んでいないことに起因している。

図 5.2.2-6 に示すように、インドネシアの原油生産量は 1990 年代の 150 万バーレル/日レベルをピークとして、2005 年には 25%減の 114 万バーレル/日にまで低下した。 特に、2000 年以降の凋落は著しい。 一方で、石油消費は堅調な増加を見せており、インドネシアは 2004 年にネットの石油輸入国に転落している。

図 5.2.2-6:原油の生産と消費



(原典):BP 統計

出所:「インドネシアの石油・天然ガス:その現状と課題」
2006 年 8 月、(財)日本エネルギー経済研究所

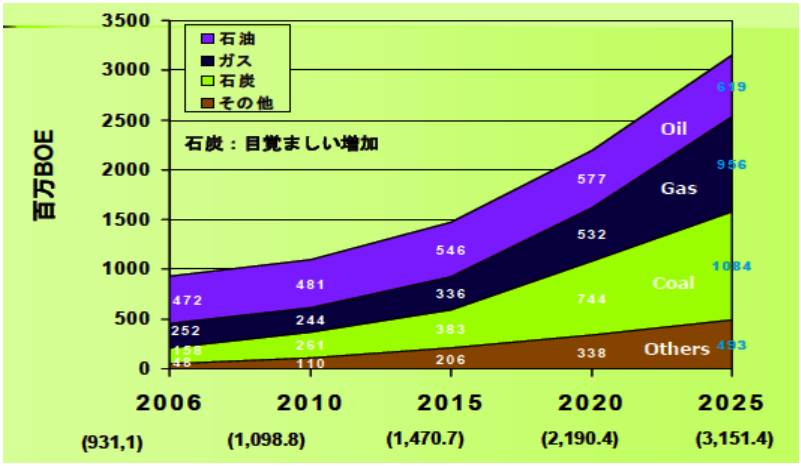
4) エネルギー需要

(1) 石炭の需要

インドネシアのエネルギー生産は石油が低迷するなか、石炭や天然ガスへのシフトが進行している。 図 5.2.2-7 に示すように、石炭へのシフトが著しい。

また、図 5.2.2-8 に、インドネシアの石炭生産量、輸出量、および国内消費量に関する長期予測(2007-2025 年)を示す。

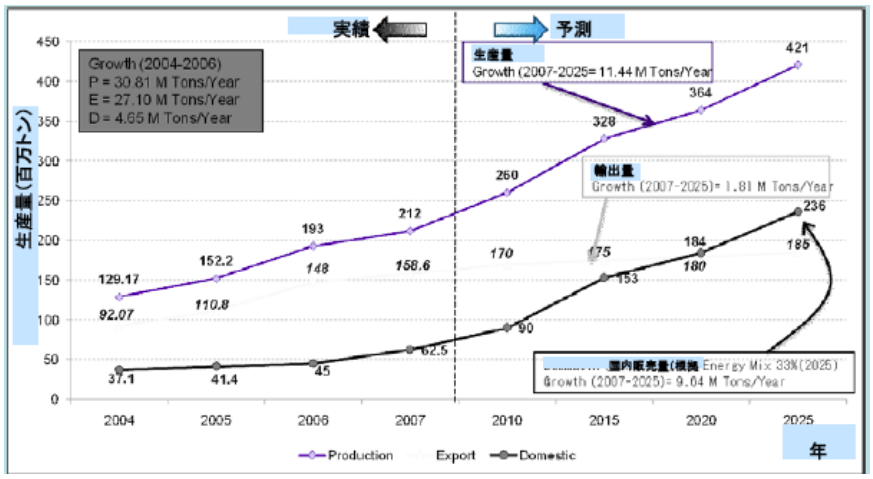
図 5.2.2-7:エネルギーミックス計画の現状と将来の見通し(2006-2025 年)



(原典):Data & Information Centre MEMR (2007)

出所:「インドネシアにおける石炭産業の現状および将来」、
2008 年 9 月 4 日、インドネシア石炭鉱山協会

図 5.2.2-8:インドネシアの石炭生産量、輸出量、および国内消費量に関する長期予測（2007-2025 年）



（原典）：APBI-ICMA

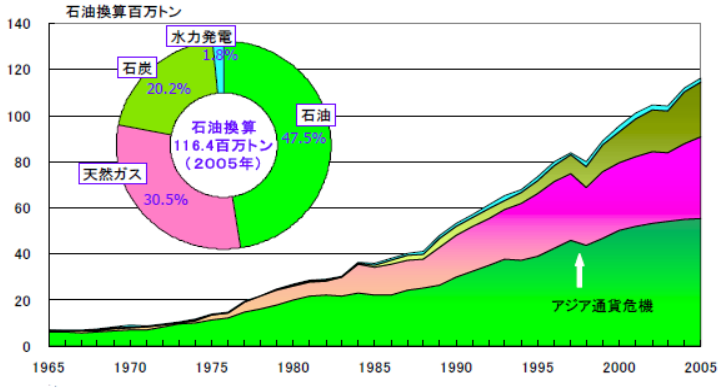
出所：「インドネシアにおける石炭産業の現状および将来」、2008 年 9 月 4 日、インドネシア石炭鉱山協会

(2) 石油・天然ガスの需要

ASEAN10 ヵ国中最大の人口を抱えていて、経済成長にともないエネルギー消費が 1985 年以降の 20 年間に 3 倍以上に増加し、国内のエネルギー事情は大きく変貌した。 モータリゼーションが進行し、石油消費が増加を続ける一方で、石油生産は 1995 年以降減少に転じている。 新エネルギーを除く一次エネルギーの国内消費は 1990-2005 年の期間では 5.3%で増加してきたが、エネルギー国内省費の大半は石油・天然ガス(2005 年で 78%)が占めている。(図 5.2.2-9)

インドネシアは、世界の化石燃料（石油、ガス、石炭）の依存率と比べると高い数字になっているのが現状である。 世界が 90%ならばインドネシアは 97%になっていて、特に石油依存度が高い。

図 5.2.2-9：一次エネルギーの消費



（原典）：BP 統計

出所：「インドネシアの石油・天然ガス：その現状と課題」
2006 年 8 月、(財)日本エネルギー経済研究所

5) エネルギー資源の輸出入

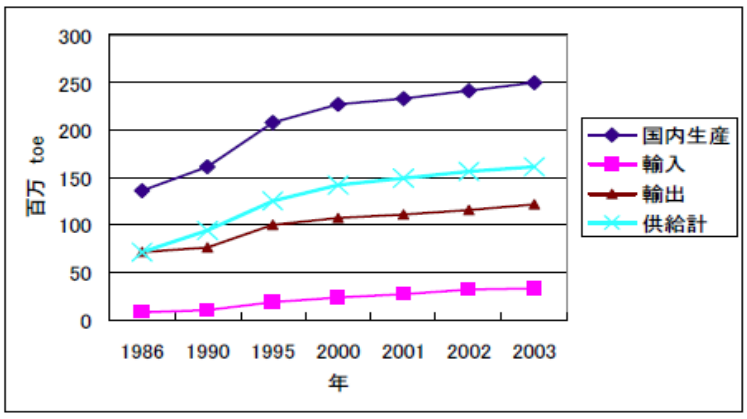
インドネシアは、再生不能な石油、天然ガス、石炭などエネルギー資源を豊富に有しているが、資源の一部を外貨獲得（輸出用）のために使用する必要がある。 特に LNG の産出国としては最大である。（大半は日本向け） また石炭の輸出国としても第 2 位である。 石油の埋蔵量は徐々に枯渇しており、数年前からインドネシアは石油の純輸入国となっている。

1990 年代、インドネシアの一次エネルギーの生産と輸出は、総量で見れば、ともに増加した。 しかし、原油の生産と輸出は減少傾向にあり、増加したのは天然ガスや石炭の生産と輸出である。 さらに、この時期には国内石油精製向けの原油と軽油・灯油・ガソリンなどの石油製品の輸入量も増加している。

インドネシア国内向けの石油製品供給構造をみると、原油、石油製品ともに輸入依存度がかなり高くなっている。 インドネシアの国産原油は軽質低硫黄のものが多く、市場では中東原油よりも高価格で販売されるため、伝統的に日本をはじめとするアジア市場で販売され、国内精製に向けられているのは 55%ほどである。 それと引き換えに、2005 年の実績で見ると、国内製油所での処理原油のうち 4 割近くが輸入原油で占められている。

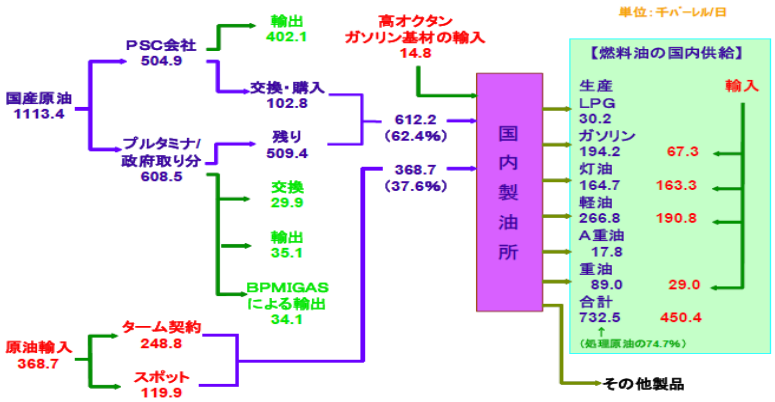
図 5.2.2-10 に一次エネルギーの生産、輸出入の推移、および図 5.2.2-11 にインドネシアの石油製品供給構造（2005 年）を示す。

図 5.2.2-10:一次エネルギーの生産、輸出入の推移



（原典）：IEA, “Energy Balances of Non-OECD Countries,”
出所：「インドネシアの石油・天然ガス：その現状と課題」
2006 年 8 月、(財)日本エネルギー経済研究所

図 5.2.2-11：インドネシアの石油製品供給構造（2005 年）



（原典）：Burhanuddin Hassan, ”Indonesia’s Downstream Sector Business Opportunities”, Japan Indonesia Energy Forum 2006).
出所：「インドネシアの石油・天然ガス：その現状と課題」、2006 年 8 月、(財)日本エネルギー経済研究所

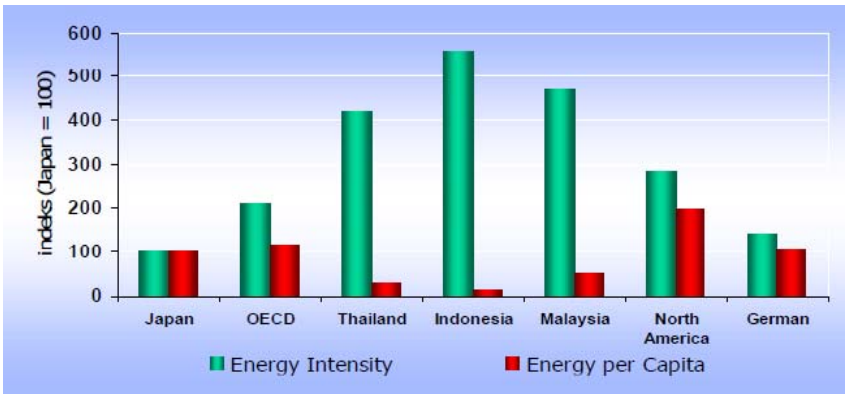
6) インドネシアの電力部門および工業部門におけるエネルギー消費と省エネルギーの状況

ASEAN10 ヶ国中最大の人口を抱えるインドネシアでは、経済成長にともないエネルギー消費が 1985 年以降の 20 年間に 3 倍以上に増加し、国内のエネルギー事情は大きく変貌した。

図 5.2.2-12 に人口一人当りのエネルギー消費量とエネルギー集約度を各国との比較を示し、図 5.2.2-13 に工業部門、輸送部門、および民生部門のエネ

ルギー消費量の推移を示す。　また、表 5.2.2-3：部門別の省エネルギー・ポテンシャルを示す。

図 5.2.2-12：人口一人当りのエネルギー消費量とエネルギー集約度

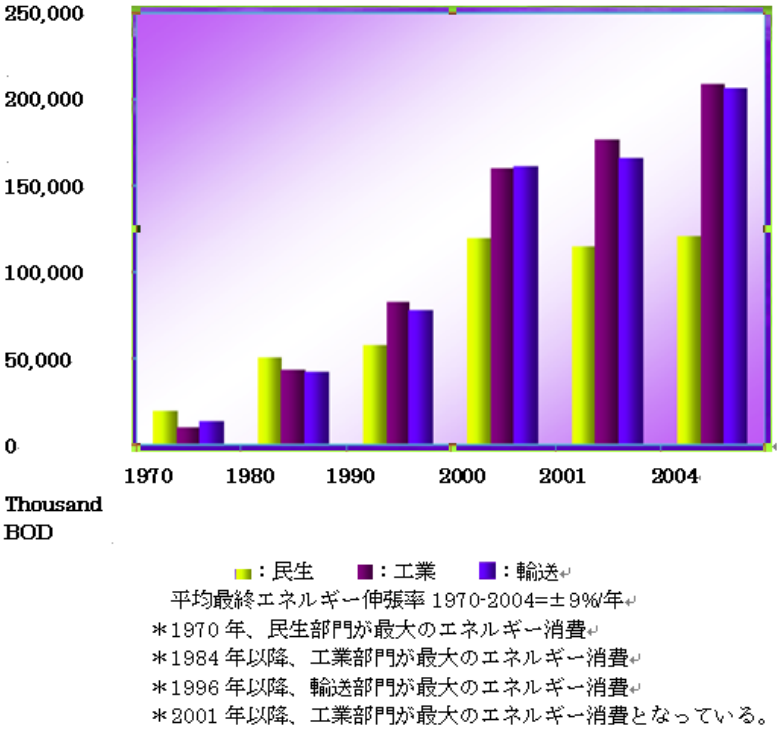


・エネルギー集約度
(TOE per million US$, price 1995)
日本 ： 90.31
インドネシア ： 504.46

・人口一人当りのエネルギー消費量
(TOE per capita)
日本 ： 4.07
インドネシア ： 0.535

出所：”Energy Conservation Efficiency Policies in Selected ASEAN Countries: Case of Indonesia”, 12-13 October 2006, Regional Asian Workshop on Energy Efficiency Policies of the World Energy Council(WEC)

図 5.2.2-13：最終エネルギーの部門別消費量の推移



出所：”Energy Conservation Efficiency Policies in Selected ASEAN Countries: Case of Indonesia”, 12-13 October 2006, Regional Asian Workshop on Energy Efficiency Policies of the World Energy Council(WEC)

表5.2.2-3：部門別省エネルギー・ポテンシャル(2002)

部門	総ｴﾈﾙｷﾞｰ消費 (1,000 BOE)	省ｴﾈﾙｷﾞｰ･ﾎﾟﾃﾝｼｬﾙ	
		(1,000 BOE)	(%)
工業	194.356	29.153 - 58.307	15 - 30
輸送	169.730	42.432	25
民生・商業	134.630	13.463 - 40.389	10 - 30

出所：”Energy Conservation Efficiency Policies in Selected ASEAN Countries: Case of Indonesia”, 12-13 October 2006, Regional Asian Workshop on Energy Efficiency Policies of the World Energy Council(WEC)

(1)　電力部門

①電力部門のエネルギーの多様化

インドネシアは、次ぎの様な取り組みによって、1980 年の 77%から 1998 年の 21%まで電力部門での石油利用の削減を実現した。

㋐石炭発電所の建設

㋑天然ガス発電所の建設（コンバインドサイクル技術を含む）

㋒地熱発電所の建設

㋓ガソリンを基本燃料として使用しないという取り組み。

1997 年の経済危機以降、ジャワ島へガスを運ぶためのインフラ（パイプライン）がないため石油利用率が再度上がった。　現在ガソリン石油の利用率は 30%である。　インドネシア政府は、これらの発電所が一貫して体系的に実施できれば 2010 年には 5%まで石油利用を削減できるとしている。

しかし、石油の代わりに石炭を主に使用していくことになるため、環境問題を打開することはできないことになる。

ジャワ島の環境問題を打開するために、1980 年代初頭からインドネシアはこの地域に原子力発電所を建設する計画があり、国際原子力機関と実現可能性を検討した結果、この地域が適切な場所であると結論付けられた。しかし、この計画の社会的な受入れの問題などにより 2016 年までにずれ込むことになると言われている。

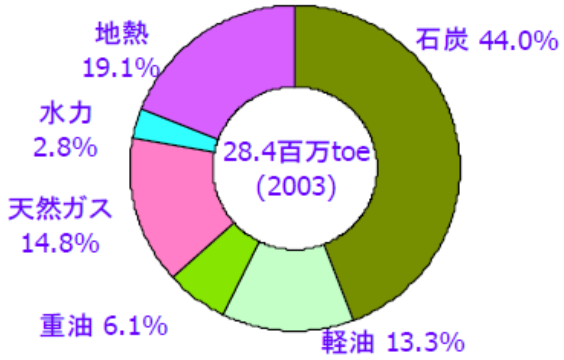
再生可能エネルギーや新しいタイプのエネルギーはまだ些細な部分を占めているに過ぎない。

②インドネシアの発電構成

インドネシア政府は第 10 次 5 カ年計画（2015～2019 年）で全村落の電化を計画している。　幹線電力網でカバーされない地方での電力供給は「ディーゼル発電＋ミニ・グリッド」による電力システムが主流で、かなりの量の石油を使用することになる。　電力公社（PLN）は「系統電源では今後石炭火力、ガス火力を優先する」方針を打ち出しているが、同時に、地方や島嶼部での電源としてはバイオや太陽光、小水力なども検討されている。

図5.2.2-14にインドネシアの電力用エネルギー構成、表5.2.2-4にエネルギー別設備発電能力、表5.2.2-5にインドネシアの再生エネルギー資源、および表5.2.2-6に国営発電プラントの設備能力を示す。

図5.2.2-14：インドネシアの電力用エネルギー構成



(原典)：”APERC Energy Statistics 2003”

出所：「インドネシアの石油・天然ガス：その現状と課題」
2006 年 8 月、(財)日本エネルギー経済研究所

表 5.2.2-4：エネルギー別設備発電能力(2004)

ｴﾈﾙｷﾞｰ	設備能力 (MW)	(%)
石油	16,818	40.1
天然ｶﾞｽ	10,210	24.3
石炭	9,124	21.7
水力	4,200	10.0
地熱	1,090	2.6
ﾊﾞｲｵﾏｽ	445	1.1
他の再生ｴﾈﾙｷﾞｰ	98	0.2
合計	42,059	100.0

出所：”Energy Conservation Efficiency Policies in Selected ASEAN Countries: Case of Indonesia”, 12-13 October 2006, Regional Asian Workshop on Energy Efficiency Policies of the World Energy Council(WEC)

表5.2.2-5：インドネシアの再生エネルギー資源(2005)

	ﾎﾟﾃﾝｼｬﾙ	相当量	利用中	設備能力
水力	845 mil. BOE	75.67 GW	6,8851 GWh	4,200 MW
地熱	219 mil. BOE	27.00 GW	2,593.5 GWh	800 MW
小/ﾏｲｸﾛ水力	458.75 MW	458.75 MW		54 MW
ﾊﾞｲｵﾏｽ		49.81 GW		302.4 MW
太陽光		4.8 kWh/m2/d (1,203 TW)		5 MW

風力		3-6 m/sec 9,287 MW		0.5 MW

出所：Energy Efficiency Opportunities and Investment in Indonesia (2005)

表 5.2.2-6：国営発電プラントの設備能力(2005)

発電	Outer Islands	Java-Bali	合計	%
水力	624	2,391	3,015	11.96
ｺﾝﾊﾞｲﾝﾄﾞ・ｻｲｸﾙ				
-ｶﾞｽ焚き	876	3,268	4,144	16.43
-石油焚き	---	2,717	2,717	10.77
ｽﾁｰﾑ				
-ｶﾞｽ焚き	---	1,000	1,000	3.97
-石油焚き	310	800	1,110	4.40
-石炭焚き	590	4,200	4,790	18.99
地熱	20	360	380	1.51
ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ	646	1,416	2,062	8.18
ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ	2,441	109	2,550	10.11
小計	5,507	16,261	21,768	86.32
IPP	195	3,255	3,450	13.68
合計	5,702	19,516	25,218	100

出所："Adopted from SA Aritonang, PT PLN (Persero) – 2005"

(2) 工業部門

工業部門はインドネシアの総 GDP 約 33.2%の貢献している。 エネルギー集約度の大きい工業は以下に示すものである。

㋐セメント、㋑肥料、㋒鉄鋼、㋓織物、㋔食品加工、㋕紙・パルプ、㋖鉱業、㋗金属

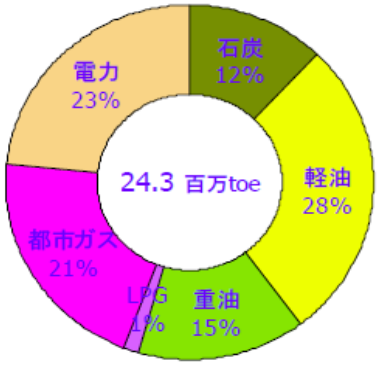
これらのプラントにおける、省エネルギー・ポテンシャルは少なめに見て 20%と言われている。 排熱回収ボイラー、廃熱利用による吸収冷凍、レキュペレーターなどの廃熱回収機器は既に市場で入手可能である。 高効率機器については高コストにため入手難となっている。

なお、これらのプラントでの電力消費はディーゼル発電による自家発電で賄っていて、8,420MW 以上になっている。 年間工業部門に 25,000GWh 以上の電力を供給している。 電力消費はモーターと圧縮機などの工業機器 70%、金属工業における溶解に 20%、照明と種々のプロセス機器に残りの 10%となってい

る。　工業部門では自家発用の軽油の消費が大きいのも特徴的である。　石油から石炭、天然ガスへの燃料転換が進められて、天然ガスがかなり利用されている。

図 5.2.2-15 に「工業部門のエネルギー消費内訳」を示す。

図 5.2.2-15：工業部門のエネルギー消費内訳



（原典）：”APERC Energy Statistics 2003”

出所：「インドネシアの石油・天然ガス：その現状と課題」
2006 年 8 月、(財)日本エネルギー経済研究所

7)　インドネシアにおける省エネルギー政策とエネルギー計画

(1)　省エネルギー政策

①省エネルギーに関する大統領令

1991 年には省エネルギーに関する大統領令 No.43/1991 が出されている。これは、全てのエネルギー使用者（鉱業、電力、輸送、工業、公共事業、貿易、不動産、ホテル、商業ビル、一般家庭）に対して、エネルギー効率改善策の実施を義務付けるものである。　さらに、1995 年に大統領令 No.43/1991 に記載されたそれぞれの所轄分野において、各関連部門別に実施するための指針となるよう、部門横断的な効率改善のためのマスタープランである「国家省エネルギー基本計画（National Energy Conservation Programme :RIKEN)」を発表し、実行に移されている。

本計画は、エネルギー鉱物資源省（MEMR）管轄下の電力・エネルギー開発総局（Directorate General of Electricity and Energy Development:DGEED）によって作成された。

省エネルギー関連法規の整備は、複数の関連政府機関の調整によって進められてきた。　エネルギー調整委員会（BAKOREN）が、エネルギー問題に関する一般的な政策ガイドラインを策定する役割を担うが、BAKOREN の組織下にあるエネルギー技術委員会（Technical Committee on Energy Resources

:PTE）が、BAKOREN に対し報告義務を負うと共に、インドネシアのエネルギー政策・計画や技術的諸問題を活発に議論するための場を提供する。　また、PTE の各種サブ委員会が CNG、価格設定、家庭用エネルギー消費、国内燃料消費等のその他の事項を取り扱う。　エネルギー効率基準及びラベリングについては、電力・エネルギー開発総局（DGEED）が、その計画とエネルギー基準を策定する責任を負っている。

エアコン、電気給湯器、テレビ、アイロンについての国レベルの最低エネルギー消費効率基準（MEPS）の策定が進められている。

②新国家エネルギー計画

2004 年 3 月に発表されたインドネシアの新「国家エネルギー計画(National Energy Plan)」は、同国経済の安定と発展の基本ともなるべきエネルギー安全保障の確立を目標とし、

㋐国内エネルギー供給の保証

㋑国内エネルギー資源の付加価値向上

㋒環境保護と持続可能なエネルギー管理

㋓貧困層や後進地域の手の届くエネルギー供給の実現

㋔自立に向けた資金・技術・人材などの国内能力の開発

をその使命としている。

この使命を実行するための政策として、供給サイドではエネルギー供給能力の向上、エネルギー生産の最適化、省エネルギー、消費サイドではエネルギー利用の効率化、エネルギー資源の多角化を図るものとし、同時に環境問題や貧困層への配慮を行うとしている。

2005 年に入ると、国家エネルギー計画の実行プランとして「Detail Blueprint」が作成された。この新「国家エネルギー政策」および「Detail Blueprint」には多くの具体的方策が盛り込まれており、そのうち石油と天然ガスに関係する事項を表 5.2.2-7 に示した。

なお、表 5.2.2-8:インドネシアにおける省エネルギーに関する法律を示す。

表5.2.2-7：国家エネルギー政策における石油・天然ガスに関する事項

項目	内容
目標	・経済の効率的運用に向けて市場経済化をリードするビジネスの役割の増進 ・輸出向けエネルギー開発、国内消費者向けエネルギー利用基盤の増強 ・国内外で戦略的パートナーシップを強化 ・外国依存の低減とローカルコンテントの増強
戦略	・国内/輸出間の価格差是正 ・エネルギーマスタープラン策定の支援 ・生産者から消費者までの市場メカニズム導入 ・大規模開発における民間と政府の役割分担 ・民間によるエネルギー開発への支援 ・技術開発・人材育成の推進 ・エネルギー関係者の協調体制の確立 ・エネルギー関連部門における経営管理能力の育成
行動計画 石油	・一次エネルギーの埋蔵量・生産量増強 ・二次、三次回収拡大による石油の増産 ・生産分与契約の調整やインセンティブ付与による限界石油鉱区の開発促進 ・石油埋蔵量の可能な限りの維持
行動計画 ガス	・エネルギー供給確保のための国内・海外ガス資源へのアクセスの強化 ・インセンティブ付与によるガスの埋蔵量・生産量の増強 ・LNG 基地、CNG 輸送設備、ガス配送網の建設によるガス供給量の増加 ・小規模 LNG、液化技術などの新分野における研究・技術開発 ・ガス供給システム建設に見合う経済価値を実現するガス価格の適用 ・国内企業による国内市場への供給義務 ・ガスの国内供給優先順位（肥料用、発電用、国営ガス会社、工業用）の最適化。 ・小規模 LNG/LPG によるフレアーガスの最適利用
行動計画 石油製品	・国内需要を充足する石油精製能力の増強 ・市場メカニズムによる石油製品価格の決定 ・下流分野における発電機能の増強と透明な競争の実現 ・生産部門と物流部門での市場メカニズムによる取引
行動計画 ガスパイプライン	・国内ガス輸送システム確立のためパイプライン建設の継続 ・LNG 基地、CNG 輸送設備、ガス配送網の建設によるガス供給量の増加 ・パイプラインが建設できない地域には CNG で対応 ・経済原則に沿ってパイプラインによるガス輸送・託送料金を決定 ・LNG と LNG 受け入れ基地をジャワのガス需要の高い地域に建設 ・ASEAN ガスパイプライン計画の推進
行動計画 天然ガス・	・天然ガスが供給できない地域での LPG 供給の増強 ・政府は LPG の品質管理体制を確立

項目	内容
LPG	・LPG、DME、GTL 製品等の推進 ・輸送部門での石油消費の抑制と LPG、ガスの利用促進 ・製品ガスの規格を整備し、ガス、LPG 取引の競争を加速
行動計画 電気・電化	・パイプラインネットワークによる天然ガス・LPG 利用の発電所の増強 ・再生可能エネルギーによる発電の増強、発電燃料の多様化と石油消費の削減。 ・低品位炭を利用した山元発電の増強 ・遠隔地での発電電力の近隣諸国への輸出 ・小規模ガス発電機器の開発 ・コージェネレーション、燃料電池などの新しい発電技術利用の開発 ・環境保護を目的とした発電オペレーション手法の確立
行動計画 民生商業部門	・天然ガスと石炭の利用促進 ・石炭やブリケットを輸送する道路や貯蔵所の建設 ・省エネタイプの機器の推奨 ・省エネ機器情報の消費者への伝達 ・　天然ガス消費への転換推進のための輸送技術や小規模貯蔵施設などの開発
行動計画 工業部門	・自家発電から電気事業者から買電への切り替え促進 ・ガス利用工場への支援 ・石油代替を目的とするガス利用の研究、開拓、促進 ・コージェネレーションタイプの発電装置の利用促進 ・無電化地域でのローカルエネルギーの利用促進 ・茶製造、ゴム工場、温室農園などの小規模工場でのブリケットの利用
行動計画 運輸部門	・CNG、LPG を利用した陸上交通システムの促進 ・LNG、DME、ガス・ハイドレートなどの石油代替エネルギーの利用促進 ・バイオディーゼル燃料の開発。 ・都市での公共交通機関用に電気自動車システムを開発 ・自動車の燃費基準の設定

出所：「インドネシアの石油・天然ガス：その現状と課題」
2006 年 8 月、(財) 日本エネルギー経済研究所

表 5.2.2-8：インドネシアにおける省エネルギーに関する法律

日付	名称等	発令者･組織	主な内容
1982.4.7	省ｴﾈﾙｷﾞｰに関する大統領指示 1982 年 9 号	大統領指示	1 条：ｴﾈﾙｷﾞｰの効率的かつ合理的使用を通達 2 条：政府関連機関の事務所・建物の証明、空調、設備・付属品、自動車を対象 省ｴﾈﾙｷﾞｰの方法は、鉱業･ｴﾈﾙｷﾞｰ大臣が規定する。
1991.9.25	ｴﾈﾙｷﾞｰの保存に関する大統領令 1991 年 43 号	大統領令	国家ｴﾈﾙｷﾞｰ調整庁(BAKOREN)に関する 1980 年 46 号大統領令に鑑み、 2 条：エネルギー保存の目的は、ｴﾈﾙｷﾞｰ供給能力及びｴﾈﾙｷﾞｰの能率的・公平な使用、エネルギー源の連続性を実現するため、技術の選択、ｴﾈﾙｷﾞｰの能率的･合理的・賢明な利用の政策を通じて、ｴﾈﾙｷﾞｰ源の形における天然資源の連続性を維持すること。 3 条：賢明な方法によるｴﾈﾙｷﾞｰ動力源の利用、全国的なｴﾈﾙｷﾞｰ能率化の改善

			5 条：ｴﾈﾙｷﾞ―源を能率的及び効率的に利用することは義務である。 7 条：ｴﾈﾙｷﾞ―保存の目的の実現を激励するため、投資ｸﾚｼﾞｯﾄ、ｴﾈﾙｷﾞｰの価格もしくは料金の分野において各種の政策が実施される。 8 条：鉱業･ｴﾈﾙｷﾞｰ大臣は、BAKOREN 長官の資格において、ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ作成、技術選択、エネルギー利用・保存の実施における監督に関して、他大臣や関係政府機関長官との間で調整する。 9 条：必要な規定は、BAKOREN 長官の資格における鉱業・エネルギー大臣が定める。
1995	国家省ｴﾈﾙｷﾞｰ 基本計画		ｴﾈﾙｷﾞｰ効率改善ﾏｽﾀｰﾌﾟﾗﾝ
1995	ｴﾈﾙｷﾞｰ鉱物資源大臣法 110.K/48/MPE/1995	ｴﾈﾙｷﾞｰ鉱物資源大臣 決定	On National Master Plan of Energy Conservation (RIKEN) 1995 and 2005 (Revised). Obligation for energy user that consumes energy > 12,000TOE/y or electricity > 6,000kVA
2004.2	国家ｴﾈﾙｷﾞｰ政策 (2003-2020)	ｴﾈﾙｷﾞｰ鉱物資源省	安全で持続的なｴﾈﾙｷﾞｰの供給と効率的なｴﾈﾙｷﾞｰ利用を目的として制定。 目標としては、2020 年に電化率 90%達成、再生ｴﾈﾙｷﾞｰ利用 5%以上、ｴﾈﾙｷﾞｰ集約度 1%/年削減、等。 ｴﾈﾙｷﾞｰ法、鉱業法、投資法の制定を計画。 政策立案の担当省局を規定。ｴﾈﾙｷﾞｰ鉱物資源省。 ｴﾈﾙｷﾞｰ利用として、石油代替ｴﾈﾙｷﾞｰ（天然ｶﾞｽ、石炭）利用、省ｴﾈﾙｷﾞｰ、ｴﾈﾙｷﾞｰ管理に言及。 減税など、新ｴﾈﾙｷﾞｰ・再生利用ｴﾈﾙｷﾞｰに対しての法律や大統領令の制定などの記載あり。
2004	再生可能ｴﾈﾙｷﾞｰ化衣鉢及び省ｴﾈﾙｷﾞｰ政策 （ｸﾞﾘｰﾝｴﾈﾙｷﾞｰ開発）に関するｴﾈﾙｷﾞｰ鉱物資源大臣令	ｴﾈﾙｷﾞｰ鉱物資源大臣	
2005.7.10	省ｴﾈﾙｷﾞｰに関する大統領指示	大統領指示	第 1：各機関、国有・公営企業、政府、地方政府、公営企業は、省ｴﾈﾙｷﾞｰ対策を実施すること。

	2005 年 10 号		第 2：州知事、県知事、市長は省ｴﾈﾙｷﾞｰを呼び掛け、普及させる。 第 3：ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞを行い、半年に 1 度ｴﾈﾙｷﾞｰ鉱物資源大臣を通じて大統領に報告する。 第 4：ｴﾈﾙｷﾞｰ鉱物資源大臣は、省ｴﾈﾙｷﾞｰの具体策を立てるとともに、省ｴﾈﾙｷﾞｰ実施に対する具体策の実施を推進･指導する。
2005.7.22	省ｴﾈﾙｷﾞｰ実施の具体策に関するｴﾈﾙｷﾞｰ鉱物資源大臣令 2005 年 31 号	ｴﾈﾙｷﾞｰ鉱物資源大臣決定	大統領指示 2005 年 10 号を踏まえたもの。 2 条：商用建物の具体的策（ｴｱｺﾝは 25℃以上、照明は 15 ﾜｯﾄ/平方米以下） 3 条：官公庁建物の具体策（ｴｱｺﾝ、ｴｽｶﾚｰﾀｰ、ｴﾚﾍﾞｰﾀｰの運転時間を減らす。ｴｱｺﾝは 25℃以上、電灯の照度を下げる） 4 条：家庭の具体策（省ｴﾈﾙｷﾞｰ電灯への切り替え、電力使用ﾋﾟｰｸ時の使用量 50 ﾜｯﾄ以上減らす、ｴｱｺﾝは 25℃以上） 5 条：運輸部門の具体策（2,000cc 以上の自家用車はﾊｲｵｸﾀﾝｶﾞｿﾘﾝ使用、公共自動車はｶﾞｽ燃料使用に努める） 6 条：産業部門等具体策（ｴﾈﾙｷﾞｰ使用監視を強める、省ｴﾈﾙｷﾞｰ製品及び技術を使用する） 7 条：その他の具体策（公道の照明･広告灯の節約､ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機追放）
2006.1.25	国家ｴﾈﾙｷﾞｰ政策に関する大統領令 2006 年 5 号 (Presidential Regulation for Energy Policy No.5/2006)	大統領令	2 条：2025 年にｴﾈﾙｷﾞｰ弾性値 1 未満を達成、2025 年に最適な 1 次ｴﾈﾙｷﾞｰﾐｯｸｽ実現の目標（石油 20%未満、ｶﾞｽ 30%以上、石炭 33%以上、ﾊﾞｲｵ燃料 5%以上、地熱 5%以上、その他 5%以上、液化石炭 2%以上） 3 条：主要政策として、省ｴﾈﾙｷﾞｰの実施､ｴﾈﾙｷﾞｰ利用効率化など。 4 条：ｴﾈﾙｷﾞｰ鉱物資源大臣は国家ｴﾈﾙｷﾞｰ調整庁との協議の後、国家ｴﾈﾙｷﾞｰ管理計画を定める。 5 条：ｴﾈﾙｷﾞｰ価格は段階的に経済価格へと徐々に調整させる。 6 条：省ｴﾈﾙｷﾞｰ実施者等に便宜及びｲﾝｾﾝﾃｲﾌﾞを供与できる。詳細規定は関係大臣の大臣令で定める。
2007.8.10	Energy Law	国民議会・大	2 条：ｴﾈﾙｷﾞｰ価格は公平な経済価値に基づき定める。

	No.30/2007 ｴﾈﾙｷﾞｰに関するｲﾝﾄﾞﾈｼｱ共和国法律 2007 年 30 号（いわゆる「エネルギー法」）	統領承認による法律	11 条：国家ｴﾈﾙｷﾞｰ政策は国民議会承認を得て政府が定める。 12 条：国家ｴﾈﾙｷﾞｰ審議会の設立（議長：大統領）、審議会委員は外部からの委員も含まれる。国家ｴﾈﾙｷﾞｰ審議会は、国家ｴﾈﾙｷﾞｰ総合計画を制定する。 17 条：政府は国家エネルギー総合計画を策定する。 18 条：地方政府は国家ｴﾈﾙｷﾞｰ総合計画に準拠しつつ地方ｴﾈﾙｷﾞｰ総合計画を策定する。 20 条：新・再生ｴﾈﾙｷﾞｰ利用について、経済価格に到着するまでの期間、便宜及び/またはｲﾝｾﾝﾃｨｰﾌﾞを得ることができる。 22 条：便宜/ｲﾝｾﾝﾃｨﾌﾞ供与に関する詳細規定は政令及び/または地方条例で定められる。 25 条：省ｴﾈﾙｷﾞｰを実施する利用者及び省ｴﾈﾙｷﾞｰ機器製造者は、政府及び/または地方政府から便宜および/またはｲﾝｾﾝﾃｨﾌﾞが与えられる。 31 条：国家ｴﾈﾙｷﾞｰ調整委員会(BAKOREN)は、国家ｴﾈﾙｷﾞｰ審議会設立まで、 33 条：実施規定は、本法律の法制化から 1 年以内に定められること。
2007	Energy Conservation Program in Industry 2007		
2008.8	省ｴﾈﾙｷﾞｰ法		エネルギー法 2007 年 30 号に基づき、策定中

作成：日本ﾌﾟﾗﾝﾄ協会

③省エネルギー促進上の問題点

インドネシアにおいて省エネが進まない要因として以下の点が挙げられている。

㋐安価なエネルギー価格：政府のエネルギー価格に対する補助金によって、市場価格と大きく乖離した安いエネルギー価格体系になっていること。この補助金については、IMF との合意に基づき、漸次削減・撤廃する計画であるが、まだ未実施である。

㋑エネルギー効率改善技術の不足：ローカル産業での旧式なエネルギー効

率の悪い機器やプロセスの使用とその改善に係る技術知識の不足
㋒財政面の欠如：ローカル産業における財政能力の不足
㋓インフラ面の不備：例えば公共交通システムの不備
㋔省エネルギー推進についての適切な法整備・優遇制度/抑制制度の不備
なお、インドネシアの工業部門および民生・商業部門における省エネルギーに関し、次ぎの課題があるとされている。

工業部門：
㋐ボイラ及び蒸気利用設備のエネルギー効率向上
㋑コジェネレーションシステム導入によるエネルギー効率向上
㋒インバーター駆動モーターの普及による効率向上
㋓電力の力率改善（力率改善のためのコンデンサー設置）
㋔冷凍・冷蔵用設備及び管理方法の改善（高効率なコンプレッサーの採用及び断熱効果の良い本格的な冷凍・冷蔵設備）

民生及び商業部門：
㋐照明効率向上
㋑空調システムのエネルギー改善

5.2.2.2 インドネシアにおける環境事情

1) 環境問題の現状

インドネシアでは、水質汚濁をはじめとする各種の環境汚染のほか、急速な熱帯林減少に代表される自然環境の破壊、そして飲料生活用水の汚染等による環境衛生問題など、多くの環境問題が山積している。

(1) 水質汚濁問題

大規模な工場の場合は排水処理設備を持ち、処理設備の適切な運転管理も行われているが、中小規模工場の場合はほとんどが排水規制はあっても排水処理設備を設置しておらず、一般的に工場排水はそのまま河川に放流されているのが現実となっている。　このため有機物はもちろん重金属などによる河川の汚染が著しいものとなっているほか、河川が流れ込む海域の水質汚濁にも拍車をかけている。

(2) 大気汚染問題

他の開発途上国と同様、インドネシアの大気汚染は人口の集中が続く大都市部を中心に顕在化している。　しかし産業活動による大気汚染については局地的なものを除いてこれまで大きな問題にはなっていない。　これはインドネシアが石油産出国であり、工場等の燃料に比較的硫黄分の少ない石油を

使えたことなどが幸いしたといえる。

一方、多くの人口を抱え急激に自動車が増えているジャカルタ首都圏やスラバヤ等の大都市部では、自動車の排気ガスが原因とみられる大気汚染が年々深刻化しており、すでに二酸化窒素（NO2）と粉じんについては大気環境基準を超える値が観測されている。　自動車用のガソリンには通常有鉛ガソリンが使用されていること、排ガス対策の難しい古い自動車が多いことなどを背景に自動車排気ガスによる健康被害の発生も懸念されている。

ただし、大気汚染については、環境基準、工場と自動車からの排出基準は決められているものの、現状ではジャカルタなど一部地域を除いては大気汚染物質のモニタリングはほとんど実施されておらず、全国的な大気汚染の実態は把握されていない。　また環境行政の優先度も現状では水質汚濁に比べて低く、したがって、企業の環境対策の取り組みでも、大気汚染対策の優先順位は低いものとなっている。

2)　環境保全施策の全般的状況

インドネシアでは、経済発展に伴って深刻化する様々な環境公害問題の発生を受けて、環境法体系や規制基準等がかたちの上では整備されている。

また環境管理庁を中心にいくつかの環境改善プログラムやプロジェクトが動き出してはいる。

(1)　環境行政組織

インドネシアの環境施策には環境省のほか、工業省や保健省など 16 省が関係しているが、環境行政の中心にあるのは環境省と 1990 年に大統領令によって設置されその後 1994 年に機能強化が図られた「環境管理庁」（Badan Pengendalian Dampak Lingkungan = BAPEDAL）である。

通常は環境省の大臣が環境管理庁の長官を兼ねることが多く、環境省が環境政策の立案を行い、環境管理庁が具体的な環境公害対策の実施や環境監視と規制などを行っている。　現在環境管理庁が重点的に進めている事業は、河川浄化プログラム（通称 PROKASIH）、大気浄化プログラム（LANGIT BIRU）、環境影響評価（AMDAL）の実施、有害廃棄物対策の推進などであるが、本格的な発生源対策への取り組みはまだこれからといったところである。

(2)　環境法令と環境保全施策

インドネシアでは環境法令が大変良く整備されている。 環境施策全体の基本法である環境管理法から水質汚濁、大気汚染、廃棄物、環境アセスメントなどに関わる各種の法令、騒音、振動、悪臭に関する基準まで、先進諸国レベルの環境法体系が整えられている。　しかしそのほとんどは、欧米先進国の法律や基準等をそのまま取り入れたものである。

①水質基準

水質保全対策としては、1974 年の水資源開発法に基づき、水質基準を設定する水質規制案が示されたが、その後河川や海域の水質の現状や利用目的等から新たな水質環境基準が設定されている。　例えば、地下水を除く陸上の水資源については、1990 年第 20 号政令（1990 Control of Water Pollution）で利水用途に対応した 4 類型（㋐：飲用、㋑：処理飲用、㋒：水産・家畜用、㋓：農工・水力発電用）が設定され、海水については、1988 年人口環境大臣執行命令によって利水用途に応じて6 類型が定められている。　一方、排水基準については、1988 年人口環境大臣執行命令により、全ての業種に一律の基準値が設定されていたが、1991 年 2 月に適用可能な技術水準を前提とした新たな排水基準値が公表されている。

この新排水基準値は、21 業種によって分割され、業種ごとに生物化学的酸素要求量（BOD)、化学的酸素要求量（COD)、総合懸濁物質（TSS)、pH 等の 18 項目が製造量あたりの基準値として設定されている。

②大気基準

大気環境基準および排出基準は、1988 年の人口環境大臣告示により定められている。　大気環境基準は、8 つの大気物質（SO2、CO、NOx、O3、鉛、H2S、アンモニア等）について基準値が設定されたが、水質と同様な類型の区分は設定されておらず、この値を指針として地域ごとの大気データに基づいて基準値が定められている。

1990 年には BAPEDAL によりインドネシア国内の都市部を中心に深刻な問題となっている「大気汚染」問題の原因を分析し、施策を講じることによって環境の改善を図るためのブルー・スカイ計画（Blue Sky Program）が立案され、1992 年 7 月に導入された。　同計画の主な目的は、自動車の使用制限や燃料の改善（特に大都市における無鉛ガソリンの導入)、工場での排気ガスのクリーン化・削減を目指す技術革新を促進するとともに、排気ガスの削減目標の策定、環境改善のための法整備などを行うことを目指している。　しかし、現時点ではジャカルタ首都圏およびその他の大都市での無鉛ガソリンの導入が進められたにも拘わらず、この計画による効果が十分に現れていないといわれている。

表5.2.2-9に、インドネシアの主な環境関連法規を示す。

表5.2.2-9：インドネシアの主な環境関連法規

法律
環境管理法（法律第 23 号，1997）
政令
水質汚濁の防止に関する政令（政令第 20 号，1990）
環境影響評価に関する政令（政令第 51 号，1993）
有害廃棄物の管理に関する政令（政令第 19 号，1994）
大統領令
環境管理庁に関する大統領令（大統領令第 77 号，1994）
大臣令
【水質関係】
産業排水の基準に関する環境担当国務大臣令（NO.KEP-51/MENLH/10/1995）
【大気関係】
固定発生源に係る排出基準に関する環境担当国務大臣令（NO.KEP-13/MENLH/3/1995）
ブルースカイプログラムの実施に関する環境担当国務大臣令（NO.KEP-15/MENLH/4/1996）
ブルースカイプログラムの実施における一級自治体に対する優先地域の指定に関する環境担当国務大臣令（NO.KEP-16/MENLH/4/1996）
【騒音・振動・悪臭関係】
振動の基準に関する環境担当国務大臣令（NO.KEP-49/MENLH/11/1996）
悪臭の基準に関する環境担当国務大臣令（NO.KEP-50/MENLH/11/1996）
【環境影響評価関係】
環境影響評価が必要とされる事業及び活動の種類に関する環境担当国務大臣令（NO.KEP-11/MENLH/3/1994）
環境管理の手続きき及び環境監視の手続きのための一般指針に関する環境担当国務大臣令（NO.KEP-12/MENLH/3/1994）
環境影響評価委員会の構成及び運営手続きのための指針に関する環境担当国務大臣令（NO.KEP-13/MENLH/3/1994）
環境影響評価の準備のための一般指針に関する環境担当国務大臣令（NO.KEP-14/MENLH/3/1994）
統合された活動及び複数の部門にまたがる活動に係わる環境影響評価委員会の設立に関する環境担当国務大臣令（NO.KEP-15/MENLH/3/1994）
著しい影響の確定のための指針に関する環境担当国務大臣令（NO.KEP-56/1994）
【その他】
環境基準の設定のための指針に関する人口環境担当国務大臣令

(KEP-02/MENKLH/1/1998)
環境監査の実施のための一般指針に関する環境担当国務大臣 (KEP-42/MENLH/11/1994)
環境管理庁長官告示
【有害廃棄物関係】
有害廃棄物の保管及び収集に係る手続き並びに必要事項に関する環境管理庁長官告示 (NO.KEP-01/BAPEDAL/09/1995)
有害廃棄物管理票に係る手続き及び必要事項に関する環境管理庁長官告示 (NO.KEP-02/BAPEDAL/09/1995)
有害廃棄物の処理に係る技術的必要事項に関する環境管理庁長官告示 (NO. KEP-03/BAPEDAL/09/1995)
処理された有害廃棄物の処分及び処分場に係る手続き並びに必要事項に関する環境管理庁長官告示 (NO.KEP-04/BAPEDAL/09/1995)
有害廃棄物に係る記号及び管理表に関する環境管理庁長官告示 (NO.KEP-05/BAPEDAL/09/1995)

出所：「インドネシアにおける環境問題の現状と法規制等の動向」、環境省

5.2.2.3　日本による環境・省エネルギー関連プラント導入に向けた協力の状況

1)　日本による協力

(1)　インドネシアに対する環境協力

2004 年 11 月に我が国が策定した「対インドネシア国別援助計画」では、インドネシアの中期開発計画（2004～2009 年）との整合性を確保し、「民間主導の持続的な成長」、「民主的で公正な社会造り」、「平和と安定」の 3 分野を援助重点分野と定めている。

(2)　日インドネシア EPA 大筋合意

2006 年 11 月 28 日、2005 年 7 月に交渉が開始した日インドネシア EPA 交渉は、安倍総理、ユドヨノインドネシア大統領会談時に大筋合意に達し、共同で発表。

㋐日インドネシアの持続的な経済成長のためにエネルギー・鉱物資源が戦略的に重要であることを踏まえ、我が国の EPA において、初めてエネルギー章を作成。

㋑以下の枠組みを導入することで基本的に合意

-インドネシアにおける投資環境の整備

-輸出規制等の政策変更時における政府間の通報・協議等安定供給確保のための対応

-EPA 下でエネルギー・鉱物資源小委員会を設置
-具体的な協力案件の実施

(3) 安倍総理・ユドヨノ大統領首脳共同声明

2006 年 11 月 28 日、安倍総理とユドヨノインドネシア大統領は、両国の互恵的関係を深化・拡大させるため、共同声明－平和で繁栄する未来に向けての戦略的パートナーシップに署名（於：東京)。

㋐エネルギー安定供給:液化天然ガスの安定供給にかかる重要性を共有し、ユドヨノ大統領は、現行契約を尊重し、エネルギー安定供給強化のため一層緊密な協力関係を発展させることを表明。

㋑エネルギー協力：エネルギー協力の重要性で一致。安倍総理より、石炭クリーン利用、エネルギー効率向上、及び安全性等を踏まえた原子力発電導入促進への協力意図を表明

(4) 甘利経済産業大臣・プルノモエネルギー鉱物資源大臣「エネルギー鉱物資源協力に関する共同声明」

2006 年 11 月 28 日、甘利経済産業大臣とプルノモ尼エネルギー鉱物資源大臣間で署名（於：東京)。

㋐インドネシアから日本への LNG の長期かつ安定的な供給の重要性を強調。

㋑以下 7 分野の協力の推進

-石油・天然ガス協力
-発電プラント建設等電力部門の協力
-原子力発電の導入に向けた協力(*)
-石炭液化の商業化に向けた技術支援等石炭のクリーン利用に関する協力
-省エネルギーの推進のための制度構築支援等の協力
-GTL、CBM、バイオマス由来燃料、地熱発電等のクリーン・エネルギー分野での協力
-鉱物資源協力

(*)日インドネシア原子力発電計画への協力

インドネシアは、2025 年までに、4 基の原子力発電所を建設する計画を有している。 2006 年 1 月に大統領令として制定された「国家エネルギー総合計画」では、2025 年における原子力を含む再生可能エネルギーのシェアは 5%と予測している。

こうした状況を踏まえ、インドネシアに対し、日本としては、安全規制体系や核不拡散体制の制度整備への支援、人材育成の積極的な協力、

官民の対話の場の設定に取り組んできており、2006年7月に、経済産業大臣政務官からインドネシアのエネルギー鉱物資源大臣に対して原子力の導入についての支援意図を表明、同年8月に、経済産業大臣が同大臣に対して支援意図を表明した。

2) 多国間枠組みにおけるエネルギー協力

(1) 東アジア首脳会議（インドネシアはASEANメンバー国）

2007年1月15日にフィリピン・セブにおいて第2回東アジア首脳会議(EAS)が開催され、EAS加盟国（ASEAN各国、日、中、韓、印、豪、NZ）の各国首脳が「エネルギー安全保障に関するセブ宣言」に署名しました。 セブ宣言には、省エネ分野において、EAS 加盟各国が省エネ目標・行動計画を自主的に策定すること等が盛り込まれている。 また、安倍総理から提案した日本のエネルギー協力イニシアティブは各国から歓迎され、議長声明にもその旨が明記されました。

今後は、この安倍イニシアティブに基づき、省エネ（アジア・省エネルギー協力センター設置、5年で1,000人の研修生受入れ、500人の専門家派遣など)、バイオマスエネルギー、石炭のクリーン利用、エネルギー貧困解消について協力していくこととなる。

① エネルギー安全保障に関するセブ宣言

㋐省エネ分野の国際協力を強化し、具体的行動を実施。各国毎に省エネ目標と行動計画を自主的に策定。

㋑バイオ燃料の利用促進。バイオ燃料の自由貿易促進と燃料の規格策定に向けた作業を実施。

㋒バイオ燃料を含む新・再生可能エネルギーの研究開発に共同して努力。

㋓石炭のクリーン利用技術の開発・普及と、気候変動緩和に関する国際協力を促進。

㋔戦略的燃料備蓄のあるべき形態を探求。等

② 日本のエネルギー協力イニシアティブ

㋐省エネルギー推進

今後5年間で域内から1,000名の研修生を受入れ、500名の専門家を派遣

㋑「アジア・省エネ協力センター」を設置

㋒円借款及びJBICの投資金融等を積極活用

㋓バイオマスエネルギーの推進

-バイオ燃料の共同研究実施のため「アジア・バイオマスエネルギー研究コア」を設置。

-今後5年間で500名の研修生を受入れる。

-政策・技術のベストプラクティスに関するセミナーを開催。

-「アジア・バイオマスエネルギー協力推進オフィス」を設置。

㋑石炭のクリーンな利用

-「石炭液化支援センター」を建設し、石炭液化の普及と専門家育成を実施。

-クリーンコールテクノロジー協力を実施。

㋒エネルギー貧困の解消

㋓今後3年間でエネルギーアクセス改善や省エネ対策等のため、20億ドル規模のエネルギー関連ODAを実施。

(2) アジア産消国ラウンドテーブル

第1回は、2005年1月、ニューデリーにおいて開催した。 2007年5月、サウジアラビアのリヤドにおいて、第2回アジア産消国ラウンドテーブルが開催され、甘利大臣は、同国のナイミ石油鉱物資源大臣とともに共同議長を務めた。 次回会合は、2009年に日本において開催が予定されている。

本会合は、石油の需要が急増しているアジアの主要消費国と、中東湾岸国をはじめとするアジアの産油国・産ガス国との間で、地域の課題に焦点を当てた対話と信頼関係構築を行う重要なもの。

［参加者］

サウジアラビア、日本、バーレーン、ブルネイ、中国、インド、インドネシア、イラン、イラク、韓国、クウェート、オマーン、パキスタン、フィリピン、カタール、タイ、UAEの17ヵ国のエネルギー大臣、IEA、IEF、OPECの3国際機関の事務局長。

［成果］

甘利大臣は、フレアガス削減等を例に、「限りある資源を有効かつ効果的に活用するためにも、省エネルギーが必要」と繰り返し発言し、これを受けて、議長間でとりまとめられた共同声明に、「産油国、消費国ともに自主的な省エネルギー目標や省エネルギー行動計画を策定すべきこと」が盛り込まれた。 これは第2回東アジアサミット・セブ宣言（1月15日）における省エネ目標・行動計画策定を、（これまで省エネルギー政策に消極的であった）産油国も含め、アジア全域に拡大するものである。

省エネのほか、エネルギー分野の投資拡大及び自由・競争的かつ透明な石油・天然ガス市場の重要性、炭素隔離貯蔵（CCS）等の技術を活用した環境保護や気候変動問題への対応の必要性も共同声明に盛り込まれた。

［共同声明抜粋］

㋐各国が自主的に省エネルギー目標や省エネルギー行動計画を国全体又は部門別に設定することや、省エネルギーに関するベストプラクティ

スの共有を行う等の方策を通じ、エネルギー輸入国だけでなく、エネルギー輸出国においても、エネルギー効率の改善を促進する。

㋑エネルギー産業が直面する、環境保護や気候変動等の諸問題に対応するべく、炭素隔離貯蔵（CCS）等の技術的な解決を支援する。

－参照資料－

1. 「アジア省エネルギー協力の基本的考え方　～アジア・省エネルギー・プログラム～」、資源エネルギー庁
2. 「エネルギー分野の協力に関する調査報告書」、平成 18 年 3 月、(財) 日本国際フォーラム
3. 「エネルギー白書(2007)」、資源エネルギー庁
4. 「地球温暖化とエネルギー　－持続可能な社会に向けた衡平な負担－」、日本学術会議
5. 「エネルギー分野の協力に関する調査報告書」、平成 18 年 3 月、(財) 日本国際フォーラム
6. 「インドネシアの石油・天然ガス：その現状と課題」、2006 年 8 月、(財) 日本エネルギー経済研究所
7. 「Energy Conservation Efficiency Policies in Selected ASEAN Countries: Case of Indonesia」, 12-13 October 2006, Regional Asian Workshop on Energy Efficiency Policies of the World Energy Council (WEC)
8. 「Energy Efficiency Opportunities and Investment in Indonesia (2005)」
9. 「インドネシアにおける環境問題の現状と法規制等の動向」環境省
10. 「インドネシアの持続可能開発に対するエネルギー政策」、Zuhal
11. 「タイ、インドネシアの環境政策の現状」、2004 年 11 月、財) 日本エネルギー経済研究所
12. 「インドネシアに対する新 JICA の環境協力戦略」、(独) 国際協力機構
13. 「省エネルギーにおける日本の国際協力と ECCJ の活動」、2008 年 11 月 21 日、(財) 省エネルギセンター
14. 「アジア・エネルギー外交」、資源エネリギー庁
15. 「資源エネルギー庁アジアを中心とするエネルギー協力」、2007 年 5 月
16. 「インドネシアにおける石炭産業の現状および将来」、2008 年 9 月 4 日

インドネシア石炭鉱山協会

5.2.3　ベトナム

5.2.3.1　ベトナムのエネルギー事情

ベトナムのエネルギー全体を概観すると、電力、石炭、石油ガスの需要はいずれも年間 13-15%の伸びを示しており、今後についても年 10%前後の成長を見込んでいる。　ベトナムの国内エネルギー資源は北部に石炭、南部に石油ガス、及び北中南部に水力ポテンシャルが豊富にあり、電源設備構成もそれを反映して、水力が 40%、ガスが 40%、石炭が 6%を占めている。　電力需要の増大には、全国的に水力発電所の新設、北部での石炭火力発電所、南部でのガス火力発電所の新設で対応する方向である。

石炭生産量は近年大きく伸びていて、2005 年では約 3,400 万トン、2006 年は 7%増の 3,640 万トンを見込んでいる。　国内需要と輸出量の増加が要因である。

国内用途は発電、セメント、製紙、製鉄である。　2010 年の石炭生産量は 4,000 万トンを目標にしている。　一方、2005 年の原油生産量は 1,800 万トンで、2006 年は 2005 年と同じ 1,800 万トンを見込んでいる。　また、2005 年の石油製品輸入量は 1,130 万トンに達し、2004 年より 2.6%増加した。　国内の主要なガス用途は発電及び窒素肥料製造であり、2006 年のガス生産量は 790 億㎥を見込んでいる。

1)　エネルギー資源

(1)　石炭資源

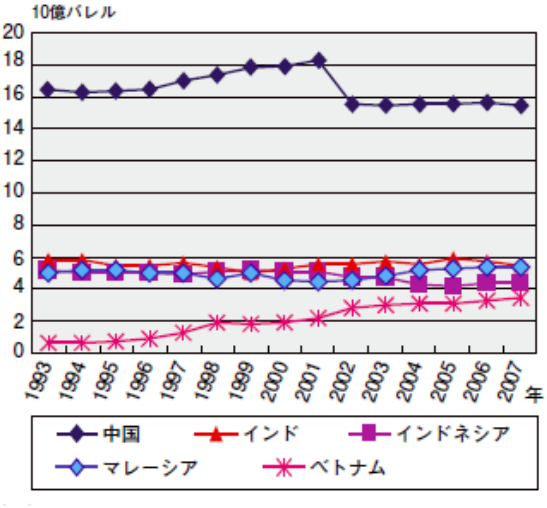
2004 年、ベトナムには、1 億 5,000 万トンの可採石炭資源があり、その大部分は無煙炭である。　石炭資源は主にベトナム北東部の Quang Ninh 省に分布していて、全体の埋蔵量に対して約 70%を占める。

(2)　石油・天然ガス資源

ベトナムは東南アジアの新興産油国であり、Bach Ho 原油生産の拡大で 1990 年初頭にベトナム探鉱ブームを引き起こした。　さらに 2000 年以降に新規油田発見が続き、再度国際石油企業の注目を集めている 2000 年以降、南東部沖合の既存生産地域（Cuu Long/Nam Con Son 堆積盆地）で次々と有望な油田が発見され、開発移行を予定する有望案件が目白押しである。　有望なガス田発見もあって、今後は国内のガス需要拡大も期待される。

図 5.2.3-1 にベトナム(アジア主要産油国)の石油埋蔵量の推移、および図 5.2.3-2 にベトナム（東南アジア）の国別ガス埋蔵量の推移を示す。

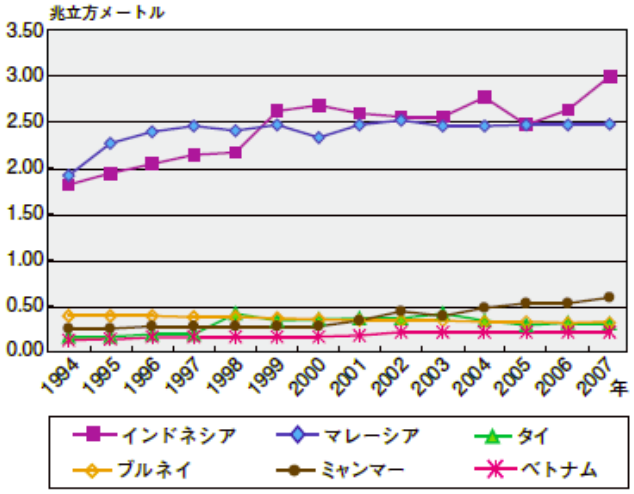
図 5.2.3-1：アジア主要産油国の石油埋蔵量の推移



（原典）：BP統計2008年6月

出所：「躍進するPetrovietnamの分析とベトナム･ガス事業の展望」、石油・天然ガスレビュー2008.7 Vol.42 No.4、JOGMEC

図 5.2.3-2：東南アジアの国別ガス埋蔵量の推移



（原典）：BP統計2008年6月

出所：「躍進するPetrovietnamの分析とベトナム･ガス事業の展望」、石油・天然ガスレビュー2008.7 Vol.42 No.4、JOGMEC

将来の探鉱対象地域としては、既存生産地域の南東部沖合に加えて、北部沖合のトンキン湾、中部沖合の深海域への注目度が増している。　開発移行が予定される有望油ガス田案件は、表 5.2.3-１のとおりである（一部の油ガ

ス田は既に生産開始済み)。　2006 年以降も、試掘井または評価井の成功が表 5.2.3-2 のように頻繁に報道されている。

ベトナムで現在確認されているガス田の残存可採埋蔵量は表 5.2.3-3 のとおりである。

表5.2.3-1：開発移行を予定する既発見油ガス田

(鉱区) 油ガス田	堆積盆地	オペレーター	確認埋蔵量	発見年	生産開始 (予定)
(9-2鉱区) Ca Ngu Vang	Cuu Long	Hoan Vu JOC (PV、SOCO、PTTEP)	1億バレル	2002年	2008年
(11-2鉱区) Rong Doi	Cuu Long Nam Con Son	KNOC	0.9 Tcf	1995年	2006年11月
(15-1鉱区) Su Tu Den Su Tu Vang Su Tu Trang	Cuu Long	Cuu Long JOC (PV、コノコフィリップス、 KNOC、SK、)	7.2億バレル	2000年 2001年 2003年	2003年 2008年 2011年
(16-1鉱区) Te Giac Trang	Cuu Long	Hoan Vu JOC (PV、SOCO、PTTEP)	3億バレル	2002年	2008年
(52/97、B鉱区) Kim Long 他	Malay	シェブロン (ユノカル資産を買収)	4.2 Tcf	1997年 2000年 2004年	2010年

(注) PV：国営石油会社ペトロベトナム、 JOC：共同操業会社 (Joint Operating Company)

出所：「ベトナム：活況を呈する石油ガス産業の新たな潮流」、
2007.1 Vol.41 No.1、JOGMEC

表5.2.3-2：最近のベトナムの油ガス田発見

(鉱区) 坑井	堆積盆地 (場所)	原油/ガス	オペレーター	発見時期
(12 E/ W鉱区) 評価井Dua-X 試掘井Blackbird	Nam Con Son	原油/ガス	プレミア (Premier)	2006年10月
(9-2鉱区) 評価井	Cuu Long	原油/ガス	Hoan Vu JOC (SOCO他)	2006年10月
(16-1鉱区) 評価井	Cuu Long	原油	Hoan Vu JOC (SOCO他)	2006年２月
(107鉱区) 試掘井 PV 107-BA-1	Song Hong (北部沖合トンキン湾)	ガス	ペトロベトナム	2006年10月

出所：「ベトナム：活況を呈する石油ガス産業の新たな潮流」、
2007.1 Vol.41 No.1、JOGMEC

表5.2.3-3：ベトナムの主要ガス田概要

ガス田	鉱区	埋蔵量	オペレーター	生産開始 (予定)
Lan Tay/Lan Do	9−1	1.6 Tcf	BP	2003年
Rong Doi	11−2	0.9 Tcf	KNOC	2006年11月
Kim Long 他	52/97, B	4.2 Tcf	シェブロン	2010年

出所：「ベトナム：活況を呈する石油ガス産業の新たな潮流」、
2007.1 Vol.41 No.1、JOGMEC

(3) 原子力

ウランの埋蔵量は 3,000 億トンと言われる。 ベトナム政府は、2006 年 1 月に、2020 年までに最初の原子力発電所の操業開始すると言う首相決定(No.01/2006/QD-TTg)「2020 年までの原子力の平和利用の長期戦略」を発行した。

(4) 再生可能エネルギー資源

㋐地熱資源:200-400MW

㋑バイオマス・エネルギー:潜在量:400MW

主要資源=もみ殻、木材、動物の糞、農業廃棄物

㋒風力 : 400MW

風力発電ポテンシャルは東アジアでは中程度

㋓太陽エネルギー

ベトナムの中部および南部には高い潜在能力

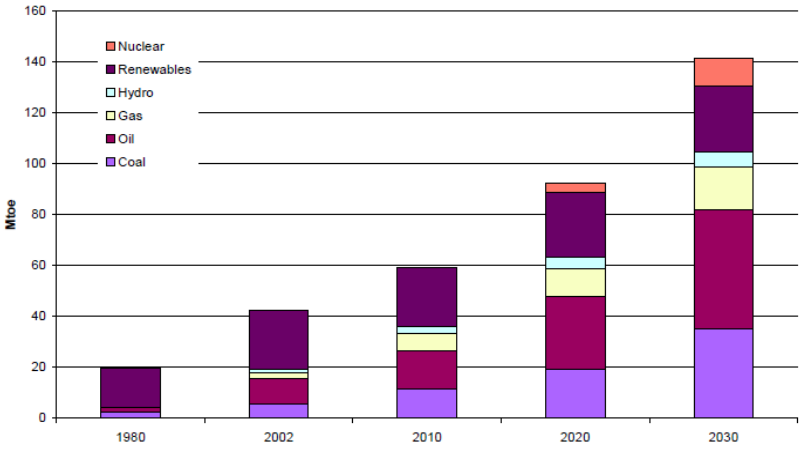
2) エネルギー供給

ベトナムエネルギー研究所は、年間、国は 58-65 百万トンの石炭、18-20 トンの石油、および 830 億 kWh の電力を 2020 年まで、供給できると予測している。

しかし、政府は省エネルギーのための特定の戦略がないと、40-60 年後に国の石化燃料源は枯渇することを予測している。

ベトナムはますます化石燃料に依存するようになると思われる。 図 5.2.3-3 から分かるように、一次エネルギー中の化石燃料（石炭、石油、天然ガス）の割合は、2002 年の 42%から 2030 年には 69%に上昇すると思われる。 しかしながら、ベトナムの豊富な石油、天然ガス、および石炭の資源量が計画必要量を満たさなくても、国内エネルギー生産が大部分賄うことになると思われる。 事実、ベトナムはネットでエネルギー輸出国であり、近未来、そうあり続けると予想される。

図 5.2.3-3：資源別一次エネルギー供給



*Renewables includes - biomass, geothermal, solar PV, solar thermal and wind

出所：APERC, 2006.

(1) 石炭の供給

ベトナムは 2004 年に 2,500 万トンの石炭を生産し、2010 年に 35-40 百万トン、2020 年に 50-60 百万トン達すると予測されていて、その一部は Khoai Chau(Hung Yen 州)で開発されたものになり、石炭生産は、2050 年に 2 億トンまで増加すると予測されている。

石炭生産は、表 5.2.3-4 に示すとおり、1990 年の 460 万トンから、2003 年には 1,900 万トンと約 4 倍強に増加した。 この間の平均増加率は 11.5%である。 2003 年の石炭生産量の 62%が国内消費、38%が輸出されている。

表 5.2.3-4：石炭生産量

単位：百万トン

年	1990	2000	2001	2002	2003
国内消費	3.85	8.36	8.67	9.85	11.71
輸出	0.79	3.25	4.29	6.05	7.25
生産量合計	4.64	11.61	12.96	15.90	18.96

出所：ベトナム国 国家エネルギーマスタープラン調査（2006年）、平成18年10月、（独）国際協力機構

(2) 石油・天然ガスの供給

ベトナムのこれまでの大規模なガス発見は、南部沖合堆積盆地に集中している。 主要油田が立地する南東部のCuu Long堆積盆地およびNam Con Son堆積盆地、そしてベトナム南西部沖合のMalay堆積盆地である。

現在、ガスを生産してベトナム国内市場に供給している油･ガス田は、次のとおりである。

㋐Bach Ho/Rong油田の随伴ガス

ベトナムを代表する大規模油田である。　これら油田の随伴ガスが海底パイプラインで陸上の発電所に輸送され、発電用燃料として利用されている。

㋑Rang Dong/Phuong Dong油田随伴ガス（Block15-2）

Cuu Long堆積盆地に位置しており、日本ベトナム石油（株）が操業する油田である。　Rang Dong油田は1998年に原油の生産を開始した。　2001年にRang Dong油田からBachHo油田へのガス・パイプラインが完成し、Rang Dong油田随伴ガスが発電用燃料として使用できるようになった。

㋒Lan Tay/Lan Doガス田（Block 06-1）

Nam Con Son堆積盆地にあってベトナム南東岸から約370kmの沖合に位置し、BPをオペレーターとするコンソーシアムが操業を行っている。

1993年にLan Tay/Lan Doガス田（非随伴ガス）が発見された。　生産ガスはNam Con Sonガス・パイプラインで南東部沿岸のDinh Coガス処理ターミナルに送られ、コンデンセートを除去した後、ドライ・ガスはPhu My発電所および隣接する肥料工場で発電用燃料と肥料用原料として使われる。

㋓Rong Doi/Rong Doi Tayガス田（Block 11-2）

Cuu Long～Nam Con Son堆積盆地にまたがるBlock11-2は、韓国KNOCをオペレーターとするコンソーシアムが操業している。　ガス生産は2006年12月に開始された。　生産ガスはNamCon Sonガス・パイプラインを経由して、Petrovietnamに販売され、Phu My発電所および隣接する肥料工場で消費される。

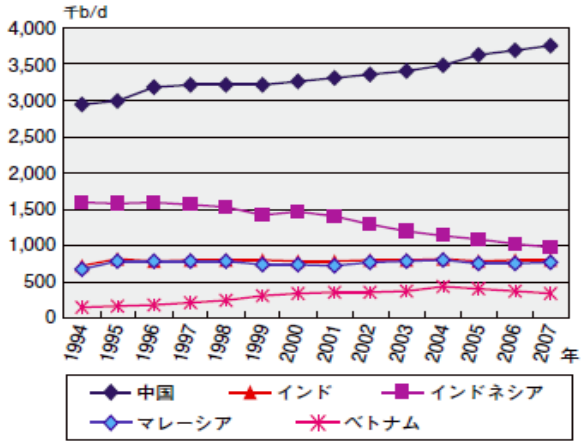
㋔PM3 CAA（Commercial Arrangement Area、マレーシアとの境界線地域）

2000年に両国間で同地域内での資源開発と生産物配分にかかわる協定が合意され、また、PM3 CAA鉱区のガス田が延長するベトナム領海内の46-Cai Nuoc PSCとのユニタイゼーション契約が締結された。

Petrovietnamは両鉱区の生産物の50%を引き取る権利を有する。　上記のガス生産事業が、既存の販売契約に基づくガス供給を実施しており（総量で約800MMcfd)、2015年ごろまで現在規模のガス供給を維持できるものと見られる。

図5.2.3-4にベトナム(アジア主要産油国)の石油生産量の推移、および図5.2.3-5にベトナム（東南アジア）の国別ガス生産量の推移を示す。

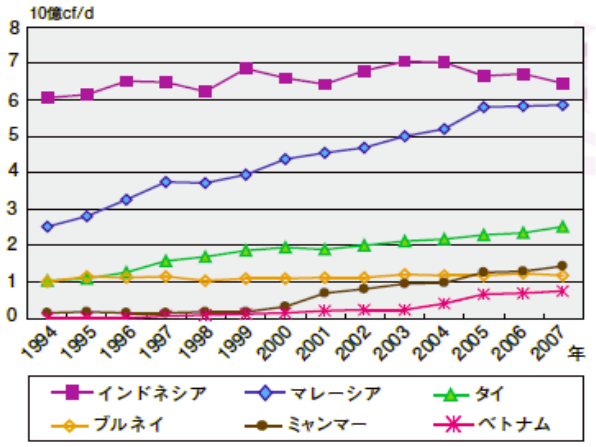
図5. 2. 3-4:アジア主要産油国の石油生産量の推移



（原典）：BP統計2008年6月

出所：「躍進する Petrovietnam の分析とベトナム･ガス事業の展望」、石油・天然ガスレビュー 2008.7 Vol.42 No.4、JOGMEC

図5. 2. 3-5:東南アジアの国別ガス生産量の推移



（原典）：BP統計2008年6月

出所：「躍進する Petrovietnam の分析とベトナム･ガス事業の展望」、石油・天然ガスレビュー 2008.7 Vol.42 No.4、JOGMEC

3) エネルギー需要

エネルギー需要(最終消費量)は平均 10%の経済成長を反映して、1990 年の 4, 212KTOE から、2003 年には 1 万 6, 989KTOE と約 4 倍に増大した。 この間の平均増加率は約 11%である。 エネルギー別では、電力 14. 2%、石油製品

11.4%、石炭 9.6%の増加である。　総エネルギー需要に対する割合（2003 年）は、石炭 26%、石油製品 57%、電力 18%である。

各部門別需要については、2003 年時点では工業 38.9%、輸送 32.8%、民生 16.5%、サービス 7.9%となっている。　各部門の 2003 年エネルギー別需要を表 5.2.3-5 に、部門別エネルギー需要の推移を表 5.2.3-6 に示す。　またエネルギー別需要の推移を表 5.2.3-7 および図 5.2.3-6 に示す。

表 5.2.3-5：各部門のエネルギー別需要(2003 年)

単位：KTOE

	石炭	石油	ガス	電力	計
工業	3,113	2,165	18	1,308	6.604
	(47%)	(33%)		(20%)	(100%)
農業	24	410	–	47	481
	(5%)	(85%)		(10%)	(100%)
交通	–	5,561	–	10	5,571
		(100%)			(100%)
サービス	308	779	–	255	1,342
	(23%)	(58%)		(19%)	(100%)
民生	892	542	–	1,375	2,809
	(32%)	(19%)		(49%)	(100%)
その他	–	183	–	–	183
合計	4,337	9,639	18	2,995	16,989

出所：ベトナム国　国家エネルギーマスタープラン調査（2006 年）、平成 18 年 10 月、（独）国際協力機構

表 5.2.3-6：部門別エネルギー需要の推移

単位：KTOE

年	1990	2000	2001	2002	2003
工業	1,713	4,653	5,259	6,001	6,604
農業	244	400	401	455	481
交通	1,412	3,763	4,075	4,969	5,571
サービス	334	1,095	1,274	1,322	1,342
民生	481	1,878	2,174	2,456	2,809
その他	28	137	246	180	183
合計	4,212	11,927	13,428	15,383	16,989

出所：ベトナム国　国家エネルギーマスタープラン調査（2006 年）、平成 18 年 10 月、（独）国際協力機構

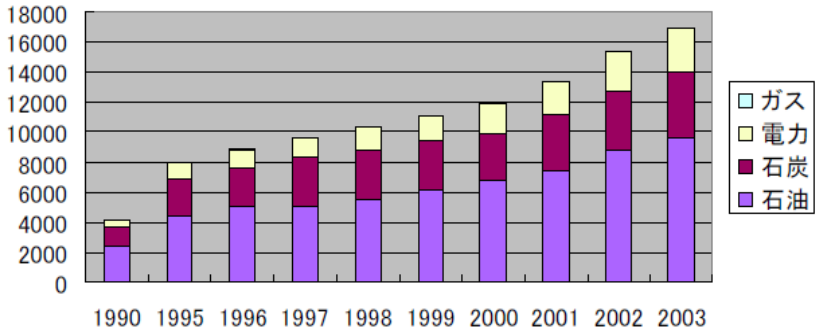
表 5.2.3-7：エネルギー別需要の推移

単位：KTOE

年	1990	2000	2001	2002	2003
石炭	1,324	3,223	3,743	4,017	4,337
石油製品	2,356	6,760	7,456	8,761	9,639
ガス	0	18	15	19	18
電力	532	1,927	2,214	2,586	2,996
合計	4,212	11,927	13,428	15,383	16,989

出所：ベトナム国　国家エネルギーマスタープラン調査（2006 年）、平成 18 年 10 月、（独）国際協力機構

図 5.2.3-6：エネルギー別需要の推移

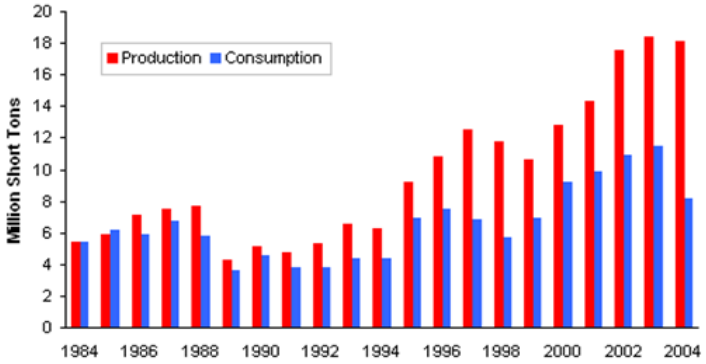


出所：ベトナム国　国家エネルギーマスタープラン調査（2006 年）、平成 18 年 10 月、（独）国際協力機構

(1)　石炭需要

MOI は、ベトナムが 2015 年に 590 万トンの石炭、2020 年の 1,540 万トン、2025 年の 5,440 万トン輸入しなければならないと予想している。　MOI プロジェクトは、2010 年に 2,900 万-3,200 万トン、2015 年に 4,700-5,000 万トン、2020 年に 6,900-7,200 万トン、2025 年に 11,200 万-11,500 万トンになる総石炭消費量を見通している。　図 5.2.3-7 に石炭生産量と消費量の推移を示す。

図 5.2.3-7：ベトナムの石炭生産量と消費量の推移



出所：EIA International Energy Annual 2004

(2)　天然ガス需要

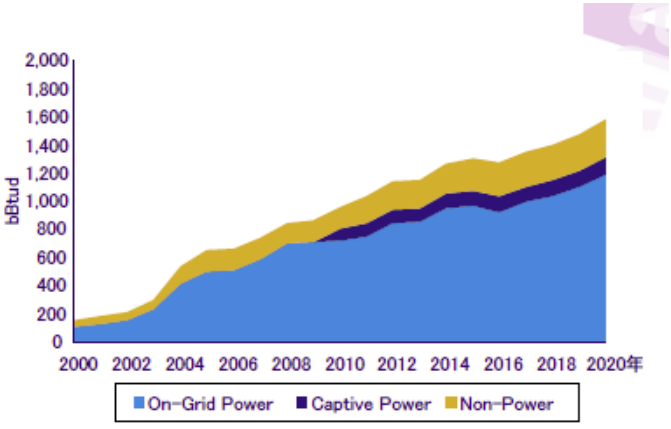
ベトナムのガス利用は 1990 年代後半に始まったばかりであり、2005 年時点で、そのほとんどが発電用需要である。　現時点で、発電所向け以外の輸送インフラがないために、今後もガス需要の 70～80%は発電用燃料に占めら

れる可能性が高い。

政府の政策に基づき、ベトナムガス需要のほとんどが発電用である。　もともと東南アジアでは暖房需要がないため家庭用ガス需要が成立し難く、同地域で発展した輸出用組み立て加工産業のエネルギー消費形態が電力であるため、産業向け電力需要が大きい。　ベトナムでは、ほとんどすべてのガス輸送パイプラインが発電所向けに建設されているため、ほぼ全量が発電所、および隣接する肥料工場など産業施設で消費されている。

将来は一般産業向けのガス供給も増加すると見られるが、2020 年ごろまでのガス需要想定では、消費量の 80%以上を発電用が占める構造に大きな変化はないと見られる（図 5.2.3-8)。

図 5.2.3-8:ベトナムの天然ガス需要想定



（注）10億Btu/d≒100万cf/d
On-Grid Power：広域供給用の発電所、Captive Power：自家消費用の発電所、Non-Power：肥料を含む産業用

（原典）：WoodMackenzie
出所：「躍進する Petrovietnam の分析とベトナム･ガス事業の展望」、石油・天然ガスレビュー 2008.7 Vol.42 No.4、JOGMEC

4)　エネルギー輸出入

ベトナムのエネルギー輸入は石油製品（ガソリン、ジェット燃料、ディーゼル、灯油等)、及び中国からの電力輸入で、エネルギー輸出は原油、石炭、ラオス･カンボジアへの石油製品の再輸出、及びラオスへの電力輸出である。

2003 年実績では、エネルギー輸出のうち原油が約 80%、石炭が 20%を占めている。　1990 年には 2,947KTOE の輸入が、2003 年には 10,456KTOE と約 3.5 倍に増加し、この間の平均増加率は約 10.2%で経済成長とほぼ同等である。

表 5.2.3-8 および図 5.2.3-9 にエネルギー輸出入の推移を示す。

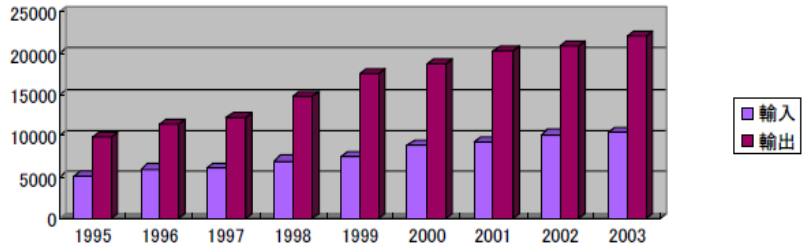
表 5.2.3-8：エネルギーの輸出入

単位：KTOE

年	1990	2000	2001	2002	2003
輸入	2,947	8,885	9,239	10,146	10,456
輸出	3,125	18,650	20,230	20,939	22,071

出所：ベトナム国　国家エネルギーマスタープラン調査（2006 年）、平成 18 年 10 月、（独）国際協力機構

図 5.2.3-9：エネルギーの輸出入



出所：ベトナム国　国家エネルギーマスタープラン調査（2006 年）、平成 18 年 10 月、（独）国際協力機構

5)　ベトナムの電力部門および工業部門におけるエネルギー消費状況と省エネルギー

(1)　電力部門

①電力部門の状況と電源開発計画

ベトナムの発電設備能力の合計は、11GW（2006 年）であり、電源内訳では水力発電が最大で、これに火力発電が続く（ガス、石油系、および石炭火力）。地域別に見ると、北部は水力発電と豊富な石炭を燃料とする石炭火力が主である。　経済発展が進む南部では、やはり水力発電が主であるが、以前は石油系火力発電がそれに続き、最近ではガス火力発電の比重が高まっている。

ENV(Electricity of Vietnam)の 2006 年のデータに基づけば、ENV の発電電力が 87%、IPP が残り 13%を占めている。　IPP の発電所としては、ガス火力の Phu My2-2、Phu My3、VINACOMIN 所有の Na Duong 石炭火力発電所等がある。　なお、石炭火力発電所で使用されている石炭は国内石炭生産量の約 34%(2003 年データ)、ガス火力発電所で使用されているガスは国内ガス生産量の 77%(2003 年データ)である。

ベトナム北部では電力不足に対応するために、中国からの電力輸入計画が積極的に進められている。　電力輸入契約は主にEVN傘下のPC-1と中国の送電会社との間で結ばれ、110kV送電線により中国国境周辺のLao Cai省、Cao Bang省、Ha Giang省、Tuyen Quang省、Quang Ninh省等へ送電される。

㋐発電量（2007年）

2007年に、EVNの推定発電量は67,121×10^9kWhであり、2006年より13.7%多くなっている。　その内、BOTとIPPから購入した電力は54.1%増の19,338×10^9kWh1%であった。　EVNは58×10^9kWh、年間目標の1.2%増加で、2006年の13.4%増の電力を販売した。

㋑発電設備能力（2006-2007年）

2006年、ENVとIPPによって運営される総設備能力は、各々9,544 MWと2,726 MWであり、合計12,270MWの発電量であり、水力37.5%、火力(石炭および石油焚き)11.8%、ガスタービン26.6%であり、ENV以外22.2%である。

発電出力は、58,914×10^9kWhで、水力発電32.4%、石炭および石油焚き16.0%、ガスタービン30.4%で、非EVNが21.1%であった。

㋒電源開発計画2006-2010年

電力需要の伸び

・2010年まで、年間15-20%の伸び率が期待される。
・2008年、ラオスからの電力購入の計画がある。

2010年への目標

・32ヵ所の発電所の建設と増設
・民生用電力の普及率80%
・16ヵ所の水力発電所の運転開始
　-高いポテンシャルが存在する。
　-5つの新水力発電所が建設されている。
　　(Son La 水力発電所：2012年までに2,400MWの発電計画)
・石炭焚発電所の能力増強
・8ヵ所の新石炭火力発電所の建設
・再生可能エネルギー電力
　電力会社の再生可能エネルギー電力のシェアは、2010年の3%、2020年の5%、2040年の10%と見込んでいる。

㋓原子力

「電力マスタープラン2006」によると、最初設備は(1,000MW×3基)は2017年までに実現し、次設備(1,000MW×8基)は2025年に運転開始となるとされている。　中央ベトナムのNinh Thuanで3,000MW能力の原子

力発電所の建設に関し、エネルギー研究所がベトナム原子力エネルギー委員会との共同でプレ F/S を実施した。　この F/S は承認審査の一部である。

表 5.2.3-9 に発電設備能力の内訳、表 5.2.3-10 に発電電力量の推移、図 5.2.3-10 に発電量の伸び（5 年毎の平均伸び率）、および表 5.2.3-11 に発電開発計画（2010-2020 年）を示す。

表 5.2.3-9：発電設備能力の内訳

（単位：%）

	設備容量	発電量
合計	100.0	100.0
EVN	77.8	87.0
水力発電	36.6	38.2
ホアビン発電所	16.9	—
その他	19.7	—
石炭火力発電	11.0	15.2
石油火力発電	1.7	1.4
複合火力発電(ガス・石油)	28.4	32.2
IPP(独立系発電事業者)	22.2	13.0

(注) 1. 発電量の石油火力にはディーゼル発電を含む。
2. IPP のうち 8-9 割りは火力発電であり、残りは水力発電
(原典) ENV (2006)
出所：「ベトナムの電力不足問題」、2006 年 9 月 28 日、
みずほアジアインサイト

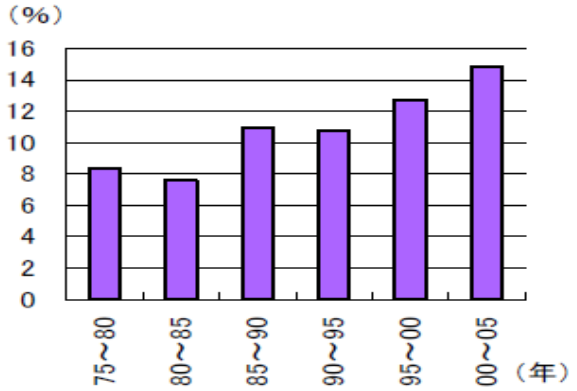
表 5.2.3-10：発電電力量の推移

単位：Gwh

年	1990	2000	2001	2002	2003
水力	5,369	14,551	18,210	18,205	18,986
	(62%)	(55%)	(59%)	(50%)	(48%)
石炭火力等	2,841	5,907	6,462	8,624	8,124
	(33%)	(22%)	(21%)	(24%)	(21%)
ガス火力等	470	6,103	5,936	9,586	12,251
	(5%)	(23%)	(19%)	(26%)	(31%)
合計	8,679	26,561	30,608	36,415	39,361

出所：ベトナム国　国家エネルギーマスタープラン調査（2006年）、
平成18年10月、（独）国際協力機構

図 5.2.3-10：発電量の伸び（5 年毎の平均伸び率）



出所：ベトナム政府統計局

表 5.2.3-11：発電開発計画(2010-2020 年)

YEAR	2010	2015	2020
HYDRO POWER	10.200 (Other from EVN ~2.000 MW) (40%)	15.278 (36%)	16.578 (27%)
Gas Fuel Thermal Power Plants	16.000	13.624	15.064
Coal fuel Thermal Power Plants		9.290	20.890
Imported		2.695	4.756
New Energy		1.130	1.700
Nuclear Power Plants			3.000
Total	**26.000**	42.000	62.000

出所：Brief Introduction to Electricity Sector in Viet Nam

②電力需給と電力用燃料

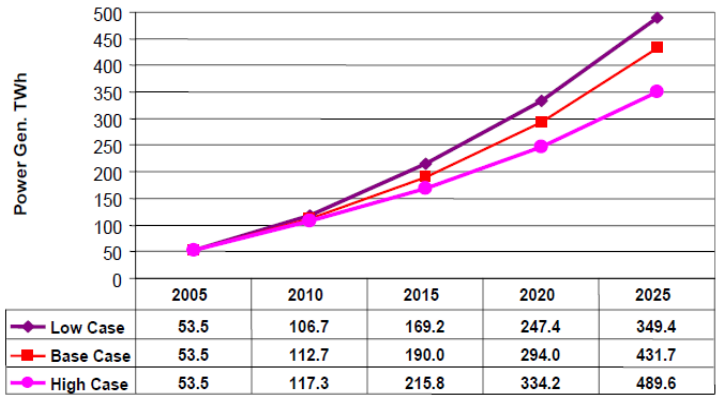
用途別の電力需要は、50%弱が家庭・業務用、残余を産業用が占める構造が継続すると考えられる。　東南アジアのなかでは遅れて産業化を開始したベトナムでは、1990 年代中ごろまで電力需要が小さく、供給の 70%強が水力発電によって賄われていた。　やがて産業化が進展し、ガス供給が開始されてから、徐々にガス火力発電比率が増加してきた。　しかしガスの国内供給力には限界があり、またベトナムは石炭産出国でもあることから、将来は、石炭火力発電所設備が増えると考えられる。

地域別に見ると、先に産業化が進展したベトナム南部は、既存発電設備能力が相対的に大きい。　また既発見のガス供給力が大きいことから、新たに建設される発電設備はガス火力発電所（コンバインド・サイクル：ガス・火力）の比率が高まると考えられる。　一方、北部は 2000 年以降に産

業化が進展した。　石炭と水資源が豊富であることから、新規発電設備は石炭火力と水力発電所の比率が高くなると考えられる。　両地域間では産業化の経緯とその基盤が異なり、南部のエネルギー需要が引き続き北部の需要を上回ると考えられることから、北部から南部への送電量の拡大が考えられる。

図 5.2.3-11 に電力需要の予測、および図 5.2.3-12 に一次エネルギー資源別発電量の推移を示す。

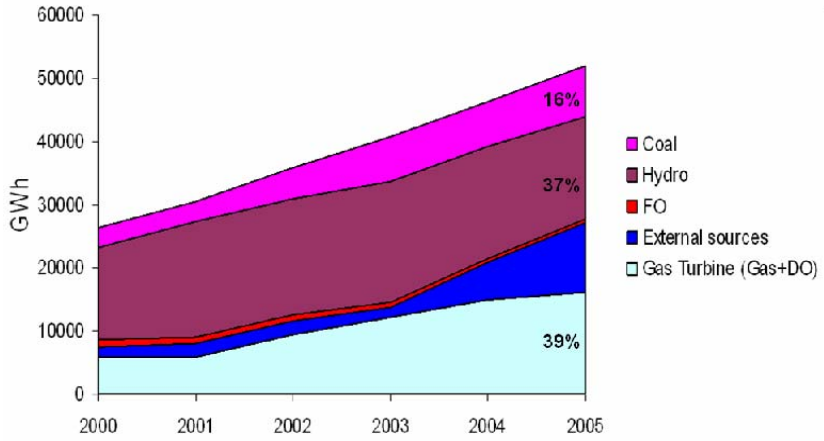
図 5.2.3-11：電力需要の予測



	2005	2010	2015	2020	2025
Low Case	53.5	106.7	169.2	247.4	349.4
Base Case	53.5	112.7	190.0	294.0	431.7
High Case	53.5	117.3	215.8	334.2	489.6

出所：”Meeting rapid electricity demand growth”，
2008 年 9 月 2008、Ministry of Industry and Trade Viet Nam

図5.2.3-12：一次エネルギー資源別発電量の推移



出所：Institute of Energy of Vietnam, 2006

③電力部門の省エネルギーポテンシャル

電力部門での省エネルギーポテンシャル大きいものがあって、石炭火力発電所で25%のエネルギー消費量を節約できるとされている。

(2) 工業部門における省エネルギー状況

①工業部門のエネルギー消費状況

2000年以来、エネルギー消費は約11.599KTOEであった。 ベトナムのエネルギー消費は、年平均7%で成長し、2020年に50,246KTOEに達すると予測されている。 工業部門は 9.1%の最も高い成長率となり、住居・サービス部門は7.3%と予測されている。 一方、農業部門は、1995-2020年に2.6%の最も低い成長率となり、2020年までに723KTOEに達すると予測されている。

②工業部門の省エネルギー状況

ベトナムの省エネルギーのポテンシャルは短期的には 15%が見込まれるとしており、長期的には、主にセメント工業で50%、鉄鋼業で20%、窯業で35%、衣料部門で30%、そして前述のように石炭焚き発電所で25%のエネルギー消費量を節約できるとしている。 長期的省エネルギーの対象としては、平均効率が90%まで改善出来る僅か50%の旧式のボイラーを使用している大規模の国営企業が見込まれている。 さらに、電力の50%は大規模設備で消費されており、平均30%の低減のポテンシャルがある。

表5.2.3-12に、ベトナム工業部門におけるエネルギー効率改善のポテンシャルを示す。

表5.2.3-12：ベトナム工業部門におけるエネルギー効率改善のポテンシャル

Sub-sectors	Short term Investment		Medium Term Investment		Long term Investment	
	Fuels (%)	Electricity (%)	Fuels (%)	Electricity (%)	Fuels (%)	Electricity (%)
Steel sector	6-8	3-5	3-4	2-3	15-20	2-3
Coal sector	3-5	2-3	5-7	2-3	15-20	2-3
Cement sector	15-18	4-6	12-15	4-6	50	15-17
Construction materials sector	15-18	-	15-20	-	30-40	-
Light manufacturing	10-12	5-7	11-13	3-4	10-12	5-7
Coal fired power plants	8-10		12-15		20-25	
Total industry	10-12	2-3	15-17	3-4	25-30	5-7

出所：Energy Conservation and Efficiency Use in Vietnam, MOSTE 1997

1999年の時点で、ベトナムには1,125個の操業中の工業用スチーム・ボイラーがあった。 ベトナムの工業用ボイラーは、低効率で、高燃料

消費率の旧式ものである。　これらの旧式ボイラーをリハビリするか、またはリプレースするかが緊急に必要である。

現在、コジェネレーション技術が導入されており、セメント、紙、繊維、および織物部門などのいくつかの工業部門で適用されている。　現在、生産能力 1,5 百万トンのセメントプラント(Ha Tien)が、発電(3MW)に廃熱を利用することでコジェネレーション技術を適用している。

他方、Bai Bang 製紙プラントは、20MW のコジェネレーション・システムがあり、すべての新しく建設された製紙プラントはコジェネレーション技術を採用すると予想されている。 Bai Bang 増設プラントでは、15MW 能力のコジェネレーションが設計されている。 3 つの計画中のプラントに関しては、Kontum の 25MW、Thanh Hoa の 20MW、Bac Can の 20MW のコジェネレーション・システムは設計されている。

最新にもかかわらず、繊維・織物部門における石炭焚きの発電所である 150MW 能力のコジェネレーションプロジェクトが Dong Nai 州で建設された。　この発電所は 450MW まで増強されると予測されている。

6)　ベトナムにおける省エネルギー制度と政策

(1)　「2006-2015 年におけるエネルギー効率及び省エネルギーに関する国家目標プログラム」

ベトナムは、2003 年 9 月に「エネルギーの効率的利用及び省エネルギーに関する政府議定書（以下、「省エネ議定書」)」(Government Decree No.102 on Energy Efficiency and Conservation)を制定し、引き続き 2004 年 7 月に工業省(MOI)（当時）は、同議定書を実施するためガイダンス(MOI’s Circular on Guidance for Implementation of the Government Decree on Energy Efficiency and Conservation)を作成し、2006 年 4 月には「2006-2015 年におけるエネルギー効率及び省エネルギーに関する国家目標プログラム」(以下、「省エネ国家目標プログラム」)(The National Targeted Program on Energy Efficiency and Conservation for the Period 2006-2015)を作成し、首相の承認を得て施行された。　このように省エネルギー促進策が制定されてはいるものの、体系的かつ包括的なものではないため実効性に乏しく、ベトナムにおける省エネはこれまで十分促進されてきたとは言い難い状況にある。

また、エネルギー消費は日本の約 10%であり、エネルギー価格が低く、省エネルギーインセンティブにつながっていない状況にある。

「2006 年-2015 年におけるエネルギー効率及び省エネルギーに関する国家目標プログラム」では、2006 年-2015 年における省エネルギーの国家目標プログラムに関して、次のようになっている。

㋐2006 年-2010 年:エネルギー需要予測との比較で、3%-5%の国のエネルギー需要の低減（工業部門で 5%-2.6 Mil TOE）

㋑2011 年-2015 年:エネルギー需要予測との比較で、5%-8%の国のエネルギー需要の低減（工業部門で、8%-6.4 Mil TOE）

(2) 省エネルギーを促進するための戦略、所管官庁、法令と政策目標

①ベトナムのエネルギー戦略

社会・経済の発展に見合いおよびエネルギー安全保障のため、国内エネルギー源開発、一次エネルギー輸出の段階的な低減、エネルギー開発における他国との協力等などにおける合理的で有効な多様化する。

2010 年に総一次商業エネルギーの 2%、2020 年に 3%、2050 年に 6%になる再生可能エネルギー源を開発することに優先権を置く。

一次エネルギー開発、通信/輸送、エネルギー転換から最終用途までのエネルギーの有効利用を図り、また持続可能なエネルギー開発をする。(天然資源保存と環境保護伴ったエネルギー開発） 競争力のあるエネルギー市場の段階的な組織化、エネルギー開発における投資源の多角化を図る。

一方、エネルギー効率・省エネルギー（省エネルギー法、融資優遇策、適切なエネルギー価格設定方法、等）に関する国家政令と詳細実施プランの枠組みを完成する。 政府、国民、および民間部門レベルにおける認識の向上と能力開発は、エネルギー効率/省エネルギーの早急な実現に「必要を創造」ために非常に重要なことである。

ベトナムの様な、特に「未熟な国」に対して、エネルギー効率・省エネルギーの実施における重要な課題は、経験を共有する。 これに関連して、余り先進的でない国は、より先進的な国から「エネルギー効率・省エネルギーに関する最良の方法」の主要な情報と技術支援を受けることにしたい。

②省エネルギー所管官庁

ベトナムにおけるエネルギー効率向上・省エネルギー促進のための政府機関体制は、次ぎの各省によって役割が分担されている。

㋐MOSTE(Ministry of Science, Technology and Environment)

エネルギー効率スタンダード（MEPS）の発行(2006 年-2009 年完成計画)

㋑MOC(Ministry of Construction)

建物のエネルギー効率向上・省エネルギーのガイドライン(2005 年完成)

㋒MOF(Ministry of Finance) [MOI (Ministry of Industry)と共同]

-エネルギー効率向上・省エネルギーに対する優遇策のガイドライン（2008 年完成予定）

-再生エネルギーに対する優遇策のガイドライン（2008 年完成予定）

㋓国会(National Assembly)：エネルギー効率向上・省エネルギーに係る法

律(2009 年-2012 年完成予定)

③省エネルギーを促進するための法律の施行状況

国家のエネルギー政策は、省エネルギー政策を含んで提出されている。

㋐エネルギー効率と省エネルギーに係る政府が発令した政令は2003年9月に施行された。(施行 No.102/2003/CP)

この政府政令から、「第 2 章製造企業におけるエネルギー使用」を抜粋して示す。

省エネルギーおよびエネルギーの効率化を推進し、国民経済の発展に伴って高まるエネルギー消費需要に対応すると同時に環境を守りエネルギー資源を合理的に開拓すること、経済・社会の堅固な発展を実現することを目的とする。 第 2 章　製造企業におけるエネルギー使用 第 4 条　技術に関する方法 製造企業は以下に述べる主要な方法を用いて省エネルギーおよびエネルギーの効率化を実現する、 1. 燃料の燃焼過程の改善合理化。 2. 加熱、冷却、熱エネルギーを機械エネルギーに転換する過程を改善合理化する。 3. 熱伝導による熱の損失を削減する。 4. 廃熱の再利用。 5. 熱エネルギーを電力に転換する過程を改善合理化する。 6. 送電、配電および使用における電力損失の削減。 7. 電力から機械エネルギーおよび熱エネルギーに転換する過程を改善合理化する。 8. より効率的な省エネルギーの実現を目指し、使用エネルギー資源を合理的に選択および代替する。 9. 石炭、石油製品、ガスのように再生不可能なエネルギー資源を節約するために再生エネルギー資源の使用を促進する。

㋑エネルギー効率と省エネルギーに係る政府が発令した政令の実施に関するガイドラインの工業省回覧は、2004 年 7 月 2 日に施行された。(回覧書簡 No.01/2004/TT-BCN)

㋒2005 年 7 月 1 日に施行された電力法は、発電、送電、配電および消費における電気効率を指定している。

㋓2005 年 11 月末に発行されたエネルギー効率建築規則(QCXDVN 09:2005)

に係る建設省の法律。

㋔工業省内に、エネルギー効率と省エネルギー・オフィスが、エネルギー効率と省エネルギー・プロジェクトである「ベトナムにおけるエネルギー効率マネージメントシステムの確立」を実行することと平行して、工業大臣によって 2006 年 4 月 4 日に設立された。

㋕エネルギー効率と省エネルギーの国家目標となるプログラムは、内閣総理大臣に 2006 年 4 月 14 日に施行された。(2006 年-2015 年に対する 14-4-2006 に関する決定 No.79/2006/QD-TTg)

目標:

・2006-2010 年には 3-5%、2011-2015 年には 5-8%のエネルギー節約
・エネルギー管理モデルの確立
・高エネルギー効率機器の普及
・建築コード (MOC) の実施
・輸送部門におけるエネルギー効率改善

㋖2006 年-2010 年の電力節約プログラムは、内閣総理大臣によって、2006 年 4 月 14 日に施行された。

㋗2006 年 11 月 11 日に施行されたエネルギー効率と省エネルギーに係る政府政令の実施のためのガイドラインに係る工業省回覧。

④エネルギー効率/省エネルギープロジェクトとプログラム

省エネルギー・プログラムを実行するために、機器・設備の品質と技術的トレーニング支援の監視と管理のスタンダードとメカニズムと同時に、税制優遇、融資資金、電気料金調整等々の透明性のある法的枠組みと共に、実施・管理する組織でのコーディネーションが必要である。

省エネルギー・プログラムは顧客からサポートを必要とする。 それは最大限度の効果を得られることができるように多数の顧客の参加に係るために、実施戦略の慎重な準備を必要とする。 ベトナムは、省エネルギーの能力開発において、日本を含めて、国際機関の協力と支援を必要としている。

⑤ベトナムにおける省エネルギープロジェクト推進順位

2006 年 4 月には国家省エネルギープログラム (2006-2015 年) が首相により承認され、11 の省エネプログラムを実施することとなった。 うち、本プログラムに基づき、現在省エネルギー法を策定中である。 2008 年の最終ドラフト策定、2009 年の施行を目指している。

省エネルギーを推進するためのプログラムの順位を、下記の様に定めている。

㋐第 1 番目プロジェクト:全活動における省エネルギーに係る法的枠組み

の完成。

㈠第 2 番目プロジェクト:省エネルギーとエネルギーの効果的な利用に関する社会の認識の向上を宣伝する。

㈡第 3 番目プロジェクト:国民教育システムに省エネルギーとその有効利用を教育に入れる。

㈢第 4 番目プロジェクト:「各家庭における省エネルギー」と名付けたモデルの確立のキャンペーン。

㈣第 5 番目のプロジェクト:ある対象となる製品に係るスタンダードを開発して、省エネルギーラベルを付ける。

㈤第 6 番目プロジェクト:エネルギー効率の規格を満たす国内メーカーに技術アシスタントを提供する。

㈥第 7 番目プロジェクト:企業にエネルギー・マネイジメント･システムを確立する。(指定企業の、期間 2006 年-2010 年に 40%、期間 2006 年-2015 年に 100%)

㈦第 8 番目プロジェクト:省エネルギーとエネルギー有効な利用のために製造ラインのアップグレード、改良、合理化をするメーカーを支援。(2006 年-2010 年の 200 の指定企業に対して詳細な監査と投資グレエード監査)

㈧第 9 番目プロジェクト:建物の設計およびマネイジメントにおける省エネルギー活動に対する能力と実施活動を改良する。

㈨第 10 番目プロジェクト:パイロット・ビルを建設し、建物の省エネルギーを訓練する。

㈩第 11 番目プロジェクト:交通手段の容量を最適化して、燃費を最小にし、排気ガスを低減する。

表 5.2.3-13 に、エネルギー効率省エネルギーに関する政令、回覧、および決定を示す。

表5.2.3-13：エネルギー効率省エネルギーに関する政令、回覧、および決定

Legislation (type)	Promulgator	Issuance date	Date Effective
Energy Saving and Efficient Use of Energy (Decree)	National Government	3 September 2003	September 2003
Guiding the Saving and Efficient Use of Energy by Production Establishments (Circular)	Ministry of Industry	2 July 2004	July 2004
Approving the 2006-2010 Electricity Saving Program (Decision)	Prime Minister	14 April 2006	May 2006
Approving the National Target Program on Saving and Efficient Use of Energy (Decision)	Prime Minister	14 April 2006	May 2006
Establishing the Energy Efficiency and Conservation Office at the Ministry of Industry (Decision)	Ministry of Industry	7 April 2006	7 April 2006
Establishing the Steering Committee of the National Target Program on Savings and Efficient Use of Energy (Decision)	Ministry of Industry	18 May 2006	18 May 2006
Promulgating the Regulations on Selection of the Organizations, Individuals to Preside over the Implementation of National Target Program on Saving and Efficient Use of Energy projects (Decision)	Steering Committee of the National Target Program	20 September 2006	20 September 2006
Guiding the Order and Procedures for Energy Efficiency Labeling for Energy Consuming Products (Decision)	Ministry of Industry	16 November 2006	December 2006

（原点）：EVN, 2006c

出所：VIETNAM COUNTRY REPORT (USAID)

5.2.3.2 ベトナムにおける環境事情

1) 環境問題の現状

ベトナムでは、経済発展によって人口や工場の集中する都市地域を中心に大気汚染や水質汚濁などが社会問題化している。 また適切な処理施設がないことから廃棄物問題も深刻化している。 このためベトナム政府も 1994 年の環境保護法施行以降、環境関連法規の整備を図るなどの取り組みを行っているが、中央、地方を問わず環境行政組織の人的・予算的基盤は脆弱であり、環境法規制の実効性は上がっていない。 また経済成長が最優先される今のベトナムでは環境対策の優先度は低く、大多数の市民も環境汚染への関心は低いとみられる。

産業公害に限ってみると、古い生産設備と公害対策への資金的余力に乏しい国有企業の問題は避けて通れない。 外資系をはじめとする民間企業の増加に伴って、鉱工業に占める国有企業の構成比は現在 4 割程度にまで下がっ

ているものの、これらの国有企業ではほとんど公害対策が実施されていないのが現状となっている。　また全国におよそ 60 ヵ所以上ある工業団地についても、最近造成された日系の工業団地などを除いては集中排水処理場などの環境対策施設は設置されておらず、環境対策に積極的に取り組む一部の外資系企業以外はほとんど排ガスや排水対策を実施していないといえる。　また、今後ベトナムで大きな環境課題になると予想される産業廃棄物、特に有害産業廃棄物については、法規制はあるものの法規通りの処理・処分ができる施設は現在ベトナム国内にはなく、その解決が今後大きな課題になると思われる。

天然資源環境省は、2005 年から 2010 年にかけての、5 つの全国環境保護戦略目標を提案した。　天然資源環境省によれば、この期間内に建設される生産施設には、環境保全技術のガイドラインの遵守と、標準的な廃棄物処理施設の設置が求められる一方で、都市部の 40%と工業地帯及び輸出加工区の 70%で、廃水処理施設が作られる予定である。

他の目標としては、都市部住民の 100%、農村部住民の 95%に安全な水を供給すること、そして一般ゴミと産業廃棄物の 90%を収集し、有害廃棄物の 60%、及び医療廃棄物の 100%を処理できるようにすることなどがある。　そのためにも、天然資源環境省は、環境保護基金の大部分を廃棄物処理や環境問題の予防・対策、環境に悪影響を及ぼさない技術の利用、生物多様性保全、国内全企業による持続可能な開発に充てることになる。

(1)　水質汚濁問題

水質汚濁問題は、コメの生産を中心とする農業が主要産業であることから、ベトナムにとって最も基本的な環境課題といえる。　ベトナムの水質汚濁問題は、産業排水、生活排水、河川や湖沼に投棄される廃棄物などが複合的に絡んで発生しているが、改善が図られない最大の理由は処理施設の欠如や不足といった水質汚濁対策インフラの未整備にあるといえる。

世界銀行等が公表した「Environment Monitor 2002」によれば、南部の工業団地および輸出加工区からは、1 日あたり 93 トンの汚染物質を含んだ 13 万 7,000 トンの排水が川に排出されている一方で、ホーチンミ市の工業団地および輸出加工区では少数の排水処理施設しか設置されていない。　このように、とりわけ南部においては工業団地からの産業排水の垂れ流しによる河川の汚染が深刻であり、2006 年 6 月には、自然資源環境省(MONRE)が汚染企業に改善命令を出している。

産業排水については、工業部門の主流を占める国有企業の工場にほとんど排水処理設備が設置されていないだけでなく、多くの工場が立地する工業団地でも最近開設された日系工業団地などの一部を除いては中央排水処

理施設がない。

(2) 大気汚染問題

ベトナムの大気汚染物質の排出源は、都市部を中心としたオートバイや自動車の排気ガスによるもの、産業活動などによるものの 2 つである。 産業活動による大気汚染については、工業団地や石炭を燃料とした火力発電所の周辺などで問題となっている。 国有企業を主体としたローカル企業はほとんど大気汚染対策を実施しておらず、排出基準はあってもそれはまったく守られていないのが現状である。

火力発電所はベトナムのエネルギー需要の 4 割をカバーしており、特に北部地域においては石炭火力発電所が 40%を占める。 燃料となる石炭は、主として Quang Ninh（硫黄分 0.5%、灰分 10-15%）、Thai Nguyen（硫黄分 3-3.5%、灰分 30-40%）から産出される。 石油は輸入されているが、硫黄分が高いものも多い。 これらを燃料とする火力発電所、セメント、精錬所などのプラントは、二酸化硫黄、一酸化炭素、窒素酸化物、粒子状物質などの大気汚染物質の発生源となっている。

環境行政側も排ガスのサンプリング・分析機器の不足等の理由でほとんど立入検査等を行っておらず、工場からの排ガスは事実上野放しとなっている。

また、ベトナム国内には燃料用の重油として質の悪い硫黄含有量 3%のものしか流通しておらず、硫黄酸化物対策を難しくしている。

さらに、冬季の暖房用に北部地域では石炭が使用されているが、これが都市部のばいじんと硫黄酸化物濃度を季節的に押し上げている。 その他、黒煙を上げる廃棄物等の野焼きも目立ち、これによる大気汚染も無視できなくなっている。

2) 環境行政と環境保護法

(1) 環境行政

ベトナムにおいて、環境法規制や環境行政組織づくりが始まるきっかけになったのは、環境保全を推進するためのマスタープランとして 1991 年に策定された「環境と持続可能な開発に向けた国家計画（1991 年～2000 年）」（National Plan for Environment and Sustainable Development 1991-2000）である。 国連開発計画（UNDP）などの協力を得て作られた同計画では、

㋐中央省庁および地方レベルにおける環境に関する行政権限の明確化
㋑環境に関する政策・法律・規則の整備③環境監視体制の整備

などへの取り組みをベトナム政府に提言した。これを受けて、1992 年に環境保全に関する国家行政機関として従来の国家科学技術委員会（State

Committee for Science and Technology）を改組するかたちで科学技術環境省（MOSTE ： Ministry of Science, Technology and Environment）が発足し、翌1993年には実際にベトナムの環境行政を担当する国家環境庁（NEA：National Environment Agency）がMOSTEの中に設けられた。　また全国57の省（Province）と4つの中央直轄市（ハノイ市、ホーチミン市、ハイフォン市、ダナン市）には、地方レベルの環境行政組織としてそれぞれの地方人民委員会の下部組織である科学技術環境局（DOSTE：Department of Science, Technology and Environment）が設置された。

このようにベトナムでは、科学技術環境省（MOSTE）の設置や環境保護法の制定をはじめ、環境保全に向けた行政や法律の仕組みづくりが徐々に進められているが、実効性ある環境規制の実施にあたってはまだまだ多くの課題を抱えている。

科学技術環境省（MOSTE）/国家環境庁（NEA）の設置後も、国有企業を管轄する工業省（MOI ： Ministry of Industry)、海外からの投資に絡む計画投資省（MPI ： Ministry of Planning and Investment)、その他建設省（Ministry of Construction)、運輸通信省（Ministry of Transportation and Communications）など多くの省庁がそれぞれの持つ権限によって環境公害問題に関係し、MOSTE/NEAの環境規制権限をそぐかたちとなっている。　これは環境保護法をはじめとする環境法規についても同様で、他省庁が管轄する多くの法律との重複を調整する必要がある。また、中央、地方を問わず環境行政組織が弱体なことも大きな課題である。

(2)　環境保護法

環境行政組織の整備と並行して環境法体系づくりも進められ、まず1993年12月に同国の環境政策の基本的な枠組みを示す環境保護法（LEP：Law on Environmental Protection ）が国会で採択され、翌1994年1月10日に施行された。　その後、同法に基づいた環境政策を実施するために、1994 年10月に環境保護法実施のための政令（Government Decree No.175/CP）が制定されたのをはじめ、環境違反への罰則や環境影響評価などに関する数多くの環境法規が出されている。　また、望ましい大気や水質などのレベルを示した環境基準や、排水や排ガスなどに対する具体的な排出基準値を定めたベトナム基準（TCVN ： Vietnam Standards）が1995年にいっせいに規定されている。

環境保護法が1994年に施行されるまで、ベトナムには環境問題を包括的にとらえた法律はなかった。　衛生や保健などの環境に関連する法規はあったが、これらは環境保護を目的としたものではなかったため、経済成長に伴って公害問題が発生しても適切な対応をとることが難しかった。

国民議会は、2005 年 11 月 19 日に環境保護法 (1993) の改正を承認した。2005 年環境保護法は、環境保護のための対策や資源、組織と個人の権利や義務、国家管理などについて言及している。　この法律は、すべての組織、個人、世帯、地域社会、外国在住のベトナム人、ベトナム内で操業している外国企業と外国人に適用される。　2005 年環境保護法は、2006 年 7 月 1 日に発効した。

表 5.2.3-14 に環境関連の主な法規制を示す。

表 5.2.3-14：環境関連の主な法規制

主な法規
Law on Environmental Protection 環境保護法
Government Decree No.175/CP on Providing Guidance for the Implementation of the Law on Environmental Protection 環境保護法実施のための政令（Government Decree No.175/CP）
Government Decree No.26/CP on Sanctions Against Administrative Violations in Environmental Protection 環境保護に関する行政違反に対する制裁に関する政令（Government Decree No.26/CP）
Circular Letter of Guidance on Setting Up and Reviewing the Environmental Impact Assessment(EIA) Report for Investment Projects (No.490/1998/TT-BKHCNMT) 投資プロジェクトのための環境影響評価報告書の審査等についての回状 （Circular No.490/1998/TT-BKHCNMT）
Regulation on Hazardous Waste Management (Decision No.155/1999/QD-TTg) 有害廃棄物管理規則（Decision No.155/1999/QD-TTg）
大気に関する基準
TCVN 5937-1995 : Air quality-Ambient air quality standards 大気環境基準（TCVN 5937-1995）
TCVN 5938-1995 : Air quality-Maximum allowable concentration of hazardous substances in ambient air 大気中有害物質の最大許容濃度（TCVN 5938-1995）
TCVN 5939-1995 : Air quality-Industrial emission standards-Inorganic substances and dusts 産業からの無機物質及びばいじん等の大気排出基準（TCVN 5939-1995）
TCVN 5940-1995 : Air quality-Industrial emission standards-Organic substances 産業からの有機物質の大気排出基準（TCVN 5940-1995）
水質に関する基準
TCVN 5942-1995 : Water quality-Surface water quality standards 表流水水質環境基準（TCVN 5942-1995）
TCVN 5943-1995 : Water quality-Coastal water quality standards 沿岸海水水質環境基準（TCVN 5943-1995）
TCVN 5944-1995 : Water quality-Ground water quality standards 地下水水質環境基準（TCVN 5944-1995）
TCVN 5945-1995 : Industrial waste water-Discharge standards 産業排水基準（TCVN 5945-1995）

出所：国家環境庁（NEA）発行のパンフレット等

5.2.3.3　日本による環境・省エネ関連プラント導入に向けた協力の状況

1)　日越協力

(1)　日越エネルギー・フォーラムの開催

2007 年 3 月、ハノイにおいて「日越エネルギー・フォーラム」を開催し、日越両国の官民計約 300 名が参加して省エネルギー、原子力、石炭、エネルギー技術について意見交換を行った。　またフォーラム終了後に両国の協力を一層緊密にすることを双方に確認するプレス声明を発表された。

(2)　日越首脳会談

2006 年 10 月 19 日、日越首脳会談において、共同声明「アジアの平和と繁栄のための戦略的パートナーシップに向けて」に署名（於：東京)。

㋐経済関係・省エネルギー分野の協力を一層促進するとともに、石炭、石油備蓄の分野における協力を推進し、エネルギー分野のフォーラムを開催する。

㋑科学技術協力・双方は、原子力エネルギーの平和利用に関する協力の重要性を認識し、法的、行政的その他の必要な基盤整備のために努力することを含め、この分野における協力を推進することを決定した。この関連で、双方は、原子力安全、セキュリティー及び不拡散の必要性を認識し、安倍総理は、この点に関し IAEA 追加議定書、核物質防護条約及び原子力安全条約が果たす極めて重要な役割を強調した。　双方は、これらの努力は将来的に日越原子力協力協定に関する意見交換につながり得るとの認識を共有した。

(3)　日越エネルギーフォーラム

2007 年 3 月 19 日､ハノイにおいて実施､主催者日本側:経済産業省･NEDO、ベトナム側：工業省。　参加者（計約 300 名）日越産業界、越国営電力公社(EVN)、越国営石炭公社（VINACOMIN）等。

テーマは、日越両国の官民双方でのエネルギー関連分野の関係強化を目的とし、日越両国のエネルギー政策総論につき意見交換を行うとともに、

㋐省エネルギー

㋑原子力(*)

㋒石炭

㋓エネルギー技術の 4 分科会で

越政府への省エネ専門家の長期派遣の新規実施や原子力に関する人材育成や FS に対する協力などを議論。　フォーラム終了後、両国の協力を一層緊密にすることを双方に確認するプレス声明を発表。

(*)：原子力発電導入に対する協力

ベトナムは、2020 年までに原子力発電所を建設することを含む「平

和目的の原子力エネルギーの開発と使用に関する 2020 年までの国家戦略」を承認している。　2006 年度から、核不拡散・原子力安全等の制度整備に対する支援事業を開始（委託先：JETRO)。

-原子力安全に関する人材育成協力（セミナーの開催、研修受入）を実施。

-2006 年 5 月、ハノイ国際原子力展示会に官民ハイレベル合同ミッションを派遣。

-2006 年 8 月､5 月ミッションでベトナムから要請を受けた原子力発電導入のための人材育成ロードマップを作成し､提案｡併せて、日越原子力人材育成ワークショップを開催。

2)　多国間枠組みにおけるエネルギー協力

(1)　日・ASEAN における協力（ベトナムは ASEAN メンバー国)

日・ASEAN エネルギー協議を 2000 年度から毎年開催し、日本と ASEAN 各国のエネルギー政策の動向について情報交換を行うとともに、省エネ協力、エネルギーデータ整備協力等の協力について議論を行っている。　具体的には、以下の技術協力を実施している。

㋐エネルギー供給セキュリティ計画（ESSPA)

ASEAN エネルギー需給見通しと石油・ガスの供給潜在量に係る協力、CLMV 諸国（カンボジア、ラオス、ミャンマー、ベトナム）へのエネルギーデータ整備に関する研修､ASEAN エネルギー需給統計整備全般に関する実務者会合等。

㋑エネルギー効率及び省エネルギー推進（PROMEEC)

ASEAN における省エネビルの評価や､エネルギー多消費産業における省エネ評価に係るガイドラインの策定やデータベースの構築等を通じて、省エネルギー技術の普及促進を図るほか、ビル・産業双方に係るエネルギー管理基盤整備のための ASEAN エネルギー管理システムの策定に向けた活動。

(2)　ASEAN＋3 における協力（ベトナムは ASEAN メンバー国)

ASEAN 及び日中韓（ASEAN＋3）では、第 1 回のエネルギー大臣会合が 2004 年 6 月 9 日にマニラ（フィリピン）で開催され､「アジア・エネルギー・パートナーシップ」の構築に向けて、エネルギー安全保障の強化及び持続可能性を共通目標とし、石油備蓄、石油市場、天然ガス、再生可能エネルギー等の分野について協力を強化していくことで合意した。

2005 年 7 月 13 日にシェムリアップ（カンボジア）で開催された第 2 回大臣会合では、これらの共通目標を再確認し、引き続き協力を推進していくこととしたほか、省エネルギーの重要性が高まりつつあることを踏まえて、省エ

ネルギー協力を強化していくことで合意した。

具体的なエネルギー協力に関する方向付けを行う場として設置された ASEAN+3 政策理事会において、以下の 5 つの分野についてフォーラムを設置し、具体的な協力内容について議論することになりました。

㋐セキュリティネットワーク・タスクフォース

緊急時の連絡ネットワークの制度化、域内の石油データの精度向上、石炭のクリーン利用など

㋑石油備蓄フォーラム

域内適正備蓄水準、協調的対応を視野に入れた石油備蓄に関する共通認識の醸成やノウハウ移転の推進

㋒石油市場フォーラム

アジアプレミアム問題への対処を含むアジア石油市場の機能強化の方策に係る検討、産消対話による共通認識の醸成

㋓天然ガスフォーラム

天然ガスの利用・開発に向けたビジネス活動の側面支援、各国状況の共通認識の醸成

㋔再生可能エネルギー・省エネルギーフォーラム

再生可能エネルギーの利用・開発の推進、各国状況の共通認識の醸成

2006 年 7 月に、ラオスのビエンチャンにおいて、第 3 回 ASEAN+3 エネギー大臣会合が開催され、各国のエネルギー大臣が ASEAN 地域のエネルギー安全保障の強化について議論が行われた。

3) 国際金融機関のエネルギーセクターへの協力状況

エネルギー分野へのドナーの援助は電力分野に集中している。 アジア開発銀行、世界銀行、国際協力銀行が中心になり、融資や技術支援を行っている。

(1) アジア開発銀行

現在継続中の融資したプロジェクトは下記のとおりである。

㋐Power Distribution Rehabilitation Project

北部ベトナムの 500kV 及び 220kV の送電網の建設、拡張、改造更新に対し、USD3 億 6,000 万の融資である。 2010 年 6 月完成目標である。 このプロジェクトは信頼性の向上、ボトルネックの解消、送電ロスの減少や発電所の効率的有効活用を目指すものである。 さらに、工業団地への供給を行うとともに、将来中国との系統連携が可能な環境となる。

㋑Northern Power Transmission Project

北部ベトナムの送電網の改善を目指すもので 500kV 及び 220kV 送電線

のインフラ整備に対し、USD1 億 2,000 万の融資である。　これには指令管理・データ収集システム(Supelvisory Contro1and Data Acquisition System:SCADA)及び北部・中部・南部センター局との相互連絡通信設備とハノイにある国家給電指令センター(National Load Dispatch Center:NLDC)の強化も含まれる。

㋒次のような無償の技術援助(Project Preparatory Technica1 Assistance:PPTA)を電力公社(E1ectricity VietNam)に行っている。

・Phase I of PPTA:Song Bung 4 Hydropower Project(December 2, 2005)
・Phase II of PPTA:Song Bung 4 Hydropower Project(December 2, 2005)
・Northern Power Transmission Expansion Project(December 13, 2004)
・Northern Power Transmission Project(Apri1 22, 2003)
・Se-san 3 Hydropower Project(August 26, 1999)

その他、WB 等との協調融資では Phu My3 ガスタービンコンバインドサイクル発電所(716.8MW)へ合計投資金額 USD4 億 1,200 万のうち USD4,000 万を行った。

(2)　世界銀行

アジア開発銀行はベトナム北部を中心に援助してきているが、世界銀行は中部と南部に重点を置いている。

㋐第一次送配電システムプロジェクト(The First Transmission and Distr1bution Project-USD200 mi11ion in no-interest loan)

㋑第二次送配電システムプロジェクト(The Second Transmission and Distribution Project)(USD200 million)

新しい発電所を 500kV 送電システムに接続し電力不足や品質完全を図るプロジェクトで、ベトナム国の送電網の効率向上に結び付くものである。

㋒第二次村落エネルギープロジェクト(The Second Rura1 Energy Project-USD220 mi11ion)

30 省の 1,200 の村落に電力供給網を再構築するものである。これにより村落部の経済成長と雇用のための地域工業・農業や商業の振興を図り生活水準の向上を目指している。

第一次のプロジェクト(The First Rura1 Energy Project)は、USD1 億 5,000 万で 990 の村落を国の電力送電網へ接続するものであった。

㋓System Efficiency Improvement Equitization and Renewables Project (USD2 億 2,500 万)

㋔その他 GEF TRUST FUND GRANT(USD550 万)等で貧困層への電力供給を行うプロジェクトがある。(2003 年)

㋕無償援助では下記のものがある。

・Renewable Energy(USD262 万 5,500)

ベトナム国の電力開発の一部分である再生可能エネルギー利用に関する行動計画を作成するものである。

・Demand Side Management(DSM)(総額の半額援助 USD550 万)

HCMC Power Company, and Power Companies No.I & No.II に対し、送電・配電網整備プロジェクトの一部である Demand Side Management Component への無償援助。

・DSM II/Energy Efficiency Programme(USD550 万全額援助)

・Promotion of Renewable Energy(USD450 万全額援助)

System Efficiency Improvement Equitization and Renewables Project の一環として、地方電化政策の法制整備に対し行われた支援である。 その中には籾殻発電の F/S 等も含まれている。

(3) 国際協力銀行のエネルギー案件

㋐平成 15 年度

*オモン火力発電所 2 号機建設計画

ベトナム南部カントー市から約 18km メコン河を遡上した地点に、最大出力 300MW の火力発電所を建設するもの。 また、オモン火力発電所の子会社化に係る知的支援を行うことで、ベトナム電力セクター改革を推進する。

*ダイニン水力発電所建設計画(第三期)

ベトナム南部ラムドン省(ホーチミン市の北東 260km 地点)に設備出力 300MW の水力発電所及び送電・変電設備を建設するもの(同発電所からの送電線は、現在建設中の南部フーラムから中部プレイクまでの 500kv 送電線(500km)に接続される)。

*タクモ水力発電所増設計画

ベトナム南部の電力需要に対応するため、ビンプオック州に位置するタクモ町を流下しているベー川で運転中のタクモ水力発電所(150MW)に発電設備(75MW)を増設する。

㋑平成 14 年度

*オモン火力発電所及びメコンデルタ送変電網建設計画(III)

㋒平成!3 年度

*オモン火力発電所メコンデルタ送変電網建設計画(II)

㋓平成 12 年度

*オモン火力発電所メコンデルタ送変電網建設計画(I)

*ダイニン水力発電所建設計画(II)

*フーミー・ホーチンミン市 500kV 送電線建設計画

(4) SIDA（スウェーデン国際開発協力庁）

㋐Rural Energy（USD660 万）

村落の電化促進のための法令、再生可能村落電化の促進、技術基準や再生可能エネルギー供給事業者の遂行能力強化を支援するものである。

㋑環境関係で MONRE 及び環境庁の能力強化を支援し、戦略的環境アセスメントが導入された環境保護法 2006 年の見直しにつながったものである。

3) 国際機関の支援によるエネルギー関連プロジェクト

ベトナムは国際組織や様々な国の支援のもとで多数のプロジェクトを進行

㋐新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)による新エネルギーおよび工業技術開発を支援するための実証プロジェクトを実施している。

㋑国際金融公社(IFC)とデンマークのコンサルタント信託基金の協力により、ベトナムの農業電化のマスタープランのためのリソースが提供されている。

㋒オランダの支援を得てウィンドリソースマッピング風力マッピングにも取り組んでいる。

㋓ニュージランドの支援による小規模水力投資プロジェクト・小型水力発電所用のパイプラインの準備を支援。

㋔世界銀行の支援は、総投資額 10 億ドルで 4 つのチームに重点をおいて取り組んでいる。

-VN-GEF-Rural Energy II

-再生可能エネルギーの促進、エネルギー効率および温室効果ガスの低減に取り組んでいる。

-グローバルビレッジエネルギーパートナーシップへの参加

-国連開発計画(UNDP)の支援によるエネルギー効率ライテイング(Energy Efficient Public Lighting)

-ベトナム政府の資金援助による大規模水力発電プロジェクトを計画している。

－参照資料－

1.ベトナム国　国家エネルギーマスタープラン調査（2006 年)、平成 18 年 10 月、
（独）国際協力機構
2.VIETNAM COUNTRY REPORT (USAID)
3.Current Status of Energy in Viet Nam
4.“PROMOTION OF RENEWABLE ENERGY, ENERGY EFFICIENCY AND GREENHOUSE GAS ABATEMENT” Viet Nam Country Report, May 2004
5.“Overview of Policy Instruments for the Promotion of Renewable Energy and Energy Efficiency in Vietnam”
6.「ベトナムにおける環境問題の現状と環境保全施策の概要」、環境省
7.「ベトナム、2005 年アジアの環境重大ニュース」、ベトナム社会科学アカデミー国務司法研究所
8.「ベトナムにおける企業の環境対策と社会的責任」、平成 19 年 3 月、
(財)地球･人間環境フォーラム
9.「アジアを中心とするエネルギー協力」、2007 年５月、資源エネルギー庁
10.「エネルギー環境分野における国際協力の推進」、エネルギー白書 2007
11.「エネルギー環境分野における国際協力の推進」、平成 18 年、資源エネルギー庁
12.「POLICIES & OBJECTIVES OF ENERGY CONSERVATION & EFFICIENCY ACTIVITIES IN VIETNAM」,ENERGY CONSERVATION CENTER HOCHIMINH CITY
13.「Energy Efficiency & Conservation Program on Industrial Sector in Vietnam」, Vietnam-Japan Energy Forum, Ha Noi, 3-2007
14. EIA International Energy Annual 2004
15.「躍進する Petrovietnam の分析とベトナム･ガス事業の展望」、
石油・天然ガスレビュー2008.7 Vol.42 No.4、JOGMEC
16.「ベトナム：活況を呈する石油ガス産業の新たな潮流」、
2007.1 Vol.41 No.1、JOGMEC

5.3 国別プレゼンス拡大の展望と課題

5.3.1 インド

5.3.1.1 第 11 次５カ年計画(2008～12)による高成長維持と格差是正路線への対応

インドは第 10 次５カ年計画(2003～7)において年平均 7.7%の経済成長を達成し、目下、年平均９％の GDP 成長を目標とする第 11 次５カ年計画の実行段階に入っている。

新５カ年計画はそれまでの経済発展の過程において産業部門が構造改善に上手く順応し国際経済における競争力を発揮しうることを明確にしたことを評価しつつも貧困層人口がほとんど減少していないこと(94 年度 3.2 億人 → 2005 年度 3.0 億人)から国民各層に経済成長の果実が均てん(sufficiently inclusive for many groups)することを目標としている。具体的には計画期間において年率９％の GDP 成長を目標としており、これは一人当たり GDP が年率 7.6%で成長し、10 年以内に所得倍増が達成されるものである。産業部門のうち省エネ及び環境保護関連の戦略は以下のとおりである。

1)インフラセクター

・インフラ整備の対象は電力、道路、橋梁、鉄道(Mass Rapid Transit System を含む)、港湾、空港、通信、灌漑、上水道、ガス貯留及び配送となっている。
・投資所要資金は GDP 比率で 2006 年度の 5.43%から計画最終年度である 2008 年度に 9.34%のレベルに拡大することとなる。
・投資資金の内訳としては計画最終年度において公的資金 6.45%、民間資金 2.89%となっているが資金規模そのものをみると公的資金が所要資金全体の 70%を占める。
・資金調達としては公的資金および民間資金の両方が拡大すると見込んでいるが、PPP(Public-Private Partnership)形態による官民資金の連携を提案している。

(1)電力

・第 10 次５ヵ年計画期間における発電能力の拡大は予定 41,110MW に対し実績 21,180MW にとどまり、そのうち 18,000MW がフル稼働したに過ぎない。
・電力部門の最大の問題は送配電システムが依然として機能していないことと一部需要層に対して経済性を無視した価格の設定が行われていることである。
・送配電システムの抱える問題は州配電公社の収益状況を悪化させることとなり、

結果として州政府による発電及び配電への新規投資不足の事態を招くことになっている。

・更には、こうした事態から州配電公社による電力料金支払い能力に懸念ありと見込まれることになり民間投資家として新規に発電投資する意欲を減殺されることになっている。

・第 10 次５カ年計画は送配電ロス率を 2003 年度のレベル 40%から最終年度 15%に引き下げる計画であったが、実績は上がらず現状は 40%に留まっていると見られている。第 11 次５カ年計画は計画期間中に少なくとも 15%の削減は達成しなければならないとしている。

・省エネルギー活動はエネルギー多消費家のエネルギー監査、省エネ商品ベンチマーク、省エネ機器のラベル化及び格付け、エネルギー多消費産業への高効率強制、省エネビル推進といった方策によって強力に推進されるべきである。

・気候変動危機を勘案、エネルギー源を多様化し、クリーンエナジーを供給するため以下の分野における R&D が必要である。

- CCS 関連クリーンコール技術
- 地下(in-situ)石炭ガス化
- 太陽電池
- 農作物廃棄物からのエタノール・ブタノールのセルロース分離
- Jatropha 及びその他油種のバイオディーゼル利用

2)環境

・都市計画における生活固形廃棄物及び生活排水の管理を含む環境管理は最重要な部分であるにもかかわらず、これまでひどく無視されてきた。

・Yamuna 川をはじめとする重要な河川については最低でも水浴が可能となる水質を確保できるよう保護プログラムを早急に実施することとし、違反者に対する厳しい罰則規定も導入する。

・気候変動対策としては低炭素・高エネルギー効率の技術を廉価なコストで発展させ奨励することに重点を置く。この点で、CDM はインセンティブとして利用されることとなろう。

・国家気候変動アクションプランの策定準備中である。

3)第 11 次５カ年計画による国家目標

第 11 次５カ年計画では６分野(①所得及び貧困、②教育、③健康、④女性及び児童、⑤インフラ、⑥環境)について数値目標が設定されており、インフラ、環境については以下が含まれている。

・インフラ

2009 年までにすべての村落及び BPL 家庭に電気を繋げ、計画期間終了までには電力供給の安定を確保する(to ensure reliable power)。

・環境

－ 2012 年度までにすべての主要都市において 大気につき WHO 基準をクリア。

－ 2012 年度までにすべての都市生活排水の水質をきれいな河川のレベルまで処理する。

－ 2017 年度までにエネルギー効率を 20%上昇させる。

5.3.1.2 第３回日印エネルギー対話を通じたビジネス促進

2008 年 9 月、日印間の定期的な閣僚級エネルギー政策対話である「日印エネルギー対話」第 3 回会合が二階経済産業省大臣とインド計画委員会モンテク・シン・アルワリア副委員長との間で行われた。

会合では、両大臣が、エネルギー効率を改善するため、主要なエネルギー消費セクターに焦点を当てることが、それぞれの国家省エネルギー政策の有効性を高めるとして意見の一致をみており、以下の点で共通の認識を示している。

①G8、中国、インド及び韓国エネルギー大臣会合の共同声明に記述されたセクター別アプローチを通じたエネルギー効率向上の協力的アプローチが、エネルギー効率改善の有効な手段であること

②エネルギー効率向上及び代替エネルギー源への投資拡大のためには、エネルギー価格を市場原理に基づいた価格に近づけることが必要であること

本会合では上記の共通認識の具体化、及び、環境・エネルギー分野における両国間の協力関係の構築のため、以下のとおり協力事項を決定している。

1)省エネルギー分野における協力

(1)省エネルギーセンターの設立

・インド側は省エネ促進のため省エネルギーセンターを設立する意図表明

・日本側はセンターの計画・運営に携わることとなるインド政府関係者を招き、概念形成に関する支援を行うことを提案

・トレーナー訓練、専門家派遣、可能性ある機器の用意など次段階はワーキンググループにおいて、更なる検討が行われる

(2)NEDO 省エネモデル事業

・NEDO による「商業規模の焼結クーラー排熱回収設備モデル事業に関する実現可能性調査」が終了したことを踏まえ、同事業が年間 39,000 石油換算トンの省エ

ネ可能性があり、広範に普及すれば大規模な削減になるとしてNEDOの実施見込みに関する決定に期待が寄せられた。

・NEDOは「商業規模のコークス乾式消化設備モデル事業」及び「ディーゼル発電設備燃料転換モデル事業」を実施中であるが、これら省エネ技術の広範な普及を促進する方策の検討をワーキンググループが行うことを決定した。

(3)NEDO省エネ診断事業

・NEDOがAPPプロジェクトの一環として鉄鋼、セメント分野において省エネ診断を継続することが歓迎される。

・NEDOが業務部門のエネルギー効率改善に貢献する都市ビル建築へのヒートポンプ技術の適用可能性調査の実施を決定したことが感謝される。

(4)人材育成

・METIによるキャパシティビルディング(2006年から154人の研修生受け入れ、7人の専門家を派遣)が感謝される。

(5)啓蒙活動

・日本側は以下につき更なる協力継続を約す。

－ 省エネセンターによるインド地方政府指定の省エネ関連機関からの研修生受け入れ

－ インド中小企業の省エネルギー支援のための小集団活動及びエネルギー統括管理に関する短期専門家の派遣

－ 省エネセンター開催になるESCOワークショップへのインドESCO企業の招待

(6)JICA技術研修プログラム

・インドのエネルギー管理者養成を目的としたJICA技術研修プログラムが極めて有用であることから、引き続きの役割が期待される。

(7)JETROによるインド国際展示会への参加

・JETROは、インドの省エネルギー技術展示会である国際工学技術展に参加。日印の民間ベースでの技術移転促進を狙ったワークショップ開催を検討する。

2)電力・石炭分野での協力

(1)高効率選炭技術モデル事業の実施

・双方は小規模での高効率の選炭に関するモデル事業実施など、技術移転の取り組

みを促進する。

(2)既設石炭火力発電所の改修支援

・既設石炭火力発電所の熱効率改善及び環境負荷低減をはかるため日本側より設備診断の専門家派遣、改修助言、エネルギー効率改善による利益促進をテーマとするセミナー開催等、石炭火力発電所の刷新案が提案される。かかる改修支援の可能性についてワーキンググループが議論する。

(3)NEDO による研修生の受け入れ

・2001～2007 年度、クリーンコールテクノロジー移転の NEDO 研修に 51 名のインド研修生を迎えている。
・2008 年度には電力及び選炭の分野で 20 名の NEDO 研修生を受け入れる。

(4)JICA による火力発電関連支援

・JICA で、火力発電技術の研修プログラムを開始。
・国営火力発電公社の効率向上調査につき scope of works が固まる。

(5)超臨界圧発電設備の日印合弁事業

・高効率の超臨界発電設備にかかる日印合弁事業案件の登場が歓迎された。

3)再生可能エネルギー分野での協力

・APP の再生可能エネルギー・分散型電源タスクフォースにおける活動の一環として NEDO により提案された太陽電池寿命評価技術に関する共同研究開発事業が実施される。
・ワーキンググループは太陽エネルギー、バイオ燃料を含む再生可能エネルギーに関する協力可能性につき議論を開始する

4)石油・天然ガス分野における協力

(1)JOGMEC・ONGC Videsh 間の協力進展

・独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)と ONGC Videsh(国営石油ガス公社 ONGC の海外事業子会社)との協力覚書による両機関会合は３回実施された。

(2)JOGMEC・DGH(インド炭化水素総局)間の協力進展

・両機関の協力覚書によりメタンハイドレートに関する会合が予定されている。

(3)石油備蓄に関する支援拡大

・JOGMEC を通じた石油備蓄の専門家派遣、備蓄基地視察招待が提案される。

・METI 及び JOGMEC は石油備蓄に関する石油天然ガス省、インド石油戦略備蓄会社との協力進展を期待する。

(4)日印研究機関による共同研究

・日本エネルギー経済研究所と石油天然ガス省 PAAC による「アジア天然ガス市場の安定化に向けた諸方策に関する日印共同研究」が評価される。

5.3.1.3　本邦企業から見たインドビジネス展開上の課題と展望

1)現地営業力の充実

インド市場は本邦製造業の将来の投資対象国として中国に匹敵する人気を得ているが課題としてインフラ未整備に次いで、不透明な法制の運用、他社との激しい競争、投資先国の情報不足が指摘されている。市場の成長性に極めて魅力があるところではあるが、国産のレベルが総じて高く投資の意思決定に必要となる投資環境の確認プロセスは永いものとなっている。こうした市場へのアクセスを最大限に効率化するにはやはり営業拠点を設立し可及的速やかな現地営業力の充実を図ることが近道である。

プラントメーカーによる最近の事例として三菱重工業による拠点展開が参考となろう。同社は 2008 年 2 月インド現地法人である「インド三菱重工業(株)」(2005 年 2 月設立、全額出資子会社)について、国内 2 箇所、ムンバイ及びベンガルール(旧称：バンガロール)に支店を開設、本社ニューデリーと合わせ３拠点体制を構築した。同社はインド市場において GTCC 発電設備など大型原動機製品、環境プラント(CO2 改修プラント、排煙脱硫装置ほか)、中量産品(工作機械、新聞輪転機、ディーゼル発電機、射出成型機など)を営業品目としているが、３拠点それぞれが位置するインド北部、西南部、南部の各経済圏を主要な対象エリアとしつつ、インド全土をカバーすることで同社製品全般の営業・アフターサービス支援を行う。３拠点による連携体制は以下のとおりとなっている。

・ニューデリー本店：電力、交通など、政府系・各種 ODA 関連の大規模プロジェクトをフォロー、併せて、日系企業が進出しているデリー周辺の自動車産業集積地もカバー。

・ムンバイ：営業情報収集、市場調査・分析に注力。ムンバイはインド最大の経済都市、商業・金融・文化の中心地であり、大手財閥系企業の拠点も多く、将来のアライアンス先選定も視野に、情報交換、人的ネットワーク形成を推進する。

・ベンガルール：既存のインド三菱重工業の原動機設計部門に新スタッフを追加、

全製品の支援拠点として機能する。近郊に自動車産業の集積地チェンナイがあるところから自動車産業向け各種中量産品の営業支援や商談対応の拠点機能も付加。

同社は営業拠点としては2005年の時点に進出を果たしているが、かかる拠点体制の強化に踏みきった背景としては大型商談が急増するなどインドで各種事業が加速度的に拡大することが見込まれたことがある。

2)地場企業とのアライアンス推進

インドの市場規模を勘案するとプラント関連本邦企業にとっては国内市場動向に精通した地場有力企業との協力関係を基盤として生産拠点を確立することが製造機器のインド市場への参入拡大に最も有効な方策と思われる。

事例として注目されるのはインド有数の総合重機メーカーかつ建設大手であるLarsen & Toubro Limited(以下、L&T)を対象とした本邦企業によるアライアンス構築である。

(1)三菱重工業

－ 2007年 4月 超臨界圧ボイラー製造・販売合弁会社の設立
(L&T MHI Boilers Private Limited)
本合弁事業はインドにおける大型石炭火力発電設備の新設計画が目白押しとなっているなか、超臨界圧火力発電設備で50～100万kWの出力レンジをカバーする超臨界圧ボイラーの設計・製造技術をMHIがL&T経由で供与のうえ製作・据付、販売・アフターサービスを行うもの。出資比率はMHI：49%、L&T：51%。L&Tは事業拡大を狙い大型火力発電設備事業への参入意欲を持って最新技術を保有する協業先を必要としていたところ、MHIが2006年10月、技術供与契約を締結した。

－ 2007年11月　蒸気タービン・発電機製造・販売合弁会社の設立
(L&T MHI Turbine Generators Private Limited)
本合弁事業はインド国内における火力発電所新設に対応すべく蒸気タービン及び発電機の製造・販売を行うもの。出資比率はL&T：51%、MHI：39%、三菱電機：10%。MHIは超臨界圧ボイラーの合弁に引き続き、飛躍するインド市場への足がかりを確実にしたい意向があり、蒸気タービンの設計・製造技術を供与することになり、三菱電機は発電機の技術供与を行う。インドの火力発電設備市場は、インド国営の重電公社(Bharat Heavy Electricals Ltd；BHEL)がほぼ独占している状況であるが、予想される需要増大に１社で対応することは不可能とみられ、本事業は最新技術による差別性をもって旺盛な需要を取り込んでいく狙いである。

(2)東芝

― 2009年1月、東芝グループ会社の米国Westinghouse(WH)、インド原発事業に関する協力の基本合意。
核拡散防止条約に加盟していないインドに対する原発技術の輸出を解禁した米印民生用原子力協定が2008年10月発効したのを受けて原発大手企業としてインド地場企業との事業協力に踏み込んだ最初の事例である。WHは原子炉の設計、L&Tは部品の現地生産、建設工事を担当、親会社である東芝はタービン供給などで協力する可能性あり。インド原発の総発電能力は4,120MWであるが、2020年には 40,000 MWに増強する計画となっている。
(2009.01.17 日本経済新聞)

(3)千代田化工建設

－ 1994年10月 エンジニアリング合弁会社の設立
(L&T-CHIYODA LIMITED)
本事業はプラント関連本邦企業で極めて早い時期にインドにおけるエンジニアリング拠点を設立した事例といえ、現状、インド国内のみならず海外市場においても石油・天然ガス関連分野(製油所、石油化学、化学、肥料、LNG/LPG)において優秀なインド人材を駆使することで"fast track EPC jobs"の評価が確立している。

5.3.2 インドネシア

インドネシアにおけるエネルギー消費の特徴は年率平均７％の高い需要増加を示すなかで供給の 50%超は石油で、第２、第３のエネルギー供給源となっている天然ガス及び石炭を合わせれば炭化水素資源でほぼ 95%が賄われているが、結果として対 GDP エネルギー消費が日本のほぼ９倍とエネルギー消費が非効率なレベルにとどまっていることである。今後のエネルギー供給については石油資源が急速な枯渇を見せており、一方で再生可能エネルギー資源の開発は出遅れている。また、これまでの石油依存に伴う民生用・公共輸送用及び電力用補助金の支給による消費構造の維持は国家財政に大きな負担(2008年10月現在、残高Rp. 130.9兆、約130億ドル)を与え、持続可能ではなくなっている。こうした背景からインドネシアにとってエネルギー消費の効率化と再生可能エネルギー資源の利用拡大が政策課題となってきている。

5.3.2.1 省エネルギー及びエネルギー効率増進に向けた政策支援体制

省エネ及びエネルギー効率増進についてはインドネシア政府は継続的に関連の法規制を導入しており、以下のとおり５つの法規が政策支援の指針を提示している。

①2005 年７月　省エネルギーに関する大統領指示　No. 10/2005

②2005 年 7 月　省エネルギー実施に関するエネルギー鉱物資源大臣令　No. 31/2005

③2006 年１月　国家エネルギー政策に関する大統領令　No. 5/2006

④2007 年８月　エネルギー法　No. 30/2007

⑤2008 年２月　エネルギー及び水効率に関する大統領指示

このうち「国家エネルギー政策に関する大統領令 No. 5/20006」は 2025 年を目標年としてエネルギー弾性値の１未満達成とエネルギー管理の最適化による１次エネルギーミックス変更を謳っている。目標とされたエネルギーミックスによれば現時点のエネルギーミックス(石油：51.66%、天然ガス：28.57%、石炭：15.34%、水力：3.11%、地熱：1.32%)を 2025 年時点では炭化水素資源である石油、天然ガス、石炭はそれぞれ 20%、30%、33%を下回り、その他エネルギー源としてバイオ燃料、地熱はともに 5%を上回り、その他新・再生可能エネルギー(特に、バイオマス・原子力・水力・太陽光・風力)、石炭液化はそれぞれ 5%、2%を上回るとしている。

「エネルギー法 No.30/2007」は省エネルギープログラムを政府及び国民が実施する責任があること、省エネ活動は上流から下流部門へと実行されることまた、エネルギー消費者及び省エネ機器生産者に政府の優遇/罰則措置がとられることを謳っている。現状(2008 年 10 月末時点)、エネルギー法に基づいて省エネルギープログラムとして概要、以下の活動が実施済みか計画されている。

1)エネルギー政策関連の法規制導入

・省エネルギーに関する政令案を 2008 年末公布予定で準備中である。検討対象事項としては産業用・業務用を対象とするエネルギー消費インデックス導入、多消費者に対するエネルギー監査及びエネルギー管理士登録を義務づける規制、省エネルギープログラム実施へのインセンティブが含まれる。
・2007 年　建物にかかるエネルギー管理士の標準資格要件を制定
・2008 年　エネルギー管理士資格認証メカニズムと産業におけるエネルギー管理士の標準資格要件を制定中

2)需要側管理(Demand Side Management)

(1)啓蒙活動

セミナー/ワークショップ開催、マスコミでの”省エネ”宣伝、パンフ・ステッカー等による広報、国民省エネ賞授与(建物及びエネルギー管理)、ASEAN Energy Award

参加(建物およびエネルギー管理)

(2)教育訓練
・教育訓練センター(エネルギー鉱業省、教育省管轄)における定期研修
・海外研修参加(日本：JICA、ECCJ、韓国、中国ほか)

(3)省エネパートナーシッププログラム
・政府がエネルギー多消費の民間産業、建物を対象にエネルギー効率改善をテーマにエネルギー監査の無料提供や省エネ対策のモニタリングを提供するプログラム。2002 年に導入されている。
・パートナーシッププログラム実施件数
2007 年のエネルギー監査実施は民間産業：138 件、建物：62 件、合計：200 件

3)省エネラベル
・エネルギー効率ラベルシステムを導入する。
・第１段階は熱効率電球、次段階は冷蔵庫及びテレビを計画。
・ラベルシステムの実施に関するエネルギー鉱物資源省令を準備中である。

4)標準化
・建物における省エネのインドネシア国家基準を導入済み。

5.3.2.2　再生可能エネルギー資源の利用拡大

再生可能エネルギー資源の利用拡大は電力供給(小水力、太陽光、風力、バイオマス)及び燃料供給(バイオマス)において、既にビジネス対象となっているが、エネルギー法においては経済価格の設定が可能となるまではインセンティブの供与ができると規定しておりエネルギー供給の潜在成長力への期待がみてとれるところである。

なかでもバイオ燃料に対する期待は大きいものがあり、「国家エネルギー政策に関する大統領令 No. 5/2006」と同時に「バイオ燃料の供給と利用に関する大統領指示 No. 1」が公布されており、以下のとおり、政策支援にかかる戦略と目標を提示している。

1)バイオ燃料発展にかける使命
・フィードストック(４品種：パーム、ジャトロファ南洋油桐/Jatropha Curcas、砂糖黍、キャッサバ)供給、燃料製造、インフラ整備、関連支援業務における雇用創造。

・”エネルギー自活村”(Energy Self Sufficient Village)発展を通じてエネルギー供給面での地方社会の独立性を高める。
・”バイオ燃料特別区”(Special Biofuel Zone)発展を通じて民間部門の役割を増大する。
・バイオ燃料ビジネス、フィードストックの供給及び利用を規制する。
・優遇措置による投資環境を発展させる。

2)バイオ燃料製作支援への戦略
・バイオ燃料プログラムの投資およびファイナンススキームを開発する。
・フィードストックからバイオ燃料製品までの価格メカニズムを開発する。
・地元の潜在力を伸ばす。
・フィードストックの利用可能量と生産需要を増大する。
・バイオ燃料売買システムを規定する。
・土地の利用可能量を加速する。
・バイオ燃料特別区及びエネルギー自活村を開発する。
・バイオ燃料ビジネスへの地方政府及び社会の参加を改善する。
・バイオ燃料の供給安定。

3)2010 年の目標
・雇用創出(350 万人の失業に対処)。
・バイオ燃料製造に携わる労働者の給与を該当の地方最低賃金水準まで引き上げる。
・バイオ燃料の農園として未使用の土地 525 万 ha を開発する。
・エネルギー自活村 1,000 箇所とバイオ燃料特別区 12 箇所の設置。
・最低 10%以上の炭化水素を削減する。
・バイオ燃料の地元での需要及び輸出需要を達成する。

4)バイオ燃料の開発成果
2007 年 6 月時点でバイオ燃料の開発成果の状況を見ると以下のとおり。
・Biodiesel(B-5 軽油へのバイオ燃料５%混合)はジャカルタで 201 の給油所、スラバヤで 15 の給油所で販売されている。
・Bioethanol(E-5 ガソリンへのエタノール５%混合)はマラン及びジャカルタに販売されている。
・バイオ燃料を利用したエネルギー自活村が誕生。
・バイオ燃料関連投資
華人系やマレーシア系企業がパームオイル生産のため全国で相当な勢いで土地を抑えにかかっているとも言われているが、具体的な事例としては以下が挙げられる。

－2007 年 1 月、国家バイオ燃料委員会(2006 年 7 月設立)の主導により内外 57 企業との間で協力覚書が締結される。
－中国 CNOOC とシナールマスは 55 億ドルで 100 万 ha のパーム農園を開発する計画。
－BP：ジャトロファを原料とする 35 万トンのバイオ燃料製造計画。

5.3.2.3　本邦企業から見たインドネシアビジネス展開上の課題と展望

1)経済連携協定(EPA)締結にともなうビジネス環境変化

ユドヨノ政権になってインドネシアへの直接投資の促進については両国の合意するところとなり、2005 年 6 月、当時の小泉首相との会談の際に日本・インドネシア戦略的投資行動計画(SIAP)が発表されている。SIAP は官民の定期的な対話を通じて投資企業が直面する各種の問題につき実際的な解決を促進する独特な枠組みを提供、具体的には、課税、通関、労働、インフラ、競争力/中小企業の５分野からなる合計 118 項目によって構成されている。SIAP 発表以降、対象項目につき投資環境改善の努力がなされ、2006 年 1 月には改善状況を中間的に評価のうえ、最も重要性及び緊急性の高い優先 10 項目を特定し、両国首脳に報告をしている。

2006 年 11 月、大統領来日の際には、SIAP 導入後、1 年 5 か月間の環境改善進捗の報告がされており、SIAP118 項目のうち 83 項目が達成、優先 10 項目は以下のとおり評価されている。

表 5.3.2.3ー1：SIAP 全体評価

	AA	A	B	C	合計
課税	1	14	3	0	**18**
通関	1	18	7	0	**26**
労働	2	7	5	0	**14**
インフラ	2	24	16	0	**42**
競争力／中小企業	1	13	4	0	**18**
合計	**7**	**76**	**35**	**0**	**118**

出所：日本・インドネシア戦略的投資行動計画の進捗報告書(2006 年 11 月)
ハイレベル官民合同投資フォーラム

表 5.3.2.3―2：SIAP 優先 10 項目

No.	項目	現在の評価
	課税	
1	政策立案者との対話による源泉徴収税ならびに(出国税を含む)徴税制度の見直し	B
2	輸出／オフショアサービスへの0 (ゼロ)税率適用のための付加価値税法案見直し	A
	通関	
3	ビジネスの実態に適合するよう保税倉庫規制の見直し	B
4	税関手続の透明性及び税関職員規律の向上	A
	労働	
5	民間企業の競争力強化につながる労働関連法規の見直し	B
6	外国人の事業活動を円滑化するための入国に必要なビジネスビザ・労働許可取得手続きの簡素化	B
	インフラ	
7	電力等インフラ・プロジェクト推進のためのリスク管理メカニズムを含む官民パートナーシップ(PPP:Public Private Partnership) フレームワークの確立	A
8	ジャカルタ首都圏(特に東ジャカルタ工業地域)における交通渋滞緩和のための早急な取り組み	B
	競争力／中小企業	
9	裾野産業振興を含む産業政略の策定及び実施	B
10	包括的投資政策のための新投資法の早期制定	B

ハイレベル官民合同投資フォーラムでは、SIAP の実施状況を評価するため、以下の共通評価基準を策定した。

AA: 達成済み
- 投資家の目から見て効果的に実施されている

A: 大きな進展が見られたが、効果的な実施のため引き続きモニタリングと努力が必要
- インドネシア政府ないしその他関係機関による大きなアクションがあった、あるいは本報告書策定まで取られる予定 (例.: 法案の国会上程, 大統領令の策定、省庁決定、その他規定の制定, 関係諸機関の設立)だが、効果的な達成のため引き続きモニタリングと努力が必要

B: 進行中であり、更なる進展が必要
- 何らかのアクションは取られているが、具体的政策をまとめるためインドネシア政府ないしその他関係機関による更なる努力が必要

C: 進展なし
- ほぼなんのアクションも取られていない、あるいは未だに計画段階

出所：日本・インドネシア戦略的投資行動計画の進捗報告書(2006 年 11 月)
ハイレベル官民合同投資フォーラム

このうち競争力/中小企業に分類されている第 10 項目「包括的投資政策のための新投資法の早期制定」については 2007 年 3 月、新投資法が国会で可決されている。

経済連携協定(EPA)はこうした投資環境改善に向けた両国の努力が継続している中でほぼ同時並行でインドネシア側からの提案を踏まえ、貿易・投資・ODA と重層的な経済関係を維持している両国の連携強化が合意されるに至ったものである。(2007 年 8 月：署名、2008 年 5 月：発効)

本 EPA で特徴となっている点は、第 1 に両国の経済連携の強化のために、両国の関連産業の参加を得た能力開発のための協力を重視していること、第 2 に両国のエネル

ギー安全保障の確保を目的とした、エネルギー・鉱物資源分野における貿易・投資の枠組み造りを重視していることである。この枠組みは発電、石油・ガス、その他鉱物資源にかかる投資の利益及び機会の保護及び拡大に資するとともに、代替エネルギー開発を含むエネルギー・鉱物資源分野における協力の促進に資するとされている。

両国の協力内容については、製造業、環境、エネルギー・鉱物資源等の分野において協力を促進することを確認するとともに、特に、長期の枠組みである「製造業開発イニシアティブ」において、省エネルギー、輸出・投資支援、電気・電子機器、鉄鋼・鉄鋼製品等の分野におけるインドネシアの製造業の競争力向上のために協働するとしている。また、協力案件の実施のため、基礎調査、専門家派遣、機材供与、研修、セミナー・ワークショップ、日本企業訪問を含む、様々な協力スキームが考慮される。

協力プロジェクト及びプログラムとして早期に実施されるものは以下表5.3.2.3-3に明記されているが、省エネルギー及び環境対策関連では省エネルギーについては製造業の専門家派遣及びセミナー・ワークショップの対象となる主要分野として例示されるとともに、エネルギー・鉱物資源で省エネルギー普及促進調査、エネルギー管理に関する教育・研修計画が対象となっている。環境対策関連ではエネルギー・鉱物資源で地熱エネルギー開発及び発電施設環境モニタリング研修の促進協力プロジェクトが対象となっている。

表5.3.2.3ー3：早期実施協力プロジェクト及びプログラム

１．製造業 製造業に関する協力は、「製造業開発センター・イニシアティブ」の下で様々な分野で実施される。JIEPA発効後すみやかに双方が集中する活動の代表例は以下のとおり。 (a)基礎調査(主要分野：金属加工、金型技術、溶接技術、自動車・自動車部品、鉄鋼・鉄鋼製品、繊維、石油化学、油脂化学、非鉄金属) (b)専門家派遣(主要分野：金型技術、省エネルギー、自動車・自動車部品) (c)研修(主要分野：金型技術、自動車・自動車部品、電気・電子機器、繊維) (d)セミナー・ワークショップ(主要分野：金型技術、省エネルギー、鉄鋼・鉄鋼製品、繊維)
２．農林水産業 (a)卸売市場の発展を通じた流通メカニズムの改善(ポストハーベスト処理及び市場流通施設の改善) (b)インドネシアの園芸作物の標準化及び品質管理(マンゴーにおけるミバエ類検疫技術向上計画)

(c)インドネシアの水産加工(魚及びえび)中小企業技術支援
(d)水産物の持続的競争力強化プロジェクト
(e)地方マングローブ保全現場プロセス支援プロジェクト
(f)小径木加工業育成支援プロジェクト

3．貿易及び投資の促進

貿易及び投資の促進に関する協力は、「製造業開発センター・イニシアティブ」の下で実施される。JIEPA 発効後すみやかに双方が集中する活動の代表例は以下のとおり。

(a)専門家派遣
(b)研修(輸出振興機関の機能強化調査(輸出競争力強化)に係る研修に含まれる)
(c)セミナー

4．人材養成

公共インフラ工事にかかる管理能力向上プロジェクト

5．観光

観光資産開発プロジェクト

6．金融サービス

(a)経済・財政・金融政策アドバイザー
(b)金融システムに関する研修

7．政府調達

電子調達基盤整備支援のための専門家派遣

8．エネルギー・鉱物資源

(a)インドネシア共和国における地熱エネルギー開発
(b)発電施設環境モニタリング研修の促進協力プロジェクト
(c)省エネルギー普及促進調査
(d)石炭鉱業技術向上プロジェクト(フォローアップ)
(e)インドネシアにおける坑内掘炭鉱の一覧及び評価
(f)エネルギー管理に関する教育・研修計画
(g)インドネシアにおける石炭液化開発
(h)インドネシアにおける低品位炭改質実証プラント開発

(i)インドネシアにおける炭層メタン

出所：「経済上の連携に関する日本国とインドネシア共和国との間の協定の署名に当たっての共同声明」2007 年 8 月 20 日(仮訳)、外務省

今回の経済連携協定は我が国からの直接投資が既進出日系企業による拡張投資が主体となっている現状にあってインドネシア側としては電力、石油・ガス、その他鉱物資源分野では投資収益の保護・拡大に配慮しつつ、製造業分野では関連産業の能力開発を重視、日本側の協力を仰ぐ姿勢が明確となっている。省エネルギー及び環境対策関連ビジネスにおいては本邦企業としても技術移転のプロセスについてインドネシア市場の成長性と均衡をとって展開していくことを勘案することが必要とされよう。

2)中国勢によるエネルギー案件進出の余波

インドネシアの発電設備容量は 2005 年時点で約 27,000MW であり、このうち 74%相当の約 20,000MW はジャワ・バリ系統(うち 5,300MW は IPP)に集中している。

ジャワ・バリ系統では 2007 年の最大電力需要が 16,000MW に達しており、供給余力は 25%と望ましいレベルとされる 35%を下回っている。インドネシアの長期電力計画によれば 2016 年まで年間平均約 7%で需要が増加する見通しとなっており、ジャカルタにおける一部地域の強制停電にみられるように電力供給の安定的拡大が急務となっている。政府は、2006 年 5 月、石炭火力発電所開発加速プログラム(10,000MW 通称クラッシュプログラム)を発表、低品位炭を利用、ジャワ・バリで 6,900MW、その他地域で 3,100MW、計 10,000MW を 2009 年までに建設する計画である。

2006 年 10 月入札となった 10 案件の入札結果は大幅に遅れたが、これまでに以下のとおり５案件が、ファイナンス組成を修了、更に１件が内定している。クラッシュプログラムは、カラ副大統領が中国製機器は日本・欧米の製品より３割は安いとの認識から実施されたといわれており、実際には極めて短期間に入札が行われた結果、日本の主要メーカーは１社も応札しなかった経緯がある。ファイナンス組成を修了した案件と内定案件をみるとレンバンを除く５件はいずれもコントラクターとして中国企業が受注しており、レンバンも機器は中国から、また、ファイナンスもレンバン向けにインドネシア政府保証付で中国国家開発銀行によるドル建 B/C が供与されているが借入人である PLN のプレスリリースからファイナンスクローズが先行しているその他案件(スララヤ、パイトン、インドラマユ)のスキームを踏襲していると推測されるので全て中国政府による公的信用が供与されていると言って良い。

①スララヤ（西部ジャワ）：625MW

中国技術進出口総公司/Rekayasa

ファイナンス済 2008 外貨部分 B/C＋現地通貨部分融資

②パイトン(東部ジャワ)：660MW×1
ハルビン動力設備股分有限公司/MSH Energy
ファイナンス済 2008 外貨部分 B/C＋現地通貨部分融資
③バンテン・ラブアン(西部ジャワ)：315MW×2
2009 運開
成達工程公司/Truba Jurong
ファイナンス済
④インドラマユ(西ジャワ)：330MW×3
2009 運開
中国機械工業集団公司/中国電工設備総公司
ファイナンス済 2008 外貨部分 B/C＋現地通貨部分融資
⑤レンバン(中部ジャワ)：315MW×2
2009 秋運開
Zelan Holding(マレーシア)/Priamanaya
機器：中国製
ファイナンス済
2008 年 12 月　China Development Bank/Barclays USD262m(外貨部分の 85%)
期間：据え置き 2 年を含む 12 年、インドネシア政府保証付
2008 年 4 月　Bank Mandiri 現地通貨部分融資
(出所：PT PLN Press Release 2008.12.03)
⑥タンジュン・アワルアワル(東ジャワ)：300MW×2
中国機械工業集団公司/中国電工設備総公司/Penta Adi Samudera

こうしたクラッシュプログラムにおける中国勢による席巻ぶりはジャワ・バリ系統で発電プラントの７～８割を占めるといわれる日本勢に大きな影響を及ぼすものと考えられる。中国製機器については表面価格の低廉さはあるものの、発電効率等の技術面、環境保全面、品質面では実際に稼動してみないと不明なところもあり引続き動向をフォローすることが必要となろう。

5.3.3　ベトナム

5.3.3.1　我が国ODAによる総合エネルギー開発計画の提示

我が国の ODA による支援は対ベトナム二国間経済協力として最大の実績を誇っている。92 年 11 月、南ベトナム政府時代の債務が解消されたことにより円借款が再開され、以後 15 年間にわたりインフラを主要分野とするプロジェクト援助が北部中心に中部、南部と展開されてきた。2007 年度においてはベトナム向け円借款承諾額 979

億円とイラク(1,827 億円)、インド(1,060 億円)に次いで第３位となっている。特徴はマスタープラン段階から技術協力をしっかりやりソフトとハードの連携が上手くいっている点で世界でも日本の ODA が成功している国の例として挙げられている。

JICA による技術協力の分野では電力部門ではこれまでに「揚水発電マスタープラン調査」(2002)、「電力セクターマスタープラン調査」(2006)が実施されており、2008 年には電力、石炭、石油・天然ガスなどエネルギー全般の開発計画策定を目的とした「国家エネルギーマスタープラン調査」を完了している。

エネルギーマスタープランは石炭、石油などエネルギー資源を国内に産出しこれまでエネルギー純輸出国であったベトナムが目覚しい経済発展(1990～2005 年実績：実質 GDP 年率 7.6%増；社会経済発展計画 2006～2010 年：2010 年の経済規模を 2000 年の 2.1 倍以上とし、一人当たり GDP1,050～1,100 に拡大)をしつつあることからエネルギー消費増大とともに 2015 年頃にはエネルギー純輸入国に転換すること、併せて環境へのインパクトへの対応が課題とみている。こうした課題に対処するものとして、今後のエネルギー政策の基本は省エネルギー型経済の構築、化石燃料比率のより低いエネルギー構造の構築としている。

こうした視点からエネルギーマスタープランは、2025 年までの 20 年間を２つのフェーズに分け、マスタープランの役割を以下のとおり区分している。

－フェーズ１(2006ー2015)：既存プロジェクト、条件がほぼ固まっている諸計画の見直しと調整による行動のための政策と計画を提供

－フェーズ２(2016ー2025)：標準的な経路と政策選択肢を提供

エネルギーセクター別需給の現状と課題については以下の指摘がなされている。

1)電力セクターの現状と課題

(1)現状

- 1996 年から 2005 年の間の電力需要年平均増加率は 15%、2005 年の電力需要は 456 億 kWh、1996 年の 3.4 倍、最大電力は 10.5GW。
- 電源開発は EVN(Electricity of Vietnam)による開発に加え民間資本による BOT(Build-Operate-Transfer)、IPP(Independent Power Producer)が導入された。2005 年における発電設備容量は 1,130 万 kW、その内 IPP/BOT は 22%を占めている。
- 地域間送電網も南北に 500kV×2 回線、中国(雲南省、広西省)からの輸入(110/220kV)などで整備され送電線延長は 3,232km(2005 年)に達している。
- 送配電ロスは 1995 年 21.4%から 2005 年 11.8%へ改善。
- 第６次電力開発基本計画については最近の電力不足(2005 年夏、首相官邸まで停電)、発電所建設遅延を踏まえ首相から電力需要増見直しの指示がでたことに

より当初案の大幅改定となり 2025 年の設備容量は現在の 18 倍、180GW に達している。

(2)課題

・原子力発電については 2005 年 9 月 Pre-F/S が政府に提出されており、2006 年 1 月首相決定(No:01/2006/QD-TTg)「原子力平和利用に関する 2020 年までの長期戦略」により、①2020 年までの運転開始、②建設、運転両面を視野に入れたパートナー選定、③原子炉及び燃料の国内製造、に向け MOIT 中心に関係各省協力により実現をはかるとしている。実現までには技術習得等、人材育成に加え、安全管理、国際協調確保等の課題がある。

・石炭火力は今後、電力セクターで中心となることが見込まれており、発電に必要な石炭の安定確保(現在は、国内炭生産 4,500 万トンのうち発電用消費は 10%強)が重要となる。

・ガス火力発電についてはガス田開発、パイプライン建設、発電所建設は一体となって行う必要があるところから資金確保等、計画的な取り組みが必要となる。

・電力セクター開発戦略の策定にあたっては投資環境を整備し市場原理による開発を促進させると同時に、ベトナム全体のエネルギー需給、エネルギー安全保障、地球環境対策等に配慮することが肝要である。併せて、IPP/BOT による開発割合は約 50%と計画されているところから内外の民間資本を効率よく電力セクターに誘致できることが重要。このためには、民間資本の資金不足、技術力不足、透明性の高い電力取引に関する制度設計等の課題、更には、開発資金確保のためには適切な電気料金の設定が不可欠な課題となる。現時点では、2009 年 3 月以後、平均小売価格(付加価値税前)VND948.5/kWh(対 2008 年 8.92%増)に値上げ実行されているが 2010 年には電力設備費用に見合った料金体系に移行する予定である。

2)石炭セクターの現状と課題

(1)現状

・石炭需要は 1975 年の 782 万トンから年平均 15.3%の増加を示し 2006 年に 3,800 万トンに達している。

・国内需要は電力、建築資材、セメント産業からの需要が主要なものであり、今後とも電力向け需要が大幅な増加が見込まれている。

・輸出需要は 2002 年以降、中国への電力向け低品位炭が急増しており、日本へは鉄鋼、一般産業向け高品位炭となっている。

・輸入はベトナム鉄鋼公社(Vietnam Steel Corporation ; VINASTEEL)の北部製鉄所向け原料炭、南部の IPP 向け一般炭と合計 40 万トン程度である。

(2)課題

・EVN、IPP による石炭火力発電所建設が多数予定されているなかで北部の炭田からの遠距離供給が難しい中部、南部地域における新規案件はインドネシア、豪州などの輸入炭を利用する計画である。しかしながら、ベトナムでは海外炭の大規模輸入の経験をもつ企業はなく安定供給体制を速やかに確立することが必要である。

・中部、南部における輸入炭による発電所建設にあたっては建設予定地周辺の沿岸部には水深の深い良港が整備されていないことから専用埠頭など関連施設の追加投資が必要となる。

3)石油セクターの現状と課題

(1)現状

・国産原油は 1990 年代、鉱区開放により海外石油会社による探鉱・開発が活況を呈し、石油生産の大幅な増産を達成、純輸出国となっている。しかしながら、主力油田であるバクホー油田(注；ホーチミン市沖合、1975 年モービル社が発見、南ベトナム政権崩壊により権益を失い 1986 年、権益を引き継いだ。ソ連との合弁会社が生産開始、2002 年生産ピーク日量 26 万バーレル)の減退が始まり、新規開発油田の立ち上がりはあったが、生産、輸出ともに 2004 年をピークとして減少傾向にある。

・製油所を保有していないことから石油製品はほぼ全量輸入に依存。全輸入量のうち輸送用の石油製品が８割(軽油が５割強、ガソリンが約３割)。直近の３年間を見ると、国際石油価格の上昇を反映して各石油製品価格は総じて２倍になっている。

(2)課題

・中長期的には原油輸入国となることが見込まれるので VLCC クラスのタンカー接岸が可能となる港湾の整備が必要である。

・石油製品需要は 2025 年には現在の約３倍になると見込まれていることから、国内資源の有効な開発、利用を進め、輸入を抑制することが重要。

・建設中(注；2009 年 2 月完成)のズンカット製油所及び第２、第３製油所増設に伴う国内供給体制については主要な需要地(北部ハノイ、南部ホーチミンなど)とのバランスから国内流通、貯蔵、物流などの効率化が重要となる。

4)天然ガスセクターの現状と課題

(1)現状

・1990 年代後半以降になって随伴ガスを主体に生産が開始され、2000 年代以降になって非随伴ガスの生産も本格化している。
・用途は８割以上が発電用であり、産業部門の需要は肥料製造用を主体とする化学品用が半分を占める。

(2)課題

・今後の需要増大に対し新規国内探鉱・開発が期待されるがマレーシア・タイの共同開発区や今後の可能性を秘めたカンボジアからの輸入可能性も考えられる。
・需要面では産業用・業務用それぞれ新規工場やビルにおける天然ガス利用、既存設備の燃料転換、ガス火力発電所などの推進が見込まれるので、国内の輸送関連インフラ施設の拡充が必要となる。

5)再生可能エネルギーの現状と課題

(1)現状

・全般的な開発状況を見ると、主に薪、農作物のくず、動物の糞などのバイオマスが家庭用熱源として利用されている以外は、水力・バガス等による発電が挙げられる。量的には 2005 年の発電電力量は 266GWh で総発電電力量(51,770GWh)の約 0.5%に過ぎない。
・導入実績は総じて低い。

(2)課題

・再生可能エネルギーマスタープラン(Institute of Energy が策定)を踏まえたエネルギー種別の開発計画への検討が必要。
・バイオマス資源の有効利用にあたっては発電利用のみならずバイオ燃料としての利用が期待される。2007 年 5 月、MOIT によって作成された国家バイオ燃料開発計画を含め食料供給とのバランスをとった安定的なバイオマス資源供給、燃料・電力へのエネルギー転換技術、電力・バイオ燃料の流通・利用方法といった上流から下流までの包括的な取り組みが必要である。
・再生可能エネルギー電源開発については目標値が設定(総電源容量に占める再生可能エネルギー電源の割合：2010 年 3%、2020 年 4%、2050 年 10%)されるなど基本方針が固まりつつあるが、案件形成にともなう具体的なインセンティブの導入に至っていない。一般的に従来型電源に対し価格競争力が劣る再生可能エネルギー電源にはインセンティブ導入が前提となろう。

6)省エネルギーの現状と課題

(1)現状

・1990 年代中頃から日本、オランダなど先進諸国の支援によりエネルギー効率改善及び省エネルギーに関する技術が導入されてきた。
・これらの支援によりセメント、セラミックス、石炭火力発電等の産業におけるエネルギーの効率的利用や省エネプログラム，エネルギー管理研修、電力需要管理等が実施され、技術移転と技術習得が進捗し、また、省エネルギー活動を促進するための関係法規制の整備も行われた。
・しかしながらベトナムの１次エネルギー需要の対 GDP 原単位(石油換算トン/GDP1,000 ドル・2000 年価格)は低下(1995 年：1.351 → 2004 年：1.218)してはいるものの日本、他のアジア諸国と比較すれば未だ高く、省エネルギー推進の余地が非常に大きいと言える。

(2)課題

・法規及び体制整備の遅れ
・情報・データの不足
・高い開発コスト・投資コスト及び低いエネルギー価格
・財政的支援策の不足
・低い社会的関心度
・低い省エネルギー機器製造力

5.3.3.2　ベトナム政府による省エネ及び環境保護活動への支援スキーム

1)省エネ法の策定

省エネ法は既に DRAFT11 の段階まで検討が継続しておりほぼ骨格が見えてきている。DRAFT11 を踏まえポイントを挙げれば以下のとおり。

(1)エネルギー監査(audit)

・エネルギー消費を測定・分析の上で省エネ余地を計算、省エネ及びエネルギー効率の改善策を探り併せて当該改善策の投資効率を探る。かかる監査活動を行う組織に適用される監査活動の範囲及び要件の詳細は政府が定める。

(2)製造業を対象とする管理

・製造業は省エネ及びエネルギー効率を促進するため内外で広く認められている生産管理プロセスの導入をはじめ様々な経営技術手法を採用することが求められ

る。MOIT はこれらの経営技術手法から法的に義務付けられる標準的な措置を定め公表する。各企業は毎年、General Statistics Office 診断により燃料、電力及び熱エネルギーにかかる消費総量につき統計データを設定する。

・各企業は各年、設定されたエネルギー消費量を超過する年間実績となった場合は MOIT から公表される。また、こうした企業に対して MOIT は関係省庁と連携のうえで当該企業のエネルギー消費量につき規制を発表することで政府に諮る。

・上記の公表対象企業は省エネ及びエネルギー効率利用につき五カ年計画を策定し所在の MOIT 支局に承認を求め、承認された計画を実行するなどの責任を負うことになる。

(3)省エネ及びエネルギー効率利用の促進改善の方策

・省エネ設備機器を輸入する場合、優遇条件での借り入れ

・省エネ及びエネルギー効率利用事業に対する租税賦課の減免措置

－省エネ製品及び再生可能エネルギー利用製品を生産する場合、revenue tax、VAT、環境税、環境保護費、天然資源税について免税或いは減税

－省エネ用に輸入された機器、省エネ機器製造、再生可能エネルギー生産は輸入税免税

－省エネ製品製造事業に投資するか、省エネ目的のため生産ラインを新設或いは既存ライン改修に投資するプロジェクトをもつ企業はベトナム開発銀行、技術科学発展支援ファンド(Technological and Scientific Development Support Fund)或いは環境保護基金(Energy Conservation Fund)から優遇条件で資金借り入れできる。

・省エネ及びエネルギー効率利用の 5－10 年国家目標プログラムの策定と実施

政府は以下主要事項を盛り込んだ省エネ及びエネルギー効率利用国家目標プログラムを策定し、実施する。

－法的枠組の改善、基準および法規制の構築

－教育フォームの開発、市民への啓蒙

－エネルギー消費効率を増加させる技術を利用するプロジェクトの研究・開発

(4)環境保護基金(Energy Conservation Fund)

・省エネ及びエネルギー効率利用事業を支援し再生エネルギーの利用促進を図るため環境保護基金を設立する。

・基金の原資は以下から構成される。

－化石燃料及び電力事業の総売上への課徴金

－省エネ及びエネルギー効率利用分野における違反金

－国家予算からの支援

－内外の組織・個人からの支援及び寄付

・基金は省エネ及びエネルギー効率利用事業に対し贈与或いは譲許的な融資を提供する。

2)環境保護活動に対する優遇措置

2009 年 1 月に環境対策投資事業に適用される優遇措置を規定する政令(04/2009/ND-CP)が交付された。

優遇措置としてインフラ整備に関する援助、土地立ち退きと賠償に関する援助、資金・税制及び費用に関する優遇等を含んでおり、主要なポイントは以下のとおり。

(1)優遇措置の対象

・優遇措置の対象は環境保護活動(関連施設の建設工事、研究・生産・経営活動)及び環境保護活動による製品ならびに深刻な環境汚染を引き起こす施設の移転事業となっている。

・対象となる環境保護活動については別表に記載されているが優遇度に２段階の差を設けている。

(2)投資資金調達への優遇

・集中生活固形廃棄物の処理施設及び集中生活廃水処理システムの建設工事費は国家予算から 50%を援助され、残り 50%はベトナム開発銀行或いは環境保護基金からの優遇融資を受ける。

・上記の固形廃棄物処理施設/生活廃水処理システム以外の環境保護関連施設の建設工事についてはベトナム開発銀行から投資後の金利援助を優先され、もしくは、融資を優先されるとともに、投資後の金利援助を検討され、或いは、環境保護基金から投資信用保証を優先され、投資資産担保による優遇的な信用融資資金の保証を受けることができる。

・ベトナムに無かった先端技術/新技術の応用、廃棄物の処理・再生技術及び環境に優しい技術の R&D 投資活動/技術移転活動ならびに地球温暖化及びオゾン層破壊につながる排気ガスの削減技術導入を行っている企業及び協同組合はベトナム開発銀行、環境保護基金等の基金からの投資信用受け入れにつき優遇対象となる。

(3)租税賦課の減免

・環境保護にかかる研究・生産・経営活動を行っている企業及び共同組合は法人税の優遇を受ける・

・環境保護活動における機械設備、技術の輸入にあたっては輸入税が免除される。

・環境保護活動を行う企業及び共同組合は付加価値税の優遇を受ける。
・技術導入及び機械設備等輸入以外の環境保護活動を行っている企業及び共同組合は環境保護費用を免除される。

(4)固定資産の減価償却
・環境保護活動を行っている企業及び共同組合は当該活動に使用する固定資産につき減価償却期間を短縮(優遇度上企業：2倍、優遇度並み企業：1.5倍)される。

3)ベトナム開発銀行
・ベトナム政府が支援する開発投資及び輸出信用に対してそれぞれ投資金融(保証を含む)と輸出金融(保証を含む)を供与する唯一の政府開発銀行である。
・目下、新規円借款による省エネ案件ツーステップローンの転貸銀行となることが予定されており省エネ及び再生可能エネルギー関連で融資対象となりうるプロジェクトの選考基準の詳細検討中である。融資予定額は200億円。

(1)融資対象プロジェクト
・融資対象プロジェクトは政令(No:151/2006/ND-CP)に規定され、主要なものは以下のとおり。
－社会経済インフラ(例：排水・廃棄物処理施設、鉄道)
－農水産業関連投資(例：家畜飼育場、養殖場)
－鉱工業関連投資(例：小水力発電、風力発電、鉄鋼プラント、肥料プラント)

(2)融資条件
・融資期間は融資対象プロジェクトの投下資本能力と投資家の償還能力を勘案のうえ決定されるが12年を限度とする。
・現行の平均貸付金利は 6.9%(コアレート)(注：政令によれば社会経済インフラ案件の場合、5年物国債金利)となっているが、中銀:7.5%、民間商業銀行:10%の水準に比較して制度金融としての優遇ぶりを示している。
・交換可能外貨による融資は設備機械の輸入が必要となる案件でかつ、投資家による外貨返済に支障が無いことが条件となる。融資金利は Sibor 6month＋αを基準とする優遇レートが適用される。
・貸付金利は当初の融資契約時の決定レートで固定される
・融資対象金額は原則、当該プロジェクトの固定資産部分投下資本の 70%を限度とする。また、資本金部分は15%以上を必要とする。
・外資系企業は原則、融資対象としない。

4)省エネセンター

省エネ法において省エネ及びエネルギー有効利用をベトナムの産業・業務・家庭の場において促進するため政府がコンサルタントサービス拡大を奨励することとしている。こうした政策を反映するものとして省エネセンターの活動が期待されている。

(1)省エネセンターの機能と役割

・省エネ対策の方法を企業・家庭に広報するとともに省エネ投資計画を監査する。
・ベトナム全国で８箇所、ハノイのセンターはハノイ市によって予算手当がなされている。

(2)ハノイ省エネセンターの活動実績

・2008 年 10 月に XPO Hanoi 展を開催。省エネ対策の商品を展示、入場者 4,000 名。展示商品は、太陽エネルギー利用設備、省エネエアコン、省エネ変圧器、ビル、防熱シート、コンパクトランプ(CFL)。
・省エネ投資計画の監査
ハノイ市内に本社をもつメーカー５社(業種：靴、繊維、縫製、機械加工、電気機械)からの audit 申請に対し審査のうえ認証。Audit を受けた企業に対し投資所要資金の 30%(但し、20 億ドンを上限)を負担する。

5.3.3.3　本邦企業からみたベトナムビジネス展開上の課題と展望

1) 技術移転のレベル

ベトナムにとって省エネ及び環境対策投資の分野における技術導入の重要性は政令において明確に規定されているように充分に認識されているところである。目覚しい経済発展を継続している同国にとっては対象となる導入技術のレベルも既に導入後の技術移転を見込んで国産品への体化から国際競争力を持ったレベルをにらんでおり、具体的には中国と同レベルでの技術移転を考慮している。

本邦企業による最近の事例として三菱重工業による国営石油・ガス公社(Petro Vietnam)傘下のペトロベトナム化学肥料総公社の尿素肥料製造プラントに対する CO2 回収技術の供与がある。この技術は天然ガスを燃料とする尿素肥料製造工程で放出される燃焼排ガスから CO2 を分離・回収し、アンモニアと合成し尿素を生産するもので排ガスからの CO2 回収率は９割に達する。関西電力と共同で開発されたものであるが、他の方式に比べてエネルギー消費量が大幅に少なく、運用コストを低く抑える特徴をもっており、すでにアジアではマレーシア、インド(２件)、パキスタンの肥料工場にプラント受注/技術供与をしている。

本件は EPC コントラクターとしては韓国サムソン・エンジニアリング社が登場して

いるが同社が三菱重工業製の化学プロセスを組み込んで建設することとなっている。一部のコアとなる機器以外は第三国でも調達が可能とされており、プロセス自体の差別性がビジネスとして定着していることを示すものとなっている。

CO2 回収技術の利用対象は肥料工場のみならず、石炭火力発電所においても今後、極めて大きなビジネス機会が存在している。同社は既に国内における実証試験(電源開発の松島火力発電所内)を継続中であり、2008 年にはドイツで E.ON Energie AG 社の石炭火力発電所につき CO2 回収技術の共同実証試験、また、ノルウェーで国営 Gassanova 社（温暖化防止に向けた CO2 回収・輸送・貯留に関する技術開発事業）の GTCC 発電所向け CO2 回収・貯留(CCS：Carbon Dioxide Capture and Storage)設備の FEED(初期設計)をそれぞれ受注している。今後、ベトナムで大型石炭火力発電所について期待されるようになる技術導入分野としては高温高圧化に加え、CCS 技術が見込まれる。石炭火力発電所に CCS 導入となれば排ガスの CO2 処理量は肥料プラントの場合と比べ 10 倍以上あるので EPC としてビジネス機会が出てくると見込まれる

本邦企業による省エネ及び CO2 削減を実現する製造プロセスの提供事例として昨年、東洋エンジニアリングが同じく Petro Vietnam 傘下の化学肥料総公社に対して尿素プラントにかかるプロセスライセンスを供与している。本件は機器調達及び建設については中国の武漢設計院が受注しており、本邦企業が技術供与のみとなっている点が特徴である。

本邦企業としてはベトナムのエネルギー・環境関連のプラントニーズも充分勘案のうえ、EPC 成約が中国、韓国勢との競合により難しくなってきている現況に照らし充分な優位性を持った技術供与によってビジネス展開を確保していくことが必要とされよう。

2)公的資金協力フォロー

ベトナムに対する我が国からの公的資金協力(ODA/OOF)による開発支援はベトナム側からその継続性とソフトハード一体となった有効性に高い評価がなされている。

今後の経済開発に必要とする資金調達においても従来同様に日本からの支援が大変に期待されているところである。問題はインフラ投資の中核ともいうべき電力プロジェクトの展開にみられるように需要増大を見込んだプラント増設のシナリオが効率的な資金調達スキームの構築に繋がらず第１期、第２期以降と縦割りで動いていく傾向があるという点である。この点は「投資環境整備に向けた日越共同イニシアチブ」(日越共同イニシアチブ)第３フェーズにおいて電力 WT によって以下のとおり問題提起されている。

現在計画中の石炭火力発電所のほとんどにおいて石炭輸送にともなう港湾施設の問題がある。輸入炭である場合、パナマックスサイズの船が着岸可能な港湾(水深 12m

以上)が必要であり、建設資金の増加、ひいては仕上がり電力価格からくる投資採算の問題となる。この点、資金調達面でPPPスキームの適用、即ち、第１期の発電所工事にはODAを利用、第２期以降に、必要な港湾設備等を共通インフラとして建設すれば、民間資金の導入が容易になってくる。

現状、IPPやBOT/BOO案件で民間資金の利用が必要となっているが、円滑に進展していない最大の原因としては事業者選定のプロセス、タリフ交渉の方法が確立していないこと。

電力案件については、これまでにフーミー発電所(1、2.2、3)について円借款による発電機１号機支援を含め、取水排水設備等共通設備や周辺送変電設備支援、及び投資金融による発電所建設支援の事例があることから ODA/OOF 連携のスキームを検討することが可能である。

省エネ投資の分野においては記述のとおり円借款によるベトナム開発銀行を転貸銀行とするTSL供与が準備段階となっている。最大のポイントは投資資金が確実に省エネ設備投資へと具体化されていくかであり、事業者の投資履行能力がO&M段階を含め技術面で充分に審査することが肝要となる。本邦企業として参画する形態が当面はプラント輸出及び技術協力と考えられるところから事業主体として適格な地場企業を選定することが極めて重要と思われる。

3)市場参入拡大への障壁要因

(1)省エネ及び環境保護意識の啓蒙

省エネ及び環境対策投資についてはベトナム政府側もこれまで所要の法規制整備を着々と進めてきた感があるが関係当局の現状認識は未だ企業を含め大方のレベルでは環境意識の欠落が指摘されている。省エネセンターをはじめ我が国からも経済協力の一環としてかかる啓蒙活動を積極的に行っているが個別企業ベースにあっても市場のニーズを適格に判断することができるようこうした働きかけを工夫していくことが重要と思われる。

(2)非関税障壁

ベトナム向け円借款についても先般、汚職にからむ不正が発覚し、新規供与の停止措置がとられたところであるがこのほど関係者の訴追をはじめ両国における事態改善に向けた一連の措置がとられ、2009 年 2 月再開に到ったことは喜ばしいことである。本邦企業にとってもコンプライアンスに抵触する要求は社内で通らないことでもあり、貿易自由化を柱とする経済連携協定(EPA)締結交渉も大詰めを迎えつつある現状においてグローバル市場としてベトナムのプレゼンスが認知されるよう非関税障壁の議論対象として政府間協議において改善をせまることも期待される。

―参照資料―

【インド】

１．Planning Commission, Government of India, Eleventh Five Year Plan 2007-12

２．第 3 回日印エネルギー対話に係る日本国経済産業省とインド計画委員会との間の共同声明（仮訳）

３．「わが国製造業企業の海外事業展開に関する調査報告
―2008 年度　海外直接投資アンケート結果（第 20 回）－」
2008 年 11 月　国際協力銀行　国際経営企画部　国際調査室

４．「インドの投資環境」2008 年 11 月　国際協力銀行　中堅・中小企業支援室

【インドネシア】

１．Current Progress on Indonesian Biofuel Implementation
Dr.-Ing. Evita H. Legowo
Workshop on Sustainable Aspect of Biofuel Production
June, 2007

２．Realized Activities and Outstanding Improvement Through PROMEEC Project
by Indarti Head of Energy Conservation Division Directorate General of Electricity and Energy Utilization
Presented at: Workshop on PROMEEC Energy Management
Jakarta, 19 November 2007

３．National Energy Policy and Recent Development in Indonesia
By Ratna Ariati Director for New Renewable Energy and Energy Conservation
Ministry of Energy and Mineral Resources
Presented at:
13th Energy Working Group Meeting Indonesia-Netherlands
Maastricht, 3 November 2008

４．Keynote Address by Minister for Energy and Mineral Resources
The Launching Ceremony of Energy Efficiency in Industrial, Commercial and Public Sector
Jakarta, 3 December 2008

５．「インドネシア政府のエネルギー政策と諸外国によるエネルギー投資の動向、及びそれらを巡る政治情勢」
三菱商事株式会社　業務部顧問　古宮正隆
平成 18 年 12 月 21 日

平成 18 年度　インドネシア研究会（2006 年度財務省委嘱研究会）第 2 回
６．Press Release-
PT PLN(Persero) Signs USD262m Facility for 10,000MW Fast Track Program
Beijing, 3 December2008

【ベトナム】

１．国際協力銀行　年次報告書　2008
２．「ベトナム国国家エネルギーマスタープラン調査　ファイナルレポート（要約)」
平成 20 年 9 月　独立行政法人　国際協力機構（JICA）
３．「ベトナム　ランドン油田炭鉱開発プロジェクト
～鉱区取得から生産までの紆余曲折～　」
2007.3 Vol.41 No.2　石油・天然ガスレビュー
新日本石油開発株式会社　常務取締役　福岡　和文
４．「ベトナム：活況を呈する石油ガス産業の新たな潮流」
2007.1 Vol.41 No.1 石油・天然ガスレビュー
「躍進する Petrovietnam の分析とベトナム・ガス事業の展望」
2008.7 Vol.42 No.4　石油・天然ガスレビュー
JOGMEC 調査部　坂本　茂樹（編者）
５．Draft 11 Law of Energy Conservation and Efficient Use
The National Assembly of the Socialist Republic of Vietnam
６．政令 04/2009/ND-CP
「環境・保護活動に対する優遇・援助について」
７．Decree No:151/2006/ND-CP
「On the State's investment credit and export credit」

6　我が国関係業界の海外市場戦略の方向

6.1　海外エンジニアリング会社のプロフィットセンター化

日揮は世界 18 箇所にある海外拠点につき、従来、本社の EPC 機能の強化・支援を目的とするコストセンターとして位置付けていたが 2008 年サウジアラビアに新たな EPC 子会社(JGC Gulf International)を設立しプロフィットセンター化を開始している。同子会社は現地に密着して中小規模プロジェクトの受注を目指しており、当初 130 名規模でスタート、早期に 500 名体制にしていく予定である。

こうした海外拠点の事業内容の変質はプラント建設国において例外なく自国エンジニアリング産業を育成したい意向がうかがわれるとともに炭化水素資源以外の産業化、事業化への支援要請の声がでていること、また、途上国においても技術水準の高い人材が増加し、製造業・建設業など国を支える基礎産業が発展しつつあり地場ベースでエンジニアリング産業が生まれつつあることを踏まえ、同社としてグループ全体の受注量の最大化を狙ったものである。プロフィットセンターは各拠点においてこれまで本社での対応が困難だった中小案件や O&M サービスなどに、より機動的かつきめ細かな対応をはかるとともに、本邦企業の現地事業展開を積極的に推進・サポートすることも志向する。

JGC Gulf International 社は2008年7月本社がサウジアラビア国営石油会社(Saudi Arabian Oil Company；通称 Saudi Aramco)から受注した Manifa 原油開発プロジェクトで、日揮グループの一員として業務の一部を担当している。

JGC はアジア地域においても既設拠点のあるフィリピン(JGC Philippines)、パキスタン(JGC-Descon Engineering)、インドネシア(JGC Indonesia)においてプロフィットセンターとしての業務拡大を予定しており、ベトナムにも本年春、新設予定である。

東洋エンジニアリングにおいても自己完結型で EPC プロジェクトを遂行できる海外拠点として５か国(インド、タイ、韓国、マレーシア、中国)を中期経営路線(Global Toyo)の一環として位置づけ、ルクセンブルグ及び米国の拠点の活用と併せて競争力ある調達を志向している。同社はこうした体制をとることによって、競争力あるエンジニアリングソースの活用を促進しつつ EPC の水平分業を可能とさせるグローバルな人的リソースの統合･活用を図ろうとしている。５か国のなかでも特にインド(Toyo Engineering India Limited(ムンバイ))及びタイ(Toyo-Thai Corporation Ltd.)は ISO9001 を取得して、ホスト国のみならず周辺国におけるプロジェクトにかかる高品質のエンジニアリングワークを実施している。既に両拠点の陣容はインド:1,800 名、タイ 1,000 名と本社人員(1,200 名)を凌駕するに至っている。本社としてはこれまでの主力商品である従来型ハイドロカーボンプロジェクトは極力、海外拠点による対応

が可能となるよう支援していく方針である。

6.2 投資事業の積極的な展開

6.2.1 O&Mの取り込み

本邦プラントメーカーをとりまくEPCビジネスの環境は韓国、中国等との価格競争もあり採算確保の観点からも厳しいものとなっている。O&Mはこうした環境にあって確実な収益源となりうることからEPCに加えて取り込む営業努力が肝要となっている。

MHIは戦略投資事業としてエネルギー・環境をとらえ世界をリードするメーカーを志向している。原動機部門の中核商品であるGTCCについては生産体制の強化とともにアフターサービス体制の強化を標榜しており、良質な顧客については長期のメインテナンス契約締結を狙っていくものと見込まれる。MHIはGTCCの世界市場シェアが現状約20%であり、GE(約50%；東芝/日立はライセンス生産)、Alstomに次いでいる。

GTCCについて世界のトップランナーを狙うにあたっては1,700℃級高温ガスタービンの商品化もさることながら、先進国市場に加え、インド、インドネシア、ベトナム等、市場成長が見込まれる国でのメインテナンス契約受注への取り組みが期待されるところである。

エンジニアリング会社においてはO&Mを投資事業の一環として捉え新たに事業進出する動きが出ている。日揮は2008年12月、アルジェリアに発電所向け保守・運転サービスを行う事業会社をアルジェリア国営電力会社(SONELGAZ)、オマーン国発電保守運転会社(SOGEX)との合弁により設立している。同社はアルジェリアで操業開始予定のガス焚き火力発電所2基につき20年間の保守・運転サービス契約を受注している。日揮はアルジェリアにおける石油精製、ガス処理プラントの継続受注にともなうプラント操業技術支援サービスの提供経験から獲得した操業ノーハウを新たに発電プラントに展開する意向である。同社は本件をアルジェリアで発電事業権益を取得する布石とも捉えており従来の事業内容からの挑戦であり成果が期待されるところである。

6.2.2 事業権の獲得

発電、水道事業など社会インフラ事業において事業主体の民営化や外資開放が推進される場合、参入意欲のある企業は国際競争入札に参加、技術評価・商業評価を経て、優先交渉先として選定され、事業権の獲得にこぎつける。本邦企業も最近では中東に

おける大規模な発電・造水事業において事業権の獲得に成功している。

日揮は2005 年1月、アブダビ水・電力庁からタウィーラ地区(アブダビ北東約80km)で当時世界最大規模となる総出力200万kWの発電設備、日量75万トンの造水設備を20 年間操業する事業権を獲得している。同社は丸紅ほかと国際コンソーシアムを組成、既設プラント買収と新設プラントで総額30億ドルの規模であった。

本件成約には買収価格の競争力に加え、丸紅の海外IPP事業者としての豊富な実績、JBIC による協調融資総額 20 億ドルの公的支援(リミテッドリコースのプロジェクトファイナンス)、コントラクター(複合火力発電設備:シーメンス、造水設備:伊・フィジア社)の豊富な実績、そして同社のプラント建設マネジメント実績が貢献したものとみられている。本件事業体は国際コンソーシアム:40%、アブダビ水・電力庁:60%の出資構成となっているが、同社にとって本件は事業リスクをとる大型IPP事業投資の第1号であったことが注目される。事業権を獲得するには当該事業に貢献できる経営資源を確保していることが前提となるが併せて、事業対象国でのビジネスレコードがどれだけ信頼されているかが問われる。

日揮は本件における事業権の獲得成功を契機として発電・造水事業での事業権を拡大させていく方針であり、2005 年 8 月にはサウジアラビアの紅海沿岸ラービグ地区に住友化学・サウジアラムコ(サウジアラビア国営石油会社)が共同で推進する石油精製・石油化学コンプレックスに電力・水・蒸気を25年間供給する事業権を獲得している。本件の場合も、事業権獲得に成功した要因として入札時の提示価格の競争力に加え、契約先である住友化学・サウジアラムコとの長きに亘るプラント納入実績を通じて構築された最高経営者を中心とする信頼関係、海外IPP事業者としての丸紅の実績があげられている。日揮は2008年4月にはアブダビにおいて丸紅が前年、事業権を40%保有したタウィーラ地区の発電・造水事業(事業体の当初出資比率:アブダビ・ナショナル・エナジー社 94%アブダビ水・電力庁 6%)に丸紅保有株式の 15%(全体株式の 6%)を買収することにより事業権の獲得を果たしている。日揮においては事業権獲得にあたりこれまでのところ商社との連携を有効に機能させてきたと言えよう。

6.2.3 CDM/JIスキームの利用拡大

京都メカニズムによって認められている温室効果ガスの排出権スキームとしてCDM及びJIがある。現行の京都メカニズムにおいては途上国による排出削減が義務づけられていないことから新たな規制の枠組み構築に向けた国際交渉が進行中である。米国新政権による環境対策の変化、排出権価格の低迷などの事情変更が見られるが、排出削減の命題は変えようもなく本邦企業としても環境対策関連ビジネスにおいてCDM/JI スキームをインセンティブとして利用し、案件受注に結び付けていく発想も

有用と思われる。

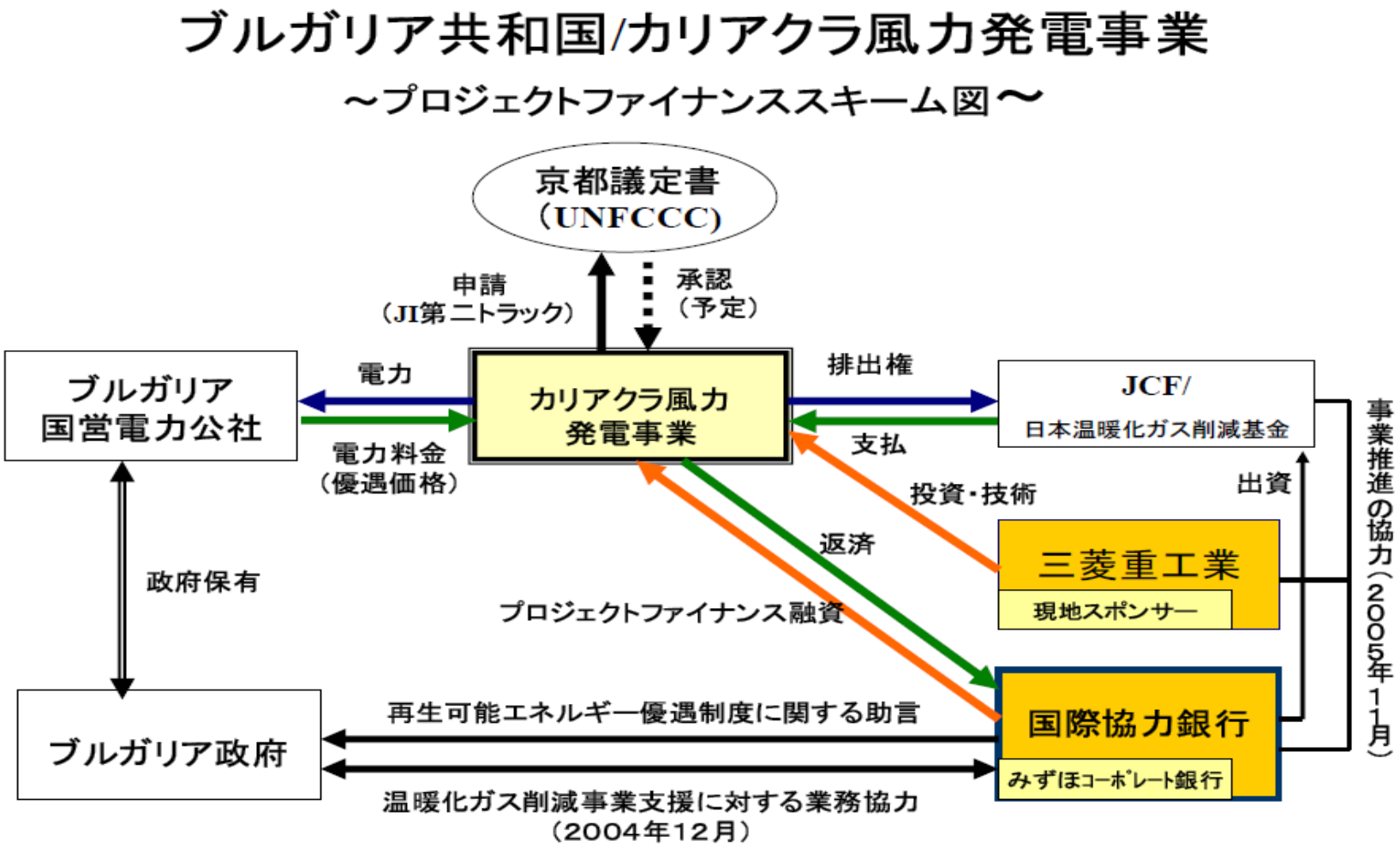
三菱重工業(MHI)の場合、ブルガリア、中国でそれぞれ JI、CDM を以下のとおり風力発電プロジェクトを通じて利用している。

6.2.3.1 ブルガリア風力発電事業

ブルガリアは 2007 年 1 月 EU 加盟に伴い 2010 年までに総電力消費量の 11%を再生可能エネルギーで賄う計画であり、MHI は JBIC の協力も得て同国における再生可能エネルギー投資を促進する意向から 2005 年末、地場建設会社との合弁(MHI：70%)により風力発電設備を活用した売電事業会社を設立した。同事業会社は 2008 年 8 月、ウインドファーム(MHI 製、定格出力：1,000kW×35 基、総発電量：35MW)を建設、営業運転入りしている。本事業会社に対するファイナンスとして JBIC が 12 年間に亘る国営電力会社向け売電事業に必要な長期資金につきプロジェクトファイナンス(みずほコーポレート銀行との協融総額約 3,700 万ユーロ)を供与しており、また、資本金部分については MHI100%出資のオランダ投資会社 MHI Investment International BV を通して MHI の出資と劣後融資が行われている。

本事業は MHI にとって海外でスポンサーとして行う初の本格的な IPP 事業であり、ブルガリア政府によって京都メカニズムに基づく JI 案件として認証を受ける予定である。発生する排出権については日本カーボンファイナンス(2004 年 11 月 JBIC・本邦企業等によって設立。事業目的：途上国及び体制移行国から排出削減クレジットの買い取り及び買い取りにかかるコンサルティング等)へ一定量まで売却、超過分は MHI が購入することになっている。

図 6.2.3.1-1：事業スキーム



出所：国際協力銀行 新聞発表 2007 年 3 月 20 日「ブルガリア共和国における風力発電事業に対するプロジェクトファイナンス」

6.2.3.2　中国風力発電事業

MHI は 2007 年 10 月、中国内陸部の電力会社寧夏発電集団有限責任公司が建設・運営するウインドファームから得られる予定の排出権を購入する契約を締結している。本電力会社は火力発電 140 万 kW を保有するほか、風力発電も約 11 万 kW に達しており、MHI は風力発電設備につき技術供与をしている。今回の排出権購入対象は中国製発電設備によるものであるが、拡張投資は MHI 製設備を導入しており MHI としては拡張分にかかる排出権の獲得も志向している。本件は技術供与に絡めた CDM ビジネスの展開と言える。

7. 期待される政策支援措置及び提言

途上国における省エネ及び環境対策分野への本邦プラント・エンジニアリング関連業界による案件受注はプラント自体の価格競争力の推移に伴い伝統的な EPC ベースから脱却をせまられ基本設計のみの技術供与や地場企業とのアライアンスによる事業志向へと重点が移っている状況である。今回の調査対象国は省エネ及び環境保護意識の啓蒙が先決である国から CDM 案件形成で世界をリードする国までと各国の市場発展レベルに差異があるところであり、本邦企業としても当該市場で投資ニーズがある技術の特定に大変な労力を要している。

一方で、我が国政府は 2013 年以降の気候変動問題への対応につき 2007 年「クールアース 50」を提案し、新たな国際枠組の構築にリーダーシップを発揮しようとしている。

調査対象国のみならず途上国で省エネ及び環境対策投資を推進していくには本邦企業として如何に早く地場パートナー、技術移転ニーズがある技術、資金調達ツール等の投資要因を見極め選定していくことができるかがきわめて重要であり、この点、わが国政府関係機関として提供する支援メニューの実効性のある運用を確保することが最も期待される課題と言えよう。

以下、政府等の課題として支援メニューごとに期待される検討事項をあげる。

7.1 公的ファイナンススキームを最大限利用した案件形成の促進

クールアース 50 は推進手段の一つとして国際環境協力を謳い 2008～2012 年度の 5 年間で、累計 1 兆 2,500 億円程度(概ね 100 億ドル程度)の新たな資金メカニズム(クールアース・パートナーシップ)(章末添付資料参照)を国際公約(2008 年 1 月、「世界経済フォーラム」:ダボス会議における福田総理特別講演)している。こうした環境にあって本邦企業が途上国において省エネ及び環境対策投資を具体化するに当たりこれを資金調達面から呼び水として促進する狙いをもって以下の新メニューが導入されている。

①気候変動対策円借款:5,000 億円程度

気候変動緩和効果に資する案件を中心に、プログラム及びプロジェクト支援を実施。第 1 号は、2008 年 9 月、インドネシア政府に対し気候変動対策プログラムローン(30,768 百万円、金利:年 0.15%、期間:据置 5 年を含む 15 年、調達条件:アンタイド)として供与されている。(国際協力銀行　新聞発表 2008.9.2)

インドネシア政府が以下の改革を実現するため「政策アクション」を設定、この実績を評価した上で借款が供与される、いわゆる政策制度支援(政策履行を目的

とする諸改革を実現するための財政支援。借款資金は、一般物資の輸入に要する決済資金に充当される。)として初のケースとなっている。

－エネルギー多様化・効率化の推進

－上下水アクセスの向上

－CDM 事業の形成促進

－国家開発計画における気候変動対策のメインストリーム化

－気候変動対策の実施等にかかる調整枠組みの整備、等

政策アクションの達成状況の評価を行うモニタリングは JICA の技術協力による専門家の派遣が予定されている。

②JBIC アジア・環境ファシリティ(JBIC Facility for Asia Cooperation and Environment 通称：FACE)

JBIC の出資・保証によって気候変動緩和対策に資する案件(省エネ、新エネなど)について民間投資を促進する。５年間で民間資金分と合わせ数千億円の規模を予定。JBIC は自らファンドや個別事業に出資を行うとともに、民間融資に対する保証を行うことにより、民間資金の積極的な動員を図るもの。第１号は 2008 年 9 月、シンガポール最大の電力会社　セノコ・パワーリミテッド社(以下、SPL)の株式を同社の株を保有する同国政府機関テマセック・ホールディングス(以下、テマセック)から国際コンソーシアム(JBIC、丸紅、四国電力、九州電力、仏・GDF スエズ)を組成のうえ 100%取得している。(プレスリリース　2008.9.5)

コンソーシアム構成各社の取得比率は、丸紅及び GDF スエズが各 30%、関西電力及び九州電力が各 15%、JBIC が 10%。本出資案件はコンソーシアムがシンガポールにおける安定的な電力供給者として貢献するとともに、出資後にリパワーリング(SPL の既存石炭焚発電設備を廃棄、天然ガスコンバインドサイクルを導入)を計画していることから同国におけるエネルギー効率化に寄与することが期待されている。JBIC としては出資機能を通じて日本企業の海外事業展開を支援するとともに、環境・社会配慮面での貢献をしていく方針である。

上記メニューのうち気候変動対策円借款は政策アクションの達成状況について評価モニタリングを行うとしており、政策目的の達成認定に至るまでの所要期間は本邦企業による個別案件形成のペースとは異質なものとなろう。対象国が新たな気候変動枠組に抵抗なく参加できるよう体制整備を支援する役割を担うものと言ってよく、本邦企業としては借款の早期進展に期待しつつ、案件形成の機会を探る対応となろう。また、本借款によって供与される資金はあくまで財政支援であるので、案件形成の機会創出にあたり資金調達は別途、検討する必要がある。この点、JBIC との連携も織り込んで本借款供与にかかる政策協議をすることが必要となろう。

一方、アジア・環境ファシリティは JBIC が出資者として環境・社会配慮等で事業経営へのチェック機能を働かせるとしているがガイドライン要求基準と途上国における環境社会条件とのギャップ如何で案件形成の進展が期待できないところとなる。シンガポールにおける第 1 号案件はきわめてレベルの高いプレーヤー同士が先進ホスト国で組成した稀な事例といえ、これが先例となってしまうことはファシリティ消化の観点から危惧されるところである。カントリーリスクを含む事業性の審査は政策目的と照らし細心でなければならないが出資比率等、参加する本邦企業とも連携のうえ弾力的な対応が必要となろう。

既存のファイナンスメニューについて今回の調査対象国で確実に利用拡大が見通される融資対象取引として CDM があろう。インド、インドネシアについては国連 CDM 理事会登録済みプロジェクト数(2009 年 2 月 26 日現在)がそれぞれ 395 件、23 件と実績をあげているのに対し、ベトナムでは最近も、東芝がメタンガス回収をベースにした排出枠転売事業を合弁で設立(2008 年 3 月 8 日 日本経済新聞)するなど案件形成の本格化が見込まれる。

2008 年 11 月には JBIC がベトナムの電力会社(Vietracimex Lao Cai Electric Joint Stock Company)向けに 60MW(30MW×2)流れ込み式水力発電事業資金として同国初の事業開発等金融(三井住友銀行との協調融資、総額 110 億円、民間融資分は JBIC 保証)を行っているところである。

7.2 ホスト国への知的支援ツールの有効活用

今回調査対象国において省エネルギー及び環境対策投資が実務レベルで検討されるベースとしてこれまで JICA、NEDO 等の技術協力に代表される我が国関係公的機関による継続的な知的支援ツール(マスタープラン作成、専門家派遣、研修生受け入れ、セミナー/ワークショップ等)が大きな貢献を果たしてきていることは周知のところである。

今後、省エネ及び環境対策投資が本邦企業との合弁事業展開レベルで現地化していく発展形態を考えるとき、各種の知的支援ツールが本邦企業への個別のビジネス関係に着実に結びついていけるような工夫が必要となってこよう。現行の円借款は調達条件(承諾ベース)がほとんど一般アンタイド(2007 年の場合、93.2%)であり、調達先の国籍別比率では日本はその他先進国とほぼ同一レベル(2007 年：18%台、外貨建て調達部分で 30%台)である。

我が国が提供している各種の知的支援ツールが受け入れるホスト国の関係者(政府所管部門、自治体、国営企業、民間企業等)にどれほどのインパクトを与え日本企業が生み出したプラント・技術を選択する意思決定に繋げられているのか、実態を把握

することが必要な時期にきているのではと考える。

本邦企業側も従来にも増して我が国公的機関によって提供されている知的支援ツールをビジネス機会を具体化させていく場として有効に利用していく発想と営業活動が重要と考える。

現地のビジネス事情に通じた進出企業が官との連携によりホスト国政府等に投資環境整備をせまってきた手法(例：インドネシア；JJC(ジャカルタ日本人クラブ)とKADIN の定期協議を母体とする現在のハイレベル官民合同投資フォーラム；ベトナム：日越共同イニシアチブ WT)が知的支援ツールについても支援の効果を日本企業のビジネス拡大につなげられるよう適用できるものと考えられる。

7.3 技術移転フィージビリティの検証機会の拡大

今や技術移転は我が国が官民レベルでその実効ある解決手法を探り出していかなければならない課題である。特に、ホスト国の発展段階に見合った適地技術を期待される場合、本邦企業としてはEPC 及び O&M の各段階に付加的な配慮が必要となり、投資採算の確保に影響を及ぼす事態も考えられよう。技術移転には技術供与 → ライセンス生産 → 自力開発・生産への移行 → フェードアウトのシナリオがあるだけに供与側としては当該技術のライフサイクルを念頭に進出に伴う競争力を維持できる期間の見極めが必要である。今回対象国への技術供与に伴う本邦企業にとっての得失は中国への供与と比較して明確に差異があるものと思料されるが、インドのような工業力のある国については技術の分野についても共生(Win Win)を図っていくことが可能かと考える。

要は、ホスト国が欲する技術レベルを速やかに特定して信用力のあるパートナーとの永続的なビジネス関係を構築することが重要である。この点で、省エネ及び環境対策投資については、省エネルギーセンター(現状、ベトナムのみ設立済み)等の現地における啓蒙活動業務をよりビジネスマッチングに密着したものとするなど地場企業の技術導入ニーズの拡大可能性を見極める機会としてレベルアップしていくことが期待される。

7.4 セクター別アプローチの国際枠組化にかかる合意形成

クールアース 50 は温室効果ガスの排出削減につき国別総量目標を設定、推進手法としてセクター別アプローチを提唱、セクター毎に技術、政策措置等のベストプラクティスを特定するとしている。この際、本邦技術がベストプラクティスと特定されることになれば実行面で本邦企業によるソフトハードの協力支援の具体化が見えてこよう。問題は排出国が投資コストを勘案せざるを得ないなかで適地技術を志向する場

合、ベストプラクティス技術は提供できないが標準的な技術で廉価な機器を輸出できる第三国が政府資金を導入した借款を供与することで受注を確実にしていく事態である。こうした政府借款の適用事例はセクター別アプローチを基準とする地球温暖化防止の国際枠組には適合しないものとして排除されるべきとする旨の国際的な合意形成が期待されるところである。今後の気候変動枠組にかかる国際交渉の場においては技術優位をもつ本邦企業によるビジネス機会が最大限に確保されるようなスキーム導入に注力していただきたいところである。

（添付資料）

「クールアース・パートナーシップ」資金メカニズム

5年間で、累計1兆2,500億円程度（概ね100億ドル程度）の資金供給を可能とする資金メカニズムの運用を2008年から開始する。

1.「適応」策・クリーンエネルギーアクセス支援：2,500億円程度（概ね20億ドル程度）

（1） 気候変動の影響に特に脆弱な開発途上国のうち、温室効果ガスの排出抑制と経済成長の両立について政策協議を経た国に対し、その需要に応じ、我が国の無償資金協力、技術協力等、あるいは国連開発計画（UNDP）等国際機関を通じ、2008年から概ね5年間で累計2,500億円程度の支援を行う。

（2） 具体的には、気候変動対応のための森林保全、防災等のプロジェクトや防災・適応計画立案に対する技術支援、クリーンエネルギーによる電化等の村落開発支援、干ばつ・洪水等の災害対策支援等を行う。

2.「緩和」策支援：1兆円程度（概ね80億ドル程度）

（1） 省エネ等温室効果ガスの削減に真剣に取り組もうとしているが、資金や技術が伴わず、実行に移せない開発途上国のうち、温室効果ガスの排出抑制と経済成長の両立について政策協議を経た国のプロジェクト等に対し、資金面・技術面の支援を行う。

（2） 具体的には、

- 「気候変動対策円借款」を創設し、各国の地球温暖化対策プログラムの実施等のために特別金利で5,000億円程度の資金供給を可能とする。
- 途上国における温室効果ガス削減のプロジェクトに対し、国際協力銀行（JBIC）による出資・保証、貿易保険及び補助金等合わせて、民間資金も呼び込み、5年間で最大5,000億円程度の資金供給を可能とする。

また、多国間の新基金の創設については、米国、英国とともに創設することを目指し、他のドナーにも参加を呼びかける。

1.「適応」策・クリーンエネルギーアクセス支援：2，500億円程度（概ね20億ドル程度）

（1） 途上国の適応策等について、ODA の無償資金協力・技術協力・国際機関を通じた援助等により支援。「環境プログラム無償」を新設。

（2） 主にクリーンエネルギーアクセス支援の観点から、地熱利用地方電化事業調査（経産省）、温暖化対策コベネフィット支援事業（環境省）等の技術協力を実施。

（（1）及び（2）については緩和策支援もあり得る。）

2.「緩和」策支援：1兆円程度（概ね80億ドル程度）

（1）気候変動対策円借款：5，000億円程度

- 温室効果ガスの排出抑制と経済成長の両立について政策協議を経た途上国で、円借款供与適格国を対象とする。
- 気候変動緩和効果に資する案件を中心に、プログラム及びプロジェクト支援を実施。対象国によっては、クリーンエネルギーアクセス支援及び適応策支援もあり得る。
- 本借款のために更なる金利の引き下げを行い、既存の優先条件金利よりも更に譲許的な特別金利を設定

（2） 民間プロジェクト支援等：最大5，000億円程度（民間資金を含む。）

① JBICアジア・環境ファシリティの創設

- 気候変動緩和対策に資する案件について、民間ニーズに応じ、JBIC（国際金融等業務）が出資・保証。気候変動対策事業への民間投資を促す。

② 国際エネルギー消費効率化事業等

- 国からの交付金等により、（独）新エネルギー産業技術総合開発機構（NEDO）が委託企業を通じ、途上国のプロジェクトに対し、省エネ・代エネ技術に係る機器を導入する事業　等

③ 貿易保険

- （独）日本貿易保険（NEXI）に地球環境保険制度を創設し、我が国企業の関与する気候変動緩和対策に資する案件（省エネ・新エネ等）への輸出、投資、貸付に適用。
- カントリーリスクの付保率の引上げ。

④ アジア開発銀行（ADB）を通じた支援

- ADB内に日本のイニシアティブによりアジア・クリーンエネルギー基金を創設し、アジア太平洋地域における省エネルギーの推進を支援。

（以上）

出所：首相官邸ホームページ
ダボス会議における福田内閣総理大臣特別講演　平成 20 年 1 月 26 日

A P P E N D I X

APPENDIX 1

「アジア市場への省エネ･環境対策プラントビジネス拡大の課題」に関するアンケート

以下の質問にご回答をご記入いただき１月１６日(金)までにご返送下さるようお願い申し上げます。なお、ご回答の内容に関し別途ヒアリングをさせて頂く場合もありますので、あらかじめご了承ください。

記入者氏名：
企業名：
所属：
TEL.：
E-mail：

質問１．貴社は、今回調査対象国と省エネ･環境対策プラントをセールス・ポイントにしたプラントビジネス（輸出、直接投資、ODA 関連、CDM ほか）を行っていますか？
貴社に該当するビジネスの状態３区分（ビジネス実績がある；これまでビジネス実績はないが現在、受注活動を行っている；現時点ではビジネス対象としていない）を選別のうえ国別プラント器別の該当するマトリックス欄内に○を記入してください。
(1) ビジネス実績がある。
・「輸出」以外の実績である場合は○の後に（　）書きでビジネス形態（直接投資、ODA 関連、CDM ほか）を記入してください。
・「その他」プラント･機器に該当する場合は具体的なプラント・機器名称を記入してください。

項目	ベトナム	カンボジア	インド	インドネシア
省エネプラント ―電力 ―石油・ガス ―鉄鋼 ―化学 ―セメント ―紙パルプ ―その他				

環境対策プラント ・　公害防止プラント ―排煙脱硫装置 ―廃棄物処理プラント ―その他 ・　海水淡水化プラント ―発電造水プラント				

(2) これまでビジネス実績はないが現在、受注活動を行っている。

・「輸出」以外の受注活動である場合は○の後に（　）書きでビジネス形態（直接投資、ODA関連、CDM ほか）を記入してください。

・「その他」プラント･機器に該当する場合は具体的なプラント・機器名称を記入してください。

項目	ベトナム	カンボジア	インド	インドネシア
省エネプラント ―電力 ―石油・ガス ―鉄鋼 ―化学 ―セメント ―紙パルプ ―その他 環境対策プラント ・　公害防止プラント ―排煙脱硫装置 ―廃棄物処理プラント ―その他 ・　海水淡水化プラント				

―発電造水プラント				

（3）現時点ではビジネス対象としていない。

・ 貴社営業でそもそも取り扱っていないプラント・機器の場合は回答不要です。

・ 該当する国別・プラント機器別マトリックスにつき非対象とする理由を（以下に記入してください。

項目	ベトナム	カンボジア	インド	インドネシア
省エネプラント ―電力 ―石油・ガス ―鉄鋼 ―化学 ―セメント ―紙パルプ ―その他 環境対策プラント ・ 公害防止プラント ―排煙脱硫装置 ―廃棄物処理プラント ―その他 ・ 海水淡水化プラント ―発電造水プラント				

（

質問２．貴社は、将来の省エネ･環境対策プラント･機器の市場として今回調査対象国をどの様に判断していますか？対象国別に貴社の市場判断に該当する区分（今後、有望

な市場と見ている；市場としては余り期待できない）を選別のうえ当該判断理由を（以下に記入してください。）

【ベトナム】

(1) 今後、有望な市場と見ている。

その理由は何ですか。（記入例；人口が多い。急速な経済発展。省エネ・環境対策に熱心。）

（

(2) 市場としては余り期待できない。

その理由は何ですか。（記入例；政治的に不安定。経済の伸びが遅い。省エネ意識が薄い。環境対策が遅れている。）

（

【カンボジア】

(1) 今後、有望な市場と見ている。

その理由は何ですか。（記入例；人口が多い。急速な経済発展。省エネ・環境対策に熱心。）

（

(2) 市場としては余り期待できない。

その理由は何ですか。（記入例；政治的に不安定。経済の伸びが遅い。省エネ意識が薄い。環境対策が遅れている。）

（

【インド】

(1) 今後、有望な市場と見ている。

その理由は何ですか。（記入例；人口が多い。急速な経済発展。省エネ・環境対策に熱心。）

（

(2) 市場としては余り期待できない。

その理由は何ですか。（記入例；政治的に不安定。経済の伸びが遅い。省エネ意識が薄い。環境対策が遅れている。）

（

【インドネシア】

(1) 今後、有望な市場と見ている。

その理由は何ですか。（記入例；人口が多い。急速な経済発展。省エネ・環境対策に熱心。）

（

(2) 市場としては余り期待できない。

その理由は何ですか。（記入例；政治的に不安定。経済の伸びが遅い。省エネ意識が薄い。環境対策が遅れている。）

（

質問３．今回調査対象国において省エネ･環境対策プラント･機器が普及するために必要なことは何であると考えますか。出来るだけ具体的な記述をお願いします。

【ベトナム】

(1) 相手国側の課題（記入例；省エネ基準の制定。環境基準の制定。省エネ･環境プラント･機器に対する政府補助。CDM の活用）

｛

(2) 我が国側の課題（記入例；相手国における省エネ･環境対策推進に向けた経済外交。政府の輸出支援策。CDM の CER 購入。）

｛

【カンボジア】

(1) 相手国側の課題（記入例；省エネ基準の制定。環境基準の制定。省エネ･環境プラント･機器に対する政府補助。CDM の活用）

｛

(2) 我が国側の課題（記入例；相手国における省エネ･環境対策推進に向けた経済外交。政府の輸出支援策。CDM の CER 購入。）

｛

【インド】

(1) 相手国側の課題（記入例；省エネ基準の制定。環境基準の制定。省エネ･環境プラント･

機器に対する政府補助。CDM の活用）

｛

(2) 我が国側の課題（記入例；相手国における省エネ･環境対策推進に向けた経済外交。政府の輸出支援策。CDM の CER 購入。）

｛

【インドネシア】

(1) 相手国側の課題（記入例；省エネ基準の制定。環境基準の制定。省エネ･環境プラント･機器に対する政府補助。CDM の活用）

｛

(2) 我が国側の課題（記入例；相手国における省エネ･環境対策推進に向けた経済外交。政府の輸出支援策。CDM の CER 購入。）

｛

質問４．貴社の省エネ･環境対策プラント･機器の今回調査対象国への市場参入を拡大するために、どの様な方法が有効と考えられますか。（記入例；営業拠点設立。工場建設。現地企業との合弁。現地企業へのライセンス供与。）

【ベトナム】

｛

【カンボジア】

（

【インド】

（

【インドネシア】

（

質問５．今回調査対象国のプラント市場への参入拡大に関して、障壁となっている要因を

影響度の高い順に３つあげてください。
（記入例；法制度上の問題。関税の問題。日本に対する意識などの問題。）

【ベトナム】
（
（
（

【カンボジア】
（
（
（

【インド】
（
（
（

【インドネシア】
（
（
（

質問６．目下のビジネス環境激変（世界的な金融危機波及と景気後退予測）によって今回調査対象国への省エネ・環境対策プラントのビジネス展開にどのような影響を及ぼすものとみていますか？

【ベトナム】
（

【カンボジア】
（

【インド】
（
【インドネシア】

（

質問７．貴社からみて省エネ・環境対策プラント・機器のビジネス拡大を見込める市場は
今回調査対象国以外でどこの地域・国ですか？
該当する地域・国の市場としての最大の魅力は何ですか？

該当地域・国名：

市場としての最大の魅力：

質問８．　貴社として省エネ・環境対策プラント・機器の海外ビジネス展開にあたり、特に重視していきたい分野は何ですか？
また、そのように重視するにあたって課題は何ですか？

重視していきたい分野：

重視するにあたって課題：

質問９．　わが国企業が省エネ・環境対策プラント・機器の海外ビジネスを拡大していくにあたって必要となる政策支援としては何がありますか？

日本側の政策支援：

ホスト国側の政策支援：

その他、本調査研究に関してご意見などあればご記入下さい。
（

以上

APPENDIX 2

平成２０年度（財）国際経済交流財団委託事業「アジア市場への省エネ･環境対策プラントビジネス拡大の課題」に関するアンケート調査結果

（注）対象とされるプラント機器
- 省エネプラント
  電力、石油・ガス、鉄鋼、化学、セメント、紙パルプ等
- 公害防止プラント
  排煙脱硫装置、廃棄物処理プラント等
- 海水淡水化プラント
  発電造水プラント

アンケート実施機関：１月７日～１６日
回収率：正会員１４社＋賛助会員（商社）８社　計２２社のうち回答あったもの正会員１１＋商社５社（７３％）

回答集計結果は次の通り。

質問１．貴社は、今回調査対象国と省エネ･環境対策プラントをセールス・ポイントにしたプラントビジネス（輸出、直接投資、ODA 関連、CDM ほか）を行っていますか？
貴社に該当するビジネスの状態３区分（ビジネス実績がある；これまでビジネス実績はないが現在、受注活動を行っている；現時点ではビジネス対象としていない）を選別のうえ国別プラント器別の該当するマトリックス欄内に○を記入してください。
(1) ビジネス実績がある。
・「輸出」以外の実績である場合は○の後に（　）書きでビジネス形態（直接投資、ODA 関連、CDM ほか）を記入してください。
・「その他」プラント･機器に該当する場合は具体的なプラント・機器名称を記入してください。

項目	ベトナム	カンボジア	インド	インドネシア
省エネプラント				
―電力	４（１直投）	１	４	４
―石油・ガス			２	１
―鉄鋼（＊）	１		２	２

―化学			2	3
―セメント	2			2
―紙パルプ	1		1	2
―その他	1（CDM）		1	1
環境対策プラント				1（CDM）
・　公害防止プラント	1（ODA）			
―排煙脱硫装置	1		1	2
―廃棄物処理プラント				
―その他	1（上下水処理）		1（CO2 回収）	
・　海水淡水化プラント				
―発電造水プラント				

＊M社：ベトナム、インド、インドネシアで鉄鋼関連実績、商談中あるが圧延工程以降で、省エネ・環境対策目的ではない。

(2) これまでビジネス実績はないが現在、受注活動を行っている。

・「輸出」以外の受注活動である場合は○の後に（　）書きでビジネス形態（直接投資、ODA 関連、CDM ほか）を記入してください。

・「その他」プラント･機器に該当する場合は具体的なプラント・機器名称を記入してください。

項目	ベトナム	カンボジア	インド	インドネシア
省エネプラント				
―電力	3（1 ODA）		1	2（1 直投）
―石油・ガス	2		1	2
―鉄鋼	1		1	
―化学	2		1	
―セメント	1		1	1
―紙パルプ				
―その他				1
環境対策プラント				
・　公害防止プラント				

―排煙脱硫装置 ―廃棄物処理プラント ―その他 ・　海水淡水化プラント ―発電造水プラント	1		2	1

（3）現時点ではビジネス対象としていない。

・　貴社営業でそもそも取り扱っていないプラント・機器の場合は回答不要です。

・　該当する国別・プラント機器別マトリックスにつき非対象とする理由を（以下に記入してください。

項目	ベトナム	カンボジア	インド	インドネシア
省エネプラント ―電力 ―石油・ガス ―鉄鋼 ―化学 ―セメント ―紙パルプ ―その他	1 2	2 2 2 2	1 2	1 2
環境対策プラント ・　公害防止プラント ―排煙脱硫装置 ―廃棄物処理プラント ―その他 ・　海水淡水化プラント ―発電造水プラント	 1 2 1	1 2 2 1	1 2 1	1 1 2 1

S社：カンボジアは全般的に非対称

T社：カンボジア以外は該当案件発掘次第対象とする

質問２．貴社は、将来の省エネ･環境対策プラント･機器の市場として今回調査対象国をどの様に判断していますか？対象国別に貴社の市場判断に該当する区分（今後、有望な市場と見ている；市場としては余り期待できない）を選別のうえ当該判断理由を（以下に記入してください。）

【ベトナム】

(1) 今後、有望な市場と見ている。

その理由は何ですか。（記入例；人口が多い。急速な経済発展。省エネ・環境対策に熱心。）

（①人口が多い５、②勤勉な国民性４、③急速な経済発展８、③安価な労働力２、④日本に対する違和感がない、⑤日本企業の工業団地があり、輸出市場、合弁市場として参入余地大、⑥中国＋１あるいはポスト中国の生産拠点、⑦水処理プラントを中心に需要あり、⑧石油･ガス産出、⑨発電設備は高効率化･容量拡充期待、その他プラントでは新設で省エネ･環境対策を施した最新型推奨、⑩インフラ、産業分野の投資が今後も期待できる、⑪ＣＤＭ関連法整備は進んでおり、案件実績もある、⑫経済発展に伴うエネルギー不足、環境対策の必要性

(2) 市場としては余り期待できない。

その理由は何ですか。（記入例；政治的に不安定。経済の伸びが遅い。省エネ意識が薄い。環境対策が遅れている。）

（

【カンボジア】

(1) 今後、有望な市場と見ている。

その理由は何ですか。（記入例；人口が多い。急速な経済発展。省エネ・環境対策に熱心。）

（過去１０年平均９．３％の経済成長で今後インフラ整備の需要が出件する可能性大

(2) 市場としては余り期待できない。

その理由は何ですか。（記入例；政治的に不安定。経済の伸びが遅い。省エネ意識が薄い。環境対策が遅れている。）

（①ある程度産業構造が高度化した段階で求められる省エネよりも、Basic Human Needs を満たす方が先決、ごみ焼却発電施設導入は未だ早い３、②人口が相対的に少なく、省エネ需要は当面多くいないと予想、爆発的需要が期待薄２、２③政治的に不安定３、④カンボジアを知る人が少なく、取組む体制が取れない、⑤引合がない、⑥経済の伸び遅く石油･ガス関連投資が当面期待できない（石油･ガス開発の開始と関連プラント建設の進捗を期待）２　、⑦経済の伸びが遅い

【インド】

(1) 今後、有望な市場と見ている。

その理由は何ですか。（記入例；人口が多い。急速な経済発展。省エネ・環境対策に熱心。）

（①人口が多い７、②急速な経済成長（これからも経済発展が期待できる）１１、③知的水準の高さ、④省エネ･環境対策に政府が関心を持ち始めた、熱心３、⑤発電能力不足、⑥各種プラントは旧式で新型を売り込む余地あり、⑦廃棄物問題が深刻

(2) 市場としては余り期待できない。

その理由は何ですか。（記入例；政治的に不安定。経済の伸びが遅い。省エネ意識が薄い。環境対策が遅れている。）

（当社商品は自国生産可、関税、工業規格の厳しさ

【インドネシア】

(1) 今後、有望な市場と見ている。

その理由は何ですか。（記入例；人口が多い。急速な経済発展。省エネ・環境対策に熱心。）

（①人口が多い８、②資源国（含む石炭の有効利用）４、③弊社に知見がある３、④大型プラント施設旧式でリハビリ、デボトルネッキングによる省エネ･環境対策の導入期待２、⑤ガス、石炭等従来型エネルギーに加え、バイオマス、地熱等再生可能エネルギーも豊富で、エネルギー関連プラントの需要が期待される２、⑥廃棄物対策需要見込める、⑦経済成長が望める３、⑧顧客との関係良好、⑨電化率が低い、⑨石油公社がＣＤＭ案件を計画する等省エネ・環境への関心が高まっている、⑨経済発展に伴い環境対策の必要性高まる

(2) 市場としては余り期待できない。

その理由は何ですか。（記入例；政治的に不安定。経済の伸びが遅い。省エネ意識が薄い。環境対策が遅れている。）

（政治的に不安定で、常に資金不足の感。

（各国共通）有望市場と見ている理由：経済成長を遂げており、今後経済の成熟化に伴い、政府･企業は省エネ・環境対策に目を向ける

質問３．今回調査対象国において省エネ･環境対策プラント･機器が普及するために必要なことは何であると考えますか。出来るだけ具体的な記述をお願いします。

【ベトナム】

(1) 相手国側の課題（記入例；省エネ基準の制定。環境基準の制定。省エネ･環境プラント･機器に対する政府補助。CDM の活用）

{①ＮＥＤＯの実証プラントなどの仕組みでは、機器分しか補助されず、据付は現地負担となるが、その資金を賄えないことが問題。結果、需要はあるが実現できないケースも散見される。②税金面の優遇３、③政府の補助、援助６、④環境基準制定、ＣＯ２規制、排ガス規制を含む省エネ･環境政策への更なる注力４⑤ＣＤＭの活用２、⑥環境意識の啓蒙

(2) 我が国側の課題（記入例；相手国における省エネ･環境対策推進に向けた経済外交。政府の輸出支援策。CDM の CER 購入。）

{①相手国に資金負担を求めるのではなく、全面的にサポートする仕組みづくりが必要、②官民一体の経済外交、③大規模装置産業、プラントの効率化の必要性の政府間ベースでの説得、④政府の輸出支援策３、⑤ＣＤＭのＣＥＲ購入２、⑥相手国支援要請への更なる協力、産業インフラ･制度インフラ構築支援、産業人材育成強化、⑦（省エネ・環境のモデル国とするぐらいに位置付け、）ＯＤＡその他の公的資金支援拡大５

【カンボジア】

(1) 相手国側の課題（記入例；省エネ基準の制定。環境基準の制定。省エネ･環境プラント･機器に対する政府補助。CDM の活用）

{①情報不足、②省エネ・環境基準の制定（ＣＯ２規制・排ガス規制は、自主的なものから強制力あるものへ）２、③省エネ･環境プラントに対する政府補助･税制優遇２、④ＣＤＭの活用２、⑤資金調達２

(2) 我が国側の課題（記入例；相手国における省エネ･環境対策推進に向けた経済外交。政府の輸出支援策。CDM の CER 購入。）

{①経済援助、②省エネ･環境対策に向けた経済外交、③政府の輸出支援策、④廃棄物処理のＦ／Ｓ実施

【インド】

(1) 相手国側の課題（記入例；省エネ基準の制定。環境基準の制定。省エネ･環境プラント･機器に対する政府補助。CDM の活用）

{①州ごとに違う税制対応が同国での面的な展開を阻害、②税金面の優遇３、③ＣＤＭプロジェクトの規模小で事業性に問題あり、③省エネ･環境機器に対する政府補助５、④環境基準制定（ＣＯ２規制、排ガス規制は強制力あるものへ）４、⑤資金調達２、⑥技術、⑦ＣＤM化

(2) 我が国側の課題（記入例；相手国における省エネ･環境対策推進に向けた経済外交。政府の輸出支援策。CDM の CER 購入。）

{①官民一体の経済外交、省エネ･環境対策推進に向けた経済外交２、②大規模装置産業、プラントの効率化の必要性の政府間ベースでの説得、③政府の輸出支援策４、④ＣＤＭビジネス支援、ＣＤＭのＣＥＲ購入３、⑤資金、技術援助、ＯＤＡの活用２

【インドネシア】

(1) 相手国側の課題（記入例；省エネ基準の制定。環境基準の制定。省エネ･環境プラント･機器に対する政府補助。CDM の活用）

{①税金面の優遇３、②一人当たり国民所得が２千ドルに達するとごみ焼却炉、省エネ機器の需要顕在化するが、民間プラス政府間ベースでの需要開拓、③省エネ･環境機器に対する政府補助６、③省エネ・環境基準制定（ＣＯ２規制、排ガス規制を強制力あるものへ、導入企業にはインセンティブを）４、④ＣＤＭの活用３、⑤環境問題に関する意識改革（バリ島での廃棄物被害）

(2) 我が国側の課題（記入例；相手国における省エネ･環境対策推進に向けた経済外交。政府の輸出支援策。CDM の CER 購入。）

{①官民一体の経済外交、省エネ･環境対策推進に向けた経済外交２、②大規模装置産業、プラントの効率化の必要性の政府間ベースでの説得、③政府の輸出支援策５、④ＣＤＭのＣＥＲ購入２、⑤ＯＤＡの支援拡大（資金、技術）３、⑥技術供与、

（各国共通）（１）相手国の課題：①政府による省エネ･環境基準の制定および違反者に対する罰則規定の制定、②政府･企業が環境に係る社会的責任と省エネ･環境プラント導入の費用対効果を認識し、予算配分を含め同プラント導入の優先順位を上げること

（２）わが国の課題：①特別市向け直接・低利円借款、②省エネ･環境対策技術輸出に対する優遇税制等のインセンティブ、②相手国の水準に合わせた省エネ･環境機器の製造･輸出

（高効率でも高コストでは受入れられない）③省エネ･環境対策推進に向けた経済外交と輸出支援、経済性確保が難しい廃棄物処理設備、下水処理設備へのＯＤＡ等による支援、これら設備の価格競争力強化

質問４．貴社の省エネ･環境対策プラント･機器の今回調査対象国への市場参入を拡大するために、どの様な方法が有効と考えられますか。(記入例；営業拠点設立。工場建設。現地企業との合弁。現地企業へのライセンス供与。)

【ベトナム】

{①わが国プラントメーカーおよびエンジニアリング会社とのタイアップ(商社)、②現地有力企業との合弁事業、②業界、公的機関のミッション派遣、展示会参加、シンポジウム開催等によるビジネス･チャンスの開拓２、③Ｆ／Ｓ調査、実証事業等へのわが国政府の資金援助、④営業拠点、既存現法の充実２、⑤公的機関によるファイナンス、枠の設定、

【カンボジア】

(①公的機関によるファイナンス、枠の設定

【インド】

(①　　わが国プラントメーカーおよびエンジニアリング会社とのタイアップ、②現地有力企業との合弁事業（現地企業優遇策）４、③現地営業力の充実３、④資金源のアレンジ、⑤官民共同によるモデル・プロジェクトの実施、⑥現地へのライセンス供与

【インドネシア】

(①わが国プラントメーカーおよびエンジニアリング会社とのタイアップ、②現地有力企業との合弁会社、③展示会等への参加等によるビジネス･チャンスの開拓、④現地営業力の充実、⑤資金源のアレンジ、公的機関によるファイナンス、枠の設定２、⑥既存現法の充実、⑦実績作りのための補助金等でのパイロットプラント建設

（各国共通）①有効な方法：相手国での環境基準制定、政府補助、税制優遇等の条件整備
②現地パートナー、相手国政府機関との関係強化、③現地企業との合弁企業設立、現地企業買収等によるエンジニアリング･製作コスト引き下げ２、④現地で実績・競争力のある欧米･韓国･現地企業との協業

質問５．今回調査対象国のプラント市場への参入拡大に関して、障壁となっている要因を

影響度の高い順に３つあげてください。
（記入例；法制度上の問題。関税の問題。日本に対する意識などの問題。）

【ベトナム】
(①契約の遵守
(②経済合理性の観点からの優先順位の低さ　　(
(③価格本位の調達態度、中国製品の受入れ、現地パートナー企業のレベル
【カンボジア】
(①政治情勢、情報不足、資金
(②対象プラントが少ない
(③法制２
(④関心の低さ
【インド】
(①高関税、税制複雑･高額、法制度が複雑で手続に時間がかかる
(②導入資金の手当て
(③経済発展、環境ビジネス需要の創出
(④ビジネス構築の難しさ、法制度上の問題
(⑤関税、工業規格
(⑥価格本位の調達態度、欧米企業優先
【インドネシア】
(①大統領選挙を控えた諸手続の停滞
(②導入資金の手当て
(③関税問題
(④資金不足、為替変動リスク、インフラ整備の遅れ
(⑤経済合理性の観点からの優先順位の低さ
(⑥法制度の不透明性、現地パートナー企業のレベル
各国共通の障壁要因：①Ｆ／Ｓ等支援が不十分（ＪＥＴＲＯの地球環境Ｆ／Ｓ，ＮＥＤＯの省エネモデル事業等)、②本体プロジェクトへのファイナンスおよびエクイティー構築、③環境基準の制定、設備導入緊急性の意識、資金源　、④資金不足、政府･住民の環境意識、ごみ収集体制

質問６．目下のビジネス環境激変（世界的な金融危機波及と景気後退予測）によって今回調査対象国への省エネ・環境対策プラントのビジネス展開にどのような影響を及ぼすものとみていますか？
【ベトナム】

（①影響は一時的。省エネ・環境対策プラントのビジネスは引続き有望、②米、日、中の経済停滞、油価下落、観光客減のトリプルパンチで当面様子見、③エネルギーは将来逼迫するのでマーケットとしての可能性は高いが、ここ数年は足踏み、④投資意欲減退２、⑤需要減少、⑥一時停滞不可避、⑦若干厳しい

【カンボジア】

（①上記③に同じ、②投資意欲減退、③一時停滞不可避

【インド】

（①影響は一時的。省エネ･環境プラントのビジネスは引続き有望、②資金不足、外過不足が加速、労働問題も激化、対応するビジネス地域と業界の選別が進む、③ベトナムの③に同じ、④投資意欲の減退２、⑤ＧＤＰ停滞に伴う環境プラント需要停滞、⑥４か国中では影響軽微、⑦若干厳しい

【インドネシア】

（①影響は一時的。省エネ･環境プラントのビジネスは引続き有望、②大きな影響が予想され、失業率高まれば政情不安につながり、ビジネス対応に時間をかける必要が出てくる、③ベトナムの③に同じ、④投資意欲の減退４、⑤需要減少、⑥若干厳しい、⑦製鉄所向け商談で影響が出る、⑧計画遅延

各国共通の影響：①設備投資計画の見直しや延期。一方、外国政府による景気刺激･雇用対策のための財政出動によるインフラ整備が出てくればプラント需要が創出される可能性も期待できる。②民間ベースの商談は実現困難、計画延期・中止等の見直しも、③円高による調達コスト改善、販売面での競争力低下・収益圧迫、鋼材他調達品コスト下落、競争環境激化、投資計画撤回･延期、④省エネ･環境関連プラントビジネス展開のスローダウン、案件減少

質問７．貴社からみて省エネ・環境対策プラント・機器のビジネス拡大を見込める市場は今回調査対象国以外でどこの地域・国ですか？
該当する地域・国の市場としての最大の魅力は何ですか？

該当地域・国名：①タイ３、②エジプト、③カザフスタン、④アンゴラ、⑤中東各国２、⑥オーストラリア、⑦中国７、⑧フィリピン、⑨マレーシア２、⑩北アフリカ、⑪欧米先進国、⑫旧ソ連地域

市場としての最大の魅力：①産業構造が周辺国に比し高度化、②、③、④、⑫資源国、⑤、⑥エネルギー資源国、②、⑦、⑧、⑨該当プラントが多数存在。省エネ･環境対策に積極的２、⑤、⑩新エネ政策にも注力。石油･ガス収入を背景とする高い信用力、⑦、⑪既設プラント多く、環境対応ニーズ次第で、大きな装置需要創出の可能性、

⑫老朽設備の存在、⑬安定成長経済、⑦市場規模大、成長性（沿海部の発展）４、⑨経済水準高く環境意識が高い（ＣＤＭ案件実績もある）

質問８．　貴社として省エネ・環境対策プラント・機器の海外ビジネス展開にあたり、特に重視していきたい分野は何ですか？
また、そのように重視するにあたって課題は何ですか？

重視していきたい分野：①電力３、②水、③風力発電、④太陽光発電２、⑤石油･ガス分野（ＬＮＧ、ＧＴＬ、ＤＭＥ各プラント等）３、⑥鉄鋼、⑦セメント、⑧ビールプラント、⑨化石燃料クリーン化、⑩廃棄物処理、焼却施設４、⑪温暖化ガス削減、⑫再生可能エネルギー（発電)、⑬環境主要機器のコア売り、⑭ＣＯ２回収、貯留（ＩＧＣＣなど)、⑮省エネ機器（インバーター等）３、⑯クリーンエネルギー、⑰低カロリー石炭の効率発電、⑱高効率ガスエンジン発電、⑲地熱

重視するにあたって課題：③、④相手国の法整備、③、④、⑩相手国のインセンティブ、税制面での優遇、⑤世界的な製品価格の安定性、⑥客先の投資意欲減退、⑤、⑨、⑩、⑪、⑫プロジェクトファイナンスおよびエクイティーの調達、⑬ＥＰＣプラントビジネスのリスク回避、⑩、⑫、⑭国際協力による実績作り、プロジェクトの経済性、⑩、⑮ＣＤＭ化、⑮価格競争力、⑯高コスト、①、⑤投資リスク、⑩自国産業保護の撤廃

質問９．　わが国企業が省エネ・環境対策プラント・機器の海外ビジネスを拡大していくにあたって必要となる政策支援としては何がありますか？

日本側の政策支援：①資金援助（低金利融資）６、②優遇措置、税制面での優遇２、③プラント発掘のためのソフト業務への効果的支援（ソフトビジネスを評価した制度確立＝MH単価問題)、④ＯＤＡ予算拡大２、⑤特別市向け直接・低利円借款、⑥他国企業に比し不利にならないような相手国への働きかけ、⑦ＣＥＲ購入、⑧輸出保険制度の拡充、⑨相手国省エネ･環境対策に係る制度設計支援、⑩経済支援

ホスト国側の政策支援：①法整備、②税制面での優遇、課税の透明性４、③省エネ･環境対策での規制強化、環境基準制定２、④機器導入のインセンティブ政策２、⑤契約遵守、⑥地財権遵守、⑦廃棄物収集体制確立、⑧電力購入優遇制度、⑨政府の支

援、⑩非関税障壁の撤廃

その他、本調査研究に関してご意見などあればご記入下さい。

（①メインのビジネスにならないため回答しにくい項目が多かった

（②機器単体からの視点でなくプラント施設全体の視点での省エネ化等として捉える必要がある。

以上

APPENDIX 3-1

平成 20 年度 第１回
「今後の環境・エネルギー制約の改善を図るための海外プラント市場拡大に向けた調査研究」委員会
議事録

１．日時：2009 年 1 月 26 日（月） 14:00 ～ 15:55

２．場所：社団法人日本プラント協会　会議室

３．出席者(敬称略/50 音順)：

委員長　国際連合工業開発機関
東京投資・技術移転促進事務所
代表　大嶋 清治

委　員　独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
エネルギー・環境技術本部 国際事業統括室
室長　井上 宏一

委　員　三井物産株式会社
プロジェクト本部 営業推進室
シニアプロジェクトコーディネーター　杵村 昭典

委　員　三菱重工業株式会社
海外戦略本部 海外事業管理部
次長　佐々木 秀晴

委　員　財団法人省エネルギーセンター
国際協力本部 国際協力部
部長　関山 武司

委　員　東洋エンジニアリング株式会社
広報・渉外部長　渡辺 博

（欠席）　委　員　株式会社日立製作所
　　電力統括営業本部 国際開発室
　　室長代理　五味 敬芳

（欠席）　委　員　株式会社日本政策金融公庫　国際協力銀行
　　国際業務戦略部
　　次長　内藤 英雄

　　陪　席　経済産業省
　　製造産業局 国際プラント推進室
　　課長補佐　末森 洋紀

　　陪　席　経済産業省
　　製造産業局 国際プラント推進室
　　プラント貿易業務一係長　大信田 友

　　事務局　社団法人日本プラント協会　丸山、片岡、澤田、川原、野澤、杉田

４．議事

議事に先立ち、日本プラント協会の丸山専務理事より挨拶があった。

引き続き、経済産業省の末森課長補佐より挨拶があった。

（１）委員長の選任について
事務局より大嶋委員を委員長としたい旨提案があり、異議なく了承された。大嶋委員長より自己紹介があり、引き続き同委員長の求めにより出席の各委員より自己紹介があった。

（２）調査概要について
事務局より配付資料に基づき本事業の調査研究計画と報告書目次(案)、アンケート票及びアンケート結果、報告書作成用参考資料について説明があった。
事務局の説明を受けて委員長の求めにより以下の通り各委員より意見が出され、質疑が行われた。

(大嶋委員長)
coverageの広い調査であり、上手くまとめてもらいたい。今投資mindが冷え込んでいる。

日本として売り出すものがあるのかという視点を是非入れてもらいたい。クールアース・パートナーシップ資金との関連でアジアマーケットに欧米系企業の注目が集まっている。

(井上委員)

省エネ・代エネ・CCT を対象としたモデル事業の予算が最も大きい。相手側とポーションを決めて日本側が主要機器を提供し、相手側が建設等を行うというスキーム。一旦予算が減ったが、また来年度増額となる。1993 年位から始めた相当長い制度である。対象国もロシアや中央アジアなどまで拡大される状況にある。

これまで CDM・JI について F/S の予算を出していたが、技術普及推進調査ということで省エネ・代エネの F/S をやるスキームをエネ庁からの予算で来年度作ろうと思っている。

モデル事業はこれまでアジアということでやってきたが、エネルギー基本計画がアジア重視ということもあり世界中どこでも、というわけにはいかない。F/S の方はあまり国の制約なくやり、市場の創設・拡大に貢献していきたい。

モデル事業について、最重点国は中国、インド、インドネシアの３か国に更にベトナムを加えた４か国。

ベトナムはプロジェクトの数もあまり多くなく、実は結構上手くいかない。省エネ mind はありそうだが。ベトナムは今国営企業が民営化されており、そうした中で色々なシステムが変わりつつあるという背景もあり、モデル事業の対象国としては難しい。

インドでは、CDQ や焼結クーラーといった大予算のプロジェクトをやってきた。また、ブレード軽油という重油を天然ガスに燃料転換するプロジェクトもやった。

インドネシアではつい先般インドや中国でやったことのあるセメント排熱のプロジェクトの MOU にサインしてプロジェクトに着手した。大臣が MOU の調印式に出席するなど工業省から高い期待が寄せられている。その他には中小企業中心の染色。インドネシアでは繊維染色は基幹産業となっている。工業省が力を入れており、既に優遇税制や直接補助金(キャッシュバック制度)を準備している。省エネ法はきちっとできておらず、大統領令の下でやっており見直しはまだこれから。

カンボジアでは今まで太陽光の実証を２件やったが、終了した後に譲渡した設備のメンテナンスが悪くて故障したままになっている。カンボジアは対象の他の３か国と比べると段違いに遅れており、本当にプラントを輸出する市場かという感じはする。まだアフリカなどと同様、援助の対象という感じではないか。

正にこういった環境・エネルギー制約がある中で省エネや環境のプラントが生きてくると思う。他方、省エネが競争力の強化につながるという意識が途上国の企業にも出てきているが、環境については、規制がないと「罰金を払っていればいい」という意識の企業が中国などにも多く、その点で省エネとは扱いが違うように思われる。

モデル事業は、日系企業が係わっていない部分も含めて 140 基位の普及実績が上がっている。

（関山委員）

省エネを進めるためにはそのための市場環境が非常に大事だ。昨年は石油価格が急激に上がり、省エネ研修をやっても参加者の目の色が変わってきた。どこでも省エネをやらざるを得ない環境になった。ここに来て石油価格が下がり、また緩んできた。省エネのための省エネでは進まない。省エネを進めるための一番の driving force は経済性だ。経済的にメリットがあればどんどん自発的にやっていく。或いはエネルギーが無くなりそうだという時。そうでない時にどう進めるのかが課題だ。

大きな driving force は３つある。ひとつは制度的なもの。２つ目は経済的な支援。３つ目は技術的なもの。省エネルギーセンターとしてはこういった３つの観点から障壁を取り除くための色々な研修やアドバイス、提言を行っている。

特に各国のエネルギーの価格政策が重要だ。国が如何に省エネをやりやすいエネルギー価格政策を取るか。この３か国、インド、ベトナム、インドネシアではいずれもエネルギー価格が国家統制されている。補助金がつけられており、中でも特に大きいのがインドネシアだ。インドネシアでは、石油系のガソリンや灯油はかなり市場経済的な方向に近づきつつあるが、電力価格依然として安すぎる。コストの半分以下で供給されているのが実態だ。この安い電力価格は低所得者への支援策になっており、この改訂は場合によっては政権の存続に関わってくる。やり方によってはできないことではないと政府系の人には言っている。そういうバリア対策が重要。

国際協力推進室の方針で３年位前からかなり研修を増やしている。年間で約 500 人の研修生を受け入れている。専門家も年間で延べ 100 数十人派遣している。ベトナムには長期で専門家を派遣しており、今も１名ハノイの商工省に派遣して現地で省エネ支援を行っている。

インドについては省エネに関与する省がひとつではなく、電力省や新・再生可能エネルギー省や石炭省などに分かれている。計画委員会がそれらをまとめようとしているがまとめきれていない。省エネ法はあるが実態はまだまだ上手くいっていない。部分的には省エネの管理者制度や試験、診断制度などやっているが、まだまだ末端まで行き渡っていない。彼らが自立的に省エネを推進し、海外の省エネプラントを導入できるように支援をしているが非常に時間がかかる。エネルギー価格が高い間は良いが安くなるとプライオリティが下がってしまう。省エネにとっては政府による制度構築、財政支援、モラルの植え付けが重要。

（大嶋委員長）

世界省エネルギー等ビジネス推進協議会の戦略は？

（井上委員）

国際展開技術集、省エネルギー・ソリューション、ヒートポンプ・インバータ、太陽光発電の４つのワーキンググループに分かれて活動している。技術集は２月の下旬までに作る。原則として会員企業の技術を技術集に載せる。当面はインドに注力。2 月 23 日から 26 日までインドで国際産業＆技術フェア(IETF2009)が行われ、技術集はそこでお披露目される。３月にも資源エネルギー庁と計画委員会が中心になって日印エネルギー対話が行われる。日本側は二階大臣、インド側はアルワリア計画委員会副委員長をトップにした親会合の下にステアリングコミッティーがあり、更にその下に電力・発電、省エネ、石炭、再生可能エネルギー､石油･天然ガスの５つのワーキンググループがあり NEDO も参加している。

(関山委員)

省エネルギーセンターのホームページに世界省エネルギー等ビジネス推進協議会のホームページを掲載している。プラント関係の情報提供ということで日本で成功した省エネ技術の英文データベースを貼り付けている。件数も増えているのでご覧いただきたい。

政府の財政支援では、Cool Earth Partnership の枠組みで政府が５年間で 100 億ドルの予算を準備している。また、インド、ベトナム向けには省エネ支援のツーステップローンが準備されている。インドについてはかなり進展していると聞いている。

(杵村委員)

アンケートへの回答は書ききれなかった。日本は 80 年代に省エネを促進した。三井化学の工場の発電所を省エネ化したのが最初のコジェネだった。ガス協会とも連携してコジェネをやった。政府支援を受けられたので客先を説得もできた。東南アジアの場合には国からの支援があっても自己資金が乏しくて難しい。省エネはユーティリティに関わるもので客先にとっては後回しの設備投資になる。我々と客先との考えのギャップがある。環境問題に係る社会的責任や費用対効果をよく認識してもらい優先順位を上げてもらう必要がある。

CDM/JI には CSR の観点から取り組んでいるし専門集団もいる。国ごとに重点配分しているが収益率の高いものが優先になる。一時期 NEDO の補助金で色々な F/S を行ったが、なかなか実際の仕事には結びつかなかったのが実態。

シンガポールやマレーシアは工業化も進んでおり省エネ意識も高い。国民の教育レベルも高い。カンボジアは制度面が整備できれば。ベトナムはまだまだ。インドは独特のビジネスの難しさがあるが、既に日本企業が 200 社近く現地に入っている。商社として取り組むには難しい面がある。インドネシアはプロジェクトものは多いがメタン回収の小規模な CDM の案件をひとつやっただけ。CSR としては良いがビジネスとしては横展開しない。CDM/JI への関心は高まっているが登録まで時間がかかる。

商社としては省エネプラントを１つずつ扱っていくよりも事業投資化に移ってきている。インドネシアの石炭火力のようにむしろ CO2 を排出している側としてどうするかが課題だ。

(佐々木委員)

省エネをやっても F/S が成り立たない。これだけエネルギー価格が下がってしまうとどうやってもテーブルに乗らないのが実態。相手国に制度上の規制ができて古い機械の取り換えが義務化されるなどといったことがないとかなり厳しい。

インドの発電プラントについて、従来は直接売っていたが、国内入札になっており、実質的に向こうで作る体制を取らないと売れない。

インドネシアでは LNG の大きなプラントがたくさん出て期待したが今は凍結状態。人口の多い国は需要もあり、何らかのトリガーがあれば可能性がある。プルタミナと PLN を中心にエネルギー関係を狙いたい。

カンボジア、ベトナムは規模的に厳しいし政府側の対応がしっかりしていない。制度的にやっているものは仮に slow down しても動くが、IPP のように投資してリターンを期待するようなビジネスを如何に復活させるのかが課題だ。

(渡辺委員)

70 年代に設立した Toyo Engineering India がインドに、また 90 年代に設立した Toyo-Vietnam(孫会社)が現地にある。インドネシアにも営業事務所がある。カンボジア以外では手広く商売をやっており、現在も複数のプロジェクトが動いている。残念ながら環境機器については実績がない。各国の環境ガイドラインに従って設計している。

エンジニアリング会社にとって省エネは当たり前のことなので特別に省エネを売り物にしたプラントを売っているわけではない。インドネシアのププク・プスリ社に納めた肥料プラントが省エネ型のものであった。従来の肥料プラントに比べてユニット価格が安くなるものであった。これがこれらの国々で TEC が売った唯一の省エネプラントの実績。

インド、ベトナム、インドネシアでは海水淡水化プラントは無い。

ベトナムに行った際に JICA のエネルギーマスタープランを書いた人にインタビューしてきたので連絡先をお知らせする。ベトナムのエネルギーマスタープランは日本が作ったものが初めてのものなのでインタビューすることは非常に有益だ。

(大嶋委員長)

JBIC が止めていたサプライヤーズクレジットを今回の金融危機対応として復活させるという新聞記事があったが、サプライヤーズクレジットが復活するとメリットはあるか?

(佐々木委員)

昔よくやっていたスキームで昔に戻ってやることも可能だと思うが、時間がかかる。どう考えても２年位のプロジェクトにはなる。そこまで事業がもつかどうか。規模は小さくても短期的にやれるようなものの方が実情では有効だと思うが、制度としてはバリエーシ

ョンが広がる。

(井上委員)
インドネシアでは国内市中金利が７％だという。JBIC の融資はもっと金利が低いので日本企業にサプライヤーズクレジットがつけばメリットが出てくる。省エネ案件の審査が緩くなるような配慮があると良い。

(大嶋委員長)
JBIC から低い金利でローンを出しても相手国側で中央銀行、地方銀行を経由すると金利が上乗せされて高くなってしまうケースがある。低い金利が借り手までストレートに行く仕組みがあると良い。

(井上委員)
制度上はユーザーにも直接融資できるが、その審査が大変なのでツーステップローンで保証を取る。

(渡辺委員)
インドの場合には中央で借りて金利を乗せて州に貸す。そうすると 10%近い金利になってしまう。折角日本から低い金利で提供しても借り手に低い金利では回らないことになってしまう。

(関山委員)
インドでは以前から公的な支援策がある。新・再生可能エネルギー省の傘下に IREDA (Indian Renewable Energy Development Agency Ltd.)という支援機関があり、世銀や ADB からお金を非常に低い金利で借りてプールし、ESCO や省エネプロジェクトにお金を出している。その金利が 15%以上と高い。省エネで 15%以上の金利は高すぎて実態としてはほとんど使われていない。実際に使われているのは太陽光や風力などの新エネプロジェクト。省エネで 15%以上の IRR を出すのは難しい。ツーステップローンをやったとしても最終的に 15%などという金利になってしまっては難しい。

(大嶋委員長)
今日は内藤委員が欠席なので事務局の方で内藤委員にコンタクトして最近のファイナンスの試みやクレジットライン、対象国向けのファイナンススキームなどを入れてもらいたい。また、世界省エネルギー等ビジネス推進協議会の動きや NEDO のモデル事業の動きも watch してもらいたい。各委員から出された意見についてもできるだけ報告書に反映してもらいたい。

(末森課長補佐)
分かることがあれば次の委員会でフィードバックしたい。インドについて、租税条約の話や税制上の問題など色々と民間企業から改善の要望を受けている。経済産業省内で検討していきたい。相手国に改善の要望をしていく話もあるし日本側から提案できるものもあると思う。引き続き相談させてもらいたい。

(丸山専務)
相手国への働きかけと日本側の対応という点でインドは非常に良い例となる。官民一体となって進めないと個々の動きでは進まない。日本の技術、日本の設備が入らないと意味がない。

(大嶋委員長)
インドについては、デリーームンバイ大動脈構想もあり、工業団地建設や港湾整備、電力整備の話もある。州を超えるたびに税金をかけるのを止めてもらいたいとの要望も出している。

(関山委員)
インドでは、特に財閥系の大企業の工場は自ら省エネプロジェクトをやって CDM 化してしまう。インドの CDM は自分たちでクレジットを作り出すユニラテラル CDM が多い。大手は省エネが進んで良いが、政府が困っているのは数多くある中小の非効率な工場。非効率３大業種と言われているのが、鋳鉄、ガラス、煉瓦。これらは小規模な工場が多い。これらの省エネを進めるために中小企業省を中心にクラスター的なアプローチで政府の資金や海外からの援助を与えようとしている。それでも数が多いので各州に SDA (State Designated Agency)を設け、省エネ推進のための resource を集中している。日本にも SDA への支援要請が来ており、省エネセンターでも SDA のキーパーソンを対象として研修を行っている。インドが一番困っているのは中小対応だ。

(大嶋委員長)
今日出た意見はできるだけ報告書に反映してもらえるように願いたい。

（３）その他
事務局より第２回委員会の開催予定について２月末を目途に改めて連絡する旨説明があった。大嶋委員長より閉会の言葉があり、委員会は終了した。

以上

APPENDIX 3-2

平成 20 年度 第２回
「今後の環境・エネルギー制約の改善を図るための海外プラント市場拡大に向けた調査研究」委員会
議事録

１．日時：2009 年 3 月 2 日（月） 14:00 ～ 16:00

２．場所：社団法人日本プラント協会　会議室

３．出席者(敬称略/50 音順)：

委員長　国際連合工業開発機関
東京投資・技術移転促進事務所
代表　大嶋 清治

委　員　三井物産株式会社
プロジェクト本部 営業推進室
シニアプロジェクトコーディネーター　杵村 昭典

委　員　株式会社日立製作所
電力統括営業本部 国際開発室
室長代理　五味 敬芳

委　員　三菱重工業株式会社
海外戦略本部 海外事業管理部
次長　佐々木 秀晴

委　員　財団法人省エネルギーセンター
国際協力本部 国際協力部
部長　関山 武司

委　員　株式会社日本政策金融公庫　国際協力銀行
国際業務戦略部
次長　内藤 英雄

委　員　東洋エンジニアリング株式会社
広報・渉外部長　渡辺 博

（欠席）委　員　独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
エネルギー・環境技術本部 国際事業統括室
室長　井上 宏一

陪　席　経済産業省
製造産業局 国際プラント推進室
課長補佐　末森 洋紀

陪　席　経済産業省
製造産業局 国際プラント推進室
プラント貿易業務一係長　大信田 友

事務局　社団法人日本プラント協会　新開、片岡、澤田、川原、野澤、杉田

４．議事

（１）報告書概要について

委員長の求めにより事務局より配付資料に基づき本事業の調査研究報告書の概要について説明があった。この説明を受け、委員長の求めにより以下の通り各委員より意見が出され、質疑が行われた。

(大嶋委員長)

事務局から調査対象国であるインド、インドネシア、ベトナムについて説明があった。エネルギー源としては、石油、ガス、石炭の他、ベトナムでは原子力という話も出ているが、いずれにしろかなりエネルギー効率の悪い状況にあるので日本として大いに貢献できる分野である。事務局からの説明でも日本の省エネルギー技術は諸外国に比べても非常に優れている。ベトナムでどの程度協力できるのかということで、具体的に製油所やセメントの現場にも行き、個々に調査すると共に要人とも面談して議事録を作成されている。日本の協力により値段がどの程度高くなるのか、どの程度のコストアップでどの程度の省エネ効果があるのか。日本は電力価格が高いのでどんどんやるのであろうが、対象国の電力価格はどうなのか。環境規制でも日本は厳しい。違反しても罰金を払えばいい、では環境

対策は進まない。ベトナムでは制度面の整備も着々と進んでいるようであり、JBIC/JICA のファイナンス供与の面でも着々と布石が打たれている状況ではないか。

(渡辺委員)

プラント輸出に関して、ベトナムでは中国勢との競合が厳しい。昨年のベトナム肥料プラントの商談に関しては、中国の業者が落札し、TEC は尿素ライセンスを供与する立場に留まった。本邦プラント業界支援の為に STEP 案件などの円滑で迅速な適用をお願いしたい。できれば ODA と国際金融の連携ができるような支援をしてもらいたい。

報告により、対象国である３か国のポテンシャルが大きいことは分かったが、市場がなかなか拡大しない阻害要因について詳しく書いてもらえるとありがたい。具体的には、例えばベトナムでもインドネシアでも燃料や電力の価格が安く抑えられているために、国際エネルギー価格が上昇しても各オーナーが省エネを推進するインセンティブにつながっていない。国が市場価格に近い形で燃料費を設定すると、より省エネ・環境プラントが売れるようになるし、最終的には各国のためにもなることだ。

(佐々木委員)

ベトナムには石炭焚き発電が多く、MHI が工事中のもの、引き合いを受けているものも石炭焚きが中心となっている。一方、今 CO2 の回収については肥料プラント向けのものをやっているが、EPC としてのメリットは少ない。ベトナムが大型石炭焚きプラントで最新の技術を目指すのであれば、これから高温高圧のものプラス CCS 技術がカップルで出てくる。石炭焚きの CCS であれば排ガスの CO2 の処理量が肥料の 10 倍以上あるので、EPC としての可能性が出てくる。産業用エネルギーの高度化について、現在の水準がそれ程高くないので中国製の標準的な安い機器であっても新しいものを入れればそれなりに効率が高くなる。日本が持っている最適化としての適用技術があれば差別化になるが、モジュラーデザインの一般的なものでも良いというように制度上流れないような形にしてもらえるとやりやすい。

(五味委員)

「プラント分野別の技術動向」で「日本の微粉炭火力発電は、566℃級の超臨界圧発電」との表現があるが、無煙炭の多いベトナムでこのまま書いて良いのかどうかはボイラメーカーでもある MHI の意見を聞くべきだ。

(佐々木委員)

一般的には 60 万から 80 万 kW の微粉炭の発電はベトナムでやっている、又、超臨界圧に関する原稿の表現に基本的に間違いはない(但し 566℃の記載技術は旧技術なので割愛してはどうか)。ただ、新しいニーズとしては石炭の質が悪い方に流れつつあり、従来の微粉炭

焚きボイラで使われていない無煙炭(揮発性少)のニーズも出ており技術的に難しい(現在の微粉炭ボイラには通常瀝青炭・亜瀝青炭(いずれも揮発性あり)が使われる)。書き方としては石炭の種類とカップルさせて書いた方が専門の人が読んだ時に分かりやすいと思う。質の悪い石炭に対応するには循環流動床ボイラ等を使う方法もあるが、容量に制約があり大型は難しいと思う。

(五味委員)

CCS の普及を考える際には貯蔵する地層があるかどうかを考えた方が良い。日本は技術を持っているが貯蔵できる地層が無いために普及が遅れているという事情がある。

(杵村委員)

１次エネルギーの約半分が電力向けであるということから、電力分野のポテンシャルが高いというマクロの判断は可能であろう。ベトナムや中国などでは電力料金が国家の政策的に安く抑えられている。日本の高性能省エネを日本側から提案してもその相手国電力料金とのギャップの整合性をどう持たせてシナリオができるのか工夫が必要。

もうひとつには東南アジアは常夏なのでコジェネのメリットをなかなか発揮しにくいという技術的な課題がある。日本では単純な設備の比較でコジェネの省エネ効果が高いのは明らかだが、それが相手国で当てはまるかというとすぐには当てはまらない。省エネポテンシャルの数値面での評価に加えて、相手国における省エネポテンシャルの高い分野を具体的に踏み込んでもらえるとありがたい。

(関山委員)

インドにしてもインドネシア、ベトナムにしても国際機関など海外からの色々な支援を受けているにも関わらず省エネの技術移転の進展が遅い。根本的な問題として省エネを進めるための市場環境の整備が不十分である。色々なバリアがあり、そういったバリアの除去や緩和策などの現地政府レベルでの対策が打たれていない。その解決のために経済産業省を中心とする政府レベルで色々な対策が取られている。

特にベトナムについてはオランダの支援で 00 年にマスタープランができ、そのマスタープランに基づいて 03 年 9 月に議定書ができた。色々な省エネプログラムが行われているが強制力がない。法律作りが行われているが色々な関係省庁の意見が集約せずにまだドラフト 15 の段階にある。他に優先する政策があり予定より更に遅れている。実際の法律の制定・公布は来年の 5 月位になってしまうと言われている。06 年 4 月に国家省エネルギープログラムが出されており、これに基づき産業、民生、運輸などセクターごとに大きな 11 のプロジェクトが組成され、その一部は進行している。例えば家電製品を含めた機器の省エネ基準作りやラベリングなどが行われている。これらについても強制力のある法律が無いために実効力に疑問が残る。

インドネシアにも省エネ法は無い。07 年 8 月にエネルギー法が制定されており、この中の省エネ要綱で 1 年以内に省エネに関する細則を作ることになっているが、1 年を経過した今でもまだできていない。最近出されたロードマップによると 10 年までには作ることになっているが果たして本当にできるのか疑問が残る。

インドについては 02 年に省エネ法が制定され、電力省傘下の BEE という省エネ推進機関が色々なプログラムを進めている。インドでは財閥系を中心とした大手企業は自分で省エネを進めており、CDM プロジェクトも自分で作ってクレジットを海外に売っている状態。インドにはレンガやガラス、一部のセメント、鉄の鋳造などといった分野の中小、或いは微細の工場が多数あり、こういった産業の省エネがほとんど進んでいない。1 工場当たりのエネルギー消費は小さくても数が多いので全体ではかなり大きなエネルギー消費になる。TERI を中心に政府が動いており、日本政府にも協力が求められている。ここでの省エネを如何に進めるかが非常に大きなポイントになっている。お金がなく、例えば現地で ESCO 事業をやってもファイナンスの点で難しい。新・再生可能エネルギー省傘下の IREDA がファイナンスの支援をすることになっているが、世銀や ADB がお金を出しても末端での金利が非常に高くなってしまう。先日国際プラント推進室から報告してもらったが、日本の円借款でも途中で色々なマージンが入り 1.2%が最終的には 11%になってしまう。IREDA の場合は 15%だが、省エネで 11%や 15%といった高い金利で借りるとなかなか回収は難しい。どうやってクリアするか。現地政府が本気で対策を行わないと対外的な協力だけでは解決できない。政策面での政府間協力が期待される。

もうひとつは知的財産の問題。ベトナムやインドネシアなどでは知財権の保護ではまだまだレベルが低い。民間レベルだけでは解決できないので政府間の協議の中で解決する必要がある。

(内藤委員)

ベトナムについて、日本からの輸出商談は国際的に競合している。また、日本の企業が事業主としてやろうとしても国際的に競合する。非常に厳しい価格競争の中で実は日本からの機器はほとんど出ていない。日本の機器を組もうとするとなかなか価格的に勝てない。中国勢の機器でも対応できるような入札スペックが出されており、出ても日本からの機器は僅かで大半が中国からの機器。日本のメーカーも中国製を織り込まないと商談にも出て行けないのが現実。与えられた個々の入札・商談の中で JBIC として如何に支援をするのかというのはあるが、省エネ機器の普及などという点では現実には厳しいものがある。価格的に厳しい部分をより長期のファイナンスで工夫するなどということはやっていきたい。輸出金融においても投資金融においても苦労しているのが実態。

(大嶋委員長)

中国並みの低いスペックでは困るし法律もきちんと決めてもらいたい。強制力のあるよ

うな環境基準も入れてもらいたい。でないと日本としての商売は進展しない。政府に対する期待が非常に高い。グリーンエイドなど経済産業省としてもバイの会合をしっかりやっている。

(末森課長補佐)

引き続き意見交換をする中でできるだけ知恵を出していきたい。STEP は日本の技術・機器を売り込むための手段として作られたものであるが、日本の機器・サービスが第３国調達でも良いが３割以上という条件になると譲許性の高いファイナンスが JICA からつく。個別に議論していくと相手国政府にはできるだけ安く抑えたいという意向が強く、３割以上という要件であればぎりぎり３割でないと嫌だというような話もよく聞く。ファイナンスの魅力はあるが、価格に対する志向が政府ベースでも強い。STEP は万能ではないし円借款なので遅いという話もある。省エネ機器を売り込むためには色々な手段が必要になってくる。

最近のインドの案件では日印エネルギー政策対話というのがあり、そういった地合については、別の機会にでも情報提供していきたい。如何に省エネ機器を売り込んで行こうかという論点では、相手国における規制や、ベトナムにおける電力料金という話もあったし、価格メカニズムを如何に導入していくかという話もある。そもそも相手国の経済的な基盤がある程度高まらないと環境やエネルギーに対する関心も高まらないところもある。中長期観点から政府として取り組んでいきたい。

市場環境整備に関連して、アセアン諸国とはほぼ包括的 EPA を結んだ。単に関税を下げるだけの話ではなく、非関税障壁等の議論があれば継続して議論をする場を作るための EPA 締結であると考えており、政府間協議を継続して行っていく中で問題も多々あると思う。個別企業から話をしてもらう機会もあろうし、日本プラント協会から話をしてもらう機会もあろう。問題があれば提起してもらい、政府レベルで協議することもできる。

(大嶋委員長)

政府としても全面的にバックアップし、できる限りのことをしていきたいという前向きな話をしてもらった。委員各位から貴重な意見を出してもらったので最終報告書を書く際には是非取り入れてもらいたい。

（２）その他

特になし。

大嶋委員長より閉会の言葉があり、委員会は終了した。

以上

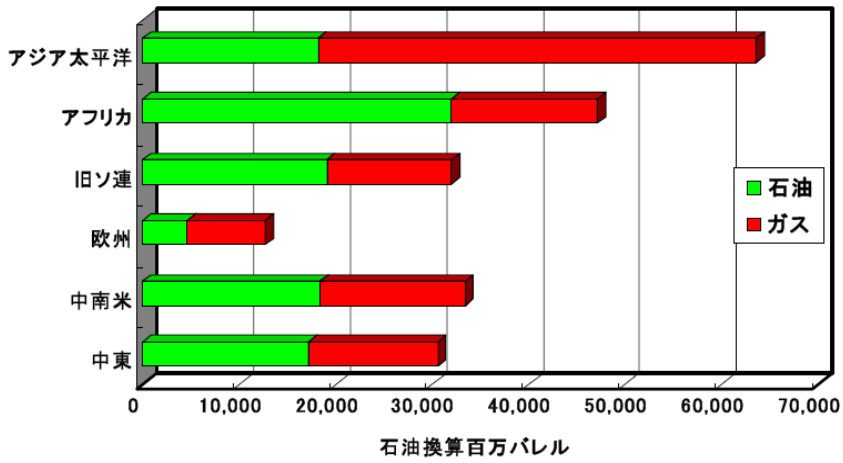
APPENDIX 4.

参考図表

図APD-1：世界の石油ガス発見埋蔵量（1996-2005年）
図APD-2：アジア太平洋の石油ガス発見埋蔵量（1996-2005年）
図APD-3：世界のエネルギー消費の伸び
図APD-4：各国のGDP単位あたり一次エネルギー供給量の比較（2005年）
図APD-5：世界のGDPあたり一次エネルギー消費の推移(1985-2005年)
図APD-6：エネルギー使用原単位指数に関する業種別動向
図 APD-7：各国の部門別のエネルギー消費効率
図 APD-8：2005 年における各国の発電効率の比較（CHP を含む）
図 APD-9：2005 年における各国の火力発電電力量の燃料種別シェア比較
（CHP を含む）
図APD-10：中・大型尿素プラントの能力増強プロジェクト
図APD-11：窒素肥料の需要増予測
図APD-12：世界の尿素需給バランス
図APD-13：紙・板紙の内需推移
図APD-14：紙・板紙の生産量推移
図APD-15：紙の輸出推移
図APD-16：紙の輸入推移
図APD-17：世界の紙・パルプ生産量（紙・板紙）（2006）
図APD-18：世界の紙・パルプ生産量（パルプ）（2006）
図APD-19：各国の古紙回収率及び利用率（2006）

表APD-1：主な開発途上国における粗鋼生産の推移
表APD-2：主要な（中国を除く）計画中の尿素プロジェクト
表APD-3：世界の紙・板紙生産量（上位10ヵ国）

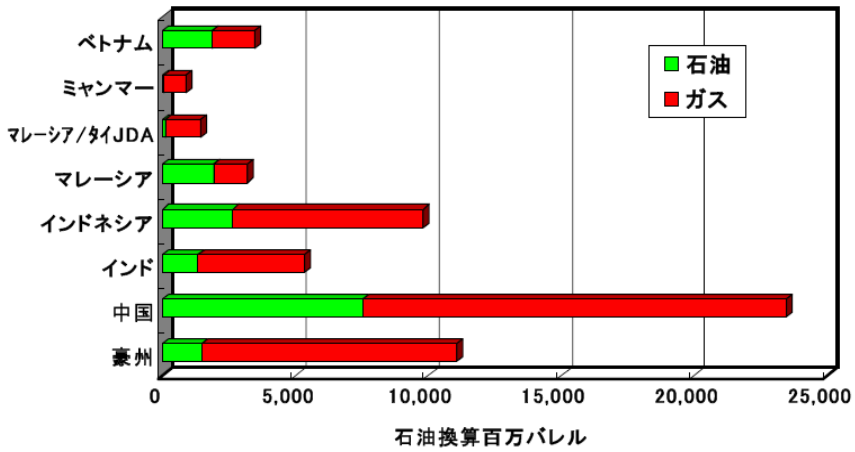
図APD-1：世界の石油ガス発見埋蔵量（1996-2005年）



（原典）：IHS統計資料

出所：ベトナム、マレーシア：新規油田が順次生産を開始、
2008年1月23日、JOGMOC

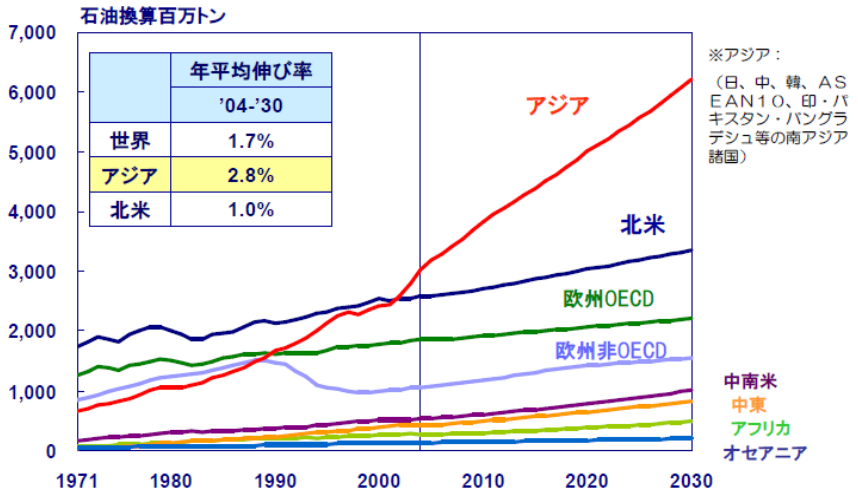
図APD-2:アジア太平洋の石油ガス発見埋蔵量（1996-2005年）



（原典）：IHS統計資料

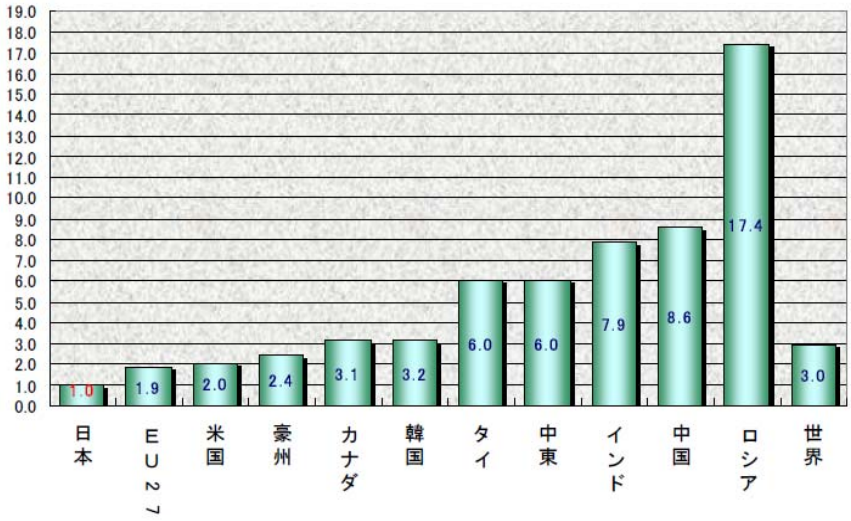
出所：ベトナム、マレーシア：新規油田が順次生産を開始、
2008年1月23日、JOGMOC

図APD-3：世界のエネルギー消費の伸び



出所：「アジア/世界エネルギーアウトルック 2006」、
(財)日本エネルギー経済研究所

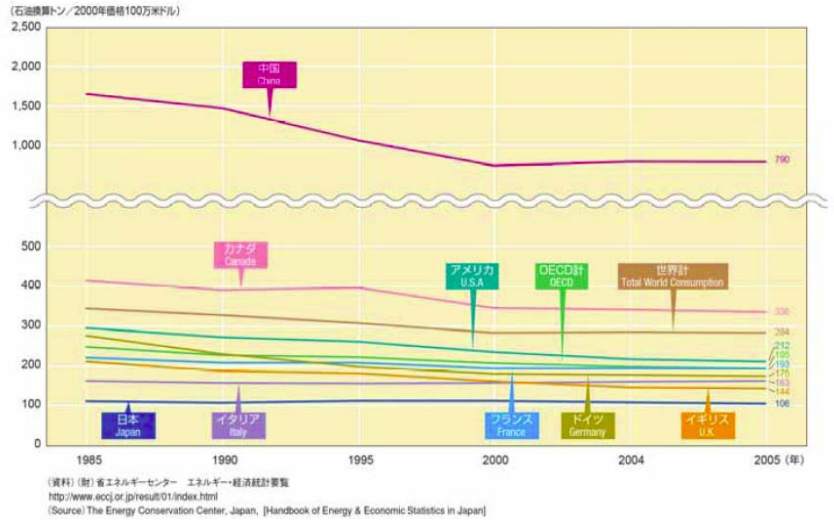
図APD-4：各国のGDP単位あたり一次エネルギー供給量の比較（2005年）



＊IEA統計より算出。一次エネルギー消費量をGDPで除した数値を元に、日本を１とした場合の指数。

出所：「世界省エネルギー等ビジネス推進協議会（仮称）」について、
2008年9月、資源エネルギー庁　省エネルギー・新エネルギー部
国際協力推進室

図APD-5:世界のGDPあたり一次エネルギー消費の推移(1985-2005年)



出所：グラフでみる日本の化学工業 2008

図APD-6：エネルギー使用原単位指数に関する業種別動向
（1990-2006年度） 1990年度=1.0

出所：グラフでみる日本の化学工業 2008

図 APD-7：各国の部門別のエネルギー消費効率

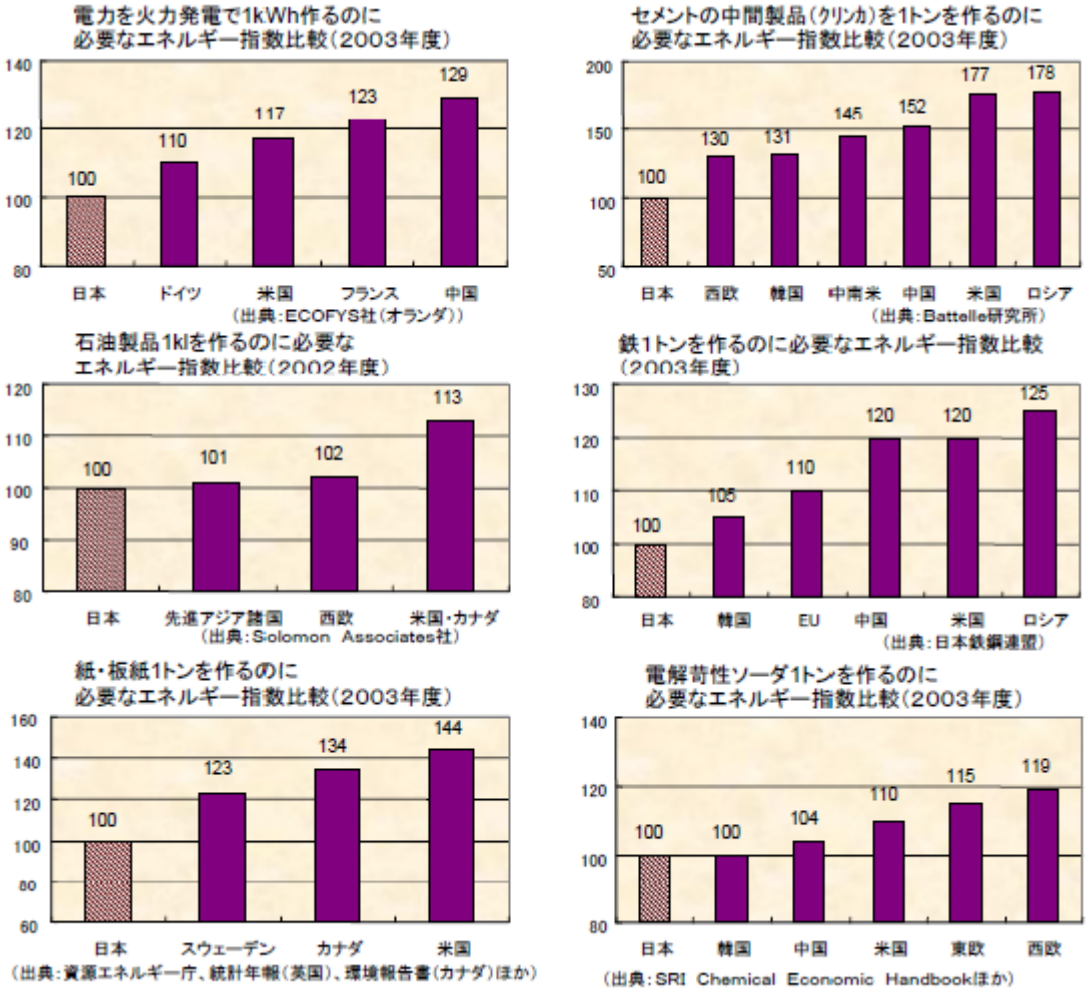
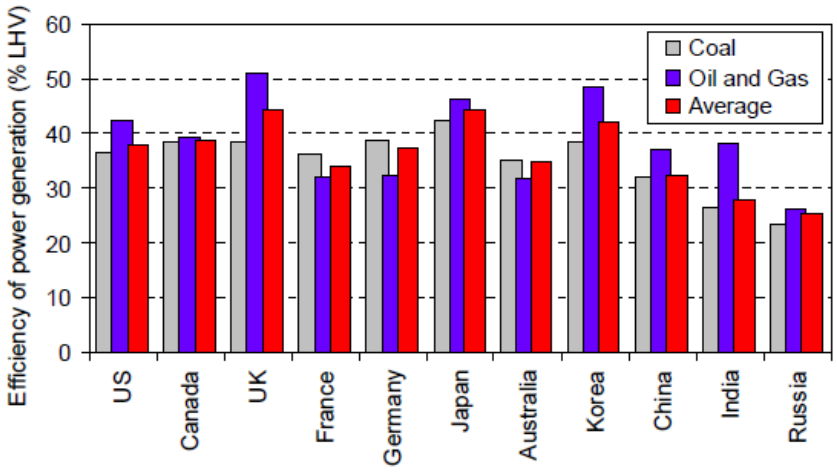
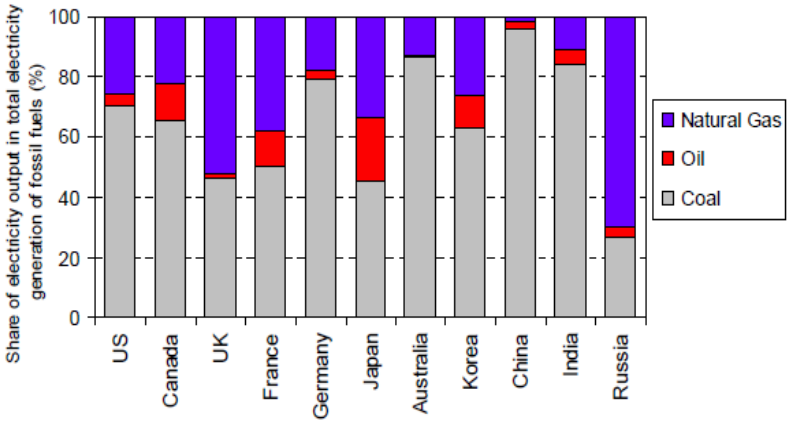


図 APD-8:2005 年における各国の発電効率の比較（CHP を含む）



出所：「エネルギー効率の国際比較（発電、鉄鋼、セメント部門）」、
平成 20 年 1 月 11 日、RITE

図 APD-9：2005 年における各国の火力発電電力量の燃料種別シェア比較
（CHP を含む）



出所：「エネルギー効率の国際比較（発電、鉄鋼、セメント部門）」、
平成 20 年 1 月 11 日、RITE

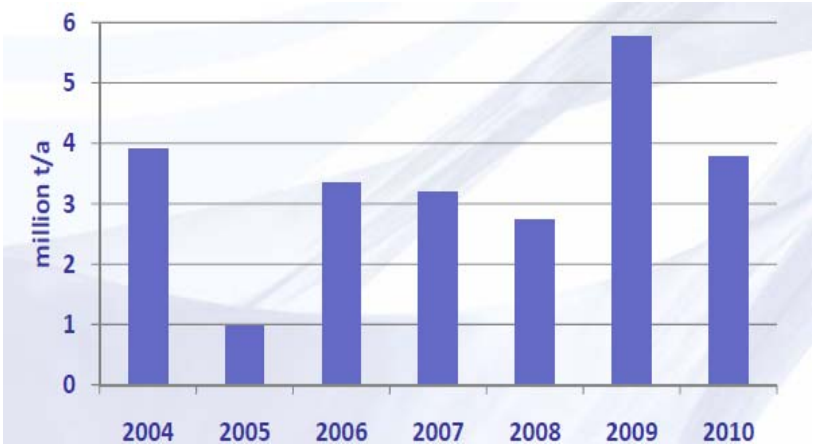
表APD-1：主な開発途上国における粗鋼生産の推移

100万トン

		1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005
グループA	中国	23.9	37.1	46.8	66.3	95.4	127.2	355.8
	ブラジル	8.4	15.3	20.5	20.6	25.1	27.9	31.6
	インド	8.0	9.5	11.9	15.0	22.0	26.9	38.1
	メキシコ	5.3	7.2	7.4	8.7	12.1	15.6	16.2
	アルゼンチン	2.2	2.7	3.0	3.6	3.6	4.5	5.4
	韓国	2.0	8.6	13.5	23.1	36.8	43.1	47.8
	トルコ	1.7	2.5	4.8	9.4	13.2	14.3	21.0
	ベネズエラ	1.1	2.0	3.1	3.2	3.6	3.8	4.9
	台湾	0.7	3.4	5.2	9.7	11.6	16.8	18.9
グループA　合計		53.2	88.3	116.2	159.8	223.3	280.2	539.7
世界シェア（%）		8.3	12.3	16.2	20.7	29.7	33.1	47.4
グループB	イラン	0.6	1.2	0.8	1.4	4.7	6.6	9.4
	エジプト	0.5	0.9	1.0	2.2	2.6	2.8	5.6
	タイ	0.3	0.5	0.4	0.7	2.1	2.1	5.2
	マレーシア	0.2	0.2	0.4	1.1	2.5	3.7	5.3
	インドネシア	0.1	0.4	1.4	2.9	4.1	2.8	3.7
	サウジアラビア	0.0	0.0	1.1	1.8	2.5	3.0	4.2
グループB　合計		2.1	3.9	5.9	10.9	19.5	22.4	33.3
世界シェア（%）		0.3	0.5	0.8	1.4	2.6	2.6	2.9
グループA、B合計		55.3	92.1	122.0	170.7	242.8	302.6	573.0
世界シェア（%）		8.6	12.9	17.0	22.2	32.3	35.7	50.3

出所：IISI, Steel Statistical Yearbook

図 APD-10：中・大型尿素プラントの能力増強プロジェクト



＊2008-10 年に 12 百万ﾄﾝ/年の新尿素ﾌﾟﾗﾝﾄ。

＊天然ｶﾞｽ原料の新規ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄが制約されている。

＊石炭ｶﾞｽ化ﾍﾞｰｽの尿素ﾌﾟﾗﾝﾄに注目されている。（2006-11 年に 6.0 百万ﾄﾝ/年、しかし技術的に難点がある。）

出所：「The Outlook for Global Nitrogen　The Key Issues」、March 2008、Fertilizer & Chemical Consultancy Ltd

表 APD-2：主要な（中国を除く）計画中の尿素プロジェクト

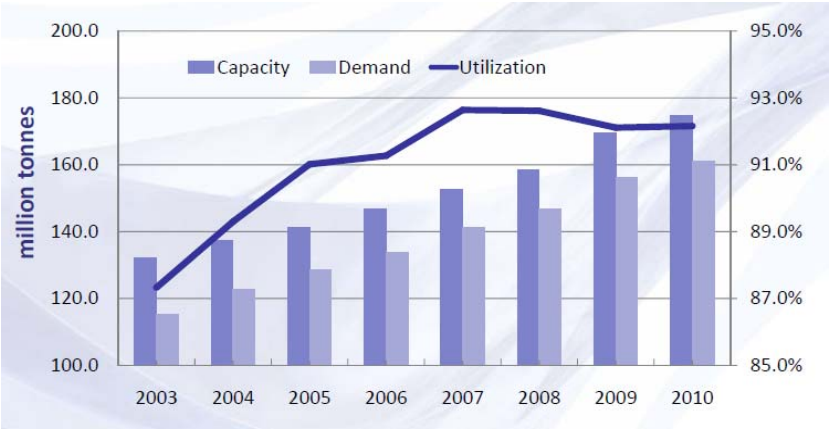
	2007	1.8
Egypt	Helwan	0.7
Iran	NPC Ghadir I, Bandar Assaluyeh	1.1
	2008	4.3
Iran	NPC Ghadir II, Bandar Assaluyeh (Q1)	1.1
Iran	Kermanshah (Q1/Q2)	0.7
Egypt	Mopco, Damietta (June)	0.6
Nigeria	Notore (re-start/revamp)	0.7
Oman	SIUCI, Sohar	1.2
	2010	1.55
Trinidad	Clico/Methanol Holdings	0.3
Pakistan	Engro Chemical	1.25
	2011	5.4
Algeria	Sorfert Algerie (Arzew)	1.1
Egypt	EAgrium, Damietta	1.3
Iran	Shiraz III	1.1
Qatar	Qafco V	1.3
Vietnam	Vinachem, Ninh Binh	0.6

出所：「The Outlook for Global Nitrogen　The Key Issues」、March 2008、Fertilizer & Chemical Consultancy Ltd

図 APD-11：窒素肥料の需要増予測

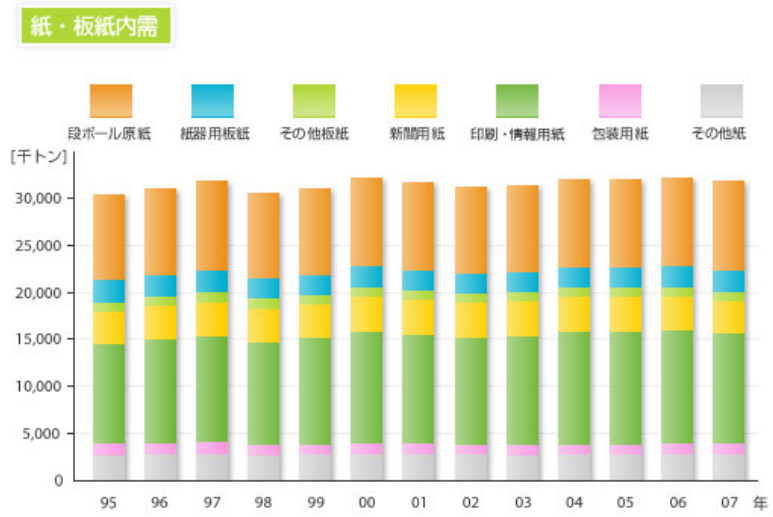
出所：「The Outlook for Global Nitrogen　The Key Issues」、March 2008、Fertilizer & Chemical Consultancy Ltd

図 APD-12：世界の尿素需給バランス



出所：「The Outlook for Global Nitrogen　The Key Issues」、March 2008、Fertilizer & Chemical Consultancy Ltd

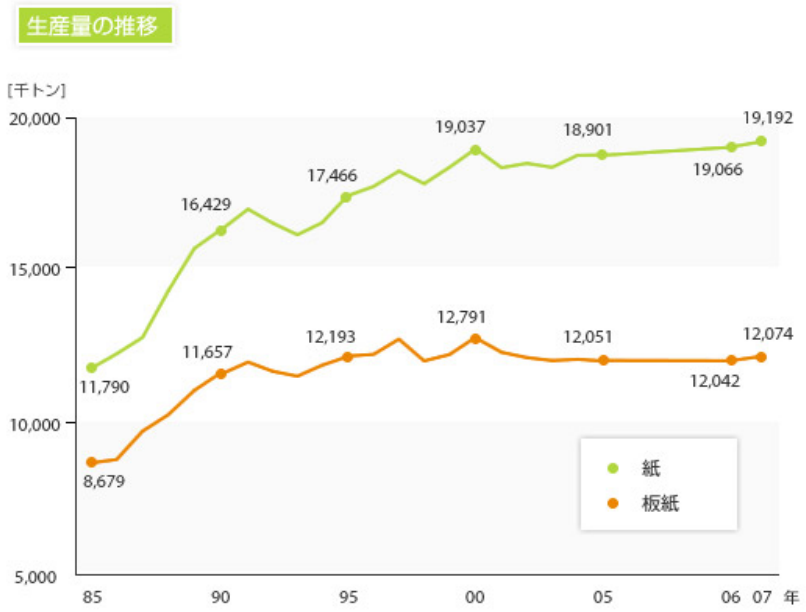
図 APD-13：紙・板紙の内需推移



単位: 千トン	95年	00年	05年	06年	07年
新聞用紙	3,381	3,699	3,759	3,764	3,716
印刷・情報用紙	10,706	11,864	12,006	12,048	11,878
包装用紙	1,110	1,041	952	966	981
その他紙	2,491	2,644	2,622	2,673	2,677
紙計	17,688	19,247	19,399	19,450	19,251
段ボール原紙	9,020	9,392	9,342	9,381	9,397
紙器用板紙	2,286	2,314	2,236	2,237	2,198
その他板紙	1,040	1,006	858	867	867
板紙計	12,345	12,713	12,435	12,485	12,461
紙・板紙計	30,033	31,960	31,774	31,935	31,712

出所：日本製紙連合会 H.P.

図 APD-14：紙・板紙の生産量推移



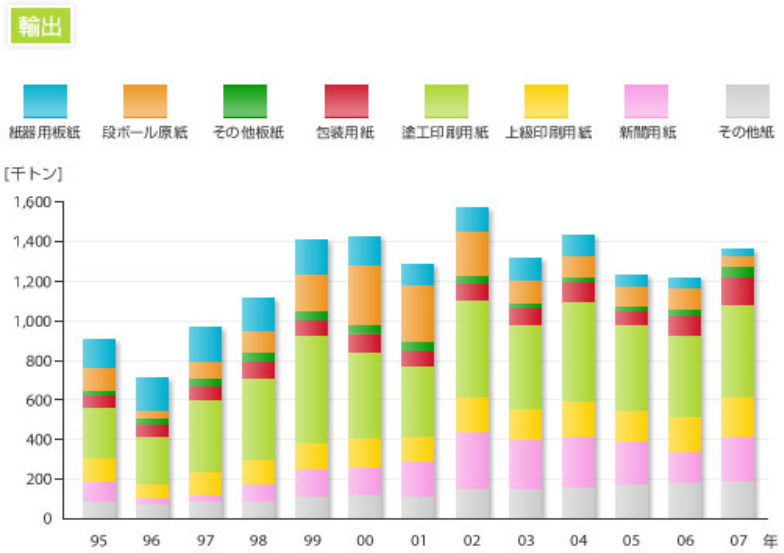
単位: 千トン	1985年	1990年	1995年	2000年	2005年	2006年	2007年
新聞用紙	2,592	3,479	3,098	3,419	3,720	3,771	3,802
印刷情報用紙	※7,031	9,251	10,565	11,756	11,503	11,572	11,666
包装用紙	1,078	1,185	1,089	1,049	975	973	994
衛生用紙	1,089	1,366	1,558	1,735	1,764	1,795	1,770
雑種紙	—	1,148	1,157	1,078	939	954	961
紙計	11,790	16,429	17,466	19,037	18,901	19,066	19,192
段ボール原紙	5,829	8,275	9,019	9,676	9,311	9,322	9,423
紙器用板紙	1,824	2,242	2,135	2,097	1,891	1,868	1,802
その他板紙	1,026	1,140	1,039	1,019	850	852	849
板紙計	8,679	11,657	12,193	12,791	12,051	12,042	12,074
紙・板紙計	20,469	28,086	29,659	31,828	30,952	31,108	31,266

※雑種紙含む

資料: 経済産業省「紙・パルプ統計」

出所：日本製紙連合会 H.P.

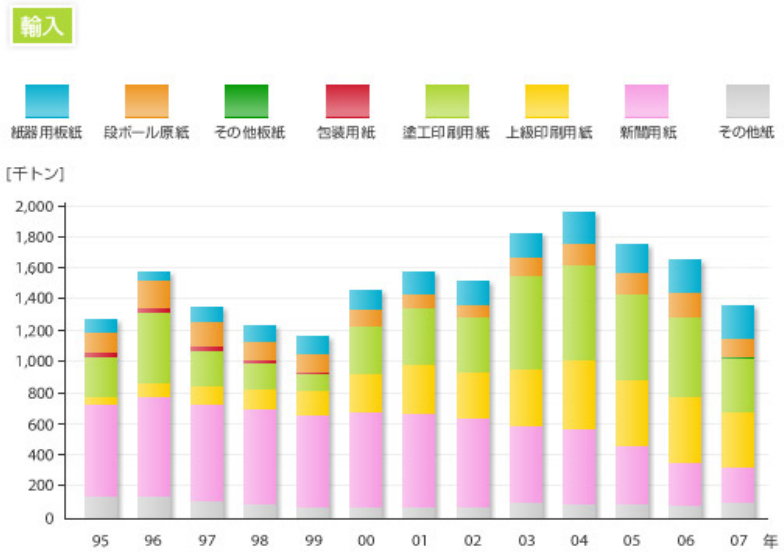
図 APD-15：紙の輸出推移



単位: 千トン	95年	00年	05年	06年	07年
新聞用紙	100	139	215	154	219
上級印刷用紙	113	150	155	180	201
塗工印刷用紙	254	441	429	414	471
包装用紙	62	88	74	100	130
その他紙	99	126	182	189	195
紙計	627	944	1,056	1,037	1,216
段ボール原紙	117	295	99	107	96
紙器用板紙	145	151	66	53	49
その他板紙	23	42	19	22	24
板紙計	285	488	185	182	169
紙・板紙計	912	1,432	1,240	1,218	1,385

出所：日本製紙連合会 H.P.

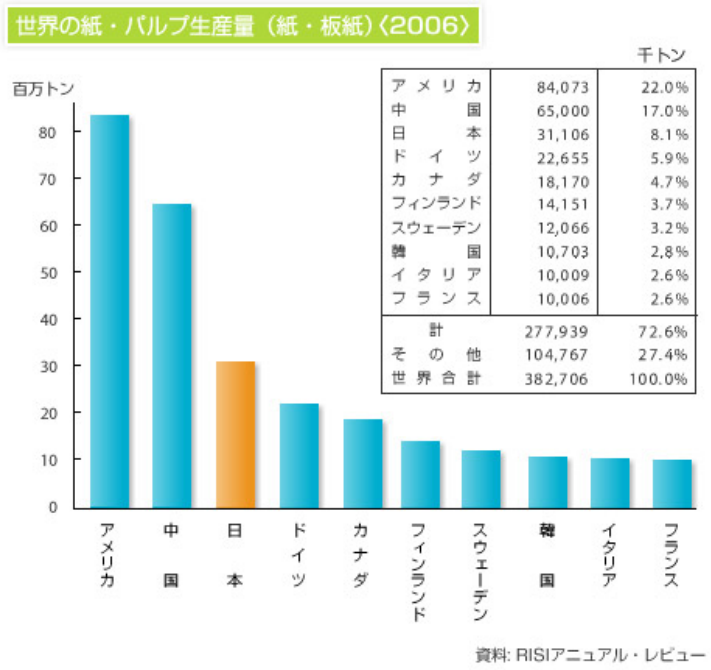
図 APD-16：紙の輸入推移



単位: 千トン	95年	00年	05年	06年	07年
新聞用紙	580	613	376	272	233
上級印刷用紙	52	247	418	423	358
塗工印刷用紙	257	301	554	503	323
包装用紙	34	12	5	4	5
その他紙	147	74	86	81	89
紙計	1,069	1,247	1,438	1,284	1,008
段ボール原紙	123	97	126	147	124
紙器用板紙	80	125	188	212	229
その他板紙	2	1	1	8	14
板紙計	205	223	315	367	367
紙・板紙計	1,275	1,363	1,754	1,651	1,375

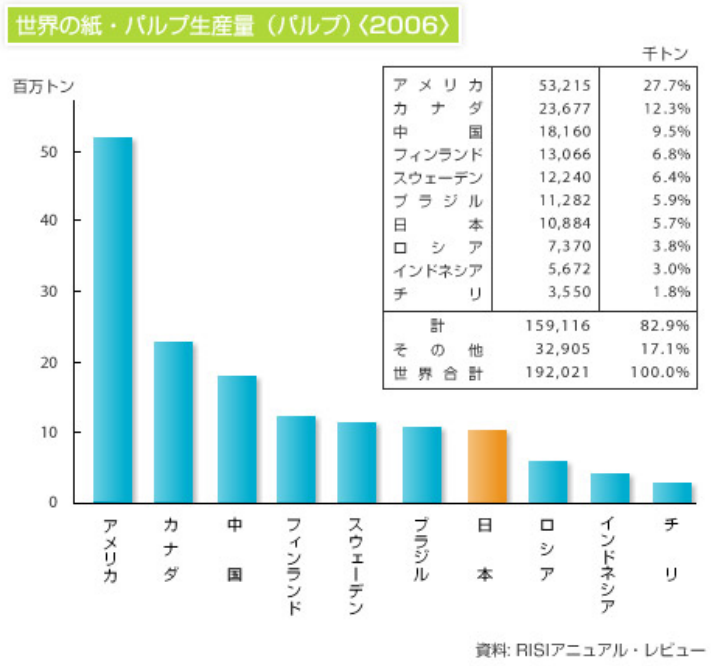
出所：日本製紙連合会 H.P.

図 APD-17：世界の紙・パルプ生産量（紙・板紙）（2006）



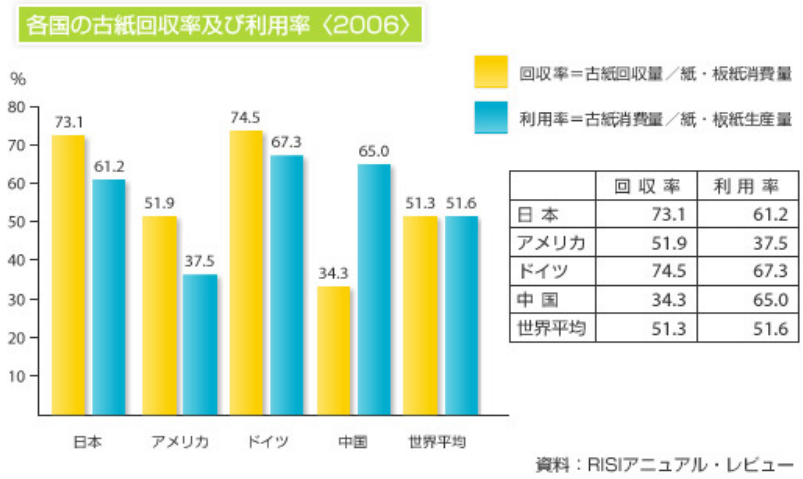
出所：日本製紙連合会 H.P.

図 APD-18：世界の紙・パルプ生産量（パルプ）（2006）



出所：日本製紙連合会 H.P.

図 APD-19：各国の古紙回収率及び利用率（2006）



	回収率	利用率
日本	73.1	61.2
アメリカ	51.9	37.5
ドイツ	74.5	67.3
中国	34.3	65.0
世界平均	51.3	51.6

出所：日本製紙連合会 H.P.