

平成 21 年度

環境・省エネ技術の海外への技術移転の現状、並びに
既実施設備の更なる効率的な活用、及び
より効果的な新規技術移転に関する調査研究

報 告 書

平成 22 年 3 月

財団法人 国際経済交流財団
委託先：社団法人 産業と環境の会



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

A) 主題

環境・省エネ技術の海外への技術移転の現状、並びに既実施設備の更なる効率的な活用、及びより効果的な新規技術移転に関する調査研究

B) 前提

以下の通り調査研究の対象を定義し、技術移転の類型認識をした。

- 1) 環境・省エネ技術の海外への技術移転については次の2つの領域、即ち『モノ作りのエコアイディア』技術の移転と、『エコアイディア商品』作りの技術移転があるが、本調査研究では前者に対象を限定して論じた。
- 2) 技術分野の類型としては、次の3つタイプに分けて分析を加えた。
 - ▽ 電力や鉄鋼といった大規模、大容量の本体設備に関連する技術移転
 - ▽ 家電のように比較的小規模の機器・装置を大量かつ均質に生産するための技術移転
 - ▽ 多種多様な生産プロセスの一部を構成し、本体設備から排出される固体や液体、気体の処理を、現地の事情に合わせて一品料理的に処理する単体の産業プラントに関する技術移転

C) 結論

既実施設備と新規設備の違い、それぞれの産業の業態の違い、支配的な技術の特性の違い、あるいは稼働中の設備と新規設備の建設との違い等々、種々の違いはあっても、技術移転の要諦は次の一点に尽きる。下欄に参考として実例の一部を紹介する。

技術移転の成否は、移転に着手する前の現地診断業務の質によって左右される。現地の社会インフラ状況（交通、通信、電力等）や治安、既存設備の実態、関連設備との能力バランス、操業・メンテの実力、設備の運転に必要な用役の質と量、メンテ用消耗部品や緊急手配では間に合わない重要部品・機器の手持ち状況等にいたるまで、漏れがなく的確な情報の把握ができるか否か、この段階のできがそれ以降のすべての業務を支配する。

これはあたかも医師が患者の治療にかかる前に、検査やチェックを念入りに行う態度に酷似する。彼等は体温、血圧を計り、触診し、血液検査、尿検査、X線検査等のチ

エックを通じて可能な限りの情報を収集する。しかる後に治療方針を作成し実行にとりかかる。

技術移転に先行する現地診断の十全さが、実行段階のトラブルを極少化するという意味においても、質量ともに手間を惜しんではならない肝心要のステップである。

《参考例》

- ① 第2章2. 2. 4. 1項 鉄鋼業の焼結工場の排ガス処理の改善例
- ② 第2章2. 3. 2項 鉄鋼業における熱延設備の劇的な生産量の改善例(250万トン／年 → 400万トン／年 + α)
- ③ 第2章2. 4. 4項 火力発電所の現地診断チェックリスト、熱効率改善シートの例
- ④ 第2章2. 5. 2. 1項 家電分野における本社CO₂削減支援チームと、国内のマザー工場が連携して現地工場の省エネ診断を実施、大きな効果を上げた例

D) 分析・評価の手順

1) 技術移転の分析・評価としては、①技術移転そのものの成否、②技術移転に伴うビジネスとしての成否、③導入相手国側の技術的普及の成否等、敢えて大まかな割り切りを加えることで、パターン化して提示した。

先ず技術移転の原点である、技術が相手側にきちんと伝わり、現地でしっかりと定着するという観点と技術の特性から、技術移転に馴染むタイプと馴染まないタイプの2つの種類に分類し、さらに移転に馴染む技術でもビジネスとしては取り組みに難易度の違いがあることを示した。一方、難易度が高い故に、ビジネスとしては手堅く展開できている実例も紹介した。

2) 具体的な各産業分野の説明は、以下の要領で進めた。

先ず、各分野の概略を紹介し、その後に事業や技術の特性を踏まえて、国内での技術の確立・普及、さらには海外進出・移転の断面を評価する、という順序で論述した。特に、技術移転の歴史については、いくつかの実例を通じて時間軸や特有の技術のあり方、事業の海外戦略などの側面から解析し、第3章の『業種横断的な課題』で共通要素を抽出した。

E) 課題の抽出と提言

1) 第3章の課題の抽出では次の5つに論点を絞り込んだ。

技術移転の難易度、ビジネスとしての難しさ等々、様々なパターンの技術移転があるが、そのいずれにも共通するのは、移転に着手する前の現地診断のレベルが、結果の成否を左右することを認識した。

- ① 的確な現地診断
- ② 上記を支えてきた団塊世代を引き継ぐ、後継技術力をどう担保するのか
- ③ 地球規模で存在感を増す中国と、どう対応するのか
- ④ 日本の国際貢献への見返りを、意味ある形にするためにはどう振る舞うのか
- ⑤ 技術移転に伴う技術漏洩問題

2) 第4章の提言と留意点については、第3章の課題に対応して次の4点に絞った。

- ① 先ず第一に、日本の経済構造と産業構造が21世紀を迎えて、待ったなしで大転換を迫られる中、その大前提となる人材の育成に言及、
- ② 中国という存在とどう向き合うかについて留意点を述べ、
- ③ 日本の国際貢献への見返りについて試案を提示し、
- ④ 海外への技術移転に常につきまとう、技術の漏洩問題に触れた。

▼ なお、第3章と第4章の意見集約にあたっては、各委員から活発なご意見とご示唆を戴いたが、種々の制約から調整に時間を要するので、今回は“生煮えながらも食膳に供したい”との「産業と環境の会」の意をお汲み取り戴き、当会単独の責任において、『第3章 業種横断的な課題』、『第4章 提言及び留意点』を提示させて戴いた。

3) 第4章のうち、4. 1項『技術立国に向けての提言』を最重点テーマとして強調。

先ず、米国における自動車産業の衰退に見るごとく、日本においても次の3点を提案した。

- 中長期のあるべき産業ビジョンの検討、
- 産業の技術基盤を担う若者の育成、
- 団塊世代技術者の有効活用

- ① 将来の産業ビジョンに密接に対応するよう、従来の文部科学省主導の教育制度検討から一步踏み出して、経済産業省、厚生労働省、外務省（移民の受け入れ）等の観点から官界及び産業界・先端分野の有識者、海外の教育事情に明るい専門家等を取り込んだ総合的な検討の枠組みを構築する。
- ② 足下の各論的提言としては、元気なOBの有効活用の一環として、海外諸活動への参画、中高生への自然科学教育の一翼を担ってもらう、各種職業訓練、企業内研修による世代間技術移転等への積極的活用等。

以上

目 次

◇ 当該事業結果の要約 i ~ iii

第 1 章 はじめに	1
1. 1 今回の調査研究対象とする『環境・省エネ技術』の確認	1
1. 2 海外への技術移転の背景	1
1. 3 環境・省エネ技術の海外への技術移転	2
第 2 章 海外への技術移転の現況	5
2. 1 各産業分野の説明の流れ	5
2. 2 産業プラント分野	7
2. 2. 1 中国向けコークス乾式消火設備(CDQ) 《ビジネスとして成功した例》	11
2. 2. 2 中国向け発電所用排煙脱硫設備 《ビジネス展開が難しかった例》	15
2. 2. 3 液中燃焼装置 《ビジネスとして地道に成果を収めた例》	22
2. 2. 4 ブラジル鉄鋼業向け電気集塵装置 《技術移転は遅々としながらも、個人では成功した例》	27
2. 3 鉄鋼分野 《技術移転の経験が豊富な例》	33
2. 4 電力分野 《先進的取り組みをしている例》	45
2. 5 家電分野 《組立系分野の例》	54
2. 6 食品分野 《化学系分野の例》	61
2. 7 各種団体の活動例	65
2. 7. 1 (財)国際環境技術移転研究センター	65
2. 7. 2 広島大学产学連携センター	70

第 3 章 業種横断的な課題	77
3. 1 的確な現地診断業務	77
3. 2 団塊世代以降の技術力の確保	78
3. 3 中国への対応	79
3. 4 日本への見返り	82
3. 5 技術の漏洩問題	83
第 4 章 提言及び留意点	89
4. 1 技術立国に向けての提言	89
4. 2 中国で環境・省エネビジネスを展開する上での基本認識と留意点	91
4. 3 日本への見返りに関する提言	93
4. 4 技術漏洩問題に関する留意点	94
第 5 章 おわりに	96
第 6 章 委員名簿、参考文献・参考資料他	98

第 1 章 はじめに

1. 1 今回の調査研究の対象とする『環境・省エネ技術』の範囲の確認

環境・省エネ技術を海外に移転するという場合、一般的には以下の2つの意味合いがある。

- 1) 海外の生産者やプラントメーカーを対象として、生産設備をより環境・省エネに配慮した体質にするために、設備技術や操業・メンテの技術を移転する。加えて環境・省エネ対策を更に推し進めるための装置やシステムなどを設置する目的で、エンジニアリングや設計、製作、工事、試運転等の技術を海外へ移転する。
- 2) 海外の一般消費者向けの環境配慮・省エネタイプの家電製品やハイブリッドの自動車等の環境・省エネ商品の製造・メンテの技術を海外に移転する。

これまで比較的高機能、高品質を売り物に海外展開を図ってきた日本の家電、自動車等の耐久消費財メーカーも、新興国の中間所得層を『ボリュームゾーン』と位置づけ、この階層への売り込みを成長戦略の柱として、軸足を移す必要に迫られている。

インドネシアでは、このほどもっとも需要の大きな1万6千円前後の価格帯に、独自開発の冷蔵庫が投入された。一方、価格優先で機能面での優位性が縮小すれば、韓国や中国メーカーとの低価格競争に巻き込まれてしまう。市場の成長性や成熟度に応じて、いずれ環境・省エネ型商品の投入の必要性が顕在化する段階になれば、上記 2)も技術移転の主要テーマになってくるが、今回の調査研究では、現在の主流である 1)に絞ったものとする。

1. 2 海外への技術移転の背景

そもそも事業を拡大するには対象地域を拡大する《他地域化、国際化》か、あるいは他業種を併合する《多角化》しかない。戦後のアメリカや日本はこの両方の可能性を追求して来た。先輩格のアメリカの経験と80年代以降の日本の経験から、後者は成功しがたいとの事実が明確になっている。

日本は60年代から、繊維、造船、鉄鋼、自動車、食品、電機、電子などの産業分野は、アジア諸国を中心に海外への技術移転を推進し、企業活動の海外展開を図ってきた。この過程での技術移転の主体は、既存の定番商品のための技術に限られていた。

しかしながら国際競争は激化の方向をたどり、発展途上国からの市場ニーズも、より高品質、より高機能のものが求められる時代となった。グローバリゼーションの大波とともに、日本自身も経済構造

の変化により、アジアに増えつつある中間層の購買力を取り込まない限り、日本に生き残る道はない。非製造業はともかく製造業にとって、日本国内にもはや十分な投資機会はない。重ねて言う、日本人による日本人のための国内のビジネスという枠の中には未来はない。

以上の文脈において、海外展開は待ったなしである。しかし国際市場で先ずは生き残り、海外拠点としての存在意義を保ち続けるためには、先進技術の恒常的な出し惜しみは許されない。

一方技術の漏洩問題とどう向き合うのか、従来の法務対応だけでは凌ぐことはできない。業種や事業の根幹をなす技術の特性、あるいは移転先の国状や市場の成熟度等を考慮して、様々な選択肢が考えられる。●技術移転先の資本による支配を徹底し、守秘管理の環境を整えつつ海外進出を実施する手堅いケース。●機密性の高い分野は国内に残し、量産分野は海外へシフトする技術内容に応じた棲み分けという選択もある。●水が高いところから低いところへ流れるように、技術の漏洩は時間の問題と割り切って、覚悟を固めて進出するケースもある。●海外商談には自分自身が直接関与するが、海外へのライセンスの供与は考えないという道もあれば、●ライセンス供与へ割り切る戦略もあり得る。それぞれの事業の特性と、各社の置かれた国際市場でのポジションをにらみながら、臨機応変に対応する時代に突入した。

1. 3 環境・省エネ技術の海外への技術移転

上記1. 2の海外への技術移転の大きな潮流の中で、環境・省エネ関連の技術の海外移転には、いくつかの特徴を見てとることができる。自らの海外拠点のレベルアップという要素もあれば、日本の国際貢献や、日本に求められている地球温暖化対策への対抗策という意味合いもある。技術移転の実施形態を、次の2つのタイプに分類して考えてみる。

1. 3. 1 技術移転の実施形態

- ▽ 海外子会社の競争力強化やコストダウン、現地規制のクリア等を目的として、排水処理の循環再利用方式への置き換え、半導体の洗浄工程の非フロン化、燃料・電力の節減等に対応する環境・省エネ技術が、上記1. 2項で述べた海外拠点に対して、一連の生産技術の一環として移転されている。
- ▽ 國際的な温暖化対策の実効ある推進が要請されるなか、先進技術の保有者であるわが国は、様々な取り組みを行っている。
 - ・ 純粋な国際貢献として、無償の技術供与をするケース。
 - ・ 基本的には、ビジネスベースで技術供与を行い、それに見合った対価をもらうケース。
 - ・ セクター別アプローチの一環として、海外の同業者と連携しながら、業界内で技術移転を円滑に行っているケース。

地球温暖化対策の国際的な宣言もさることながら、世界共通の目標が地球環境の改善・回復であるならば、世界中を見渡して限界投資効率のもっとも高い国や地域に投資し、技術を移転することが理に適っている。国際的公平性の担保の議論はさておき、今般の地球環境の危機を経済成長のバネにする積極姿勢と、限界投資効率という視点で、まだまだ削減代が大きな地域を引っ張り上げる複眼思考が、地球環境分野には求められている。「限界削減費用による各国の目標値比較」(図1. 3. 1. a)と「世界のエネルギー起源CO₂排出量の見通し」(図1. 3. 1. b)を参照下さい。

1. 3. 2 環境・省エネ技術の本質

環境・省エネ技術と言えば、脱硫装置や排水処理設備、排熱回収装置などが頭に浮かぶ。そこで、環境にやさしく、省エネに配慮した工場とはどんな工場なのだろうか、もう一度原点に戻って考えてみたい。

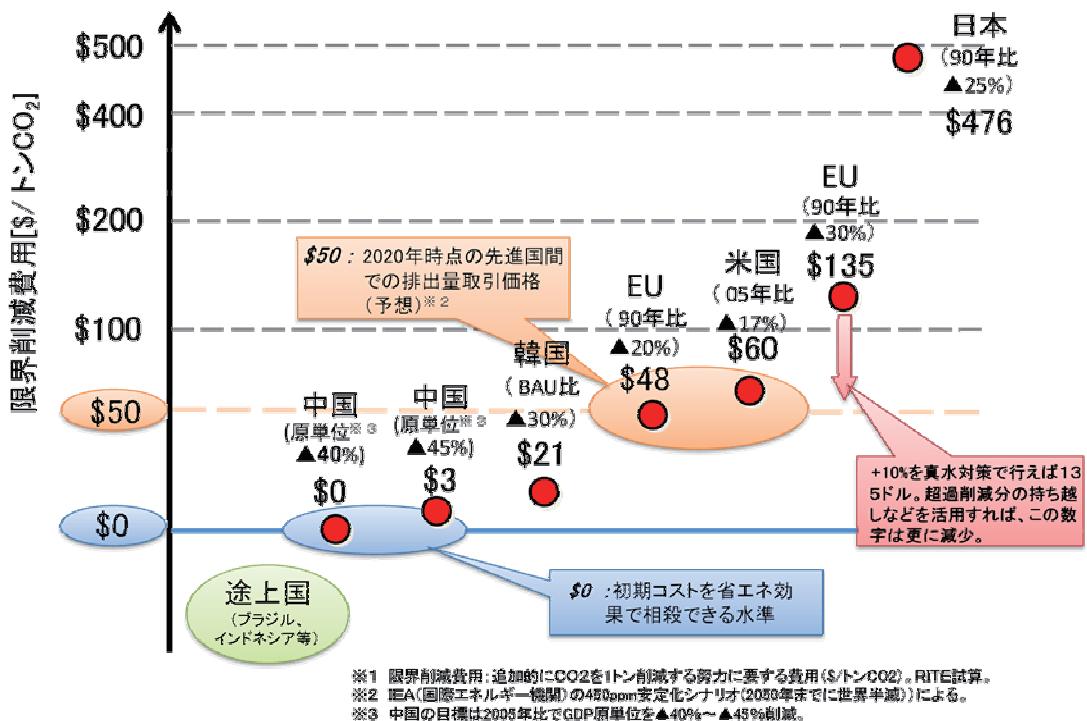
原材料を無駄使いしない。製造過程で使用される水、電気、燃料等の用役を効率良く使う。その結果、不良品や廃棄物、排水、排ガス、放散エネルギーが極少化された工場と言えるだろう。したがって、環境装置やそのためのシステムが設置される以前に、無駄のない製造工程、贅肉のない生産体制を確立することが、環境・省エネを達成する第一歩と認識する。

原材料やエネルギーを沢山消費する鉄鋼業を例にとって考えてみる。それぞれの製鉄所の品種構成や設備構成、原料条件等の差異を捨象すれば、一般的な目安として、鉄鉱石1. 4～1. 5トンと石炭0. 8トンから1トンの製品が作られると仮定すると、2. 2～2. 3トンの原料から、1トンの鉄鋼製品が作られていることになる。また水の使用量は製品1トンあたり150トン前後が使用されている現状では、製品の歩留まり向上という当たり前の努力が、不良品のために使われていたであろう2倍以上の原材料や150倍の水の節約に直結する。これに伴い廃棄物、排水、排ガス、排熱などが劇的に削減されることになる。

製造業にとって基本中の基本である製品歩留まりの向上こそが、もっとも有効な環境・省エネ対策を確立する大前提である。鉄鋼業以外にも、非鉄の分野やセメント、電力、化学等、原材料・エネルギー多消費型の産業分野では、環境・省エネ効果が顕著に現れる。

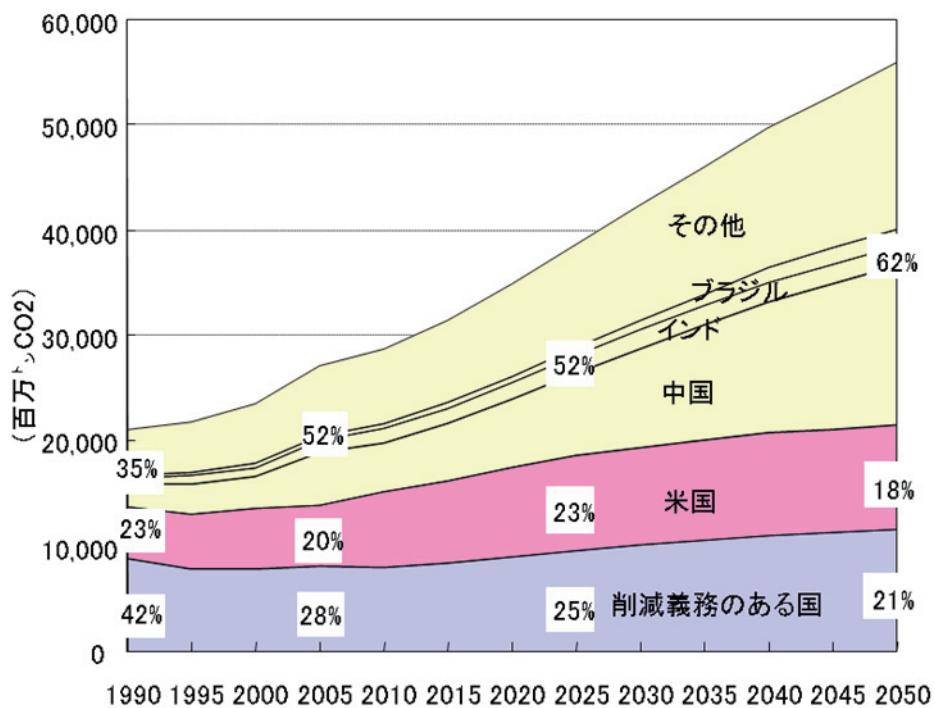
食品や組立産業でも、贅肉のない筋肉質の生産体制が、環境・省エネ対策のため基礎要件であり、コスト競争力のある工場であることに変わりはない。

図 1.3.1.a 限界削減費用による各国の目標値比較



*RITE分析をもとに経済産業省作成

図 1.3.1.b 世界のエネルギー起源CO₂排出量の見通し



出典：財團法人地球環境産業技術研究機構(RITE)

*経済産業省資料より

第 2 章 海外への技術移転の現況

2. 1 各産業分野の説明の流れ

手順としては、先ず事業分野の具体例の概略を紹介し(場合によっては、環境規制値をクリアするため、あるいは技術の優位性確保のための開発に言及し)、その後に事業や技術の特性を踏まえて、国内での技術の確立・普及、さらには海外進出・移転の断面を評価する、という順序で論述する。特に、技術移転の歴史については、係わる製品により、また企業により千差万別であるが、いくつかの実例を取り上げ、歴史的な時間軸や産業特有の技術特性、事業の海外戦略などの側面から解説し、第3章の『業種横断的な課題』抽出に繋がる分析を試みた。

▽ 先ず産業プラント分野では、各技術の移転適性(技術移転という行為に馴染みやすいか否かの性質)に着目し、次のようにパターン分類を試みた。

① 海外への技術移転に適性がある技術

- ・ ビジネスとして成功を収めた例 → 中国向けコークス乾式消火設備(CDQ)
～Coke Dry Quenching System～

- ・ ビジネスとして苦戦した例 → 中国向け発電所用排煙脱硫設備

② 海外への技術移転に必ずしも馴染まない技術

- ・ ビジネスとして地道に成果を収めた例 → 液中燃焼装置
- ・ 個人レベルで成果を上げた例 → ブラジル鉄鋼業向け電気集塵装置

▽ 電力、鉄鋼業分野については、過去の海外技術移転の実績・経験と、国内での技術の確立の経緯に触れ、現在『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)【注】の枠組みの中でタスクフォースに参画し、実践している活動内容を紹介する。技術移転の方法論としては、かなり成熟レベルにあると言える。

【注】APP: 2005年7月、米国主導で立ち上げられ、日、韓、豪、中、印の6カ国で構成され、鉄鋼、電力、アルミ、セメントなど8つのタスクフォースで活動を開始、協力内容を定めた作業計画にそって実績をあげつつある。

▽ 組立産業としては、本論では家電業界を取り上げ、海外において環境・省エネ技術の普及・定着を目指して肌理の細い活動を継続、実績を上げている現況を紹介する。

- ▽ その他、食品、医薬品、化学品産業分野としては、食品産業分野のアミノ酸製造技術に焦点をあてて、技術の特性と海外進出の歴史・体験に触れ、何故に知的財産管理にこれほど注力しているのかを説明する。
- ▽ 本章の末尾では、財団法人 国際環境技術移転研究センター(ICETT)と広島大学产学連携センターが、それぞれ独自の観点・立場から海外への技術移転問題に取り組んでいる。民間産業分野との取り組み方針の違い等を紹介する。

2. 2 産業プラント分野

本分野は、ほとんど全ての製造業にまつわる製造ラインの供給を担っている。すなわち電力分野、鉄鋼分野、非鉄分野から輸送機械、エネルギー、化学、産業機械、食品、繊維、製紙、電機分野等々。これらの製造ラインは、概ね3つの要素設備から構成される。すなわち本体の製造設備と、本体設備を動かすためのユーティリティー供給設備、環境対応設備。本論では、そのうちの環境対応設備に焦点をあて、具体的な4つの商品に関する海外への技術移転のケースについて分析する。

環境対応設備の例として、製鉄所における省エネルギー技術の例(図2. 2. a)と、月島環境エンジニアリング(株)の商品ラインアップ(図2. 2. b)を紹介する。なお取り上げた4商品のうち、コークス乾式消火設備(CDQ)は必ずしも純然たる環境設備とは言えない複合的な機能をもっているが、環境改善効果が大きな排熱回収設備と位置づけ、本論で取り上げることにした。

産業プラント分野を支える様々な環境・省エネ技術を大別すれば、2種類のタイプに分けることができる。すなわち、

- 技術移転に馴染みやすい技術
- 技術移転しにくい技術、又は徐々に移転しながら、営業上の取り分をなんとか確保し得る技術

前者の技術移転に馴染む具体例として、①中国向け乾式コークス消火設備(CDQ)と、②中国向け発電所用排煙脱硫設備をモデルとして取り上げ、海外技術移転の実態を調査・分析する。前者のCDQは、中国において技術移転が円滑に行なわれ、ビジネス展開と技術の普及が順調に進んだ成功例の一つとして紹介する。

また、後者の電力用排煙脱硫設備に関する技術は、中国への移転において、2000年以降約10年間という極めて短期間に、技術移転の通常の発展過程を飛び越して、一気に成熟したライセンス段階に移行した。その背景には、毎年20%を越す電力需要の急拡大に対応するため、中国政府の国産化・国内普及という強力な指導があった。

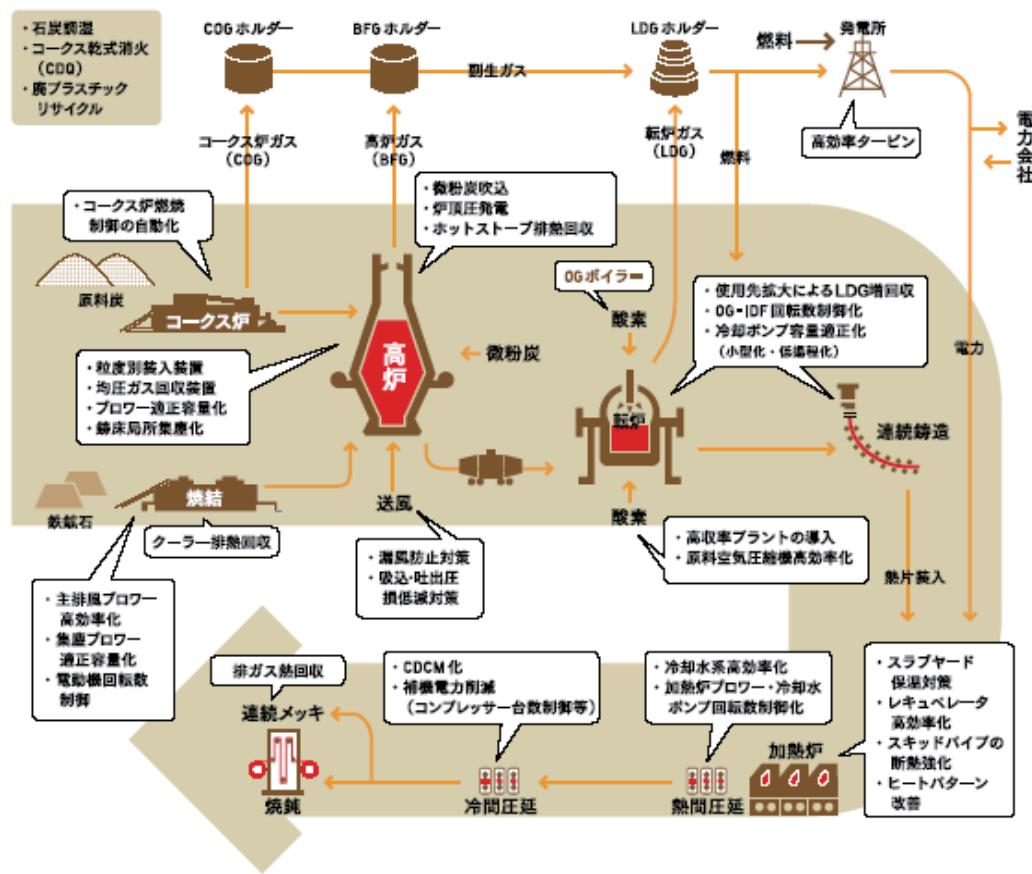
表面的には、日本や欧米のメーカーから技術移転が円滑に進み、技術の普及が一気に開花したように見えるが、内実は日本のみならず欧米メーカーにとって、少なくとも過半の技術移転のケースでは、ビジネス面で不本意な結果に終わったと見ている。その経過を調査・分析し、今後の海外技術移転を考える上での参考に供したい。

上記の大規模設備に比べて中小規模プラント分野の代表例としては、

- 技術の中核部分にソフトとハードの特殊要素をもっているため、技術移転がしにくく、中長期に亘ってハード供給部分を確保している液中燃焼装置と、
- 経験工学的要素が強く、技術移転に難があると言われる製鉄用電機集塵装置のエンジニアリング技術を一例として紹介し、実プロジェクトの経験に言及する。

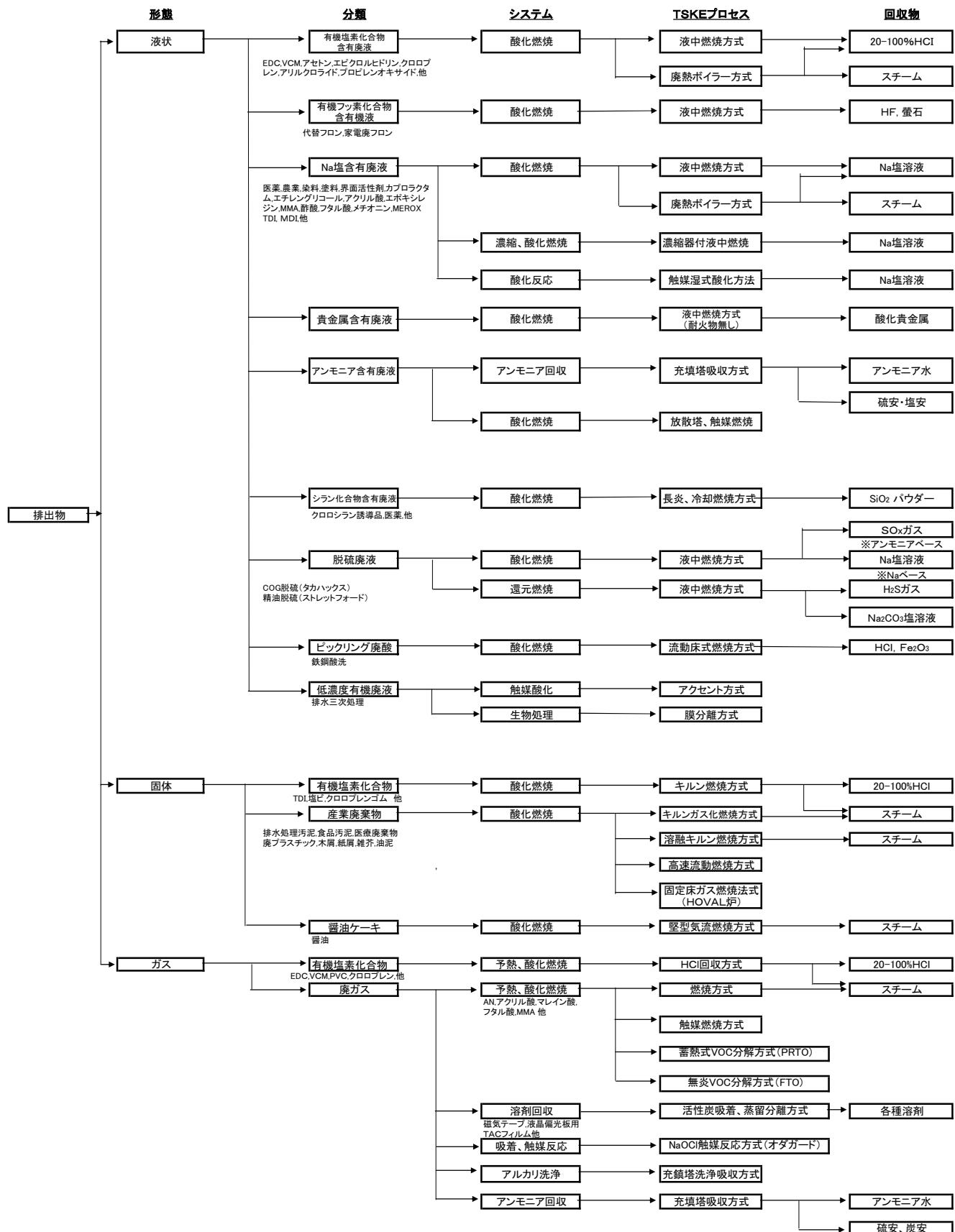
技術移転の実例にそって、歴史的な背景や、時の政府の政策、技術的な特性等を明らかにしながら、移転ビジネスの評価や、技術移転の難易性の側面について分析を進める。

図 2.2.a 製鉄所における省エネルギー技術の例



※新日本製鐵「2007年度環境・社会報告書」>環境データ集より

図 2.2.b 月島環境エンジニアリング（株） 廃棄物処理システム一覧



2. 2. 1 中国向けコークス乾式消火設備(CDQ) 《ビジネスとして成功を収めた例》

2. 2. 1. 1 日本国での普及

1970年新日鐵誕生当時、日本の高炉では銑鉄の生産量増大とコークス比の低下を目的として、加熱送風をする羽口から重油や天然ガスを補助材料として吹き込んでいた。言い換えれば、重油を吹き込むことでコークス比を下げる事が高炉操業技術の中核技術の一つであった。鉄鋼各社が毎月のようにマスコミを通じて、『〇〇製鉄所の〇号高炉 コークス比低減の記録更新』を発表する、そんな時代だった。73年第四次中東戦争が勃発し、原油の値段は3ヶ月でバーレル当たりUS \$ 3からUS \$ 11. 65に跳ね上がった。さらに79年の第二次オイルショックでも、直後の3ヶ月でUS \$ 18からUS \$ 39に急上昇し、石油依存型の産業構造は翻弄された。

第一次オイルショックを契機として、日本鉄鋼業の内部でも省エネルギーの機運が高まり、73年に日本鉄鋼連盟が調整役となり、旧ソ連から本技術が導入された。76年に八幡製鉄所で稼働を開始した冷却能力56T/Hが国内第一号と言われる。CDQは省エネルギーへの貢献度が大きいばかりでなく、コークス品質の向上によるコークス炉、高炉におけるコストダウン効果と、環境改善効果が高く、今や国内では13製鉄所で36基が稼働し、普及率は約90%に達する。技術的には大型化に向けた開発や操業ノウハウの蓄積が、普及に一層の拍車をかけた。

2. 2. 1. 2 技術の概要と特性

コークス炉は、石炭を高熱で蒸し焼き(乾留)にする設備であり、約1000°Cの赤熱コークスが炉から排出される際、次の2通りの方式が採用されている。すなわち①大量の水を赤熱コークスに散水する湿式消火方式と、②不活性ガスで赤熱コークスを冷やす乾式消火方式である。湿式消火方式は簡便な消火方式であるが、1000°Cのコークスに散水する際に、大量の水蒸気とともに多量の煤塵(CO、H₂Sを含む)が大気に放散され、エネルギー消費だけではなく、環境保全の面からも問題が多い。

コークス炉で石炭を乾留する際、挿入トン当たり約60万kcalの熱量が消費される。従来の散水方式に比べCDQの場合は、コークス乾留熱量の約4割に相当する20~30万kcal/トンが回収できる。図2. 2. 1. 2のフローを見て戴きたい。CDQ設備は2つの大きな熱交換器から構成されている。コークスを冷却処理するチャンバーと、蒸気を発生させるボイラーである。コークス炉から押し出された赤熱コークスは、バケットに投入されCDQ設備まで搬送される。このバケットはクレーンで冷却塔頂部まで巻き上げられ、赤熱コークスはチャンバー内に投入される。チャンバーは2つの部屋、すなわちプレチャンバーおよびクーリングチャンバーから構成されており、コークスの冷却はクーリングチャンバーで行われる。プレチャンバーは、間欠的に挿入されるコークスを貯留し、クーリングチャンバーの連続冷却を可能にする機能をもつ。チャンバー内は1000°Cのコークスが投入されるので、熱保護のため耐火材でライニングされている。

赤熱コークスは、チャンバーの下部から供給される約130°Cの不活性循環ガスにより約200°Cまで冷却され、チャンバー下部から連続的に排出される。チャンバー内でコークスと熱交換した循環ガスは、約900°C以上になりボイラー側へ導かれる。ボイラー内では、循環ガスと伝熱管内を流れるボイラー給水が熱交換し、蒸気として回収される。回収された蒸気は、発電用や化学プラント等に供給される。ボイラー内で熱を失った循環ガスは、循環ガスプロアーによって昇圧され、再びクリーリングチャンバーに供給される。

CDQの技術特性をエンジニアリングやハード製作の観点から観察すると、チャンバーへの装入装置と、チャンバーからの排出装置の設計や製作・組立精度は難度が高く、ボイラー及びプロアーの耐摩耗構造等の設計・製造技術もノウハウ性はあるが、中方は日本の計画図や基本設計図をもとに詳細図や製作図を繰り返し作成し、それらの図面をもとに多くの設備を製造し、補修することによって知見や技術力を蓄え、着実に自製する力を身につけて行った。日方から見れば、CDQ設備の技術特性もさることながら、技術やノウハウの漏洩に歯止めがかけにくい作業分担を前提に事業化を進めた経緯があった。

2. 2. 1. 3 CDQによる環境・省エネ効果

環境面でのメリットとしては、従来の散水方式に比べ、ダストの排出量にして1／100、ガスの排出量はほとんどない。散水方式では、コークストン当たり蒸気量約700Nm³、COとCO₂は約2Nm³の排出を伴う。省エネという意味では、赤熱コークス1トン当たり0.5～0.6トンの蒸気を回収することができるので、計算上は100T/HクラスのCDQ設備では、18Mwの電力が回収できる。この発電量を火力発電で得ようとすれば、年間5000トンもの原油量に相当する。

2. 2. 1. 4 日系S社の中国市場への参入と合弁事業への転換

当初は、宝山製鉄所向けに環境・省エネ設備のモデル設備として85年に4系列が導入され、その後も91年に4系列、さらに98年に4系列が設置された。冷却能力はいずれも75T/Hであった。2000年、新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)のモデル事業の一環として、首都鋼鉄にCDQ(冷却能力65T/H)が設置された。この成功を受けて2003年首都鋼鉄に2号機が導入され、これと併行して武漢鋼鉄にも大型のCDQ(140T/H)が竣工した。

この当時、日方と中方の作業は概ね以下のように分担されていた。CDQ設備の基本計画から最終の据え付け・試運転にいたる全体の工程のうち、日方が基本計画と基本設計を担当。これを受けて中方が、詳細設計、転換設計を担当した。中国で調達する機器や工事の範囲が増えるなか、日本が重要機器の供給と据え付け・試運転スーパーバイズの供給を担当するというというのが、概略の役割分担であった。中国側との共同作業を進める過程で、設計や製造、工事の面で日本の技術が不可避的に移転されるとともに、中方の技術力が急速に伸びた。CDQ設備の供給者であるS社は、2001年頃から次のビジネス展開を図るために、新たな事業形態を模索していた。それか

ら約2年後の2003年9月、技術の漏洩に歯止めがかかる実態を踏まえ、首都鋼設計院とCDQ普及を目的として合弁会社の設立を決断した。同設計院とは、これまで2基のCDQを首都鋼鉄に納入した際に、共同作業の実績がある。それからの5年間で、26基のCDQを受注し、中国でのコークス乾式消火システムの普及に貢献した。

ここで中国での猛烈な勢いで導入を後押しした要因を、もう一つ挙げなければならない。中国政府が打ち出した第11次5カ年計画（2006年～2010年）である。政府はGDP当たりのエネルギー原単位を20%削減するという拘束性指標を掲げ、各種の施策を実行に移した。たとえば、政府は各地の省や主要エネルギー企業との間で、省エネ目標責任書を締結し、目標未達の場合は、他の面で成果を上げても人事上評価しないというムチを使い、省エネ優遇策（奨励金、免税等）というアメも併用して、強力に省エネを推進した。

一方、省エネというテーマは、環境問題への対応と異なり、明確にコストダウンに寄与することから、投資の優先順位付けの面で、有利な性格をもっている。中国における技術漏洩防止の困難性と、実質的に技術力が向上している現地の実態を客観的に判断し、併せて中国の国策としての省エネ対策の推進という追い風を捉え、大きく合弁への舵を切った戦略判断が、その後の事業展開の成否を決めたと言える。中国全土で、現在建設中のCDQも含めると約130件のプロジェクトがあり、そのうち日本の技術が採用されたのは37件である。「中国におけるCDQの設置推移」（図2.2.1.4）を参照下さい。

CDQに関して、中国への技術移転はさらに技術の定着化段階まで進んでおり、市場としては成熟段階にある。今後の飛躍的な伸びは期待しにくい。しかしながら、インドやブラジルといった鉄鋼業の発展途上国に目を轉じれば、CDQの市場は十二分に期待できる。そこで2つの選択肢を考えられる。これまで培ってきた中方との連携体制を活かして、新たな市場に参入する道もあり、あるいは確立した連携体制に新たな技術・商品を取り込むことで、中国国内へ新たな商品展開を図る方法もある。その両方を模索するにせよ、いずれかに絞り込むにせよ、一つの技術移転が次への展開に繋がる事業環境を育んだことも成功例といわれる所以である。

図 2.2.1.2 コークス乾式消火設備

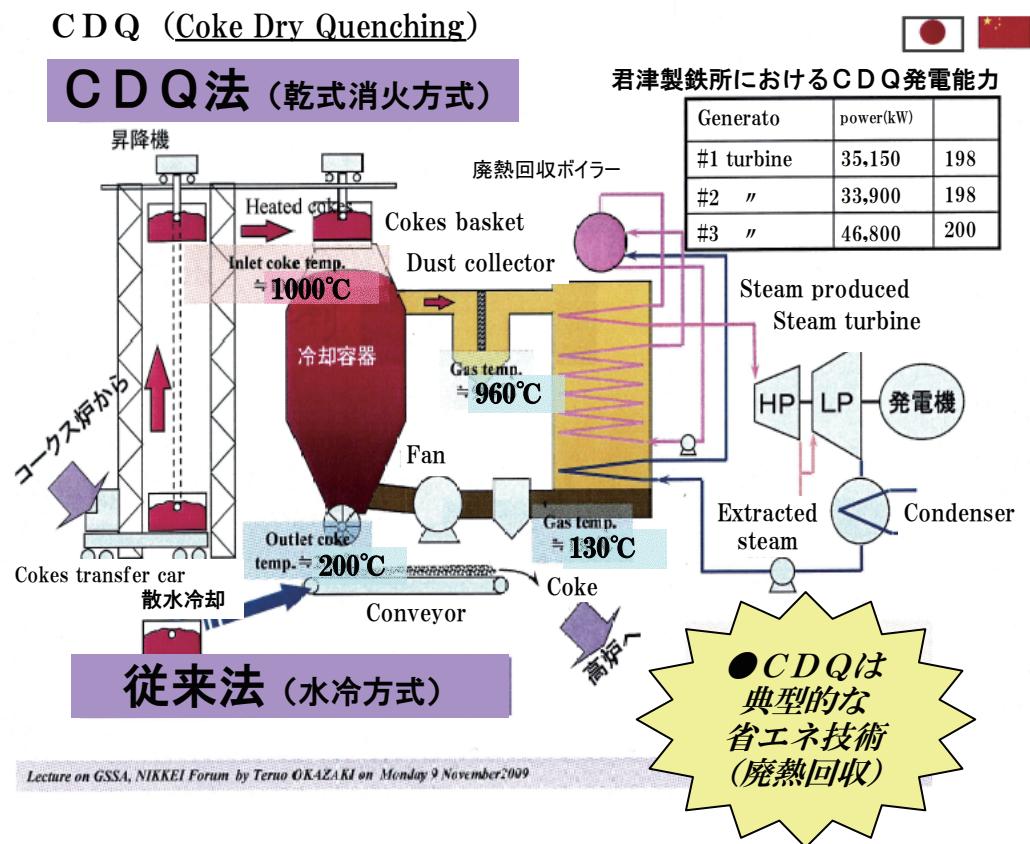
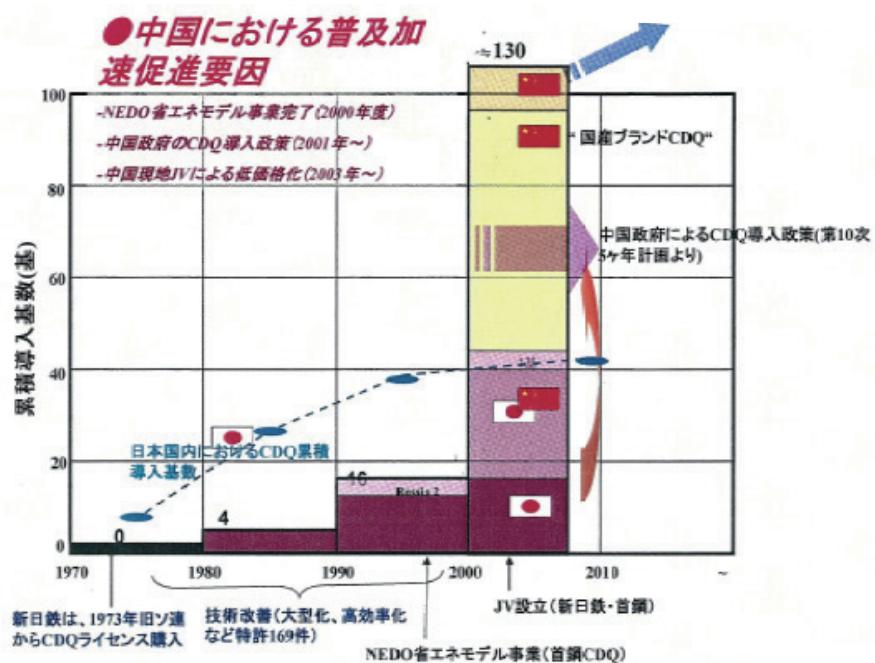


図 2.2.1.4 中国におけるCDQの設置推移



2. 2. 2 中国向け発電所用排煙脱硫設備 《ビジネス展開が難しかった例》

中国の電力需要の伸びは、世界の中でも際立っており、2000年以降総発電量は年率二桁の増加を続け、2000年の1兆3685億kWhから、2004年は2兆1870kWhへと急拡大し、さらに2008年には3兆4000億kWh(対2004年比55%増)を超え、今後も引き続き急成長が続くものと予測されている。因みに日本の2002年の総発電量は約1兆kWhの規模であり、アメリカは4兆kWh。それらと比べても、中国の規模の大きさと急伸ぶりがわかる。発電の構成比でも大きな特色があり、火力への依存率が77.4%と飛び抜けており、水力18.1%、原子力3.5%程度と続く。約8割を占める火力の主体は石炭火力であり、硫黄分の高い中国産炭が使われている。石炭火力向けの排煙脱硫装置の急速な普及は、中国ならではの要因に由来する。

以下、日本における硫黄酸化物の規制の制定を振り返り → それに対応するための技術開発への取り組み → 日本での普及と海外進出 → そして2000年前後からの中国市場への参入 → 中国での爆発的な普及へと、大まかに歴史的な流れをたどりながら、日本から海外への技術移転の展開を分析する。

2. 2. 2. 1 日本における硫黄酸化物に関する規制の制定

中国においても、CO₂ や粉塵と並んで硫黄酸化物の規制の整備・運用が実施されつつあるが、先行して取り組んだ日本の例を振り返ってみる。当初、硫黄酸化物の規制は、煤塵とともに『ばい煙』として括られて規制対象になった。昭和38年、『ばい煙の排出の規制に関する法律』で、火力発電所等のばい煙発生施設の排出口における排出濃度の規制が設定された。しかし、人の健康保護の観点から、硫黄酸化物の地上濃度が着目され、いわゆる『K値規制』が昭和43年に採用された。これはばい煙発生施設の煙突の高さに加え、排出速度、ガスの排出温度、排出量等を考慮して、施設ごとの1時間の硫黄酸化物の排出量の上限を定めるものである。昭和43年、いわゆる公害国会で改正が行われ、都道府県による上乗せ規制の導入等、規制がさらに強化された。

硫黄酸化物対策として、原油については低硫黄原油への切り替え、原油脱硫が進められた。

石炭についても、高硫黄分の石炭から低硫黄のものへ転換が行われ、排煙脱硫技術は、硫黄酸化物対策の一つとして位置づけられ、規制の強化に伴って広く実用化されることになった。

2. 2. 2. 2 排煙脱硫装置の開発経緯

プロセスの本格的な開発が始まったのは、公害問題が顕在化し始めた1960年代前半である。特に、1966年には、工業技術院が大型プロジェクトの一つとして、乾式法による排煙脱硫を取り上げ、脱硫率90%を目標に民間委託による研究開発に着手した。その結果、60年代には乾式法を中心に様々な国産技術が開発され、その数は約50種に達したと言われる。世界的にみても、

日本の排煙脱硫技術のレベルは高いとの評価であった。1970年代前半に発生した2回のオイルショックにより、発電燃料が重油から石炭に切り替えが進み、昭和49年（1974年）の硫黄酸化物の総量規制の導入も契機となって、主に『湿式石灰石石膏法』の実用化が進み、80年以降は国内ほとんど全ての火力発電所で、同方式が採用された。プロセスフロー図2. 2. 2. 2を参照下さい。

2. 2. 2. 3 海外への進出

1970年代前半、排煙脱硫装置は国内電力向けで運転実績を蓄積した。一方欧米では、硫黄酸化物の排出法規制の導入が顕在化するなか、日本の技術が注目され、70年代後半から海外市場にライセンス供与という形で技術輸出が始まった。日本のA社を例にとれば、80年代から90年代にかけて、欧洲向けに30基を超える受注に成功した。日米欧における硫黄酸化物の排出法規制導入の流れはアジア各国にも広がり、90年以降、現地工事を含むフルターンキーでの取り組みにより、アジア（中国・香港・タイ等）向けの受注に加えて、欧洲（英国・旧東欧・トルコ等）向けても受注実績を重ねた。写真2. 2. 2. 3を参照下さい。

2. 2. 2. 4 中国における排煙脱硫装置の普及とその背景

中国では2001年度に策定された第10次5カ年計画を背景に、石炭火力発電設備の大幅な増強と、SO₂排出規制の後押しにより、排煙脱硫市場は急成長を遂げた。この間中国政府のなりふり構わぬ国産化政策のもとで、中国企業の150社以上が導入技術と自社技術で市場参入し、凄まじいばかりの価格競争になった。この海外技術導入に際しては、日本の排煙脱硫技術は欧米の技術に対して僅かではあるが優位性を保っていたものの、中国企業が常に日本メーカーと欧米メーカーの競合を煽り、ライセンス導入交渉の主導権を握ることで、低価格の脱硫装置の普及を成し遂げた。これは技術の成熟に要する時間軸を飛び越えた劇的な変化と言えるのではないか。

九州大学大学院堀井准教授の論文『排煙脱硫装置の普及に見る中国環境問題の潮流変化』から、以下に先生の分析を要約し図表を引用させて戴く。

中国政府は第10次5カ年計画（2001～2005年）において、2005年時点でSO₂排出量を1800万トンに、粒子状物質を2000万トンに抑えるという目標を掲げたが、結果はSO₂の目標について言えば、750万トン（42%）も超過した。背景には、2002年前後から過熱経済と呼ばれるほど経済が急成長し、そのリード役が、エネルギー多消費型の重工業であったことが、エネルギー消費の急膨張に繋がった。一方、粒子状物質に関して言えば、目標値に対して0.5%超というほぼ達成レベルにあった。上述のSO₂対策と粒子状物質対策の普及の違いは、排煙脱硫装置の基本的なコスト高に起因するのではないか。粒子状物質対策に比べて、一桁違いとも言われる。

図表2. 2. 2. 4. aに見られる通り、2004年以降、目を見張るスピードで排煙脱硫装置の導入が進んでいる。2005年には2001年に比べて、100倍以上の設備能力を持つ施設が設置されている（建設中も含む）。その後押しをしたのは、第11次5カ年計画（2006～2010年）において、合計3億5500万kWhに対応する排煙脱硫装置の設置計画である。この目標が達成されれば、全火力発電設備の6割以上に排煙脱硫装置が設置されることになる。

因みに、日本の総発電能力が約2億7000万kWhなので、それを30%以上凌ぐ発電設備に、6年足らずで排煙脱硫装置を設置しようという中国の取り組みは高く評価できる。2007年の進捗率を見ると、普及率は48%に達し、2009年中に計画プロジェクトは全て稼働に入る見込みとのこと。第10次5カ年計画が失敗に終わったにもかかわらず、今回は計画が順調に進んでいる。その要因として、導入コストの大幅ダウンがある。2000年時点の排煙脱硫装置の導入コストは、kWh当たり800～1300元であったが、2005年には150～250元にまで急激に低下した。優に80%ものコストダウンを可能にしたのは、多数の中国企業が参入し、国産化を進めたためである。本装置を製造する中国企業は、2003年には7～8社程度に過ぎなかつたが、2005年には46社にまで急増、2006年末には非公式統計ながら100社を超える過当競争の状況が生じた。激しい競争を通じて、中国企業は中国市場のニーズに適応した技術改造を行い、目覚ましいコストダウンを実現し、外国メーカーの価格と比較すると、僅か2割の負担で脱硫装置を導入することができるようになった。これこそが近年急速に普及している最大の原動力である。中国の現状は、環境対策を進める志は十分に育っている、ただし受け入れ可能なコストの上限は厳然として存在するという段階だ。

以上が堀井准教授による中国における排煙脱硫装置の普及と、その背景にある要因分析の概要である。中国における排煙脱硫装置の処理容量別のランキングを見て戴くため、堀井准教授の先述の論文から以下の表を転載させて戴く。「排煙脱硫装置メーカーのトップ20社ランキング（2005年末）」（表2. 2. 2. 4. b）を参照願います。

2. 2. 2. 5 当委員会で集約された主な認識

▽ 市場認識のズレ

市場動向を把握することにおける中国での難しさはあるにせよ、第10次5カ年計画から第11次5カ年計画にかけて、日本の常識を越えた中国の国家発展改革委員会や省レベルの行政組織の計画に疑問を持ちつつ、日本側は従来通りの営業スタンスを変えなかつた。すなわち全体のエンジニアリング、設計、主要機器の日本からの輸出、工事・試運転のスーパーバイザーの派遣等によって、日本並の品質を確保し、徐々に技術移転を進めるという手堅い手順を念頭

に置いていた。一方、中国側は、日本で要求されるような高稼働率や連続運転、性能確保よりも、安価な国産化による早急な普及を求めた。そのため日本と欧米の、メーカー間の競争を煽り、導入フィーの極少化を図った。堀井准教授のご指摘と同様の認識である。

▽ 排煙脱硫装置のプロセスとしての特性

本来、排煙脱硫に関しては、石炭に由来する排ガス中の微量成分の影響や、地域ごとに異なる原料石灰石の性状への対応等、特有の技術的困難さがある。環境対策で先行する日本のメーカーは、これらの技術要件に対し、蓄積されたノウハウに基づく設計・製作を行うことで、厳しい国内のニーズに対応してきた。しかし急速な普及を図りたいという中方の方針もあり、日本技術の優位性は見過ごされた。また各構成機器の製作について、中国メーカーがめざましい早さで技術習得をしたので、品質面や設計能力を問わなければ、海外からの輸入に依存する特殊な機器や部材がほとんどなくなったことも要因としてあげられる。

なお、これらの特殊機器の一つである石膏脱水装置(SO₂を最終的に石膏の形で回収する)は、日本メーカーの中国ライセンサーが100基以上の受注実績を上げており、技術移転の成功例として目立っている。

▽ 日本の営業スタンスの背景に潜む心理的な遠因

- ・ 排煙脱硫装置に限らず従来の中国商談では、実行段階での契約条件をめぐるトラブルや、Retention Moneyの未回収等苦い経験を重ねて来たことで、今一つ中国商談にメリットを見出せない。
- ・ 高性能、高稼働率、連続運転確保を誇ってきた日本メーカーにとって、その前提となる設計品質・製品品質をコントロールできない形で、ブランド名のみを濫用される恐れのある急速な技術移転は望まない。
- ・ 中国側の対応で、時として欧米人からの指導の方が受け入れやすく、できれば日本人には頼りたくないという潜在的な客先の意識が垣間見える場合がある。同種の感覚は韓国との商談でも経験したとの意見もあった。この両者に残る心理的なわだかまりは、心理の底層に沈潜化し易く、時間をかけていくつの共同作業を繰り返し、双方の違いと実力を認め合うなかで、徐々に取り除かれて行くものであろう。

なお、A社は欧米においては現地企業との協業によるビジネスモデルを確立し、現地の排煙脱硫装置メーカーに伍して一定のシェアを保っている。中国への技術移転には、中国特有の困難さがあったことが伺える。

▽ 中方の統計にある普及率に関する評価

先述の堀井准教授の論文の末尾【注】(2)に、次のようなご指摘がある。
「ただし、設置はしたものの、運転はしようとしない発電所が少なからず存在するという、中国に従来より存在する環境規制の実効性の問題は依然として存在する。……」

当委員会でも国内・海外の情報を総合すると、設置されている排煙脱硫装置のうち、6～7割がなんらかの理由でまともに稼働していないのではないか、との情報も紹介された。推測される理由としては、閉塞等の技術的な問題を抱えている、あるいはランニングコストが高いので運転は必要最小限に限定する、立ち入り検査が徹底されない等々、現断面では、統計上の数値と実態の乖離は、容易に想像できる。一方、大きな流れとして、中国ではエンジニアリング産業や電力産業は労働市場の優秀層を引きつける魅力的な職種である。

そこで数多くのプロジェクトを手がけ、様々な要因に由来する改造・メンテに取り組むことにより、彼等が急速に技術力を向上させているのも現実である。中方の実力の伸びから目を背けることなく、彼等とのどんな共生・分担があり得るのか、正面から向き合う必要がある。

図 2.2.2.2 脱硫装置のプロセスフロー

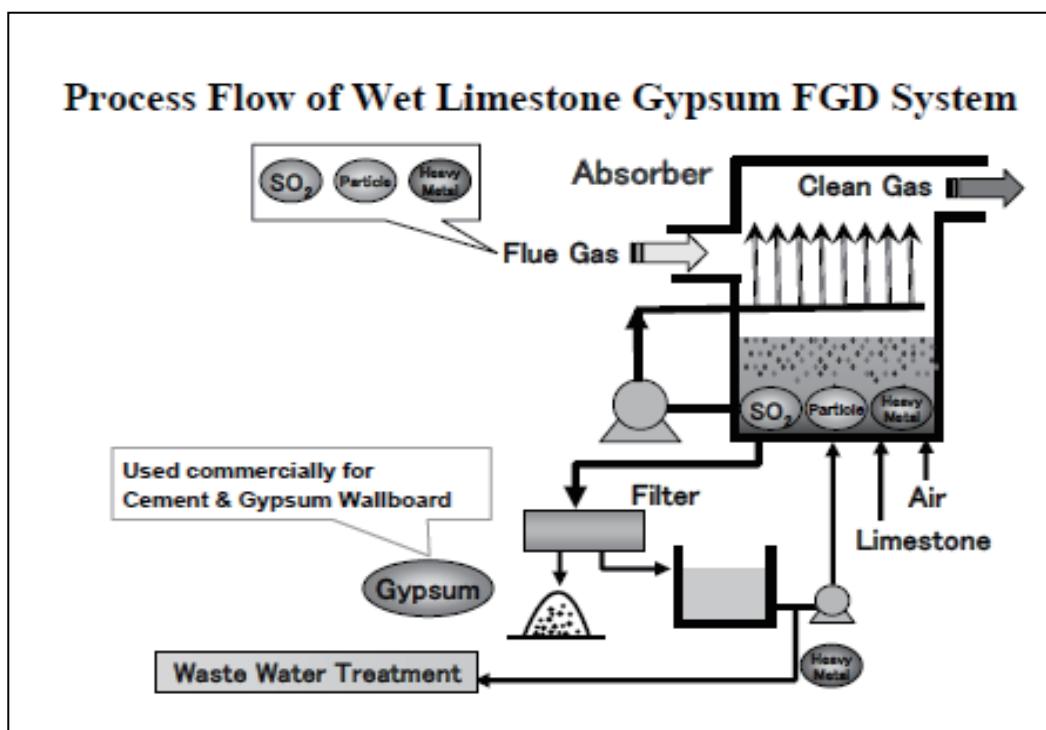


図 2.2.2.3 納入事例（写真）

●1995年タイ最初の電力向け脱硫装置 (Mae Moe発電所350MWx2)



図 2.2.2.4.a 中国の排煙脱硫装置導入の推移

(単位:万 kW)

	2001	2002	2003	2004	2005
火力発電設備容量	25,300	26,555	28,977	32,500	39,100
導入済・建設中排煙脱硫装置 設備容量合計	250	824	1,574	11,809	25,739
うち新設設備					20,509
うち既設設備					5,230
導入済排煙脱硫装置設備容量	53	139	210	1,607	4,910
うち新設設備					2,946
うち既設設備					1,965
建設中排煙脱硫装置設備容量	198	686	1,354	10,203	20,829
うち新設設備					17,563
うち既設設備					3,265

(出所) 国家環境保護総局科技標準司・中国環境保護産業協会編 [2007]『中国環境保護産業市場
供求指南 2006』中国環境科学出版社

表 2.2.2.4.b 排煙脱硫装置メーカーのトップ20社ランキング

	脱硫企業名称	脱硫設備容量 / MW			脱硫方式	技術移転元
		合計	導入済	建設中		
1	武漢凱迪電力環保有限公司	27,800	7,870	19,930	湿式、半乾式	アメリカ、 ドイツ
2	国電科技環保集團有限公司 環保工程分公司	18,850	5,680	13,170	湿式、海水脱硫	ドイツ
3	北京博奇電力科技有限公司	18,460	3,060	15,400	湿式	日本
4	山東三融環保工程有限公司	17,740	1,970	14,870	湿式、半乾式	ドイツ
5	中電投運達環保工程有限公司	17,270	1,620	15,650	湿式	オーストリア、 日本
6	江蘇蘇源環保股份有限公司	14,950	3,610	11,340	湿式	中国
7	浙大岡新機電工程有限公司	14,720	1,980	12,740	湿式	イタリア、 フランス
8	浙江天地環保工程有限公司	12,655	1,585	11,070	湿式	アメリカ、 ドイツ
9	中国華電（集團）有限公司	10,077	1,257	8,820	湿式、海水脱硫	アメリカ、日本
10	南京（東大）龍原公司	9,961	1,100	8,861	湿式、半乾式	ドイツ
11	國華龍原環境工程有限公司	9,545	600	8,945	湿式	ドイツ、日本
12	清華同方環境有限責任公司	9,320	630	8,290	湿式、半乾式	オーストリア、 中国
13	上海龍淨環保科技有限公司	7,290	1,200	6,090	湿式	ドイツ
14	北京國電清新環保有限公司	5,040	400	4,640	湿式	韓国、中国
15	大唐環境科技工程有限公司	4,240	810	3,430	湿式	オーストリア
16	浙江菲達環保科技有限公司	3,480	875	2,615	湿式、半乾式 (N I D)	ドイツ
17	上海電氣集團石川島	3,350	350	3,000	湿式	日本
18	山東山大能源環境有限公司	2,800	145	2,655	湿式、半乾式	ドイツ
19	東方鍋炉（集團）股份有限公司 環保工程公司	2,800	0	2,800	湿式、海水脱硫、 半乾式	ドイツ
20	浙江藍天求是環保有限公司	2,400	600	1,800	湿式	ドイツ

(出所) 図表 1 と同じ

2. 2. 3 液中燃焼装置 《ビジネスとして地道に成果を収めた例》

本装置は、石油・化学工業向けを中心に、農薬、医薬品中間体等の製造工程で発生する廃液、廃ガスの処理や、脱硫廃液、食品・発酵工程で発生する各種廃液、写真現像廃液、染料・顔料などの工程廃液の処理に使われている。

また、フロン回収破壊法の認定装置として、フッ素含有廃液、廃ガスの処理にも使われている。概略フロー(図2. 2. 3)を参照下さい。

2. 2. 3. 1 主な構成機器と技術的特徴

プロセスの中核設備は、燃焼を担うバーナーと燃焼炉、ならびに燃焼ガスの冷却を担う液中冷却缶によって構成される。廃液、廃ガスを焼却処理するためには高温の酸化雰囲気が必要になる。前者では特殊なバーナーによって作り出された高温の熱ガスが燃焼炉上部に導入される。一方、廃液は燃焼炉の上部の肩部に取付けられたアトマイザーにより微細な液滴に噴霧され、バーナーからの高温の熱ガス中で瞬時にガス化されて、同炉肩部に供給される廃液燃焼用の2次燃焼空気により有機物は完全に酸化焼却され無害化される。併せて廃液に含有されるナトリウム塩等の無機物は、燃焼排ガスとともに炉壁を溶融流下して、連続的に炉外へ排出される。ここで燃焼炉部分のいくつかの特徴を挙げる。廃ガスはその成分により、バーナーまたは炉肩にフィードされる。

▽ バーナー

炉頂部に設置されているボルテックスバーナーは、高負荷・高速の短焰バーナーで、単独の液体や気体はもちろん、2種以上の液／液、液／ガスの混焼が可能。燃料の種類に制約されない。高カロリーの廃液、廃ガスはバーナーに直接供給され、炉肩部から供給される低カロリーの廃液、廃ガスを焼却する熱源として有効に利用される。

▽ 廃液噴霧インジェクター(アトマイザー)

処理廃液の完全燃焼には、微粒子化が不可欠なため、圧縮空気またはスチームにより霧化される。平均液滴径は $100 \mu m$ 前後となる。噴射方向、拡がり角度なども経験や流動解析結果から決定されている。また、運転中のメンテナンスを可能にするための独自のシール機構もある。

▽ 燃焼炉壁の断熱構造

断熱材として煉瓦を使用する煉瓦炉壁と、薄いキャスタブル層とその外部に水冷ジャケットを持つ二重殻水冷炉壁の2種類の構造をもつ。多岐に亘る廃液処理やメンテ性等を考慮した設計経験が織り込まれている。

▽ 熱ガスの冷却

完全に熱分解された廃液、廃ガスの燃焼ガスは燃焼炉下部からダウンカマーを通して液中冷却缶の缶水に吹き込まれ、約 90°C まで瞬時に冷却される。ここでの特徴は①熱ガスが直接

缶水と接触するため、冷却が瞬時に行われ、ダイオキシンの再合成がない。②ダウンカマーのチューブ内部は液膜で保護されているので、ホットスポットができない。③水蒸気爆発を起こさずに溶融塩を冷却缶内の液に溶解する等々。

2. 2. 3. 2 多様な廃液処理の経験

冒頭でも紹介したように石油・化学工業向けを中心に、製造工程で発生する様々な廃液、廃ガス処理に液中燃焼設備は採用されてきた。廃液を化学的に見ると、有機塩素系、有機フッ素系、有機アルカリ系および貴金属含有系等に分けられる。エチレン、プロピレンなどの基礎化学原料及びそれらの誘導品、合成樹脂、殺虫剤、薬品、建材、接着剤等の製造過程で発生する廃液、廃ガスであったり、最近のデジタル化で発生量は極端に減ったが写真の現像廃液、食品の発酵工程で発生する廃液等々、極めて広汎な産業分野から発生する各種廃液、廃ガスに対応できる技術を蓄えている。

▽ 上記の経験を通じて積み重ねた主要機器の改善・開発の一例

1) 処理物の特性に応じたバーナーの燃焼技術の開発・蓄積

通常の燃料を燃やすバーナーは無数にあるが、燃焼以外の化学反応を確実に達成し、有害な有機物を無害化するためのノウハウを蓄積するとともに、多種類の焼却物を同時に燃焼できる特長を併せ持つ。

2) 液中燃焼部での熱の移動や、燃焼ガス成分の効果的な吸収のための液中冷却缶

液中冷却缶は燃焼ガスを液中に噴出するダウンカマー、噴出したガスと缶液を効率良く接触させるためのウェア、ならびにそれを収納する缶体からなる。液中燃焼設備は①アルカリ性流体を取扱うものと、②酸性流体を取扱うものの2種類に大別される。アルカリ系の設備に使用される材料は概ね金属であり、炭素鋼、ステンレス鋼、チタンなどである。

ここでは酸系の設備を例に少し詳しく説明する。ガス冷却のメカニズムはアルカリ系、酸系共同一であるが、酸系の設備は高耐食性の素材を使用する必要性から構造、形状がアルカリ系設備とはかなり異なる。ダウンカマーはカーボン製で、部位によって材質も変り、部分的に外部水冷構造を持つ。また燃焼ガス吹き出し部の形状にも工夫を凝らしている。ウェア、缶体は取扱う流体に最適な素材をその都度選定している。高耐食素材は一般的には高温には耐性が無い。高温の腐食性流体を万能ではない素材を適切に組合せ使用する事により取扱い可能とするノウハウの蓄積が液中燃焼装置がいまだに技術的な優位性を保てている理由である。

3) 吸収、蒸留、晶析などの単位操作技術との組合せ

燃焼を利用した技術を核とし、吸収、蒸留、晶析などの単位操作技術を組合せて特徴のあるプロセスを構築している。

2. 2. 3. 3 商品としての技術特性

一言で表現するならば、液中燃焼装置は経験工学的工夫と改善の集積である。一見したところ、プロセスとしても、構成している機器としても、化学プラントとしてはシンプルな部類に入る。しかし個別の機器に織り込まれた緻密な改良や経験則は、一朝一夕では真似ができない。言い方を変えれば、これまで330基以上の多岐に亘る廃液、廃ガスを扱い、メンテナンスを積み重ねてきた経験が、煮詰められてハード化されたものが現在の液中燃焼装置である。

環境・省エネ技術は、そのパフォーマンスという観点から、大きく2つのタイプに分けることができる。
すなわち、

- 能力はある程度犠牲にしても、大幅なコストダウンができるれば顧客が受け入れる場合
- 大気や水質等の規制を厳格に適用されるので、確実に規制値をクリアしなければならない場合

本液中燃焼技術で処理される対象物質は、地域による規制運用の濃淡はあるものの、化学的な物性の面から、概ね規制が厳しく適用されることが多く、確実なパフォーマンスを要求されることが一般的である。また排煙脱硫装置のように対象市場が大きく広がる可能性が低く、いわゆるニッチな市場を対象とする。しかも処理物の性状が多様なことから、経験工学的な要素も多分にあり、技術移転はむしろ困難さを伴う。見よう見ま似的のコピー技術では、取り扱う廃液の性質如何で爆発や、腐食等のリスクもあり、これまでのところ模倣業者は殆んどない。

しかしながら中国では、技術レベルの向上と、中国規格(日本のJISに相当するGB規格)の整備・普及が進むにつれて、鉄骨・架構、配管、電気・計装設備、回転機器類等、重要な部分以外の機器は徐々に中国調達に切り替えられる傾向にある。またGB規格による設計に日本側が不慣れであることも供給範囲減少の一つの理由である。結果として、ライセンス供与の段階には至らず、契約範囲としては全体のエンジニアリング、基本設計と重要機器の供給までを担当する形態を基本として、当面事業を継続している。

2. 2. 3. 4 当面の技術移転の考え方

一言で表現するならば、液中燃焼装置は経験工学的工夫と改善の集積である。一見したところ、プロセスとしても、構成している機器としても、化学プラントとしてはシンプルな部類に入る。しかし個別の機器に織り込まれた緻密な改良や経験則は、一朝一夕では真似ができない。言い方を変えれば、これまで330基以上の多岐に亘る廃液を扱い、メンテナンスを積み重ねてきた経験が、煮詰められ

てハード化されたものが現在の液中燃焼装置である。

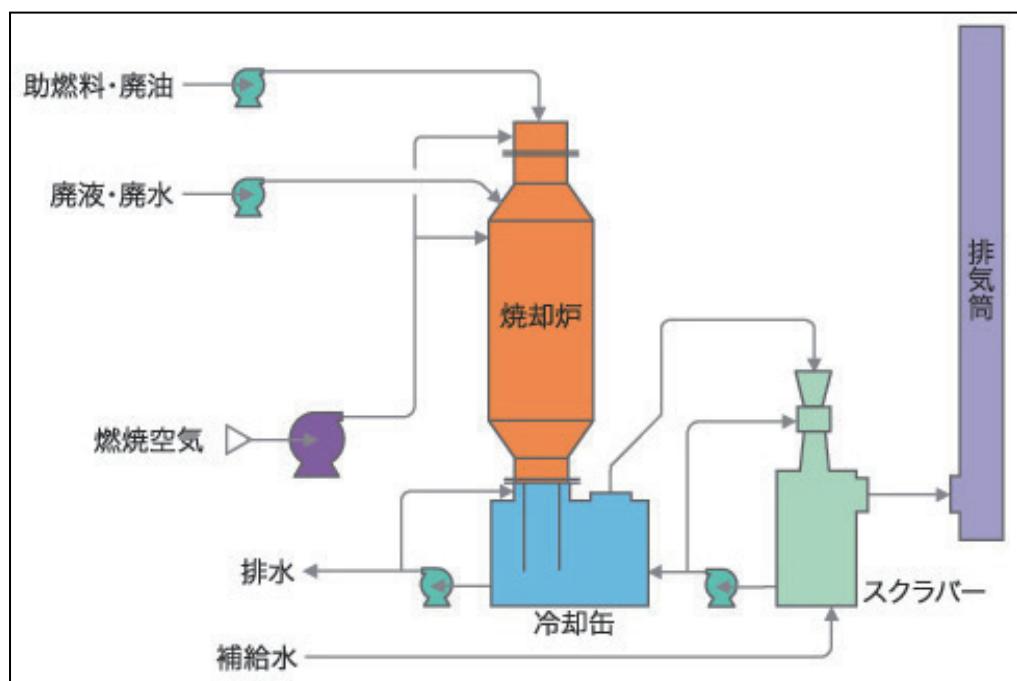
環境・省エネ技術は、そのパフォーマンスという観点から、大きく2つのタイプに分けることができる。すなわち、

- 能力はある程度犠牲にしても、大幅なコストダウンができるれば顧客が受け入れる場合、
- 大気や水質等の規制を厳格に適用されるので、確実に規制値をクリアしなければならない場合

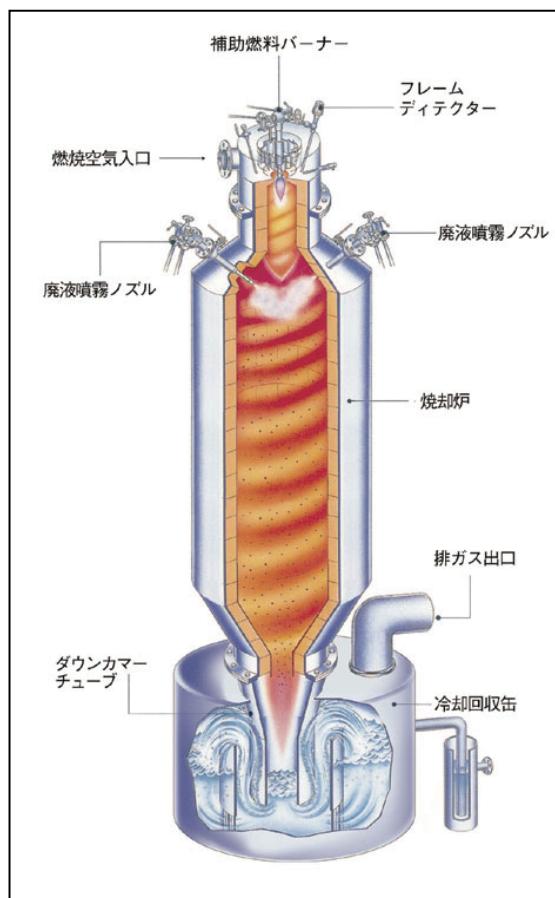
本液中燃焼技術で処理される対象物質は、地域による規制運用の濃淡はあるものの、化学的な物性の面から、概ね規制が厳しく適用されることが多く、確実なパフォーマンスを要求されることが一般的である。また排煙脱硫装置のように対象市場が大きく広がる可能性が低く、いわゆるニッチな市場を対象とする。しかも処理物の性状が多様なことから、経験工学的な要素も多分にあり、技術移転はむしろ困難さを伴う。見よう見ま似的のコピー技術では、取り扱う廃液の性質如何で爆発や、腐食等のリスクもあり、これまでのところ模倣業者は現れていない。

しかしながら中国では、技術レベルの向上と、中国規格(日本のJISに相当するGB規格)の整備・普及が進むにつれて、鉄骨・架構、配管、電気・計装設備、回転機器類等、重要な部分以外の機器は徐々に中国調達に切り替えられる傾向にある。またGB規格による設計に日本側が不慣れであることも供給範囲減少の一つの理由である。結果として、ライセンス供与の段階には至らず、契約範囲としては全体のエンジニアリング、基本設計と重要機器の供給までを担当する形態を基本として、当面事業を継続する。

図 2.2.3 液中燃焼プロセスフロー例



<焼却炉・冷却缶 断面>



2. 2. 4 ブラジル鉄鋼業向け電気集塵装置 《個人レベルで成果を上げた例》

電気集塵技術が工業用装置として実用化されたのは、1907年 F·G·COTTRELL氏による硫酸ミストの捕集への適用が初めてとされており、日本では1915年に銅精錬炉用集塵装置が始まりと言われている。その後石炭火力発電所、セメント工業、廃棄物焼却炉等、様々な分野で利用されている。

原理的には、コロナ放電を利用し、排ガス中の粒子に荷電を与え、この帶電粒子をクーロン力によって集塵極で捕集し、分離するもの。通常工業用は負極が放電極、正極が接地された集塵極となる。一般的に、低い圧力損失で大粒子から微細な粒子まで高効率で捕集が可能であり、火力発電所等の大容量処理に適すると言われている。また可動部分が少ないため保守・点検が比較的容易であると評価されている。

2. 2. 4. 1 製鉄所内の電気集塵装置(EP)の役割

製鉄所内には、大別して環境対策用と生産設備用の2種類のEPがある。その主なものを例示すると、●焼結工場用焼結機のメイン排ガス用及び焼結原料・製品搬送時にコンベヤー等から発生する粉塵対策用、●高炉ガスの清浄用、●転炉ガスの清浄用、●タール等を含むコークス炉ガスの清浄用、●工場排ガス用の建屋搭載型のEP等、様々な目的を担っている。

容量的には焼結工場向け焼結機本体のメイン排ガス処理用が、所内最大の風量となる。図2. 2. 4. 1. aと図2. 2. 4. 1. bを参照下さい。

2. 2. 4. 2 EPの設計条件に織り込むべき主な現場的課題

一般にEPの保全作業は、きつい、汚い、危険の3Kを代表する職場である。したがって、設計者は高性能、コンパクト、と同様に長寿命安定性と保守点検整備性の2条件を計画設計の基本に置く。これら4条件に加えて、多様な現場的課題をいかに設計的に対処するかが、製鉄用電気集塵技術の奥深い所以である。以下に織り込むべき主要な条件例を示す。

▽ 排ガス性状の取り扱いの難しさ

高炉ガスの高圧・可燃性、転炉ガスの大湿分・可燃性、コークス炉ガスはタールを含み可燃性がある等々、燃焼や爆発などへの対応策が必須である。取り扱うガスの腐食性もEP内の構造に慢性的な影響を与える要因であり、ガスの結露も設備の腐食や、ダストの固着及びイーク電流の原因になる。

したがってEPを構成する一連の集塵極や、放電極、荷電装置、捕集ダスト排出装置、温風発生装置、冷風導入装置等の機器設計に、上述の性状に起因するトラブル要素を克服する種々の設計的配慮が織り込まれる。

▽ 排ガス・ダスト成分の多様性

EPの性能は、排ガス成分の相違や、鉱石原産地の違いに由来する、取り扱うダストがもつ見掛け電気抵抗率、ダストの粒度分布と水分、オイルの混入の有無等によって変動する設計条件で、集塵速度、有効集塵板面積、荷電時間等の設計諸元が決定される。具体的に焼結工場の場合、鉱石の原産地がオーストラリア、ブラジル、インド等の産地によって、焼却後のダストの成分が変化する。とりわけダスト中のアルカリ成分(Na、K、CL等)の濃度は、直接的にダストの捕集性に大きく影響する。また近年、●製鉄原料の有効利用と粉鉱製鉄原料の品質改善・生産性向上のための新製鉄技術、及び●省エネ操業のためのオイルコーカス配合操業等から生じる多様なダストに対応する技術も必要となる。

▽ 設計風量の極少化

風量が大きくなることは、即大型EPと送風機の設置並びに高い電力コストに繋がる。コンパクトで高効率の集塵を狙うには、集煙部分での効果的で漏れがない、最小風量で操業ができる計画風量の設定が鍵を握る。そのために集煙フードの形状やフードの配置の工夫がポイントとなる。時にはエアーカーテンを利用した漏れの防止などフード関連の設計に工夫を凝らす。それと同時に、ダクトレイアウトの設計経験がトータル品質確保実現の要諦である。

2. 2. 4. 3 EPの競争力強化と、新たな顧客ニーズへの対応

以上の現場的な課題の克服に加えて、さらに以下の諸要求に伴う設計的対応が求められる。例えば経年劣化やコストダウンへの対応として種々の改善が織り込まれている。

▽ 経年変化及びEP出側含塵量低減への対応

排ガスの性状や成分の特性を考慮した設計を行っても、EPの性能に経年変化は起こる。また従来はEP出側の許容値が100mg/Nm³レベルであったものが、50mg/Nm³さらには20~30mg/Nm³以下へと低減することを要求されるケースも出てきている。そこで荷電装置の制御方式を改善することで性能向上と省エネを図るため、パルス荷電や間欠荷電等の採用がされることが普及してきた。これらの設計対応に加えて、更なる高効率と経年変化を防止するため、日本では既に導入されている移動電極方式(図2. 2. 4. 3)も大きな注目を浴びている。

▽ 構造物のコストダウン

EPのケーシングは大重量の大型鉄骨特殊構造物になるので、重量の削減は永遠のテーマである。昨今は有限要素法などの構造解析技術が競争力確保のための必須条件になっている。さらに調達コストの削減のために、ブラジルでも地球を半周する中国からも調達が盛んに行われるようになった。

2. 2. 4. 4 上記課題への設計対応

- ▽ EPは一般的に理論式「Deutschの性能評価式」で大きさを決めるが、計画したEPの性能未達トラブルに対策はない。それゆえに計画はたいへんなリスクを伴う作業となる。そこで詳細な設計条件を設定する際には、上記2. 1. 4. 2及び2. 1. 4. 3の影響や狙いを丹念に織り込む必要がある。例えば焼結工場用主供風EPの設計条件設定にあたって、その一例として様々な要因のうち『ダストの固着性』を取り上げ、その課題が設計的にはどう扱われるのか、簡単に説明する。

集塵されたダスト排出装置の構造は、取り扱うダストの性状によって大きく変わる。チエインコンベア・タイプが選定されることもある、スクリュー・タイプ、空気輸送タイプ等の場合もある。一方、装置の寿命や固着防止策、メンテ性の条件もどこまで織り込むか、多様なダストに対応してきた経験がものを言う。例えば排出容量の決定にあたっては、問題発生時に一旦排出装置を停止して整備した後、再度立ち上げる場合を想定して、排出能力を検討しておかなければならぬ。なぜならば停止中にはダストが堆積・固着するので、排出負荷が増大する。その増分をどう見込むべきか、また堆積排出制限時間に対する排出容量の設定も、操業面のノウハウが必要になる。またダストに含まれるオイルが燃えることで突燃現象が発生することもあり、その防止のための操業・保守点検要領書の作成や、冷風導入装置の設置も計画時の検討事項に含まれる。

ダストの固着性一つをとっても、関連事項を含めるとこれだけ多岐に亘る設計的配慮が具現化されている。上記の一つ一つの要因ごとに、系統要因図の要領で、要因と対応策が整理できれば、まずは網羅的に設計的な折り込み条件がカバーされることになる。このレベルの設計水準が中級の標準設計マニュアルと言えるのではないだろうか。

一般的に集塵装置が設計できるというレベルのもう一段上に、競争力ある設計の最適化、利益が絞り出せる設計の限界化の領域がある。それぞれの現場条件に合った設計であることはもちろんのこと、メーカーとして生き残ってゆくためには、初期投資金額やランニングコストにおいて、最適設計と限界設計の、両方の視点から設計をさらに追い込むことが求められる。このようにEPの設計には、計画条件の詳細な整理が不可欠であるとともに、多くの実機設計を通じた経験と、実績データーの蓄積の有無が、受注の可否あるいはトラブル発生時の問題解決能力を左右する。

最近では計画内容の紹介で、流動解析による検討結果を求められることもあり、集煙フードの効果、ダクト内のガス流れの状況、EP内の整流状況が、性能評価の検討に利用される。同種の設備であっても、各製鉄所で原料条件や操業条件、レイアウト等が異なるので、単純な設計流用は不可能である。

ブラジルの鉄鋼業向け電気集塵装置における設計技術の移転では、基本要素技術の伝承は可能であるが、さらに本体設備の操業を含めた、その上の最適設計や限界設計レベルまでを移転するとなると、現状はまだ解がない。ブラジルでこの技術移転に取り組んで11年のK氏

はこう述懐する。「真似ごとはできても、客先を満足させる真の技術移転の道は遠い」と。彼の個人としての技術移転はまだまだ続く。

なおブラジルにおいて、技術移転が円滑に進まないもう一つの背景に、買い手の技術力が遅々として向上しない、メーカー側の実質的な技術力が正当に評価されないという事情がある。所謂“顧客がメーカーを育てる”という正の連鎖が生まれて来ない環境が連綿と続いている。これはブラジルに限った状況ではないので、『第4章 提言』の中で言及することしたい。

図 2.2.4.1.a 電気集塵装置の概略図

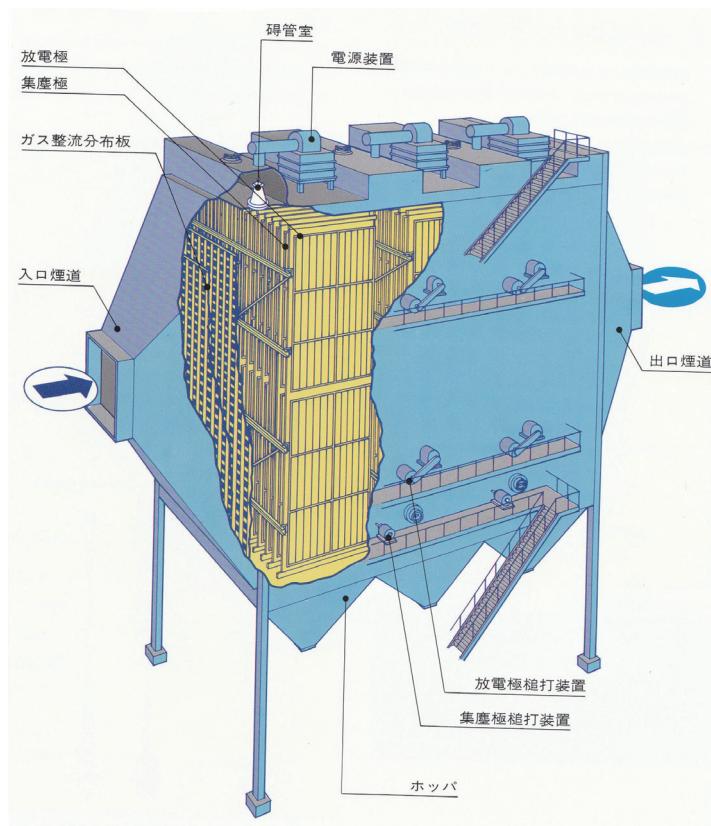
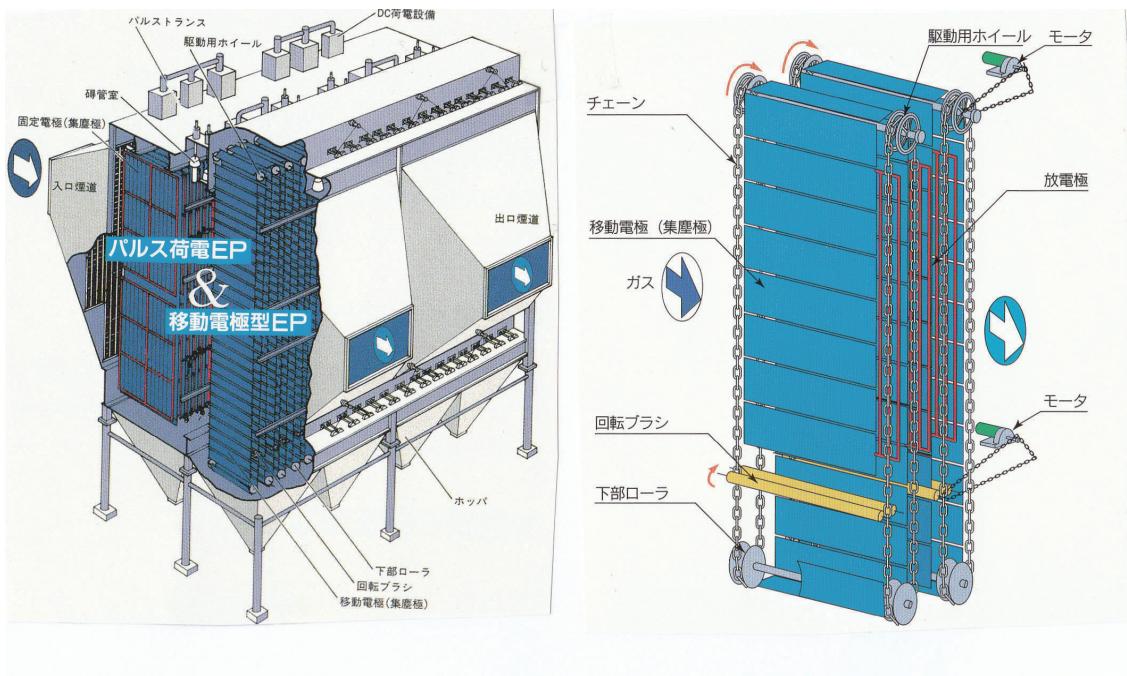


図 2.2.4.1.b 焼結工場煙突



図 2.2.4.3 移動電極式電気集塵装置



2. 3 鉄鋼分野 《技術移転の経験が豊富な例》

鉄鋼業では、歴史的に環境・省エネ分野で国際貢献することを念頭に、機会を捉えては様々な国際的な技術協力に取り組んできた。世界鉄鋼協会(worldsteel)を中心に、長期的な視点で抜本的にCO₂を削減する技術を開発するために、2003年10月、CO₂ブレークスルー・プログラムに参画。G8から委ねられたIEA(International Energy Agency)との連携作業でも一翼を担い、積極的な対応を実践してきた。2005年に立ち上げられた、アジア太平洋パートナーシップ(APP)【注】にも参画し、鉄鋼部門では議長国として主導的な役割を果たしている(第1回鉄鋼タスクフォース開催は2006年4月サンフランシスコにて)。

【注】APPは2005年7月に米国主導で立ち上げられた地域協力の組織であり、日本、米国、豪、韓国、中国、インドの6カ国でスタート、2007年になってカナダが参加した7カ国の体制である。目的としては、アジア太平洋地域において増大するエネルギー需要に対応するとともに、環境汚染、エネルギー安全保障、気候変動問題等へ対処することを狙うとする。活動の主体は、『鉄鋼』を含めた『発電・送電』、『よりクリーンな化石エネルギー』等の8つのタスクフォースから構成されており、日本は鉄鋼とセメント分野の議長国を務める。

また、中国との関係においても、2005年7月、日本鉄鋼連盟は中国鋼鐵工業協会(会長:謝企華・上海宝鋼集団董事長)との共催で、北京市において「日中鉄鋼業 環境保全・省エネ先進技術交流会」を開催。今や世界最大の生産能力を誇る中国鉄鋼業と、世界最高水準の環境・省エネ技術を有する日本鉄鋼業が、環境・省エネに関する技術交流で、世界規模での鉄鋼業の持続的発展に寄与するとの共通認識のもと、継続的に専門家交流を行う旨の覚書を締結した。

何故に日本の鉄鋼業は海外との連携に積極的に取り組み、技術移転の局面でも常に前向きな扱い手であるのか?一般的に海外戦略の一環として、海外現地法人に日本固有の製造技術や環境・省エネ技術を移転するケースはあるものの、鉄鋼業には資本関係の有無にかかわらず技術移転を継続してきた歴史がある。一例として、「新日本製鐵の海外での技術協力実績」(図2.3)を参照願います。

鉄鋼業の技術特性として、化学産業などのそれとは正反対に、技術の秘守領域が広範囲に拡散している特殊な体質はあるにせよ、風土として海外移転に尻込みしない遺伝的な資質をもっている。日本鉄鋼業の特別な立ち位置を理解するために、その歴史的な起点となったブラジルのウジミナス・プロジェクトへの取り組みに触れなければならない。それは戦後の余韻が残る約50年前に遡る。

2. 3. 1 ウジミナス製鉄所50万トン計画への参画

1956年1月、ブラジル大統領に就任したクビチェック氏は、「50年の進歩を5年で」をスローガンに掲げ、急速な工業化を推し進めた。この中で、55年当時の粗鋼生産116万トンを、60年には227万トンに倍増する目標が設定された。この倍増計画には、鉄鉱石の輸出国から鉄鋼生産国への変身という、ブラジルの悲願がこめられていた。

ブラジル政府からの強い要請を受け、日本側も通産省を中心に、官民挙げての国家プロジェクトに取り組む体制をとった。56年4月、当時の八幡製鉄所技師長の湯川正夫氏が、ブラジル、ミナスゼライス州の現地調査を行ってから6年後、62年10月第一高炉に火が入った。第二次大戦による壊滅的な打撃から驚異の復活を遂げたとはいえ、当時の日本の粗鋼規模は1000万トン弱、米国の一／十にも満たない規模であった。

技術移転という観点から日本企業グループの役割を見ると、当時の八幡、富士、日本钢管の鉄鋼3社が中心となって、製鉄所の建設設計画の作成・実行、設備・機械類の買い付け・据え付け工事、試運転、操業・メンテ、さらに操業・メンテの技術指導を行った。

当時の資料によると、本計画の機械設備は主として日本から購入され、金額にして362億円(CIFベース)に上った。輸出された機械設備の総重量は12万6000トン、総容積にして21万トン分に達する膨大なものであった。60年3月の第1船積みから、65年8月の最終船積みまで、延べ72船によって運ばれたとの報告がある。

また、人材の投入という意味からも桁外れの規模で実施された。八幡、富士、日本钢管の3社から約550人。石川島、日立、東芝等の機械・電気メーカー及び鹿島建設他の建設会社から約250名。総勢は800人を超える、同伴家族を含めると約1000人に及んだ。戦後復興がようやく終わりつつあるこの時期に、過大とも思えるウジミナス・プロジェクトへの挑戦を決断した先人の勇気と慧眼に頭が下がる。

このように日本鉄鋼業の中には、海外での本格的な製鉄所建設や、操業指導に従事するDNAが50年以上に亘って受け継がれてきた風土がある。具体的にはウジミナス以降も、韓国の浦項製鉄所建設への技術協力、ブラジルのツバロン製鉄所、中国の宝山製鉄所等の建設設計画への参画、技術指導のための派遣・受け入れ等々、大きなプロジェクトを次々と完遂してきた。この歴史認識なしには、今日の技術移転の先進的な取り組みは理解できない。

当然のことながら、現地の技術レベルや社会インフラ、習慣、言語、法制度等の事情を十分に把握せずに乗り込んで、思うような成果が上がらなかつたり、契約違反とまで言われて、裁判沙汰にされそうになった苦い経験もある。しかしながら総じて日本の技術指導は、契約範囲以上の内容を丁寧に教えてくれる“いい先生”であったと言えよう。

2. 3. 2 操業度の向上、不良率の減少等が環境・省エネ対策になった典型的な実例

先述の「1. 3. 2項 環境・省エネ技術の本質」で言及した原材料や用役を無駄に使わない、本質的な環境・省エネ改善効果の例を挙げたい。製鉄所の中には取り扱う物量が数百万トン／年におよぶ設備が珍しくない。1トン当たりなにがしの僅かな改善が、年換算ではそれが数百万倍の効果になって現れるのが、鉄鋼業独特の積算効果である。

鋼板の熱間圧延設備(高温に熱したスラブを連続的に配置した圧延機を通して押し延ばし、最終工程ではトイレットペーパー状に巻き取る装置)の操業・メンテの技術指導で、劇的な効果を上げた実例を以下に紹介する。

ブラジルのCSN社ボルタヘドンダ製鉄所の第2熱延ラインは、1980年初頭に立ち上がった、公称能力400万トン／年を誇る当時最新の圧延ラインであった。現在の投資規模で言えば、関連設備の構成や基本仕様の相違はあっても、500億円～700億円を要する大規模な投資である。新日鐵大分製鉄所の熱延ラインをモデルとして、日本の三菱重工と石川島播磨がコンソーシアムを組んで納入した。立ち上げ時は新日鐵・大分製鉄所のメンバーが操業・メンテの技術指導を担当した。その後、操業・メンテの技術が定着せず、8年頃には設備の稼働率が60%台に低下した。生産量も250万トン／年レベルにまで落ち込んだ。原因は設備故障の頻発で休止時間が長くなつたためである。当時ブラジルの鉄鋼業を統括していた鉄鋼公社は、この低レベル操業を問題視し、CSNに対し強く改善を要請。製鉄所閉鎖も辞さずの強硬姿勢をとった。

CSNから泣きつかれた新日鐵は、89年から約2年間に亘り、大分から現地の診断ミッションを派遣する一方、CSN社員の受け入れ研修を実施した。6人が1ヶ月程度の派遣を数回繰り返し、操業・メンテ上の問題点と改善点の指摘を行い、特に整備関係者に対する点検・補修の技術指導を徹底的に行なった。併せて要補修部品や更新部品の摘出を行った。当時の新日鐵の担当者によれば、第2回の派遣が終了した時点で成果が現れて、250万トン／年レベルに低迷していた生産量が、300万トン／年レベルに回復した。その後も部品の補修技術や、更新作業、点検の技術指導が継続的に行われた。その結果、指導開始から2年後には、設備稼働率が90%台に向上、生産量も400万トンに回復した。当時の新日鐵からの提言では、設備稼働率の今少しの向上が実現できれば、450万トン／年レベルも達成可能と判断した。

もともと日本製の設備は潜在能力が高いので、十分使いこなせれば公称能力400万トン／年以上の生産が可能だったものが、4割近くダウンしていた。製鉄業のスケール効果は小さな努力の積み上げが掛け算で効く。操業改善と徹底した整備・点検・保守の現場技術の向上で、計り知れないメリットを生み出した実例である。

メリットとしては、ただ単に生産量が約150万トン／年増大し、売上高増に貢献するだけではなく、稼働率の回復により、莫大な初期投資に由来する減価償却費の未回収が回収

に転換したメリット。突発休止等で無駄になっていた加工工程中のペケ率の削減、そのための原材料やエネルギーの無駄の回避等々。これらのメリットを数値化したら途方もない金額になる。反面、技術指導の対価は通常ベースの契約単価が適用され、操業改善メリットは還元されていない。

2. 3. 3 環境・省エネ技術における日本鉄鋼業の優位性とセクター別アプローチ

2008年の世界の鉄鋼生産企業の上位10社のうち、京都議定書で温暖化ガスの削減義務を負っているのは、新日鐵とJFEの日本勢2社のみである。原料が自国にない条件下、臨海地域に製鉄所を構え、高効率の生産と高い環境・省エネ技術を駆使して、世界最高品質の製品を生み出してきたのが日本の鉄鋼業である。次に日本の環境・省エネ技術の優位性を概観し、国際的な鉄鋼企業間の協力関係に言及する。

日本鉄鋼連盟によれば、現在日本の鉄鋼業が保有する省エネ技術を世界で活用すると、鉄鋼関連だけで世界の炭酸ガス排出量を年間約3億トン削減可能との試算がある。エネルギーを節約するためには、先ず熱効率を上げる必要がある。これはまた設備の規模によって効率は大きく左右される。高炉を例にとって説明しよう。

現在熱効率がもっとも高いと言われる超大型高炉の分布を見ると、世界中に内容積が5000立米を超える高炉は14基あるが、そのうち11基が日本国内にある。日本で中小型クラスと言われるものでも、3000～4000立米の内容積をもつ。一方、5億トン／年の世界最大の粗鋼生産を誇る中国の実情を見ると、全国に800社とも言われる製鉄会社があり、規模の上ではまだまだ200～300立米クラスの小型高炉が中心。これらの小型高炉でも炉頂圧を利用して発電装置(TRT)が普及しているのも中国の際立った特徴の一つである。米国でも、規模的には数百立米から2000立米の高炉が多数稼働している現実があり、韓国も POSCO 社を除けば、内容積4000立米クラスは持っていない。以上が高炉の内容積を視点とした国際的な熱効率の概況である。

高炉以外にも、省エネ設備の装備には各国で大きな開きがある。工程別に見ると、原料を作るコークス炉から高炉、転炉、圧延を経て最終製品にいたる流れの中で、それらの各工程ごとに省エネ技術を開発し効率の向上を図ってきた。また各工程を連續化することでエネルギーのムダを極限まで排除する工夫が蓄積してきた。「製鉄所における省エネルギー技術の例」(図2. 2. a)を参照下さい。

世界中の主要な鉄鋼会社が参加する世界鉄鋼協会が、2007年5月、「鉄鋼業の温室効果ガス排出削減のための政策提言」を発表した。内容は、インド、中国のような大量のCO₂を排出する途上国も、京都議定書から離脱した米国も参加して、鉄鋼業として地球規模でCO₂削減に取り組む方針を打ち出した。その上で公平なエネルギー効率を基準として、目標値を導入することを提言した。エネルギー効率の良い企業がより発展し、エネルギー効率の悪い企業が市場から退場すべ

し、という理念によって支えられている。

EUが主張するCAP & TRADE制度に対して、worldsteel に加盟するEU内の鉄鋼会社も含め、worldsteel の総意として反対の立場をとっている。図2. 3. 3. a及び図2. 3. 3. bにあるように、日本の鉄鋼業はこれまで莫大な投資を実践して、優れた省エネ技術を磨いてきた。安易にCAP & TRADEが日本へ導入されるとすれば、CAPによって使用できるエネルギーが制限されることで、国内の生産を縮小せざるを得なくなり、悪いエネルギー効率が許容される海外での鉄鋼生産が増えるという現象を招きかねない。地球規模で見るならば、明らかに温室効果ガスの増大を招くことになる。

排出枠の合理性を検証することなく、CAP & TRADEを推し進めるのは百害あって一利なし。共通の課題を抱える同じ産業部門が協力しあって、世界最高の環境・省エネ技術を普及させることが、実質的なCO₂削減に繋がる。

2. 3. 4 アジア太平洋パートナーシップ(APP)の取り組み

鉄鋼業では、環境・省エネ分野で国際貢献をするために、多面的な国際間の連携に取り組んできた。CO₂ブレークスルー・プログラムは、国際鉄鋼協会(IISI)を中心に、長期的な視点で抜本的なCO₂削減技術を開発するために、2003年10月にスタートした。2007年4月時点では、加盟国は55カ国、約180社の主要鉄鋼企業・団体が参加する世界的なネットワークに発展した。因みに粗鋼生産ベースでは全世界の約85%をカバーするマンモス団体である。

中国との間でも積極的な技術交流が行われ、2005年日中鉄鋼業環境保全・省エネ先進技術交流会が総勢約200人の参加のもと、北京で盛大に開催され、その際に取り交わされた覚書に基づいて、2006年11月、別府市にて第2回の専門家交流会が実施された。その後2007年9月に第3回が北京で開催され、第4回は2009年3月千葉市で開催された。約70名が参加、中国国内の大気環境規制が厳しくなってきたことを背景に、大気汚染防止に関する具体的な対処方法に関する質疑で盛り上がった。2010年は中国にて開催の予定。

このように日中鉄鋼業先進技術交流会の参加企業も、粗鋼生産ベースでは、両国の総計の約50%をカバーする有力企業が参加し、実践的な対策が議論の対象になっている。

様々な国際的な取り組みの中でもAPPの取り組みは、7カ国の加盟ながら全世界の約60%(粗鋼ベース)のシェアを持つ主要国が参画し、環境・省エネ分野で具体的な活動を着実に行っていることは、個別の企業レベルや国レベルの利害を超えた、地球規模での実践として注目すべき取り組みである。

2. 3. 4. 1 鉄鋼タスクフォースでの取り組み

先述のIISIは2008年10月に世界鉄鋼協会(WSA:World Steel Association)と改名され、従来のAPPの活動をほぼ踏襲している。

- ▽ 第一回(2006年4月、於米国)アクションプランの合意、技術ハンドブックの原稿配布他
- ▽ 第二回(2006年9月、於東京)普及率調査結果一次とりまとめ他
- ▽ 第三回(2007年3月、於インド)普及率調査、削減ポテンシャル評価報告、技術ハンドブックドラフト完成、中印現地調査議論他
- ▽ 第四回(2007年10月、於豪)原単位調査結果報告、現地調査進捗報告他
- ▽ 第五回(2008年4月、於韓国)中印製鉄所の診断調査報告と今後の展開、中期目標の設定他
- ▽ 第六回(2008年11月、於中国) 技術移転上の障壁について中間報告他
- ▽ 第七回(2009年5月、於米国) 共通の目標設定方法論に関する合意他
- ▽ 第八回(2009年10月、於カナダ) 2008年総合サーベイ合意、電炉専門家会発足、普及加速促進策情報共有他

上記の技術ハンドブックの作成に基づき、環境・省エネ技術の普及率から削減ポテンシャルを評価する活動を紹介する。ハンドブックには、22の環境保全技術と42の省エネ技術を収録。

そのうち27の技術は日本から提供した。先ず代表的な環境・省エネ技術に関し、計17について各国の実態調査を行った。

- ・ 代表的な省エネ技術例：副生ガスの回収（高炉、コークス炉、転炉）、コークス乾式消火設備、排熱回収等
- ・ 代表的な環境技術：コークス炉ガス脱硫、焼結排ガス脱硫・脱硝等

専門家による製鉄所診断も主に中国・インドの工場を対象に実施、環境・省エネ技術の先進的な知見をもった技術者が現地を訪れ、具体的な助言を行っている。2007年12月には中国の3製鉄所、2008年1月にインドの1製鉄所、2009年2月にはインドの2製鉄所に対し、日本の専門家が環境・省エネ診断を実施している。その際に使用した診断シートの一部を転載する。「現状把握の手順」（図2. 3. 4. 1. a）及び診断シートの一部 表2. 3. 4. 1. bを参照下さい。

診断シートの作成そのものが、医者に例えれば診断するチェックポイントであり、次に対策を具現化する処方箋作りに必要なデータの収集である。各設備の設備能力に対して、運転中・休止中のデータの採取項目・方法やデータの単位等の決め方そのものが診断ノウハウの集積に他ならない。データの採取が不適切であれば、処方箋の書き方を誤る、もしくは処方箋そのものが作成できない事態になる。

実際の診断ミッションの派遣について、一般的な手順を以下に説明する。

先ず診断の対象とする製鉄所・工場の選定。併せて診断に要する期間と予算の決定（経産省）
→ 派遣メンバーの決定。診断に向けての事前打ち合わせ → 現地調査に先立つ1ヶ月前に、予備的な調査シートを相手先に送付、相互に情報交換 → 事前のデータ分析、補足質問
→ 現地調査（対象製鉄所・工場当たり4～6名で3日間） 設備見学、追加事項に関する討

議、簡易報告会 → 持ち帰ったデータの詳細分析、レポート作成 → 相手先との報告書ミーティング

診断シートノ記入にあたって、診断を受ける製鉄所としては、適切に記入できる部分もあれば、要請に合致するデータの採取が行われていなかったり、データの採取方法そのものが理解できなかったり、適切な測定器具が不備であったり等々様々なケースが発生する。診断ミッションと相手先製鉄所との間で入念な事前の摺り合わせが行われ、その後に専門家ミッションの派遣という運びになる。派遣先では現地の操業者、メンテ技術者、担当の技術管理者、製鉄所幹部等との打合せや意見交換と併行して、現地設備の現場調査を行い、場合によっては実際に測定も行い、診断シートを完成させる。この場合、現地責任者の環境・省エネ問題に対する取り組み姿勢を把握することも、その後の対策を具体化する上で、実現性を左右する重要な要素になる。最終的には診断ミッション側から次のような診断レポートが提出され、報告書をめぐって議論を行い、双方認識を共有することで、一連の診断業務は一旦完結となる。

▽ 環境分野

- ・ 規制値に対する実際測定値の評価
- ・ 排出されるスラグ、粉塵、スラッジの利用状況の評価
- ・ 環境保全対策の提案

▽ 省エネルギー分野

- ・ エネルギー・バランス上の課題
- ・ 各工程ごとのエネルギー原単位(日本の平均値との比較)
- ・ 省エネ装置・機器の導入状況
- ・ 省エネ対策の提案

日本の鉄鋼各社が、現時点でOBも含めると現場経験が豊富で、しかも机上の技術論にも精通している技術陣を擁していることは救いではあるが、各社の現役世代にはかつて採用を絞り込んだ時期の影響が色濃く残っており、層の薄さは深刻である。いずれにせよ診断シートのフォーマットを纏め上げたことで、ベストの診断メンバーが組めなくとも、漏れのない質的に合格点が取れる現地診断の態勢が整備できた意義は大きい。技術ハンドブックの作成や製鉄所診断等の6つのプロジェクトの概要を示す表2. 3. 4. 1. cを参照下さい。

図 2.3 新日本製鐵の海外での技術協力実績

■ 海外での技術協力実績 (2009年3月末現在:世界50カ国、168社／1,341件)



※新日本製鐵「2007年度環境・社会報告書」>環境データ集より

図 2.3.3.a 省エネルギーの取組みの推移

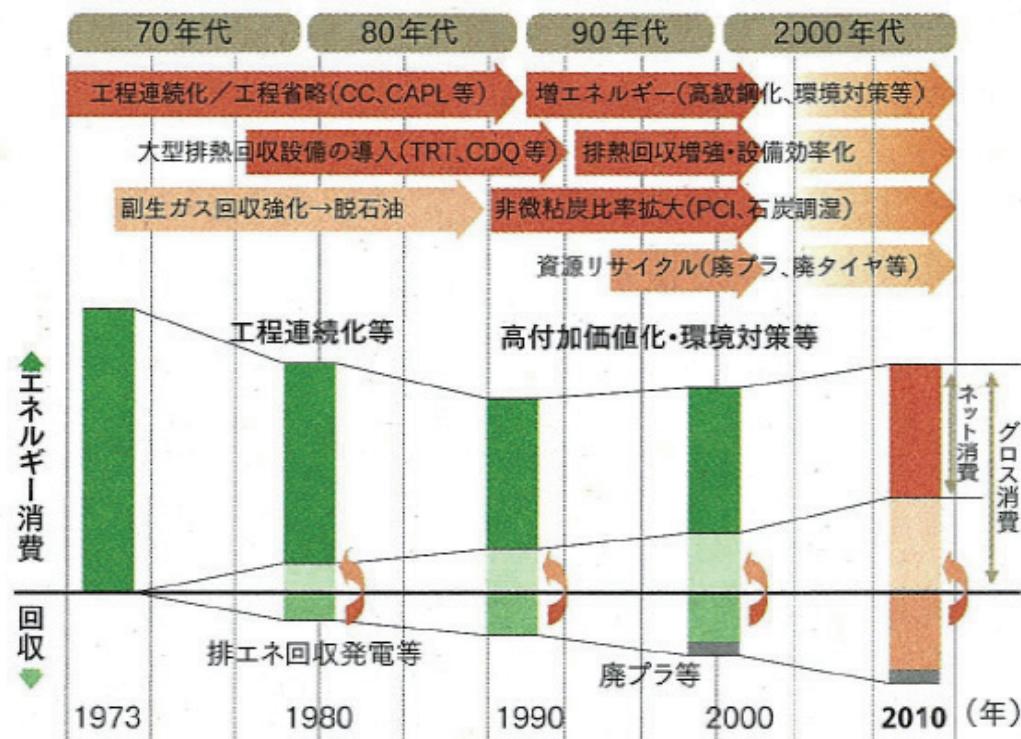
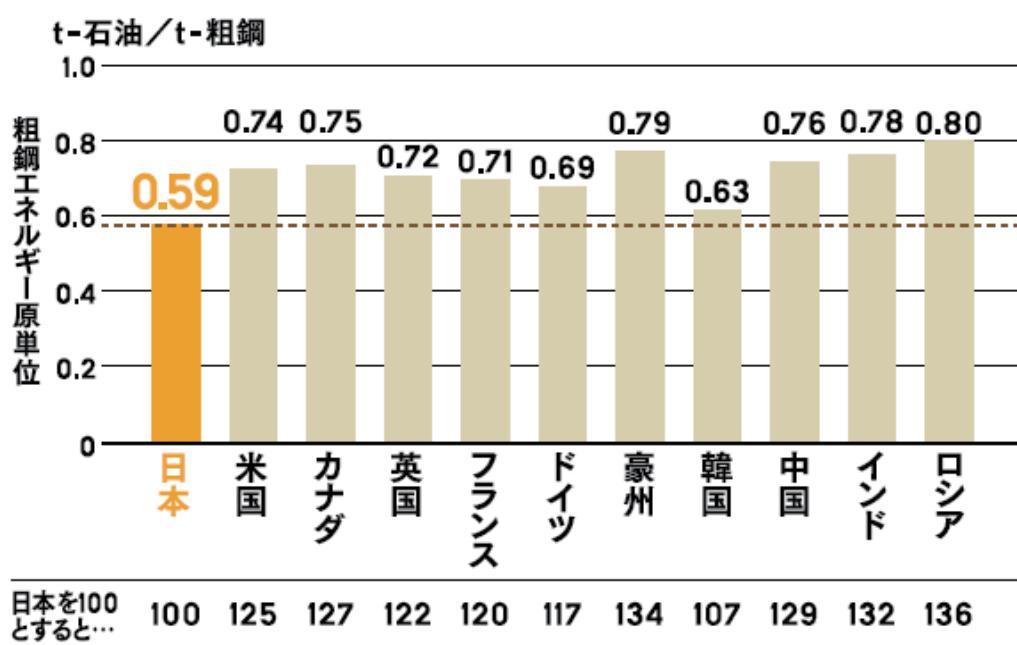


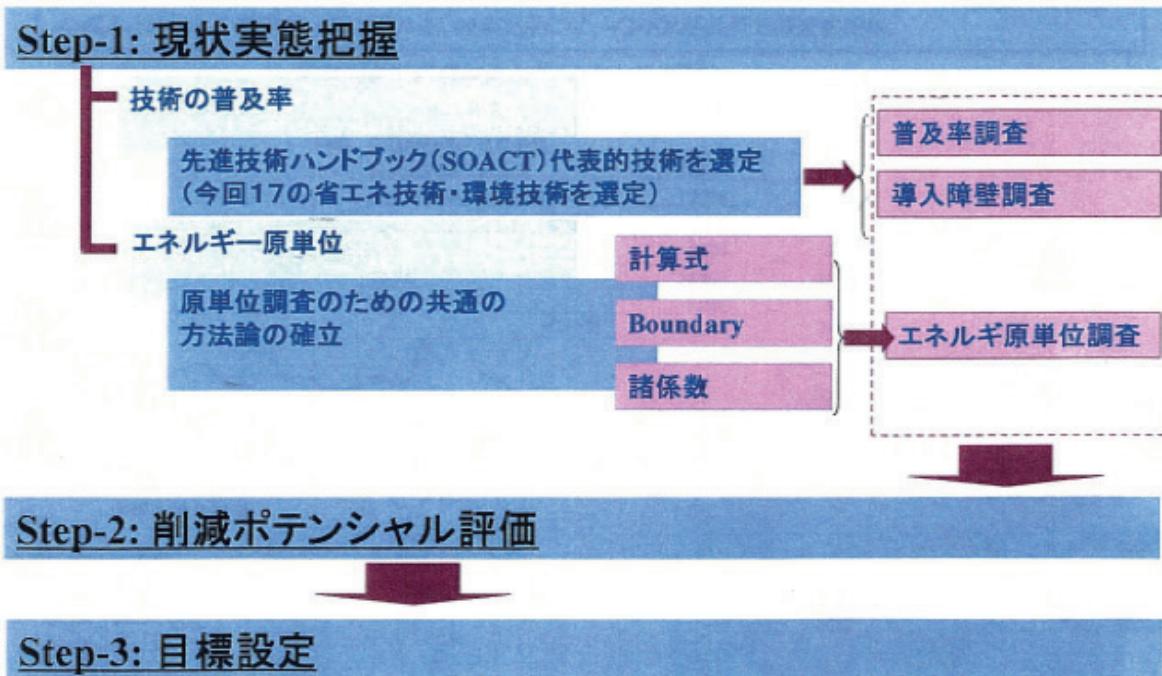
図 2.3.3.b 鉄鋼業のエネルギー効率の国際比較



出典:「エネルギー効率の国際比較(発電、鉄鋼、セメント部門)」RITE、2008
(日訳・数値記載は日本鉄鋼連盟)

※新日本製鐵「2007年度環境・社会報告書」>環境データ集より

図 2.3.4.1.a 現状把握・ポテンシャル計画・目標設定のフォロー



Lecture on GSSA, NIKKEI Forum by Tetsuo OKAZAKI on Monday 9 November 2009

図 2.3.4.1.b 診断シート（事前調査）

Survey Items (Preliminary Survey)	
Survey Items	Survey Details
Steel Works Overview	Main Process, Capacity, Specification and Process Flow
Energy Balance Survey	Energy Consumption & Recovery Energy of Each Energy, Each Process.
Utility Facility Survey	Detail Evaluation on Power Plant & Oxygen Plant
Penetration Rate of Environmental & Energy Saving Facility	Penetration Status of Environmental & Energy Saving Facility of Each Process
Environmental Measures for Air Pollution	Environmental Regulations & Conditions of neighboring Area. Actual Result for Exhaust Gas. (SO_x , NO_x , etc.) Details of Environmental Facilities.
Environmental Measures for Intake & Waste Water	Intake & Waste Water Flow, Intake Water & Waste Water Quality, Detail of Waste Water Treatment Facilities.
Slag, Dust & Sludge Recycling	Treating Method & Usage of Slag, Dust & Sludge.

<図 2.3.4.1.b 診断シート（事前調査）>



Japan

Survey 4. Penetration Rate of Environmental & Energy Saving Facility

Introduction Status of Environmental & Energy Saving Facility

Survey of the penetration rate of Environmental / Energy saving facilities		BATT#1	BATT#2	BATT#3	BATT#4	BATT#5
Process	Environmental and Energy saving facilities					
Coke Plant	Environmental facilities					
	dust collector (coal charging car)					
	dust collector (coke-side shed)					
	dust collector (building evacuation)					
	desulfurization (coke oven gas)					
	low Nox combustion apparatus					
# of units () *1	bichemical treatment of coke oven waste water					
	*3 Others ()					
	Energy Saving					
	Coke dry quenching					
	Coke moisture control					
	Coke oven gas recovery					
	*3 Others ()					
Sinter Plant	Environmental facilities					
	dust collector (waste gas)					
	desulfurization (waste gas)					
	denitrification (waste gas)					
	low Nox combustion apparatus					
# of units ()	dust collector (screens and belt-conveyor transfers)					
	*3 Others ()					
	Energy Saving					
	sinter waste heat recovery from sinter coolers w of SP#2					
	*3 Others ()					



Japan

Survey 4. Penetration Rate of Environmental & Energy Saving Facility

Introduction Status of Environmental & Energy Saving Facility

Survey of the penetration rate of Environmental / Energy saving facilities		BATT#1	BATT#2	BATT#3	BATT#4	BATT#5
Process	Environmental and Energy saving facilities					
Blast Furnace	Environmental facilities					
	dust collector (BFG)					
	dust collector (tap hole)					
	dust collector (cast house)					
	water recycling system (water reuse for BF gas dedusting)					
# of units ()	*3 Others ()					
	Energy Saving					
	blast furnace gas recovery					
	top pressure recovery turbine					
	pulverized coal injection					
	hot stove waste heat recovery					
	Other Carbon Injectant (ex tar, oil)					
	*3 Others ()					
BOF Steel making	Environmental facilities					
	dust collector (BOF gas)					
	dust collector (around furnace mouth)					
	dust collector (building evacuation)					
	water recycling system					
# of units ()	*3 Others ()					
	Energy Saving					
	BOF gas recovery					
	BOF gas sensible heat recovery					
	*3 Others ()					

表 2.3.4.1.c

技術ハンドブックの作成や製鉄所診断等の6つのプロジェクトの概要

◆各プロジェクトのまとめ◆

番 号	タ イ プ	概 要
STF-06-01	APP鉄鋼ワークショップ	パートナー諸国の政策、ならびに省エネ、環境保護、リサイクルに関する技術情報の相互理解およびそれらの収集を推進するとともに、政府・民間部門での対話を通じた障壁および解決策の意見交換をする。
STF-06-02	鉄鋼産業に関する省エネ指標等の現状調査	鉄鋼産業のプラントにおける省エネ設備の普及率を調査し、CO2削減ポテンシャルを推計するとともに、共通の定義およびバウンダリーの問題を定め、エネルギーとCO2排出の効率指標に関して考察する。
STF-06-03	パフォーマンス指標の設定	各国の状況や背景を考慮しつつ、CO2やSO2などエネルギー効率および環境改善に関する定量的な目標を設定する。
STF-06-04	パフォーマンス診断	パートナー諸国、特に中国とインドを対象に、技術やプラクティスの導入、普及、展開を支援することを目的に、省エネおよび環境保護の専門家を派遣し、改善のための適切なアドバイスをする。
STF-06-05	SOTACTハンドブック	鉄鋼産業における省エネや環境保護の技術およびプラクティスに関する情報を包括的にまとめたハンドブックを作成、公表し、定期的に更新する。
STF-06-06	技術の装備	パートナー諸国に費用効果の高いクリーンな技術を普及・展開させ、温室効果ガス排出ならびに環境保護のパフォーマンスを改善させる。

2. 4 電力分野 《先進的取り組みをしている例》

2. 4. 1 日本における電力産業の歴史を振り返る

新幹線が開業し、東京オリンピックが開催された1964年（昭和39年）、東京千住にあった火力発電所が取り壊された。この発電所は巨大な4本の煙突を持っていて、下町では『お化け煙突』と呼ばれていた。というのは見る角度によって1本にも2本にも3本にも、もちろん4本にも見えたことから、そう呼ばれた。この火力発電所は、東京電力の前身である東京電燈という会社のものだった。1886年（明治19年）日本初の電力会社、東京電燈が営業を開始した。1894年（明治27年）、日清戦争が始まると電力不足は目に見えてひどくなり、明治37年日露戦争が始まるとさらに深刻さを増した。この電力不足に悩んで、東京電燈は巨大な発電所を建設する。それが冒頭の千住火力発電所である。

明治19年に東京電燈が営業を開始したあと、日本各地に雨後の竹の子のように電力会社が誕生。火力あり、水力あり。各地に乱立した電力会社は、日露戦争以降、合従連衡を繰り広げた。その主な理由は、①大規模水力発電が可能になったこと②遠距離送電が可能になったこと等による。

大正時代になると、日本には五大電力会社が誕生した。東京電燈、東邦電力、大同電力、日本電力、宇治川電力。1938年（昭和13年）、電力事業は国家が統制すべしとの考え方から、電力管理法が制定された。戦後の1951年、日本の発電・送電は現在の9電力会社（沖縄を含むと10社）に分割された。

以降日本の電力産業は、国内産業の発達とともに成長し、善し悪しはともかく戦争を契機に成長した。今では、途上国では珍しくない停電も、ほとんど死語になるほど安定供給が確保され、社会の隅々に張り巡らされた神経や脳に相当するITネットワークを、間断なく正確に作動させる高品質な電力を安定供給する技術が、一種ガラパゴス的な進化を遂げて日本の広汎な産業と、多様化した社会生活を支えている。

2. 4. 2 制約条件が電力産業を強くした

この過程で蓄えた発電所の建設・運転から、電力事業としての運営・管理に至る膨大なソフトが、技術移転の源泉となっている。これらのソフトの集積は何故に磨かれてきたのか？

日本の電力を強くしたのは、電力産業が宿命的に抱える制約条件だったのではないだろうか。

日本の電力産業の根幹をなす火力発電所は、燃料を100%輸入に頼っているため、港湾施設のある臨海地域に立地するのが特徴である。制約条件と、それらをバネに克服した課題を以下に整理する。

- ▽ 燃料を輸入に頼るという制約条件により、燃料の国際相場の変動に絶えず左右され、なおかつ高い輸送コストを負担するという弱点をもつ。したがって変動の影響の極少化とエネルギーの安全保障の観点から、高い燃費効率を追求し、徹底したムダの排除をすることが至上命題であった。
- ▽ また燃料を輸入に頼るという制約から、火力発電所は臨海地域に建設した。一般的な傾向として、臨海地域は地価が高く、スペース的な制約もある埋め立て地であることが多く、かつ人口密集地の近傍であることが多い。したがって、よりコンパクトな発電所をめざすことと、公害防止に真剣に取り組むことが必須の条件であった。
- ▽ 地域独占の高コスト体質の弊害を指摘されることがあるものの、反面日本の需要家の高水準の要求に対応するなかで、高品質の電力を供給する体制が整備されてきた現実もある。他社との厳しいコストダウン競争にさらされない時代が長く続いたことが、結果的に高品質を追求しやすい恵まれた環境を確保できたとも言える。両方の側面を客観的に評価したい。

2. 4. 3 海外に活路

今後の国内電力需要に大きな伸びが期待できない。長期的には人口減少の傾向が明確になり、成熟産業の市場拡大も見込めないなか、一方では省エネが進み、今後10年間、年平均の成長率が0.8%程度にとどまるという見通しがある。今後とも日本経済が競争力を維持し続けるためには、電力を中心とする経済基盤インフラの更なる効率化を実現するとともに、高い成長が見込まれる近隣アジア諸国の活力をどれだけ取り込めるかが、日本の成長戦略の大きな柱の一つになる。

一般に産業が国際競争力を維持し続けるためには、海外からの競争圧力の存在が欠かせない。鉄鋼や自動車、家電などの製造業も、海外企業との切磋琢磨を通じて、生き残れる国際企業に成長した。電力産業は物理的に国内の電力供給で事業が完結しているため、海外からの直接的な競争圧力からは隔離されており、ともすると世界のグローバル化の動きから取り残されかねない。

そんな状況下で、電力需要の落ち込みは、企業の活力の源泉である成長ホルモンの分泌が低下するばかりでなく、これまで培ってきた火力発電所の建設や運営ノウハウを次世代に継承する場がなくなることを意味する。危機感を抱いた電力各社は、海外事業を、事業の安定化・拡大という狙いばかりではなく、技術者の育成、技術の伝承に欠かせない環境条件と位置づけ、徐々に海外事業への取り組みを増強しつつある。

2. 4. 3. 1 東京電力の例

海外事業に最も力を入れているのは、Jパワー(電源開発)である。同社の本業である、国内の電力会社に電気を売る卸電力はほぼ頭打ち。04年の民営化で収益力の向上を求められていることから、海外での発電事業に成長を求めた。海外での発電設備の持ち分は、合計24箇所で計382万キロワット。同社が国内で保有する発電能力の約2割にあたる。

Jパワーに次いで海外投資を増やしてきたのは東京電力である。同社の実例を挙げて海外展開の具体的な方針を紹介する。同社は、平成8年に国際部を発足させ、国内電気事業が厳しさをますなか、海外事業を事業拡大の戦略分野の一つと位置づけた。具体的には①開発途上国を中心に、培ってきた技術・ノウハウを活用して、発電事業と送配電ネットワークの信頼性向上にむけたコンサル事業の展開を図る。②新たな投資チャンスを海外に求めるという視点から、海外発電事業などへの出資、参加に取り組み開始。平成11年7月、海外プロジェクトへの出資・融資を行う子会社テプロ・インターナショナルをオランダに設立。

■海外コンサルティング事業の展開例

平成8年からこの13年間に、世界55カ国・340件のプロジェクトを実施した。地域別では、アジアが全受注件数の4分の3を占めるが、豪州や中東、東欧にも営業活動を広げ、実績を増やしつつある。(図2. 4. 3. 1を参照下さい。)

コンサル業務の主な実例と内容は以下の通り:

▽ 電力開発計画・基本計画策定支援など

- ・ 電力系統計画の策定業務(JICA ラオス電力マスターplan)など
- ・ 地方電化計画の策定業務(JICA ザンビア地方電化マスターplan)など

▽ 省エネ政策・効率改善支援など

- ・ 省エネ計画の策定業務(JICA サウジアラビア 省エネルギーマスターplan)など
- ・ 電力設備の保守や運転の改善支援(ジャマイカ、バハマ送配電技術支援)など

▽ 高度な技術支援など

- ・ 100万ボルト送電線の設計業務(中国UHV【注】送電技術コンサルティング)
 - ・ 原子力発電所の設計・運転管理業務(米国ABWR原子力発電所の設計・建設支援)
 - ・ 火力発電所の運転・保守業務(フィリピンTeaMエナジー技術支援)など
- 【注】 Ultra High Voltage の略。一般に最高電圧100万V～150万V送電をUHV送電という。100万V～150万Vの交流送電や、電圧±50万V～75万Vの直流送電などが該当する。

■海外投資事業の展開例

▽ 07年にフィリピンのマニラ首都圏に電気を送る発電会社『ティームエナジー』に、丸紅と共同で出資したのを皮切りに、

- ・ 台湾、ベトナム、オーストラリア、インドネシア、フィリピンの火力発電プロジェクトへの参加
- ・ UAEの発電・海水淡化プロジェクトへの参加
- ・ (株)ユーラス・エナジー・ホールディングス(60%)への資本参加を通じ、海外風力発電事業(米、英、スペイン、韓国)への参加
- ・ オーストラリアでの植林事業への参加 等々

* 昨年末、海外の原子力発電事業に参入する方向で検討に入ったとの新聞報道あり。(2009年12月9日日経新聞朝刊) 技術協力関係にある米原発会社への出資や、ベトナムでの事業参画を目指すと指摘されている。従来から同社の沸騰水型の原子炉に関する経験は高く評価されており、そう取り沙汰されるのも無理はない。

2. 4. 3. 2 海外への技術移転を通じて明らかになつたいくつかの市場認識

▽ 中国への技術移転

- ・ UHV送電は、日本国内では実質的な需要がないためこれまで実績がなかったが、広汎な地域に大量の電力を送るニーズが差し迫っている中国に対し、日側が技術協力し本格採用になった。先行実績が評価され、日本の技術が世界標準として採用された。実戦的な需要に対応することで技術が確立され、結果として世界標準の主導権が取れたことは、今後の戦略の有力な方向性を示唆する。
- ・ 中国には優秀な人材が電力分野に集まる労働市場環境がある。現在は知的財産関連で利害が対立するケースは少ないが、将来は他の産業分野同様に問題化する可能性はある。

▽ 中東市場の特徴

電力システムが都市集中型で、都市部への集積度が高く、日本の高品質の電力安定供給を求められることから、日本の経験が直接的に生きる。とりわけアブダビでは評価が高い。イスラム独特的文化や習慣があって戸惑うこともあるが、適応は可能。ファイナンス力があることは安心材料。

▽ 代金回収が比較的スムーズ

中国等でしばしば問題になる代金回収も、相手先が国営企業であることも多く、支払いでもめることはない。

2. 4. 4 『クリーン開発と気候に関するアジア・パートナーシップ』(APP)への取り組み

先述の第2章「2. 3. 4. 1 鉄鋼タスクフォースでの取り組み」と同様に、日本の電力各社は、これまで積み重ねてきた経験・ノウハウの集大成の一つとして、「Peer Review Activities for the Coal-fired Power Plant」(火力発電のピアレビュー活動)【注】に参画した。参加各国の発電技術者が一つの発電所を題材に、最も効率的なプラント管理運用法を共有化して、二酸化炭素を削減しようという活動に取り組んだ。参加国は、米国、カナダ、中国、インド、オーストラリア、韓国と日本の7カ国。しかしながら国によって事情は様々。「供給力不足のため、常に高負荷での運転を求められるインド」、「メーカーに頼らない自主運用のため、効率改善意識が希薄な米国」、「燃料調達の優位性(褐炭: 2~5 USドル/T)から、そもそも効率改善の必要性が薄い豪州」等々。日本の電力会社の参加メンバーの声として、こんなコメントがあった。「どの国も発電できれば先ず一安心で、熱効率の維持向上はあまり重要視されていない」と。

当初は日本側の次のような狙いから今回の取り組みが始まった。「日本の火力発電所の熱効率は、運転開始後30年経過しても、設計値に近いレベルで維持されているのに対して、途上国では、運転開始後数年で数%も低下することがある。日本で日々実践されている保守・運転管理が行われれば、新たな資金投入をしなくても、熱効率を改善することができ、結果としてCO₂も削減できるのではないか？」このピアレビューで、日本が主体的に作成・提案した火力発電所に関する運転・保守技術を纏めたグリーンハンドブックや、各国の効率改善事例を纏めたチェックリスト及び効率改善シートは、参加各国からの要請で既に200セットが配布され、内容に対する評価が極めて高い。

【注】ピアレビュー

仲間や同僚を意味する「ピア」が、経験やノウハウを活用しながら、お互いの設備を診断・評価「レビュー」しあう活動。具体的には、各国からの参加者が、訪問先の石炭火力発電所において「ボイラー」、「タービン」、「補機」等の専門グループに分かれ、ボイラー燃焼の最適化、蒸気タービンの効率改善、空気予熱機や復水器の性能向上に関して、発電所側からの運用情報の提供や現場確認、オペレーターへのヒアリングなどをもとに、問題点や課題の抽出整理を行い、参加者の経験・ノウハウを活用しながら、これらに対する改善策の検討・提案を行なう。この取り組みより共有化が図られた運転・保守管理の最良事例を、参加者が自国・自社の発電所に移転することにより、熱効率が改善し、結果としてCO₂排出が削減されることになる。

以下に、火力発電所の海外X社と東京電力の熱効率比較グラフ(図2. 4. 4. a)と、日本側が作成した効率診断チェックリスト計112項目のうちの、タービンの12項目(表2. 4. 4. b/c)を参考に供します。項目の内容は一見基礎的なチェック内容であるが、100項目以上に亘って先ず全体にチェックの網をかける。個別の項目に関して関係者間の問題意識の共有化を図りながら、最終的な改善提案に纏め上げて行く地道な作業であり、海外の仲間に地道なメンテの思想とチェックの方法論を定着させて行くための実践的な活動である。

図 2.4.3.1 海外コンサルティング事業 受注実績

- 平成8年以降、13年間で世界55ヶ国・340件のプロジェクトを実施
- 地域別では、アジアが全受注件数の約4分の3
- 受注件数：4件（平成8年度）→49件（平成19年度）[増加]

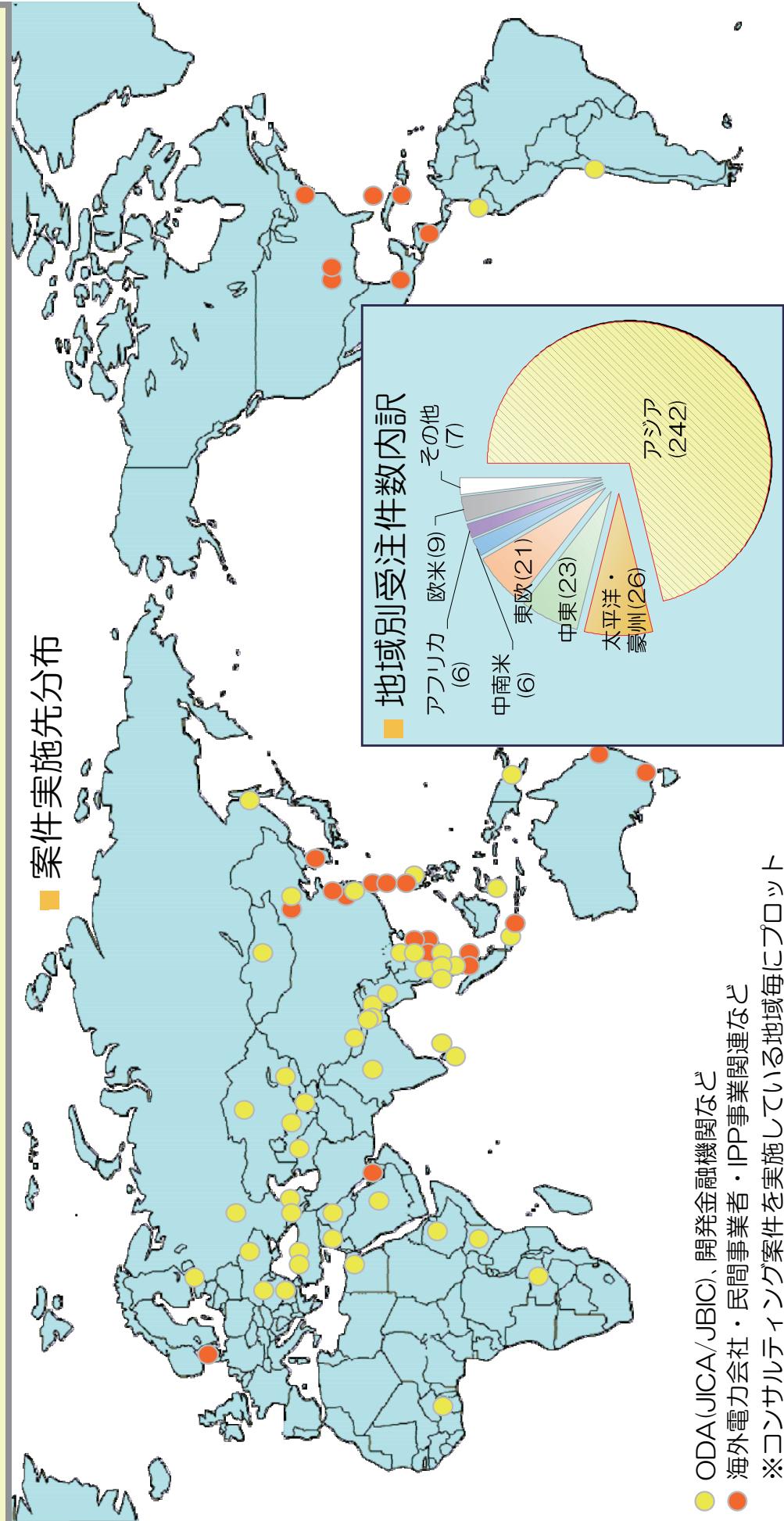
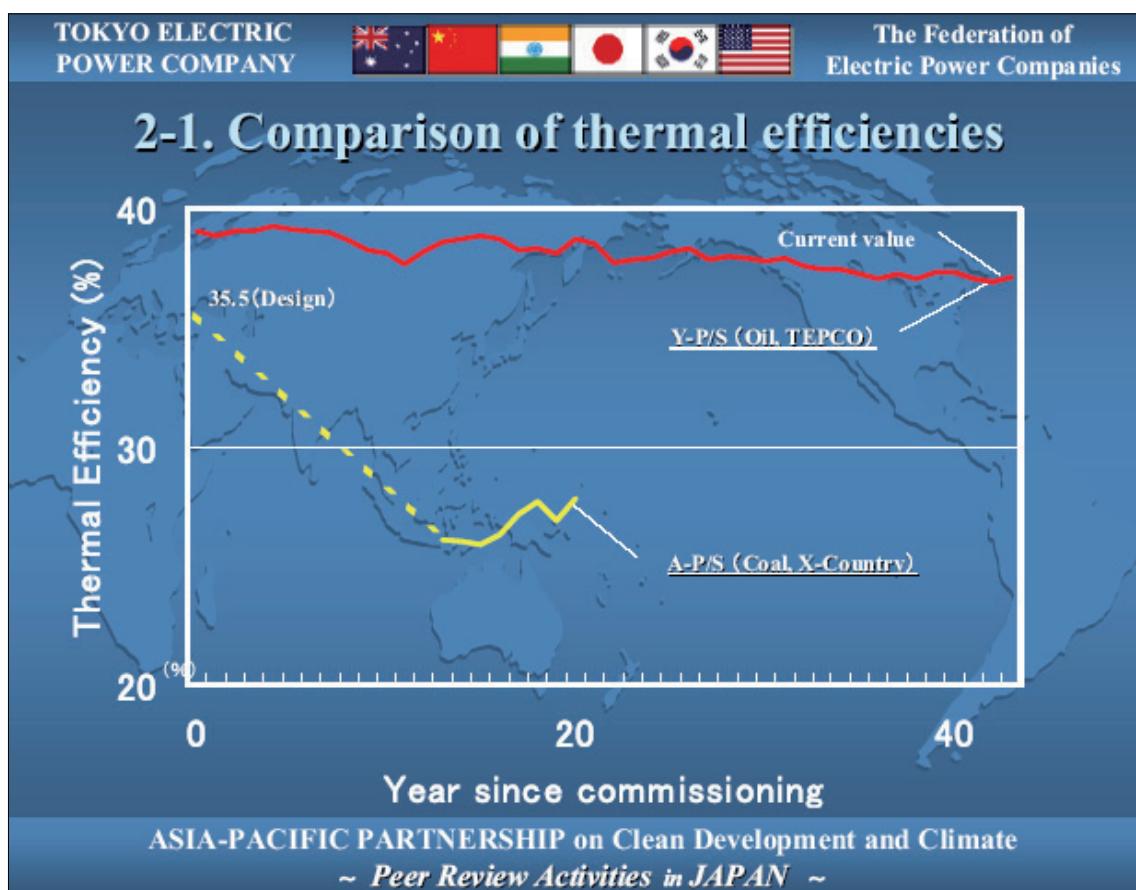


図 2.4.4. a 東京電力と海外火力発電の熱効率比較例



※電気事業連合会資料より

表 2.4.4. b&c Turbineリスト

ASIA-PACIFIC PARTNERSHIP ~ Peer Review Activities ~



THE FEDERATION OF ELECTRIC POWER COMPANIES OF JAPAN

TOKYO ELECTRIC POWER COMPANY

AMERICAN ELECTRIC POWER

INTERNATIONAL POWER HAZELWOOD, AUSTRALIA

NTPC Ltd, INDIA

CII GODREJ GBC, INDIA

Turbine

COAL FIRED POWER PLANT EFFICIENCY IMPROVEMENT CHECKLIST (3rd Draft)

1/2

	Equipment	Description of the physical situation	Effect on the efficiency	Indication by operating figures
T-1	Feedwater Conditions	Water / steam leakage from condensate / feedwater system.	Turbine efficiency reduction.	Make-up water increase. In house power consumption rate increase.
T-2	Turbine	Turbine faulty assembling (lack of the gap control)	Turbine efficiency reduction.	Changes in the steam inlet temperature and the exhaust pressure.
T-3	Turbine	SCC on the turbine cross over pipe bellows.	Turbine efficiency reduction.	MW reduction due to steam leakage. Condenser vacuum decline. Casing external temperature increase.
T-4	Turbine Bearings	Damage on the turbine blades / nozzles / shafts / bearings. (Improper operation, water induction, etc.)	Turbine internal efficiency loss.	Turbine bearing vibration.
T-5	Turbine Blades	Scale accumulation on the surface of turbine blades, erosion, and the nozzle deformation.	Turbine internal efficiency loss.	Turbine exhaust pressure / temperature abnormal.
T-6	Turbine Oil	Turbine lubrication oil leakage, oil deterioration, foreign material.	Turbine mechanical loss. Turbine stop.	Changes in the return oil temperature. Differential pressure on the oil pump strainer increase.
T-7	Turbine Seal Packing	Turbine gland leakage.	Turbine external leakage loss.	Condenser vacuum decline. Expansion deviation.
T-8	Turbine Strainer	Main steam strainer checking.	Pipes pressure loss.	Differential pressure with the strainer increase.
T-9	Turbine valves	Major turbine valves erosion, seat leak	Turbine valves pressure loss.	Change in the pressure loss. Change in the valve opening. Sound of leakage. Pipe temperature high. Valve opening hysteresis curve change.
T-10	Turbine Blades	Fouling by silica scale	Turbine internal efficiency loss.	Turbine exhaust pressure / temperature abnormal.
T-11	Turbine steam sealing fin	Steam leakage increase due to the erosion at the rotor radial fin Steam leakage increase due to the wear of diaphragm packing and rotor shaft packing	Turbine internal efficiency reduction	Main steam flow increase, Turbine CV opening increase
T-12	Turbine rotor blades and diaphragm	Scale adhesion and accumulation on the steam paths	Turbine internal efficiency reduction	Main steam flow increase, Turbine CV opening increase

※出典: <http://www.fepc.or.jp/future/warming/torikumi/partnership/index.html>

**Turbine****COAL FIRED POWER PLANT EFFICIENCY IMPROVEMENT CHECKLIST (3rd Draft)**

2/2

	Equipment	Physical Causes ():Related incident No.	Countermeasures	Procedure Improvements to prevent the recurrence
T-1	Feedwater Conditions	Steam leakage. Drain increase.	Repair of the water leakage from the condensate system pumps. Repair of the steam leakage from the feedwater system pumps.	Monitoring the performance. Improving the routine procedure.
T-2	Turbine	Improper assembling, maintenance. Improper adjustment.	Proper control of the gap.	Improving the gap control procedure.
T-3	Turbine	SCC defect due to the water quality. Abnormal rubbing when the cross over pipe bellow slides.	Repair of the bellows with changing their design. Water quality improvement.	
T-4	Turbine Bearings	Overload operation. Operation beyond the prescribed limitation. Thermal or mechanical shock during operation. Water injection into the turbine cylinder from: *steam extraction system. *Main steam line. *RH spray. *Gland steam system. *Blow-down sy	Repair the bearing. Repair of the crack / replacement of the blades/nozzles.	Sharing and analyzing the trouble information. Prevention measures of recurrence, proper training.
T-5	Turbine Blades	Erosion caused by drain, etc. Scale capture (5) and adhesion. Creep deformation on the nozzles.	Repair or replacement of the blades / nozzles (modern blades and nozzles give efficiency improvements).	Collecting and collating the related OEM information. Analyzing the operation data. Collating and analyzing the maintenance results.
T-6	Turbine Oil	Oil deterioration. Foreign material inclusion.	Repair of the oil leakage, monitoring oil quality, oil flushing. Oil replacement. Oil purifier improvement.	Improving the oil flushing procedure. Improving the routine maintenance procedure.
T-7	Turbine Seal Packing	Improper operation during the switching of gland steam system causing an excessive thermal shock. Packing defects.	Repair of the turbine gland packing.	Operation condition and procedure management. Collating the inspection results chronologically.
T-8	Turbine Strainer	Scale capture (5)	Boiler scale removal.	Improving the boiler scale management.
T-9	Turbine valves	Valve seat erosion. Drain increase. Steam leakage. Scale capture (5)	Repair of the valve seat. Boiler scale removal. Install new low pressure drop control valves.	Monitoring the performance. Improving the boiler scale management.
T-10	Turbine Blades	Silica scale fouling	Remove the scale from blades and nozzles.	Keeping the concentration of silica in feedwater and/or drum water low.
T-11	Turbine steam sealing fin	Wear of fin/packing over years	Periodical overhaul of the steam turbine Measurement and adjustment of gaps to meet their set values Replacement will be conducted if such abnormal wears are found that the set values cannot be achieved.	Plant operation data collection and trend monitoring, Periodical turbine overhaul and gaps adjustment, Maintenance program development utilizing the accumulated data on measurement and operation monitoring
T-12	Turbine rotor blades and diaphragm	Scale adhesion and accumulation over years	Periodical turbine overhaul, Repair and treatment of areas that are overhauled, Removal of scale	Plant operation data collection and trend monitoring, Periodical turbine overhaul and gaps adjustment, Maintenance program development utilizing the accumulated data on measurement and operation monitoring

※出典: <http://www.fepc.or.jp/future/warming/torikumi/partnership/index.html>

2. 5 家電分野 《組立系分野の例》

組立系産業分野としては、家電以外に輸送機械、自動車、電機、精密機械、一般機械等、幅広い業種が含まれるが、本項では家電分野の代表的企業であるパナソニック社の環境・省エネ技術の海外への移転実態を中心に調査し、環境・省エネ分野の世界同一品質を確立した、同社の集団としての強さを探った。

2. 5. 1 パナソニック社の環境・省エネ問題に関する基本スタンス

同社では、2007年からの3年間の中期経営計画「GP3計画」で、すべての事業活動で環境負荷を削減することを収益と並ぶ最重要テーマと位置づけ、環境経営の加速を図っている。エコアイディアを、「商品」と「モノづくり」、「ひろげる」という3つの切り口で推進する。

本論では対象外としているが、「商品のエコアイディア」の分野では、住宅、冷暖房器具、照明、冷蔵庫、TV等の商品で、省エネ性能を徹底して追求。「モノづくりのエコアイディア」では、CO₂削減をグローバルに推進する目標を立て、作業をしている場所だけに照明を使用する、不要な場所は消灯するという日常的な取り組みから、生産工程のインバーター制御化まで、削減施策の洗い出し、設備の更新、末端の運用管理など、肌理の細かい取り組みを着実に実行している。

「パナソニックの環境負荷物質削減の取り組み」(表2. 5. 1. a)と「化学物質管理ランク指針バージョン6(製品版)」(表2. 5. 1. b)を参照下さい。1989年モントリオール議定書が発効し、冷蔵庫・冷凍機の冷媒や部品の洗浄等に使用されているフロンの生産規制が行われた。さらに1997年、京都議定書で強力な温室効果をもつHFC等のフロンの大気中への排出が規制されることになった。

2001年4月には日本国内で「家電リサイクル法」が施行され、欧州でも鉛、カドミウム等の使用を禁止するRoHS指令や、廃電気・電子機器のリサイクルを推進するWEEE指令の検討が水面下で開始されていた。これら諸法規制をことごとくクリアし、環境規制の厳しい欧州を含め事業のグローバル展開を実現している。

2. 5. 2 具体的な取り組み

「地球温暖化防止」、「廃棄物・有価物発生量削減」、「化学物質排出・移動量削減」を中心として、あらゆる投入量と排出量の最小化に取り組む。とりわけCO₂排出の削減については、全社CO₂削減推進委員会を設置し、進捗の月次管理を実施。削減施策としては●メタゲジ【注】による見える化の徹底、●専門家チームによる省エネ診断の実施、●生産プロセスの革新、●削減事例の横展開等を推進している。

2. 5. 2. 1 モノづくりにおける省エネ努力

▽ モノづくりにおける省エネ努力の継続と累積

同社の「モノづくり」は製造現場にとどまらず、商品企画から販売、サービス、リサイクルまでを含めたすべての活動が含まれる。在庫削減、品質向上、省エネ設備への切り替え、輸送効率向上等ムダやロスを減らして生産性をあげることと、CO₂ 排出量削減を同時進行させている。

例えば、生産段階でのCO₂ 排出量は、生産量が拡大しても総量で削減するという方針を掲げ、「2009年度に2006年度比で30万トンを削減する」ことを目標として宣言している。「すべてのプロセスでCO₂ 削減」(図2. 5. 2. a) 及び「CO₂ 排出量エネルギー・マップと削減結果(ホームアプライアンス部門)」(図2. 5. 2. b)を参照下さい。生産現場でのCO₂ 削減量の全社比率は、海外:国内=44:56 工程別の改善項目と対策は図表内に例示してあるが、エネルギーを多く消費する生産プロセスごとに、削減の具体策を詳細に検討し実行している。

【削減の事例】

乾燥工程では、部品加工洗浄後の乾燥を、従来は170°Cの高温乾燥ラインに通していたが、改善後は35°Cの低温スピンドル乾燥に変更し、毎年のCO₂ 排出量を106トンから4トンへ減らすことができた。

中国の製造拠点では、エアーコンプレッサーを周波数変換機能付きに変更し、負荷変動に応じた運転管理や消費側での使用量削減などを行なって、CO₂ を500トン／年以上減らすことができた。鉄鋼業や電力事業とは異なり、様々なきめ細かい取り組みを積み重ね、世界中の生産拠点で実践することで、同社トータルでは大幅なCO₂ 削減を実現している。

▽ 海外工場を支えるCO₂ 削減支援チームと国内のマザー工場

本社にはCO₂ 削減を推進するCO₂ 削減支援チームがあり、国内のマザー工場と海外会社が三位一体で省エネ診断を行い、CO₂ 削減のアイディアを出し、対策を実施することで大きな成果を生み出している。診断数は350件／年、CO₂ 削減効果は約28,000トン／年に及ぶ。

先ずCO₂ 削減チームとマザー工場のメンバーから構成される診断チームが現地工場を診断する。改善提案は概ね次の3つのカテゴリーに分類できる。

①金をかけない ②少額の投資を伴う ③本格的な投資が必要。

現地サイドも専門家の違った目で見てくれる効果を認めており、これまでの実績もあって、日本と現地は良い循環で繋がっている。時には診断チームが、現地の声を代弁して本社に繋ぐ役割を果たすこともあり、より一層双方の連携が強まる関係にある。

▽ 海外工場の診断・指導に際しての留意点

現在の信頼関係が築かれる以前は、種々の懸案を抱える時期もあった。海外工場の問題点や指導にあたっての留意点を以下に整理する。

- ① 工場管理や、メンテ、操業等のスタッフ間で、狭義の縦割り分担意識に固執するあまり、問題が現実に生じても、放置されることがあった。
- ② 一般的に、動力部門は動力の安定供給責任に過敏になり、一方エネルギーを使う操業側は安全代を見込んだ過剰な要求をする傾向があった。したがって過剰な設備を抱えたり、高負荷運転を強いなど、ムダが発生していた。
- ③ 海外工場の中でも、日本からの助言や提案に対して、その受け取り方に温度差がある。類型的に言うならば、中国を含むアジア地域の工場は、欧米の工場に比べて日本から学ぼうとする積極性が強い。また省エネ提案はコスト削減に直接的に繋がることもあり、積極的な対応を示す傾向が顕著だが、環境保護的な課題への取り組みになると積極性にばらつきが出る。
- ④ 上から目線の指導は、洋の東西を問わず受け入れられない。日本側にとっての基本的な留意点である。
- ⑤ 中国人の若い社員の中には、仕事の理解が早く指導者レベルに育った者でも、あっさり転職してしまうことがある。社員の定着率の維持・向上は現地工場にとって悩ましい問題である。

2. 5. 2. 2 モノづくりにおける環境品質の確保

▽ 有害物質を含まないモノづくりを目指して

- ① 1992年のリオ宣言で提唱された「予防的アプローチ」の一環として、水銀や塩ビ樹脂の不使用に取り組む。体系的な化学物質の管理は、1999年に発行した「化学物質管理ランク指針バージョン1」を起点とする。その狙いは、工場周辺の住民や生態系への影響最小化と、従業員の安全衛生向上を目的としたものであった。業界の先鞭をきって鉛の不使用にも取り組んだ。
- ② 2001年4月、日本国内では「家電リサイクル法」が施行され、家電メーカー各社はリサイクル施設を整備した。ところが日本のリサイクル対象品目が4品種であるのに対し、EUのWEEE指令(下記の“▽欧洲の法規制の動向”の項で説明)では94品目に上った。
- ③ 2005年10月末、同社はAV製品やPC製品はもちろん、いわゆる白物家電も含めた31,400機種の製品で、有害化学物質の不使用を完了させた。
- ④ 2010年2月には、化学物質管理ランク指針をバージョン7に改訂し、さらに管理水準の高度化を加速させている。

▽ 欧州の法規制の動向

- ① 1978年オランダのレッカーケルク住宅地で有害物質による土壤汚染が発生、大きな社会問題となる。古くは1800年代の前半からライン川の越境汚染が関係諸国間で認識されてきた歴史がある。公害先進国であり環境先進国でもあるオランダは、1999年からプラスティックに使われるカドミウムの含有量を100ppm未満に規制していた。2001年10月、某電機メーカーの製品から、規制値を超えるカドミウムがオランダ税関で検出され、部品の交換を迫られる

事態が発生。日本の家電メーカーにも大きなショックを与えた。

- ② 2000年から2001年にかけて、欧州では環境規制の強化が加速し、2003年2月にはRoHS指令が発効し、2006年7月から施行された。これは鉛、水銀、カドミウム、六価クロム、特定臭素系難燃剤(PBB, PBDE)の6物質について、電気・電子機器への使用を原則禁止するものである。RoHS指令はモノ作りの様々な工程で影響を及ぼすことになった。【注】

【注】相応の利便性や特性があつてこれまで使用されてきたものを使わないと済ませるには、同等の機能が得られる別の物質を探し当てる必要がある。これに伴い製造工程や製造条件も変化していく。モノづくり全般に影響が及ぶ。例えば

- ・ハンダ付けに鉛を不使用すると温度管理の幅が狭くなり、作業性が落ちる。
- ・六価クロムはネジ類のさび止めに有効で、表面キズがついてもキズ口をふさぐ自己修復性がある。
- ・カドミウムは頻繁にON/OFFを繰り返す接点部分の耐久性を高める効果がある。

- ③ 上記指令と同時期に欧州では、WEEE指令が発効した。これは使用済み電気・電子機器のリサイクルをメーカー側に義務づける法律である。この2つの法律はセットで運用される環境規制である。製品を製造・販売する場合はRoHS指令の規制を受け、消費者が手放した後にはWEEE指令の規制を受ける。

▽ 欧州の法規制への対応

- ① 上述のように、WEEE指令ではリサイクル対象品目が実に94品目に及び、しかも欧州域内25カ国で体制整備をしなければならなかった。RoHS指令が求めているのは6物質を使うなどいう単純な内容だが、一社単独で達成できるものではなく、サプライヤー(協力会社)を巻き込みなければ、実現不可能である。協力会社にしてみれば、パナソニックのためだけに使用物質の見直しをしてくれるとは限らない。手間とコストが半端ではない。

② 有害物質排除の徹底

この取り組みを普及・定着させるには、すべての事業場や工場単位で啓発する必要がある。社員向けの勉強会は「テクノスクール」の名で国内と、海外17カ国で開催された。総勢4000人以上が受講した。この4000人あまりの従業員は伝道者のような存在で、スクール受講後はそれぞれの職場に戻って、「有害化学物質の排除」を末端まで徹底させて行く役割を担った。セミナーのテキストは、生産コア技術研究所や、松下テクノリサーチが担当し、日本語以外に英語、中国語、スペイン語版が用意された。

テクノスクールを開講したのは、2004年1月から2005年初めにかけてだが、この間にRoHS指令の詳細が徐々に明らかになり、新しい代替技術が登場するなど内容が変化したので、テキストの改訂は13版に及んだ。また有害物質の偶然の混入を避けるため、簡易分析法を確立し、分析器そのものも自前で開発した。部品受け入れを担当する社員に実習を交えつつ、

作業のイロハを教える技術スクールも開催している。

- ③ 「何を、いつまでに、どの程度まで」完了させればいいのか見切り発車せざるを得なかった。EUでは、多分に理念先行で法律が作られる傾向が強い。できる、できないの見通しは二の次で、「かくあるべし」を法律にする。規制の全容が明確になってからの着手では手遅れになる。手探りの状態からメーカー自らが仮説をたてて、検討を開始するほかない。

2005年10月末、「有害物質の排除」を完了させたが、「製品有害物質不使用プロジェクト」は解散せずに今も活動を続けている。有害物質を“使わせない”、“入れさせない”ことを、エンドレスに追求する覚悟を決めている。

▽ 世界の潮流

日欧に続き、中国などでもRoHS指令に準じた規制制定への動きが本格化している。化学物質規制が世界的な潮流になる中、製品メーカーには個々の部品レベルにまで遡った化学物質の管理が求められている。この時代の流れをリードすべく、パナソニック社では2009年3月、欧州市場へ冷凍冷蔵庫2機種を導入、イギリス、ドイツなど欧州7カ国で本格的に販売を開始した。この商品の特徴は、「環境・ユニバーサルデザイン・先進性」、なかでも欧州の様々な環境規制をクリアし、業界トップクラスの省エネ性能を実現、欧州エネルギー効率の最高ランクの評価を受けている。

2008年10月には欧州で環境宣言を行い、2009年5月には中国で環境分野でのモデル企業を目指すことを宣言した。

一見当たり前のことを、モノづくりの末端の現場から、商品の生産・販売に関わるすべての関係者にいたるまで、徹底させ定着させる集団活動が当たり前に継続されているところに、同社の凄さがある。環境への取り組みに終わりはない。

2. 5. 2. 3 技術漏洩問題

技術の漏洩問題は、ハイレベルのものから低レベルのものまで様々である。例えばベアリングのハウジングを、機械加工ではなくプレスで行う製造技術はコストダウン効果が大きい。この種の技術は、徐々に避けがたく漏洩してしまうが、もっと構造的な問題が専門品の開発・調達にある。半導体や液晶などの専門品は、自前で開発を手がけることもあるが、専門メーカーとタイアップして取り組むケースも一般的にある。専門メーカーにすればパナソニックとだけ排他的な供給契約を結ぶことはリスクを負うことであり、タイムラグを設けるとしても、海外の類似品を作る競合メーカーに販売する権利も要求してくる。独占権を確保するために特別なフィーを払わない限りは、常にこのリスクはついて回る。

また、電子・家電業界に共通する問題として、現地社員の転職に起因する技術漏洩問題も後を絶たないが、より基本的な問題として、近隣のライバル国のメーカーに対して、日本人社員が技術漏洩するケースも、完全には食い止めるることは難しい。これは組立産業に限らずすべての産業分野に共通する課題として、第3章『業種横断的な課題』の項目で取り上げることしたい。

**表 2.5.1.a パナソニックグループ エコアイディアレポート2009
～パナソニックの環境負荷物質削減の取り組み～**

社会の動き	1989 モントリオール 議定書締結	1992 リオ宣言 『アジェンダ21』	1996 特定フロン 先進国全廃	2002 ヨハネスブルグ サミット	2006 RoHS指令 発効	2007 REACH規制 発効
パナソニック	1990	1995	2000	2002	2005	2010
全製品		1992 塩ビ樹脂 包装材の廃止		2003/3 鉛はんだ グローバル 廃止	2005/10 RoHS6物質 グローバル 廃止	2009/3 塩ビ内部配線 日本新製品で 廃止
個別製品	1991 水銀ゼロ マンガン 乾電池発売	1992 水銀ゼロ アルカリ 乾電池発売	1995 冷蔵庫の CFC冷媒 グローバル廃止	2002 エアコンの HCFC冷媒 廃止(日本)	2004 冷蔵庫 ノンフロン化 完了(日本)	2006 POP(プラズマディスプレイ)ネル 冷蔵庫 鉛フリー
化学物質 管理ランク指針			1999 Ver1	2000 Ver2	2003 Ver3 製品版	2006 Ver4 製品版
					2008 Ver5 製品版	2009 Ver6 製品版

**表 2.5.1.b パナソニックグループ エコアイディアレポート2009
～化学物質管理ランク指針バージョン6（製品版）～**

ランク		定義
禁止物質	レベル1	<ul style="list-style-type: none"> 法規制で製品含有が禁止されている物質 法規制で1年以内に製品含有が禁止される予定の物質 当社で製品含有を禁止している物質
	レベル2	<ul style="list-style-type: none"> 条約・法規制により期限を定めて製品含有が禁止される物質 当社の自主取り組みで使用を一部禁止する物質
管理物質		<ul style="list-style-type: none"> 使用実態を把握し、健康、安全衛生、適正処理等を考慮すべき物質 使用の有無および使用量を把握すべき物質

禁止物質・管理物質の対象法規等一覧

(日本) 化学物質審査法第一種特定化学物質
(日本) 労働安全衛生法製造禁止物質
(日本) 毒劇物取扱法特定毒物
(EU) RoHS指令、ELV指令
(EU) 危険な物質の分類、包装、表示に関する加盟国法律類の
近似化に関する指令(67/548/EEC)付属書I CMR-Cat. 1,2
(EU) REACH規制制限物質(Annex XVII)
(EU) REACH規則認可対象候補物質(SVHC)
(EU) European chemical Substances Information Systemにおける
PBT、vPvB、POPsの判定基準該当物質
(業界) 電気電子機器に関する含有化学物質情報開示のガイドライン
(Joint Industry Guideline) JIG-101A レベルB物質
(業界) Global Automotive Declarable Substance List(GADSL)

禁止物質群一覧 [レベル1]

ポリ塩化ビフェニル(PCB)類 アスベスト類 特定有機スズ化合物 短鎖型塩化バラフィン(C10-13) 特定臭素系難燃剤(PBB、PBDE) 特定アミンを形成するアゾ染料、顔料 ポリ塩化ナフタレン(塩素数が3以上の物質) パーカルオロオクタンスルホン酸およびその塩	カドミウムおよびその化合物 鉛およびその化合物 六価クロム化合物 水銀およびその化合物 オゾン層破壊物質(HCFCを除く) ホルムアルデヒド 特定ベンゾトリシアゾール
---	---

[レベル2]

塩化ビニル樹脂およびその混合物、塩化ビニル共重合体

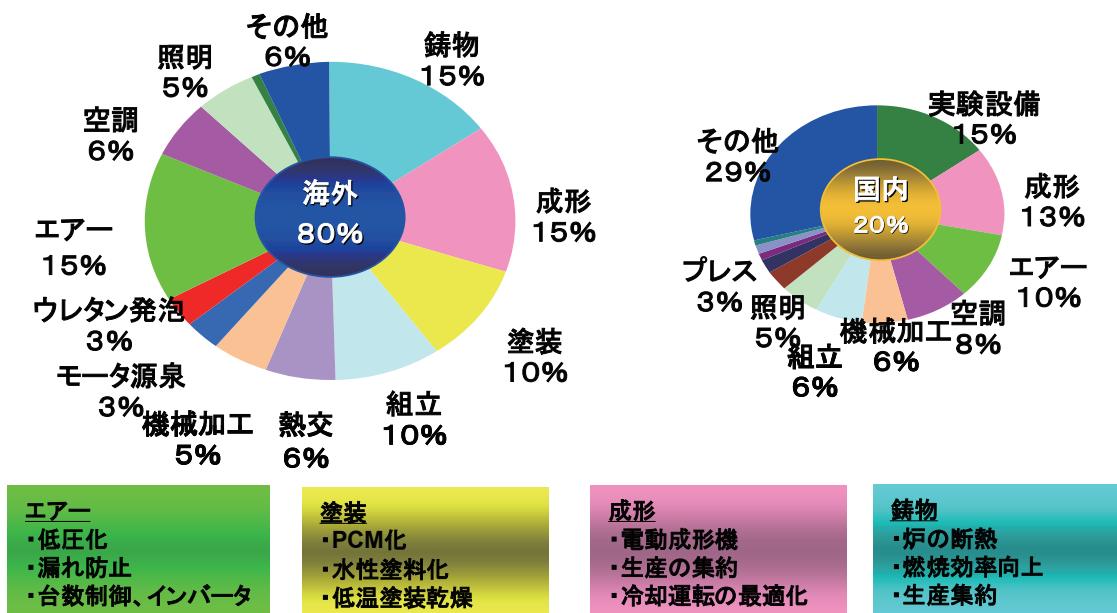
※パナソニックグループ エコアイディアレポート2009より

表 2.5.2.a ホームアプライアンス社環境経営活動について（2009年）
～全てのプロセスでCO₂削減～



注) 「パナソニックグループで白物家電を担当するホームアプライアンス社の場合」
※パナソニックグループ ホームアプライアンス社 環境経営活動についての資料より

表 2.5.2.b ホームアプライアンス社環境経営活動について（2009年）
～CO₂排出量エネルギー・マップと削減結果～



注) 「パナソニックグループで白物家電を担当するホームアプライアンス社の場合」
※パナソニックグループ ホームアプライアンス社 環境経営活動についての資料より

2. 6 食品分野 《化学系分野の例》

本分野の代表例として、味の素(株)における主力事業であるアミノ酸調味料事業の根幹をなすアミノ酸製造技術を取り上げることにする。技術特性として、化学産業や医薬品産業と共通点が多く、また海外技術移転や海外事業展開という面からも、約百年の歴史を有することから着目した。日本の食文化の特色である味噌や醤油には豊富なアミノ酸が含まれるが、うみ調味料製品に使われるアミノ酸も天然素材(サトウキビ、とうもろこし、キャッサバ等)を原料として、発酵法を中心に製造されている。

2. 6. 1 発酵の仕組みと技術の特性

アミノ酸の製造法には発酵法の他に、酵素法、抽出法、合成法などがあるが、本論では発酵法について、概略触れることとする。アミノ酸発酵法は、微生物が糖質を主とする栄養源を取り込んで、自身にとって必要なアミノ酸を生成する機能を利用してアミノ酸を作る方法である。

先ずアミノ酸生産の潜在能力の高い微生物を探すことが重要である。自然の土の中1グラムには、約1億個の微生物が存在すると言われる。その中から有用な微生物を探し出すことが出発点となる。発酵法に適した微生物が見つかると、さらに微生物が持っている能力を最大限に活かすための改良が必要になる。というのは、一般に微生物は20種類のアミノ酸を自身が必要とする量だけしか生産しない性質を持つ。酵素の量と質を調節する機能によって、必要な量のアミノ酸しか作らないようにしている。目的のアミノ酸を大量に作るためにには、この調節機能を外す必要がある。目的とするアミノ酸の生成に関する酵素が働く状態で沢山存在すれば、生産されるアミノ酸量は増え、逆に少なければそのアミノ酸量は減少するという関係にある。このため様々な手法を使って菌株の改良を重ねる。医薬品事業は、物質特許の重要性が高い事業であるが、発酵アミノ酸事業は製法特許、技術ノウハウの依存性が極めて高い特徴を持つ。

上記技術における優位性を支える研究開発投資が事業の生命線である。味の素(株)の2008年度事業セグメント別研究開発費(図2. 6. 1. a)によれば、アミノ酸分野単独で全体の約35%、医薬分野と合わせると約63%を占める。

図2. 6. 1. bがアミノ酸製造プロセスの原理的な流れである。発酵を行うタンクに、サトウキビ、とうもろこし、あるいはキャッサバ等を原料とした糖蜜や糖を入れて、攪拌条件や空気の供給条件、温度やPHなどが最適となるように反応条件を設定する。この培養液から目的とするアミノ酸だけを分離して取り出す。

この図からもわかるように、本製造プロセスの鍵を握るのは高効率の発酵菌の改良であり、その菌体が狙い通りの代謝活動を行えるような発酵槽内の条件の確保、この2点に尽きると言っても過言ではない。技術上の特徴としては、秘守すべき要素が特定しやすく、かつプロセス的に集中していることから、新技術開発と技術漏洩を回避するため、技術管理には並々ならぬ工夫が必要である。

2. 6. 2 市場を求めて海外へ

同社の海外進出の歴史は古く、創業した1909年の翌年には台湾に進出し、現在では100カ国を超える国々で事業を展開している。人口1億人以上の国には進出するという基本方針のもと、特にタイ、フィリピン、インドネシア、マレーシアなどの東南アジア諸国には1960年代から進出し、現地生産を開始した。中国には1984年8月に北京事務所を開設し、事業を開始した。1994年には「味の素」を生産する合弁事業を開始したが、その後合弁を解消している。

インドへは1980年代からアプローチを開始、2003年に現地法人を設立した。息の長い手堅い市場参入と言える。この当時既にコピー商品が出回っていた。幸いなことに、インドは法の整備が進んでいたので、代表的な3つのコピー商品に対して裁判で争う道を選択し、勝訴した。

2000年から2001年にかけて、インドネシアでハラール事件も体験した。この事件では、同国の社会保健省から、味の素社製の化学調味料の回収命令が出された。理由は、製造過程で豚の酵素が使用されていたのは、イスラムの教えに反し、消費者保護法に違反することであった。さらに製造工場担当の日本人役員等6人が逮捕される事態に発展。この事件は、当時の日系現地企業約1800社にも衝撃を与えた。これらの教訓を踏まえ、新興国での事業展開は、それぞれの国の状況や、習慣、文化、社会規範等を熟知し、的確に対応することの重要性を身をもって学習した。

2. 6. 3 知的財産管理の徹底

他の産業と同様、知的財産保護は、次の研究開発の原資を確保するうえからも保護されるべきものである。既に述べたように、発酵アミノ酸分野においては、生産菌の特性の如何によって生産性、エネルギー効率等大きく影響される。いわば発酵菌そのものが大きな技術集積そのものである。したがって「菌の持ち出し」などによる技術漏洩リスクが極めて高いことも事実である。発酵菌の技術移転は、大きな省資源、省エネルギーの可能性を秘めるが、対価の評価、技術管理の難しさなどから、慎重にならざるを得ない。

味の素(株)知的財産報告書2006年の「知的財産の取得、管理、営業秘密管理、技術流出防止に関する方針」を参照すると、同社がいかに機密保持に意を砕いているのか、その一端を垣間見ることができる。

『…… 味の素グループにとって、技術情報・ノウハウは特許とも並ぶ重要な知的財産であるとの認識のもと、技術情報の流出についても取り組みを強化しており、微生物などの取り扱いにも細心の注意を払っています。特に発酵技術で最も重要な生産菌株管理体制を厳格に定め、運用しています。…… 世界各地にあるアミノ酸関連会社に技術移転する際には、関係する事業部、生産統括センター、発酵技術研究所によって、厳重に技術移転管理が行われています。…… 』、『…… 食品領域では、他社排除、他社特許の侵害リスクの低減、研究開発部門の知的財産マインドの向上を知的財産戦略の軸に置いています。…… タンパク質架

橋酵素であるトランスグルタミナーゼなどの関連技術について、積極的に特許マップを作成することにより、権利の強化を図っています。……』。

報告書の冒頭にある当時の山口社長の言葉の中に、同社の何がなんでも知財管理を徹底する気構えが凝縮されている。『……新事業や新製品に関しては、知的財産権を的確に確保し、製品の市場における優位性を保ち、利益を増大させてまいります。……』この一見過敏とも思える知的財産管理こそが、食品産業・発酵分野の生命線であることを率直に物語っている。

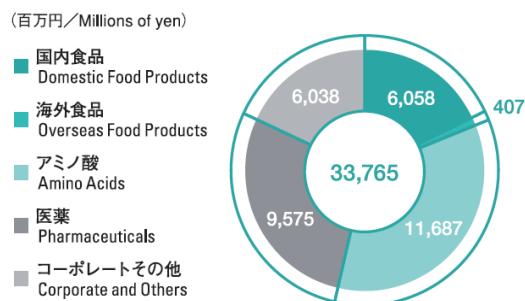
2. 6. 4 本分野における海外への技術移転の基本スタンス

化学品の分野や医薬品の分野においても、発酵技術と同様に、日本企業は大なり小なりこれまでに漏洩の危険にさらされたり、コピー商品に市場を攪乱された苦い経験をもつ。ビタミンCの製法が中国に持ち出されたため、方針転換をしてそれらの製品の製造拠点を中国に移した日本の製薬メーカーもあると聞く。コモディティ品の製造技術の漏洩にはある程度目をつぶる、あるいは思い切った生産移管、製造拠点の移設などの対処もあり得るが、事業の根幹をなす高付加価値の商品は、海外に技術移転はしないという基本方針をもつ企業もある。

技術移転が比較的難しく、相手先を資本関係で縛れるケースでは、徐々に移転する方針もとり得る。しかしながら本分野の技術特性から、中核技術が漏洩し易いケースでは、知的財産管理の徹底を基本しながらも、市場環境を睨みながら、いつ、どこまで移転するかの進退を含めて、常に向き合う宿命を背負っている。

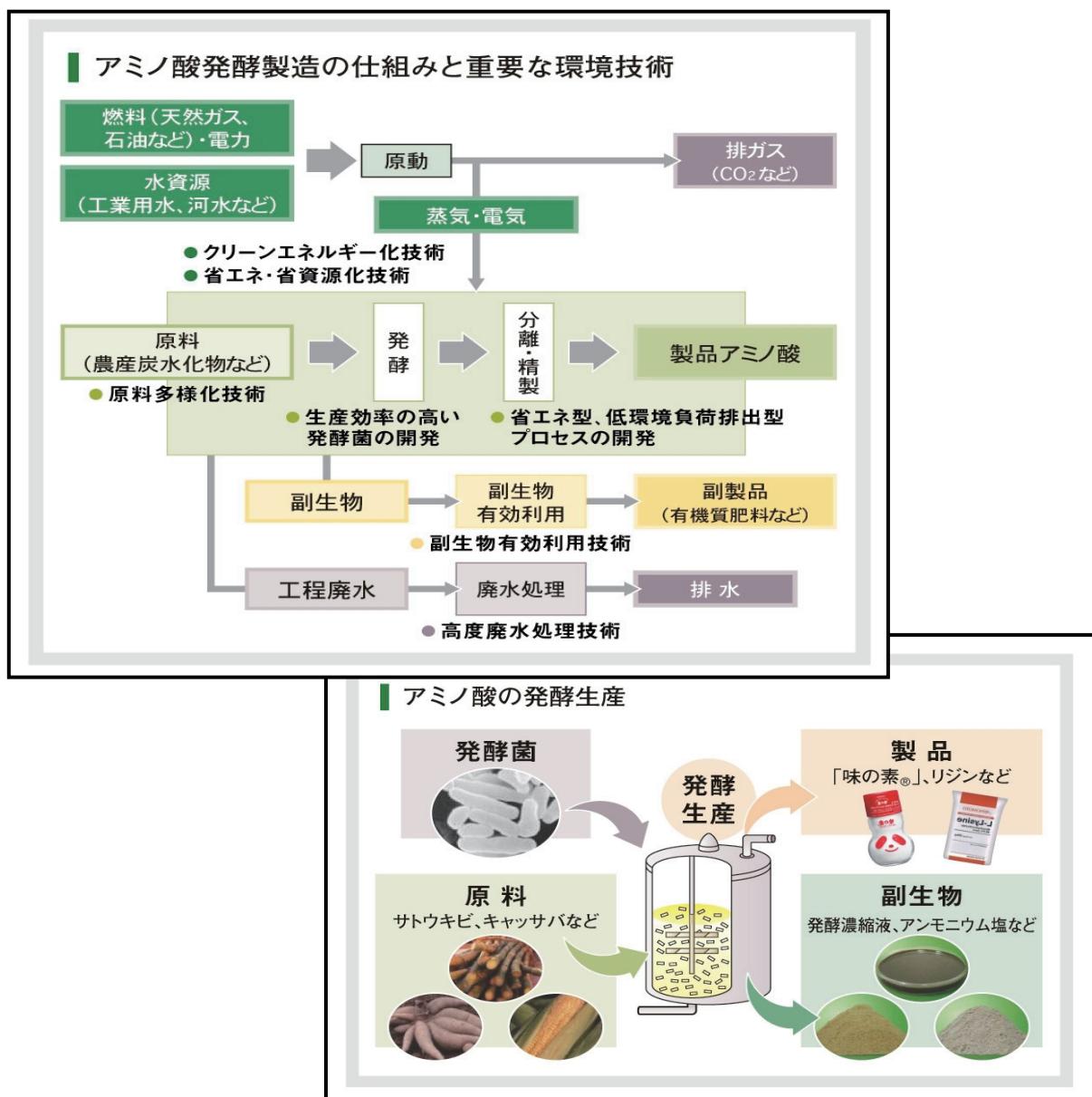
**図 2.6.1.a 味の素研究開発（2009年10月現在）
～事業セグメント別研究開発費（2008年度）～**

事業セグメント別研究開発費（2008年度）
R&D Expenditures by Business Segment (Fiscal 2008)



※味の素ホームページより

図 2.6.1.b アミノ酸発酵製造の仕組みと重要な環境技術



2. 7 各種団体の活動例

2. 7. 1 (財)国際環境技術移転研究センター(ICETT)

2. 7. 1. 1 設立の主旨

(財)国際環境技術移転研究センター(略称 ICETT(アイセット))は、1990 年、三重県四日市に設立された。四日市は、日本初の石油化学コンビナートが建設された所で、その後発生した四日市ぜんそくなどの産業公害を、産官学並びに住民の協力によって克服した経験を持つ。四日市は公害の苦い経験とともに、優れた産業技術や公害防止対策のノウハウ、行政上の手法を蓄積している。ICETTは、これらの蓄積した日本の環境技術を移転し、発展途上国の環境保全に役立てる目的で、三重県や四日市市並びに地域の企業等による出捐金で発足し、手始めに途上国の政府職員などへの産業公害防止技術や行政手法の研修事業などを開始した。所管は当初三重県だったが、設立の翌年に通産省(当時)に移管された。その後、事業活動の分野を産業公害だけではなく、気候変動防止など地球環境の保全に拡げつつある。

▽ 主な活動内容

活動内容は、下記の4つに大別できる。いずれも経済産業省や環境省、三重県、四日市市あるいは JICA などの補助事業や委託事業である。

- ・ 研修・技術指導
- ・ 調査・情報提供
- ・ 交流・普及啓発
- ・ 研究開発

「研修・技術指導」は、途上国からの研修員の日本への受入、あるいは、諸外国において行う環境技術に関する研修・指導事業である。平成 21 年 3 月現在までの国内受入研修の参加者は 84 力国、2,039 人にのぼる。国別では中国からの研修員が 458 人と圧倒的に多い。一方、海外での研修指導は、9 力国、4,454 人である。座学のみでなく、現地の企業(工場)に専門家を派遣し、工場の診断や指導も行っている。

「調査・情報提供事業」は、諸外国における環境保全技術のニーズ・シーズの把握や、各国の行政機関などと連携し、環境汚染の実態調査を実施して改善に向けた提案などを行っている。「交流・普及啓発」は、世界の多くの人々や未来を担う子供たちにも、地球環境保全の重要性を伝えるべく、各国でシンポジウムやセミナーなどを開催している。

2. 7. 1. 2 技術移転における特徴

▽ 日本での研修を通した技術移転

設備技術というよりも、ソフト面の移転が中心となる。例をあげると「化学産業における環境管理技術」、「水質モニタリング技術」、「廃棄物処理技術」、「省エネルギーとエネルギー効率化」等々。実際の企業見学も含め、日本でこれらの技術や知見を学び、母国で各自の職務に活かして、環境保全の向上に役立ててもらうことを目的とする。

▽ 現地での指導を通じた技術移転

現地企業(工場)にその産業分野の専門家を派遣して、現地診断、問題点の洗い出し、改善方策を提言する活動を行っている。1年間の活動として、3～5回の訪問を行ない、現場情報の把握、指導を行う。技術移転のポイントとして、現地企業との信頼関係の醸成を重要な要件のひとつと考えている。上から目線では実効が上がらない。提言だけでは実際の改善まで到達しないケースが多いので、信頼関係を構築した上で、最終渡航のミーティングにおいて、対象企業の責任者に、提案の中から実施する案件を宣言してもらうよう努めている。

改善の内容は対象国、対象企業により様々で、高いレベルの専門的知識を要するものから、一般的な日本の生産管理技術(TPM、5S や QC 手法など)の指導レベルまで、先方の状況に合わせて柔軟に対応する。日本からの専門家は、日本企業の現役の社員やOB、コンサルタントなど様々。一般的には、診断・改善提案が直接的に日本企業のビジネスに繋がる例は少ない。これまでの実例では以下のようなケースがあった。

- ・ 診断や技術指導のプロセスを経て、結果的に日本の設備が導入された例はあるが、それがあくまで「結果として」である。例えば、小型の高効率ボイラー等はその一例である(フィリピン)。
- ・ 現在も、化学工場における日本の動力回収タービンの紹介を求められている(中国)。
- ・ ある工場の溶融炉の省エネ改造を指導し、日本企業の設備を導入する直前まで進行したが、当該プラントが経営上の理由から休止となり、ご破算になったこともある。その後は同国の地元メーカーと検討を行っているようである(ベトナム)。

▽ 技術移転を、点から面へ

ICETT の特徴は、特定少数の企業の改善を行うのではなく、モデルとなった対象企業の成功例を、ある域内の他の企業に普及し、定着させることを事業の目標としている。そのためには、ICETT の事業活動が修了後もその技術が広がっていくよう、PR の事例発表セミナーの開催、テキストブックの作成、また対象国のできるだけ多くの担当行政官に技術を学んでもらい、彼ら自身による企業の指導が進められるような仕組みづくりを行うなど、対象国や地域の実情に沿った工夫をしている。したがって、モデル企業を決めるに当たっては、エネルギーの消費量や企業の組織、技術レベルはもちろんだが、その改善成果を地域をに普及しうる可能性も選定基準の一つ

としている。

要約するならば、ICETTの活動の基本は以下の3つに纏めることができる。すなわち

- ① 上から目線ではなく、相互の信頼感の醸成を重視している。
- ② 点に技術移転したものを、地域の面に拡げてゆく。
- ③ 日本企業への見返りを必須の目標としたものではない（公益事業）。

2. 7. 1. 3 現地での指導を通じた技術移転の実例紹介

■H20年度中国における温室効果ガス排出削減支援事業＜雲南省、経済産業省補助事業＞

① 事業概要

- a) 目標
 - ・ モデル化学肥料工場の資源・エネルギー利用効率向上
 - ・ 化学肥料産業の省資源・省エネ技術への理解向上
 - ・ 雲南省全域の化学肥料工場への効果の普及
- b) カウンターパート：中国学者、雲南省省エネルギー技術サービスセンター
- c) 活動内容・モデル事業
 - ・ 省エネルギー研修
 - ・ 普及活動
- d) 期待される成果
 - ・ モデル企業の資源・エネルギー効率改善
 - ・ 省内化学肥料産業における省資源・省エネ技術の向上
 - ・ 雲南省省エネルギー技術サービスセンターの技術指導力向上

② モデル企業の選定 2008年5月

省内のアンモニア工場 5社を訪問し、簡易省エネ診断を実施

当初は候補20社を10社に絞り込み、さらに以下の選定基準に基づいて上記5社に絞り込む。

* 選定基準：企業の代表性、普及性 エネルギー保全管理システムのレベル、省エネのポテンシャル、立地場所等更に省エネの実行意欲、エネルギー消費の規模、省エネポテンシャル等の条件に照らして、5社を2社に絞り込んだ。

③ モデル企業での省エネ診断

2008年8月、2社の工場を訪問し、省資源・省エネ改善内容について調査

改善案について企業側と協議、改善項目の抽出、改善効果の提示

（表2. 7. 1. 3を参照下さい。）

④ モデル企業の省資源・省エネ計画支援

2008年11月、モデル企業(2工場)より、石炭ベースで年間5万トンの削減、CO₂ ベースで年間119千トン削減の改善を実施する旨意思決定の表明あり。

⑤ 省エネ研修

2008年7月、上記の省エネ診断と併行して、化学肥料産業における省エネ技術の理解向上を目的として、省政府関係者と化学肥料産業の経営者層(66名)を対象に、中国と日本における省エネ概論、工場のエネルギー管理、エネルギー効率向上技術対策、エネルギー監査等について研修を実施。

現段階では、ICETTの改善提案に沿った具体的な設備改造は、モデル企業のうちの1社は既に工事に着手しており、本年10月に稼動予定である。もう1社はグループ親会社の投資承認待ちの状況にある。

大きな肺活量を要する国際貢献のなかで、どれだけ日本への見返りを狙うのかについては、『第3章 業種横断的な課題』で言及することとした。

2. 7. 1. 4 今後の活動方針

ICETTは、公益法人制度改革に係る関連三法の施行に伴い、新公益財団に生まれ変わろうとしている。上述のような今までの基本理念を継承するとともに、地球環境保全を担う国際機関として、途上国のみならず、国内外において、温暖化防止対策をはじめ地球環境の課題に広く取組み、美しい地球を引き継ぐため環境技術の発展と移転に努める。

これまでの事業展開の実績と認識を踏まえ、次のような観点から、更に事業活動の幅を広げることを目指す。すなわち、

「公害防止技術から環境保全技術の移転へ」、

「日本から途上国への技術移転から、国内外から世界への技術移転へ」、

「ノウハウのみの移転にとどまらず、設備改善による温暖化防止対策の実践へ」

表 2.7.1.3 モデル企業の省資・省エネ計画支援

目標 省資・省エネ改善計画立案支援

A工場 改善策	石炭換算量 T/y	CO2削減量 T/y
①気化炉未反応残渣の回収	24,000	58,000
②気化炉からの大気排出ガス回収	7,000	17,000
③磷酸濃縮蒸気の削減	6,000	14,000
合 計	37,000	89,000

【実施期間】

2008年11月30日～12月7日

B工場 改善策	石炭換算量 T/y	CO2削減量 T/y
①気化炉未反応残渣の回収	8,000	19,000
②凝縮水中炭素分の回収	3,000	7,000
③アンモニア合成触媒管理による圧縮機動力削減	2,000	4,000
合 計	13,000	30,000

20年度事業成果

CO2削減量

約12万トン／年

2. 7. 2 広島大学产学連携センター

2. 7. 2. 1 広島大学产学連携センターの概要

本センターは、広島大学の教育・研究に並ぶ社会貢献を果たすために設置された社会連携推進機構の中に位置づけられており、国内外企業との共同研究・受託研究・受託研究員の受け入れ、知的財産の発掘、権利化、移転活動や大学初ベンチャーの設立支援等の産学官連携活動を推進すると同時に、ベンチャーマインド有する人材や技術経営のわかる人材を育成する実務教育プログラムの提供も重要な目的のひとつとなっている。例えば、理工系院生のためのMOT(Management of Technology)教育として、大学で身についた理工系の専門領域の知見を活用して、産業界で活躍できる人材となるために、4つの教科「ベンチャー企業論」、「技術戦略論」、「知的財産及び財務会計」、「技術移転論」からなる講義を実施している。「技術移転論」は、広島大学の特徴ある科目である。この科目は、平成17年度及び18年度、経済産業省に採択された「MOT プログラム促進事業」の中、「発展途上国への技術移転教育プログラム」により開発した教材を活用している。教材の内容は、基礎編8コマ、技術移転の事例5コマから構成されている。「発展途上国への技術移転教育プログラム」(表2. 7. 2. 1)を参照下さい。

2. 7. 2. 2 同センターの海外技術移転研究の特色

上記の平成17年度の受託事業に続き、平成18年度は「日本企業の海外展開と技術移転の環境変化への対応に関する調査研究」(経済産業省からの委託事業)を実施し、前年度の教育プログラムの課題を明らかにし、既に実施中の教育プログラムの改善を図った。これら一連の調査研究の特徴は以下の2点である。●ともすると技術移転をする側の視点のみに偏りがちになるところを、移転側と受け入れ側の両者の立場から検討を加えていること、●技術移転の内容ではなく、その方法論に着目していること。

前述の第2章では、各産業分野ごとの技術移転の特色や、経過と現況に焦点をあてて分析を加えたが、本項では、「日本企業の海外展開と技術移転の環境変化への対応に関する調査研究」をベースとして、海外への技術移転のマクロ認識と、技術移転の方法論を中心に紹介し、次の「第3章 業種横断的な課題」と「第4章 提言及び留意点」に、学問的な視点として反映させたい。

2. 7. 2. 3 研究成果と課題

▽ 海外への技術移転のマクロ認識

1973年、為替が固定相場制(1 USドル=360円)から変動相場制に移行し、85年のプラザ合意以降更に急激に円高が進んだ。90年前後から2002年、日本経済は長期の低迷期に入る。著しい円高、若年労働者の不足、高賃金により製造コストがアップ。しかも高齢化社

会と人口減少に向かって、国内需要の伸びに大きく期待できないことから、製造コスト削減のため安価な人件費を求めて、東南アジア、中国を中心に海外進出を図る。「海外進出目的の変化」(図2. 7. 2. 3. a)を参照下さい。

2002年を底として、日本経済は再び回復基調に転ずるが、海外での生産比率や売上高は着実に伸びている。安価な労働力による製造コストの低減をテコに、新たな市場あるいは現地市場の拡大を求める方向に変化したことが見て取れる。「製造業の海外進出件数と撤退件数」(図2. 7. 2. 3. b)、「海外進出製造業の生産比率と売上高」(図2. 7. 2. 3. c)、及び「売上高増加の理由」(図2. 7. 2. 3. d)を参照下さい。従来の分業体制では、国内は高付加価値、ハイテク品を、海外は汎用品、ローテク品を分担していたが、アンケート結果から、今後は進出国向けの生産拠点としての性格が強まり、日本への逆輸出拠点としての役割は減少、製品のレベルについても国内外の製造拠点と同等の製品を製造する方向が見える。「海外製造拠点の今後の方向」(図2. 7. 2. 3. e)と「今後の分業体制」(図2. 7. 2. 3. f)を参照下さい。

▽ 技術移転の方法論

海外の製造拠点でも、これまでのように技術レベルの低い、低品質の製品を作つていればよい時代から、日本国内と同等の品質を有する製品の製造が求められる時代に着実に移行している。言い換えれば、汎用的な技術にとどまらず、自社のコア技術やそれを具体化する設計や製造、販売のノウハウまで移転する必要が生じている。したがって受け入れ側の技術吸収力・基礎技術レベルをいかに正確に把握するかが重要テーマになってくる。移転側が現地の受け入れ側に対し、課題として感じている項目のアンケート調査結果例を示す。「技術移転の受入側課題」(図2. 7. 2. 3. g)を参照下さい。

そこで山根教授(広島大学大学院工学研究科長)の発案による技能者・技術者の習熟度を、制御理論におけるストップ応答を適用して評価する方法を提案した。海外では作業者個人の技術吸収能力や技術的素養が日本とは異なる。加えて非コントロール要因である低い定着率も影響するので、組織としての技術レベルも不安定になる。先ず国内において、作業ごとの習熟度を調査しておくことが、海外で展開する場合に現地での習熟度を予測する指標になる。

▽ 成果と課題

海外への技術移転は、国の内外の環境変化があつても、中長期的には着実に増えて行くとの結論を得た。技術移転をする場合は、受け入れ側の技術レベルの把握が、移転のスピード、あるいはそもそも移転の成否を左右する大きな要素である。その受け入れ側の能力を客観的に評価する方法を具体的に提案することができた。

また、これによって海外への技術移転のみならず、2007年から国内で始まる団塊世代の大量定年退職で表面化した、世代間の技術移転にも活用できる方法論もある。

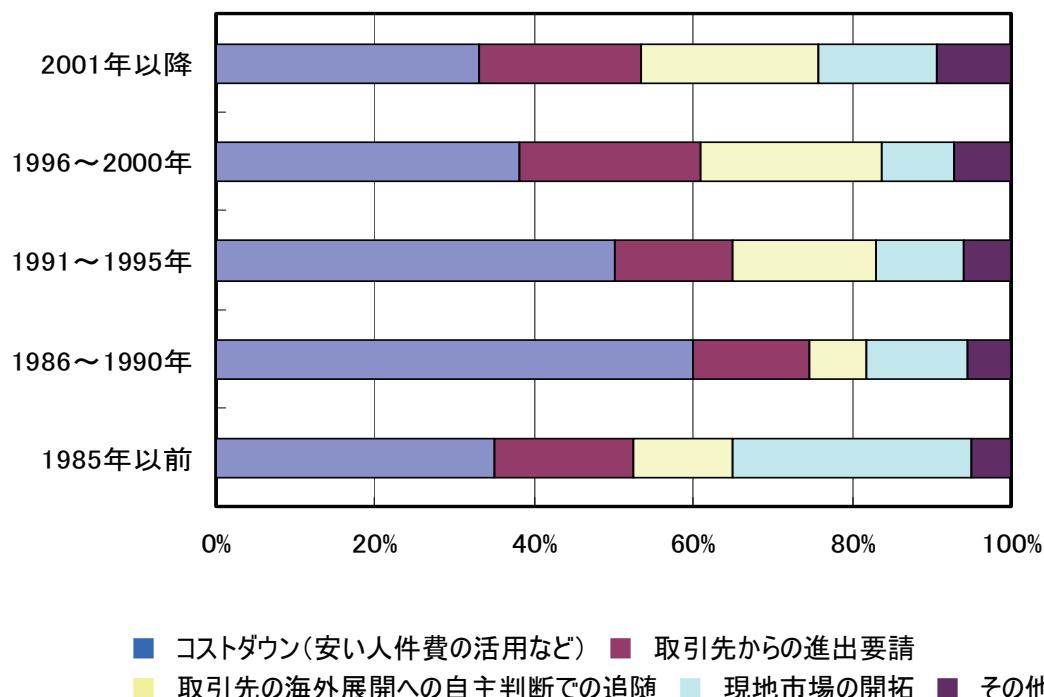
今後は進出国現地の状況を加味した教材を開発する必要性が出てくるであろうし、国際的な

産学連携も視野に入れた、新たな環境変化に対応する教材の開発が求められる時代が近い。

表 2.7.2.1 「発展途上国への技術移転教育プログラム」教材内容

1) 技術移転総論	(広島大学 高田 忠彦)
2) 技術移転とものづくり	(広島大学 山根八洲男)
3) 管理技術と技術移転	(広島大学 高橋 勝彦)
4) 技術移転と法務	(元帝人法務部長 黒澤 正)
5) 技術移転と知的財産	(元帝人特許部長 御船 昭)
6) 技術移転と人材育成	(中国国際センター 宿野部 雅美)
7) 技術移転と受入側の対応	(広島大学 松井 亨景)
8) 技術移転事例研究総論	(日本政策投資銀行 広畑 伸雄)
9) 技術移転事例(I)(食品関係)	(サタケ 保坂 幸男)
10) 技術移転事例(II)(造船関係)	(常石造船、広島大学 小瀬邦治、濱田邦裕)
11) 技術移転事例(III)(自動車部品)	(元マツダ(株)主幹 岩城 富士大)
12) 技術移転事例(IV)(電機)	(日本政策投資銀行 広畑 伸雄)
13) 技術移転事例(V)(繊維)	(日本政策投資銀行 広畑 伸雄)

図 2.7.2.3.a 海外進出目的の変化



※広島大学産学連携センター
「日本企業の海外展開と技術移転の環境変化の対応に関する調査研究」より

図 2.7.2.3. b 製造業の海外進出件数と撤退件数

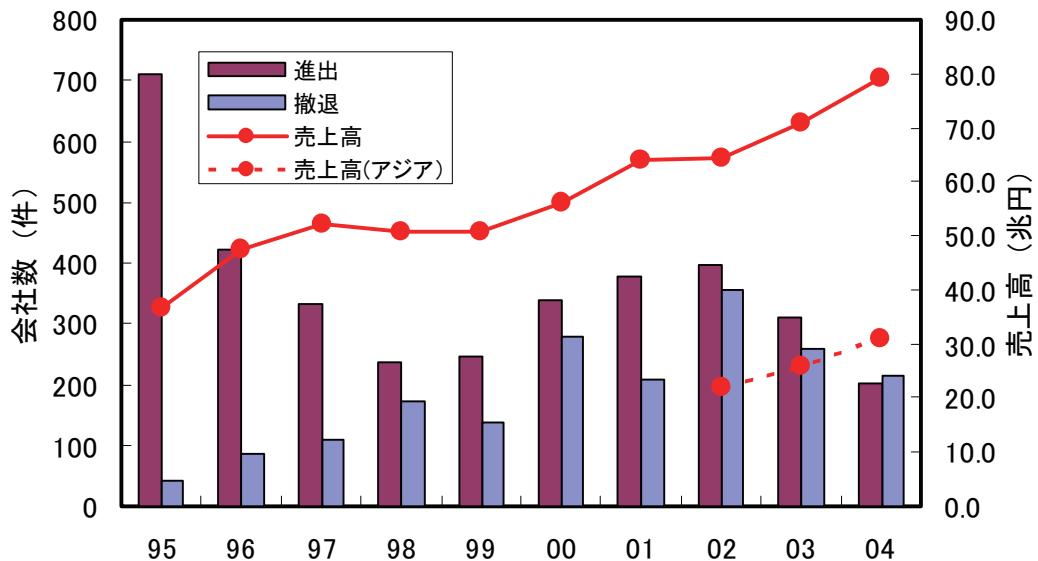
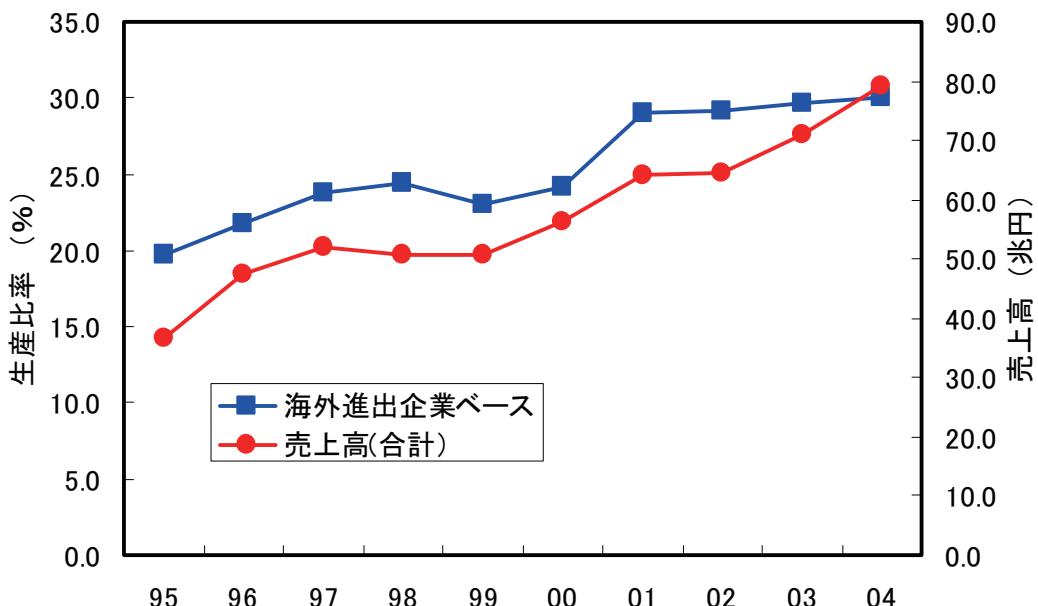
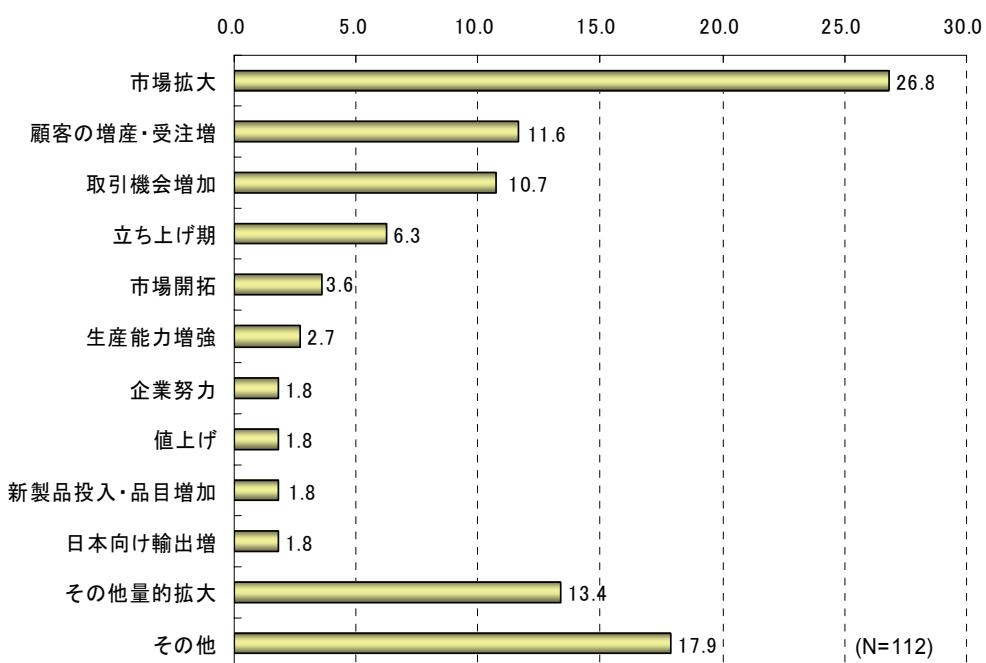


図 2.7.2.3. c 海外進出製造業の生産比率と売上高



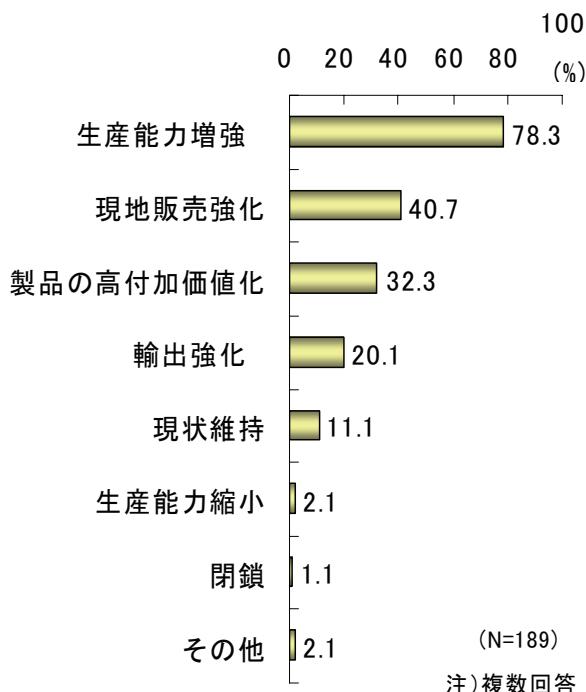
※広島大学産学連携センター
「日本企業の海外展開と技術移転の環境変化の対応に関する調査研究」より

図 2.7.2.3. d 売上高増加の理由



注)売上高の増減傾向の理由について簡単に自由回答してもらい、回答のあったもののみその結果をアフターコーディングした。以下同じ。

図 2.7.2.3. e 海外製造拠点の今後の方向



※広島大学产学連携センター

「日本企業の海外展開と技術移転の環境変化の対応に関する調査研究」アンケート結果より

図 2.7.2.3. f 今後の分業体制

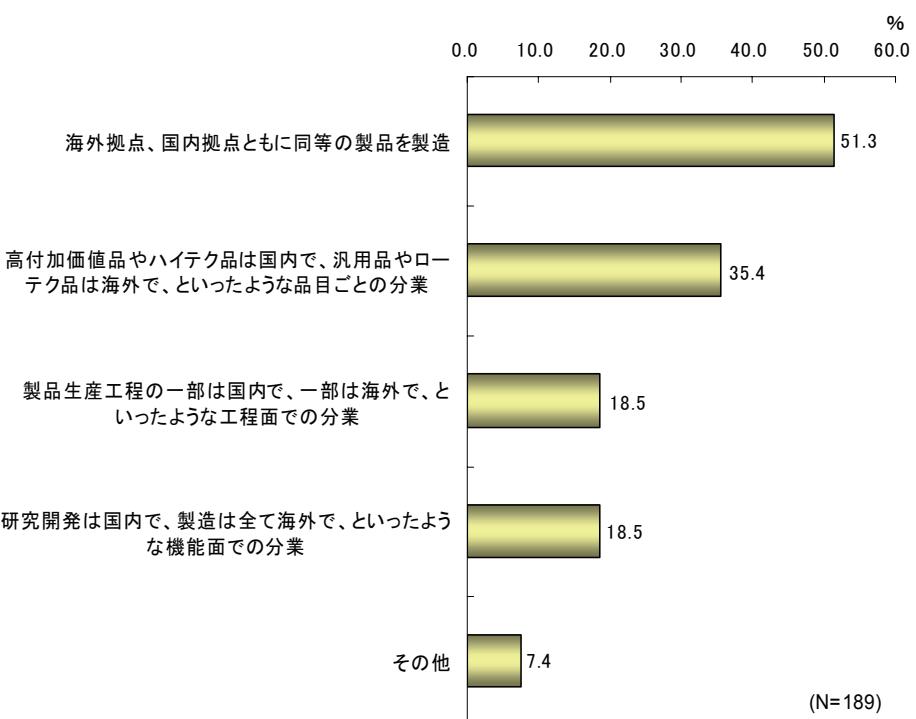
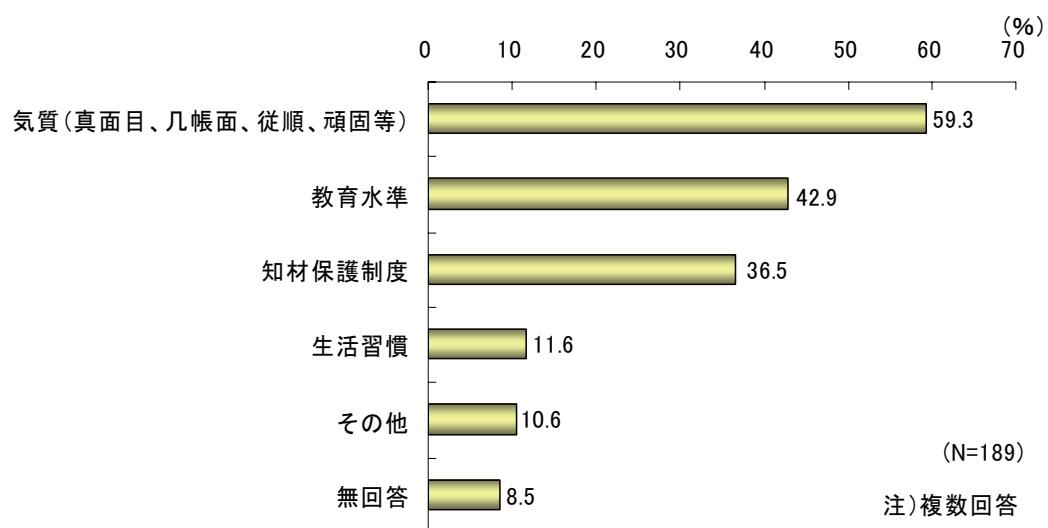


図 2.7.2.3. g 技術移転の受入側（現地側）課題



※広島大学産学連携センター
「日本企業の海外展開と技術移転の環境変化の対応に関する調査研究」アンケート結果より

第3章 業種横断的な課題

上記の第2章を通じて、各産業分野における海外への技術移転の状況を俯瞰し、以下の横断的な共通課題を抽出した。

- やはり現地診断業務の重要性に気づかされる。医療行為と同様に、治療に着手する前の的確な診断が回復の決め手になる。
- 次にこれらの要領書やマニュアル類の作成にあたって、これまで中心的な役割を果たしてきた団塊世代の技術者の退職問題に焦点を当てる。
- 3番目には、単独で様々な共通要素を内包し、今や世界経済の牽引役の一翼を担う中国を取り上げる。
- 4番目としては、中国をはじめ海外に献身的な技術協力をしながらも、国際的には正当な評価が得られていない日本の国際貢献への見返りに言及する。
- 最後に技術移転につきものの漏洩問題について現況を整理する。

3.1 的確な現地診断業務

技術移転の成否は、移転に着手する前の現地診断業務の質によって左右される。現地のインフラ状況や、既設設備の実態、操業・メンテの実力、設備の運転に必要な用役の質と量、メンテ用消耗部品や緊急手配では間に合わない重要部品・機器の手持ち状況等にいたるまで、漏れがなく的確な情報の把握ができるか否か、この段階のできがそれ以降のすべての業務を支配する、と言っても過言ではない。

これはあたかも医師が患者の治療にかかる前に、検査やチェックを念入りに行う態度のそれである。彼等は体温、血圧を計り、触診、血液検査、尿検査、X線検査等のチェックを通じて可能な限りの情報を収集する。

発電プラントや製鉄所等の診断については、国内外での経験蓄積から、現地診断のための完成度が高いチェックシートを既に備えており、第2章 2. 4. 4項ではそのうちの一部を紹介した。チェックポイントがフォーマット化されていることで、チェック漏れがなくなり、ベストの専門家が同行できなくても合格点の診断情報が得られる。情報レベルのはらつきもなく、後々の診断レポートの作成に大いに役立つ。

他の産業分野でも、技術特性の違いはある、何らかの診断チェックシートは備えている。むしろ現在向き合わなければならない問題は、かかるチェックシートの作成に携わり、実際の現地診断の経験

が豊富なベテラン技術者が、確実に近々退職するという事実である。団塊世代技術者の引退をどう受けとめ、どう対処してゆくのか、先ず現状を整理する。

3. 2 団塊世代以降の技術力の確保

3. 2. 1 いわゆる『2007年問題』について

「団塊の世代」とは、堺屋太一氏の命名による。1947年から51年頃までに生まれた人々のことを指し、その数は700万人とも言われる。労働者全体に占める割合は約9.2%で、2007年から60才に達する。「人口ピラミッド」(図3. 2. 1. a)を参照下さい。退職金の支払い規模のピークもさることながら、技能・技術の伝承が懸念されている。定年対策としては、雇用延長や再雇用を行い、指導者的立場を与えて力を発揮してもらう。また、業種別に見ると、「製造業」や「建設・不動産業」で団塊世代の割合が多く、高度成長期を支えた「重厚長大産業」に団塊世代の多い様子がうかがえる。

また製造業や電気・ガス供給事業等の工場で、ばい煙、粉塵、排水、騒音等の公害防止を管理する公害防止管理者のうち、稼働有資格者が激減している実情がある。図3. 2. 1. bを参照下さい。推定値であるが、国家試験を通った公害防止技術者の集団が後継不足に喘いでいる。

もう一点注目すべきは、第一次ベビーブームの後、産児制限等による急激な出生減が生じ、採用時の不況による採用規模の絞り込みと相俟って、労働人口そのものが大きく落ち込んでいる。

3. 2. 2 各産業分野での対応

▽ 団塊世代が残した貢献

電力、鉄鋼、家電、化学、食品等の現場では、1965年～85年にかけて業種間の跛行性はあるものの、国内新鋭工場の建設や海外進出工場の建設が具体化し、生産プロセスの自動化や環境規制強化への対応等、大型案件が次々に実施に移された。団塊世代も若手、中堅メンバーとして様々なプロジェクトに参画し、計画業務や現場体験で大いに力をつけた。いずれの業種においても、生産現場の第一線で中心となって支えたのは、団塊世代の高卒優秀層と頑張り屋であった。彼等が現場実務に強く、技術理論にも精通していると評されるのは、この時期のキャリアと研鑽の賜である。多くの企業に残された操業・メンテのマニュアルや、設計、製造、工事、試運転等の手順書・要領書類、あるいはプロセス制御のプログラム等は、まさに団塊世代の手になるものが圧倒的に多い。したがって後進の出来上がったシステムの利用者にとっては、開発の経緯、途中での修正・改造、詳細な前提条件等が分からず、一種のブラックボックス化しているケースもある。

▽ 技能・技術の伝承

電力分野では、本格的な火力発電所の新設や増設の機会が国内ではめっきり減っている。海外における投資先の発電所の現場に、ベテランと若手の組み合わせで纏まとった期間駐在させ、ベテランからの技術・経験の伝承を実施している。海外進出の主目的の一つと言っても過言ではない。鉄鋼業においても、一貫製鉄所の建設経験がない中堅・若手の技術者を、海外の製鉄所建設の計画業務に参画させたり、操業指導等で海外へ派遣し、意図的に経験を積ませている。

また海外からの研修生の受け入れを契機に、外国語への翻訳前に、あらためてベテランと若手が一緒に技術資料を見直すことで、若手への技術移転を促す。また従来、文書の形に纏まっていない先人の技術・ノウハウを、文書の形に整理し直すことで、社内の世代間の技術移転を図る試みも行われている。この数年の取り組みを怠ると、取り返しがつかない。

▽ 現地化の推進

前述の第2章 2. 5. 2. 2の項、家電分野の「モノづくりにおける環境品質の確保」の中で、パナソニック社の「テクノスクール」のエピソードを紹介した。国内外合わせて計4000人余りの技術の伝道者を教育し、教科書も日本語以外に、英語、中国語、スペイン語が用意されている。日本国内で、若手に技術移転することさえままならない状況下で、いかに海外工場の現場を育てるか？ そこで登場したのが、中国人による、中国人指導者の養成や、一般作業員の教育である。中国語圏である台湾、シンガポールでも中国語の話せるメンテ技術者を育成し、広く中国語圏で活用するのも、現地化の一環である。

2008年5月、胡錦濤中国国家主席が来日した際に、先方からの要請で、パナソニック社以外の中国家電メーカーの社員に、省エネ技術を指導するよう求められた。同社は北京に教育センターを設立し、中国人指導員による中国人の教育を実施している。移転に不可欠な言語、中国人が理解しやすい表現方法や、特有の気質等の要素を考慮しても、先端的な内容でない限り、日本人が介在するよりも、中国人から中国人への直接的な指導の方が、効率が良い。

3. 3 中国への対応

3. 3. 1 中国のマクロ認識

▽ 國際間で高まる中国の存在感と緊張関係

EUは昨年末の国連気候変動枠組み条約第15回締約国会議(COP15)で、中国が温室効果ガス削減の目標設定を妨害したと見ている。また為替の誘導や、アフリカでのなりふり構わぬ資源獲得外交への批判も強めている。

一方、今回のCOPの会場で、OBAMA大統領は主要国の合意を取り付けるべく、積極的な働きかけを行った。中国は途上国を煽り立てる一方、自国の削減目標は国際的に義務を負わない消極姿勢に終始した。その上に、勝利宣言まで行った。これに反発するかのごとくに、米国政府は2010年1月、台湾に対するパトリオットミサイルを含む兵器の売却に踏み切った。事前に中国政府は公然と反発していたが、この米国の発表の翌日、中国側は米中軍事交流の停止と、兵器売却に関わった米企業への制裁実施を発表した。中国をめぐる国際間の緊張は、COP15と台湾への兵器売却問題を契機に、臨界点を超えたマグマのように一挙に吹き出した。人民元の固定化問題、核疑惑をもたれるイランに対する制裁反対姿勢、チベット・新疆ウイグル自治区の人権問題、グーグル中国撤退問題等々。OBAMA政権は、発足からこの1年、对中国低姿勢政策をとってきたが、厳しい態度へと大きく舵をきった。中国は今や経済的にも、政治的にも欧米と対峙する大きな存在となった。

2008年秋の金融危機で、日米欧の経済は深刻な打撃を受けたが、逆に中国は存在感を示した。世界銀行の予測では、世界に占める経済規模は2020年に米国18.3%、中国は17.7%、EU18.6%とほぼ拮抗し、その後は中国が頭ひとつ抜け出すと見られている。

▽ 人口の急増が環境汚染を呼ぶ

2010年1月、日本の某新聞の囲み記事(北京 時事)に、こんな報道があった。

『河南省、初の人口1億人突破へ……河南省の人口が今年7月に1億人の大台を突破する見通しとなった。…… 1省の人口が1億人を超えるのは現在の行政区画では初で、世界で河南省より人口が多い国は10カ国しかないという。……』。因みに同省の面積は167千平方キロメートルで、日本の約44%に相当する。

中国において深刻化している環境汚染の要因の一つは人口の急増である。18世紀の半ばまで、中国の人口は1億人を超えたことはなかった、と言われるが、今や13億人以上になっている。その間、国土面積の約1／3を占めるチベットや新疆ウイグル自治区を併合したが、それらの地域に居住しているのは、せいぜい数千万人に過ぎない。13億人の人民のほとんどは伝統的な中国の国土範囲に居住して、大量生産、大量消費に向かって走り出している。環境への負荷は既に限界を超えている。中国の人口は、2030年に14億6千万人でピークを迎え、次第に減少に向かうと予測されている。ただしこの30年間の人口抑制策の影響で、急速に老齢化社会に進むが、老齢化社会のコストを吸収することは容易ではない。また河南省のHIV感染者の多発といった社会問題も抱えている。

▽ エネルギー・環境面で突出している一例

国際エネルギー機関(IEA)の発表によれば、2007年の世界のエネルギー起源CO₂の排出量は年間約290億トン、そのうち中国は61億トンで世界全体の21%を占め、米国の20%を上回って世界一になった。図3.3.1.aと図3.3.1.bを参照下さい。

とりわけエネルギー多消費型の代表格である鉄の生産の世界では、先進国が横這いで推移す

る中、中国はこの10年間で約5倍の規模に急成長した。2008年、世界全体の粗鋼生産が13.26億トンと伸び悩んでいるときに、5.01億トン(37.8%)と実に世界の4割弱を占め、現状の断面では約5割に達する勢いである。

3. 3. 2 環境・省エネ問題への中国の取り組みスタンス

▽ 対国内と対海外の使い分け

上記の爆発的な急成長を遂げながら、対国内と対国際社会に対して、どのようなスタンスを取っているのだろうか？

中国自身にとって、省エネルギーは水質汚濁・大気汚染等の環境問題と並び、最重要課題の一つである。第11次5カ年計画(2006年全人代決定)で、GDPを原単位として2010年までの5年間で、20%向上することを決定した。

国際交渉の場ではこう主張する。自らが排出削減義務を負うことには反対。先進国からの支援(技術移転、資金支援等)を前提として、途上国の排出緩和行動は取られるべきである。歴史的排出責任がある先進国は率先して排出削減すべきであり、2020年までに先進国全体で25～40%削減(さらに2050年までに80～95%削減)を受け入れることを要求。今回の気候変動枠組み条約における作業部会では、南アなどとともに2020年までに40%削減を強く主張した。「歴史的排出責任について」(図3. 3. 2)を参照下さい。

▽ 日中間でのエネルギー・環境分野の協力

かつて黄砂は春を告げる風物詩であった。現在は、西日本や日本海側に多発する光化学スモッグの原因物質や酸性雨のもとになる硫黄酸化物について、中国からの寄与度が研究されている。日本はいわゆる越境汚染問題の直接的被害者である。これらの問題認識も踏まえ、次に日中相互のエネルギー・環境分野での協力関係を紹介する。

1) 中国における制度構築と人材育成支援

① エネルギー閣僚政策対話

2007年4月、温家宝総理訪日時に第一回を東京で開催、包括的なエネルギー協力を議論。

② 省エネ制度構築・執行体制強化支援

中央・地方の政府機関関係者を対象に、2007年から3年間で300人の研修実施。

③ 公害防止管理者制度の構築

日本の制度をモデルに、2010年を目指す。

④ エコタウン協力 《現在進展中の案件》

北九州市／青島市、北九州市／天津市、兵庫県／広東省

2) 官民連携によるビジネス協力の推進

① 日中省エネ・環境総合フォーラムの開催

省エネ政策、環境、電力、鉄鋼、自動車等のテーマで分科会を開催し、これまで35件に合意した。

② NEDOによる省エネモデルプロジェクトの実施

1990年代より、コークス乾式消火設備(CDQ), 高炉炉頂圧発電設備(TRT), セメント排熱発電設備の導入等18件のモデルプロジェクトを実施。この結果CDQは37施設に導入済み。

③ 「省エネ・環境協力相談センター」を中国全土に10箇所開設 等」

3. 4 日本への見返り

3. 4. 1 技術移転から派生している現象

技術移転に取り組んでいる重工分野と経験豊富な電力・鉄鋼分野に着目し、現状を整理する。

▽ 重工分野の例

JICAやICETT(財団法人国際環境技術移転研究センター)等の政府系国際協力機関が窓口となって、中国を含む東南アジア地域の発電所や化学肥料工場等の診断を行っている。

基本的には現地に専門技術者を派遣し、診断レポートを作成する。さらに先方のニーズや許容予算規模、操業・メンテの技術レベル、特殊機器・部品の輸入制約条件等を考慮して、改善提案あるいは粗い改善計画を提示する。実は、ここまでが目と勘を備えた現場経験と、柔軟性に富んだ技術理論が要求される、もっとも難易度が高い診断・計画業務である。

しかしながらこれだけ高度な知見を要する技術協力を手弁当で実施しても、ボイラーや反応塔等の鋼構造物のハードは、ほとんどが中国に発注される。ベトナムやタイ、インドネシア等においても、機器の調達は価格競争力に優る中国に歯が立たない。派遣された技術者個人は、経験や技術力を活かして国際貢献に参画できた喜びがあるにせよ、日本政府のみならず派遣元の企業としても、喜べない現実がある。電力、鉄鋼のようなAPPの枠組みの中で国際協力を実施している彼等はどう評価しているのか？

自らのノウハウの結晶である現地工場診断のためのチェックリストのフォーマットを無償提供し、連携している仲間企業のメンバーとともに対象工場に赴き、現地診断を行う。診断レポートをベースに訪問先と討議し、改善計画の骨子を固める。場合によってはモデル工場として、日本側の工場で彼等の見学を受け入れるケースもある。一般的に、ここまではまったく手弁当の国際協力である。

鉄鋼分野では、将来の改善投資の実行段階で、専門的な装置や機器の引き合いが出る可能性はあるが、電力分野では日本側へのハードの引き合いはまずないと言う。

日側にとってのメリットを強いて挙げるならば、以下の要素が考えられる。国内では技術継承の実践の場がもはやない場合、海外プロジェクトにチャンスを求める。例えば、火力発電所の建設や操業に参画する、あるいは一貫製鉄所や大型投資について計画段階から試運転に至まで一貫して担当する。電力、鉄鋼等の個別の国内産業分野の枠の中での、自己完結的なメリットはなかなか考えにくい。

3. 4. 2 日本自己完結から国際的な枠組みへ

一方、視野を国際的な広がりに転ずれば、同じ技術移転も異なる光景に見えてくる。例えば、EUが主張するCAP & TRADE制度に対し、世界鉄鋼協会(worldsteel)の総意として、EU内部の鉄鋼会社も含め、反対の立場をとっている。国際的な公平性が担保されず、安易にCAP & TRADEが導入されるならば、効率の良い先進国の生産を縮小せざるを得なくなり、悪いエネルギー効率が許容される地域での生産が増えるような現象さえ起りかねない。日本としての“削減目標”だけを、金科玉条に追求してきた従来の自縛自縛から自らを解放し、国際的な枠組みの中で、日本の持てる力を発揮する発想の転換が不可欠である。結果として日本からの先進的な環境技術の移転によって、途上国側もCO₂ の排出削減ができるれば、双方にとってwin-winの関係が生まれる。欧米、アジアで理解者が増えれば、日本への見返りも堂々と主張できる。

3. 5 技術の漏洩問題

3. 5. 1 広島大学产学連携センターが実施した「日本企業の海外展開と技術移転の環境変化への対応に関する調査研究(平成18年度経済産業省からの委託事業)から見えるもの

本調査研究の一環で行われたアンケート調査(有効回答189社)は、海外生産拠点の性格の変化を示している。従来の汎用品とローテクを分担する立場から、適地生産、適地消費の方向への転換が顕著である。具体的には、日本国内と同等の製品を生産し現地販売の強化を図り、そのために現地の生産能力を増強する。

一方、従来以上のハイテク技術や、企業固有の特殊技術を移転する傾向が見える中で、移転側がどこまで技術の漏洩対策に注力しているか、アンケート調査結果を以下に示す。「技術漏洩施策としての重要部品の国内生産／特定製品の国内生産」(図3. 2. 1)を参照願います。

重要な部品の日本生産(ブラックボックス化)、あるいは特定製品の国内限定生産といった漏洩対

策を取っている企業は、それぞれ3割強という数値が出ており、特別な配慮はしていないと回答した企業は約半数である。前者の対策を取っている企業は重複している可能性があるので、トータル的には半数又は半数以下と推定されるが、特段の対策を取っておらず、必要なときに必要な技術を移転しているという約半数の企業は、通常の守秘契約を結んで淡々と技術移転を進めている。現地市場での優位性の確保と、技術移転に伴うリスク及び受け手の技術咀嚼力を天秤にかけながら、果敢に海外事業展開に取り組む姿勢が伺える。

3. 5. 2 個別の技術及び産業分野ごとの状況

▽ 中国向けコーカス乾式消火設備(CDQ)について

チャンバーからの排出装置や、ボイラー及びブロワーの対摩耗構造など、ソフトとハードの面で難易度の高い部分はあるが、中方との分業が繰り返されることで、技術やノウハウの漏洩に歯止めがかけにくい実情もある。2000年、NEDOのモデル事業の一環として首都鋼鉄にCDQが設置されたときの経験を通して、首都鋼設計院の技術レベルや経営姿勢を判断し、合弁のパートナーに選んだ経緯がある。CDQという商品の技術特性を見極め、早期に合弁の道を決断した戦略の勝利と言えよう。

▽ 中国向け排煙脱硫装置

第2章、2. 2. 2項でもふれたように、技術的に確立した最終の姿は、比較的単純化された化学装置であり、ハード的にも特殊な要素が少なく、プロセス的に守秘性を守りにくい装置である。中国政府の強力な普及要請と、それを実現するための国産化による低コスト化の波に、日、欧、米の進出メーカーは翻弄された。結果として、中方は急速な設備の普及を実現したものの、日米欧の排煙脱硫装置の先行メーカーは中国での巨大なビジネスチャンスへの期待は大きく裏切られる結果となった。

▽ 液中燃焼装置

本装置は廃液処理市場では、特殊な一角を占める存在である。それ故にもともと多くのライバルが出現しにくい環境にあり、技術の特殊性も手伝って、開発リスクを冒して市場参入してくる企業もなかった。TSKE社の排ガスの冷却缶やダウンカマーの構造は、これまでの多様な廃液処理のノウハウが集積された結晶であり、守秘の努力と相俟って、技術の漏洩を回避しつつ、今日現在も中核部分のソフト、ハードの対価は確保できている。

▽ ブラジル鉄鋼業向け電気集塵装置

技術移転をしたいという努力を積み重ねても、日本の技術者が納得できるレベルに、なかなか到達できない例である。エンジニアリングを支配する現場的な条件が多様で、パターン化ができない性格をもつ。それぞれの案件ごとに経験工学的な要素がつきまとう。細く長く職人芸的な

領域が残る分野の一つである。

▽ 鉄鋼分野

日本の鉄鋼大手S社は、欧州のA社と北米の合弁事業相手のB社に、表面処理鋼板の特殊な技術を移転することで、日系自動車メーカーを中心としたニーズに対応していた。2006年ミツタル社がA社を買収し、次いでB社も買収したこと、虎の子の技術を提携先の会社ごと持つてゆかれる経験を味わった。鉄鋼業の世界では、自動車メーカーと原料供給会社の寡占化が世界的に進む中、さらに鉄鋼会社の統合・再編が予想され、このような例が現実化する可能性はある。一般的に鉄鋼業を支える技術は兵站戦が長く、部分的な漏洩が発生しても、相手先の技術がさほど高くなれば、一連の技術が移転され、定着することは容易ではない。ただし、一旦漏洩した場合は、被害者側で挙証することが難しいという悩みも抱える。

▽ 家電分野

一般論としての家電分野の大きな悩みのタネは、概ね次の2点に集約できる。

- 専門品(半導体、液晶等)を共同で開発したメーカーを、排他的に拘束することが困難であること
- 近隣のライバル国企業に対して、日本人社員の現役、OBを経由して技術が流れること

この2点に代表される。

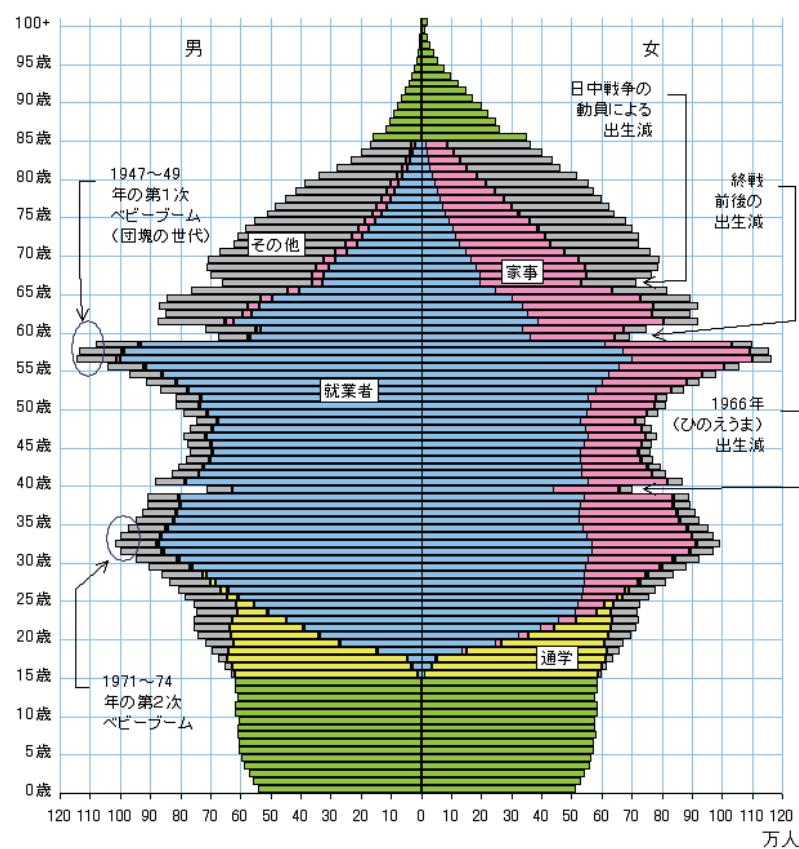
前者のケースを専門品メーカーの立場から考えてみる。開発に伴うリスクとコストを、最終的に一社だけの製品メーカーから回収できるか否かにかかっている。販売先を一社に限定できなければ、若干のタイムラグはあっても第二、第三の会社に開発成果を売らざるを得ない。偏に経済原則による。後者は、もちろん社員としてのモラールが根底にあるにせよ、構造的には元気なOBと有能な現役の能力を、組織の中で内部応力化させないために、生きた戦力として活用し、いかに企業の利益と、個人の自己実現の喜びに繋げるか、知恵の絞りどころである。

▽ 食品、化学、医薬品等の分野

それの中核をなす技術のいわゆる肝の部分が、限られた領域やプロセスに集中するという特性がある。徹底した知的財産管理を基本としながらも、同時に個々の商品の市場における優位性にも絶えず目配りしなければならない。この難しい舵取りを根気よく継続する宿命を背負っている。

図 3.2.1.a 人口ピラミッド

各歳表示の人口ピラミッド(2005年10月1日現在)



(注)「その他」には引退者、失業者、傷病者、ニート等を含む。15歳未満、85歳以上は就業等区分なし。
 (資料)国勢調査

※インターネット「社会実情データ図録」より

図 3.2.1.b 2009年における公害防止管理者等の
実働有資格者数（推定値）

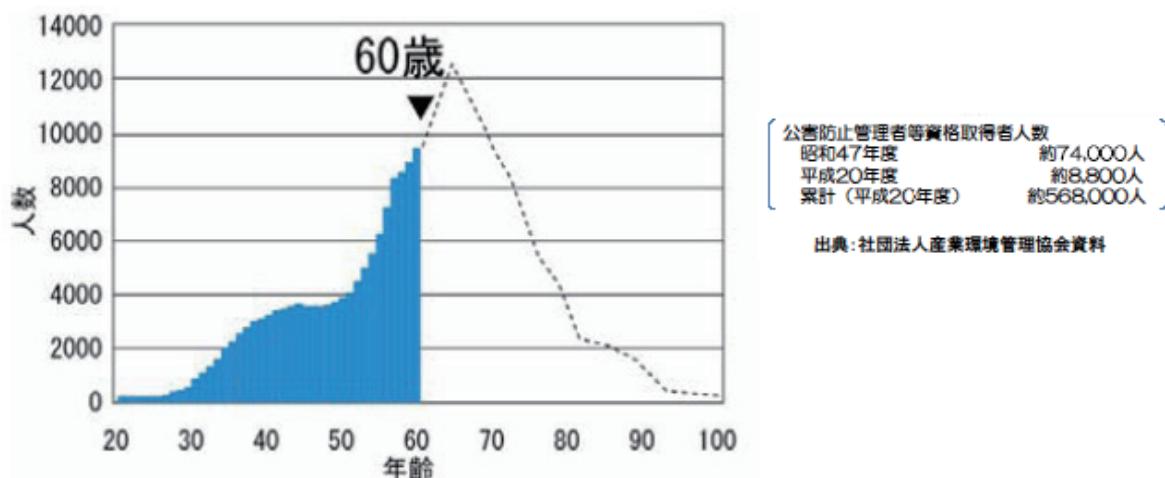


図 3.3.1.a 世界のエネルギー起源CO₂排出量（2007年）[%]

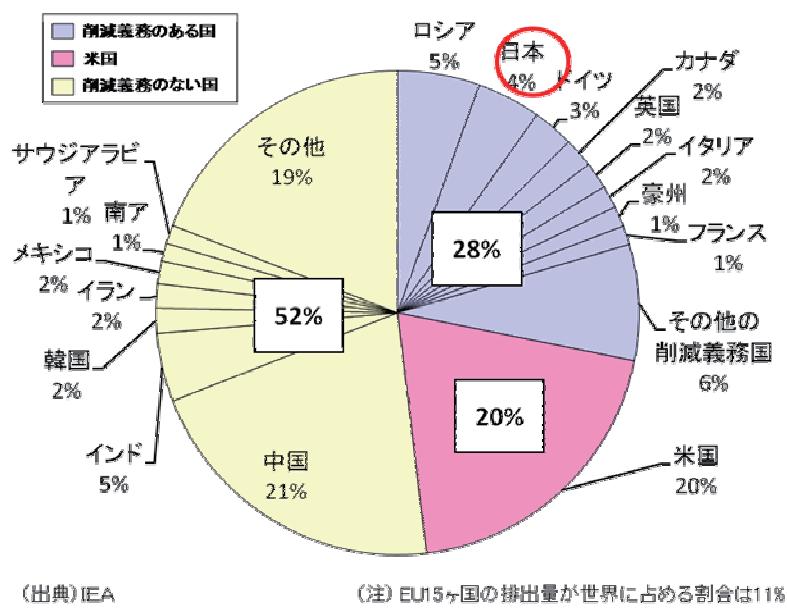
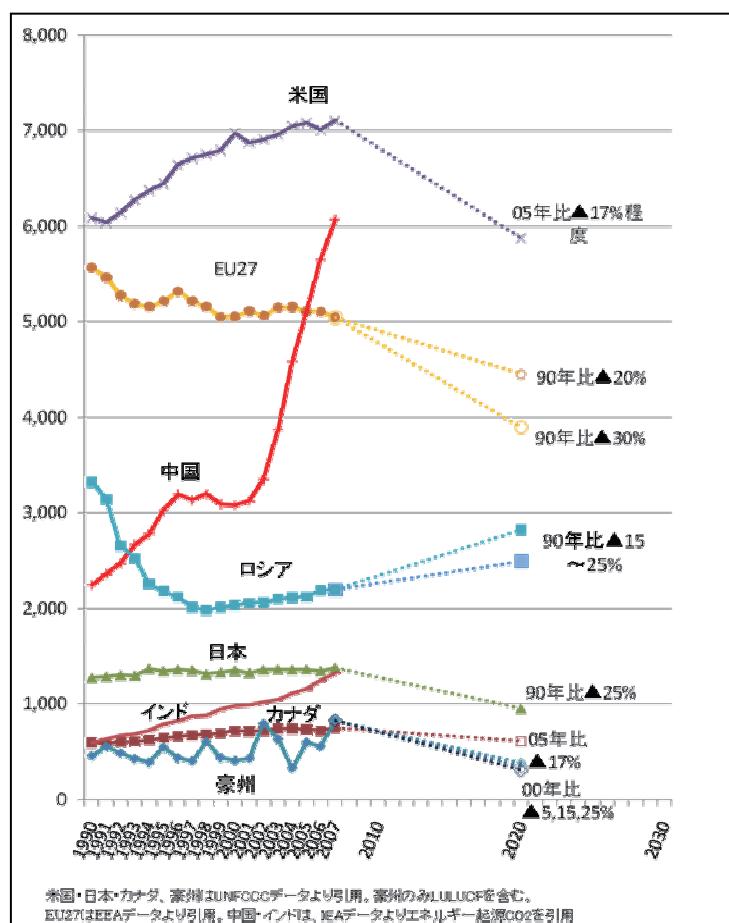


図 3.3.1.b 各国の排出動向と事情



※経済産業省資料より

図 3.3.2 歴史的排出責任について

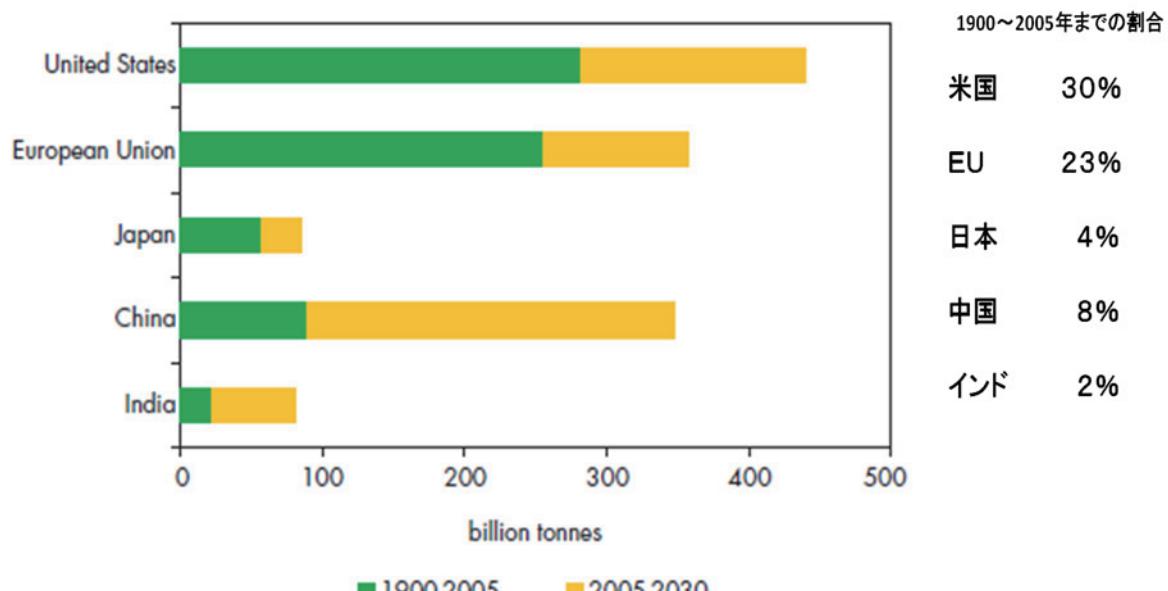
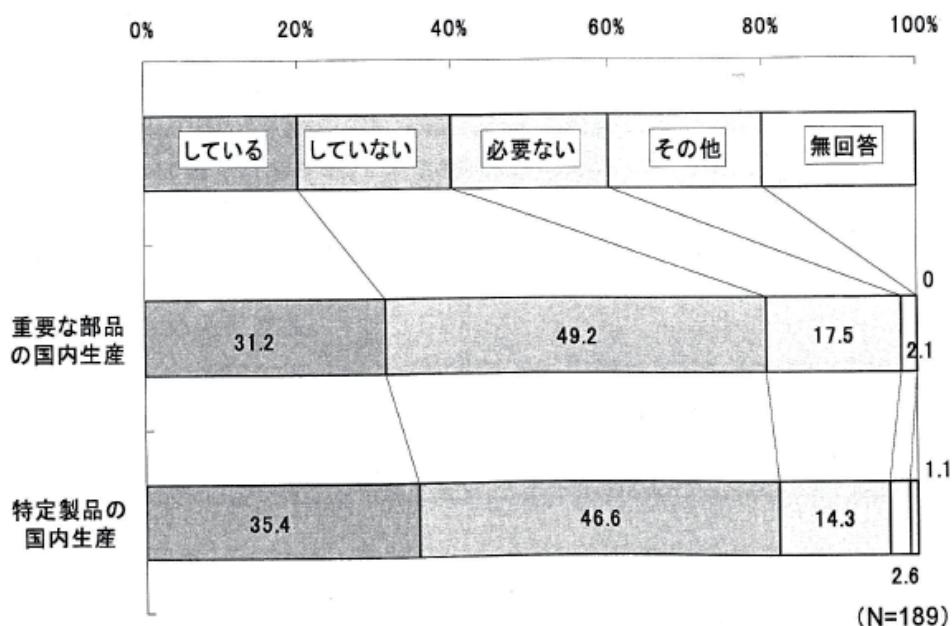


図 3.5.1 技術漏えい施策としての重要部品の国内生産
／特定製品の国内生産



※広島大学産学連携センター
「日本企業の海外展開と技術移転の環境変化の対応に関する調査研究」より

第 4 章 提言及び留意点

第3章の諸課題の集約を受けて、以下に提言、留意点を述べる。

- 先ず第一に、日本の経済構造と産業構造が21世紀を迎えて、待ったなしで大転換を迫られる中、その大前提となる人材の育成に言及する。
- 次に、地球規模で存在感を増す中国という存在と、どう向き合って行くのかについて、試案を述べる。
- 第3項では、日本の国際貢献への見返りについて考え、
- 第4項で、国際貢献を支える海外への技術移転に常につきまとう、技術の漏洩問題を取り上げる。

4. 1 技術立国に向けての提言

4. 1. 1 日本における中長期産業ビジョン見直しの必要性

昨年11月、財務省は、9月末時点で国債や借入金など国の債務残高が864兆5226億円になったと発表した。この額は対GDPの160%を超える水準であり、政府債務の対GDP比ランキングでは、日本はジンバブエに次いで世界第2位とのこと。本年3月末には900兆円の大台を突破する可能性がある。世界的な不況と国際金融危機のお陰で、資金が国債に逃げている現実もあり、なんとか国債が市場で消化できている。薄氷の上の安定に過ぎない。

一方、内需主導の産業構造への転換が叫ばれているが、高齢化と人口の減少化で国内市場の大きな伸びはそもそも期待しにくい。これまで日本経済を支えてきた製造業そのものの、日本におけるあり方を描き直す必要がある。『CO₂ 25%削減』も、自動車、鉄鋼、化学、家電それらを支える電力産業等の構造の見直しに際しては、当然織り込むべき要素になる。

米国最大手の自動車会社GMは、断末魔の恐竜のように喘いでいる。GMの重たいレガシーコストの構造が、経営悪化の一因として指摘されている。レガシーコストは経営悪化の本質的な問題点なのか、それともより根源的な問題点から派生した現象なのか？

われわれは後者を見る。長年の組合とのしがらみや惰性もあったろう。しかし、より本質的な問題は、これだけの処遇を与え続けないと、アメリカでは自動車産業に労働者が集まらない構造がある、ということではないのか？だとすれば、アメリカではどんな形態の自動車産業があり得るのか、どんな形でもあり得ないので、中長期的な産業構造ビジョンがないまま、産業を存続させてきたツケではないのか？日本も例外ではあり得ない。目を背けていても、オオカミは必ず来る。

4. 1. 2 技術基盤を担う若者の育成

日本の中長期産業ビジョンが示されていないと言って、手を休めるわけに行かない。資源のない国、人口構成が高齢化し、しかも減少過程に入りつつある国、日本。一方、BRICS等の若くて成長のポテンシャルを秘めた国々が、知力、体力、気力に優れた若者の力を武器に、国際社会の舞台に登場している。わが国が彼等や超大国に伍して、国際社会で誇りを持てる国としての地位を占めるためには、偏に人材の育成、とりわけ技術基盤の担い手たる若者の育成が、国の根本であり、必要条件である。そのための基礎教育が既に涸れかかっている。

子供の理科離れが指摘されて久しい。日本人のノーベル受賞者がいると、思い出したようにその場限りの議論が行われるが、国家百年の大計を踏まえた人材養成の議論はまだ端緒にも着いていない。この総論は、本来重大かつ広汎なテーマであり、少子高齢化社会や将来の移民の受け入れのあり方、さらには日本の目指す将来の国家ビジョンまで視野に入れた、国民的な課題である。したがって本項の範囲を逸脱するので、問題点の指摘に止めるが、早急な総合的検討の開始を願ってやまない。●教育は文部科学省という従来の既成概念を外して、産業構造論や産業界側のニーズの反映という観点から経済産業省及び有識者の参画、さらには先端研究分野に精通している有識者や欧米の教育事情に明るい専門家の参画等、国民のあらゆる知恵を結集して議論を深めて戴きたい。●総論の結論を待つまでもなく、各論として試行的な後継者育成プログラムを何通りか先行して走らせながら、前述の総論に適宜跳ね返すような併行検討方式を提案したい。

4. 1. 3 団塊世代技術者の有効活用

▽ 海外への技術移転、世代間伝承、若者教育

以上のマクロ認識と総論の方向付けとは併行して、自然科学系基礎教育の充実という具体論の中で、団塊世代の残したものや、継承すべきものを十分活かして行かなければならない。上記第3章の3. 4. 2 項で、団塊世代の貢献と、実際の技能・技術の伝承の例を紹介したが、世代間の伝承に加え、若者教育の現場でも団塊世代をフル活用したい。ただし2007年から団塊世代の退職期が既に始まっていることもあり、実行開始に時間的余裕はない。

- ① 中学校、高等学校での自然科学の基礎教育の現場に、海外での業務経験が豊富な団塊のベテラン技術者の活用を実現する。実地の経験に裏打ちされた事例紹介や技術説明は、学生の知的好奇心を大いに刺激するはずである。授業の活性化とOB技術者の活性化の一石二鳥が期待できる。制度の体系的整備と併行して、試行的にモデル授業を具体化する。
- ② 海外への技術移転に先だって、移転先の現地診断、実力評価、改善提案の作成等に活用する。ベテラン技術者の知見がもっとも活ける領域であり、その後の相手先への技術移転とともに、日側チームと一緒に業務を進める若手技術者への世代間移転にも効果を發揮する。

- ③ 上記①、②を円滑に実施する前提として、団塊技術者のキャリア登録制度を、既に一部で作成されているものも基礎データーとして取り込んで、文部科学省、経済産業省、厚生労働省、外務省等のネットワークで早急に整備する。
- ▽ 設備の購入者と納入者の間に正の連鎖を形成する。
国内、海外を問わず、もう一つの視点として提起したい。
俗に、飲食業の世界では、客が店を育て、店が客を選ぶ、と言われる。設備の世界でも、客の厳しい目がメーカーを育て、メーカーも品質で応える正の連鎖関係が存在する。とりわけ、大規模な投資が必要で、しかも長期間設備を使用する装置産業（例：鉄鋼業では、高炉の寿命は20数年、コークス炉は40年、圧延機は30年以上が珍しくない）においては、初期投資の見掛けコスト以上に、設備の寿命、長期に亘るランニングコストやメンテコスト（稼働率にも直結する）、メンテのし易さ、将来の技術動向を見据えたプロビジョンの織り込み等々、どこまで深く考え抜いて、要求事項を具体的にメーカーに提示できるかが、設備の優劣、ひいては製品の競争力を左右する。これは設備を納入するメーカーだけではなく、購入側のレベルアップとそのための購入側への技術移転が重要なポイントになることを意味する。メーカー側にとっても、どこまで客先の意向を設備化できるのかが勝負どころであり、それが次の改造工事、増強工事や別設備の受注に向けての営業戦略上の有力な切り札にもなる。買う側・売る側の切磋琢磨が正の連鎖を起動させる。両者への技術移転とレベルアップが健全な産業を形成する鍵であり、ベテラン技術者の腕の見せ所でもある。

4. 2 中国で環境・省エネビジネスを展開する上での基本認識と留意点

政府間レベル、あるいは双方の公的な機関（例：NEDO、自治体）の枠組みを起点として事業展開を図り、CDQのように中方での普及に貢献し、ビジネスとしても成功した例がある。一方、純粹民間ベースの個別案件を突破口として、パートナーを模索し、有力パートナーと組みながら大きなビジネスの流れに繋いでゆく手作り型の事業展開等、事業を進める方法には幾通りかの道筋がある。

ここでは中国での環境・省エネビジネスを展開する上での基本認識を、以下に整理する。

▽ 日本の常識を越えた強力な政府主導の環境・省エネ政策

第10次5カ年計画（2000年～2005年）で、CO₂ やSO_x、粒子状物質等の排出削減が、アメとムチの併用で強力に進められた。例えば、第2章の表2. 1. 2. 4. aに見られるように、火力発電所向け排煙脱硫装置の設置容量が、2001年に比べ2005年には100倍以上の規模（建設中も含む）に増強されている。その背景には、2003年当時排煙脱硫装置のメ

メーカーは7～8社程度と見られていたが、2006年には非公式統計ながら100社以上の数字がある。

引き続き第11次5カ年計画が実行中であり、本年1月、温家宝首相の主催で中期評価報告会が実施された。評価の基調としては、部分的に成果は出ているものの、全体としては未だに抑制できていないとの厳しい内容であった。【注】

【注】08年の達成実績が05年との対比で評価された。水質では、化学的酸素要求量(COD)が6.61%改善、大気では二酸化硫黄放出量が8.91%改善等の報告が詳細に行われた。総合評価としては、「環境汚染の抑制で、部分的に成果は出ているが、全体としては未だに抑制できていない状況にある」との厳しい評価が下された。環境問題の管理・監督能力も、未だ十分に増強されておらず、問題解決も厳しい状況にあるとの認識。今後、火力発電、鉄鋼、非鉄金属、セメント等の分野で、汚染物質の大気への放出を制限し、製紙、化学、醸造、染色等の分野では、排水のレベルを大幅に抑え込む必要ありとの指摘があり、深刻な農村部の土壤汚染にも言及した。

→ 拘り過ぎず、見逃さず。

日本の経験や常識に拘りすぎて、中国のマクロな流れを見落とすな。

▽ 中国でのビジネス展開には、次の基本パターンが考えられる。

- ① 中国資本との合弁
- ② 中国メーカーにライセンス供与
- ③ ライセンス供与までは踏み込まず、中方と分業形態をとる。

例えば、日方が主要な設計と製造、機器調達、工事指導を担当。中方が残りの範囲を担当する。

いずれのフォーメーションになろうとも、底流にある基本的な構造は変わらない。すなわち、巨大な潜在マーケットの規模と急激な普及の可能性をテコに、日本や欧米のメーカーに揺さぶりをかける。市場参入したいメーカーは、メーカー間の過当なまでの競合を強いられる。需要と供給の原理そのもの。また急激な普及の陰には、帳尻合わせや不明朗な事象も稀ではないが、本質的な社会の流れや文脈を読み誤ることなく、冷静に対処し、進退を含めて判断する必要がある。

→ 木も見て、森も見よ。

▽ 中国での成功体験

合弁事業やライセンス供与で中方と成功体験を共有した信頼関係を築くことができたならば、

その連携チームで新たな商品に取り組んで中国市場を攻めるもよし、あるいは中国で実績のある商品をもって他の市場に参入することも、大いに可能性がある。実際、中国で成功した連携チームで、インドへの事業展開に取り組んでいる例がある。

→ 成功した実績は大きな武器

▽ 優秀な人材が集まる。

大手の製造業やエンジニアリング会社には、まだまだ優秀層が集まる労働環境がある。技術のオーナーと中方メーカーとの具体的な作業分担(設計、製造、工事、試運転、メンテ等)を通じて、中方への技術の漏洩は避け難たく、彼等は急速に力をつける。類似案件の実行が繰り返されれば、尚更である。上昇志向が強い余り定着性に難点があるが、大きな母数の中には能力、意欲に優れた人材はいる。

→ 油断大敵、悔るべきからず。コピー天国を前提に事業戦略を練る。

4. 3 日本への見返りに関する提言

4. 3. 1 受け身の国際貢献

政府系国際協力機関はもちろん、民間の重工分野や電力、鉄鋼分野においても、APP等の国際的な枠組みの中で、献身的な国際貢献を行い実績を上げている。技術協力先からも感謝され、担当した日側技術者も個人的にはやり甲斐を感じている。しかしながら、肝腎の日本としての国際的な評価や企業としての事業の評価となると、正当な見返りを感じない。

このアンバランスの原因は単純ではない。しかし現状を打破するヒントも垣間見える。その原因の一つとして、これまでのわれわれの対応姿勢に、“遅い、受け身、小出し”的の日本の体質が潜んでいなかっただろうか？ 身内の海外現地法人向けを除けば、海外への技術移転・協力は受け身から始まっていたケースが多い。

4. 3. 2 提言

▽ 受け身の対応から能動的な提案へ

これまでの国際的な環境の議論は、EUの利害を中心に据えたEU主導、EU発であり、日本や米国、アジア諸国はいつも後塵を拝してきた。また途上国が主張する歴史的な排出責任の議論(図4. 3. 2. aを参照下さい)、あるいは先進国として技術移転に伴う支援の要請も受

けている。われわれは、常に問題提起を受け、要求を受ける立場に立っている。

グローバルな環境・省エネ投資の観点からすれば、限界削減費用(追加的にCO₂を1トン削減する努力に要する費用:US\$／トンCO₂)が相対的に安い地域に対し、優先的に環境投資資金を配分することに合理性がある。図4.3.2.bを参照下さい。日本を含むアジア、あるいは米国とも連携した提案の発信を試みてはどうだろうか？以下に提案例を記す。

① モントリオールフロンの国際的な回収・破壊の枠組み

京都議定書の対象から外れた、いわゆるモントリオールフロン(CFC, HCFC)はオゾン層の破壊効果を持つとともに、強力な温室効果ガスでもある。先進国ではHFCへの転換が進んでいるが、冷凍空調機や断熱材といった機器中のCFC、HCFCが、現在大量に大気中に排出されている。京都議定書の対象ではないため、CDMのように削減のための経済的インセンティブも働かない。そこで、米国、中国、東南アジア諸国の有志を中心に、独自のモントリオールフロン回収・破壊のシステムを構築し、かかる後に国際的な枠組み作りの提案を、欧州、全世界に向けて発信する。

② worldsteel加盟の欧州鉄鋼会社はworldsteelの総意として、EUが主張するCAP & TRADE制度に反対を表明している。worldsteelは粗鋼ベースで全世界の85%をカバーしており、worldsteelメンバーを中心に、世界に対して独自の国際貢献の評価制度を提案する。

上記の試案のように、欧州メンバーの参画の如何を問わず先ず原案を作り、具体的な活動を先行させながら、結果として世界標準を構築する。

→ 攻撃は最大の防御

4.4 技術漏洩問題に関する留意点

技術移転を行う場合の現地側の課題で、もっとも多く指摘されたのは気質(真面目、几帳面、従順、頑固等)59.3%、教育水準42.9%、知的財産保護制度36.5%、その他では人材の定着性を挙げる回答が多かった。図2.7.2.3.g「技術移転の受入側(現地側)課題」を参考下さい。

技術漏洩は、見方を変えれば、意図せざる技術移転とも言える。皮肉なことに、技術を知りたい側には強い目的意識と、上述の条件がポジティブに備わっている。基本的な留意点を以下に整理する。

① それぞれの産業分野や商品を構成している要素技術のうち、肝の部分と付帯部分の特性を冷静に分析する。

→ **己を知る。**

② “何を、どこまで、いつまで守るか”、逆に言えば “何を、どこまで、いつから移転するのか”を、変容する市場環境のもとで、商品や技術の優位性を確保することを念頭に置きつつ、強引に短期と中長期の仮説を一旦立てる。以後は定期的に仮説を分析し、修正を加える。定性的に言うならば、攻めの知的財産管理を具現化し、追求することが事業の要諦である。

→ **守っているだけでは守れない。攻めの知的財産管理を心掛ける。**

第 5 章 おわりに

今回は限定された実例数ではあるが、10種類の業種・プロセスを調査研究の対象に選定した。規模の大小、技術特性のばらつきもあったが、とにかくできるだけ現場で仕事をした技術者から、具体的経験を伺い、調査の幅を犠牲にしても堀り下げに重点を置いた。技術移転を円滑に進めたい分野もあれば、本音としては移転したくないものもある。移転したい技術の中にも、技術移転に適するものもあれば、不向きなものもある。移転に適するといつても、その後のビジネス展開が取り組み易いものもあれば、そうでないものもある。なるべく技術移転しないで細く長くビジネスを継続しながら、国際化にも手堅く対応している事業領域もある。

日本経済の構成は、30%の製造業と70%の非製造業に分けることが出来る。非製造業における国際競争力の劣勢はそれ自身が根本的なテーマであるが、30%の製造業も環境・資源問題や為替、労働市場、中国の台頭等の制約条件から、自動車産業や家電も鉄鋼も従来とは異なる有り様を迫られる。米国における自動車産業と同様に、不当な待遇でしか労働者を確保できない産業は、その国では消滅するしかなく、既にフランスの製造業では、軍需産業と原子力関連しか残っておらず、ドイツも自動車と新エネルギー関連以外、明確な生き残り戦略は見えない。

世界規模で製造業の分業形態や分布が変容する中にはあっても、日本は製造業が輸出で外貨を稼ぎ、その外貨で食料やエネルギーを輸入する基本構造は当面変わりようがない。であるならば、自らモノを作り付加価値を付ける技術、あるいは海外に移転しうるソフトを日本自身が開発し持たなければ、国の構造が成り立たない。子供の理科離れや、若者や若手教師の自然科学離れは看過できるものではない。狭隘な、資源に乏しい島国が、大国・強国に伍して生き延びるために、技術力を磨くことであり、そのために『学ぶ力』を最大化する以外にない。『学ぶ力』こそが、日本の最大の武器であった。

『学ぶ力』の劣化がなぜ起こったのかは、別の議論に譲るとして、技術立国に向けて、先ず学ぶこと、鍛えることが楽しく刺激的であることを、子供や若者に伝えなければならない。今回の主題である環境・省エネ技術の移転の財産は、団塊世代までに蓄積されたものであって、その後の兵站機能は急速に細っている。今やBRICS以外にも上昇志向が強く、知力・体力・気力に優れた若者が世界にあふれている。日本の子供や若者の心に火をつけて、自然科学に触れる楽しさを動機付けする国民的なプロジェクトの具体化を切に願う。

さらにもう一段俯瞰して閉塞する日本を見るならば、成長しない人間集団は健全さを維持することが難しいことを痛感する。人間は必ずミスを犯す。犯さないまでも人間同士の関係の複雑さを考える

と、全体が成長しない中で問題を解決することは並大抵のことではない。全体が成長していれば、ミスをカバーしたり、問題の先鋭化も避けることが容易になる。

2050年以降はいざ知らず、地球規模で考えれば当面世界の人口は増え続ける。環境や人口増による制約は当然あるにせよ、少なくともわれわれの生きている今後30～40年は、人間社会も経済も拡大することが約束されている。日本という狭い偶然の括りに縛られることはない。日本の深刻な問題を解決するには、あらゆることを地球規模で捉える視点が不可欠である。

第 6 章 委員名簿、参考文献・参考資料他

□JEFプロジェクト委員会 委員名簿□

委員長	岡崎照夫	新日本製鐵株式会社
委員	小竹進一郎	三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社
委員	佐藤滋記	月島環境エンジニアリング株式会社
委員	高石陽一	財団法人 国際環境技術移転研究センター
委員	高田忠彦	広島大学产学連携センター
委員	辻 嘉之	東京電力株式会社

アドバイザー	河村 徹	月島環境エンジニアリング株式会社
アドバイザー	HIDEO KIMURA	ENFIL S.A.
アドバイザー	谷川義夫	評論家(米国在住)

(敬称略・氏名五十音順)

□ 参考文献□

- 中国環境問題研究会 : 中国環境ハンドブック（2009–2010年版）
(蒼蒼社)
- 堀井伸浩 : 排煙脱硫の普及に見る中国環境問題の潮流変化
- 広島大学産学連携センター : 日本企業の海外展開と技術移転の環境変化の対応
に関する調査研究(H18年度経済産業省委託事業)
発展途上国への技術移転MOTプログラム調査研
究報告書(H17年度経済産業省委託事業)
- 日本ウジミナス株式会社 : 日本ウジミナス五十年のあゆみ
- 阿南惟正 : 鉄の絆 ウジミナスにかけた青春（朝日新聞社）
- 味の素株式会社 : 挑戦者の系譜（味の素株式会社）
- 三坂俊明 : 日立における電気集塵の研究
(電気集塵の温故知新研究委員会)
- 橋川武 : 日本電力業発展のダイナミズ(名古屋大学出版会)
- 日本経済新聞社 : 化学（日本経済新聞社）
- 化学工業日報社 : 化学工業白書（化学工業日報社）
- 青山芳之 : 家電（産業の昭和社会史）（日本経済評論社）
- パナソニック株式会社 : パナソニック エコアインシア レポート 2009
- 新日本製鐵株式会社 : 環境・社会報告書 2007/2008
- Teruo OKAZAKI : Steel industry's challenge against climate
Change /Global Steel Sectoral Approach
(NIKKEI Forum)

□ 参考資料他□

- 東京電力株式会社 : 海外コンサルティング事業への取り組みについて
- パナソニック株式会社、ホームアプライアンス社 : ホームアプライアンス社 環境経営活動について 2009

WEBサイト

- : 経済産業省ホームページ
- : 環境省ホームページ
- : 電気事業連合会ホームページ
- : 東京電力ホームページ
- : 九州電力ホームページ
- : 日本鉄鋼連盟ホームページ
- : 味の素ホームページ

http://www.asiapacificpartnership.org/english/powergen_event_07april_presentations.aspx

<http://www.fepc.or.jp/future/warming/torikumi/partnership/index.html>

<http://www.tepco.co.jp/cc/press/index09-j.html>

<http://www.usiminas.com/irj/portal>