東アジア地域等における鉄源開発に関する調査研究報告書

平成21年3月

財団法人国際経済交流財団

委託先　日鉄鉱コンサルタント株式会社

KEIRIN

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

第 1 章では、本調査研究の背景と目的を紹介した。近年世界の鉄鋼需要が高まり、原料である高品位鉄鉱石の入手が困難になって来ているなか、鉄源としての還元鉄が注目されるようになってきた。本調査研究では、ベトナム、マレーシアおよびインドネシアにおける鉄鉱床賦存状況、還元鉄生産状況、鉄スクラップ需給動向およびインフラ整備状況を把握するとともに還元鉄プラント建設の実現可能性および課題の抽出を目的とした。

第 2 章では、鉄鉱床に関する基礎的事項を紹介した。当該国の鉄鉱床生成に関係した地質構造、主要な鉱床であるスカルン型鉱床をはじめとする鉄鉱床タイプの特徴、鉄鉱石の種類、鉄鉱石中の不純物などについて整理した。鉱床タイプの認定は、鉄鉱石の化学組成や不純物が鉱床タイプにより異なることから重要な意味を持つ。

第 3 章では、3 ヶ国の鉄鉱床の賦存状況を紹介した。地層の分布、地質構造、鉱床生成に関係した花崗岩類の分布・貫入時期、鉱床タイプと分布に基づいて鉱床生成区を抽出した（但しベトナムについては情報が少ないため行わなかった）。ベトナムでは 15 鉱床、マレーシアでは 26 鉱床、インドネシアでは 5 鉱床を取り上げて記載を行った。その多くがスカルン型鉱床で、一部 IOCG 型鉱床を含む。スカルン鉱床は一般に縞状鉄鉱床と比較すると小規模である。ベトナムには 200 以上の鉄鉱床があると言われているが Thach Khe 鉱床（鉱量 1.12 億トン）を除けば、殆どが数百万トンクラス以下のスカルン型鉄鉱床で燐などの不純物が多い。また特異な存在として褐鉄鉱よりなる Quy Xa 鉱床（操業中）が知られている。IOCG 型銅鉱床である Sin Quyen 銅鉱床には 5.4%の磁鉄鉱を含有しておりその含有量は 250 万トン以上に及ぶ。現在選鉱廃さいから磁力選鉱により磁鉄鉱を回収している。半島マレーシアの鉄鉱床は殆どがスカルン型鉄鉱床で、東鉱床区、西鉱床区と Ipoh 鉱床区に区分される。西部鉱床区のスカルン鉱床は東部のものに比べて小規模であるが不純物が少ない。インドネシアの鉄鉱床はスマトラ島、カリマン島にまとまって分布しており、それぞれスマトラ南東部鉱床区、カリマンタン南東部鉱床区として区分した。いずれもスカルン型鉄鉱床である。イリアン・ジャヤではスカルン型銅鉱床である Erzberg 鉱床、ポーフィリー型銅･金鉱床である Grasberg 鉱床にともなって磁鉄鉱を産することからこれらを含めてイリヤン・ジャヤ鉱床区として抽出した。これらの基礎となったデータの多くは既存の出版物から引用したものであるが、鉄鉱床ポテンシャル評価精度を高めるためには、更に政府関係機関等に保管されている過去の調査データを収集・解析する必要がある。

第 4 章では、ベトナム、マレーシアおよびインドネシアの鉄鋼業構造と鉄鋼生産状況を整理した。ベトナムはミニ高炉で生産された銑鉄および鉄スクラップを鉄源として粗鋼を生産、更に輸入ビレットを加えて条鋼類を加工、スラブは自国に生産設備がないため輸入鋼板類を加工して鋼材を生産している。最近の鉄鋼需要の増加に伴って鉄スクラップを鉄

源とした粗鋼生産が急増した。マレーシアでは国内にある3社3基の還元鉄プラントで生産された還元鉄と鉄スクラップから粗鋼を生産、輸入ビレットおよびスラブを加えて鋼材を生産している。2008年5月Megasteel の還元鉄プラントが操業を開始し川下までの一貫製鉄体制が整った。ベトナムと同様に、鉄鋼需要の増加に伴って鉄スクラップを鉄源とした粗鋼生産が増加した。インドネシアではPT Krakatau Steelの3基の還元鉄プラント（2基は休止）で生産された還元鉄と輸入還元鉄＋銑鉄から粗鋼を生産、輸入ビレットおよびスラブを加えて鋼材を生産している。PT Krakatau Steel では一貫製鉄体制が構築されている。

第5章では、世界の還元鉄生産状況、還元製鉄法の特徴を紹介したうえでベトナム、マレーシアおよびインドネシアの還元鉄生産状況および還元剤の供給ポテンシャルを整理した。2007年の世界の還元鉄生産量は粗鋼生産量の5.1%、1998年比1.8%増の67.22百万トンとなった。直接還元製鉄法は天然ガス・ベースのMIDREX法が全体の約60%を占めている。ベトナムでは高炉方式への志向が強く、現在還元鉄プラントはなく、多くの高炉建設計画があるなか還元鉄プラントは、神戸製鋼所/双日のITmk3計画があるのみである。マレーシアではMegasteel（MIDREX法、1.54百万トン/年)、Antara Steel Mills(MIDREX法、0.65百万トン/年)およびPerwaja Steel（HYL法、1.2百万トン/年）3社3基の還元鉄プラントが操業されている。いずれも還元剤は国内産天然ガスを利用している。インドネシアではPT Krakatau Steelが3基（HYL法、2.47百万トン/年）の天然ガス・ベースの還元鉄プラントを所有しているが2基は休止中である。還元剤となる石炭はベトナムとマレーシアで生産されており、天然ガスは3ヶ国何れでも生産されているがベトナムの供給は南部に限定される。

第6章では、世界の鉄スクラップ動向を紹介したうえでベトナム、マレーシアおよびインドネシアの鉄スクラップ需給動向を整理した。世界の鉄スクラップ発生量、見掛消費量ともに年を追って増加し、2006年にはそれぞれ436.0百万トン、435百万トンとなった。鉄スクラップの日本国内価格は2008年7月には70,000円/トンまでに高騰し、米国コンポジット価格も同様な傾向を示した。ベトナムの鉄スクラップ消費量は、1998年の462千トンから2007年の1,996千トンに増加した。増加分は輸入と国内出の増加で賄われた。鉄スクラップ使用原単位は986kg/粗鋼1トンと高い。マレーシアの鉄スクラップ消費量も増加し、1998年の1,994千トンから2007年の5,105千トンになった。増加分は主に輸入鉄スクラップにより賄われた。鉄スクラップ使用原単位は740kg/粗鋼1トンであった。インドネシアの鉄スクラップ消費量も増加し、1998年の1,884千トンから2007年の2,763千トンとなった。増加分は国内出鉄スクラップにより賄われた。鉄スクラップ使用原単位は688kg/粗鋼1トンであった。2007年3ヶ国への日本からの輸出は167千トンで全輸出量の2.6%に過ぎなかった。

第 7 章では、ベトナム、マレーシアおよびインドネシアのインフラ整備状況を整理し、鉄鉱床開発、還元鉄プラント建設、還元鉄の輸出を前提とした必要なインフラについて検討した。ベトナムのインフラは市場経済移行後に整備が進んだが、北部の鉄鉱床地帯は概してインフラ整備状況が悪く、鉄鉱床開発は鉄道沿線やバージ利用可能な範囲に限られる。鉄鉱山を紅河沿いの山岳地帯に、還元鉄プラントをハイフォン港近隣に想定し、輸送方法を鉄道とした場合、鉱山から鉄道までの道路と橋梁の造成建設、鉱石積込施設、機関車・貨車の購入、還元鉄プラントでの積降し施設が必要となる。これらにかかる費用はおよそ 4 百万ドルと見積もられる。マレーシアではインフラが比較的整備されている。鉄鉱山を半島南東内陸部に、還元鉄プラントを Kuantan 港周辺に想定した場合、鉱石は Kuantan 港までトラック輸送となる。この場合鉱山、還元鉄プラント周りの鉱石積降ろし施設が必要となる。インドネシアではジャワ島以外のインフラ整備は遅れており、鉄鉱床賦存が期待される南カリマンタン州もその例に漏れず州都以外のインフラは貧弱である。鉄鉱山を南カリマンタン州内陸部に、還元鉄プラントを州都 Bandjermasin 近郊に、還元鉄は、プラント近くの河川港には大型船が入港出来ないため、石炭と同様に沖合いの沖積みポイントで貨物船に積替えると想定した場合、鉱石の運搬はバージによる水上運搬が最も経済的で、鉱山からバージまでの道路造成、鉱石積込施設、還元鉄プラントでの積降し施設が必要となる。また電力供給が限定されているため発電設備の新設が不可欠である。

第 8 章では、ベトナム、マレーシア、インドネシアにおける鉄源開発の課題をまとめた。ベトナムでは原料の鉄鉱石の確保が優先課題となる。還元剤は近隣の Quan Ninh 省にホンゲイ炭で有名な炭田地帯があり、一般炭の供給を受けることが可能である。鉄鉱床地帯には鉄道（ハノイ－ラオカイ線）が運行しており、下流域では運河が発達しており輸送手段として活用できる。また工業団地や経済区が設けられており投資環境は比較的整っている。マレーシアも鉄鉱石確保が課題となる。個々の既存鉱床の規模は小さいが複数まとめれば製鉄原料となる可能性がある。半島マレーシア海岸部には天然ガスパイプラインが敷設されており還元剤として利用可能であるが、政府のエネルギー政策により天然ガスの製鉄用還元剤としての利用が左右される恐れがある。インドネシアにおいても同様に鉄鉱石の確保が課題である。南カリマンタン州では高炉および還元鉄プラント建設計画があり鉄鉱床も知られているがアクセスが悪く十分な調査が行われていない。南カリマンタン州は石炭の産地でもあり還元剤として利用可能である。インフラは未整備であるが鉱石および還元鉄は石炭と同様にバージによる運搬が可能である。

目次

Ⅰ　はじめに

経済成長とともに国民1人あたりの金属消費は伸びるが、やがて経済が成熟すると低下する[1]。米国、ドイツ、日本のような先進国の国民1人当たりの金属消費は減少傾向にあるのに対してBRICsのような新興経済国では近年経済成長に伴って急激に増加してきた。

Goldman Sachs[2]は2003年に、2050年にはBRICsの市場規模は、先進6カ国の経済規模を凌ぐ可能性があると大胆な予測をし、また今後10年間にBRICsの1人当たり年間所得が3,000ドルを越す中流階級は4倍に増加すると予測している[3]。今回の世界金融危機により、2003年頃から2008年10月頃まで続いた金属需要の急激な伸びは暫くないとしても、中国、インド、アフリカ諸国の人口増加と途上国の生活レベルの向上に伴って金属需要増加のトレンドは続き、金属資源の獲得合戦は将来に亘って続くものと思われる。

鉄鋼業界の動向に目を向けてみると、1960年代以降ブラジル、オーストラリア、インド等の大規模高品位縞状鉄鉱床が開発され、これらの鉄鉱石をソースとして、我国では臨海型大規模銑鋼一貫製鉄所が発達してきた。我国鉄鋼メーカーは、自らの手による鉄鉱山開発は行わず、ブラジルやオーストラリアの鉄鉱山からの買鉱により原料の鉄鉱石を調達してきた。この間海外の鉱山会社では企業買収で寡占化が進展して、BHP Billiton、Vale、Rio Tintoの3社で世界の鉄鉱石生産の71%、日本への供給の85%を占めるに至った。さらに開発に至ってない鉱床についてもメジャーが多くを抑えていると言われており、世界第3位の生産国であり我国最大の輸入国であるオーストラリアでは鉄鉱石埋蔵量の47.1%をBHP Billitonが、32.3%をRio Tintoが抑えている[4]。鉄鉱石需要の増加した2003年以降、鉱石価格は急激な上昇を続け、2008年のオーストラリア産価格は2003年比で4.7倍となり、鉱山会社主導の価格となった。国内でもスクラップ価格の高騰で一時的にしろ電気炉用の鉄スクラップの入手が難しくなるなど、鉄源の確保という課題に直面した。

一方、昨今の資源を取巻く環境の変化で、技術イノベーションを繰り返しながら成長しつつあった直接還元製鉄法が注目されるようになって来た。この方法は鉄鉱石を溶融することなく還元して加炭せずに還元鉄を製造する方法で、小規模（20万トン～150万トン）でコークスを必要としないこと、環境にもやさしくCO_2排出量が少なくエネルギー効率も優れており、これまで余り省みられることの無かった低品位小～中規模鉄鉱床からでも鉄鉱石の供給が出来るといったメリットを持っており、従来の大型高炉一転炉法、電気炉法

---

[1] 上木隆司(2008)デマンドサイド分析(1) 銅. 金属資源レポート, v.38, p.361-385.
上木隆司(2008)デマンドサイド分析(2) 鉛・亜鉛. 金属資源レポート, v.38, p.479-527.
日本鉄源協会(2006)環太平洋における鉄源需給の現状と展望. 216pp. など

[2] Goldman Sachs (2003) Dreaming with BRICs: The Path to 2050. Global Economics Paper, No.99, 24p.

[3] Goldman Sachs (2006) BRICsの成長を夢見て. Goldman Sachs ツアービデオ.

[4] JOGMEC シドニー事務所(2008)オーストラリアの鉄鉱資源開発の現状. カレント・トッピックス, 05-51.

を補完できる製鉄法として位置づけられる[5]。

このような背景下、我国の鉄源確保といった視点から、我国に比較的近くかつこれまで余り鉄源の供給元として注目されてこなかったベトナム、マレーシアおよびインドネシアにおいて、鉱量数千万トンクラスの鉄鉱床の確保および低品位鉄鉱石を含む鉱石を用いた還元鉄プラント建設の実現可能性を検討するため、鉄鉱石の種類、賦存状況および権益の把握、鉄鉱山開発から還元鉄プラント建設にかかるインフラ整備状況に関する情報を取りまとめるとともに課題の抽出を行った。また併せて 3 ヶ国における還元鉄生産状況および鉄スクラップの需給動向を取りまとめた。

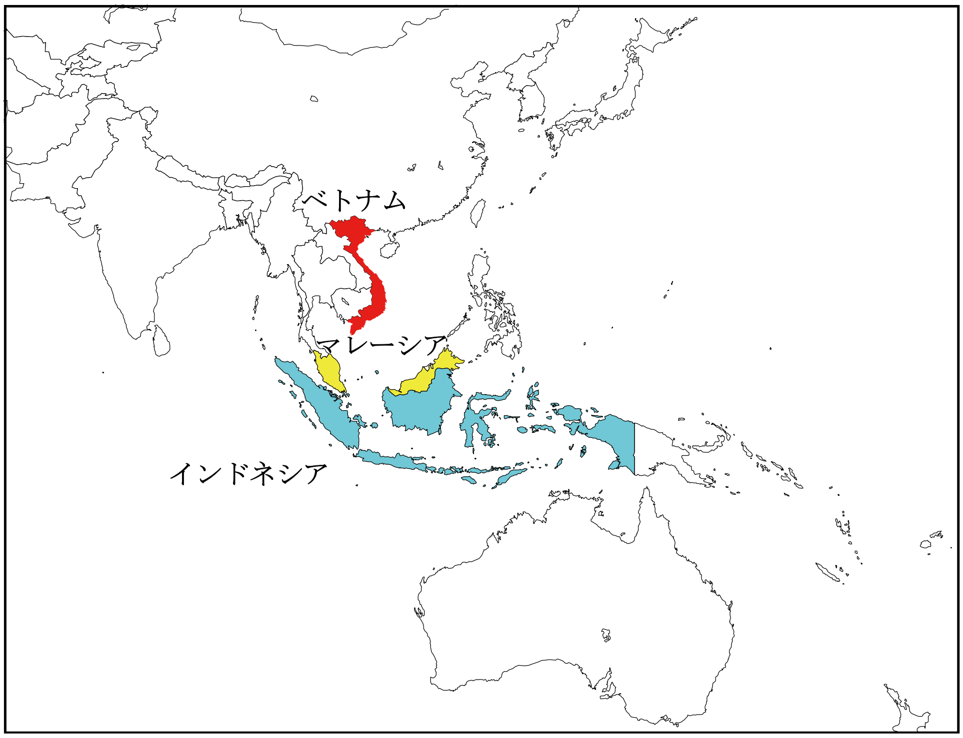


図 I-1 調査対象国

本調査研究を実施するに当たって、経済産業省製造産業局鉄鋼課をはじめ、JETRO ハノイ事務所、ベトナム鉱物資源局(DGMV)、ベトナム石炭鉱物公社(VINACOMIN)、ベトナム鉄鋼公社(VSC)、ベトナム鉄鋼協会(VSA)、JETRO クアラルンプール事務所、マレーシア鉄鋼連盟(MISIF)、マレーシア鉱物地球科学局(MGDM)、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構石油開発支援本部、財団法人日本鉄鋼連盟ライブラリーおよび国内鉄鋼メーカーの方々には多大なご協力を頂きました。ここに記して御礼申し上げます。

[5] 田中英年（2008）最近の新製鉄法の動向と今後の展望. 財団法人日本鉄鋼協会西山記念技術講座, p.163-197.

Ⅱ 鉄鉱床の概要

1 概説

日本は戦後国家復興策として鉄鋼業の再建を目指し、官民挙げてそれに対処した。先ず、国内の鉄鉱資源調査を始めると同時に、東南アジア地域、特にマレーシア、フィリピンをはじめとして、インド、米国、カナダ等の調査を行い、鉄鉱資源の確保に努めた。1950 年に朝鮮動乱が勃発すると鉄鋼の需要が急増し、それに対応するため 1952 年海外製鉄原料委員会が設立された。1953 年香港の馬鞍山鉱山が日本の開発融資、技術指導により戦後初の海外鉱山開発に先鞭をつけた。1948 年～1960 年の鉄鉱石の輸入は 7,615 万トンで、その内訳はマレーシア 30%、フィリピン 18%、インド 26%（うちゴア 11%)、米国 10%、カナダ 7%、その他 9%であった。当時鉱石を輸入した主な鉱山は、マレーシアでは、ズングン、ロンピン、スリ・メダン、フィリピンではララップ、ゴアではチョーグリ、デンポー、等の諸鉱山であった。

日本は 1960 年代前半まで必死となって鉄鉱資源の確保に努めた。1960 年代後半以降になると、インド、ブラジル、豪州の大型、不純分の少ない、高品位の鉄鉱石の安定供給が確保されるようになり、それまで鉱石を供給していた東南アジア等の小型で、不純分の多い鉄鉱山からの輸入は激減した。それに伴って、1970 年代以降にはそれまで海外製鉄原料委員会や民間が積極的に実施してきた東南アジア地域の鉄鉱資源の調査も殆ど行われなくなり、調査資料も追加されることは殆ど無くなった。調査資料も今回対象とするマレーシア、ベトナム、インドネシア等に関する鉄鉱石に関する纏ったまともな資料は、ベトナムを除いて、殆ど 1970 年代以前のものしかない。ベトナムに関しては、ベトナム政府が独自に東南アジアでは最大級の鉄鉱床を発見し、報告している。

従って本報告書は、最も詳細に調査報告されている海外製鉄原料委員会による「東南アジアの鉄鉱資源」[6]を各鉱床説明の主たる引用資料とした。この他、科学技術庁資源局による「世界鉄鉱資源要覧」[7]も参考資料とした。1960 年代以降大型鉄鉱床が発見された鉱床に関しては、国連による「Atlas of Mineral Resources of the ESCAP Region、Volume 6, Viet Nam」[8]や現地ヒアリング（ベトナム鉱物資源総局やマレーシアの鉱物地球科学局等）およびホームページの最新情報等により新規鉱床説明を含め鉄鉱資源状況を補足した。
しかしながら、今回入手出来た 1970 年代以降のデータは不完全であり、今後の補填を必要としている。

本報告書では、鉄鉱床タイプのうち、経済性から当面採掘の対象とはなり難いラテライト鉱床および砂鉄鉱床は除外した。

---

[6] 海外製鉄原料委員会(1966)東南アジアの鉄鉱資源. 383p.
[7] 科学技術庁資源局(1966)世界鉄鉱資源要覧. 144p.
[8] UN(1990)Atlas of mineral resources of the ESCAP region, No.6, Viet Nam, Explanatory Brochure, 124p.

当該3カ国の鉄鉱石生産量、輸入量および輸出量は表Ⅱ-1に示す通りであるが、いずれの国においてもメジャーな鉱産物とはなっていない。

表Ⅱ-1　最近の鉄鉱石の生産量・輸入量・輸出量(1,000トン)[9]

鉄鉱石生産量								
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ベトナム	332	395	433	540	625	700	700	700
マレーシア	258	376	404	597	664	811	703	600
インドネシア	538	490	380	245	90	22	20	20
鉄鉱石輸入量								
ベトナム								
マレーシア	1,736	1,568	1,257	2,436	2,185	1,891	2,145	2,677
インドネシア	2,159	1,292	1,319	1,662	1,996	1,548	1,761	1,737
鉄鉱石輸出量								
ベトナム		150	170	190	200	218	222	222
マレーシア	104	66	214		76	399	205	828
インドネシア	142	140	65	97	114	706	-200	706

2 当該地域の広域地質概要

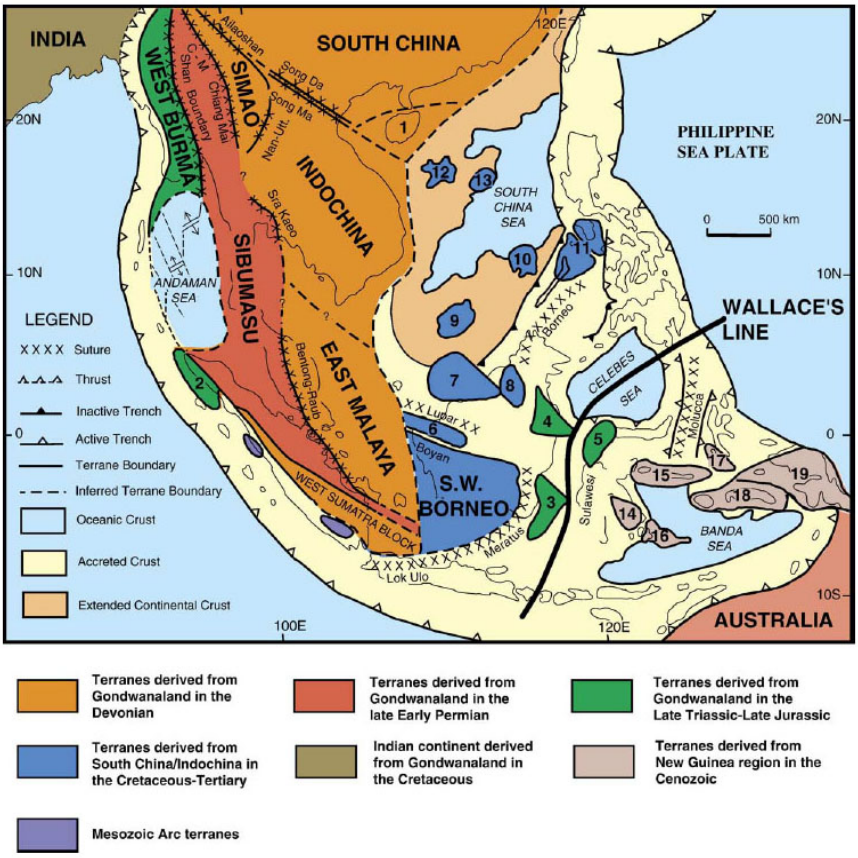
マレーシア･ボルネオ地域とインドネシアの島嶼地域の地質構造発達史は大きく異なる。インドシナ地域は、古生代にゴンドワナ大陸の北側で次々と分裂移動してユーラシア大陸と衝突して形成された微小大陸断片の集合からなる。図Ⅱ－１に示すように、ベトナムの大部分、マレー半島の東部およびスマトラ島の北部はインドシナ地塊に含まれる。このため、この微小大陸の地質は、①元々ゴンドワナ大陸北部に位置していた時の地質、②ゴンドワナ大陸から分裂移動して、南中国地塊、ユーラシア大陸へ衝突･合体するまでの地質、③衝突後の地質に分けて述べる。

①ゴンドワナ大陸の北部に存在していた先カンブリア時代の変成岩がベトナム南部にKontum地塊として存在するほか、ベトナム北西部の紅河沿いにブロックとしてとして存在する。②デボン紀にNorth China、South China、Sibumas地塊とともにGondwana大陸から分離し、北側に存在するSouth China地塊と衝突と分離を繰り返しながらジュラ紀後期には、ユーラシア大陸に合体した。両地塊はSong Ma縫合帯で接合する。西側も同様に、タイではNan-Uttaradit縫合線で、マレー半島ではRaub-Bentong縫合線を境としてSibumas地塊と接した。South China 地塊は移動から衝突までの間に石灰石を含む浅海性陸棚堆積

[9] IISI(2008)Steel Statistical Yearbook 2008.

物が堆積した。衝突に伴いマレー半島では大規模な花崗岩バソリスの活動が起こった。二畳紀後期には、Indochina 地塊への古テーチス海の沈み込みにより、Indochina 地塊側で East Coast 花崗岩が貫入、三畳紀後期～ジュラ紀前期には Indochina 地塊への Sibumas 地塊の衝突により、Central Belt 花崗岩形成された。この花崗岩は錫鉱床を伴い、タイ、マレーシア、インドネシアの錫のソースとなっている。白亜紀後期から古第三紀にかけて、West Burma 地塊の衝突により West Province 花崗岩が貫入した。③ユーラシア大陸への衝突・合体後、南から Australian プレートの北上と沈み込みにより、スマトラ島からジャワ島、チモール島、ハルマヘラ島に至る Sunda-Banda 島弧が形成された。Australian プレートの一部であるイリアン･ジャヤとパプアニューギニアが Pacific プレートと衝突した。

鉄鉱床は、ゴンドワナ大陸で形成された先カンブリア時代の地質体に含まれる層状鉄鉱床(BIF か否かは明確でない)、紅河断層沿いに発達する IOCG 型鉄鉱床(Sin Quyen 鉱床)[10]、中生代の酸性深成岩に伴われる多数のスカルン鉱床が知られている。



図Ⅱ－1　東南アジア広域地質図(Metcalfe, 2002)[11]

[10] McLean, R, N. (2001)The SinQuyen iron oxide-copper gold-rare earth oxide mineralization of North Vietnam. PGC Publication, v.2, p.293-301.

[11] Metcalfe, I. (2002) Permian tectonic framework and paleogeography of SE Asia. Journal of Asian Earth Science, v.20, p.551-566.

3 鉄鉱床のタイプ

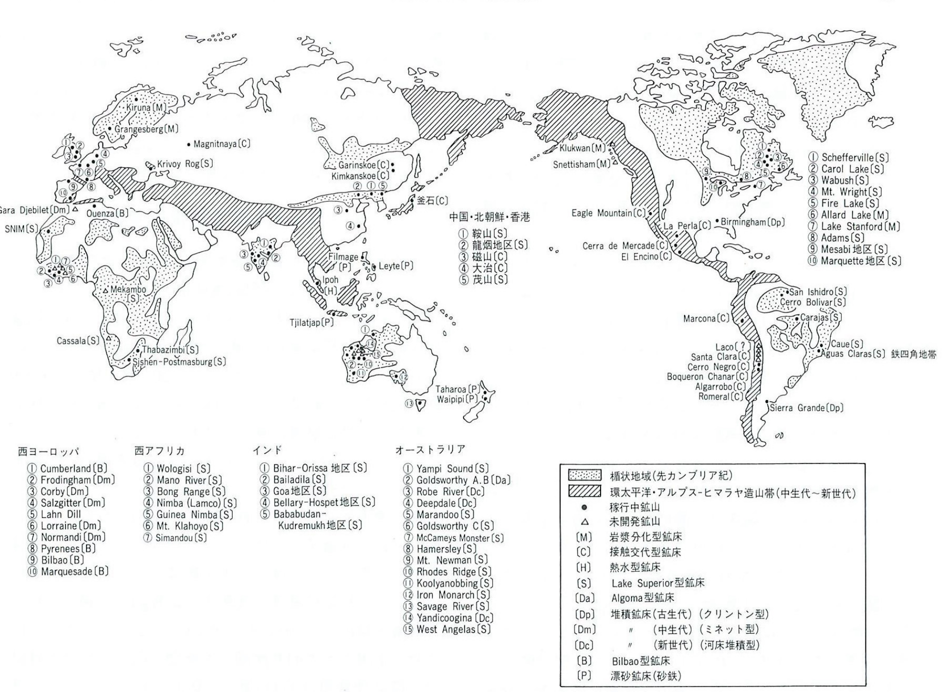
鉱床の分類は、(1)形態、(2)共生鉱物、(3)成因等により分類されるが、そのうち形態による分類が一般的に広く用いられている。本報告では、国連が 1955 年鉄鉱床を分類した Brondel, F(1951)に準拠した「世界鉄鉱資源要覧」から引用し、鉄鉱床のタイプを表Ⅱ-2 に示す。以下に述べる鉱床型のうち、ベトナム、マレーシアおよびインドネシアに存在するものは、塊状鉱床のマグニトナヤ型 (以下スカルン型と称す)、ラテライト型、その他の鉱床の、残留型の褐鉄鉱床、砂鉄鉱床および鉱脈型鉱床である。世界の主要鉄鉱床の分布を図Ⅱ-2 に、ベトナム、マレーシア、インドネシアを含む東南アジアの鉄鉱床分布図を図Ⅱ-3 に示す。

なお、最近鉱床の分類に IOCG 型 (Iron Oxide Copper Gold Deposit) という新しい分類法が提唱されている。新しい概念ではこの型には従来のスカルン型、キルナ型鉱床のほか、チリのマント型、オリンピック・ダム型やアルカリ岩－カーボナタイト型鉱床等も含まれる。さらに磁鉄鉱溶岩流鉱床であるチリのエル・ラコ鉱床[12]もこの型に属するという説もある。本報告では、従来の分類に従っている。

表Ⅱ-2　鉄鉱床の分類

大区分	小区分
Ⅰ　層状鉄鉱床	1　スペリオ湖型（およびアルゴマ型）
	2　ミネット型
	3　その他
Ⅱ　塊状鉱床	1　ビルバオ型
	2　マグニトヤ型（スカルン型）
	3　キルナ型
	4　ターベルグ型
	5　ラテライト型
Ⅲ　その他	Ⅰ、Ⅱに属さない型。例えば、鉱脈型、小規模な残留型の褐鉄鉱、砂鉄鉱床など。さらに、IOCG 型、エル・ラコ型なども含む。

[12] Park, C.F. Jr.(1961)A magnetite “flow” in Northern Chile.Econ.Geol., v.56, p.431-441.



図Ⅱ-2　世界の主要な鉄鉱山の分布（崎元・浜辺,1992）[13]

(1) 層状鉄鉱床

堆積岩中に層状に胚胎する大規模鉱床で、世界の鉄鉱石埋蔵量の約8割を占める。

1) スペリオ湖型：主として先カンブリア紀の原生代初期の26-18億年前に生成したもので、鉄鉱床として最も重要な鉱床であり、全鉄鉱石埋蔵量の約6割以上を占める。鉄鉱石と珪石が互層状に縞をなして産するので縞状鉄鉱層と言われる。鉱石は赤鉄鉱を主とするが、ときに磁鉄鉱からなるものもある。初生の鉱床の鉄品位は約 30%であるが、地下水等により珪石が溶脱されて高品位鉱となる。この低品位の初生鉱はブラジルではイタビライト、米国ではタコナイトと称されている。この型の特徴は、大規模であること、富鉱部の鉄品位が高いこと、Al_2O_3、P、S、などの不純分の少ないことである。現在主要な鉄鉱床は全てこの型に属し、豪州、ブラジル、インド、南ア、米国、中国等に分布する。現在日本の高炉で使用している鉄鉱石の殆どはこの型の鉱石よりなる。

アルゴマ型：世界鉄鉱資源要覧では、層状鉄鉱床（縞状鉄鉱層）にアルゴマ型を分類していない。アルゴマ型も鉱床学でよく使われる専門用語なので補足説明する。

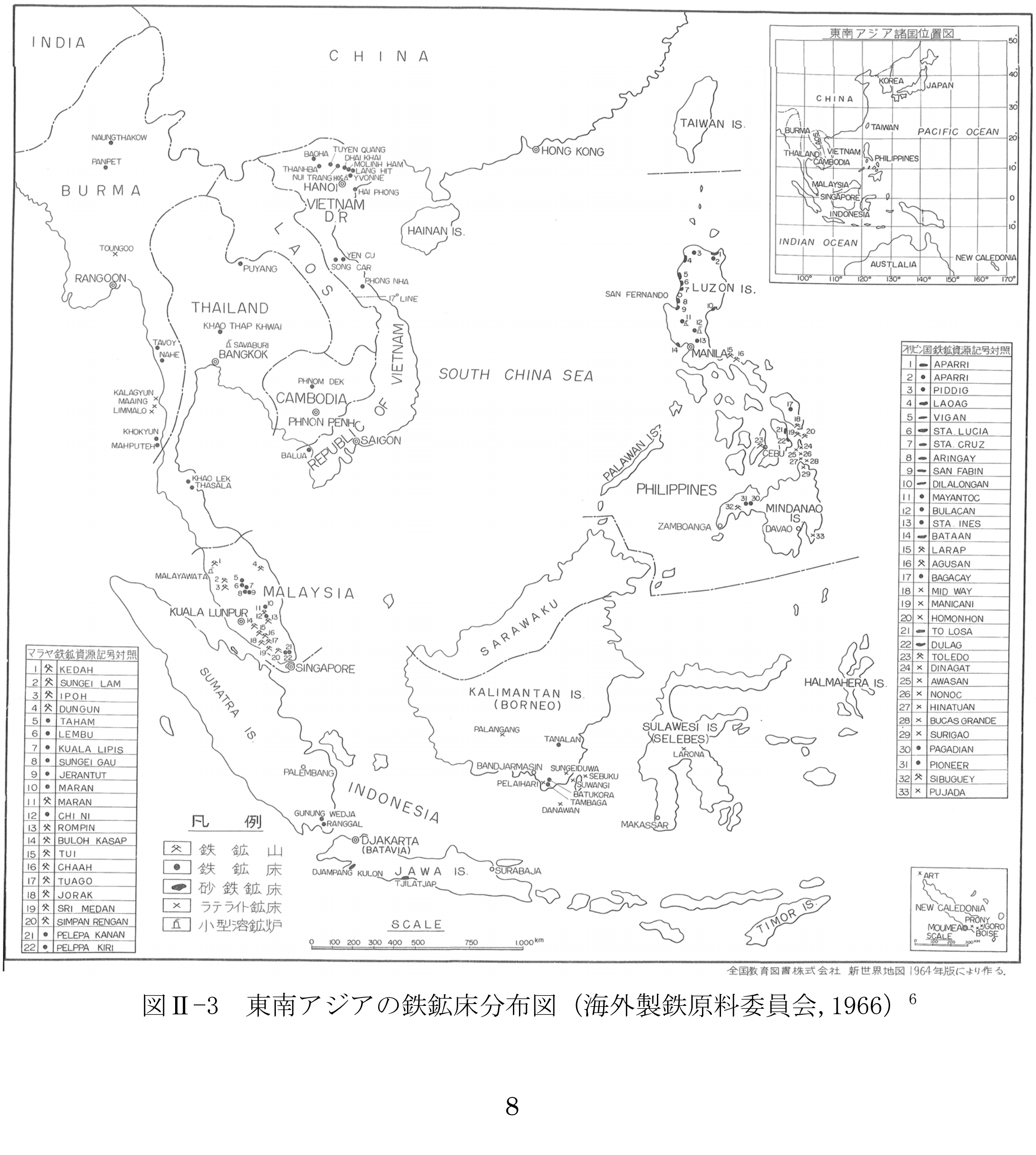
アルゴマ型鉄鉱床は、縞状鉄鉱層の一種で、太古代（35～25億年前）のグリーン・ストーン帯に産することが多く、活動的な海底火山帯で噴火した火山岩、火山砕屑岩類を主とする地層中に胚胎する。ときに縞状構造は不明瞭である。炭酸塩鉱物や硫化鉱物に富

[13] 崎元雄厚・浜辺修二(1992)西暦2000年の鉄資源．資源地質特別号，v.13，p.87-98.

む傾向があり、水平的に相の変化に富み、金を随伴することがある。スペリオ湖型に比べ小規模であり、不純分が多い。

2) ミネット型（または魚卵状型）：古生代以降に生成されたもので、主に中生代欧州に分布するものをミネット型、古生代アメリカ、カナダに分布するものをクリントン型と称する。両型とも赤鉄鉱、褐鉄鉱、菱鉄鉱、鉄珪酸塩鉱物よりなる。鉱石は魚卵状をなす。鉄品位は 20－40%と低く、CaO、Al_2O_3、P、S 等の不純分が多い。この鉱石は不純分選鉱により品位を上げることが困難である。往時欧州の主要な鉄鉱石だったが、現在は激減している。

3) その他（非魚卵状）の層状鉱床：層状鉱床であるが、鉱石は魚卵状を呈しない低品位褐鉄鉱、赤鉄鉱、菱鉄鉱で、主としてドイツ、ベルギー等に分布する。化学的沈殿性の褐鉄鉱床もこの型に含まれる。



全国教育図書株式会社 新世界地図 1964年版により作る。

図Ⅱ-3 東南アジアの鉄鉱床分布図（海外製鉄原料委員会, 1966）[6]

(2) 塊状鉄鉱床

1) ビルバオ型：イベリア半島に分布する石灰岩を交代した熱水性交代鉱床である。

現在は殆ど掘りつくされている。形状は極めて不規則である。鉱石は褐鉄鉱、赤鉄鉱を主とするが、地下水面下では菱鉄鉱、黄鉄鉱を伴う。

2) スカルン型：国連の分類ではマグニトナヤ型と称されている型である。マグニトナヤ鉱山はウラル山脈南部にある。この型の鉱床の規模は一般に2億トン以下で中小規模のものが多いが、北米東部のCornwall鉱床（20億トン、Fe39.4%、Cu0.29%）やロシアのマグニトナヤ鉱床（9.75億トン、Fe:58%)、カザフスタンの Sarbai鉱床（7.25億トン、Fe46%）などの例外的巨大鉱床も存在する。本鉱床は酸性～中性の深成岩と石灰岩～石灰質岩の接触部にスカルンという珪酸塩鉱物を伴い、磁鉄鉱または赤鉄鉱、ときに褐鉄鉱を伴う鉱床である。本鉱床はスペリオ湖型と比較すると規模が小さい。Cu、Feなどの硫化物を随伴する場合が多く、そのためCu、Sなどの不純物を伴いやすい。また、ときに燐の多いものがある（P:0.1-2%)。本鉱床は世界に広く分布し、特に環太平洋地域に広く分布する。戦後インド、豪州、ブラジルのスペリオ湖型鉄鉱床が開発される迄日本にとって最も重要な鉄鉱床であった。日本の釜石鉱山、ロシアのマグニトナヤ鉱山、中国の大治鉱山、フィリピンのララップ鉱山、マレーシアのズングン鉱山、ベトナムのタッケー鉱山、米国のイーグルマウンタイン鉱山、チリのロメラル鉱山、ペルーのマルコナ鉱山がこの型に属する。

銅を主対象とするスカルン型（IOCG 型）鉱床には副成分鉱物として磁鉄鉱が随伴される場合がある。例えば、インドネシアのErzberg鉱山では数%の磁鉄鉱を伴い、絶対量としてはかなりの量の磁鉄鉱が存在するので、将来の資源となりえよう。

3) キルナ型：マグマの分化作用により生成された磁鉄鉱時に赤鉄鉱よりなる鉱床で、燐分が1－10%と高い。キルナ鉱床の埋蔵鉱量は20億トン（Fe50%）である。

4) ターベルグ型：キルナ型に近い成因を有する含チタン磁鉄鉱鉱床であるが、TiO_2分が10－20%と高い。

5) ラテライト型：熱帯～亜熱帯で鉄分の多い岩石が風化分解され、鉄以外の成分が溶脱されてできた鉱床で、鉄分は低く、Al_2O_3、水分、Ni、Cr、Pなどの不純分の多い鉱石で、現在は使われていない。

(3) その他の鉱床

残留型の褐鉄鉱床：前述のⅠ、Ⅱのいずれにも属さない鉱床はこの型に含まれる。鉱脈型鉄鉱床、残留型の褐鉄鉱床、砂鉄鉱床等をはじめとして、焼結鉱用硫酸焼鉱の原料となる硫化鉄鉱床、あるいは含銅硫化鉄鉱床などもこれに含まれる。

この他、チリ、イラン、メキシコ等にあり、チリのエル・ラコ鉱床（5億トン、Fe62-66%）

で代表される特殊な鉱床がある。成因に関して意見が異なり、磁鉄鉱溶岩鉱床、キルナ型、熱水交代鉱床とか言われている。

4 鉄鉱石の種類

鉄鉱石鉱物の種類と特徴を表Ⅱ-3 に示す。主な鉄鉱石は、赤鉄鉱(Fe_2O_3)、磁鉄鉱(Fe_3O_4)、褐鉄鉱($2Fe_2O_3/3H_2O$)である。製鉄における主な特徴は以下のとおりである。赤鉄鉱はより短時間に、少ない燃料で還元される。磁鉄鉱は発熱する点では好ましいが還元しにくい。褐鉄鉱は結晶水が飛び赤鉄鉱になる際に粉化し焼結しにくい。

表Ⅱ-3　鉄鉱石鉱物の種類と特徴[14]

	化学式	化学式計算組成		結晶系	比重	硬さ	色	磁性
		Fe(%)	H_2O、CO_2(%)					
ヘマタイト〔赤鉄鉱〕	αFe_2O_3	70.0		六方	4.5-5.3	5.5-6.5	赤、赤褐灰、黒	弱磁性
マグネタイト（磁鉄鉱）	Fe_3O_4	72.4		等軸	4.9-5.2	5.5-6.5	鉄黒	強磁性
マータイト（仮像赤鉄鉱）	αFe_2O_3	70.0		六方	4.5-5.3	5.5-6.5	赤、赤褐	弱磁性
マグヘマイト（磁赤鉄鉱）	γFe_2O_3	70.0		等軸	4.88	5.0	褐	強磁性
褐鉄鉱（リモナイト） ゲーサイト（針鉄鉱）	Fe_2O_3・nH_2O (n=0.4-5) 結晶 FeOOH	66.3-48.3 62.9	(H_2O) 5.6-31.0 10.1	非晶質 ＋ 斜方	3.6-4.0 4.28	4.0-5.5 5.0-6.0	黄褐、赤褐、黒褐	弱磁性
菱鉄鉱	$FeCO_3$	48.3	(CO_2) 37.9	六方	3.7-3.9	3.5-4.0	淡黄、褐	弱磁性

[14] 稲角忠弘(2000)焼結鉱．財団法人日本鉄鋼協会，299p.

5 鉄鉱石に伴う随伴鉱物

通常初生鉱床は、鉄鉱物と脈石という種々の鉱物を随伴する。この随伴鉱物の量が鉄鉱床の品位を支配する。多くの場合、鉱床の生成機構や鉱床型により随伴鉱物の種類と量は異なる。以下に主な鉱床型の随伴鉱物について述べる。

層状鉄鉱床のスペリオ湖型では、随伴鉱物は比較的単純で、主成分の石英のほか、グリーナライト、チャモサイト、ミネソタアイト等からなる。縞状鉄鉱層の一種であるアルゴマ型は、菱鉄鉱、アンケライト、方解石、ドロマイト等の炭酸塩鉱物と、黄鉄鉱で代表される硫化物を特徴的に伴う。ミネット型とクリントン型は、菱鉄鉱、チャモサイトを伴うのが特徴的で、やや多量の P（0.5-1.8%）を伴う。鉄鉱物は褐鉄鉱に変質していることがある。

スカルン型の随伴鉱物は、Ca･Al･Fe･Mg 等の珪酸塩鉱物（柘榴石、輝石、角閃石、Ca 斜長石、フォルステライト、ヒューム石、緑簾石、珪灰石、ベスブ石、スカポライト)、硫化物鉱物（黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、硫砒鉄鉱など)、炭酸塩鉱物（アンケライト、方解石、ドロマイト)、石英などよりなる。マレーシアなど錫鉱石の産地では、錫石を伴うことがある。スカルン型鉄鉱床の場合、随伴される硫化物や錫石が不純分の主な原因となっている。スカルン鉱床の場合、随伴鉱物はほぼ一定しているので本報告書では例外を除いて記述しない。

キルナ型の随伴鉱物は、弗素燐灰石を主とし、この他アクチノ角閃石、方解石、透輝石、雲母類、石英等よりなる。

沈殿型褐鉄鉱床の場合、針鉄鉱を主とするが、赤鉄鉱、磁鉄鉱、黄鉄鉱、鉄珪酸塩鉱物、炭酸塩鉱物、粘土鉱物のほか Cu, Zn, As などの不純分を含むことが多い。

6 不純物について

不純物として P, S, Cu, Pb, Zn, As, Sn, Cr, Ni が挙げられる。鋼製品への影響として、Cu, Pb, As 等は鋼材の製造過程で熱間加工性を阻害し、表面瑕の原因となる。P, As, Sn, Cr 等は冷間加工性、引き抜き性や絞り性を阻害し、プレ製品等の割れの原因となる。P, Sn, As 等は、低合金鋼の場合粒間偏析のため熱処理時の焼き戻し脆性を引き起こす。製錬への影響として Cu, As, Sn, Ni 等は酸化しにくく鋼浴中に安定して残りやすい。Zn は鉄鋼中には残らないが、炉壁に付着し炉の寿命を縮める。S は疲労破壊や高温脆性の原因となる。

日本の製鉄業の原料であるスペリオ湖型縞状鉄鉱石の場合、これらの不純物は殆ど含まれない。一方、東南アジアに多いスカルン型鉱床の場合、微量の P ,S, Cu, Pb, Zn, As 等の含有は避けられない。Sn と Fe の鉱化作用が重なる地域では微量の Sn が不純物として含まれることがある。

日本の場合、高炉による高品質の鉄鋼はこれらの不純物の混入を防ぐため、不純物の少

ないスペリオ湖型の鉱石を用い、不純物の多いスカルン型鉱石や身元の確かなくず鉄以外は使用しない。一方、中進国や発展途上国では建設用の条鋼類を中心とする中級品の需要が多い。中級品用にはスカルン型鉄鉱石も鉄鋼原料として利用できる。

Ⅲ 鉄鉱石の賦存状況

Ⅲ-1 鉄鉱床の記載

Ⅲ-1-1 ベトナム

1 ベトナムの地質鉱床

本項は、主として財団法人国際鉱物資源開発協会のプロジェクト選定調査報告書(平成4年度および7年度)[15]を参考にしてとりまとめた。

ベトナムの地質構造、火成活動、鉱化作用は極めて複雑である。

地質構造は、北より北ベトナム区、北西ベトナム区、中央山脈区、コンツム・サバナケット区、ダラット・ストゥチュン区および周辺火成区に分けられる。後述するベトナムの2大鉄鉱床である Quy Xa 鉱床と Thach Khe 鉱床は、それぞれ北西ベトナム区、中央山脈区に属する。インドシナ半島の地質構造区分を図Ⅲ-1 に示す。

北ベトナム区は、南中国卓状地に属し、古生代前期までの岩石を基盤とし、古生界のプラットフォーム堆積物および花崗岩からなる。

北西ベトナム区は、南中国卓状地とインドシナ卓状地の境に位置し、北西－南東方向に延びる多数の構造要素からなる。先カンブリア時代から古生代前期の岩石を基盤とし、プレートの衝突と合体に伴う紅河沈降帯、マ川縫合帯、ダ川沈降帯、などの形成により複雑な構造を呈している。また、花崗岩のみならずアルカリ岩類や超苦鉄質岩類の活動も認められる。

中央山脈区は、インドシナプレートの北縁に当たり、古生代中期の堆積物とそれに貫入した花崗岩類からなる。

コンツム・サバナケット区は、先カンブリア時代の基盤の変成岩類とそれを覆う中生代プラットフォーム堆積物からなる。

ダラット・ストゥチュン区は、インドシナ期の変動を受けた中･古生界からなる。

周辺火成区には、先カンブリア時代の基盤岩類、中生代～新生代の酸性深成岩類および塩基性～酸性の火山岩類からなる。

火成活動は、先カンブリア時代から初期～中期古生代、後期古生代～初期中生代および中生代～新生代に及ぶ各時代に多様な活動があり、酸性～超塩基性の貫入岩や火山岩類が分布し、中生代以降に北ベトナム区でアルカリ花崗岩類の活動が認められる。後期古生代～初期中生代の火成活動はスカルン型鉱床や熱水鉱床をもたらし、Thach Khe 鉱床はこの時期の産物である。

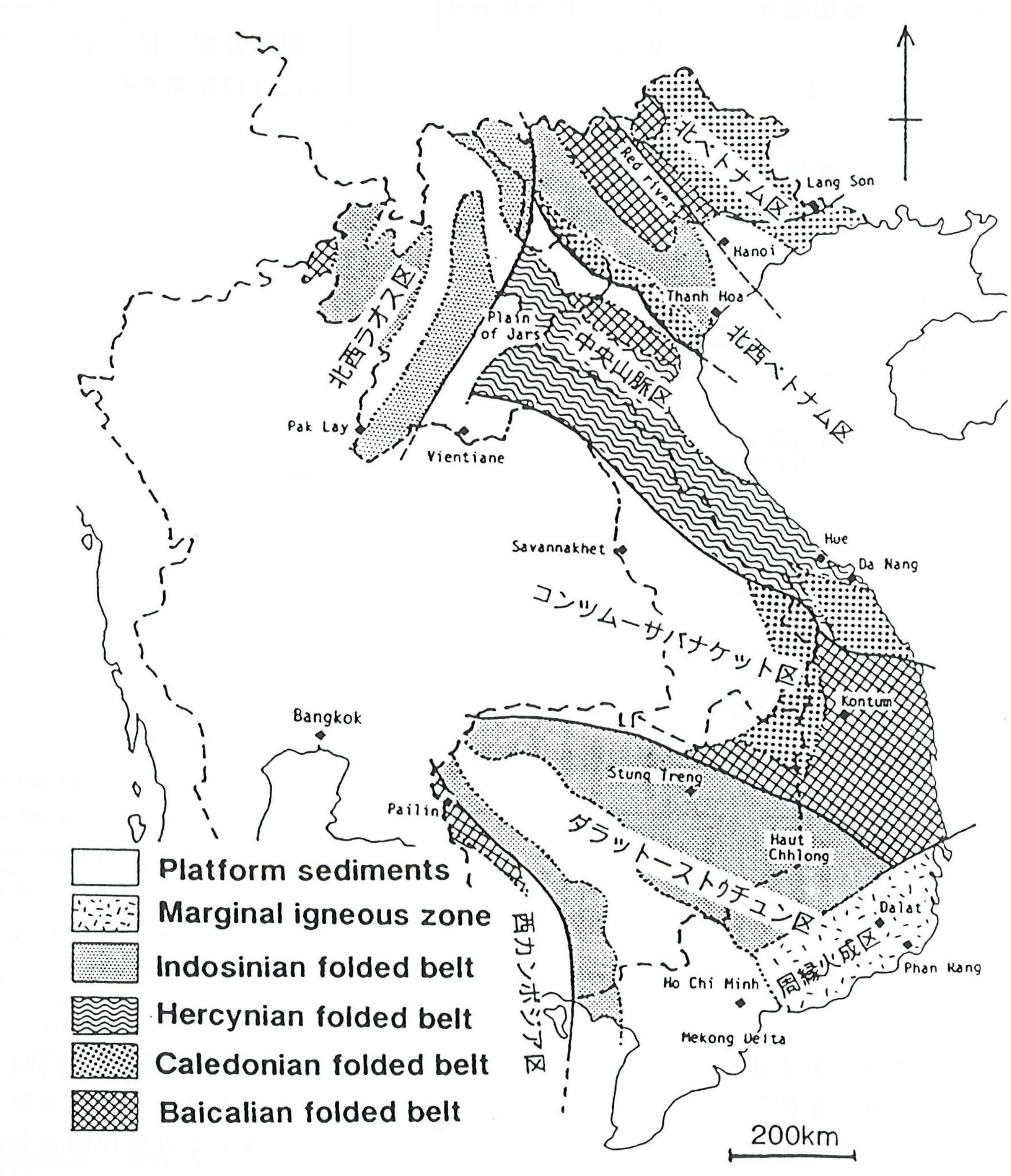
---

[15] 財団法人国際鉱物資源開発協力協会(1993) 平成4年度資源開発協力基礎調査プロジェクト選定調査報告書「ベトナム社会主義共和国」, 127p.
財団法人国際鉱物資源開発協力協会(1996) 平成7年度資源開発協力基礎調査プロジェクト選定調査報告書「インドシナ・ミャンマー」, 203p.

2 ベトナムの鉄鉱床概説

海外製鉄原料委員会(1966)[6] によれば、鉄鉱資源は北ベトナムの各地に分布しており、その主なるものはHanoi周辺、中部及び南部地域である。

Hanoi周辺には、Thai Ngayen、Tuyen Quang及びHanoi西方地区に各鉱床がある。更に中部と南部にはThanh Hoa地区、Vinh地区及び Dong Hoi地区等がある。



Ⅲ-1 インドシナ半島の地質構造区分[15]

ベトナム南部では、Danang 地区以外は極めて貧弱である。今回の調査研究により取り纏めたベトナムの鉄鉱床の分布を図Ⅲ-2 に示す。図Ⅲ-2 は、海外製鉄原料委員会(1966)、科学技術庁資源局(1966)、ベトナム鉱物資源局(1986)[16]、同(2005)[17]等をもとに取りまとめた。

Hanoi 北方の Thai Ngayen 地区には、大戦中に開発してわが国へ輸出した Yvonne および Molinh Ham と Lang Hit 等の鉱床がある。Vinh 地区周辺には多数の鉄鉱床があり、特に Song Ca 河支流の鉱床群がある。大戦中これらの鉱床からは、含 Mn 褐鉄鉱をわが国へ輸出した。

UN (1990)は、ベトナムの鉄鉱床を成因から以下の 4 種 7 型に分類している。

1) 後マグマ性鉱床（火成鉱床）：①スカルン型鉱床および②熱水型鉱床
2) 堆積性鉱床：③火山堆積性鉱床及び④堆積性鉱床
3) 風化残留鉱床：⑤ラテライト鉱床および⑥風化残留鉱床
4) 変成鉱床：⑦変成鉱床

① スカル型鉱床：Cao Bang、Thanh Hoa、Nghe An および Ha Tinh の各省[18]に分布する。古生代中-後期の石灰岩、陸成層と三畳紀の花崗岩の接触部に胚胎し、不規則なレンズ状、鉱嚢状の形状をなす。主要鉱物は磁鉄鉱、赤鉄鉱および少量の硫化物よりなる。Fe 含有量は Fe60-65％と高い。探査された鉱床の中で、Thack Khe 鉱床が最大であり、これについては後述する。
② 熱水型鉱床：ベトナム北部、中部に広く分布する。脈状、レンズ状の形態をなす。主要な鉱物は、菱鉄鉱、磁鉄鉱で、少量の磁硫鉄鉱と黄鉄鉱を伴う。風化帯には針鉄鉱が発達している。Fe 含有量は 40-45％である。
③ 火山堆積性鉱床：主としてベトナム最北部の Tong Ba 地区に分布する。変成作用を受けている。鉱床は鉱層をなし、その延長は数 100m～数 km、幅は数 10m である。鉱床は石英雲母片岩、結晶質石灰岩、酸性およびアルカリ性の火山岩類よりなる古生代中期の地層を母岩とする。鉱物は主として磁鉄鉱と赤鉄鉱である。品位は Fe35-50％である。予想鉱量は数億トンであるが、採掘、搬出、品位（Fe30-45％）に難点があり、経済性に問題がある。
④ 堆積性鉱床：後期石炭紀～後期三畳紀に生成した鉱床で、鉱体は小さく、品位は Fe40-50％である。鉱量も限られている。
⑤ ラテライト鉱床：鉄分に富む岩石の風化土壌の皮殻で、主要鉱物は針鉄鉱であるが、少量の磁鉄鉱、軟マンガン鉱、硬マンガン鉱を伴う。品位は Fe30-40％である。大部分の鉱床は丘陵地に発達するが、一般に品位は低く、鉱量も大きくない。

---
16 DGMV(1986)Mineral Resources Map of Viet Nam. Scale 1:1,500,000.
17 DGMV(2005)Geological and mineral resources map of Viet Nam. Yen Bsi, Scale 1:200,000.
18 ベトナムおよびマレーシアの行政区分図を巻末に示す。

⑥ 風化残留鉱床:風化作用と地下水の作用によりカルスト面上で鉄分が濃集したものである。Quy Xa 鉱床がその代表例である。本鉱床については後述するが、鉱量という点からすればベトナム第 2 の規模を有する。

⑦ 変成鉱床:紅河右岸沿いの変成岩中に広く分布する。鉱体は断続した鉱層やレンズ状をなし、延長は数 10km、厚さは 8m に達する。母岩は先カンブリア時代の変成岩で、片麻岩、石英雲母片岩、角閃岩、ミグマタイトよりなる。推定鉱量は 7,600 万トンであるが、品位が低いため（Fe30-35%）経済性はない。

なお、ベトナムの北半分に多数のスカルン型をはじめとする鉄鉱床が散在するが、Thack Khe 鉱床と Quy Xa 鉱床を除いて、それらの地質鉱床データは、殆ど公表されていない。

紅河北東部には多数のスカルン鉱床が分布している。北東部 Ha Giang 省には磁鉄鉱-珪岩の鉱床の賦存することが報じられている。ベトナム北西部には Quy Xa 鉱床をはじめとして褐鉄鉱鉱床が多数分布することが知られている。紅河沿いで Hanoi-Lao Cai 間に原生代の地質体がごく小規模に細長く分布しており小規模な鉄鉱床を産する。紅河東部地域にはこれらや Lao Cai にある磁鉄鉱を含む IOCG 型銅鉱床（Sin Queng 鉱床）が賦存する。スカルン型である Thack Khe 鉱床周辺の Song Ca 河流域には二次性の褐鉄鉱の転石鉱床[19]が多数分布するが、これらの初生鉱床はスカルン型である可能性がある。上述した地域の幾つかはそれぞれ鉱床区を形成している可能性が高いが、鉱床の位置を含むベトナム全体の鉄鉱床に関する基礎資料が少なすぎるので、この報告書では鉱床区として抽出していない。

以下の 3 項の鉄鉱床各論において、鉱床(1)～(12)は海外製鉄原料委員会(1966)[6]、(13)～(15)は UN（1990）[8]を基礎資料として引用した。4 項のその他は、インターネット情報を取り纏めたが鉱床の位置、鉱床型等の詳細なデータは不明である。

3 ベトナムの鉄鉱床各論

(1) Yvonne 鉱床

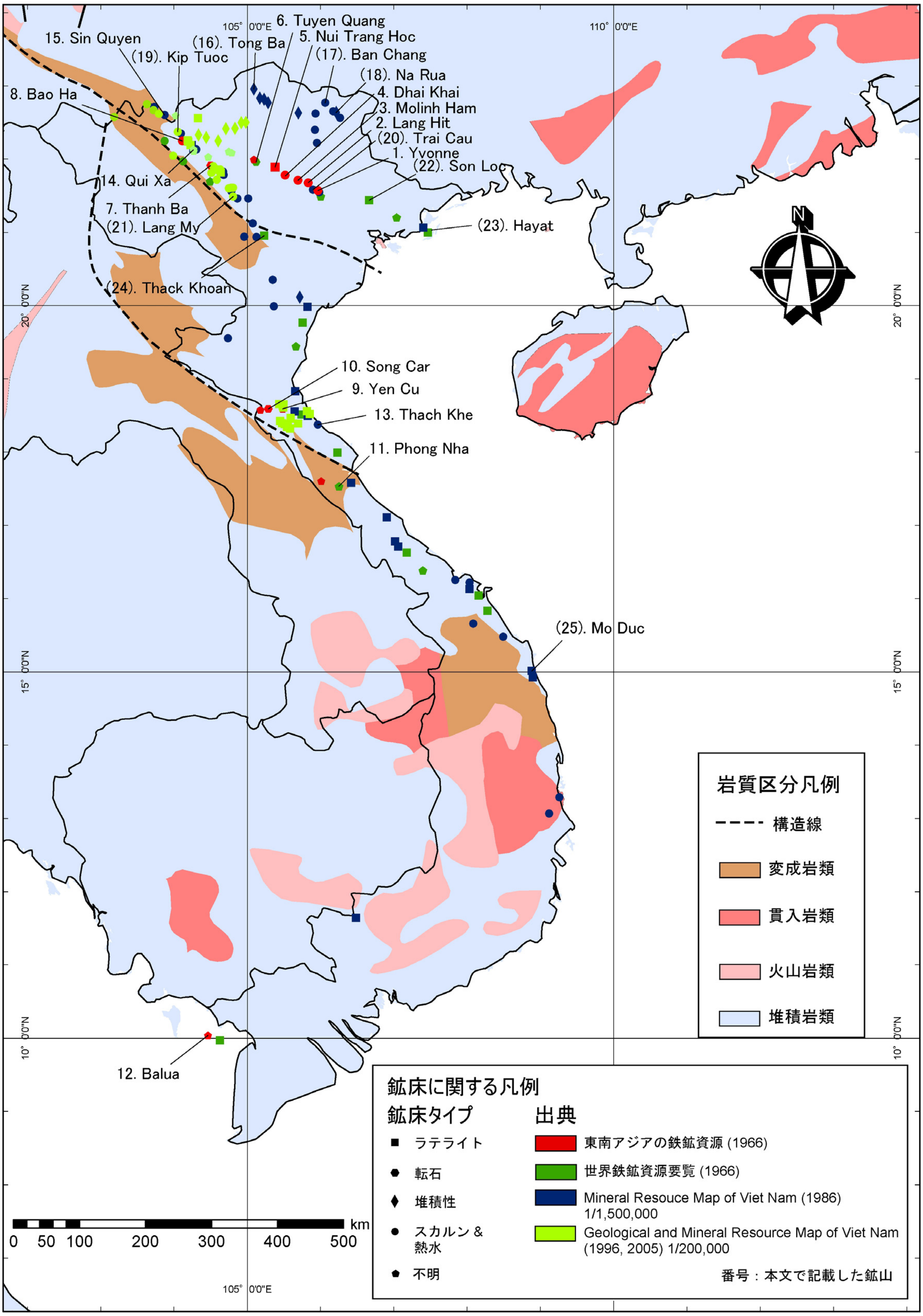
Thai Ngayen の東方約 16km の Thai Can にある。

往時中国人が本鉱床を発見した。土法による製鉄の跡がある。1901 年フランス人が企業化を試みたが、成功しなかった。1926 年日本調査団が調査を行った。1940 年台湾拓殖（株）の配下にあるインドシナ産業(株)が開発し、鉱石を日本に輸出した。

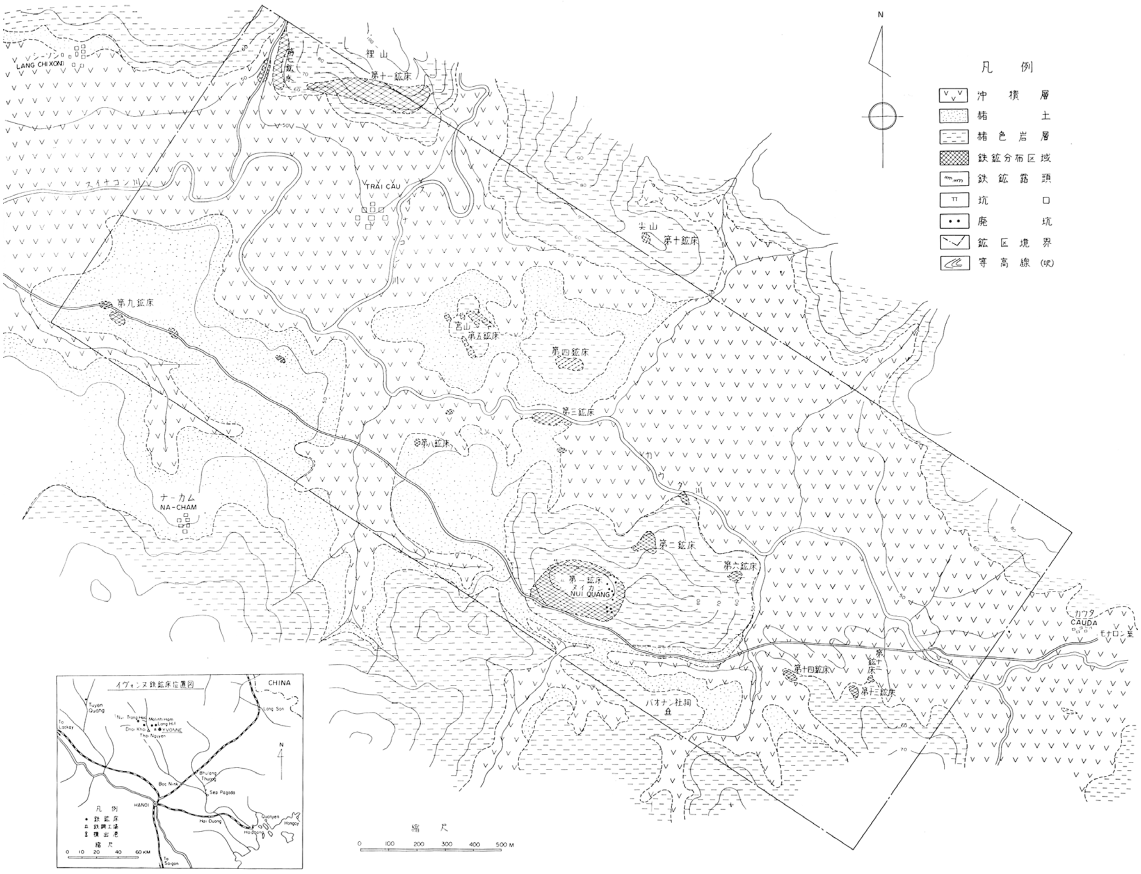
地質は三畳紀層よりなり、北方はデボン紀層に接している。その周辺は砂岩と頁岩よりなる(図Ⅲ-3)。鉱床周辺には鉄鉱床の露頭があるのみで、岩石は露出していない。試錐により地下に石灰岩が確認されている。

鉱床はスカルン型で、初生鉱石は磁鉄鉱よりなるが、二次性の赤鉄鉱と褐鉄鉱の転石鉱

[19] 機械的風化作用等により、初生の鉄鉱床から分離し二次的に集積した鉄鉱石の集合を指す。初生鉱床タイプは不明のことがある。



図Ⅲ-2　ベトナムにおける鉄鉱床の分布



図Ⅲ-3　Yvonne 鉱床付近地質鉱床図（海外製鉄原料委員会,1996）[6]

床を生じている。鉱床地帯の表土は 2m で、その下に厚さ 2～3m の鉄鉱塊層がある。鉄鉱床は 14 カ所に散在する。これらは沼沢地や水田に囲まれている。

鉱石は主として磁鉄鉱であるが、赤鉄鉱および褐鉄鉱を伴う。鉱石品位は表Ⅲ-1 の通りである。

1927 年調査を実施した日本の調査団によると､14 鉱体の合計で 1,578,500 トンの鉱量を計上している。

開発当時主として鉱石の採掘は露天掘りであった。
本鉱石は品質が良く、塊鉱が多いため、大戦中八幡製鉄所は平炉製鋼用に供した。

表Ⅲ-1　Yvonne 鉱床鉱石の品位（%）

Fe	64.5-69.2	S	0.07-0.12
Mn	0.15-1.24	P	0.02-0.07
SiO_2	0.32-2.27	Cu	0.03-0.07
Al_2O_3	1.0-7.0	TiO_2	0.02-0.05

分析：台湾総督府工業研究所　(1942)

(2) Lang Hit 鉱床

Thai Ngayen の東北東の Molinh Ham 鉱床の東方 2km に位置する。

本鉱床は、仏領インド支那資源調査団により発見された。地質はデボン紀の砂岩、頁岩、石灰岩よりなる。

鉄鉱床は砂岩、頁岩の累層を交代して生成したものであり、石灰岩とは関係がないようである。

鉱床は 4 鉱体よりなり、鉄鉱石の露頭のほか、転石鉱床がある。

鉱石は赤鉄鉱と磁鉄鉱よりなる。一般に Mn 分の含有率が高く、転石中には Mn 鉱石として扱い得るものもある。

９試料の分析結果は表Ⅲ-2 の通りである。

電力中央研究所（1960）[20]による本鉱床の埋蔵量は、17,590,000 トンである。本鉱石の鉄品位は低いが、マンガン分の高いものがある。しかしその鉱量については、十分なる探鉱を行って確認することが肝要である。

表Ⅲ-2　Lang Hit 鉱床の鉱石品位（%）

Fe	Mn	SiO_2	S	P
48-58	0.3-11.0	1.3-12.0	0.04-0.19	0.02-1.07

分析：台湾総督府工業研究所（1942）

(3) Molin Ham 鉱山

Thai Ngayen にあり、Yvonne 鉱床の北北西約 6 km に位置する。

1938 年台湾拓殖（株）の配下にあるインドシナ産業(株)が開発し、鉱石を日本に輸出した。地質は砂岩、礫岩、石灰岩等よりなる。

鉱床はスカルン型鉱床で、レンズ状をなす。

鉱石は主として Fe50%の褐鉄鉱であるが、Fe55～58%で Mn 分を含む赤鉄鉱も産する。

鉱石の品位は表Ⅲ-3 の通りである。

埋蔵鉱量は 120 万トンと言われているが、推定および予想鉱量をも加えると 720 万トンに及ぶとの説もある。

採掘は露天掘りである。

1939 年 62,000 トン、1940 年 7,000 トンの鉱石を日本に出荷した。

[20] 電力中央研究所(1960)ベトナム・カンボジア・ラオスの地下資源.

表Ⅲ-3　Molin Ham 鉱山の鉱石の品位（%）

C.W.	10	Al_2O_3	1.4
Fe	55	S	0.04
Mn	3	P	0.09
SiO_2	3	Cu	0.02

C.W.:含水量

(4) Dhai Khai 鉱山

Thai Ngayen の北西 8km の Dhai Khai に位置する。地質は砂岩よりなる。

鉱床はスカルン型鉱床に由来する転石鉱床である。転石は 500m×400m の範囲に散在する。鉄鉱床は約 1km 隔てて 2 カ所に分布する。第 1 鉱床は、厚さ約 2m の表土の下に厚さ 2m の鉱石層であり、鉱塊の含有率は 10～50%である。第 2 鉱床では砂岩の北側数 m を交代し鉄鉱石が賦存する。

鉱石は赤鉄鉱と褐鉄鉱からなる。

3 試料の鉱石の品位は表Ⅲ-4 の通りである。

第 1 鉱床の推定鉱量は、320,000 トン、可採鉱量は 192,000 トンである。

表Ⅲ-4　Dhai Khai 鉱山の鉱石の品位（%）

Fe	35-57	S	0.14-0.18
Mn	0.1-2.2	P	0.06-0.71
SiO_2	1.3-3.8		

分析：台湾総督府工業研究所（1942）

(5) Nui Trang Hoc 鉱山

Thai Ngayen の北西 18.5km にある Phan Me の北方 4.5km に位置する。

地質はジュラ紀の地質よりなる。

鉱床は風化残留鉱床で、転石鉱床よりなる。

鉱石は主として褐鉄鉱であるが、多少に赤鉄鉱を混じえており、Mn 分の高いものもある。

鉱石の品位は表Ⅲ-5 の通りである。

主要鉱床の分布範囲を 500m×250m とすると、推定鉱量 200,000 トン、可採鉱量 120,000 トンが見込まれる。

表Ⅲ-5　Nui Trang Hoc 鉱山の鉱石の品位（%）

Fe	Mn	SiO_2	S	P
38.9	21.7	1.04	0.08	0.04

分析：台湾総督府工業研究所（1942）

(6) Tuyen Guang(Tho Son)鉱山

Tuyen Quah 省の Tho Son にある。1938 年日本人が調査したが輸送問題のため開発には至らなかった。

地質は石灰岩よりなり、峨峨たる山塊をなす。

鉱床は３カ所に分散する転石鉱床であり､石灰岩に接する表土中に鉱塊として累積する。

鉱石は硬質の赤鉄鉱と磁鉄鉱の混合鉱である。

鉱石の品位は表Ⅲ-6 の通りである。

埋蔵量は 100 万トンとも 400 万トンとも言われている。

表Ⅲ-6　Tuyen Guang(Tho Son)鉱山の鉱石の品位（%）

Fe	Mn	SiO_2	Al_2O_3	S	P
61-66	0.2-0.8	0.8-3.1	0.1-0.3	0.03-0.9	0.01-0.03

(7) Thanh Ba 鉱床

Phu Tho 省の Kham Thon にある。

地質はデボン紀又は前石炭紀の砂岩､頁岩､珪岩と千枚岩の累層および沖積層よりなる。

表土が厚く、地質の詳細は不明である。

鉱床は転石鉱床で、４カ所に分布する。採掘切羽での鉱床の厚さは 1.5～2.1mである。

鉱石は主として多孔質の褐鉄鉱よりなるが、二三割の針鉄鉱を伴うものがある。褐鉄鉱の他に、含鉄 Mn 鉱として、Mn22-27%、Fe14-16%のものもある。

９試料の鉱石の品位は表Ⅲ-7 の通りである。

推定鉱量は 155,652 トンと見積もられている。

表Ⅲ-7　Thanh Ba 鉱床の鉱石の品位（%）

C.W.	9.9-12.7	Al_2O_3	1.5-6.5
Fe	49-57	S	0.01-0.04
Mn	0.7-4.2	P	0.03-0.09
SiO_2	3.6-6.2	TiO_2	tr-0.32

分析：八幡製鉄所（1942）

(8) Bao Ha 鉱床

Lao Cai 省 Bao Ha 駅の西方 13km に位置する。

1930 年軍用道路開設の際に発見されたが、搬出困難のため開発されなかった。老開付近には粘結炭田があるため、地元製鉄を計画したことがある。

地質は結晶片岩を下盤に、石灰岩を上盤とする累層とそれに逆入した斑れい岩と蛇紋岩よりなる。

鉱床はスカルン型鉱床で、４カ所に鉄鉱石の露頭がある。その長さはいずれも 20m 以下であり、その周辺は転石鉱床をなす。

鉱石は硬質の磁鉄鉱である。

その品位は表Ⅲ-8 の通りである。

鉱量は極めて大なりと言われているが検討を要する。

表Ⅲ-8　Bao Ha 鉱床の鉱石の品位（%）

Fe	60-68	S	0.05-0.015
Mn	0.07-0.15	P	0.03-0.09
SiO_2	3-12	TiO_2	1.00-2.00

(9) Yen Cu 鉱床

Nghe An 省 Vinh から 15km に位置する。

1935 年マンガン鉱山として開発された。1937 年岸本商事(株)他 3 社で、大建産業(株)を創立して経営し、「ヴィン鉱石」と称してわが国へ輸出した。

鉱床は脈状鉱床で含 Mn 鉄鉱を産するが、下部は褐鉄鉱に移化する。

鉱石の品位は表Ⅲ-9 の通りである。

埋蔵鉱量は 50 万トンと言われている。

採掘は露天堀りによる。

1942 年までに鉄鉱石 22,700 トン、含 Mn 鉄鉱石 16,800 トンを日本に輸出した。

表Ⅲ-9　Yen Cu 鉱山鉱石の品位（%）

Fe	Mn	SiO_2	S	P
44-46	8-9	1.0	0.06	1.4

(10) Song Ca 河支流の鉱床群

Song Ca 河の支流 Ngan Truoi 河は、北西から流れてくる Hoi Truoi 河と南西から流れてくる K. Buom 河を合流している。この 3 河の流域 20km 間に鉄鉱床群が分布する。

地質は、石炭紀の粘板岩、珪岩および千枚岩よりなる。Ngan Truoi 河の南方には花崗岩が露出する。

鉱床はNgan Truoi 河沿岸丘陵地の山麓低地に、点々と断続的に分断する褐鉄鉱の二次性転石鉱床群である。本地域には7地域に鉱床が分布しているが、その層は厚からず、極めて小規模であり、単独開発は困難である。現在までには大鉱床は発見されていないが、この地域には未発見の鉱床が賦存する可能性がある。

以下に各鉱床の規模、品位等を述べる。

① Huong Khe 地区

３鉱床があるが、鉱量は多くない模様である。規模と品位は表Ⅲ-10 の通りである。

表Ⅲ-10　Song Ca 河支流の鉱床群鉱石の品位（m，％）

	長さ	幅	Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P
第１鉱床	20	10	58	3	1.5	0.04	0.65
第２鉱床	120	50	50	12	3.9	0.11	0.16
第３鉱床	200	60	57	3	1.9	0.01	0.57

② Huong The 地区

４鉱床があるが、既に大部分を採掘し、残存鉱量は少ない模様である。規模と品位は表Ⅲ-11 の通りである。

表Ⅲ-11　Huong The 地区鉱床の規模と品位（％）

	規模	Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P
第１鉱床	10,800 m^2	54-57	2-5	1-4	0.01-0.06	0.5-0.8
第２鉱床	180×70m					
第３鉱床	250×60m					
第４鉱床	100×50m					

③ Van Cu 地区

４鉱床があるが、既に大部分を採掘し、残存鉱量は少ない模様である。規模と品位は表Ⅲ-12 の通りである。

表Ⅲ-12　Van Cu 地区鉱床の規模と品位（m，%）

	長さ	幅	Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P
第１鉱床	250	30	54	6	4	0.02	0.52
第２鉱床	200		52	5	4	0.09	0.29
第４鉱床	450	130	56	4	1	0.01	0.70

④ Dan Trai 地区

２鉱床があるが、鉱量は少ない模様である。規模と品位は表Ⅲ-13 の通りである。

表Ⅲ-13　Dan Trai 地区鉱床の規模と品位（m，%）

	長さ	幅	深さ	Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P
第１鉱床	400	100	1.5					
第２鉱床	30	20		57	1.9	2.1	0.07	0.42

⑤ Do Bac 地区

３鉱床があるが、既に大部分を採掘し、残存鉱量は少ない模様である。規模と品位は表Ⅲ-14 の通りである。

表Ⅲ-14　Do Bac 地区鉱床の規模と品位（m，%）

	長さ	幅	Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P
第１鉱床	75	30	54	2.8	1.9	0.03	1.43
第３鉱床	35	7	57	3.0	1.7	0.05	0.82
	30	7					

⑥ Kho Truoi 地区

３鉱床があるが、鉱量は少量の模様である。規模と品位は表Ⅲ-15 の通りである。

表Ⅲ-15　Kho Truoi 地区鉱床の規模と品位（m，%）

	長さ	幅	厚さ	Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P
第１鉱床	150			52	7	4	0.02	1.01
第２鉱床	120	100		53	4	3	0.02	1.16
第３鉱床	170	55	1	57	4	2	0.05	0.63

⑦ Trang Sim 地区

3 鉱床があるが、鉱量は多くを期待できない模様である。規模と品位は表Ⅲ-16 の通りである。

表Ⅲ-16　Trang Sim 地区鉱床の規模と品位（m，%）

	長さ	幅	Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P
第 1 鉱床	300	100	53	7	4	0.05	0.53
第 2 鉱床	370	75	56	3	3	0.07	0.86
第 3 鉱床	面積せまし		52	8	2	0.01	0.95

(11) Phong Nha 鉱床

Quang Binh 省の Dong Hoi 地区にある。

地質は砂岩、頁岩を母岩とする。

鉱床の詳細は不明である。露頭の延長は 1,000m、幅員は 50-250m である。

鉱石は赤鉄鉱と褐鉄鉱よりなる。

鉱量は 500 万トン以上と言われている。その品位は Fe56%、$SiO_2$4.3%、P0.3%である。

採掘は露天堀りによる。

1937 年(昭和 12 年)含 Mn 鉄鉱 8,400 トンを日本に積み出した。

(12) Baula 群島鉱床

ベトナムの南西端 Kieng Giang 省 Ha Tien から南方 30km の群島中にある。本群島は大小 40 にあまりの諸島よりなる。鉄鉱床を賦存するのは、Hon Heo、Hon Doi Truony、Hon Son Thue Nho Lon、Hon Son Thul Nho の４島である。

地質は、後期三畳紀の石灰岩と砂岩である。

鉄鉱床は二次性の沈殿鉱床で、隆起段丘上１～２ｍの厚さで胚胎する。鉱石は母岩片を含むものが多く、含鉄分は低い。鉱層の下位に脈状の磁鉄鉱が見られる。

7 試料の品位は表Ⅲ-17 の通りである。なお、含 Mn 鉱として Mn22.5%、Fe5.6%のものもある。

鉱量は、Hon Heo 島、 Hon Doi Truong 島で合計 187,400 トンと査定されている。1918 年 Mr. C. Massa は 2,000 万トン（鉄分 50-54%）の鉱量を報告したが、1942 年の仏印調査団によれば、上述の通り鉄分は低く、鉱量も 20 万トン未満である。

表Ⅲ-17　 Baula 群島鉱床の鉱石の品位（%）

Fe	SiO_2	S	P
27-41	20-43	0.18-0.31	0.10-0.91

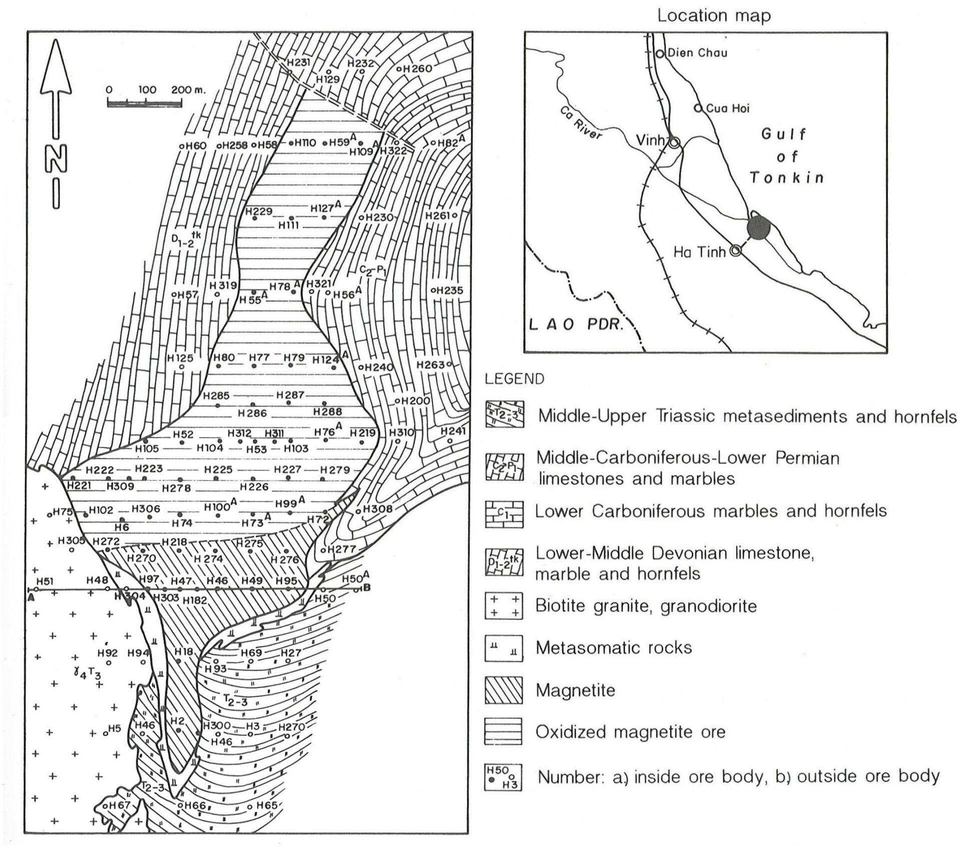
分析：台湾総督府工業研究所（1942）

(13) Thach Khe 鉱床

本鉱床は Ha Tinh 州の Ha Tinh から 7km に位置する。鉱石は Thack Khe の北西 3km の Cua Sot 港から積出しが可能である。

1962 年空中磁気探査により磁気異常が発見され、1964 年地表物理探査と試掘により鉱床を確認した。1975 年～85 年には 348 本、延べ 65,736ｍの試錐を実施した。海に隣接しているため徹底的な水理地質調査が行われた。本鉱床の地質平面図を図Ⅲ-4 に、地質断面図を図Ⅲ-5 に示す。

地質はデボン紀、石炭紀の石灰岩、ホルンフェルス、三畳紀の石灰岩、変堆積岩、ホルンフェルスとこれらに貫入した花崗岩類よりなる。
鉱床は、砂、礫、ピート、鉄鉱石の転石よりなる河口-海成相の新生代堆積物で覆われる。

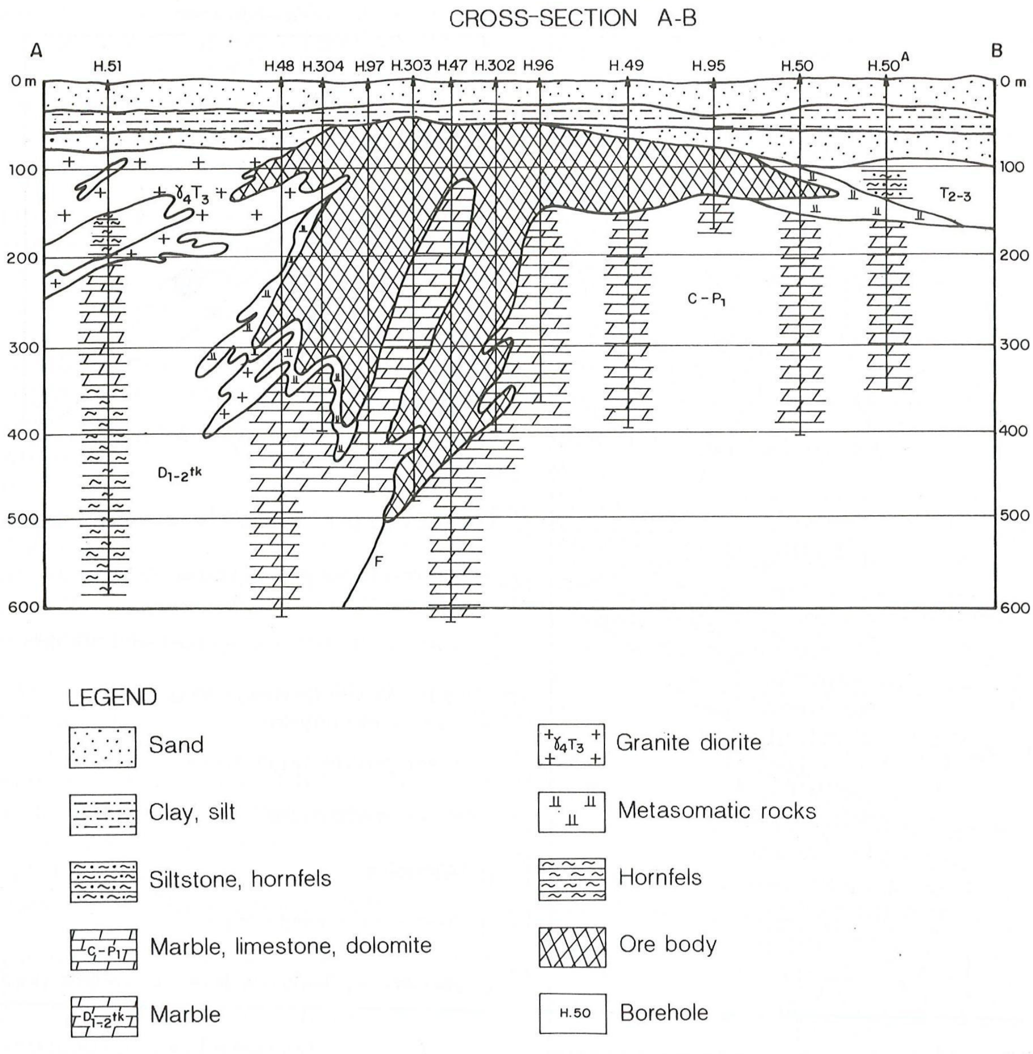


図Ⅲ-4　Thach Khe 鉱床地質平面図(UN, 1990)[8]

その厚さは30-36mである。鉱床は花崗岩体と古生代の石灰岩、石灰岩を挟在する中期三畳紀の陸成層との接触部に胚胎する。貫入岩は黒雲母花崗岩、花崗閃緑岩、花崗閃長岩である。黒雲母花崗岩は貫入岩の主体をなし、その構成鉱物とその量は、石英 30-36%、カリ長石30-38%、斜長石25-27%、黒雲母3-8%である。鉱床との接触部の黒雲母花崗岩は緑色のスカルン（交代変成岩）に変わり、斜長石は単斜輝石、次いで角閃石に交代されている。

石英、絹雲母、電気石、いくつかの場所で認められる重晶石、蛍石、錫石は恐らく後マグマ活動の産物であろう。貫入岩は後期三畳紀のものである。

主要鉱体は花崗岩体近辺のスカルン中にある。鉱体は長さが3kmあり、南に20度傾斜する。 図Ⅲ-5 の断面図では鉱体は西側花崗岩体に向かってホーステール状をなすように見える。鉱体の北部は断層により切断され、侵食されている。古生代の石灰岩の洞穴は鉱石の破片が堆積し、転石（deluvial）鉱床をなす。鉱体の最上部は酸化されているが、鉱床



図Ⅲ-5　Thach Khe 鉱床地質断面図（ESCAP, 1990）[8]

南部では初生磁鉄鉱が残っている。鉱体の幅は、北部では 200-400m であるが、南部では700m に達する。鉱体の厚さは、北部で 22-273m、南部で 17-443m、平均で 150m である。高品位鉱は全鉱量の 95％を占める。鉱床の品位は、Fe61.35％、MnO.207％、$SiO_2$5.45％、$Al_2O_3$1.79％、CaO0.86％、MgO1.20％、P0.04％、S0.148％である。

平均品位 Fe31％の低品位鉱は全鉱量の 2.3％を占める。S1％を含む高 S 含有鉱石は全鉱量の 2.7％を占める。高 S 含有鉱石は鉱体周辺部の一部に集中しているに過ぎない。

本鉱床の鉱石は高品質の磁鉄鉱よりなり、Martin 炉に要求される必要条件を満たすものである。

鉱石は 3 回の鉱化作用で生成された。第 1 期の鉱物は磁鉄鉱、チタン鉄鉱 - 赤鉄鉱、透輝石、スカポライト、ヘデン輝石、灰礬柘榴石等のスカルン鉱物よりなる。この期の磁鉄鉱の割合は、全ての磁鉄鉱の 15-20％を占め、磁鉄鉱の粒径は 2.3mm に達する。第 2 期のものは、磁鉄鉱、赤鉄鉱、ルチル、アクチノライト、緑泥石と炭酸塩鉱物よりなる。本期の磁鉄鉱は、全ての磁鉄鉱のうちの 30-35%を占める。第 3 期の鉱物は、磁鉄鉱、赤鉄鉱、石英と Cu、Pb、Zn の硫化物よりなる。全ての磁鉄鉱のうち、この期のものは 35-40％を占め、Thach Khe 鉱床の鉱化作用のなかで最も重要な位置を占める。磁鉄鉱は 0.02mm 以下の細粒で、塊状をなす。

黄鉄鉱、黄銅鉱、方鉛鉱などの硫化物は、第 1 期、第 2 期に生成した鉱物中に細脈をなして存在する。

Thach Khe 鉱床の確認埋蔵量は 5.44 億トンである。鉱石は海抜下 420m まで露天堀りにより採掘できる。海水の浸入は、採掘地域 $1km^2$ 当たり 7,952m^3/時間と推定される。海水の浸入は深部採掘の際問題となるであろう。

最近の情報によると、2007 年ベトナム企業が TIC(VINACOMIN：30％、Vina Steel：20％、Ha Tinh Mining Trading Co. ：4％、Son Da Co.:5%、ベトナム開発銀行：5％)を設立、ライセンスを取り現在開発計画を策定中である[21]。鉱山の開発は従来から検討されてきたが、現地では山が海岸線近くまで張り出していることや、鉱床が海面下に延びていて湧水が多いと予想されることから採掘条件が厳しいうえ、Zn 含有率が高く鉱石処理が難しいため、コスト高になると予想された。そのため 2004 年までの鉄鉱石市況では鉄鉱石を輸入する方が安いと考えられ、計画はなかなか進展しなかった。しかし近年の鉄鉱石価格急騰により、本計画の採算性が向上、既に宝鋼集団（中国）、Evraz（ロシア）、Essar（インド）が現地調査を実施するなど、海外鉄鋼メーカーの注目を集めている。Vietnam Steel Corp. 側も外国企業との合併を希望しており、日本企業への期待も強い。

[21] 2009 年 2 月 VSC ヒアリング

(14) Quy Xa 鉱床

本鉱床はLao Cai 省のVan Banにあり、紅河の右岸に位置する。鉱床に至るには、道路ないし鉄道で、Bao Ha 駅経由でHanoi から237km の道程を経て、次いでラテライト道路を走行すること14km で到達する。水位が高い雨期の間だけ紅河を利用して輸送ができる。

鉱床は1959 年に発見され、1959-1972 年に全地域の地質調査が行われた。精査は最後の数年間実施されたが、その内容は試錐16,120m、ピット調査3,720m、トレンチ10,225m、坑道探鉱100m であった。

本鉱床の地質平断面図を図Ⅲ-6 に示す。

地質は石灰岩、シルト岩、絹雲母片岩よりなる。

鉱床は、燐灰土を含む下部古生代の陸成層－炭酸塩を堆積するVi Lao-Ngoi Nhu 向斜中に胚胎される。これらの地層はFansipan 複背斜をなす片麻岩、珪岩、結晶質石灰岩、角閃岩を含む原生代の変成岩に不整合的で載っている。

褐鉄鉱は鉱床の北西部においては海抜550m、西南部では250mに及ぶ丘陵地に分布する。最大の鉱体はレンズ状をなし、丘陵地の表面に広く露出する。鉱体の下限の境界は古カルスト面と考えられる。鉱体の厚さは170m に達する。

他の鉱体は全鉱量の僅か1%を占めるに過ぎないが、それは鉱床の東側周辺部に分布し、石灰岩、苦灰岩中でレンズ状や鉱嚢状の形態をなす。その厚さは最大20m である。
これらの褐鉄鉱から離れると、厚さ0.5-1m 程度の菱鉄鉱、磁鉄鉱、硫化物が分布する。その品位はFe30-35%である。最大の鉄鉱体(Quy Xa と称される)は、塊鉱と礫状鉱60-70%、細粒紛鉱10-20%、軟質鉱15-25%、鉄で汚染された頁岩3%よりなる。

鉱物の成分から見ると、Quy Xa 鉱床の褐鉄鉱は以下のもので構成されている:

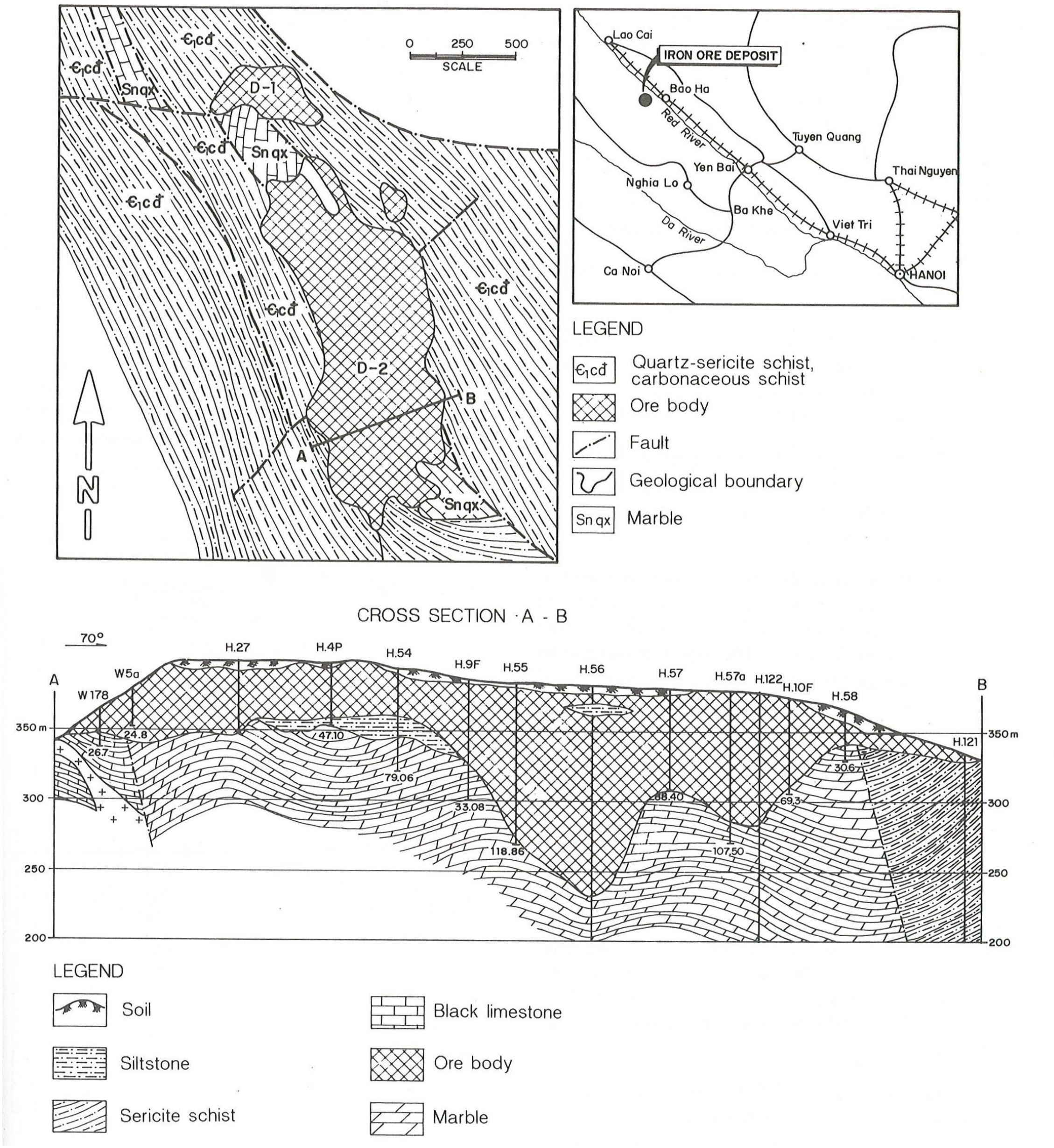
① 水針鉄鉱、針鉄鉱、水赤鉄鉱が2,3cm から1m のサイズで塊鉱や礫をなす。
② チューライト（turite）と称される水赤鉄鉱、水針鉄鉱、磁鉄鉱、アンケライト、軟マンガン鉱、硬マンガン鉱よりなる鉱物が軟質鉱および粉状鉱をなす。
③ 鉱体底部には磁鉄鉱が残留し濃集する。それは5-30m の大きさで不均質な岩塊をなす。主な鉱物は磁鉄鉱、マータイトであるが、この他より少量であるがアンケライト、黄鉄鉱も認められる。

塊鉱の品位は、$Fe_2O_3$80-88%、FeO0.1%、$SiO_2$1.6-2.7%、$Al_2O_3$1%である。

高品位鉱(56-57%)は全鉱量の98.3%をなす。鉱石の平均品位は、Fe54-55%、CaO0.25%、Mn3%、MgO0.65%、$SiO_2$1.7%、P0.08%、$Al_2O_3$1.7-3%、S0.025%である。

本鉱床の採掘条件は良好である。その理由は、全鉱量が露天掘り可能で排水も簡単であるからである。しかし、軟質鉱と粉鉱はペレット化する必要があり、そのため開発に余分なコストが必要となる。

インターネット情報（http//www.metaiseconomics.com/cgi-win/wwcgi.dll）によれば、



図Ⅲ-6　Quy Xa 鉱床地質平断面図（ESCAP,1990）[8]

2007 年 2 月 Quy Xa 鉱山は中国の Kunming Steel Group との同鉱山の開発計画を発表した。それによれば、既に開発に着手済みで、2008 年に 150 万トン、2010 年に 250-300 万トンを生産する計画である。鉱量は 1.2 億トン、品位は Fe50％、鉄金属量は 6,000 万トンである。投資額は 1.75US＄で、JV の資本の内訳は、Vietnam Steel Corp. 45％、Kunming Iron and Steel Group 45％、その他 10％である。

なお、この他鉄鉱床ではないが、IOCG 型銅鉱床やスカルン型銅鉱床には副産物として磁鉄鉱を数％伴うものがある。この磁鉄鉱は鉄源となりうるものである。ベトナムにはこの

タイプに属するものに次に紹介する Sin Quyen 鉱床がある。

(15) Sin Quyen 鉱床

Lao Cai の北西 25km、紅河の右岸にある。

地質は原生代の変成岩とそれに貫入した古生代～新生代の花崗岩よりなる。NW-SE 系の断層が発達し、それ沿いに鉱床が胚胎している。

鉱床は白亜紀～古代三紀の花崗岩に関係して生成された IOCG（スカルン）型鉱床で、酸化鉄（磁鉄鉱）・銅(黄銅鉱)・金・レアアースよりなる。鉱量は約 5,300 万トンで、品位は Cu1.03%、$RE_2O_3$0.63%、Au0.46-0.55g/t、Ag0.44-0.50g/t である。この鉱床にはかなりの量の磁鉄鉱とレアアースを含む褐簾石が含まれる。

McLean(2001)によれば、鉱量は 5,280 万トンでその品位は Cu0.91%、 Au0.44g/t、RE_2O_3(Ce+La+Pr+Nd 合計)0.7%、磁鉄鉱の含有量は 5.4%である。計算上磁鉄鉱の量は 285 万トンになる。副産物としての磁鉄鉱の量は無視しえない量である。

4 その他

インターネット情報（http://moi.gov.vn/EN/News/detail.asp?Sub=123&id=21763）によると、政府は 2020 年までの鉄鉱石探査、開発、生産計画を承認した。それによると、2020 年までに 9 省で 26 鉱山から鉄鉱石を生産する。内訳は、Lao Cai(6 鉱山)、 Yen Bai(4 鉱山)、 Ha Giang(2 鉱山)、 Tuyen Quang(2 鉱山)、 Cao Bang(3 鉱山)、 Bac Kan(4 鉱山)、Thai Nguyen(2 鉱山)、 Than Hoah(2 鉱山)、 Ha tinh(1 鉱山)である。鉄鉱石の生産計画は、2010 年に 900 万トン、2011-2015 年間は 1,400-1,500 万トン/年、2016-2020 年間は 1,500-1,600 万トン/年である。2008.10.07 付インターネット情報（(Bo Tai Nguyen va Moi truong Viet Nam)に以下の鉄資源に関する記事が出ている。

ベトナムの鉄鉱石は主として以下の 3 地域に分布する。

① 北西地域：紅河沿いに分布し、それは Quy Xa、Lang My, Ba Hon, Lang Lech 等の鉱床である。確定鉱量は 2 億トン以上(このうち、Quy Xa 鉱床は 1 億トン以上)である。この地域の鉱石は原則として褐鉄鉱よりなり、品位は Fe43-45%、Mn2.5-5%である。探鉱済みの大部分の鉱床は、開発計画が実施され、採掘されている。

② 北東地域、Bac Thai 州には Trai Cau, Tien Bo, Quang Trung 等の鉱床が分布し、それらの鉱量は合計約 5,000 万トンである。この鉱量のうち、Trai Cau 鉱床は 900 万トン、Tien Bo 鉱床は 2,800 万トン以上を占める。Bac Thai には 2 つのタイプの鉱石がある: 一つは磁鉄鉱（主として Trai Cau 鉱床)で、品位は Fe60%以上で不純分は許容範囲にある。その他は、品位 Fe50-55%,Mg3-4%の褐鉄鉱である。Bac Thai の鉱石は、採掘中で Thai Nguyen Iron and Steel Company に送鉱されている。Cao Bang 省には Na Lung,　Na Rua

の鉱床があり、確定鉱量は合計で5,000万トンである。鉱石は主として磁鉄鉱よりなり、品位はFe60%以上である。いつでも開山できる状態にある。北東地域には、Ha Giang省には幾つかの鉱床が散在し、鉱量は合計2億トンに達する。鉱床の多くは磁鉄鉱-珪岩タイプで、その残りは品位Fe 42-46%の磁鉄鉱よりなる。

③ 北中央部のHa Tinh省にはThack Khe鉱床とThanh Hoa省には多数の小規模転石鉱床がある。Thack Khe鉱床の確定鉱量は5億トン以上である。その品質は高く、品位はFe60-65%である。また、S, P, Pb, Zn等の不純分は許容範囲にある。鉱床は精査され、いつでも開山できる状態にある。

ベトナムで新規に発見された鉄鉱石の鉱量は約10億トンであり、そのうち70%は高品質な磁鉄鉱であり、残りは褐鉄鉱よりなる。

なお、これらに関し、ベトナム鉱物資源局で詳しい鉱床、探査、開発計画を得ようとしたが、入手できなかった。

Ⅲ-1-2 マレーシア

1 半島部マレーシアの地質

マレー半島の地質は、西帯、中央帯、東帯に大別される。カンブリア紀から後期三畳紀まで各地質時代の堆積岩が連続して分布しているが、ジュラ紀－白亜紀の地層の分布は限られており、後期第三紀の地層は更に限定されている。これらの堆積相は典型的な大陸縁の条件を示している。後期カンブリア紀から三畳紀までは海成堆積物、深成岩活動、火山活動が繰り返されている。一般に西帯では浅海性堆積物が主体で、火山岩類は東帯、中央帯に限られている。西帯、中央帯では二畳紀の浅海性炭酸塩岩が重要である。後期三畳紀には、南北軸の褶曲が生じ、上部古生代の地層は一般に緑色片岩相の変成作用を受けている。この時期の造山運動の最後に花崗岩の貫入があり、錫の鉱化作用があった。新第三紀になってからは大きな断層の発達が著しい（金属鉱業事業団, 1980）[22]。

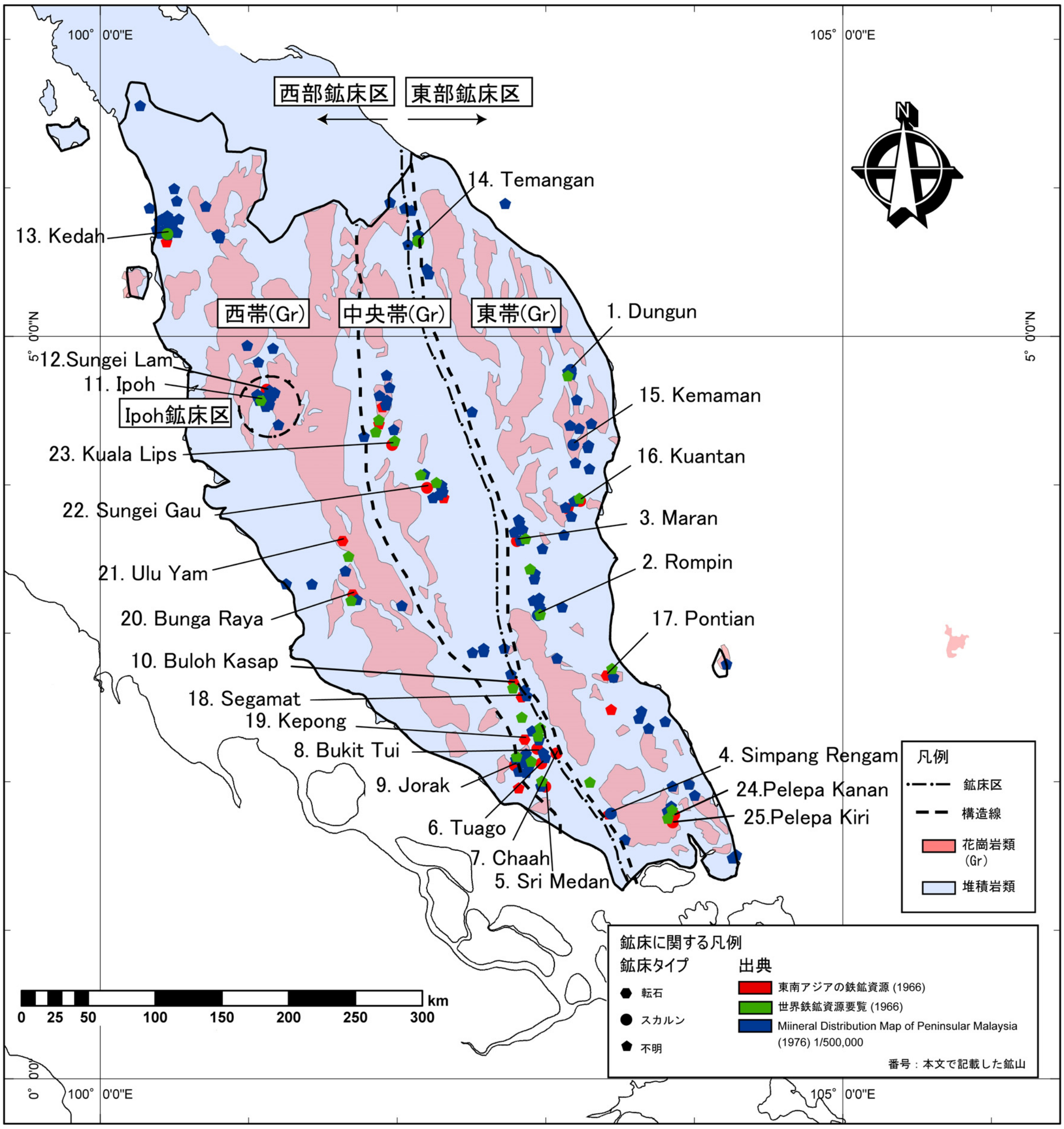
マレー半島の花崗岩は、図Ⅲ-7 に示すように西帯、中央帯、東帯の３帯に分類される。花崗岩の貫入時期は、石炭紀後期（280My）、二畳紀後期～三畳紀初期（250My）、三畳紀中～後期（230～200My）、白亜紀後期（85My）である。花崗岩はN-S、NNW-SSE方向に配列する。花崗岩はSr同位体分析により、上部マントルの部分溶融ではなく、地殻の再溶融により生成したマグマに由来する。西帯はイルメナイト系の花崗岩よりなり、Sn, Fe, Mn, Wなどの鉱化作用をもたらしている。中央帯はマグネタイト系の花崗岩よりなり、Au, 卑金属、Fe, 重晶石などの鉱化作用をもたらしている。一方、東帯はイルメナイト系の花崗岩よりなり、Sn, Fe, Mn, Wなどの鉱化作用をもたらしている。

---

[22] 金属鉱業事業団(1980)昭和54年度地質解析委員会報告書. 41p.

2 マレーシアの鉄鉱床概説

マレーシアの鉄鉱床はマレー半島に集中して分布し、大部分はスカルン型鉱床とそれに由来する転石鉱床よりなる。スカルン型鉱床は成因的に花崗岩と密接な関係を有する。花崗岩は、しばしば Cu, Pb, Zn 等の卑金属、Au, Ag などの貴金属、Sn, W 等のレアメタルをもたらす。マレーシアの鉄鉱床の場合、鉄鋼にとって不純物となる卑金属鉱物や Sn の鉱物を随伴することが多い。そのため昭和 60 年代後半からスペリオ湖型鉱床が開発されると、



図Ⅲ-7　マレー半島における鉄鉱床分布

経済性と不純物の存在によりスカルン型鉱床は急激に競争力を失った。

マレー半島の鉄鉱床分布図を図Ⅲ-7 に示す。マレーシアの最も代表的な鉄鉱床で、戦

後 20 余年に亘り日本の重要な鉄鉱石資源であった Dungun、Rompin、Sri Medan の 3 鉱山については詳しく述べる。

マレーシアの鉄鉱床生成区は、いずれもスカルン型鉱床よりなるが、鉄鉱石、不純物、Mn 含有量等に着目すると図Ⅲ-7 に示すように東部鉱床区、西部鉱床区、イポー鉱床区に大別される。なお図Ⅲ-7 は海外製鉄原料委員会(1966)、科学技術庁資源局(1966)、GSM(1962)[23] 等から取りまとめた。

(1) 東部鉱床区

Trengganu, Pahang, Johor 州の東帯花崗岩の分布域とほぼ重複する。代表的な鉱山は、Dungun 鉱山、Rompin 鉱山である。初生鉱床の鉱物は主として磁鉄鉱よりなるが、地表部では風化作用により赤鉄鉱や褐鉄鉱に移化している。S, Cu, As, Sn などの不純分が含まれる傾向がある。Mn を 1.5-2%程度含有することが多い。

(2) 西部鉱床区

Kedah, Perak, Selangor, Johor 州等に分布する。代表的な鉱山は、Sri Medan 鉱山、Jorak 鉱山である。 西帯および中央帯の花崗岩の分布域とほぼ重なる。初生の鉱物は磁鉄鉱と赤鉄鉱よりなるが、地表付近では風化作用により褐鉄鉱に移化している。

(3) イポー鉱床区

本質的には西鉱床区と同じ鉱床区と思われるが、石灰岩のドリーネが湖となった湖底に二次的に鉄分が沈殿した鉱床群よりなる。高品位の赤鉄鉱（鏡鉄鉱）を産する。

3 マレーシアの鉄鉱床各論

(1) Dungun 鉱山

マレーシアの最も代表的な鉄鉱床である。

本鉱山は Trengganu 州の Dungun 河の中流域にある。

元 Trengganu 王族の所有であったが、1917 年久原鉱業(株)が鉱業権を獲得し、1926 年熊丸徹等が調査した。その結果、転石鉱床の塊鉱でも可採鉱量が 967 万トンあり、極めて有望な鉱床であるとし、開発に着手した。その後 1929 年日本鉱業(株)が事業を継承し、翌年から出鉱を開始した。大戦中日本への輸送難に陥り休山した。1951 年現地業者が経営することとなった。かくて開山以来 1965 年までに全出鉱量は約 2,900 万トンに及んだ。

輸入業者は三井物産(株)、垣内商事(株)、東西金属商事(株)であった。

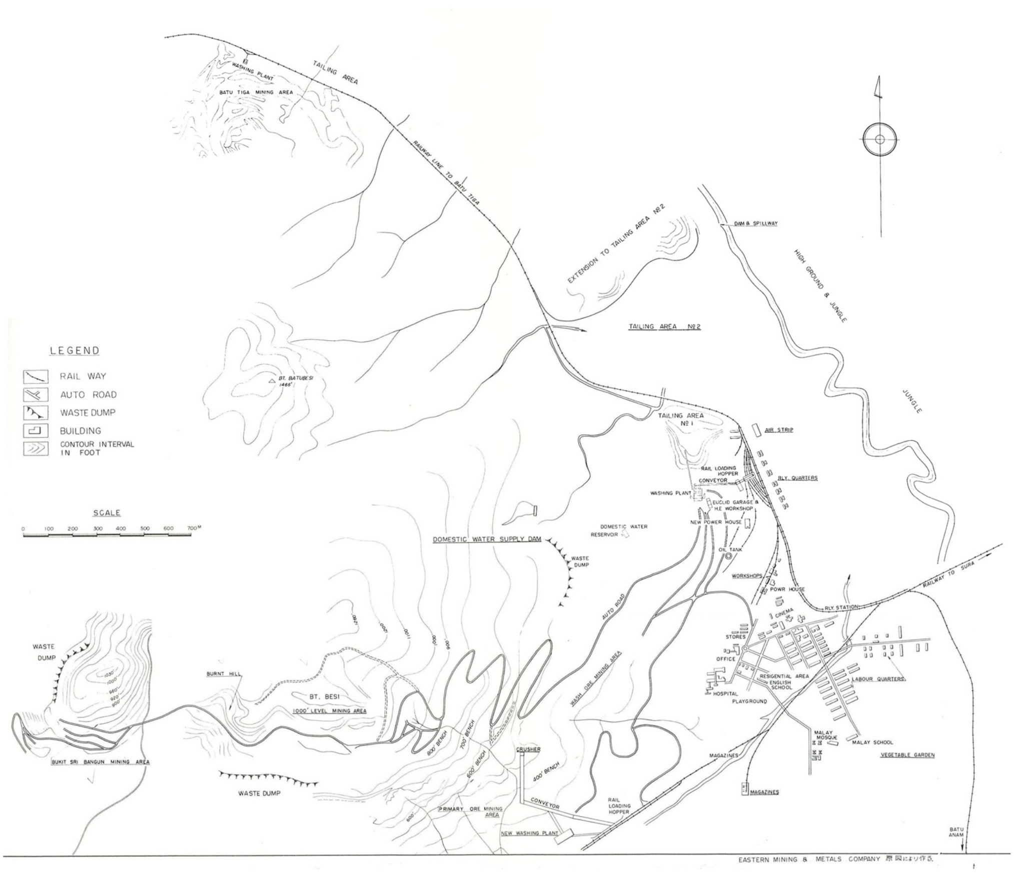
[23] Geological Survey of Malaysia(1976)Mineral distribution map of peninsular Malaysia. Scale 1:500,000.

地質は三畳紀の頁岩、砂岩、石灰岩とそれらに貫入した黒雲母花崗岩よりなる。
鉱床はスカルン型で、初生鉱床はBukit Besiの南面と北面にあり、その周辺に転石鉱床が分布する。開山当初は転石鉱床のみを採掘したが、1966年現在では初生鉱床のみを採掘している。鉱床はBukit Besi、Sri Bangun、Batu TigaおよびBurnt Hillの４鉱床よりなる。図Ⅲ-8に概況図、図Ⅲ-9にBukit Besi鉱床、図Ⅲ-10にSri Bangun鉱床の地質平断面図を示す。

① Bukit Besi鉱床：本鉱山の主要鉱床で、走向延長は2,400mに及ぶ。鉱床は赤鉄鉱鉱体と磁鉄鉱鉱体が不規則塊状をなして賦存する。この両者の間にも鉱体があり、S 分が高く、外観が赤鉄鉱鉱体と同じであるため、選択採掘が困難である（図Ⅲ-9)。

② Sri Bangun鉱床：当初重要な生産源であったが、Sn分が高く、生産を中止したこともある。Sn 分が 3%に及ぶものもあって、Sn 鉱山として稼行されたこともある。このほか黄鉄鉱および磁硫鉄鉱等の硫化鉱物を随伴し、図Ⅲ-10 に示すようにその分布状態が極めて複雑であるため、この鉱石の処理はすこぶる困難である。

③ Batu Tiga鉱床：鉱石中にはSn分1.0-1.5%を含むものがあり、一時減産したこともある。



図Ⅲ-8　Dungun鉱山概況図（海外製鉄原料委員会,1966）[6]

鉱床上部は褐鉄鉱にして、粗鉱の品位は Fe52%内外であり、硫黄分も不規則に集中しているため、企業としての限界に達している。

④ Burnt Hill 鉱床：褐鉄鉱が多く、かつ黄鉄鉱、黄銅鉱および磁硫鉄鉱を混在するため、鉄鉱石としては余り期待し難い。

この他、転石鉱床があるが、開山以来転石を主体として採掘したため、その殆どが掘り尽くされた。

転石鉱床の鉱石は主として赤鉄鉱であるが、初生鉱床の下部は磁鉄鉱である。転石は SiO_2 および Al_2O_3 を多量に含んでいるが、有害成分は少ない。初生鉱床においては、黄鉄鉱と磁硫鉄鉱を随伴する区域があり、S 分の高いものがある。また珪灰石やヘデンベルグ輝石を含むことがあり、さらに鉱床の一部では Sn 分が高いため、採掘を中止したところがある。特に As, Ti, および Cu 等有害成分の高いものもある。

Eastern Mining & Metals 社による約 1,000 万トンの可採粗鉱品位は表Ⅲ-18 の通りである。

表Ⅲ-18　Dungun 鉱山の経済的残存確定可採鉱量の品位（%）

鉱　床　別	Fe	S	P	Sn	As	Cu
Bukit Besi	42	3.0	0.04	0.02	0.04	0.003
Sri Bangun	39	3.1	0.04	0.02	0.04	0.03

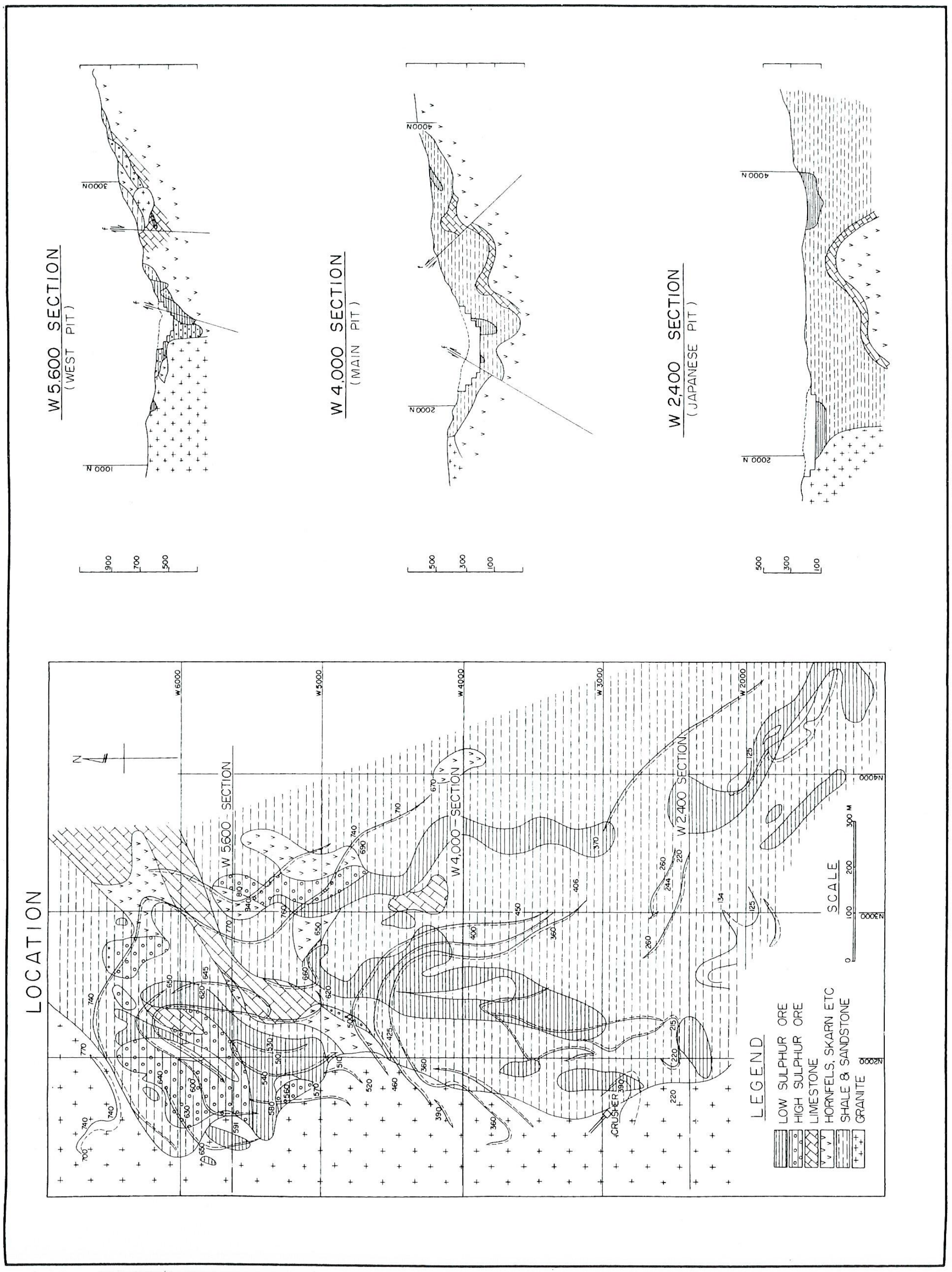
Eastern Mining & Metals 社

表Ⅲ-19　Dungun 鉱山の鉱量（1,000 W.L.T）

		賦存鉱量			可採鉱量
		確定	推定	小計	確定
赤鉄鉱鉱石	Bukit besi	13,284	2,750	16,034	11,739.2
	Batu tiga	300	500	800	270.2
	Sri bangun	1,260	1,000	2,260	1,200.0
	小　計	14,844	4,250	19,094	13,209.2
赤鉄鉱鉱石	尾鉱等からの回収	10,800	-	10,800	7,020
磁鉄鉱鉱石	Bukit besi	8,200	1,500	9,700	8,200
	Sri bangun	2,600	1,800	4,400	2,600
	小　計	10,800	3,300	14,100	10,800

Eastern Mining & Metals 社

採掘が深部に及ぶに従って、粗鉱の Fe 品位は低下し、不純物（S, Cu, Sn, As 等）は増加傾向を示し、さらに精鉱中に粉鉱が増加している。粗鉱採掘高に対する精鉱の比率は、切込鉱約 35%、粉鉱約 30%、計 65%となっている。



E·M·M·C· ANSWERS TO QUESTIONS ON DUNGUN MINE, AUGUST 1964 により作る。

図Ⅲ-9 Dungun 鉱山 Bukit Besi 鉱床平断面図（海外製鉄原料委員会, 1966）6

Eastern Mining & Metals 社による 1964 年 6 月現在の鉱量は表Ⅲ-19 の通りである。

採掘は露天掘りである。1962 年度の剥土比（精鉱量/剥土量）は 1：1.52 であり、1964 年は 1：10 であるが、今後さらに増加するであろう。

1962-1964 年の八幡製鉄所受入れ鉱石の品位は表Ⅲ-20 の通りである。

1959 年- 1964 年の 5 年間における精鉱の産額は表Ⅲ-21 の通りである。1930 年の開山以来 1965 年間までの全出鉱量は、2,900 万トンに及んだ。

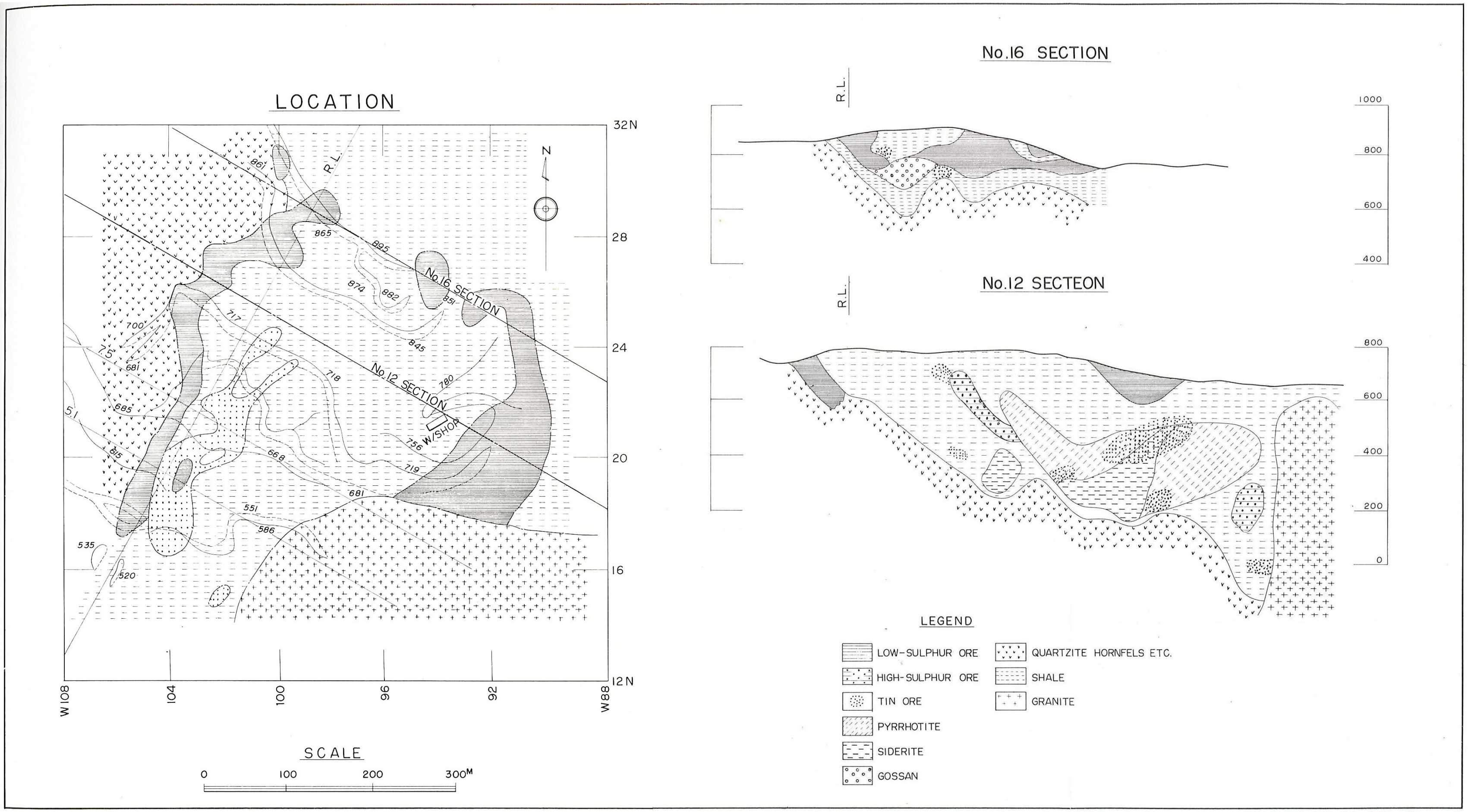
表Ⅲ-20　Dungun 鉱山の鉱石の八幡製鉄所受入れ鉱石の品位（%）

	年度	水分	Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	Cu	TiO_2	-6m/m
切込鉱	1962	4.47	63.12	3.19	2.32	0.085	0.028	0.016	0.07	11
	1963	5.11	62.34	3.71	2.36	0.122	0.032	0.021	0.08	32
	1964	4.90	61.59	4.07	2.59	0.127	0.040	0.022	0.08	11
粉鉱	1962	6.90	61.05	7.19	2.20	0.249	0.026	0.018	0.06	96
	1963	7.79	59.81	8.04	2.28	0.303	0.030	0.024	0.08	96
	1964	7.60	59.07	9.01	2.32	0.304	0.031	0.022	0.739	100

八幡製鉄所検定課

表Ⅲ-21　Dungun 鉱山の 5 年間（1959 年- 1964 年）の精鉱生産量(トン)

	1959	1960	1961	1962	1963	1964	計
塊鉱	1,902	2,334	2,233	2,055	1,834	1,178	11,536
粉鉱	42	267	674	920	894	967	3,764
計	1,944	2,601	2,907	2,975	2,728	2,145	15,300



E·M·M·C· ANSWERS TO QUESTIONS ON DUNGUN MINE, AUGUST, 1964 により作る.

図Ⅲ-10　Dungun 鉱山 Sri Bangun 鉱床平断面図（海外製鉄原料委員会, 1966）6

(2) Rompin 鉱山

本鉱山は Pahang 州の Rompin 河口から上流約 83km の地点に位置する。

1930 年石原産業海運(株)が発見した。1959 年 Rompin Mining Co.,が鉱業権を獲得し、83km に及ぶ鉱山専用鉄道を敷設し、1962 年から出鉱を開始した。

輸入業者は三井物産（株)、垣内商事(株)、東西金属商事(株）および大倉商事(株)であった。

地質は石英斑岩、ホルンフェルス及び石灰岩よりなる基盤岩とそれに貫入した花崗岩よりなる。

鉱床はスカルン型鉱床で、初生鉱物は磁鉄鉱であるが、地表部付近は褐鉄鉱、赤鉄鉱に移化している。本鉱山は、主体の Bukit Ibam-Bukit Mungas 鉱床のほか Bukit Pesagi、Bukit Sanlong、Batu Puteh、Bukit Hitam の各鉱床よりなる。図Ⅲ-11 に概況図を、図Ⅲ-12 に Rompin 鉱床地質断面図を示す。

① Bukit Ibam-Bukit Mungas 鉱床

開山当初南部を Bukit Ibam 鉱床として採掘したが、1966 年当時中部以北を Bukit Mungas 鉱床と称して採掘している。走向延長 860m、傾斜東に 60-70 度、平均厚さ 30～60m で、深さ 260m まで確認されている。露頭周辺には転石鉱床があり、その規模は延長 860m、幅 100～150m、厚さ 10～15m である。

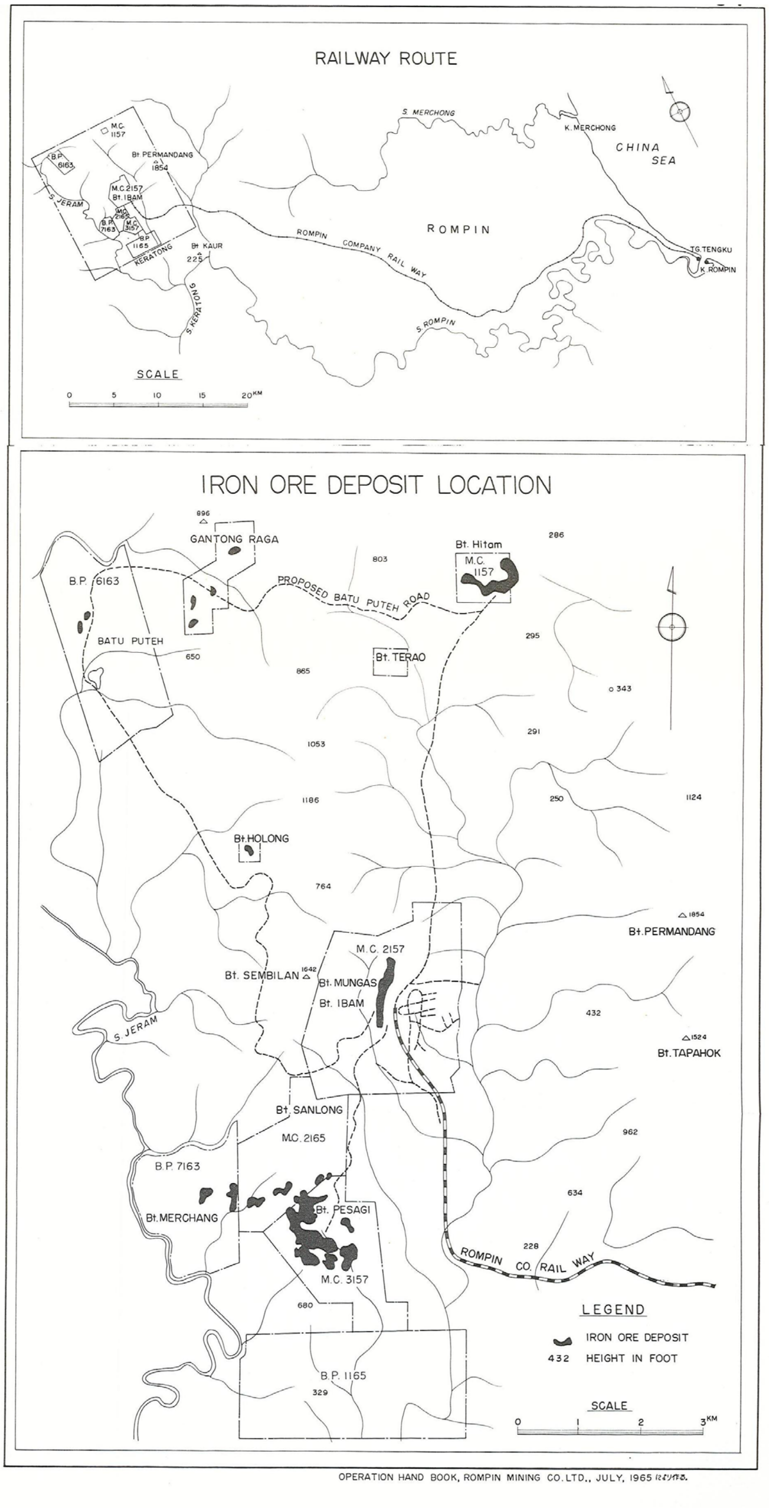
地表部の鉱石は赤鉄鉱であって、上部では褐鉄鉱を混え、下部はマータイトとなっているが、殆どは母岩を含まない良鉱である。さらにその下部は磁鉄鉱よりなる。本鉱床は比較的正常な脈状鉱体であるが、隣接した数多の小さな不規則鉱床に比して、多くの不純物を含んでいる。

品位は赤鉄鉱体では Fe58～62%、磁鉄鉱体では Fe25～60%である。不純物としては、S、P、Cu、Zn　および Bi を含むことが特徴であり、特に Cu 分については全埋蔵鉱量の 4 割以上が平均 0.1%以上を含んでいる。これらの不純物は、選択採掘またはブレンドによって処理することは出来ず、選鉱処理も困難であるため、相当の鉱石量が廃棄されることになろう。

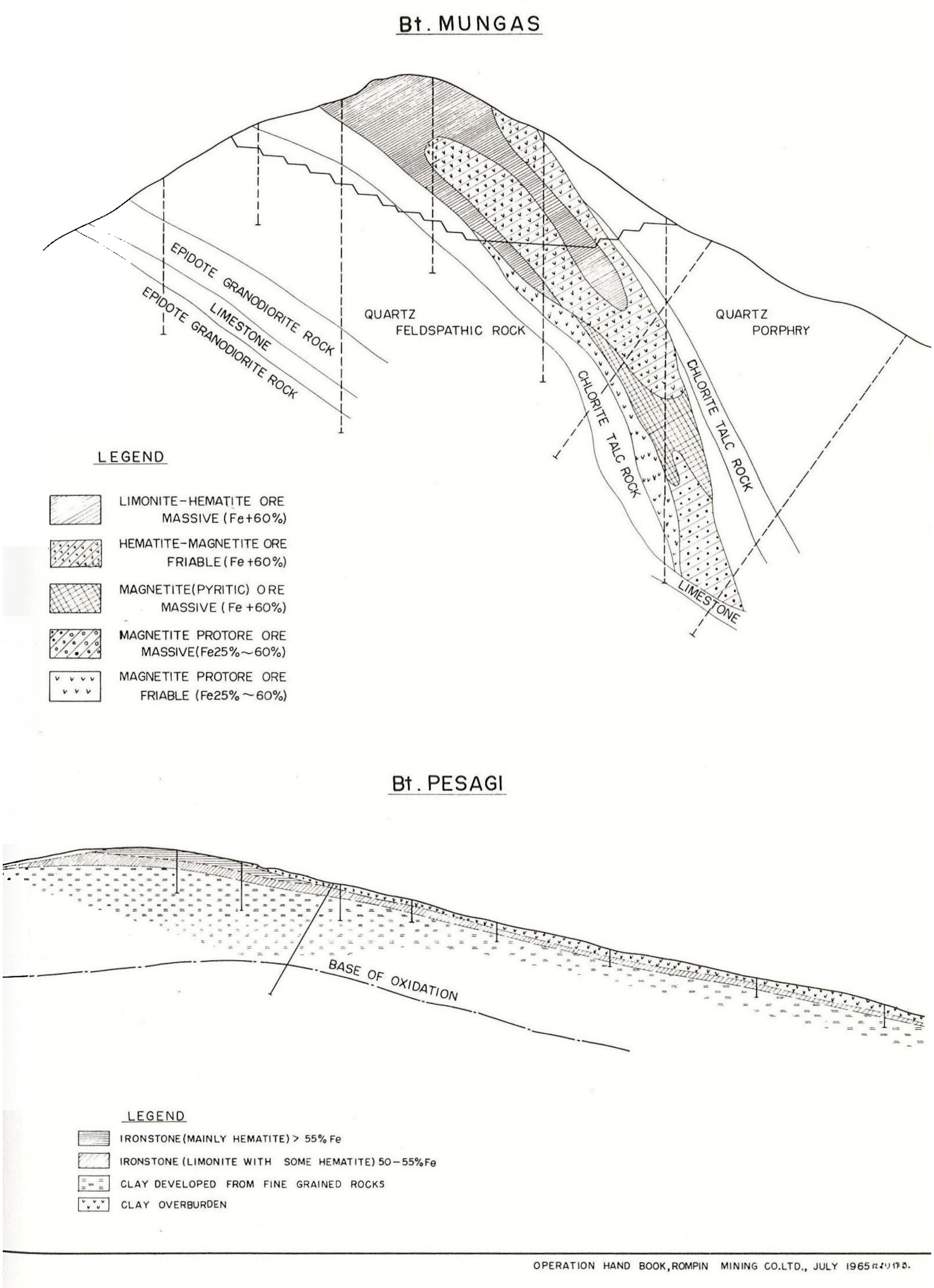
Bukit Mungas 鉱体における 1964（昭和 39）年度の採掘成績および鉱石品位は表Ⅲ-22 の通りである。

表Ⅲ-22　Bukit Mungas 鉱体における 1964 年度の採掘成績および鉱石品位(%)

	剥土比		精鉱実収率	粉鉱比率	
	鉱石	廃石		塊鉱	粉鉱
赤鉄鉱体	1 トン	2.5yd^3	75	48	52
磁鉄鉱体	・・・・・・・・・		61.5	14.3	85.7



図Ⅲ-11　Rompin鉱山概況図（海外製鉄原料委員会,1966）[6]



図Ⅲ-12　Rompin 鉱床地質断面図（海外製鉄原料委員会,1966）[6]

Bukit Mungas鉱床の品位は表Ⅲ-23に示す通りである。

表Ⅲ-23 Bukit Mungas鉱石品位(%)

	鉱種別	塊粉別	Fe	S	P	Cu	Zn	Bi
赤鉄鉱体	粗鉱		60.0	0.05	0.05	0.09	0.11	0.04
	精鉱	塊	63.5	0.04	0.05	0.09	0.11	0.03
		粉	64.5	0.04	0.04	0.10	0.05	0.05
磁鉄鉱体	粗鉱		42.0	0.50	0.03	0.09	0.03	0.02
	精鉱	塊	65.0	0.15	0.03	0.10	0.03	0.02
		粉	60.0	0.30	0.03	0.14	0.03	0.02
	粗鉱	SiO2	Al2O3	MgO	CaO			
		20.00	0.60	11.80	1.20			

Operation Hand Book, Rompin Mining Company Ltd,(1964)

なお、本鉱床の南部には、鉄鉱床の下盤に厚さ5mの高品位Mn鉱床が発見されている。

② Bukit Pesagi鉱床

複雑なる地勢のところにて、広範囲に分散する転石鉱床がある。延長約9kmの運搬道路を開設し、1964年8月から採掘を開始した。鉱石対剥土比は1トン：0.32yd^3であり、精鉱の歩留まりは65%である。塊粉比率は7：3である。鉱石品位は表Ⅲ-24の通りである。

表Ⅲ-24 Bukit Pesagi鉱石品位(%)

鉱種	塊粉別	Fe	S	P	Cu	Zn	Bi
粗鉱		52.0	0.09	0.03	0.03	0.03	0.02
精鉱	塊鉱	59.0	0.09	0.03	0.03	0.04	0.02
	粉鉱	57.0	0.09	0.03	0.02	0.03	0.02

Operation Hand Book, Rompin Mining Company Ltd,(1964)

③ Bukit Salong鉱床

鉱石は原鉱と転石鉱との混合鉱であり、Bukit Pesagi と同じ物理的特性を有しており、近く採掘を開始する予定である。鉱石トン当たり廃土量は、1：1.5yd^3、精鉱歩留まりは75%である。塊粉比率は45：55の見込みであり、粗鉱品位(%)は表Ⅲ-25の通りである。

表Ⅲ-25 Bukit Salong 鉱山粗鉱品位（%）

Fe	S	P	Cu	Zn	Bi
58.0	0.15	0.02	0.02	0.02	0.02

④ Bukit Hitam 鉱床

鉱床は転石鉱床と磁鉄鉱体であり、1965 年中頃から採掘開始の予定である。その粗鉱品位は表Ⅲ-26 の通りである。

表Ⅲ-26　Bukit Hitam 鉱山粗鉱品位（%）

Fe	S	P	Cu	Zn	Bi
61.0	0.05	0.07	0.10	0.15	0.02

⑤ Batu Peteh 鉱床

Bukit Pegasi 鉱床型の転石鉱のみが認められており、その粗鉱品位は表Ⅲ-27 の通りである。

表Ⅲ-27　Batu Peteh 鉱山粗鉱品位（%）

Fe	S	P	Cu	Zn	Bi
50.0	0.06	0.05	0.07	0.07	0.05

Rompin 鉱山会社から発表された 1965 年 6 月現在の埋蔵鉱量およびその粗鉱品位は表Ⅲ-28 の通りである。

表Ⅲ-28　Rompin 鉱山埋蔵量と粗鉱品位(1,000 WT, %)

	埋蔵量			粗鉱品位			
	確定	推定	計	Fe	Cu	Zn	Bi
Bukit Ibam							
Hematite	10,619	3,410	14,029	62.0	0.09	0.10	0.05
Proto ore	3,410	···	3,410	45.0	0.09	0.03	0.03
Bukit Pesagi	4,468	···	4,468	58.0	0.03	0.03	0.02
Bukit Salong	386	···	386	60.0	0.02	0.02	0.02
Bukit Batu Puteh	570	···	570	55.0	0.07	0.05	tr
Bukit Hitam	1,246	···	1,246	61.0	0.10	0.13	0.02
合　　計	20,699	3,410	24,109	58.6	0.07	0.08	0.04

Rompin Mining Co. Ltd., Operation Handbook, July (1965)

Rompin 鉱山の採掘は露天掘りによる。毎年 12 月から 3 月までの雨期中における能率は、乾期の 1/2 を見込んでいる。1966 年現在、鉱石 1 トンあたり剥土量 yd^3 は 1：3 であるが、今後剥土比が次第に増加するであろう。1966 年現在全出鉱量の 50%は Bukit Mungas が占めている。

1962 年開山以来 1965 年まで約 520 万トンの精鉱を産出している。各年の生産量は表Ⅲ-29 の通りである。

表Ⅲ-29　Rompin 鉱石生産量(1,000 トン)

	1962	1963	1964	1965	計
切込鉱	274	840	1,219	1,047	3,380
粉　鉱	144	62	845	800	1,851
計	418	902	2,064	1,847	5,231

なお、八幡製鉄所受入鉱石（1962-1964 年）の品位は表Ⅲ-30 の通りである。

表Ⅲ-30　Rompin 鉱石検収品位（%）

鉱種	年度	水分	Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	Cu	Size-10m/m
切込鉱	1962	4.20	63.80	1.55	2.19	0.030	0.032	0.088	16
	1963	5.05	63.32	1.94	2.21	0.034	0.032	0.090	21
	1964	4,6	64.01	2.19	1.73	0.030	0.037	0.082	19
粉鉱	1962	7.19	65.53	1.38	2.11	0.024	0.013	0.066	100
	1963	7.79	63.94	2.62	2.30	0.033	0.022	0.083	100
	1964	7.1	64.27	3.15	1.79	0.036	0.020	0.075	100

Rompin(Bukit Ibam)鉱山に関する最近の状況は次の通りである。2008 年 Grange Resources Ltd は、Bukit Ibam 鉱山の生産計画を発表した。それによると、同社は 2008 年末までに磁鉄鉱の精鉱年間 10 万トンを生産すべく切羽と選鉱場を整備中である。精鉱は Kuantan 港から生産準備が進行中の Kemaman のペレットプラントへ搬送される。このプラントの生産能力は年間 680 万トンで、その建設コストは 550 万 US＄である。（http//www.metaiseconomics.com/cgi-win/wwcgi.dll）

(3) Maran 地区諸鉱山

Pahang 州の Kuantan 市の西方 18～45 マイルの間に ①Bukit Tunggal、②Bukit Lobang

および③Pulau Manis の 3 鉱山が分布する。

1959 年安宅産業(株)が融資し、探査を開始した。1964 年 3 鉱山のうち先ず Bukit Lobang 鉱山から出鉱を開始した。

輸入業者は安宅産業(株)であった。

地質は三畳紀の珪岩、頁岩、石炭紀～三畳紀の火山岩類（粗面岩、安山岩、凝灰岩、集塊岩類)、それらに貫入した小規模の花崗岩岩株よりなる。

鉱床は石灰質岩を交代したスカルン型鉱床であるが、二次性の転石鉱床を伴っている。鉱床はいずれも小規模である。

① Bukit Tunggal 鉱山および②Bukit Lobang 鉱山：

鉱石は主としてマータイトであるが、若干の褐鉄鉱を伴う。

③ Pulau Manis 鉱山

鉱石は主として褐鉄鉱よりなるが、赤鉄鉱も伴う。採取した Maran 地区 3 鉱山の品位は表Ⅲ-31 のとおりである。

表Ⅲ-31　Maran 地区 3 鉱山の採取試料の品位（%）

	Fe	SiO_2	Al_2O_3	P
Bukit Tunggal	57-60	2.0-5.0	2.0-4.0	0.04-0.10
Bukit Lobang	62-63	2.0-4.0	2.0-4.0	0.01-0.02
Pulau Manis	53-56	3.0-8.0	2.0-4.0	0.03-0.10
	S	Cu	As	Sn
Bukit Tunggal	0.02-0.05	0.01-0.02	0.03-0.04	0.02-0.03
Bukit Lobang	0.03-0.06	0.04-0.06	0.03-0.15	0.01
Pulau Manis	0.02-0.07	0.01-0.02	0.02-0.03	0.02-0.03

鉱量と品位は表Ⅲ-32 に示すとおりである。

表Ⅲ-32　Maran 地区 3 鉱山埋蔵量と品位（1,000 トン，%）

	Bukit Tunggal			Bukit Lobang			Pulau Manis		
	鉱量	Fe	As	鉱量	Fe	As	鉱量	Fe	As
確定 A	380	60.0	0.03	20	62	0.15	90	55.0	0.02
確定 B	320	57.0	0.04	100	63	0.03	-	-	-
推定	160	58.0	0.04	50	62	0.03	110	55.0	0.02
計	860	58.5	0.04	170	62.5	0.04	200	55.0	0.02

安宅産業（株）(1966)

採掘は露天掘りである。Pulau Manis 鉱山の転石鉱床は採掘済みで、初生鉱床を採掘中である。他の 2 鉱床は表土が無いため剥土は不要である。

上記 3 鉱山中、Bt.Lobang は 1964 年から出鉱を開始し、2 鉱山は 1965 年から出鉱したのみで、既往の産額は少ないが、65 年度には約 8 万トンの出荷を見込んでいる。

(4) Simpang Rengam 鉱山

本鉱山は Johore 州南部の simpang Rengam 町の近くに位置する。

1964 年開発に着手し、1965 年日本向け船積を開始した。

輸入業者は江商(株)であった。

地質は頁岩と珪岩よりなる。鉱床の成因は火成か水成か不明である。

鉱石はラテライト質褐鉄鉱で、一部に赤鉄鉱を混じている。不純物は普通のラテライトと異なり、Cr は殆ど含んでいない。18 試料の平均品位は表Ⅲ-33 の通りである。

表Ⅲ-33　Simpang Rengam 鉱山品位（%）

	C.W	Fe	SiO_2	Al_2O^3	S	P	Cu
最高	13.31	62.75	4.66	2.55	0.05	0.10	0.07
最低	10.76	44.50	2.96	0.44	0.03	0.01	0.01
平均	11.55	57.31	3.58	1.47	0.04	0.05	0.03

精鉱量は、富鉱部 88.5 万トン（Fe57.8%)、周辺部 47.3 万トン（56.3%）合計 135.8 万トン（Fe57.4%）である。1964 年江商（株）の調査によれば、選択採掘を行った場合精鉱量は富鉱部で 78 万トン、(Fe58.2%)、周辺部で 7 万トン（Fe58.18%)、合計 85 万トン（Fe58.2%）が見込まれる。

採掘は露天掘りである。

日本向け出荷高は、1964 年度 6 万トン、65 年度 20 万トンである。65 年度日本の製鉄所 3 社が輸入した鉱石の加重平均検収品位は表Ⅲ-34 の通りである。

表Ⅲ-34　Simpang Rengam 鉱山の納入鉱石の品位（%）

Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	Cu	-10m･m
56.06	6.82	2.88	0.128	0.041	0.017	15

(5) Sri Medan 鉱山

Johore 州 Batu Pahat 市の北西 21km に位置する。

1919 年日本人の調査により有望性を認め、石原広一郎は南洋鉱業公司を設立後 1920 年

開発事業に着手し、21 年から八幡向け出鉱を開始した。1941 年大戦のため休山するまで約 1,000 万トンの鉱石を日本に供給した。1955 年現地資本が日本鉱業(株)の技術指導のもと 14 年振りに出鉱を開始し、全鉱量約 1,300 万トンを産出したが、P 分が高いため 64 年に休山した。その後 Tuago 鉱山を No.2 Sri Medan 鉱山として開山したが、鉱量が少なく珪酸分が高いため約 12 万トンを出鉱し、63 年に閉山した。63 年に Sri Medan 鉱山の北西約 12 マイルに位置する Jorak 鉱山を No.3 Sri Medan 鉱山として開山し出鉱した。Johore 州の西南部地域においては、図Ⅲ-13 に示すように前述した No.1、No.2、および No.3 Sri Medan 鉱山の他、Chaah 鉱山、Tui 鉱山および Kepong 鉱山等が近接して分布する。

輸入業者は(株)木下商店と江商(株)であった。

地質は凝灰岩、頁岩および安山岩とそれらを覆うローム層よりなる。

本鉱床は、凝灰岩中に安山岩が貫入して生成したスカルン型鉱床である。初生鉱床の周辺には多数の転石鉱床が分布する。図Ⅲ-14 に鉱床の地質平断面図を示す。主要鉱体の規模は表Ⅲ-35 の通りである。

鉄鉱石は、主として赤鉄鉱よりなり、僅かに磁鉄鉱を混じている。初生鉱床の鉱石は一般に緻密堅固であるが、時には粗粒のものもある。又巨晶の八面体叢晶をなす磁鉄鉱も存在する。転石鉱床は初生鉱床と鉱質がほぼ同様であるが、時々鉱礫間を充填している赤色粘土が非常に硬く、一種の礫岩状をなしているものがある。また鉱礫が丸く蝕磨されて、多くは褐鉄鉱に移化しているものもある。

1958 年以降３カ年間における鉱石買鉱量およびその平均品位は表Ⅲ-36 の通りである。P や TiO_2 の値が高いが、これは交代された母岩に由来するものであろうと推定される。

採掘は露天掘りによる。1961 年度の剥土比は精鉱 1 トン当たり 6yd^3 であったが、1966 年当時は 10 yd^3 に達した。

表Ⅲ-35　Sri Medan 鉱山主要鉱体規模

鉱床別	鉱体名	形　状	規模 m		Fe 品位 (%)	母岩
			延長	幅		
初生鉱床	No. 2	レンズ状～塊状	60	40	62	安山岩
	No. 3	板状～レンズ状	160	10	60	安山岩
	No. 5A	板状～レンズ状	105	10	64	集塊岩
	No. 5B	塊状	70	20	65	安山岩
	No. 7	板状	300	40	60	安山岩、集塊岩
	N0. 40	レンズ状～塊状	120	25	64	安山岩

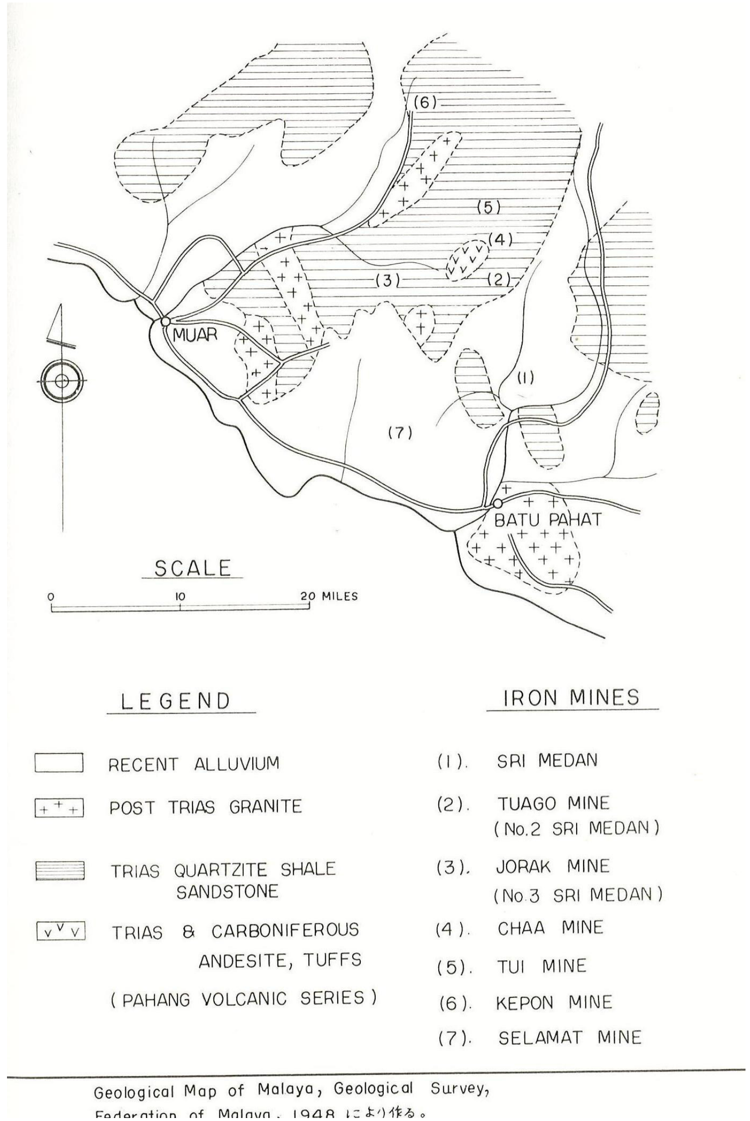
鉱床別	鉱体名	規模 m		Fe 品位 (%)	鉱床名	規模　m			Fe 品位 (%)
		延長	延長			延長	幅	厚さ	
転石鉱床	No. 1	250	100	62	No. 40	150	200	2. 0	64
	No. 3B	30	30	61	No. 44	110	140	2. 0	61
	No. 4	100	100	60	No. 60	50	50	2. 5	64
	No. 6	100	100	63	No. 80	150	100	1. 5	63
	No. 7	150	80	63	No. 20	100	100	1. 0	60
	No. 20	100	70	65					

日鉄鉱業（株）調査報告書　馬来編（1952）

表Ⅲ-36　Sri Medan 鉄鉱石売鉱量およびその平均品位（%）

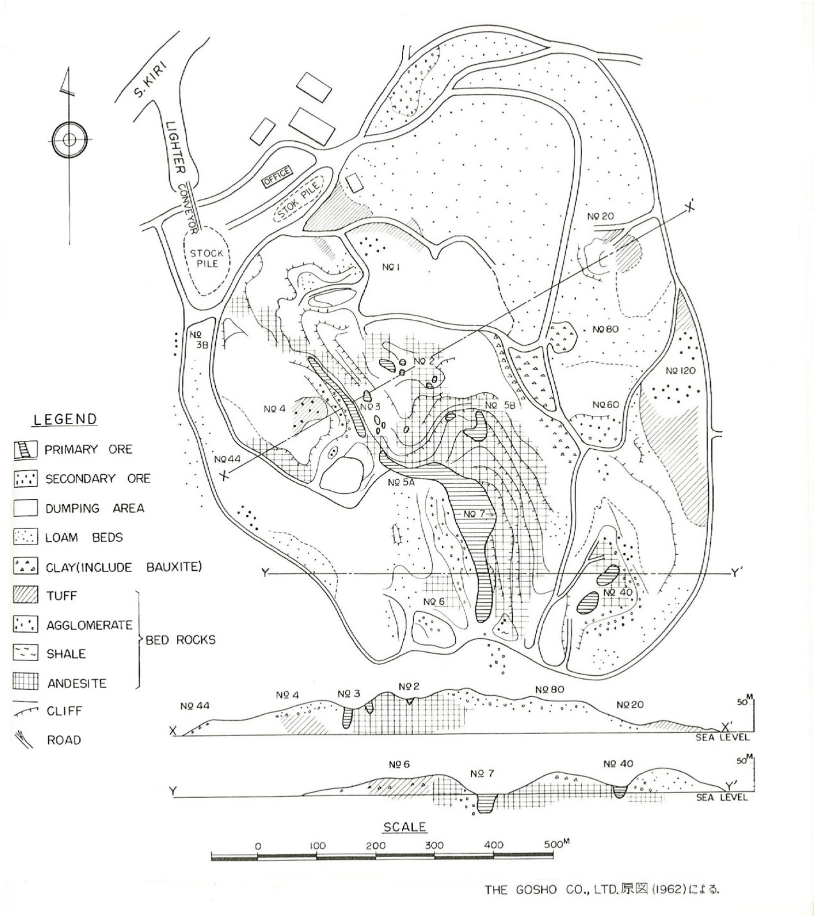
契約年度	船数	乾量トン	Fe	SiO_2	Al_2O_3	P	S	Cu	TiO_2	-10 m/m
1961	35	361, 642	59. 30	9. 80	2. 27	0. 236	0. 033	0. 008	0. 34	26. 6
1962	26	270. 878	58. 97	10. 10	2. 20	0. 260	0. 029	0. 007	0. 35	27. 0
1963	8	66, 617	57. 98	11. 32	1. 99	0. 368	0. 005	0. 005	0. 34	30. 2

江商株式会社（昭和 41 年）



図Ⅲ-13　Sri Medan 鉱山地域の地質と鉱山の分布

（海外製鉄原料委員会, 1966）6



図Ⅲ-14　Sri Medan 鉱床の地質平断面図

（海外製鉄原料員会,1966）6

(6) Tuago 鉱山

Johore 州 Simpan Kiri 河右岸に位置する。

大戦中に稼行したことがある。1960 年 No.2 Sri Medan 鉱山として再開されたが、珪酸分が高いため約 12 万トンを採掘したのみで翌年休山した。Sri Medan 鉱山が 1964 年閉山したため別人が鉱業権と遊休施設を買収し、Sri Medan 鉱山においてＰ分が高い（0.5%）ため放棄していた残存鉱量のうちの P 分の低い部分を採掘すると共に、Tuago 鉱区の再開を企て、1965 年これら両鉱石を積み合わせ Tuago 鉱石として出荷している。

輸入業者は住友商事(株)であった。

地質は三畳紀の砂岩と頁岩、三畳紀～石炭紀の安山岩類、三畳紀以降に貫入した花崗岩からなる。

鉱床はスカルン型である。鉱床は湿地帯中の丘陵にあり、粘土で覆われている。
鉱床は、３カ所に分布する転石鉱床である。表土の厚さは、平均１フィート、鉱床は平均５フィートである。
鉱石は主として赤鉄鉱であるが、一部に褐鉄鉱を交えている。住友商事(株)による水洗精鉱の品位の幅は表Ⅲ-37 の通りである。

表Ⅲ-37　Tuago 鉱山水洗精鉱の品位（%）

成分	品　位	成分	品　位
Fe	58.64-60.53	Sn	0.002-0.005
SiO_2・Al_2O_3	8.82-11.17	TiO_2	0.23-0.50
S	0.04-0.69	Other metals	0.080-0.129
P	0.109-0.250	H_2O	0.8-8.7
Cu	0.003-0.017	size-6m/m	24-37

住友商事(株)

1965 年 Sri Medan および Tuago 両鉱山の鉱石を合わせて約 10 万トンを生産し、66 年夏までに約 6 万トンを出荷した。かくて Sri Medan の鉱石は殆ど掘り尽くし、Tuago 鉱山の残存鉱量は 10 万トン内外となった。Tuago 鉱山より約１マイルを隔てる Batang Tarang に、約 50 万トンの埋蔵量があるが、この鉱石は SiO_2 分が高い。1966 年日本人技師を派遣し、この鉱石を経済的に稼行しうるか否か技術的処理法を検討した。採掘は露天掘りであった。

(7) Chaah 鉱山

Johore 州にあり、Sri Medan 鉱山の北方約 45km に位置する。

1930 年頃石原産業海運(株)が探鉱を実施した。地元業者が開発し、1961 年第 1 船の積出

しを行った。

輸入業者は江商(株)であった。

地質は三畳紀の砂岩と頁岩、三畳紀～石炭紀の安山岩類、三畳紀以降に貫入した花崗岩からなる。

鉱床はスカルン型である。第1および第2鉱床が顕著であり、それらの延長は100～200m、幅は20～30mである。鉱床は緩傾斜のレンズ状又は脈状であり、多少の褶曲と断層とがある。転石鉱床もあるがその分布規模は小さい。

鉱石は主として二次生成の赤鉄鉱であるが、初生鉱床では磁鉄鉱を産する。鉱質は緻密であるが石英細粒又は交代時の残渣物を混入するものがある。

1961年現在の埋蔵鉱量について、初生鉱床759,000トンと転石鉱床42,000トンが計上された。

開山以来の年度別生産額は表Ⅲ-38の通りである。採掘は露天掘りであった。

表Ⅲ-38　Chaah鉱山年度別生産額（D.M.T.）

1961	1962	1963	1964	計
23,095	104,639	112,507	81,150	321,391

八幡製鉄所受入れ鉱石の品位は表Ⅲ-39の通りである。

表Ⅲ-39　Chaah鉱山鉄鉱石の八幡製鉄所受入れ検収品位（%）

	Fe	Mn	SiO_2	Al_2O_3	S	P	Cu	-10m/m
1962	61.11	0.09	7.54	1.77	0.011	0.149	0.006	20
1963	61.62	0.10	7.11	1.55	0.011	0.155	0.006	17
1964	57.73	-	12.58	1.90	0.014	0.201	0.007	22

八幡製鉄所検定課

(8) Bukit Tui鉱山

Johore州の北西部Chaahの西方約8kmにある。

本鉱山は大戦前に発見された。江商(株)が探査に協力し、1961年現地業者が開発に着工した。1962年第1船を積出し、66年現在までに約80万トン（WLT）を船積した。

輸入業者は江商(株)であった。

地質は三畳紀の砂岩、頁岩、安山岩系半深成岩と花崗岩からなる。

鉱床はスカルン型である。鉱床は湿地帯中に隆起した直径約600m、高さは48mの丘陵部にある。鉱床は転石鉱床とその下部にある初生鉱床である。転石鉱床の厚さは地表下10～

20 フィートである。初生鉱床は鉱質が硬いため下底部は未確認のままである。

鉱石は主として赤鉄鉱である。115 個のピット試料を合成した 15 試料の品位は表Ⅲ-40 に示す通りである。

表Ⅲ-40　Bukit Tui 鉱山品位(%)

成分	品　位	成分	品　位
Fe	57.7-66.65	P	0.03-0.15
SiO_2	5.05-1.16	S	0.02-0.07
Al_2O_3	7.12-1.60	Cu	tr-0.004
TiO_2	0.25-0.97	Sn	nil
Mn	0.20-1.07	As	nil

江商(株)

転石鉱量は厚さ 1.1～1.7m、比重 2.5～3.0、面積 121,660m^2、採掘歩留 77%として粗鉱埋蔵鉱量 1,211,342 トンである。精鉱に関しては、初生鉱床として見込まれる約 7 万トンを含めて、全精鉱の鉱量は約 87 万トンと見込まれた。

過去 80 万トンの出鉱は主として露天掘りによる転石鉱床の採掘であったが、1966 年現在転石はほぼ採掘終了し、初生鉱床の採鉱に移行している。

なお、日本の 3 製鉄所の受入れ鉱石の検収加重平均品位は表Ⅲ-41 の通りである。

表Ⅲ-41　Bukit Tui 鉄鉱石受入加重平均品位(%)

	Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	Cu	-10m/m
1962	64.20	2.86	1.88	0.009	0.123	0.04	28.3
1963	64.82	2.11	1.63	0.012	0.120	0.04	27.0
1964	64.24	2.39	1.90	0.013	0.115	0.05	30.0

江商(株) (1966)

(9) Jorak 鉱山

Johore 州の Muar 河流域にある。

1962 年鉱業権者および江商(株)によって発見され、日本鉱業（株）が探鉱した。1963 年第 3 Sri Medan 鉱山として開発に着手した。1963 年船積が開始され、1966 年までは操業が確認されている。

輸入業者は江商(株)と三井物産(株)であった。

地質は三畳紀の砂岩と頁岩、三畳紀～石炭紀の火山岩類、さらにそれらに貫入した花崗岩からなる。

鉱床は転石鉱床であり、A, B, C の 3 鉱床がある。規模は A 鉱床で分布範囲 360m×180m、厚さ最大 30～35 フィート、B 鉱床で 500m×80m、厚さ北部で平均 10 フィート、南部で 25～30 フィート、C 鉱床で 250m×210m、厚さは平均 60 フィートである。転石鉱床下部には初生鉱床の存在が期待される。

鉱石は主として赤鉄鉱にして磁鉄鉱を含んでいるが、一部は褐鉄鉱に移行している。水洗精鉱の品位は表Ⅲ-42 の通りである。

表Ⅲ-42　Jorak 鉱山水洗精鉱品位（%）

鉱床別	試料数	Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	Cu	Sn	TiO_2
A 鉱床	29	64.08	2.44	1.17	0.023	0.037	0.002	0.005	0.13
B 鉱床	24	65.11	1.96	1.56	0.017	0.062	$<$0.002	0.003	0.15

日本鉱業(株)　第 3 Sri Medan(Jorak)鉱床概要

A、B 鉱床に関し、合計粗鉱鉱量 1,084,265 トン、精鉱鉱量 651,260 トン、品位 Fe62% の鉱量が計上された。A,B 鉱床は、1965 年 6 月までに約 45 万トンを産出し、A 鉱床の残存鉱量は約 7 万トンにして、B 鉱床も数万トンのみとなり、近く掘り尽くす見込みである。その後の探鉱結果、C 鉱床は、安全埋蔵鉱量 200 万トン、精鉱量約 90 万トンと見積もられている。

採掘は露天掘りである。鉱石 1 トン当たりの剥土比は、A 鉱床で 1yd^3、B 鉱床で 2 yd^3 である。C 鉱床は 2.5yd^3 の見込みである。

開山以来の生産額と日本の製鉄各社が共同購入した鉱石の加重平均検収品位は表Ⅲ-43 および表Ⅲ-44 に示す通りである。

表Ⅲ-43　Jorak 鉱山生産額（W.L.T）

1963	1964	1965	計
125,262	267,675	290,000	682,937

表Ⅲ-44　Jorak 鉱山加重平均検収品位（%）

Fe	63.93	Al_2O_3	2.90	Cu	0.019
Mn	0.18	S	0.031	TiO_2	0.13
SiO_2	2.61	P	0.014	-6m/m	20

江商(株)

(10) Buloh Kasap 鉱山

Johore 州 Segmat 町の北方約 45km にあり、Segamat 鉱山の北方約 13km に位置する。

現地資本が 1965 年 4 月に開発を開始し、9 月に出荷を始めた。

輸入業者は東南貿易(株)であった。

地質は、Segamat 鉱山と同じく三畳紀の珪岩、粘板岩、砂岩、頁岩、三畳紀～石炭紀の火山岩類、さらにそれらに貫入した花崗岩からなる。

鉱床はスカルン型に由来すると考えられる転石鉱床である。40 エーカーの範囲で 11 本のピット調査の結果、鉱床の厚さは、平均 4.5m であった。

鉱石は赤鉄鉱を主とするが、僅かの P および TiO_2 を含む以外は不純物の少ない良鉱である。南側地区における可採精鉱量約 11 万トンはすでに掘り尽くしたが、北側地区の残存鉱量は確定 15 万トン、推定 5 万トン計 20 万トンである。

採掘は露天掘りである。表土の深さは平均 1m である。

1965 年度中に出荷した 11 万トンについて、八幡製鉄（株）と富士製鉄（株）両社の検収平均品位は表Ⅲ-45 の通りである。

表Ⅲ-45　Buloh Kasap 鉱山検収平均品位（%）

Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	TiO_2	Sn	Cu
60.22	5.37	3.50	0.032	0.13	0.50	0.0009	0.0075

(11) Ipoh 地区諸鉱山

本地区は錫で有名なPerak州Ipoh市のKinta Valleyにある。大戦中日本製鉄(株) により木炭銑鉄を製造するため開発に着手し、その鉄鉱石をTaiping市の小型溶鉱炉に供給したことがある。1953年現地会社が出鉱を開始し、その後多数の鉱業会社が設立され鉄鉱石ブームを招来した。鉄鉱石の大部分は日本に輸出された。

Ipoh地区には多数の鉄鉱床があり、11社によって19カ所が開発されたが、その多くは全鉱量を掘り尽くし、1966年時点で3会社により4カ所のみ稼行され、他に軍用地内1カ所は未開発のまま残されている(図Ⅲ-15)。

地質は、盆地の両側に分布する三畳紀～ジュラ紀の花崗岩に挟まれ、主として古生代の石灰岩を主とする堆積岩類よりなる。

鉄鉱床は石灰岩と花崗岩の反応により生成されたスカルン型鉱床である。初生鉱床は石灰岩中で極めて不規則な形状を呈する鉱脈状、鉱嚢状、樹枝状または鉱染状をなし、石灰岩中の裂罅、成層面等の弱線に沿って生成したもので、その規模は極めて不同である。二次鉱床は石灰岩中および山麓部にあり、初生鉱床に由来する転石鉱床と流水により運搬堆積された沖積鉱床、さらにこれらの中間性のものがある。

初生鉱床の鉱石は軟質の鏡鉄鉱である。不純物は少ないが、しばしば石灰岩の中石を伴い、採掘、運搬に際し粉化し易い欠点がある。転石の鉱石はその一部が硬質の赤鉄鉱に移化している。鉱石の品位は表Ⅲ-46に示すように極めて優良である。

表Ⅲ-46　Ipoh 地区鉱石品位（%）

Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P
63-67	0.5-2.0	1.5-4.0	±0.005	±0.04

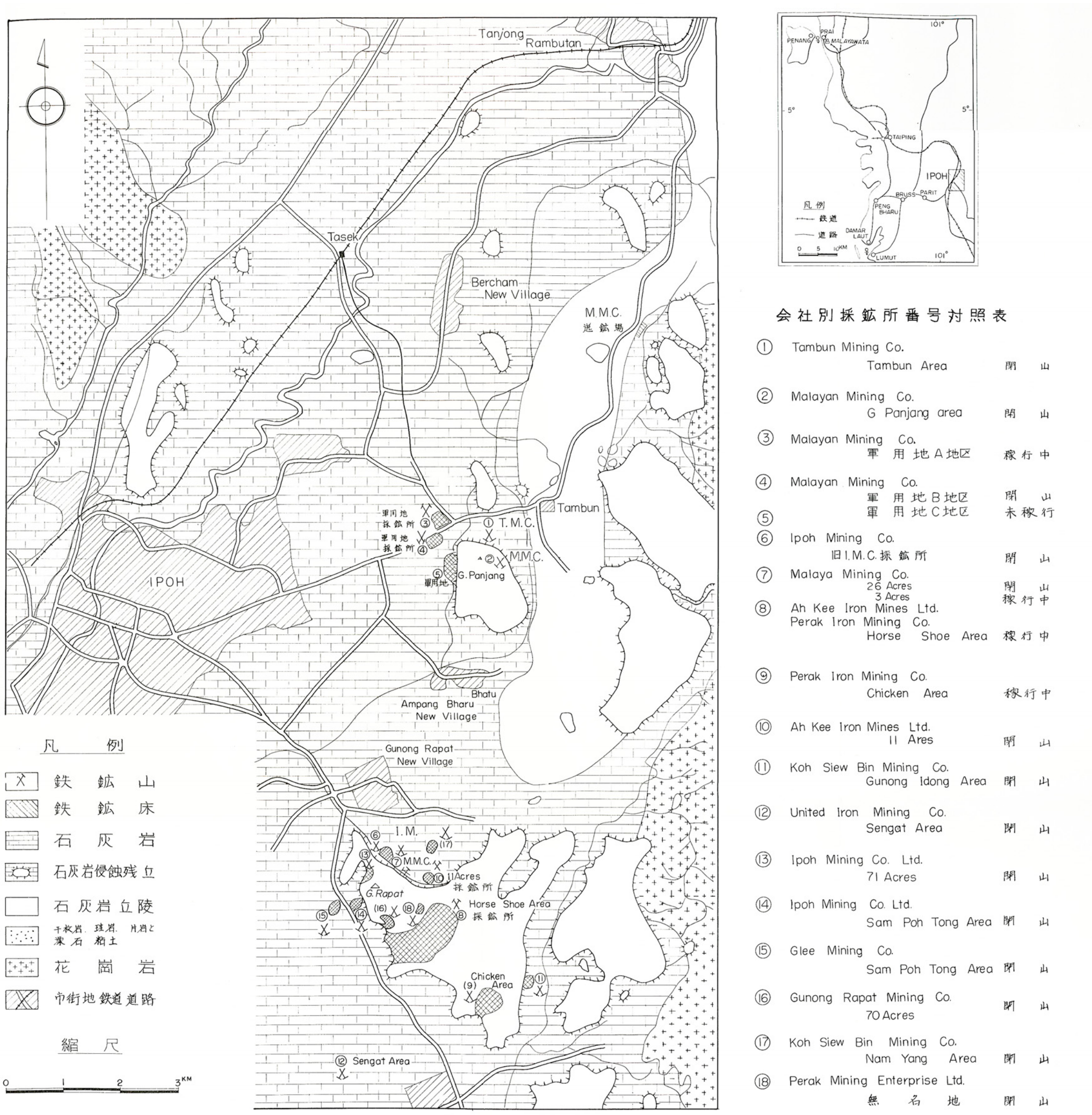
Ipoh地区の埋蔵鉱量は、1958年マラヤ鉄鉱山調査団の査定によると、+5,950,000トン（Fe63%）である。その後、毎年数10万トンづつを生産して閉山したものが多く、1966年時点で稼行されていたのは4鉱山のみであった。採掘は露天掘りである。

Ipoh鉱石を主体とするPerak州鉄鉱石の生産量は表Ⅲ-47の通りである。

表Ⅲ-47　Perak 州鉄鉱石の生産量　（トン）

年	生産量	年	生産量
1956	186.843	1961	1,946.674
1957	316.834	1962	1,305.901
1958	285.818	1963	682.173
1959	615.238	1964	503.432
1960	1,336.692	計	7,179.605

マレーシア政府



図Ⅲ-15　Ipoh 地区の地質鉱床と鉱山分布図（海外製鉄原料委員会,1966）[6]

八幡製鉄所受入鉱石の検収品位は表Ⅲ-48 の通りである。

表Ⅲ-48　Ipoh 産鉱石受入鉱石検収品位（%）

会社別	年度	Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	Cu	-10m/m
Malaya Mining Co.	1962	62.81	2.10	2.45	0.005	0.057	0.006	27
	1963	64.07	1.29	1.53	0.005	0.045	0.009	19
	1964	63.33	1.71	1.87	0.003	0.042	0.007	24
Federal Mining Co.	1962	65.86	0.49	2.46	0.011	0.035	0.007	34
	1963	66.11	0.38	2.43	0.005	0.033	0.007	33
	1964	63.06	1.04	3.?3	0.005	0.053	0.008	34

八幡製鉄所検定課

(12) Sungei Lam 鉱山

本鉱山は Perak 州 Ipoh 市の東北東約 7 マイルの Ulu Kinta にある。

1965 年現地資本が開発に着手し、12 月末出鉱を開始した。

輸入業者は安宅産業(株)であった。

地質は石灰岩、頁岩、砂岩と花崗岩よりなる。

鉱床は花崗岩帯の周辺にて、頁岩と石灰岩の境界に胚胎するスカルン型鉱床で、4 鉱体よりなる。地表部のものは二次性の転石鉱床であるが、試錐探査により地下深部に初生鉱床の潜在を確認した。

鉱石は主として赤鉄鉱であるが、磁鉄鉱および褐鉄鉱を伴っている。

探鉱当時の試料の分析結果によれば、Sungei Lam 鉱山鉱石の品位は表Ⅲ-49 の通りである。

表Ⅲ-49　Sungei Lam 鉱山鉱石の品位（%）

Fe	56-68	P	0.018-0.125
SiO_2	1.0-5.0	Cu	0.005-0.01
Al_2O_3	0.5-2.5	TiO_2	0.07-0.17
S	0.007-0.033		

安宅産業(株)によれば、埋蔵鉱量と品位は 4 鉱体合計で 250,000 トン、品位は Fe62%である。その内訳は、転石鉱床 3 鉱体で鉱量 97,000 トン、品位は Fe61.5%、初生鉱床 1 鉱体

で鉱量 153,000 トン、品位は Fe62.5%である。このほか、探鉱不十分な地区があり、鉱量の増加が期待される。

採掘は露天掘りである。

(13) Kedah 地区鉱床

Kedah 州 Sungei Patani 駅北西方 14km にある Jerai 山を中心としてその周辺に多数の鉄鉱山が分布する。

大戦中日南製鉄(株)は Sungei Batu において木炭製鉄の鉄源として小型溶鉱炉を築き、Bukit Tupah 鉱床を開発したが、出銑には至らなかった。

地区の諸鉱床の探査、開発には、三菱金属鉱業(株)、安宅産業(株)、古河鉱業(株)、(株)木下商店、江商(株)等が技術指導を行った。

輸入業者は、三菱商事(株)、安宅産業(株)、(株)木下商店、江商(株)、東通(株)であった。

地質は三畳紀の砂岩、頁岩とそれらに貫入した花崗岩よりなる。

鉱床はスカルン型である。鉱床はレンズ状の初生鉱床と転石鉱床よりなる。転石鉱床の厚さは 1～7m である。鉱床は Jerai 山の周辺にて標高 500 フィートの等高線付近に分布する。主要鉱床は同山の東南から西南方までの間にあり、その範囲幅 3km、延長 13km に及んでいる。

初生鉱床の鉱石は磁鉄鉱で緻密堅固であり、磁性が著しく強く、Fe59～60%の品位を有する。しかし大部分の鉱石は赤鉄鉱に移化し、且つラテライトが混入するため転石鉱床の粗鉱の品位は Fe50～53%に低下している。当地方の東部地帯にはかなりの埋蔵量を有する鉱床が存在するが、As の含有量が高いため未だ開発されていないものがある。

1958 年マラヤ鉄鉱山調査団等の資料によれば、本地区の埋蔵量は 150～220 万トンである。その後新規に発見されたものもあるが、多年に亘り採掘出荷して閉山したものが多く、1966 当時の残存鉱量は僅少となっている。

採掘は露天掘りである。

Kedah 州の鉱石は殆ど本地域のみにて産出しているが、マレーシア政府の資料によれば、Kedah 州の鉄鉱石の産額は、1956～1965 年の 10 年間で合計 2,235,367 トンである。

八幡製鉄所受入鉱石の品位は表Ⅲ-50 の通りである。

表Ⅲ-50　Kedah 州鉱石検収品位（%）

輸入業者	年度	Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	Cu	-10m/m
安宅	1962	58.56	4.72	4.02	0.025	0.062	0.020	14
	1963	57.82	4.71	4.08	0.032	0.072	0.039	13
	1964	57.11	5.83	4.41	0.030	0.082	0.025	18
江商	1962	56.84	5.60	5.68	0.042	0.142	0.012	11
	1963	57.45	6.03	4.96	0.033	0.088	0.012	15
	1964	56.01	8.78	5.17	0.067	0.062	････	21
三菱	1962	55.82	5.93	5.46	0.044	0.130	0.016	9
	1963	56.21	7.13	5.52	0.038	0.092	0.014	17

八幡製鉄所検収課

(14) Temagan 鉱山

Kelantan 州にある。

戦前日本鋼管系の会社が 80 万トンを出荷した。戦後鋼管鉱業(株)は英国人との合弁会社を組織し、技術指導を行った。

輸入業者は東京通商（株)であった。

鉱床はスカルン型鉱床と転石鉱床よりなる。

鉱石は褐鉄鉱と赤鉄鉱である。

精鉱品位は表Ⅲ-51 の通りである。

1956 年に開山し、1965 年に閉山した。

採掘は露天掘りであった。

生産量は 3,860,000 トンであった。

表Ⅲ-51　Temagan 鉱山精鉱品位（%）

	Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	Mn
塊鉱	55	5.5	1.7	0.02	0.04	1.8
粉鉱	52	7.5	3.0	0.03	0.05	3.2

(15) Kemaman 鉱山

Trengganu 州にある。

石原広一郎は 1925 年に開山し、終戦まで含 Mn 鉄鉱 39 万トンと鉄鉱石 180 万トンを産出

した。

輸入業者は（株）山本商店であった。

鉱床はスカルン型鉱床と転石鉱床よりなる。

鉱石は赤鉄鉱である。

精鉱品位は表Ⅲ-52 の通りである。

1960 年に開山し、1964 年に閉山した。

採掘法は露天掘りであった。

産額は 139,000 トンであった。

表Ⅲ-52　Kemaman 鉱山精鉱品位（%）

Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	Mn
54.0	4.5	3.5	･･･	0.08	2.5

(16) Kuantan 鉱山

Pahang 州にある。

日鉄鉱業(株)は 1959 年現地を調査し、開発計画の技術指導を行った。本鉱石中の Sn 分の高いものを台湾へ輸出した。

輸入業者は三井物産（株）と（株）山本商店であった。

鉱床はスカルン型鉱床と転石鉱床よりなる。

鉱石は磁鉄鉱と赤鉄鉱である。

精鉱品位は表Ⅲ-53 の通りである。

1961 年に開山し、1964 年に閉山した。

採掘法は露天掘りであった。

産額は 108,000 トンであった。

表Ⅲ-53　Kuantan 鉱山精鉱品位（%）

Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	Cu
61.5	1.5	4.5	0.04	0.03	0.03

(17) Pontian 鉱山

Pahang 州にある。

岩井産業(株)と日本鉱業（株）は日馬合弁会社を設立し、日本鉱業は技術指導を行った。

輸入業者は岩井産業(株)であった。

鉱床は転石鉱床である。

鉱石は赤鉄鉱と磁鉄鉱である。
精鉱品位は表Ⅲ-54 の通りである。
1961 年に開山し、1964 年に閉山した。
採掘法は露天掘りであった。
生産量は 368,000 トンであった。

表Ⅲ-54　Pontian 鉱山精鉱品位（%）

Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	Mn
60.5	1.3	5.0	0.03	0.12	1.5

(18) Segamat 鉱山
Johore 州にある。
輸入業者は東南貿易(株)であった。
閉山後その設備は、隣接する Buloh Kasap 鉱山へ移設した。
鉱床は転石鉱床である。
鉱石は赤鉄鉱と褐鉄鉱である。
精鉱品位は表Ⅲ-55 の通りである。
1963 年に開山し、1965 年に閉山した。
採掘法は露天掘りであった。
生産量は 360,000 トンであった。

表Ⅲ-55　Segamat 鉱山精鉱品位（%）

Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P
61.5	3.2	3.2	0.07	0.10

(19) Kpong 鉱山
Johore 州にある。
戦前三菱鉱業(株)と石原産業海運(株)は調査を行ったが、搬出不便のため開発に至らなかった。
輸入業者は東南貿易(株)、伊藤忠商事(株)、住友商事(株)であった。
鉱床はスカルン型鉱床と転石鉱床よりなる。
鉱石は赤鉄鉱と褐鉄鉱である。
精鉱品位は表Ⅲ-56 の通りである。
1958 年に開山し、1965 年に閉山した。

採掘法は露天掘りであった。

生産量は1,110,000トンであった。

表Ⅲ-56　Kepong鉱山精鉱品位（%）

Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	
58.5	4.7	4.7	0.02	0.15	

(20) Bunga Raya鉱山

Selangor州にある。

稼行業者は鋼管鉱業（株）との合弁会社である。閉山後その設備をSungei Gau鉱床に移行し、1966年現在開発工事中である。

輸入業者は東京通商(株)であった。

鉱床は転石鉱床よりなる。

鉱石は赤鉄鉱である。

精鉱品位は表Ⅲ-57の通りである。

1962年に開山し、1966年に閉山した。

採掘法は露天掘りであった。

生産量は460,000トンであった。

表Ⅲ-57　Bunga Raya鉱山精鉱品位（%）

Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	Mn
58.0	1.7	3.8	0.06	0.08	1.5

(21) Ulu Yam鉱山

Selangor州にある。

隣接鉱区に5-10万トンの埋蔵鉱量が見込まれる。

輸入業者は日綿実業(株)であった。

鉱床は転石鉱床よりなる。

鉱石は赤鉄鉱である。

精鉱品位は表Ⅲ-58の通りである。

1964年に開山し、1966年に閉山した。

採掘法は露天掘りであった。

産額は142,000トンであった。

表Ⅲ-58　Ulu Yam 鉱山精鉱品位（%）

Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	TiO_2
58.0	7.2	4.8	0.01	0.03	0.3

(22) Sungei Gau 鉱山

Pahang 州 Kuala Lipis の南方約 14 マイルに位置する。

1966 年鋼管鉱業(株)と中国人の合弁企業である Bunga Raya 社が開発に着手した。Bunga Raya 鉱山閉鎖後その設備をここに移設した。

付近の地質は三畳紀の珪岩、頁岩、石灰岩、石炭紀～三畳紀の火山岩類と、それらに貫入した花崗岩と石英斑岩よりなる。

初生鉱床はスカルン型で、採掘対象はそれに由来する転石鉱床である。

鉱石は主として褐鉄鉱であるが、赤鉄鉱も伴う。

鉄鉱床と表土の厚さはそれぞれ平均 12 フィート、2 フィートである。

ピットから採取した 5m/m 以上の水洗精鉱 150 試料の品位は表Ⅲ-59 の通りである。

表Ⅲ-59　Sungei Gau 鉱山精鉱品位（%）

Fe	Mn	SiO_2	Al_2O_3	As	S
56.36	1.68	3.75	3.06	0.004	0.036
Sn	CaO	MgO	Cu	P	TiO_2
0.013	0.167	0.077	0.0034	0.018	0.04

採掘法は露天掘りで、粗鉱生産約 3 万トン/月を計画している。

鋼管鉱業(株)の鉱量計算（1966 年 4 月）によれば、埋蔵鉱量（確定＋推定）は 1,480,576 トンで、可採精鉱量は 583,000 トンである。

(23) Kuala Lipis 鉱山

Pahang 州 Kuala Lipis 駅の西北方約 15 マイルに位置する。

1960 年発見された。1964 年まで日綿実業（株）が鉱業権者に協力して探鉱を行った。1965 年日鉄鉱業（株）の技術指導の下に開発に着手し、66 年秋出鉱開始の予定である。

図Ⅲ-16 に Kuala Lipis 地域の地質と鉱山の分布を示す。本地域には、Kuala Lipis 鉱山を含め 5 鉱山が分布する。

地質は三畳紀の珪岩、頁岩、石灰岩よりなる。遥か西方に花崗岩が分布する。

初生鉱床はスカルン型で、採掘対象はそれに由来する転石鉱床である。転石鉱床は E、W の 2 カ所に分布する。その範囲は E で 280m×80m、W で 500m×150m である。

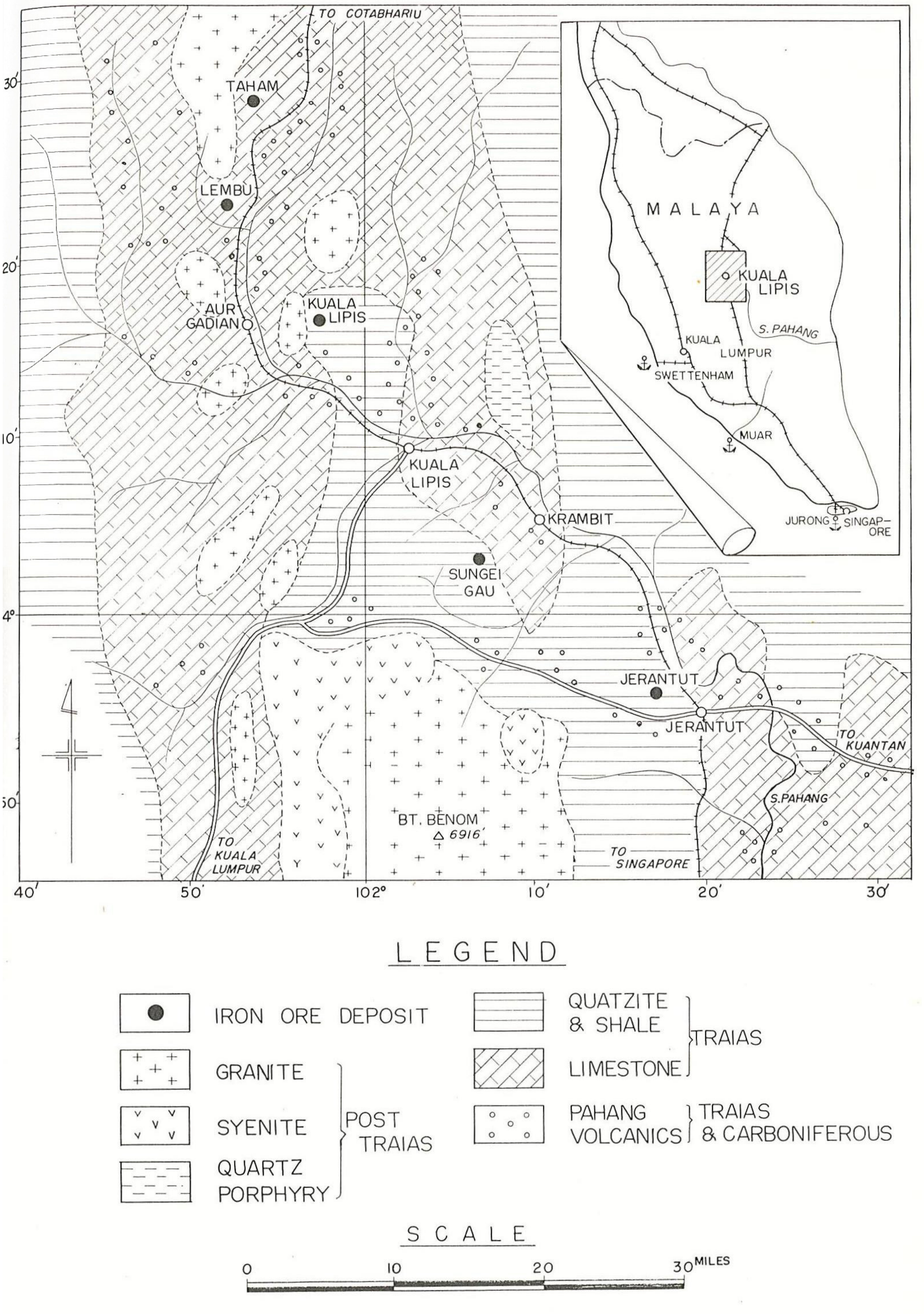
地表部の鉱石は硬質緻密な赤鉄鉱であるが、深部は磁鉄鉱よりなる。地表部の転石の水洗精鉱品位は表Ⅲ-60の通りで、余り不純物を含んでいない。

表Ⅲ-60　Kuala Lipis鉱山精鉱品位（%）

Fe	60-61	Cu	0.03-0.05
SiO_2	3-7	Sn	0.005-0.010
Al_2O_3	1-2	TiO_2	tr-0.02
P	0.01-0.02	As	tr
S	0.02-0.06		

日綿実業(株)の鉱量計算(1964年1月)によれば、採掘鉱量はE､W地区それぞれで1,170.804トン、737,997トン、合計1,908,801トンで、精鉱量は各々761,022トン、479,698トン、合計1,240,720トンである。

当時、採掘は露天掘りが予定されていた。粗鉱の日産目標は1,000トン、年間精鉱量は15～18万トンが見込まれていた。



図Ⅲ-16 Kuala Lipis 地域の地質と鉱山分布（海外製鉄原料委員会,1966）[6]

(24) Pelepa Kanan(Kota Tinggi)鉱山

Johore 州の東南部にあり、Singapore の北方に面する。

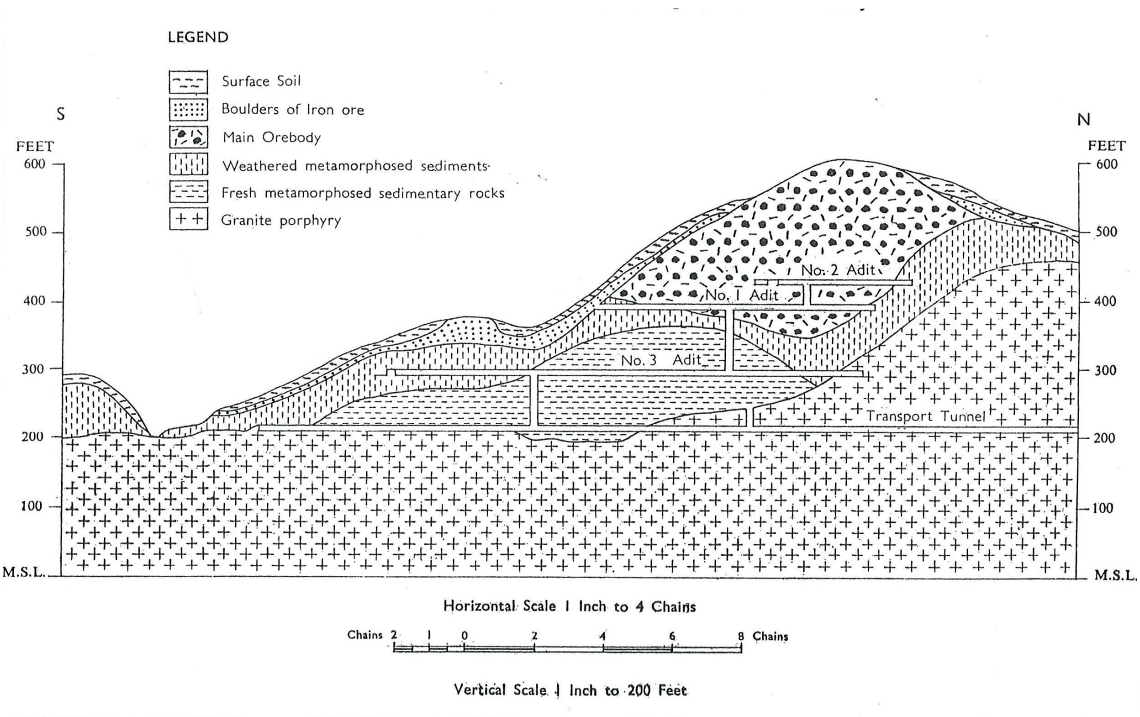
1933 年石原産業海運(株)が発見し探鉱坑道を含む調査を実施したが、鉄鉱石中の Sn 含

有量の高いこと、国際情勢の悪化等により 1940 年諸調査を停止した。

地質はジュラ紀のホルンフェルスとそれに貫入した花崗岩よりなる。

初生鉱床はスカルン型鉱床である。鉱床の地質断面を図Ⅲ-17 に示す。鉱床の規模は延長 380m、平均幅 240m、平均厚さ 10m である。鉄品位は 62%で極めて高いが、Sn 含有率が高いため未だ開発されていない。鉄鉱床の下盤にある頁岩中に、含 Sn 石英脈が発達している。本鉱床は鉱脈状、網状脈として賦存し、その一部は鉄鉱体中に貫入しているが、風化して砂錫となっているものもある。このため鉄鉱石は Sn で汚染されている。

鉱石は磁鉄鉱を主体とし、赤鉄鉱を伴う。鉄鉱石の品位は約 Fe60%である。試錐コアの分析結果によれば、weathered iron rich material および iron ore in situ のみの部分は、Sn の含有率は 0.03～0.04%に過ぎない。しかし鉄と Sn とが共存している所では、鉄分は 45%内外にして Sn 分は 1～1.5%に及んでいるので、鉄と Sn との関係を充分検討することが肝要である。



図Ⅲ-17　 Pelepa Kanan 鉱床の模式的断面図（Bean, 1969）[24]

検鏡結果、含有 Sn 分の単体分離は 400 メッシュ以下と考えられる。

1959 年現地を調査したマラヤ鉄鉱山調査団によれば、鉄鉱石の鉱量は 418 万トン、このうち鉄分 62%の高品位鉱を 6 割とすれば、その埋蔵鉱量は 250 万トンである。鉄錫重複鉱

[24] Bean, J.B.(1969)Iron-ore deposits of West Malaysia.Geological Survey West Malaysia. Economic Bulletin, 2, 193p.

の場合、weathered iron rich material 中南斜面における Sn 分の高いもの（Sn 0.5〜0.7%）の厚さを9〜10mとすれば、その埋蔵量は約11万トンであり、その平均品位はFe45%、Sn0.6%である。Sn 鉱石の場合、wathered and unweathered hornfels の平均厚さを 20m とすれば、埋蔵鉱量は約 28 万トンで、Sn の平均品位は 0.67%である。

(25) Pelepa Kiri 鉱山

Johore 州南東部 Kota Tinggi 市の西方約 7 マイルに位置する。

本鉱床は 1920 年ごろから知られており、1936 年石原産業海運(株)が探鉱調査を実施した。その後 1957 年 Schmit 技師が探鉱した。その埋蔵鉱量は 150 万トンと称されている。その鉄品位は 60〜68.5%に及んでいるが、錫含有率の高いものがあり、未だ開発されていない。

Bean (1969)によれば、本鉱床は Pelapah Kanan 鉱床の南-南西 1.5 マイルに位置する。鉱床は変堆積岩上に賦存する転石鉱床である。鉱石はマータイト化した磁鉄鉱、マータイト、褐鉄鉱よりなる。 Pelapah Kanan 鉱床と同様 Sn を伴い、50 個の水洗鉱の平均品位は Fe60.7%、Sn0.13%である。この他 P と As をそれぞれ 0.1%程度伴う。

4 最近の鉄鉱業の状況

(1) 最近の鉄鉱業の状況

本項は MGDN(2008)[25]に基づく。2000 年以降鉄鉱石価格（表Ⅲ-61）の急上昇を受けて、マレーシアでも 2006 年を除いて鉄鉱石の生産が増加した(表Ⅲ-62)。2007 年 14 鉱山が生産を行った。その内訳は、Pahang 州で 8 鉱山、Johor 州で 4 鉱山、Perak 州および Terengganu 州でそれぞれ 1 鉱山であった。

2007 年の生産は 802,030 トン（表Ⅲ-63）で、2006 年 667,082 トンより 20%増加した。生産された鉱石の大部分は低品位鉱で、主として石油産業のパイプのコーティングに使用され、このほか少量が地元のセメント工場と輸出に向けられた。2007 年 557,552 トンの鉄鉱石が主として中国に、少量が日本と香港に輸出された（表Ⅲ-64)。

地元の鉄鋼業の必要とする鉄鋼原料は、主として塊鉱、スクラップ、ペレットとして全量輸入による。なお、マレーシアの鉄鋼業にとって鉄と鉄スクラップは主要な鉄源である。毎年約 300 万トンのスクラップが輸入されている。現在、マレーシアには DRI、HBI、ビレット、スラブの半製品工場が 6 ヶ所ある。

2007 年約 250 万トンの鉄鉱石が輸入された（表Ⅲ-65)。主要な輸入国はブラジル、チリとメキシコであった。さらに、約 885 万トンの廃材とスクラップ、約 52 万トンの銑鉄、約

[25] MGDM(2008)Malaysia Mineral Yearbook 2007.

65 万トンの合金鉄が輸入された。

表Ⅲ-61　鉄鉱石の平均価格（1998 年-2007 年）（単位 USCents/Fe Unit）

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
価格	29.69	26.96	27.67	28.92	28.62	31.04	36.45	62.51	74.39	81.46

MGDM(2008)[25]

表Ⅲ-62　マレーシアの過去の鉄鉱石生産（トン）

年	1998	1999	2000	2001	2002
産額	376,009	337,462	258,573	376,476	404,350
年	2003	2004	2005	2006	2007
産額	596,612	663,732	949,605	667,082	802,030

MGDM(2008)[25]

表Ⅲ-63　マレーシアの鉄鉱石生産（2004 年-2007 年）

州	2004		2005		2006		2007	
	トン	鉱山	トン	鉱山	トン	鉱山	トン	鉱山
Pahang	313,822	4	415,338	5	320,260	5	508,886	8
Perak	136,000	1	85,000	1	83,000	1	110,000	1
Terengganu	196,910	2	218,400	2	143,145	1	100,692	1
Johor	17,000	1	230,867	2	120,677	4	82,452	4
計	663,732	8	949,605	10	667,082	11	802,030	14

MGDM(2008)[25]

表Ⅲ-64　マレーシアの鉄鉱石輸出

輸出先	2005	2006	2007
	トン	トン	トン
中　国	251,225	159,139	547,457
日　本	–	–	24,000
香　港	–	–	9,783
台　湾	2,000	45,556	–
アラブ首長国連合	–	2	–
その他	–	–	–
計	253,225	204,697	547,552

MGDM(2008)[25]

表Ⅲ-65　マレーシアの鉄鉱石輸入

輸入先	2005	2006	2007
	トン	トン	トン
ブラジル	945,452	648,811	1,230,688
チ　リ	411,778	589,922	541,982
メキシコ	–	213,814	351,911
バーレン	391,537	662,031	258,504
ギリシャ	–	–	69,446
その他	142,326	30,982	583
計	1,891,091	2,145,560	2,453,114

MGDM(2008)[25]

(2) マレーシアの地域別鉄鉱石の再評価

マレーシア政府の鉄鉱石の再評価を以下に示す。これは同政府の内部資料に基づいている。

探鉱に値するポテンシャルのある州は、Pahang、Selangor、Negeri Sembilan、Terengganu、Johor の各州である。

① Pahang 州

Pahang 州における鉱山活動は 1961 年に始まり 1980 年まで行われた。それ以降鉱山活動は行われていない。大部分の鉱山は Pahang の南部、Lipis と Jerantut 地域に位置する。

Pahang 州では表Ⅲ-66 に示す 5 鉱床が 100 万トン以上の鉱量を有するが、いずれも採掘

はされていない。

表Ⅲ-66　Pahang 州における 100 万トン以上の鉱量を有する鉱床

地域	鉱量/トン
Keratong	11,200,000
Ulu Romping	6,500,000
Batu Yon-1 (C-180)	2,800,000
Batu Yon-2 (C-184)	2,500,000
Batu Yon-3 (C-205)	1,583,890

MGDM 内部資料

Keraton 鉱床は、ピット 100 本と 5 万エーカーの範囲で実施した 45 本の試錐により赤鉄鉱、褐鉄鉱、マンガンからなる初生、二次鉱床であることが判明した。

Ulu Romping 鉱床ではピット探鉱が行われ、初生鉱床であることが分かった。

Batu Yon(C-180) 鉱床は、深度 13.5 フィートのピット 159 本が掘削されたが、その結果磁鉄鉱、赤鉄鉱、褐鉄鉱よりなる Fe64.9%の初生鉱床であることが判明した。

Batu Yon(C-184) 鉱床は同じく Batu Yon にあり、鏡鉄鉱、赤鉄鉱、磁鉄鉱よりなる転石および初生鉱床からなる。ピット 293 本、試錐 15 本の探鉱により、初生鉱床はスカルン型鉱床で、地下 200 フィートにあり、鉱量は約 160 万トンである。転石鉱床の厚さは 12 フィートで、その鉱量は約 90 万トンである。

Batu Yon(C-205) 鉱床は 2,000 エーカーの範囲にある。平均 30 フィートのピット 58 本の探鉱を行った結果、鉱石は磁鉄鉱と赤鉄鉱よりなり、平均 11 フィートの厚さを持つ転石鉱床であることが判明した。

これらの鉱床の他、試錐探鉱を含む探鉱の結果、10 万トン以上の鉱量を有する鉱床が 14 箇所以上で発見されている。

結論として、Pahang 州の鉱量を評定すると、約 19,004,433 トン(Fe55-60%)の鉱量が存在する。

② Selangor 州

Selangor 州では、7 つの探鉱許可が認められた。そのうち 4 つは詳細な探鉱が終了しているが、残りは探鉱未完ないし経済的価値なしである。それらのうちの 2 箇所、Estet Wardieburn と Bukit Kapi は 1962-1965 年に操業され、587,989 トンの鉱石を出鉱した。10-50 万トンの鉱床が 6 箇所で発見されているが、いずれも未開発である。

③ Negeri Sembilan 州

数箇所でピットや地表調査が行われたが、開発されている鉱山はない。Fe55-59%で鉱量

10 万トン以上のものが 2 箇所で発見されている。

④ Johor 州

Johor 州は探鉱許可が最も多く認められている。1933 年から 1988 年まで 239 の探鉱許可がなされている。そのうち、24 が出鉱した。239 の探鉱許可のうち、僅か 52 が精査を行ったが、残りは経済的価値がないかあるいは精査は実施されていない。Muar 地域には 53%に相当する最も多くの探鉱許可が認可されている。

10 万トン以上の鉱量を有する鉱床が 50 箇所で報告されている。これらのうち、表Ⅲ-67 に示す 9 箇所は 100 万トン以上の鉱量を有する。

Johor 州において、品位は様々であるが、未開発で更なる調査を必要とする鉄鉱石の鉱量は約 32,376,353 トンに達する。

表Ⅲ-67　Johor 州における 100 万トン以上の鉱量を有する鉱床

	鉱床・位置	Fe%	鉱量トン	鉱物
1	Lenga, Muar	-	1,620,000	-
2	Jorak, Muar	-	1,620,888	-
3	Sungai Sayong, Batu Pahat	63.6	3,110,000	赤鉄鉱
4	Cha’ah Baru, Tanjung Penawar	55	1,653,853	-
5	Ulu Sedili Besar	68	1,016,400	
6	Bukit Twatau, Tanjung Penawar	61.3	5,157,020	
7	Bukit Sambang	67.5	1,760,000	褐鉄鉱、磁鉄鉱
8	Hutan Simbang Panti	60	1,532,000	
9	Layang-Layang	56	1,500,000	

MGDM 内部資料

⑤ Terengganu 州

34 箇所の探鉱許可が認められている。このうち、2 箇所、Bukit Besi と Machang Setahun は開発されたが、それぞれ 1965 年、1963 年に閉山した。これ以降 Terengganu 州では開発されたものはない。Machang Setahun は 1925 年開山され、1963 年に閉山した。鉄鉱石を約 1,680,661 トン、Mn 鉱石を 324,502 トン出鉱した。品位は Fe15-20%、Mn10-20%であった。Bukit Besi は 1930 年開山され、1965 年閉山した。約 35,919,261 トンの鉱石を出鉱した。その品位は Fe58-62%であった。

試錐や地表調査で探鉱され、10 万トン以上の鉱量を有する鉱床は 6 鉱床あり、それらの鉱量は 3,046,409 トンである。

⑥ Kelantan 州

Kelantan 州における鉱床は比較的小規模である。6 箇所が探鉱されたが、開発されたのは Temangan の 1 鉱山である。

⑦ 全土

マレーシアの鉄鉱石の鉱量は全土で、55,569,902 トンあり、そのうち Pahang だけで Fe55-66％のものが 19,004,433 トン計上されている。

Ⅲ-1-3 インドネシア

1 インドネシアの地質鉱床

本項は、主に金属鉱業事業団(1991)[26]を参考としてとりまとめた。

インドネシア地域は、巨大な大陸と大洋のいくつかが集まった接点となっており、地質構造は極めて複雑である。基本的には、ユーラシアプレートの南東部に対して、東から太平洋プレートが西北西方向に沈み込んでおり、さらに南からはインド洋プートとオーストラリアプレートが共に北方向へ沈み込む構造となっている（図Ⅲ-18)。これらの巨大なプレートの接点には、多数の小プレートが存在し、それらが互いに相対的な位置を変え、衝突したり沈み込んだりしている。

ユーラシアプレートの東南部は、スンダ卓状地またはスンダ陸棚とよばれ、スマトラ島東側・ジャワ島北側・カリマンタン西部の基盤となっている。これは図Ⅲ-18 でインドシナ半島へ続く大陸地殻として示されている。一方、オーストラリアプレートは、亜大陸ともよべる大島ニューギニア島に連続し、太平洋プレートと接している。この間をぬって、いくつかの構造帯が走っており、それぞれに特徴的な地質的様相を示している。インドネシアの地質構造区分については、いくつかの異なる見解があるが、構造運動、火成活動などを考慮し、鉱床区の観点から次の５つに分ける考え方がある。

1) マラヤ構造帯：マレー半島から西カリマンタン、バンカ島、ビリトン島などを含み、古生代末～中生代初期の堆積岩類と、これを貫く中生代の花崗岩類から構成される。この花崗岩はマレー半島で錫鉱床と鉄鉱床を、インドネシアで錫鉱床をもたらしている。

2) スマトラ構造帯：マラヤ構造帯を取り巻く形で、スマトラ島の大半からジャワ島北側・カリマンタン東南部～東部にいたる地域で、古生代～中生代の様々な岩石を基盤とし、白亜紀末～第三紀の堆積岩類・火山岩類などよりなる。この帯には、スマトラ島南東端とカリマンタン南東部のスカルン型鉄鉱床が含まれる。

3) スンダ構造帯：スマトラ構造帯のさらに外側を走る構造帯で、スマトラ島の西海岸からジャワ島南側を通り、小スンダ列島から北転してスラウェシ島の南西から北（ミナハサ

---

[26] 金属鉱業事業団(1991)平成 2 年度地質解析委員会報告書「東南アジア・オセアニア島嶼地域の地質と鉱物資源」. p.119-122.

半島）へと抜けている。前二者の構造帯が、スンダ陸棚上あるいはその近辺の比較的安定した構造を持つのに対し、この構造帯はインドネシア地域で最も激しい変動を受けている主弧である。この帯は、金や斑岩銅鉱床などを胚胎し、インドネシアにおける重要な鉱床帯となっている。

4）マルク構造帯：スンダ構造帯のさらに南側および東側を取り巻く形で分布する外弧で、スマトラ島沖の大スンダ列島からチモール島、タンニバル島、セラム島、スラウェシ島東部を通ってタラウド島に至る構造帯である。この弧には活火山がないこと、超塩基性岩の比率が高いことから、前述の主弧とは異なっている。

5）イリヤン・ジャヤ構造帯：ニューギニア島の西半分を占めるイリヤン・ジャヤは、前述のようにオーストラリアプレートに属し、サフール大陸棚とよばれるプレートの張り出しの北端に位置する。東西に走る北部山脈と中央山脈および南部地域に三大別できる。本構造帯には Cu、Au を主体とするスカルン型鉱床や斑岩銅鉱床があり、磁鉄鉱を随伴している。

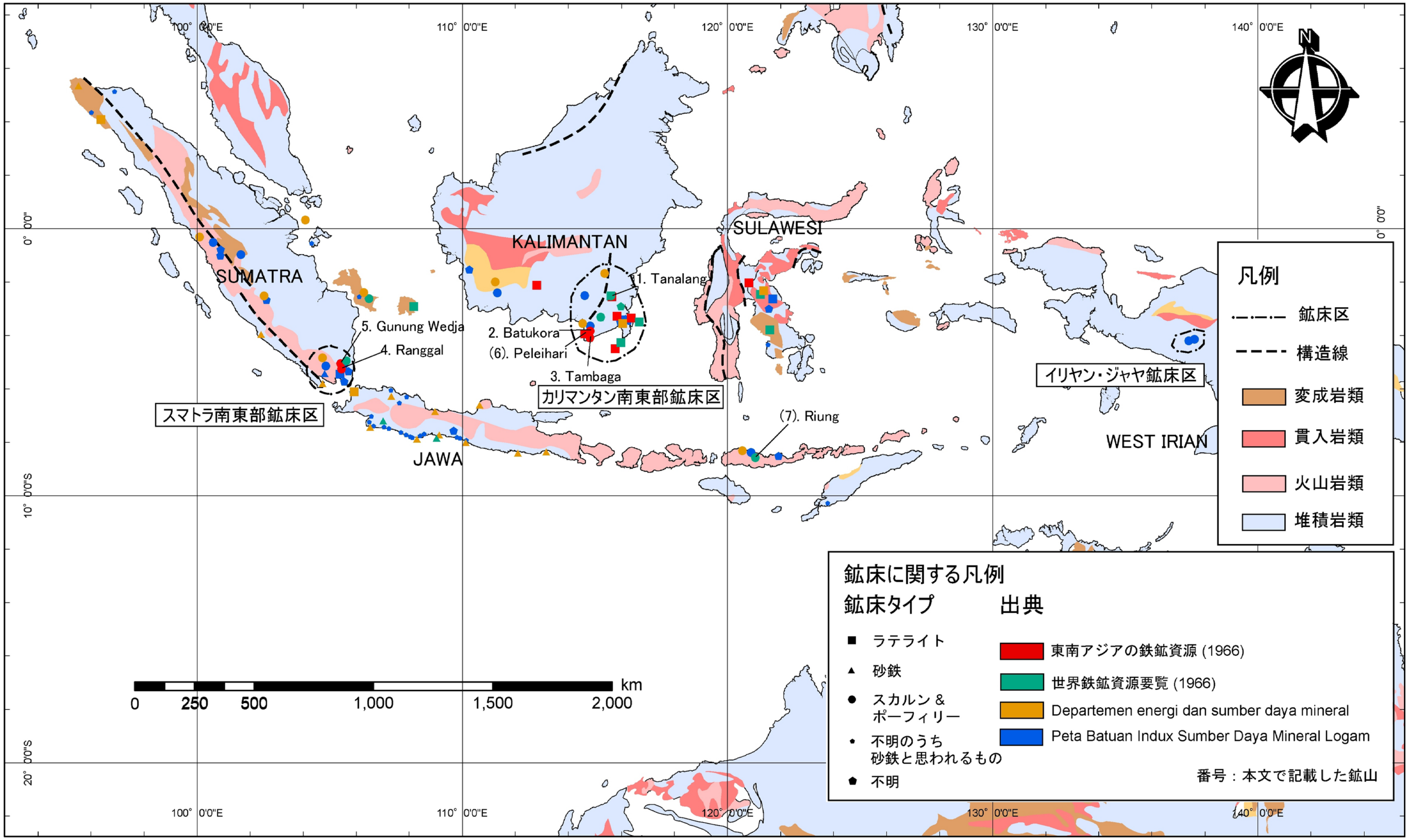
2 インドネシアの鉄鉱床概説

　鉄鉱資源はスカルン型、ラテライトと砂鉄の各鉱床よりなるが、本報告書ではラテライトと砂鉄の鉱床は除外してある。スカルン型鉱床は、カリマンタン島および スマトラ島にあるが、余り大きな鉱床は発見されていない。鉱石は赤鉄鉱と磁鉄鉱よりなり、Fe 品位は 55～65％である。図Ⅲ-19 にインドネシアにおける鉄鉱床の分布を示す。図Ⅲ-19 は、海外製鉄原料委員会(1966)、科学技術庁資源局(1966)等より取りまとめた。

インドネシアの鉄鉱床探査は殆どなされておらず、探査データは極めて少ない。
既存の限られた資料から判断すると、スカルン型鉱床は南カリマンタン州南東部とスマトラ島南東部に集中して分布している。これらは鉱床区をなしていると判断され、それぞれに南カリマンタン南東部鉱床区とスマトラ島南東部鉱床区として抽出した。このほか、正規の鉄鉱床ではないが、イリヤン・ジャヤにあるスカルン型銅鉱床（Erzberg 鉱山）は数％の磁鉄鉱を含有し、少なくとも 150 万トン程度の磁鉄鉱が期待される。この近傍のポーフィリー型銅鉱床（Grassberg 鉱山）も多量の磁鉄鉱を随伴している可能性が考えられる。これらの磁鉄鉱は将来回収される可能性が大きい。したがって未利用鉄資源ながら、イリヤン・ジャヤ鉱床区として取り上げる。

鉱床各論の主な引用文献は、海外製鉄原料委員会（1966）[6] ある。この他、HP の資料を用いて補足してある。

図Ⅲ-18　インドネシア周辺の地殻構造図（金属鉱業事業団，1991）[26]



図Ⅲ-19　インドネシアにおける鉄鉱床の分布

3 インドネシアの鉄鉱床各論

(1)Tanalalang 鉱床

カリマンタン島の Hulu Sungai 県 Paringin にある。

1944 日本人が鉱床を発見し、鉱量 2,000 万トン以上と称されたが、十分な調査は行われなかった。1957 年三井物産(株)と日鉄鉱業(株)、1959 日鉄鉱業(株)が調査を実施した。

地質は石炭の薄層を挟む第三紀層の砂岩、頁岩、石灰岩とそれらに貫入した閃緑岩類、斑レイ岩、閃緑玢岩よりなる。

鉱床はスカルン型鉱床で、以下の 2 鉱床よりなる。

①Tanalang 鉱床

地質平・断面図を図Ⅲ-20 に示す。初生鉱床は Gunong Hawuk 峰の北側にある独立峰（海抜 543m）の山頂にあり、扁平なるレンズ状をなす。その分布範囲は、140m×84m で、 厚さ 5～20m である。渓谷には二次性の転石鉱床がある。その分布範囲は 240m×180m である。

Tanalang 鉱床の鉱石 18 試料の品位は表Ⅲ-68 の通りである。

鉱量は本鉱体の確定＋推定の鉱量で 823,230 トン、転石鉱床で 93,540 トン、合計 916,770 トンである。

表Ⅲ-68　Tanalang 鉱床の鉱石の品位（%）

	Fe	SiO_2	Al_2O_3	S	P	Cu	Sn	Pb	Zn
最高	68.32	5.00	2.25	0.13	0.11	0.05	tr	なし	なし
最低	65.10	1.60	0.50	0.04	tr	tr	なし	なし	なし
平均	66.69	3.97	0.91	0.07	0.02	0.01	なし	なし	なし

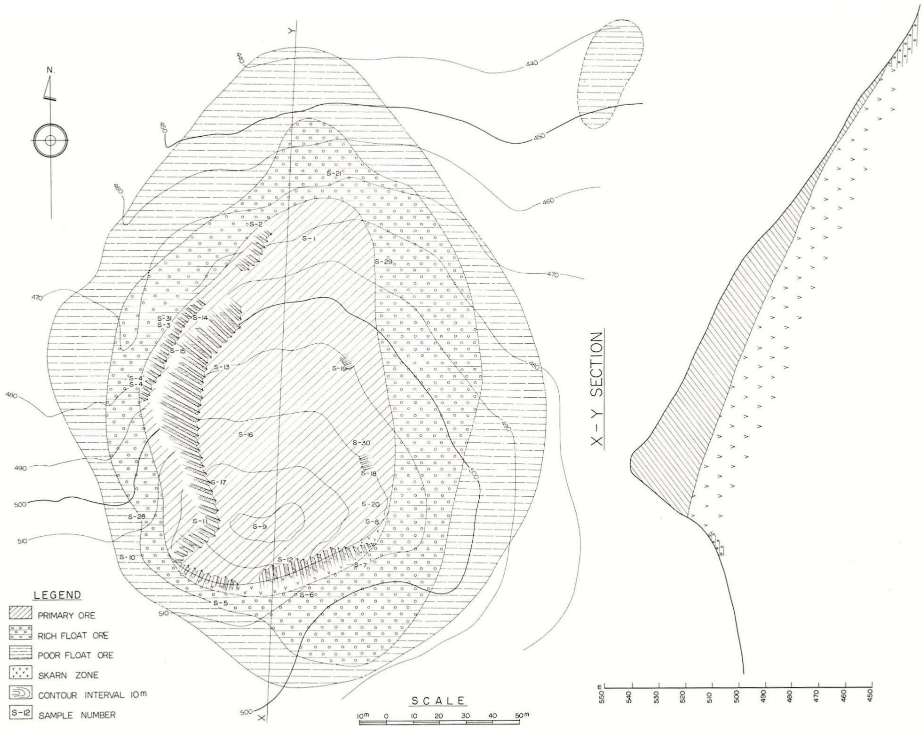
日鉄鉱業(株) (1959)

② Gunung Batuberani 鉱床

前鉱床から北方直距約 1,500m の地点にある。その本鉱体はすでに崩壊流出し、転石鉱床を残すのみである。転石の範囲は 18m×33m の小範囲に過ぎない。

初生の鉱石は磁鉄鉱であるが、次いで石英脈の貫入により雲母鉄鉱を晶出した。磁鉄鉱は風化作用によりマータイト化され、スカルンの一部と共に褐鉄鉱化している。

鉱石は概ね緻密な塊鉱である。地表部では Fe65%を確認できるが、鉱体の下部では 60～55%に低下するであろう。従って平均 Fe 分は 63～64%、SiO_2 は 5～6%であろう。不純物としては僅かに Cu 分を含むのみである。本鉱床の鉱量は転石鉱床のみであるため、鉱量を計上する程のものはない。



図Ⅲ-20　Tanalang 鉱床の地質平断面図（海外製鉄原料委員会, 1966）[6]

(2) Batu Kora (Pelaihari)鉱床

カリマンタン島の東南部 Banjdarmasin 州 Pelaihari の東方 8km に位置する。Pelaihari には、Batu Kora、Tambaga および Pulau Ulin の鉄鉱床がある。

これらに対し、1844 年から 1916 年にかけて数次に亘り蘭印政府等により調査された。1943 年日鉄鉱業(株)が地質鉱床調査を実施し、日本製鉄(株)は Batu (Batoe) Kora 鉱山を開発し、Pelaihari にて木炭溶鉱炉日産 2 トン炉 2 基、8 トン 1 基を操業し、木炭製鉄を行った。

地質は中生代の頁岩、石灰岩とそれらに貫入する石英閃緑岩と玢岩よりなる。

鉱床はスカルン型鉱床に由来する二次性転石鉱床である。

鉱石は磁鉄鉱を含む赤鉄鉱で、平均品位は大塊で Fe62％、小塊で約 Fe60％である。

転石鉱床の推定可採鉱量は 165,000 トンである。

諸資料によると、カリマンタン島の鉄鉱床は、南カリマンタン州に集中しているが、僅かながら中央カリマンタン州、西カリマンタン州にも分布している。南カリマンタン州には 15 の鉄鉱床が存在し、そのうち 12 は同州南東部の Tanal Laut に分布する。南カリマンタン州には概測鉱物資源量(measured ore, mineral resource)で 100 万トン以上の鉱量を有するものが 3 鉱床ある。各鉱床の資源量は、Tanalang 鉱床で 5,062,400 トン、Riampinang 鉱床で 1,326,300 トン、Patisan 鉱床で 1,149,200 トンである。Riampinang 鉱床、Patisan

鉱床に関する詳細は位置を含めて不明である。

(3) Tambaga 鉱床

カリマンタン島の東南部 Banjdjarmasin 州 Pelaihari の東方 8km に位置する。この鉱床について数次の調査が行われたことは Batu Kora 鉱床の項で述べた通りである。

地質は Batu Kora 鉱床と同様である。

初生鉱床はスカルン型と思われるが、確認されていない。鉱床は転石鉱床のみが見られる。

鉱石は磁鉄鉱を含む赤鉄鉱で、堅緻鉛灰色である。平均品位は大塊で約 Fe65%、小塊で Fe60%程度である。

転石鉱床の推定可採鉱量は 125,000 トンである。

採掘は容易に露天掘りできる。

(4) Ranggal(Lampong)鉱床

本鉱床はスマトラ島の東端の Ramatang にあり、Lampong 湾に面す。

本鉱床には古来土法製鉄を行った跡がある。1930 年オランダ人が Burhan にて木炭銑鉄 288 トンを生産した。戦前オランダ系企業が石原産業海運(株)と提携して開発を企てた。大戦中日本軍は現地製鉄を計画し、1944 年染谷二男が調査し、埋蔵鉱量 250 万トンに及ぶことを確認した。日窒鉱業(株)が小型溶鉱炉(日産 10 トン)1 基の建設に着手し、終戦当日火入れの予定であったが、実績を見ず放棄した。1953 年日鉄鉱業(株)が現地調査を行った。

地質は、硬砂岩、珪岩、礫岩、と花崗岩よりなる。

鉱床はスカルン型鉱床で、南北約 2km 離れて Pamatang Burhan 鉱床と Tandjong Senang 鉱床が分布する。図Ⅲ-21 および図Ⅲ-22 に両鉱床の地質平断面図を示す。

① Pamatang Burhan 鉱床

2 カ所に露頭がある。第 1 露頭は延長 250m 以上、幅 5-50m、第 2 露頭は延長 70m、幅約 8m である。鉱床は急傾斜をなす。

② Tandjong Senang 鉱床

露頭は尾根部に分布し、その全延長は 600m、幅は 4-7m である。

これらの鉱床の鉱石は、主として磁鉄鉱であるが、地表部のものは二次的生成の赤鉄鉱と褐鉄鉱を混じえている。硫化鉱物を含むが、その量は少ない。鉱石は粉化しやすい傾向にあり、粉率は 2～3 割に達すると思われる。

鉱石の品位は表Ⅲ-69 の通りである。

表Ⅲ-69　Ranggal 鉱床の鉱石の品位（%）

Fe	63-67	S	tr-0.35
Mn	0.1-0.2	P	0.1-0.15
SiO_2	3-8	Cu	±0.05
Al_2O_3	1-3	As	±0.01

1953 年日鉄鉱業(株)による鉱量計算によれば、Pamatang Burhan 鉱床と Tandjong Senang 鉱床の鉱量はそれぞれ 1,286,816 トン、1,129,634 トン、合計 2,416.450 トンである。本鉱床の全鉱量は約 240 万トンと査定されているが、鉱床は更に地下深く埋蔵するものと思われる。従ってその下部および延長方向について、調査を行うことにより、新たな鉱量の増加が見込まれる。

(5) Gunung Wedja 鉱床

本鉱床はスマトラ島の東端 Pandjang 港の西北西直距 54km に位置する。
本鉱床は戦前ドイツ人が探鉱調査し、大戦中日本人が探鉱した。トレンチとピットの跡がある。1953 年日鉄鉱業(株)が現地調査を行った。

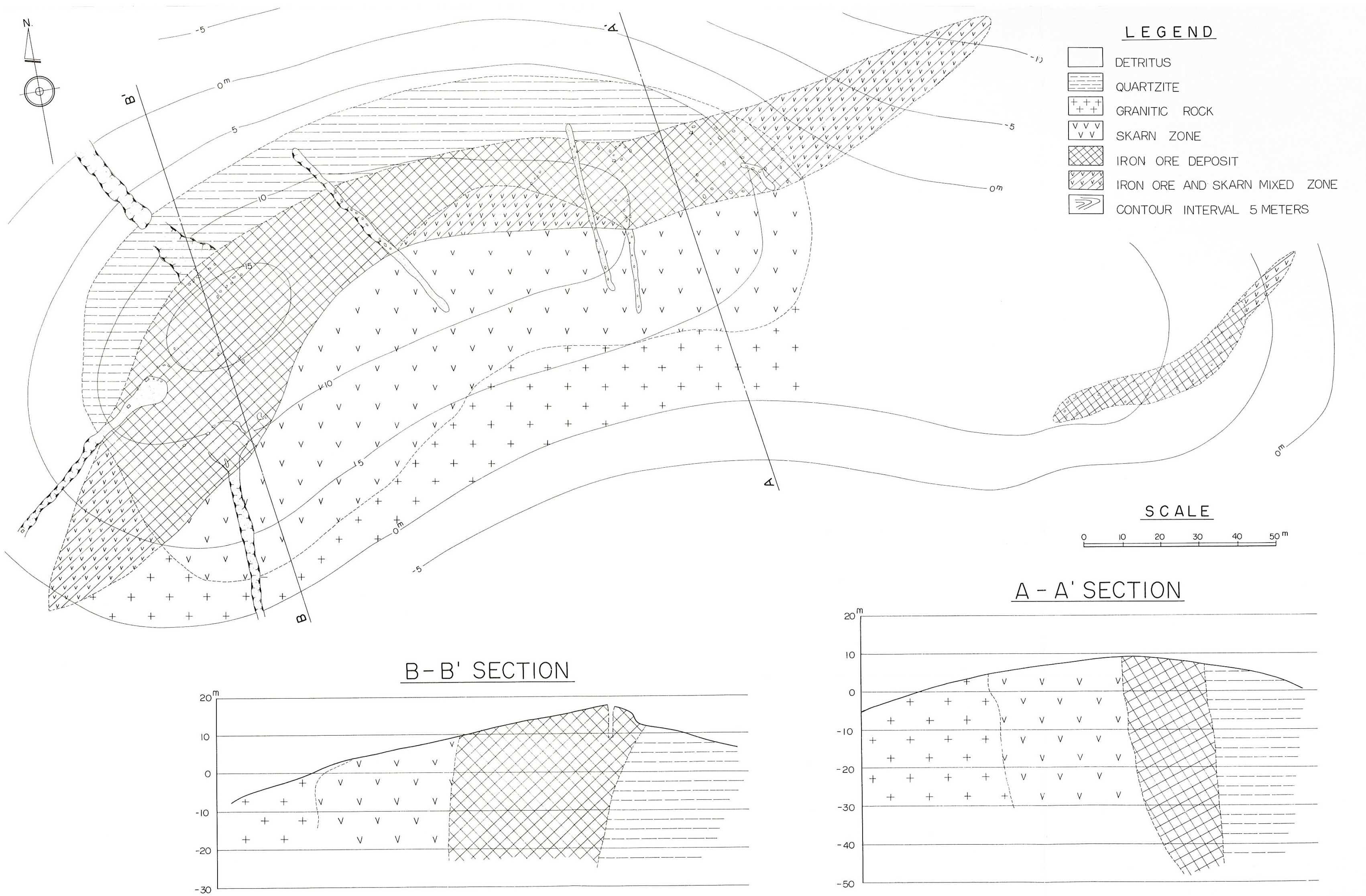
地質は、付近の河川に花崗岩の大塊を散見するのみで露出が殆ど無いため、不詳である。400m はなれて A、B 2 つの鉄鉱床の露頭がある。A 鉱体は富鉱のみにして、周辺のスカルン帯には貧鉱を含み、薄い表土で覆われている。B 鉱体は小露頭のみであり、その性状は A 鉱体に類似している。

鉱床は花崗岩の貫入によるスカルン型鉱床と推定される。

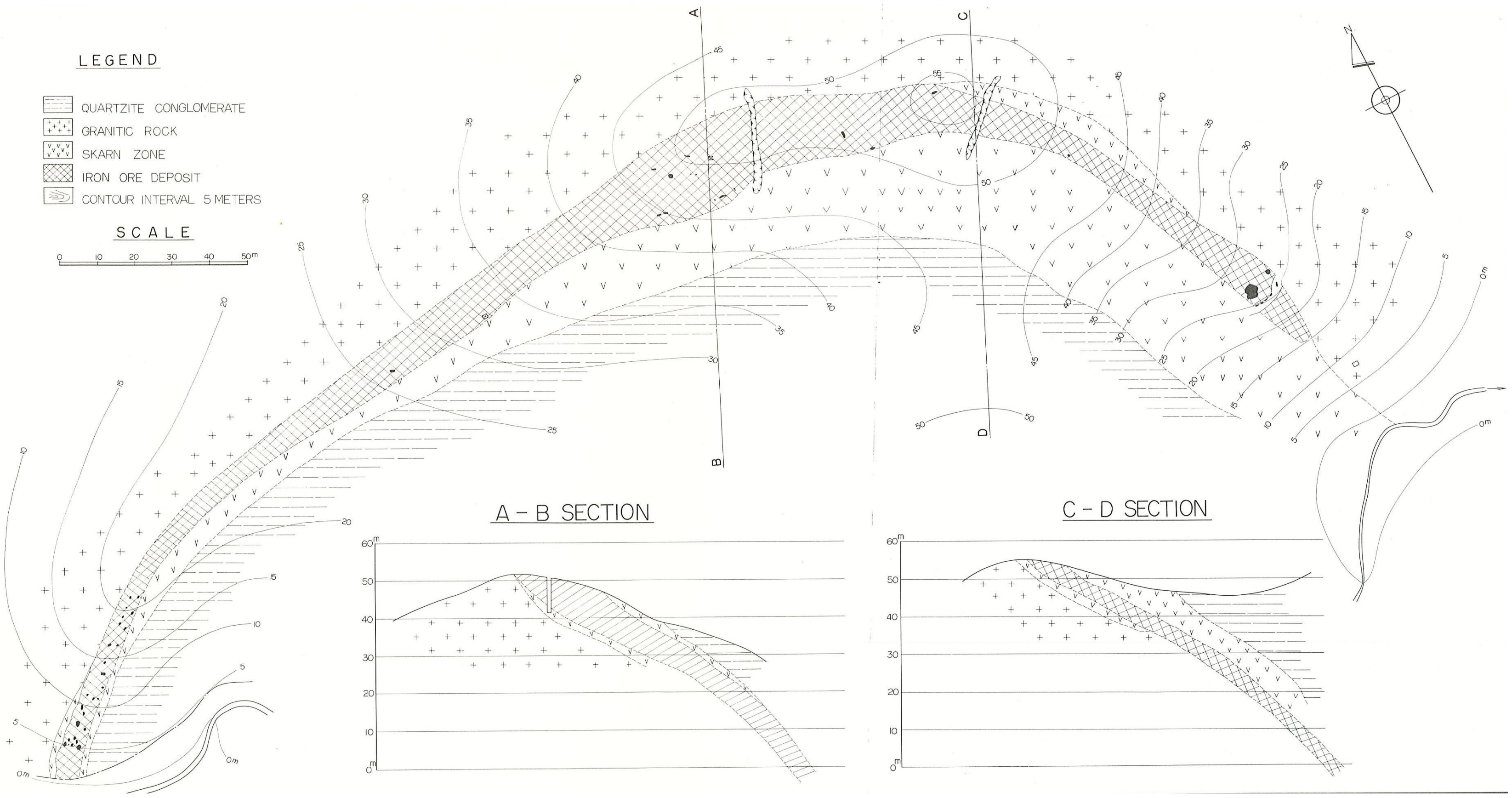
鉱石は主として磁鉄鉱であるが、赤鉄鉱と褐鉄鉱を混じえている。鉱石は緻密細粒で、A 鉱体の粗鉱は Fe60%であるが、B 鉱体は Fe55%位であろう。

1953 年日鉄鉱業(株)による推定鉱量は、A鉱体で 242,880 トン、B 鉱体で 49,700 トン、合計 292,580 トンである。

本鉱床は品質良好な磁鉄鉱を産し、地表調査による鉱量は約 29 万トンであるが、物理探査、試錐探鉱を行えば、鉱量は著しく増加する可能性がある。



図Ⅲ-21　Ranggal 鉱床群 Pamatang Burhan 鉱床地質平断面図（海外製鉄原料委員会，1966）[6]



図Ⅲ-22 Ranggal 鉱床群 Tandjoeng Senang 鉱床地質平断面図（海外製鉄原料委員会, 1966）[6]

Ⅲ-2　鉄鉱山･鉱床のインベントリー

ベトナム、マレーシアおよびインドネシアの鉄鉱床を対象に、各種資料からインベントリーを作成し、それぞれ巻末表2～4に示した。記載した項目は以下の通りである。

鉱床名、鉱業権所有者/操業者、地域名、座標系、地質、鉱化時期又は花崗岩の年代、鉱床タイプ、鉄鉱石の種類、Fe品位および不純物組成（Fe, SiO_2, Al_2O_3, P, S, Mn, Cu, Pb, Zn, As, Zn, TiO_2）、精鉱のサイズ、鉱量（確定、推定、予想）、生産開始年、閉山年、年間生産量、過去の生産量、採掘法（露天掘り/坑内掘り）、出荷先と出荷量、備考、引用資料。

鉱床の位置情報は既存の図面から読み取ったため精度にばらつきがある。殆どの場合、地質鉱床図に鉱床の記号が表示されていても鉱床名や鉱床の内容は不明であり、一方、鉱床名が分かっていても位置・座標不明であった。また、纏ったデータがあるのは「東南アジアの鉄鉱資源」のみであったが、位置・座標は不正確であった。「世界鉄鉱資源要覧」の位置･座標も不正確であった。マレーシアとベトナムに関して、比較的最近の地質鉱産図には多数の鉱床･鉱徴地が表示されており、位置･座標は正確と思われたが、名前をはじめとする鉱床情報は不明であった。同じ鉱床と思われるものでも、出典により位置・座標にばらつきが見られた。

インベントリーの番号は本文に記載した鉱床の番号および各国の鉄鉱石鉱床分布図の番号に合わせてある。一部の情報がインベントリーに記載されていて、座標をはじめとする十分な情報のないものは、本文、資源図とも記載あるいは表示していない。

Ⅲ-3 まとめ

今回収集出来た情報の解析から次のことが判明した。

1) 過去に生産もしくは現在生産中の鉄鉱床は、殆どが中小規模のスカルン型鉱床であり、今後発見が期待される鉱床についても、スカルン型もしくはIOCG型鉄鉱床と考えられる。一部のケースを除いて、鉄鉱床の探査は1960年代後半以降実施されていない。往時の探査は地表地質調査、ピット・トレンチ調査が主であり、物理探査や試錐調査は限られており、十分な探査が実施されたとは考えられず、未発見の鉱床が数多く潜在している可能性が十分考えられる。従って、近代的探査手法を適用することにより、新鉱床の発見、既知鉱床の鉱量の増加も期待できるものと思われる。
2) 鉱床タイプと周辺の地質から判断して、期待される鉱床規模は、5,000万トンを越えるものは少ないと思われる。
3) ベトナム、マレーシアおよびインドネシアには先カンブリア時代の地質体の分布はごく限られており、大規模な縞状鉄鉱床の存在する可能性はないと判断される。但し小規模な縞状鉄鉱床起源の変成鉱床の存在する可能性は残っている。
4) インドネシアのErzbergスカルン型銅鉱床やベトナムのSin QuyenIOCG型銅鉱床は数％

の磁鉄鉱を随伴し、その量は 100 万トン単位であるが、副産物として回収されるため一定期間に生産される量は限られる。磁鉄鉱は塊鉱ではなく、微粉砕されていること、さらに微量の不純分を含むなどの問題点があるが、銅精鉱の廃滓から磁選機で簡単に回収できるため低コストで回収できる。現在未利用（Sin Quyen 鉱床では一部磁鉄鉱を回収している。）の磁鉄鉱は貴重な副産物として活用すべきである。

5) 今回限られたデータを基に強引に鉱床区を推定した。その基礎資料の多くは、断片的な既存出版物から引用した。鉄鉱床ポテンシャルを評価するには、政府関係機関等に保管されている探査データを収集し解析することが必要である。なお、今回のベトナム、マレーシアでの経験からすると、鉱床情報は多くの場合本部より関係した地方の支所に保管されており、対象国 1 ヶ国に付き最低 1 月の滞在が必要であると思われる。

Ⅳ 鉄鋼産業の概要

本章では、ベトナム、マレーシアおよびインドネシアの鉄鋼産業の概要（鉄鋼業構造、生産状況、最近の大型投資案件動向）について紹介する。ベトナムについては川端(2005)[27]、マレーシアについては佐藤創(2008)[28]、インドネシアについては佐藤百合(2008)[29]を主に参考にした。

1 ベトナム

(1) 鉄鋼業構造と鉄鋼生産状況

ベトナムの鉄鋼業は、1960 年代に中国の技術により建設された Thai Nguyen のミニ高炉に始まり、川下の電気炉、圧延ミルが建設されたが国内市場は小さいものであった。市場経済移行後のベトナム鉄鋼業は、1990 年に設立された VSC（ベトナム鉄鋼公社）を中心として展開してきた。 我国も JICA が実施した「ヴィエトナム国市場経済化支援計画策定調査」およびそれに引続く VSC への JICA 専門家派遣を通して、ベトナム鉄鋼業の抱える課題解決に提言を行い、2001 年に VSC は 2010 年までのマスタープランを策定した。しかし、その後市場経済化が進み、2000 年以降生産性が高く競争力の有る外国資本の進出や国内民間企業が台頭してきており、国営企業としての VSC のあり方が問われている。

ベトナムの鉄鋼業は、このような経緯から VSC を中核として、VSC 傘下の国営企業、VSC またはその傘下の国営企業と外国資本とのジョイントベンチャー、独立民間企業に区分されている。VSC 傘下の国営企業はベトナムで唯一ミニ高炉を操業する TISCO(Thai Nguyen Iron Steel Corporation)、SSC(Southern Steel Corporation) 、Da Nang Steel Factory、Vinasteel など 20 社がある。ジョイントベンチャーは Vina Kyoei Steel（SSC:40, 共英製鋼：45、その他：15)、VSC-POSCO Steel（VSC：30.4、POSCO：35、その他：34.6)など 15 社がある。独立民間企業は Sun Steel （台湾・日本)、Cuu Long Vinashin Steel（ベトナム)、Hoa Phat Steel（ベトナム)、Pomihoa Steel（ベトナム）などで、電気炉、圧延ミル、カラー鋼板、鋼管プラントの操業を行っている。

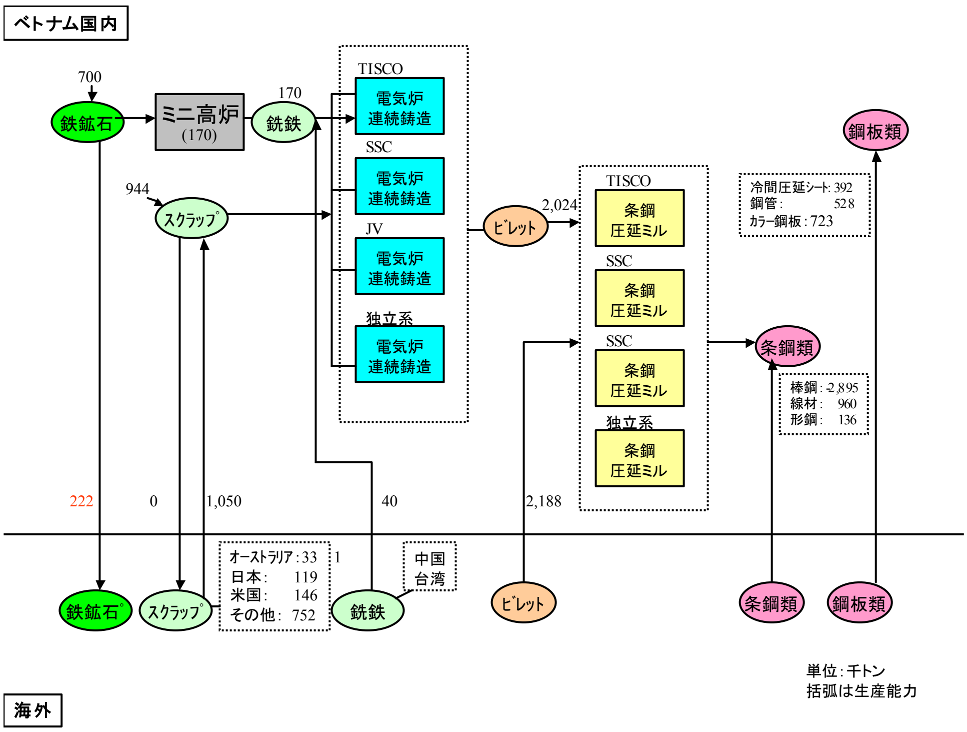
ベトナムの鉄鋼業は図Ⅳ-1 に示すように、国内産銑鉄＋輸入銑鉄および国内出鉄スクラップ＋輸入鉄スクラップを鉄源として粗鋼を生産しており、粗鋼は全てビレットに加工される。国内産ビレットと輸入ビレットを使って条鋼類を生産･加工し鋼材を生産している。一方、鋼板類は、輸入品を国内で加工して鋼材を生産する構造となっている。

銑鉄は TISCO が Thai Hguyen にミニ高炉 2 基（生産能力 170 千トン/年）を有し生産を行っており、2007 年には 170 千トンの銑鉄を生産、中国および台湾からの輸入銑鉄 40 千ト

---

[27] 川端望(2005)東アジア鉄鋼業の構造とダイナミズム.ミネルヴァ書房. 300p.
[28] 佐藤百合(2008)インドネシアの鉄鋼業. アジア経済研究所調査研究報告書. P.203-249.
[29] 佐藤創(2008)マレーシアの鉄鋼業. アジア経済研究所調査研究報告書. P.297-343.

ンを含めて鉄スクラップを除く 210 千トン余の鉄源を供給した。1998 年の銑鉄生産量 48 千トン、粗鋼生産量 306 千トンから、2005 年には銑鉄生産量 202 千トン、粗鋼生産量 890 千トンに、更に 2007 年には粗鋼生産量が 2,024 千トンとなり、鉄源としての鉄スクラップ需要が大幅に増加したことを示している（表Ⅳ-1）。



図Ⅳ-1　ベトナム鉄鋼業構造およびマテリアルフロー

条鋼類・鋼板類については中間製品および輸出入を省略し、鉄鋼最終製品とその量のみを示した。1:SEAISI 統計データ [30]

ベトナムではビレット輸入による条鋼圧延業が発達し、国内需要を上回る設備を持つが、国内粗鋼の供給が少なかった。2005 年のビレット国内生産量は 875 千トン、輸入は 2,158 千トンであったが、2007 年には 2,024 千トン、輸入は 2,186 千トンとなり、輸入量は変化してないが、国内生産が大幅に増加を示しており、輸入代替が進んでいる。

ベトナムの鉄鋼業のもう一つの特徴は、鋼板については条鋼類とは異なり、国内に圧延プラントである熱間ストリップ圧延機(HSM)が無い。2005 年に VSC 傘下の Phu My Flat Steel 社が Ba Ria-Vung Tau 省 Phu My において、ベトナムで最初となる冷間圧延プラント（CRM）2 基（250 千トン/年）の操業を開始した。それ以外は、輸入した冷延鋼板から亜鉛めっき、鋼板塗装などを、またホットコイルから溶接鋼管を製造している。最終鋼材は、条鋼類は、棒鋼：2,859 千トン、形鋼：136 千トン、線材：960 千トン、鋼板は、冷間圧延シート 392

千トン、鋼管：528 千トン、カラー鋼板：723 千トンを生産した[30]。

このようにベトナムの鉄鋼業は条鋼類の生産を中心として発達し、次第に川上と川下へ発展する流れを示している。川上における鉄源は高炉による銑鉄と国内出および輸入スクラップであるが、条鋼類の増産に伴い電気炉プラントへの投資が積極的に行われている。ベトナムでは高炉への志向が強く、後述する高炉建設計画はあるが国内の鉄鉱石の確保が進まず、中国製ミニ高炉での銑鉄生産能力の大幅な拡大は見込まれない。このことは近年鉄スクラップの輸入の増加に現れている。なお鉄スクラップの需給動向については別項で紹介する。

表Ⅳ-1　ベトナムの鉄鋼生産統計

項目		単位	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
鉱石	国内生産	千t	374	300	332	395	433	540	625	700	700	700
	輸入	千t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	輸出	千t	0	0	0	150	170	190	200	218	222	222
鉄源	国内生産	t	47,759	66,034	47,309	48,418	146,141	199,608	185,685	201,759	211,374	169,867
	銑鉄	t	47,759	66,034	47,309	48,418	146,141	199,608	185,685	201,759	211,374	169,867
	DRI	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	HBI	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	輸入	t	10,695	2,129	12,641	9,679	9,316	796	22,862	13,923	26,859	39,899
	銑鉄	t	10,695	2,129	12,641	9,679	9,316	796	22,862	13,923	26,859	39,899
	DRI	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	HBI	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	輸出	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	銑鉄	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DRI	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	HBI	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
鉄スクラップ	国内出	t	380,345	328,049	306,855	270,428	184,227	422,583	567,615	433,533	1,315,571	944,449
	輸入	t	45,823	128,679	176,175	257,019	261,389	221,839	163,009	260,879	514,412	1,050,362
	消費	t	426,168	456,728	483,030	527,447	445,616	644,423	730,624	694,412	1,829,983	1,995,664
	輸出	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ストック	t	0	0	0	0	0	0	0	0	−12,851	−853
粗鋼生産		t	306,256	308,305	305,881	318,780	408,565	544,200	688,596	889,773	1,400,000	2,024,000
ビレット	国内生産	t	164,574	248,100	250,710	247,276	315,532	438,645	675,000	875,000	140,000	2,024,000
	輸入	t	N.A.	N.A.	1,087,353	1,669,364	2,206,631	1,754,176	2,289,797	2,157,891	1,727,590	2,187,888
	輸出	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
スラブ	国内生産	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	輸入	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	輸出	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
最終鋼材生産		t	1,216,576	1,382,957	1,673,517	1,995,190	2,263,991	2,508,960	3,716,500	4,244,142	4,743,000	5,598,000
鋼材見掛消費		t	2,045,616	2,474,672	2,980,325	3,767,653	4,488,716	5,030,184	5,311,680	5,528,398	5,632,850	9,316,168
人口1人当り粗鋼消費		kg	0.0	29.7	34.1	46.3	59.3	57.9	64.1	60.8	60.7	114.9

鉱石および人口一人当たり粗鋼消費は IISI 統計データ[31]、それ以外は SEAISI 統計データ[30]

(2) 最近の大型投資案件動向

世界的な鉄鋼需要の高まりで、ベトナムにおいても海外企業による大型投資案件がスタートまたは検討されている。特に大型銑鋼一貫製鉄所と冷延分野に集中している。鉄源関連の投資計画を表Ⅳ-2 および図Ⅳ-2 に示す。

2007 年から中国雲南省の昆明鋼鉄集団とベトナム VSC、Lao Cai Minerals が Lao Cai 省 Quy Xa 鉄鉱山の操業を開始した。開発コストは 50 百万ドルと言われている。権益は昆明

[30] SEAISI Statistical Yearbook 2008 （以下「SEAISI 統計データ」と称する）
[31] IISI Steel Statistics Yearbook 2008（以下「IISI 統計データ」と称する）

鋼鉄集団：45％、VSC：45％、Lao Cai Minerals：10％で、150-300 万トン/年の鉄鉱石を生産する。鉄鉱石約100万トンは、トラックでハノイーラオカイ鉄道沿線駅まで運搬し、約300ｋｍ離れた昆明のHonge 製鉄所まで貨車で輸出され、一部ベトナム国内製鉄所に出荷されている。ベトナムは鉄鉱石輸出の見返りに、中国からコークスの供給を受けている。また3社はQuy Xa鉄鉱山の鉱石を用いてLao Cai省Boa Thang地区で1.52億ドルを投資して100万トン/年の高炉建設を計画している[32]。

ベトナム最大の鉄鉱床であるThach Khe鉄鉱床は、かつて日本企業も開発を検討したことがあるが、同鉱山は海岸沿いにありピット開削により海水が流入する恐れがあること、亜鉛の含有量が高いことから断念した。その後中国の Wuhan Iron and Steel、Kunming Iron and Steel、Baotou Iron and Steel Group など海外企業により開発が検討されたが躊躇されてきた。2007年ベトナム企業がTIC(VINACOMIN：30％、Vina Steel：20％、Ha Tinh Mining Trading Co. ：4％、Son Da Co.:5%、ベトナム開発銀行：5%)を設立、ライセンスを取り現在開発計画を策定中である[33]。また同社は、Ha Tinh 省ブンアン経済区において、2 百万トン/年の 能力を有する鉄鋼ミルを建設する計画で、現在政府内で手続きを行っている模様。計画が承認されれば 2009 年に建設を開始し、2011 年から生産を開始する予定である。第2期には更に4百万トンまで拡張する計画がある[34]。

2007年7月にはVSC、Essar、GERUCOのJVによる2百万トン/年の熱間圧延ミルの投資ライセンスが降りている[35]。

インドのTata SteelはVSCおよびVCC（ベトナムセメント公社）と共同で、ハノイの南約300ｋｍのHa Tinh省ブンアン経済区内に銑鋼一貫製鉄所を建設する計画を発表した。権益比率はTata Steel：65%、VSC：30%、VCC：5%。Tata Steelはタイに高炉を建設する計画もあったが、原料、燃料調達の優位性からベトナムを選定した。粗鋼生産能力は450万トン/年、投資額50億ドル。建設を3期に分け、冷延工場建設を先行させ2010年末までに建設する予定[36]。原料となる鉄鉱石1,000万トン/年をThach Khe鉱山から供給を受ける計画であった。詳細不明であるが、現状では、この計画は不可能との見方を明らかにしている。

台湾の台塑集団（Formosa Plastic Group）は、2008年7月ベトナム中部Ha Tinh省ブンアン経済区で銑鋼一貫製鉄所建設に着工した。第1期は生産能力は750万トン/年、投資額は80億ドル、第2期は生産能力を倍増させる。鉄鉱石は、ブラジルのValeとオーストラリアのBHP Billitonから供給を受けるが、将来的にはThach Khe鉄鉱山の鉄鉱石も利用

---

[32] 2008年4月28日付けIntellasia Net.
[33] 2009年2月VSCヒアリング
[34] 2008年7月22日付けTrade link tradeing Co., Ltd
[35] SEASI(2008) Country Report
[36] 2008年8月15日付け日刊産業新聞

する計画、また海外からの鉄鉱石受け入れ用 30 万トン級鉱石運搬船用の深水港建設も含まれていると報じられている[37]。

台湾の Tycoon World Wide Sreel は Quang Ngai 省ズンクアット経済区で 10 億ドルをかけて 480 万トン/年の銑鋼一貫製鉄所およびビレット工場建設ライセンスを取得している。鉄鉱石は海外から手当てする計画、また火力発電所(1,450MW)の建設も計画されている[38]。

マレーシアの Lion Group は VINASHIN（ベトナム船舶工業総公社）と共同でベトナム南部の Ninh Thuan 省に粗鋼生産量 480 万トン、投資額 100 億ドルの銑鋼一貫製鉄所建設のための投資認可を得ている[39]。

韓国 POSCO も銑鋼一貫製鉄所建設を目指しており、2007 年 8 月ベトナム中南部の Khanh Hoa 省バンフォン湾ホンゴム半島において、VINASHIN（ベトナム船舶工業総公社）と共同で 115 億ドルを投じて 800 万トン/年の銑鋼一貫製鉄所の建設計画を発表していたが、景勝地に近いことやベトナム政府が計画しているコンテナターミナル拡張への影響や環境破壊の懸念から、2008 年 11 月ベトナム政府はこの申請を却下した[40]。POSCO はまた南部のブンタウ地区に冷延鋼板プラント（1.2 百万トン/年）および熱圧延プラント（3 百万トン）を建設中で、製鉄所が完成すれば銑鋼一貫製鉄から加工部門までベトナム国内で行うことが出来ることになっていた。

新日鉄は、POSCO がベトナム南部 Ba Ria Vung Tau 省で操業を開始する予定の上記冷延鋼板プロジェクトに 15%（3,700 万ドル）出資することで合意した。生産能力は 120 万トン/年で 2009 年 9 月から操業を開始する予定である[41]。

ベトナム政府は、JFE スチールによるベトナム中南部 Quang Ngai 省ズンクアット経済区での生産能力 600-1,000 万トン/年、投資額約 50 億ドルの銑鋼一貫製鉄所建設計に係わる F/S の実施を承認した[42]。

ベトナム北部において、神戸製鋼所と双日が低品位鉄鉱石と一般炭を用いた第 3 世代製鉄法と称される還元製鉄法「ITmk3」の建設計画を有していると報道されている[43]。それによると、約 2 億ドルを投資してアイアンナゲット 50 万トン/年を生産し、ベトナム国内および日本に出荷するとのことである。

国内企業である Hoa Phat Steel、Dinh Vu Steel および Van Loi Haiphong Iron & Steel はそれぞれ、370m^3、230m^3、230m^3 のミニ高炉を建設中、また TISCO はミニ高炉の容積を 500m^3

---

[37] 2008 年 7 月 7 日付け Nikkei Times Clip サービス
[38] 2009 年 2 月 VSA ヒアリング
[39] 2008 年 9 月 21 日付け Nikkei Net
[40] 2008 年 11 月 13 日付けベトナム日刊ニュース、2009 年 2 月 VSA ヒアリング
[41] 2009 年 1 月 21 日付け新日鉄プレスリリース
[42] 2008 年 11 月 28 日付けベトナム日刊ニュース
[43] 2007 年 11 月 30 日付け日刊産業新聞、2008 年 10 月 18 日付け日経新聞

に拡張する予定である[44]。

上記情報は、新聞・インターネット情報であり内容の信憑性が懸念されるが、このようにベトナムにおいては、海外企業により臨海銑鋼一貫製鉄所計画が目白押しの状況で粗鋼の国内需要を越えた粗鋼生産が計画されている。原料となる鉄鉱石はベトナム国内には期待せず、オーストラリアをはじめとする海外に依存することになる。将来鉄鋼需要増大が期待される中国を始めとするアジアのマーケットを睨んだ戦略と捉えることが出来る。しかし政府から投資ライセンスが下りたものの、技術的また資金的にどこまで実現の可能性があるかウオッチしていく必要がある。

表Ⅳ-2 ベトナムにおける鉄源関連新規案件一覧

設備	生産能力(万トン)	省	地区	会社	国	投資額(US$)	操業開始	特記事項	出典
高炉	450	Ha Thinh	ﾌﾞﾝｱﾝ経済区	Tata Steel(65)/VSC(30)/VCC(5)	インド	50億	2011.1Q	冷延ﾐﾙを先行し2010年から建設	日刊産業新聞2008.8.15
高炉	750	Ha Thinh	ﾌﾞﾝｱﾝ経済区	Formosa Plastic Group	台湾	80億		ISP、30万ﾄﾝ級船舶用港湾建設	Nikei File Clipping Service 2008.7.7
高炉	480	Quang Ngai	ｽﾞﾝｸｱｯﾄ経済	Tycoon World Wide Steel	台湾	10億		260万t熱延ミル、40万tﾋﾞﾚｯﾄﾌﾟﾗ	Steel Buisiness Briefing
高炉	480	Ninh Thuan		Lion (70),/Vinashin (30)	マレーシア/ベトナム	98億	2011	高炉容積2,580m3、転炉220t、焼結ﾌﾟﾗﾝﾄ550万t、熱延ﾐﾙ450万t、ﾍﾟﾚｯﾄ工場120万t、ｺｰｸｽ炉120万t、発電ﾌﾟﾗﾝﾄ1,450MW×2	Steel Buisiness Briefing 2008.9.23.
高炉	400-500	Khanh Hoa	ホンゴム半島	POSCO/VINASHIN	韓国	115億		ベトナム政府2008.11申請却下	ベトナム日刊ﾆｭｰｽ 2008.11.13
高炉	100	Lao Cai	バイトン地区	VSC/LCM/昆明鋼鉄集団	ベトナム/中国	1.52億		鉄鉱石はQuy Xa鉄鉱山から供給	Intellasia News 2008.4.28.
高炉	11.5			Van Loi Steel	ベトナム		2009	230m^3	VSAﾋｱﾘﾝｸﾞ
高炉	11.5			Dinh Vu	ベトナム		2009	230m^3	VSAﾋｱﾘﾝｸﾞ
高炉	18.5			Hoa Phat	ベトナム		2009	370m^3	VSAﾋｱﾘﾝｸﾞ
高炉	25			TISCO	ベトナム			→500m^{3}に拡張	VSAﾋｱﾘﾝｸﾞ
高炉	600-1,000			JFEスチール	日本	50億		F/S実施認可	ベトナム日刊ニュース 2008.11.28
還元鉄	50			神戸製鋼所/双日	日本	2億			日刊産業新聞2007.11.30、日経新聞2008.10.18

2 マレーシア

(1) 鉄鋼業構造と鉄鋼生産状況

1957 年のマレーシア独立直後、同国鉄鋼業は棒鋼、鋼管、屋根用亜鉛めっき鋼板といった建設材料の製造が主体であった。本格的鉄鋼業は、1967 年に操業を開始した Malayawata Steel の一貫製鉄所に始まる。マレーシア政府は、輸入代替化および重化学工業促進策を進め、1980 年にはマレーシア重工業公社(HICOM、1995 年民営化された)を設立した。1981 年に政府出資の Antara Steel Mills が条鋼類の生産を開始（5 万トン/年)、1982 年には新日鉄との合弁会社 Perwaja Trengganu を設立し、天然ガスを還元剤とする直接還元製鉄プロジェクトをスタートさせた(技術的および経済的問題で最終的に生産には至らなかった)ほか、1984 年に政府は Sabah Gas Industries を設立し MIDREX 法による還元鉄製造を始めた。この頃マレーシア政府は、土木・建設用資材の国内需要を満たすため川上部門の育成に力を入れており、民間企業は Lion Group の子会社 Amsteel Mills が大型電気炉でビレットの生産を開始した。

[44] 2009 年 2 月 VSA ヒアリング

経済成長の鈍化する1980年代中頃、マレーシア政府は中長期工業化マスタープランを策定し、外国資本導入、民間主導、輸出主導を目指した。1980 年代後半から景気は回復し、鋼材需要が増した。棒鋼類については、1987 年に Steel Industry of Sarawak が、1989年にAnshin Steel Industiesが、1993年にSouthern Steelが生産を開始し、ほぼ輸入代替が出来るようになった。一方鋼板類については、1999年にMegasteelが熱間圧延コイルを、1996 年に Gunawan’s Plate Mill が厚中板の生産を開始した。冷延鋼板については、1990年にCold Steel（現Micron Steel CRC)が1994年にはOwner Steel （現台湾鋼鉄）、2006年にはYung Kong Galvanization Industry が生産を開始した。これらは何れも外国資本である。

政府は随時、輸入許可制と関税の賦課を行い国内鉄鋼産業の保護を行ってきた。亜鉛めっき鋼板は 1960 年代から、ブリキは 1980 年代から関税が課せられており、目下Megasteelの保護のため1994年から熱延薄板類および厚中板に25%の関税がかけられている。

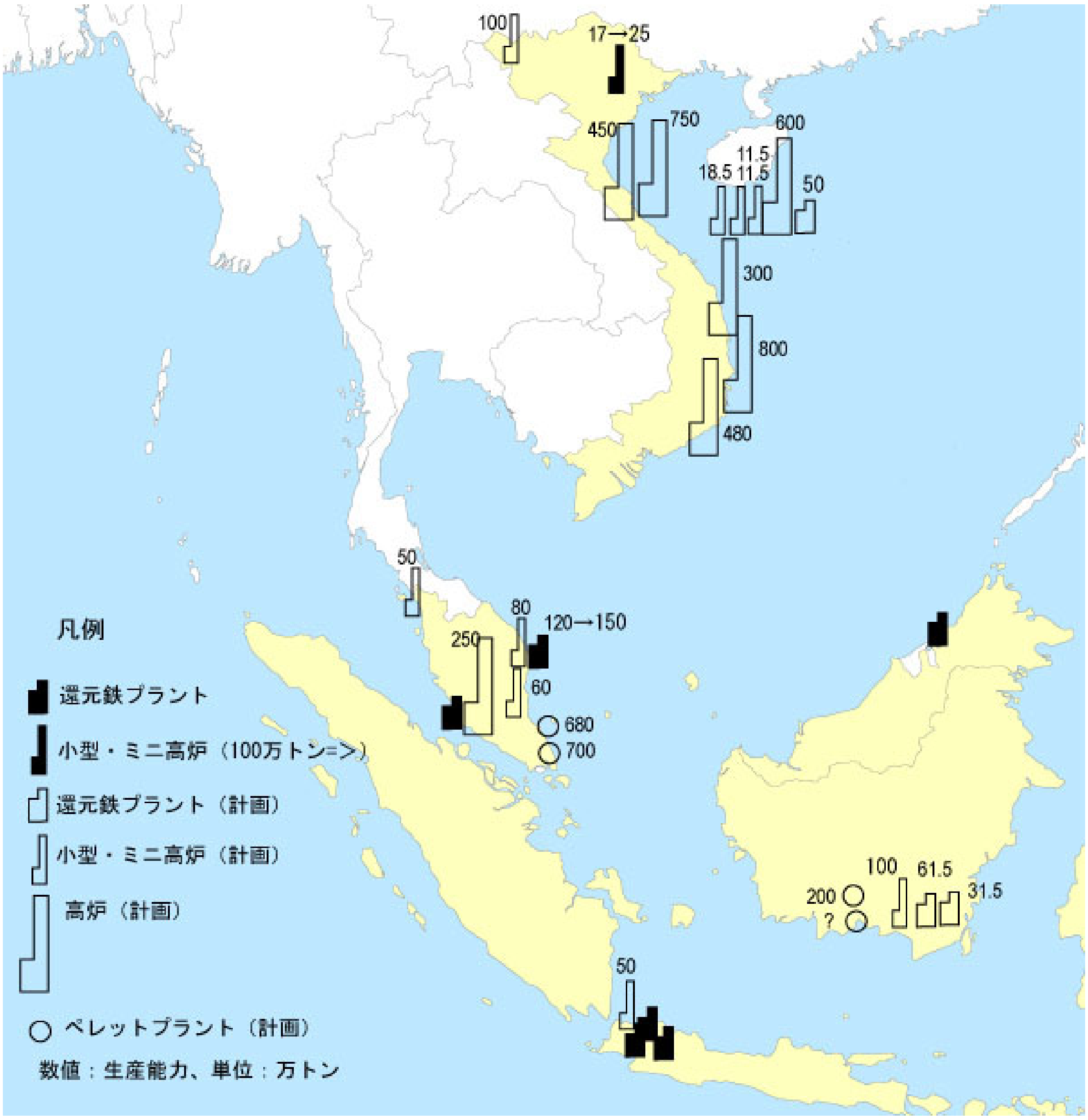
近年（2008年10月以前)、マレーシア鉄鋼業は国内公共事業の冷込みによる鉄鋼需要落込みを海外の需要でカバーして来たが、原料価格の異常な高騰、とくに鉄スクラップ価格の高騰、エネルギー・コストの高騰、国内法律上の問題といった課題を抱え、多くの鉄鋼メーカーは苦しい操業を余儀なくされている。

マレーシアの鉄鋼業は図Ⅵ-3に示すように、輸入鉄鉱石（ペレット）を原料とした還元鉄、国内出鉄スクラップ＋輸入鉄スクラップおよび輸入銑鉄を鉄源として粗鋼生産を行っており、粗鋼からビレットおよびスラブを生産、一部ビレットを輸入し条鋼類、鋼板類、鋼管類を生産・加工し鋼材を生産する構造となっている。

現在マレーシアでは、Perwaja Steel、MegasteelおよびAntara Steel Millsの3社が直接還元鉄プラントを有しDRI（直接還元鉄=海綿鉄）およびHBI（ホット・ブリケット・アイアン）を生産している。HBIはAntara Steel Millsで生産されている。3プラントで合計3.39百万トン/年の生産能力を有する[45]。ただしMegasteelのプラントは2008年5月から操業を開始した。還元鉄原料となる鉄鉱石は全量ブラジル、チリほかからの輸入鉱石（ペレット）を使用、統計上は600千トンの鉄鉱石国内生産があるが、これらは鉄鋼原料ではなく石油・天然ガス用海底パイプライン（海底にパイプラインを沈めるためにパイプの周囲にコーティングする）および中国への輸出に向けられている。

還元鉄生産量は 1998、1999 年と百万トンを下回っていたが、2000 年から百万トンを越え、2007年には過去最大の1,872千トンを記録した。

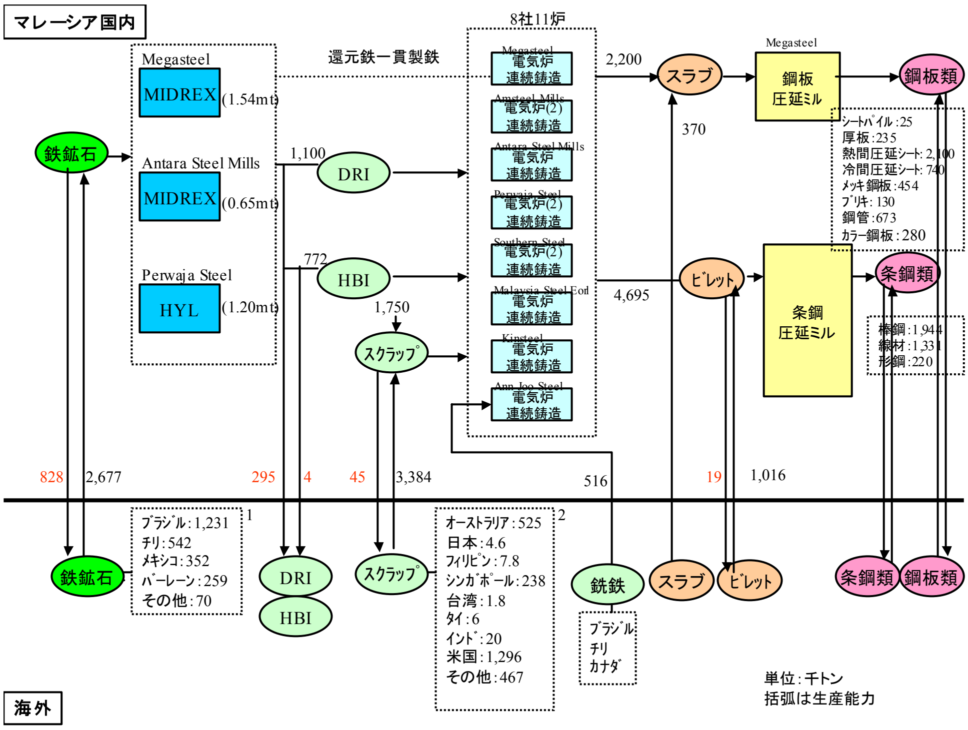
[45] MIDREX (2008) 2007 World Direct Reduction Statistics. 12p.



図Ⅳ-2 ベトナム・マレーシア・インドネシアにおける高炉、還元鉄およびペレット・プラント

一方粗鋼生産量は、1998 年の 1,903 千トンから 2007 年の 6,895 千トンまで増加した。1998 年の還元鉄見掛消費量は 669 千トンから、2007 年には 2,085 千トンとなり、還元鉄+銑鉄見掛消費量に比べ粗鋼生産量が大きく増加し、粗鋼生産量増加に見合うだけの鉄スクラップが鉄源として使われたことを示している（表Ⅵ-3)。

電気炉＋連続鋳造設備は 8 社で 11 個のプラントを保有し、2007 年のビレット国内生産は 4,695 千トン、輸入 19 千トン、輸出 1,016 千トンで見掛消費 2,693 千トン分が国内で条鋼類に加工された。一方スラブは国内生産 2,200 千トン、輸入 370 千トン、輸出は実績なしで、2,570 千トンが国内で鋼板類に加工された。スラブは既述のように Megasteel から



図Ⅳ-3　マレーシアの鉄鋼業構造およびマテリアルフロー

条鋼類・鋼板類については中間製品および輸出入を省略し、鉄鋼最終製品とその量のみを示した。1:MGDM(2008)[25]、2:SEAISI 統計データ[30]

生産されたものである。条鋼類は棒鋼：1,944 千トン、線材：1,331 千トン、形鋼：220 千トンを生産、鋼板類は熱間圧延コイル：2,100 千トン、冷間圧延コイル：740 千トン、厚中板：235 千トン、亜鉛めっき鋼板：454 千トン、鋼管：673 千トン、ブリキ：130 千トン、カラー鋼板：280 千トンを生産した。

(2) 最近の大型投資案件動向

ブラジルの Vale は 2008 年 6 月、マレーシアを東南アジアにおける鉄鉱石のペレット化事業の計画の最有力候補としていることを発表。交渉が進展すれば 2 年以内に事業地を決定、その後 1 年で工場の建設を行う。ペレット生産能力は 700 万トンで、アジアの高炉メーカーに供給を計画している[46]。

地元 Lion グループは、Selangor 州 Banting 地区に 250 万トン/年の高炉（コークス炉、焼結プラント、ペレット工場を含む）を建設中、また Ann Joo Resources は、500 千トン/年の小型高炉建設を検討している[47]。また Perwaja Steel は 80 万トン/年の小型高炉を、

[46] 2008 年 6 月 12 日付け NNA.ASIA
[47] MISIF(2008) Status and outlook of the Malaysia iron and steel industry 2007, 117p.

Melewar Group は生産能力180万トン/年の直接還元プラントおよび熱圧延コイルプラントの建設を計画している[48]。Kinsteel は同国で2番目となる600-800千トンの小型高炉建

表Ⅳ-3　マレーシアの鉄鋼生産統計

項目		単位	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
鉱石*	国内生産	千t	376	337	258	376	404	597	664	811	703	600
	輸入	千t	1,072	1,356	1,736	1,568	1,257	2,436	2,185	1,891	2,145	2,677
	輸出	千t	160	147	104	66	214	0	76	399	205	828
鉄源	国内生産	t	878,000	950,000	1,240,000	1,024,000	1,060,000	1,600,000	1,710,000	1,349,854	1,277,000	1,871,671
	銑鉄	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DRI	t	878,000	950,000	1,240,000	1,024,000	1,060,000	1,600,000	890,000	855,000	690,000	1,100,000
	HBI	t							820,000	494,854	587,000	771,671
	輸入	t	240,902	312,252	336,010	229,299	410,000	449,307	506,323	489,441	342,382	516,159
	銑鉄	t	240,902	312,252	321,102	186,150	215,000	408,963	464,376	489,134	341,877	515,776
	DRI	t	0	0	14,908	43,149	195,000	40,344	41,947	307	505	32
	HBI	t										351
	輸出	t	450,000	479,262	324,406	728,599	485,251	822,544	426,334	103,771	205,102	302,987
	銑鉄	t	−	440	316	49	151	79,496	54,260	12,702	2,776	3,924
	DRI	t	450,000	478,822	324,090	728,550	485,100	743,048	372,074	91,069	202,326	295,074
	HBI	t										3,989
鉄スクラップ	国内出	t	1,600,000	1,036,000	966,282	1,029,555	1,630,000	1,800,000	1,900,000	1,440,000	1,600,000	1,750,000
	輸入	t	416,670	1,074,977	1,815,818	3,803,899	3,133,048	5,136,336	3,723,754	3,451,042	3,077,151	3,383,709
	消費	t	1,994,490	1,948,380	2,601,873	3,745,000	4,623,007	N.A.	N.A.	5,420,000	4,612,000	5,105,000
	輸出	t	22,180	162,634	180,277	1,088,478	140,189	294,485	38,385	55,140	28,370	44,938
	ストック	t	0	−37	0	−24	−148	N.A.	N.A.	−584,099	36,781	−16,229
粗鋼生産		t	1,902,709	2,770,000	3,650,000	4,100,000	4,721,800	3,960,000	5,698,000	5,296,000	5,834,000	6,895,000
ビレット	国内生産	t	1,902,709	2,260,000	2,600,000	3,000,000	3,220,000	3,800,000	3,998,000	3,796,000	3,834,000	4,695,000
	輸入	t	N.A.	N.A.	30,000	53,673	148,000	95,000	168,395	132,582	38,894	19,206
	輸出	t	N.A.	N.A.	0	0	27,108	512,000	724,608	495,067	270,748	1,015,920
スラブ	国内生産	t	0	280,000	800,000	900,000	1,500,000	160,000	1,700,000	1,500,000	2,000,000	2,200,000
	輸入	t	N.A.	N.A.	0	0	149,000	112,233	199,818	336,500	366,111	370,100
	輸出	t	N.A.	N.A.	0	0	0	0	0	0	0	0
最終鋼材生産		t	3,615,634	4,409,145	5,683,947	5,964,785	6,393,733	6,548,787	7,372,000	6,786,582	7,673,980	8,131,644
鋼材見掛消費		t	4,087,498	5,766,232	6,178,136	6,475,395	7,060,995	6,194,192	7,137,913	6,825,993	6,779,458	7,694,494
人口1人当り粗鋼消費		kg	208.0	279.3	300.7	346.9	324.8	270.6	306.0	287.4	280.4	297.6

鉱石および人口一人当たり粗鋼消費はIISI統計データ[31]、それ以外はSEAISI統計データ[30]

設ライセンスを取得した[49]（表Ⅳ-4、図Ⅳ-2）。

オーストラリアのGrange ResourcesはTerengganu州Kemamanに680万トン/年のペレットプラント建設、鉄鉱石は開発予定の同社オーストラリアSouthdown鉄鉱山から輸入、両社併せた投資額は17億AUS$が見込まれている。また小規模ではあるがマレーシアPahang州KuantanのBukit Ibam鉄鉱山の開発を開始し、ペレットプラントへの供給が予定されている。240千トン/年の生産を計画している[50]。

[48] 2008年5月16日付けSteel Business Briefing
[49] 2008年4月24日付けStar Business Online
[50] Grange Resources HP, http://www.grangeresources.com.au/

表Ⅳ-4　マレーシアにおける鉄源関連新規案件一覧

設備	生産能力（万トン）	州	地区	会社	国	投資額（US$）	操業開始	特記事項	出典
高炉	250	Selangor	Banting	Lion Group	マレーシア	5億		建設中、2,580m^3,ｺｰｸｽ炉、焼結ﾌﾟﾗﾝﾄ、ﾍﾟﾚｯﾄ工場建設を含む、銑鉄はBantingの製鋼ﾌﾟﾗﾝﾄで処理(320万t→500万t)	SEAISI (2008) Country Reportほか
高炉	60-80	Pahang		Kinsteel	マレーシア			投資ライセンス取得	Star Business Online 2008.4.24
高炉	80	Trengganu	Kemanan	Perwaja Steel	マレーシア				Steel Business Briefing 2008.5.16.
高炉	50	Penang	Prai	Ann Joo Steel	マレーシア				SEAISI (2008) Country Reportほか
還元鉄	120→150(拡	Trengganu	Kemaman	Perwaja Steel	マレーシア				Steel Business Briefing 2008.5.16.
還元鉄	180			Melewar Industry	マレーシア			DRIは建設予定の熱延ミル(150万t)用	Steel Business Briefing 2008.5.16.

3 インドネシア

(1) 鉄鋼業構造と鉄鋼生産状況

インドネシアの本格的鉄鋼業は、旧ソ連の援助で始まったTrikora Steel Project を継承し、1971 年の国営企業であるPT Krakatau Steel の設立に始まる。同社は高炉方式ではなく還元炉方式を選択肢し、1987 年までに条鋼類、鋼板類に至る還元鉄一貫製鉄システムを確立した。国営企業としての同社は、インドネシアの鉄鋼業の中核として、強い政府の庇護を受けながら事業展開を続け、輸入代替という目的はほぼ達し現在に至っている。投資環境の整備が進んだ1970 年代から民間企業が、ビレット、鋼板、鋼管、亜鉛めっき鋼板等川下分野に相次いで参入し、PT Krakatau とともにインドネシアの鉄鋼業が築かれてきた。

しかしスハルト政権の崩壊による保護政策の変換や規制緩和、鉄鋼需要急増前の約 10 年に亘る鉄鋼市場の低迷と輸入鋼材の増加による生産の低迷、生産コストの上昇や投資資金不足により、PT Krakatau Steel は厳しい経営状態が続いている。特に1997 年のアジア経済危機以降は大幅な生産減に陥っている。PT Krakatau Steel の生産設備（粗鋼生産能力250 万トン）の陳腐化が主な要因と言われている。また中国、インド、韓国から安価な鉄鋼製品が入ってくることがPT Krakatau Steel の価格競争力を一層低下させている。2003 年の国内市場規模は500 万トンあったが、その半分しか供給出来なかった。2004 年には金属価格高騰を受けてフル生産に入り輸出も増加した。2007 年には国内消費 7,245 千トンに対し、国内粗鋼生産は 4,016 千トン、国内最終鋼材生産は 5,280 千トンとなった。

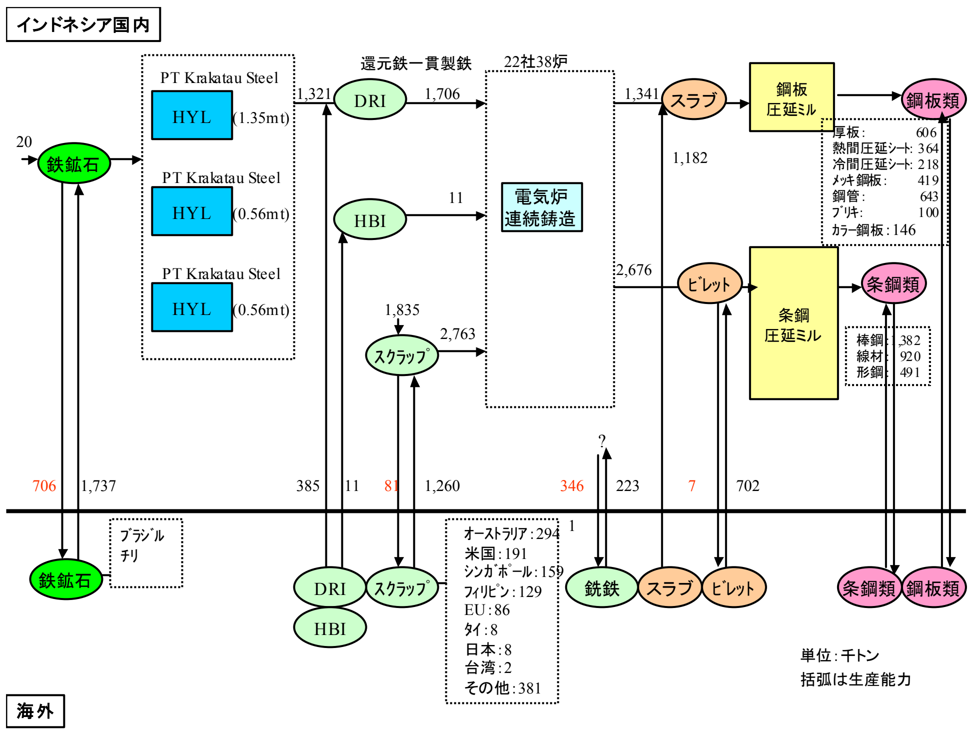
インドネシアの鉄鋼業は図Ⅳ-4 に示すように、国営の一貫製鉄所である PT Krakatau Steel グループを中心として鉄筋・鋼材を製造する中小の電気炉鉄鋼メーカー、溶接鋼管メーカー、亜鉛めっき鋼板メーカーなどの鉄鋼2 次加工産業から構成される。

インドネシアには鉄鉱床が殆どないことから、輸入鉄鉱石（ペレット）から生産される還元鉄、輸入還元鉄＋銑鉄および国内出鉄スクラップ＋輸入鉄スクラップを鉄源として電気炉で粗鋼を生産、スラブおよびビレットに加工、このスラブおよびビレットに輸入半製品を加えて条鋼類・鋼板類を生産する構造になっている。還元鉄の生産は PT Krakatau

Steel のみで輸入鉄鉱石（ペレット）を原料にして直接還元法(HYL 法)により還元鉄を生産し電気炉でビレットおよびスラブを生産し条鋼類、鋼板類に加工、民間鉄鋼メーカーは電気炉で輸入および国内出の鉄スクラップを鉄源としてビレットを、更に輸入半製品から条鋼類・鋼板類を生産している。

PT Krakatau Steel はジャワ島西部の Cilegon に 3 基の還元鉄プラント（生産能力：2.47 百万トン）[45]を有し（但し 2 基、生産能力：1.12 百トンは休止)、還元鉄を生産している。還元鉄の原料となる鉄鉱石は国内からの供給は僅少､殆どが海外からの輸入で 2007 年の見掛輸入量は 1,031 千トン、還元鉄生産量は 1,321 千トンであった。1998 年から 2002 年までは 1,400 千トン以上の還元鉄を生産していたが、2003 年以降減少傾向にある。粗鋼生産量は 1998 年から 2003 年までは 3,000 千トンを切っていたが、2004 年以降 3,000 千トン台に回復し、2007 年には過去最高の 4,016 千トンを記録した。2007 年の還元鉄見掛消費量 1,360 千トン、輸入還元鉄 276 千トンおよび国内出＋輸入鉄スクラップ 2,516 千トンが鉄源となった（表Ⅳ-5)。電気炉＋連続鋳造は、PT Krakatau Steel のほか民間電気炉メーカー16 社が設備を有し、2007 年のビレット国内生産は 2,676 千トン、輸入 702 千トン、輸出 7 千トンで、見掛消費 3,371 千トンが更に国内で条鋼類に加工された。一方スラブは、国内生産 1,341 千トン､輸入 1,182 千トンで合計 2,523 千トンが国内で鋼板類に加工された。ただし国内で熱間ストリップ圧延設備を有しているのは PT Krakatau Steel のみで、輸入された熱間圧延コイルは､Gunung Raja Paksi､Essar Dhananijaya､Industri Galvaneal Mass､Intan National Iron Industri の冷間圧延設備で処理され、亜鉛めっき、電縫溶接鋼管等に加工される。ビレットは PT Krakatau Steel 以外では、民間電気炉メーカーがビレットの圧延ミルを付設しており、形鋼、棒鋼、線材など条鋼類を生産している。Beton Jaya Manunggal のみ電気炉－連続鋳造の単独生産を行っている｡条鋼類は､棒鋼:1,382 千トン、線材：920 千トン、形鋼：491 千トンを生産、鋼板類は、熱間圧延シート：364 千トン、冷間圧延コイル：212 千トン、厚板：606 千トン、亜鉛めっき鋼板：419 千トン、ブリキ：100 千トン、カラー鋼板：146 千トン、鋼管：643 千トンを生産した。

2006 年のインドネシア全体の製造業の稼働率は、燃料となる天然ガスと原材料の供給不足で 66.4%に過ぎなかった。鉄鋼業も例に漏れず 50-70％と低い数値を示した。特に天然ガスはアジア通貨危機以降高騰しており、民間の圧延プラントも主燃料として天然ガスを使用しているところが多く、鉄鋼メーカーへの影響が深刻化している。このため燃料をガスベースから石炭ベースへの変更が検討されている。また中国の安価な鉄鋼製品の流入もインドネシアの鉄鋼産業への大きな負のインパクトとなっている。



図Ⅳ-4 インドネシアの鉄鋼業構造とマテリアルフロー

条鋼類・鋼板類については中間製品および輸出入を省略し、鉄鋼最終製品とその量のみを示した。1:SEAISI 統計データ[30]

(2) 最近の大型投資案件動向

厳しい経営環境にある PT Krakatau Steel 民営化の方法として、ここ 10 年来 PT Krakatau Steel 株式の公開(IPO)が検討されているが PT Krakatau Steel の業績が悪く進展していない。政府は、最近の金融環境を踏まえて海外メーカーとの戦略的提携の選択肢を見直す方針である。インドネシア工業省金属局 Iputu Suryawirawan 局長は、PT Krakatau Steel の民営化にかかる株式の売却に対して、Arcelor Mittal、Tata Steel、Ispat Industries、Blue Scope Steel (BHP 系列)、Essar Steel および南京鋼鉄が関心を示していることを発表した[51]。Arcelor Mittal は PT Krakatau Steel 株式の 49%を 100 億ドルで購入するという提案を取り下げ、代わってジャワ島に総額 60 億ドルを投じて 2 ヶ所の製鉄所を建設することを提案している。1 つは東ジャワの Pasuruan 地区で 2 百万トン規模の一貫製鉄所を建設、他の 1 つは西ジャワの Banten 地区である。インドネシア政府も同社の売却は、国家安全保障の観点から政府の影響力を残せる形にするため株式の公開による資金調達が有利であると判断している[52]。

[51] JOGMEC ニュースフラッシュ, 08-21
[52] JOGMEC ニュースフラッシュ, 08-18

表IV-5　インドネシアの鉄鋼生産統計

項目		単位	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
鉱石	国内生産	千t	561	562	538	490	380	245	90	22	20	20
	輸入	千t	1,311	2,070	2,159	1,292	1,319	1,662	1,996	1,548	1,761	1,737
	輸出	千t	36	16	142	140	65	97	114	706	2,000	706
鉄源	国内生産	t	1,570,844	1,736,235	1,735,873	1,485,873	1,446,300	1,170,984	1,435,895	1,267,679	1,200,170	1,320,944
	銑鉄	t	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	DRI	t	1,570,844	1,736,236	1,735,873	1,486,859	1,446,300	1,170,984	1,435,895	1,267,679	1,200,170	1,320,944
	HBI	t	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	輸入	t	192,201	213,261	435,206	264,459	184,719	347,563	408,078	419,043	386,767	620,181
	銑鉄	t	136,113	138,097	158,757	62,856	69,897	232,269	280,443	124,601	99,350	223,313
	DRI	t	56,088	75,164	−	8,008	84,474	103,753	115,746	227,845	276,199	385,449
	HBI	t			276,449	193,595	30,348	11,541	11,889	66,597	11,218	11,419
	輸出	t	26,886	40,271	4,300	735	3,921	18,525	70,061	89,477	34,314	346,058
	銑鉄	t	26,865	38,798	4,066	425	3,428	18,189	67,953	88,795	34,019	346,013
	DRI	t	21	1,473	234	259	352	12	6	11	10	4
	HBI	t			−	51	141	324	2,102	671	285	41
鉄スクラップ	国内出	t	1,677,504	1,508,616	674,539	798,168	412,103	822,156	1,953,667	1,880,818	2,326,514	1,834,975
	輸入	t	399,960	580,320	1,265,837	1,438,438	1,318,025	1,438,690	1,399,510	1,202,108	1,001,689	1,259,932
	消費	t	1,883,947	1,811,247	1,747,310	2,149,590	1,545,033	1,669,158	3,168,972	2,863,120	3,074,200	2,762,776
	輸出	t	49,522	27,689	43,066	36,916	35,095	37,721	38,686	69,806	94,511	80,630
	ストック	t	143,995	250,000	150,000	50,100	150,000	553,967	145,519	149,998	159,492	251,501
粗鋼生産		t	2,698,814	2,890,749	2,848,099	2,780,607	2,461,856	2,042,233	3,681,865	3,675,443	3,759,347	4,016,034
ビレット	国内生産	t	1,295,939	1,370,106	1,302,610	1,420,836	1,268,218	1,042,191	2,468,727	2,408,729	2,496,390	2,675,500
	輸入	t	N.A.	N.A.	802,609	658,761	788,837	702,250	785,900	758,000	716,981	702,097
	輸出	t	N.A.	N.A.	123	3,993	3,567	13,175	18,473	12,473	31,073	7,008
スラブ	国内生産	t	1,368,675	1,485,543	1,460,739	1,271,271	1,193,638	1,000,042	1,213,138	1,266,714	1,262,957	1,340,534
	輸入	t	N.A.	N.A.	436,185	418,614	504,338	727,647	917,642	985,195	1,202,271	1,182,047
	輸出	t	N.A.	N.A.	−	−	−	−	−	−	−	−
最終鋼材生産		t	3,256,697	3,382,575	4,231,119	4,645,443	4,223,099	4,271,760	4,816,112	5,218,004	5,342,655	5,280,218
鋼材見掛消費		t	3,314,274	3,249,799	4,858,182	5,028,624	4,859,255	4,688,630	5,717,855	7,235,366	6,245,012	7,244,741
人口1人当り粗鋼消費		kg	16.1	15.6	22.9	23.4	22.3	21.3	25.6	32.0	27.3	31.8

鉱石および人口一人当たり粗鋼消費はIISI統計データ[31]、それ以外はSEAISI統計データ[30]

2008年4月インドネシアの非鉄鉱山会社PT AntamとPT Krakatau Steelは合弁で、南カリマンタン州Batulicinにおいて粗鋼生産能力315千トンの製鉄所を建設する計画に合意した。権益はPT Antamが34%、PT Krakatau Steelが66%となる。初期投資額は6,000万ドルBatulicin製鉄所は、PT Krakatau Steelが現在ジャワ島Cilegonに有する製鉄所を南カリマンタン州に移し鉱山から製品加工まで統合した鉄鋼生産拠点を開発を目指すものとされている。第二期拡張計画では、100万トン/年まで3倍に拡張する。投資額は6億ドルと見込まれている（表IV-6、図IV-2）。しかしこれまで手当て出来た鉱石は36,000トンに過ぎずインドネシア工業省は商業省に対して、KP事業者による中国への鉱石輸出の禁止を要請したと報道されている[53]。

インドネシアのMerutus Jaya Steel、Semeru Surya SteelおよびMandan Steelは合弁で南カリマンタンにおいて、615千トンの還元鉄プラント建設を計画している[54]。

インドネシアでは、輸入代替と国家蓄積を増やすため、ビレットとスラブプラントの新設が必要とされている。輸入鉄鋼原料依存を減らすため国内資源を使ったペレットプラント建設を目指しており、PT Krakatau Steelは南カリマンタン州にペレットプラント建設

[53] JOGMECニュースフラッシュ, 07-23.

[54] 2008.11.4付けMetal Bulletin Online

を検討している[55]。

インドのEssarグループは中央カリマンタン州Murung Rayaにおいて200万トン/年のペレットプラント建設を計画、30年間の操業に必要な2.4-3億トン規模の鉄鉱床の調査をカリマンタン島で行っている[56]。このようにカリマンタンでは、製鉄所やペレット工場建設の計画はあるが、十分な鉄鉱石が確保できていない状況にある。

PT International Steel Indonesia (韓国Daewooの子会社)は西ジャワに鉄鋼プラントを建設した。当初計画では10百万ドル。2006年に完成。熱延コイル、冷延コイル、アルミニウムコイル、カラーコイル合計240千トン/年の能力を有する。原料はPT Krakatau Steel、Blue Scope Steelから供給される[14]。

表Ⅳ-6　インドネシア鉄源関連新規案件一覧

生産能力（万トン）	州	地区	会社	国	投資額（US$）	操業開始	特記事項	出典
50	Jawa	Cilegon	PT Krakatau Steel	インドネシア		2011		Steel Buisiness Briefing 2008.2.6.
100	S. Kalimantan		Tata Steel	インド				Metal Bulletin Online 2008.11.4
61.5	S. Kalimantan		Merutus Jaya Steel, Semeru Surya Steel, Mandan Steel	インドネシア			1,000千トンのビレットミル併設	Metal Bulletin Online 2008.11.18
31.5	S. Kalimantan	Banjarmarsin	PT Krakatau Steel(66)/PT Antam(34)	インドネシア	6,000万	2010	鉄鉱石は地元鉱山会社から供給、将来100万tまで拡張、総投資額6億USドル	Steel Buisiness Briefing 1/28,5/13、JOGMECニュースフラッシュNo.08-18

インドネシアでは、資源ナショナリズムの台頭の中、2008年12月16日に懸案となっていたインドネシア新鉱業法が国会本会議で承認された[57]。これまで外国資本はCOW(鉱業事業契約)制度により政府と開発契約を締結して鉱山開発を行ってきたが、新鉱業法ではこの制度が廃止され、政府が定めたWUO（鉱業事業区域）および政府保護区域（WUP）内でのIUP（鉱業事業許可）およびIUPK（特別鉱業許可）制度に改められた。これまでCOW制度で鉱業活動を行ってきた企業は、COW条項の新制度への変更を余儀なくされることになる。また同時に国内での生産物高付加価値化が義務付けられ、精鉱の輸出は不可能となった。新鉱業法は、大統領の署名後施行に移されるが、鉱業事業区域や政府保護区域が施行細則が明らかになるまで暫くインドネシア国内での鉱業投資は慎重を要する。つまりゲームのルールが大きく変更されたことになり、アメリカのシンクタンクFraser Instituteによる鉱業投資環境評価[58]でも政策ポテンシャルは68国・州の中で62位と最下位クラスにランクされており、鉱山会社の評価は、インドネシアの鉱業法は、これまで外国投資を保護する優れた法律であったが、外国投資家は今回の改正は秩序の崩壊であると激しく非難をしており、鉱業投資対象国としての評価は低くなっている。

[55] SEAISI 2007 Country Report
[56] MEGデータベース
[57] JOGMEC カレントトピックス, 09-01
[58] Fraser Institute (2008) Survey of Mining Companies 2007/2008. 86p.

V 還元鉄生産状況

1 還元製鉄法の特徴と優位性

鉄鉱石にコークスを加え高炉で還元して炭素に飽和した銑鉄をつくり、更に転炉で酸素を吹き込み銑鉄に含まれる炭素を燃やして鋼を作る高炉—転炉法が世界の主流であるが、最近鉄鉱石を炭素に飽和させずに酸化鉄を還元する直接還元製鉄法（以下「直接還元法」と称する）が注目を浴び徐々に普及してきた。直接還元法は、コークスを使用せずに主に天然ガスもしくは一般炭を還元剤として鉄鉱石を還元し、電気炉との組合せで粗鋼を製造する方法である。直接還元法のほかに石炭を還元剤として用い、鉄鉱石を溶融して還元法する溶融還元法がある。いずれの方法も高炉と比較して焼結機やコークス炉が不要で生産コストが安価、エネルギー消費が少なく様々な鉄鉱石や石炭が利用可能、比較的容易にプラントの稼動・停止が出来、生産の調整が可能でまた環境負荷が少ないといった優位性を持つ。規模のメリットを生かした高炉—転炉法に比べて年産 50 万トンから 100 万トン規模の小～中規模の生産に適しており、大型高炉に比べて建設コストが大幅に安く発展途上国からも注目されている。ホット・ブリケット・アイアン(HBI)にすれば、海上輸送も可能で、還元剤・燃料となる天然ガスの安いカタール、サウジアラビア、マレーシア等に建設されている。1 基当たりの生産規模は小さいため、鉱石のソースとして BIF（縞状鉄鉱床）のような大規模高品位鉄鉱床を必要としない。このような製鉄法は、新製鉄法（New Iron Making Process）とも呼ばれ、高炉－転炉法や電気炉による製鉄法を補完できる技術として位置づけられている。また新製鉄法は、鉄スクラップ使用量の削減と高品質鉄源の確保が出来るというメリットも大きい。

新製鉄法は還元剤として天然ガスと石炭を用いるプロセスに、また鉱石については、粉鉱を用いるものとペレットもしくは塊鉱を使用するプロセスに分かれ、以下[59]および表 V-1 に示すような多くの方法が開発されている。また代表的なものについて図 V-1 にフロー図を添付した。

(1) 直接還元法

・MIDREX 法：天然ガスを還元剤として用いる。還元炉にシャフト炉を用い、ペレット、塊鉱を炉頂から挿入、天然ガスを改質した高温の還元ガスを炉腹から吹き込む。鉱石は還元されながらシャフト炉を降下し、炉下部の冷却帯で冷却され炉底から排出される。還元率は 92-95%で、天然ガスを使用するため鉄鉱石以外の不純物を含まないので高品質鉄源となる。直接還元法では最も普及しており、天然ガス生産国を中心に世界 21 ヶ国で 65 基が稼動しており、60％近くを占める（図 V-4）。MIDREX 社[60]が開発。

・ HYL/Energiron 法：MIDREX 法と同じガス・ベースの還元法であるが、MIDREX 法とは異

[59] 鉄鋼新聞社刊「平成 20 年版鉄鋼年鑑」p. 361-363.
[60] 1984 年神戸製鋼所が買収、100％子会社

なり天然ガスの水蒸気改質法により還元ガスを製造する。また HYL-I は還元炉が固定層式であるのに対して HYL-Ⅲは MIDREX と同じ移動層式還元炉。普及率 17%。Tenova 社が開発。

- SL/RN 法：ペレットもしくは塊鉱、石炭およびフラックスをロータリーキルンに挿入、石炭を吹込み燃焼させ、約 12 時間をかけてペレットもしくは塊鉱を還元する。キルンの容量から 15-20 万トン/年と小規模であること、ペレットもしくは塊鉱を使用しなければならないなど生産性が悪い。石炭の豊富なインドで多く普及している。
- FASTMET 法：粉鉱（鉄鉱石、製鉄ダスト）と微粉炭を混合した塊成化物（ペレットまたはブリケット）を回転炉の炉床に 1 層ないし 2 層に敷き加熱・還元をする。塊成化物を 6-12 分間 1,250-1,350℃に加熱し、その輻射熱で内装炭により酸化鉄を還元する（金属化率 85-92%）。石炭中の灰分と硫黄などの不純物が還元鉄に残留するため電気炉用には不向きで製鉄ダスト処理用として使われ、現在国内で 3 基の商業プラントが稼動している。神戸製鋼所と MIDREX 社が開発。
- FASTMELT 法：石炭ベースで製造された還元鉄には石炭の不純物が取込まれるため、FASTMET 法に溶解炉を組合せ、還元鉄を溶解炉で溶解し溶銑とスラグに分離する。厳密には直接還元法に続く溶銑製造法。粉鉱石と一般炭で溶銑の製造が可能。未だ商業プラントはない。神戸製鋼所と MIDREX 社が開発。
- ITmk3 法：炭材内装ペレットを回転炉で 1,450℃まで急速加熱し、還元・溶融させ、スラグが分離したアイアンナゲット（粒鉄）を 10 分間で製造する。本法の特徴は、低品位の粉鉱石と一般炭を使用できること、ITmk3―電炉法と高炉―転炉法と比べると CO_2 排出量を約 20%削減できること、設備投資額を抑えられ操業も容易であること、アイアンネゲットは高炉法で製造された銑鉄に匹敵するほど高品位（金属化率：96-97%、スラグなし）であること、粒鉄は溶解しやすく連続投入が可能なため電気炉の生産性向上に寄与するほか、再酸化・粉化せずに高密度であるため輸送や取扱が容易である。MIDREX 法などの直接還元法に続く第三世代製鉄法とも言われ注目を集めている。神戸製鋼所により開発され、米国の電気炉メーカーである Steel Dynamics 社と共同で 2009 年の操業を目指してミネソタ州に商業第 1 号機を建設中である[61]。

(2) 溶融還元法

- COREX 法：高炉によらない一般炭を用いた溶鉄製造法。還元を固体還元と溶融還元の 2 段階で行う。すなわちシャフト炉で塊成化物を予備還元し、溶融炉に装入して溶融還元を行う。10%程度コークスを使う。1987 年に南アフリカで商業用第 1 号機が稼動している。

---

[61] 神戸製鋼所(2008)アニュアルレポート 2008. p12-15.

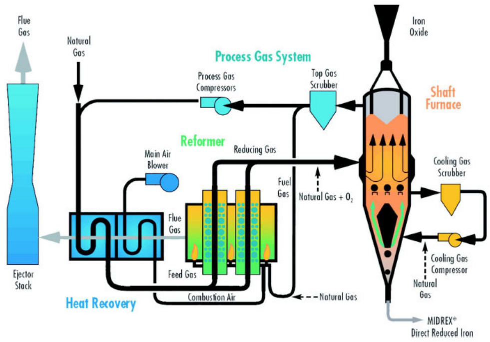
・FINEX法：COREX法を改善、粉鉱と一般炭を使用。フラックスと混合した φ8mm以下の粉鉱石を流動床で予備還元し、還元鉄は塊状に成形し溶融ガス炉に装入して溶融還元される。POSCO浦項製鉄所で2007年4月から商業用第1号機が稼動している。

なお、これら各手法の詳細は田中（2008）[5]を参考にされたい。

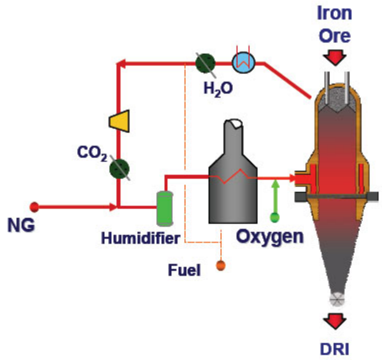
表V-1　還元製鉄法と還元剤・製品・鉄鉱石（田中, 2008）[5]

還元剤	製品	原料	
		粉鉱	塊鉱/ペレット
ガス	DRI （還元鉄）	FIOR FINMET Circered Iron Carbide	HYL MIDREX
石炭	DRI （還元鉄）	FASTMET DRyIron INMETCO PRIMUS	SL/RN
	ホットメタル （溶銑）	FASTMELT FINEX TECNORED	COREX
	アイアンナゲット （粒鉄）	ITmk3 Hi-Qip	

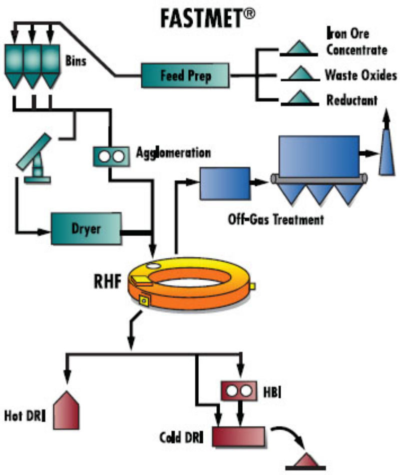
Ⅰ MIDREX 法



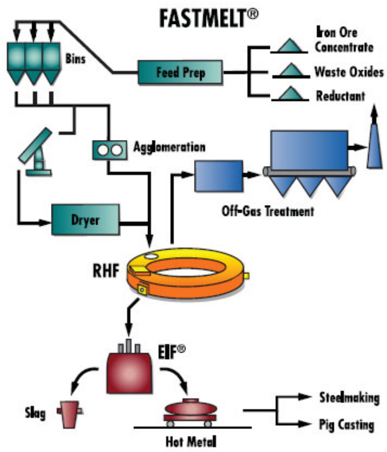
Ⅱ HYL 法



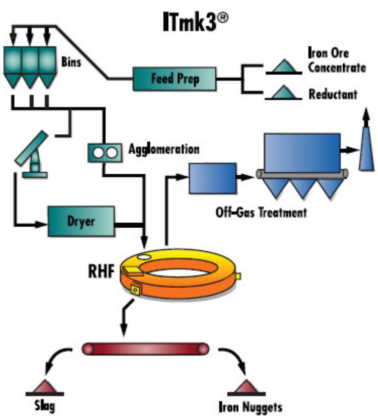
Ⅲ FASTMET 法



Ⅳ FASTMELT 法



Ⅴ ITmk3 法



Ⅵ COREX 法

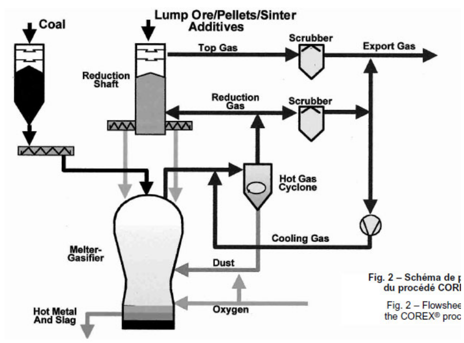


図 V-1 代表的還元製鉄法フローシート

図V-1の出典

Ⅰ:Kempken, J., Kleinschmidt, G., Schmale, K., Thiedemann, U., Gaines, H.P. and Kopfle, J.T.(2008) Short route-long-term success: integrated mini-mill solutions by Midrex and SMS demag. Archives of metallurgy and materials, v.53, p.331-336.

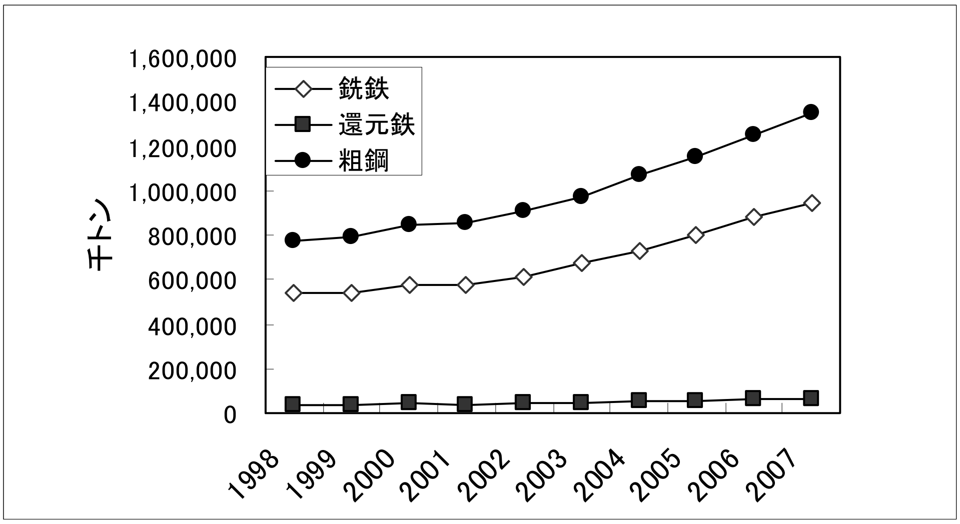
Ⅱ:HYL/Energiron (2007) High carbon DRI-The future for both captive and merchant DR plants. Metal Bulletin 11th Middle East Iron & Steel Conference.

Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ:MIDREX (2008) RHF Technologies. Special Report Winter 2007/2008.

Ⅵ:Ghorai, D. N., Bräuer, F., Freydorfer, H. and Siuke, D (2001) COREX plant operation at Jindal Vijayanagar Steel, India: a success story. Rev. Met. Paris, No.3, p.239-250.

2 世界の直接還元鉄プラント

世界には150基前後の直接還元鉄プラントがある。巻末表-4に世界の直接還元鉄プラント一覧表を示す。2007年には、世界の粗鋼生産量(1,322百万トン)の5.1%にあたる67.22百万トンの直接還元鉄を生産した。2003年以降世界の鉄鋼需要が増大するなか、粗鋼生産は1998年比1.7%増加し、直接還元鉄も1.8%増加した[31](図V-2、V-3、V-4)。　直接還元法は、既述のように小規模でも成立つこと、天然ガスもしくは一般炭を利用したコークスレスであること、エネルギー効率の優れた製鉄法であることから、大規模で初期投資に莫大な資金を必要とする高炉建設に向かない発展途上国や天然ガスの余剰国において普及してきた。国別生産量推移を見ると図V-3に示すようにインドおよびイランの増加割合が大きい。

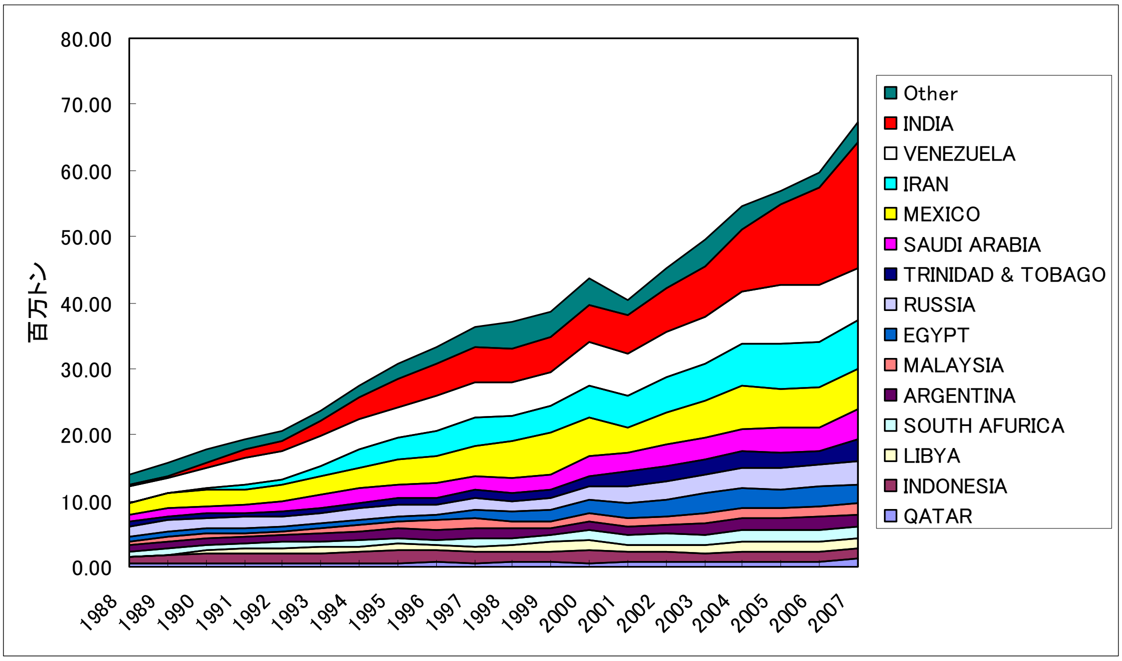


図V-2　世界の粗鋼・直接還元鉄・銑鉄生産推移(IISI統計[31]から作成)

2007年のプロセス別生産割合を図V-4に示す。MIDREX法が約60%を占める。MIDREX法は天然ガス・ベースであることから、天然ガスの産地に立地することにメリットがあり、鉄鉱石も産するインドやベネズエラのほか、天然ガスのみを産するカタール、オマーンといった中東産油国、トリニダード・トバゴなどで建設された。ガス・ベースに比べ普及数は少ないが、比較的豊富かつ低廉な一般炭を還元剤とする石炭ベースのプラントも増加傾向にある。

インドの還元鉄生産はここ10年間で3.6倍と増加している。インドではガス・ベースのMIDREX法やHYL法の生産が33%に対して石炭ベースの小規模なSL/RN法による生産が67%で豊富な石炭への依存が大きい。インドでは低品位の石炭のガス化ガスを利用したプラントあるいは合成ガスなどが直接使用できる200千トン/年規模のHYL-ZRプラントが相応しいという提言もある[62]。

天然ガス価格の高騰が操業に大きな影響を与えている国もある。インドネシアでは、1978年にPT Krakatau Steelが、親会社のプルタミナの意向で天然ガス・ベースのHYL法還元鉄プラントを導入したが、最近の天然ガス価格の高騰で青息吐息の状況になっているといわれている。



図V-3　直接還元鉄国別生産量推移(MIDREX(2008)[45]から作成)

[62] Energiron(2007)Energiron technology flexibility for adapting to Indian conditions: micro-moduleand gas slternstives. Metal Bulletin/Metal Junction Conference.Emarging Steel Scenario-focus Orissa.プレゼン資料

直接還元鉄(DRI)は海綿鉄(sponge iron)として生産されるが、直接還元鉄は酸化鉄から酸素が除去された跡の空隙で多孔質になっており、水と触れると再酸化するため海上輸送が出来ないため、海綿鉄を 700℃前後で団塊化（HBI:ホット・ブリケット・アイアン）する。HBI の世界の生産能力は 18.1 百万トン、このうち流通する量は 12.7 百万トンである。HBI 生産国は、インド、ベネズエラ、ロシア、トリニダード・トバゴ、リビア、マレーシアの 6 ヶ国である。このうちベネズエラが 7.4 百万トンと世界生産量の 41%を占めている。ベネズエラは鉄鉱石と天然ガスの生産国で MIDREX 法の立地に最も適した国である。同国の国内鉄鋼市場は小さいことから、殆どがヨーロッパ、北米、一部中国に輸出されている。インドのものは中国に、ロシアおよび中東・アフリカのものはヨーロッパに輸出されている（図 V-5)。

2003 年頃までに操業を開始した MIDREX プラントでは、一旦、直接還元鉄を冷却して電気炉に供給していたが、2004 年以降に操業を開始したプラントの多くは、後述するマレーシア Megasteel の MIDREX プラントのように 700℃以上の直接還元鉄を高温のまま直接電気炉に供給出来るホット・トランスポート（Hot Link）を備えるものが多くなっており、エネルギー効率の改善、生産性と品質向上により生産コストの低減が可能となった[63]。

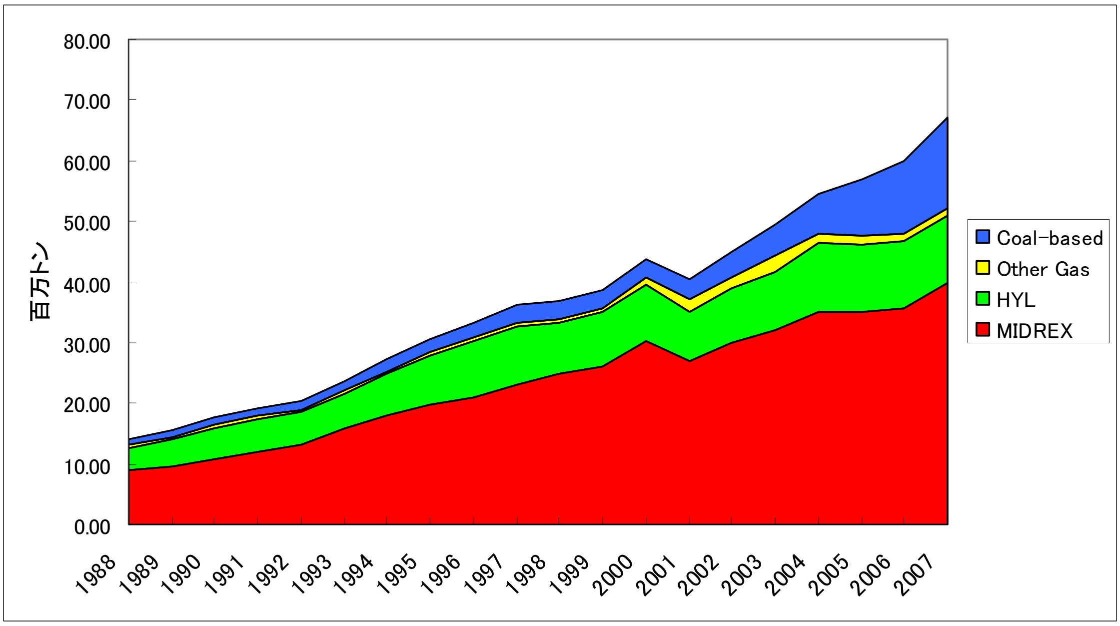


図 V-4　直接還元鉄プロセス別生産量推移（MIDREX(2008)[45] から作成）

[63] MIDREX (2006) Current overview of MIDREX direct reduction projects. 9p.

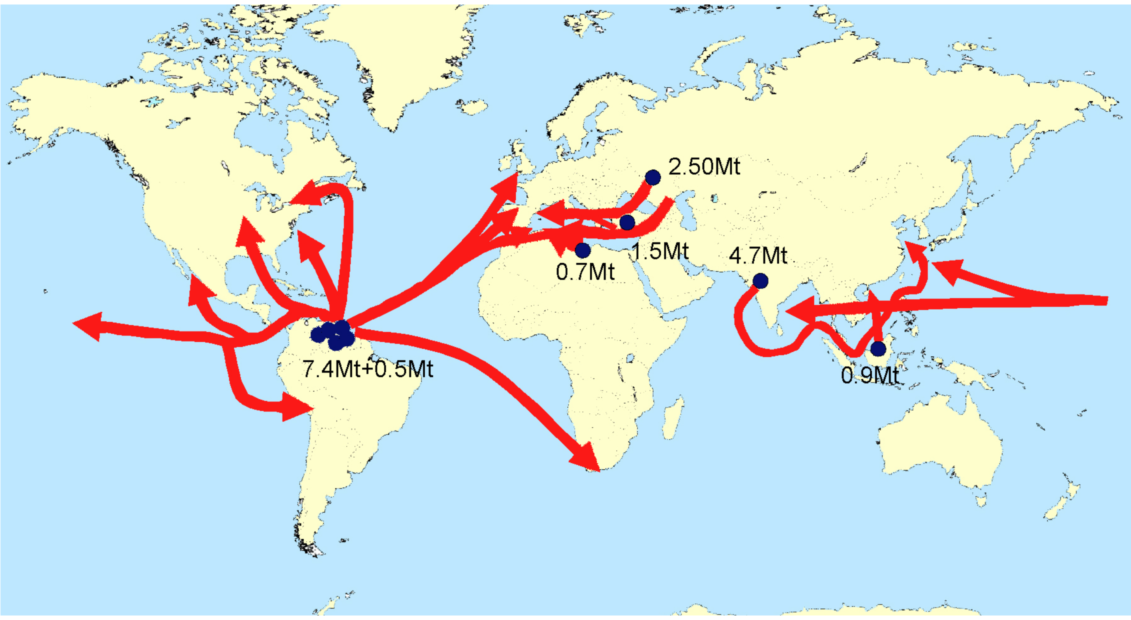


図 V-5　HBI（ホット・ブリケット・アイアン）の流通（HBIA, 2008）[64]

3 還元鉄生産状況

(1) ベトナム

ベトナムでは、高炉方式による銑鋼一貫製鉄所への志向が強く、現在ベトナムで操業中の還元鉄プラントは無く、また VSC のマスタープランでも 2010-20151 年の建設計画に入っているものの優先順位は低い。ベトナム鉄鋼業のあり方が議論された GRIPS 開発フォーラムのハノイ鉄鋼集中セミナーにおいても、直接還元法は、これから需要が増大する鉄スクラップへの依存度を下げる効果があると簡単に触れられている程度で、関心の程度は低い[65]。

神戸製鋼所と双日がベトナムにおいて石炭ベースの ITmk3 の建設計画があることが報道された[66]。それによると、生産能力は 50 万トン、投資額は約 2 億ドルで 2011 年から操業を開始する予定となっている。

(2) マレーシア

マレーシアの還元鉄プラントは上記のとおり Megasteel、Perwaja Steel、Antara Steel Mills の 3 社が操業を行っている。

Megasteel の還元鉄プラントは Selangor 州 Banting にあり、2008 年 5 月から操業を開始した。方法は MIDREX 法で生産能力 1.54 百万トン/年（192.5 トン/時）、DRI と HBI を生

[64] HBIA（2008）Worldwide DRI/HBI Production に加筆
[65] 政策研究大学院大学 2000 年ハノイ鉄鋼集中セミナー議事録および鉄鋼業・貿易政策に関する日本側見解の要約
[66] 2007 年 11 月 30 日付け日刊産業新聞、2008 年 10 月 18 日付け日経新聞

産、隣接するMegasteelの3基の電気炉にホット・トランスポート・システムを通してHDRIを供給している[67]。プラントの近くには、Megasteelの2基の鋼板類製造プラントとAntara Steel Millsの2基の条鋼類製造プラントがあり、粗鋼が供給されている。Megasteel およびAntara Steel MillsともにLion Groupの傘下の鉄鋼メーカーで、還元鉄一貫製鉄所としての機能を有する。当初計画によると18百万BTUの天然ガスをPetronasから供給を受けることになっている。

Antara Steel Millsの還元鉄プラントは、ボルネオ島西海岸Labuan島にあり、1984年から操業を行っている。方法はMIDREX法で近隣から生産される豊富な天然ガスを還元剤としている。鉄鉱石は全量輸入されている。生産能力0.65百万トンでHBIを生産し海外に輸出している。

Perwaja Steelの還元鉄プラントは、Terengganu州Kemamanにあり、HYL-Ⅲ法で還元鉄を生産。金属化率：92%。生産能力1.2百万トン/年。社内においてビレット用に加工されるほか国内他社、海外に輸出されている。

マレーシアにおける鉄鉱石およびペレットの輸入は、2,677千トンで、ブラジル、チリ、メキシコ、バーレーン、ギリシャから輸入されている[25]。2007年の粗鋼生産量に占める国内産還元鉄の割合（(還元鉄生産量―還元鉄輸出量）/粗鋼生産量）は、23%で、1998年の46%から大幅に減少している。

(3) インドネシア

インドネシアの還元鉄プラントは上記のとおり、PT Krakatau Steel のみが操業している。インドネシアでは、高炉、直接還元炉、電気炉という候補から直接還元炉を選択した。その理由は佐藤(2008)[28]によると高炉より最小効率規模が小さく、中規模で変動の大きい鉄鋼市場に適した技術であること、天然ガスを供給するプルタミナの意向が強かったとものではなかったかと推測している。

PT Krakatau Steelの還元鉄プラントは、ジャワ島西端部付近、ジャカルタの西約100kmのMerak、海岸の港町Cilegonから2km内陸にある。MIDOREX(2007)によるとPT Krakatau Steelは1978年に能力0.56百万トン/年/基を持つ2基のHYL-I式の還元鉄プラントの操業を開始した。更に1993年同じ方式の生産能力1.35百万トン/年/基の還元鉄プラント（HYL-III）の操業を開始した。現在最初に操業を開始した2基は休止ししている。2007年還元鉄は1,321千トン生産されており、生産能力からみてほぼフル操業に近いものと思われる。原料となる鉄鉱石（ペレット）は中国、オーストラリア、インド、ブラジル、バーレーンから輸入されている。2007年の粗鋼生産量に占める国内産還元鉄の割合（(還元

[67] MIDREX(2006)A current overview of MIDREX direct reduction projects. 9p.

鉄生産量―還元鉄輸出量)/粗鋼生産量)は34%で、1998年の58%から大幅に減少しており、鉄源として鉄スクラップの使用が増加している。2007年には385千トンの還元鉄を輸入しており、鉄スクラップと合わせて鉄源となっている。

4 還元剤供給のポテンシャル

還元鉄プラントの立地要件には、鉄鉱石のほかに還元剤となる石炭もしくは天然ガスの安定的な供給確保が不可欠となる。既述のように、インドでは石炭ベースの直接還元法であるSL/RN法が、安価な天然ガスの供給ができるベネズエラ、トリニダード・トバゴ、中東でMIDREX法やHYL法が普及した。マレーシア、インドネシアでも天然ガス・ベースのMIDREX法やHYL法プラントが稼動している。3ヶ国における還元剤供給のポテンシャルについて俯瞰してみる。

(1) 石炭

ベトナムの主な石炭は、ホンゲイ炭として知られる北部Quang Ninh省の無煙炭･瀝青炭、ハノイ南部の紅河デルタ地域の亜瀝青炭および中南部の変成岩中に産する無煙炭である（図V-6)。埋蔵量（確認分）はQuang Ninh炭田で約30億トン、紅河デルタで約5億トンと見積もられている。BP統計データ[68]によると、2007年のベトナムの石炭埋蔵量は150百万トン、生産量は41.2百万トン（世界の0.7%）であった。生産量の95%以上はVINACOMIN（ベトナム石炭鉱物工業グループ）によってコントロールされており、1995年に800万トン、2005年に3,492万トンと10年間で約4倍となった[69]。ベトナム政府はホンゲイ炭を外貨獲得のため輸出に廻し、ホンゲイ炭周辺に存在する低位品位石炭の有効活用を図ることを進めている。NEDOは2004年にVINACOAL（現VINACOMIN）とQuang Ninh地域における石炭共同探査の合意書に調印している[70]。ベトナム北部の石炭（一般炭）は還元鉄プラントの還元剤として量的にも十分利用が可能である。

マレーシアの石炭埋蔵量はマレーシア鉱物地球科学局によると、1,480百万トンで、殆どがサラワク州に賦存している。同局による地質調査以外本格的な調査は行われていない模様である。それによると大部分は低品位の褐炭と亜歴青炭からなり石炭の品位が低いこと、インフラストラクチャに欠ける内陸に分布していることから山元発電に使用する場合のみ経済性を有すると考えられている[71]。またサラワク州は森林保護を優先しており石炭資源開発は早急には進展しないものと思われる。マレーシアでは発電用エネルギー比率を2000年の天然ガス：77%、石炭：8.8%から2010年には天然ガス：55.9%、石炭：36.5%

---

[68] BP Statistical Review 2008 （以下「BP統計データ」と称する）
[69] 池永雅一(2006)ベトナムの石炭事情. JCOAL Journal, no.4, p.29-33.
[70] Focus NEDO, v.4, p.10-12.
[71] NEDO国別石炭情報マレーシア.

へと石炭の割合を増加させる方針で、輸入量が増加することになる。還元製鉄の還元剤の石炭利用は難しいものと思われる。

インドネシアの石炭は、カリマンタン島とスマトラ島に産する（図 V-7）。BP 統計データによると、2007 年のインドネシアの石炭埋蔵量は 4.328 百万トン（世界の 0.5%）（図 V-8）、生産量は 174.8 百万トン（世界の 3.4%）であった。その殆どがスマトラ島とカリマンタン島に産する。瀝青炭・亜瀝青炭が少なく低品位炭が多いといった特徴を持つ。生産量の約 65%が輸出に、約 35%が国内需要にまわされている。国内需要のうち約 65.5%が火力発電用、約 17.9%がセメント産業用に使用されている。インドネシア政府は、石油・天然ガスを外貨獲得用に廻し石炭を国内エネルギー源として活用する方針である。

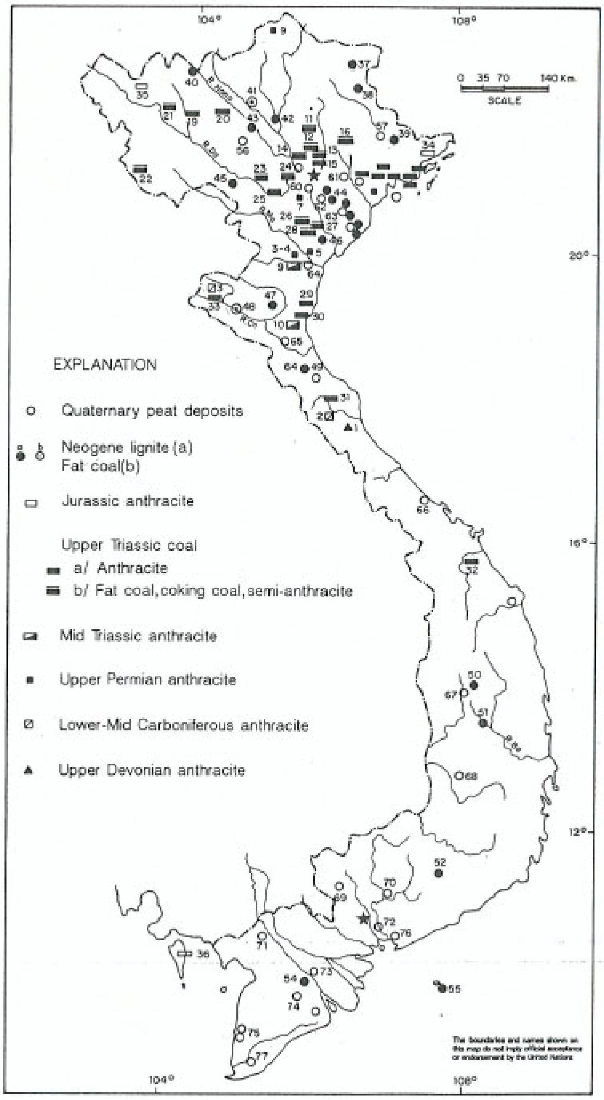


図 V-6 ベトナムの石炭分布（UN, 1990）[8]

カリマンタン島は、インドネシアの石炭埋蔵量の55%近くを有しており、2000年には全国の85%にあたる64,690千トンの石炭を生産した。石炭はカリマンタン島の東部の東カリマンタン州と南カリマンタン州に賦存している。炭質は殆どが一般炭である。石炭輸送の多くはトラックとバージで、山元から積出港までトラック輸送（図Ⅶ-6に示す炭鉱から伸びる線）、更に積出港から石炭ターミナルもしくは沖積みポイントまでバージ輸送され石炭船に積替えられ輸出されている[72]。主な積出港はBandjermasinのTrisaktiおよび東海岸のBatulicin港である。カリマンタンおよびスマトラの石炭は還元剤としての利用が可能である。

2007 年の石炭価格は、天然ガス程ではないが、図 V-9 に示すように 1998 年比 1.6～2.7倍に上昇した。ベトナムおよびインドネシア政府ともに高品質炭を輸出に廻し低品質炭の開発と国内使用を進めている。一般炭を使用する還元鉄プラントには適していると思われる。

図 V-7　インドネシアの石炭分布（NEDO 資料）[73]

[72] NEDO (2001)インドネシア・カリマンタンにおける石炭輸送適化調査. IEEJ.
[73] NEDO 国別石炭情報インドネシア.

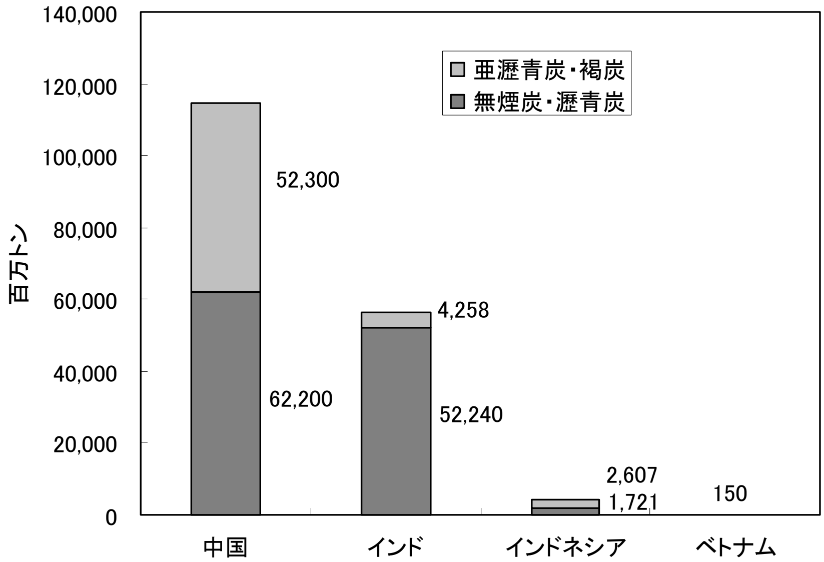


図 V-8 東アジア主要国の石炭埋蔵量（BP 統計データ [68] から作成）

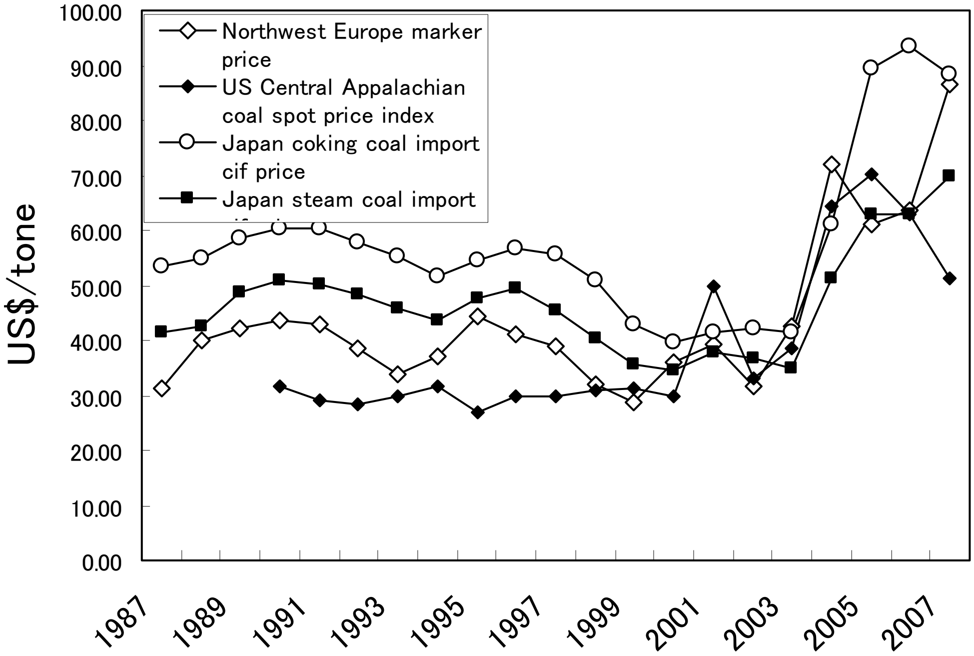


図 V-9 石炭価格の推移（BP 統計データ [68] から作成）

(2) 天然ガス

ベトナムの石油・天然ガスの本格開発は、1990 年代はじめに始まった Bach Ho（白虎）

油田の生産拡大以降である。2000 年以降に新油田が相次いで発見され世界の注目を浴びるようになったが、埋蔵量、生産量をみてもインドネシアやマレーシアに及ばない。現在 Bac Ho/Rang 油田の随伴ガス、Rang Dong/Phuon Dong 油田随伴ガス、Lan Tay/Lan Do ガス田、Rong Doi/ong Doi Tay ガス田および PM3CAA ガス田から生産されている[74]。埋蔵量は 2,200 億立方メートル（世界の 0.1%)、2007 年の生産量は 77 億立方メートル（世界の 0.3%）で前年比 10.1%の伸びを示した。しかしこれら天然ガスはベトナム南部に限られており（図 V-10）, 北部での利用は難しい。

マレーシアの天然ガスの埋蔵量は 2.48 兆立方メートル（世界の 1.4%）（図 V-11）、生産量は 606 億立方メートルである。マレーシア政府のエネルギー政策は、石油から天然ガスへの転換が最重点項目とされており、天然ガスの生産は 2007 年には 606 億立方メートルに達した。マレーシアの天然ガスの多くは石油に随伴しない構造性ガス田に賦存する。半島マレー沖の天然ガスは、パイプラインで Terengganu およびタイ経由でクアラルンプールに供給されており、Megasteel や Perwaja Steel の還元鉄プラントのように利用が可能である。一方サラワク州沖の天然ガスは殆どが LNG として輸出されているが、既述のようにサバ州 Labuan 島で Antara Steel Mills が地元の天然ガスを還元剤として MIDREX 法による還元鉄を生産している。

インドネシアの 2007 年天然ガスの確認埋蔵量は 3.00 兆立方メートル（世界の 1.4%）、生産量は 667 億立方メートル（世界の 2.3%）である。国内の天然ガスの本格的利用は 1970 年代後半に始まり、スマトラ、ジャワ、バリ島の発電、肥料、製鉄、セメント・プラントなどに供給されている。2003 年には南スマトラからシンガポールに至る海底パイプラインが完成したほかカリマンタンからジャワ島に繋ぐパイプラインも計画されている。インドネシア政府は資源温存と国内エネルギー需要拡大に対処するため日本への LNG 輸出量を今後 10 年間で現在の 1,200 万トンから 200 万トンまで大幅に削減することを決めている。PT Krakatau Steel のようにジャワ島北西部、スマトラ島での利用は可能である。

図 V-12 に示すように 2007 年天然ガス価格は 1998 年比 2.5～4.3 倍に高騰しており、PT Krakatau Steel では経営圧迫要因となっている。またマレーシア、インドネシア政府ともに天然ガスを温存させまた付加価値の高い化学製品用にシフトさせエネルギー源としての使用を厳しくする傾向があり、還元鉄プラントの還元剤としての利用については不確定要素がある。

[74] 坂本茂樹(2008) 躍進する Petrovietnam の分析とベトナム・ガス事業の展望. 石油・天然ガスレビュー, v.42, p.35-44.

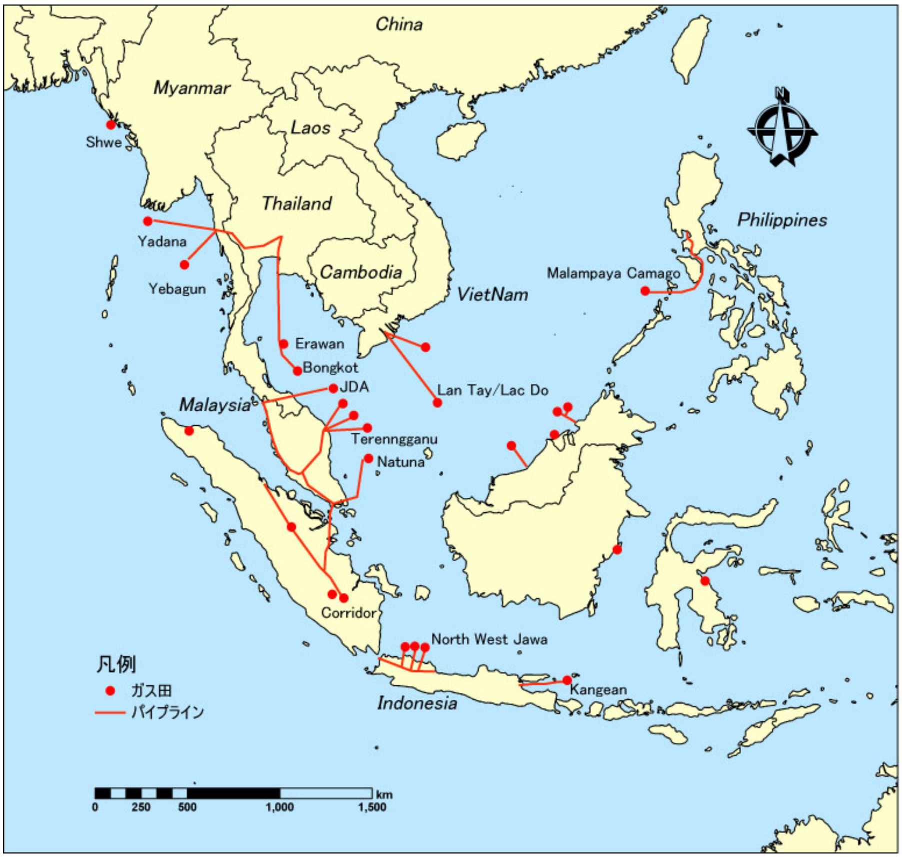


図 V-10 ベトナム・マレーシア・インドネシアの天然ガス田とパイプライン（JOGMEC 資料から作成）

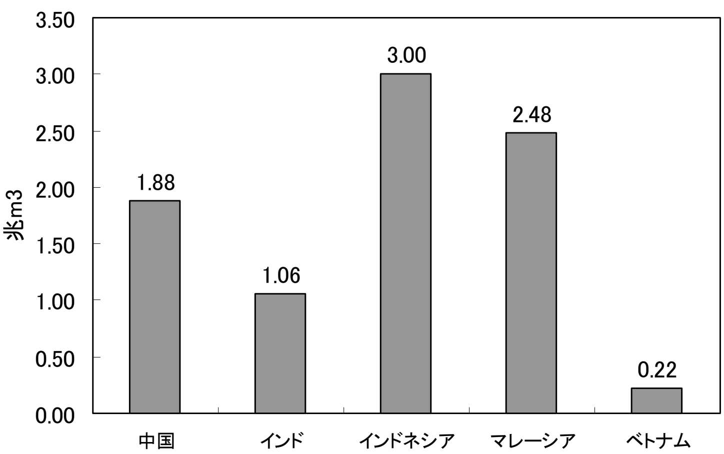


図 V-11 東アジア主要国の天然ガス埋蔵量（BP 統計データ [68] から作成）

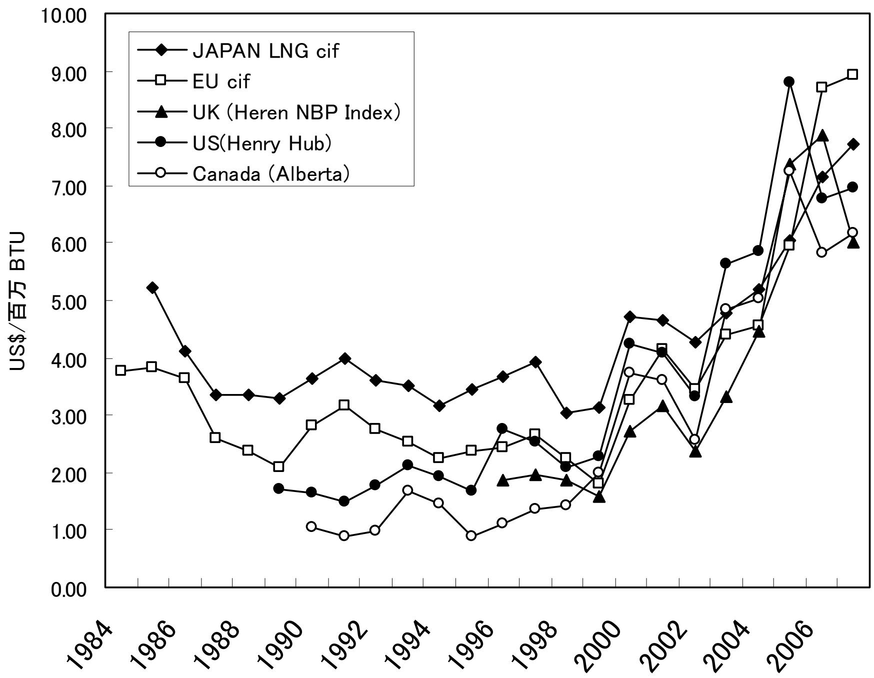


図 V-12 天然ガス価格推移（BP 統計データ [68] から作成）

Ⅵ 鉄スクラップ需給動向

2008 年前半まで鉄鋼需要・生産・価格は右肩上がりの上昇を続け、鉄スクラップの需要および価格もそれに呼応して上昇を続けてきたが世界金融危機の影響を受け 2008 年 10 月以降鉄スクラップを取巻く環境も一変した。本章では、日本鉄源協会(2008)[75]に基づき 1998 年から 2007 年までの鉄スクラップ需給状況について俯瞰するとともに、ベトナム・マレーシア・インドネシアの鉄スクラップ需給動向について紹介する。

1 世界の鉄スクラップ

2007 年世界の鉄スクラップ見掛消費量（鉄源使用量[76]—（銑鉄見掛消費量[77]＋DRI 消費量[78]））は、1998 年比 1.83 倍の 510.9 百万トンに増加した（2006 年は 434.8 百万トン）。2007 年世界の鉄スクラップの発生量（鉄スクラップ見掛消費量＋純輸出量）は未公表であるが見掛消費量と同じ傾向を示すものと思われる（2006 年は 436.0 百万トン）（図Ⅵ-1）。

2007 年の主要国のスクラップ発生量（推定）は、米国：89.3 百万トン、中国：65.1 百万トン、日本：52.8 百万トン、ロシア：30.2 百万トン、インド：27.0 千トン、ドイツ：24.7 百万トン、韓国：21.9 百万トン、イタリア：21.3 百万トンであった。輸出入バランスを見てみると、2007 年の輸入が輸出の 3 倍以上あった国は、イタリア、スペイン、トルコ、中国、インド、インドネシア、韓国、マレーシア、台湾、タイである。特にトルコは 10,499 千トンと世界最大の輸入国である。これに対し輸出が輸入の 3 倍以上あった国は、イギリス、チェコ、ポーランド、ルーマニア、ロシア、ウクライナ、米国、南アフリカ、日本、オーストラリアである。中国、韓国、イタリア、スペイン、トルコは、国内発生量も多いが消費も多く、輸入への依存も多いという特徴を持つ。中国では、国内発生量および消費も年を追って増加しているが、2007 年の消費量に占める輸入量の割合は 5%と少ない。またトルコでは、粗鋼生産のうち転炉以外の生産の割合が 73.5%（2006 年）と多く、電気炉で鉄スクラップを鉄源として粗鋼を生産していることによる。

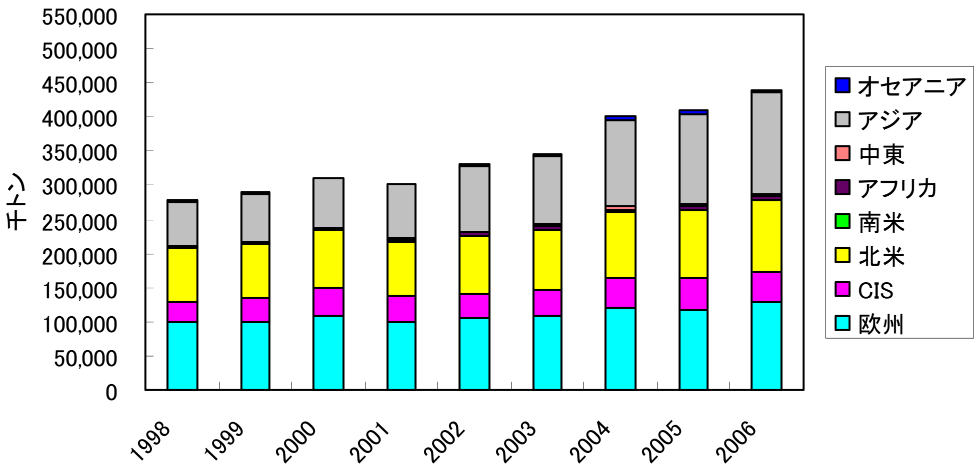
我国の鉄鋼蓄積量[79]は 12.9 億トンを超えており、鉄スクラップ供給の潜在能力は大きく、計算上の自給率は 100%を超えている。国内の鉄スクラップ消費は増加を続け、2007 年には前年比 4.2%増の 53 百万トン[80]に達した。鉄スクラップは主に電気炉で溶解して粗鋼を生産していたが、近年高炉メーカーも環境対策の一環として転炉で鉄スクラップの処理を増やし、2007 年電気炉での処理が前年比 3.2%増の 32.0 百万トンであったのに対して、転炉で

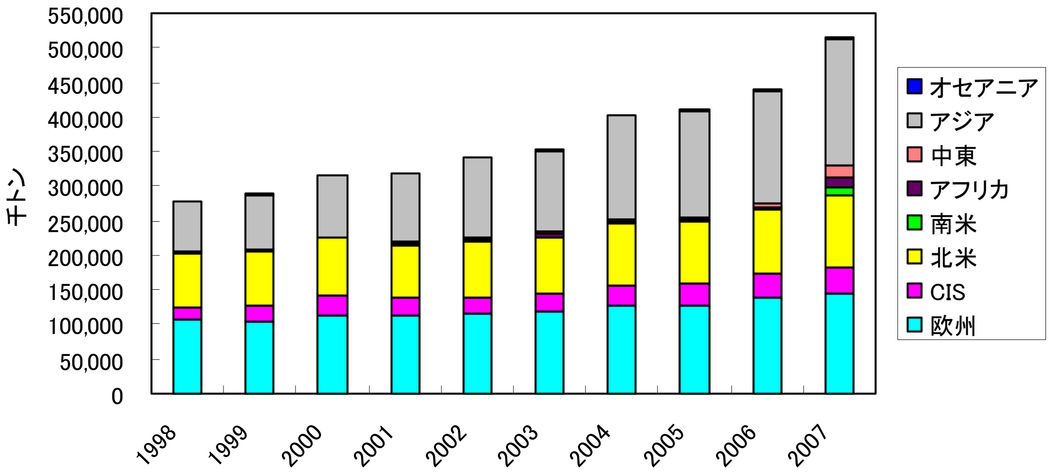
---

[75] 日本鉄源協会(2008)世界の鉄スクラップ需給動向—現状と展望—. 148p.
[76] 粗鋼生産量×1.1
[77] 銑鉄生産＋銑鉄輸入—銑鉄輸出
[78] 還元鉄生産量
[79] 日本鉄源協会(2009)鉄源年報第 19 号. 107p.
[80] 日本鉄源協会(2009)クォータリーてつげん. v.39, 36p.

は 11%増の 12.4 百万トンとなった。内需の増大は輸出にも現れており、日本からの輸出は、1997 年の 2.3 百万トンから 2006 年の 7.7 百万トンに増加したが、2007 年の輸出は前年比 15%減の 6.4 百万トンに減少した。

発展途上国の多い東アジア諸国では鉄鋼蓄積量が日本に比べて少なく、中国およびインドは別にして、鉄鉱石の生産も少ないことから、自国の産業維持発展のためには、銑鉄もしくは還元鉄の生産量が変化しないとすると、鉄源として電気炉で処理できる鉄スクラップを海外から輸入して粗鋼を製造するか、半製品を輸入して加工する方法しかない。こうした発展途上国では日本の鉄スクラップ市況動向が影響を与えることになり、また逆に周





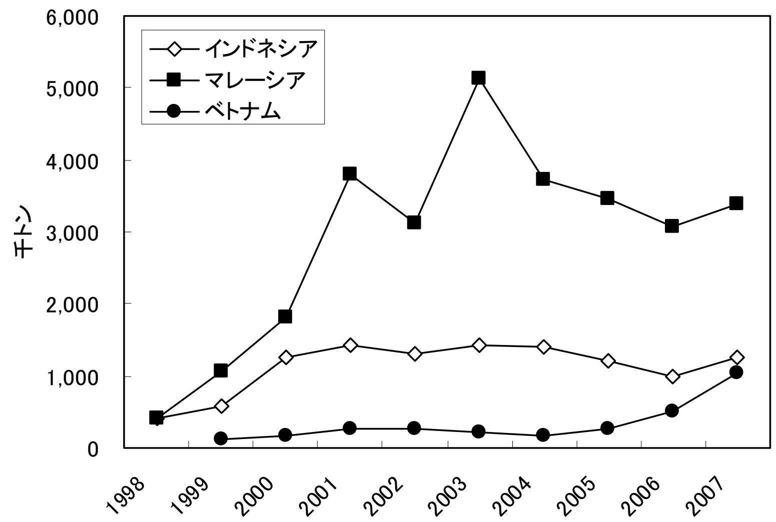
図VI-1 上：2007 年世界の鉄スクラップ発生量

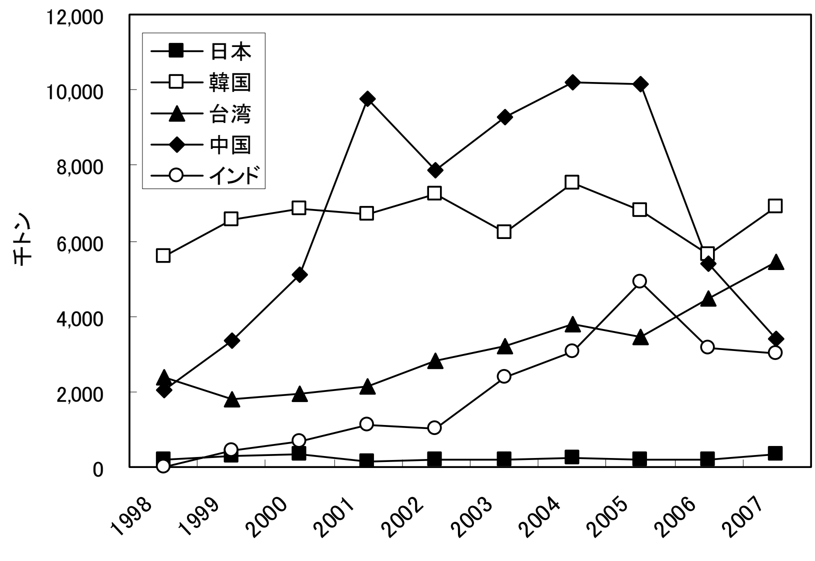
下：2007 年世界の鉄スクラップ見掛消費量

(日本鉄源協会(2008)[75]から作成)

辺国で粗鋼増産のための鉄スクラップの需要が高まれば、我国の鉄スクラップ・マーケットにも影響が出る恐れがある。図VI-2 にアジア主要国の鉄スクラップ輸入推移を示した。

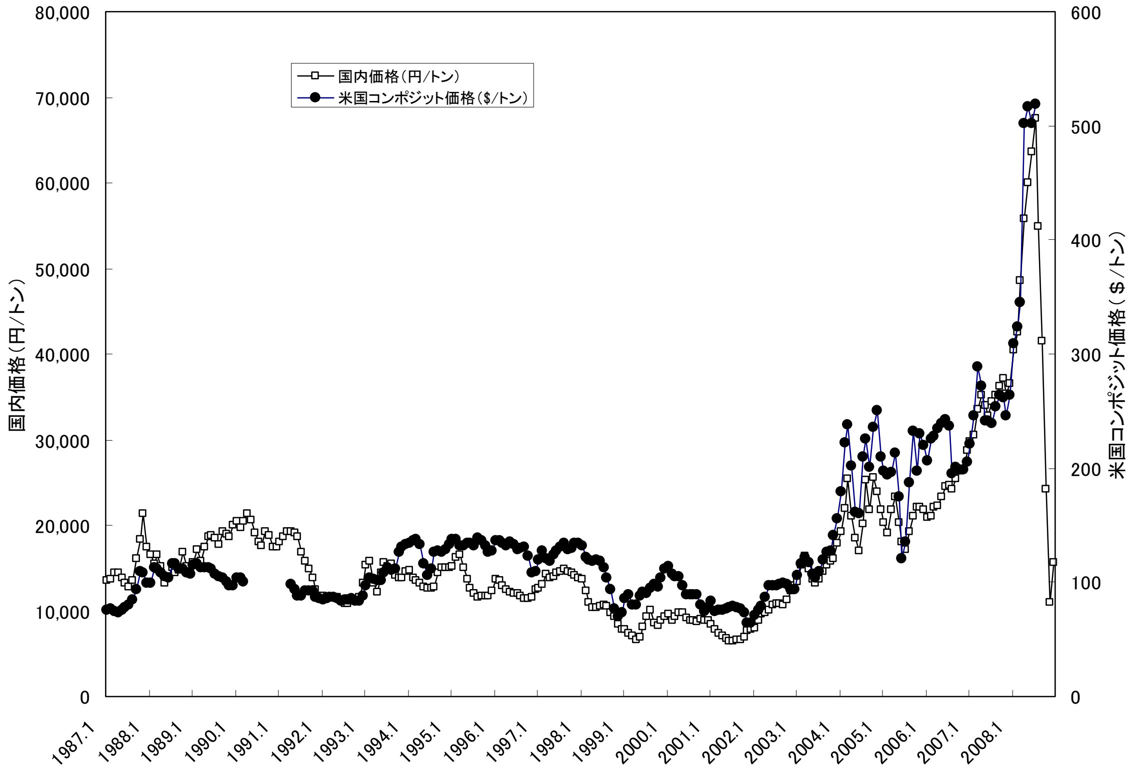
鉄スクラップ価格は、スクラップ消費国の需要、輸出価格や電気炉メーカーの生産量により細かく変動する。図VI-3 に示すように国内炉前価格（H2 ベース）は、1981 年以降概ね低下傾向にあり、2001 年夏場には 6,000 円/トン台まで下がったが、それ以降需要の増





図VI-2　上：ベトナム・マレーシア・インドネシアの鉄スクラップ輸入推移
下：日本・韓国・台湾・中国・インドの鉄スクラップ輸入推移
(SEAISI 統計データ[30]から作成、縦軸の値か上下図異なる点に注意)

大で、供給がタイトになり、2008 年 7 月には一時 70,000 円/トンまで上昇した（その後 2008 年 12 月には 14,000 円/トン台まで急落)。米国コンポジット価格もこの間ほぼ同じ傾向を辿っている。



図Ⅵ-3　鉄スクラップ国内価格および米国コンポジット価格推移（日本鉄源協会(2008)[75] から作成）

2 鉄スクラップ需給動向

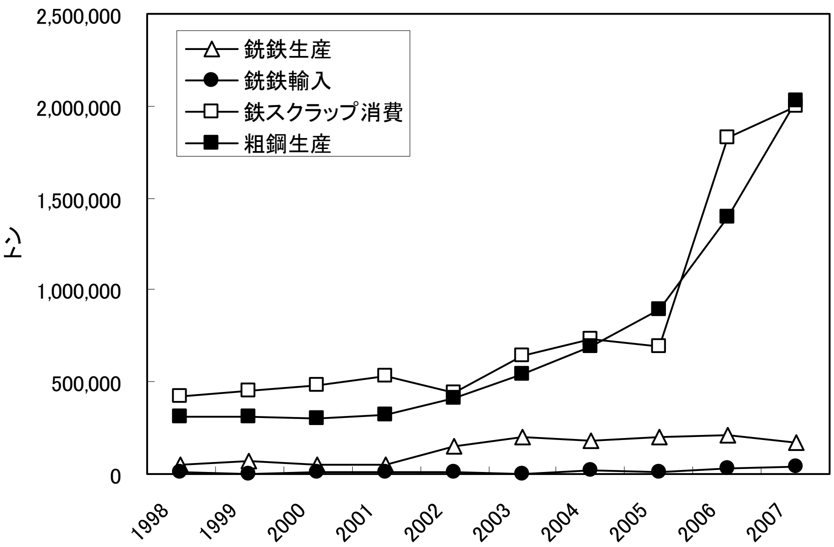
(1) ベトナム

SEAISI 統計データによると、ベトナムの鉄鋼業における鉄スクラップ消費は、1998 年の 462 千トンから 2005 年の 694 千トンと推移してきたが、2006 年、2007 年に大幅に増加し、それぞれ 1,830 千トン、1,995 千トンとなった。

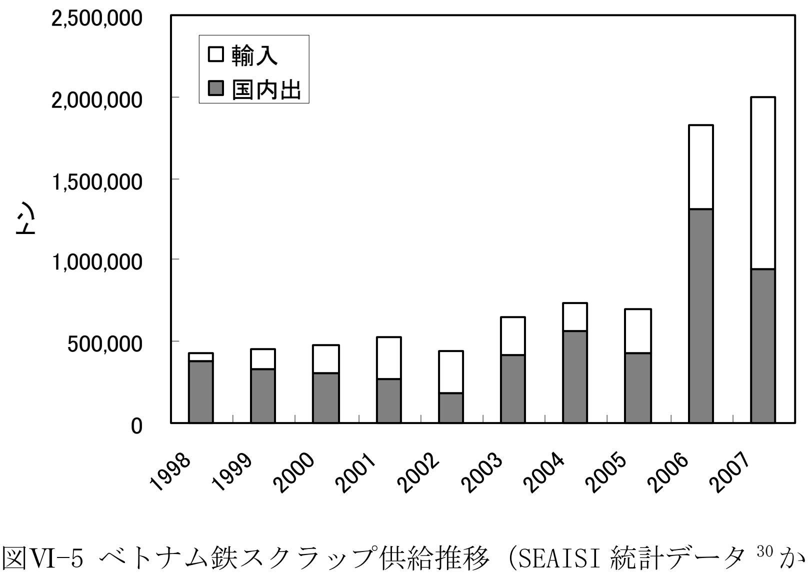
ベトナムの鉄鋼業構造は既述のように、2002 年頃までは、国内粗鋼生産量が限られており、主に輸入ビレットを条鋼類に加工、一方鋼板類は半製品の鋼板類を輸入して加工するスタイルをとってきた。1998 年の粗鋼生産量は僅か 306 千トンであったが、2003 年以降国内の鉄鋼需要の拡大に伴って増加し、2007 年には 1998 年比 6.6 倍の 2,024 千トンとなった。鉄源の一部となる国内産銑鉄は中国製のミニ高炉から生産されるが、2007 年でも 170 千トンに過ぎず、大幅に増大した粗鋼生産は鉄スクラップによるもので、2006 年、2007

年と粗鋼量の増大と呼応して鉄スクラップの消費が増加している（図VI-4）。また 2007 年鉄スクラップ使用量原単位（鉄スクラップ消費量/粗鋼生産量）は 986kg/t であった。

粗鋼生産の急増から判るようにベトナムでは、電気炉への新規投資が目立っており、今後さらに鉄鋼需要が伸びた場合､鉄源として鉄スクラップの需要は増加することになるが、現在 TISCO 小型高炉の拡張や、Hoa Phat など地元企業によるミニ高炉建設が進められており､これらが操業を開始すれば当面鉄スクラップ需要の更なる増加はないものと思われる。

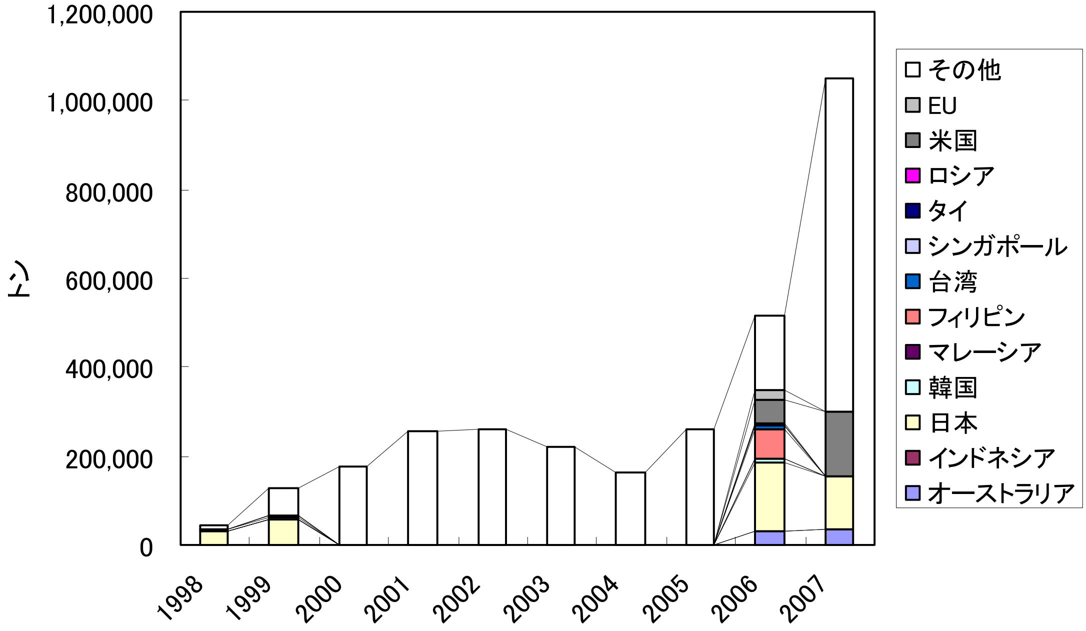


図VI-4 ベトナム粗鋼生産・鉄スクラップ消費・銑鉄輸入・銑鉄生産推移（SEAISI 統計データ [30] から作成）



図VI-5 ベトナム鉄スクラップ供給推移（SEAISI 統計データ [30] から作成）

2006年の鉄スクラップ供給は1,830千トンで国内出が1,316千トン、輸入が514千トン、輸入依存割合（輸入/国内需要）は27.9%、2007年には鉄スクラップの供給は1,995千トンで、国内出が944千トン、輸入が1,050千トン、合計1,995千トン、輸入依存割合（輸入/鉄スクラップ消費）は52%となった（図VI-5)。輸入の国別数量についてはデータが限定されているが、図VI-6に示すように日本、米国からが多い。



図VI-6 ベトナム鉄スクラップ輸入先・輸入量推移（SEAISI 統計データ [30] から作成）2000年から2006年は輸入先が記載されていないためその他とした

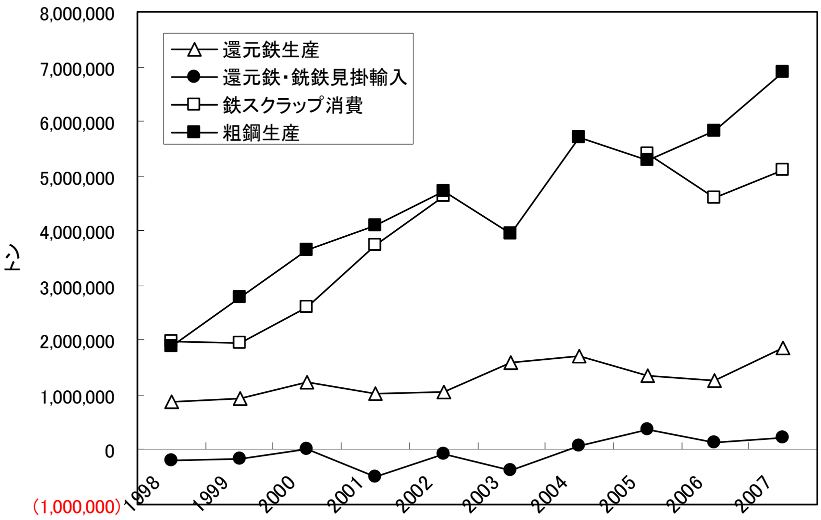
ベトナムでは、1994年に施行された環境保護法により鉄スクラップの輸出入が禁止されたが、鉄鋼メーカーからの提訴により、2004年にリサイクルが可能な再生資源として輸入が認められ、更に2005年に改正された環境保護法では、スクラップヤードと鉄スクラップ加工設備を持つ鉄鋼メーカーのみ鉄スクラップの輸入が可能となった。

2008年7月にも、タインロイ鉄鋼株式会社がイタリアから輸入しダナン港に陸揚げされた鉄スクラップ434トンから、許容基準値を超える高濃度の砒素:4,822mg、水銀:6,795mg、セレン：9,573mg が検出された。中部ダナン人民委員会は最終的にスクラップに紛れ込んでいた廃棄物を除去し鉄スクラップとして利用可能との判断を示した[81]。

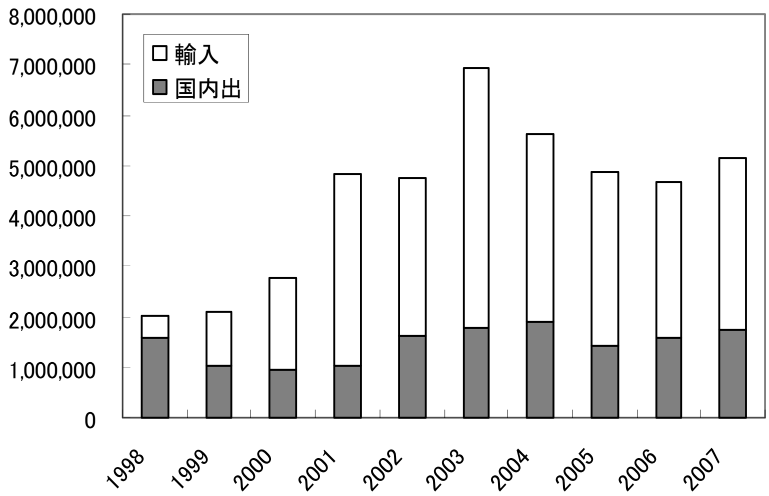
[81] 2008年8月22日付け日刊ベトナムニュース

(2) マレーシア

SEAISI 統計データによると、マレーシアの鉄鋼業における鉄スクラップ消費は、1999 年以降増加し、2005 年 5,420 千トン、2006 年 4,612 千トン、2007 年 5,105 千トンと推移し、2007 年は 1998 年比 2.6 倍となった。マレーシアではインドネシアと同様に国内に高炉がなく還元炉－電気炉で粗鋼を生産しており、鉄源は還元鉄、鉄スクラップおよび輸入銑鉄である。粗鋼生産量は、1998 年の 1,903 千トンから 2007 年の 6,895 千トンまで、ほ

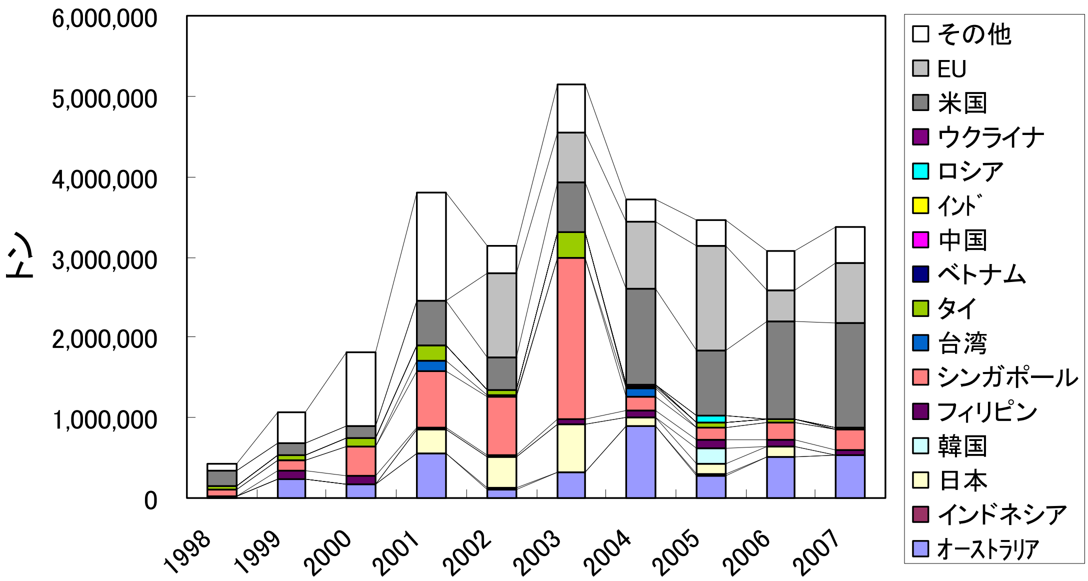


図VI-7　マレーシア粗鋼生産・鉄スクラップ消費・還元鉄&銑鉄見掛輸入・還元鉄生産推移（SEAISI 統計データ [30] から作成）2003 年・2004 年データ欠如。



図VI-8 マレーシア鉄スクラップ供給推移（SEAISI 統計データ [30] から作成）

ぼ右肩上がりに増大し、2007 年の生産量は 1998 年比 3.2 倍の 6,895 千トンとなった。還元鉄は、Lion グループ傘下の Megasteel、Antarasteel Mills および Perwaja Steel の 3 社の還元鉄プラントから生産される(但し Megasteel の還元鉄プラントは 2007 年時点では建設中で生産量には含まれない)。1998 年から 2007 年の間の生産量は 878 千トンから 1,872 千トンの間で変化しており、2007 年は 1998 年比 2.1 倍の 1,872 千トンとなった。還元鉄＋銑鉄の見掛輸入量は、2003 年まではマイナスすなわち輸出に回されていたが、2004 年以降プラスとなり、2007 年には 213 千トンが粗鋼生産に使われたことになる。還元鉄生産量と見掛輸入量には大きな変化はないが、粗鋼生産が増加した分鉄スクラップの消費が増加した（図VI-7)。



図VI-9 マレーシア鉄スクラップ輸入先・輸入量の推移（SEAISI 統計データ [30] から作成）

鉄スクラップ供給は 2001 年以降、2003 年には輸入ものの増加により 6,936 千トンを記録したが、概ね 4.7 百万トンから 5.6 百万トン台で推移している。2003 年は粗鋼生産量が 3,960 千トンと少ないにも関わらず輸入が増大しているが、その理由ははっきりしない。国内出スクラップは、1.0 百万トンから 1.8 百万トンで推移している。このうち自家発生鉄スクラップの内訳ははっきりしないが、マレーシアは他の 2 ヶ国に比べて粗鋼生産量が多く、川下工程が長いことから、粗鋼生産量の 15%とすると、1,034 千トンとなる。なお 2007 年鉄スクラップ使用量原単位（鉄スクラップ消費量/粗鋼生産量）は 740kg/t であった。

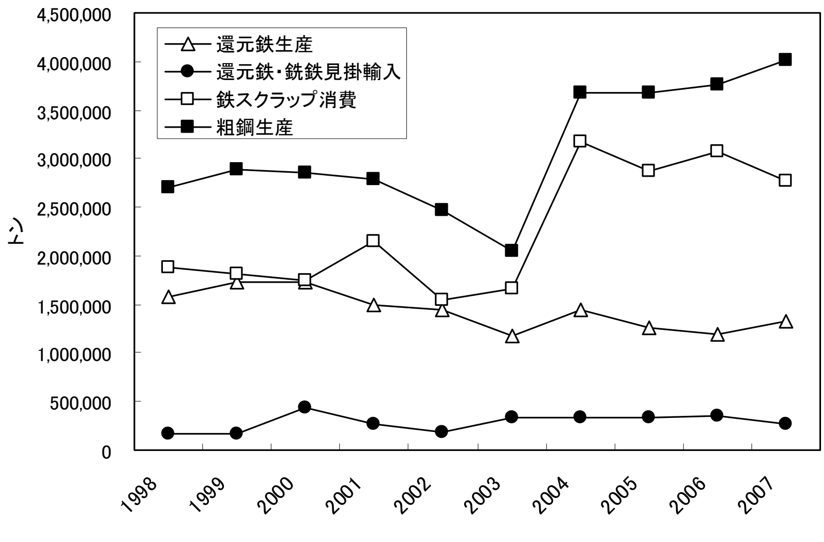
輸入鉄スクラップは 2001 年以降、2003 年を除けば、概ね 3 百万トン台で推移している。

2007 年の供給は 5,134 千トンで、国内出 1,750 千トン、輸入 3,384 千トン、輸入依存割合（輸入/国内需要）は 66.3%であった（図Ⅵ-8）。輸入依存割合は 3 ヶ国で最も高い。

輸入先は米国が最大で、EU、オーストラリアと先進国に依存する。この傾向は 2001 年から続いている。シンガポールからも輸入しており、2003 年には 1,995 千トンを輸入した（図Ⅵ-9）。

(3) インドネシア

SEAISI 統計データによると、インドネシアの鉄鋼業における鉄スクラップ需要は、1998 年から 2003 年までは、1,545 千トンから 2,150 千トンで推移していたが、2004 年以降は約百万トン増え 3 百万トン前後となり、2007 年には 1998 年比 1.47 倍の 2,763 千トンとなった。インドネシアではマレーシアと同様に国内に高炉がなく、還元炉—電気炉で粗鋼を生産しており、鉄源は還元鉄と鉄スクラップである。粗鋼生産量は、1998 年から 2003 年までは、2,042 千トンから 2,891 千トンで推移していたが、2004 年以降増加し、2007 年には 1998 年比 1.49 倍の 4,016 千トンとなった。還元鉄は PT Krakatau Steel の HYL 炉から生産されており、生産量は 1.2 百万トンから 1.7 百万トン台で推移しており、2007 年生産量は 1,321 千トンで 1998 年比 16%減となった。還元鉄＋銑鉄の見掛輸入量は 165 千トンから 431 千トン推移しており、2007 年の見掛輸入量は 1998 年比 1.7 倍の 274 千トンであった。還元鉄生産量と見掛輸入量は余り大きく変化していないが粗鋼生産が増加した分鉄スクラップの需要が増加した（図Ⅵ-10）。なお 2007 年鉄スクラップ使用量原単位（鉄スクラップ

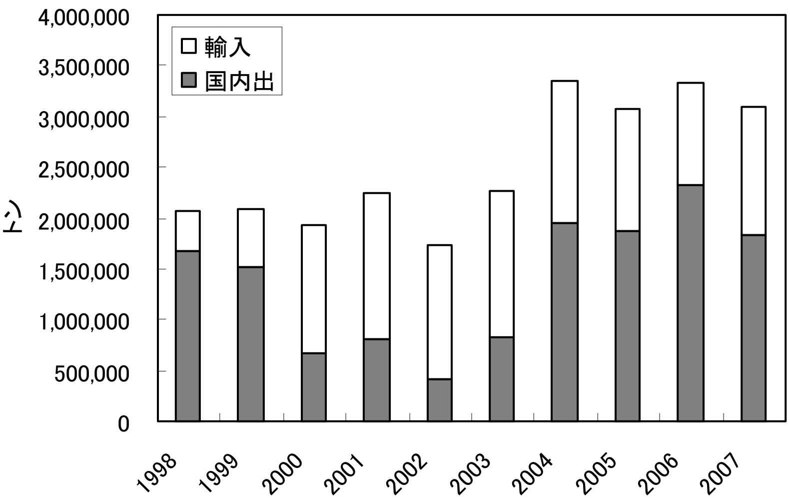


図Ⅵ-10　インドネシア粗鋼生産・鉄スクラップ消費・還元鉄&銑鉄見掛輸入・還元鉄生産推移（SEAISI 統計データ [30] から作成）。

消費量/粗鋼生産量）は 688kg/t であった。

2007 年の鉄スクラップ供給は 3,095 千トンで、国内出 1,835 千トン、輸入 1,260 千トンであった。輸入依存割合（輸入/国内需要）は 46%となった（図VI-11)。マレーシアでは国内からの供給がほぼ一定しているのに対して、インドネシアでは、輸入がほぼ一定し、国内供給が変化しており、国内からの供給が 2000 年から 2003 年にかけて減少し、それ以降増加した。1,000 千トン/年以上の輸入先はオーストラリアを筆頭に、米国、フィリピン、シンガポールと続く。輸入の推移を見てみるとオーストラリアおよびシンガポールからほぼコンスタントに輸入している。日本からの輸入は 2002 年の 228 千トンを最大とし、2007 年には 8 千トンに減少している（図VI-12)。

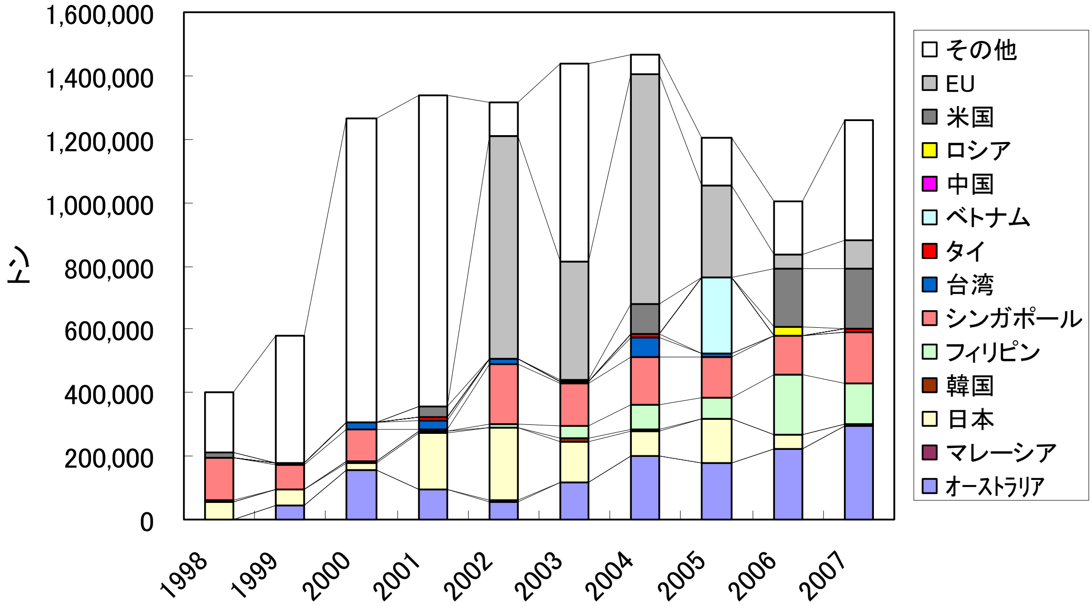
粗鋼需要が増大すれば、PT Krakatau Steel などで計画されている高炉が操業を開始するまで、還元鉄の供給が限定されるため、鉄スクラップの需要は更に増大することになる。



図VI-11　インドネシア鉄スクラップ供給（(SEAISI 統計データ [30] から作成)

(4) ベトナム・マレーシア・インドネシアを中心とした鉄スクラップの流れ

日本鉄源協会(2008)によると、鉄スクラップ輸出の可能な国は、米国、日本、ロシア、ドイツ、フランス、イギリス、ウクライナと推定している。3 ヶ国では、既述のように米国、EU、オーストラリア、シンガポールからの輸入が多く、2007 年には、米国から 1,633 千トン、EU から 932 千トン、オーストラリアから 852 千トン、シンガポールから 397 千トンが輸入された。米国の全輸出量が 16,642 千トンであることから約 10%が 3 ヶ国に輸出され、オーストラリアは全輸出量が 1,501 千トンで、57%が 3 ヶ国に輸出された。なお日本からの輸入は 132 千トンで、日本の輸出量の 2%に過ぎない。シンガポールからの輸入はシンガポール国内発生スクラップかどうか不明である。



図VI-12　インドネシア鉄スクラップ国別輸入推移（SEAISI 統計データ[30]から作成）。

Ⅶ インフラ整備状況と鉄源開発のためのインフラ検討

本章では、ベトナム、マレーシアおよびインドネシア 3 ヶ国における一般インフラ整備状況を紹介するとともに、鉄鉱床開発、還元鉄プラント建設、我国への還元鉄輸出を前提とした鉄鉱床地帯のインフラ整備状況および新たなインフラ整備の可能性について検討を行う。なお検討にあたっては鉄鉱床地帯のなかに開発対象とする鉄鉱床を想定する。

1 ベトナム

(1) 一般インフラ整備状況

ベトナムは、1986 年に社会主義に市場経済システムを取り入れた「ドイモイ（改革・開放)」政策をスタートさせ、ベトナム戦争の荒廃の中から、ドナー国の支援を受けつつ国内の投資環境整備を行い成長してきた。1995 年には ASEAN に加盟し、東アジアの新興工業国の仲間入りを成し遂げ、2007 年 1 月には WTO に加盟した。しかしながら、経済力のある近隣のタイ、マレーシアおよびシンガポールと比べると道路、電力、港湾といったインフラの整備は未だに大幅に遅れている状況にある。なお本項は国際協力銀行発行の「ベトナムの投資環境[82]」等を参考にして取りまとめた。ベトナム全域の主なインフラを図Ⅶ-1 に示す。

① 道路

ベトナムの道路網は、総延長約 21 万 km で、次のように区分される。図Ⅶ-1 に主要幹線を示す。

・国道：総延長 15,381km、舗装率 97,14%。このうち国道 1 号線はハノイ-ホーチミン間(延長約 1,800km、片道 5～6 日間)を結ぶ主要幹線で、世界銀行、アジア開発銀行や我国の円借款により高速道路整備計画が進められている。ハノイ以北は、ハノイから約 150km の Lang Son 市を経て更に北東約 20ｋｍの中国国境で中国南友高速道路（南寧―友誼関延長約 180km、片側 2 車線）と連結する。ハノイ一南寧間は約 5 時間で結ぶ。このルートは「中越物流」とも称され、中国華南地方とベトナムの物流の動脈となっている。国道 5 号線はハノイ-ハイフォン間（延長約 130km、片道 2 時間）の高速道路で、国道 18 号線は、ハノイ-ホンゲイ（カイラン）間（延長約 160km、片道 3 時間）を結んでいる。
・州道：延長 17,449km、舗装率 71.94%
・地方道路：延長 36,372km、舗装率 59.23%。
・共同体道路：延長 131,455km、舗装率 42.12%
・都市道路：延長 3,211km、舗装率 100%

[82] 国際協力銀行中堅・中小企業支援室（2008）ベトナムの投資環境. 258p.

図Ⅶ-1 ベトナムの主なインフラ

また周辺国との物流促進のため第一東西回廊（ダナン港—ミャンマー・モーラミャイン港間、延長約 1,450km）、第二東西回廊（ホーチミン-バンコク間、延長約 900km）、および中越物流といった物流ルートが設定され、物流インフラが整備されつつある（図Ⅶ-1）。南北回廊(昆明—バンコク)に繋がる昆明—ハノイ間と中越物流ルートは整備が進みつつあり、国際物流も活発化している。

② 鉄道

ベトナムの鉄道網は、ハノイをハブとする 5 路線とケプを基点とする 2 路線があり総延長 2,525km に及ぶ（図Ⅶ-1）。北部 2 線は中国側軌道と連結する。いずれも狭軌（メートルゲージ)、単線、無電化ディーゼル機関車牽引で設備の老朽化が進んでいると言われている。ベトナム鉄道公社（VNR: Vietnam Railways）が運行・管理を行っている。2002 年の輸送実績は 6,075,350,000 トン・km。主要路線は以下のとおり。

・ハノイ-ホーチミン線：延長 1,726km、所要時間旅客約 30 時間、貨物約 60 時間、10 数本/日運行している。
・ハノイ-ハイフォン線：延長 102km、所要時間約 2 時間、9 往復/日運行しており、旅客輸送が多い。
・ハノイ－ドンダン線：延長 163km、所要時間約 3 時間、中国との国際列車が 2 往復/週運行しており、南寧、桂林、北京につながる。ハノイ北部のエンビエンから中国までは中国標準軌である 1,435mm ゲージが敷かれ 3 線軌道となっている。
・ ハノイ-ラオカイ線：延長 296km、所要時間約 10 時間、5 往復/日運行、ハノイ一昆明間の国際列車が 2 往復/週運行している。本線では、ベトナム側には中国標準軌は敷設されてないが中国側にベトナムのメートルゲージが昆明まで敷設されている。

③ 港湾

ベトナムの海岸線は約 8,260km あり、多くの港湾が存在する（図Ⅶ-1）。2006 年貨物取扱量は最大のサイゴン港（新港を含む）で 33 百万トン（国内全取扱量の約 30%）、サイゴン港に続くハイフォン港で 11 百万トン（約 11%）であった。サイゴンにはサイゴン港、サイゴン新港、ベンゲ港があるが、河川港のため最大 3 万トンクラスの船舶しか入港出来ない。このため、現在新港を建設中である。ハノイ市東方のトンキン湾には、ハイフォン港、ホンゲイ（カイラン）港およびカムファ港（石炭専用）がある。ハイフォン港は、河川港で 4 万トンクラスの船舶しか入港できないため大型船用の新たなバースが建設されている。ホンゲイ港は、国際商業港として建設され、大型船舶の着岸が可能となっている。
海上輸送所要日数は、日本への直行便で 6 日を要する。またシンガポール、香港経由で 8 日～11 日を要する。

④ 空港

ベトナムには、ハノイ空港、タンソニャット空港（ホーチミン市）およびダナン空港の

3ヶ所の国際空港がある。2009年1月時点で日本を結ぶ路線は、ホーチミン-成田、ハノイ-成田線で、43便/週がある。所要時間は約6時間である。

⑤ 水運

ベトナムでは北部の紅河デルタと南部のメコンデルタで運河が発達しており、前者では2,500kmの水路が、後者では4,500kmの水路が発達する。水位は紅河デルタで10m、メコンデルタで5mあるが乾期（10月～4月）の水位低下、雨期（6月～8月）の洪水により運行不可能となることもある。

⑥ 電力

ベトナムの電力は国営企業である電力公社（EVN）により運営（発電所、地域送電会社、給電指令所）されており、傘下の地域配電会社に売電している。2005年時点での発電設備は11.3百万KWの能力を持っているが予備電力は18%と僅少。電力エネルギー源構成（2004年）は水力：38.2%、石油・天然ガス：32.2%,石炭：15.2%、石油：1.4%、IPP（独立系）：13.0%、地域別構成は北部：38%、中部：10%、南部：52%である。特に北部は約65%を水力に依存している。近年の経済発展に伴って電力需要は増大しており、毎年17-20%の伸びを示している。このため供給が追いつかず、電力不足が深刻化してきている。ピーク時に必要な電力の20-25%が不足していると言われている。水力発電の割合が大きい北部では天候の影響を受けやすく、渇水による電力不足が深刻で、中国雲南省からの買電が急増している。ベトナム政府は工業団地への供給を優先しており、団地内では障害は起きてないが、団地外では頻繁に停電が起こっている。クアンニン（石炭、北部）、カマウ（ガス、中部）、ニョンチャック（石炭、南部）等で新たな火力発電所の建設が計画されているほか、将来原子力発電所建設も検討されている。

⑦ 通信

ベトナムの通信分野（固定通信、移動体通信およびインターネット）は、東南アジアの中では、シンガポール、マレーシア、タイに次ぐ普及率と技術レベルにある。固定通信は、ベトナム郵政通信総公社(VNPT)、ベトナム軍隊通信総公社(Viettel)、ENV Telecom、サイゴンポステル（SPT)、ハノイ Telecom およびFPT Telecomがある。

移動体通信は、Vina Phone(VNPT系列)、Mobile Fone(VNPT系列)、Vettel Mobile(Viettel系)、VP Telecom (EVT Telocom系列)、S-Telecom(SPT系列)およびハノイ Telecom(ハノイTelecom系)がある。2005年の普及率は10.68%である。

インターネットは都市部ではかなり普及している。ADSLの普及率は決して高くなくまた通信スピードは速いとはいえない。プロバイダーはVDC（郵政通信系)、FPT、Vittelなどがある。今後更に普及が広がるとともに通信環境も改善されてくると思われる。

⑧ 工業団地・経済区・輸出加工区

全国に工業団地183ヶ所、面積43,687haおよび経済区11ヶ所、面積560,000haを設け

優遇策を講じている。経済区のなかには、Ha Tinh 省の Thach Khe 鉄鉱山開発、金属加工複合施設を含むブンアン経済区、Quang Ngai 省の鉄鋼、製油、化学工業を中心とした経済区などがある[83]。ちなみにハノイの工業団地の価格は 41.80-75.00US$/m^2、電力料金 0.049-0.056US$/kwh[84]。

⑨ 国家開発計画

現在「社会・経済開発戦略 2001-2010」および「社会・経済開発 5 ヶ年計画 2006-2010」を実施中であるが、その中で北部内陸および山岳地帯では交通インフラ整備を重点とし、ハノイと国境地帯を結ぶ軸の強化、経済発展のために鉱物資源など各地域の優位性を活用することが謳われている[85]。

(2) 北西部鉱床地帯のインフラ整備状況と鉄源開発のためのインフラ検討

ベトナム北西部は、中国華南経済圏とハノイを中心とする北部ベトナムとの中間部に位置しており、銅(Sin Quyen)をはじめレアアース(Don Pao)、鉄(Quy Xa)などの鉱物資源に恵まれているが、これまで開発が遅れてきた。「社会・経済開発戦略 2001-2010」および「社会・経済開発 5 ヶ年計画 2006-2010」にもあるようにベトナム政府もインフラ整備に力を入れており、2008 年 10 月には北西部 6 省で肥料工場の建設など、約 50 兆ドン（3,060 億円相当）の投資案件が認可された。一方中国雲南省も貿易パートナーとしてベトナムを重要視し、昆明からラオカイまでの 400km の高規格道路が竣工している。また両国は中国・紅河―ベトナム・ラオカイ経済協力区を設定し経済交流を活発化させている[86]。当地域の鉄鉱床は、ベトナムの鉄鉱床地帯のうちの一つで、紅河沿いにラオカイからエンバイ南方にかけて分布する。これまで発見されている最大の鉄鉱床は、2008 年から操業を開始した Quy Xa 鉱床（鉱量 1.12 億トン）である。

図Ⅶ-2 に示すように Quy Xa と Yen Bai（エンバイ）の中間付近に埋蔵量 5 百万トンクラスの鉄鉱床を想定、石炭ベースの還元鉄プラントを港湾都市ハイフォン郊外に建設、還元鉄を日本に輸出するものとして以下にインフラ整備について検討する。鉱石運搬、還元鉄プラント立地、電力供給、還元剤となる石炭の確保、還元鉄輸出のための港湾施設建設が課題となる。

---

[83] 2008 年ベトナム投資セミナーベトナム計画投資省副大臣　カオ・ビエット・シン「ベトナムの投資環境」資料.

[84] 2008 年ベトナム投資セミナーベトナム投資計画省外国投資庁シニアアドバイザー　市川匡四郎 講演「ベトナムの投資環境」資料.

[85] 国土交通省国土計画局(2007)平成 18 年度諸外国の国土政策分析（その 3）－ベトナムの国土政策事情― 68p.

[86] 畢世鴻(2008)中国雲南省とライス、ミャンマー、ベトナム国境地帯の経済活動. 石田正美編「メコン地域開発研究―動き出す国境経済圏」. アジア経済研究所調査研究報告書, p.181-214.

図Ⅶ-2 ベトナム北西部鉄鉱床地帯のインフラ

① インフラ整備状況

北西部の物流システムは、概況で紹介したとおり、北西—南東に伸びる地形を反映して、ハノイからラオカイに至る国道 2 号線・32 号線と両都市間を結ぶ鉄道（ハノイ－ラオカイ線）が骨格となる。

・道路:エンバイ以遠では標高 1500m～3000m の山岳地帯になり一段と整備状況が悪くなる。また下流では雨期に冠水して通行が不可能になることが多く、橋梁も架け替えを要するものが多い。ベトナム交通運輸省は、2008 年 9 月にハノイ-ラオカイ間 245ｋｍの高速道路建設を承認した。このプロジェクトには、アジア開発銀行が 9,600 億ドルの融資を行うことになっている。ハノイ-ラオカイ間は、現在国道 2 号線（ハノイ-ドンハン間）と国道 32 号線（ドンハン-ライオイ間）で結ばれており（図Ⅶ-2)、10 時間以上を要しているが、高速道路が完成すればハノイ-ラオカイ間が 3 時間で結ばれ、更にハノイ-昆明間が 24 時間で結ばれることになる[87]。

・鉄道：ベトナム鉄道公社(VNR)が所有するハノイ－ラオカイ線（ラオカイ鉄道）(図Ⅶ-2）は、フランス植民地時代の 1905 年に開通した歴史の古い鉄道で、メートルサイズの軌道とディーゼル機関車による牽引方式で、しかも機関車は東ヨーロッパ製の古いものが使われており、路線も含め老朽化が目立つ。VNR は D12E(40,000 馬力）42 輌をはじめ 302 輌のディーゼル機関車を所有する。ハノイ-ラオカイ線は、5 往復/日の列車が運行されており、所要時間は約 10 時間である。本線の 1998 年の鉄道輸送実績は貨物 1,635 千トン/年、旅客 2,008 千人/年と少ないが、下記の改修により輸送能力がアップされる予定である。ベトナム政府は、2007 年に約 1.6 億ドルを投資して改修工事に着手、2012 年に完了する予定である[88]。この費用のうち、アジア開発銀行が 6,000 万ドル、フランス政府が 8,000 万ドルの借款を供与、残りをベトナム政府が負担する。この全長 296km の区間は、ベトナム・ハイフォン港と中国の雲南省およびメコン地域とシンガポール～昆明（中国）鉄道の交通網延長部分を結ぶ鉄道の一部で 2015 年に完成する予定である[89]。ハノイ-ハイフォン線(延長 102km)は、ハイフォン港と内陸部の物流の動脈となっており、またホンゲイ港近くのハロンまでハノイからケプ経由で鉄道が繋がる(但しケプからカイラン間は 1,450mm ゲージ軌道）。

・港湾：トンキン湾に面したハイフォン港、ホンゲイ港(Quang Ninh 省)および石炭専用港のカムファ港(Quang Ninh 省)がある（図Ⅶ-2)。ハイフォン港は河川港で、水深 5.7-7.8m で積載重量 4 万トンの船舶が限度である。ハノイと国道 5 号線で結ばれており、ハノイから貨物自動車で 4 時間弱の行程である。また鉄道もハノイ-ハイフォン線で結ばれてい

87 2008 年 9 月 8 日・10 月 2 日付け「日刊ベトナムニュース」
88 2007 年 4 月 26 日付け「日刊ベトナムニュース」
89 2007 年 12 月ベトナム・インサイト

る。ホンゲイ港は、バイチャイ湾内にあり、水深 8.1-13.0m、20 feet コンテナ 3,000 個積載可能な中型フィーダーコンテナ船の入港が可能な港湾で、国道 18 号線でハノイと結ばれており、貨物自動車で 5 時間を要する。国道は自動車専用道路ではなく、バイク、通行人、農耕機具が混在しておりスムースな走行は期待できない。鉄道もケプ経由でハノイと連結されている。世界遺産に登録された Ha Long 湾の西側に位置しており、航行船舶の増加や拡張の制限の懸念が指摘されている。2004 年 6 月にコンテナターミナルが完成しており日本郵船の子会社が 2006 年から日本との間に週 1 便の定期便を運航している。

・水運：ハノイ周辺には、紅河デルタ地帯が広がり、河川路が物流ルートとして利用されている。政府も、道路のみならず河川路の活用を物流システムの重要項目に位置づけており、忘れてはならない物流システムの一つであろう。我国政府も 1994 年から 2004 年まで「紅河デルタ地域運輸交通インフラ開発プログラム」を実施し、紅河河川路の開発を物流の手段として位置づけているが現状維持に留まっている模様。紅河デルタ地帯は、紅河の氾濫原からなり、海岸から Ha Tay 省の北西端付近まで発達する。河川路としては、ハタイ省の更に北西の Phu Tho 省の北西端くらいまで利用可と思われるが、それより上流部は乾期に水位が低下し航行が不能となることがある。一方デルタ地帯は、雨期に氾濫して河川路が確認できなくなるなど不安定な要因もある。

・電力：ベトナム北部は水力発電の割合が約 65%と高く、乾期に電力不足になることが多く、中国からの買電に依存しなければならない状況にある。北西部地域は国道、鉄道沿いにパワーラインが敷設されており、一応電力供給システムは出来ていると言える。

・工業団地：ハノイ周辺には国内外のディベロッパーにより工業団地が造成されており、電力供給も優先的に行われている。ホンゲイ港の南東には世界遺産に指定されたハロン湾があるほかは、想定した鉱山周辺から鉱石運搬路、還元鉄プラントまでは大規模な遺跡、環境規制や環境 NGO の活動なども報告されていない。

② 鉄源開発を前提としたインフラの検討

こうした環境下において、次に想定する鉄鉱山開発と還元鉄プラント建設を前提としたインフラについて検討する。

・鉄鉱床は、図Ⅶ-2 に示すように紅河右岸に存在するものとする。鉱床規模は 50 百万トン、鉄品位は 30-60％で磁鉄鉱を主体とし、露天採掘で十分な経済性を有するものとする。鉱山で採掘された鉱石は、山元で粉砕、低品位鉱石は磁力選鉱により品位を 60%近くまで上げる。年産 1 万トン（精鉱生産量を 3,700t/日、操業日数を 270 日）とする。

・精鉱は山元から約 200(±)km 離れたハイフォン港近くの還元鉄プラントまで運搬する。還元鉄プラントまでの精鉱輸送手段は、鉄道輸送、トラック輸送、トラック＋バージ輸送が考えられる。

・還元製鉄法はITmk3とし、還元鉄プラントで年産50万トンの還元鉄を生産し、全量日本国内の電炉メーカーに出荷する。このため還元鉄プラントをハノイ郊外の鉄道沿いにある工業団地（図Ⅶ-2）に建設する。還元鉄は、ハイフォン港から輸出する。

○鉱石輸送手段と輸送付帯施設

・鉄道輸送：選鉱プラントから最寄りの鉄道駅までトラック輸送し、貨車に積替える。このため、山元から最寄り駅までの道路造成（10km)、鉄鉱床は紅河の右岸、鉄道は紅河の左岸にあるため新たな橋梁（幅 200m）の建設が必要、その他貯鉱施設、積込施設（引込線を含む)、荷降施設の建設が必要となる。貨車は鉄鉱石専貨車を自前で準備し、運行はベトナム鉄道公社傘下のRailway Freight Transport Companyに委託。輸送は貨車積載重量を40トン/台、1列車15両編成、2列車・2往復/日で2,400トン/日の運搬、年間876千トンの精鉱運搬が可能。2列車分の貨車および機関車が必要となるほか、次の付帯設備が必要となる。なお金額は現地状況に大きく変動するため大よその目安である。道路造成（10ｋｍ）：1百万ドル、橋梁架設（300m）：0.5百万ドル、貯鉱施設建設＋、鉱石積込施設建設：0.2百万ドル、機関車・貨車購入：2百万ドル、鉱石積降施設建設：0.3百万ドル

・トラック輸送：選鉱プラントから還元鉄プラントまでトレーラー輸送する。国道までの道路造成が必要となる（同上)。積載量は30トン/台、40台が2往復/日で2,400トン/日となる。40（＋）台のトレーラーが必要となる。しかしながら道路事情が悪くしかも長距離となるため非現実的と考えられる。

・トラック＋バージ輸送：選鉱プラントから1年を通じてバージの使用が可能な地点までトラック輸送し、更にバージに積換え還元鉄プラントまで運搬する。バージ1台船当たりの積載重量を150トン、バージ20台船/日とすると、3,000トン/日の鉱石運搬が可能となる。コスト的には最も安価になるが、紅河上流部では乾期に水位が低下しバージの運行が不可能になる恐れがあり、特に鉄鉱床がYen Baiより上流にある場合は厳しい状況になる。下流域では雨期に洪水により運行不能になる恐れもある。次の付帯設備が必要となる。道路造成（10km）：1百万ドル、貯鉱施設建設+鉱石積込施設建設：0.2百万ドル、専用バージ購入：1百万ドル、鉱石積降施設建設：0.3百万ドル。

○還元鉄プラント建設および還元鉄輸出

還元鉄プラントは、ハイフォン港近くの工業団地に建設する（図Ⅶ-2)。ハイフォンには鉄道およびハイフォン港から10km前後離れるがDo Son（150ha、 60-95US$/m^2、金属工業、電気・電子工業優先)、Nomura(153ha、65-95US$/m^2、金属工業、電気・電子工業優先)、Dinh Vu(982ha、35-90US$/m^2、金属工業、電気・電子工業優先)といった工業団地がある[90]。還元

[90] http://www.industrialzone.vn/index.php?mod=industry

剤・燃料の石炭は、Quang Ninh 省に豊富に産する一般炭を使用するものとし、ハイフォン北東の石炭積出港であるカムファ港からハイフォン港に小型船で輸送、トラックで還元鉄プラントまで運搬する。還元鉄はハイフォン港から出荷する。同港は 40,000 トンクラスの船舶の入港が可能である。積出し港まではトラック運搬とし、ハイフォン港に還元鉄積込施設建設が必要となる。

2 マレーシア

(1) 一般インフラ整備状況

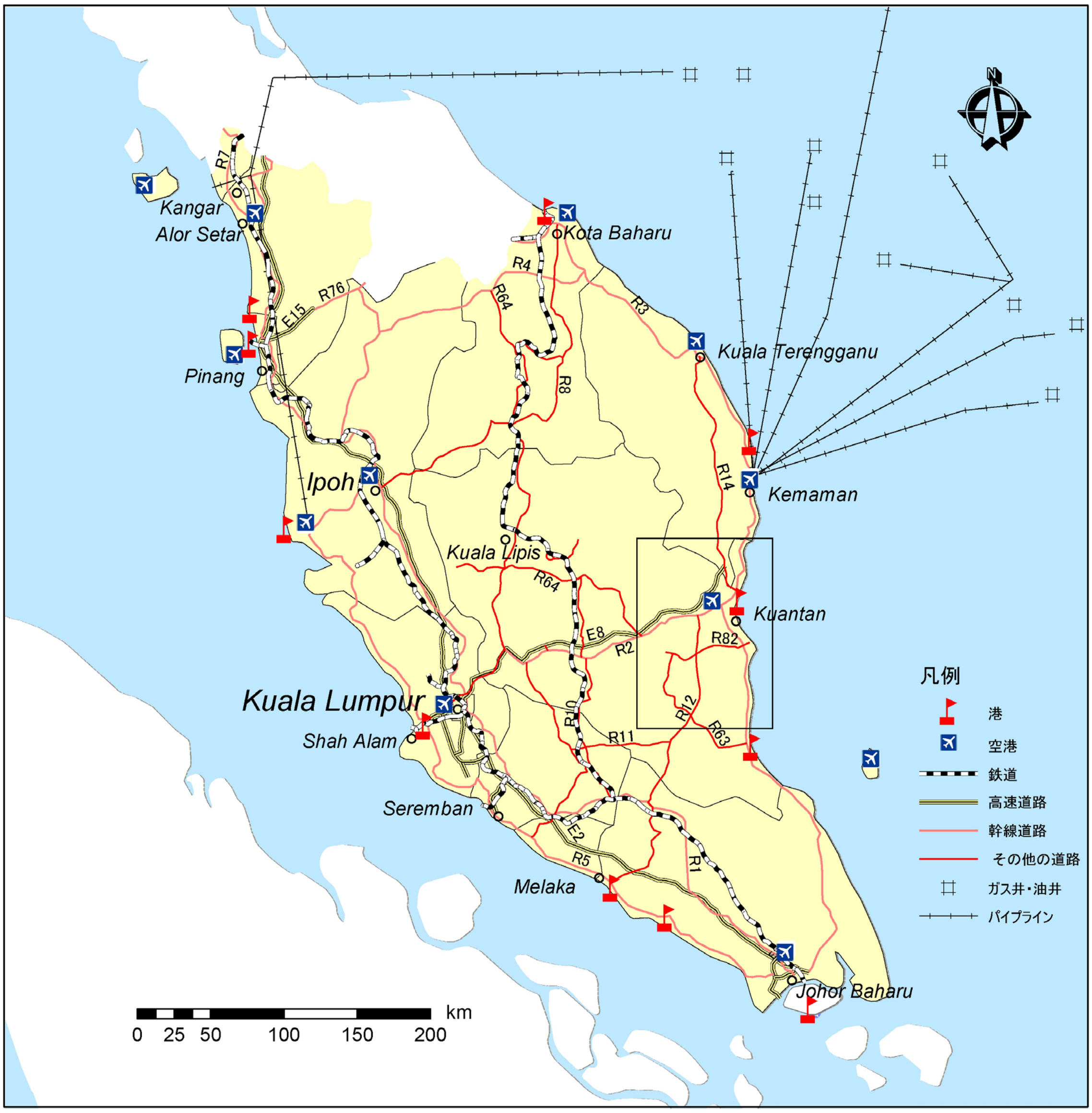
2007年マレーシアの1人当たりGDPが6,956ドルになり、2008年経済成長率も5.9%(2008年12月予測)に達する見込みでASEAN 10カ国の中ではシンガポールに次ぐ経済力を持つ新興工業国の一つである。このため、インフラも良く整備されている。半島マレーシアでは、高速道路網が発達し、物流をはじめエネルギー・セクターのインフラも良く整備されている。日本のハイテク企業の進出も多い。鉱山開発は別として、各種製造プラント建設のための投資環境は良好と言える。鉄源開発はほぼ半島マレーシアに限定されるため、インフラ整備状況は半島マレーシアを中心に概要を紹介する。なお本項は、アセアンセンター発行各国投資ガイド「マレーシア」[91]等をベースに取りまとめた。半島マレーシアの主なインフラを図Ⅶ-3に示す。

① 道路

半島マレーシアの道路網は 東南アジアの中で最も良く整備された道路網で､南北高速道路(North South Express Way)をはじめとする高速自動車道路網、連邦道路、州道路、自治体道路からなる。高速道路網のほか次の主要幹線道路 3 路線が骨格となっている。

- 高速道路：1994 年に完成した南北高速道路をはじめ全国に 15 本以上の自動車高速道路が整備されている（図Ⅶ-3 には一部表示）。南北高速道路は北端のタイ国境から南のシンガポール国境まで延長 847km でマレー半島を縦断する。
- 国道 1 号線：延長 890km、半島西海岸北端のブキット・カユ・ヒタム(タイ国境) から、南端のジョホールバール(シンガポール国境) までの南北縦断路である。
- 国道 2 号線：延長 292km、半島西海岸のポートケランから東方のクアラルンプールを経て半島中央部を横断し、東海岸のパハン州クアンタン港に通じる。
- 国道 3 号線：延長 689km、東海岸に沿って北はコタバルから南端はジョホールバールへ通じる。また南北高速道路を主体としたアジア・ハイウエーAH2 が西海岸沿いを、国道 3 号線を使った AH18 が東海岸を通る。

[91] 日本アセアンセンター(2008)アセアン各国の投資ガイド「マレーシア」



図Ⅶ-3 半島マレーシアの主なインフラ

② 鉄道

半島マレーシアの鉄道は運輸省（MOT）傘下の鉄道資産公社（PAK）が所有、マレーシア鉄道公社(KTM)が管理・運行を行っている。路線は西海岸縦貫線 (Padang Besar-Singapore)と中央線（Kota Baru-Gemas）の 2 つの主要幹線と 11 の支線からなる。総延長は 2,222km で、北はタイと南はシンガポールの鉄道と連結され乗り入れが行われている。軌道はベトナムと同じメートルゲージで、クアラルンプール周辺のコミューター以外は、単線・非電化である。鉄道網が整備されていることから貨物輸送の主要手段とされている。 2006 年の貨物輸送量は 447 万トンであった。KTM は 37 本/日の貨物列車を運行しており、セメン

ト、コンテナ、食料品、鉄鋼製品等を運搬している。1 列車で最大 40 両の貨車を連結し 2,500 トンの貨物輸送が可能。

③ 港湾

マレーシアの港湾は、連邦直轄港、州の管理する港、運輸省海事局の管理する港に区分される。半島マレーシアの連邦直轄港は、クアラルンプール外港のポートクラン、ペナン、ジョホール、クアンタンの 4 港がある。ポートクランはマレーシア最大の港湾で、270 万 TEU(20 フィート標準コンテナ換算）のコンテナ取扱能力を有する世界でも有数のコンテナ港である。ジュホール港は 2001 年 205 万 TEU の実績を持つ。ペナンとポートクラン港の貨物取扱量は、半島マレーシアの 9 割に及ぶ。その他、マレー半島ではポートディクソン、マラッカ等の港湾がある。

④ 空港

半島マレーシアにはスバン（クアラルンプール）、ペナン、セナイ（ジョホール）の 3 ヶ所の国際空港があり、世界の主要航空会社が乗り入れている。その他、マラッカ、イポー、ランカウィー、ティオマン、ラハドダトク 、シブ、ビントル、ミリといった国内空港を有する。

⑤ 電力

マレーシアの電力は、半島マレーシアでは、テナガ・ナショナル・ベルハド（TNB）により供給されておりマレーシア全国を通して十分な電力供給がなされている。2000 年の発電エネルーギー源構成は、天然ガス：64%、水力：15%、石油：11%、石炭：5%である。送電の電圧は 275kv、132kv および 66kv。 配電は 33kv，22kv，11kv，6.6kv および三相 425kv または単相 230v である。周波数は 50Hz である。クリム・ハイテク・パーク(KHTP)は、最も高度なシステムであるリング配線電気供給システムにより、域内での継続的な無停電電力供給を保証している。この安定電力供給はハイテク事業が必要とする厳密な電力変動許容基準を満たしている。

⑥ 通信

マレーシアの通信サービスは、5 社の通信ネットワークサービス・プロバイダーが運営しており、固定電話、移動体通信、インターネット、衛星コミュニケーションのインフラは先端技術を取り入れた質の高いもので、アジアの新興工業国の中で最も整備された国の一つとなっている。

⑦ 工業団地

マレーシアには、州経済開発公社(SEDC)、地域開発公社(RDA)や地方公共団体により開発された工業団地が 200 ヶ所以上ある。また輸出用製品の生産や組立てを行う製造業者用に自由工業地域(FIZ)が設けられ原材料の輸入に対して優遇措置が取られている。

(2) 半島マレーシア南東部鉄鉱床地帯のインフラ整備状況と鉄源開発のためのインフラ検討

半島マレーシアのインフラは上記のとおり比較的良く整備されており、既知のどの鉄鉱床を開発するにしろ、鉄鉱石輸送、還元鉄プラント建設、還元鉄の我国への輸出のための港湾施設など、既存のインフラの多くを活用できる環境にある。次に想定する鉄鉱床の開発と還元鉄プラント建設を前提としたインフラについて検討する。

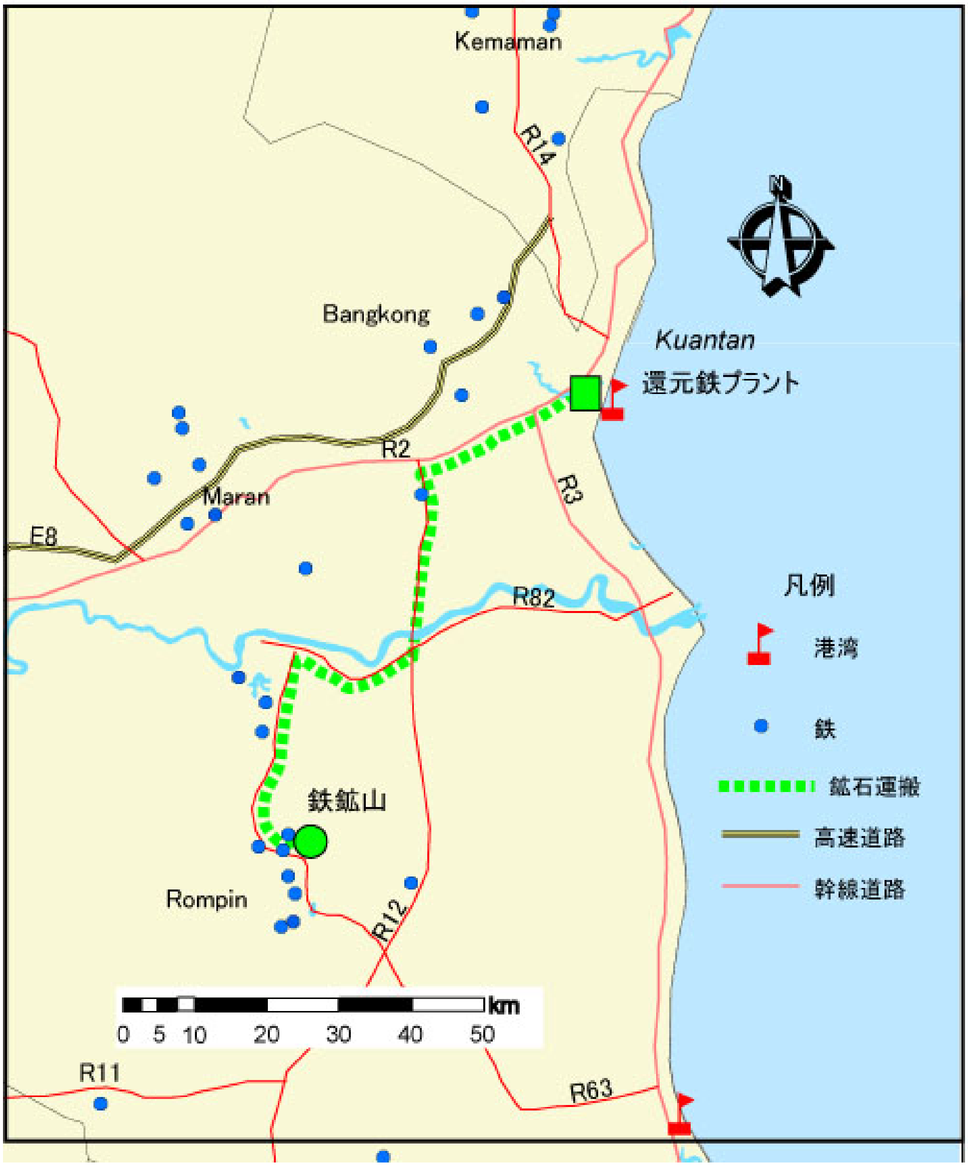
・半島マレーシアの鉄鉱床は、全国に散在するが半島南東部の Rompin 周辺に存在するものを開発対象とする（図Ⅶ-4）。鉱床規模は 50 百万トン、鉄品位は 60%で磁鉄鉱を主体とし露天採掘で十分な経済性を持って開発できるものとする。鉱石生産量を 3,700 トン、操業日数を 270 日/年とする。

・鉄鉱石は山元の北東約 70km の Kuantan 市に建設する還元鉄プラントまでトレーラー輸送する。

・還元製鉄法は天然ガス・ベースの MIDREX 法、生産能力を年産 80 万トンとし、全量日本の電炉メーカーに出荷する。還元鉄プラントは、Kuantan 港近辺に建設し、同港から日本に輸出する。同港は連邦直轄港で全面可動バースを持つ。

Rompin 周辺は、標高 200-250m の丘陵地にある。鉱石は鉄道がないためトレーラーで国道 63 号線および 12 号線経由で Kuantan 港まで 120km を輸送する。50 トン/台、25 台が 4 往復/日で 5,000 トン/日の輸送が可能である。

しかしながら、マレーシア国内において高品位鉄鉱石の確保はややハードルが高く、現実的ではない。現在操業中の 3 基還元鉄プラントのように国内の天然ガスを還元剤とし、鉱石を海外から手当てする方法が現実的である。また国内の低品位鉱石と輸入炭を還元剤とした石炭ベースの ITmk3 法の操業形態が考えられる。



図Ⅶ-4　半島マレーシア南東部鉄鉱床地帯のインフラ

3 インドネシア

(1) 一般インフラ整備状況

インドネシアは、ジャワ、スマトラ、カリマンタン、スラウェシ、イリアン・ジャヤなど大小約17,500個の島からなる世界最大の島嶼国である。政治・経済・文化の中心となるジャワ島には、人口の約60%が集中しており、インフラも比較的整備されている。一方スマトラ、カリマンタン、スラウェシ、イリアン・ジャヤといった大きな島では、州都や県庁所在地周辺では比較的インフラ整備が行き届いているが、内陸に入ると、インフラは貧弱でかつ劣化し、整備も大きく遅れており、概して投資環境は悪いと言えよう。1997年に起

こったアジア経済危機の影響は元に戻ったとは言え、危機により外国資本の引揚げや国内インフラ投資が中止され、インフラ整備に大きく影響している[92]。なお本項は国際協力銀行(2008)「インドネシアの投資環境」、インドネシア国家投資調整局—JICA（2005）「インドネシア国カリマンタン4州における投資機会調査～南カリマンタン州」[93]等を参考にして取りまとめた。インドネシア全域の主なインフラを図Ⅶ-5に示す。

① 道路

インドネシアの道路網は総延長361,782kmである。このうち、国道：25,328km、州道：47,877km、県道：287,577kmなどである。道路の整備・運営は従来より国営のPERSEROが行っていたが、1985年以降民間参入が認められた。スマトラージャワーバリ間の国道4,115km間は、インドネシア・アジア・　ハイウエイに指定されており、舗装率95.8%と整備されている。道路輸送は旅客の約90%弱、貨物の約50%弱を占めており、道路が内陸輸送の主要な手段となっているものの、ジャワ、バリ島以外の島嶼では整備が大幅に遅れている。

② 鉄道

インドネシアの鉄道は国営インドネシア鉄道会社(KAI)が運営している。鉄道が敷設されているのは、ジャワとスマトラ島のみで、その延長は6,482kmである。ジャワ島の一部を除き非電化、単線である。ジャワ島は旅客、スマトラ島は貨物輸送のみで輸送能力は貧弱である。

③ 港湾

海運は島嶼からなるインドネシアにとって非常に重要な位置づけにあり、港湾は各島間の物流の起点となることから、比較的良く発達している。港湾はPERINDO I～IVの4つの国営港湾会社により運営・管理されている。タンジュン・プリオク港（ジャワ島・ジャカルタ）、タンジュン・ペラク港（ジャワ島・スラバヤ）、ベラワン港（スマトラ島・メダン）、タンジュン・スマラン港（ジャワ島・スマラン）、マカッサル港（スラウェシ島、マッカサル）等にコンテナクレーン設備を有するフルコンテナ施設をもった港湾が22港ある[94]。輸送所要日数はジャカルタから日本まで12日から15日を要する。

④ 空港

港湾同様、島間の足として空路が比較的良く発達しており、空港も主要な島には必ず設けられている。国際空港は、スカルノ・ハッタ空港（ジャワ島、ジャカルタ）、ジュアンダ空港（ジャワ島、スラバヤ）、グラライ空港（バリ島、バリ）、ポロニア空港（スマトラ島、パダン）、ハンナディム空港（バタム島）などがある。

---

[92] 大野敦(2007)インドネシア国家開発計画と国際援助潮流に関する研究. Discussion Paper Series, 2006-10.

[93] JICA(2005)インドネシア国カリマンタン４州における投資機会調査. 最終報告書、和文要約編, p.1-50.

[94] 海外運輸協力協会HP http://jtca.info/japanese/research/index_html

図Ⅶ-5 インドネシアの主なインフラ

⑤ 電力

インドネシアの電力は国営インドネシア電力公社(PLN)とその関連会社が約4,000ヶ所の発電所において21,425MWの電力を供給している。最大の発電所は600MWの発電能力を誇る西ジャワのSuravaya石炭火力発電所である。発電量の約72%にあたる15,494MWが人口の最も集中するジャワ島・バリ島で占めている。1997年のアジア通貨危機で多くの大規模プロジェクトが中止を余儀なくされた。それまでは、発電所建設計画が順調に進めば電力は供給過剰にあると予測されていたが、電力需要の伸びるなか、この影響も受けて両島では深刻な電力不足に見舞われた。このためインドネシア政府は、2006年に急遽凍結中の発電所建設計画の見直しを行っている。人口の疎な地方では電力インフラは殆ど発達してない状況にある。エネルギー別電力構成は、石炭：33%、天然ガス：29%、石油：22%、水力：10%、地熱：3%である。電力の用途は工業：43%、家庭：39%、ビジネス：13%、その他：5%である。

⑥ 通信

インドネシアにおける通信事業は、PT TelekomおよびPT Indosatの2社の国営企業が独占的に行っている。PT Telekomは国内の固定通信、移動体通信、インターネットサービスを行っており、固定通信は国内を７地域に分割している。PT Indosat社は国際通信を行っている。そのほか1995年からPT Excelcomindo Pratamaがジャワ島内の一般市民を対象とした携帯電話サービスを行っている。

(2) 南カリマンタン鉄鉱床地帯のインフラ整備状況と鉄源開発のためのインフラ検討

インドネシアの鉄鉱床は、スマトラ島の一部およびジャワ島の砂鉄鉱床を除けば、唯一南カリマンタンおよび中央カリマンタンに産する。南カリマンタン州ではTanalalang、Tambaga、Batukoraに産することが報告されている。

図Ⅶ-6に示すように、南カリマンタン州に埋蔵量50百万トン・クラスの鉄鉱床を想定、石炭ベースの還元鉄製造プラントを州都Bandjemasin周辺に建設、ホットブリケットアイアン（HBI）を日本に輸出するものとして以下にインフラ整備について検討する。鉱石運搬、還元鉄プラント立地、電力供給、燃料・還元剤となる石炭の確保・供給、還元鉄輸出のための港湾施設建設が課題となる。

① インフラ整備状況

・道路：カリマンタン島の面積は447千km^2でインドネシア国土面積の27%を占めるものの人口は123千人と少なく、国内人口の僅か5.6%に過ぎずインフラ整備も遅れている。しかしながらGDPは石油・天然ガスを産することから、21,389千ルピアでインドネシア平均の2倍に達する。そのなかでも南カリマンタン州は、他のカリマンタン州と比べて比較的インフラが整備されている。道路は、国道、州道、および県道・市道とで構成される。国道の延長は1,818 km(舗装率96%) 、州道の延長は5,903km(舗装率53%)、地方道の延長は

3,159kmである。

・河川路：南カリマンタンおよび中央カリマンタン州においては河川および運河を利用した河川輸送網が良く発達しており、石炭の主要な輸送手段としても使われている。南カリマンタン州最大のBarito川（平均深度8m）では河口からTrisakti港まで積載重量3,500トンの船舶の航行が可能であり、更に上流の中央カリマンタン州Buntokまで3,000トンの船舶が遡上することが出来る。

・港湾: Trisakti港のほか、南カリマンタン州東部Batulicin総合経済開発地域にBatulicin港があり、20,000トンクラスの船舶の入港が可能である。その他石炭や木材といった特殊用途港湾が多数ある。

・空港：Bandjermasin市の東約25kmにSyamsuddin Noor空港（ボーイング767クラスが乗入れ可）があり、国内各地とコマーシャル便が運航している。

・電力：南カリマンタン州4ヶ所に水力発電所（2基）、ディーゼル発電所（1基）および石炭火力発電所（１基）がある。発電能力は967MW、余剰電力は発電能力の約10%と少ない。

・工業団地：Bandjermasin 近郊にLiang AnggangとBatulicinの2団地がある。

・国家開発計画：南カリマンタン州は経済総合開発地域(KAPET)に指定されており、立地企業は税金他の優遇措置を受けることが出来る。

② 鉄源開発を前提としたインフラ整備

こうした環境下において、次に想定する鉄鉱床開発と還元鉄プラント建設を前提としたインフラについて検討する。

・鉄鉱床は、Barito川中流に存在しており、鉱床規模は50百万トン、鉄品位は30-60%で磁鉄鉱を主体とし露天採掘で十分な経済性を持って開発出来るものとする。鉱山で採掘された鉱石は山元で粉砕、低品位鉱は磁力選鉱により品位を60%近くまで上げる。精鉱生産量を3,700トン/日、操業日数を270日/年とする。

・精鉱は山元から、約120km離れたBandjermasin市近郊に建設する還元鉄プラントまでバージにより輸送する（但し鉱山から近くの河川まではトラック輸送する）。

・製鉄法はITmk3とし、還元鉄プラントで年産50万トンの還元鉄を生産し、河川港であるTrisakti港から再度バージにて沖合の沖積みポイントまで運搬し、貨物船に積替え、日本に輸出する。

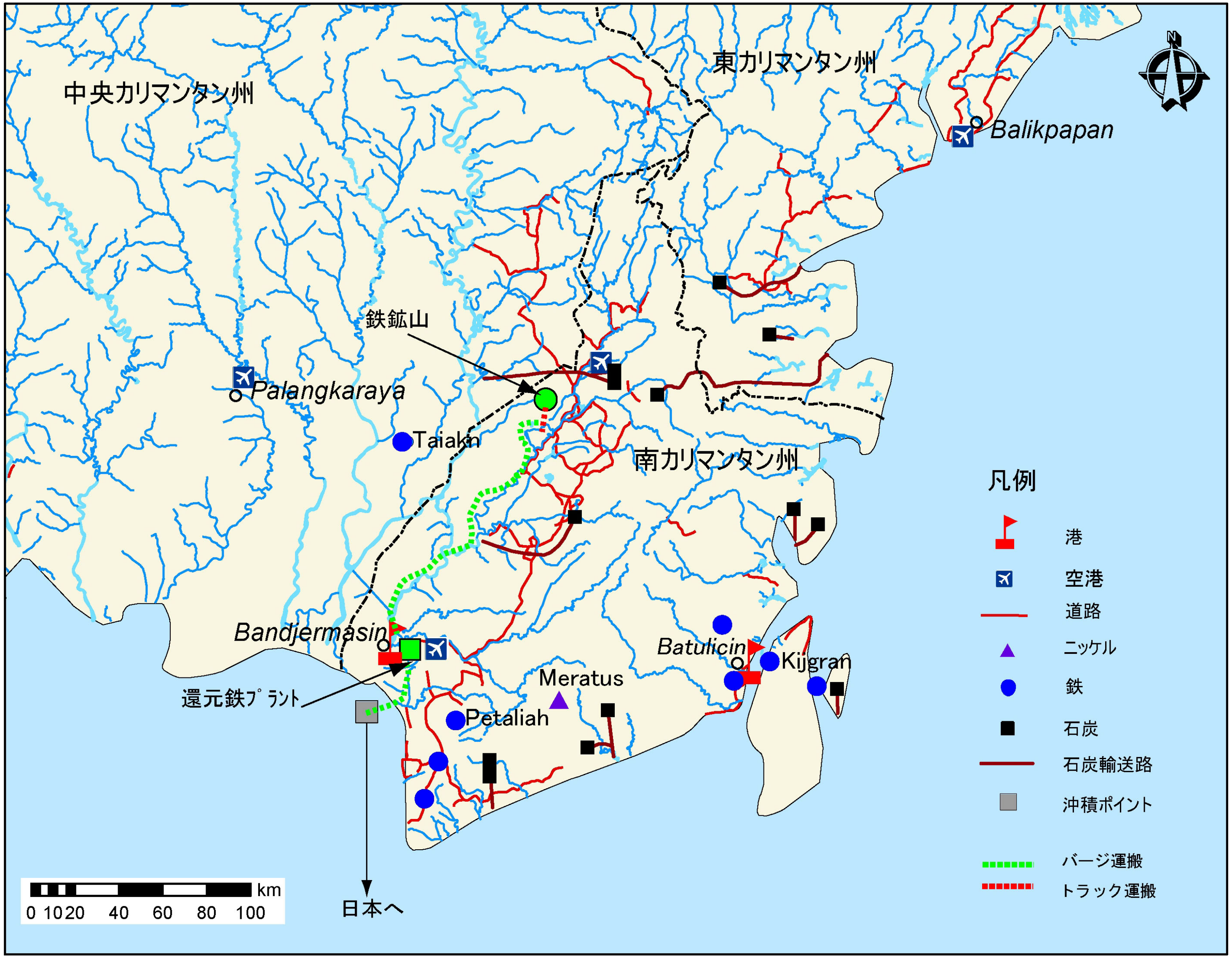
道路、鉄道等のインフラが未整備の当地域においては、石炭の運搬と同様に、鉄鉱石の輸送には既存の河川路を使った輸送が最も経済的である。バージ1船当たりの積載重量を200トン/台、バージ20台/日とすると、4,000トン/日の運搬が可能となる。鉄鉱床が河川近くにあると仮定したが、鉄鉱床が河川から離れた丘陵地もしくは南カリマンタン州中央を南北に走る山地（標高100-1,000m）にある場合は、河川路まで長距離の道路造成が必要となる。カリマンタンには乾期が無く年間降水量が4,000mmを越すことから、運搬道路の維持

管理コストがかさむことになる。

港湾設備も乏しいことから、還元鉄プラント・サイトにおける鉄鉱石、石炭の荷揚げ、還元鉄の荷積み専用施設の整備が必要となる。また還元鉄輸出は、石炭の場合と同様にBarito川口沖合いの積替えポイントでバージから本船への積替えを行う。この場合本船ギア付の船舶の必要がある。沖積みをしない場合は、外港に専用のバースを構築する必要がある。10万トン級の貨物船用桟橋および還元鉄積込施設建設費用はおよそ2億ドル程度と見られる。

還元鉄プラント操業に必要な電力は、既存設備の発電能力が小さいことから、プラントの還元剤である石炭を用いた発電設備が必要となる。概してインフラ整備状況は悪いが、河川路を使った運搬が比較的発達しており、バージの航行可能な河川近くに鉱床が存在すれば開発は可能と思われる。またカリマンタン東部は石炭の産地であり、燃料・還元剤としての石炭の利用には優位性がある。南カリマンタン州においては、既述のとおり、鉄鉱床の存在が知られており現在もPT（小規模開発の認可）を取得した地元業者が小規模に採掘を行っている模様である。

三室戸・杉内(2001)は、カリマンタンの石炭開発の輸送問題を検討し、奥地化していく石炭の輸送には鉄道の建設が最も経済的であるとの結論付けており、将来もし鉄道建設が進めば鉄鉱床探査開発も弾みがつくものと思われる。



図Ⅶ-6 南カリマンタン鉄鉱床地帯のインフラ

Ⅷ ベトナム・マレーシア・インドネシアにおける鉄源開発の課題と提言

本章では、3 ヶ国における還元鉄プラント建設を前提として、その課題について検討する。還元鉄プラント立地の技術的要件として、①プラント近隣から原料となる鉄鉱石（埋蔵量：30,000 千トン、鉄含有量：30-60%程度）が確保できること、②プラント近隣から還元剤である石炭あるいは天然ガスが確保できること、③鉱山開発、還元鉄プラント建設、還元鉄輸出のためのインフラが整備されていること、未整備の場合は新たな整備が可能であることがあげられる。鉄鉱石もしくは還元剤を海外から輸入することも選択肢として有り得るが、低廉かつ安定的な供給を確保するという観点から、何れも自国内で調達するものとする。

1 鉄鉱石の確保

1960 年代以降製鉄原料となる鉄鉱石は、主流を占める高炉用の高品位縞状鉄鉱石が対象となったため、チリなどを除き中小規模の低品位鉱床を製鉄原料の対象とした本格的な探査が行われることは余りなかったと思われる。鉄鉱床は、銅、鉛・亜鉛、金・銀のような非鉄金属鉱床と異なり、中小規模では経済的価値が低いため、特殊な用途が無い限り採掘の対象となりにくい。このため民間鉱山会社も製鉄原料として中小規模の鉄鉱床を対象とした探査を行うことは殆どない。

1960 年代以前の調査は、一部で実施されたボーリング調査を除いて、殆どが地表調査で、十分な探査が実施されたとは言い難く、東南アジアの鉄鉱床地帯のなかには還元製鉄原料になりうる鉄鉱床が存在している可能性は高いと思われる。最近、神戸製鋼所が研究開発した第三世代製鉄法と言われる「ITmk3 法」は、低品位鉄鉱石でも原料となり得ることから、こうした鉱床も視野に入れた調査が必要である。

3 ヶ国の政府関係資源調査機関（ベトナム鉱物資源局：Department of Geology and Mineral Resources of Vietnam、マレーシア鉱物地球科学局：Mineral and Geoscience Department Malaysia、インドネシア地質鉱物資源総局:Directorate General of Geology and Mineral Resources）でも、新たな広域的な地質調査や鉄鉱床を対象とした調査を実施することは殆ど無く、1960 年代以前の探査デーが残されているに過ぎない。ベトナムでは、ベトナム戦争以前に調査された資料に基づき地質図・鉱物資源図が整備されつつある。マレーシアでは錫鉱業が終息して以降、マレーシア鉱物地球科学局は非金属を対象とした調査を細々と続けているに過ぎない。インドネシアでも、新たな調査は行われていない

ベトナム北部には多数のスカルン型鉄鉱床等が分布しており、そのなかで Quy Xa 鉱床（褐鉄鉱）、Trai Cau、Tien Bo 鉱床（磁鉄鉱）が製鉄原料として採掘されている。それ以外については第 3 章で紹介したように鉱床または鉱徴地として存在は知られているが、その性状や規模・品位等詳細情報は殆ど公表されていない。地質・鉱床および探査情報は中央お

よび地方政府がが保有している。

マレーシアの鉄鉱床はいずれも花崗岩の貫入に伴うスカルン型鉄鉱床で半島マレーシア全域に亘って広く分布する。我国は昭和 2 年～昭和 15 年間に国内鉄鉱石需要の 30%以上、輸入鉱石の 40%-60%をマレーシアに依存していた経緯もあり[95]、多数の鉱床・鉱徴地が知られており、マレーシア鉱物地球科学局アーカイブセンター（Ipoh 市）には当時の探査データが保管されている。中小規模の鉄鉱床賦存のポテンシャルは十分あると思われる。マレーシアは比較的インフラが整っていることから、これら中小規模の複数の鉱床から鉄鉱石を供給することも考えられる。

インドネシアの主な鉄鉱床は、スマトラ島南端（スマトラ南東部鉱床区）と南カリマンタン（カリマンタン南東部鉱床区）に限られる。南カリマンタン州には幾つかの鉄鉱床が知られており（多くがラテライト型鉱床)、小規模な採掘も行われているが、インフラが悪く十分な調査は行われていない。還元鉄プラント原料用として稼行対象となる規模のスカルン型鉄鉱床賦存の可能性は十分あると思われる。南カリマンタン州には Tata Steel や PT Krakatau Steel による小型高炉、還元鉄プラントの建設計画があるが、十分な鉄鉱石の確保が出来ていないのが現状である。

今後当該国において鉄鉱石の確保を目指した調査を進めるためには、鉄鉱床地帯の鉱床賦存ポテンシャルおよび個々の鉄鉱床の評価が出来るよう政府機関等に保管されている過去の鉄鉱床探査データ、地質・鉱床データの収集・解析から始めることが望まれる。

またスカルン型銅鉱床やポーフィリー型銅鉱床に伴って数%の磁鉄鉱を含むことがあり、こうした鉱山では銅鉱石の浮遊選鉱廃さいから磁力選鉱により低コストで磁鉄鉱を回収することが出来る。インドネシアのスカルン型銅鉱床である Erzberg 鉱床（鉱量 3,300 万トン）では 150 万トン程度の磁鉄鉱含んでおり、IOCG 型銅鉱床であるベトナム Sin Quyen 銅鉱床（鉱量 5,289 万トン）には 250 万トン以上の磁鉄鉱を含んでおり、既に銅選鉱廃さいから磁鉄鉱を回収している。このような副産物として産する磁鉄鉱についても鉄資源として検討することが望まれる。

2 還元剤の確保

(1) 石炭

石炭はベトナムおよびインドネシアで生産されている。ベトナム北部ではホンゲイ炭で有名な Quang Ninh 省および紅河デルタ地帯に産する。政府の方針により経済的価値の高い無煙炭および瀝青炭は輸出に廻され、低品位の石炭開発が推奨されており、コークスを必要としない還元鉄プラント用の石炭の確保については問題ないものと思われる。マレーシ

[95] 奈倉文二(1980)日本鉄鋼業と「南洋」鉄鋼資源. 国連大学人間と社会の開発プログラム研究報告. 51p.

アではサラワク州（ボルネオ島）に産するが、森林保護優先から開発が進展する可能性は低く、国内炭の還元剤としての利用は困難と思われる。インドネシアは 2007 年 1.75 億トン世界第 7 位（3.4%）の石炭生産量を誇る。炭質は大部分が一般炭で一部原料炭の特性を有するものもある[96]。主に南スマトラ州および東カリマンタン州に産し、両州でインドネシア全体の 72,15%を占める。カリマンタンおよびスマトラ島では還元剤用の一般炭はインフラの障害を除外すれば問題なく供給されるものと思われる。

(2) 天然ガス

天然ガスは、ベトナム、マレーシア、インドネシア3ヶ国いずれも産する。ベトナムではホーチミン市沖の海底ガス田から産し、近隣のPhu My発電所ほかにパイプラインで供給されているが利用はホーチミン市周辺に限定される。マレーシアでは半島マレーシアの東岸沖、サラワク州沖およびサバ州沖の海底ガス田から産する。サラワクおよびサバ州沖のものは主にLNGとして日本、韓国、台湾に輸出されている。サバ州Labuan島にあるAntara Steel Millsの還元鉄プラントはこの天然ガスを還元剤として使用している。半島マレーシア沖のものは東岸のKertehおよびタイ領を経由してKuala Lumpurに供給され国内で使用されている。操業中のPerwaja Steel・KemamanおよびMegasteel・Banting還元鉄プラントはこの天然ガスを使用している。半島マレーシアでは、物理的には天然ガスの利用は可能であると思われるが、付加価値の高い化学製品製造用にシフトさせる傾向があり政府の動向を見ていく必要がある。インドネシアでは、半島マレーシア沖インドネシア領海、スマトラ島中部、南部の内陸、ジャワ島北西部、東部の海底、東カリマンタン陸上（LNGとして輸出）などに産する。ジャワ島北西部にあるPT Krakatau Steelの還元鉄プラントはジャワ島北西部の海底ガス田からの天然ガスを使用している。国内1次エネルギーとしての天然ガスの消費は年々増加しており、産業用、民生用などを中心に需要が大幅に伸びることが予想されており価格も上昇した。どこまで還元剤として新たな天然ガスの供給を受けることが出来るかが課題となる。

3 インフラ整備

ベトナムでは鉄鉱石、還元剤の石炭の供給を考慮すれば還元鉄プラント建設は、ハノイを中心した北部地域となるが、山岳部は開発が遅れており鉱石輸送が課題となる。紅河沿いに産する鉄鉱床を開発する場合は、ハノイ－ラオカイ鉄道を利用することが可能である。また鉄鉱床が紅河デルタ地帯近くに存在する場合はバージを使った水運が経済的である。ハノイ周辺には多くの工業団地が整備されており、還元鉄プラントの立地には適している。

[96]三室戸義光・杉内信三 (2001)インドネシア・カリマンタンにおける石炭輸送最適化調査. IEEJ, p.1-17.

また還元鉄輸出のための港湾もハイフォン、ホンガイ（カイラン）港を利用することが可能である。

半島マレーシアの鉄鉱床はほぼ全域に亘って散在している。マレーシアは道路インフラがよく整備されており、また鉄道も半島の中央と西部を南北に走っており、いずれの地域の鉱床を開発するにも輸送上の大きな問題はないと思われる。還元鉄プラントの立地についても、各地に工業団地があり、工業団地を利用しない場合でも、電力・水の供給はさほど問題はないと思われる。還元鉄輸出については、半島の東西両岸に幾つかの港湾があり、その近隣にプラントの建設ができれば輸送上有利となる。

インドネシア・南カリマンタンは、カリマンタン島の中では比較的インフラ整備が進んでいるが、道路整備状況は悪く南端部を除く内陸部の鉄鉱床を開発する場合は、石炭の生産と同様に水路を利用することが経済的である。還元鉄プラントは、生活インフラのある南カリマンタンの州都 Bandjermasin 近郊が候補となる。電力供給が十分でないため発電設備が必要となる。還元鉄輸出は、大型船の着岸できる岸壁がないため、Bandjermasin にある Trisakit 港から沖合いの積替えポイントまでバージで輸送することになる。南カリマンタンでは Tata Steel、PT Krakatau Steel や地元企業による小型高炉や還元鉄プラント建設計画があるように、製鉄所立地の優位性があると考えられるがインフラの整備状況を十分検討する必要がある。

4 まとめ

3 ヶ国における還元鉄プラント建設の可能性をみた場合、ベトナムとインドネシアは鉄鉱床地帯（プラント立地場所）近隣において一般炭を産することから、石炭ベースのプラントとなるが、いずれも原料となる十分な鉄鉱石が確保されていない。周辺の地質状況からベトナムではスカルン型鉄鉱床と IOCG 型鉄鉱床が、インドネシアではスカルン型鉄鉱床の存在が期待されることから、両国では鉄鉱床地帯のポテンシャルと個々の鉱床評価が出来るよう政府関係機関等保有の既存調査データなどの基礎的情報収集・解析が望まれる。マレーシアについては、国内からの十分な石炭の生産がなく輸入に依存せざるを得ないことから、還元鉄プラントは天然ガス・ベースとなり既に Megasteel などが操業している MIDREX 法もしくは HYL 法を選択することになる。マレーシア国内では、他 2 国と同様にスカルン型鉄鉱床が期待される。天然ガス・ベースの還元鉄プラントに供給出来るような鉄鉱床確保のハードルは低くはないと思われるが複数の鉱山からの鉱石確保を年頭に置き、政府関係機関等保有の既存調査データ解析から始めることが望まれる。マレーシアでは Vale や Grange Resources によるペレット工場建設の計画があり、このペレットを利用する方法もあるが日本企業進出の優位性は低いものと思われる。

新聞報道等によると 3 ヶ国において多数の新規製鉄所計画があるが、その多くの実現の

可能性は疑問である。また今回の世界金融危機で計画は大きく後退しているものと思われる。世界金融危機前まで 3 ヶ国における粗鋼生産は急激に増加したが、鉄源である還元鉄と銑鉄の増加は僅かで、粗鋼生産の増加を鉄スクラップで補ってきた。近い将来鉄鋼需要が回復した場合、再びこの状態に戻ることが予想される。我国への直接的な鉄源安定供給には繋がらないが、3 ヶ国においてこれまで使用されなかったような低品位鉄鉱石を原料として、新技術により還元鉄を製造・供給し、鉄スクラップの使用を減らす意義もあると思われる。

巻末図

巻末図-1 ベトナムの行政区分図

巻末図-2　マレーシアの行政区分図

巻末表

巻末表-1 世界の直接還元鉄プラント一覧表

国	場所	プラント名	能力(Mt/y)	方法	基数	生産物	生産開始	現状*
インドネシア	**Cilegon**	**PT Krakatau Steel 1**	**0.56**	**HYL / ENERGIRON**	**1**	**DRI**	**1978**	**I**
インドネシア	**Cilegon**	**PT Krakatau Steel 2**	**0.56**	**HYL / ENERGIRON**	**1**	**DRI**	**1978**	**I**
インドネシア	**Cilegon**	**PT Krakatau Steel**	**1.35**	**HYL / ENERGIRON**	**2**	**DRI**	**1993**	**O**
マレーシア	**Labuan Island**	**Antara Steel Mills**	**0.65**	**MIDREX**	**1**	**HBI**	**1984**	**O**
マレーシア	**Banting**	**The Lion Group**	**1.54**	**MIDREX**	**1**	**HDRI / HBI**	**2008**	**O**
マレーシア	**Kemaman**	**Perwaja Steel**	**1.20**	**HYL / ENERGIRON**	**2**	**DRI**	**1993**	**O**
アメリカ	Butler,IN	Iron Dynamics	0.50	IRON DYNAMICS	1	DRI	1998	O
アラブ首長国連邦	Abu Dhabi	Gulf Sponge Iron(Al Nasser)	0.20	HYL / ENERGIRON	1	DRI	2008	C
アラブ首長国連邦	Abu Dhabi	Emirates Steel Industries(GHC)	1.60	HYL / ENERGIRON	1	DRI	2009	C
アラブ首長国連邦	Abu Dhabi	Emirates Steel Industries(GHC)	1.60	HYL / ENERGIRON	1	DRI	2011	C
アルゼンチン	Campana	Tenaris Siderca	0.40	MIDREX	1	DRI	1976	O
アルゼンチン	Villa Constitucion	Acindar	0.60	MIDREX	1	DRI	1978	O
イラン	Ahwaz	Khouzestan Steel Co.	1.84	MIDREX	4	DRI	'89/'90/'92/'01	O
イラン	Mobarakeh	Mobarakeh Steel A-E	3.20	MIDREX	5	DRI	'92/'93/'94	O
イラン	Mobarakeh	Mobarakeh Steel F	0.80	MIDREX	1	DRI	2006	O
イラン	Ahwaz	Khouzestan Steel Ⅴ	0.80	MIDREX	1	DRI	2008	C
イラン	Bandar Abbas	HOSCO	0.80	MIDREX	2	DRI	2009	C
イラン	Khorasan(Mashad)	IMPADCO	0.80	MIDREX	1	DRI	2009	C
イラン	Ardakan(Yazd)	IGISCO	0.80	MIDREX	1	DRI	2010	C
イラン	Ahwaz	Khouzestan Steel(ASCO)	1.03	HYL / ENERGIRON	3	DRI	1993	O / I
イラン	Ahwaz	ASCO	0.33	PUROFER	1	DRI	1977	I
インド	Hazira	Essar Steel Ⅰ & Ⅱ	0.88	MIDREX	2	HBI / HDRI	1990	O
インド	Hazira	Essar Steel Ⅲ	0.44	MIDREX	1	HBI / HDRI	1992	O
インド	Raigad	Ispat Industries,Ltd.	1.00	MIDREX	1	DRI	1994	O
インド	Hazira	Essar Steel Ⅳ	1.00	MIDREX	1	HBI / HDRI	2004	O
インド	Hazira	Essar Steel Ⅴ	1.50	MIDREX	1	HBI / HDRI	2006	O
インド	Raigad	Vikram Ispat	0.75	HYL / ENERGIRON	1	HBI / DRI	1993	I
インド	Raigad	Vikram Ispat 2	0.60	HYL / ENERGIRON	1	DRI	2007	O
インド	Paloncha	SIIL	0.06	SL / RN	2	DRI	'80/'85	O
インド	Chandil	Bihar Sponge Iron,Ltd.	0.15	SL / RN	1	DRI	1989	O
インド	Champa	Prakash Industries	0.40	SL / RN	2	DRI	'93/'96	O
インド	Bilaspur	Nova Iron & Steel	0.15	SL / RN	1	DRI	1994	O
インド	Keonjhar	Sree Metallics	0.06	SL / RN	3	DRI	'99/'00	O
インド	Jamshedpur	Ashirwad	0.05	SL / RN	2	DRI	2000	O
インド	Hyderabad	Ashirwad	0.03	SL / RN	1	DRI		O
インド	Raigarh	Vandana Global	0.05	SL / RN	1	DRI		O
インド	Raigarh	Jindal Steel & Power	0.90	JINDAL	6	DRI	'93/'94/'95/'96/'00	O
インド	Raipur	Monnet Ispat	0.30	JINDAL	2	DRI	'93/'98	O
インド	Via Lathikata	Rexon Strips Ltd.	0.06	JINDAL	2	DRI	'93/'00	O
インド	Bhandara	Sunflag	0.15	CODIR	1	DRI	1989	O
インド	Mallividu	Goldstar	0.22	CODIR	2	DRI	1992	I
インド	Bellary,Karnetaka	Bellary Steel & Alloys	0.06	SIIL	2	DRI	'92/'93	O
インド	Borai	HEG	0.09	SIIL	2	DRI	1992	O
インド	Nalgonda	Kumar Met.	0.06	SIIL	2	DRI	1993	O
インド	Raipur	Raipur Alloys & Steel	0.06	SIIL	2	DRI	1993	O
インド	Salem	Tamilnadu Sponge	0.03	SIIL	1	DRI	1993	
インド	Keonjhar,Orissa	OSIL	0.10	OSIL	1	DRI	1983	O
インド	Ghugus	Lloyd's Metals & Eng.	0.15	OSIL	1	DRI	1995	O
インド	Keonjhar,Orissa	Tata Sponge Iron,Ltd.	0.24	TISCO	2	DRI	'86/'98	O
インド	Ludhiana,Punjab	Vallabh Steels	0.12	TISCO		DRI		O
インド	Durgapur	Adhunik	0.16	POPURI	2	DRI		O
インド	Panjim,Goa	Ambey Metallics	0.46	POPURI		DRI		O

国	場所	プラント名	能力(Mt/y)	方法	基数	生産物	生産開始	現状*
インド	Orissa	Deepak	0.05	POPURI	4	DRI	'91/'02	O
インド	Keonjhar,Orissa	Kusum Powermet	0.03	POPURI		DRI		O
インド	Rourkela	Neepaz Metallics	0.06	POPURI		DRI		O
インド	Midnapore,Pim	Rashmi Cement	0.06	POPURI		DRI		O
インド	Midnapore,Pim	Rashmi Ispat	0.06	POPURI		DRI		O
インド	Kolkota	Singhal Enterprises	0.14	POPURI		DRI		O
インド	Jhargram,Pim	Aryavrata Trading	0.01	OTHER		DRI		O
インド	Kolkota	Howrah Gasses	0.03	OTHER		DRI		O
インド	Nagpur	Ind Agro Synergy	0.10	OTHER		DRI		O
インド	Siltara,Raigarh	Ispat Godawari	0.10	OTHER		DRI		O
インド	Kolkota	Jai Balaji Sponge	0.11	OTHER		DRI		O
インド	Raigarh	Nalwa Sponge Iron	0.20	OTHER		DRI		O
インド	Chaibasa	Rungta Mines	0.03	OTHER		DRI		O
インド	Ramabahal	SCAN	0.04	OTHER	2	DRI	'99-'00	O
インド	West Bengal	Shyam Sel	0.10	OTHER		DRI		O
インド	Orissa	Suryaa	0.02	OTHER	1	DRI	1996	O
インド・中国		Others	2.50 (see Note 3)			DRI		O
エジプト	El Dikheila	EZDK Ⅰ	0.72	MIDREX	1	DRI	1986	O
エジプト	El Dikheila	EZDK Ⅱ	0.80	MIDREX	1	DRI	1997	O
エジプト	El Dikheila	EZDK Ⅲ	0.80	MIDREX	1	DRI	2000	O
エジプト	Sadat City	ESISCO	1.76	MIDREX	1	HDRI / DRI	2010	C
エジプト		Suez Steel	1.95	HYL / ENERGIRON	1	DRI	2010	C
オマーン	Sohar	Shadeed	1.50	MIDREX	1	HDRI / HBI	2008	C
カタール	Mesaieed	Qatar Steel Ⅰ	0.40	MIDREX	1	DRI	1978	O
カタール	Mesaieed	Qatar Steel Ⅱ	1.50	MIDREX	1	HDRI / HBI	2007	O
カナダ	Quebec	ArcelorMittal Canada 1	0.40	MIDREX	1	DRI	1973	O
カナダ	Quebec	ArcelorMittal Canada 2	0.60	MIDREX	1	DRI	1977	I
サウジアラビア	Al-Jubail	Hadeed A & B	0.80	MIDREX	2	DRI	'82/'83	O
サウジアラビア	Al-Jubail	Hadeed C	0.65	MIDREX	1	DRI	1992	O
サウジアラビア	Dammam	DRIC	1.00	MIDREX	2	DRI	2007	O
サウジアラビア	Al-Jubail	Hadeed E	1.76	MIDREX	1	HDRI / DRI	2007	O
サウジアラビア	Al-Jubail	Hadeed D	1.10	HYL / ENERGIRON	1	DRI	1999	O
中国	Tianjin	Tianjin Iron & Steel	0.30	DRC	2	DRI	1997	O
ドイツ	Hamburg	ArcelorMittal Steel Hamburg	0.40	MIDREX	1	DRI	1971	O
トリニダード・トバゴ	Point Lisas	ArcelorMittal Steel Point Lisas Ⅰ &	0.84	MIDREX	2	DRI	'80/'82	O
トリニダード・トバゴ	Point Lisas	ArcelorMittal Steel Point Lisas Ⅲ	1.36	MIDREX	1	DRI	1999	O
トリニダード・トバゴ	Point Lisas	Nu-Iron	1.60	MIDREX	1	DRI	2006	O
トリニダード・トバゴ	Point Lisas	Mittal-ISG Trinidad	0.50	CIRCORED	1	HBI	1999	I
ナイジェリア	Warri	Global Steel Holdings	1.02	MIDREX	2	DRI	1982	O
パキスタン	Karachi	Tuwairqi Steel Mills	1.28	MIDREX	1	HDRI / DRI	2008	C
ブラジル	Salvador Bahia	Usiba	0.31	HYL / ENERGIRON	1	DRI	1994	O
ブラジル	Charquedas	Piratini	0.06	SL / RN	1	DRI	1973	I
ベネズエラ	Matanzas	Ternium SIDOR Ⅰ	0.35	MIDREX	1	DRI	1977	O
ベネズエラ	Matanzas	Ternium SIDOR Ⅱ	1.29	MIDREX	3	DRI	1979	O
ベネズエラ	Puerto Ordaz	Ferrominera Orinoco	1.00	MIDREX	1	HBI	1990	O
ベネズエラ	Matanzas	VENPRECAR	0.82	MIDREX	1	HBI	1990	O
ベネズエラ	Matanzas	COMSIGUA	1.00	MIDREX	1	HBI	1998	O
ベネズエラ	Matanzas	Ternium Sidor H2	1.40	HYL / ENERGIRON	3	DRI	1981	O
ベネズエラ	Matanzas	Tenaris Matesi	1.50	HYL / ENERGIRON	2	HBI	2004	O
ベネズエラ	Matanzas	Ternium Sidor	0.80	HYL / ENERGIRON	1	DRI	2008	C
ベネズエラ	Matanzas	Orinoco Iron	2.20	FINMET	4	HBI	2000	O
ベネズエラ	Matanzas	Operaciones rDI	0.40	FIOR	1	HBI	1976	I
ペルー	Chimbote	Siderperu	0.10	SL / RN	3	DRI	1980	I

国	場所	プラント名	能力(Mt/y)	方法	基数	生産物	生産開始	現状*
ペルー	Pisco	Aceros Arequipa	0.08	SIIL	2	DRI	1996	O
南アフリカ	Saldanha Bay	ArcelorMittal Steel South Africa	0.80	MIDREX	1	DRI	1999	O
南アフリカ	Vanderbijlpark	ISCOR	0.72	SL / RN	4	DRI	1984	O
南アフリカ	Germiston	Scaw Metals Ⅰ	0.18	DRC	2	DRI	'83/'89	O
南アフリカ	Germiston	Scaw Metals Ⅱ	0.15	DRC	1	DRI	1997	O
南アフリカ	Benoni	Dunswart	0.15	CODIR	1	DRI	1973	O
南アフリカ	Cullinan	Davsteel	0.04	DAV	1	DRI	1985	
メキシコ	Lazaro Cardenas	ArcelorMittal Steel Lazaro Cardena	1.20	MIDREX	1	DRI	1997	O
メキシコ	Monterrey	Ternium Hylsa 3M5	0.50	HYL / ENERGIRON	1	DRI	1983	O
メキシコ	Lazaro Cardenas	ArcelorMittal Lazaro Cardenas Ⅰ	1.00	HYL / ENERGIRON	2	DRI	1988	O
メキシコ	Lazaro Cardenas	ArcelorMittal Lazaro Cardenas Ⅱ	1.00	HYL / ENERGIRON	2	DRI	1991	O
メキシコ	Puebla	Ternium Hylsa 2P5	0.61	HYL / ENERGIRON	1	DRI	1995	O
メキシコ	Monterrey	Ternium Hylsa 4M	0.68	HYL / ENERGIRON	1	DRI	1998	O
ミャンマー	Maymyo	No.3 Mining Enterprise	0.04	KINGLOR-METOR	2	DRI	'81/'84	
リビア	Misurata	LISCO 1& 2	1.10	MIDREX	2	DRI	'89/'90	O
リビア	Misurata	LISCO 3	0.65	MIDREX	1	HBI	1997	O
ロシア	Stary Oskol	OEMK	1.67	MIDREX	4	DRI	'83/'85/'85/'87	O
ロシア	Gubkin	Lebedinsky GOK Ⅱ	1.40	MIDREX	1	HBI	2007	O
ロシア	Gubkin	Lebedinsky GOK	0.90	HYL / ENERGIRON	1	HBI	1999	O

＊ O:操業中、I:休止中、C:建設中
MIDREX (2008) 2007 World Direct Reduction Statistics. 12p.

巻末表-2　ベトナムの主要鉄鉱床一覧表

Vietnam

No.	Name of Deposit	Owner Operator	Present status	Location			Geology	Age of mineralizatio n or granite	Type of Deposit	Ore								Reserve (1,000ton)	Category 1.proved 2.inferred 3.possible	Production (1,000t)			Mining method op:open pit ug:underground	Ship to Where	Note	Reference	
				Province	Longitude	Latitude				Ore mineral	Grade (%)						Size of concentrate (mm)			Years of start and closure	ton/y	past production				For this inventory	General
											Fe	SiO_2	Al_2O_3	P	S	Others											
1	Yvonne			Thai Nguyen	105.9645	21.5717	ss,sh,ls		skarn/float	M,H,L	64.5–69.2	0.32–2.27	1.0–7.0	0.02–0.07	0.07–0.12	Mn0.15–1.24, Cu0.03–0.07, $TiO_2$0.02–0.05		1,579								1	
										H,L,M	63.5–69.2	2.3–0.3		0.02	0.08											2	
2	Lang Hit			Thai Nguyen	105.8346	21.6799	ss,sh,ls		skarn/float	H,M	48–58	1.3–12.0		0.02–1.07	0.04–0.19	Mn0.3–11.0		**17,590**		1940–			open pit			1	
3	Molin Ham			Thai Nguyen	105.6939	21.7124	ss, cgl,ls		skarn	L	55	3	1.4	0.09	0.04	Mn3.0,Cu0.02		1,200–7,200							1.2Mt(1), 7.2Mt(1+2+3)?	1	
										H,L,M	55.2	3.3	1.3	0.086	0.035	Mn 3.2										2	
4	Dhai Khai			Thai Nguyen	105.5153	21.7827	ss		skarn/float	L	35–57	1.3–3.8		0.06–0.71	0.14–0.18	Mn0.1–2.2		320					open pit			1	
5	Nui Trang Hoc			Thai Nguyen	105.3801	21.8910			residual	L,H	38.9	1.04		0.04	0.08	Mn21.7		200								1	
6	Tuyen Quang (Tho Son)			Tuyen Quang	105.0932	21.9938	ls		float	H,M	61–66	0.8–3.1	0.1–0.3	0.01–0.03	0.03–0.9	Mn0.2–0.8		1,000–4,000								1	
7	Thanh Ba			Phu Tho	104.4980	21.9126	ss,sh,ch,phy		float	L	49–57	3.6–6.2	1.5–6.5	0.03–0.09	0.01–0.04	Mn0.7–4.2, TiO_2tr–0.32		156								1	
8	Bao Ha			Lao Cai	104.1138	22.2481	sch,ls,gb,ser		skarn	M	60–68	3–12		0.03–0.09	0.005–0.015	Mn0.07–0.15,$TiO_2$1.0–2.0										1	
9	Yen Cu			Nghe An	105.4829	18.5899				L	44–46	1.0	3	1.4	0.06	Mn8–9		500		1935–			open pit	Jpn 1942年までに鉄鉱石22,700t、含Mn鉄鉱石16,800t	Mn mine at beginning. Upper Mn rich, Lower limonite	1,2	
10	Song Ca River Area			Ha Tinh	105.2881	18.5899	sh,ch,phy,gr		float	L															No big deposits found so far.	1	
	1. Huong Khe			Ha Tinh			sh,ch,phy,gr		float	L	50–58	3–12	1.5–3.9	0.16–0.65	0.01–0.11											1	
	2. Huong The			Ha Tinh			sh,ch,phy,gr		float	L	54–57	2–5	1–4	0.5–0.8	0.01–0.06										Neally terminal, ores remain little		
	3. Van Cu			Ha Tinh			sh,ch,phy,gr		float	L	52–56	4–6	1–4	0.29–0.70	0.01–0.09										Neally terminal, ores remain little		
	4. Dan Trai			Ha Tinh			sh,ch,phy,gr		float	L	57	1.9	2.1	0.42	0.07												
	5. Do Bac			Ha Tinh			sh,ch,phy,gr		float	L	54–57	2.8–3.0	1.7–1.9	0.82–1.43	0.03–0.05										Neally terminal, ores remain little		
	6.Kho Truoi			Ha Tinh			sh,ch,phy,gr		float	L	52–57	4–7	2–4	0.63–1.16	0.02–0.05												
	7.Trang Sim			Ha Tinh			sh,ch,phy,gr		float	L	52–56	3–8	2–4	0.53–0.95	0.01–0.07												
11	Phong Nha			Quang Binh	106.0078	17.6048	ss,sh			H,L	56	4		0.3				>5,000*						Jpn 8,400t (1937)	* Fe56%, $SiO_2$4.3%, P0.3%	1	
12	Baula Islands			Kien Giang	104.6280	9.9726	ls,ss		residual	L	27–41	20–43		0.10–0.91	0.18–0.31											1,2	
13	Thack Khe		planning	Ha Tinh	105.9605	18.3738			skarn	M								554,000	1							3,6,7,9,HR	5,6
14	Quy Xa	TGS/China	operation	Lao Cai	104.2665	22.1360			residual	L								119,000	1							3,6,9,HR	5,6
15	Sin Quyen			Lao Cai	103.8713	22.6008			IOCG									52,800*						* 磁鉄鉱含有量5.4%		3,7,9	
(16)	Tong Ba	An Vien		Ha Giang	105.0933	22.9551			metamorphic	M,H,L	30–45		0.2–10.5	0.00–0.13	0.00–0.5	Cu0.05–0.2,		medium								3,5,7,9,HR	5
(17)	Ban Chang			Cao Bang	106.0637	22.769			skarn									small								3,7	5
(18)	Na Rua	Vinacomin	operation	Cao Bang	106.2138	22.6369			hydrothermal	M								occurrence								3,7,9,HR	5
(19)	Kip Tuoc		operation	Lao Cai	104.0935	22.3516			metamorphic	M								small								3,4,9,HR	
(20)	Trai Cau		operation	Thai Nguyene	105.8980	21.5831			skarn		58.83		3.9	0.044	0.38	Mn0.32,As0.02,Cr_2O_3		9,000*						TISCO		3,5,7,9,*HP	5
(21)	Lang My		licensing	Yen Bai	104.8098	21.4903			metamorphic	M,H	23.15–47.56	42–52	3.68	0.03–0.05	0.01–0.1	Mn0.05–0.37,								many deposits		9, HR,内部資料	5
(22)	Son Loc			Ha Bac	106.6660	21.4407				L																2	
(23)	Hayat			Quang Ninh	107.4642	20.9991				L	40–45			0.6	0.03											2	
(24)	Thack Khoan			Hoa Binh	105.2309	20.9566				L	48–56	6.7–2.5		0.19–0.06	0.32–0.10											2	
(25)	Mo Duc			Quang Ngai	108.8839	15.0129			residual									large								7	5
	Na Lung		operation	Cao Bang					hydrothermal	M																7,HR	
	Nguom Chang	TNS	operation	Cao Bang					hydrothermal	M																7,9,HR	
	Lech village		operation	Lao Cai					metamorphic	M																9,HR	
	Tan Tien		operation	Tuyen Quang						M,L																9,HR	
	Tien Bo		operation	Thai Nguyene					hydrothermal																	9	
	Sam village- Ngoc, Lac			Thanh Hoa					float																	9	
	Tien Bo		operation						hydrothermal	M,H								28,000*						TISCO		HR,*HP	
	Quang Trung		operation	Thai Nguyene																				TISCO		HP,HR	

この表の( )の付いていない番号は、報告書の鉱床番号および鉄鉱床分布図の番号と一致する。( )の付いている番号は、報告書に記載されていないが、鉱床分布図には表示してある。
この表の引用文献　1：東南アジアの鉄鉱資源、海外製鉄原料委員会(1966)、 2：世界鉄鉱資源要覧、科学技術庁資源局(1966)、 3：Mineral Resources Map of Viet Nam, 1:1,500,000(1986)、 4：Geological and Mineral Resources Map of Viet Nam, 1：200, 000 Yen Bai(2005), Kim Binh-Lao Cai(2005), Tinh-Ky Anh(1996)、 5：TAI Nguyen KHOANG SAN, VIET NAM(2005)、6： Atlas of mineral resources of the ESCAP region, V.6, Viet Nam(1990)、 7：Mineral resources map of Viet Nam、DGMV(2005)、8：McLean.R.N.(2001)、9：GSVにおけるヒアリング

float：転石鉱床、hydrothermal：熱水鉱床、 IOCG：鉄酸化物･銅･金鉱床、metamorphic：変成鉱床、 primary：初生鉱床、residual：残留鉱床、secondary：二次性鉱床、 skarn：スカルン鉱床、 H：赤鉄鉱、 L：褐鉄鉱、 M：磁鉄鉱、 Ma：マータイト、 MH：磁赤鉄鉱、 塊：塊状鉱、 紛：粉状鉱
ch：チャート、cgl：礫岩、hf：ホルンフェルス、gn：片麻岩、ls：石灰岩、qtz：珪岩、sch：片岩、sed：堆積岩、sh：頁岩、ss：砂岩、tf：凝灰岩類、and：安山岩、gp：花崗斑岩、gr：花崗岩、po：ひん岩、qp：石英斑岩、vol：火山岩類
cret：白亜紀、jura：ジュラ紀、tert：第三紀、trias：三畳紀

TISCO：Thai Nguyen Iron and Steel Company、 Vinacomin：Vietnam National Coal-Mineral Industries、 Jpn：日本

HP：ホーム･ページ、 HR：ヒアリング、

巻末表-3　マレーシアの主要鉄鉱床一覧表

Malaysia

No.	Name of Deposit	Owner Operator	Present status	Location			Geology	Age of mineralization or granite	Type of Deposit	Ore								Reserve (1,000ton)	Category 1.proved 2.inferred 3.possible	Production (1,000t)			Mining method op:open pit ug:underground	Ship to Where (1,000t)	Note	Reference	
										Ore mineral	Grade (%)						Size of concentrate (mm)			Years of start and closure	ton/y	past production				For this inventory	General
				Province	Longitude	Latitude					Fe	SiO_2	Al_2O_3	P	S	Others											
1	Dungun			Trengganu	4.7397	103.1442	ls,sh,gr		skarn/float	M,H,L	61.2 59	4 8.5	3 2.6	0.04 0.03	0.16 0.3		6-50 -6	20,260		1930-	2,020(1964)	2,900(1930-65)	open pit	Jpn 2,020(1964)	Float:H, primary:M. Fe lower and impurities increase	2,1,3	
	(1) Bukit Besi			Trengganu	4.7500	103.1667	qzt,sh,ls,gr	late Creta.	skarn/float	M,Ma,H,L											1,699(1965)	35,919				3	
	(2) Sri Bangun			Trengganu																					Sn high	1	
	(3) Batu Tiga			Trengganu																					Sn high, S high	1	
	(4) Burnt Hill			Trengganu																					Sulphide rich	1	
2	Rompin			Pahang	3.1318	102.9570	gr,ls,sh		skarn/float	H,M	64 63	2.0 3.0	2.0 2.0	0.04 0.02	0.03 0.03	Cu 0.08 Cu 0.08	10-50 -10	24,109(1965)(Fe58.6%)*		1962-	1,879(1964)	5,231(1962-65)	open pit	Jpn 1,879(1964)	*Rompin社発表、鉱量は1によ	2,1	
	(1) Bukit Ibam-Bt.Mungas			Pahang	3.1000-3.2667	102.9333-103.0666	qtz,gr,qp	post Trias.	skarn/float	M,H,L	56.71	8.09		0.05	0.05			17,439								3,1	EG/MI/Pah(24)
	(2) Bukit Pesagi			Pahang Pahang					float	M,H,L	塊 59.0 粉 57.0			0.03 0.03	0.09 0.09	Cu0.03, Zn0.04, Bi 0.02 Cu0.02, Zn0.03, Bi 0.02		4,468								1	
	(3) Salong			Pahang					float/skarn	M,H,L	58.0							386							品位は粗鉱のもの	1	
	(4) Bukit Hitam			Pahang					float	M,H,L	61.0							570							品位は粗鉱のもの	1	
	(5) Batu Peteh			Pahang					float	M,H,L	50							1,246							品位は粗鉱のもの		
3	Maran Area			Pahang			ch,sh,vol,gr	Trias.(sed.)	skarn/float	H,L,M	59	6	3	0.02	0.05		10-250	1,800	1+2+3	1964-	10(1964)		open pit	Jpn 10(1964)		2	
	(1) Bukit Tunggal			Pahang	3.7167	102.8500	ch,sh,vol,gr	Trias.(sed.)	skarn/float	H,L,M	57-60	2.0-5.0	2.0-4.0	0.04-0.10	0.02-0.05	Cu0.01-0.02,As0.03-0.04,Sn0.02-0.03		860(Fe58.5%)					open pit		鉱量:安宅産業(1966)	1,3	
																							open pit			1,3	
	(2) Bukit Lobang			Pahang	3.6333	102.8167	ch,sh,vol,gr	Trias.(sed.)	skarn/float	H,L,M	62-63	2.0-4.0	.2.0-4.0	0.01-0.02	0.03-0.06	Cu0.04-0.06,As0.03-0.15,Sn0.01		170(Fe62.5%)					open pit	Jpn 200(1964)	鉱量:安宅産業(1966)	1,3,2	
	(3) Pulau Manis			Pahang	3.6667	103.1333	ch,sh,vol,gr	Trias.(sed.)	skarn/float	H,L,M	53-56	3.0-8.0	2.0-4.0	0.03-0.10	0.02-0.07	Cu0.01-0.02,As0.02-0.03,Sn0.02-0.03		200(Fe55.0%)					open pit		鉱量:安宅産業(1966)		
4	Simpang Rengam			Johore	2.0014	103.2930	sh,ch		skarn	H,M,L	56.7	4.7	3.5	0.06	0.03		10-250	600*	1+2+3	1964-	200?		open pit				
5	Sri Medan			Johore	1.9833	102.9667	tf,sh,and,		skarn/float	H,M,Ma	59	10	2	0.21	0.1	TiO_2 0.3	塊			1920-1964	163(1964)	11,736	open pit/ug	Jpn 163(1964)		3,2,1	
6	Tuago			Johore	2.1418	102.8974	ss,sh,and,gr	post Trias.	skarn	M,H	60	16		0.2	0.1	Cu<0.05,Sn<0.05	6-250	800	1+2	1960-1965			open pit	Jpn Sri Medan鉱に含有	No.2Sri Medan(1964-1965)	2	
7	Chaah			Johore	2.3119	102.9442	ss,sh,and,gr		skarn	H	57	12	2	0.15	0.02		塊	801		1960-1965	121(1964)	321(1961-64)	open pit		Jpn 121(1964)	2,1	
8	Bukit Tui			Johore	2.2667	102.9667	ss,sh,and,gr		skarn	H	64.2	2.4	1.9	0.115	0.013		10-250	870	1+2	1961-	160(1964)	902(1961-65)	open pit		Jpn 160(1964)	2,1	
9	Jorak			Johore	2.0833	102.8167	ss,sh,and,gr		skarn	H,M	63.9 62.6	2.6 3.6	2.9 3.2	0.014 0.01	0.031 0.03		6-200 -6	1,060	1+2+3	1963-	109(1964)	159(1963-65)	open pit		Jpn 109(1964)	2	
10	Buloh Kasap			Johore	2.6352	102.7741	ss,sh,vol,gr		float	H	61.5	3	3	0.1	0.08	V0.15,TiO_2 0.20	10-200	500	1+2	1965-	220(1964)		open pit		Jpn 220(1964)	2,1	
11	Ipoh Area			Perak	4.5680	101.1175	ls,sh,gr		float	H(soft)	63-67	0.5-2.0	1.5-4.0	±0.04	±0.05			5,950(Fe63%)*1		1953-		7,180*2	open pit		鉱石:粉化しやすい。*1:マラヤ鉄鉱山調査団(1958)、*2:Perak州産額	1,5	
	(1)Malaya Mining Dev. Co.			Perak					float	H	63	2.5	2	0.04	0.05		6-250	500	1+2		121(1964)		open pit	Jpn 121(1964)		2	
	(2)Ipoh Mining Co.			Perak					float	H,(M)	60	1.3	3	0.03	0.004	Mn 0.5	6-250	240	1+2		109(1964)		open pit	Jpn 109(1964)		2	
	(3)Ah Kee Iron Mines C.			Perak					float	H	60	1.5	2	0.04	0.003	Mn 0.3	6-250	120	1+2		37(1964)		open pit	Jpn 37(1964)		2	
	(4)Federal Mining Co.			Perak					float	H	61 60.5	4 4	3.54 3.67	0.03 0.05	0.02 0.06	Mn 0.7 Mn 0.6	塊 粉	2,000(1958)	1+2+3		194(1964)		open pit	Jpn 194(1964)		2	
12	Sungei Lam			Perak	4.6167	101.1667	ls,sh,ss,gr		skarn/float	H,M,L	56-68	1.0-5.0	0.5-2.5	0.02-0.13	0.01-0.03	Cu.0.01, $TiO_2$0.07-0.17		2,500(Fe62%)		1965-			open pit			1,3	
13	Kedah Area			Kedah	5.6926	100.4473	ss,sh,gr		skarn/float	H,M,L										1957-			open pit				
	(1)South Island Mining Co.								float	H,L	58						10-200	250	1+2		197(1964)			Jpn 197(1964)		2	
	(2)Malaya Mining Dev. Co.								float	H,L	56						塊	500	1+2+3		29(1964)			Jpn 29(1964)		2	
	(3)Gunon Rapat Mining Co.								skarn	H,L,M	57	9.7	5.2	0.06	0.081		10-200	120	1+2		48(1964)			Jpn 48(1964)		2	
14	Temangan		closed	Kelantan	5.6660	102.1333	sh,sch,vol,qp		skarn/float	L,H	55 51.5	4.8 6.9	1.9 3.3	0.05 0.04	0.03 0.03	Mn 1.9 Mn 2.8	6-75 -10			1956-1965	444(1964)	3,860	open pit	Jpn 444(1964)		2,3,1	
15	Kemaman			Trengganu	4.2700	103.2832			skarn/float	H	54.0	4.5	3.5	0.08		Mn 2.5				1925-1964		139	open pit			1,5	
16	Kuantan			Pahang	3.8950	103.2267			skarn/float	M,H	61.5	1.5	4.5	0.03	0.04	Cu 0.03				1961-1964		108	open pit			1	
17	Pontian			Pahang	2.7000	103.3500	sch(Trias.)		float	H,M	60	1.5	4.5	0.13	0.03	Cu0.05, Mn1.31	10-150			1961-1964	61(1964)	368	open pit	Jpn 61(1964)		2,1,3	
18	Segamat			Johore	2.5836	102.8674			float	H,L	61.5	3.2	3.2	0.1	0.07					1963-1965	4	360	open pit			1,5	
19	Kpong			Johore	2.3333	103.9167	qtz,sh(Trias.)		float	L,H	60	4.8	4.6	0.13	0.04		塊			1958-1964	37(1964)	1,110	open pit	Jpn 37(1964)		2,1,3	
20	Bunga Raya			Selangor	3.2254	101.6581			float	H	58	1.8	3.8	0.08	0.06	Mn 1.5, As0.16	10-100			1964-1966	132(1964)	460	open pit	Jpn 132(1964)	鋼管鉱業出資	2,1	
21	Ulu Yam			Selangor	3.5232	101.6681			float	H	60	4.5	5	0.03	0.008	TiO_2 0.4	10-250			1964-1966	125(1964)	142	open pit	Jpn 125(1965)		2	
22	Sungei Gau			Pahang	4.0719	102.1530	ch,sh,ls,vol,gr,qp		skarn/float	L,H	56*	3.5		0.02	0.04	Mn 1.5		570*		1966-			open pit		*: conc.(water washed)	2,1	
23	Kuala Lipis			Pahang	4.3016	101.9786	ch,sh,ls,gr		skarn/float	M,H	61*	12		0.05	0.10	Cu 0.05	10-250	3,000*		1965-			open pit		*鋼管鉱業の鉱量では1,481	2,1	
24	Pelepa Kanan (Kota Tinggi)		operation	Johore	1.8500	102.9667	qtz, hf, gr,qp	pre Trias.	skarn(roof pendant)	H,M	55-60	7.8		0.35		Cu0.38, Mn1.2, Sn 0.1-1.0	250	4,180		1930-					*日綿実業の鉱量では1,909	3,1,2	
25	Pelepa Kiri			Johore	1.8167	103.8500		?	skarn	H,M	61					Sn0.13		900				12.5	open pit/ ug		Sn high. Untapped because of high Sn	2,3	
	Sg. Temau		closed	Pahang	4.5333	101.9333	sd.rocks, gr			H,M	>60							800		1965-	56(1965)		open pit			3	
	Kg. Merbok		closed	Kedah	5.7833	100.4333	sh,qtz, sch, gp	late Tert.		M,MH	67.5	1.63	2.01	0.01	0.01								open pit		Gunong Jerai地区の一部	3	
	Bukit Kuang		closed	Kelantan	5.9167	101.9500			secondary	H	>58					Mn0.03-0.023		12,500									
	Gunung Panjang		operation	Perak	4.5833	101.1667	ls,gr	l.-m.Jurassic	float	H	67.69-68.94	0.15-0.58	1.06	0.02-0.06		Cu0.02, Mn0.17		6,000					open pit		Ipoh地区の一部	3	
	Machang Setahun		closed	Terengganu	4.2667	103.2833	sh,ls,gr	Jurassic	secondary	H,L	58.58	3.03		0.07	0.04	Mn1.16				1828-1963	46(1963)	1,681	open pit/ ug		プラスMn ore 325,000t	3	
	Gunong Jerai		closed	Kedah	5.7833	100.4333	sh,qtz, sch, gp	lower Tertiary	float	M,H	59.13-68.24	2.20-8.07	1.14-5.99	0.00-0.04	0.02-0.04	Mn0.00-0.16, $TiO_2$0.04-0.14				1955-1964	242(1964)	2,028	open pit		Sample from Bukit Ahan	3	
	Keratong			Pahang					primary & float		50-60							11,200								4	
	Ulu Romping		closed	Pahang	3.1333	102.9667			fissure filling									6,500				6,598(1962-65)				4,3,6	
	Batu Yon (C180)			Pahang	4.3583	101.9833			primary	M,H,L	64.9							2,800								4,6	
	Batu Yon (C184)			Pahang	4.5917	101.9000	sh,qtz,and,gr		primary & secondary	M	58.1							2,500							物理探査	4,6	
	Batu Yon (C205)			Pahang	4.3833	101.9708			float		65.75							1,584								4,6	
	Luit			Pahang					float		59							1,000									
	Lenga, Muar			Johore														1,620								4	
	Jorak, Muar			Johore	2.0833	102.8167												1,621								4	
	Sungai Sayong, Batu Pahat			Johore							63.6							3,110								4	
	Cha'a Baru, Segamat			Johore							55							1,654								4	
	Ulu Sedili Besar			Johore							68							1,016								4	
	Bukit Twatau -			Johore	1.5000	101.2500					61.3							5,157								4	
	Tanjung Penawar			Johore	1.5167	104.2667																				4	
	Bukit Sambang			Johore							77.5							1,760								4	
	Hutan Simpan Panti			Johore							60							1,532								4	
	Layang-Layang			Johore	1.7833	103.4333					56							1,500								4	
	Jerantut			Pahang	4.0209	102.2594	ss,sh,ls,gr		skarn/float	M,H	60	10	5	0.15	0.15	$TiO_2$0.6		3,900	1+2+3						1966当時開発中	2	
	Bang Kong			Pahang	3.9145	103.2201			skarn	M,H	62.5	2	4	0.02	0.04	As0.05, Sn0.03	10-250	800	1+2		140(1964)		open pit	Jpn140(1964)		2	
	Chini		operation	Pahang	3.4381	102.8889	sh,ss,vols,gr		skarn/float	H	57.5	3.4	3.7	0.13	0.078	Mn3.5	10-150	700	1+2						Gunong Jerai地区の一部	2,3	

この表の番号は、報告書の鉱床番号および鉄鉱床分布図の番号と一致する。
この表の引用文献　1:東南アジアの鉄鉱資源、海外製鉄原料委員会(1966)、 2:世界鉄鉱資源要覧、科学技術庁資源局(1966)、 3:Iron-ore deposits of West Malaysia, J.H.Bean(1969), 4: Data from Minerals and Geoscience Department Malaysia , 5:Mineral Distribution Map of Peninsular Malaysia(1976), 6:Geological Survey, Malaysia(1984), MX(M) 1/1985

float:転石鉱床、hydrothermal:熱水鉱床、 IOCG:鉄酸化物・銅・金鉱床、metamorphic:変成鉱床、 primary:初生鉱床、residual:残留鉱床、secondary:二次性鉱床、 skarn:スカルン鉱床、 H:赤鉄鉱、 L:褐鉄鉱、 M:磁鉄鉱、 Ma:マータイト、 MH:磁赤鉄鉱、 塊:塊状鉱、 紛:粉状鉱
ch:チャート、cgl:礫岩、hf:ホルンフェルス、gn:片麻岩、ls:石灰岩、qtz:珪岩、sch:片岩、sed:堆積岩、sh:頁岩、ss:砂岩、tf:凝灰岩類、and:安山岩、gp:花崗斑岩、gr:花崗岩、po:ひん岩、qp:石英斑岩、vol:火山岩類
cret:白亜紀、jura:ジュラ紀、tert:第三紀、trias:三畳紀

HP:ホーム・ページ、 HR:ヒアリング、 Jpn:日本、

巻末表-4　インドネシアの主要鉄鉱床一覧表

Indonesia

No.	Name of Deposit	Owner Operator	Present status	Location: Province	Location: Longitude	Location: Latitude	Geology	Age of mineralization or granite	Type of Deposit	Ore: Ore mineral	Ore: Grade (%) Fe	SiO_2	Al_2O_3	P	S	Others	Size of concentrate (mm)	Reserve (1,000ton)	Category 1.proved 2.inferred 3.possible	Production (1,000t): Years of start and closure	ton/y	past production	Mining method op:open pit ug:underground	Ship to Where	Note	Reference: For this inventory	General
1	Tanalang			Kalimantan	115.6322	−2.5539	ss,sh,ls,di,gb,dp	Tertiary	skarn/float									916,770*	1+2						鉱量：日鉄鉱業((株)(1959)	1	
	1. Tanalang								skarn/float	M,H	66.69	3.97	0.91	0.02	0.07	Cu0.01,Sn0.00, Pb0.00, Zn0.00										1	
	2. Gunung Batuberani								float	M,H,Ma	63−64	5−6														1	
2	Batu Kora (Pelaihari)			Kalimantan	114.8259	−3.8455	ls,qd,po		skarn/float	H,M	塊 62−60							165	2							1	
3	Tambaga			Kalimantan	114.8130	−4.0858	ls,qd,po		(skarn)/float	H,M	塊 65−60							125*	2				open pit		可採鉱量	1	
4	Ranggal (Lampong)			Sumatra	105.4520	−5.2686	ss,qtz,cgl,gr		skarn	M,H,L	63−67	3−8	1−3	0.1−0.15	tr−0.35	Cu±0.05,As±0.01		2,416							深部探鉱で鉱量増加の可能性あり	1	
	1. Pamatang Burhan			Sumatra			ss,qtz,cgl,gr		skarn	M,H,L								(1,287)								1	
	2. Tanjong Senang			Sumatra			ss,qtz,cgl,gr		skarn	M,H,L								(1,130)							粉化しやすい	1	
5	Gunung Wedja			Sumatra	105.4101	−5.0499	gr		skarn	M,H,L	65−55							292,580*	2						鉱量増加の可能性大。鉱量：日鉄鉱業((株)(1953)	1	
(6)	Pleihari			Kalimantan	115.2225	−3.3148			skarn	M, (H)								600								2	
(7)	Riung			Flores Is.	121.0521	−8.5856			skarn	M								500								2	
	Palisan			S.Kalimantan,Tanah Laut														1149*							*Mineral resources(measured ore)	4	
	Riampinang			S.Kalimantan,Tanah Laut														1,326*							*Mineral resources(measured ore)	4	
	Bintang Mentang			Central Kalimantan														3,711*							*Mineral resources(hypothetic ore)	4	
	Kutawaringin			Central Kalimantan														1,000*							*Mineral resources(Inferred oree)	4	

この表の( )の付いていない番号は、報告書の鉱床番号および鉄鉱床分布図の番号と一致する。( )の付いている番号は、報告書に記載されていないが、鉄鉱床分布図には表示してある。
この表の引用文献　1：東南アジアの鉄鉱資源、海外製鉄原料委員会(1966)、 2：世界鉄鉱資源要覧、科学技術庁資源局(1966)、 3：Peta Batuan Induk Sumber Daya Mineral Logam、 4：Indonesia Mining &Mineral

float：転石鉱床、hydrothermal：熱水鉱床、 IOCG：鉄酸化物･銅･金鉱床、metamorphic：変成鉱床、 primary：初生鉱床、residual：残留鉱床、secondary：二次性鉱床、 skarn：スカルン鉱床、 H：赤鉄鉱、 L：褐鉄鉱、 M：磁鉄鉱、 Ma：マータイト、 MH：磁赤鉄鉱、 塊：塊状鉱、 紛：粉状鉱
ch：チャート、cgl：礫岩、hf：ホルンフェルス、gn：片麻岩、ls：石灰岩、qtz：珪岩、sch：片岩、sed：堆積岩、sh：頁岩、ss：砂岩、tf：凝灰岩類、and：安山岩、gp：花崗斑岩、gr：花崗岩、po：ひん岩、qp：石英斑岩、vol：火山岩類
cret：白亜紀、jura：ジュラ紀、tert：第三紀、trias：三畳紀

HP：ホーム･ページ、 HR：ヒアリング、 Jpn：日本、