

## インドネシアの錫およびニッケル鉱業について

向井 滋\*・港 種雄\*・中広 吉孝\*・金山 清一\*

### は し が き

筆者らは昭和46年7月14日から8月15日の1カ月間、京都大学東南アジア研究センターからインドネシアの鉱物資源を調査研究する機会を与えられた。インドネシアは世界における石油、錫、ニッケルなどの主要産出国の一つであり、わが国とは地理的にも比較的至近なため、従来からかなりの鉱石が取引きされており、今後とも増加する傾向にある。今回行なったわれわれの調査では各種の鉱産資源のうちから主要産物とされている錫およびニッケルをえらび、これらについての鉱床の成因、賦存状態、鉱物組成ならびに探査・採鉱・選鉱方法などを調査研究した。とくに錫については、われわれが昭和40年8月に訪れたタイ国—マレー半島とつづくいわゆる tin belt の南縁にあたり、これらの各種錫地域の比較研究は、学術的にも鉱業的にも興味をひかれるところである。

なお、今回は鉱山の現地調査と同時に、鉱山省地質調査所、鉱山省選鉱研究所、バンドン工科大学鉱山学教室ならびに地質学教室などを訪問してインドネシアにおける一般鉱業事情、鉱業に関する教育・試験研究状況ならびに技術的問題などについても調査を行なった。

本報告では、まずインドネシアの鉱業の全

般を紹介し、ついで実際に調査したバンカ島およびスラウェシ島のニッケル鉱山について概要を述べる。

今回の調査は約1カ月の短期間ではあったが、いちおう所期の目的を果たすことができたのは、東南アジア研究センター所長市村真一教授、インドネシア鉱山省ならびに国营鉱山会社の各位の御配慮の賜物であり、ここに深甚の謝意を表する次第である。

### I 地 質 概 説

インドネシア共和国の領土は、アジア大陸とオーストラリア大陸との二つの大陸およびインド洋と太平洋との二つの大洋の交わる場所にひろがる諸島からなり、そこには19の比較的大きな島と小さい岩礁のようなものでふくめて1万数千の島々が存在する。これらの諸島は、赤道をはさんで北緯6°から南緯11°の間に東西に長く約5,000 kmにわたって散在している。その総面積は約190万 km<sup>2</sup>で、地球表面積の約4%にあたり、アジアでは中国本土、インドについて大きい。

インドネシアの気候は高温多湿で降雨が多く、四季の変化に乏しい。この諸島はインド・オーストラリアモンスーン地帯にあたるために、赤道の南側では西モンスーンで雨量が多く（ジャワ島ではだいたい9月から翌年2月までが雨季となっている）、東モンスーンで乾季となる。西モンスーン期には、インドネシアの各地に激しい降雨をもたらす。しか

\* 京都大学工学部資源工学教室

し、降雨量は地域によってかなり変化があり、諸島の東南部地域のフローレス島およびチモール島などでは比較的雨が少なく、大草原の風景が見られる。

インドネシア諸島の大部分は山岳地帯で占められ、いまなお造山運動が盛んにおこなわれており、急峻な地形を造りつつある。とくにスマトラ、ジャワおよび小スンダ列島の内弧にそっては火山活動が活発で、標高 1,000～3,000 m 級の火山がほぼ東西に長くつづき、独特の火山地形を呈している。またこれらの中央部山地に源を発する河川は山地を深く開析し、いわゆる壮年期の地貌を呈する。海岸地帯は低い沖積平野または隆起海岸平野からなるが、一部隆起さんご礁が発達しているところも見られる。

インドネシア諸島は地質学的には世界でも非常に錯雑した地域の一つに数えられている。すなわち、この地域は安定な3大地域にかこまれ、また三つの著しい造山帯が交錯するところに位置している。安定な地帯としては、北方にあるアジア大陸楯状地とその南方にのびるスンダ陸棚、西方にあるゴンドワナ大陸とインド洋をふくむ地帯ならびにオーストラリア大陸とその北方にのびるサハル陸棚、北東方向にあたる太平洋底部の3者があげられる。また、三つの大造山帯としては、アルプス—ヒマラヤ—スンダ山系（ヒマラヤ—ビルマ—スマトラ—ジャワ—小スンダ列島につづく山系）、環太平洋造山帯の一部（台湾—フィリピンにそって南下し、カリマンタンとスラウェンに分岐する山系）、環オーストラリア造山帯（ニュージーランド—ニューカレドニア—イリアン—ハルマヘラ群島につづく山系）があげられる。

インドネシア諸島は上記のような理由で地質学的には非常に複雑で、かつ現在でも著しく不安定な状態におかれている。そのあらわれとして、全土を通じて盛んな火山活動がみ

られるほか、構造性の深発性地震が非常に多い。また、スマトラ—ジャワ列島の外弧にそって大きい負の重力異常が存在する。これらの負の重力異常の存在は、アイソスタシーの上からいまだ補償されていない隆起塊の存在することを意味するものであるが、事実スマトラ—ジャワ列島の外弧にそって地塊の隆起がおこっていると考えられている。<sup>1)</sup>

インドネシアでは堆積作用と造山作用が長い期間にわたって繰り返しておこなわれたことが知られている。すなわち、アジア大陸楯状地の前面に形成された中生代から新生代にわたる地向斜性堆積作用と造山作用によって現在諸島にみられるような岩石の分布や構造が造りあげられたものとされている。<sup>1-4)</sup> これらのうち中生代の造山運動はとくに著しかった模様で、カリマンタンの中央部山地に異相を示す中生代の帯状の地層が平行にならんでいることから推定される。ここでは三疊紀—ジュラ紀に属する Danau 層が広く発達している。これはチャートを主とし、著しく珪化された頁岩と砂岩を伴う累層で、強い褶曲作用を蒙っている。<sup>2,3)</sup> 中生代の地層は、このほか、リオ (Riau) 島、スマトラ、スラウェン、ジャワ島などにも点々とみられる。インドネシアの東部地域では、複雑な構造をもったチモール—東スラウェン地向斜が存在する。この地向斜性堆積作用は、三疊紀から白亜紀までひきつがれ、岩相は下位から(1)ネリティック帯に深い関係のある頭足類の化石を含む石灰岩、(2)フリッシュとよばれる砂岩、硬砂岩、頁岩および粘板岩などからなる厚い累層、(3)放散虫および二枚貝類の化石を含むチャートあるいは珪質石灰岩、(4)さんご礁石灰岩、(5)含油アスファルト質泥灰岩となっている。<sup>1,5)</sup> これらの岩相は、チモール、ロティ (Roti)、レティ (Letti)、モア (Moa)、タニンバル (Tanimbar)、ミゾール (Misool) などの各島を経て東スラウェンおよびハマヘ

ラ群島まで追跡される。新生代にはいと、第三紀以前の造山運動によって既に安定化したアジア大陸の前縁部にそって不規則に配列される著しい堆積環境をもったイディオ地向斜とよばれる長だ円形盆地や海溝が形成され、そこに海成、渦成または非海成の非常に厚い地層を堆積した。<sup>1,8)</sup>これが現在スマトラの東海岸、カリマンタンの南東岸およびジャワ島の北海岸などに分布する。この期の造山運動は中生代の造山運動の外側に横すべりした形でひきつがれた。これらの堆積盆地に堆積した第三紀層の厚さは 6,000~10,000 m におよび<sup>1,7,8)</sup>、始新世の砂岩（カリマンタンの南東部）および中新世の砂岩（スマトラおよびジャワ島北岸地帯）には石油の存在が知られている。同様に始新世の砂岩・頁岩の互層（西部スマトラの Umbilin, 南 Banten, Laut 島）には石炭を産出する。<sup>10)</sup>石炭はこのほかカリマンタンの南東部および東部の中新世の砂岩・頁岩互層中（Mahakam 炭田, Paraputtan 炭田）およびスマトラ、カリマンタン、西イリアンに分布する鮮新世の砂岩・頁岩中にも産出する。<sup>1,8,9)</sup>以上から、インドネシア諸島は地質学的には東部地域のチモール・東スラウェシ地向斜と西部地域のイディオ地向斜によって代表されるように、比較的若い構造をもち、弧状列島の主要な様相が完成されたのはこの第三紀時代であったといえる。この第三紀の造山運動はさらに現世にひきつがれ、前述したように、諸島の内弧にそっては著しい火山作用をもたらし、外弧にそっては地塊の隆起作用をひきおこしている。

なお、インドネシア諸島の地表面の大部分（4分の3）を占めるのは新生代の地層であるが、スマトラの南部、カリマンタンの一部に古生代の地層がみられる。<sup>1,3)</sup>古生層の岩石はおもに片麻岩と結晶片岩などからなっているが、このほか、マレー半島の「Pahang」火山岩類（石炭紀から中生代ジュラ紀にわた

る造山運動にともなう火山岩類）に類似した凝灰岩、熔岩、石英斑岩、泥質堆積物などからなる火山岩類が西カリマンタンやリオ島に知られている。<sup>1,11)</sup>これは古生代後期の地向斜性造山輪廻によるもので、インドネシア諸島の基盤となっている。

## II 火成活動と鉱床の生成

この諸島の火成活動は非常に活発で、上記した各地質時代のいずれにもみられ、各種の貫入岩類および火山岩類を伴っている。これらの火成活動は、それぞれの時代において接触交代作用、熱水交代作用、熱変成作用などをおこない、各種の初生鉱床を形成している。また、初生鉱床ならびに各種岩石類の熱帯性気候下における風化分解作用によって、各種の二次鉱床が形成されている。

まず、上部石炭紀以前の貫入にかかる時代未詳の花こう岩および片麻岩質花こう岩が南スマトラのジャンビ (Djambi) やランボン (Lampung) 地区にみられるほか、同様時代未詳の酸性ないし中性岩類（花こう岩・トナライト・閃緑岩など）がスラウェシの東方のスラ (Sula) 島に分布する。これらのうち、既にランボン地区には鉄の接触交代鉱床の存在が知られている。<sup>1,8)</sup>

ついで、三畳紀以後おそらくジュラ紀の貫入と目される花こう岩底盤が諸島の西部地域のリオ島、シンケップ (Singkep) 島、バンカ島およびビリトン島にみられ、優勢な錫鉱床を胚胎している。この花こう岩中には、錫石のほかにモナズ石、ゼノタイム、ウォルフラマイトなどの鉱石鉱物をいろいろな比率で含有している。また、リオ島ではこの花こう岩が既存の堆積岩類に熱変成を与えてホルンフェルスを生じ、このホルンフェルスがさらに化学的風化作用をうけて優勢なボーキサイト鉱床を生成している。この花こう岩底盤は南シナータイーマレー半島からひきつづくも

のであるが、これがさらに東にのびると岩質は酸性から次第に中性になり、カリマンタンの西部および中央部地域では、花コウ閃緑岩ないし閃緑岩に移り変わる。これらの地域では、これらの岩類に伴って金・銀、鉄、モリブデン、銅・鉛・亜鉛、アンチモンなどの各種鉱石が産出する。

ついで、白亜紀後期には、スマトラのバリサン (Barisan) 山系に花コウ岩・花コウ閃緑岩・閃緑岩などの貫入がみられ、金・銀、鉄、鉛・亜鉛などの鉱床を胚胎し、またカリマンタンの東南部のムラトス (Meratus) 山系やスブク (Sebuku) 島には、斑れい岩ないしかんらん岩の貫入がみられ、ムラトス山系ではダイヤモンド、白金、金などの鉱床を伴い、スブク島では超塩基性岩類の風化分解にもとづく含ニッケルラテライト鉱床を成している。同様のラテライト鉄鉱および残留性ニッケル鉱床がスラウェシの東部弧、チモール～スラム (Seram) 島弧、ハルマヘラ島およびその周辺の諸島、ワイゲオ (Waigeo) 島およびその周辺の諸島、西イリアンの北部地区の一部にみられるが、これらは中生代 (白亜紀後期)～新生代 (中新世) にわたる造山運動に関連して貫入したと推定されている。斑れい岩やかんらん岩類に伴うものである。<sup>1)</sup> なお、同時代の産物とされるオフィオリチック火山岩類 (Ophiolitic volcanic rocks) がクラン (Kellang) やアンボン (Ambon) 諸島にみられる。

新生代に入っても火成活動は活発で、各種の深成岩類ならびに火山岩類が貫入または噴出している。まず中新世中期には、花コウ岩、花コウ閃緑岩および閃緑岩などの貫入がスマトラの南西部海岸地帯、ジャワ島南部の山地、スラウェシの西部弧地帯、西イリアン中央山地にみられ、金・銀、銅・鉛・亜鉛などの各種鉱床を胚胎している。小スンダ列島のフローレス島やウェター (Wetar) 島にも同種の

岩体とそれに伴う鉄の接触交代鉱床の存在が知られている。一方、火山岩類としては、安山岩、同質凝灰岩・角礫岩および流紋岩などが主であるが、これらはジャワ島の各地に広く分布している。この安山岩類に関連して、その岩体中またはその上に不整合的にのるさんご礁石灰岩中にはマンガン鉱床が胚胎されているほか、この安山岩類に由来する含チタン鉄鉱の深砂鉱床がジャワ島の南部海岸一帯 (Tjilatjap 鉱山など) に広く賦存する。

なお、現在諸島の内弧にそって分布する多数の活火山は、その多くがカルクールカリ岩類からなっているが、それぞれ豊富な硫黄鉱床と天然蒸気をもたらしている。<sup>13)</sup>

### Ⅲ 鉱産物一般

既述したように、インドネシアには各種の有用鉱物を産出するが、その主なものは石油、石炭、錫、ニッケル、ボーキサイト、金および銀などである。主要鉱産物の鉱床の位置および生産高の推移をそれぞれ図1と表1に示す。これらのうち、石油は世界の総生産量の約1.6%を産出しているが、これはスマトラが主で少量をカリマンタンからも生産している。現在インドネシアの各地において広範な海岸沖の探査がおこなわれており、既に成功のきざしが見られるところもある。インドネシアの原油は硫黄含有量が少なく空気を汚染することが少ないのでその需要は大きく国内消費分をのぞいては、主に日本およびオーストラリアに輸出されている。

錫鉱は主にバンカ島、ピリトン島、シンケップ島、カリムン (Karimun) 島から採掘され、現在世界の生産高の約9.5%を占めている。

インドネシアの錫は純度の点からも世界の高級品として高く評価され、少量の国内消費分のほかはすべて輸出されている。つぎに輸出品の多いものとしては、ボーキサイトとニ

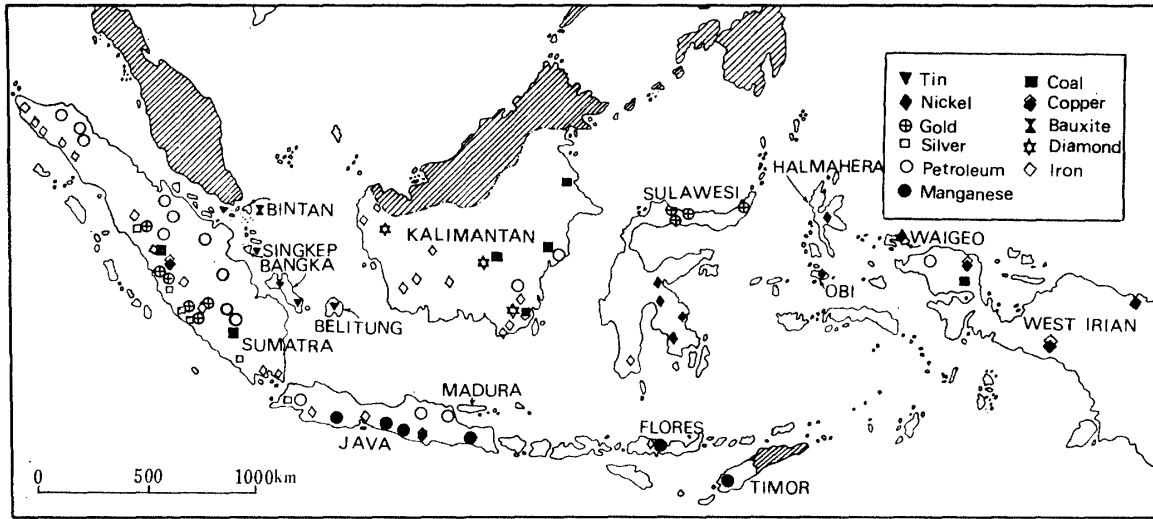


図1 インドネシアの各種鉱産物の鉱床位置図

表1 インドネシアの各年別主要鉱産物生産量（インドネシア鉱山省資料）

Year	Oil (Mbbls)	Tin (m ton)	Coal (m ton)	Nickel (m ton)	Bauxite (m ton)	Gold (kg)	Silver (kg)	Manga- nese (m ton)	Asphalt rock (m ton)
1960	156.1	22,596	650,418	13,758	395,678	168.11	9,163	24,484	9,691
1961	161.3	18,574	562,080	13,682	447,661	178.62	10,558	16,621	6,368
1962	172.4	17,309	470,703	10,777	460,310	128.25	7,300	16,391	5,581
1963	162.7	12,927	591,548	45,528	487,307	137.42	8,672	3,848	10,503
1964	169.1	16,344	445,862	49,528	647,807	180.80	7,923	3,036	4,341
1965	175.8	14,934	390,458	102,002	688,254	209.07	9,294	1,150	9,347
1966	168.4	12,796	319,829	117,402	701,255	128.19	6,867	990	13,905
1967	186.2	13,818	209,274	175,673	920,166	241.14	9,610	4,880	35,558
1968	219.9	16,938	175,673	261,973	879,323	185.64	9,610	2,584	31,315
1969	270.9	17,415	188,000	256,213	926,653	164.51	7,302		31,215
1970	311.7	19,090	172,252	600,000	1,229,175	236.00	8,800		

ニッケル鉱があり、そのほか小規模なものに金、銀、マンガン、ダイヤモンドなどがあげられる。国内向けの鉱産物としては、石炭、石灰石、アスファルト、硫黄、カオリン、石英砂、大理石、建築用石材、燐酸塩鉱物、ヨード、火山灰土、軽石などがある。

表1に示す鉱産物のうち、石炭のみは減産の一途をたどっているが、他はすべて漸次増産の傾向を示している。

現在インドネシアにおける鉱業の大部分は政府がこれを支配しており、鉱山省の下に四

つの国営鉱山会社が設けられている。すなわち、石油および天然ガス鉱業は P. N. Pertamina、錫鉱業は P. N. Tambang Timah、石炭鉱業は P. N. Tambang Batubara がそれぞれ経営を行っており、これら以外の鉱業は P. N. Aneka Tambang が経営にあっている。インドネシアの鉱産物の大部分は、これらの国営企業の生産によるものであり、現在国内の私企業の活動は、その資本力および技術力の不足のために小規模なものに限られている。

#### IV インドネシアの鉱業政策<sup>14,15)</sup>

インドネシアにおいては、鉱物資源は主要な外貨獲得の源であるという考えから、鉱業には非常に力が注がれている。1969年4月1日に発足した新開発5カ年計画においても鉱業部門はとくに優先されている。

インドネシア政府の鉱業に対する基本的な考え方および政策はその鉱業法に明らかに示されている。この法律は、1960年に制定された鉱業法を1967年に一部改定して公布したものである。この鉱業法によると、インドネシア領土内の鉱物資源はすべて国民全体の財産であり、したがって国家によって統制されるべきであると規定されている。この基本的なとりきめはインドネシア共和国憲法の第33条に示される。(1)国民生活に重要な生産部門は国家によって統制される。(2)土地、水および天然資源も国家によって統制され、国民の繁栄のために利用されるべきである—という基本原理に基づいている。

以上から明らかなように、インドネシア共和国鉱業法の第1の特色は、国家のみが鉱業権をもつ唯一のものであるという考え方である。したがって、国営企業、民間企業およびそれらの共同企業は鉱山大臣の認可がある場合にかぎって政府にかわって鉱業を行なうことができるというとりきめである。第2の特色としては、鉱産物を国家に対する重要度からつぎの3種類にわけていることである。すなわち、(1)戦略的鉱物—石油、石炭、錫、ニッケル、ボーキサイト、ウラン、銅、水銀、鉄、マンガンなど25種の鉱石、(2)重要鉱物—金、銀、チタン、ジルコン、亜鉛、鉛など45種の鉱石、(3)(1)および(2)以外のあまり重要でない鉱物—石灰石、石膏、大理石、カオリンなど9種の鉱石である。

上記の(1)および(2)に属する鉱石鉱物の開発の権限は鉱山大臣が掌握しており、(1)に属す

る鉱石の採掘は原則として鉱山大臣の指定する国営企業または政府機関が行ない、(2)に属する鉱石の採掘は国営企業、民間企業またはそれぞれの共同企業体によって行なわれている。また、(3)に属する鉱石鉱物は州政府が管轄しており、これらは多くの場合民間企業にまかせて採掘を行なっている。鉱山大臣によって認可される業務の内容は、一般調査、開発調査、採掘、製錬、加工、輸送、販売などである。これらの認可事項にはそれぞれ年限が付されており、一般調査に対しては1年、開発調査は3年、採掘は最高30年と規定されている。これらの期限は、もし要求があれば一般調査に対してはさらに1年、開発調査は2年まで、採掘は10年延長することが許される。また、これらの認可事項のそれぞれについて許可される鉱区面積は、一般調査については多くて5,000 ha、採掘は1,000 haとなっている。賦課税は土地使用料およびロイヤリティに対して支払うよう義務づけられている。また、鉱山大臣から認可された権利は、大臣の特別な許可があれば第3者に譲渡することもできる。

上述のように、インドネシア国鉱業法の特色は鉱物資源の早急なる開発と鉱業の発展育成を主眼にしていることである。

このために、鉱業権を有する政府機関または国営企業は必要に応じて業務を請負人に委託できるコントラクター方式を取り入れて能率をはかる一方、後述するような外資導入法を設定するなどして資金面についても考慮をはらっている。

#### V インドネシアの鉱業における外国参加の政策

インドネシアでは、自国経済の再建をはかるために、外国資本による経済協力の必要性を認め、1967年1月10日に「外資導入法」という法律を制定した。

「外資法」の基本理念は次のようである。すなわち、外国企業は政府との契約協定にもとづいて、鉱物資源の調査および開発に対して独占的な権利をうることができ、また外国企業はその契約期間中政府機関または国営企業にかわって鉱山経営者または請負者となることができるというものである。したがって、外国企業は政府または国営企業の利益のために、その請負者として鉱産物の一般調査、開発調査、採掘、製錬・加工、輸送、販売などいっさいの事業をおこなうことができる。契約中は請負者はそのすべての管理運営をおこなうわけであるが、それに伴う責任とすべての危険をも引き受けなければならないことはいうまでもない。契約に規定されている事業内容についてはそれぞれ期間が付されている。すなわち、一般調査に対しては1年、開発調査は3年、評価1年、建設3年、操業に先立つ試験操業半年、操業30年となっている。しかし、これらの期限は必要と認められたときには、一般調査にはさらに1年、開発調査および鉱山評価を行なうべき期間中にその契約面積地域内に未調査の部分を残したときには、定められたときまでにその場の権利を返上しなければならない。そのほかいろいろのとりきめがあり、請負者は新しく行なわれる開発計画に関しては定期的に年4回の経過報告書を鉱山省に提出するよう義務づけられている。また、請負者はこの計画の調査期間がおわると、1年以内に地質、採鉱、選鉱および製錬などに関する調査結果をまとめ代表的な資料、図面、日誌などをそろえて鉱山省に提出しなければならない。このほか年1回の事業計画書および予算計画書ならびに定期的な経過報告書を提出するよう要求される。インドネシア政府はまた、国民の職業安定と雇用促進のために、外国企業に対し、できるだけインドネシア人を雇用することを要求し、雇用した人々については学校教育および職業訓練の責

任をもつよう要望している。さらに、開発計画が軌道にのり生産が開始されると、企業は直ちにインドネシア側資本参加のための機会を与えなければならない。

税政面からは、企業は契約面積に対する土地使用料、採鉱鉱石に対するロイヤリティ、毎年の利潤に対する税金、インドネシアで適用されている物品販売税などを支払わねばならない。これらの課税については、1968年に出された大統領訓令（外資法関係）に示されている。この訓令には、外国資本による鉱業に対する課税の軽減など種々の特典が規定されている。例えば、法人税は最初の10年間は税率の減免措置が講ぜられている。また、インドネシアの経済発展に著しく寄与する大投資の場合には投資税額控除（投資額の8%）が認められている。

「外資法」によると、その開発計画の操業に必要な機械類、装置類、工具のほか補助の必要物品に対する輸入関税は免除される。

この種の免税輸入物品はすべて再輸出することは禁じられているが、輸入税を支払えばインドネシア国内での売却は許される。さらに、この「外資法」によれば、税金その他の公的責務が果たされれば、取得した利益金は本国に送金してもよいことになっている。

上述のような「外資法」にもとづいて、石油については30以上の外国企業が請負者としてあるいは生産分与方式により鉱床の調査および採油に従事している。同様に銅鉱床については、西イリアンの中央山脈地帯の探査を米国の Freeport Indonesia Inc. が手がけている。ニッケル鉱床については、スラウェシの東部および東南部において、International Nickel Company (INCO) の子会社である P. T. International Nickel Indonesia が、また西イリアンの Cyclops 山とワイゲオ島とその周辺では、オランダと米国の合弁会社である P. T. Pacific Nickel Indonesia がそ

れぞれ開発をおこなっている。錫鉱石は、バンカ島北部の海岸沖およびカリマンタンの西部地域をオランダの N. V. Belliton Maatschappij が開発しており、ボーキサイトは Aluminium Company of America (ALCOA) がスマトラ、バンカ、ジャワ、カリマンタン、スラウェシ、スンバ (Sumba)、モルク (Moluku)、西イリアンなどインドネシアの各地域で調査開発にあたっている。

なお、最近の新しい開発計画では、従来の生産分与方式にかわって国際入札方式が多く採用されるようになった。すなわち、インドネシア国内で鉱物の賦存する可能性がある地域を53区 (スマトラ15、ジャワ1、カリマンタン18、スラウェシ8、フローレス1、西イリアン10) に分け、各区ごとに国際入札方式によって、鉱山の調査、探査、開発をおこなうようにしている。その二、三の例として、スマトラの錫鉱石およびスラウェシのニッケル鉱石が開発されている。

## VI インドネシアにおける錫鉱業

インドネシアの錫鉱業については、当初の計画ではバンカおよびビリトンの両島を訪れ調査する予定であったが、受け入れ側の都合でバンカ島のみに限られた。以下バンカ島を中心にインドネシアの錫鉱業について概略を述べる。

### (1) 開発の歴史

インドネシアにおける錫鉱業の歴史は古く、バンカ島では18世紀初頭にはすでに操業が開始されており、1816年以来東インドオランダ植民地政府の手によって採掘がおこなわれた。ビリトン島では、これよりかなりおくれて着手され、1851年に操業がはじめられた。そしてその9年後に Belliton Maatschappij が設けられ、この島の錫鉱石の採掘権を得ている。また、シンケップおよびその海岸沖の錫鉱床については、さらに20数年後の1887年

に Belliton Maatschappij の子会社である Singkep Tin Maatschappij (S.T.M.) が採掘権を取得した。

Belliton Maatschappij は最初は単独で鉱業権をもち操業していたが、1922年以降は Gemeenschappelijke Mijnbouw Maatschappij Belliton (N.V.G.M.B.) という私企業と国営企業の合弁会社に衣替えした。このため、Singkep Tin Maatschappij のほうはその内容をかえ Singkep Tin Exploitatie Maatschappij (S.I.T.E.M.) として新しく出発した。

第2次世界大戦中はバンカ島およびビリトン島の錫鉱石は一時三菱鉱業株式会社によって採掘されたが、終戦後は再び N.V.G.M.B. 社が管理し、採掘権の期限が切れる1953年までと、その延長を5カ年間許可された1958年までこれらすべての島での操業を行なった。しかし、同じ年の1958年半ばに政府機関である Biro Urusan Perusahaan Tambang-Tambang Negara (B.U.P.T.A.N., Bureau of State Mines) が設立され、これがインドネシアにおけるすべての錫鉱業の管理運営にあたることになった。その後1961年にいたり、また新しい経営団体である Badan Pinpinan Urusan Perusahaan Tambang Timah Negara (The Managing Board of the State Tin Mines) が設立され、B.U.P.T.A.N. の事業をいっさいひきついだ。さらに、1968年には国営鉱山会社の機構再編成にともない、インドネシアの錫鉱業はすべて Perusahaan Negara Tambang Timah (the State Tin Mining Enterprise) が管理運営することになった。この P. N. Tambang Timah は現在、上記の三つの島のほか、カリムン (Karimun) 島およびその近海域の採掘も行なっている。

### (2) 地質鉱床

インドネシアにおける錫の主要産地は、



上記したバンカ、ビリトン、シンケップなどの諸島であるが、そのほかりオ、リングガ(Lingga)、アナンバス(Anambas)、ナツナ(Natuna)などの諸島および中央スマトラ地区にも産出が知られている。

これらの錫の島の地質は、主として三畳紀の結晶片岩、砂岩、粘板岩ならびに凝灰岩とおそらくジュラ紀に貫入したと考えられる花こう岩類およびそれらを部分的に被覆する洪～沖積層からなっている。<sup>1,8)</sup> 錫鉱床はこれらの花こう岩類の貫入と密接な関係をもち、グライゼン、赤鉄鉱・磁鉄鉱脈および石英脈などに伴って産出する。

錫鉱床の種類は、マレー半島にみられるものと同様、初生鉱床と漂砂鉱床の二つに大別される。漂砂鉱床には、鉱石が河川の運搬作用によって沖積平原や河川の両岸の段丘または旧河川の流路などに集積したもの(浅砂鉱床)、海浜に産出するもの(海浜砂鉱床)および初生鉱床の生成した位置から著しく移動することなく主に山腹の斜面などに残留濃集したもの(現地堆積性砂鉱床)などがある。またこれらの二次鉱床の一部がその後の緩慢な海水面の上昇にともなって水中に沈み、島の海岸線および海岸沖に産出するものもある。

現在では、漂砂鉱床が鉱量的にも品位的にも最も重要で優先されている。初生鉱床のほうもすでにいくつか知られている。すなわち、バンカ島にはプマリ(Pemali)、バライ・バンドン(Balai Bandung)、サンボンギリ(Sambonggiri)の諸鉱床、ビリトン島にはクラパ・カンピット(Kelapa Kampit)などの鉱床がそれぞれ知られている。これらの中にはプマリ鉱床やクラパ・カンピットなどのように盛んに採掘されているものもあるが、なお鉱量ならびに品位などの点で再評価を要するものもあるようである。

### (3) バンカ島の錫鉱床

バンカ島はわが国の四国によく似た形の島

で、面積は大体その%にあたる 11,940 km<sup>2</sup> である。

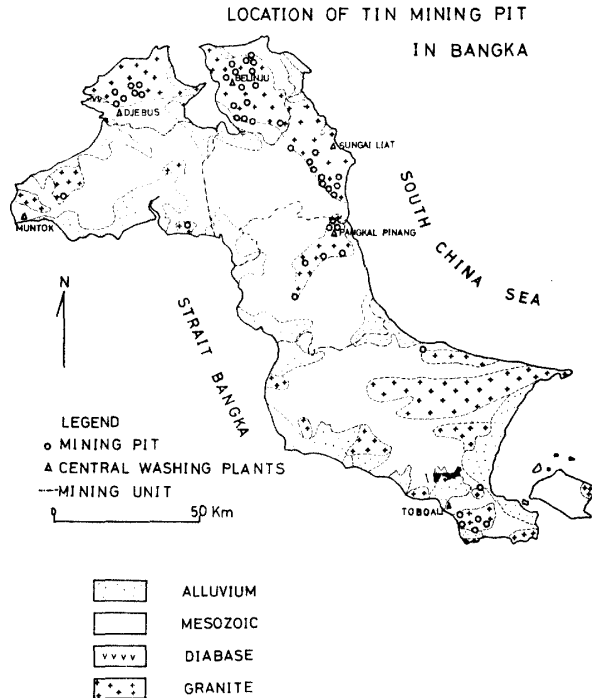


図2 バンカ島における錫鉱山の位置および地質鉱床図

バンカ島は図2に示すように、パンカル・ピナン(Pangkal Pinang)、スンガイ・リャト(Sungai Liat)、ブリニュ(Belinju)、トボアリ(Toboali)、ジェブス(Djebus)およびムントク(Muntok)の六つの事業区に分かれており、大小あわせて約75の採鉱所を有する。また、各事業区ごとに中央選鉱所が設けられて、それぞれの区域の鉱石を処理している。これらの精鉱は大部分はムントクの製錬所に運ばれ精製される。ここでは年間約25,000トンの精鉱を処理している。インドネシアにおける各島別の錫生産量の推移を表2に示す。バンカ島では同国全錫生産量の約60%を産出する。錫の総生産量は1961年以降低下の傾向を示しているが、これは資源の枯渇を意味するものではなく、主に国内の政治的理由によるものである。1968年には著しく生

表2 インドネシアにおける錫生産量(単位:トン)  
(国营アネカ鉱山資料)

Year	Bangka	Belitung	Singkep	Total
1961	11,320.00	5,876.60	1,325.10	18,521.70
1962	9,521.60	6,191.87	1,873.658	17,587.128
1963	6,418.80	4,835.10	1,870.40	13,124.30
1964	10,026.90	5,328.073	1,251.261	16,606.234
1965	8,778.40	5,401.853	754.130	14,934.383
1966	7,765.70	4,262.589	741.330	12,769.626
1967	8,654.30	4,508.861	655.511	13,818.672
1968	11,633.50	4,608.667	696.536	16,938.703

産量が増加してきており、将来はさらに増大するものと期待されている。

#### (4) 錫鉱床の探査

P. N. Tambang Timah では錫の賦存していると思われる地域は陸上・海浜・海岸沖をとわず盛んに探査をおこなっている。とくに海岸および海岸沖を探査している。海岸および海岸沖の調査は United Nations Development Programme の援助の下に共同で広範囲にわたって行なっている。すなわち前記したバンカ、ピリトン、シンケップをはじめリオリング群島などの海域で探査が行なわれている。このほか「外資法」のところで述べたように、オランダの N. V. Belliton Maatschappij がバンカおよびシンケップ島の海岸沖と西カリマンタンの海岸沖の調査開発にあたっている。鉱床の探査方法として一般に広く用いられているのはバンカ式ドリルである。バンカ式ドリルは写真1に示すように、主に人力による方法で陸上で深さ 30 m 以下のボーリングを目的に利用される。これは1組20人ぐらいで作業し、機械と人の重みで孔をあける。調査地域では、たて横 40 m 間隔のグリッドをつくり、その交点でボーリングをおこなう。ケーシングの径は 15cm で、ロッドの先にコアを採取するためのペー



写真1 バンカ式ドリル

(Bailer) を取り付けてサンプリングをおこなう。このコアサンプルは大きな木椀で椀掛けをして、錫の存在をたしかめる。コアに白い石英砂がえられたら、いちおう基盤の花コウ岩に達したものとしてボーリングを中止する。4~5 m の浅い穿孔の場合は約1時間で全作業を終了するようである。

海浜域では水深によって二、三の方法が工夫されている。まずコンティキ (Kontiki) 型ドリルとよばれるものは、ドラム缶をいくつかならべてその上に櫓を組みボーリングをする方法で、水深が 2.5~7.5 m のところでもっぱら使用される。つぎにタヒチ (Tahiti) 型ドリルとよばれるのは、小舟を2そうならべてその上に櫓を組みボーリングをする方法で、水深が 5~15 m のところで使用される。これらは比較的浅い海底のボーリング方法で、さらに深くなるとボーリング専用船 (Pelatuk 号, 570トン) が使用されている。

#### (5) プマリ鉱山

プマリ鉱山はパンカル・ピナンの北西約 35 km のところに位置する。本鉱山の鉱床は従来から代表的な初生鉱床として知られており、現在は小高い丘陵地一帯の表土層を剥

いで深さ約 20 m まで掘り下がっている。採鉱範囲は長さ約 1,000 m × 幅約 400 m で、南北に長く東西短い長だ円形である。付近の地質は、三畳紀の堆積岩類（結晶片岩、石灰岩、砂岩、粘板岩および凝灰岩など）とこれらの累層を貫くジュラ紀の花コウ岩類およびこれらを不整合に被覆する沖積層の粘土・砂・礫層からなっている。<sup>1)</sup> 地表および切羽には花コウ岩の露頭は見られないが、ボーリングによってその約 80 m 下部に花コウ岩キュポラの存在が確認されている。本鉱床は堆積岩と花コウ岩との境界部およびその付近に胚胎した接触交代鉱床である。採鉱法はモニターと

サンドポンプとの組合せによる水力採鉱法やスクレーパー、ブルドーザー、コンベヤーベルトなどによる水を使用しない採鉱法がおこなわれている。写真 2 は地域の北端部における 20 m 下部の結晶片岩中の鉱床をモニターで採掘しているところである。また、写真 3 は地域の北東部において、表土層の下部 3 ~ 4 m の鉱床をスクレーパーで採掘しているところである。

#### (6) 海岸沖の錫鉱床

インドネシアでは陸上の鉱床はもとより海岸沖の鉱床も盛んに開発されている。これはおもにドレッジャーを利用しているが、最近では新設計による大型海上ドレッジャーの導入によって生産量が著しく増加してきている。写真 4 は筆者らがスンゲイ・リャット沖で見学した英国製の新建造の大型ドレッジャーバンカ 1 号 (Bangka Satu) の外観である。その大きさは、幅 16 m × 長さ 95 m × 高さ 26 m、4,500 トンもある巨大なもので、50 万トン/月の粗鉱処理能力をもち、水深 40 m のところまでの採鉱が可能である。従業員は約 200 人で 3 交代 24 時間操業を行なっている。図 3 はバンカ 1 号が現在稼動しているスンゲイ・リャット海岸沖約 6 km 地点の鉱床模式図である。バンカ 1 号における錫鉱石の処理は、図 4 に示すようなフローシートによって行なわれ、45 ~ 50% Sn の粗精鉱を得ている。

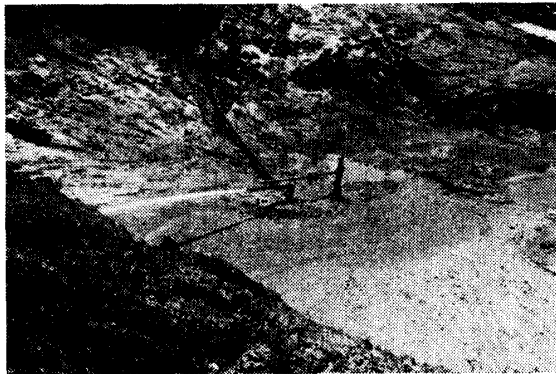


写真 2 Pemali 鉱山における水力採鉱

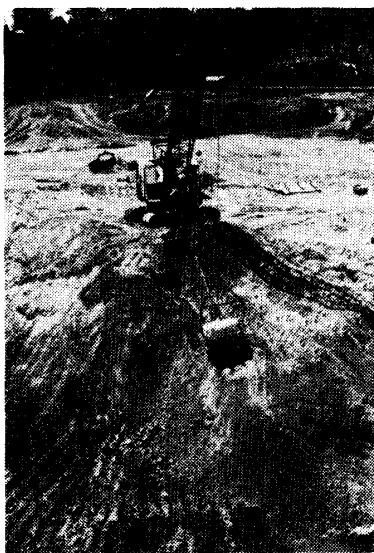


写真 3 Pemali 鉱山におけるスクレーパーによる採鉱

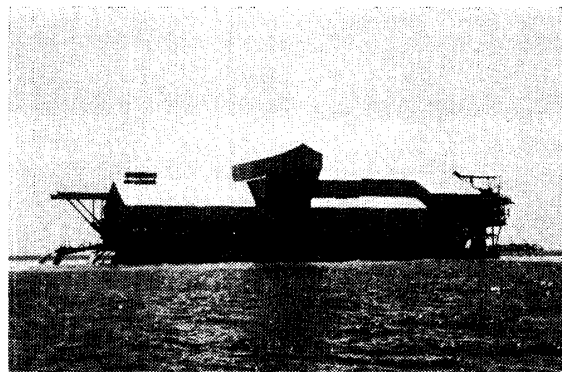


写真 4 新建造の大型ドレッジャーバンカ 1 号の外観

Profile of Offshore Tin Deposit near Bangka 1

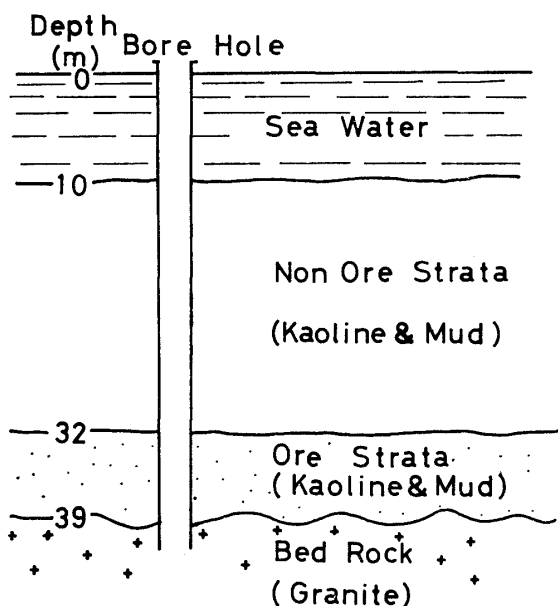


図3 Sungai Liat 海岸沖約 6 km 付近の錫鉱床模式断面地質図

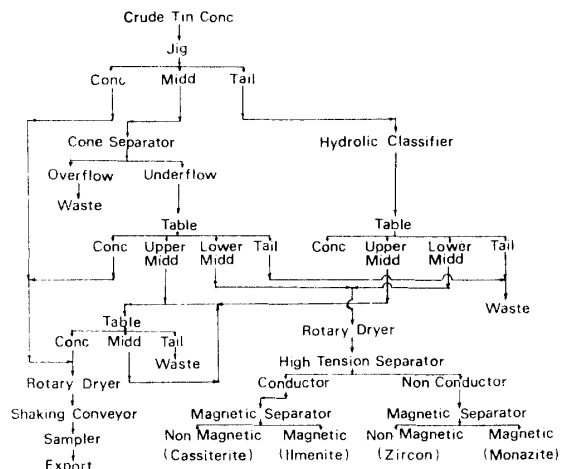


図5 中央選鉱所におけるフローシート

の粗精鉱を得、さらにこれを図5に示すようなフローシートをもつ事業区の中央選鉱所にはこび、ここで約70% Snの最終精鉱としている。中鉱として得られるアマン鉱石中には、モナズ石、ゼノタイム、鉄マンガン重石などがいろいろな比率で含まれている。

ジグは、Harz, Bendelary, Ruoss, Karimata, Pan America および California-Yuba 型のもが主として使用されており、Ruoss型ジグの改良型も一部使用されている。

インドネシアにおける錫鉱石の選鉱は、選鉱学的にみれば、主としてトロンメルなどによる水洗、ジグおよびテーブルによる簡単な比重選鉱法により鉱石を回収しているものであり、とくに高圧のジェット水などでかんたんに錫鉱石の崩壊が可能な砂質沖積鉱床や海底鉱床などの鉱石については、ほとんど問題はないものと思われる。しかしながら、粘土質の鉱床においてはジェット水などで容易に崩壊しない未分離の鉱石のロスも多く、またきわめて微細なスライムも多いため、テーブル尾鉱のスライム部分に鉱石が多く残存し、実収率低下のおもな原因となっている。スライム鉱の処理法としては、浮選による回収法が一般に考えられる。しかし、浮選法を利用するにしても、上記のような比重選鉱処理で

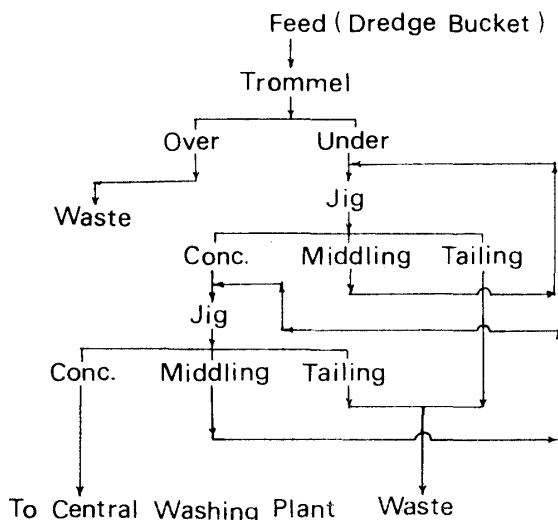


図4 大型ドレッジャーバンカ1号における錫鉱石処理のためのフローシート

(7) 錫鉱石の選鉱

バンカ島をはじめ各錫島の採鉱所には一つずつ専用の選鉱所が設けられており、ジグとテーブルによる三つのフローシートによって、0.1~0.5% Snの粗鉱から30~32% Sn程度

失われる微細粒子の鉱物を回収するのは最も手におえない分野であり、今後浮選法によるスライム中の錫石回収のための有効適切な処理法の確立が望まれる。

## Ⅶ インドネシアにおける ニッケル鉱業

インドネシアのニッケル鉱業については、今回調査したスラウェシ島のポマラア (Pomalaa) 付近を中心にしてその概要を述べる。

### (1) 開発の歴史

スラウェシの東部および東南部一帯に賦存するニッケル鉱床が明らかにされたのは、1917年～22年に行なわれた政府派遣の地質学者らの調査によるものである。この付近に広範囲に分布している含ニッケルラテライト鉱は、品位が1.75～2% Ni+Co 程度のものであり、経済的には品位があまりにも低いために長らく放置されたままになっていた。その後1935年に、Oost Borneo Maatschappij の子会社である N. V. Boni Tolo がポマラア地区およびマニアン (Maniang) 島、レモ (Lemo) 島の超塩基性岩地帯の精査を行ない、高品位含ニッケルラテライト鉱の発見に成功した。その場所はタンジュン・パカール (Tanjung Pakar) の海岸近くで、品位が、3～3.5% Ni+Co 程度の良鉱であった。1935年末からその鉱床を対象に選択採掘が開始され、1941年末ごろまでに約16万トンの鉱石がもっぱら日本に送られた。

第2次世界大戦中は、採掘範囲をマニアン島まで広げ、平均品位3% Ni+Co の鉱石約20万トン日本に輸出した。ポマラア付近では、住友鉱山株式会社がニッケルマッテ (品位20% Ni) の製錬所 (写真5) を建設するため終戦の日まで努力していたが、少量のマッテ製造をしたのみで搬出されずに終わった。

第2次大戦後、これらのニッケル鉱床に最初に関心を示したのは米国の Freeport Sul-



写真5 旧住友鉱山株式会社ポマラア製錬所跡

fur Company であった。また、既述の Oost Borneo Maatschappij も1947～50年にかけて以前の活動を開始したい希望を表明したが、これらの計画は諸般の事情によって実現することなく中断された。

その後1957年にいたり、N. V. Perto (Pertambangan Toradja, Toradja Mining Company) とよばれる私企業がポマラア地区の鉱山事業を引き受け、ポマラアの貯鉱場に残されていたニッケル鉱石を日本に輸出しはじめた。ついで、マニアン島でも採鉱を再開し、1959～60年にかけて鉱石を日本に送った。また1960年には政府命令による連合調査隊がポマラア地域の再調査および再評価をするために派遣された。その結果、1961年に N. V. Perto によってはじめられた事業いっさいが中央政府と州政府との共同企業体である P. T. Pertambangan Nickel Indonesia によって引きつがれた。ついで1962年には P. T. Pertambangan Nickel Indonesia と日本グループの SUNIDECO (Sulawesi Nickel Development Company) との間に生産分与方式による契約が結ばれ着々と鉱山の開発が進められた。この契約に従って、P. T. Pertambangan Nickel Indonesia は SUNIDECO に設備投資と技術援助の見返りとして、毎年12万トンのニッケル鉱石を7年間日本に輸出し、契約を上まわる分については商業ベースで日

本が買い取った。

現在は P.N. Aneka Tambang (State Enterprise for General Mining) がすべての経営にあたっており、採掘はスラウェシの東南部にあるポマラア、ダンジュン・パカール、バトッキラット (Batukilat) およびマニアン島の4地域でおこなわれている。

(2) ポマラア地域のニッケル鉱山

当地域には白亜紀後期～中新世にわたる造山運動に関連して結晶片岩中に貫入したかんらん岩および斑れい岩などが広く分布し、地域の北方および南方には新第三紀層を沖積層が不整合してこれらを被覆している。<sup>14)</sup> (図6参照) ニッケル鉱床はこれらの超塩基性岩類の風化に由来するものである。

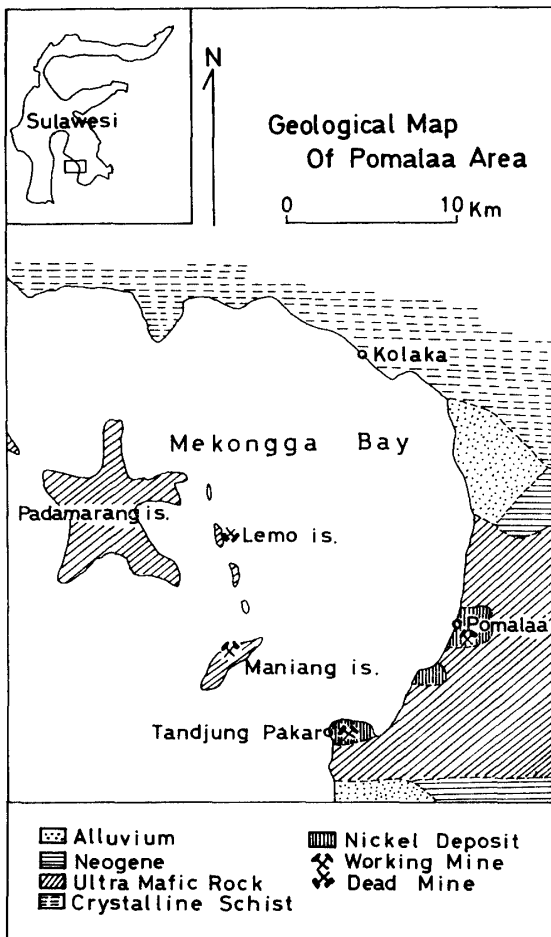


図6 Pomalaa 地域の地質鉱床図

ポマラア地域では現在8カ所で採掘がおこなわれている。鉱床はいずれも200m以下の丘陵地帯の傾斜のゆるい中腹斜面に位置し、それらの規模は200m×100m～50m×50mの程度の広さである(図7参照)。図8にポマラア付近のニッケル鉱床の模式断面地質図を示す。これらはだいたい地表から深部に向かって、(1)厚さ0.3～0.5m。褐色ないし暗褐色

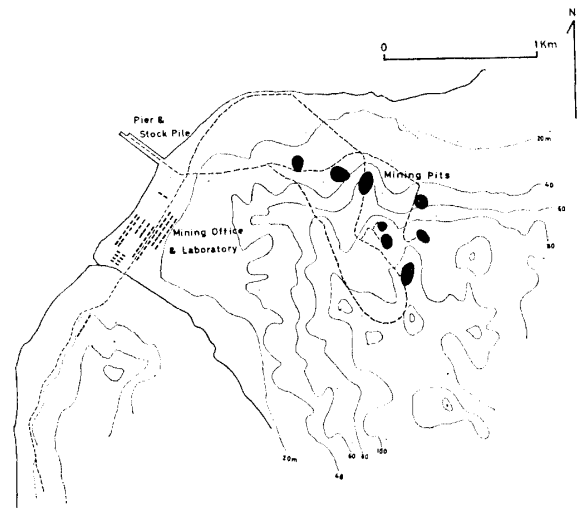


図7 Pomalaa 地域のニッケル鉱山位置図

Sketch of Nickel Ore Deposit in Pomalaa Area

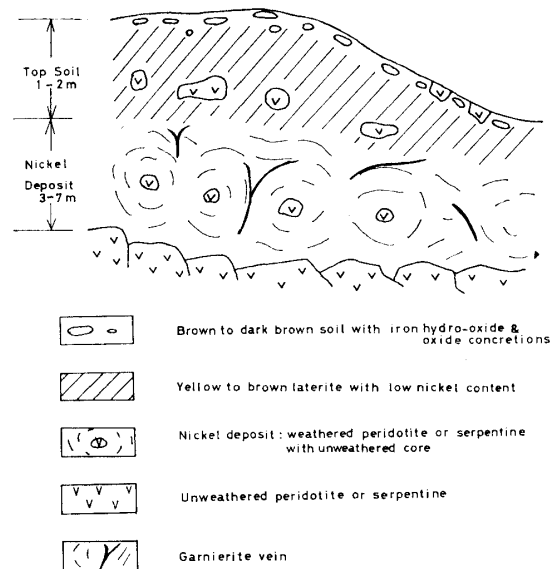


図8 Pomalaa 付近のニッケル鉱床の模式断面地質図

の柔らかい土壌と鉄鉱石の結核を含む表土層、(2)厚さ1～2m。黄色ないし褐色の低品位ニッケルラテライト層、(3)厚さ3～7m。風化したかんらん岩や蛇紋岩（未風化のコアを含む）からなる含ニッケルラテライト鉱床、(4)未風化のかんらん岩または蛇紋岩の基盤となっている。なお、Garnierite や Chrysoprase の細脈が鉱床を縦横に貫いている。これらの鉱床は超塩基性岩類の風化作用によって、岩石成分中の Al および Ca 分が溶脱され、一方、Fe, Cr, Ni および Co 分などは残留富化されたものである。ニッケル分は含ニッケルラテライト土と含水ニッケル珪酸塩〔例えば、泥ニッケル鉱（Garnierite）、緑王髓（Chrysoprase）など〕の形で残存する。図7と図8からわかるように、ニッケル鉱石の濃集には、鉱床学的に地形、化学的および物理的作用の3者間のバランスが重要な役割を果たしているものと考えられる。

採鉱はすべて Open pit 採掘法で、Semi-mechanical stripping 方式である。（写真6参照）すなわち、容量 1.2 m<sup>3</sup> のバケットをもつパワーショベルで6～8トン積みのダンプトラックに鉱石を積み込み、そのまま積出港突堤にある貯鉱場に輸送している。貯鉱場はポマラア、タンジュン・レッペ（Tandjung Leppe）およびマニアンの3カ所に設けられている。これらはいずれも露天であるため、



写真6 Pomalaa におけるパワーショベルによる採鉱

雨天の際は船積みは中止となり、能率は著しく低下する。（写真7）



写真7 Pomalaa の貯鉱場

ニッケル鉱石は採掘切羽によって品位が異なるので、最終貯鉱場でブレンドして輸出品位（2.6%以上）を確保するようにしている。一定の品位を保つために、入念なサンプリングと品位分析が行なわれている。

インドネシアにおけるニッケル鉱石の生産量の推移は表1に示した通りであるが、最近の鉱山省資料によれば1971年度には産額は80万トン以上に達するという。鉱石の大部分は戦前と同様日本に輸出されているが、現在の輸出契約品位は2.6% Ni+Co 以上とされている。表3に1961～68年までの輸出量を示す。

現在インドネシアはアジアにおける最大のニッケル鉱石産出国であるが、なお大量の低

表3 インドネシアにおけるニッケル鉱石の輸出量（国营アネカ鉱山資料）

Year	Total Tonnage	
	Loaded weight	Dry weight
1961	18,000.00	13,387.944
1962	56,750.00	42,588.930
1963	39,500.00	29,076.007
1964	23,470.00	18,901.049
1965	95,200.00	79,570.000
1966	133,650.00	98,228.034
1967	145,570.00	105,759.429
1968	240,542.00	172,748.193

品位ニッケル鉱石がカリマンタンの東南部のスブク島、スラウェシ島東部地区、ハルマヘラ島とその周辺の島々、ウィゲオ島およびガイ (Gay) 島、西イリアンの Cylops 山脈などに賦存していることが知られている。

これらの諸地域では、精査をすることによってさらに高品位の鉱石帯を発見しうる可能性があり、またたとえ低品位であっても将来ニッケル鉱の製錬技術が進歩すれば有望なニッケル鉱山になるものと思われる。

### VIII インドネシアにおける錫およびニッケル鉱石の処理に関する問題点とその対策

インドネシアにおける主要な鉱物資源である錫、ニッケルおよびボーキサイトなどの鉱石は、2次的に生成されたものがその大部分を占め、これらの鉱石は熱帯性気候下における風化分解作用によって形成された2次鉱床に胚胎している。このような2次的に生成された鉱石の選鉱処理はきわめて困難で、未だ適切な選鉱法の確立すら見ないものもある。そこで本節では、筆者らが今回調査を行なった錫およびニッケルなどの選鉱処理における問題点とその対策について述べてみたい。

まず、錫鉱について述べよう。錫鉱の選鉱法としては、バンカ島の中央選鉱場のフロントにも示されているように、主としてジグとテーブルを用いた比重選鉱で処理するのが普通である。しかし、錫鉱石を比重選鉱法で処理し得る粒度限界は約 200 mesh (74 $\mu$ ) までで、有効に処理されるのは 100 mesh (147 $\mu$ ) 以上である。この粒度限界より細かい粒度のものは、もはやジグ、テーブルなどの比重選鉱法によって採取することはできない。そこで、錫鉱の選鉱処理における第1の問題点としては、比重選鉱法では回収不能な微細な粒子として存在している錫石を如何にして回収

し、実収率を向上せしめるかということである。バンカ島においても、この点に関しては、その対策に苦慮しているが、この微細粒子の回収は現在までは行なわれておらず、そのための損失は莫大な金額にのぼるようである。

比重選鉱で逃げている微細な粒子として存在している錫石の回収のためには、浮選法の適用が必要である。錫鉱の浮選については、筆者の一人がすでに詳細な報告をしている。<sup>10)</sup> 錫鉱の浮選は、従来は捕収剤としてオレイン酸ソーダなどの脂肪酸を使用し、珪酸ソーダ、ピロリン酸ソーダなどを脈石抑制剤として使用する方法が試みられてはいたが、満足な成績は得られず、錫石の浮選はきわめて困難であると考えられてきた。従って、インドネシアにおいて錫石の浮選による回収が未だ成功しないのも無理からぬことと考えられる。

しかし最近の研究によれば、オレイン酸ソーダに代わる捕収剤として、まずパラアルキルフェニールフォスホン酸 (R- $\langle$  )-PO(OH)<sub>2</sub>) が挙げられる。この試薬のRはメチル基、エチル基、プロピル基などが捕収剤として優れており、高級なものは好ましくない。またアルキルフォスホン酸 (R-PO(OH)<sub>2</sub>) も有効な捕収剤であり、Rは C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>、C<sub>6</sub>H<sub>13</sub> のものが捕収剤として優れている。C<sub>3</sub> までは炭素数が増加するとともに捕収性は大になる。

フォスホン酸捕収剤と同様にパラアルキルフェニールアルソソ酸 (R- $\langle$  )-AsO(OH)<sub>2</sub>) も優れた捕収剤である。東ドイツではフォスホン酸あるいはアルソソ酸系の捕収剤を用いて錫石の浮選を行ない優れた成績を収めている。

錫石の浮選の第2の方法として、錫石の表面を硫化したのちに、ザンセート系の捕収剤を用いる浮選が挙げられる。硫化の方法は、パルプ中で Na<sub>2</sub>S などの硫化剤を用いて硫化する方法と、400~500°C で H<sub>2</sub>S あるいは S ガスにより硫化する方法が考えられる。



以上のような錫石のフッ素酸あるいはアルソン酸を用いた浮選，また硫化浮選いずれの場合においても粘土鉱物などの5 $\mu$ 以下の極微細粒子（スライム）を除去することが必須の条件である。

インドネシアにおいても錫石の浮選について鋭意研究を進め現在損失となっている微細錫石の回収に成功することを願うものである。

以上，錫鉱の浮選について述べてきたが，微細な錫石粒子を浮選により回収することはきわめて困難である。究極のところ，錫鉱の浮選においては，スライムコントロールが錫鉱浮選の死命を制するように思われる。筆者らも，この点について今後大いに研究し，その解決に努力したい。

錫鉱処理の場合における第2の問題点としては，amang と呼ばれている中間産物中の有用成分の分離回収である。amang 中には zircon, monazite, xenotime, ilmenite などの有用鉱物が含まれており，鉱物資源の有効利用のためにはきわめて重要な問題である。これらの共生鉱物の分離回収は，比重選鉱ののち静電選鉱ついで磁力選鉱により non-magnetic cassiterite, magnetic ilmenite, non-magnetic zircon, magnetic monazite とに分離回収されている。このうち，とくに Y の鉱物である xenotime の回収は十分でない。しかしながら，これら稀土類鉱物の分離回収は簡単なものではない。これら稀土類鉱物の選鉱については，いまだ基礎となる研究も少なく，適切な選鉱法は確立されていない。今後ますますこれら稀土類鉱物の経済的価値は高まるものと思われるが，その選鉱法についてはよりいっそうの研究が必要である。

つぎに，ニッケル鉱について述べよう。筆者らが今回調査を行なったスラウェシ島ポマラアのニッケル鉱石は含ニッケルラテライト鉱である。このような低品位含ニッケルラテライト鉱については，まず選鉱処理により品

位の上昇を計ることが，これらの鉱石を輸入して製錬に供する場合も，また現地で製錬する場合も急務の問題とされている。したがって，これら低品位含ニッケルラテライト鉱の選鉱に関する研究は世界を挙げて行なわれてきたが，いまだ適切な方法が見出されるまでに至っていない。

このように，選鉱処理の困難な原因は，含ニッケルラテライト鉱中のニッケル分は，珪ニッケル鉱がラテライト中にしみ込んだような状態で含まれ，ニッケル鉱物を単体に分離することができないことによるものと思われる。このような鉱石は，その鉱物学的性質のため，もはや狭義の選鉱方法ではその処理がほとんど不可能であり，化学的な処理を含む広義の選鉱法を考えることが必要である。

このような観点から現在盛んに研究が行なわれているが，その主なるものは次のようなものである。

- 1) セグレーション法
- 2) 塩化揮発法
- 3) 硫酸化処理法
- 4) アンモニア浸出法
- 5) フェロニッケル製造についての各種の方法

上記の方法のうちでもセグレーション法，塩化揮発法，硫酸化処理法などによるニッケルの濃縮あるいは抽出の処理技術は注目すべき方法と考えられる。これらの方法の早急な工業化が望まれている。

筆者の一人も，含ニッケルラテライト鉱の選鉱，フェロニッケル製造法および硫酸化処理法について詳しい研究を行なっている。これについては次の機会に報告したい。

筆者らが訪問したポマラアにも，含ニッケルラテライト鉱の現地製錬所建設が進められている。ここでは木炭による CO ガス還元でフェロニッケルを製造する方法が採用されるようである。この場合も CO ガス還元か，H<sub>2</sub>

ガス還元かが問題になり、検討の余地が残されている。このような低品位の含ニッケルラテライト鉱の有効適切な処理技術を確立することは緊急の課題である。

以上、筆者らが今回調査を行なった錫およびニッケル鉱の選鉱処理について問題点を指摘し、その対策について述べた。今後共、錫およびニッケル鉱の処理について選鉱学的な立場から研究を行ない、その有効適切な処理法を確立したいと思っている。

### む す び

以上、インドネシアの鉱業についてその概要を述べたが、インドネシアは世界でも石油、錫、ボーキサイト、ニッケルなどの主要産出国の一つであり、今後もその可能性が充分考えられる。これは同国内では系統的な地質調査を完了した地域が全領土の5%にすぎず、75%は概査されたのみで、残りの20%は全く今なお未調査のまま放置されている現状からも推察される。

世界の各国はインドネシアの鉱業に深い関心をもち、その詳細に関する情報の入手を希望している。一方、インドネシア国も鉱産資源を外貨獲得の重要な源と考え、外国の資本と技術援助による自国鉱山の早急な開発を期待している。

わが国とインドネシアは従来から歴史的に関係が深く、また地理的にも比較的近距离に位置しているので、わが国としては、両国の鉱業発展のためにできるだけ技術援助とこれに要する財政援助を提供し、鉱産物の適切な有効利用をはかることが望ましい。

また、これと同時に経済をはなれた基礎的な学术交流も非常に大切なことと考える。

なお、今回の現地調査で採取した鉱石や岩石試料については、今後各種の方法により研究し、前回採取したマレー半島の試料とも比較検討して次の機会に報告する予定である。

### 参 考 文 献

- 1) Bemmelen, R.W.(1949). *The Geology of Indonesia*. Martinus Nijhoff, The Hague, Vol. IA and II.
- 2) Umbgrove, J.H.F.(1938). "Geological History of the East Indies," *Bull. Am. Ass. Petroleum Geologist*, **22**; 1, 1-70.
- 3) \_\_\_\_\_ . (1949). *Structural History of the East Indies*. Cambridge Univ. Press.
- 4) Katili, J. A and P. Marks (1964). *Geologi*, Departemen Urusan Research Nasional, Djakarta.
- 5) Brouwer, H.A.(1942). "Summary of the results of the expedition," *Geol. Exped. to the Lesser Sunda Islands Under Leadership of Brouwer H.A.*, Vol. IV, 345-402,
- 6) Bemmelen, R.W. (1954). *Mountain Building*. Martinus Nijhoff Den Haag.
- 7) Westerveld, J.(1941). "Three geological sections across South-Sumatra," *Kon. Ned. Akad. v. Wetensch.*, Amsterdam, 1131-1139.
- 8) Sigit, S., M.M. Purbohadiwidjojo, B. Sulasmoro & S. Wirjosudjono (1969). *Mineral and Mining in Indonesia*. Ministry of Mines, Djakarta.
- 9) Sigit, S.(1959). "Oil Map of Indonesia, A brief explanation," *Geol. Survey Indon. Rept.*, (Mimeogr.) 1959.
- 10) \_\_\_\_\_ . *Disiribution Map of Coal Deposits, Industry Mineral and Rock of Indonesia 1 : 5,000,000, A brief explanation note*, Direkt. Geol. PetaMin. Indo.
- 11) Scrivenor, J.B. (1931). *Geology of Malaya*, London, MacMillan & Co. Ltd.
- 12) Sigit, S., B. Sulasmoro, Saroso & Wadartojo (1965). *Nikel, Ichisar Pertambangan Indonesia*, Departemen Pertambangan Republik Indonesia.
- 13) Zen, M.T.(1969). "On the Indonesian Sulphur Deposits," *Bull. Nasi. Inst. Geol. & Min. Bandung*, Vol. 2, No.2, 33~41.
- 14) *Foreign Participation in the Field of Mining in Indonesia* (1970). Ministry of Mines R.I. Djakarta, Indonesia.
- 15) *Foreign Participation in Mining in Indonesia 1967-1907* (1971). Ministry of Mines R.I. Djakarta, Indonesia.
- 16) 向井滋, 『日本鉱業会誌』87巻1007号, 1972, p.1.