

III. 鉱業分野の技術協力の現状と課題

1. 鉱業分野の開発調査の現状と課題

(1) 概観

鉱業分野の開発調査においては、「付属資料」で説明してあるとおり、JICAからMMAJへの再委託の資源ポテンシャル評価等の資源開発協力基礎調査（90年代以降86件、e.g. オマーン・南バチナコースト地域資源開発調査（97-99年））、JICAが直接実施する鉱業振興、マスタープラン等（90年代以降6件、e.g. キルギス・鉱業振興マスタープラン調査（97-99年））等、幅広く実施し、鉱業振興プランや環境保全計画の提言を実施してきた。国別の傾向をみれば、アジア、中南米、中近東が多いが、最近では市場経済移行国の調査も増加している。

(2) 課題と協力方向性

(ア) 環境調査の充実

資源開発が環境に与える影響は大きく、環境への影響を最小化するためには資源開発に伴う環境評価を十分に行うことが必要である。このため、平成12年度より資源開発協力基礎調査の中で環境基礎調査を新設し、環境影響評価などに絞った調査も実施していくこととした。具体的には、オマーンの鉱害防止やマリの土壌、地下水の環境基礎調査がその例で、資源開発時における環境対策の有効な実施に役立てることとしている。

(イ) 制度支援分野への要望

日本のODAにおける非鉄金属資源分野の技術協力として90年代以降に86件も実施されてきた「資源ポテンシャル評価」のための資源開発協力基礎調査は、相手国の資源開発のための重要な資料となっている。

最近では、外資誘致促進のためには開発途上国における資源データの整備のみならず、鉱業法整備、鉱業関連税務制度整備などの要望が増えている。

その要望に応えた例として、1997-1999年においてキルギス鉱業振興マスタープラン

を実施し、鉱業法制度整備等の支援を行った。2000年からは、グルジアの鉱業振興マスタープラン策定を支援している。今後、こうした開発途上国における鉱業関連の制度整備はますます高まることと考えられる。他に、中南米等すでに経済自由化により鉱業制度の整備が進展している国も多いが、今後更なる外資誘致のための鉱業データベース整備等の構築についての協力が存在しうる。

(イ)

鉱業法規比較表

項目	日本	チリ	中国	キルギス
1. 根拠法 最新改正	鉱業法 1998年	鉱業法 1983年	鉱物資源法 1996年	地下資源法 1998年
2. 法所管機関	経済産業省	経済鉱業+林業+水産省	国务院	地質鉱物資源庁
3. 鉱物資源所有者	鉱業権者	国	国	国
4. 試掘権				
最大期間	6年	4年	7年	10年
最大面積	350ha/件 件数制限なし	1000ha	鉱物探査100km ² (広域物理探査は制限なし)	制限なし 規定なし
単位鉱区	1ha 多角形	長方形	四角形	長方形の集合
ライセンス取得	届出・承認	届出・承認	探査許可申請書で届出	テンドー
調査実施	施行案認可	senageominの 技術意見書必要	地質鉱物資源 管理局	計画書認可
削減義務	なし	なし	なし	あり
5. 探掘権				
最大期間	無期限	無期限	30年 ※	20年、資源 枯渇まで延長
最大面積	350ha/件 件数制限なし	無制限	100km ²	制限なし
単位鉱区	1ha 多角形	長方形	四角形	規定なし 長方形
ライセンス取得	届出・承認	届出・承認	探掘免許申請書	F/S提出 鉱量委員会の 計画書認可
開発実施	施行案認可	senageominの 技術意見書必要	地質鉱物資源 管理局	地質鉱物資源庁 認可
ロイヤリティ (鉱産税)	0.7~1.0% (売上高)	約4.3us\$/ha-年	Cu 2% Au 4% (売上高)	5% (Au, Ag) 12% (Sb, Hg) (売上高)
6. 政府買鉱権	制限なし	制限なし	制限なし	Au, 鉱物原料

前の表は鉱業法のうち、主に鉱業権関係項目について日本、チリ、中国、キルギスの比較が示されている。特にキルギスに注目してみると、この国の鉱業法には西側の鉱業国の鉱業法と比較してライセンスの取得方法、範囲設定、利用時の報告、遵守義務、金及び鉱物原料の国家買入れ優先権など相違点が多く、民間の鉱業活動にプレ

一キをかけかねない阻害要因となっているので、改善の必要がある。

(ウ) 情報公開要望の高まり

資源開発を円滑に進めるためには、外国企業等の投資家のみならず、地元住民の理解を得て、実施していくことが必要である。このため、情報公開の必要性が増加してきており、適切に対応することが求められている。

開発調査を実施する現場においても、その協力の規模等によって、現地住民への情報公開を怠ってはならない。開発協力基礎調査においても、調査対象である有望鉱床の上に住民が居住していて田畑などが存在していれば、相手国政府や実施機関と十分に「住民の生活権」が存在することを話し合い、相手国側と住民との間で十分な説明や交渉、必要に応じて住民移転の補償等がなされねばならない。

また、内外の鉱業界や広く一般への技術情報の発信として、Web 上での情報提供などIT技術の積極的な活用により効率的な情報提供、広報に努めていくことも必要である。

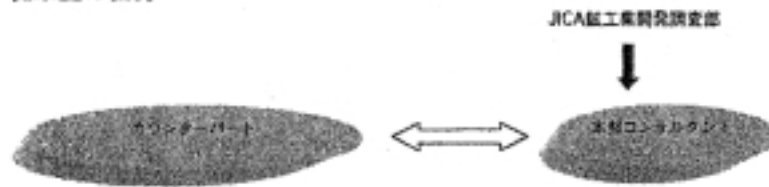
(エ) 海外ドナー等との効果的連携

鉱業環境政策、鉱業制度構築のような新しい課題を開発調査にて実施していくためには、JICA 内での他のスキーム間の連携はもとより、今後、環境や鉱業制度についての経験のある海外の他ドナーとの有機的連携についても、そのあり方も含めて検討していくことが望まれる。

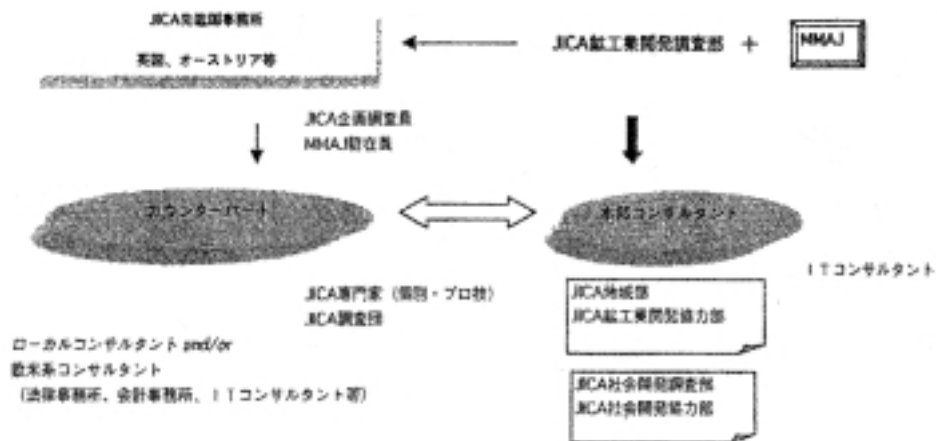
次ページの図は従来型の協力と今後の欧米ドナーとの協調、ローカルコンサルタントの活用を考慮した協力のあり方の例について示している。

(エ)

従来型の協力



今後の協力



2. 鉱業分野のプロジェクト方式技術協力の現状と課題

(2000.12.8 JICA 鉱工業開発協力部 鉱工業開発協力第二課長 加藤正明氏の報告より)

(1) 実績

(総論)

鉱業分野のプロ技の実績は、別紙参照のとおりで、一部実施間近なものも含め約25件である。地域的には中南米諸国が圧倒的に多く、そのほか中国とか東南アジア諸国、そしてモンゴル、パキスタン、モロッコなどでも実施されている。地域的な実施の偏在がある一方で、同じ国に複数回にわたって協力をしている。例えば製錬技術の移転をして、その後にそのプロセスから発生する鉱山鉱害防止技術の移転、つまり対象範囲を面的に拡大していたり、あるいは基礎技術から応用技術へ高度化を図っていくなど段階的、発展的な協力を実施して効果を上げている。

また最近の傾向として、環境案件が徐々に拡大をしていて、政策、探査・開発、利用技術、いずれのプロセスでも環境配慮が非常に重要な要素になっている。

(技術協力の特徴)

鉱業分野で実施されているプロジェクト方式技術協力を鉱業政策、探査・開発、鉱害防止・保安技術のそれぞれの技術分野に分けて概観する。

● 鉱業政策

プロジェクト方式技術協力では、従来、プロジェクトの要素として鉱害関係行政、法制度等政策面の技術移転を含む案件の中に鉱業政策を含んで実施している。具体的には、鉱業法、鉱山保安法、鉱害防止積立金の制度、鉱害防止補助金の制度、つまり制度をプロジェクトの中で紹介あるいはその当該国の制度との比較検討をして政策助言をしていく形態が多い。

ここでは、最近実施されている案件で政策支援要素が明示的に含まれているアルゼンティン案件を紹介する。本件は、基本的に公害対策・保安技術の範疇に入るプロジェクトではあるが、協力活動の内容の一つとして、鉱山公害防止行政に関し、日本やアルゼンティン近隣諸国と同国内周辺6州の情報整備、提供を通じ、技術指導

をしている。

[アルゼンティン鉱山鉱害防止対策研究センター]

R/D署名日	1998. 3. 27
協力期間	1998. 5. 1～2002. 4. 30
相手国実施機関	サンファン州 生産・インフラ・環境省鉱業局
要請の背景	アルゼンティンにおいては、1989年、メネム政権誕生以降、政治的・経済的な安定さが図られ、特に現政権が同国の北西部地域を中心とした鉱業資源ポテンシャルの高さを認識し、「世界最後の鉱業のフロンティア」と位置付け、積極的な鉱業振興・外貨導入支援策を展開している。 こうした開発政策推進の一方、同国政府は急激な鉱山開発に伴う環境汚染を案じ、環境保護法の立法、環境保護のための体制造りに着手したところであり、日本に対し、「鉱業分野における公害防止対策研究所」の開設にかかるプロジェクト方式技術協力を要請してきた。
目標と期待される成果	目標：CIPCAMIが鉱物資源開発に伴う水質保全管理技術者を養成できるようになる。 成果： (1) センターの管理・運営対策が確立される (2) センター技術者が分析・測定試験等の機材の操作及び保守管理ができるようになる。 (3) センターが鉱山・選鉱場の操業に伴う水質汚染の監視・防止技術の提供が出来るようになる。 (4) センター技術者が研修コース、セミナーを実施できるようになる。
協力活動内容	(1) 水質分析用資料採集手法 (2) 水質及び鉱石の分析・測定技術 (3) 鉱山・選鉱場廃水処理技術 (4) 環境配慮型選鉱精錬技術 (5) 鉱山公害防止行政
主な投入内容	長期専門家派遣：チーフアドバイザー、業務調整、廃水処理技術、分析技術、選鉱技術 研修員受入 機材提供：分析・測定用機材、選鉱及び廃水処理機材、等

● 探査・開発計画

1970年代、ブラジルで鉱物資源開発全般にわたるプロジェクトが実施され、1980年代には、一部大学の研究レベルで鉱床学のプロジェクトが行われた。それが1990年代に入り、世界的な市場経済の動き、あるいは中南米諸国も債務危機からようやく脱却し、構造調整の進展、そういった環境のもとで、資源探査・開発プロジェクトがだんだん行われるようになった。最近では、探査の理論とか応用に加え、先進的なリモートセンシング技術の技術移転も始まっている。

ここでは1997年から1981年に実施されたブラジルでの案件を紹介する。

本件対象分野には、探査・開発のほか、選鉱・製錬といった利用技術の分野や鉱害防止といった環境分野まで幅広く含まれている。また、鉱害利用防止技術については、専門家の提言に基づきブラジル側は鉱害の状況を再認識し、新たに鉱害防止に関する

プロジェクト方式技術協力を要請してきた。1981年より「鉱山公害防止技術協力」として開始している。

[ブラジル鉱物資源開発技術]

R/D署名日	1977. 7. 21
協力期間	1977. 7. 21～1981. 3. 21
相手国実施機関	鉱山動力省鉱産局 (DNPM)
要請の背景	ブラジルは、莫大な鉱物資源に恵まれ、これらの鉱物資源は同国の経済発展の中で重要な役割を担っているが、十分に開発されていないために、資源国であるにもかかわらず国内需要を賚ることが出来ず、不足分は輸入に依存しているのが現状である。このため、同国政府は、鉱業振興策の一環として、鉱物資源の開発技術の向上を図るため、1976年5月、日本にプロジェクト方式技術協力を要請してきた。
目標と期待される成果	地質、探鉱、選鉱、製錬及び採選鉱、製錬によって起こる公害防止の分野に関するDNPMに対する技術協力
協力活動内容	1. 非金属鉱物資源の探査面：地質、物探、地化学 (1) 既存データの解析、解釈、確定 (2) 探査プロジェクトの企画・立案・策定・管理 (3) 2の開発面への上記成果のインプット 2. 鉱物資源開発面：石炭、銅、その他非鉄、ホタル石 (1) 既存データの調整 (2) 開発計画の企画・立案・策定・管理 (3) 1、3の成果の活用 3. 鉱害防止面：防止技術 (1) 既存データの調整 (2) 鉱害防止計画の企画・立案・策定・管理 (3) 2への上記成果のインプット
主な投入内容	長期専門家派遣：チーフアドバイザー、物理探査、化学探査、採鉱、鉱害防止、製錬、選鉱、探査、研修員受入 機材提供：ミネライト、偏光顕微鏡一式、等

● 利用技術

時代の変遷、状況にかかわらず、従来より継続的に行われてきた分野であり、製錬技術からそのプロセスから発生する鉱害防止へとか面的な拡大を図ったり、基礎レベルから応用レベル、あるいはモデル操業まで高度化を図っていくような同一国でのプロジェクトが多いのもの特徴である。

ここでは1976年から1981年に実施されたチリでの案件を紹介する。

[チリ銅精錬開発]

R/D署名日	1976. 11. 29
協力期間	1976. 11. 29～1981. 3. 16、F/U1981. 3. 17～1983. 3. 16
相手国実施機関	鉱山冶金中央研究所 (Centro de Investigación Minera y Metallurgica : CIMM)

要請の背景	チリは世界第二位の銅生産国であるが、アジェンダ政権時代に国有化政策を実施して以来、特に現政権が同国の北西部地域を中心とした鉱業資源ポテンシャルの高さを認識し、特に製錬技術の停滞は著しいものがあり、その結果、生産性向上の改善が遅れコスト高を招き、同国の国際収支にも大きな影響を及ぼしている。このため、同国政府は、製錬技術分野の先進国である日本に対し、プロジェクト方式技術協力を要請してきた。
目標と期待される成果	鉱山冶金中央研究所に対し、以下の協力を実施。 (1) 研究開発促進 (2) 既存製錬所に対する共同体制の確立
協力活動内容	カウンターパートへの技術移転等着実に実績を上げることが出来た。 また、F/U期間内に、以下の指導を実施した。 (1) 酸化銅鉱の処理、銅ロスの機構、銅電解操業の解析と電解採集プロセス (2) 基礎実験技術 (3) 品質管理技術 (4) 既存製錬所に対する操業指導の改善
主な投入内容	長期専門家派遣：チーフアドバイザー、電気製錬、化学分析、等 研修員受入 機材提供：原子吸光装置、XMA、等

● 鉱害対策と保安技術

この技術分野の対象国は、おおむね生産システムについては一定レベルまで達している、環境汚染についての問題が発生している、あるいは発生が予見されるレベルの国々、すなわちチリ、ブラジル、アルゼンティンを中心としてプロジェクトが展開されている。この技術分野は、プロジェクト方式技術協力全体の中に占める割合は徐々に多くなっており、やはり法制度の枠組みとのリンケージの強化が非常に重要である。また、環境分野では、なかなか日本の方から働きかけないと案件として出てこない面も多いので、積極的に案件作成に日本が関与をすることもありうる。つまり、相手国からプロジェクト形成がなされてこない場合でも、日本の方から積極的にアプローチをして形成をする、そうした積極型の環境保全協力というスキームがあり、そういったスキームを積極的に活用していくことが重要である。

保安技術は、途上国の中小零細鉱山の保安状況というのはあまり手がつけられていない面もあり、この技術分野での協力の潜在性は高い。

保安や環境分野は、開発事業と違って、実施するのが難しい面があるため、特に資金力の乏しい開発途上国においては、政策的な面からのサポートも重要になっている。また、鉱害防止積立金の制度、鉱害防止補助金の制度など制度・政策面への知的支援の蓄積も重要である。

ここでは 1977 年から 1981 年に実施されたペルーでの案件を紹介する。

[ペルー鉱山保安技術育成]

R/D署名日	1977. 10. 28
協力期間	1977. 10. 28～1981. 12. 31、F/U1982. 1. 1～1983. 6. 30
相手国実施機関	動力鉱山省鉱山総局、鉱業科学技術研究所、ペルー中央鉱山公社
要請の背景	ペルー政府は、鉱業振興政策の強化の一環として採鉱奨励、技術革新、経営合理化などの推進に努めているが、その中で鉱山保安確保の重要性が顕在化してきた。すなわち、鉱業における保安を向上させて災害コストの引き上げを図り、より安全な作業環境を形成して生産性を上げることが、鉱業の総合的振興に必須であるとの認識が強まってきた。このような事情を背景として、1976年2月、同国政府は日本に対し、動力鉱山省鉱山総局及び鉱業科学技術研究所を要請機関として、同国鉱業の保安向上についてプロジェクト方式技術協力を要請してきた。
目標と期待される成果	鉱山労働者に対する危害の防止、鉱山施設の保全及び公害防止をねらいとする鉱山保安技術を移転し、また、鉱山保安技術の生産技術への応用を図ることによって、鉱物資源の合理的開発に寄与することをもくてきとするものである。
協力活動内容	(1) 基礎的保安技術の移転：坑内通気技術、肺塵症対策技術、天盤制御と岩石力学、露天掘保安技術、鉱害防止技術、鉱山災害防止技術、等 (2) 保安技術の生産技術への応用：採鉱技術、選鉱技術、製錬技術 (3) 鉱山保安体制の整備：鉱山における保安管理機構、鉱山保安監督体制、鉱山労働者への保安教育、保安技術職員及び鉱務監督職員の養成、各鉱山の保安規程等
主な投入内容	長期専門家派遣：チーフアドバイザー、採鉱保安技術、鉱山保安体制整備、選鉱技術、堆積場技術 研修員受入 機材提供：浮遊選鉱機一式、鉱山機械、岩石力学関係機器、測定機器、等

(2) 課題とそれを踏まえた協力の方向性

これまでの鉱業分野におけるプロジェクト方式技術協力について概観したが、これに基づき今後の課題と方向性についてのべる。

(総論)

総論では、資源の賦存には偏在性があるものの、プロジェクト方式技術協力の地域的展開については市場経済化などのグローバル化が進展しているので、資源のポテンシャルがある国については、やはり協力展開の可能性があると考えられる。例えばインドシナ諸国、中央アジア諸国、モンゴルでは既に実施しているが、そういった国々での展開なども今後視野に入れるべきである。

(課題と方向性)

- 鉱業政策は、これまで開発調査や個別の専門家派遣等の方法によって政策提言、

アドバイスを発行しており、プロジェクト方式技術協力ではプロジェクトの一要素として実施してきた。しかも日本の制度の紹介とか制度の比較が多かった。今後は、これまでの経験も踏まえてそういうノウハウを蓄積して体系化をしていくかたわら、政策面でどう支援していくのか考えていく時代になるであろう。国際機関は、政策支援について世銀等得意な傾向にあるので、国際機関と連携をすることも重要である。また、政策制度関連の専門家というのは絶対数が必ずしも多いわけではなくノウハウの体系化とあわせて、人材の確保も重要である。

- 探査・開発は90年代に入って対外投資環境が徐々に回復しつつあり、探査・開発計画についてのプロジェクトも実施する環境が徐々に整っている。ただ、探査手法に係る技術移転の項目では、これまでもプロジェクトを通じて行われているものの、探査によって得られたデータを実践的に活用したり開発計画に反映させる様なノウハウは、専門家の中の経験知として蓄えられてきている。しかし、この経験が整理された形で、しかも見える形に十分になっていないのが実状である。経験知もしくは「形式知」としての協力が今後必要になってくる。

例えば、今後外資メジャーが大規模かつ短期間に資源を開発するグローバルな傾向がある中で、中小規模でその国のインフラに適応したサステナビリティのある開発計画を途上国が自ら作成する際に、このような専門家のノウハウを生かすことは可能であり、マニュアル化なども併せて知的経験として活かしていきたい。

- 利用技術は、限られた鉱物資源の合理的な開発、随伴鉱物の有効利用、資源リサイクル等々、技術の分野は非常に広く、今後ともポテンシャルは非常に高いと言える。また、同じ国を対象に発展的、継続的に協力を実施してきたが、最近ではこのような国から周辺諸国へ技術を移転、普及させるという試みもある。今後はそうした国々を中核とした第三国研修、南南協力の拠点としてその国の機関を育成するなどの集中化の方向も模索してしかるべきである。
- 鉱害対策・保安技術は、最近の環境に対する意識の高まりから、資源の保有国にお

ける環境の重要性、環境への配慮が最終的には経済的にも効果があるとの認識が高まりつつある中で、対象国数の増加に伴いこの技術分野の協力は今後拡大していくと考える。環境分野については引き続き重視すべき分野であり、今後とも日本から積極的な働きかけを行うことが重要である。そのためにはこの技術分野に係る制度・政策支援に係る経験を蓄積し、体系化する必要がある。

3. 開発途上国の鉱業の人材育成と公的機関・国有工場/民間企業の役割

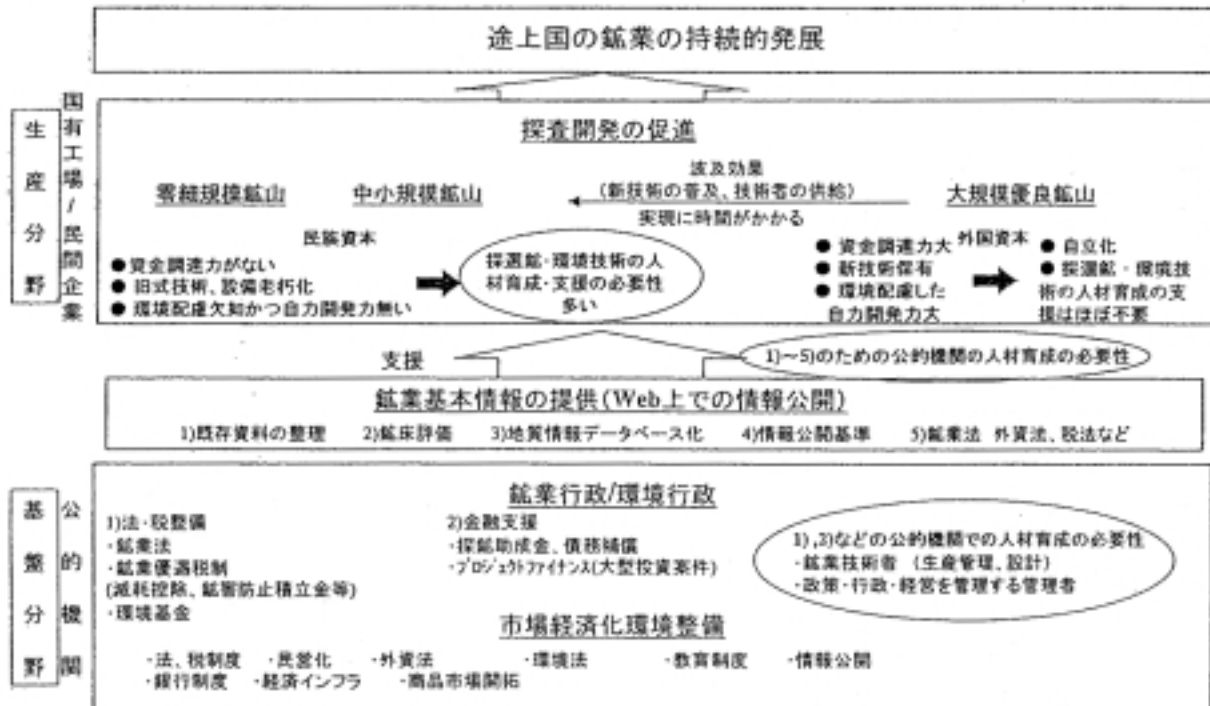
(2000.12.8 コンサルの報告より)

(1) はじめに

鉱業分野の人材育成では、開発途上国の置かれている状況を把握し、“その国のどの組織にどのような技術を移転して人材育成を図るか”を明確にすることが必要である。

下の図は開発途上国の鉱業の持続的発展を目的とした鉱業分野の人材育成と公的機関・政府/民間企業について示している。

開発途上国の鉱業の人材育成と公的機関・国有工場/民間企業



(2) 基盤分野と生産分野

鉱業における基盤分野の技術とは、市場経済化の環境整備、鉱業行政/環境行政（法・税整備、金融支援）、これら公的機関で必要とする技術であり、そのための人材育成が必要とされる。鉱業基本情報の整理や民間への情報提供も重要で、具体的には既存資料の整理、鉱床評価、地質情報データベース化、情報公開基準等に関する技術があげられる。

生産分野の技術、これは実際の生産に係る分野で、採鉱、選鉱、環境対策の個別技術等があげられる。大規模優良鉱山では、資金調達力、技術力を保有する外国資本により環境配慮した自力開発が可能で公的機関による支援はほぼ不要である。しかし、民族資本による零細、中小規模鉱山では資金調達力がなく、旧式の鉱業技術、設備老朽化、環境配慮欠如により自力での開発ができないため、特に公的機関の支援が必要となる。

この基盤分野と生産分野を両輪として活動されれば、鉱業全体、つまり零細、中小規模鉱山から大規模優良鉱山までの探査開発が促進され、開発途上国の鉱業は持続的に発展する。

(3) 産、官、学システムの役割分担と連携

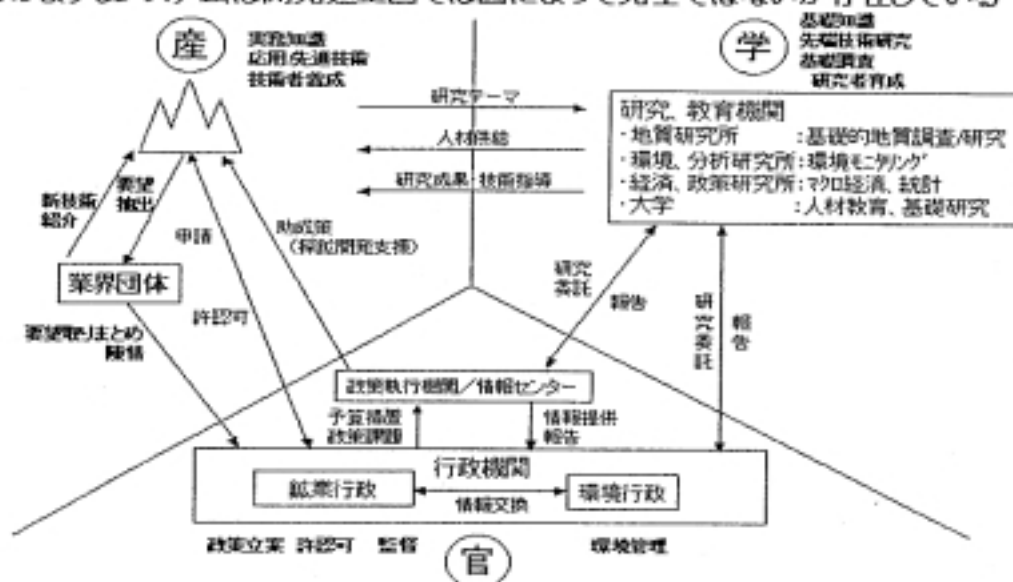
次の図は、鉱業分野における産、官、学の役割と連携について説明したものである。

産業界の役割は、実務知識に裏付けされた鉱業の応用技術を保有し鉱業活動を行うことであり、学にあたる大学や研究所等の教育研究機関では、基礎科学知識を備え、先進技術や基礎的研究を行う役割を担っている。官、行政機関では、政策立案、許認可、監督、環境管理の役割があげられる。連携については、図に示すとおりで例えば産と官では探鉱開発支援、官と学では研究委託。産と学では、産から学への研究テーマの提案と学から産への人材の供給があげられる。

このような産・官・学のそれぞれの役割の応じた連携のシステムは、開発途上国でも国によってはけっして完全ではないものの何らかの形で存在している。

鉱業振興のための産、官、学の役割(開発途上国一般例)

このようなシステムは開発途上国では国によって完全ではないが存在している



〈参考〉協力現場での人材育成の取り組み例 (詳細は付属資料 P.121 参照)

(浅利金三元長期専門家のホンデュラス国研究協力「環境保全・鉱害防止技術」(1997-2000) のプロジェクトに参加された経験談をとりまとめた)

日本人の専門家が相手国の鉱山振興局に配属され、カウンターパートの協力のもと、鉱業に関する環境保全のプロジェクトを実施した。鉱山の現状調査、環境モニタリング、分析技術の向上及び有害物質の処理向上等の技術を移転し終えることに成功した。このプロジェクトのなかで、日本人専門家は、民間の鉱業協会の協力を得ることに成功した。そして、民間鉱山会社の現状を把握したり、現場への技術普及したりするうえで、鉱山振興局と鉱業協会との連携は極めて役に立った。いわば産(鉱業協会)と官(鉱山振興局)の両者を効果的に結び付けたことが良い結果を生んだ訳である。

4. 日本国内での専門家確保の現状と課題

(金属鉱業事業団調査事業部広域課長 細井義孝氏の報告より)

(この原稿は、MMAJ の細井課長が 2000 年「資源素材学会」で発表されたものから本人のご好意を得て引用させていただいたものです。P. 131 に実際に「資源素材学会」にて発表された「中長期の金属資源開発技術と人材育成」(MMAJ 細井義孝氏) の原稿本文あり)

(1) 業界の概観

日本の鉱業界は、黒鉱ブームののちは国内鉱山が衰退して、現在は全国で 100 人以上の主要金属鉱山は 3 鉱山だけである。一方、昨今は海外鉱山の探鉱開発はマイニングビジネスとして活発化してきている。MMAJ については、情報から調査、備蓄、技術開発、環境、融資に関する業務を行っているが、MMAJ では国内と海外で探査活動を行っており、まず国内調査で MMAJ の技術者を育成し、ここで技術などの実践を積んで後に、海外のプロジェクトマネジメントを実施するような体制をとっている。

事業及びその全般企業支援を見てみると、探鉱支援は国内から海外にシフトしている。資源の必要量に応じて供給量は増加するが鉱山の数や鉱山会社の数は減ってきて寡占化が行われている。その結果、探鉱開発の競争は激化し、フロンティア地域の開発が求められている。環境については、世界的に規制が強化され、探査・探鉱・選鉱・製錬技術の見直しが行われている。環境を考慮した金属利用の研究開発、循環型経済社会としてのリサイクルの推進などである。新産業用の材料として、新しい金属需要、例えばレアアース等の需要急増が非常に話題を呼んでいる。

日本の鉱山技術は黒鉱鉱床タイプなどについては国際的な高レベルにあるが、ポーフリーカッパー鉱床のように日本にない大規模金属鉱床については、海外に比べて低レベルである。海外開発に向かうには、長所を生かし短所を補うことが肝要である。海外で資源開発を行うために必要な技術、資源産業の維持・発展の基礎となる産業競争力強化及び環境負荷極小化のための技術が今後求められる。資源産業の総合的戦略目標は、資源セキュリティの確保、つまり自主鉱山開発、そのための探査技術の高度

化、効率化が求められる。産業競争力の強化は、コスト競争力、つまり高効率製錬技術の開発、また、環境調和型循環社会の構築への対応として、高度リサイクル技術の開発、硫黄・スラグ、廃水の削減・改質技術が求められている。

(2) 技術者教育

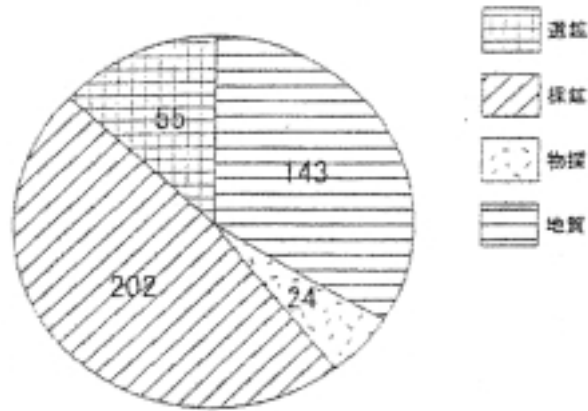
これからの技術者教育は、日本においては国内金属鉱山での坑内掘りや石灰石鉱山での露天掘り技術の涵養があげられる。また、海外金属鉱山の活用がある。例えばメキシコのティサパ、ペルーのワンサラなど海外の鉱山を拠点にして技術者を育成している。プロジェクト管理・監督、外国人技術者を指揮管理する能力を養うためには、技術者を若いうちから海外プロジェクトに参加させたり、外国人の採用など国際的に通用する技術者を育成する方法がある。

日本の鉱山技術者数について、国内非鉄鉱山会社6社と同系列のコンサルタント6社の合計12社に対してアンケートを行った。この人数は4年生大学において、選鉱、採鉱、地球物理、地質を専攻して大学を卒業した技術者数を基準にしている。

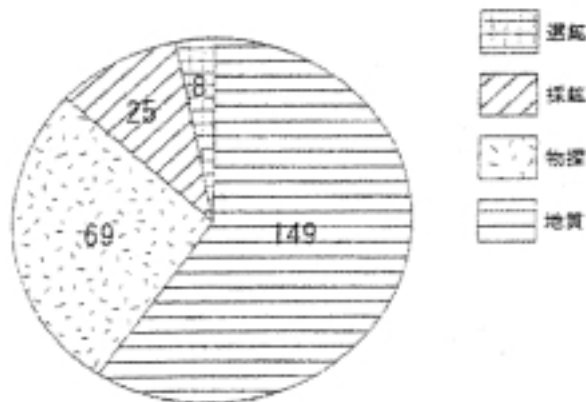
職種別に見ると以下のとおりで、鉱山会社合計424名、メタルコンサルタント251名、合わせて675名という技術者になる。鉱山会社とメタルコンサルタントを合わせると、地質技師が一番多く、物理探査と合わせて半数強、それから採鉱、選鉱というような数になる。結果は次の図の通りで総計675名のうち半数ぐらいは金属分野にかかわっている。

年齢別に見るとまず一番多いのが、30代。ほぼ同じぐらいの数で50代。それから少し減って40代となっている。20代は少ない。

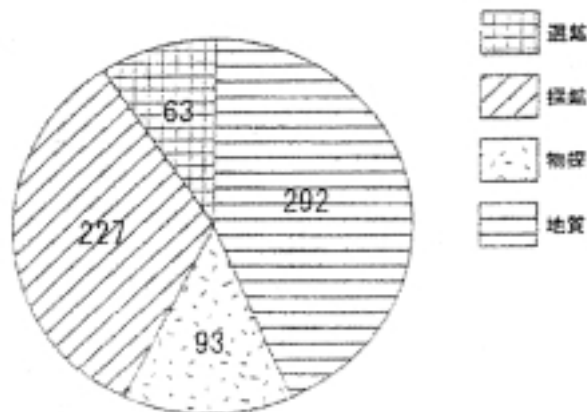
資源関連技術者 職種別



鉱山会社合計(424人)



メタルコンサルタント合計(251人)



鉱山会社・メタコン合計(675人)

2000年8月31日 金属鉱業事業団 総務課 作成

5. 鉱業分野の技術研修員受入事業における現状と課題

(2000.12.8 JICA 東北支部支部長代理 香川敬三氏の報告より)

(この原稿は、JICA 東北支部における鉱業分野の技術研修見直し検討での検討を参考にしたもので、東北支部の香川代理が説明されたものです。)

(1) JICA 東北支部の鉱業関係研修コース

JICA 東北支部では、年間約150名程度の研修員を受け入れている。これはJICA全体で7,000名程度という数から言えば決して多くはないが、支部はセンターと違い、宿泊棟とかそういう設備を持っていないので、この程度の数字になる。

JICA の研修事業、各支部、センターは、それぞれ主特性あるいは従特性という形でその地域で得意とする研修の技術領域が専門的に区分・整理されている。(例：沖縄センターは、コンピュータ)、東北支部は主として鉱業分野となっている。

よって、鉱業分野の研修員が一番多い訳である。特に資源開発協力、鉱業には資源開発協力関係以外にも石炭だとか若干インダストリーに近いような性格のものとか地熱とかいろいろあるが、そういったものを含めて大体、年に60名程度来日する。

集団コースでは「環境調和型鉱業開発」というのが小坂町を中心に実施されているが、これが一番歴史が古い鉱業の集団コースである。それから集団コースとは呼べないのだが、似たような形態として、「鉱山一般合同」コースというものもある。この2つについてはグループ型ですが、これ以外にもカウンターパートの個別研修が多い。

資源開発については平成2年から毎年20名の枠を持ちまして研修員を受け入れている。国としては、プロ技、資源調査などの分野とかなりリンクしている形で研修員が来ている。ただ、ペルーのように現在そういうプロジェクトがないところでも、集団コースは受け入れている。

鉱業政策上の位置については、平成8年に内容について見直し検討を行った。要約すると、非鉄金属資源は、日本の産業及び国民生活に不可欠であり、その安定供給の確保ということは、資源を海外に依存する日本にとっては極めて重要であり、そのために研修員の受け入れをはじめ開発調査、プロジェクト技術協力などの協力を実施している。特に研修に関連すると、第一に資源保有発展途上国からの鉱業関連業務に従

事している中堅技術者の育成、日本の鉱業に関する知識及び鉱業技術の紹介、それから2番目に日本に対する理解を深めること、3番目に研修員相互の交流の場を提供すること、4番目に日本と途上国の友好関係の構築が目的である。秋田県小坂町に設立され、鉱業分野における研修の中心地の1つとなっている。

(2) 鉱業分野における研修員受入事業の現状

集団の環境調和型鉱業開発コースは、11年ほど継続してコースを運営している。平成10年までは資源開発コース、平成11年に環境調和型鉱業開発コースに変えている。

このコースは約1カ月間ほど北海道国際センターで日本語研修を受け、それから約3カ月間の技術研修を小坂で実施している。内容は、講義を中心に実験、実習、視察旅行等である。研修員は語学、経験等条件を設定して各国から公募しており、中堅技術者が多い。資源大のコースの運営も過去10年以上の経験がある。小坂町全体で研修員を支援しており、研修員から好感を持たれている。

コースは、探査グループ、採鉱グループ、選鉱・製錬グループに分かれ各グループ約7名の構成になっている。研修員は、基本的には公務員あるいは公的な立場にある人々である。

2番目に、鉱山一般カウンターパート合同コースであるが、これも国際資源大が実施している。期間は約1カ月。通常大体1月から3月ごろの間に行っているが、開発調査とプロジェクト方式技術協力のプロジェクトの運営に責任のあるカウンターパートが研修を受けている

3番目に、鉱業分野のカウンターパート個別コース、つまりカウンターパートのうち合同でなく、いろいろな時期にいろいろな研修メニューで来日する。プロ技の場合にはJEMECが研修のハンドリングをすることが多い。資源関係と言っても文部省の案件もあり、例えば中国の鉱物資源探査研究センターなどは、例えば秋田大学で研修を実施している。滞在期間は、非常に短いのが一般的である。

(3) 研修員受入に係る問題点など

問題点としては、集団のコースは研修内容が一般的で講義の項目が多過ぎる、ある

いは内容が薄い、また座学主体で実習、実験、討議の時間が少ない等意見も出ている。他方3分の2以上の方は、幅広い知識を得ることができた、あるいは日本文化や伝統に触れることもできた、人間的な交流ができた、そういった前向きな意見もある。いずれにしろ20カ国、いろいろなレベルの研修員の要望を全て満たすということは非常に難しい。

次に、日本は環境対策や鉱害防止については世界に先行する経験や技術を有しているものの、実際的に鉱害防止技術の詳細に入っていくと企業のノウハウの世界に入ることもあり研修できない不満が残る。

また、実習現場が少ないということに関連して、鉱山が減少していて、まず現場が少なくなっている。もう1つは、日本にはない露天掘りだとかSX/EWというような製錬技術だとか、そういう技術を教えられないことがあり、第三国でこのような技術を教えればどうかという考えもある。ある程度理論は日本で教えるにしろ、現場を見せるということであれば第三国での指導も必要である。

一方で、探査では衛星画像解析、地質統計、コンピューターをうまく使ったような技術は非常に評価している。採鉱部門では、鉱山の省力化、坑内保安、通気、環境問題の配慮。選鉱・製錬では、環境汚染管理や主要製錬所を日本で知ることができたという、そういう面は非常にいい点である。他方、政策立案の問題だとか、開発途上国において実際に鉱山を開発するための資金調達の問題なり市場へのアクセスなり、どうすれば民間企業が投資してくれるようにするかとかそれをどう分析するか、こういう研究眼や分析能力についての研修は十分に行われているとは言いがたい。

5番目に、カウンターパート個別コースについては内容を十分に把握するために、研修評価会は本部の関係者が行っている。

(4) 今後の研修員受入事業の方向性

資源大学校は、人材育成の拠点ということで設立されているが、非常に細かい専門の講義があり、それをうまく研修員に対して取りまとめて教えるというリーダーがより必要である。

平成11年に国別特設コースを、フィリピンの鉱山坑廃水環境汚染防止ということ

で 15 名の方を資源大学で研修したが、このような国別特設研修コースは今後より必要で、日本にない技術は現地研修かもしくは外人講師の招聘も検討する必要がある。

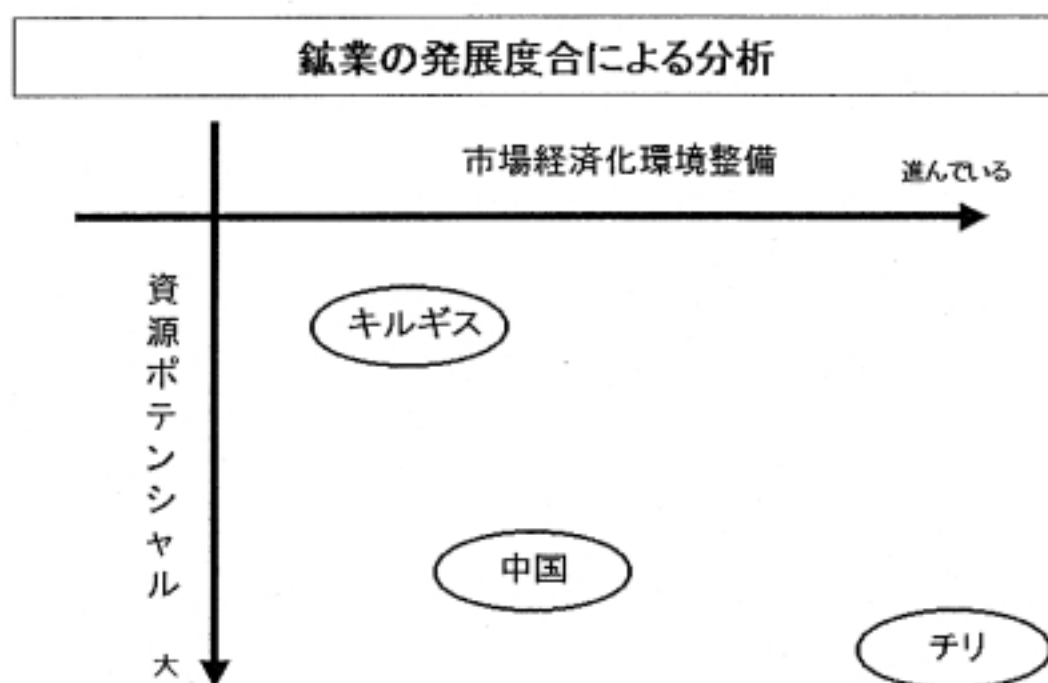
第三国研修については、平成 7 年から 11 年にかけて鉱物処理・冶金コースをチリの鉱山冶金研究センターで行われ、中南米 12 カ国の方が見えた。それから、平成 8 年から 12 年まで、トルコの鉱物資源調査開発総局で、中央アジア 7 カ国を対象に実施した。

また、今後は、民間人の参加も可能な形にする検討も必要である。

IV.地域的特徴からみた資源開発協力（地域・国ごとの協力の方向性）

1. 鉱業の発展度合いによる分析

資源開発協力の内容は資源ポテンシャル、市場経済化環境整備、新技術の導入等あげられるが開発途上国の発展度合いによって内容が異なる。以下に、下図を参考にベースメタルを念頭に置いてチリ、中国、キルギスを例にとって説明する。図は横軸に市場経済化環境整備、縦軸に資源ポテンシャルを示してある。3ヶ国についてみると外資導入はチリが一番進んでおり、キルギスについてはまだ自国の資源ポテンシャルの評価も十分にされていない状況で、左上の方に位置している。中国については、市場経済化についてはまだ端緒についたばかりで、ベースメタル以外のレアメタル、レアアース等の資源ポテンシャルは非常に高いところに位置づけられる。



(1) チリ

この国の資源の特徴は、南米大陸西縁に対するナスカ海洋プレートのサブダクション（沈み込み）に起因する大規模なマグマ活動により、世界最大級のポーフイリー型

銅、モリブデン鉱床が形成されている。代表的鉱山としては、チェキカマタ、エスコ
ンディダ、エルテニエンテがある。

銅の埋蔵量、生産量ともに世界第1位。モリブデンはこのポーフイリーに付随して
産出するが、埋蔵量は世界第2位、生産量も世界第3位である。

銅、モリブデンの輸入については、日本はチリに大きく依存している。

モデル地域(チリ、中国、キルギス)の資源の特徴ーチリ

- 南米大陸西縁に対するナスカ海洋プレートのサブダクションに起因する大規模なマグマ活動により、
世界最大級のポーフイリー型Cu、Mo鉱床を形成した。
主な鉱山: チェキカマタ
エルテニエンテ
エスコンディダ
- Cuの埋蔵量、生産量ともに世界1位
- Moの埋蔵量世界2位、生産量世界3位
- 日本のCu、Moの輸入はチリに大きく依存。(Cu35%(地金49%)、Mo47%)

(2) 中国

中国の資源の特徴はベースメタル、レアメタル、レアアースの資源を豊富に保有
し資源大国で、同時に消費大国で、銅は輸入ポーションとなっている。

この地域は、シベリア地塊が現在の大陸に拡大、発展する過程で複数の陸塊の衝突、
合体、地向斜の形成と造山運動を繰り返し、各時代の地殻活動ごとに多様な鉱床を形
成し、鉱床としてはマグマ分離型鉱床、ペグマタイト型鉱床のレアメタル、レアア
ースがある。それから熱水性鉱床、スカルン型鉱床、火山性堆積型鉱床、ポーフイ
リー型鉱床があり、新疆ウイグル自治区についてはカラトング、カカトウハイ、イーニン、
アシュレが挙げられている。チベット自治区については大型銅鉱床のギョクリュウ鉱山
を挙げている。スカルンについては、あちこち数多く分布している。

モデル地域(チリ、中国、キルギス)の資源の特徴—中国

- この地域は、シベリア地塊が現在の大陸に拡大、発展する過程で複数の地塊の衝突、合体、地相斜の形成と造山運動を繰り返し、各時代の地殻活動毎に多様な鉱床を形成した。
 - ・ マグマ分離型鉱床(Cu, Ni):カラトング鉱山(新疆ウイグル自治区)
 - ・ ベグマタイト型鉱床(レアメタル, レアアース):カカウハイ鉱山(新疆ウイグル自治区)
 - ・ 熱水性鉱床(Au, Cu):イーニン鉱山(新疆ウイグル自治区)
 - ・ スカルン型鉱床(Cu, Pb, Zn)
 - ・ 火山性堆積型鉱床(Cu, Pb, Zn):アシュレ鉱山(新疆ウイグル自治区)
 - ・ ポーフイリー型(Cu, Mo):ギョクリュウ鉱山(チベット自治区)
- Cuの埋蔵量世界4位(鉱床は中小規模、大規模でも低品位、或いは難処理鉱のものが多い)
地金消費量世界2位で輸入ポーション
- Pb, Znの埋蔵量、生産量は世界最大級
- レアメタル:W, Mo, Vは世界で優位、日本の輸入主要国の1つ
Mnは埋蔵量有るも輸入ポーション。
- レアアース:埋蔵量、生産量共に世界1位
日本の輸入は中国に大きく依存(64%)

(3) キルギス

キルギスの資源の特徴として、多種多様な資源を保有していて、どれも中小規模(水銀、アンチモンなど複雑鉱が多い)が多いが、金についてはポテンシャルが高い。

この地域は天山山脈の西部を含め、古生代後期の造山運動を受け、ブロック化・隆起し、激しいマグマの貫入を受け、多種の中小規模鉱床を形成し、鉱床は熱水性鉱床、熱水性の低温鉱床、ポーフイリー型鉱床、グライゼン型鉱床がある。

モデル地域(チリ、中国、キルギス)の資源の特徴—キルギス

- この地域は、天山山脈の西部を含め古生代後期の造山運動を受け、ブロック化・隆起し、激しいマグマの貫入を受け、多種の中小規模鉱床を形成した。
 - ・ 熱水性鉱床(Au):カムタール鉱山、マクマル鉱山、ゾルイ鉱山、タルディブラク・レフハンタ鉱山
 - ・ 熱水性(低温)鉱床(Sb, Hg):カダムジャイSb鉱山、ハイダルカンHg鉱山
 - ・ ポーフイリー型鉱床(Cu)
 - ・ グライゼン型鉱床(Sn):トルドボイ鉱山
- レアメタルのSb, Hgが代表的
- Auのポテンシャル高い

2. ケーススタディによる分析

鉱業発展レベルに応じた支援を考慮して、チリ、中国、キルギスの3カ国を例にケーススタディを行った分析結果は以下に示す。

2.1 チリ

経済鉱業エネルギー省傘下の国有企業の国家銅公社（CODELCO）は、世界最大の銅生産企業であり、チリの銅の35%相当を生産している。CODELCOは、国有企業であるも、効率的経営や民間企業買収等も行い、民間と同様な企業活動を実施している。同じく国有企業の国家鉱業公社（ENAMI）は、銅生産全体の約7%を生産している。ENAMIは、傘下中小鉱山合理化を実施中で、民間資本導入による近代化計画、生産部門の民営化を進めている。中小鉱山の製錬加工費（TC）分・銅価格を低くした分をENAMIが填補しているが、かなり負担になっている。コスト的に優位な大型露天掘鉱山では、SX-EW技術の黄銅鉱への導入が必要となっている。

一方、環境面では、湿式製錬（SX-EW法）による硫酸汚染が砂漠地帯で発生し、地下水汚染の問題が顕在化している。製錬廃棄物、煙灰による土壌・地下水汚染があり、スラグ、鉛、砒素を含んだ製錬廃棄物、煙灰中の砒素も問題となっている。

外資導入活動は活発であり、大規模開発にも積極参入している。法整備は進んでいて、外資優遇策としてはロイヤリティ・ゼロ、加速度償却等の優遇税制、あるいは利益の送金が自由等である。鉱業情報の入手、アクセスは容易で、公開基礎地質資料へのアクセスは、インターネットで容易にできる。

今後、必要とされる対策として1) 環境問題の解決。これは、環境基本法はあるものの機能しておらず、公害問題が顕在化し問題となっている。それから2) 中小規模鉱山の開発。特に先進坑内技術の導入があげられる。次に3) 基本地質情報の整備、データベースの構築、個々のデータのデジタル化あるいはリモセン、GISの情報の整備があげられる。

地域ケーススタディから見た鉱業分野の特徴(チリ)

- 資源の特徴 - Cuでは世界第一の資源大国。
- 現状の問題 - 湿式製錬(SX-EW法)の拡大による環境保護面で問題が生じている。
- 中小規模鉱山の経営力が低下している。
- 鉱業廃棄物、煙灰による土壌・地下水汚染が進行している。
- 外資の活動 - 外資は大規模開発に積極参入している。

【必要とされる対策】

- 基本地質情報の整備 - GIS(DB化、コンパイル)による外資など投資家へのサービスの拡大
- 中小規模鉱山の再建 - 鉱業技術の移転(坑内技術、鉱害防止技術)による自立化の支援
- 環境規制の強化 - 環境ベースライン調査によるバックグラウンドの把握
- 環境管理(鉱業廃棄物処理、坑廃水処理)の強化

2.2 中国

鉱業の発展は、資源ポテンシャルが非常に大きい西方開発促進が見込まれる。赤字国有企業の合理化。外資導入による開発促進(法税制整備)、銅、金の優先開発も必要であろう。

民間の不法採掘(民採)による小規模零細鉱山の開発が非効率であるうえ、水銀、シアン物の垂れ流しにより環境汚染を起しているが、行政機関によるこれらのコントロールは十分対応できていない。

鉱業技術が後れているし設備は老朽化している。例えば坑内採掘の能率は先進国の約25分の1で露天採掘については約10分の1である。鉱山周辺地域が関係の産業や住民も含めて人口過密(俗称 鉱山城下町)となり、環境が悪化する問題もある。

外資導入は、進んでおらず、法・税整備は端緒にすぎたばかりである。情報開示、資料の標準化も遅れている。ライセンス等の許認可業務が複雑で手続きに長時間を要することも外資導入にマイナスの要因のひとつである。外資は金鉱をターゲットに参入を試みるも、具体的開発までには至っていない。

必要とする対策として1) 環境問題の解決、2) 小規模零細鉱山のグループ化による

地域開発、3) 西方開発促進に向けた近代的環境調和型鉱業技術の導入。4) OJTによる具体的技術移転。それから5) 法制度の機能化と基本地質情報の整備、データのコンパイル、データベース化、リモセン、GISを挙げている。

地域ケーススタディから見た鉱業分野の特徴(中国・西部開発)

- 資源の特徴
 - 資源を豊富に保有している。
 - 資源大国かつ消費大国である。
- 現状の問題
 - 小規模製錬所が多く、小規模零細乱開発が環境汚染を惹起している。
 - 鉱業技術が遅れており、コンビナートの設備老朽化による生産低下がある。
 - 「鉱山城下町」が自己肥大化している。
- 外資の活動
 - 外資は金をターゲットに探鉱に参入するも開発までは具体的に進まない。

【必要とされる対策】

- 基本地質情報の整備 - GIS(コンパイル、DB化)による外資など投資家へのサービスの拡大
- 鉱業の近代化推進 - 環境保全型地域総合開発計画(鉱業が中核)の推進による合理化促進
- 有望鉱微地の抽出 - 資源調査による有望鉱微地の抽出
- 有望鉱床の開発促進 - 外資など投資家へのインセンティブ導入(優遇措置など)
- 近代的鉱業の普及 - マザーマインを通じたOJTの強化
- 鉱業行政能力の強化 - 鉱業アドバイザーによる行政面、技術面での個別課題への技術指導

2.3 キルギス

鉱業の発展のための目標は、金鉱山の開発による経済基盤構築、外資による技術導入と開発促進、鉱山民営化の促進があげられよう。

現状の問題のひとつとして、コンビナートの民営化の実現が困難であることがあげられる。91年から世銀支援のプログラムでPESAC(Privatization and Enterprise Sector Adjustment Credit)を実施していて、91年から99年の間で約8,700社、全体の約90%の民営化が図られている。

一方、市場経済に対応できる経営人材も鉱業分野では不足している。鉱業技術が後れていて、設備も老朽化している。よって、鉱業のなかでも民族資本は開発ポテンシャルとしての資金、人材、技術が十分でなく、生産性は低い。

環境問題では、ウラン、重金属の廃さい堆積場管理が不十分のため崩壊の可能性があるとところが多々ある。また、コンビナートの周辺の煙灰、排水等による環境問題も深刻化している。

金鉱山開発は、外資が大規模鉱床を対象として実施していくと考えられるが、外資による金山開発はこれまでのところクムトールだけである。メジャーとのJ/Vによる大型鉱床の金鉱開発も検討されている。大きな金の鉱床としてはジュレイ、タルディブラック・レフトバンク、カラカジックなどがある。

鉱業法（地下資源法）は整備されているが、実施が難しいようである。情報開示、地質資料の標準化は遅れている。IT化、デジタル化等は通信インフラの未整備も影響して進んでいない。地質情報の標準化に関して、文字がロシア語表示になっており、西側の人は非常に苦慮している。

鉱業の持続発展への支援として、1) ウラン、重金属の廃さい堆積場管理等の環境問題の解決、2) 市場経済化に対応できる人材の育成、3) 近代的探査開発技術支援、4) 法制度の機能化支援、鉱業優遇策の導入 5) 基本地質情報の整備（含む英語化）、データベースの構築、リモセン・GISの利用が挙げられる。

地域ケーススタディから見た鉱業分野の特徴(キルギス)

- 資源の特徴 - 保有資源は中小規模、Auのポテンシャル高い。
- 現状の問題 - 探査、開発、生産に係る技術が遅れている。コンビナートの設備は老朽化している。
- 民族資本による開発能力、資金力はない。
- ウラン、重金属の廃さい堆積場が崩壊の可能性あり(別図参照)。
- カラバルタコンビナートの環境問題は深刻化している(別図参照)。
- 外資の活動 - 外資は金を対象に新規及び大規模鉱床を対象に活動している。

【必要とされる対策】

- 投資環境の整備 - 法制度の見直しと鉱業優遇税制の導入
- 基本地質情報の整備 - GIS(DB化、コンパイル)による外資など投資家へのサービスの拡大
- 中小鉱山の開発促進 - モデル鉱山(小規模)を設定し鉱業新技術の導入/普及と市場経済での競争力強化及び市場経済にマッチした人材の育成強化
- 鉱業行政能力の強化 - 鉱業アドバイザーによる行政面、技術面での個別課題への技術指導