

第4章 鉱種別開発戦略

「ア」国において経済性の高い鉱物資源は、クロム、銅、ニッケルである。かつて世界第3位のクロムの産出量を誇った「ア」国の鉱業は、現在では1980年代と比較してクロムで4分の1、銅では10分の1に生産量が減少している。このため、鉱業分野の生産力の回復・向上が「ア」国経済の喫緊の課題である。したがって、鉱業開発のための明確な戦略方針を立て、鉱業の振興を図る必要がある。これらの鉱種は、それぞれにおいて経済性、資源総量、開発規模、賦存位置・条件等が異なることから、具体的な戦略は鉱種ごとに検討を行うものとする。また、クロム、銅、ニッケルの他にも「ア」国経済に貢献すると考えられる資源として、石灰岩、石炭および装飾用石材等が存在する事からこれの非金属資源の検討も行う。

「ア」国においては、資源調査は主に1960年から1980年代に実施され、鉱物資源の評価については旧ソ連方式による鉱量計算が評価の基準になっており、鉱物資源統計データではこの基準で記載されている。しかし、この方式による鉱量算出は、欧米で採用されている情報公開基準とは著しく異なっているため、このままでは海外企業の投資の関心を引くことはできない。したがって、鉱種別開発戦略を述べる前に「ア」国の鉱物資源統計データの分析を行い、今後の資源量の評価法について検討する。

4.1 鉱物資源データベースと鉱物資源の経済性の評価

海外投資家が「ア」国の鉱物資源の情報を得たいと思った場合、手に入れる事ができる情報はAGSの鉱物資源データベースと主に1970年代および1980年代にAGSにより調査された鉱徴地や鉱床の調査結果に関する報告書である。これらの資料では、鉱物資源は「ア」国の鉱物資源区分法を用いて記載されており、この区分法は先進諸国とは異なる。

4.1.1 「ア」国における鉱物資源の評価

鉱物資源の評価は鉱体の存在可能性、量、品位、地質状況、フィジビリティなどを考慮して行われ、これらのパラメータを利用して区分される。投資家はこれらのパラメータから鉱物資源のポテンシャルを考察する。「ア」国における鉱物資源の評価は旧ソ連の方式に基づいて行われており、AGSの鉱物資源データベースや鉱徴地および鉱床の報告書はこの区分法に基づき記載されている。鉱物資源は調査の精度、すなわち鉱物資源の存在の信頼性に基きA、B、C₁、C₂、P₁、P₂の категорияに区分される。ITNPM（1999）に基づきそれぞれの区分の「ア」国における定義を以下に示す。

カテゴリーA：このカテゴリーの鉱物資源は、詳細な調査により鉱体（ないしは工業原料資源）の延び、形、鉱体の鉱物構成要素、詳細な性状およびタイプが判明しているもので、境界、外形、広がり、鉱体内における品位区分、鉱体内に分布する鉱化作用を伴わない部分の分布、その他の自然条件（水理地質、地質工学など）が詳細に判明しており、鉱山開発の準備作業や採鉱計画が明らかに想定できるものである。対象とする鉱物資源の性状は詳細な坑道調査とボーリング調査により決定されたものである。

カテゴリーB：このカテゴリーの鉱物資源は、詳細な調査により鉱体（ないしは工業原料資源）の延び、形、鉱体の鉱物構成要素、分布様式、詳細な性状およびタイプが判明しているもので、鉱体内の鉱石タイプの区分は判明していない。鉱体内の品位区分および鉱化作用を伴わない部分の分布はカテゴリーAよりも明らかではない。鉱体の外形は、限られた調査地点の調査結果から一定の層厚および性状が変わらないと仮定して推定される。このカテゴリーの鉱物資源の情報は、鉱山開発計画の基本となり、鉱山操業や採鉱計画、選鉱工程の検討などに基づく鉱山開発の投資を検討する材料となる。対象となる鉱物資源の性状はボーリング調査と坑道調査を組み合わせることで決定される。

カテゴリーC₁：このカテゴリーの鉱物資源は、詳細な調査により鉱体の分布状況、鉱体の形状、形成様式およびタイプ、性状および質が判明しているもので、工学的特長や自然条件が明らかとなっており鉱山開発-採鉱作業の条件の目安を決定することが可能であるものである。

鉱体の境界は、ボーリング調査および物理探査等の調査結果からの推定により決定する。このカテゴリーの鉱物資源は、追加調査によってカテゴリーB や A に昇格させる必要があるが、鉱山開発計画や投資を検討する基本材料となる。

カテゴリーC₂: このカテゴリーの鉱物資源は、前もって既存資料から推定されたものである。鉱体の延び、形、分布は特定地点の鉱物資源探査のために実施された地質調査や物理探査の調査結果による。鉱体の境界線は地質構造や鉱体の露頭の分布状況により決定する。このカテゴリーの鉱物資源の情報は、今後の探査計画、将来の鉱山開発や採鉱計画を立てる基礎データとなる。「ア」国においては、このカテゴリーの情報を鉱山開発のための投資計画を立てる基礎データにする。

カテゴリーP₁: このカテゴリーの鉱物資源は、カテゴリーC₂の分布域の外側に分布する鉱物資源である。この外側の境界は類似した既知鉱物資源の分布状況から推定される。

カテゴリーP₂: このカテゴリーの鉱物資源は、既知鉱物資源の存在する地域における物理探査や地化学探査結果のポテンシャルの高い地域に対応する。

カテゴリーP₃: 上記のカテゴリー区分に含まれないすべての鉱物資源が対応する。

「ア」国における鉱物資源の区分は地質的な信頼度、すなわち探査活動の精度による。従って鉱物資源のそれぞれのカテゴリーの区分は、実施された坑道調査の程度やボーリング調査のグリッドのサイズに対応している。表 4.1.1 に鉱物資源区分のカテゴリーと探査活動の程度を示す。

表 4.1.1 鉱物資源の区分と存在可能性および調査精度

Category	Probability	Galley survey and general size of drilling grid
A	90%	Mainly gallery observation with some drilling work.
B	80%	Drilling and gallery observation.
C ₁	70%	Drilling grid: 50m x 50m
C ₂	35%	Drilling grid: 100m x 50m
P ₁	20%	Drilling grid: 200m x 100m
P ₂	15%	Drilling grid: 400m x 200m

それぞれのカテゴリーに対応するボーリングのグリッドサイズは一般的に定められているが鉱化作用の性質や鉱体の形状によってそのサイズが異なる。すなわち鉱化作用のタイプや性質に応じて、鉱量をより性格に計算するためボーリングのグリッドサイズが決定される。たとえば、カテゴリーC₁の一般的なグリッドサイズは 50m x 50mであるが、状況に応じて以下のグリッドサイズが使用される。

- 不規則な鉱体の場合： 40m x 40m、60m x 30m
- 小さなクロム鉱体の場合： 30m x 15m
- クロム鉱体の一般的グリッドサイズ： 40m x 20m、40m x 40m、60m x 30m
- 複雑な銅の鉱体： 15m x 30m
- ニッケル鉱体（一般的に単純なのでグリッドサイズはやや大きい。）： 60m x 80m から 40m x 60m、100m x 80m および 100m x 100m

4.1.2 AGS の鉱物資源データベース

AGS の鉱物資源データベースにおいて鉱量は Industrial Reserves、Geological Reserves、Excavated Reserves、Present state of Reserves の 4 区分で記載されていて(表 4.1.2)、以下に示すようにその区分は旧ソ連の区分を踏襲した「ア」国の区分を基本としている。

- Industrial Reserves-----A, B, C₁ カテゴリー
- Geological Reserves-----C₂ と P₁および P₂
- Total = Industrial Reserves + Geological Reserves
- Excavated Reserves-----すでに採掘された鉱量
- Present state of Reserves = Total – Excavated Reserves

Industrial Reserves は鉱量を Geological Reserve と区分するために使用される。これらを区分する基準は上記のように鉱物資源のカテゴリーで区分されるのが一般的であるが、以下に示すようにそれぞれの鉱物種の品位によって区分されることがある。

クロム鉱床

- 20%Cr₂O₃ 以上 : Industrial Reserves
- 20%Cr₂O₃ 以下 : Geological Reserves

ニッケル鉱床

- 0.7%Ni 以上 : Industrial Reserves
- 0.7%Ni 以下 : Geological Reserves

銅鉱床

- 0.7%Cu 以上 : Industrial Reserves
- 0.7%Cu 以下 : Geological Reserves

鉱物資源を評価する場合、カットオフ品位を考慮しなければいけないが、カットオフ品位は鉱物相場によって変化するので、AGS の鉱物資源データベースではカットオフ品位は考慮されていない。たとえば Kukes 鉱山ではカットオフ品位は 10%Cr₂O₃ であったが、この鉱山はオープンピットでの操業を実施しており、新しい技術を導入すればそれ以下の品位でも採算が取れると考えられている。

表 4.1.2 AGS の鉱物資源データベース

No	Group	Type of Mineral	Name of Deposit	Industrial Reserves (1,000t)	Geological Reserves (1,000t)	Total (1,000t)	Classification	Excavated Reserves	Present State of Reserves
607	1	Chromite	(Kerul 1)	0,515	0,238	0,753	I		0,753
608	1	Chromite	(Kerul 2)				III		
494	1	Chromite	Afer Liqenjeve			1,2	I		1,2
495	1	Chromite	Almarine	112		112	II	110	2
496	1	Chromite	Balgjaj			2	I		2,0
730	1	Chromite	Bataçet	51,0	20,8	71,8	II		71,8
577	1	Chromite	Bater	3631	1091	4722	III		4722
497	1	Chromite	Bulqize	12242	6046	18292	III	13900	3102,8
731	1	Chromite	Druni i Boshtive	1,558		3,868	I		3,868
579	1	Chromite	Fusha e Kalit	6,1	7,03	13,13	I		13,13
787	1	Chromite	Fushe Kishe	9,5	18	27,5	I		27,5
580	1	Chromite	Fushe Lope	116,5	178,3	294,8	II		294,8
564	1	Chromite	Fushe Qethi	6,39	4,64	11,03	I		11,03
581	1	Chromite	Guri i Mekes	11,67	20,19	32,	I	0,7	31,3
732	1	Chromite	Kaçni	1,250		1,250	I		1,250
582	1	Chromite	Kaptina	26,85	26,62	53,47	II		53,47
733	1	Chromite	Kepet e Dik Nelit	12,58	8,250	20,830	I		20,830
498	1	Chromite	Kodra e Leres	21	19	40	I	2,5	37,5
583	1	Chromite	Kopeshti i Kalit	22,5	6,81	57	II		29,3
584	1	Chromite	Kraste	1772,1	824,1	2596,2	III	695,5	1900,7
585	1	Chromite	Letaj	28,02	53,06	81,07	II		81,07
499	1	Chromite	Liqeni i bardhe	1,48	0,74	2,22	I		2,22
788	1	Chromite	Liqeni i bardhe	0,5		0,5	I		0,5
734	1	Chromite	Liqeni i Dhive	21,88	9,84	31,72	I	2,4	29,32

(AGS 鉱物資源データベースの一部)

4.1.3 先進鉱業国の鉱物資源区分法

市場経済の下では、銀行、鉱山会社、資本家が鉱業に参入し投資を行って探査、採掘、製錬等の事業に参加する。これらの人々が鉱業への投資を考える際の最大の懸念は、これらの事業に伴う不確実さである。そこで、鉱物資源の存在可能性、資源量、品位、地質条件、技術的問題点、経済性などのパラメータによる鉱物資源の区分を行い、鉱物資源の評価を行う。したがって、投資を促進するためには鉱物資源を正確に評価し、その情報を投資家に提供することにより投資家の興味を増加させることとなる。

「ア」国においては、特に、探査段階で海外のジュニア・カンパニーが重要な役割を演じると考えられる。ジュニア・カンパニーは株式市場に上場しているため、厳格な規則に基づく鉱物資源に関する報告書の提出義務を負っている。

鉱物資源の分類に関して、以下の分類法が世界的に広く使用されている。

1. USBM (United States Bureau of Mine)-USGS (United State Geological Survey)の区分
2. United Nations Framework Classification for Reserves/ Resources
3. Australian Joint Ore Reserves Committee Code (JORC Code)
4. Canadian CIM (Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum) classification-National Instrument 43-101 (NI43-101)

鉱物資源の評価や区分を行うため、地質技術者、鉱山技術者、その他鉱業に携わる技術者によりいろいろな言葉が使用されてきた。従って、1と2は共通した鉱物資源の区分や鉱物資源の名称の普及を目的として導入された。このうち、3と4は報告書を株式市場に提出することを前提としており、厳格な条件や規定が設けられている。

これら世界的に使われている区分に関し示すと同時に、これらと「ア」国の区分の比較を示す。

1) USBM-USGS の区分と旧ソ連の区分

USGS は鉱物資源の鉱量や性質に関する多くの情報を整理した。その情報に基づき USBM と USGS は鉱物資源の共通の区分や名称を提起した(USBM and USGS, 1980)。しかし、この区分はやや古く、現在ではあまり使われていない。

図 4.1.1 は USBM-USGS の鉱物資源区分図上に基本的には「ア」国の区分と同じである旧ソ連の区分を示したものである。横軸の鉱物資源の存在信頼性に関しては図の様に对应するが、旧ソ連の区分は経済性のパラメータを含まないため、USBM-USGS の区分では Economic (経済的) から Marginally Economic (准経済的) の範囲、さらには本図では示していないが subeconomic (経済限界下) の範囲に对应する事が考えられる。

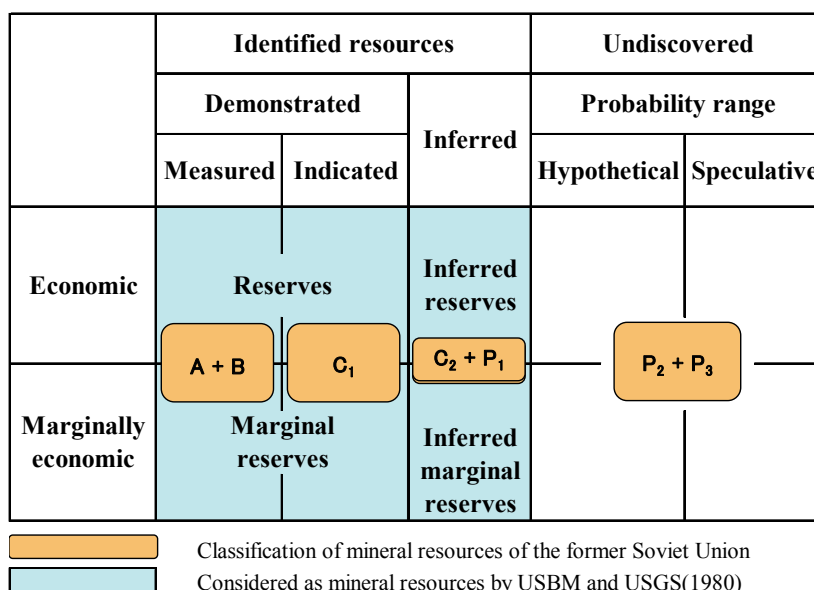


図 4.1.1 USBM-USGS の鉱物資源区分

2) United Nations Framework Classification for Reserves/ Resources による鉱物資源の区分

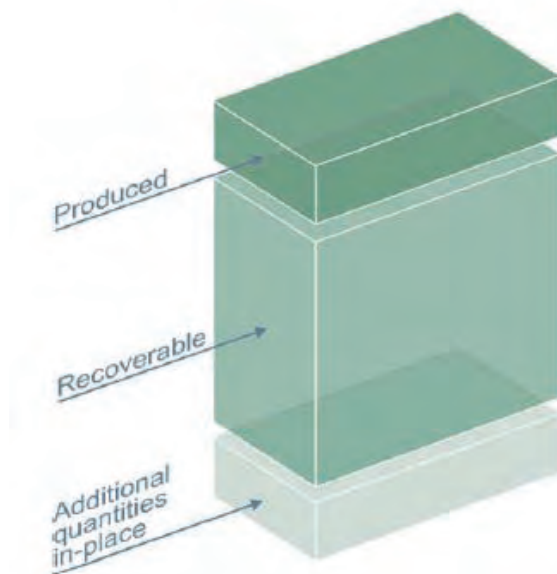
a. United Nations Framework Classification による鉱物資源区分の概要

United Nations Framework Classification for Reserves/ Resources (UNFC)の鉱物資源区分の概要は以下の通りである。

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) により “The United Nations International Framework Classification for Reserves/Resources - Solid Fuels and Mineral Commodities” (UNECE, 1997)が導入された。さらに the United Nations Economic and Social Council は 1997 年にこの鉱物資源区分法が世界的に採用されるように推奨した。この区分法は 2004 年に改定され、the United Nations Framework Classification (UNFC) for Fossil Energy and Mineral Resources (UNFC-2004) と呼ばれた。さらに現在 UNFC-2004 は改定が進められている。

UNECE(2004) によると UNFC は、順応性のある区分法を目指して作られている。すなわち国レベル、企業レベル、公共機関レベルで使用されるための必要性を十分に満たすように配慮されており、国際的な議論の場においても国際的な鉱物資源評価の場においても十分に満足して使用できるように配慮して作られている。資源の合理的な利用、資源管理の効率の改善、エネルギー供給とそれに伴う資金の安全な確保を支援するために必要な国際基準に適合するように作成されている。さらに、この鉱物資源区分法は、経済的な変換期にある国々において市場経済国の基準に基づいてエネルギーや資源の再評価をする目的で作られている。

UNFC の鉱物資源区分によれば、本来その鉱体に存在したすべての鉱量は三つの言葉で定義される。すなわち、Produced Quantities (採掘済み鉱量)、Remaining Recoverable Quantities (残存する採掘可能な鉱量)、Additional Quantities Remaining In-Place (残存する付加的な鉱量) (図 4.1.2)。このうち Remaining Recoverable Quantities が最も重要な鉱量である。再生不可能な資源においては、最初にある地点に存在した資源量は不変であるため物質収支は保たれている。UNFC の三つの言葉の定義を以下に示す。



(UNFC-2004 による)

図 4.1.2 最初にその地点に存在した全鉱量

Produced Quantities (採掘済み鉱量) : すでに採掘してしまった事による Remaining Recoverable Quantities の鉱量の変化を示すために用いられる。Produced Quantities は、販売鉱量と非販売鉱量の両者を含む。この販売鉱量と非販売鉱量は、特定の開始時（記録が残っている最初の生産活動時点）から特定の日時まで（通常その評価を行った日）の間において、それぞれの時点において決定される。非販売鉱量は、経済的価値の可能性のあるものとしてみなされる。

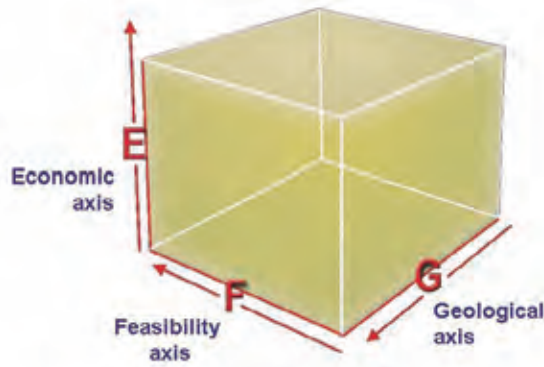
Remaining Recoverable Quantities (残存する採掘可能な鉱量) : 販売鉱量と非販売鉱量の合計で、特定の日時からある時点まで採掘されると予測される鉱量である。

Additional Quantities Remaining In-Place (残存する鉱量) : Produced Quantities と想定される Recoverable Quantities を加えた合計計を最初に存在していたと推定される鉱量から差し引いたものである。Additional Quantities Remaining In-Place は非経済的量のみとして取り扱われる。採掘できるかどうか、さらにその採算性に関しては評価されていない。採掘可能性のあるものと見なされているかも知れないが、将来において採掘されないであろう事を考慮すると非経済的な鉱量である。従って、Additional Quantities Remaining In-Place は潜在的に経済性がある鉱量であると同時に採掘可能な非販売鉱量でもある。

UNFC (United Nation Framework of Classification for Fossil Energy and Mineral Resources) では鉱物資源は以下の 3 つの採掘が可能であるかどうかの指針を与える基本的な基準によって分類される。

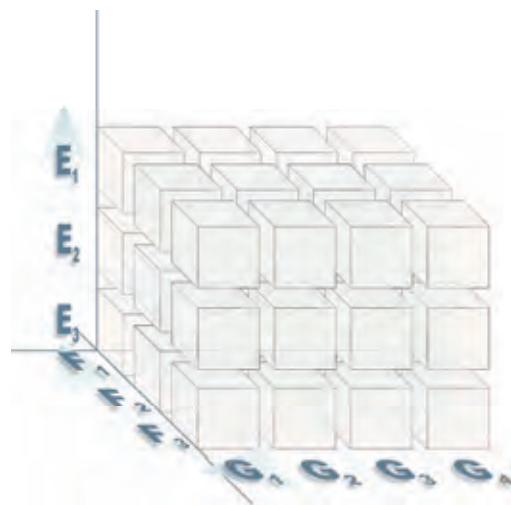
- 経済的および商業的な尺度 (Economic and commercial viability) (E)
- 野外調査の進捗状況とフィジビリティ調査 (Field project status and feasibility) (F)
- 地質的情報の程度 (Geological knowledge) (G)

これらの 3 つの基準は E、F、G の 3 軸により 3 次的に表示される (図 4.1.3)。これらの基準は、カテゴリーに区分して記載される。すなわち E は 3 つのカテゴリー、F は 3 つのカテゴリー、G は 4 つのカテゴリーにそれぞれ区分される。鉱物資源の資源量は小さい立方体で示される E、F、G のそれぞれのカテゴリーにより区分されグループ化される (図 4.1.4)。



(UNFC-2004 による。)

図 4.1.3 UNFC の基本的な区分要素



(UNFC-2004 による。)

図 4.1.4 UNFC のカテゴリ区分

カテゴリ区分の 3 次元表示で、それぞれのカテゴリは小立法体の縁の位置の数字で示され、E、F、G の順番に数値で表示される。それぞれのクラス分けには 1、2、3 および 4 の数値が使われ、この数値の順で経済力がより高く、プロジェクトがより進捗した状況にあり、地質的評価がより高度な状況にある事を示す。UNFC では便宜上、それぞれのカテゴリは 3 桁の数字のみで表示される。

UNFC のカテゴリを表 4.1.3 に示す。必要な場合は、カテゴリの下にサブカテゴリが加えられる。サブカテゴリは、たとえば E1.1. のように、カテゴリの後に小数点を付けて表示される。

表 4.1.3 UNFC 区分のカテゴリーと基準

Economic axis (E)	Feasibility axis (F)	Geological axis (G)
E1: Economic E1.1: Normal Economic E1.2: Exceptional Economic	F1: Mining Report and/or Feasibility Study F1.1 Mining Report F1.3: Feasibility Study	G1: Detailed Exploration
E2: Potentially Economic E2.1: Marginal Economic E2.2 Sub-Marginal Economic	F2: Pre-feasibility Study	G2: General Exploration
E3: Intrinsically Economic	F3: Geological study	G3: Prospecting
—	—	G4: Reconnaissance Study

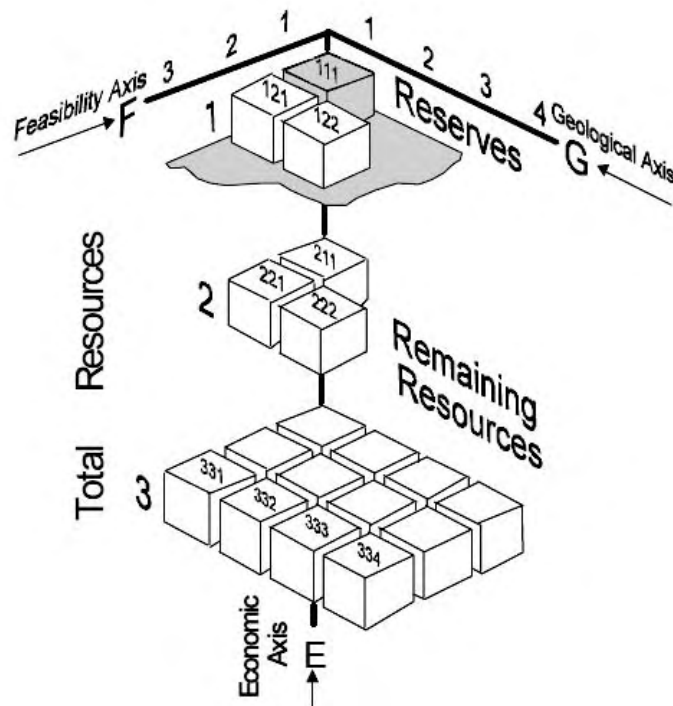
理論的には 36 (3 x 3 x 4) のカテゴリーが存在するが、地質や技術的な情報に乏しいプロジェクトでは、フィジビリティ調査は実施できず、経済的な評価も行えないので実際にはそれより少ないカテゴリーしか存在しない。この点から、実際に妥当なカテゴリーは 10 個で、そのカテゴリーを図 4.1.5 に示し、それらを三次元的に図 4.1.6 に示す。しかし、これ以外のクラスも存在する事がある。たとえば、311 で、鉱山は閉山されてしまったが政府の鉱山登録リストに含まれているような場合である。10 の適用可能なカテゴリーの基準を表 4.1.4 に示す。

UN International Framework		Detailed Exploration	General Exploration	Prospecting	Reconnaissance
	National System				
Feasibility Study and/or Mining Report		1 (111)	usually		
		2 (211)			
Prefeasibility Study		1 (121) + (122)	not relevant		
		2 (221) + (222)			
Geological Study*)		3 (331)	3 (332)	3 (333)	3 (334)

Economic Viability Categories: 1: economic 2: potentially economic 3: intrinsically economic (economic to potentially economic)

(UNFC-2004 による。)

図 4.1.5 UNFC の適用可能なカテゴリー



(UNFC-2004 による。)

図 4.1.6 適用可能なカテゴリーの三次元表示

表 4.1.4 適用可能なカテゴリーの基準

(UNECE (2000)による。)

Code	Economic Axis	Feasibility Axis	Geological Axis
111	Economic	Feasibility Study & Mining Report	Detailed Exploration
121			
122		Prefeasibility Study	General Exploration
211	Potentially Economic	Feasibility Study & Mining Report	Detailed Exploration
221			
222		Prefeasibility Study	General Exploration
331	Intrinsically Economic	Geological Study	Detailed Exploration
332			General Exploration
333			Prospecting
334	Undetermined Economic		Reconnaissance

埋蔵量 (reserves) および資源量 (resources) という言葉は鉱物資源の鉱量に対して世界中で広く使用されているが、それぞれの国の鉱物資源区分方に基づきいろいろな意味で使用されている。UNFCはこの問題に取り組み、鉱物資源の埋蔵量と資源量に関して CMMI(Council of Mining and Metallurgical Institutes)と統一を図ろうとした(UNECE 2000)。CMMI と UNFC のカテゴリー区分の関係を表 4.1.5.に示す。

表 4.1.5 CMMI と UNFC のカテゴリー区分の関係

Code	CMMI Category	UNFC Category	Albania
111	Proved Mineral Reserve	Proved Mineral Reserves	
121	Probable Mineral Reserves	Probable Mineral Reserves	
122			
211	Measured Mineral Resource	Feasibility Mineral Resources	
221	Indicated Mineral Resources	Prefeasibility Mineral Resources	
222			
331	Measured Mineral Resources	Measured Mineral Resources	A+B
332	Indicated Mineral Resources	Indicated Mineral Resources	C ₁
333	Inferred Mineral Resources	Inferred Mineral Resources	C ₂ +P ₁
334	not available	Reconnaissance Mineral Resource	P ₁ ,P ₂ ,P ₃

(UNECE (2000)を修正)

これらの定義によると鉱物埋蔵量 (Mineral Reserves) は、採鉱可能な経済的に採算の取れる鉱量である。従ってこの言葉は(111)、(121)、(122)の区分にのみ対応する。すなわち、埋蔵量は鉱床中において、フィジビリティ調査/鉱山報告書ないしプレフィジビリティ調査で確かめられた経済的に採算の取れる部分にのみ対応し、それ以外のすべての部分は鉱物資源量 (Mineral Resources) に対応する。

フィジビリティ調査は、プロジェクトが技術的および経済的に実施可能であるかどうかを評価するために実施され、プロジェクトの発展の方向性を示すものである。UNECE は、フィジビリティスタディーが以下の基本的機能を満たしていなければいけないと指摘している (UNECE,2004)。

- 鉱物資源プロジェクトに関して、明らかとなった詳細な事実の全体的なフレームワークを提供する。
- 計画、設計図、必要機材リストとともに、正確な経費予測と経済収支に基づき適切な採掘操業案を提示する。
- プロジェクトが報告書に書かれているように遂行され操業されれば、そのプロジェクトに投資する事により得られるであろう収益を提示する。
- 関連する法規制、資金調達を選択、財政体制、環境規制の評価およびプロジェクトに影響を与える重要な技術的、経済的、政治的および財政的な変数のリスクと影響度解析を提示する。

総鉱物資源量 (Total Mineral Resources) は、自然に産出する鉱物資源の集合体で、経済的な価値を持ち、地質的に存在が確かめられているものである。鉱物埋蔵量 (Mineral Reserve) は、総鉱物資源量のうち経済的に採鉱可能な部分であるとフィジビリティ評価で実証された部分である。残存する鉱物資源量 (Remaining Mineral Resources) は総鉱物資源量の内、鉱物埋蔵量として認められない部分である (図 4.1.6)。

埋蔵量および資源量に対応しない鉱物資源は、鉱産地 (Occurrences) として扱われ、地質的な評価が欠けているが鉱化作用が見られる地点、鉱徴地 (Mineral Occurrence)、ないしは経済的な魅力を伴わない鉱物の集合体、非経済的な鉱産地 (Uneconomic Occurrence) である。この両者の言葉は、UNFC 区分の境界を設定するために定義されたものであり、今までの鉱産地 (Occurrence) と異なる意味を持っている。

b. UNFC の鉱物資源区分と「ア」国の鉱物資源区分

「ア」国では、「ア」国の区分基準に基づき鉱物資源は A、B、C₁、C₂、P₁、P₂、P₃ に区分される。「ア」国における鉱物資源の地質報告書や鉱物資源データベースは、この区分に基づき記載されている。UNFC 区分は、経済性 (E)、フィジビリティ (F)、地質調査状況

(G) の三つの指標に基づいているが、「ア」国における鉱物資源の記載方法では、経済性 (E) とフィジビリティ (F) の指標が欠けている。従って、「ア」国の鉱物資源に対して、詳細な探査が実施されているとしても、UNFC 区分を適用すれば、経済性 (E)、フィジビリティ (F) の指標に対してカテゴリー 3 に対応させるよりない。表 4.1.5 に示す様に、「ア」国の鉱物資源区分の A と B は UNFC 区分においては 331 に対応し、C₁ は 332 に、C₂ と C₃ は 333 に、P₁、P₂、P₃ は 334 に対応する。したがって、もし海外の投資家が「ア」国の鉱物資源に対して採鉱を含めた鉱山操業を実施する事に興味を持った場合、まず鉱物資源のフィジビリティスタディーや経済的な採算性の検討を独自で実施しなければいけない。

表 4.1.5 に示すように「ア」国の鉱物資源は UNFC の定義において鉱物埋蔵量として計上できるものは無く、経済的な操業が可能であるかどうか不明な鉱物資源量である。UNFC に従えば、「ア」国のすべての鉱物資源は実施された探査の制度により、Measured (精測)、Indicated (概測)、Inferred (予測)、Reconnaissance (仮定) のどれかの Mineral Resources (鉱物資源量) に区分される。

3) オーストラリアの JORC コード

a. JORC コードの概要

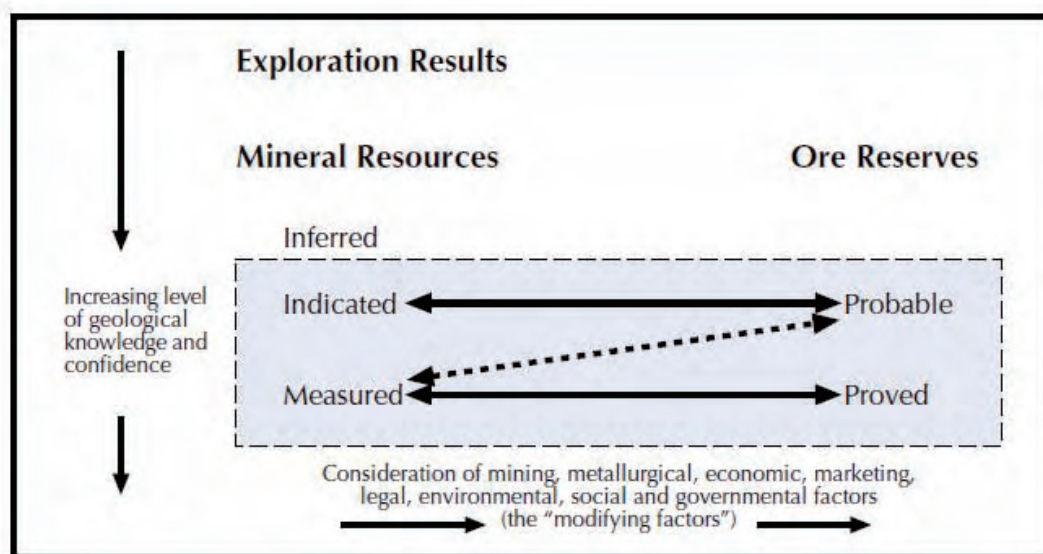
JJORC コードの概要を以下に示す。

JORC (The Joint Ore Reserves Committee of the Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists and Mineral Council of Australia) は 1971 年に設立され、鉱石埋蔵量の望ましい区分と報告書の公表に関する記述を含む JORC コードの初版は 1989 年に公表された。JORC コードは別名 “The Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves” とも呼ばれるが、現在使用されているものは、2004 年版である。オーストラリア株式市場 (Australia Stock Exchange: ASX) およびニュージーランド株式市場 (New Zealand Stock Exchange: NSX) は 1989 年および 1992 年にそれぞれ本コードを上場するための必要条件とした。本コードが必要条件となれば、公表するための報告書は、探査結果、鉱物資源量、鉱物埋蔵量などに関し、本コードの基準に従っていなければならない。

JORC コードは、44 の条項と “評価と報告書の基準に関するチェックリスト” という表および “名称とその関連語” というアペンディックスからなる。JORC コードを適用するに際し、透明性 (Transparency)、実質性 (Materiality)、資格保有 (Competence) の 3 原則が基本である (第 4 条)。それぞれの原則に対して次のようなコメントが書かれている。

- ◇ 透明性：公開報告書の読者が明瞭かつ十分な情報に基づいて報告内容を誤解なく理解できること。
- ◇ 実質性：公開報告書が、探査結果、鉱物資源量、鉱石埋蔵量に関して投資家やそのアドバイザーが理性的かつバランスの取れた判断を下すために当然必要とするすべての関連情報を含んでいる事。
- ◇ 資格保有：公開報告書は、職業倫理規定の適用を受けている適切な資格および経験を有する者の責任において作成されたものでなければいけない。

JORC コードでは鉱物資源量と鉱石埋蔵量の区分に関し、図 4.1.7 の語句が使用される。



(JORCによる)

図 4.1.7 JORC における探査結果、鉱物資源量、鉱石埋蔵量の一般的関係

JORC コードにおいては鉱物資源の鉱量や予想品位の区分は、地質学的信頼性や技術的および経済的評価の程度に基づき行われる。さらに、鉱物資源量と鉱石埋蔵量に関しては以下に示すように厳密な定義が定められている。

- ▶ 鉱物資源量 (Mineral Resource) とは、将来において経済的に採掘できる見込みがあると判断される、地殻中ないしは地殻表面においてある程度の形、質および量を持ち、それ自体本質的に経済的な価値を持つ濃集物ないしは産出物である。鉱物資源の産出場所、量、品位、地質的特長と連続性は具体的な地質的根拠および知識によって認識、推定あるいは解釈されるものである (第 19 条)。
- ▶ 鉱石埋蔵量 (Ore Reserve) とは、精測鉱物資源量 (Measured Mineral Resource) または概測鉱物資源量 (Indicated Mineral Resources) のうち、経済的に採掘可能な部分を指し、採掘時に発生するであろう鉱体以外の混入物や鉱体の損失部を含む。現実的な採掘方法、製錬法、経済性、マーケティング、法制度、環境、社会、行政等様々な要素を考慮した適切な評価や調査が実施されたものでなければいけない (第 28 条)。

鉱物資源量は、主に地質学的情報を基づき他の情報も加味して地質技術者により推定される。一方、鉱石埋蔵量は、概測鉱物資源量と精測鉱物資源量に修正因子 (Modifying Factor) で修正を加えたものであり、現実的な採掘方法、製錬法、経済性、マーケティング、法制度、環境、社会、行政等様々な要素を考慮して検討および修正する必要がある。

JORC では鉱物資源量は、地質学的な信頼度が増加する順に予測鉱物資源量 (Inferred Mineral Resources)、概測鉱物資源量 (Indicated Mineral Resource)、精測鉱物資源量 (Measured Mineral Resource) に区分される。鉱石埋蔵量は、信頼度が増加する順に推定鉱石埋蔵量 (Probable Ore Reserve)、確定鉱石埋蔵量 (Proved Ore Reserve) に区分される。

JORC コードにおいて、鉱物資源量と鉱石埋蔵量は明らかに異なり、前者は経済的な価値を持つ可能性のある鉱物の濃集部ないしは産出状況であり、後者は鉱物資源量のうち経済的な採掘が可能な部分である。鉱物資源量から鉱石埋蔵量へ変換するためには、最終的なフィジビリティ調査が実施される事は必要ないが、技術的および経済的に実現可能な鉱山計画を決定する適切な調査が実施される事が必要であり、その中で修正ファクター (Modifying Factor) のすべての項目 (JORC コードの表 1) が考慮されていなければいけない。修正ファクター (Modifying Factor) は、採掘方法、製錬法、経済性、マーケティング、法

制度、環境、社会、行政等の要素を含むので、修正ファクターの項目はフィジビリティ調査やプレフィジビリティ調査の調査項目と変わらない。

b. JORC コードと「ア」国の鉱物資源区分

JORC コードは、JORC のガイドライン (JORC コードの表 1) 基き、公表報告書を作成する目的で作られている。「ア」国の鉱物資源について詳細な地質調査に基づく多くの報告書が作成されているが、これらはすべて「ア」国の基準に基き作成されている。さらに、「ア」国の鉱物資源は「ア」国の基準で区分され、「ア」国の基準は JORC コードの修正ファクターに含まれる、技術的、経済的、環境などの情報を含んでいない。

「ア」国と JORC コードの間で鉱物資源探査の方法が異なるが、これを無視して「ア」国の鉱物資源区分法を JORC コードに変換すると、「ア」国の鉱物資源は修正ファクターの情報に欠けるため、すべて鉱物資源量に含まれる。「ア」国の A と B は精測鉱物資源量、C₁ は概測鉱物資源量、C₂ と P₁ は予測鉱物資源量に対応する。

4.1.4 「ア」国の鉱物資源区分の国際的な区分への適用

世界的な鉱業情勢の中で「ア」国の占める位置を考慮し、「ア」国の鉱物資源の区分と評価を国際的な基準に変換する場合、最も適切な区分は UNFC 区分である。さらに、UNECE はこの区分法を導入する事を特に中央および東ヨーロッパの移行経済の国に対して推奨した。すなわち、市場経済国と移行経済国間の貿易や協力体制を促進するためである。これまでに、ITNPM (1999)、ITNPM and AGS (2005)、Alliu (2009)などにより「ア」国の鉱物資源を UNFC 区分に基づき評価しようと試みられたが、明瞭な解決法や結論は得られていない。一例として、ITNPM and AGS (2005)を以下に示す。

ITNPM and AGS (2005)の報告書では、「ア」国の鉱物資源を UNFC の鉱物資源区分に基き Geology(G)、Feasibility(F)、Economic(E)の 3 軸で表示する事を試みた。クロム鉱床および銅鉱床の例を表 4.1.6 に示す。

ITNPM and AGS (2005)は、以下の基準にもとづき「ア」国の鉱物資源データを UNFC の 3 軸で表示した。Geology 軸は、「ア」国における鉱物資源区分のカテゴリーを対応させ、カテゴリー1 は A および B に、カテゴリー2 を C₁ に、カテゴリー3 を C₂ に対応させた。Feasibility 軸は、鉱物資源のタイプによって異なり、ニッケル鉱床においては、1 に該当するものは存在せず、2 としてニッケル-珪酸鉱を対象とした。クロム鉱床における Feasibility 軸は、クロム鉱石の買取価格を基にクロムの品位 (Cr₂O₃%) で区分を行った。カテゴリー1 は 40Cr₂O₃%以上の鉱物資源が対応し、40Cr₂O₃%以下の鉱物資源は鉱床の産出状況に応じて 2 ないし 3 に対応する。なお、この時点のクロム鉱石の価格は 100US\$/トン以下である。Economic 軸は、生産コスト(C)と鉱物価格(P)を基に、収益性を考慮して区分した。カテゴリー1 は、 $1.5 < P/C$ で収益が得られる可能性が高い鉱物資源、2 は $1 < P/C < 1.5$ で収益が期待される鉱物資源、3 は $P/C < 1$ で、この考慮した時点の金属価格では収益が期待できない鉱物資源である。

Feasibility 軸と Economic 軸に関し検討が行われたが、UNFC 区分の Feasibility 軸および Economic 軸に対応した区分を行うには情報が少なすぎる。上記の鉱物資源データの変換において、「ア」国では先進鉱業国レベルのフィジビリティ調査が行われていない点などから Feasibility 軸や Economic 軸において本来の UNFC のカテゴリー区分を反映させた区分を行うことは困難である。

表 4.1.6 アルバニア国の鉱物資源の UNFC による区分 (クロム鉱床および銅鉱床)

Chromite

No	Source	Reserves Tons	Axis				
			Geology	Feasibility	Economic		
1	Northern Bulqiza				1	2	3
		190,408	1	1	190,408		
		2,180,860	2	1	2,180,860		
	1,197,876	3	2	1,197,876			
	Total	3,569,144	1+2+3	1+2	3,569,144	0	0
2	Western Zone +Gal 1050	15,100	1	1		15,100	
		297,100	2	2			297,100
		143,400	3	2			143,400
	Total	455,600	1+2+3	1+2	0	15,100	440,500
3	Batra	122,444	1	1	12,038	46,126	64,280
		342,830	2	2	16,628	12,000	314,202
		264,990	3	3	438	27,368	237,184
	Total	730,264	1+2+3	1+2+3	29,104	85,494	615,666

Copper

No	Source	Quantity Tons	Cu %	Au g/t	Ag g/t	Axis		
						Economic	Feasibility	Geology
1	Rubic	4,582	1.76	0.43	1.50	2	2	1
		78,810	1.77	0.43	1.58	2	2	2
		94,894	1.99	0.43	1.50	2	2	3
	Total	178,286	1.89	0.43	1.54	2	2	1+2+3
2	Southern Perlat	648,333	2.82	1.28	12.75	1	2	2
		753,912	2.81	1.28	12.75	1	2	3
	Total	1,402,245	2.87	1.28	12.75	1	2	2+3
3	Batra	6,790,900	1.35	1.03	10.30	1	2	2
		1,194,053	1.10	1.03	10.30	1	2	3
	Total	7,984,953	1.31	1.03	10.30	1	2	3

(ITNPM and AGS study group (2005)による。)

4.1.5 過去の評価法によるデータ利用と今後の評価法

「ア」国の鉱物資源区分を、UNFC 区分や JORC コードなどの国際的な区分に変換した場合、「ア」国の鉱物資源区分のすべてのカテゴリーの評価は下がり、精測(Measured)、概測(Indicated)、予測(Inferred) ないしは潜在的(Reconnaissance) な鉱物資源量(Mineral Resources) に区分されるのみである(表 4.1.7)。「ア」国の鉱物資源に関する情報は、フィジビリティと経済性を考慮した情報に欠けており、この情報は欧米諸国においてはフィジビリティ調査に含まれている。従って、「ア」国の鉱物資源区分のすべてのカテゴリーに対して埋蔵量(Reserve) という用語は使えない。さらに、表 4.1.8 に示すように AGS のデータベースにおいて、埋蔵量(Reserve) という用語の代わりに資源量(Resource) というを使わなければならない。

「ア」国における現在の鉱物資源に関する情報では、いくら詳細な探査記録があっても、どんなに品位が高くとも埋蔵量として区分出来ず資源量のままである。フィジビリティ調査や採算性の検討を実施して初めて埋蔵量として取り扱われる。

表 4.1.7 それぞれの鉱物資源区分の比較

UNFC classification		JORC code	Albania
Proved Mineral Reserves	111	Proved Ore Reserves	
Probable Mineral Reserves	121	Probable Ore Reserves	
	122		
Feasibility Mineral Resources	211		
Prefeasibility Mineral Resources	221		
	222		
Measured Mineral Resources	331	Measured Mineral Resources	A+B
Indicated Mineral Resources	332	Indicated Mineral Resources	C ₁
Inferred Mineral Resources	333	Inferred Mineral Resources	C ₂ +P ₁
Reconnaissance Mineral Resource	334		P ₁ ,P ₂ ,P ₃

表 4.1.8 国際的な鉱物資源区分と AGS データベース

AGS database	Albanian classification	UNFC and JORC (lower category is applied)
Industrial Reserves	A, B, C1	Indicated Mineral Resources
Geological Reserves	C2	Inferred Mineral Resource
Total Reserves	A,B,C1+C2	Inferred Mineral Resources
Excavated Reserves	-	Excavated Resources
Present Situation of Reserves	A,B,C1,C2-Excavated Reserves	Present Situation of Resources

UNFC 区分法におけるフィジビリティ調査は以下の様に定義される。

“フィジビリティ調査は、鉱山プロジェクトにおける技術的な信頼性や経済的採算性を詳しく評価したものであり、プロジェクトに関しての投資の決断や資金調達のために銀行へ提出する資料の根拠となるものである。フィジビリティ調査は、地質的、技術的、環境的、法制的、経済的な情報すべてを含む調査である。”

「ア」国のクロム鉱床の場合、UNFC 区分の条件を満たすフィジビリティ調査を行うためには以下の作業が必要である (Alliu, 2009)。

- ◇ それぞれの鉱床から 1トンのクロム鉱石を採取し、フェロクロム製錬用のクロム精鉱を得るための予備選鉱試験を実施する。
- ◇ 鉱体ブロックを再定義し、UNFC の基準に従った資源量の再計算
- ◇ 過去の安全性に欠く採掘状況を見直し、新たな採掘場を現在の状況に即して、最も効果的なオープンピットないし地下掘削鉱山を設計する。
- ◇ 粗鉱からフェロクロムを生産するために必要な 40-50Cr₂O₃%の精鉱を製造するための選鉱工程のフローシートを作成する。
- ◇ 新規に開発しようとする鉱山の安全性確保のため地質工学的な状況を把握する調査
- ◇ EU 基準に適合した環境調査
- ◇ 経済性調査
- ◇ 調査結果を総括したフィジビリティ調査報告書

上記のフィジビリティ調査を実施するためには多大な資金が必要である。

「ア」国の鉱物資源区分は、旧ソ連の方法を踏襲し実施されてきた、従って海外の投資家が「ア」国の鉱物資源区分を見てやや混乱するかもしれない。しかし、1970年代や1980年代に作成された鉱物資源に関する地質学的報告書やそれを基にして作成されたAGSの鉱物資源データベースなどの鉱物資源情報はグリッドボーリング等の詳細な調査に基づき体系的に行われており基礎データとして十分信頼できるものと考えられ、今後探査や開発を実施する場合の目安とすることができる。

「ア」国における過去のデータを先進諸国の基準に合わせて変換することは、現実的ではないと考えられる。すなわち、鉱物資源区分や鉱量計算には探査方針、探査方法、品位分析等が関連しておりその変換は単純ではない。仮に先進諸国の方法に基づいて変換したとしてもその結果が先進諸国において公式に認知されることは難しく参考データに過ぎない。旧ソ連の方法を踏襲した「ア」国の鉱物資源区分やそれに基づいて算出された鉱量は先進諸国に取って馴染みが無いかもしれないが、鉱物資源区分法や鉱量計算法を鉱物資源データベースに添付して詳細に提示することにより先進諸国の投資家が「ア」国の過去のデータを有用に活用することができる。今後、海外からの投資促進を考慮した場合、「ア」国において先進諸国の鉱物資源区分や鉱量計算法を普及させ、METEやAKBNへの探鉱結果や開発計画申請等の提出書類も先進諸国の方法に基づくことを義務付けることが望まれる。国際的な鉱物資源区分および評価法としてUNFC区分ないしはJORCコードが推奨される。両者の鉱物資源区分法は類似しており、鉱物資源を経済的採算性のある鉱物埋蔵量と見なすためにはフィジビリティ調査（JORCコードの場合、フィジビリティ調査に類似した修正ファクターによる考察）を実施する必要がある。

4.2 クロム

4.2.1 「ア」国のクロム鉱床

1) 地質状況

クロム鉱床は層状貫入岩体に伴う層状タイプのもものとオフィオライト岩体の超塩基性岩に伴うポディフォームタイプがある。「ア」国のクロム鉱床はオフィオライト岩体中のポディフォームタイプの鉱床で、一般的に見られるように、オフィオライト岩体中の主にハルツバージャイト中に胚胎する (Arai, 1997、Gervilla and Leblanc, 1990 など)。ポディフォームタイプのクロム鉱床は層状タイプのクロム鉱床に比べて一般に規模が小さく不規則な分布を成し、産出するクロム鉱石は Cr および Al が高いことが知られている。

「ア」国のオフィオライト岩体は超塩基性岩を伴い、Eastern Ophiolite Belt と Western Ophiolite Belt の 2 列で NNW-SSE 方向を成して分布する (図 4.2.1)。Western Ophiolite Belt の超塩基性岩は主にレルズライトから構成され、Eastern Ophiolite Belt の超塩基性岩は主にハルツバージャイトから構成される (Meco and Aliaj, 2000)。高品位のクロム鉱床は Eastern Ophiolite Belt に存在し、Western Ophiolite Belt は低品位の鉱床が散在するのみである。

Eastern Ophiolite Belt のクロム鉱床は構造運動に伴い多くの断層で切られて、母岩と調和的あるいは非調和的な平板状、棒状、ポディフォーム状などの複雑な形態を成す。世界の他のオフィオライトに伴うクロム鉱床と類似して「ア」国のクロム鉱床は通常、岩石学的モホ面 (テクトニックハルツバージャイトから成るマントルシーケンスと層状ハンレイ岩から成る地殻シーケンスの境界面) からその下部の数 km の範囲に多く存在する。マントルシーケンスにおいてクロム鉱床は、通常、ハルツバージャイト-ダナイト、ダナイト-ハルツバージャイト、塊状ダナイトのユニット中に存在する。

「ア」国のクロム鉱床は主に Tropoja、Kukes、Lura、Bulqiza、Shebeniku-Pogradec 超塩基性岩体中に存在する。表 4.2.1 および表 4.2.2 に示すように、2004 年時点での過去の「ア」国におけるクロム鉱石の生産量は 25.6 百万 t である。この内 Bulqiza 岩体からの産出割合は 82% で、他の岩体からの産出は 10% に満たない。クロムの鉱物資源量は Bulqiza 岩体で全資源量の 56% を占め、Tropoja および Kukes 岩体でそれぞれ全資源量のほぼ 20% 程度を占める。

「ア」国の超塩基性岩体中に知られているクロム鉱床ないし鉱徴地の総数は約 1,100 箇所である。2008 年時点の AGS の報告によると「ア」国のクロム鉱床の資源量は 37 百万 t で、そのうち 7 百万 t は 46%Cr₂O₃ 以上、Cr₂O₃/FeO 比 3.1 以上と報告されている。これらのクロム鉱床のうち多くのは資源量 10 万 t 以下の小規模な鉱床で、百万 t 以上のやや規模の大きい鉱床は少数である。

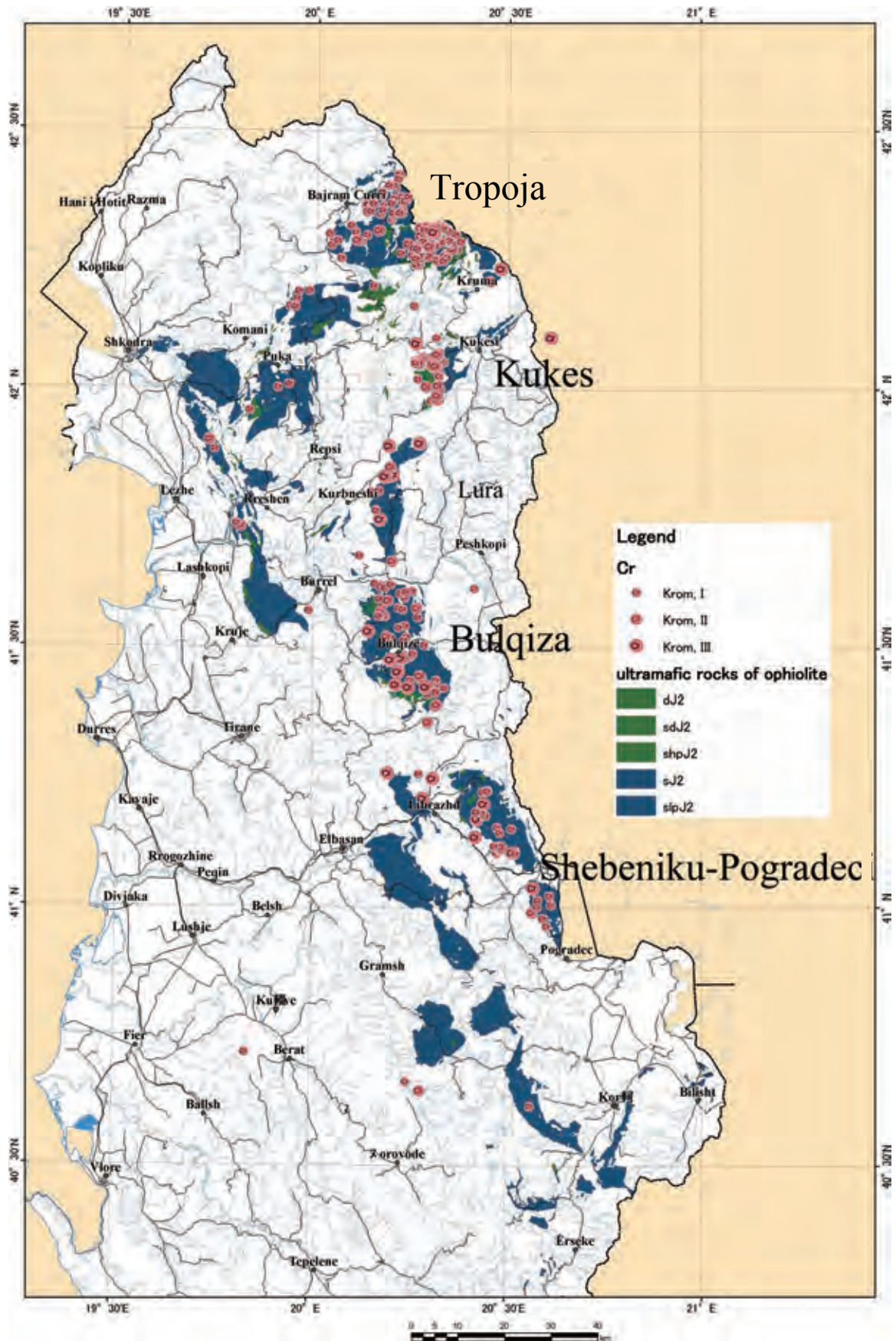


図 4.2.1 クロム鉱床の分布

表 4.2.1 クロムの生産量および資源量と超塩基性岩体

(2004 年)

Name of ultramfic massif	Production of Cr ore		Mineral Resource (B+C ₁ +C ₂)		Main chromite deposits
	(1,000t)	%	(1,000t)	%	
Tropoja	1,500	6	6,097	18	Vlahna, Zogaj
Kukes	2,500	10	6,828	21	Kalimash, Perroi Batres
Lura	15	0	351	1	
Bulqiza	21,000	82	18,292	56	Bulqiza, Batra, Buall Pass, Thekna, Shkalla, Ternova, Krast-Lugi I Thelle, Selishata-Dervish Lake, Ceruja
Shebeniku-Pogradec	600	2	1,235	4	Katjel, Pojska
Total	25,615	100	32,803	100	

(ITNPM and AGS, 2005 による。)

表 4.2.2 超塩基性岩体とクロム鉱床

	Location	Area	Thickness	Depth of explored ore bodies	Geological resource	Grade Cr ₂ O ₃ %	Production in 2007	Perspective	Perspective Deposits	Number of deposits	Number of mining permits
Tropoja Massif	100km north of Tirana	440 km ²	6-8km	300m	6.1 million tons	26.48%	34% 1,268t 36-38% 16,754t 40% 22t	Rich chromium bodies can be encountered under 300 m.	Zogaj, Vlahna, Qaf-Perollaj	286	26
Kukes Massif	80km East-North of Tirana	106km ²	about 5km	300m	6.8 million tons	21.40%	34% 2,553t 36% 400t	Rich chromium bodies can be encountered under 300 m.	Kalimash, Perroi, Batres	54	3
Bulqiza Massif	40km east-north of Tirana	370km ²	4-6km	1,300m	12 million tons	7.5 million tons at 38%	36-40%: 145,431 t Concentrates: 11,000 t	Many mines are operational	North Bulqiza, Qaf-Bualli, Batra in sides and depth Krastra in depth Thekna in depth Intermediate zones of Batra-Liqeni, Sopeve-Thekna-Ternova.	65	104
Shebeniku-Pogradec Massif	65km east-south of Tirana	270km ²	4km	300m	1.2 million tons	over 38%	36%, 5,355t	It is a massif less investigation and exploration	Katjel-Pojkska, Bushtrica-Perroi, Govates	115	11

(AKBN の 2007 年のデータによる。)

AGS の鉱物資源データベースには 295 箇所のクロム鉱床が示されている。これらの鉱床の内、190 鉱床（64%）は 5 万 t (Industrial Resource + Geological Resource) 以下の小規模鉱床で、34 鉱床（12%）は 50 万 t 以上の比較的規模の大きい鉱床である（表 4.2.3）。「ア」国におけるクロム鉱床は、少数にやや規模の大きい鉱床が存在するが、ほとんどは小規模な鉱床である。

表 4.2.3 クロム鉱床の規模

Size	Resource	Number of deposits	%
I	0-50,000	190	64
II	50,000-500,000	71	24
III	>500,000	34	12
Total		295	100

主要クロム鉱床をそれぞれの岩体ごとに表 4.2.4 に示す。Tropoja 岩体では、Vlahna と Zogaj 鉱床の規模が大きく、それぞれ 2.5 百万 t および 1.2 百万 t の資源量を有する。Kukes 岩体ではもっとも規模の大きな鉱床は Kalimash 鉱床で、Kalimash 1, Kalimash 2, Kalimash 3、Perro i Batres の 4 鉱体から成り、資源量は 5.1 百万 t である。Bulqiza 岩体には多くのクロム鉱床が存在するが、大規模鉱床は Bulqiza と Batra 鉱床で、それぞれ、現在までに 13 百万 t および 5.6 百万 t の鉱石を産出した。Shebenik-Pogrddec 岩体では、大規模なクロム鉱床は存在しないが、Katejel および Pojska 鉱床は現在も操業中の鉱山である。

表 4.2.4 アルバニア国の主要クロム鉱床

Massif	Name of mine	Start of operation	Production	Destinations	Situation of resource As of Jan. 1, 2006	Perspectives	Mine Status
Tropoja Massif	Vlahna Mine	1986	45,000t (1986 to 1996)	partly export (30%Cr2O3) and for enrichment	2.56 mill.t (29.2%Cr2O3)	It is possible to discover reserves with over 38%Cr2O3	Southern part is occupied by private sectors, while center and northern parts are unoccupied
	Zogaj mine	1980	520,000t (1980 to 2000)	export for enrichment in chromium dressing plant in Deva, Kosovo	1.238 mill. t. (24-28%Cr2O3)	It is opened at depth and in sides	It is unoccupied since closed in 2000.
Kukes Massif	Kalimash 1, 2, 3 and Perroi Batres	1978	1,460,000t (1978 to 1997)	For enrichment	5.1 mill. t. (18-23%Cr2O3) Kalimash 1: 1.9 mill. t. Kalimash 2: 0.4 mill. t. Kalimash 3: 1.6 mill. t. Perroi Batres: 1.2 mill. t.	Could meet rich chromium bodies	The mine was closed in 2000. Tender was held in June 2009
Massif	Name of mine	Start of operation	Production	Destinations	Situation of resource As of Jan. 1, 2006	Perspectives	Mine Status
Bulqiza Massif	Bulqiza Mine	1948	more than 13,000,000t (1948 to present):		Over level 16: 690,000 t. (46.75%Cr2O3) Under level 16: 2,126,800 t. (44.91%)		Concession since 2001.
	Batra Mine	1967	5,610,000 t (1968-2006) at 38%Cr2O3 220,000 t (1999-2006)	export and enrichment	730,000 t.	It is open in deepness and in the sides	Since 1999, given to 12 private companies that are working independently in different adits
	Thekna Mine	1959		export	652,300 t.	It is open in deepness and in the sides.	Since 1999, given to 17 private companies that are working independently in different adits
	Krasta Mine	1971		enrichment	2 mill. t.		After 1999, some galleries were given to 4 private companies and other were enclosed
	Lugu Gjate-10 Korriku Mine	1968		export	69,800 t.(42%Cr2O3)	Open in a deepness	After 1999, given to 5 private companies working independently in the adits
	Fush-Lopa Mine	1989		export	79,900 t.(44%Cr2O3): Jan. 1, 2006	Open in deepness and extension	After 1999, it was given to 3 private companies working independently in the adit of mine
Massif	Name of mine	Start of operation	Production	Destinations	Situation of resource As of Jan. 1, 2006	Perspectives	Mine Status
Shebeniku-Pogradec Massif	Katjel Mine	1982	72,000t (2000-2006) at average 36%Cr2O3	export	145,916 t. (45.27%Cr2O3)		Since 2000, included in concession agreement
	Pojaska Mine	1988	216,000t (1988 to 1997) Average 40-42%Cr2O3	export	16,000t (23-28%Cr2O3)		Included in concession agreement

4.2.2 クロム鉱業の世界の現状

世界のクロム鉱業は、南アフリカやカザフスタンなどの年間産出量が 100 万 t 以上の大規模な鉱山を有する国が支配的である（表 4.2.5）。一方、「ア」国の一企業における最大産出量は Bulqiza 鉱床で操業する Albanian Chrome で、年間の産出は 8 万 t 程度であり、それ以外は年間産出量が 1 万 t 以下の多くの企業から成り立っている。このように、現在の「ア」国のクロム鉱業は世界の主要産出国に比べると極めて小規模であることを考慮する必要がある。

表 4.2.5 世界のクロム鉱床

	Company	Mine	Capability of production 1,000t/year (estimated)
South Africa	Sanancor Chrome (Kermas South Africa)	Eastern Chrome, West Chrome, Lavino Chrome, Marco Chrome	3,500
	Xstrata South Africa	Waterval East, WatervalWest, Thornccliffe, Krondal, Marikana	2,800
	Assmang	Dwarsriver, Bayer, Ntuane, Groenfontein, Vogelstruisne	800
	Hernic Ferrochrome	Elanskraal, Maroelabuil	500
	Merafe Resources		400
	ASA Metals	Dilokong	400
		Total	8,400
Kazakhstan	Kazchrome	Donskoy	3,500
India	India Charge Chrome (ICCL)		
	India Mtais (INFA)		
	FerroAlloys Corporation (FACOR)		
	Tata Iron and Company (TISCO)		
		Total	3,300
Finland	Outokumpu	Kemi	7,000
Zimbabwe	Zimasco		
	Zimbabwe Alloy	Shurgwi, Mutrashanga	
	Maranatha		
	Total		650
Turkey	Etibannk		600
Brazil	Ferbasa		500
Russia	Chelyabinsk Electrometallurgical	Harp	
	Kongor-Khfom	RAI-iz	
		Total	500
Australia	Consolidate Minerals	Coobine	300
China			250
Iran	Faryab Mining	Sfaryab, Es fandegeh, Sabzebar	200
Albania	Albchrom SH A Tirana	Batra, Kalimaash, Bulqiza	200
Pakistan			130
Madagascar		Ankazotaolane, Bemanevika	100
Others		Total	120
	Total		19,450

(International Chromite Association による。)

クロム鉱石の生産量は、南アフリカ、インド、カザフスタン、トルコの4ヶ国が支配的で、2008年度においてはこれらの4ヶ国で全生産量の84%に達する(表4.2.6、図4.2.2)。「ア」国の2008年度の実生産量は20万t程度で、全世界生産量の1%に満たない。

表 4.2.6 クロム鉱石の国別生産量

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
South Africa	6,817.1	6,620.8	5,225.2	6,428.1	7,974.0	7,625.2	7,502.8	7,428.5	9,647.0	10,300.0
India	1,450.0	2,066.0	1,930.0	2,707.1	3,219.5	3,583.6	3,357.0	3,865.0	4,837.0	4,236.0
Kazakhstan	2,405.5	2,606.6	2,045.7	2,369.5	2,927.9	3,287.1	3,581.0	3,366.0	3,687.0	3,629.0
Turkey	1,014.5	545.7	454.5	326.4	229.3	436.6	722.0	1,000.0	1,700.0	2,000.0
Russia	50.0	80.0	117.7	71.0	116.5	320.2	772.0	966.1	776.7	750.0
Zimbabwe	653.5	668.0	780.2	749.3	725.8	668.4	665.0	700.0	650.0	650.0
Brasil	190.5	253.2	174.0	284.0	376.9	593.5	616.5	562.7	627.8	630.0
Finland	597.4	628.4	575.1	566.0	549.0	580.0	572.0	549.0	556.0	614.0
Albania	12.0	10.0	4.0	15.0	0.0	0.0	0.0	201.0	200.0	207.0
Others	557.6	631.6	516.7	670.3	759.6	826.0	839.9	866.7	908.6	1,056.0
Total	13,736.1	14,100.3	11,819.1	14,171.7	16,878.5	17,920.6	18,628.2	19,304.0	23,390.1	23,865.0

(1,000t)

(World Metal Statics Year Bookによる。)

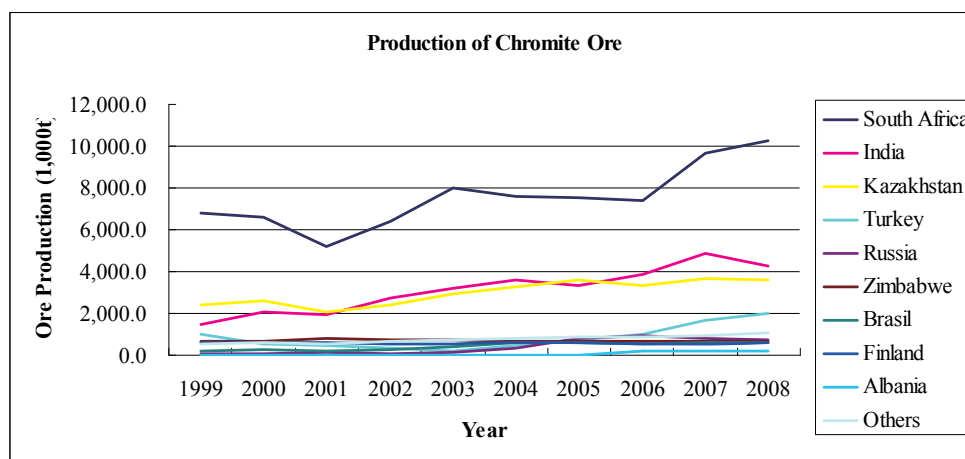


図 4.2.2 クロム鉱石の国別生産量の推移

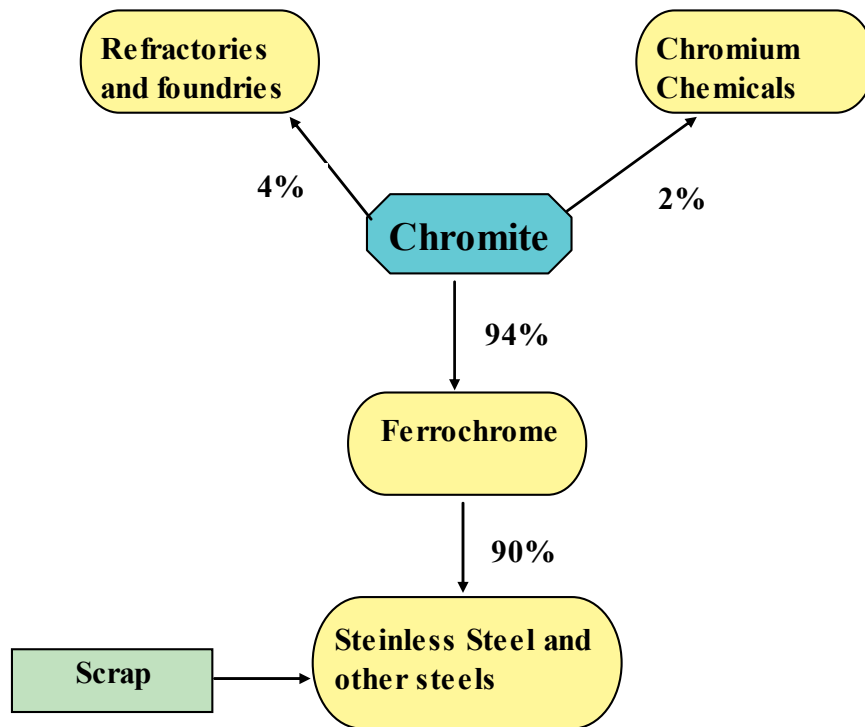
クロマイト($Fe^{2+}Cr_2O_4$)はスピネル族の鉱物で、 Fe^{2+} はMgに、CrはAlと Fe^{3+} に置換される。クロマイトはCrの含有量だけではなく、Mg、AlおよびSiの含有量に伴い使用目的が異なる。純粋なクロマイトは Cr_2O_3 68%、 FeO 32%で、融点は高く1,875°C、常温では空気中や水中において酸化しない。これらの性質を利用して、クロムは主にステンレススチールの製造に用いられる。さらに、鉱石の品位により耐火煉瓦、スーパーアロイやハイテク製品に用いられる。

クロムの市場では品位によりクラス分けがなされている。クラス分けはCrの品位のみならず、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 FeO などの元素の混入する割合による。表4.2.7にクロム鉱石の一般的なクラス分けを示す。

表 4.2.7 クロム鉻石の区分

Metallurgical grade	Cr ₂ O ₃ : greater than 48%
	Cr,Fe ratio: greater than 3:1
	Sulfur, Phosphor: less than 0.01%
Chemical grade	Cr ₂ O ₃ : greater than 45%
	Cr,Fe ratio: less than 2:1
	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , FeO, MgO, CaO Lesser amounts preferable
Refractory grade	Cr ₂ O ₃ : greater than 30%
	Cr ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ : greater than 60%
	SiO ₂ : less than 5%

クロム鉻石のほとんど (90%以上) からフェロクロムが生産され、さらにフェロクロムより、ステンレススチールが生産される (図 4.2.3)。



(International Chrome Association による。)

図 4.2.3 クロムの使用目的

1980 年代以前においてフェロクロムは、日本、米国、スウェーデン、フランスなどのステンレススチール産出国で生産されていたが、原料が手元で得られる点、電力や労働力が安価な点から南アフリカ、インド、カザフスタンなど鉻石産出国で生産されるようになった。フェロクロムは電気炉で珪酸、石灰岩などを溶剤として、コークスで還元することにより生産される。高炭素フェロクロム (C:6-8%) の製造には、還元剤として炭素が用いられ、生産性は高く、安価で生産される。低炭素フェロクロム (C:0.1%以下) の生産には、還元剤として珪酸が用いられる。金属クロムは電解分解ないしはアルミニウムにより還元することにより生産される。

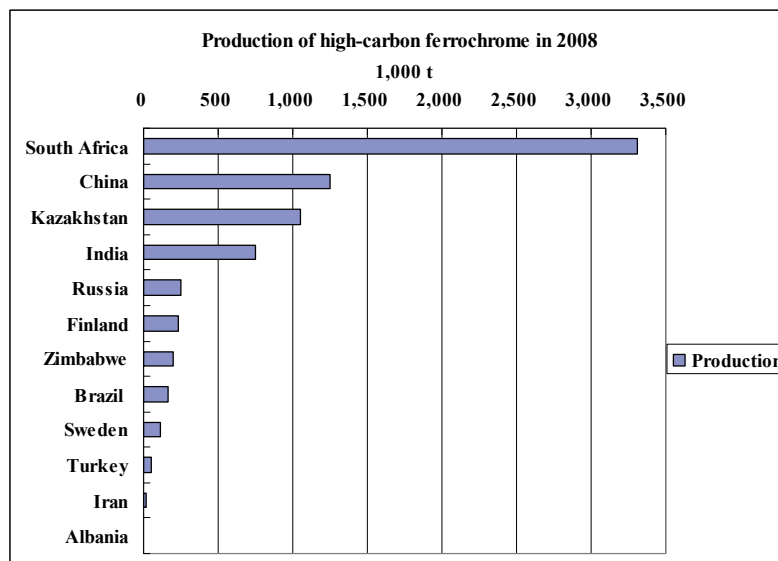
図 4.2.4 および図 4.2.5 に高炭素フェロクロムおよび低および中炭素フェロクロムの国別生

産量を示す。高炭素フェロクロムの産出上位国は中国以外では、主要クロム鉱石産出国である南アフリカ、カザフスタン、インドで生産されている。2008年には「ア」国は、8,000tの高炭素フェロクロムを生産した。中および低炭素フェロクロムの生産量は中国が1位であるが、日本などのクロム鉱石を産出しない国も生産を行っている。

High Carbone Ferrochrome

	Production
South Africa	3,310
China	1,250
Kazakhstan	1,054
India	750
Russia	250
Finland	234
Zimbabwe	200
Brazil	165
Sweden	110
Turkey	50
Iran	17
Albania	8
Total	7,381

(1,000t)



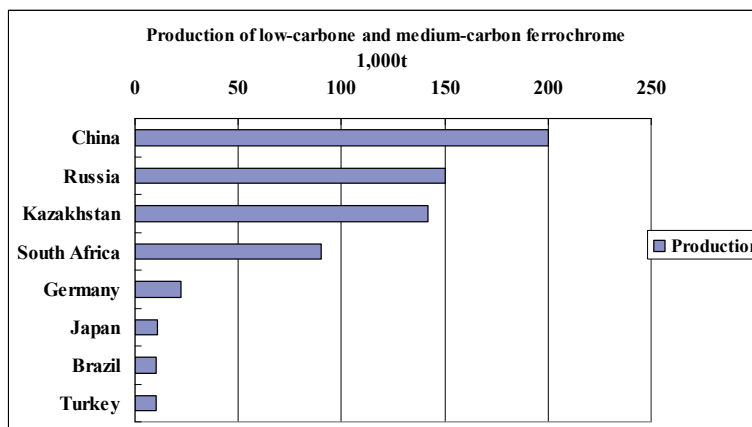
(International Conference on Data Analysis (ICDA)による。)

図 4.2.4 高炭素フェロクロムの国別生産量

Low-carbon and medium-carbon ferrochrome

	Production
China	200
Russia	150
Kazakhstan	142
South Africa	90
Germany	22
Japan	11
Brazil	10
Turkey	10
Total	635

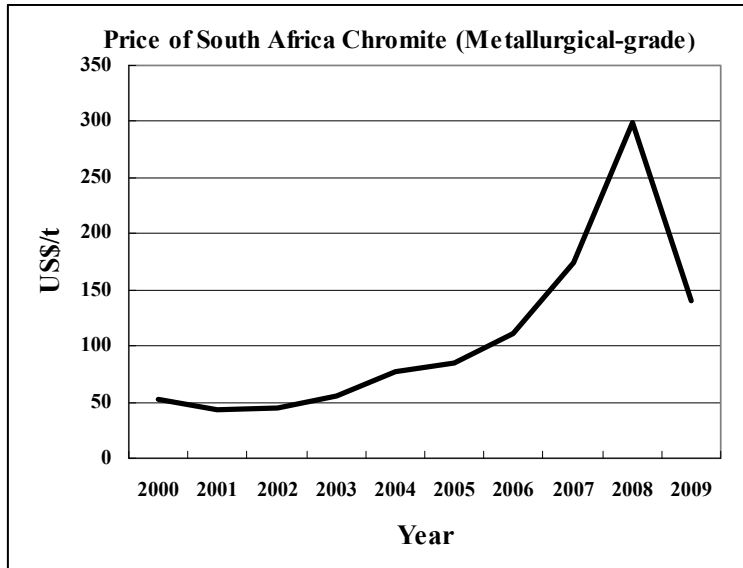
(1,000t)



(International Conference on Data Analysis (ICDA)による。)

図 4.2.5 中および低炭素フェロクロムの国別生産量

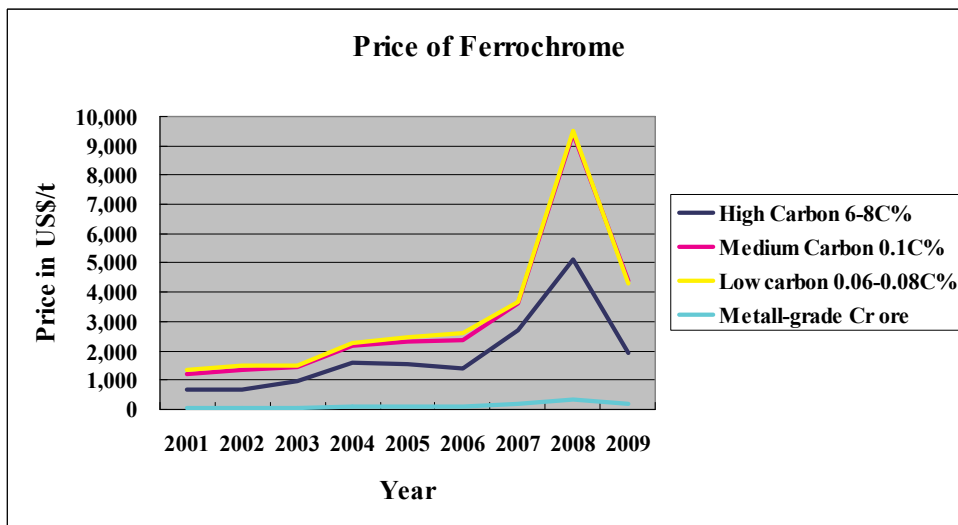
クロム鉱石の価格は、世界のクロム鉱石の需要 - 供給関係に支配されて変動する。図 4.2.6 の価格変動に見られるように 2008 年度は急騰し、300US\$/t 以上の高値であった、2009 年 4 月の時点では 140US\$/t 程度で、今後、少しずつ上昇すると考えられている。



(Industrial Minerals による。)

図 4.2.6 クロム鉱石の価格変動

フェロクロムの価格も 2008 年度に上昇し、フェロクロムはクロム鉱石の価格変動を支配している (図 4.2.7)。低炭素 (C:0.06-0.08%) フェロクロムと中炭素 (C:0.1%) フェロクロムは類似した価格で、高炭素 (C:6-8%) の 1.5 から 2 倍程度である。



(Metal bulletin による。)

図 4.2.7 フェロクロムの価格変動

4.2.3 「ア」国の過去のクロム産出状況

イタリア統治下の 1940 年代に、小規模なクロム鉱床が開発され、年産 2,000t 程度のクロム鉱石が産出された。1948 年には Bulqiza 鉱山よりクロム鉱石の採掘が開始された。計画経済体制下の 1970 年代および 1980 年代においては、「ア」国全域にわたる組織的な探査活動が実施され、それに伴い多くの鉱山が開発されクロム鉱石が産出された（図 4.2.8）。クロム鉱業は政府機関である ALB CHROME により管理され、クロム鉱石の生産量は 1970 年代後半から 1989 年の間では百万 t に達し、「ア」国は南アフリカと旧ソ連（カザフスタン）に続き世界第 3 位のクロム生産国となった。1991 年の計画経済の崩壊に伴いクロム生産量は激減し、鉱業の民営化移行を開始するが、移行はスムーズに行われなかった。2000 年以降になりクロム鉱業への外資投入が実を結び、2006 年にクロム産出量は 20 万 t に達し現在もこの生産量が維持されている。

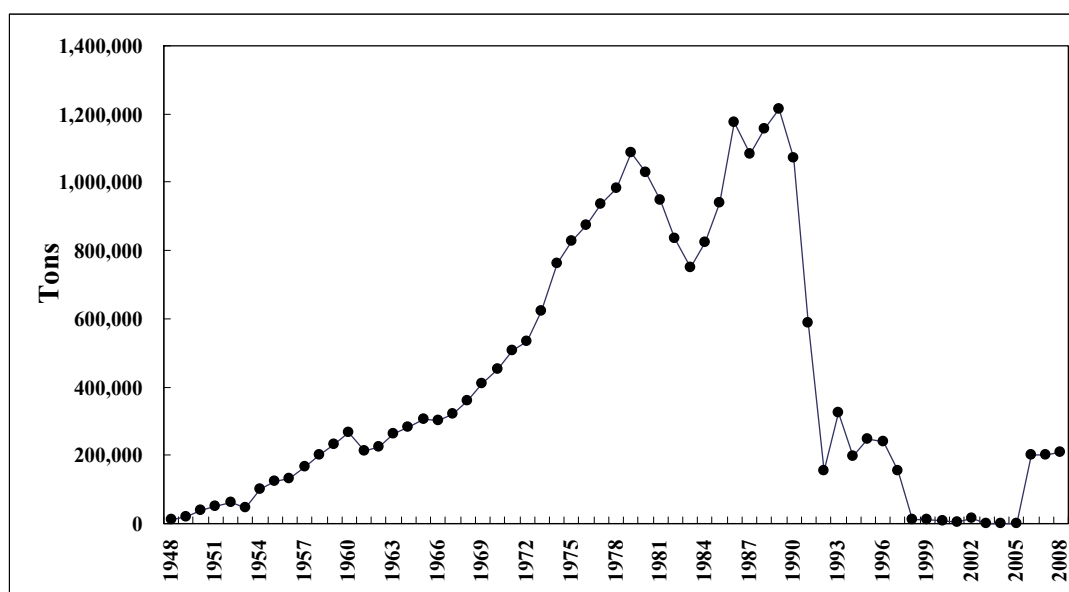


図 4.2.8 クロム鉱石の年度別生産量

4.2.4 クロム鉱業の現状

1) クロム鉱業の状況

表 4.2.8 に近年（1995-2008 年）のクロム鉱業の推移を年度別および地域別に示す。1995 年から 2008 年の間に発行されたクロム採掘権 162 件の内、90 件（56%）は Bulqiza 地域であり、32 件（20%）は Tropoja 地域で、この 2 地域がほとんどである。さらに 162 件の内、101 件（62%）は 1995-2004 年の 10 年間に発行され、61 件（38%）は 2005-2008 年の 4 年間に発行されている。2007 年および 2008 年は、それぞれ 17 件および 25 件と多くの採掘権が発行されたが、これは 2005 年にクロム鉱石の需要が増加したことによりクロム鉱石の価格が上昇したためと考えられる。1997 年の経済的動乱および 1999 年から 2004 年の間のクロムの低需要、低価格に伴うクロムの生産量が低下した時期を過ぎるとクロムの生産量は増加し始めた。生産量は 2006 年に 20 万 t/年に達し、その後ほぼ増加し続けている。

表 4.2.8 近年のクロム鉱業の状況

No	Region	Permission 1995-2004	Permission 1995-2004	Permissions 1995-2008	Permission per year				Production per year			
					2005	2006	2007	2008	2005	2006	2007	2008
1	Korce		1	1			1			0	0	6,206
2	Pogradec	3	1	4				1		2,400	3,700	6,254
3	Librazhd	7	3	10	1	1	0	1		5,355	6,575	6,455
4	Bulqiza	54	36	90	7	6	6	17		163,451	150,730	156,280
5	Mat	7	3	10	2			1		9,020	9,976	9,500
6	Diber	1	1	2			1			50	2,400	300
7	Kukes	2	1	3				1		2,953	3,000	4,205
8	Has	5		5						12,388	15,280	8,189
9	Tropoja	20	12	32	1	1	8	2		5,854	7,110	9,715
10	Puke	2	1	3			1			110	1,000	0
11	Lezhec	1		1				1				
12	Shkoder		1	1				1				
	Total	102	60	162	11	8	17	25	162,772	201,581	199,771	207,104

(AKBNの資料による。)

クロム鉱床の採掘権は、Kalimash や Vlahna 鉱床が存在する Kukes 岩体や Tropoja 岩体の一部地域では発行されていない。これらの 2 鉱床は豊富な資金力を有する海外投資を期待して国際入札のために確保されていたが、2010 年 4 月にトルコと中国の共同企業体により落札された。

Bulqiza 岩体における現在操業中の鉱山は Bulqiza 鉱山と Batra 鉱山が中心で、Albanian Chrome (ACR) およびそれ以外の多くの小規模な企業により操業されている。Albanian Chrome は、従業員 700 名程度の「ア」国においては最大の鉱山企業である。しかし、他のクロム鉱山では従業員 20 名程度の小規模な企業によって操業されており、操業自体も継続的ではなく、クロムの価格や需要に伴って断続的に操業が実施されている鉱山もある。このような鉱山の例は Shebeniku-Pogradec 岩体の Katjel および Pojska 鉱山である。

図 4.2.9 にそれぞれの鉱区を 2009 年度における年間クロム鉱石産出量で区分してその分布を示し、そのヒストグラムを図 4.2.10 に示す。クロム鉱石の生産地域は Tropoja-Kukes、Bulqiza、Shebeniku-Pogradec の 3 地域に集中している。Kukes 岩体においては、現在、クロム鉱石の生産は少ないが、将来、Kalimash 鉱床および Vlahna 鉱床の落札により生産が開始すると考えられる。2009 年 3 月時点で登録されている 163 鉱区のうち、95% 以上の鉱区では年間生産量が 5,000t 以下の小規模な操業が実施されており、年間生産量が 1 万 t 以上の鉱区は 4 鉱区のみである。就業人員から見ると、人員 20 名以下の小規模な鉱区が 90%以上を占める (図 4.2.11)。さらに、2009 年度の年間生産量の申告がない鉱区が 52 鉱区存在し、これらの鉱区ではほとんどの場合、就業者数は申告が無いが 5 名以下である。「ア」国のクロム鉱業は一部のやや規模の大きい企業と多数の小規模企業により操業されている。

Tropoja-Kukes、Bulqiza、Shebeniku-Pogradec 地域の地域別クロム鉱石の生産量を表 4.2.9 に示す。年間産出量 1 万 t 以上の鉱区が存在するのは Tropoja-Kukes の 1 鉱区および Bulqiza 地域の 3 鉱区のみで、それ以外は年間産出量 5,000t 以下の小規模な操業が行われている。

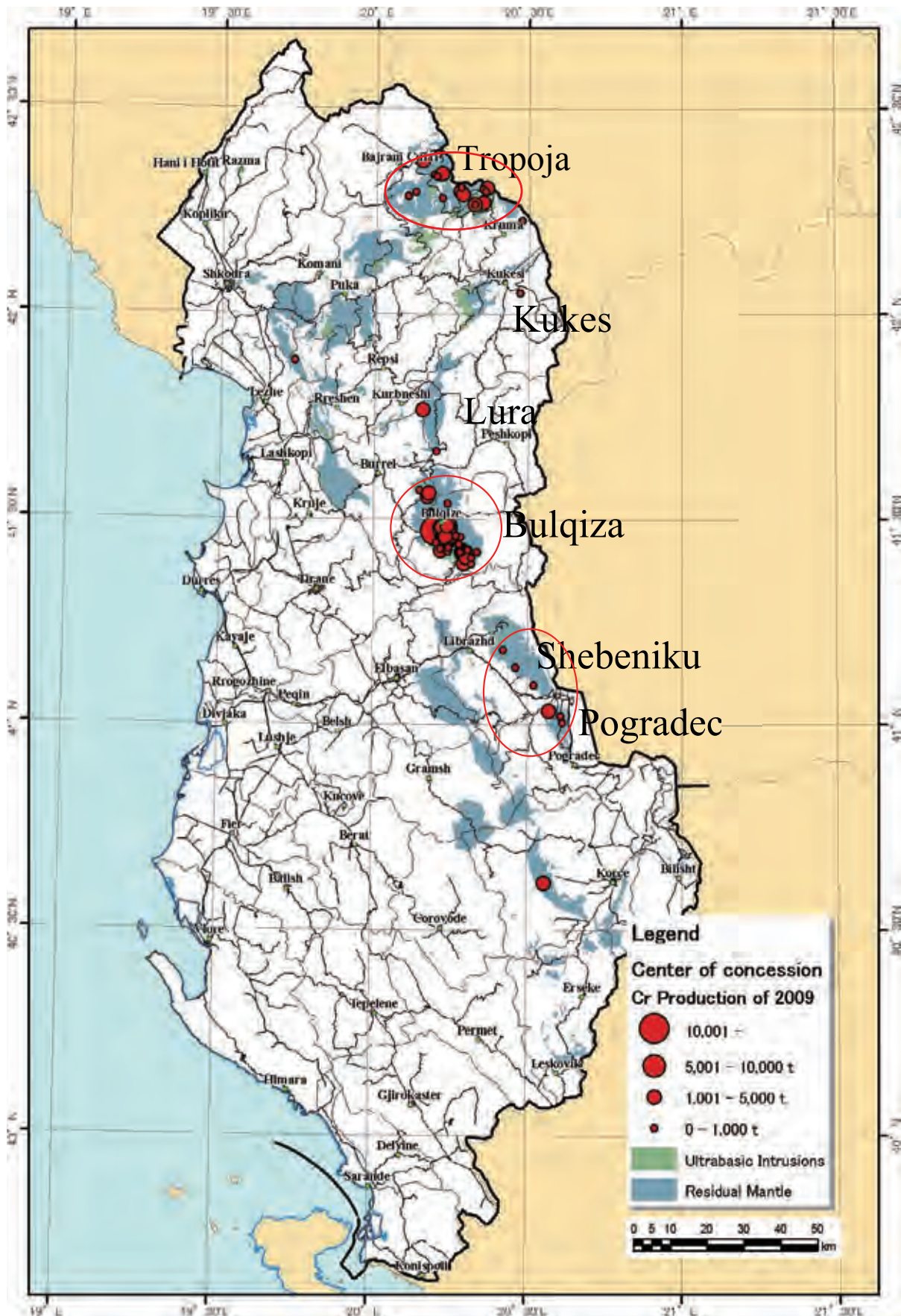


図 4.2.9 産出量によるクロム鉱山の分布

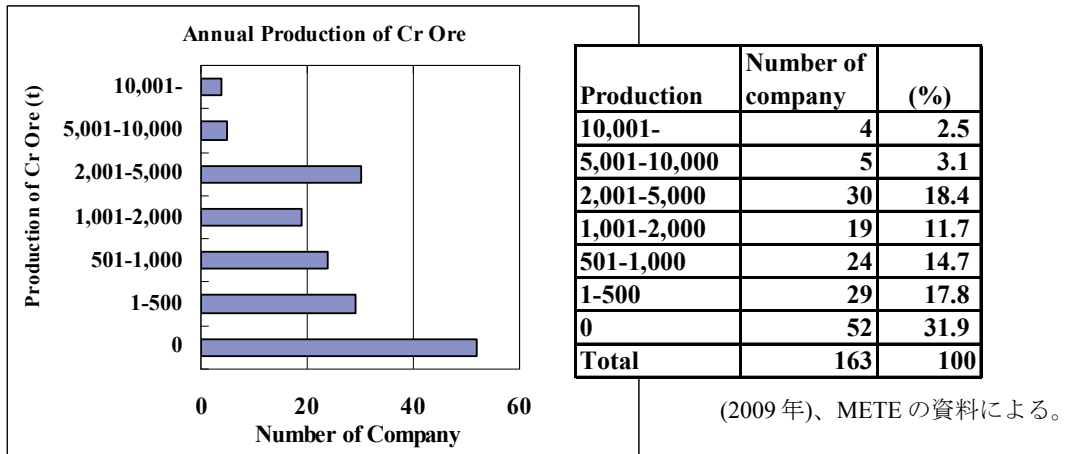


図 4.2.10 クロム鉱山の年間生産量別区分

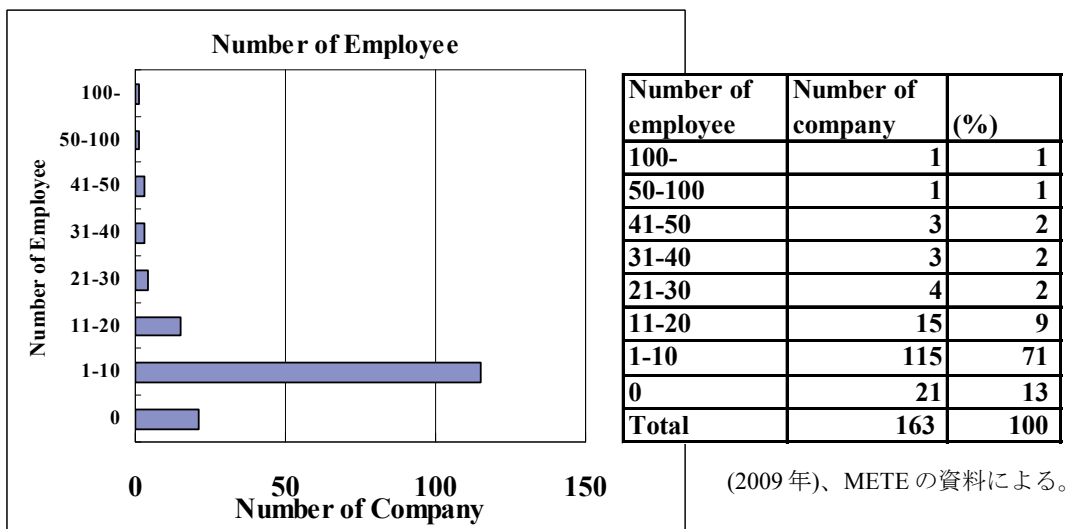


図 4.2.11 鉱山の就業人数別区分

表 4.2.9 鋳山の産出量区分

Tropoja-Kukes				
Production of ore /company (t)	Number of company	Total production in 2009 (t)	Total production in 2008(t)	Geological resource (t)
0	22	0	992	59,907
1-5,000	24	33,394	13,672	330,978
5001-10,000	1	5,335	4,311	262,621
10,001-	1	11,170	4,205	180,000
Total	48	49,899	23,180	833,506
Bulqiza				
Production of ore /company (t)	Number of company	Total production in 2009 (t)	Total production in 2008(t)	Geological resource (t)
0	23	0	8,400	167,243
1-5,000	68	110,643	76,783	1,772,025
5001-10,000	3	17,081	19,670	4,979,063
10,001-	3	105,637	68,191	0
Total	97	233,361	173,044	6,918,331
Shebeniku-Pogradec				
Production of ore /company (t)	Number of company	Total production in 2009 (t)	Total production in 2008(t)	Geological resource (t)
0	5	0	4,042	7,800
1-5,000	9	7,133	10,873	31,263
5001-10,000	1	8,030	0	0
10,001-	0	0	0	0
Total	15	15,163	14,915	39,063
Grand Total	160	298,423	211,139	7,790,900

(2009年)、METEの資料による。

2) 主要なクロム鋳山

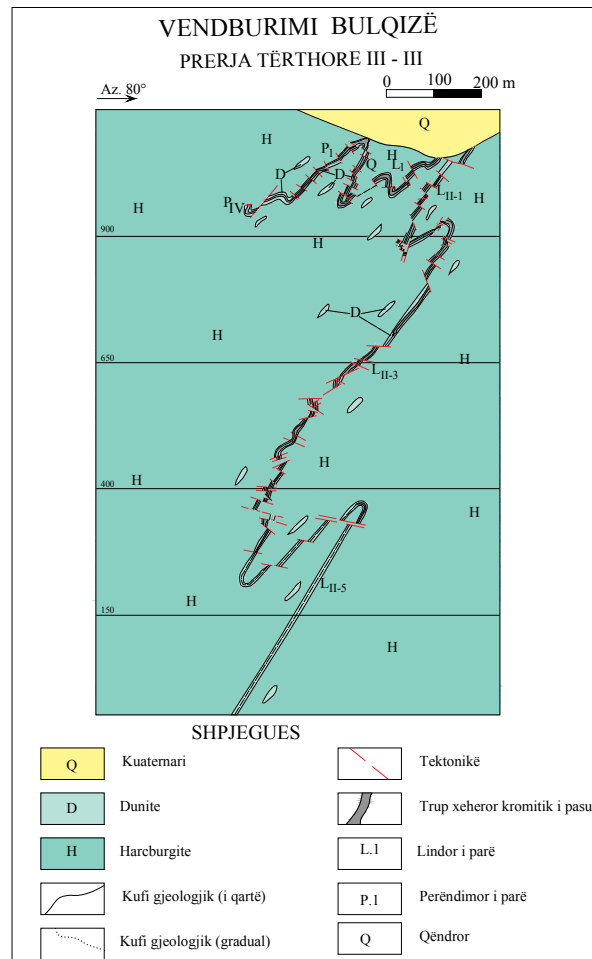
主要なクロム鋳山は、Bulqiza 岩体の Bulqiza 鋳山および Batra 高山と Tropoja-Kukes 岩体の Kalimash 鋳山である。

(1) Bulqiza 鋳山

Bulqiza 鋳床とそれと連続して分布する Batra 鋳床は「ア」国において最大のクロム鋳床である。両鋳床は走向 NW-SE で走向長 5,000m を成し、傾斜方向の連続は 500-1,200m で厚さは最小 0.5m から最大 5-10m である (図 4.2.12)。鋳床はハルツバージャイト-ダナイト中に存在し、Bulqiza-Batra の背斜構造中に分布する。鋳床は構造運動で変形し複雑な形体を成し、多くの断層によって切られ、その分布は複雑である。

Bulqiza 鋳山はオープンピットの採掘が 1948 年に開始され、その後、1949 年に坑道採掘に移行した。1949 年から 2005 年間のクロム鋳石の産出量は 13 百万 t に達する。レベル 16 (-20m) 以浅の鋳石はほとんど採掘し尽くされ、残存鋳量は品位 46.75Cr₂O₃% で 6 万 t である。一方、レベル 16 以深の鋳量は品位 44.91Cr₂O₃% で 2.126 百万 t である。ボーリングによる探査深度は最大-440m に達しており、厚さ 3.7m、品位 39.99Cr₂O₃% の鋳床が発見されている。

Bulqiza 鋳山は、国営の ALB CHROME により操業されていたが、その後、2001 年 DARFO (イタリア企業、オーストリアの DCM DECO METAL およびロシアの Terwingo と共同企業体) が鋳山の主要部分の採掘権を取得した。2001 年から 2007 年間は、DARFO は Bulqiza 鋳山の操業を継続したが、鋳山の操業環境を改善することができなかった。その後、2007 年に、Bulqiza 鋳山は Albania Chrome (ACR) に売却された。



(AGS 資料より)

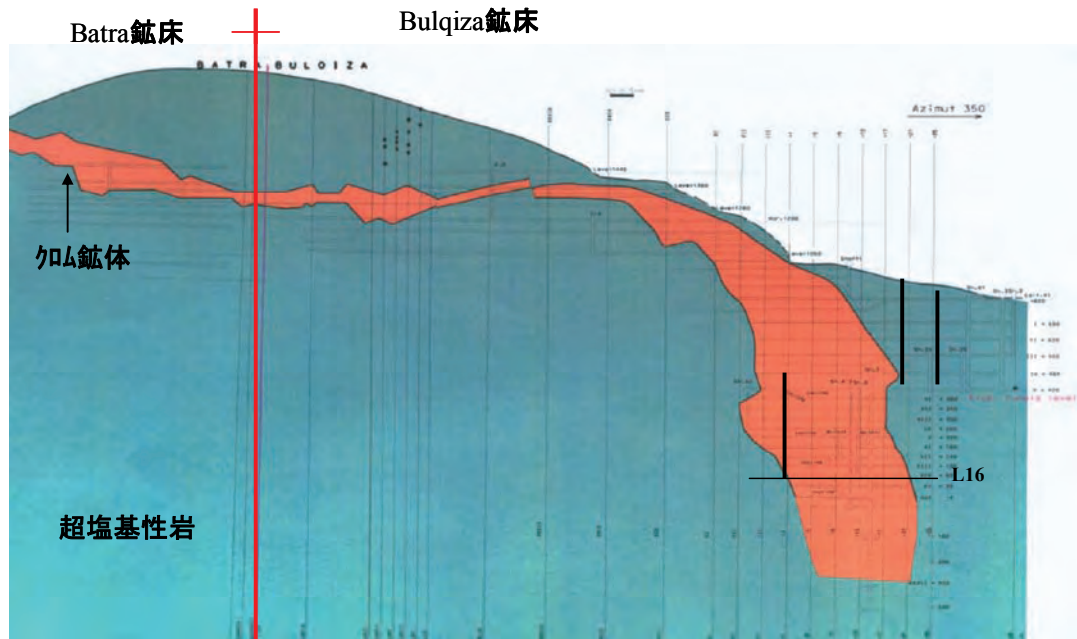
図 4.2.12 Bulqiza 鉍山の鉍体

Bulqiza 鉍山は、通洞坑から約 800m 下部のレベル 16 で採鉍を実施している (図 4.2.13)。採掘されたクロム鉍石のうち 75%は、高品位の鉍石である。この 5 年間の産出量は 7,000t/月、8 万 t/年である。Albania Chrome は深部の採掘を目的としてレベル 16 からレベル 24 に到達する立坑 (No.7) の掘削を開始した。本工事は、すでに 2009 年 9 月 1 日に開始し、「ア」国とロシアの共同作業で実施されており、完成までに 2.5 年から 3 年間に要する。この立坑の完成に伴い、クロム鉍石の産出量を現在の 8 万 t/年から 23 万-25 万 t/年に増加させることをもくろんでいる。この掘削に伴う工事費は 30 百万から 35 百万 Euro を要する。

Bulqiza 鉍山の問題として小企業による鉍山操業が上げられる。Bulqiza 鉍山では近接して 24 に及ぶ従業員 10 名程度の小企業が合法的に Albanian Chrome の作業場に近接して採掘作業を実施している。同じ坑道レベルにおいて複数の企業が同時に作業を実施している場合もある。過去の鉍山勤務によって経験を十分に有する鉍山技術者も存在するが、採鉍技術に乏しい鉍山技術者が多く、危険な採鉍作業が実施されているおそれがある。Batra 鉍山においては約 70 の小企業によって採鉍作業が実施されている。

Operated by 70 small companies

Operated by ACR



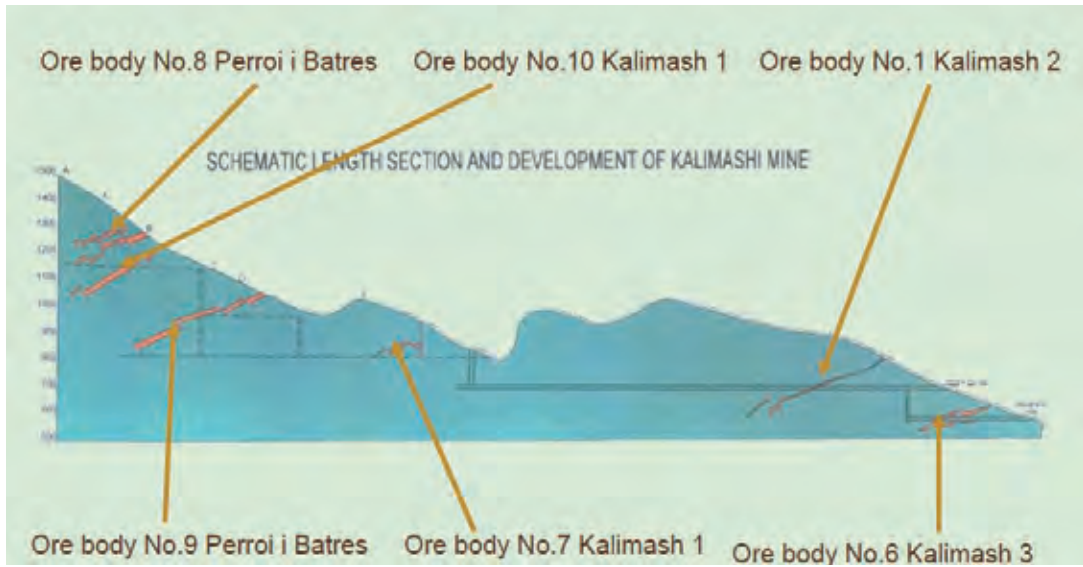
(AKBN の資料による。)

図 4.2.13 Bulqiza および Batra 鉍山

(2) Kalimash 鉍山

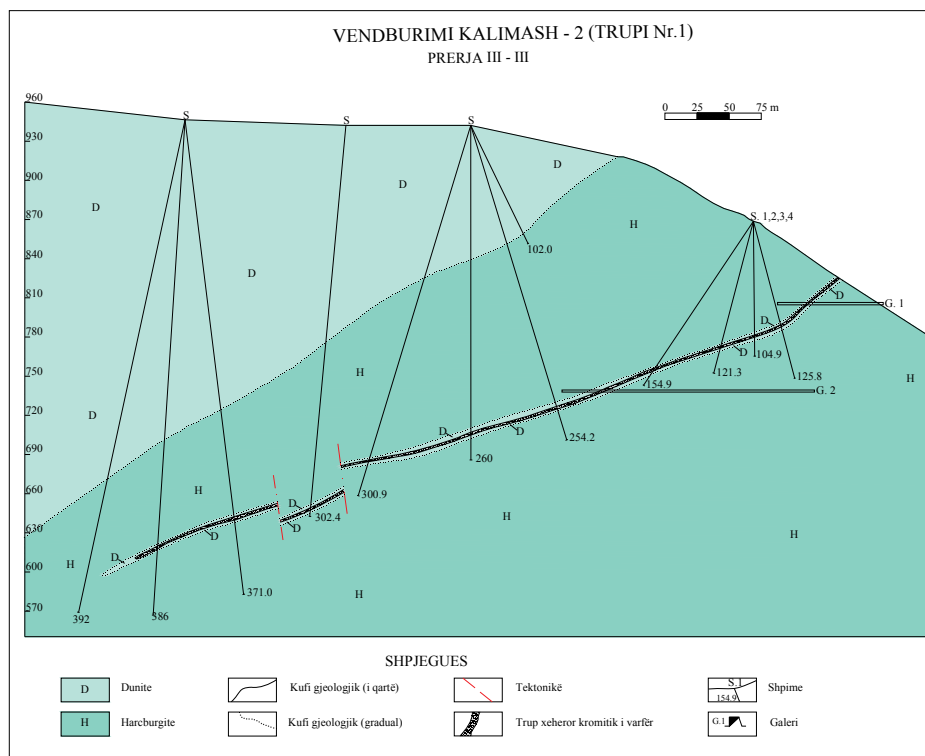
Kalimash 鉍山は Kuke 超塩基性岩体中に存在し、Kalimash1、Kalimash2、Kalimash3 および Perroi Batres 鉍床からなり、1978 年に操業を開始した (図 4.2.14)。1978 年から 1997 年の間にこれらの 4 鉍床から 1.65 百万 t の鉍石を産出し 2000 年に閉山した。品位は 20%Cr₂O₃20 前後とやや低いため、Kalimash の選鉍場へ送られ 45-50 Cr₂O₃% の精鉍を生成し輸出された。Kalimash 鉍山の鉍体は断層で切られるものの 25-35° の比較的単純な単斜構造をなし、鉍体の厚さは、1.5 から 2.0m 程度である (図 4.2.15)。2000 年の閉山の後、本鉍体の中心部は国際入札のため「ア」国国内企業の鉍区取得の対象にはされなかった。

Kalimash 鉍山と Tropoja 超塩基性岩体中に存在する Vlahna 鉍山と併せて国際入札が実施され、2010 年 4 月にトルコの Kurum Energy, Resources and Metallurgy と中国の Sichuan Jiannanchun Group が落札し、両者は共同企業体で現地法人 Illyria Mineral Industry 社を創設した。AKBN の資料によると Kalimash 鉍山の 4 鉍体を合わせた資源量は 5.1 百万 t (18-23%Cr₂O₃) で、今後、より Cr 品位の高い鉍体が見つかることが期待されている。Vlahna 鉍床は出鉍量は 1986 年から 1996 年の間に 4.5 万 t と少ないが、資源量は 2.56 百万 t (29.2Cr₂O₃%) である。アルバニア政府と本共同企業体間の契約によると 2 年以内に Kalimash および Vlahna の 2 鉍山から 21 万 t/年の鉍石産出体制を確立し、Kalimash と Golaj に選鉍場を設立する事となっている。さらに、3 年以内に製錬所を設立しフェロクロム 6 万 t/年を生産する事となっている。



(AKBN の資料による。)

図 4.2.14 Kalimash 鉱山



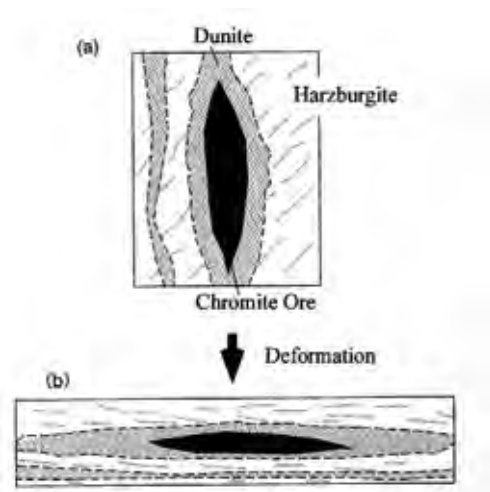
(AGS の資料による。)

図 4.2.15 Kalimash2 鉱体の断面図

3) 探査の状況

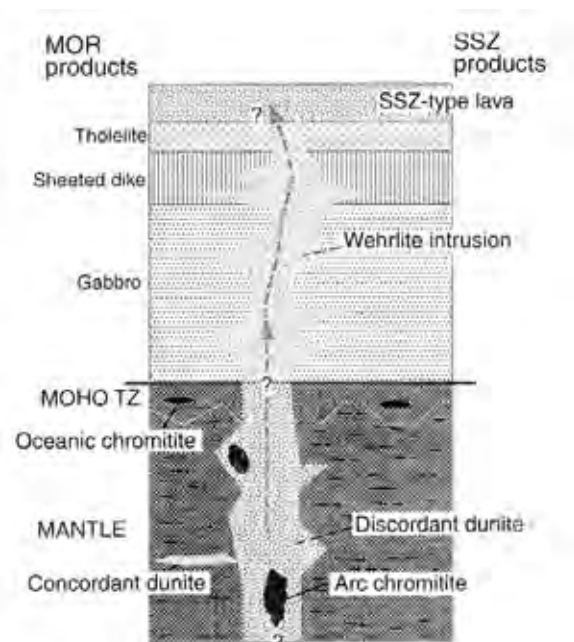
(1) 地質状況

オフィオライト層序の岩石は、大陸縁辺に乗り上げた海洋地殻および上部マントルの断片である。オフィオライト帯における超塩基性岩およびポディフォーム型クロム鉱床はこの様な構造運動に伴い変形している（図 4.2.16）。ポディフォームタイプのクロム鉱床は、一般にオフィオライト岩体の地殻とマントルの境界付近のマントル内に産するが、まれにマントル深部に産出する場合もある。ポディフォームタイプのクロム鉱床は特徴的にハルツバージャイト中にダナイトに囲まれて産し、クロム鉱床はダナイトと成因的に関連している事を示している（図 4.2.17）。ダナイトはハルツバージャイト中に非調和的に存在する場合もあるが、ダナイトはクロム鉱床とともに周りのハルツバージャイトに調和的に存在する場合が多い。この様な点から、クロム鉱床を伴うダナイトは本来回りのハルツバージャイトと非調和的であったが、構造運動に伴う変形作用で調和的な関係を示していると考えられている。



(荒井 (2003) による。)

図 4.2.16 ポディフォームタイプのクロム鉱床の産状



(荒井 (2003) による。)

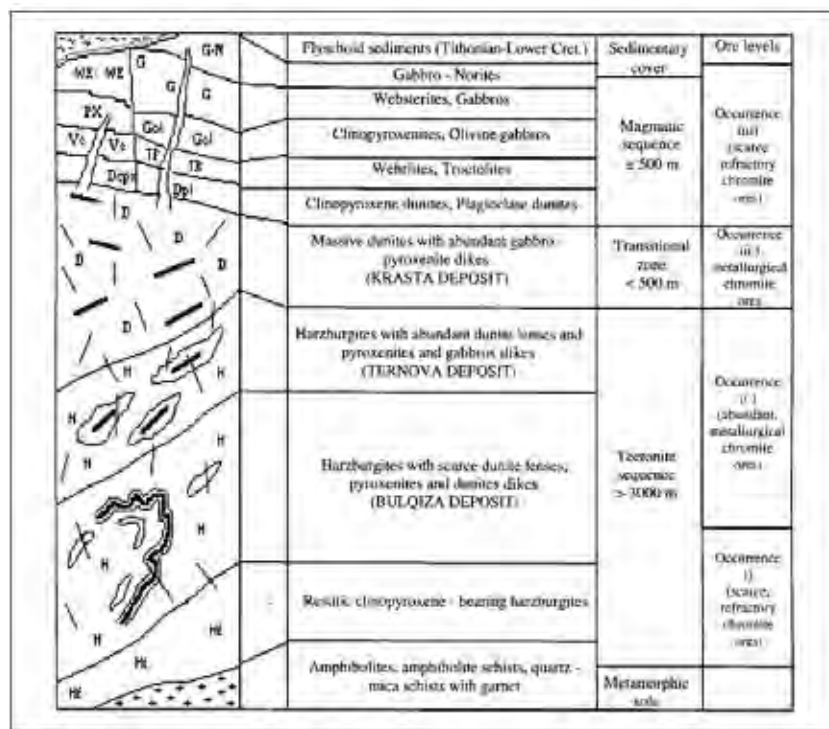
図 4.2.17 オフィオライト岩体におけるクロム鉱床

Bulqiza 岩体は、表 4.2.10 および図 4.2.18 に示すような岩相区分がなされている (Beqiraj et al., 2000)。経済的に価値のあるクロム鉱床の存在する層準は Unit iii のトランジショナル帯および Unit ii のテクトナイト中・上部に限られ、それ以外ではクロム鉱床はほとんど見られない。

表 4.2.10 Bulqiza 超塩基性岩体の岩石シークエンス

Sequence	Occurrence of chromite	Geological unit	Chromite Ore	Ore deposits
Magmatic Sequence	iiii	Lower most part of magmatic sequence	Scarce refractory chromite	
Transitional Zone	iii	Layered chromite bearing dunit Transitional zone	Metallurgical chromite	Krast Deposit
Harzburgite Tectonite	ii	Dunit lens-bearing harzburgite middle-upper tectonite sequence	Abundant metallurgical chromite	Ternova Deposit Bulqiza Deposit
	i	Basal harzburgite Lower tectonite sequence	Scarce refractory chromite	

(Beqiraj et al. (2000) による。)



(Beqiraj et al. (2000)による。)

図 4.2.18 Bulqiza 岩体の概略層序図

(2) 探査活動

主要な探査活動はカナダおよびオーストラリアのジュニア・カンパニーによって Bulqiza 岩体と Kukes-Tropoja 岩体で実施されている。それ以外では、小規模な探査活動がそれぞれの操業中の鉱山や既知鉱床の周辺において実施されている。

a. Bulqiza 岩体

クロムの探査において最も活発に探査活動を実施しているのはジュニア・カンパニーの Empire Mining である。Empire Mining は、2008 年 5 月に Bulqiza-Batra 鉱山域を含み Bulqiza 超塩基性岩体を取り囲むように 134km² の範囲で調査権を獲得した (Empire Mining and EC Terra, 2009)。さらに、この調査権の範囲内で、既知鉱床周辺の 4 地域において 2009 年 1 月、探査権を獲得した (図 4.2.19)。その内の 1 地域は Bulqiza および Batra 鉱山を含む 35km² の地域である。スラストテクトニクスが Bulqiza 地域の地質構造を支配しているという考えに基づきクロム鉱床の存在位置を想定し (Hoxha, 2007)、ボーリング計画を策定した。ボーリングは 2010 年 4 月より開始された。

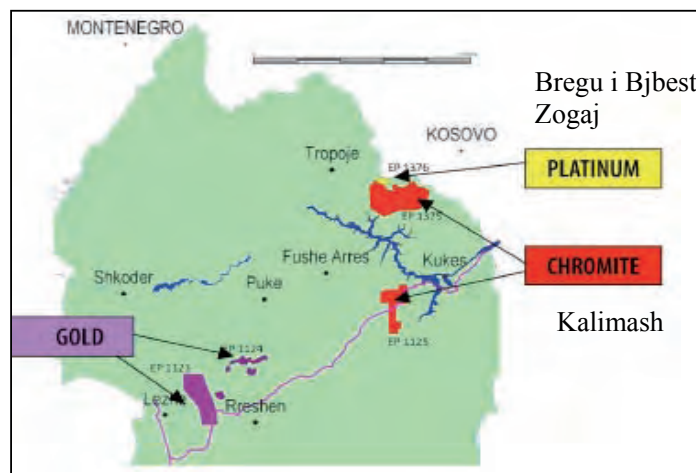


(Empire Mining and EC Terra (2009)による。)

図 4.2.19 Empire Mining の探査鉱区

b. Tropoja および Kukes 岩体

Jab Resources (オーストラリア)は、Kukes 岩体の Kalimash 鉱山近傍においてクロムの探査鉱区 (Kalimash) を、Tropoja 岩体においてクロムと白金 (Bregu i Bjbest) およびクロム (Zogaj) の探査権を保有している (図 4.2.20)。



(Jab Resources による。)

図 4.2.20 Jab Resources の探査鉱区

Kalimash 探査鉱区は、Kalimash 鉱山の近傍に設定された探査鉱区である。Jab resources の技術報告書 (Mathison Geoscience Pty. LTD. 2010) によると Jab Resource は本探査鉱区において地表調査、既存データの整理、トレンチ調査、57 孔 (計 3,834m) の RC (Reverse Circulation) ドリリングを実施した。この調査結果から Kalimash 鉱山の西側に存在する Target 1 および東側の Target 2 より 6.72 百万 t、4.36Cr₂O₃%の予測鉱物資源量を得た。さらに、鉱物試験によって選鉱場の受け入れ品位 10Cr₂O₃%として 77%の回収率で 40Cr₂O₃%の精鉱が生産される事を報告している。2010 年以降の調査計画は、補間的なオールコアドリリングや RC ドリリング、選鉱・冶金試験を実施する事である。

Bregu i Bjbesh 探査鉱区は、Tropoja 岩体の「ア」国とコソボとの国境に接し、アルバニア政府の探査公社によりクロムの鉱化作用と共に PGE (Platinum Group Element) の存在が知られていた地点である。Boshnjaku and Kulici(2002) によると PGE の鉱化作用は、走向長 200m、傾斜長 20 から 40m に渡ってクロマイトに伴う輝岩中に見られ、厚さは 1 から 10m、PGE は 1 から 10ppm で部分的には 27ppm である。Jab Resources は、地表地質調査、鉱徴地のサンプリング、鉱石分析、既存資料の整理、含 PGE クロム鉱石の鉱物試験を実施した (Mathison Geoscience Pty. LTD., 2010)。JAB Resource は、本地域の PGE 鉱化作用は経済的に採掘が可能な鉱体が存在する事を示唆していると判断している。今後の探査方針は、既存のトレンチや鉱徴地のマッピングおよび岩石片の採取、過去のボーリングデータに基き補間的な RC ドリリングを実施し、PGE 鉱化帯の確認および新規の鉱化層準の発見を目指す事である。

Zogai 探査鉱区は Bregu i Bjbesh 探査鉱区に接してその南側に位置する。本探査鉱区内には Zogai 鉱山 (鉱物資源量 1.238 百万 t、2000 年まで操業) や資源量 10 万 t 程度のやや規模の大きい鉱床が存在する。JAB Resources の探査方針はまだ十分に探査し終えていない中小規模の鉱体の情報を基に規模の大きい鉱体や浅い潜頭鉱床を発見することである (Mathison Geoscience Pty. LTD., 2010)。探査はまだ初期段階で、既存鉱徴地の地質予察および試料採取、既存トレンチにおける岩石片の採取、鉱石試料の Cr および PGE 分析を行ったのみである。

4.2.5 マテリアルフロー

「ア」国におけるクロム鉱石の生産量は 1970 年代および 1980 年代に大幅に増大し、採鉱-選鉱-製錬の一連の過程を国内で実施するクロム産業の一貫生産の確立を目指した。それに伴い Bulqiza、Batra、Kalimash に選鉱場が設立され、Burrel と Elbasan に製錬所が設立された (図 4.2.21)。

Bulqiza 選鉱場の鉱石処理能力は 24 万 t/年で、クロム精鉱(48-50%Cr₂O₃)の生産能力は 12 万 t/年であり、現在操業中である。Kalimash 選鉱場は、クロム精鉱生産能力は 8 万 t/年であったが現在休止中である。これら以外にも Bulqiza と Batra やそれ以外の地点にも選鉱前処理所が存在し、粒状に粉砕した鉱石の比重選鉱を実施している。現在、稼働中の選鉱場は Bulqiza と Batra である。

「ア」国には Burrel と Elbasan の二箇所にフェロクロムの製錬所が存在する。Burrel の製錬所は 1979 年から 2000 年の間に稼働し、その間、1.4 百万 t の鉱石や精鉱を処理し、46 万 t のフェロクロムを生産した。現在、Burrel 製錬所は、Rehabilitation Operation Transfer (ROT) 契約で Albanian Chrome が所有するが、改修工事等は行われておらず、休止したままである。

Elbasan 製錬所によるフェロクロムの製造は、国営企業の ALB CHROME により 1 基の炉で 1989 年に開始した。ALB CHROME が操業した 1990 年から 2000 年の間に 45 万 t のクロム鉱石が処理され、14.3 万 t の高炭素フェロクロムが生産された。その後、Elbasan 製錬所の権利は 2000 年に DARFO に譲与された。現在 Albanian Chrome により操業中であるが、2010 年 6 月現在まだ完全には操業状態ではない。Elbasan 製錬所には、高炭素フェロクロム用の炉が 3 基存在していたがそのうちの 2 基が低炭素フェロクロム用に変換された。Albanian Chrome は高炭素フェロクロムのみを生産から、低炭素フェロクロムを含めた生産へ移行しようとして

おり、目標は世界中で生産されている低炭素フェロクロム市場（60 万 t/年）の 5%を占有することである。

過去には、Kalimash、Bulqiza、Batra に選鉱場が存在し、Bulqiza および Batra の低品位鉬石は選鉱場で精鉱にされた後、Elbasan および Burrel の製錬所に供給され、フェロクロムが生産された。図 4.2.22 に示すように、現在では操業中の選鉱場は Bulqiza と Batra で、操業中の製錬所は Elbasan のみである。北部の Tropoja-Kukes 岩体から産出した鉬石は一部、国境を越えてコソボの選鉱場へ送られている。

Material Flow of Chrome Before 1994

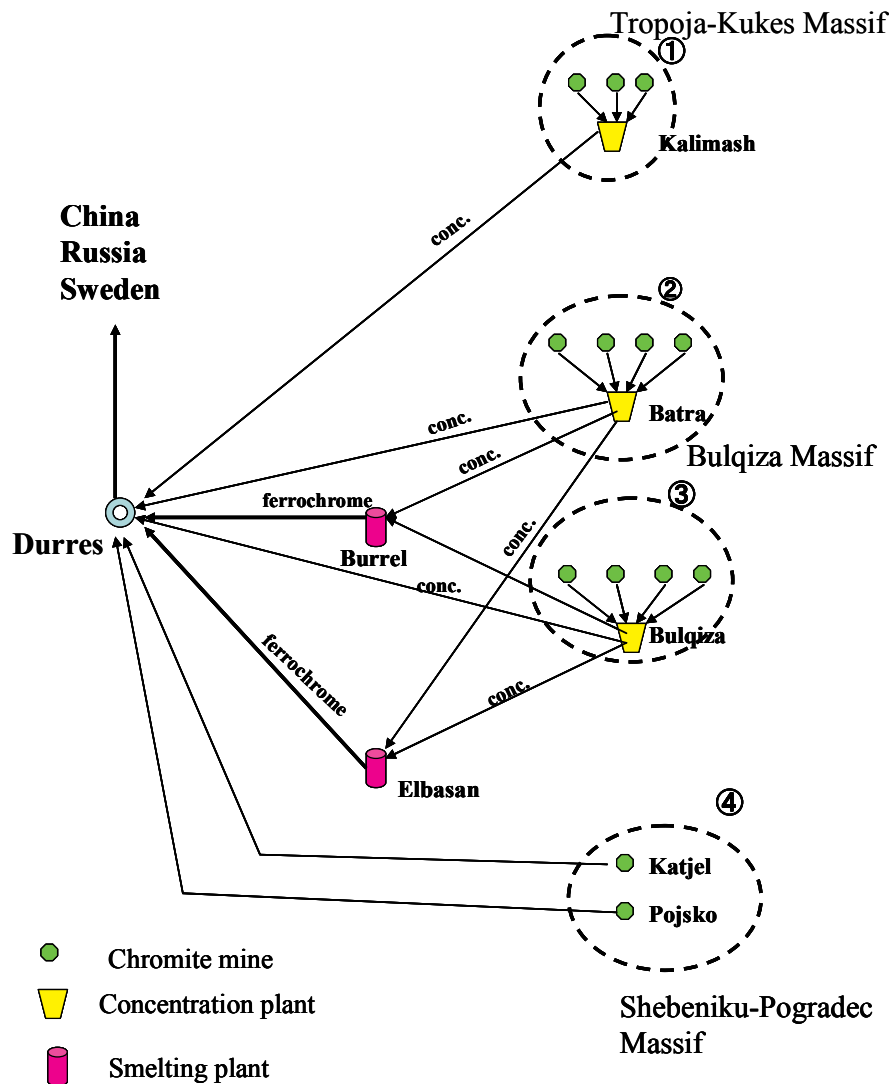


図 4.2.21 1994 年までのクロムのマテリアルフロー

表 4.2.11 に、クロム鉬石およびフェロクロムの Durres 港よりの輸出量を示す。輸出量の正確な数値をつかむのは困難であるが、AKBN の情報によると表に示すとおりである。クロム鉬石や精鉱は主に中国へ輸出されており、輸出量はそれぞれ 24 万 t および 1.3 万 t である。Elbasan の製錬所で製造されたフェロクロムはすべて Durres 港から輸出されると考えられるが、2009 年度は 5,288t の高炭素フェロクロムに加えて 520t の低炭素フェロクロムが輸出されている。

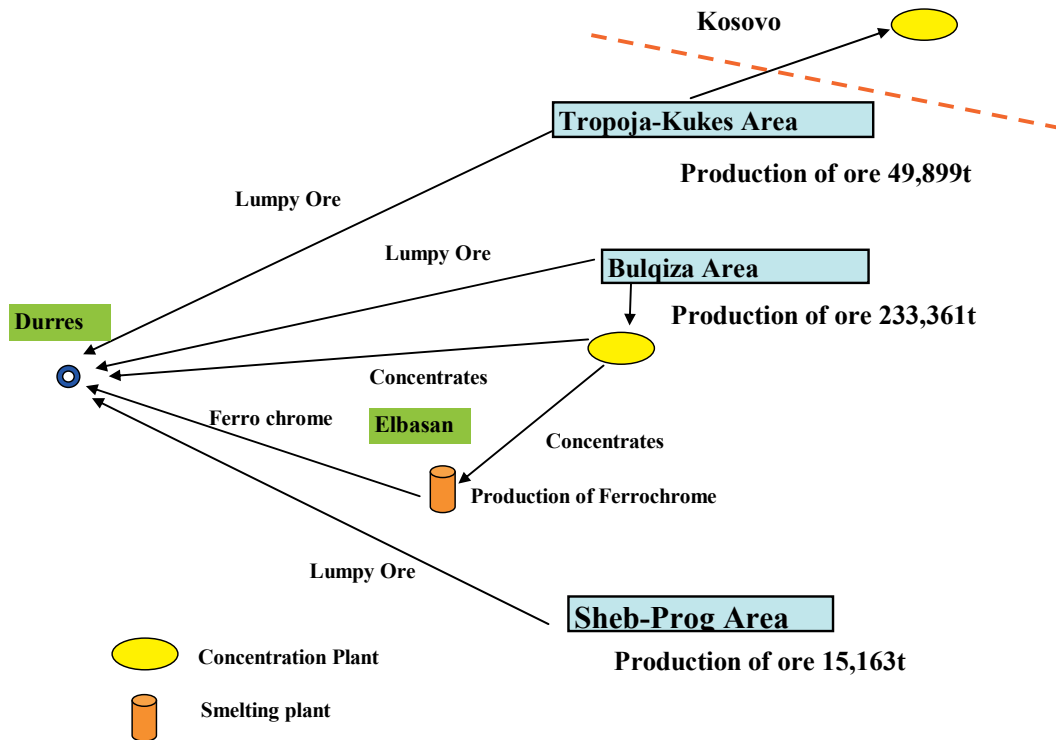


図 4.2.22 2009 年時点のマテリアルフロー

表 4.2.11 Durres 港よりのクロム鉱石およびフェロクロム輸出量

	2006	2007	2008	2009
Chrome ore (t)	184,100	343,019	194,207	243,024
Chrome concentrate (t)	19,761	17,252	9,650	13,067
High Carbon ferrochrome (t)	17,074	327	8,392	5,288
Low Carbon ferrochrome (t)	-	-	-	520

(AKBN の資料による。)

4.2.6 クロム鉱業の課題

「ア」国においてクロム鉱業は、鉱業の中心を成し経済的にも「ア」国の財源に大きく貢献してきた。1990 年初期から 2000 年にかけて衰退していたが、その後海外資本の参入により復調の兆しを見せている。「ア」国に存在するクロム鉱床の規模は大きくないが、数多く存在する規模の小さい鉱床を最大限利用する事により、「ア」国の経済に大きく貢献できるものと考えられる。以下、「ア」国のクロム鉱業の抱える課題について述べる。

1) 操業状況

「ア」国のクロム鉱山は一部の規模の大きい企業と、数多くの小規模な企業により操業されている。従業員の数が 100 名を超えるのは、Bulqiza 鉱山を操業する Albanian Chrome のみで、ほとんどの鉱山の従業員数は 10 名程度である。生産量も 2009 年度において 1 万 t 以上の生産量があるのは 4 鉱山のみで、それ以外では生産量は数 1,000t の鉱山が中心である。特に Albanian Chrome が操業する Bulqiza 鉱山においては、数多くの小規模企業も操業しており、坑道のレベルを変えて他の鉱区が設定されている場合が多く見られる (図 4.2.23)。

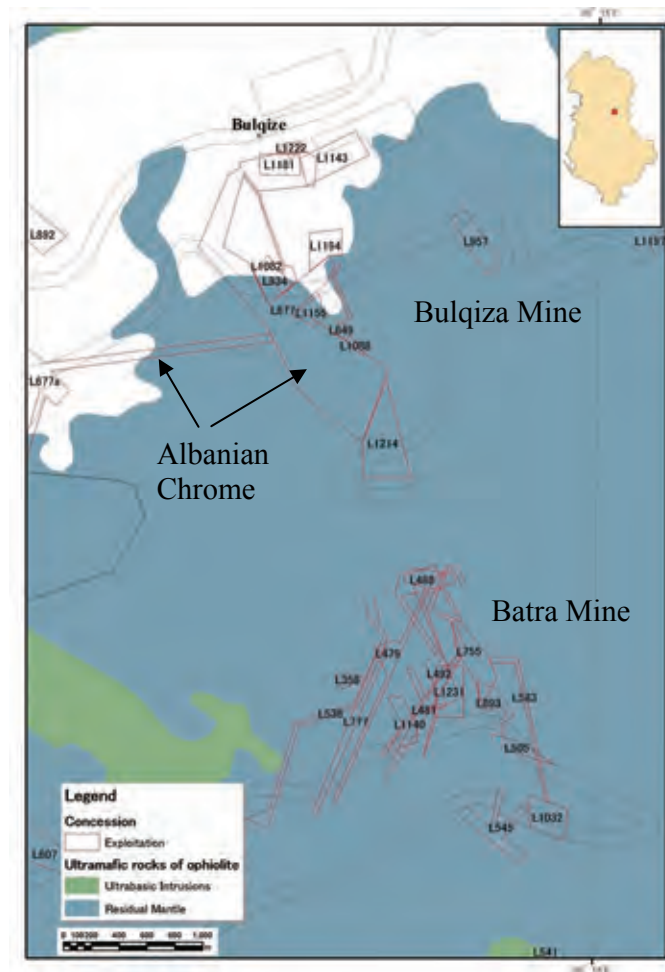


図 4.2.23 Bulqiza 岩体の採掘鉱区

小規模な企業による操業は、クロムの価格や需要に支配されて操業が断続的に実施されている。さらに鉱山保安の面からも安全性を省みない操業が実施されている。海外のクロム市場に対応した鉱山操業に取り組む必要がある。

表 4.2.12 に Batra-Bulqiza 地域の従業員 10 から 30 名程度のクロム鉱山における操業状況を Bakallbashi(2009)の調査を基にしてまとめた。これらの鉱山は、従業員 7 から 38 名の「ア」国においては中小規模のクロム鉱山で、年間生産量は数千 t である。採掘したクロム鉱石は全量 Durres 港より輸出されていると思われる。クロムの鉱石価格は 2008 年において 300US\$/t であったが 2009 年は 125US\$/t と下がり、2009 年に生産量が減少した鉱山が見られる。各鉱山の採掘経費は 60US\$/t から 120US\$/t で、Durres 港への輸送費および輸出手続きのために 30US\$/t が必要である。2009 年のクロム鉱石の価格では鉱山企業は収益は見込めず、収益を得るためには鉱石価格の上昇を待つことになる。

小規模企業による鉱山操業は行政的問題、操業上の問題、社会的問題など多くを抱えている。これらの問題は Bakallbashi (2009)および本調査の結果から表 4.2.13 のようにまとめられる。小規模企業がクロム鉱山の操業を継続していくとすればこれらの課題を解決しなければいけない。

表 4.2.12 中小鉱山の操業状況

	Name of Company	Licence Number	Number of Employee	Production in 2008 (t)	Grade of ore Cr ₂ O ₃ %	Amount of Sold (t) in 2008	Export (selling) Price per ton	Production in 2009 (t)	Grade of ore Cr ₂ O ₃ %	Amount of Sold (t) in 2009	Export (selling) Price per ton	Cost of Extraction Leke/ton	Transportation and expenditure at Durres per ton
Bullqiza	Klevi Brisk sh.p.k.	1163	10					600	42		125 USD%	60 USD	30 USD
	Name unidentified			0				0					
	Egi-K sh.p.k	1088						4,100	40-41			80 USD	30 USD
		1155						2,106					
	Isaku sh.p.k	1214	12	1,000		0		2,200				120 USD	
	Runja sh.p.k.	1082	15	1,000	40	0		1,000	40			60 USD	30 USD
Batra	11 Heronjite Batra	755	38	7,000	36-40	6,451	300 USD	6,481	36-38			70 USD	30 USD
	Klosi sh.p.k.	488	28	5,000	36	4,800	250 USD	5,400	36	500	120 USD	110 USD	
	Neli sh.p.k.	893	7	6,000	38			5,000				60 USD	
	Ateani sh.p.k	405	25	8,000	35-36	4,000	250 USD	3,000	35-36	2,000	123 USD	80 USD	30 USD
	Herbi sh.p.k.	492	33	6,000	40-41	2,600	300 USD	4,000	40-41			100 USD	30 USD
	Alba-Canaj sh.p.k.	481	38	7,000	41	4,000	350 USD	5,200	41	2,000	125 USD	100 USD	
	Kurti sh.p.k.	545	9	1,800	30-38	1,800	370 USD	880	30-38			80 USD	35 USD
	Keisi sh.p.k.	777	20	2,400	39			650	39	500	123 USD		100 USD
Ternova	Ternova 2000	579	18	2,000	38	4,000	340 USD	1,200	38			80 USD	30 USD
Theken	Albanisa. Sh.p.k.	475	10	6,000	36-38	4,000	200 USD	2,285	36-38			80 USD	30 USD
	Koka sh.p.k.	775	7	1,200	42	0		4,800	42			80 USD	30 USD
	Koka sh.p.k.	1024	8	800	44	0		400	44				
	Gjoni sh.p.k.	1326	12	1,500	41-42	1,500	140 USD	1,200			140 USD		
	Ateani sh.p.k.	458	14										
	Erveni sh.p.k	489		1,800	38-40			2,100	38-40	1,000	170 USD	120 USD	30 USD
	Bledi sh. P.k.	478	18	2,000	40-41	1,000	130 USD	2,900	40-41				120 USD
Fushe Lope	Alba-Co sh.p.k.	548	11	600	43-44	270	512 USD	2,041	43	800	135 USD	120 USD	30 USD

(Bakallbashi(2009)およびMETEの資料による。)

表 4.2.13 小規模企業の鉱山操業の問題点

鉱区管理の問題	生産量の申告がない採掘鉱区や雇用人が数名以下の採掘鉱区が存在する。
	特にBulqiza鉱山内では鉱区が近接したり水平方向で重なり合っており、採掘作業が契約や規則に基づいて行われていない。鉱区が近接して存在するがそれぞれの鉱区における操業スケジュールが検討されず勝手な操業活動が実施されていて操業記録も残されていない。
	過去の鉱屑や尾鉱堆積場からの採取ライセンスが周りの住民などのリスクを十分に考慮しないで交付されている。
操業上の問題	坑道掘削作業や鉱石の坑内及び坑外輸送作業が手動ないし人力で実施されており、効率が悪い。
	過去の鉱山の地質や採掘の情報を考慮せずに操業が実施されている。
	坑道掘削やクロマイト鉱石採掘作業に関する技術的基準が無い。過去の操業で残されていたピラーからも採掘が行われている。
	品位の低い鉱石に対する選鉱の技術的検討が行われておらず、手選も含め選鉱の技術に乏しい。
経営上の問題	鉱石価格に支配されて継続的操業が出来ない。
	坑道掘削、選鉱所施設などのための融資を銀行から受けづらい。
安全上の問題	技術的安全基準にそぐわない坑道、切羽、その他の鉱山施設が多い。
	緊急災害時の救助隊が組織されていない。
後継者の育成	次世代の鉱山技術者の育成が必要。

2) 一貫生産体制の確立

クロム鉱石は比重が高く重いので輸送経費が高いため、鉱石のまま輸送する事は相対的に不利である。さらに、日本を始め先進諸国は、電気代や労働力が安いクロム産出諸国（南アフリカ、カザフスタン）においてフェロクロムを製造した後、自国に輸入している。「ア」国における 2009 年のクロムの輸出量は鉱石で 24.3 万 t、フェロクロムは高炭素と低炭素フェロクロム合わせて 6,000t とフェロクロムの輸出量は重量で比較するとクロム鉱石の 3%にも達しない。「ア」国のクロム資源を最大限利用し収益を上げるためには、クロム鉱石を輸出するのではなく付加価値を付けたフェロクロムとして輸出し、収益を上げるべきである。このためには、製錬所や選鉱場の増設が必要である。

3) 鉱量の確保

鉱業が持続的に発展するためには、将来のために採掘可能な鉱量を確保する事が必要である。AGS の資料によると、クロム鉱床の資源量は 32.8 百万 t (B+C₁+C₂) である。さらに、各採掘権鉱区で申請している資源量の合計は 7.79 百万 t で、仮に現在の産出量である約 30 万 t/年の生産では 25 年で枯渇する。これらの値は、鉱物資源量であり、可採鉱量あるいは埋蔵量 (reserve) ではない。従って、将来の採掘計画を立てるために、クロム鉱石の埋蔵量を把握する事が必要である。現在のところクロム鉱山の操業は、1990 年以前の国営企業により開発された鉱山を継続して操業している。これら既存の情報を基に、新たな地点の開発が必要である。

4.2.7 クロム鉱業の開発戦略

目標は「ア」国に存在するクロム資源を最大限に有効利用し、「ア」国およびその国民の益に資する事である。そのためには、数少ない規模の大きな鉱山と多数存在する小規模鉱山の両者がお互いの役割を演じ操業を継続して鉱石産出量を増加し、それを維持していく事が重要である。さらに、「ア」国がクロム資源からさらなる収益を上げるためには鉱山から産出した鉱石に付加価値を付けて輸出する事が必要であり、そのためには「ア」国にクロム鉱業の一貫生産体制を確立する事が必要である。さらにクロム鉱業を持続的に発展されるためには、クロム資源のさらなる埋蔵量の確保が必要となる。

1) 大企業と中小企業の共存

「ア」国におけるクロム鉱業は、Bulqiza 鉱山における Albanian Chrome の操業および今年度から操業を開始する予定の Kalimash-Vlahna 鉱山と二つのやや規模の大きい外資系の鉱山企業とそれ以外の「ア」国の企業による多数の中小規模の企業から成り立っている。ここで、外資系のやや規模の大きい企業による操業とそれ以外の「ア」国の企業による鉱山の操業を区別して考える。「ア」国のクロム鉱床は、Bulqiza 鉱床のように規模の大きい鉱床が存在するが、多くは資源量 50 万 t 以下の規模の小さい鉱床である。これらの鉱床は、大規模な外資系鉱山会社の出資対象とならない。さらに、Bulqiza-Batra 鉱山に見られるように鉱山の随所に良質な鉱石が残されていて小規模な企業による操業が行われている。これらの鉱石を有益に利用するためには、小規模な鉱山企業の操業によるしかない。小規模な企業による操業は、経済的および社会的に地域社会と密着しており、地域社会の安定のためにも必要である。従って、「ア」国のクロム鉱業は、規模の大きい外資系の鉱山会社と「ア」国の企業による小規模な操業の組み合わせで発展していくのが最良と考えられる。

前項で述べたように、小規模な鉱山操業は多くの問題を抱えており、これらの問題を以下のように解決する事を提言する。

(1) AKBN による鉱区管理の強化

クロムの採掘鉱区は 2010 年 3 月の時点で 163 件存在するが、その内 53 件は 2009 年の鉱石産出量の実績はない。さらに、これらの鉱区について申請されている就業者数は数名ないしは 0 名で投資額の申請もない場合がほとんどであり、鉱山操業の意思があるかどうか不明である。年に 2 回実施されている AKBN による鉱区監査によりこれらの鉱山の所有者が将来において操業の意向があるかを確認し、もしなければ厳格に対処すべきである。2010 年 5 月に METE が中心となり、Bulqiza 地域を対象として、無資格や違法な鉱業活動を取り締まるタスクフォースが結成され、すでに 7 鉱区が摘発された。休眠したままの採掘鉱区は新規参入者への阻害となるため取り締まる事により削減すべきである。Bulqiza 鉱山で操業する小規模な企業のように近接して複数の企業が操業を実施している場合は事故のないように、AKBN および DSRMI による十分な指導が必要であり、操業計画の提出を徹底すべきである。鉱山操業中に AKBN および DSRMI は巡回し、鉱山操業基準が徹底されるように監視し、安全な操業が実施されるように努めるべきである。

(2) 小規模企業の協力体制の確立

小規模企業の共同体を結成する事が必要と考えられる。クロムの産出地域は、超塩基性岩体の分布に伴い、Tropoja-Kukes 地域、Bulqiza 地域、Shebeniku-Pogradec 地域に分けられる。これらの地域性を考慮した全国規模の共同体を結成し、機材や施設の共有、鉱石や金属価格の変動への対応、探査活動や鉱山改修等の資金の調達を行い海外市場に対応したクロム鉱業の確立を図る事が必要である。

チリにおいて小規模鉱山の支援を目的としてチリ鉱山公社(ENAMI : Empresa Nacional de Minería) が 1960 年に設立された (JICA, 2002)。ENAMI は中小鉱山の助成振興を主たる役割とし、中小の鉱業権者に対し銅の市場価格に応じた経済援助を行うとともに、中小鉱山から産出される原料製品 (粗鉱・銅精鉱等) を ENAMI が所有するプラント・製錬所で処理し

て製品市場へ供給できるよう付加価値を与えることにより、独力では銅産業に参入できない中小鉱山を集約代行する形でそれらの援助育成を果たしている。ENAMI の具体的な施策を「ア」国のクロム鉱業に当てはめると以下の様になる。

a. 鉱山開発に対する融資等の支援

中小鉱業権者に対し、長短期ローンの斡旋、リスクの保証、運転資金の貸し付け等の便宜を与え開発を支援する。

b. 買鉱と選鉱処理による支援

中小鉱山からの採掘粗鉱を買い取り、品位の低い鉱石は選鉱場を経由し製錬所に送る。鉱石の買い取り時には現下のクロムの市場価格に応じ優遇を与えて中小鉱山を支援する。具体的にはクロム鉱石の価格を一定の値に定め鉱石を買い取り、価格がそれ以上になった場合は、共同企業体でプールし市場価格が低下した時に備える。

c. 工程の改善、新技術の開発、公害防止等への積極的な取り組み

さらに、「ア」国の場合、これらに加えて、操業機器や選鉱場の共有、鉱山の緊急災害時に備え、遠隔地の小鉱山の災害でも出動できるように救助隊を独自で組織する事が必要である。

上記のような機能をこなす政府の援助による共同体ないしは公社を設立すべきである。

共同企業体の動きはすでに見られ、Batra 鉱山では、2009 年に小規模鉱山の鉱区権者 3 名、投資家（アルバニア人）1 名、中国人投資家 1 名の 5 者の融資による選鉱場が設立された。しかし、一部の地域のみではなく「ア」国全土を考えた場合、全国規模の共同体が必要で上記の施策を実施するためには、政府が組織する共同企業体等の設立が必要である。

「ア」国におけるクロム鉱山は、Tropoja-Kukes、Bulqiza、Shebenik-Pogradec の 3 地域に分かれて存在し、それぞれの地域において大規模鉱山とともに小規模鉱山が操業を継続して行くことが必要である。小規模鉱山が、共同体を結成する事により少なくとも現在の産出量を維持する事ができるとするなら、さらに Albania Chrome が目標の産出量を達成し、Kalimash-Vlahna 鉱山が予定されている産出量を達成すれば「ア」国のクロム鉱石産出量は現在の年間産出量の 2 倍以上の 67.5 万 t が見込める事になる（表 4.2.14）。

小規模鉱山が単独で存続する事は困難であるが、共同体を結成し組織的な操業を行う事により、閉山を避けながら採掘を継続する事が可能である。これにより「ア」国のクロム資源が有用に活用され、地域社会の安定をもたらす事ができる。

表 4.2.14 クロム鉱床の目標産出量

Tropoja-Kukes	2009 (t)		Future (t/year)	
	Production of ore	Production of ore	Concentrates	Ferrochrome
Association of small companies	49,899	50,000	-	-
Kalimash Mine	0	210,000	90,000	30,000
Sub Total	49,899	260,000	90,000	30,000

Bulqiza	2009 (t)		Future (t/year)	
	Production of ore	Production of ore	Concentrates	Ferrochrome
Association of Small companies	154,924	150,000	-	-
Albanian Chrome	78,437	250,000	-	24,000
Sub Total	233,361	400,000		24,000

Sheb-Prog	2009 (t)		Future (t/year)	
	Production of ore	Production of ore	Concentrates	Ferrochrome
Association of small company	15,163	15,000	-	-
Sub Total	15,163	15,000		

Grand Total	298,423	675,000		54,000
--------------------	----------------	----------------	--	---------------

2) 一貫生産体制の確立

「ア」国に産出するクロム鉱石を最大限有効利用して収益を「ア」国にもたすためには、「ア」国内に採鉱-選鉱-製錬の一貫生産体制を確立する事が必要である。2009年の「ア」国におけるクロムの産出量は29.8万tであるが、フェロクロムの生産量は少なく、6,000t未満である。

現在、「ア」国で稼働しているクロムの製錬所は、Albanian Chromeが操業するElbasan製錬所のみで、Albanian ChromeがBulqiza鉱山より産出した鉱石を利用して製錬しているのみである。選鉱場はBulqiza-Batra地域に存在するのみで、北部のTropoja-Kukes地域では鉱石をコソボの選鉱場へ送っている。採掘-選鉱-製錬の一貫生産を「ア」国で確立するためには、製錬所や選鉱場の増設が必要である。

一貫生産体制を確立するためのマテリアルフローの状況を図4.2.24に示す。「ア」国政府とAlbanian Chromeの間の採掘権契約では、Bulqiza鉱山の操業に伴いElbasan製錬所の操業とBurrel製錬所およびKlos選鉱場を修復して操業を行う事が含まれているが、後2者の修復はまだ行われていない。トルコ-中国の合弁会社によるKalmash-Vlahna鉱山の採掘権契約においては、両鉱山の操業に伴いKalimashとGorajの2ヶ所に選鉱場を建設し、さらに製錬所を建設する事になっている。Kalimash-Vlahna鉱山の製錬所のフェロクロム生産目標は、3万tとなっており、Elbasan製錬所は2.4万tを生産目標としている。これは、自社の鉱山の鉱石を製錬する事を前提としたものである。現状では、小規模鉱山の鉱石を受け入れる製錬所が「ア」国にはない。政府は、小規模鉱山から産出する鉱石も含めて製錬を実施するような体制が実現する方策を考慮すべきである。将来を見据えてKalimash、Burrel、Elbasanの3製錬所のフェロクロムの生産能力はそれぞれ5万t/年程度が必要と考えられる。小規模鉱山の鉱業権者の間では、複数の企業が集まって独自の小規模な製錬所を設立する計画が考えられているがこれがどの程度採算性があるか不明である。従って、AKBNあるいはAKBNに専門家を交えて、「ア」国における大規模鉱山からのクロム鉱石と小規模鉱山からのクロム鉱石を製錬するための最適な方策を見出すための調査を実施すべきである。

Kalmash-Vlahna鉱山の採掘権契約により今まで存在しなかったTropoja-Kalimash地域に選鉱場が建設されることになる。特にこの地域の鉱石は20Cr₂O₃%前後のものが多く製錬所に送る前に選鉱工程が必要な鉱石が多くをしめる。

上記の点を考慮してマテリアルフローを確立し、国際市場に対応できる状況を確立して近隣のヨーロッパ諸国や中国へフェロクロムを輸出できる体制を築く事が必要である。

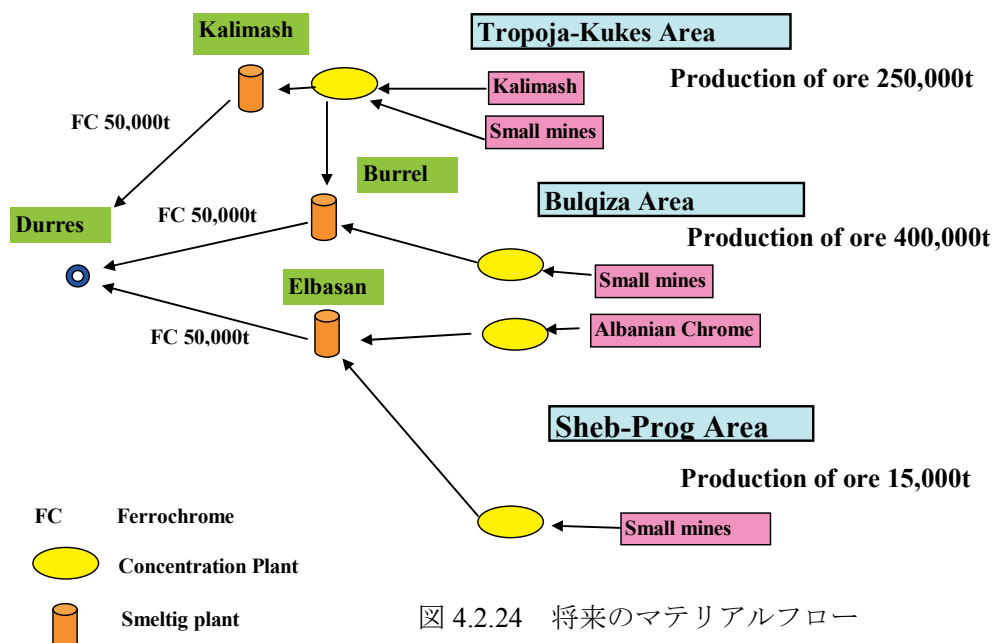


図 4.2.24 将来のマテリアルフロー

3) 鉱量の確保

クロム鉱床の地質資源量は AGS によると 32.8 百万 t (B+C₁+C₂) とされている。さらに、各採掘権鉱区で申請している資源量の合計は 7.79 百万 t である。これらの値は資源量であり埋蔵量ではない。従って、クロム鉱業の持続的な発展のためには調査を実施し、これらの値を経済的な評価を加えた埋蔵量に格上げする必要がある。さらに新たな鉱床を探す必要がある。

(1) 資源量を埋蔵量へ格上げ

各鉱山鉱区権者が申告している鉱量は、ほとんどの場合、「ア」国の鉱物資源区分における B+C₁+C₂ であり、概測 (indicated) ないしは予測 (inferred) 資源量である。将来のための鉱量を確保し、採鉱計画を立てるためにはこれらを埋蔵量にグレードアップする必要がある。もし十分な埋蔵量が無いと判断される場合は、見切りをつけて閉山にすべきである。この調査のためには、ボーリング調査や場合によってはフィジビリティ調査が必要である。小規模鉱山にとっては経済的な重荷となるが、将来の採鉱計画を立てる上で重要であり、上記の 1) の (2) で提案した共同体から融資を受けるか低金利でのローンで解決する事とする。

(2) 新たな鉱床発見のための探査

クロム鉱床は物理探査や地化学探査によるハローを示さないの潜頭鉱床を捜すのは困難である。従って探査の初期の段階では、超塩基性岩の露出域を流れる河床でクロムの転石を探す事から始め、見つければ上流へ向かってクロムの露頭を探して踏査することになる。

「ア」国では 1970 年代を中心に精力的な探査活動が展開され、AGS の資料によると 1,100 箇所のクロムの鉱徴地が知られている。したがって表面に露出するクロム鉱床を新たに発見する事は困難である。探査の方法としてこれらの既知鉱徴地や既知鉱床のデータをもとに地質調査およびボーリング調査でクロム鉱体をさらに追跡する事である。褶曲や断層が多く存在するため詳細な地質調査が必要となる。さらに Beqirai et al., (2000) 等で指摘されている通りクロム胚胎層準は、地殻-マントルのトランジショナル帯およびハルツバージャイト・テクトナイトの中部から上部にほとんど限られるため、各超塩基岩体の岩相区分と層序を確立し調査を進める事が必要である。

今後、さらに詳細な探査が必要な地域として、Tropoja-Kukes 岩体の資源量 1.238 百万 t が推定されている Zogaj 鉱山およびその周辺、Bulqiza 岩体では、Krasta 鉱山から Ternova 鉱山にかけてのトランジショナル帯からハルツバージャイト・テクトナイトの上部の地帯が有望と考えられる。

現在、カナダのジュニア・カンパニーが 2 社、それぞれ、Tropoja-Kukes 岩体と Bulqiza 岩体でクロム鉱床の探査を実施している。これら 2 社以外にも、「ア」国内の企業による 64 件の探査鉱区および 4 件の調査鉱区が存在する。AGS は超塩基性岩体およびクロム鉱床に関し近代的なオフィオライトの概念に基き既存情報の整理及び野外調査を実施し、超塩基性岩の層序及び構造の精度を高める必要がある。この結果を販売して探査会社の支援を行うと同時に一部の情報はウェブサイトで公表するなどして投資促進に役立てるべきである。

4.3 銅

4.3.1 銅鉱業概要

「ア」国において鉱物資源としての価値を有する銅鉱床タイプは、火山性塊状硫化物鉱床 (VMS: Volcanogenic Massive Sulfide Deposits) である。このタイプの鉱床は「ア」国北部の 6 県に集中して分布する (図 4.3.1)。

計画経済時代に、アルバニア地質調査所(AGS)の下で組織的な探鉱が行われ、多数の鉱床が発見された。このうち幾つかの鉱床がアルバニア銅鉱業公社 (ALBAKOP) により開発され、鉱石は全量国内で処理され、銅地金まで生産した。最大の鉱床は、Gjegjan 鉱床 (銅金属量 15.8 万 t) で、多くは銅金属量 5 万 t 以下の小規模鉱床であった。これら小規模鉱床は元来国際競争力がなかったため、市場経済移行後 1997 年を最後に生産活動は完全に停止した。その後、2001 年にトルコ資本の BERALB 社が参入し、2007 年から Munelle 鉱山で操業を開始した。現在同社により Munelle 鉱山と近隣の Lak Roshi 鉱山で操業が行われており、精鉱を中国に輸出している。

2007 年からカナダのジュニア・カンパニーである TIREX 社ほか 3 社の外国探鉱会社が参入し、新しい技術を用いた本格的な探鉱を行っており、開発可能な鉱床の発見が期待されている。AKBN の資料によると、合計残存鉱量 (未開発鉱床を含む) は 2,167 万 t、銅品位 1.86% と算定されているが、操業中の Munelle および Lak Roshi 鉱床を除き、いずれも小規模で直ちに開発の対象となるものはないと思われる。地質状況から判断して、ワールドクラスの鉱床賦存の可能性は低いと思われるが、銅量数十万 t 規模の開発可能な鉱床発見の可能性があると考えられる。銅鉱業振興のためには開発可能な鉱床の発見が急務であるが、現状では国内企業による探査・開発は技術的および資金的に難しいと思われ、外国企業誘致のための積極的施策が必要と考えられる。

4.3.2 過去の生産状況

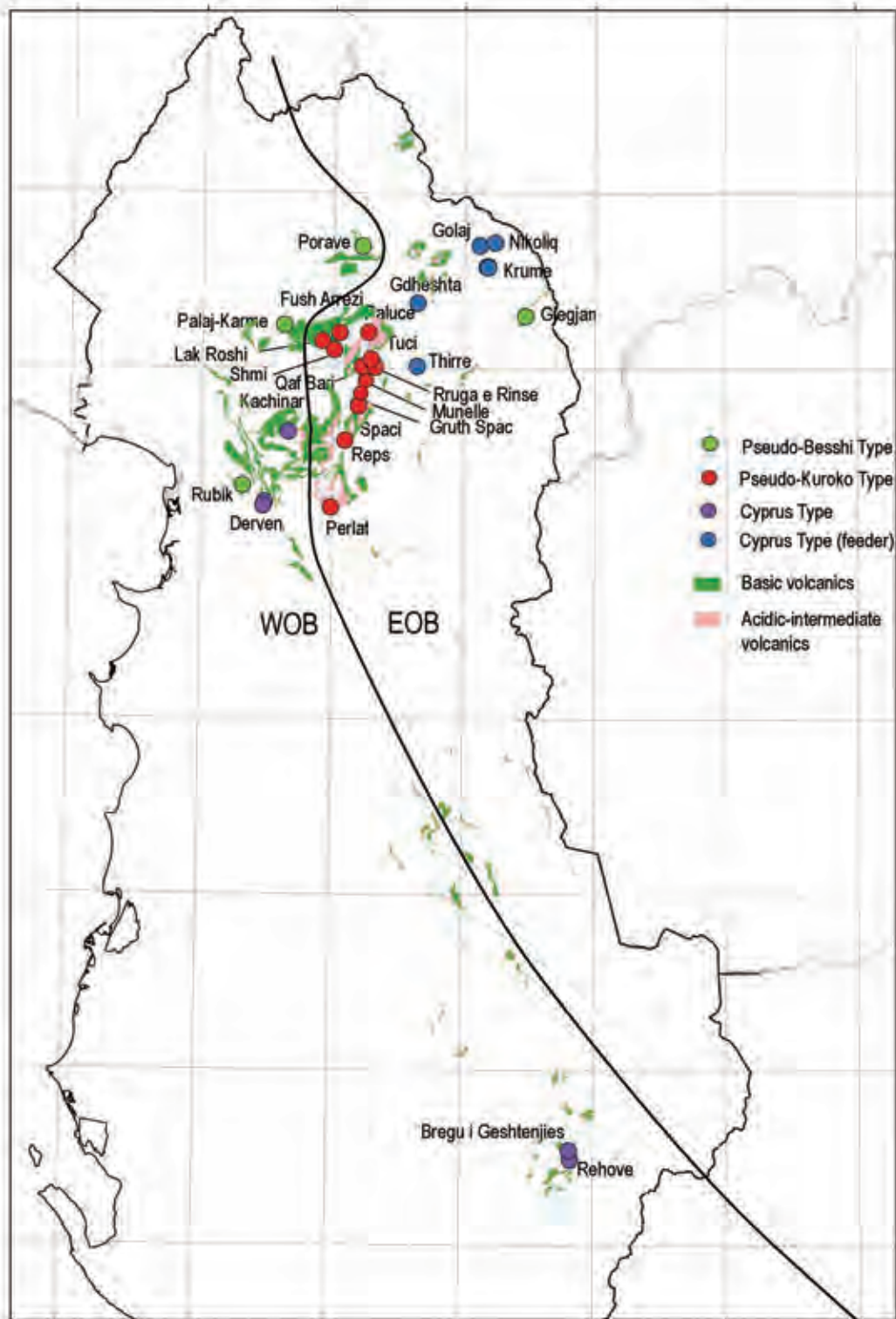
本格的な銅鉱業は、第二次世界大戦前にイタリア企業による Rubik 鉱山の開発に始まる。戦後、計画経済時代に政府は積極的な銅鉱業振興策を取りアルバニア地質調査所によるシステムティックな探鉱の結果、図 4.3.1 および表 4.3.1 に示すような銅鉱床が次々と発見された。そのなかの 25 鉱床が開発され、同時に 7 箇所の選鉱プラント、3 箇所の製錬所 (製錬・溶錬)、1 箇所の加工工場が設けられた (図 4.3.2)。開発された鉱山はギリシャ国境の Rehove 鉱山を除けば「ア」国北部の Has、Tropoja、Puka、Mirdita、Kukes および Lezhe 県に集中している。

露天採掘の Gjegjan 鉱床以外の鉱床は坑内採掘された。坑内採掘は主にサブレベル・ケービング法を採用したが、削孔機の能力の関係でサブレベル間隔は 6-7m を超えることはなかった。鉱石回収率は 70-80%、生産性は年間 600-650t/人、採掘コストは約 12US\$/t であった。

図 4.3.2 に示すように、鉱山と選鉱プラントが 1 セットになり、1 つの選鉱プラントに複数の鉱山から鉱石が供給された。当時選鉱技術は古くかつ設備も古かったことから、鉱石処理能力はあるものの、選鉱成績は思わしくなく、選鉱実収率は 75-85%、銅精鉱品位は 16.4%、銅精鉱生産量は 5-6 万 t/年、選鉱コストは鉱石 t 当たり約 6US\$ であった。各選鉱プラントの能力を表 4.3.2 に示す。

銅品位 2% 以上の高品位塊状鉱石 (lumpy ore) は、直接製錬所に送られ溶錬された。2% 以下の鉱石は選鉱プラントに送られ選鉱の後、製錬所に送られた。Kukes 製錬所は塊状鉱石の溶錬のみで、粗銅を Laci 製錬所に送り電解銅(cathode)を製造した。Rubik 製錬所には、溶錬と電解プラントがあったが一部の粗銅を Laci 製錬所に送り電解を行った。Rubik 製錬所の電解プラントでは金、銀、セレンを副産物として回収した。Laci 製錬所では電解銅のほかに硫酸を製造し、隣接する化学工場で硫酸を製造した。副産物の合計は硫酸: 2 万 t、金: 100kg、銀: 1t、セレン: 4t であった。電解銅は Shkoder の加工プラントに送り、ワイヤー・ケーブル

に加工し海外に輸出および一部は国内消費に廻された。各製錬所の能力を表 4.3.3 に示す。



(AGS データベースから作成)

図 4.3.1 主要銅鉛床の分布

表 4.3.1 主要銅鉱床一覽表

Name	Bed Deposit Types by Albanian	Deposit Type by ICGS	Country Rock	Stratigraphy	Morphology of Ore Body	Ore Mineral	Alteration	Original Geological Reserves (Mt)	Cu(%)	Zn(%)	Au(g/t)	Status	Production Period	Total Production	Cu Grade (%)	Current Mining Concession
Foibe Arresi	EOB hydrothermal	basaltic andesite pillow lava, sheeted dyke	basaltic andesite pillow lava, sheeted dyke	basaltic andesite pillow lava - sheeted dyke	stockwork L200-3250-300	sp, py, ma, hm, mg, ss, sc	gsh	0.82	1.71			not yet operated	1978-1990			
Gjeshita	EOB hydrothermal	gabbro	gabbro	melange/basalt, chert, greenchist, amphibolite	lenticular L300-400-120	sp, py, ma, hm, mg, ss, sc		5.28	3	0.5		closed	1961-1995	4,419,373	3.29	
Gjogjan	EOB volcano-sedimentary	basalt, meta-sedimentary rocks	basalt, meta-sedimentary rocks					1.1	1.0			closed	1986-1993	969,716	0.52	
Gjilji	EOB metasedimentary	gabbro	gabbro	imestone				2.7	1.25	2.62	0.58	closed				
Gurth Spaci	EOB volcano-sedimentary	basaltic andesite	basaltic andesite aggl - plagiogranite, diorite	basaltic andesite aggl - plagiogranite, diorite	several ore bodies along 4-5km L150-300-W150-T15	sp, ep, sp, tm, tet, hb, co, cc, ga, el	sil, chl, ser, hb, zro					closed				
Gurth 1	EOB	gabbro	gabbro	gabbro	vein, veinlet	py, ep, py, ma, cob, rdp, ca, ml	chl	58,000	2.85			closed		55,402	2.28	
Gurth 2	EOB volcano-sedimentary	basaltic andesite pillow lava, diorite/yolite dome	basaltic andesite pillow lava, diorite/yolite dome	basaltic andesite pillow lava, andesite/dacite volcanics - sheeted dyke, diorite/yolite dome, diorite/plagiogranite	massive L300-400-1500-T1-40 stockwork 2,000-500	sp, py, sp, tm, ga, hb, co, el, ca	gsh, chl, zro, py, ser, chl, ca	227,000	1.14	2.12, 3		closed	1984-1989			
Gurth 3	EOB	basaltic andesite	basaltic andesite					200,355	2.38	3.3		closed	1989-1992			
Kerze	EOB hydrothermal	gabbro	gabbro					126,339	1.45			closed	1986-7			
Kerze	EOB hydrothermal	gabbro	gabbro					56,000	4.4			closed		31,974	1.674	
Kullishi	EOB metasedimentary	gabbro	gabbro					372,929	1.06		1.0	closed	1983-1990			
Kurbesh	EOB metasedimentary	gabbro	gabbro					3	1		1.0	closed				
Lak Roshi	EOB hydrothermal-volcanogenic	basaltic andesite pillow lava, diorite/yolite dome	basaltic andesite pillow lava, diorite/yolite dome	basaltic andesite pillow lava, andesite/dacite volcanics - sheeted dyke, diorite/yolite dome, diorite/plagiogranite	massive L300-400-1500-T1-40 stockwork 2,000-500	sp, py, sp, tm, ga, hb, co, el, ca	gsh, chl, zro, py, ser, chl, ca	485,161	0.08	0.3	1.51	operating		317,246	3.94	BERALB (Turkey)
Lanskon	EOB hydrothermal-volcanogenic	basaltic andesite	basaltic andesite					0.15	1.54			closed				
Majar e Madhe	EOB hydrothermal-volcanogenic	basaltic andesite	basaltic andesite									closed				
Mamella 1	EOB volcano-sedimentary	basaltic andesite pillow lava, diorite/yolite dome	basaltic andesite pillow lava, diorite/yolite dome		4 ore bodies L150-300-T10-70-D100-250	py, ep, sp, tm, ga, hb, el	sil, chl, zro, epi					closed				
Mamella 2	EOB volcano-sedimentary	gabbro	gabbro					8.6	0.97	0.68	0.7	operating		7,968,940	1.3	
Naladi 1	EOB hydrothermal	gabbro	gabbro					2.96	2.14			closed	1986-1999	170,000	1.2	
Naladi 2	EOB hydrothermal	gabbro	gabbro									closed				
Paluce	EOB hydrothermal metasedimentary	basaltic andesite pillow lava	basaltic andesite pillow lava	basaltic andesite pillow lava - sheeted dyke, diorite/yolite dome, diorite/plagiogranite	stockwork L150-200-T10-20	sp, py, sp	chl, sil, epi, ser, zro	1.5	1.2			closed	1983-7			
Perant Jugor	EOB	basaltic andesite volcanics	basaltic andesite volcanics					3.5	2.6	0.2	0.4	closed	1980-1997	754,745	2.44	
Qart'Bar	EOB hydrothermal-metasedimentary	contact between pillow lava and dacite dome	contact between pillow lava and dacite dome		lenticular (massive, brecciated, vein)	py, ep, sp, tm, ga, hb, co, el	chl, sil, epi, ser, zro, ca					closed	1975-1998			
Rans	EOB hydrothermal-volcanogenic	basaltic andesite	basaltic andesite					3.1	2.14	0.15	0.5	operating		330,000	1.45	
Ronga e Roms	EOB volcano-sedimentary	basaltic andesite	basaltic andesite									closed				
Shemaria	EOB hydrothermal	gabbro	gabbro					0.52	1.1			closed	1983-1991			
Shira	EOB hydrothermal	basalt	basalt					387,805	1.0			closed	1983			
Spaci	EOB hydrothermal metasedimentary	basaltic andesite pillow lava	basaltic andesite pillow lava	andesite/dacite aggl.				1	1.36			closed				
Thire	EOB metasedimentary	plagiogranite	plagiogranite					10	1.1			closed	1966-1999	3,274,000	0.984	Tate Mining (Turkey)
Tuci	EOB hydrothermal metasedimentary	basaltic andesite pillow lava	basaltic andesite pillow lava	basaltic andesite pillow lava - sheeted dyke, quartz diorite/plagiogranite	stockwork L350-W400	gal, hb, el	chl, epi, sil, ser, zro	1.2	1.3			closed	1973-1976			
Tregu i Geshimes	WOB hydrothermal	basalt	basalt									closed	1973-1999	1,283,195	1.0667	
Derven	WOB hydrothermal metasedimentary	pillow basalt (MORB)	pillow basalt (MORB)	pillow basalt	disc. 700-100-500	py, ep, ma, sp, ml, il, hb, co, co		1.6	0.98	0.24		closed	1972-1994	818,000	0.54	
Kacinar	WOB hydrothermal	pillow basalt (MORB)	pillow basalt (MORB)	pillow basalt (MORB)				1,248,558	0.98			closed	1966-1991	507,000	1.75	
Palu-Karne	WOB volcano-sedimentary	pillow basalt (MORB)	pillow basalt (MORB)	pillow basalt	pipe L100-14	py, ep, sp, co, bo, cc	chl, ka, qz, cal, py, zro	0.3	3.85	1.55	0.3	closed				
Karne 1	WOB volcano-sedimentary	pillow basalt (MORB)	pillow basalt (MORB)	pillow basalt	pipe L1500-20-50	py, ep, sp		2	2.48	0.9	0.4	closed				
Karne 2	WOB volcano-sedimentary	affluents/sedimentary rocks	affluents/sedimentary rocks	volcanosedimentary series								closed	1972-9			
Ponave	WOB volcano-sedimentary	shale, volcanics	shale, volcanics	shale, volcanics				152,000	2.23			closed	1982-1996			
Rehove	WOB volcano-sedimentary	pillow basalt (MORB)	pillow basalt (MORB)	shale, volcanics	sheet-lenticular - pipe (ø 40-80)	py, ep, sp, lm		0.3	2.15	1.4		closed	1974-1991	40,000		
Ruhik	WOB volcano-sedimentary	basaltic pillow lava	basaltic pillow lava	melange - pillow basalt - basaltic agglomerate				5	1.86	0.5	0.6	closed	1978-1990	216,000	1.464	Deleham (Turkey)
				basaltic pillow lava	sheet-lenticular 500-300-19	py, ep, sp, mt	chl, ep, Arg	1.5	2.01	0.7	0.5	closed	1990-1996	200,000-42,686,227-1,304		

Data: AGS database and Hoxha et al., (2005)

(AGS 及び Hoxha et al., 2005 より)

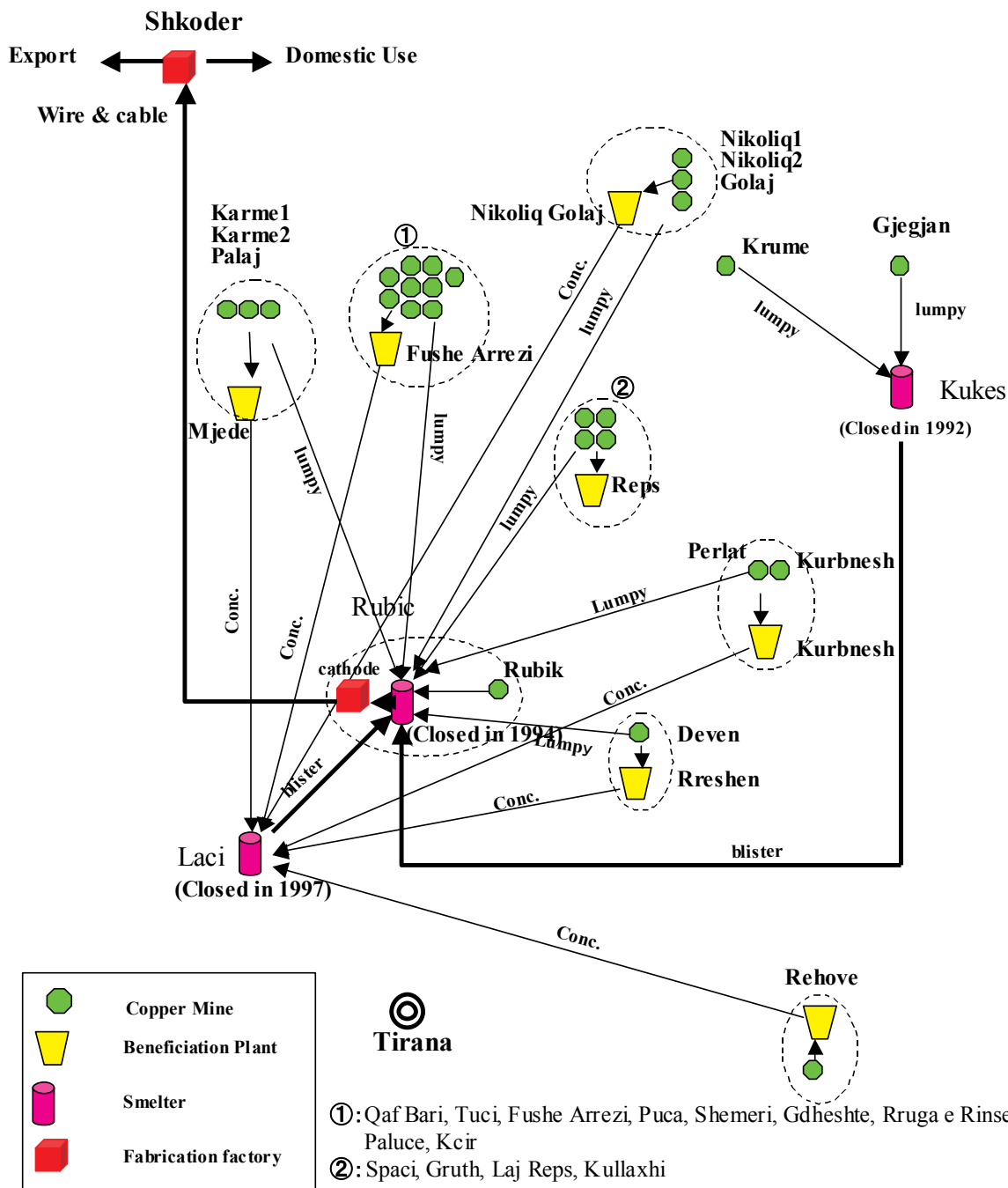


図 4.3.2 銅マテリアルフロー (2000年以前の状況)

生産活動は、1960年代から本格化し、1980年代後半に最盛期を迎えた。1987年には、粗銅 116.6万t、精銅 5.5万t、銅地金 1.6万tを生産した(図 4.3.3)。銅鉱石品位を2%、実収率を70%とすれば銅地金は1.6万tとなる。この量は、日本の1988年頃の生産量とほぼ同じで、一国の生産量としては僅少であった。政府は、アルバニア銅鉱業公社(ALBAKOR)を設立し国内銅生産活動をコントロールした。しかし当時は計画経済下で生産目標達成に重点が置かれ、採算性を抜きにした生産活動が行われたと考えられる。1987年をピークにして生産は落ち込み、市場経済移行後激減し、更に1997年のねずみ講に端を発した暴動等により多くの鉱山施設が破壊された。この時Laci製錬所も閉鎖され、「A」国の銅鉱業は完全に崩壊し、銅の生産活動は2006年まで完全に停止した。銅鉱山、選鉱プラント、製錬所の閉鎖により多くの鉱山施設は廃墟と化し、一部では環境汚染が残される結果となった。

表 4.3.2 銅選鉱プラント鉱石処理能力

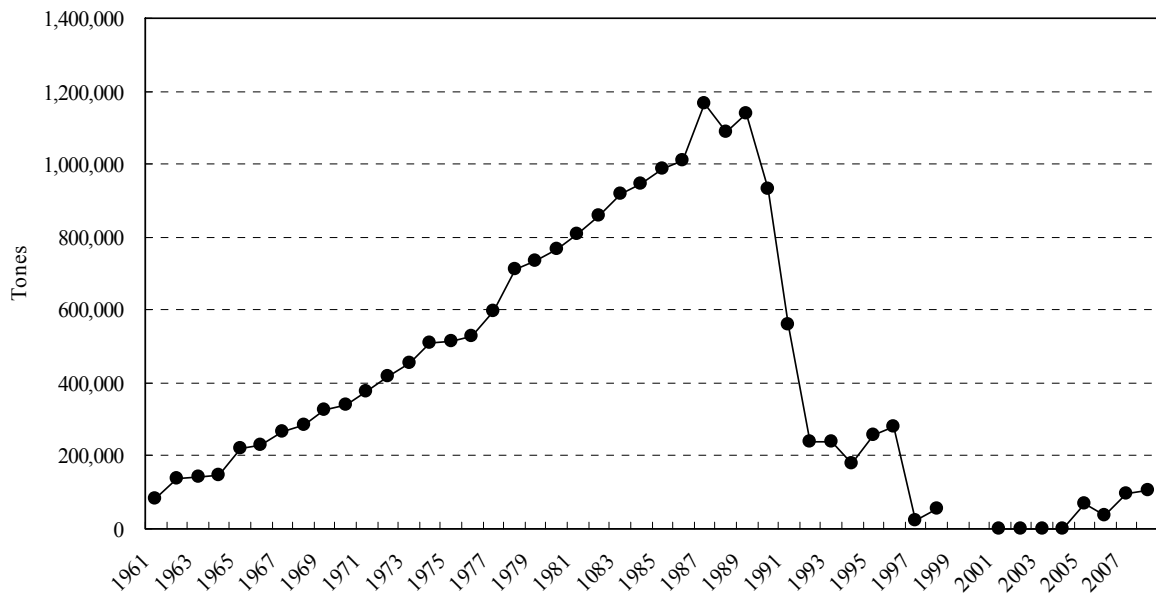
Plant	Capacity (t/年)	Current situation
Mjede	60,000	closed in 1993
Nikolq Golaj	60,000	closed in 1996
Reps	240,000	closed in 1997
Rehove	60,000	closed in 1990
Rreshen	60,000	closed in 1993
Kurbnesh	120,000	closed in 1990
Fushe Arrezi	240,000 200,000	closed in 1997 re-opened in 2007

(AKBN データ)

表 4.3.3 銅製錬所カソード生産能力

Smelter	Capacity of cathode (t/年)	Current situation
Rubik	4,000	closed in 1988
Kukes	6,000	closed in 1991
Laci	6,500	closed in 1997

(AKBN データ)



(AKBN データから作成)

図 4.3.3 銅鉱石生産推移

4.3.3 現状

1994年の鉱業法改正により、民間企業にも鉱業権が付与されるようになった。1996年にはカナダのジュニア・カンパニーである NEBEX Resources 社が Puka および Mirdita 県一帯の銅鉱床地帯で鉱業権を取得し探鉱活動を行ったが、探鉱資金が調達できず撤退した。その後、2001年にトルコ資本の BERALB 社が初めて本格的に参入し、旧 Munelle 鉱山深部の開発を行い、2007年から生産活動を開始し現在に至っている。

表 4.3.4 に示すように、2010年1月1日時点における銅鉱床の採掘権の認可は5件（BERALB 社2件、Tete Albania Tunneling & Mining 社1件、Glejdis 社1件、Echo 社1件）で、このうち Glejdis 社は Laci 製錬所の製錬滓、Echo 社は Gjegjan 鉱山の廃滓（尾鉱）の回収権である。探査権の認可件数は、16件で合計面積は 661.919km² である。このうち「ア」国内企業は Kromex 社など5社で、他は外国企業である。地域的には殆どが Puka および Mirdita 県の銅鉱床地帯に集中する。このような状況で銅鉱業は決して活発とは言えない。

表 4.3.4 銅鉱業権認可状況

Mine	Company	Region	License	Category	Coverage (km ²)	County
Lak Loshi	BERALBA shpk	Puke	27.08.2001	Exploitation	0.09	Turkey
Munelle	BERALBA shpk	Puke	27.08.2001	Exploitation	0.68	Turkey
Laci smelter	GLEJDIS shpk	Kurbin	08.08.2006	Exploitation	0.0073	Albania
Gjegjan	Echo shpk	Kukes	11.05.2007	Exploitation	0.26	Albania
Spaci	Tete Albania Tunnel&Mining shpk	Mirdite	20.08.2007	Exploitation	0.39	Turkey
	Jab Resources Ltd	Mirdite	04.01.2008	Exploration	22.4	Australia
	Jab Resources Ltd	Mirdite, Lezhe	04.01.2008	Exploration	10.4	Australia
	Ballkan Resources Ltd	Mirdite	09.01.2008	Exploration	0.025	Canada
	Ballkan Resources Ltd	Mirdite	09.01.2008	Exploration	0.1	Canada
	Ballkan Resources Ltd	Mirdite	09.01.2008	Exploration	0.088	Canada
	Ballkan Resources Ltd	Mirdite	09.01.2008	Exploration	0.1	Canada
	Dedeman Albania Mining Ltd	Korce	17.03.2009	Exploration	24.5	Turkey
	Tirex Explorations Ltd	Puke, Mirdita	04.06.2009	Exploration	145.65	Canada
	AU-Pet shpk	Has	23.06.2009	Exploration	26	Albania
	Kromex shpk	Kukes Mirdita	29.07.2009	Exploration	231.42	Albania
	Markaj shpk	kukes	28.08.2009	Exploration	1.236	Albania
	Cougar Mining Ltd	Kukes	01.12.2009	Exploration	200	Canada
Total					661.919	

(AKBN データ)

1) 探査

カナダのジュニア・カンパニーである Tirex 社は、2007年に NEBEX Resource 社が撤退した Puka および Mirdita 県に跨る銅鉱床地帯（2鉱区、面積 550km²）の探鉱に参入、火山性塊状硫化物鉱床を対象として、同年から空中電磁探査、IP 探査を実施し、その結果に基づいてボーリングを実施している。空中電磁探査など近代的探査手法が「ア」国内で初めて実施されたことは、特記すべきである。同社の HP によると、これまでに 47本、15,400m のボーリングを実施しており、多くのボーリング孔で着鉱している模様である（例えば、MR08-2 孔では幅 60.4m, Cu:1.1%, Zn:6.7%, Au:1.6g/t）（<http://www.tirexresources.com/>）。

カナダのジュニア・カンパニーである Balkan Resources 社は同じく Puka および Mirdita 県の銅鉱床地帯の南端部、Rreshen 市南東の旧 Perlat 鉱山周辺で探査鉱区を取得しボーリングを実施している（<http://www.balkanresources.com/>）。同社は、また選鉱廃滓（尾鉱）にも関心を寄せ、探査権を設定しているが、これまで具体的な活動は無い模様である。

オーストラリアのジュニア・カンパニーである Jab Resources 社は、Western Ophiolite Belt (WOB) の Rubik 近辺の銅鉱床地帯 100km² で金鉱床の探査を開始した（<http://www.jabresources.com/>）。探査モデルは含金火山性塊状硫化物鉱床で、特に Gjazuj 鉱山周辺はゴッサン中に 320g/t の石英ストックワークを捕捉したが、2010年1月1日時点で鉱業

権は消滅している。

カナダのジュニア・カンパニーである Volcanic Metals 社は、Eastern Ophiolite Belt (EOB) の旧 Gjegjan 鉱山周辺の面積 200km² の範囲において、Noranda タイプをモデルとして、空中電磁探査を実施した (<http://www.volcanicmetals.com/>)。

こうしたジュニア・カンパニーでは、「ア」国の内情に詳しく、かつ政府機関との強いパイプを持つ AGS の OB 専門家やティラナ・ポリテクニク大学の現役教授を雇用して探鉱事業を展開している。

2) 生産

トルコの産銅会社である Nesco Metals 社（旧 Ber-Oner）のアルバニア法人 BERALB 社は、2001 年に旧 Munelle 鉱山周辺の採掘権を取得し、開発を開始、2007 年から本格的な生産を開始した。また 2009 年から近隣の Lak Roshi 鉱山の生産を開始した。現在「ア」国で稼働中の銅鉱山はこの 2 鉱山のみである。

Munelle 鉱山の地質学的資源量(geological reserves)^{*1}は 8 百万 t、銅品位は 1.3%、鉱業的資源量(industrial reserves)^{*2}は 5 百万 t、銅品位：1.4%、一方 Lac Roshi 鉱床の地質学的埋蔵量は 2.7 百万 t、銅品位 1.94%、残存鉱量 0.48 百万 t、銅品位 3.84%と見積もられている。

採掘方法はそれぞれサブレベル・ケービング法であったが、Munelle 鉱山では岩盤が悪く実収率が上がらず、カット・アンド・フィル法に切り替えつつある。運搬はトラックレス・マイニング方式で両鉱山併せて 6 台の LHD を保有する。

Munelle 鉱山では+825m レベル以下の高品位部(Munelle II) (図 4.3.8) を採掘対象としている。同山の 2009 年の粗鉱生産量は 7 万 t、銅品位は 3%、Lak Roshi 鉱山は 3 万 t、銅品位は 3.3%であった。さらに両鉱山合わせて 25 万 t/年に、最終的に 50 万 t/年に増産する計画がある。

鉱石（銅：3%、亜鉛：2%、金：3g/t、銀：60g/t）は Munelle の北 11km にある Fushe Arzezi の選鉱プラント（計画経済時代 ALBAKER が操業した選鉱プラント建屋を再利用、機器類は中古を調達）で処理、銅精鉱品位は 18-20%、選鉱実収率は 85%、亜鉛は回収されていない。精鉱は Shengjin 港経由で全量中国に輸出している。採掘コスト 18US\$/t ore、機械損料・税金を含む山元採掘コストは 32US\$/t ore である。同社は Munelle 鉱山および Lac Roshi 鉱山のほか、Shkoder 県 Karme 鉱床の開発を検討している。

トルコの Tete Group は旧 Spaci 鉱山の再開発を目指しているが、資金不足で現在中断している模様である。

また計画経済時代に生じた選鉱廃滓（尾鉱）が選鉱場跡に堆積されている。これらは当時の選鉱技術からみて十分な回収が行われていたとは言い難く、特に Puka および Mirudita 県の銅鉱床地帯は多金属鉱床地帯であることから、尾鉱中に亜鉛、金銀等の有価金属が残されている可能性が高い。AKBN もこれら尾鉱中の金属回収について強い関心を寄せている。既述のように Balkan Resources 社も Kurbnesh、Lak Roshi、Preshen 旧鉱山の堆積場に鉱業権を設定し、廃滓（尾鉱）から有価金属の回収を検討している模様である。

*1 ほぼ JORC の予測鉱物資源量 (inferred mineral resources) に相当する。

*2 ほぼ JORC の概測-精測鉱物資源量 (indicated-measured mineral resources) に相当し、カットオフ、ダイリューションの概念が含まれていない。

4.3.4 銅資源ポテンシャル

1) 地質鉱床概要

「ア」国には、Neo-Tethys 海の収束により形成されたジュラ紀のオフィオライトが広く発達する。とくに「ア」国北部のものは Mirdita オフィオライトと称され面積 3,000km² 近くを占める。オフィオライトは分布位置および生成環境が異なる事から Western Ophiolite Belt (WOB) と Eastern Ophiolite Belt (EOB) の 2 つに区分されている (図 4.3.1)。前者は中央海嶺型玄武岩(MORB)、シートダイク (粗)、レルズライト/ハルツバーチャイトに特徴付けられ、後者は、酸性～中性火山岩、ボニン岩、シートダイク(密)、沈積岩および厚いハルツバーチャイト・テクトナイトに特徴付けられる (Bortolotti et al., 2005)。銅鉱床はこれらオフィオライトの火山岩～深成岩メンバーに胚胎する火山性塊状硫化物鉱床 (VMS:Volcanogenic Massive Sulfide Deposit) で、様々な産状を呈する (Hoxha et al., 2005)。

「ア」国では火山性塊状硫化物鉱床を産状に基づき、volcanogenic deposit、volcano-sedimentary deposit、quartz-sulphide deposit に 3 区分している。volcanogenic deposit は火山岩に密接に伴って産するもの、volcano-sedimentary deposits はメランジェ中に産するもの、quartz-sulphide deposit はオフィオライトの深成岩中の脈状鉱床で前 2 者のフィーダーに相当するものである。本調査では、世界の類似鉱床と比較するため、生成環境を重視してキプロス型鉱床(Cyprus type deposit)、黒鉱型類似鉱床(pseudo-Kuroko type deposit)、別子型類似鉱床(pseudo-Besshi type deposit)に区分した。深成岩中の脈状鉱床はキプロス型鉱床に含めキプロス型鉱床 (フィーダー) とした。

WOB には TAG マウンドのような現世の中央海嶺で形成されている MORB 玄武岩に伴われるキプロス型鉱床 (例えば Rehove 鉱床) およびメランジェ中のレンズ状～層状鉱床として産する別子型類似鉱床 (例えば Rubik 鉱床) を産する。EOB には、島弧型ソレアイトに区分されるデイサイトや流紋岩などの酸性岩に伴われる黒鉱型類似鉱床 (例えば Munelle 鉱床) および玄武岩に伴われるキプロス型鉱床 (例えば Perlat 鉱山) を産する。黒鉱型類似鉱床は EOB のなかでも Puka および Mirdita 県一帯の銅鉱床地帯に発達する。斜長石花崗岩、斑れい岩、輝岩中のキプロス型鉱床 (フィーダー) は Nikoliq や Golaj、Krume に産するが、ポテンシャル的には重要ではない。また Kukës の東に位置する別子型類似鉱床である Gjegjan 鉱床は既採掘量：4.4 百万 t、銅品位：3.29%で「ア」国の中では最大の規模であった。本鉱床は 300m×400m、厚さ 20m の板状で MORB 組成の緑色岩と擾乱された堆積岩との境界部に産する。「ア」国では volcanogenic-sedimentary type に分類されている。周辺部に類似鉱床が期待されるが、メランジェとすれば纏まった分布は余り期待できないことになる。

2) 銅資源ポテンシャル

一般に火山性塊状硫化物鉱床は、ポーフィリー鉱床や IOCG 鉱床に比べ小規模であるが高品位である (図 4.3.4)。キプロス型と黒鉱型鉱床の規模・品位は、Cox and Singer (1992)の鉱量一品位モデルによると、一般にワールドクラスの鉱床になることが多いポーフィリー型銅鉱床や Sediment-hosted 鉱床に比べて小さく、キプロス型鉱床 49 鉱床のうち鉱床規模が 50% から上位 10%の範囲に入るものは 1.6 百万 t～17 百万 t、銅品位は 1.79%～3.8%、金品位は平均 1.5g/t、一方黒鉱型鉱床は 432 鉱床のうち鉱床規模が 50%から上位 10%の範囲に入るものは 1.5 百万～18 百万 t、銅品位 1.3～3.5%、亜鉛品位 2～8.7%、金品位 2.3g/t である。

また、Galley et al. (2007) によると、キプロス型鉱床の平均規模は 1.3 百万 t、銅品位 3.2%、亜鉛品位 1.9%、黒鉱型鉱床の平均規模は 5.5 百万 t、銅品位 1.3%、亜鉛品位 6.1% というデータもある。

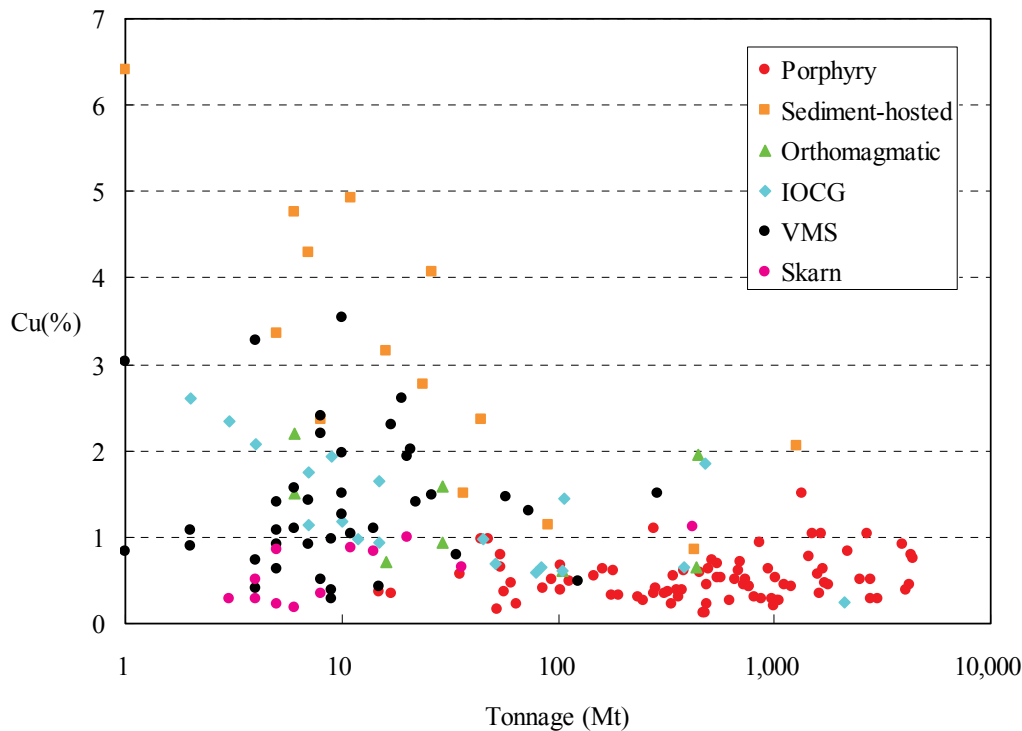
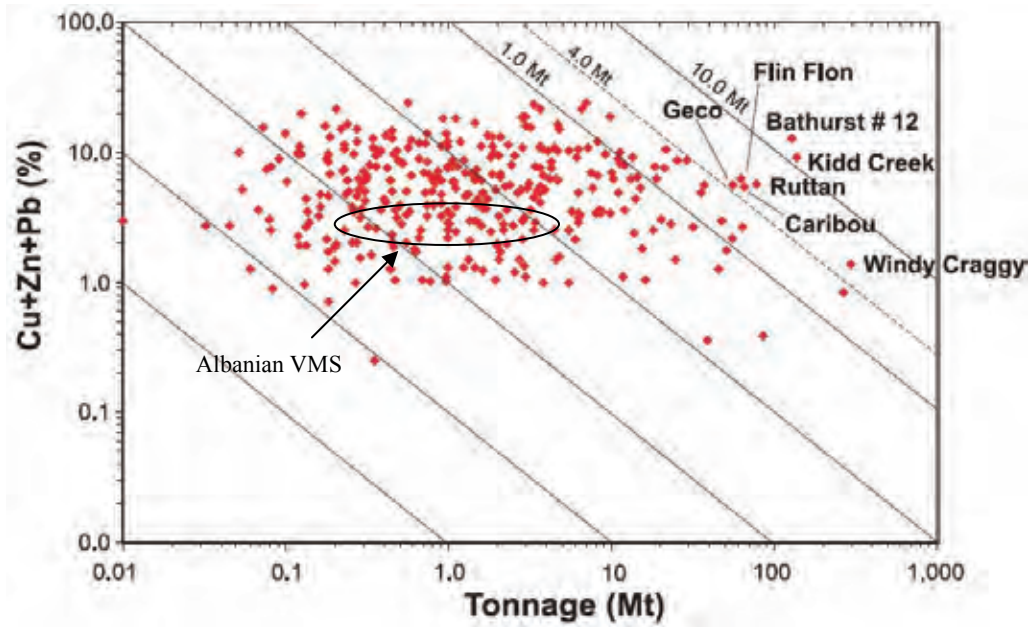


図 4.3.4 世界の銅鉱床タイプ別品位—鉱量図

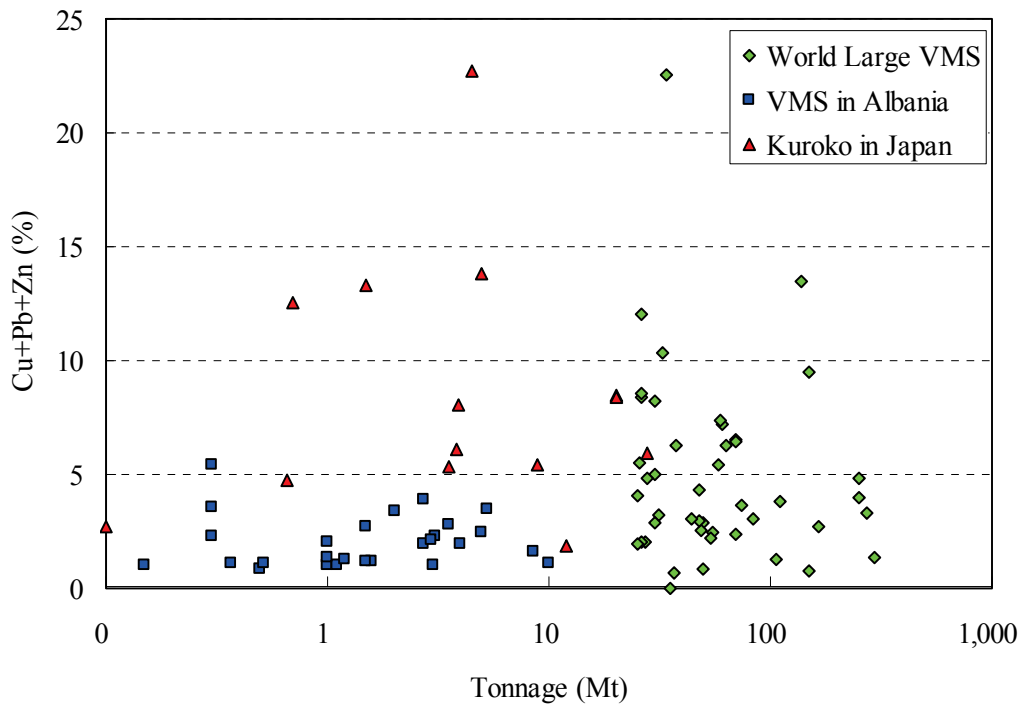
これまでに「ア」国内で探査・開発された鉱床の規模は、銅金属量が 10 万 t を越すものは、別子類似型鉱床の Gjegjan 鉱床（資源量：5.28 百万 t、銅品位：3.0%、銅金属量：15.8 万 t）および黒鉱型類似鉱床の Spaci 鉱床（資源量：10 百万 t、銅品位：1.1%、銅金属量：11 万 t）で、その他は数十万～数百万 t、銅品位は 0.95-3.85% である（Hoxha et al., 2005）。こうしたことから「ア」国のオフサイト中に期待される鉱床規模は、最大でも 1 鉱床当たり資源量：数千万 t、銅品位：1-2% 程度ではないかと推定される。世界のワールドクラス（>銅金属量百万 t 以上）の黒鉱型鉱床には、Neves Corvo (270 百万 t, 1.59%, Portugal), Aljustrel (250 百万 t, 1.2%, Portugal), Rio Tinto (250 百万 t, 0.39%, Portugal), La Zarza (164 百万 t, 1.2%, Spain), Horne (150 百万 t, 1%, Canada), Kidd Creek (149.3 百万 t, 2.31%, Canada), Brunswick No.12 (137.3 百万 t, 0.46%, Canada) などがあるが、「ア」国のものは酸性火山活動の規模からみてもこれらと比較すると規模は小さい。Galley ほか(2007)の Fig.10 に「ア」国の火山性塊状硫化物鉱床の鉱量—品位規模を併せて示すと図 4.3.5 のようになる。また世界の大規模鉱床および日本の黒鉱鉱床と比較すると図 4.3.6 のような特徴を有する。

「ア」国の中で、最もポテンシャルの高い地域は EOB の Puka および Mirdita 県銅鉱床地帯で、南北 50 km、東西 10 km の範囲において、酸性火山活動にともなって多数の火山性塊状硫化物鉱床（黒鉱型類似鉱床）がクラスターを形成している(図 4.3.7)。Munelle 鉱床は鉱化帯の中で多数の鉱体からなる。母岩が鉱化帯として一色にされ区分されていないが、酸性岩と思われ、その中にドーム状の酸性岩が描かれておりドームもしくはストックと思われる。顕著な鉱石のゾーニングが見られ、最上位（図面の左上）に石英帯が、その下位に閃亜鉛鉱帯、更にその下位に黄銅鉱帯、黄鉄鉱帯と配列しており（図 4.3.8）、黒鉱と類似したゾーニングを示す。これらゾーニングからも当地域の VMS を黒鉱型類似鉱床と仮称する所以である。鉱石鉱物は、黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、その他（方鉛鉱、磁硫鉄鉱、白鉄鉱、ペントランダイト、輝銅鉱、赤鉄鉱、斑銅鉱、コペリン、硫砒鉄鉱）が知られている。「ア」国の銅鉱石の微量元素分析値がなく、他の鉱床との比較は出来ないが、銅、亜鉛平均含有量についてみると図 4.3.9 に示すように「ア」国の鉱床は鉛・亜鉛の含有量が低い傾向が見られる。但し TIREX 社のボーリング結果を見ると、着鉱幅 3.7m で Cu:2.4%, Zn:33.2% というものもあり、更に検討を要する。



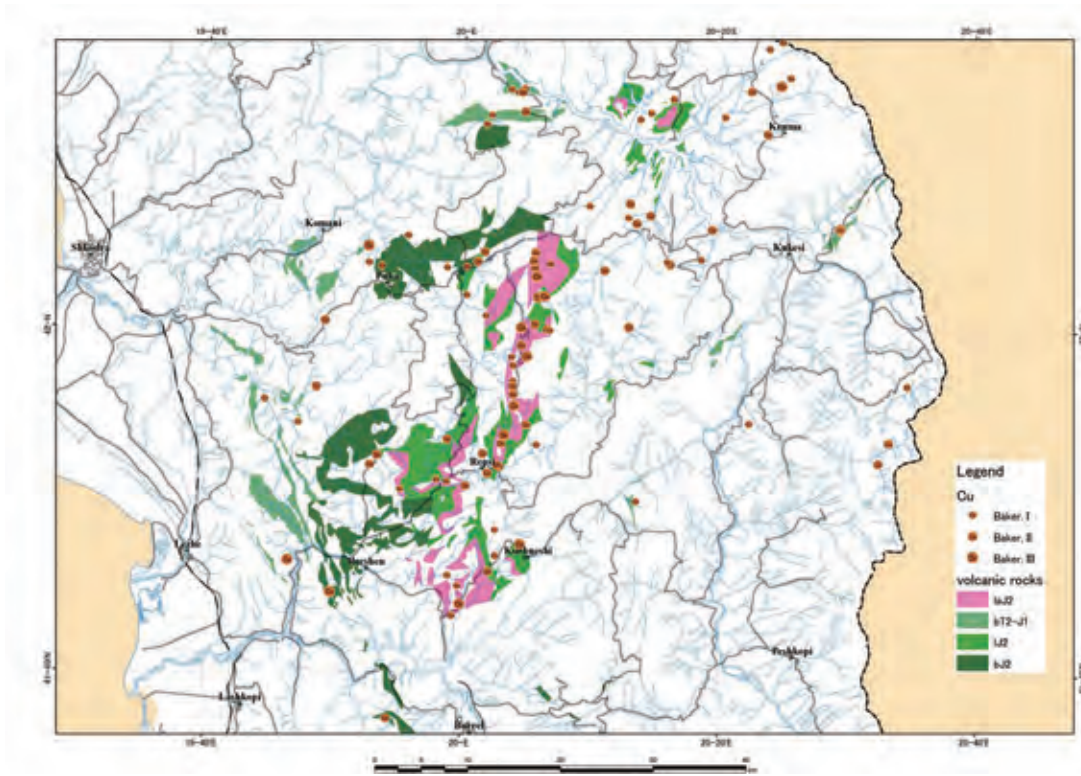
(Galley et al., 2007)

図 4.3.5 世界の VMS 鉱床品位—鉱量図(Galley et al., 2007)



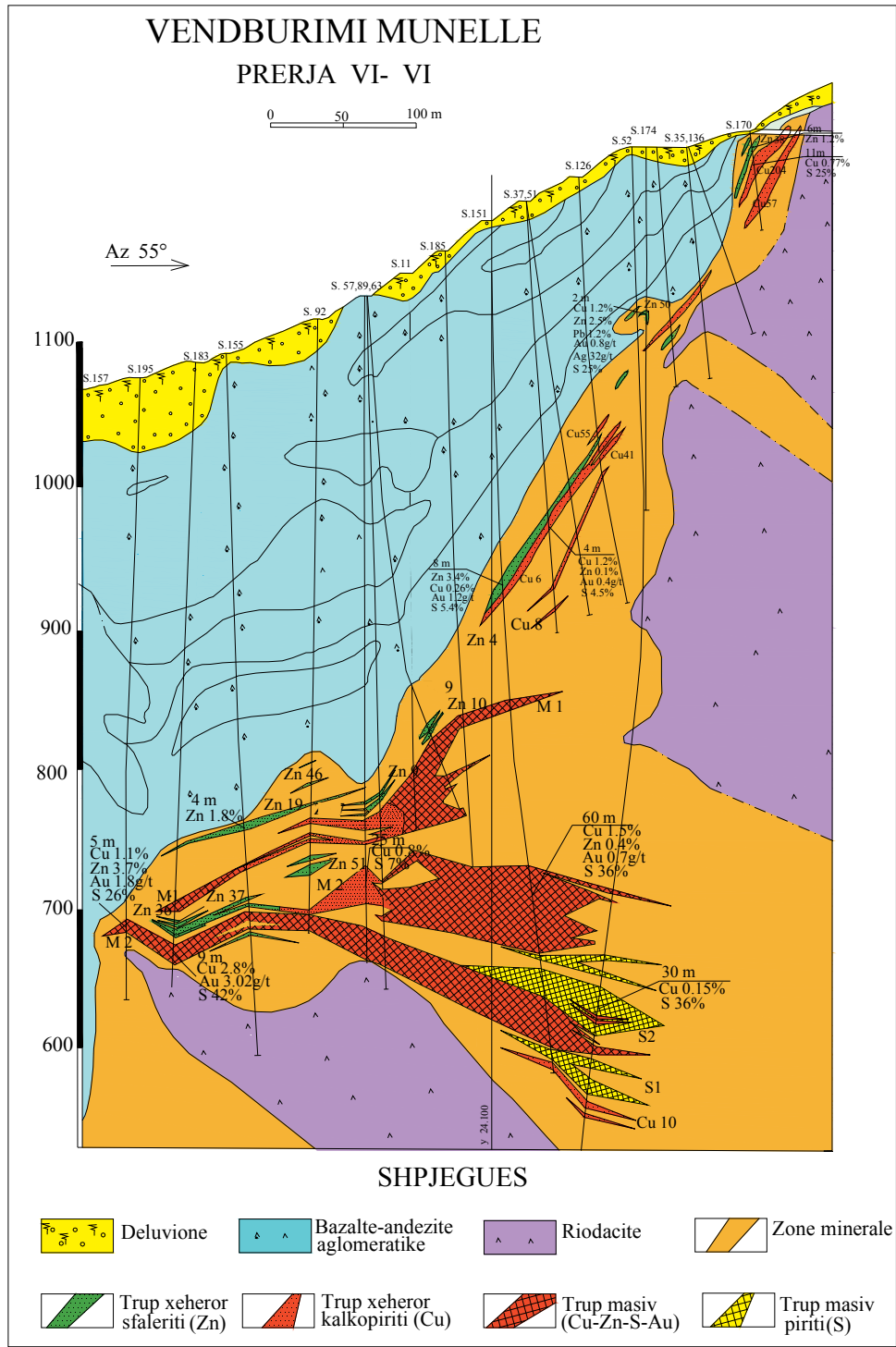
World Large VMS: Galley et al., (2007), Albania VMS: ITNPM and AGS (2005),
Kuroko in Japan: Kubota et al., 2004

図 4.3.6 世界の大規模 VMS 鉱床、アルバニア国の VMS 鉱床および日本の黒鉱の比較



(緑色：塩基性岩、ピンク：酸性～中性岩)と VMS 鉱床分布 (AGS データベースから作成)

図 4.3.7 アルバニア国北部のオフィオライト火山岩メンバー



(AGS データ)

図 4.3.8 Munelle 鉱床地質断面図

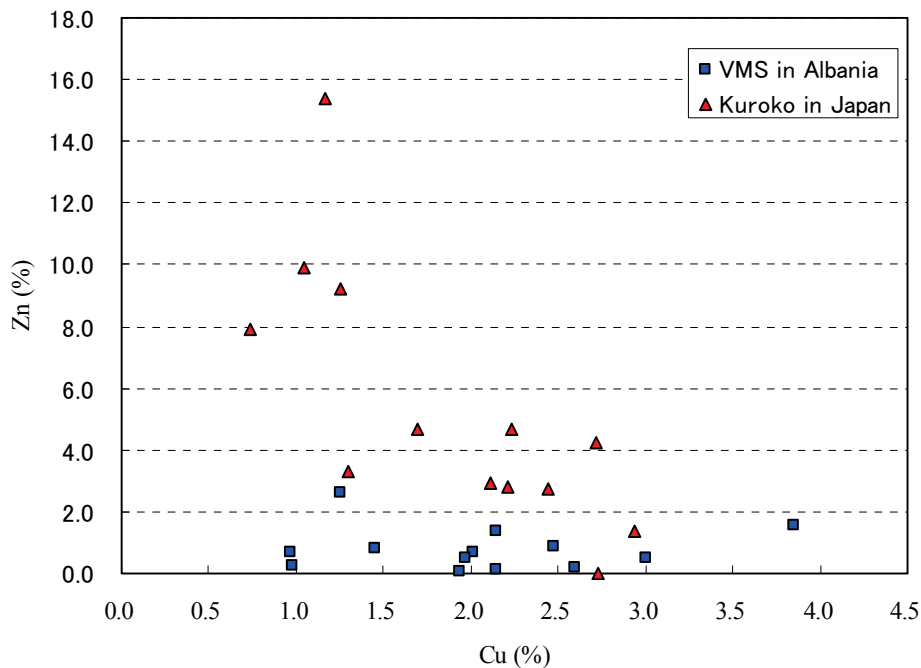


図 4.3.9 日本の黒鉱鉱床とアルバニア国の VMS 鉱床の Cu-Zn 図

4.3.5 開発可能鉱床規模

「ア」国北部 Puka および Mirdita 県の銅鉱床地帯に仮想鉱山 (Mirdita 鉱山) を想定し経済性を試算した (表 4.3.5)。可採鉱量 300 万 t、銅品位 1.8%、初期投資額 38MUS\$, 銅価格 200 ¢/lb、粗鉱生産量 20 万 t/年、操業期間 15 年、山元で選鉱、Shengjin 港から精鉱を輸出するものと仮定すると、 $NPV_{10}=14.26MUS\$$, $IRR=18.09\%$ となる。銅価格が 175 ¢/lb に低下すると、 $NPV_{10}=3.52MUS\$$, $IRR=12.11\%$ となるが、銅価格が 200 ¢/lb 以上であれば、この程度の規模の鉱山操業が可能と思われる。

4.3.6 世界の銅需給動向

世界の銅鉱石供給と銅地金消費は 20 世紀初めより幾何級数的に増加し、現在需給ともに年間 1,500 万 t 前後に達している (図 4.3.10 および図 4.3.11)。世界では表 4.3.6 に示すような銅鉱床が近い将来生産が開始されることになる。近年の地金消費増大は BRICs とりわけ中国の著しい経済発展に起因しており、シンクタンクなどによりこの傾向は暫く継続するものと予測されている。また LME 銅地金価格は 2004 年以降高騰し、高止まりの状況が続いている (図 4.3.12)。これはスーパーサイクルと称されるような長期の傾向と見られており、価格も暫く高位で推移するものと思われる。こうしたトレンドは、期待される銅鉱床が小規模であっても「ア」国にとって好ましい環境であると言える。

表 4.3.5 仮想鉱山 (Mirdita 鉱山) 経済性検討

Year	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-1					
Basic conditions	Ore reserves																				
	Ore reserves																				
	Cu grade																				
	Mining																				
	Underground ore treated																				
	Head grade																				
	Beneficiation																				
	Cu Concentrate																				
	Cu Grade																				
	% Payable Cu																				
Smelting	Cu recover.																				
	Cu TC																				
	Cu RC																				
	Conc.Faicht																				
	Capex																				
	Starting																				
	Mining																				
	Beneficiation																				
	Infrastructure																				
	Other																				
Corporate tax	Sustaining																				
	Royalty																				
	Metal Price																				
	Copper																				
	Copper																				
	Operating cost (C to C)																				
	Labour																				
	Energy																				
	Consumable																				
	Other																				
DCF analysis	G & A																				
	Labour																				
	Energy																				
	Consumable																				
	Other																				
	Gross revenue																				
	Cu price																				
	Cu payable																				
	Gross revenue																				
	Operating costs																				
Realization costs																					
Royalty																					
Net revenue after costs																					
Depreciation																					
Net revenue after depreciation																					
Corporate tax																					
Net revenue after corporate tax																					
+Depreciation																					
Operating cash flow																					
Capex																					
Net cash flow																					
NPV																					
IRR																					

IRR:18.09%
 ⑩: 3.24*1000*(30-1)/30*2.2046*1000/1000000

表 4.3.6 世界の主要銅プロジェクト

Full name	Country	Type	Reserves+Resources	Cu%
Pebble	USA	PO	3,029	0.28
Toromocho	Peru	PO	1,706	0.47
Aktogay	Kazakhstan	PO	1,614	0.35
Oyu Tolgoi	Mongolia	PO	1,511	1.04
Cerro Colorado	Panama	PO	1,457	0.77
Cerro Casale	Chile	PO	1,035	0.26
El Arco	Mexico	PO	1,016	0.52
Casino	Canada	PO	991	0.2
Quellaveco	Peru	PO	938	0.64
Schaft Creek	Canada	PO	817	0.3
Agua Rica	Argentina	PO	731	0.5
Panantza	Equador	PO	678	0.62
Geleno	Peru	PO	661	0.5
Conga	Peru	PO	618	0.26
Michiquillay	Peru	PO	544	0.69
Rio Blanco	Peru	PO	499	0.63
Rosemont	USA	PO	492	0.44
Prosperity	Canada	PO	487	0.22
Brisas	Venezuela	PO	483	0.13
El Morro	Chile	PO	450	0.58
Kingking	Philippines	PO	354	0.39
Namosi	Fiji	PO	344	0.54
Mount Milligan	Canada	PO	334	0.22
Florence	USA	PO	321	0.37
Red Chris	Canada	PO	276	0.35
Antucoya	Chile	PO	236	0.31
Minador	Equador	PO	180	0.62
Copper Mountain	Canada	PO	176	0.33
Skouries	Greece	PO	146	0.54
Rio Tinto	Spain	VMS	123	0.48
Magistral	Peru	PO	114	0.49
Alemao	Brazil	IOCG	106	1.45
Cerro Negro Chile	Chile	IOCG?	79	0.59
Jabal Sayid	Saudi Arabia	VMS?	74	1.3
Tambo Grande	Peru	VMS	58	1.46
Los Chancas	Peru	PO	54	0.8
Roseby	Australia	IOCG	51	0.69
New Afton	Canada	PO	44	0.98
Buenavista	Mexico	Skarn?	36	0.65
Didipio	Philippines	PO	35	0.56
Bisha	Eritrea	VMS	20	1.94
Aljustrel	Portugal	VMS	15	0.42
Kinsenda	Congo D.R.	SED	11	4.92
San Martin	Mexico	Skarn	11	0.87
Camacks	Canada	VMS	11	1.04
Sulphur Spring	Australia	VMS	10	1.5
Khadiza	Uzbekistan	VMS	9	0.97
Kalukundi	Congo D.R.	SED	8	2.37
Shituru	Congo D.R.	SED	7	4.3
Al Masane	Saudi Arabia	VMS	7	1.42

PO:porohyry copper deposit, VMS:volcanogenic massive sulfide deposit, IOCG:iron oxide copper gold deposit, SED:sediment-hosted copper deposit, Skarn:skarn type copper deposit

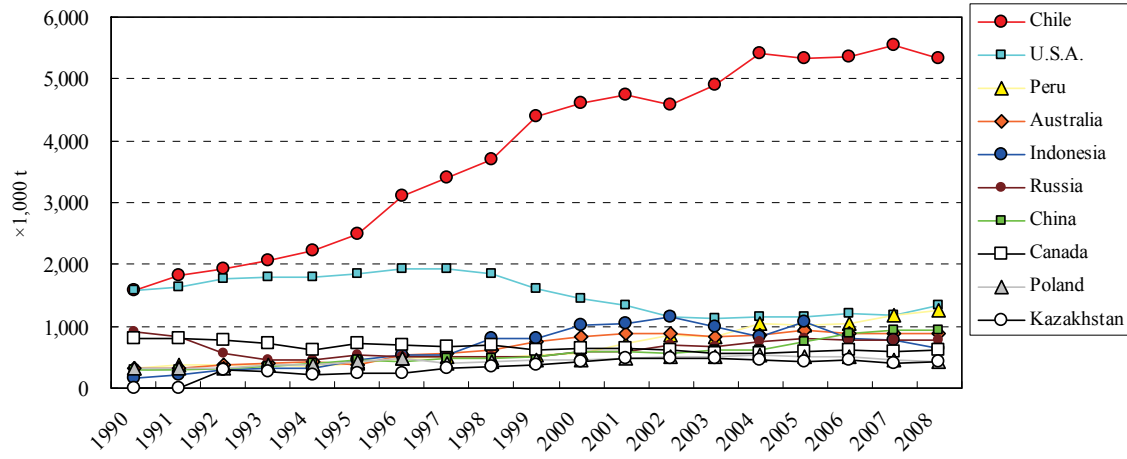


図 4.3.10 国別鉛石生産推移 (WMS 2009)

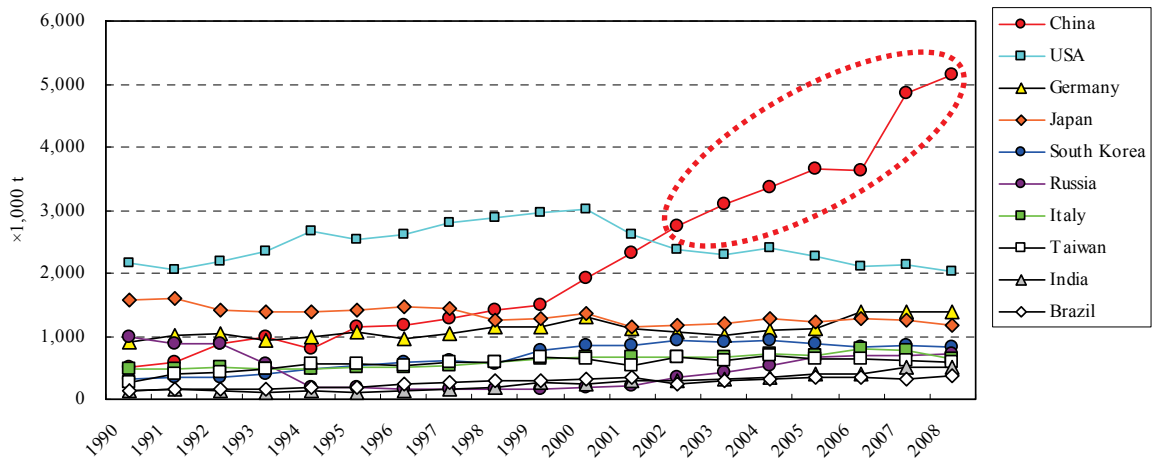


図 4.3.11 国別銅地金消費推移 (WMS 2009)

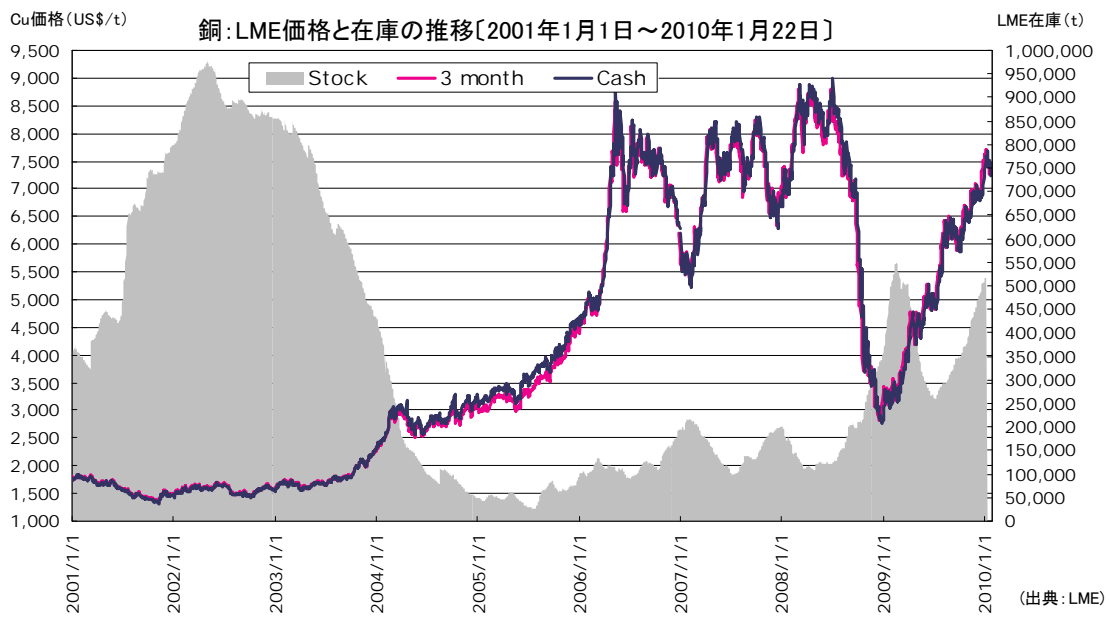


図 4.3.12 LME 銅地金価格および在庫推移

4.3.7 銅鉱業の抱える課題

「ア」国には多数の火山性塊状硫化物鉱床が存在する。これらはカナダ、ポルトガルやウラルの類似鉱床の地質と比較すると、ワールドクラスの銅鉱床賦存の可能性は非常に低いと言わざるを得ない。しかしながら、銅資源は「ア」国の重要な金属鉱物資源の1つであることには違いない。本項では、銅鉱業各分野の抱える課題について述べ、次項においてこの課題を踏まえ、銅鉱業戦略（方向性と方法論）について述べる。

1) 探査 – 中規模・高品位鉱床の発見–

「ア」国銅鉱業の最大の課題は、多数の小規模鉱床は発見されているが開発可能な鉱量が確保されていないということに尽きる（表 4.3.7）。計画経済時代にアルバニア政府はシステムティックな探査を実施したが、その探査技術および探査モデルは当時としても新しいものと言え難かった。

表 4.3.7 残存銅埋蔵量

Group	Mine or Deposit	Resource (t)	Cu %	Cu (t)	Value (million US\$)*	Mining Concession Owner
New Deposit	Bregu i Geshtenje	1,037,340	1.86	19,295	135	
	Perlat	754,745	2.44	14,038	98	
	Karme	517,295	2.24	9,622	67	BERALB
	Lak Roshi	317,246	3.94	5,901	41	BERALB
	Munelle	5,145,620	1.05	95,709	670	BERALB
	Tuci Indor	500,994	1.5	9,318	65	
	Gurth 3	121,356	2.11	2,257	16	
Existing Mine**	Nikoliq 1	170,000	1.2	3,162	22	
	Krume	43,000	3.55	800	6	
	Cafe Bari	330,000	1.45	6,138	43	
	Fushe Arrezi	39,600	2.42	737	5	
	Spaci	3,274,200	0.984	60,900	426	Tete Mining
	Gurth 1	55,462	2.28	1,032	7	
	Rhehove	216,000	1.464	4,018	28	Dedeman Mining
Closed Mine***	Golaj	429,630	0.602	7,991	56	
	Munelle	603,626	1.43	11,227	79	
	Tuci	462,869	0.85	8,609	60	
	Porave	48,062	2.11	894	6	
	Rruga e rinise	387,805	1	7,213	50	
	Kcire	126,339	1.45	2,350	16	
	Paluce	2,356,000	1.49	43,822	307	
	Gurth 2	227,040	1.14	4,223	30	
	Thirre	333,752	1.70	6,208	43	
	Rubic	968,570	2.01	18,015	126	
	Kacinar	126,339	1.45	2,350	16	
	Kurbnesh	-	-	-	-	
	Perlat 1	236,275	1.68	4,395	31	
	Dereven	1,248,558	0.98	23,223	163	
	Kullaxhi	372,592	1.06	6,930	49	
	Gdheshte	197,000	1	3,664	26	
	Shemeri	403,500	0.85	7,505	53	
Gjegjan	61,000	2.56	1,135	8		
Nikoliq 2	560,051	2.3	10,417	73		
Total		21,671,866	1.86	403,097	2,822	

*Value: LME US\$7,000/t

**classified as an existing mine by AKBN, however actually no operation

*** resource of closed mine is geological reserve of AGS classification

(AKBN データ)

本調査で情報収集した結果、EOB の北部にはスプラ - サブダクション帯 (SSZ) のオフィオライトが存在しその中に塩基性から酸性の火山岩類に伴って火山性塊状硫化物鉱床が存在する。すなわちこれまで火山性塊状硫化物鉱床とされてきたものの中に黒鉱型類似鉱床が存在することが明らかになった。TIREX 社も 2007 年から Puka および Mirdita 県の銅鉱床地帯において既に Noranda 鉱床モデルを適用して探査を開始している。SSZ の火山性塊状硫化物鉱床のモダンアナログとして、日本の伊豆・小笠原が挙げられる。このように、日本の黒鉱の特徴との比較によって、より詳細なポテンシャル評価が可能になると思われる。また日本の黒鉱鉱床探査で効力を発揮した岩石地化学探査やボーリング孔 IP などの手法が役立つものと思われる。Gjejgan のような別子型類似鉱床は、比較的まとまった高品位鉱床であるが、十分な検討がなされていない。多くの地質専門家が言うようにメランジェであるとすれば大規模鉱床は期待できない。いずれにしろ「ア」国の銅鉱床についてワールド・スタンダード・モデルに基づいてレビュー・再解析することが必要である。

2) 採掘 —低コスト・高回収率採掘方法の導入—

日本の黒鉱鉱床と同様に、Puka および Mirdita 県の銅鉱床地帯には小規模な鉱体が散在するという特徴を有する。平均して地表下数百 m に潜在しておりかつ不規則な形態を示し、これまで「ア」国で最も低コストと思われたサブレベル・ケービング法が多く採用されてきた。サブレベル・ケービング法は、一般にスウェーデンの Kiruna 鉱床のような、大規模な塊状鉱床の採掘に適用される。ズリ混入率が高く、切羽の選別が難しいとされている。低コスト・高回収率採掘方法の検討が必要と思われる。またコンパクト・マイニング・システムのアイデアを導入し、これまで経済的に採掘不可能とされた小規模鉱床の効率的採掘・選鉱および尾鉱堆積場の残存金属回収を検討する余地が残されている。

3) 選鉱 —鉱石回収率の向上—

黒鉱型類似鉱床の鉱石鉱物は細粒で、黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、その他（方鉛鉱、磁硫鉄鉱、白鉄鉱、ペントランダイト、輝銅鉱、赤鉄鉱、斑銅鉱、コベリン、硫砒鉄鉱）から構成されている。このため、選鉱が難しく、これまで「ア」国で回収の対象となった金属は銅のみで、亜鉛は回収されていなかった。また選鉱実収率も最大で 85%と低かった。現在 Munelle 鉱山の鉱石を処理している Fushe Arrezi の選鉱プラントの実収率は 85%および精鉱銅品位は 19%である。ちなみに日本の黒鉱鉱石の銅実収率は 90%以上であった。これから見ても未だ改善の余地が残されている。また亜鉛回収の検討も望まれる。

4) 製錬 —優位性はあるのか—

計画経済時代には、Rubik, Laci, および Kukes の 3 製錬所で銅地金を生産していたが、いずれも小規模で、3 製錬所を併せても年間 1 万 t 強であった。「ア」国内に銅地金 2 万 t/年規模の小規模製錬所（溶錬+精製）を建設してもカスタム・スマルターとしては経済性はなく（表 4.3.8）、また銅鉱山付属製錬所としても供給可能な鉱石の手当てができないことから、製錬所建設は推奨できない。

表 4.3.8 溶錬・精製プラント建設・操業コスト

(シンクタンク・データ)

	Capacity	CAPEX	TC	RC	Cost	Revenue	Balance
Smelter	20,000t/a	60M\$	60\$/t conc.		30 ¢/lb ^{*1}	19 ¢/lb ^{*3}	-11 ¢/lb
Refinery	20,000t/a			6 ¢/lb metal	8 ¢/lb ^{*2}	10 ¢/lb ^{*4}	2 ¢/lb

^{*1} average of small scale 5 smelter

^{*2} average of small scale 5 refinery

^{*3} TC: 9.5 ¢/lb, bonus 4.5 ¢/lb, sulfur credit 5 ¢/lb, 28.5%Cu

^{*4} RC: 6 ¢/lb, Premium: 5.5 ¢/lb, freight: 1.5 ¢/lb

5) 環境問題 —環境負荷ゼロの鉱山開発—

火山性塊状硫化物鉱床は多金属硫化物鉱床であることから、砒素、水銀、鉛などの多くの有害金属を含有する。また硫化物が分解して硫酸を形成することから、半永久的に酸性水の流出を伴うことが懸念される。このため、鉱山操業中はもとより、閉山後の環境対策を念頭においた開発が求められる。従って開発権の認可に当たっては、閉山後の対策を義務付け、その資金手当てが十分出来ることを確認することが不可欠である。

6) 銅鉱業の主役 —資金力・技術力のある企業—

火山性塊状硫化物鉱床は、クロムやラテライト・ニッケル鉱床と違い複雑塊状硫化物鉱床であり、選鉱および採掘に熟練した高度な技術を要する。また開発、選鉱に多額の資金を要することから国内企業独自のオペレーションは当面考えられない。また期待される鉱床規模から考えて、非鉄メジャーカンパニーの関心度は低いと思われる。従って採鉱・開発は閉山対策まで含めた技術力・資金力のあるジュニア・カンパニー若しくは近隣国の鉱山会社が主役となる。

7) 鉱床知識と探査ノウハウ —世界レベルと交流できる能力—

計画経済時代に AGS は多くの鉱床探査専門家を抱え探査を実施し、鉱床に関する知識レベルも高かったが、こうした専門家は高齢化を迎えるとともに人員整理により有能な職員が AGS を去った。現有スタッフは主に地質図幅作成とデータベース用資料整理に従事し、鉱床および探査専門家が不在で、自国鉱物資源をワールド・スタンダード情報に基づき評価し、海外に紹介する能力が大幅に欠如している状況にある。

4.3.8 銅資源開発戦略について

これまでの議論を踏まえ、下記の開発戦略を提案する。

1) 目指すべき方向性

「ア」国の銅鉱床は火山性塊状硫化物鉱床で、既知鉱床の規模、鉱床生成環境などから判断して、銅量数十万 t クラスの鉱床が期待される。将来に亘る銅鉱業振興のため、現在操業中の Munelle 鉱山および Lak Roshi 鉱山に加え更に「開発可能な銅資源の確保」、および「既知鉱床の効率的開発」を提言する。またこれらを実行するにあたり、「国内研究機関との連携強化」を提言する。

シンクタンク等によると、今後世界の銅需要は確実に伸びること、また銅価格は暫く 2005 年以降の高価格で高止まりが続くものと予想されており、「ア」国にとってフォローアップの状況にあり、「ア」国の適切な銅資源開発は同国経済発展に寄与するものと確信する。

銅鉱床は潜頭性の硫化物鉱床で高度な採鉱・選鉱・鉱害対策技術を必要とすることから「ア」国内企業単独による開発は難しいと思われ、類似鉱床開発の経験の豊富な外国鉱山企業に任せることが望ましい。

銅製錬所建設については、小規模なカスタム・スマルターでは国際競争力がなく、また同国および周辺国の銅資源ポテンシャルから判断して鉱山付属製錬所としても、将来的に安定的な鉱石供給が見込まれないことから推奨できない。

2) 方法論

A. 開発可能な銅資源の確保

銅鉱業振興のためには開発可能資源の確保が急務である。銅鉱床はオフィオライト帯の火山岩メンバーおよび一部深成岩中に存在しており、これらの分布域が調査の対象範囲となるが、既存資料からは、銅鉱床賦存有望地域として図 4.3.13 に示すように、「ア」国北部の

Fushe Arrezi-Spaci 間の酸性岩分布地域 (SSZ オフィオライト帯、図 4.3.13 の I)、これの西側に隣接する Rubik-Puke の玄武岩分布地帯(MORB オフィオライト帯、図 4.3.13 の II)、コソボとの国境付近の旧 Gjegjan 鉱山周辺 (図 4.3.13 の III) および「ア」国南部の旧 Rehove 鉱山周辺 (MORB オフィオライト帯、図 4.3.13 の II)が取り上げられる。

基本的には、オフィオライト分布域において空中磁気・放射能探査および衛星画像解析を行い、有望地域を抽出する。空中磁気・放射能探査では鉱化作用に伴う磁気消失帯抽出が探査ターゲットとなる。衛星画像解析では鉱化作用に伴う粘土化変質帯が探査ターゲットとなる。

また AGS と Polytech -University of Tirana の Institute of Geoscience および Faculty of Geology and Mining 等の地質・鉱床専門家と共同して、最新の鉱床生成モデルや世界の類似鉱床との比較を行うことによって、「ア」国における経験モデルを構築する。この経験モデルを用いて、Archive Center 保管の既存資料等の再解析を行う。更に空中磁気・放射能探査および衛星画像解析結果と併せて解析を行い、有望地区を選定する。また併せて選定した有望地区において例えば岩石地化学探査のような基礎的調査およびパイロットボーリングの実施を推奨する。空中磁気・放射能探査および衛星画像解析等の調査には多額の予算負担を伴うことから、予算措置に時間を要する場合は、先行して既存資料再解析からスタートすることを勧める。

既存資料解析とモデル構築について具体的な作業手法と流れを以下に記す。

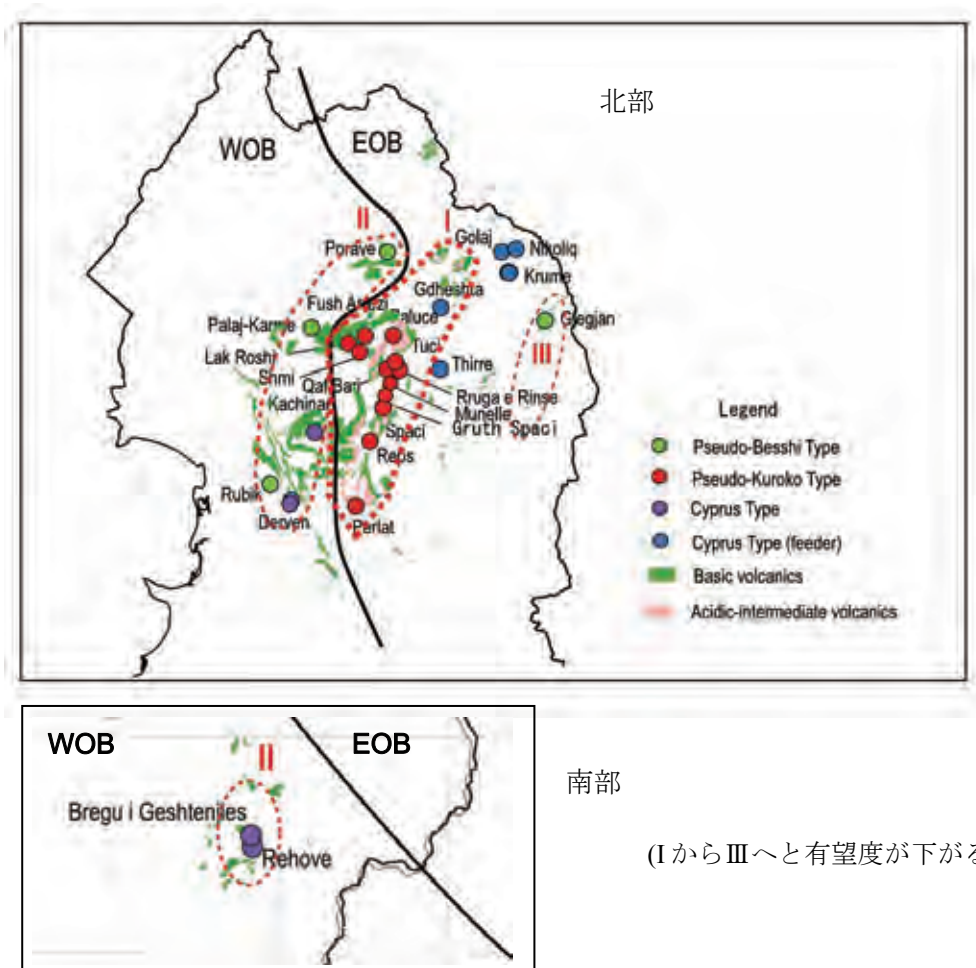
- (a) モデルとなるキプロス型、黒鉱型、別子型鉱床の特徴認識および探査のための概念モデルを作成する。このためには Geology of Kuroko Deposits (Special Publication No.6, 1976, Society of Mining Geologist of Japan)、Mineral Deposits Profile (BC Geological Survey)、Volcanic Associated Massive Sulphide Deposits (Review in Economic Geology, Volume 8, 1999, Society of Economic Geologist)などを参考とする。
- (b) 「ア」国の VMS に関する論文や探査実務経験などから、概念モデルを修正した地域経験モデルを作成する。
- (c) Archive センター保管の既存資料の解析と地域経験モデルとの比較を行い、次の項目等について解析・評価を行う。
 - ・ 変質岩の原岩判読(溶岩、火山砕屑岩、貫入岩)と産状形態の復元
 - ・ 鉱石ゾーニング、変質帯の広がり、鉱体の形態等
- (d) 火山活動と鉱化作用の関係を捉え、鉱床賦存可能性の高い地域を抽出する。

AGS 鉱物資源部業務として、既実施調査の再解析、鉱床賦存規則性基準作成、投資家への情報提供が定められており、上記提案は AGS 鉱物資源部業務範囲のなかで遂行可能である。とりわけ既実施調査の再解析の一環としてプロジェクト番号 II-3 および II-5 (未評価鉱床のデータベース化および鉱床評価) 業務が進行中であり、提案する地域経験モデル作成と既存資料再解析を加えることにより、有望地域選定のための基礎的情報にする。

これら解析データの一部についてウェブサイトなどを通じて幅広く公表し、投資を呼びかける。鉱区入札を行う場合は、調査に費やした経費を価格に含め回収をはかる。また空中磁気・放射能探査データおよび衛星画像解析は概要をのみを公表し、取得した生データおよび解析結果は有料で販売する。

解析が進展した段階で、外資導入キャンペーン (例えばワークショップなど) を開催し、海外企業に対し、広く投資を呼びかける。

また UNESCO の IGCP-502 (タイトル: Global Comparison of Volcanic-hosted Massive Sulphide Districts、代表者: Rodney Allen、2009 年で終了) を継承した SGA のワーキンググループに参画し、世界の VMS 研究者や探査会社と交流を深め、最新の情報収集に努めるとともに、「ア」国の VMS の情報発信を行ない、世界の探査会社の関心を集めるよう努める。



(IからIIIへと有望度が下がる。)

図 4.3.13 銅鉱床賦存有望地域

B. 小規模既知鉱床（廃滓堆積場残存有価金属を含む）の再評価と効率的な開発

国内に多数の小規模な銅鉱床が確認されているが、未採掘や鉱量を残したまま閉山に至ったものが存在する（表 4.3.7）。鉱山開発は民間企業の役割であるが、貴重な国内資源の有効活用という観点から、これらを回収する方法について政府(AKBN)自らが先頭に立って検討を行う。具体的には、計画経済時代に計算された鉱量計算を元に、各鉱床のおおよその経済評価を行う。またコンパクト・マイニング・システム（複数の鉱床を集約した小型・高能率・高実収率鉱山開発を行い、スケール・デメリットを補う）の概念を導入して小規模鉱床開発の可能性を検討する。コンパクト・マイニング・システムの概念は銅のみならず、クロムおよびニッケルの小鉱山にも適用可能である。廃滓（尾鉱）堆積場に残存すると考えられる有価金属回収についても、民間企業の投資を待つよりも、政府(AKBN)自らが回収可能性調査を行い、実際の回収を民間企業に委ねることが望ましい。

また鉱山監督の機能を持つ AKBN は操業企業に対して最適採掘法（例えば、実収率の高い上向き充填採掘法）、最適選鉱法（例えば、温水、SO₂ 吹込み選鉱）を指導する。特に高品位部の抜き掘りは山命を縮めることになり、また採掘した鉱石からの有価金属の非採取は、折角の国家財産を無駄にすることになり禁忌すべきである。

4.4 ニッケル

4.4.1 ニッケル鉱業概要

「ア」国東部国境地帯に発達するニッケル鉱床は、白亜紀～古第三紀に形成された化石化したラテライト・ニッケル鉱床で、トルコ、ギリシャ、マケドニア、コソボ、セルビアにかけて発達する鉱床生成区の中の一つである。Kukes, Librazhd-Pogradec および Devolli の3地域においてクラスターを形成して分布する(図 4.4.1)。3つのクラスター合計の資源量は約3億t、ニッケル品位は1.01%(表 4.4.1)で操業中の世界のラテライト・ニッケル鉱床と比べると小～中規模、低品位の鉱床である。鉱石は Fe-Ni 鉱石(リモナイト鉱石)と Ni-Si 鉱石(サプロライト・ガーニエライト鉱石)からなり、Librazhd-Pogradec クラスターは Fe-Ni 鉱石が、Kukes および Devolli クラスターは Ni-Si 鉱石が卓越する。

計画経済時代の1978年～1986年に Elbasan 鉄鋼コンビナートで CARON 法により金属ニッケルおよび酸化コバルトを生産したが、技術的問題があり、計画どおりの生産は出来なかった。1994～1995年に乾式製錬パイロット試験をノルウェーの Elkem 社に委託して行い、技術的には可能であるとの結果を得ているが、その後進展は見られない。

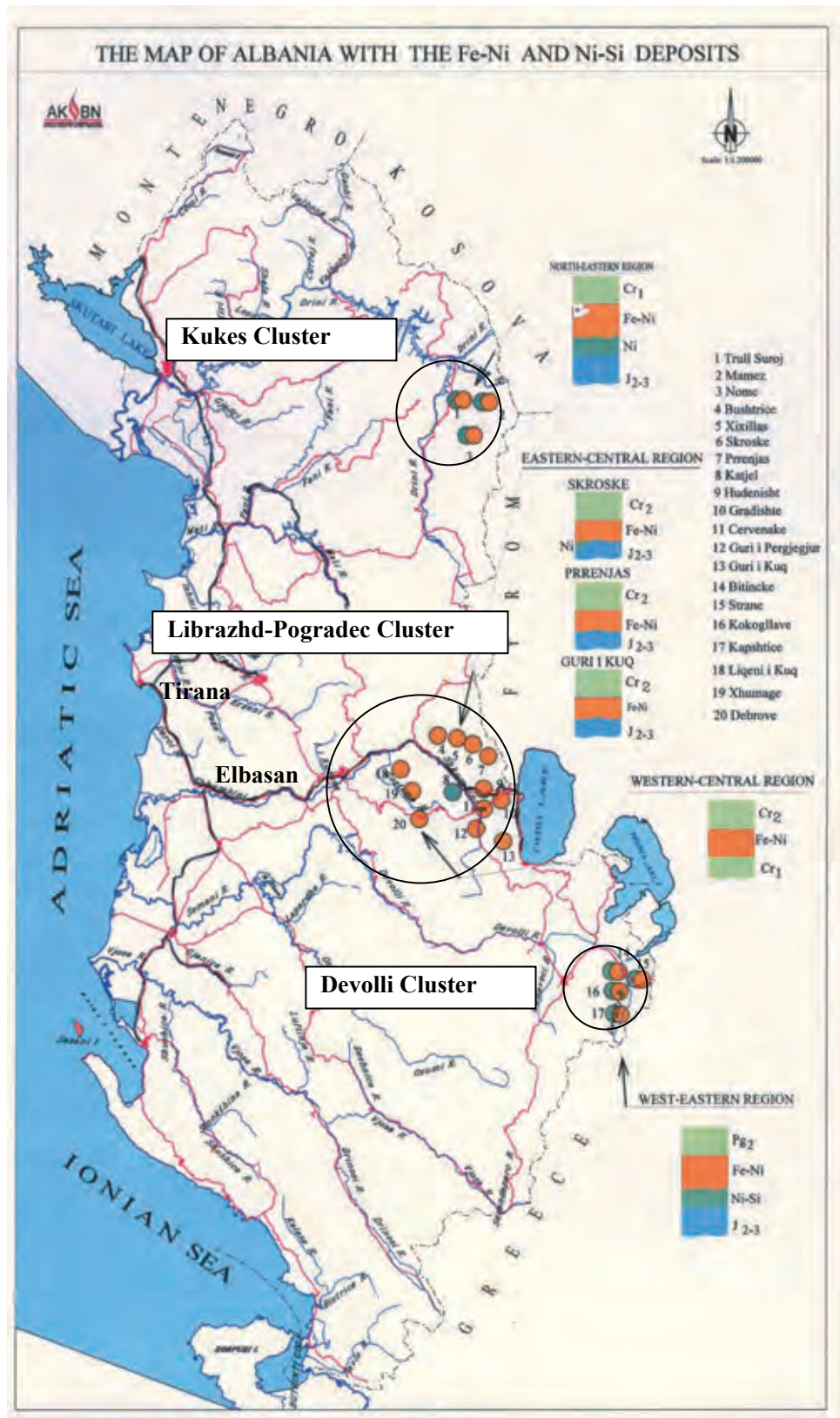
2009年末時点で、3つのクラスターにおいて、「ア」国およびマケドニアの企業11社が細々と採掘を行っており、鉱石9.5万t、ニッケル品位1%前後を生産し、ストックを除き全量をコソボおよびマケドニアの製錬所に輸出している。「ア」国内でのニッケル回収は行われていない。現在 European Nickel 社と Balkan Resource 社の JV が Devolli クラスターでヒープリーチングを目指しプレ F/S 調査を進めている。

「ア」国に隣接するコソボ、マケドニア、ギリシャでは、それぞれ国内に製錬所を有しており、「ア」国は、これらに対する鉱石輸出というポジションもあるが、将来的に国内資源に付加価値を付けて輸出するという観点から、海外企業を誘致して本格的なニッケル回収を目指すことが望まれる。海外企業誘致を目指すにあたって、政府機関による独自の基礎的情報の収集およびコンセプト・モデル作成が必要と考えられる。

4.4.2 過去の生産状況

計画経済時代には、Librazhd-Pogradec クラスターの Prrenjas や Gur i Kuq 鉱床等が開発され、鉱石は Elbasan 鉄鋼コンビナート内のプラントに貨車輸送され、金属ニッケルの原料とされた。比較的規模の大きかった Prrenjas および Gur i Kuq 鉱山は国道 E852 および鉄道路線に隣接しており、また Elbasan 鉄鋼コンビナートにも近く、開発環境は良好であった。両鉱山の鉱山設備(立坑、破碎設備建屋)は現在も国道から見る事が出来る。また Pogradec 駅前には Gur i Kuq 鉱山のラテライト・ニッケル鉱石が野積みされたまま放置されている。これら多くの鉱山は坑内採掘で、Cervenak など一部鉱山のみが露天採掘であった。AKBN の資料によると1950年代後半から1991年にかけて当地域全体で18百万tが採掘され(図 4.4.2)、金属ニッケル回収プラントが操業を開始する1980年頃までは、東欧諸国に輸出されていた模様である。2005年から Kukes, Librazhd-Pogradec および Devolli クラスターでラテライト・ニッケル鉱石の生産が再開された。

Elbasan 鉄鋼コンビナートでは、中国の技術と資機材を用いて Librazhd-Pogradec クラスターの Fe-Ni 鉱石を原料とする金属ニッケル回収プラントが建設され、1981年から1992年まで CARON 法で金属ニッケルおよび酸化コバルトを生産した。ニッケル地金生産量は表 4.4.2 に示すように、12年間で僅かに3,500tに過ぎなかった。これは中国製資機材が古く稼働率が低く、また鉱石供給が十分に出来なかったため操業がコンスタントに出来なかったことによると言われている。また、1994～1995年にノルウェーの Elkem 社に委託して、Devolli および Kukes クラスターの Ni-Si 鉱石を原料とした乾式製錬法によるフェロニッケル回収実験が行われ、投資額3.6億US\$で、鉱石処理量百万t/年、Ni品位25%のフェロニッケル1万t/年の生産が技術的に可能であるとの結論を得ているがその後進展は見られない。



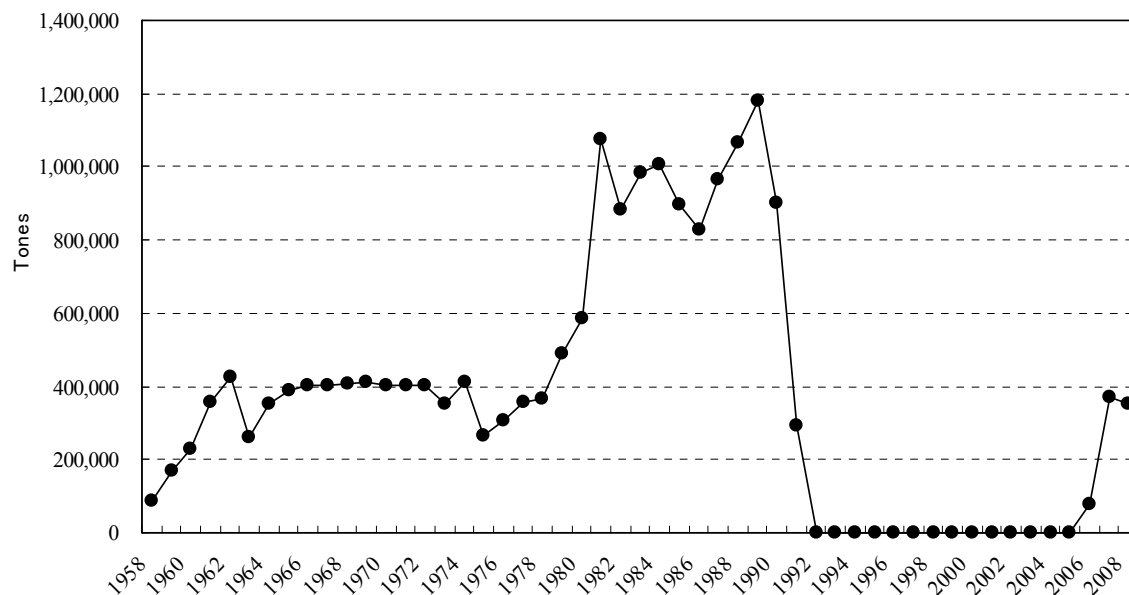
AKBN 資料

図 4.4.1 ラテライト・ニッケル鉱床分布およびラテライト層序

表 4.4.1 主要ラテライト・ニッケル鉱床一覧表

Cluster	Name	Type	Mineral Resource (t) (B+C ₁ +C ₂)	Ni (%)	Fe (%)	SiO ₂ (%)	Co (%)
Kukes	Mamez	Fe-Ni	19,053,000	1.10	35.60	27.00	0.06
		Ni-Si	24,751,000	0.99	18.20	42.00	0.04
		total	43,804,000	1.04	25.77	35.48	0.05
	Nome	Fe-Ni	2,074,000	0.85	43.30	12.90	0.05
		Ni-Si	3,949,000	1.20	21.80	41.00	0.05
		total	6,023,000	1.08	29.20	31.32	0.05
	Trull-Surroj	Fe-Ni	6,382,000	0.96	33.30	17.30	0.06
		Ni-Si	24,120,000	0.95	22.40	39.40	0.05
		total	30,502,000	0.95	24.68	34.78	0.05
	Total in Kukes	Fe-Ni	27,509,000	1.05	35.65	23.69	0.06
		Ni-Si	52,820,000	0.99	20.39	40.74	0.05
		total	80,329,000	1.01	25.61	34.90	0.05
Librazhd-Pogradec	Bushtrice	Fe-Ni	1,283,500	1.06	49.47	6.00	0.06
	Gur i Kuq	Fe-Ni	53,178,976	0.97	41.84	16.80	
	Gradisht	Fe-Ni	252,870	0.71	45.81	4.10	
	Hundenisht	Fe-Ni	2,562,301	0.82	49.20	4.57	
	Debrove	Fe-Ni	4,000,000	0.85	27.90	33.60	0.05
	Xhumage	Fe-Ni	20,096,000	0.68	35.70	25.60	0.05
	G. Pergjegjur	Fe-Ni	1,414,419	0.99	48.55	5.94	
	CJ Lindore	Fe-Ni	5,102,184	0.95	44.50	12.30	
	Liqueni I Kuq	Fe-Ni	12,260,000	0.58	39.40	18.90	0.05
	Prrenjas	Fe-Ni	23,870,000	1.01	46.70	10.23	
	Skroske	Fe-Ni	14,547,900	0.99	50.04	3.89	0.07
	Xixillas	Fe-Ni	2,199,750	1.03	48.40	5.40	0.07
	Total in Librazhd-Pogradec	Fe-Ni	140,767,900	0.90	42.50	15.47	
Devolli	Strana	Fe-Ni	3,093,810	1.11	44.46	10.40	0.06
		Ni-Si	6,405,690	1.27	12.85	37.65	0.04
		total	9,499,500	1.22	23.14	28.78	0.05
	Bitincke	Fe-Ni	20,952,000	1.03	40.55	9.61	0.04
		Ni-Si	15,285,000	1.21	14.88	35.58	0.05
		total	36,237,000	1.11	29.72	20.56	0.04
	Kapshtica	Fe-Ni	24,592,000	1.25	43.00	10.00	0.04
		Ni-Si	16,639,000	1.19	19.00	34.35	0.04
		total	41,231,000	1.23	33.31	19.83	0.04
	Kokogllave	Fe-Ni	1,546,170	1.07	42.34	9.61	0.04
		Ni-Si	1,731,660	1.46	14.59	35.57	0.05
		total	3,277,830	1.28	27.68	23.32	0.04
	Total in Devolli	Fe-Ni	50,183,980	1.14	42.05	9.85	0.04
Ni-Si		40,061,350	1.22	16.25	35.40	0.04	
total		90,245,330	1.18	30.60	21.19	0.04	
Total in Albania			311,342,230	1.01			

(AKBN 資料から作成)



(AKBN 資料から作成)

図 4.4.2 ラテライト・ニッケル鉱石生産推移

表 4.4.2 Elbasan 鉄鋼コンビナートにおけるニッケル・コバルト生産状況 (1981 年～1992 年)

(tonnes)

Product	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Ni ore	328,821	323,417	361,022	457,572	398,700	377,730	409,400	426,532	451,770	428,164		
NiCO ₃	2,313	2,412	3,076	3,755	3,145	3,169	3,311	3,237	5,183	4,316		
Anode Ni							88	694	2,500	2,650	1,100	63
Erectric Ni									1,747	1,608	170	
Oxide Co										0.2		

(AKBN 資料から作成)

4.4.3 現状

1993 年以降ニッケル鉱業活動は停止していたが、2005 年から Librazhd-Pogradec クラスターの Devrova および Skroska 鉱山、Devolli クラスターの Bitincke および Kaphshitica 鉱山、Kukes クラスターの Trull Surroj 鉱山および Mamez 鉱山の 6 鉱山で生産活動が再開された。2010 年 1 月 1 日時点で、30 社が 38 件の鉱業権を設定している (表 4.4.3)。このうち採掘権 (exploitation) が 30 件、探査権 (exploration) が 6 件、調査権 (prospection) が 2 件、またこのうち外国企業は、マケドニア 2 社、カナダ 1 社、英国 1 社、中国 1 社であった。

1) 探査

「ア」国のラテライト・ニッケル鉱床は、他の類似鉱床と同様に成層状を成し、産状が良く判っていることから、現在グラス・ルーツの探査は余り行われていない。アドバンスド・ステージの探査は、European Nickel 社のアルバニア法人である Adriatic Nickel Resources 社とカナダのジュニア・カンパニーである Balkan Resources 社が共同探鉱会社 Devolli Resources 社を設立し Devolli 地域 (Kokogllave および Devolli 鉱床) で共同探鉱を実施しており、2010

年末までにプレ F/S を完了することになっている。プレ F/S はヒープリーチング法もしくはニッケル鉱石をギリシャの Larymna 製錬所で処理することを前提としている（2009年9月時点）。Devolli 鉱床は JORC コードで資源量 35.6 百万 t, Ni 品位 1.2%、Kokogllane 鉱床は 26.4 百万 t, 1.21%、Zembalku 鉱床は 37 百万 t, 1.21%と見積もられている。しかし Devolli 地域には、マケドニアに跨る Ohrid 湖や Prespen 湖が存在し、国立公園にも指定されていることから、硫酸を使ったヒープリーチングによる環境への影響を懸念する声もあり、この方法の適用の先行きは不透明である。

Balkan Resources 社は Librazhd-Pogradec クラスタでボーリングを実施し、従来考えられていた層準に加え、その下位の礫岩中にもラテライト層が存在していることを発見した。しかしながら薄層で稼行対象となるようなものではなかった。

2) 生産

既述のように、2005年から6鉱山で生産活動が始まったが、さらに2009年には11鉱山で生産活動が行われた。Bitincke 鉱山の権益をマケドニアの鉱山・製錬会社である A&F Nickel 社が有しているが、それ以外は地元企業が権益を有している。

2009年には Devolli クラスタで3社が 43,000t のラテライト・ニッケル鉱石を、Librazhd-Pogradec クラスタで7社が 51,840t の鉱石を生産した（表 4.4.4）。これらの鉱石はストックを除く全量 97,992t がマケドニアの Feni Industry およびコソボの Ferronikeli のニッケル製錬所に輸出された。Ni 品位を 1%とすると、ニッケル金属量 980t が輸出されたことになる。鉱石は、Ferronikeli 製錬所まで約 120km、Feni Industry 製錬所まで約 250km をトレーラー（20 t 積載）輸送されている。

表 4.4.3 ニッケル鉱業権認可状況

2010.01.01

Mine	Company	Region	License	Category	Coverage(km ²)	Country
Bitincke	A & F Nickel	Devolli	400, 17.04.1998	Exploitation	0.15	Macedonia
Bitincke	A & F Nickel	Devolli	572, 01.09.2000	Exploitation	0.65	Macedonia
Mamez	Adi	Kukes	689, 06.01.2003	Exploitation	1.132	Albania
Trull Surroj	Adi	Kukes	690, 06.01.2003	Exploitation	0.945	Albania
Katjel	Prodhime Karbonike	Librazhd	711, 10.07.2003	Exploitation	0.0154	Albania
Kapshitice	Alfa Nickel, sh.p.k	Devolli	845, 07.03.2005	Exploitation	0.497	Albania
Gur i Kuq	Albanian Resources	Pogradec	859, 16.05.2005	Exploitation	1.188	Macedonia
Skroske	Gerold	Librazhd	909, 01.09.2005	Exploitation	0.17	Albania
Debrove	Joal – 06	Pogradec	980, 04.12.2006	Exploitation	0.53	Albania
Damba Hudenisht	Dollar Oil	Pogradec	981, 12.12.2006	Exploitation	0.099	Albania
Shkoze	Aren 2003	Pogradec	984, 08.01.2007	Exploitation	0.55825	Albania
Xhumage-Liqeni Kuq	K 12	Librazhd	1021, 13.06.2007	Exploitation	0.5195	Albania
Cervenake Perendimor	K 12	Pogradec	1022, 10.06.2007	Exploitation	0.1748	Albania
Bitincke	Prodhime Karbonike	Devolli	1043, 20.07.2007	Exploitation	0.42	Albania
Elbasan	Prodhime Karbonike	Kukes	978, 04.12.2006	Exploitation		Albania
Ver. Lindor	Adriatic Nickel	Devolli	1075, 28.09.2007	Exploitation	0.2	Albania
Nome	Albanian Resources	Kukes	1089, 19.11.2007	Exploitation		Macedonia
Cervenaka Juglindore	Joal – 06	Pogradec	1114, 12.12.2007	Exploitation	0.53	Albania
Gur Shpati	Ballkan Resources	Librazhd	1186, 16.05.2008	Exploration		Canada
Hudenisht	Alb – Xhoi	Pogradec	1212, 07.07.2008	Exploitation		Albania
Skroske	Gerold	Librazhd	1238, 06.09.2008	Exploitation		Albania
Cervenaka Juglindore	Rej	Pogradec	1242, 24.09.2008	Exploitation		Albania
Kraste-Koxheraj	Albsoni	Bulquze	1259, 16.10.2008	Exploration		Albania
Guri Pergjegjur	Sofimex	Pogradec	1272, 30.10.2008	Exploitation		Albania
Zemblak	Ballkan Resources	Koece	1273, 11.11.2008	Exploration		Canada
Prrenjas	Kurum International	Librazhd	1307, 28.01.2009	Exploitation		Turkey
Berzeshte	Yzo	Librazhd	1338, 27.04.2009	Exploitation		Albania
Cervenaka Lindore	Joni 2008	Pogradec	1357, 04.06.2009	Exploitation		Albania
Mychas	Salica	Has	1364, 10.06.2009	Exploitation		Albania
Vernik – Kokog	Devolli Resources	Devolli	1366, 10.06.2008	Exploration		UK
Arren	Aren 2003	Kukes	1380, 08.07.2009	Exploration		Albania
Kodra e Trrullit	Nika BL	Kukes	1382, 21.07.2009	Exploitation		Albania
Pogradec	Iemr Resources	Pogradec	1383, 23.07.2009	Prospecting		China
Barbatesh	Auto Star	Pogradec	1393, 04.08.2009	Exploitation		Albania
Vulcani	Platinum Alb	Librazhd	1399, 20.08.2009	Exploitation		Albania
Mamez	NickelMine	Kukes	1408, 01.09.2009	Exploitation		Albania
Kokogllave	Devolli Resources	Devolli	1436, 13.09.2009	Exploration		UK
Mamez- Trrull - Lure	Elite Mine	Diber	1441, 15.10.2009	Prospection		Albania

(AKBN 資料から作成)

Kukes および Devolli クラスターの全ての鉱山は現在露天採掘であるが（写真 4.4.1-1）、Devolli クラスターの Bitincke や Kapshitice 鉱床は、鉱体が 20-30° で傾斜することから、将来坑内採掘に移行せざるを得ないと思われる（写真 4.4.1-2 および写真 4.4.1-3）。Librazhd-Pogradec クラスターでは一部坑内採掘が行われており、Skroske 鉱山（写真 4.4.1-4）では鉱体がほぼ水平で上盤が石灰岩で堅固であることからルーム&ピラー採掘法を採用している。

表 4.4.4 に示すように、こうした鉱山は従業員 3~11 名で家内工業的な操業が行われている。鉱石価格は Ni>1.1%、Fe<38% で 25~32US\$/t ore、生産コストは 2.95~11US\$/t ore、輸送コストは 0.08US\$/t ore km である。

表 4.4.4 2008・2009年鉱山別ニッケル鉱石生産量・輸出品

Mine	Company	Mining Method	Employee	Procuotion Cost (US\$/t)	Transportation Cost (US\$/t)	Selling Price	Country	2008 (tonnes)		2009 (tonnes)		Export to
								Production	Export	Production	Export	
Bitincke	A & F Nickel	Open Pit	5		0.08	26-34	Macedonia	28,439	24,320	0	0	Macedonia
Bitincke	A & F Nickel	Open Pit	5				Macedonia	1,000	0	1,000	0	Macedonia
Kapshtice	Alfa Nickel	Open Pit	4	11	0.08	26-34	Albania	90,000	49,000	35,000	35,000	Macedonia
Bitincke	Prodhime	Open Pit	6	8	0.08	26-34	Albania	7,800		7,000	3,000	Macedonia
Elbasan	Prodhime	Open Pit	3	7	0.08	26-35	Albania	20,000	20,000	20,000	4,000	Kosove
Debrove	Joal – 06	Open Pit	8	6.05	0.08	26-34	Albania	150,000	155,597	0	26,714	Macedonia
Damba Hudenisht	Dollar Oil	Open Pit	3	2.59	0.08	26-34	Albania	68,000	15,435	6,000	0	Kosove
Shkoze	Aren 2003	Open Pit	3	10.2			Albania	5,000	0	2,000	0	
Cervenake Perendimore	K 12	Open Pit	8	7	0.08	26-34	Albania	22,000	12,000	10,000	20,000	Macedonia, Kosove
Cervenaka Juglindore	Joal – 06	Open Pit	8	15.5		26-34	Albania	0	0	2,000	0	
Cervenaka Juglindore	Rej	Open Pit	7	8.46	0.08	26-34	Albania	0	0	5,000	104	Kosovo
Katjel	Prodhime	Open Pit	5	9	0.08	26-34	Albania	4,600	4,600	0	9,174	Macedonia
Skroske	Gerold	Undergroun	11	14.88	0.08	26-35	Albania	36,000	0	1,840	0	
Berzeshte	Yzo	Open Pit					Albania	0	0	5,000	0	
Mamez	Adi	Open Pit			0.08	26-34	Albania	370	370	0	0	Kosove
Trull Sroj	Adi	Open Pit			0.08	26-35	Albania	8,481	8,481	0	0	Kosove
Total								441,690	289,803	94,840	97,992	

(AKBN 資料から作成)



1. Trull Sroj 鉱山、Kukes Cluster



2. Bitincke 鉱山、Devolli cluster



3. Bitincke 鉱山、Devolli cluster



4. Skroske 鉱山、Librazhd-Pogradec cluster

写真 4.4.1 主要ニッケル鉱山の状況

4.4.4 「ア」国周辺国のニッケル製錬所稼動状況

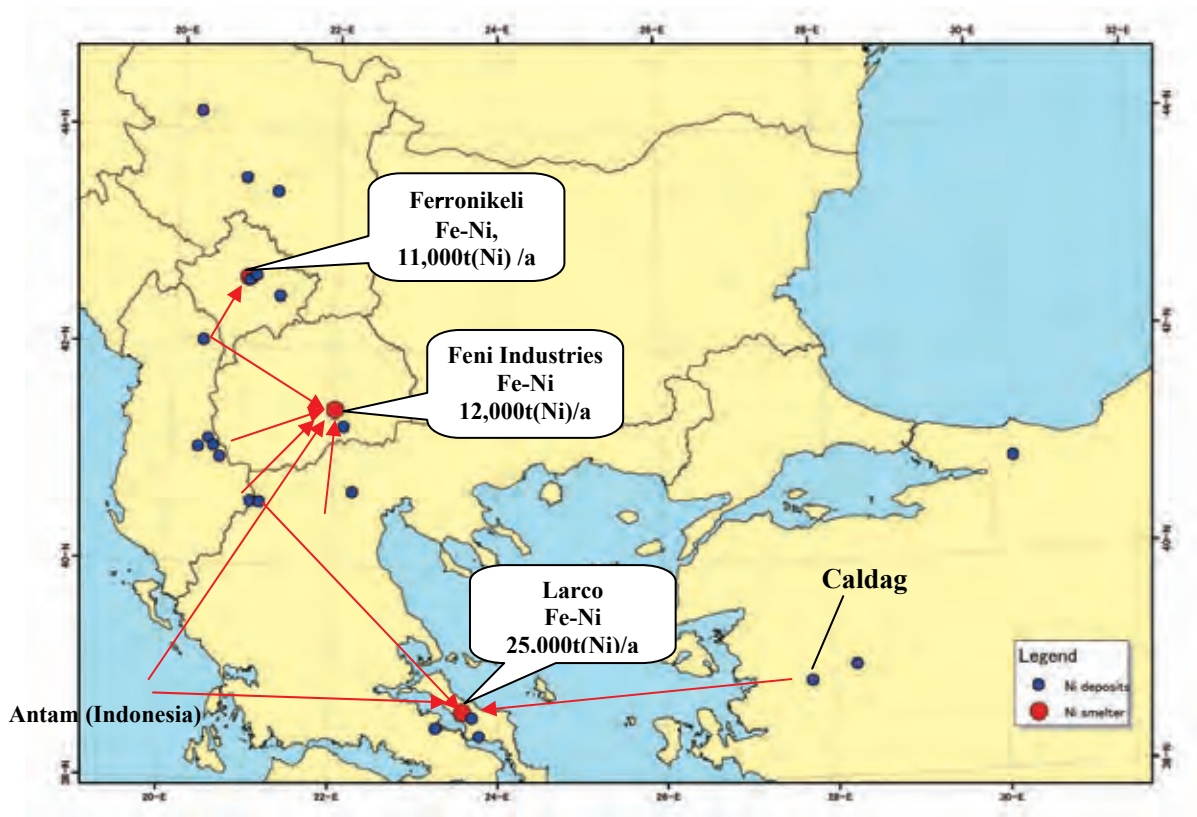
図 4.4.3 および図 4.4.4 に示すように、「ア」国周辺国のギリシャ、マケドニアおよびコソボでは、ニッケル鉱石の生産のみならずニッケル製錬所を有しており、フェロニッケルを生産している。

ギリシャの国営企業である Larco 社は、国内で Kastoria, Evia および Agoioannis の 3 つのラテライト・ニッケル鉱山を操業し、同社の Larymna 製錬所に鉱石を出荷している。その 1 つである Kastoria 鉱山は、アルバニア Devolli クラスタに隣接しており、鉱石をトラックで製錬所まで長距離輸送している (<http://www.enickel.co.uk/>)。Larymna 製錬所は、フェロニッケル生産能力 2.5 万 t/年で、更に「ア」国以外にも、トルコの Caldag 鉱山 (European Nickel 社) およびインドネシア (PT Antam 社) の高品位鉱石を輸入しブレンドしている。生産はほぼ安定している

マケドニアではフランス資本 (BSG Resources) の Feni Industry 社が Kadavarci 製錬所を操業している。図 4.4.4 に示すようにフェロニッケル生産は 2000 年以来生産を伸ばし、2008 年・2009 年には約 15,000t を記録している。鉱石はマケドニア国内の Rzhanovo 鉱山のみならず、「ア」国の Librazhd-Pogradec、Devolli クラスタの低品位鉱石およびインドネシア (PT Antam 社) の高品位鉱石を輸入しブレンドしている。

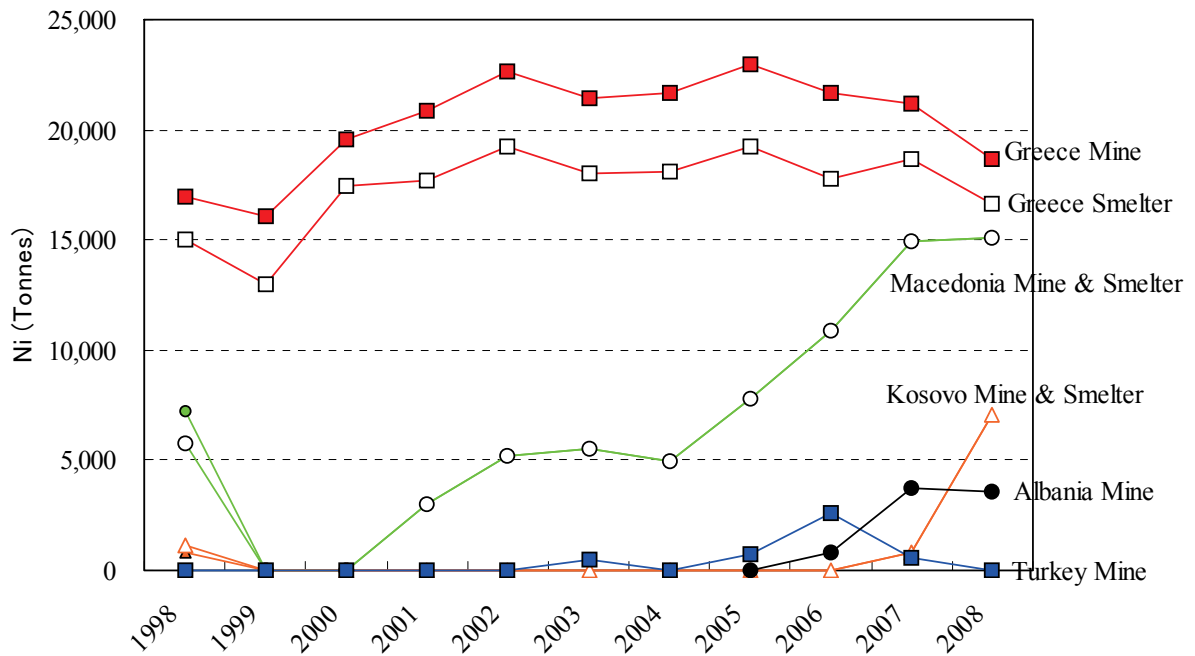
コソボの Ferronikeli 製錬所は、1984 年 (旧ユーゴスラビア時代) から操業していたが、1999 年 NATO 軍の空爆により一部施設が破壊された。コソボ独立後、民営化により、2006 年英国の Alferon 社が US\$43M で買収、更に US\$76M を投資し 2007 年 2 月に 9 年ぶりに生産活動を再開した。生産能力はフェロニッケル 1.1 万 t/年 (30-50%Ni) である。同製錬所ではコソボ国内鉱山から鉱石の供給を受けているが、国内のみでは必要なニッケル鉱石を確保することが出来ず、近隣諸国からの鉱石供給が期待されている。「ア」国の Kukes クラスタからも鉱石が輸出されている。ニッケル市況の低迷で 2008 後半からニッケル生産量を 50% カットしている。

これら 3 つのニッケル製錬所は、「ア」国にとって将来競合相手になるか、鉱石の供給先となるか、その存在は念頭に置いておかなければならない。



(赤矢印は鉱石の流通を示す。)

図 4.4.3 アルバニア国周辺国のラテライト・ニッケル鉱床とニッケル製錬所



(INSG2009 資料から作成)

図 4.4.4 アルバニア国周辺国のラテライト・ニッケル鉱石およびフェロニッケル生産状況

4.4.5 ニッケル資源ポテンシャル

「ア」国のニッケル鉱床は、白亜紀～古第三紀に Neo-Tethys 海の閉塞に伴って、海洋地殻－マントルのオブダクションにより陸上に持ち上げられ地表に露出し、現在の東南アジアやカリブ海諸国のような熱帯環境下で超塩基性岩がラテライト化作用を受け形成されたものである。ラテライト鉱床は形成後、再び海水面下に沈降し、その上位に石灰岩あるいはモラッセが堆積した。このため、超塩基性岩の露出地域では、既にラテライト鉱床は削剥されているが、上位の石灰岩やモラッセ堆積物に被覆されているところでは、超塩基性岩の直上部に残存している。また Librazhd-Pogradec クラスタでは、超塩基性岩直上部のみならず周辺の礫岩層中に Fe-Ni 鉱石を含むラテライト層が挟在されており、豪州 CID (Channel Iron Deposits) のように、一旦地表で形成されたラテライト層が削剥され、古チャンネルに再堆積したものと思われ、古地形・古チャンネル解析により 2 次堆積性ラテライト鉱床発見の可能性が残されている。「ア」国のラテライト・ニッケル鉱床の地質学的資源量は小～中規模であるが、Ni 品位が 1%前後と低くかつ石灰岩もしくはモラッセ堆積物により被覆されており、経済的採掘可能な鉱量がどれだけ有るかが課題となる。

Kukes クラスタは、Trull-Surroj, Mamez および Nome の 3 つの鉱床からなる。これらの Ni-Si 鉱石は資源量 53 百万 t、Ni 品位 0.99%、Fe-Ni 鉱石は資源量 28 百万 t、Ni 品位 1.05% である。Librazhd-Pogradec クラスタは Prenjas, Gur i Kuq, Bushtrica および Skoroska 鉱床などからなり、Fe-Ni 鉱石で特徴付けられる。資源量は 141 百万 t、Ni 品位 0.9%、このうち 12 百万 t がこれまでに採掘されている。Devolli クラスタは Bitincka, Kokogllava, Strana および Kapshtica 鉱床からなり、いずれも同じ層準に胚胎する。Bitincka 鉱床は 1982 年から採掘を開始し 1992 年に一旦閉山した。この間に 72 万 t の Fe-Ni 鉱石が採掘されている。これら 4 鉱床の資源量は 90 百万 t、Ni 品位は 1.18% である (表 4.4.1)。

上記の「ア」国のニッケル鉱床の位置づけを明確にするために、世界の主要鉱山およびプロジェクトを表 4.4.5 に示した。これらを鉱量－品位図で示すと、図 4.4.5 のように品位は世界で現在操業中のラテライト・ニッケル鉱床の最低限近くに位置しており、また資源量＋埋蔵量は小～中規模に位置づけられることが分かる。

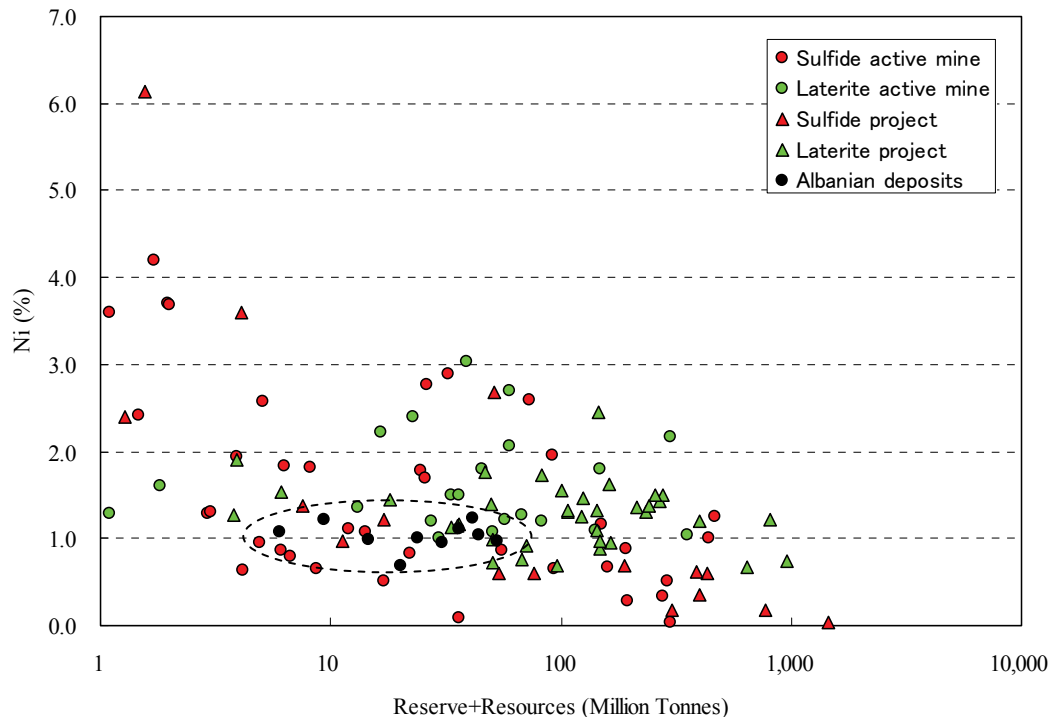
表 4.4.5 世界の主要ニッケル鉱山およびプロジェクト

Major projects

Name	Country	Type	Reserve+Resources	Ni%
Ambatovy	Madagascar	Laterite	164	0.96
Barro Alto	Brazil	Laterite	95.4	1.64
Burukutal	Russia	Laterite	20	1.05
Caldag	Turkey	Laterite	33.5	1.14
Ferix	Guatemala	Laterite	104.5	1.39
Gag Island	Indonesia	Laterite	240	1.35
Gladstone	Australia	Laterite	70.9	0.92
Goro Nickel	New Caledonia	Laterite	323	1.57
Halmahera	Indonesia	Laterite	278	1.49
Jump-Up Dam	Australia	Laterite	67.2	0.75
Kalgoorie Nickel	Australia	Laterite	903	0.74
Koniambo(Cupey)	New Caledonia	Laterite	218.5	2.26
Las Camariocas	Cuba	Laterite	107	1.3
Mindro	Philippines	Laterite	147	0.88
Nonoc	Philippines	Laterite	140	1.1
Onca Puma	Brazil	Laterite	246.6	1.8
Ramu	PNG	Laterite	143.2	1.01
Ravensthorpe	Australia	Laterite	389	0.62
San Felipe	Cuba	Laterite	234	1.3
Shevchenko	Kazakhstan	Laterite	50.6	0.98
Biankoumu/Sipilou	Ivory Coast	Laterite	258.1	1.5
Syerston	Australia	Laterite	96	0.69
Velmelho	Brazil	Laterite	245	0.8
Eagle	USA	Sulfide	4.1	3.6
Honeymoon Well	Australia	Sulfide	189.1	0.68
Kabanga	Tanzania	Sulfide	46	2.7
Minago	Canada	Sulfide	53.7	0.6
Nunavik	Canada	Sulfide	11.3	0.97
Santa Rita	Brazil	Sulfide	76	0.6
Sheba's Ridge	South Africa	Sulfide	775	0.18
Talvivaara	Finland	Sulfide	414	0.26
Turnagain	Canada	Sulfide	302	0.17
Yakabindi	Australia	Sulfide	434	0.6

Major operating mines

Name	Country	Type	Reserve(Mt)	Ni%
PT Aneka Tamban	Indonesia	Laterite	20.2	2.4
PT Inco Soroako	Indonesia	Laterite	177	1.8
Doniambo. SLN	New Caledonia	Laterite	60	2.7
Cerro Matoso	Colombia	Laterite	77	1.68
Punta Gorda	Cuba	Laterite	75.5	1.2
Group Pentacost	New Caledonia	Laterite		
Moa Bay Nickel	Cuba	Laterite	21.3	1.2
Falcondo	Dominica	Laterite	52.7	1.21
Murrin Murrin	Australia	Laterite	144	1.09
Larco/Larymna	Greece	Laterite	41.6	0.92
Niquel Tocantins	Brazil	Laterite	62.5	1.35
St. Mini Sre de Sud P	New Caledonia	Laterite		
Coral Bay	Philippines	Laterite	22	1.26
Taimyr Peninsula	Russia	Sulfide	328	1.55
Kola Peninsula	Russia	Sulfide	137	0.7
Inco Manitoba	Canada	Sulfide	24	1.88
Voisey's Bay	Canada	Sulfide	31	2.67
Leinster Nickel	Australia	Sulfide	15.4	1.97
Mt. Keith	Australia	Sulfide	194	0.56
Jinchuan	China	Sulfide	440	1
Raglan	Canada	Sulfide	14.7	2.8
Falconbridge Sudbur	Canada	Sulfide	7	1.1
Phoenix	Botswana	Sulfide	185	0.25
Longshou	China	Sulfide		
Selebi-Phikwe Nickel	Botswana	Sulfide	31	0.72
Black Swan Nickel	Australia	Sulfide	6.1	0.865
Long Victor Nickel	Australia	Sulfide	1.7	4.19
Montcalm	Canada	Sulfide	4	1.38
Impala Platinum	South Africa	Sulfide		



(鉱山は埋蔵量、プロジェクトは資源量+埋蔵量を、「ア」国の鉱床は資源量を示す。)

図 4.4.5 世界の主要ニッケル鉱山およびプロジェクトの鉱量-品位図

4.4.6 世界のニッケル需給動向

世界のニッケル鉱石生産とニッケル地金消費は 20 世紀初めより、幾何級数的に増加し、2009 年時点で鉱石生産は 150 万 t/年、地金消費は 130 万 t/年に達している。図 4.4.7 に示すように、2000 年以降中国のニッケル消費は著しく増加している。最近のニッケル価格は、地金在庫の増加（図 4.4.8）と世界経済の悪化による中国以外のステンレススチールの需要減退で低迷している。しかし幾つかのシンクタンクは景気回復により在庫が減少するとともに価格も現在のレベルより上昇するものと予測している。マダガスカルの *Ambatovy*、ブラジルの *Barro Alto* やニューカレドニアの *Goro* のようなワールドクラスのラテライト・ニッケル鉱床の生産が間もなく開始されるが、旺盛な中国の需要により需給バランスは大きく崩れることは無さそうである。

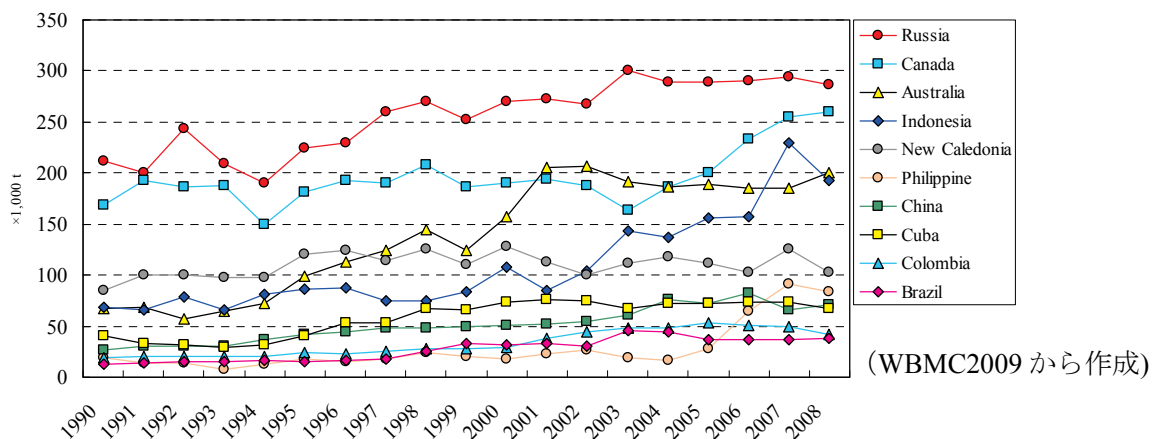


図 4.4.6 世界の国別ニッケル鉱山生産量(ニッケル含有量)

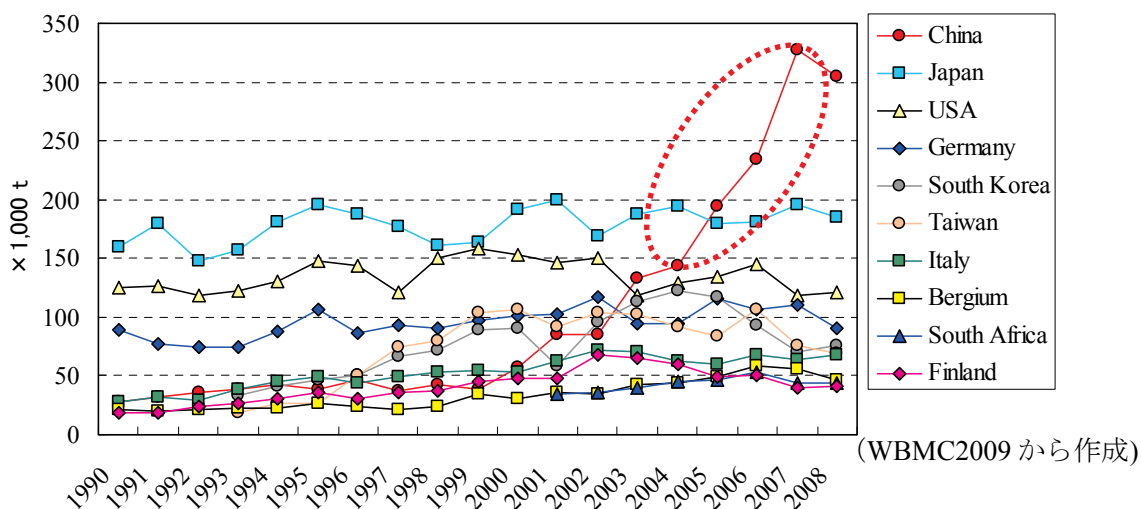


図 4.4.7 世界の国別ニッケル消費

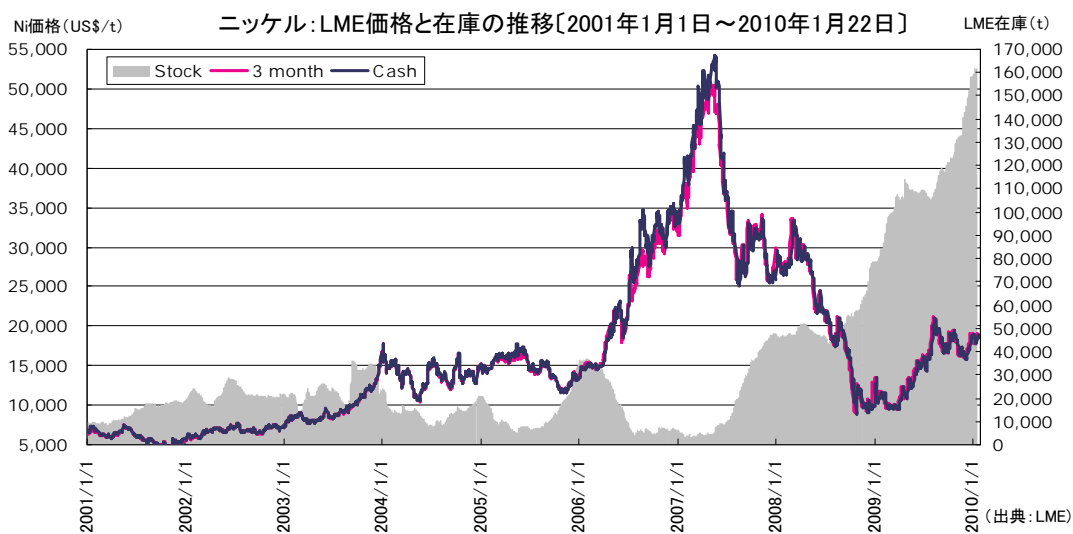
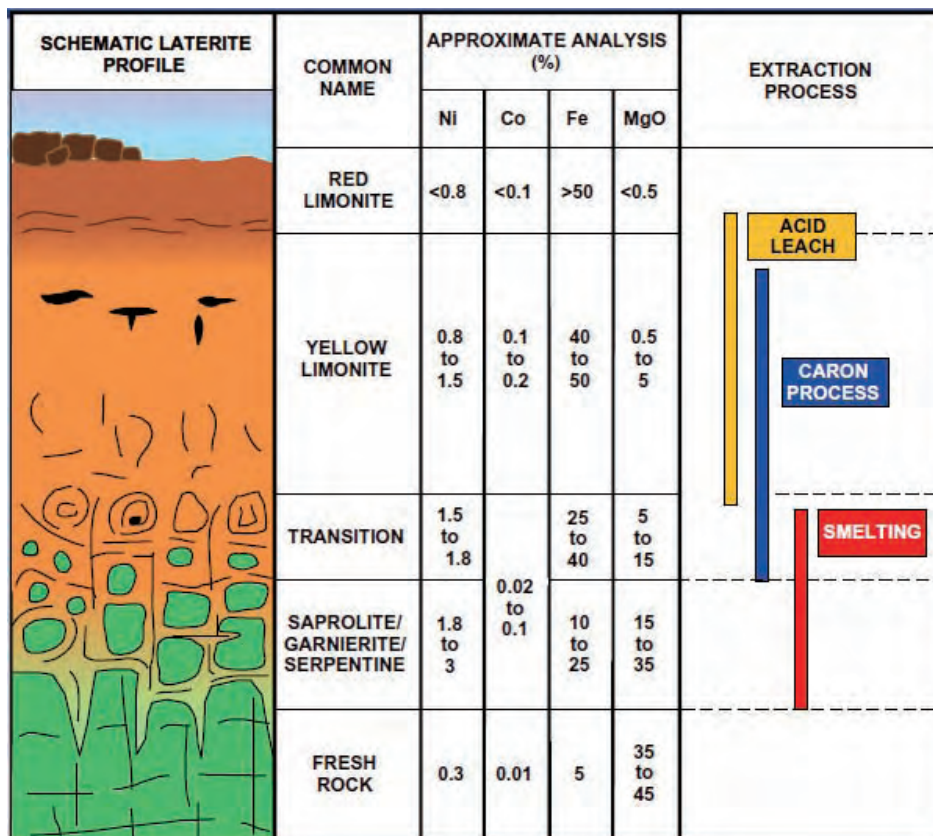


図 4.4.8 ニッケル LME 価格と在庫

4.4.7 ニッケル回収方法

図 4.4.9 に示すように、ニッケル回収方法は原料となるラテライトの性質により異なる。一般にリモナイト質ラテライト・ニッケル鉱石(Fe-Ni 鉱石)はリーチング（湿式製錬）に適しており、サプロライトーガーニエライト質ラテライト・ニッケル鉱石(Ni-Si 鉱石)は熔融（乾式製錬）に適している。CARON 法（焙焼還元ーアンモニア・リーチング）は両者の中間の鉱石に適している。



(http://www.insg.org/presents/Mr_Widmer_Oct09.pdf)

図 4.4.9 ラテライト・ニッケル鉱床プロファイルとニッケル回収方法

乾式製錬には 2 つの方法があり、1 つは鉱石と石炭をロータリーキルンで 900-1000°C で焙焼・還元し、電気炉で熔融する。ニッケルと 60-70% の鉄が還元され Ni : 25% のフェロニッケルを製造することが出来る。他の方法ではキルンに硫黄もしくは黄鉄鉱を加えて焙焼し Ni:30-35%、Fe:50-60%、S:9-12% を含むマツを製造する。Ni の回収率は 82-96%、電気炉の電力消費量は 450-600kwh/t である。

CARON 法は第二次世界大戦中にキューバで経済規模の生産が始まった。この方法はラテライトを炉床で焙焼還元し、アンモニア・カーバイドで抽出するもので Mg 含有率は 8% 以下でかつ Si の含有率が低いことが条件となる。コバルトは、硫化水素により回収される。エネルギーコストが高い割にニッケル回収率が低い。一般に鉱石品位は Ni:1.5%、Co:0.1%、水分:30-40% で、Ni 回収率は 70-85% である。

湿式製錬法はキューバやオーストラリアでリモナイト質ラテライト・ニッケル鉱石を対象として発達してきた。圧力酸抽出法(PAL)は主要なリーチング法で、Mg の少ない (Mg=<5%) キューバの Moa Bay で操業されている。鉱石はオートクレーブで酸によりリーチングされ、ニッケルとコバルトに富む貴液が出来、H₂S ガスにより貴液から Ni:50% のニッ

ケル・コバルト硫化マツトを製造する。高圧酸抽出法(HPAL)は APL の発展したもので、世界各地で試みられたが技術的課題が多いとされている。現在、住友金属鉱山(株)のフィリピン Coral Bay で順調な操業が行われている。

ヒープリーチング法は低品位ラテライト・ニッケル鉱石の低コスト回収方法として注目されているが、操業鉱山はオーストラリアの Murin Murin のみである。これまで世界中で基礎研究が行われてきている。「ア」国と同じ鉱床区に産するギリシャのラテライト・ニッケル鉱石を対象とした研究が EC の支援で行われてきた。現在 European Nickel 社のトルコ Caldag プロジェクト (Ni 生産量 2 万 t/年、Co 生産量 1,000t/年) でプラント建設工事が行われており、間もなく生産が開始されることになる (<http://www.enickel.co.uk/>)。このプロジェクトが成功すれば、同じ性質を持つ「ア」国のラテライト・ニッケル鉱床への適用に大きな希望が持てることになる。

4.4.8 中国のニッケル銑鉄生産—新規低品位ラテライト・ニッケル鉱石の活用—

中国は世界最大のステンレススチールの生産・消費国である。2007 年、中国は世界のステンレススチールの 26%を生産しており、数年先の消費はさらに増加するものと予測されている (図 4.4.10)。2006 年に中国の需要増大でニッケル価格が大幅に上昇した。不足するニッケル地金を補うために、中国では 2004 年からニッケル銑鉄の生産を開始し 2009 年までにその量は大幅に増加した (図 4.4.11)。ニッケル銑鉄は低品位ラテライト・ニッケル鉱石を原料とする。現在中国では、鉱石をインドネシアやフィリピンから輸入し、国内のミニ高炉や電気炉で生産しているが、海外での生産も計画している。焼結と熔融プロセスの後、燐、硫黄、珪素などの不純物を除去し、Ni:4-13%のニッケル銑鉄が製造される。中国のステンレススチール・メーカーはニッケル銑鉄にクロムなどの金属を添加して 200 および 300 シリーズのステンレススチールを生産している。これらは中国のステンレススチール生産量の 70%以上を占める。中国のニッケル需要は数年先も国内生産を大きく凌ぐとみられており、2010 年のニッケル銑鉄の需要は 10 万 t を超えると予想されている。

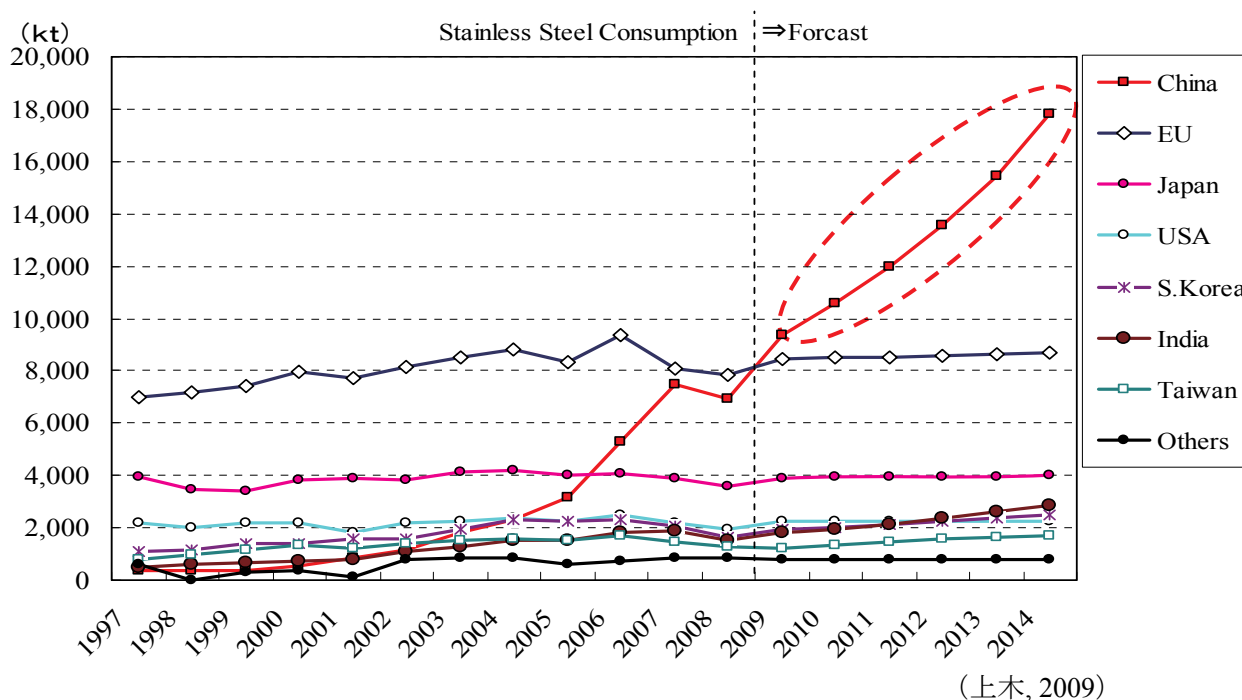
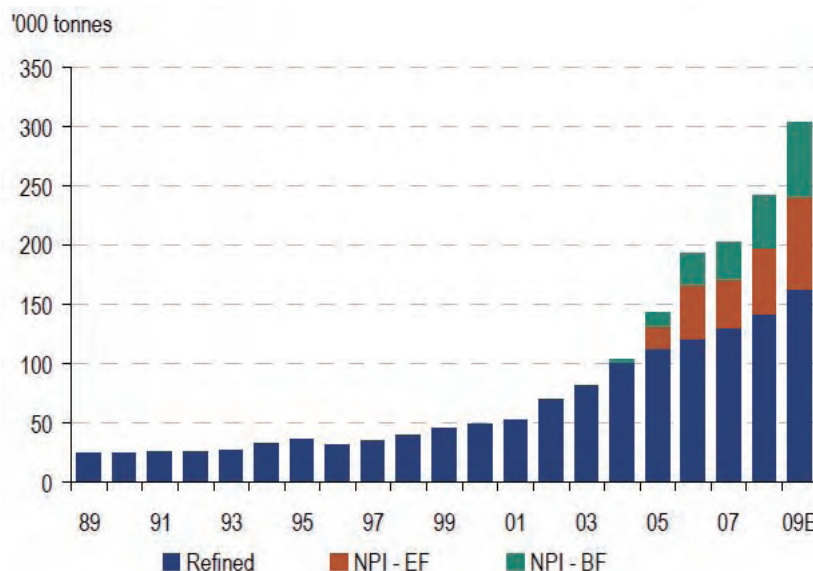


図 4.4.10 世界のステンレススチール需要予測



NPI-EF:電気炉による NPI 生産、NPI-BF:ミニ高炉による NPI 生産

(Bank of America and Merrill Lynch, 2009,
http://www.insg.org/presents/Mr_Widmer_Oct09.pdf)

図 4.4.11 中国のニッケル地金およびニッケル銑鉄生産推移

4.4.9 ニッケル鉱業の抱える課題

「ア」国は、低品位ながら小～中規模のラテライト・ニッケル資源を有するが、近隣国の製錬所への原料供給に留まっており、国内において金属ニッケルもしくはニッケル半製品製造に至っていない。本項では現在「ア」国のニッケル鉱業の抱える課題について述べ、次項において、これら課題を踏まえ、ニッケル資源開発戦略（方向性と方法論）について述べる。

1) 探査—高品位鉱石の確保・鉱石特性の把握—

「ア」国のラテライト・ニッケル鉱床は、化石化したラテライト・ニッケル鉱床で多くが潜頭性のため、熱帯地方のラテライト・ニッケル鉱床に比べ探査は容易でないが、層準規制型鉱床であるため、層準の追跡が基本的となる。これまでの探査により、鉱床賦存可能性のある地域の基礎的な調査はほぼ終了しているものと思われる。アルバニア政府による資源量見積（旧ソ連方式鉱量計算）では Ni 平均品位を 1.01%と算定しているが、民間企業による JORC コード準拠の資源量計算では、Devolli クラスタで資源量 35.6 百万 t、1.2%Ni を越える鉱床もあり、アドバンス・ステージ探査において、高品位鉱石の確保が重要な課題となる。また Librazhd-Pogradec クラスタでは、再堆積性と思われる複数のラテライト鉱層が確認されており、深部にも鉱床賦存の可能性が残されている。今後当時の古地形・古水系を念頭に置いた解析が必要と思われる。

鉱石の性質は、Kukes および Devolli クラスタのものは初生ラテライトのプロファイルがほぼそのまま保存されており、Fe-Ni 鉱石の下位に Ni-Si 鉱石が存在することが判明しているがニッケル回収方法を左右するラテライト鉱石の性質（化学組成、粘土含有量、含水量等）は十分に把握されていない。

2) 採掘—採掘コストの低減—

多くのラテライト・ニッケル鉱床は、石灰岩もしくはモラッセ堆積物により被覆されており、Kukes クラスタの一部を除き、本格的採掘は坑内採掘とならざるを得ない。現在露天採掘コストは 3-10US\$/t ore、坑内採掘コストは 15US\$/t ore（表 4.4.4）であるが、将来的に坑内採掘が中心とならざるを得ず、採掘コストが高くなるというハンディーがある。Ni 品位が 1%前後と低品位であることから、採掘コストを何処まで下げられるかが大きな課題の 1 つである。

3) 国内でのニッケル回収—国内資源の有効活用—

「ア」国では、1980年代に Librazhd-Pogradec クラスターの Prrenjas および Guri i Kuq 鉱床の Fe-Ni 鉱石を原料とし Elbasan 鉄鋼コンビナートで金属ニッケルを生産した。また 1994～1995年にノルウェーの Elkem 社に委託して、Kukes および Devolli の Ni-Si 鉱石を使用してパイロット製錬テストを行って技術的には回収可能であるとの結果を得ている。現在「ア」国内ではニッケル回収が行われておらず、鉱石は、約 120km 離れたコソボの Ferronikeli 製錬所および約 250km 離れたマケドニアの Kavadarci 製錬所に輸出されている。輸送コストは前者が約 10US\$/t ore、後者が約 22US\$/t ore で鉱石販売価格の大部分を輸送コストが占める。Ni 品位が 1%前後であることから殆ど土砂を運搬していることになる。

「ア」国のラテライト・ニッケル鉱床は、鉱量はあるものの Ni 品位が 1%前後と低品位であることが坑内採掘と合わせてこれまで開発に至らなかった大きな原因の一つであり、国内資源の有効活用という観点から、「ア」国内におけるニッケル回収が今後のニッケル鉱業の最も重要な課題と言える。

4) ニッケル鉱業の主役 —「ア」国内企業育成—

銅鉱床探査・開発の場合と異なり、鉱業権を有し生産活動を行っている外国企業はマケドニアの A & F Nicel 社のみで、それ以外は国内企業である。いずれも従業員 10 名前後の家内工業的小規模鉱山で資金力も技術力も乏しい。探査は英国の European Nickel 社の現地法人である Adriatic Nickel 社およびカナダのジュニア・カンパニーである Balkan Nickel 社の JV がプレ F/S を行っており、トルコの Kurum International 社も Prrenjas 鉱床の鉱業権を取得しニッケル銑鉄生産を目指しているほか、中国の Inner Resources 社も鉱業権を取得している。将来ラテライト・ニッケル鉱床の本格的開発が始まれば、国内企業の資金力、技術力では及ばないが、外資と共同開発の方法をとれば国内企業育成の絶好の機会となる。

4.4.10 ニッケル資源開発戦略について

これまでの議論を踏まえ、下記の開発戦略を提案する。

1) 目指すべき方向性

「ア」国のラテライト・ニッケル鉱床は総資源量約 3 億 t、Ni 品位 1.01% で、小～中規模の鉱山がほとんどで、低品位である。現在小規模な操業が行われており、鉱石は隣接するマケドニアおよびコソボの製錬所に出荷されている。ニッケル資源を有効的に活用するため将来的に「国内においてニッケルの回収を行い、付加価値を付けて輸出する」および「近隣国への鉱石サプライヤーとしての安定的生産活動の維持する」ことを提言する。但し前者を優先し、後者は前者の補完的な位置付けとする。

「ア」国のニッケル鉱床は化石化したラテライト・ニッケル鉱床で、鉱床の存在状況は比較的良く解明されている。今後、未だ深部情報の乏しい Kukes クラスター以外においては広域的基礎調査を積極的に行う優先度は低いと考えられる。課題はニッケルの経済的な回収方法の検討とその選定である。

2) 方法論

A. 国内でのニッケル回収コンセプト・モデルの構築

「国内でのニッケル回収」に向けて、その可能性を検討するため、最適ニッケル回収方法とその概略的な経済性評価を行う事が必要である。ラテライト・ニッケル鉱石からのニッケル抽出方法は乾式製錬、CARON 法、PAL、ヒープリーチング等があるが、鉱石の化学組成や物理的特性により適用できる方法が異なる。「ア」国のラテライト・ニッケル鉱石も各クラスターによって鉱石特性が異なる。鉱石特性を考慮した技術的な回収可能性を検討するとともに、回収コスト、インフラ・コストを含めた大まかなコンセプト・モデル作成を行い検討する。また 2005 年から中国で生産が開始されたラテライト鉱石を原料としたニッケル銑

鉄の生産可能性についても同様に検討を行う。最適回収法検討に当たっては、更に鉱石特性を把握するため各クラスターの代表的鉱石の物理・化学的試験を必要とする。鉱石特性の基礎的データを元に政府自らコンセプト・モデル作成を行い、結果を海外に広く発信し、外資投資の促進を計る必要がある。

「ア」国において、以下のような回収方法が考えられる（図 4.4.12）。

- (a) Kukes および Devolli クラスターの Ni-Si 鉱石を用いて乾式製錬を行なう。
製錬所を旧 Elbasan 鉄鋼コンビナート（跡地もしくは周辺）に建設し、還元剤として Tirana 周辺の lignite を使用する。また 1994 年～1995 年に Kukes および Bitincka の Ni-Si 鉱石を用いたニッケル回収試験が行われ、技術的には可能であるとの結果が出されており、乾式製錬の原料として Ni-Si 鉱石が使用可能であることを示している。鉱石輸送は、Kukes からはトラック輸送、Devolli からはトラック＋鉄道輸送（Progozhine-Elbasan-Pogradec 線）が考えられる。Kalimash にフェロクロム・プラント建設の計画があることから、Elbasan まで鉱石運搬をせずに Kukes にフェロニッケル・プラントを建設することも有りうる。
- (b) Librazhd-Pogradec クラスターの Fe-Ni 鉱石を用いてニッケル銑鉄を製造する。
プラントは(a)と同様に旧 Elbasan 鉄鋼コンビナート周辺に設ける。鉱石輸送は鉄道（Progozhine-Elbasan-Pogradec 線）を利用する。炉は電気炉とし、還元剤は輸入コークスを用いる。旧 Elbasan 鉄鋼コンビナートには、既に操業中のフェロクロム・プラントがありコークスの共同購入利用が可能となる。現在トルコの鉄鋼メーカーである Kurum Holding 社が Prrenjas 鉱山の権益を取得し、ニッケル銑鉄製造を検討している。
- (c) Devolli クラスターの Ni-Si 鉱石もしくは Livrazhd-Pogradec クラスターの Fe-Ni 鉱石を用いてヒープリーチングを行う。
ヒープリーチングは、鉱石の移動距離が短くて済む反面、ヒープを造成し希硫酸を散布することから、環境対策を考慮しなければならない。すでにオーストラリアの Murin Murin 鉱山で操業が始まっており、新たな回収方法として注目を浴びている。バルカン半島のラテライト・ニッケル鉱床においても、EU の支援を受けてギリシャにおいて回収試験が行われてきた。トルコの Calgdag 鉱床で既に操業準備が進んでおり、モデルとなる。

「ア」国のニッケル鉱床は Kukes クラスターの一部を除き坑内採掘であり、Kukes クラスターも剥土比が高い。このため採掘コストは、他のラテライト鉱床に比べて高くなる。したがって、低コストの回収方法が必須条件となる。「ア」国と類似の鉱石を採掘しているギリシャの Larco 社全 3 鉱山の採掘コストが 30US\$/t ore 前後であり、世界の他のラテライト鉱山の生産コストの 3～4 倍かかっていることから見ても、次段階の回収過程においてかなり低コストの方法を選択しなければならないことは言うまでもない。

ヒープリーチング以外の方式を選定する場合は、山元から回収プラントまでの鉱石の運搬、またヒープリーチングの場合は山元までの硫酸運搬が必要となる。プラント立地場所にもよるが、最も安価な鉄道輸送を可能とするため、「ア」国の鉄道整備計画プロジェクトと連携して、旧式化している既存鉄道の近代化等輸送インフラ整備が急がれる。

B. 近隣国ニッケル製錬所への鉱石サプライヤーとしての安定的生産活動の維持

現在各クラスターにおいて、国内鉱山会社および一部マケドニアの鉱山会社が小規模な生産を行っており、鉱石は全量コソボおよびマケドニアの製錬所に輸出（トレーラー輸送）されている。両国製錬所ともにニッケル鉱石が不足しており、将来的にも自国内鉱山からの鉱石供給が懸念されている。2009 年には 9.8 万 t の鉱石、金属量に換算すると 980t、2MUS\$相当が輸出された。「ア」国内においてニッケル回収が困難と判断された場合でも、少なくとも近隣国製錬所への鉱石供給者として小規模鉱山経営は成立つ。特にラテライト・ニッケル鉱石は硫化物含有していないことから、環境への負荷が少ないため、国内企業にとって操

業は比較的容易と思われる。しかし近隣国への輸出は輸送コストが高く、現在のようにニッケル価格が低迷すると経営が成立たなくなる状況に陥る。このため安定的生産活動を維持するため、鉱山会社が共同で製錬会社と長期契約を提携するとともに、各鉱山会社間で生産調整が出来る体制を構築するよう政府が指導を行うことが望まれる。

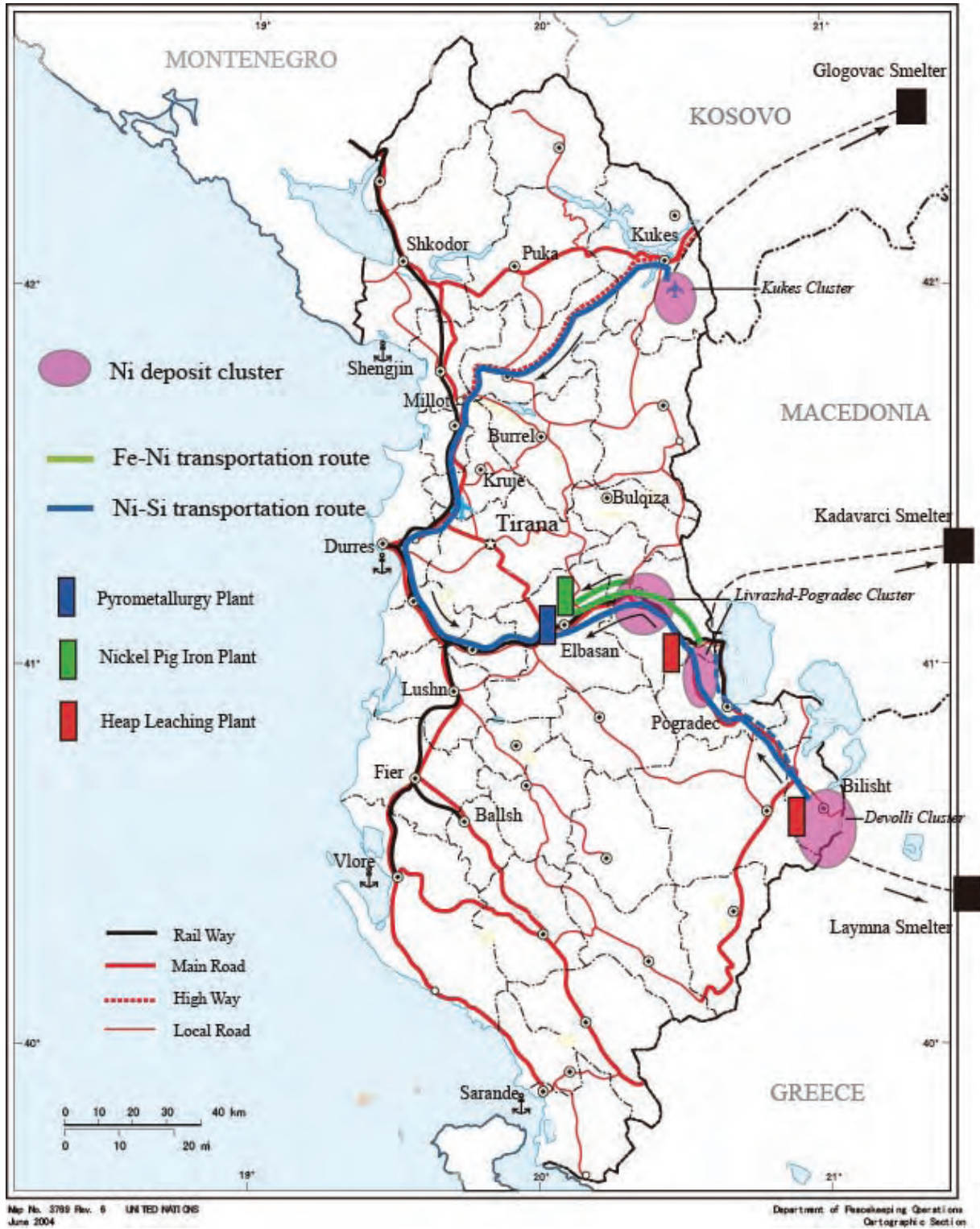


図 4.4.12 アルバニア国内での Ni 回収案

4.5 非金属資源

4.5.1 概要

「ア」国は非金属資源にも恵まれており、表 4.5.1 に示すとおり石灰岩、ドロマイト、粘土、瀝青およびオフィオライト系列の岩石に伴う装飾用石材の資源が豊富である。

表 4.5.1 アルバニア国の非金属資源

	Type of Resources	Geological Resources		Region and Deposit
		Resource (million ton)	Quality	
1	Limestone-Dolomite	655	Limestone CaO 50-55% Dolomite CaO 30-34% MgO 18-21%	Kukes, Tropoje, Peshkopi, Shkoder, Puke, Mirdite, Lezhe, Burrel, Kurbin, Kruje, Tirane, Elbasan, Berat, Korce, Vlore, Permet, Kolonje, Gjirokater, Sarande.
2	Carbonatic Decorative Stones	700	CaO 50%	Sarande, Vlore, Lushnje, Peshkopi, Kukes, Tropoje, Burrel, Kurbin, Kruje, Tirane, Berat, Pogradec, Korce, Gjirokaster.
3	Phosphorites	57	P ₂ O ₅ 10-15%	Tepelene (Gusmar), Gjirokaster (Fushe bardhe), Sarande.
4	Clay	262		Prrenjas, Alarup, Tamare, Diber, Zonat bregdetare, Gropat e brendeshme.
5	Silica Sand and Quarzite	200	SiO ₂ 80% Al ₂ O ₃ 10% Fe ₂ O ₃ 15%	Pellgu i Tiranes, i Devollit, Kukes (Kallabak), Tropoje (Kernaje).
6	Gypsum Anhydrites	85	CaSO ₄ 2H ₂ O 88-98%	Peshkopi (Perroi i Llixhave, Vrenjt, Perroi i Games, Radomire), Kavaje (Mengaj, Tilje), Sarande (Dhrovjan).
7	Rock Salt	300	NaCl 76-82%	Kavaje (Mengaj, Tilje), Sarande (Dhrovjan).
8	River-bed Aggregates	242		
9	Olivinite	108	MgO 48% SiO ₂ 37%	Kukes (Kalimash), Tropoje (Kam, Lugu i Zi, Vlad, Kepenek, Cabrat), Lure, Shebenik, Krrab, Valamare.
10	Volcanic Glass	18		Puke (Qafe Bari, Lumzi).
11	Magnesite	1		Shkoder (Gomsiqe), Levrushk, Korthpule, massif of Bulqiza (Shahinaj, Shengjun, Lucane), Gramsh (Devolli basin).
12	Granite	71		Puke (Levrushk), massifs of Trokuzit, Fierze, Radomire, Peladhi.
13	Ophiolite Decorative Stone	230	SiO ₂ 37-38% MgO 8-47%	Kukes, Puke, Mirdite, Mat, Librazhd, Tropoje, Elbasan, Bulqize.
14	Basalt	1,064	SiO ₂ 47% Al ₂ O ₃ 13%	Kukes, Puke, Mirdite, Librazhd, Korce, Kolonje.
15	Coal	794	2,000-5,600kcal/kg	Tirana, Korce-Pogradec, Memaliaj
16	Peats	156	2,200kcal/kg	Maliq
17	Natural Bitumen	0.52		Selenica
18	Bituminous Coal	3	3,500-7,500kcal/kg	Selenica
19	Bituminous Sand	246		Patos, Treblove-Selenice, Selishte, Kucove, Murriz, Kreshpan, Belishove, Greshice, Makaresht, Thumane-Milot

(AKBNの資料による。)

2010年3月時点の非金属資源の発行ライセンスの数とそのライセンス地点の分布図を表4.5.2および図4.5.1に示す。非金属資源の全発行ライセンス数458件の内、石灰岩におけるライセンスは264件に達し、石灰岩は非金属鉱物資源の中で最も活発な分野である。METEのライセンス区分のカテゴリーでは石灰岩類は、建設資材やセメント産業に用いられる石灰岩と装飾用石材である石灰岩スラブおよび石灰岩-大理石に区分される。装飾用石材

(Decorative stone) は、礫岩、ドロマイト、斑レイ岩、花崗岩、ダナイト、パイロキシナイト、トロクトライト、泥質片岩、蛇紋岩等の石灰岩や砂岩以外の装飾用石材を含む。瀝青、瀝青サンド、瀝青礫は瀝青 (Bitumen) のカテゴリーに含めた。その他玄武岩、粘土、石膏、カオリン、ボーキサイト、炭酸塩岩およびマグネサイトの鉱区がある。これらの非金属資源ライセンスのうち 90%以上は採掘権ライセンスで、それ以外は探鉱権および探鉱権-調査権のライセンスである。

表 4.5.2 非金属資源のライセンス

	Exploitation	Exploration	Prospecting- Exploration	Total of License	No. of Employee
Basalt	10		1	11	16
Bauxite	1			1	0
Bitumen	8	2		10	98
Carbonate	1			1	4
Clay	29		3	32	440
Coal	4	3		7	4
Decorative stome	19		5	24	53
Dolomite			1	1	0
Filling material	1			1	0
Gravel	6			6	9
Gypsum	11		3	14	35
Kaolinite	1			1	7
Limestone	254		10	264	780
Limestone slab	27			27	54
Limestone-Marble	14		2	16	54
Magnesite		1		1	0
Quartz	7			7	12
Sandstone	16			16	25
Sandstone slab	14		4	18	33
Total	423	6	29	458	1624

(METE の資料による 2010 年 3 月現在の数値)

ライセンスの分布図に見られるように石灰岩のライセンスは「ア」国の全域にわたって石灰岩の産出地に分布する。それらの中でも特に Kruja-Tirana 地域に多く集中して見られる。粘土のライセンスは沿岸地域の第四紀層の分布域に見られる。さらに瀝青ライセンスの分布域は、Vlore-Fier 地域に限られ、石膏のライセンスは Kavaja 地域に限られる。

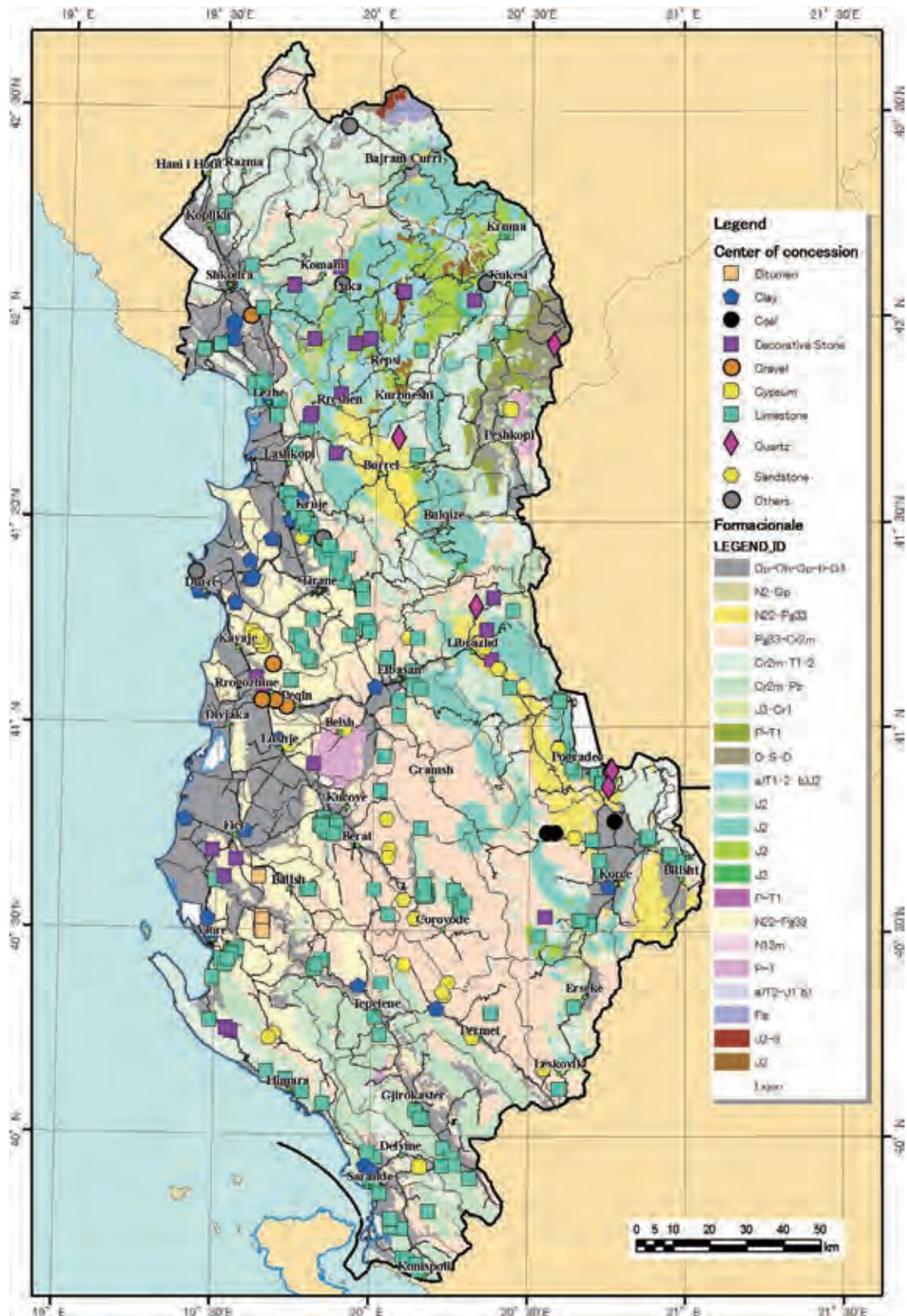


図 4.5.1 非金属資源のライセンスの分布

非金属資源の 2009 年における産出量、投資額、就業人員数を表 4.5.3 に示す。海外投資（ギリシャ、イタリア）によるセメント工場が最近操業を開始した事、さらに道路改良工事の増加などにより石灰岩は非金属資源の分野で最も活発な分野となった。2009 年において、

石灰岩の産出量は、6 百万 m³ に達し、さらに石灰岩における投資額と就業者数は非金属資源では最大でそれぞれ、11.7 億レクおよび 780 名である。粘土の生産量も近年増加し、2009 年度の生産量は 1.3 百万 m³ であり、セメントの生産に使用されるためセメントの生産量と関連している。装飾用石材分野の就業者数は多く、装飾用石材、装飾用石灰岩類、砂岩類のカテゴリーで 219 名に達し、さらに 2009 年度の投資額は 5 億レク以上に達する。

表 4.5.3 非金属資源の生産量と投資額

	Production in 2009	Unit	Investment in 2009 (Leke)	Geological Resource	Number of Exploitation License	Number of Employee
Basalt	513,657	m ³	84,564,195	34,037,311	10	16
Bauxite	0	ton	0	0	1	0
Bitumen	13,186	ton	108,180,465	17,900,464	8	98
Carbonate	2,000	ton	200,000	0	1	4
Clay	1,309,979	m ³	94,429,000	22,776,091	29	440
Coal	2,000	ton	680,000	0	4	4
Decorative stome	217,662	m ³	419,659,570	953,940	19	53
Dolomite	0	m ³	0	0	0	0
Filling material	0	m ³	0	0	1	0
Gravel	307,900	m ³	7,100,000	816,403	6	9
Gypsum	80,876	m ³	36,790,000	6,101,067	11	35
Kaolinite	2,000	m ³	650,000	579,581	1	7
Limestone	6,474,044	m ³	1,175,701,834	449,309,444	254	780
Limestone slab	19,603	m ³	11,545,000	3,757,524	27	54
Limestone_Marble	6,253	m ³	44,218,071	191,974,261	14	54
Magnesite	0	ton	0	0	0	0
Quartz	3,150	m ³	12,880,000	41,182	7	12
Sandstone	39,484	m ³	13,977,500	7,882,870	16	25
Sandstone slab	5,148	m ³	36,584,986	514,760	14	33
Total	-	-	2,047,160,621	-	423	1,624

(METE の資料による。)

4.5.2 瀝青と瀝青関連物質

「ア」国は、瀝青と瀝青関連物質の資源に富み、これらは石油胚胎地域において特に石灰岩と瀝青質ドロマイトや片岩、砂岩の間の大きな構造帯に近接した地帯において自然転移により形成された。瀝青に加えて、瀝青炭や瀝青サンドも産出する。

1) 資源状況

a. 瀝青

高い品位の瀝青が Vlora 地域の Selenica 鉱床に産出する。この鉱床が採掘し易い地質的な状況で鉱体が胚胎する事および高品位である点は世界的にもあまり例を見ない (ITNPM and AGS, 2005)。大きさの異なる塊状、層状、レンズ状をなして産出し、鮮新世のモラッセ堆積物中で石油から転移したものである。多孔質、塑性で光沢があり、灰分 15 から 17%の良質の瀝青が Selenica 鉱床から産出し、軟化点は 105 から 115 度 C である。Selenica 鉱床の瀝青は深度 30 から 300m に分布し、-63m および 83m レベルでの地質的資源量は 520,000t である。

b. 瀝青炭

Selenica 鉱床では瀝青と共に瀝青炭が産出する。遊離炭素量は 70-92%、熱量は 3,500-7,500kcal/kg (14.7-31.5MJ/kg) で、遊離軽質比は 30%に達する。Selenica 鉱床の中央立坑の-63m と-83m レベルの瀝青炭灰分は 38 から 45%で熱量は 4,200-4,800 kcal/kg であり、資源量は

128,000t である。瀝青炭は、輸入したコークスと混ぜ、Elbasan の製錬所で燃料として使用される。瀝青炭は酸化した瀝青、粘土、アレヴェロライト、小岩片からなり、表 4.5.4 に示す特徴を持つ (ITNPM and AGS, 2005)。

表 4.5.4 瀝青炭の性質とクラス区分

Description	1 st class	2 nd class	3 rd class
Quantity of heat			
Mj/kg	25.1	20.9	12.5
Kcal/kg, not less than	6,000	5,000	3,000
Ash in %, not more than	26	40	50
Sulfur in %, not more than	8.2	7.0	6
Humidity in %, not more than	16	18	20
C in %, not more than	18	48	37

(ITNPM and AGS, 2005 による。)

Selenica 地域の瀝青の地質的資源量は 3-4 百万 t と考えられており、瀝青は深度 30 から 300m の間で層状およびレンズ状に産出する。Selenica 鉱床は現在までに 1.7 百万 t の瀝青炭を産出した。

c. 瀝青サンド

「ア」国は多量の瀝青サンドが存在し、Patos、Treblova-Selenica、Selishta、Kucova、Murriz、Kreshpan、Belishova、Greshica、Makaresht、Thumana-Milot などその賦存が確かめられている。「ア」国においては、瀝青サンドは石油や天然ガス層から浮遊してアスファルトにより形成されたもので、成因的には、ベネズエラやアルバータ (カナダ) の瀝青サンドと類似する (ITNPM and AGS, 2005)。

「ア」国における重要な瀝青サンドの 3 鉱床は Treblova、Kasnica および Visoka で、全体の資源量は 246 百万 t に達する (表 4.5.5)。Treblova 鉱床ではかなり鉱区がかけられているが Kasnica や Visoka ではまだほとんど鉱区がかけられていない。過去において瀝青サンドは Patos にプラントが設置され 2 百万 t が処理された経緯がある。しかし、プラントは国内で製作された技術的に乏しい設備のもとで設置されたため、経済的に採算が取れる結果は得られなかった。

表 4.5.5 アルバニア国における瀝青サンドの地質的資源量 (百万 t)

Mine	Total	Licensed	Free	Note
Treblova	140	84	47	Exploited 2.8 million tons
Kasnica	45	0.54	42	
Visoka	61		51	
Total	246	84.54	150	

(ITNPM and AGS (2005) による。)

2) 鉱業活動

瀝青と瀝青関連物質資源に対し採掘権が 9 件発行されているが、2009 年においては産出実績があったのは 4 件である。Selenica 鉱山はフランス企業の資本により操業する鉱山であるが、2009 年度において瀝青および瀝青礫を 8,261t 産出し、同年の投資額は 108 百万レクで、従業員数は 78 名である。採掘された瀝青関連物質からは主に道路工事のアスファルトが製造されている。他の 2009 年に操業実績のあった 3 鉱山の産出量は少なく、それぞれ 4,000t、840t および 84t で瀝青サンドや瀝青礫を産出した。

瀝青サンドに関し、国内や国外の企業が採掘権を所有するが、採掘しその処理まで実施した企業はほとんどない。近年多くの外資系の企業が「ア」国の瀝青サンドの採掘に興味を示

しているが鉱業活動の実施に至っていない。それは、主に以下の理由による（ITNPM and AGS, 2005）。

- 資源量が多い有望な鉱床はすでに鉱区がかけられている事。
- 採掘技術および高度な処理技術の導入に多額の投資が必要なため、投資する事に確信が得られない事

瀝青サンドの産出工程および経済効率の良い処理工程を達成するためには、海外からの投資が必要である。すなわち、処理方法の研究、採掘工程や処理設備の設計、さらにそれらを設置するために多額の資金が必要である。「ア」国における瀝青と瀝青関連物質資源のポテンシャルに関して正確で総括的な情報が必要であり、それにより海外投資家の興味を促し投資促進につなげるべきであると考えられる。

4.5.3 粘土

1) 資源状況

粘土はブロックおよびタイル産業の材料でありセメントの副原料である。ブロックやタイルを製造する粘土産業は、「ア」国において 1930 年代より開始された。1950 年から 1991 年の間では、27 地点において陶器が製造されて、5 地点でセメント工場が設立され粘土が使用されていた。現在では、粘土産出地点は 90 地点程度知られており、その内の約 30 地点で粘土を産出し、ブロック、タイル、セメント、マジョルカタイル、陶芸品の製造に用いられている。

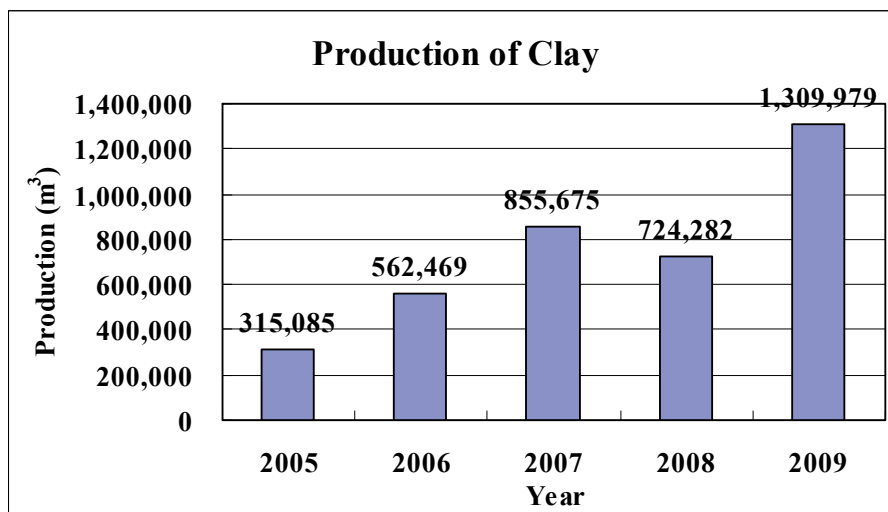
陶磁器用粘土は Tamara と Burrel に産出し、モンモリロン石質粘土は Shengjin と Burrel に産出する。フリッシュ堆積物の粘土は重要で Bradashesh (Elbasan)、Shkodra 地域の Drishi と Tarabosh、Tirana 地域の Brar など産出する。これらの地域に産出する粘土は CaO 含有量が高く、セメント産業にも適している。

2) 鉱業活動

粘土の最初のライセンスが 2000 年に発行されて以来、その数は徐々に増加し、現在ではライセンスの数は採掘鉱区 29 および調査-探査鉱区 3 の計 32 鉱区に達している。粘土の産出量は Durres と Lushnje で多く、主にブロックの製造に使用されていた。しかし近年、Kruja-Kurbin-Lezhe 地域に 6 箇所においてセメント工場が設立され、これらセメント工場の需要により Kruja 地域の粘土産出量は増加した。2007 年以降、Kruja は粘土の産出量が最も高い地域となった。セメント産業における粘土の需要の増加に伴い粘土の生産量は増加し 2009 年には 1.3 百万 m³ に達している（図 4.5.2）。

Kruja における粘土の採掘は、セメント工場に関連した二つの会社、Antea Cement と F. Kruja Cement Factory により実施されている。この二社による 2009 年の粘土の産出量は「ア」国の全粘土産出量の 80% に達する。この二社以外の「ア」国における粘土の採掘は小企業で実施されており、一社の年間産出量は 50,000m³ 以下で、従業員も数名程度である。これらの鉱区は、Kruja 地域以外にも見られ、粘土はブロックやタイルの材料となっている。

規模の大きいセメント工場が将来、本格的なセメント製造体制に入り粘土の需要が増加する事が考えられるため、今後、粘土の産出量は増加する事が予想される。



(AKBNの資料による。)

図 4.5.2 粘土の年間産出量

4.5.4 石炭

1) 資源状況

「ア」国は、過去においてバルカン半島で有数の石炭産出国であり、20年前には年間の石炭産出量は2百万tを誇っていた。「ア」国における石炭の資源量は794百万tで、炭鉱は3地域に分布するが、ほとんどTirana地域に存在する。

Tirana 地域	資源量の約 86% が存在
Korce-Pogradec 地域	資源量の約 10% が存在
Memaliaj 地域	資源量の約 4% が存在

「ア」国に存在する石炭のほとんどは褐炭 (lignite) で、熱量は 2,000-5,600kcal/kg (平均 3,200-3,300kcal/kg)である。従って、これらの石炭を火力発電に使用するには採掘後 4,500-5,500kcal/kg にアップグレードする必要がある。もう1つのエネルギー資源として泥炭 (Turf) がある。Maliqの泥炭鉱山は資源量 156 百万 m³、熱量は 2,200kcal/kg である。

2) 鉱業活動

過去に操業していた多くの炭鉱は、現在、廃止されているか休止している。現在の発行されているライセンス数は石炭 5 件とピート 2 件の計 7 件のみで、その内石炭の 4 件は採掘権、石炭 1 件とピート 2 件の計 3 件は探査権である。2009 年には Korce に存在する 1 炭鉱のみが 2,000 t の生産量を計上している。

「ア」国の石炭鉱業の復活を考え、政府は経済性および環境問題を考慮した信頼性のある持続的な石炭鉱業再建計画を立てようとした。これに関連して、Memaliaj、Pogradec、Tirana、Korca および Mborje-Drenovo の炭鉱の再開案が検討された(ITNPM and AGS, 2005)。すなわち、これらの石炭を火力発電に利用する事により、炭鉱閉山に伴い派生した社会的な負荷を取り除き電力不足も解消しようと言う計画である。

しかし、石炭鉱業復活に関して、負の要素が多く存在する。多くの炭鉱は Tirana 堆積盆に存在し、居住地域に近接する。従って、炭鉱の操業開始に伴い多くの解決しなければならない環境問題が存在する。「ア」国においては一般に炭鉱の岩盤は不安定で、石炭層も薄く厚さ 1m 未満がほとんどであることから効率的な採掘が困難である。さらに、「ア」国における石炭はほとんど褐炭で硫黄含有量が 5%前後と高く、熱量も 3,520kcal/kg 程度で低いため産

出した石炭を直接火力発電所に使用する事は困難である。これらの点および経済性を考慮すると、「ア」国でもし石炭が必要ならば、ヨーロッパの他の国、たとえばドイツ、ポーランド、チェコ等から輸入する事を考慮した方が良いと考えられる。

4.5.5 装飾用石材

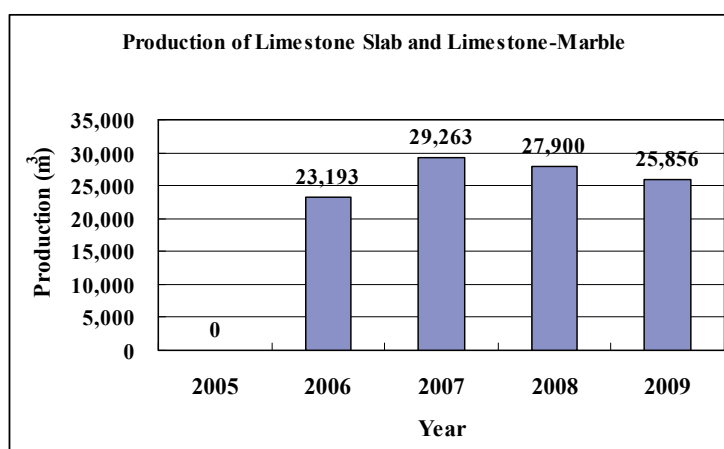
装飾用石材は石灰岩スラブ、石灰岩-大理石、砂岩、砂岩スラブおよびその他の装飾用石材（オフィオライト帯の岩石）を含む。数年前より政府はこの分野の有望性を予測し、装飾用石材分野の振興のために努力している。

1) 石灰岩スラブ と石灰岩-大理石

石灰岩スラブは建築物の化粧張りや道路の敷石に使用される。このカテゴリーは 2010 年 3 月現在 27 件の採掘権が発行されているが、2009 年度に生産を計上しているのは 12 件であり、合計の産出量は 19,603m³である。

石灰岩-大理石は、大きさの異なるブロックとして産出され、目的に応じた大きさのブロックや板に加工され建築物の化粧張りとして使用される。このカテゴリーで 2010 年 3 月現在 14 件の採掘権が発行されているが、2009 年度に生産を計上しているのは 6 件であり、合計の算出量は 6,253m³である。産出量はまだ多くはないが、2009 年度の投資額を申告している 6 件の総投資額は 44 百万レクに達する。採掘権保有会社は、将来の発展を見込み新技術導入および岩石カッターを最新のもの買い換えるなど、今後の需要拡大の準備を行っている。

図 4.5.3 に、石灰岩スラブ と石灰岩-大理石の産出量を示す。過去 3 年間の産出量の推移はやや減少気味であるが、このカテゴリーへの投資額が増加している事から今後の産出量は増加するものと思われる。

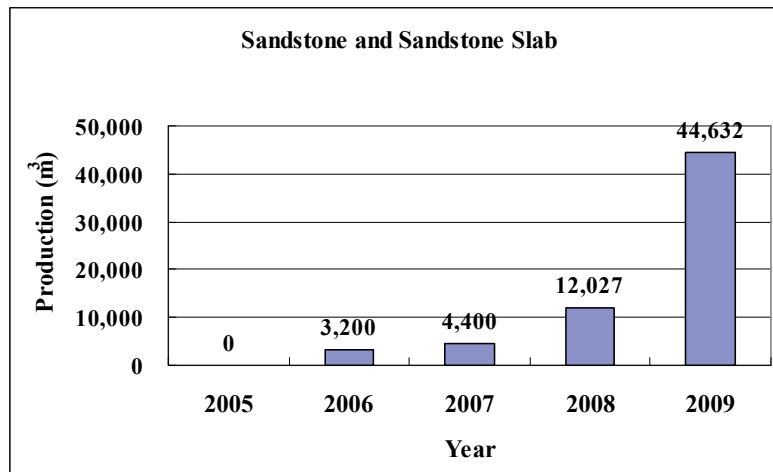


(AKBN の資料による。)

図 4.5.3 石灰岩スラブと石灰岩-大理石の産出量

2) 砂岩

鉱区の区分における砂岩と砂岩スラブを砂岩とした。砂岩はブロックやタイルに加工されて装飾用石材として使用される。2010 年 3 月の時点で採掘ライセンス登録は 30 件で、それ以外に 4 件の探査-調査ライセンスが登録されている。図 4.5.4 に示すように、国内外の需要増加に伴い近年産出量が急激に増加した。2009 年度の砂岩の産出量は 44,632 m³で、2008 年度の 3 倍以上と急増している。砂岩カテゴリーの 2009 年度の投資額は約 50 百万レクである。砂岩のカテゴリーにおいても、採掘権保有会社は将来の発展を見込み新技術導入および岩石カッターを最新のもの買い換えるなど、今後の需要拡大の準備を行っている。



(AKBN の資料による。)

図 4.5.4 砂岩および砂岩スラブの年間産出量

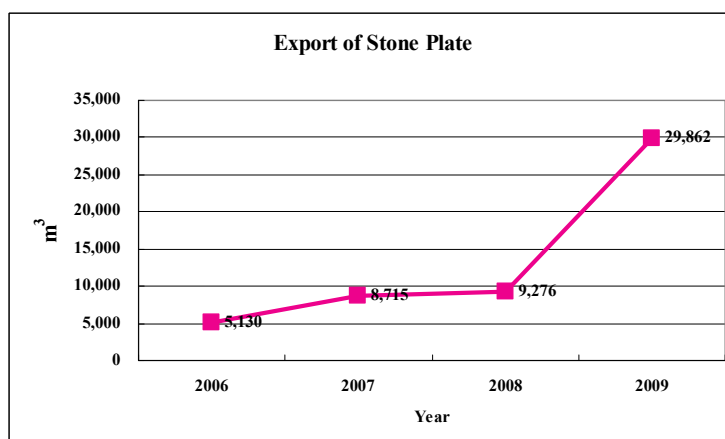
3) 他の装飾用石材

石灰岩類や砂岩以外の装飾用石材としてオフィオライト帯の岩石である、斑レイ岩、花崗岩、ダナイト、パイロキシナイト、斜長石花崗岩、蛇紋岩、トロクトライト、泥質片岩、礫岩などがある。2010年3月の時点で採掘ライセンス登録は19件で、それ以外に5件の調査-探査ライセンスが登録されている。2009年度の産出量は217,662m³で、岩石種は斜長石花崗岩(60%)、泥質片岩(30%)、礫岩(9%)花崗岩(1%)である。2009年の投資額は4億レクでほとんどが斜長石花崗岩に投資されている。

4) 鉱業活動

石灰岩や砂岩を含む、すべての装飾用石材は近年、需要拡大や政府の支援もあり生産量は増加しており、2009年度のこれらすべての装飾用石材の産出量は28万m³に達した。その中でも斜長石花崗岩は最大で13万m³である。

「ア」国は装飾用石材の需要が高く、イタリアやギリシャから岩石を輸入しているが、近年、AKBN等政府の支援により Berat の砂岩をイタリアへ輸出する事に成功した。図 4.5.5 に示すように、近年の装飾用石材の輸出货量は急増している。まだ輸入量には至っていないが、将来、産出量の増加に伴い輸出货量が勝る時がくる事が期待されている。



(AKBN の資料による。)

図 4.5.5 岩石プレートの輸出货量

石灰岩類や砂岩を含むすべての装飾用石材は、採掘鉱区 90 件が登録されている。この内半分以上の 52 企業は 2009 年度の産出量は無く、産出量が 5,000m³を超えるのは 9 企業のみである（図 4.5.6）。就業者数別に企業数を見ると、就業者数が申請されていない企業は 38 件で、就業者数が 1 から 5 名の企業が 44 件を占め、5 名以上の就業者が申請されている企業は 8 件のみである（図 4.5.7）。装飾用石材の分野においては、産出量が 10,000m³以上の少数の規模の大きい企業が存在するが、ほとんどは数名程度の小規模な企業によって操業されている。産出量の申告が無い企業でも少数の企業では投資が行われており、将来の操業のための準備を行っていると思われる。しかし産出量の申告の無い企業のほとんどは、投資額も就業者数の申告も無い。

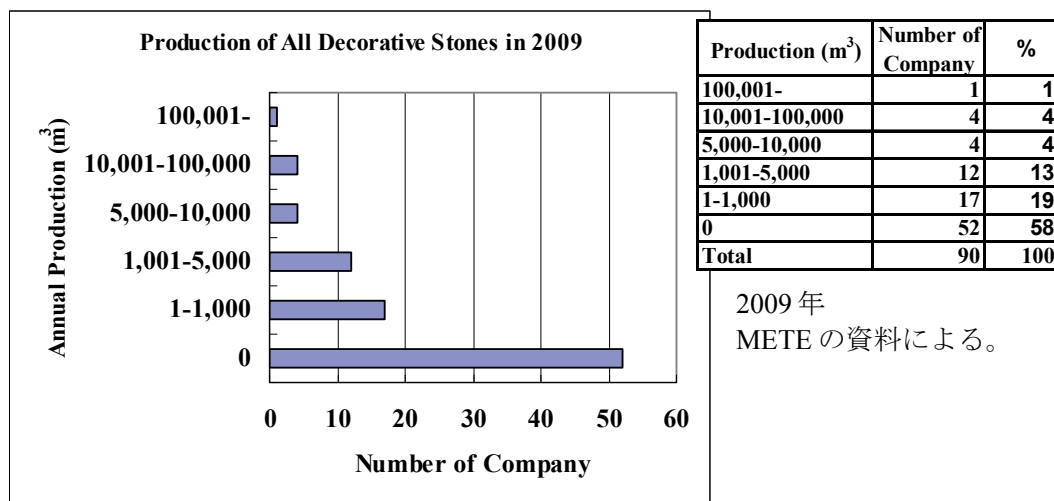


図 4.5.6 装飾用石材類鉱区の年間生産量別区分

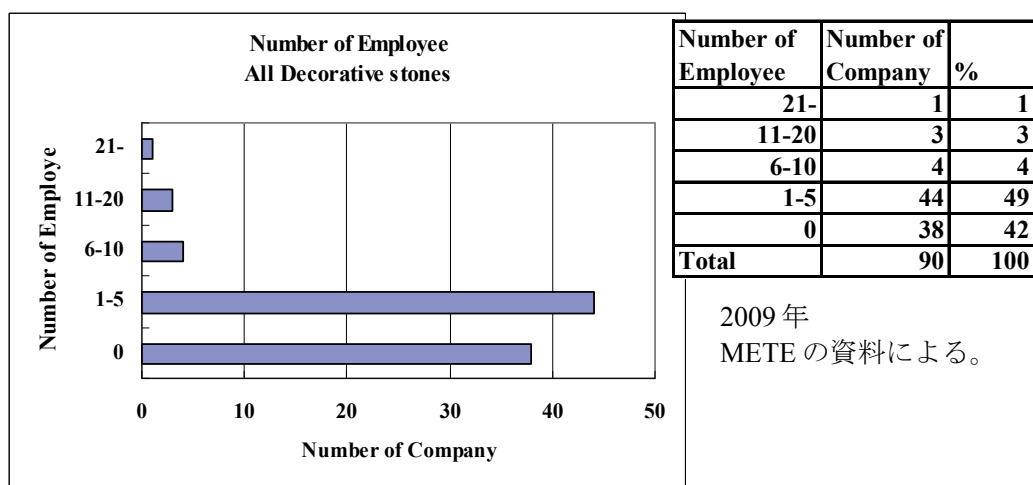


図 4.5.7 装飾用石材類鉱区の就業人数別区分

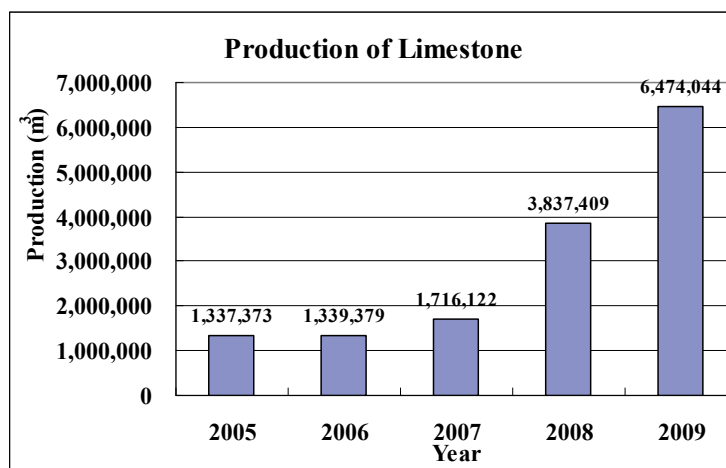
4.5.6 石灰岩

1) 資源状況

石灰岩は、建設資材、セメントの原料、石灰の生産、道路や港の建設材料として多目的に使用される。「ア」国における石灰岩の資源量は 655 百万 t と見積もられていて、「ア」国全域に亘って分布し、三疊紀-ジュラ紀から白亜紀-始新世の地質ユニットに産出する。石灰岩を最も多く産出する地域は Kruja、Tirana、Berat、Elbasan である。

2) 鉱業活動

2010年3月時点で石灰岩の採掘権数は264件で、その分布は「ア」国全域に亘り、Tirana-Kruja 地域は最も多く鉱区が密集している。石灰岩の産出量は近年急激に増加し、2009年度の生産量は6.47百万m³に達した(図4.5.8)。主な理由は、Kruja 地域に新しいセメント工場が操業を開始した事と Rreshen-Kukes ハイウェイの建設のための石材として使用されたことによる。

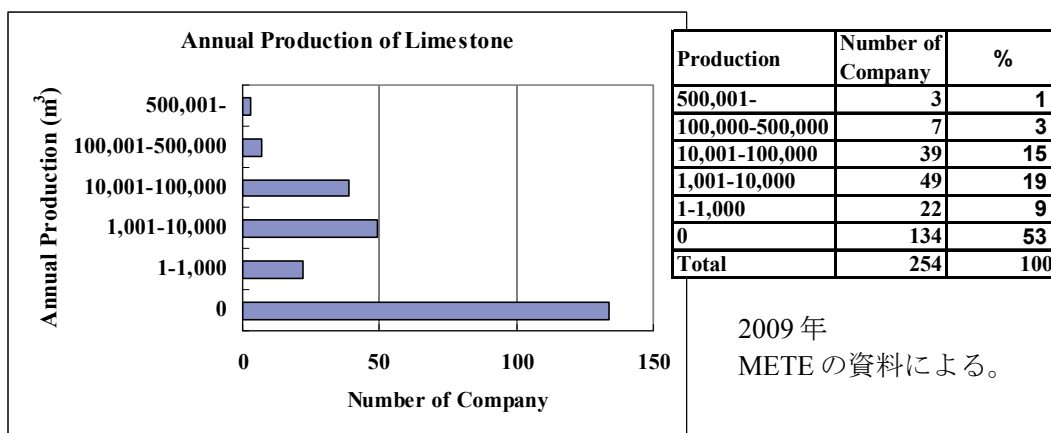


(AKBNの資料による。)

図 4.5.8 石灰岩の年間産出量

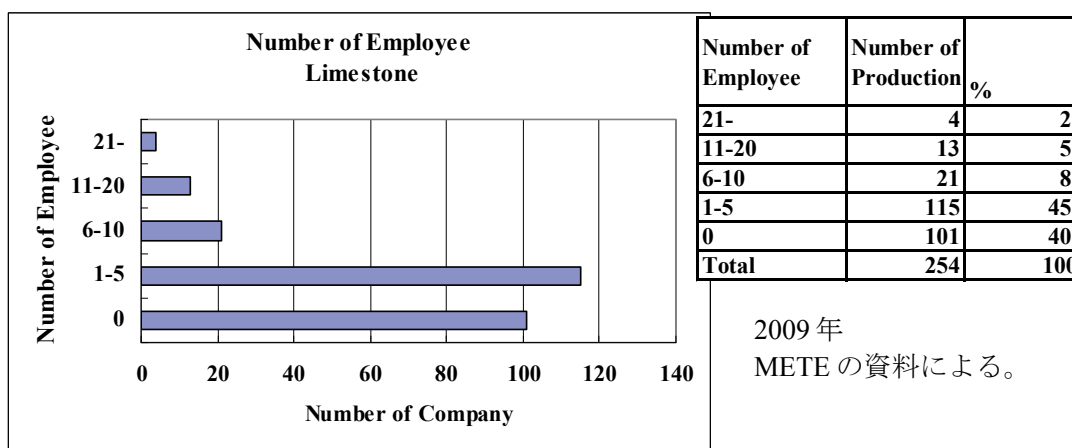
外資系企業である Fushe Kruja Cement (Seament Holding, レバノン) と Antea Cement (Titan cement, ギリシャ)が操業を開始し、両工場はセメント生産のため2009年に石灰岩をそれぞれ0.9百万m³および2.4百万m³採掘した。もし、これらのセメント工場の操業が順調に進み、他の計画されているセメント工場が順調に操業を開始すると石灰岩の生産量は将来さらに増加すると考えられる。「ア」国におけるセメント産業は有望と考えられ、Kruja 地域だけではなく、Kukes 地域や Shkoder 地域もそれぞれコソボやモンテネグロへの輸出を考慮すると将来的に有望な地域である。最近完成した Rreshen-Kukes 間のハイウェイの建設に1.3百万m³の石灰岩が使用されたが、「ア」国においては道路の改修などインフラストラクチャーの整備はさらに進むと考えられ、この点からも石灰岩の需要は今後も増加すると考えられる。

石灰岩の採掘鉱区は254件が登録されている。2009年度の産出量が100,000m³を超える企業は10企業存在し、これらはほとんどセメント産業に関連した企業と思われる(図4.5.9)。年間生産量を申告している企業のなかでは産出量が1,000m³から100,000m³の企業が多く、これらの企業は建設資材として石灰岩を採掘していると思われる。全鉱区数254件のうち内半分以上の134企業は2009年度の産出量の申告がない。就業者数別に企業数を見ると、就業者数が申請されていない企業は40%の101件で、就業者数が1から5名の企業が115件(45%)を占め、10名以上の就業者が申請されている企業は17件(7%)である(図4.5.10)。産出量の申告が無い企業でも少数の企業では投資が行われており、将来の操業のための準備を行っていると思われる。しかし産出量の申告の無い企業のほとんどは、投資額も就業者数の申告も無い。



2009年
METEの資料による。

図 4.5.9 石灰岩鉱区の年間生産量別区分



2009年
METEの資料による。

図 4.5.10 石灰岩鉱区の就業人数別区分

4.5.7 玄武岩

1) 資源状況

オフィオライト系列の岩石の分布に伴い「ア」国には膨大な量の玄武岩が Kukes から Korca にかけて分布し、資源量は 1,064 百万 t 以上といわれている。AKBN では、玄武岩の物性試験を行い、「ア」国の玄武岩が国内の道路や鉄道の敷石に適しており、さらに、時速 200km 以下の通常の鉄道だけでなくヨーロッパ諸国で建設されている時速 300km 以上の高速鉄道用の敷石にも最適である事を実証した (ITNPM and AGS, 2005)。

2) 鉱業活動

玄武岩の鉱区は 2010 年 3 月時点では 10 件の採掘鉱区と 1 件の調査-探査鉱区が登録されており、ほとんどが Mirdita 地域に分布する。2009 年度の玄武岩の産出量は、513,657m³ で、生産量のほとんどは Mirdita に存在する 1 企業により占められ、それ以外に生産量が 1,000m³ 以下の 2 企業が存在する。これら 3 企業は、2009 年度において投資額の計上が行われており、将来の増産を考慮していると思われる。

玄武岩は物理試験の結果、道路、通常の鉄道、高速鉄道の敷石のための物理的および技術的な仕様を満たしている。さらに、鉄道の駅および道路の近辺に多量に存在する事から港へ

の輸送も簡単である。以上の点から玄武岩は国内外の需要を満たす将来有望な建設資材である。

4.5.8 石膏およびアラバスター

1) 資源状況

「ア」国には石膏、硬石膏、岩塩を伴う蒸発岩が多く分布し、特に Korab 地域や Ionian 地域に多い。これら蒸発岩の鉱床は 34 箇所以上存在し、資源量は 80 百万 t 以上とされている。石膏は、セメント産業、漆喰、薬用、装飾用石材等いろいろな産業で使用される。

2) 鉱業活動

石膏および石膏-アラバスターのカテゴリーで 14 件が鉱区登録されており、採掘鉱区は 11 鉱区で、調査-探査鉱区が 3 鉱区である。2009 年度の生産量は、80,876m³で、4 鉱区から産出されており、3 鉱区は Kavaja で 1 鉱区は Elbasan に存在する。石膏は 2008 年度には 11,953t 輸出されており、岩塩は 25,000t/年程度生産されている。これら「ア」国の蒸発岩類に伴う資源の生産を積極的に促すためのこれらの需要状況は現在のところ不明である。

4.5.9 その他の非金属資源

上記以外の非金属資源でボーキサイト、ドロマイト、グラベル、カオリン、マグネサイト、石英が鉱区として登録されている。さらに鉱区として登録されていないが、燐灰石、火山ガラスなどの資源も存在する。

ボーキサイトは、隣国のモンテネグロで多量に生産されているが「ア」国では現在 Tropoja に 1 鉱区が登録されているのみである。モンテネグロのボーキサイトに比べ Tropoja では Al/Si 比が低く、さらに地形が急峻な 2,000m の地点に存在するため開発は難しい。

ドロマイト、カオリンの採掘鉱区がそれぞれ 1 鉱区存在するが、2009 年度の実産量ではドロマイトは申告が無く、カオリンは 2,000t である。マグネサイトは探査鉱区が一箇所存在するのみである。

4.5.10 有望な非金属資源

「ア」国の非金属資源産業を今後さらに発展させる資源として瀝青、セメント産業関連資材（石灰岩、粘土）、装飾用石材（砂岩、石灰岩）、建設資材（石灰岩、玄武岩）などが考えられ、これらの資源の開発をさらに推進すべきである。

瀝青関連物質は、フランス系の企業が操業を行っており、2009 年度も 1 億レク以上の投資を行った。資源量は豊富であるが、処理工程の設置など資金が必要なため外資の導入が必要である。瀝青関連物質資源のポテンシャルを正確に把握し、この情報を海外へ発信し海外投資家の興味を促す事が必要である。

石灰岩、粘土等のセメント関連資材は、外資系のセメント工場の参入により需要が大きく伸びた。現在操業している会社が完全な操業体制に入り、操業計画のある企業が操業を開始するとさらに需要が増加する。石灰岩、粘土、石膏などの資源は「ア」国に豊富に存在し、セメントを隣国のコソボやモンテネグロに輸出する事を視野に入れるとセメント産業は今後大きく発展すると考えられる。

砂岩、石灰岩およびオフホワイト関連岩石等の装飾用石材は、「ア」国において需要が高く輸入を行っている。近年、政府の支援によりイタリアへ砂岩の輸出を開始した。良質な石材の資源量が豊富で、国内の需要も高い事から産出量は増加し輸出量も増加する可能性がある。従って海外からの投資の誘致を含め開発を推進すべきである。

石灰岩および玄武岩を中心とする建設資材は、「ア」国において今後インフラストラクチ

ヤーの整備が進む事から需要が高く、資源量は豊富で今後生産量が伸びる分野である。特に玄武岩は道路や鉄道の敷石に適した物理的および技術的な性質を持ち、今後、輸出を視野に入れた開発を推進すべきである。

上記以外でも資源量が豊富な事から経済状況や投資環境の変化、さらに詳しい調査を実施する事により有望となりうる非金属資源がある。それらは、蒸発岩類（石膏、硬石膏、岩塩）、燐灰石、石英および珪砂である。

4.5.11 非金属資源鉱業の課題

「ア」国は非金属資源を豊富に産する国で、特に瀝青、セメント産業関連資材（石灰岩、粘土）、装飾用石材（砂岩、石灰岩）、建設資材（石灰岩、玄武岩）は今後の発展が期待される資源である。従ってこれらの資源に対し海外投資の促進を図る事を含め最大限に利用する事は「ア」国の経済に大きく貢献すると考えられる。以下、「ア」国の非金属資源鉱業の抱える課題について述べる。

1) 鉱区の整理、開発地域の設定

非金属資源の鉱区の数も多く探査鉱区を含めて 458 鉱区存在し、特に石灰岩および装飾用石材の分野で多く、それぞれ採掘鉱区は 254 鉱区および 90 鉱区存在する。しかし、これらの鉱区の半数以上は産出量の申告が無く（石灰岩では 53%、装飾用石材では 58%）、一部の鉱区を除き投資額および就業人員数も申告がない。この様に将来、鉱区所有者が操業を実施する意志があるかどうか不明な鉱区が多く存在する。これらの鉱区の存在は、新規の参入者に対して大きな障害となる可能性があり非金属資源の開発を阻害する。

採石場での操業を伴う鉱区の認可が、自然、地形、環境条件等を十分に考慮しないで行われており、居住地域に近接して大きな採石場が存在する場合がある（図 4.5.11、写真 4.5.1）。従ってそれに伴い地形などの自然環境破壊や地域住民へ環境問題を引き起す原因となっている。たとえば、Kruja 地域では居住地区に近接して数多くの鉱区が存在する。Berat 地域の Ura Vajgurore には比較的大きな石灰岩の採石場が存在し、採石場の操業に伴い騒音や発破等の衝撃に伴う家屋の損傷等の苦情が多く住民から出ている。

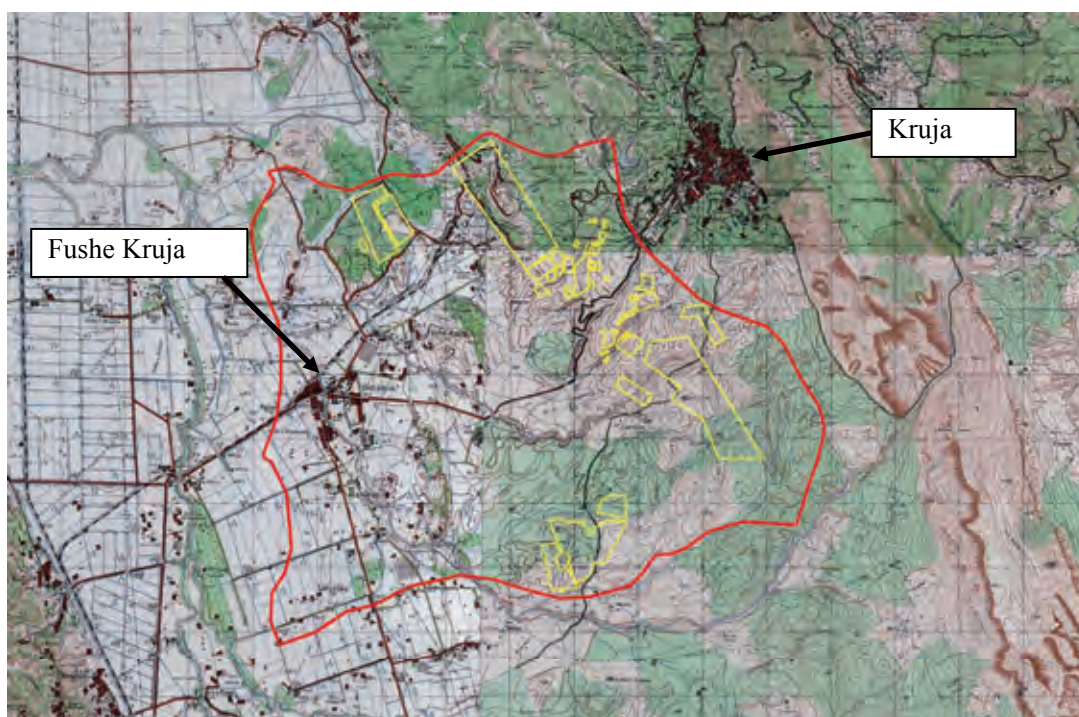


図 4-5-11 Kruja 地域の石灰岩鉱区の分布状況



写真 4-5-1 居住地に近接する石灰岩採石場（Ura Vajgurore、Berat）

2) 資源情報の不足

「ア」国における非金属資源は有望な分野であり、国内外の投資家が興味を示す可能性があるが、資源情報が少ないため適切な投資地点を見つけるのが困難である。さらに、情報が不十分で投資を行ったが失敗した例も知られている。砂岩スラブを生産する目的で採石場を設置したが、生産段階に入り、割れ目の密度が多すぎるため必要なサイズの砂岩ブロックが採掘できず、生産を中止した例がある。さらに斜長石花崗岩を装飾用石材として生産する目的で採石場を設置し生産を開始したが、実際採掘された石材の色が期待していたものと異なり、販売できなかった例などがある。従って、投資を行うためにはその前に資源を評価する必要がある。しかし、通常、非金属資源の投資家は小規模な企業である場合が多く資源を評価するための十分な資金はなく、資源の評価を十分行わず鉱区を設定し操業をスタートするケースが多い。非金属資源へ投資を誘致するためには、投資家への資源の評価を含めた情報を提供する事が必要である。

3) マテリアルフロー

採石場から輸出につながる採掘-加工-輸送-販売-輸出の一連の効率よいマテリアルフローの整備が必要である。非金属資源の採掘は小規模な多数の企業により操業されており、生産から販売ないしは輸出における系統的なシステムが整備されていない。

4.5.12 非金属資源鉱業の開発戦略

目標は「ア」国の恵まれた非金属資源を有効に利用し国および国民の益に資することである。非金属資源の鉱区は多数存在するが、鉱区地点が適切な位置に存在しないものが多く見られこれらの整理が必要である。投資促進を図るためには資源情報を適切に把握・整理し、それを国内外に発信する事が重要である。さらに、生産量の増加に伴い体系的なマテリアルフローの構築が必要となる。

1) AKBN による鉱区の整理

非金属資源の現在の採掘鉱区数は 423 であり、その内、2009 年に生産量の申告が無い鉱区が半数以上の 233 鉱区（55%）存在する。この様な鉱区でも、一部の鉱区（34 鉱区）では投資を行っており将来の操業に備えている鉱区も存在する。しかし、大部分の生産量の無い鉱区では、投資額や就業人員数の申告も無く将来の操業計画があるかどうか不明である。この

様な鉱区は新規参入者の鉱区取得の障害となる。鉱業法によると、これらの鉱区はグループ 4（鉱物および建設資材）のカテゴリーに含まれ、鉱区の権利は 20 年存続する。AKBN による 6 ヶ月に一度の鉱区の監視を厳格に実施する必要がある、将来において操業の意志が見られない鉱区に対し厳格に対処すべきである。

環境問題等を十分に配慮しないで、居住地の近辺や地形的に問題のある地点等に存在する鉱区が多く存在する。鉱区設置のガイドラインをさらに検討し、これら非金属資源の鉱区設置の地点を指定して一定の地帯にまとめるべきである。金属資源とは異なり、非金属資源の場合は比較的広い地域が操業地点の候補となるため、この様な措置は可能と考えられる。

2) AKBN および AGS の連携による資源情報の整理

AKBN のプロモーション課（Promotion Sector）では、非金属資源においても調査や研究を実施しており、2009 年度は、“「ア」国のボーキサイト資源の振興”および“火成岩起源の装飾用石材の振興”と言うプロジェクトを実施した。さらに、岩石の物理的性質の測定等を行っている。AGS では鉱物資源部（Mineral resources Department）において非金属資源は 7 名が担当し、非金属資源の地質調査を実施し、概略的な資源量の把握を行っている。しかし、これらの両機関は独自で調査やデータの収集を行っているのが現状である。

非金属資源の情報はまだ少なく、十分に整理されているとは言い難く、さらに詳細な調査が必要であり、AKBN と AGS が連帯して作業を実施する事が必要である。まず、2 機関が保有している情報を集約し有望地点のカタログを作成する必要がある。このカタログには、地質調査、ボーリング調査、岩石の化学的性質、岩石の物理的性質、有望地点のランク付けなどを盛り込む。さらに、新しいデータの取得に努め、新しいデータが得られるたびにこれらの情報を更新する必要がある。特に、有望地点では、ボーリング調査による地表下の地質情報および地表下の岩石の物理的性質の把握が重要である。この様にして作成した有望地点の情報を国内外に発信し、投資促進に努める事が必要である。

3) 最適なマテリアルフローの実現

非金属資源は多くの小規模な企業により操業されているが、採掘-加工-輸送-販売-輸出の一連の効率よいマテリアルフローの整備が必要である。特に建設資材（石灰岩、玄武岩など）や装飾用石材（石灰岩、砂岩、オフィオライトの岩石類）は多くの小規模な企業により操業されている。これらを効率的に生産から販売・輸出へもたらす系統的なシステムを構築し、今後のこの産業の発展に結びつける事が必要である。これは、METE および AKBN がイニシアチブを取り実施されるべきである。