

インドシナの鉱物資源(5)

ラオス・カンボジアの工業原料鉱物資源

須藤 定久¹⁾・神谷 雅晴²⁾・平野 英雄¹⁾

1. はじめに

ラオスからタイ北東部コラート高原を経てカンボジアへ至る地域の鉱物資源について眺めていこう。

ラオス北部は中・古生層からなり、中・古生層中の石灰石や各種金属鉱床、第四紀層中の粘土などが主要な鉱物資源である。

コラート高原はタイ国に属するが、インドシナ半島の中央に位置し、地質学的にもインドシナ地塊上にある。中生代に長径300km以上におよぶ大規模な内陸盆地が形成され、その末期に厚い蒸発岩類を堆積したため大規模な塩類鉱床が発達している。

カンボジアは、インドシナ地塊の南西端に位置し、玄武岩に伴うポーキサイト、漂砂型の珪砂・宝石鉱床、第四紀層中の粘土、中・古生層中の石灰石やカオリン鉱床が主な資源である。

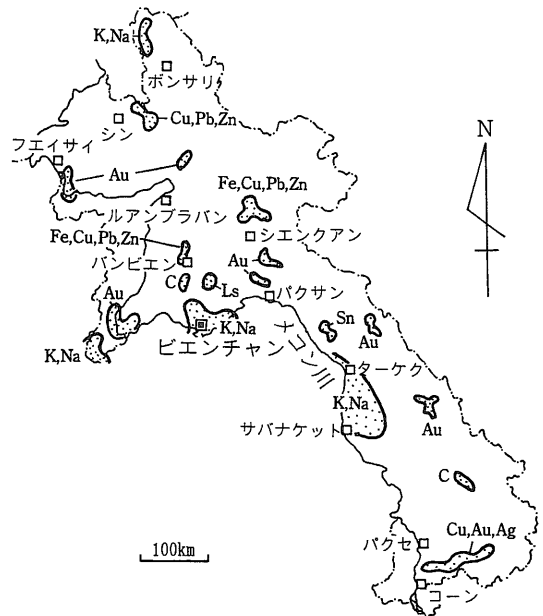
以下、工業原料鉱物資源を中心に概観してみよう。

2. ラオスの鉱物資源

ラオスの鉱物資源アトラス(ESCAP,1990)によれば、全国で250ヵ所の鉱床・鉱徴が報告されている。主な鉱種と鉱床数は多い順に、金(48ヵ所)、銅(40)、鉛・亜鉛(40)、石炭(24)、錫(18)、塩類(14)などである。

現在採掘されている鉱山数で見ると塩類(10ヵ所)、石炭(3)、石灰石(3)、砂錫(3)、砂金(2)、粘土・宝石・石膏・珪砂(各1)の合計25ヵ所であり、いずれも採掘規模はさして大きいものではない。

まず、主要な鉱物資源について概説し(第1図参照)、次に筆者らが実際に検討することのできた首



第1図 ラオスの主要鉱物資源。鉱種は、Au:金, Ag:銀, Cu:銅, Pb:鉛, Zn:亜鉛, Fe:鉄, Sn:錫, C:石炭, K:カリ塩, Na:ソーダ塩。

都ビエンチャン(Viangchan)近郊の粘土とコラート(Khorat)高原の塩類資源について述べる。

【金】ラオスの北西部から南東部へ、旧王都ルアンブラバン(Luang Prabang)北方のオウ川・セン川流域、ビエンチャン西方約100kmのコ川・セギ川流域、ミャンマー・タイとの国境フエイサイの南東域、パクサン周辺、中部ターケク北方のセウン川流域などに漂砂型砂金鉱床が分布する。これらのほか、最近含金石英脈～網状脈鉱床も発見され始めているようだが、詳細は不明である。

【銅・鉛・亜鉛】ビエンチャンの北100kmのバンビ

1) 地質調査所 鉱物資源部
2) 元所員、現住鉱コンサルタント

キーワード: ラオス, カンボジア, 工業原料鉱物, パゴダイト, コラート高原

エン近郊の鉄・銅・鉛・亜鉛鉱床が最も期待されるものである。

これに次いで、北西部のシン東方のルアンナムタ州からオウドンサイ州にまたがる地域、ラオス南東端部の銅・金・銀鉱床帯などが有望視されている。

【錫】 ラオス中部のターケク(Thakhek)市の北西60kmにあるナムパセン谷に鉱床群があり、近年ある程度まとまった生産のあった唯一の金属鉱物資源である。

錫花崗岩地表部の風化残留鉱床とこれに由来する若い堆積物中の漂砂および沖積鉱床で、220km²にわたって分布している。

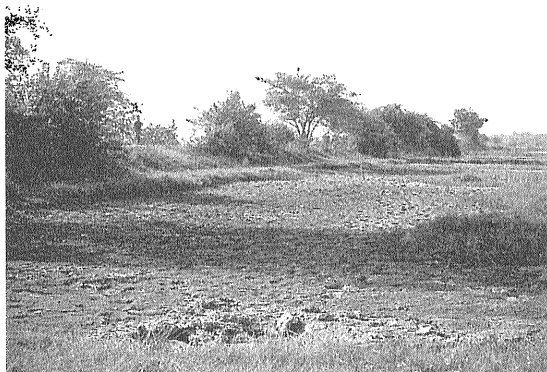
旧ソ連の探査により13万9,000t(金属量)の賦存が確認されている。1983年から1988年まで平均年産量430t(28~32%Sn)で、旧ソ連へ輸出された。

このほかラオス北西部、北東部にも有望地がある。

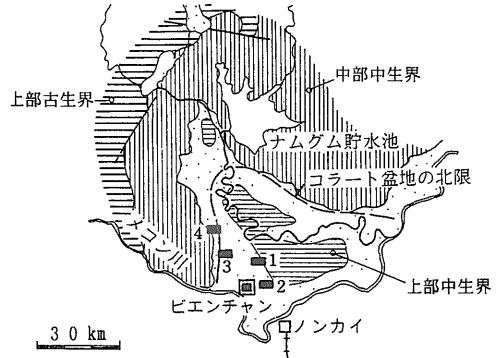
【石灰石】 ビエンチャンの北60kmのナムグム貯水池東側が主産地。石灰の生産の他、碎石として道路の建設に利用され、一部はタイへも輸出されている。

2.1 ビエンチャン周辺の粘土資源

ビエンチャン周辺の平野部では第四紀層中に粘土鉱床があり、各地で小規模に採掘され、陶磁器や瓦の材料として利用されている(第2,4図)。これらの中で、バンドン(Ban Doung)の粘土鉱床(第3図)では、かつてソ連の協力でボーリング調査が行われ、約1,000万tの鉱量が確認されている。



第3図 バン・ドン粘土の賦存地域。このたんぼの下に1,000万tの粘土の賦存が確認されている。



第2図 ビエンチャン周辺の粘土産地

1:バン・ドン(Ban Doung), 2:バン・シンダ(Ban Xiangda), 3:バン・サカ(Ban Saka), 4:バン・ティン(Ban Tin)。

今回、訪れたバン・ドン、バン・シンダ、バン・サカ、バン・ティンの4ヵ所の粘土産地で試料採取を行い、試料の化学分析と鉱物学的性質を検討した。各粘土の概要は以下のとおりである。また化学組成と粘土ノルム組成は第1表に示した。

試料番号: V-1

産地: バン・ドン(Ban Doung)

外観: チョコレート色粘土

鉱物: (多い順に) 石英, ハロイサイト

焼成呈色: 肌色

試料番号: V-2

産地: バン・シンダ(Ban Xiangda)

外観: 褐色の木節粘土

鉱物: ハロイサイト, 石英

焼成呈色: 淡いクリーム色



第4図 ホテルの売店で見つけたラオスの陶磁器。バン・サカ粘土を使って日本で技術を学んだ技術者が制作しているものだという。

第1表 ラオス産粘土の化学組成

[化学組成]				
試料	V-1	V-2	V-3	V-4
構成鉱物	Q, ka	ka, Q	Q, ka	Q, ka, se
SiO ₂	79.29	64.20	78.10	70.90
TiO ₂	0.67	0.85	1.06	1.05
Al ₂ O ₃	10.32	17.33	12.24	16.99
Fe ₂ O ₃	2.26	1.50	0.98	1.12
MgO	0.42	0.61	0.55	0.71
CaO	0.16	0.55	0.12	0.16
Na ₂ O	0.09	0.19	0.11	0.21
K ₂ O	0.48	0.71	0.76	2.16
P ₂ O ₅	0.04	0.03	0.02	0.03
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01		0.01
Ig. loss	5.61	13.74	5.44	5.99
Total	99.35	99.72	99.38	99.33
[粘土ノルム鉱物組成]				
試料	V-1	V-2	V-3	V-4
指定鉱物	se, mo	se, mo	se, mo	se, mo
Q	65.87	41.96	62.03	48.76
an	0.53	2.53	0.46	0.60
ka	19.00	31.78	20.79	20.15
se	4.06	6.00	6.43	18.27
mo	4.95	7.19	6.48	8.37
li	2.51	1.67	1.09	1.25
ru	0.67	0.85	1.06	1.05
ap	0.09	0.07	0.05	0.07
ot	1.78	7.79	1.16	0.97
Total	99.46	99.84	99.55	99.49

試料はV-1:バン・ドン, V-2:バン・シンダ, V-3:バン・サカ, V-4:バン・ティン, 粘土ノルム値の算出は五十嵐(1984)によった, 鉱物名の略号: Q:石英, an:灰長石, ka:カオリン, se:セリサイト, mo:モンモリロナイト, li:褐鉄鉱, ru:ルチル, ap:アバタイト, ot:その他.

試料番号: V-3

産地: バン・サカ (Ban Saka)

外観: 灰白色の砂混じりシルト~粘土.

炭化した植物根を混える.

鉱物: 石英, ハロイサイト

焼成呈色: 肌色

試料番号: V-4

産地: バン・ティン (Ban Tin)

外観: 灰色の軟質粘土

鉱物: 石英, ハロイサイト, セリサイト

焼成呈色: クリーム色

いずれも, ハロイサイトを主要な粘土鉱物とするもので, 高品位ではないが, 地域的な需要に応えるものと思われる. 今後の民生向上のために有効に利用されることを期待したい.

2.2 コラート高原の蒸発岩鉱床

【コラート内陸盆地】インドシナ地塊の中央部コラート高原付近には, 中生代に大規模な内陸盆地が形成されたことは既に別報で述べた(須藤ほか, 1996). この盆地は厚い陸成層を堆積した後, 中生代末から古第三紀の始めにかけて, 3つの盆地に分裂し, 厚い蒸発岩類を堆積して消滅した.

コラート内陸盆地に堆積した地層はコラート(Khorat)層群(上部三畳紀-白亜紀)とよばれている. その下部-中部は, 砂岩・泥岩・石灰岩からなる. 上部は下位より盆地の縮小ステージの泥質堆積物であるコククルアト累層, 盆地の分裂ステージの蒸発岩からなるマサラカム(Maha Sarakham)累層, 盆地の消滅ステージの碎屑岩層であるフートック累層に区別されている(第5図).

これらのうち岩塩層を伴うマサラカム累層は, コラート, サコンナコン(Sakhon-Nakhon), それにサバナケット(Savannakhet)の東の小規模な堆積盆の3つに分かれて分布している(第5図).

【台地の下の巨大鉱床】比較的探査がすすみ, 大規模開発が計画されているのは, コラート盆地およびサコン・ナコン盆地である. そこでコラート盆地西部のバンメットナロン(Banmet Narong)地区の模式層序(Suwanapal, 1986)を第5図に示す. この地区では, 下位より下部岩塩層, 中部岩塩層, 上部岩塩層があり, それぞれの間には粘土岩や石膏層が発達している.

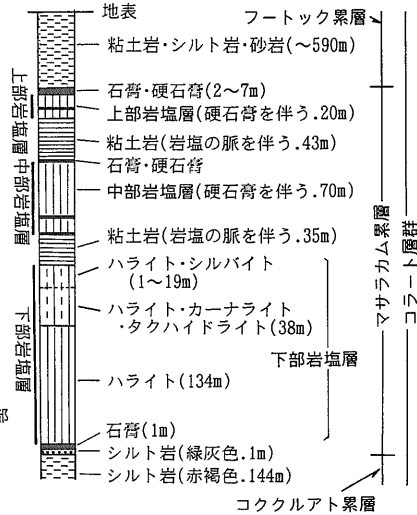
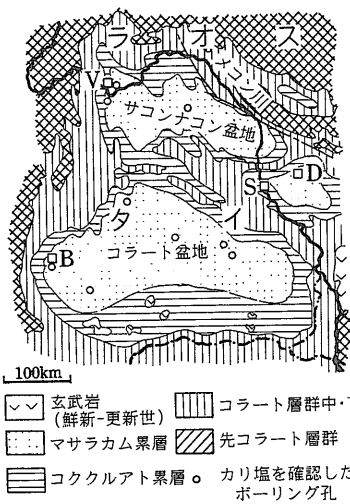
下部岩塩層は, 底部から, 硬石膏層(厚さ1~2m), 岩塩層(厚さ134m), ハライト[hallite, 岩塩の鉱物名で, 化学組成はNaCl]ーカーナライト[carnalite, KCl·MgCl₂·6H₂O]層(厚さ38m), ハライトーシルバイト[silvite, KCl]層(厚さ19m)からなる(第3図).

中部岩塩層は厚さ70mであるが硬石膏を伴いや品位が低いようである.

上部岩塩層は厚さ3~65mで, 最上位に2~7mの石膏・硬石膏層を伴って.

なお, これら3岩塩層の境には厚さ35m以上の粘土岩を挟むが, ここにもハライトやカーナライトあるいは硬石膏の細脈が生じている.

【ラオスの塩類資源】ピエンチャン平野の蒸発岩層はサコン・ナコン盆地の北西端部にあたり, 1974年および1983~85年のボーリング調査によって, 多量



第5図

コラート内陸盆地と塩類鉱床。右側はタイのバンメットナロン付近における鉱床の模式柱状図。地名はV:ビエンチャン, S:サバナケット, D:ドンヘン, B:バンメットナロン。(Suwanapal, 1986を改変)

の岩塩、カリ塩および石膏鉱床が賦存していることが明らかとなった。詳細な鉱床の評価は行われていないが、岩塩8,500億t、カリ塩500億t、さらに石膏120億tという資源量が推定されている(ESCAP/UN, 1990)。

サバナケット東北東55kmのドンヘン(Dong Hene)付近では石膏の埋蔵鉱量約1,800万tが、同じく東方50kmのケンコック(Keng Kok)付近では岩塩とカリ塩の埋蔵鉱量約11億tが見い出されている。

【進まぬ開発】 これら蒸発岩鉱床の開発は、岩塩や石膏を対象にタイとラオスでごく小規模な開発が行われているのみである。

例えば、ビエンチャン東部では、コクサート(Kok Sa At)食塩工場が、地下220mの岩塩層から高濃

度の塩水(48.5%NaCl)を2本の井戸を通じて、25馬力のポンプで汲み上げ(第6, 7図)、火力製塩によって日産24t、さらに乾季には天日製塩によって日産7~10tの食塩を生産している(第8図)。

また、サバナケット周辺のベースンでは、石膏が採掘され、年間約10万tがセメント用原料としてベトナムへ輸出されている。

タイにおいて1980年代から計画されているカリ塩鉱床の大規模開発も、産業基盤の不備、適切な採掘方法の模索、副産物である塩化マグネシウムの処理などの多くの課題をかかえており、いまだ開発に至っていない。

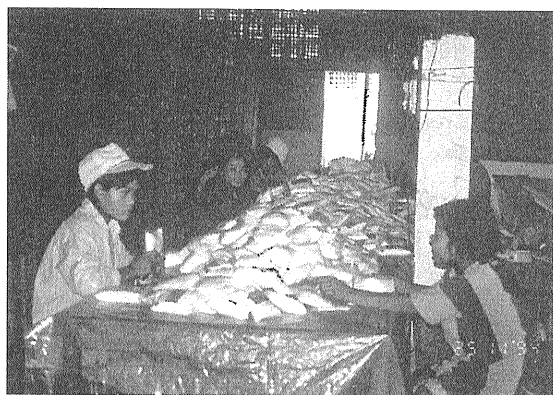
世界的規模を持ったこの地区の塩類資源も本格的な開発はまだまだ今後の課題である。



第6図 塩類鉱床調査のボーリング孔。ビエンチャン郊外で、ベトナム地質調査所の協力により行われた。赤く錆びついた鉄パイプが残されていた。



第7図 コクサート食塩工場での塩水の汲み上げ。後方は天日製塩場で、小屋には真っ白な塩が積まれている。



第8図 製塩工場での食卓塩の袋詰め作業。ヨード入りの食卓塩も製造しているようである。

3. カンボジアの鉱物資源

銅・鉛・亜鉛、金、鉄、石灰石、燐、珪砂、宝石、ボーキサイト等、全国で120ヵ所の鉱床・鉱徴が報告されている。しかしこれらは探査が不十分なこともあり、大規模なものは知られておらず、本格的に稼行されているものはない。主要な鉱物資源の概要について、第9図に示し、金属と非金属に分けて略述する。

3.1 金属鉱物資源

【金】北西部オッター・メアンチャイ州から北部のプレー・ビヘール州にかけて分布し、ほとんどが網状石英脈であり、付近に漂砂鉱床を伴うこともある。オッター・メアンチャイ州のサップ・トラップ鉱床が稼行中である。

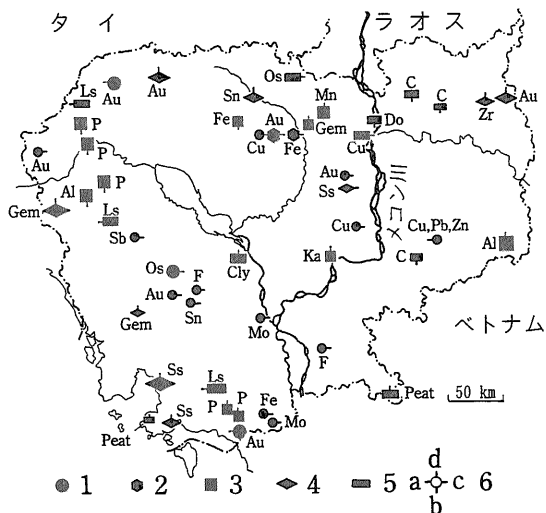
【銅・鉛・亜鉛】鉱床は北部のタイ、ラオス国境のプレー・ビヘール州を中心に分布し、そのほとんどがスカルン鉱床である。

【鉄】北部のプレー・ビヘール州からスタン・トレン州にかけてと北西部オッター・メアンチャイ州に分布し、すべてスカルン鉱床である。

【ボーキサイト】新第三紀末～第四紀の玄武岩が風化して形成されたもので、西部のバタンバン州と東部のモンデルキリ州に分布している。

バタンバン州のボーキサイトの鉱物および化学組成は第2表に示したとおりである。品位は比較的良好であるが鉱量は3百万t程度と少なく、稼行対象となりにくい。

東部のモンデルキリ州のボーキサイトはベトナム



第9図 カンボジアの鉱物資源

1:熱水鉱床, 2:接触鉱床, 3:風化鉱床, 4:漂砂鉱床, 5:堆積鉱床, 6:記号に付した短線が形成年代を示す。a:古生代中期以前, b:古生代後期～中生代前期, c:中生代中期～後期, d:新生代。鉱種はAu:金, Cu:銅, Pb:鉛, Zn:亜鉛, Fe:鉄, Mo:モリブデン, Sn:錫, Sb:アンチモン, Al:ボーキサイト, C:石炭, F:蛍石, Gem:宝石, Ls:石灰石, Do:ドロマイト, Ka:カオリン, Cly:粘土, Os:貴石, Ss:珪砂, P:燐, Peat:泥炭。

南部の鉱床と一連のもので、ハウクロン高原に広く分布しており、12地域の総鉱量は50億tと大きいのが、 Al_2O_3 40～50%と品位がやや低く、現段階では開発は難しい。

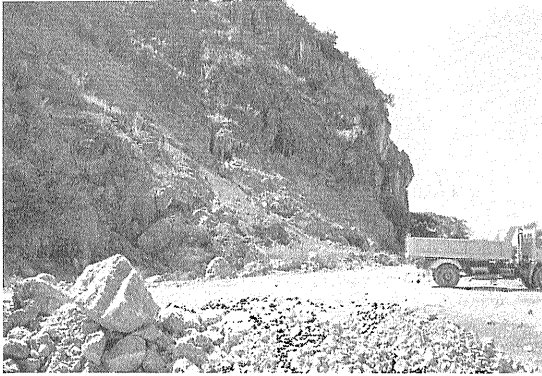
3.2 非金属鉱物資源

【石灰石】カンボジア南西部に分布するペルム紀のものが良質であり、石炭紀のものがこれに次ぐ。南部のバタンバン州やカンポート州で小規模な開発が行われており、カンポート市郊外ではセメント工場も稼動している(第10, 11図)。

【燐】鉱床はペルム紀の石灰岩の分布する西部のバタンバン州、南部のカンポート州に分布してお

第2表 ボーキサイトの鉱物組成と化学組成

ベーマイト	44%±	SiO ₂	微量
ハマタイト	24%±	Al ₂ O ₃	51%±
カオリン	22%±	Fe ₂ O ₃	24%±
ギブサイト	5%±	Ig. loss	12%~
アナターゼ	2%±		



第10図 カンポート市郊外での石灰石の採掘



第11図 カンポート市郊外のセメント工場。年間10万tのセメントを生産しているという。

り、バタンバン州のプントツン鉱床が稼行中である。これらはペルム紀の石灰岩中にレンズ状に含まれる燐酸分が、カルスト性の割れ目、空隙中に、ノジュール状、礫状、殻状に濃集したもので、鉱床の規模は一般に小さい。

【珪砂】 コンボンソム湾岸のコンボンソムからカンポートにかけての海岸には珪砂が広く堆積している。この地域の後背地であるカルダモン山地にはSiO₂が96～98%に達する珪質な砂岩が広く分布しており、これが珪砂の母材となっているものと考えられている。珪砂の平均品位はSiO₂ 99.3%と良質であり、鉱量もかなり多く有望である。現在はタクサプで日産40tが採取され、ガラス原料に使用されている。

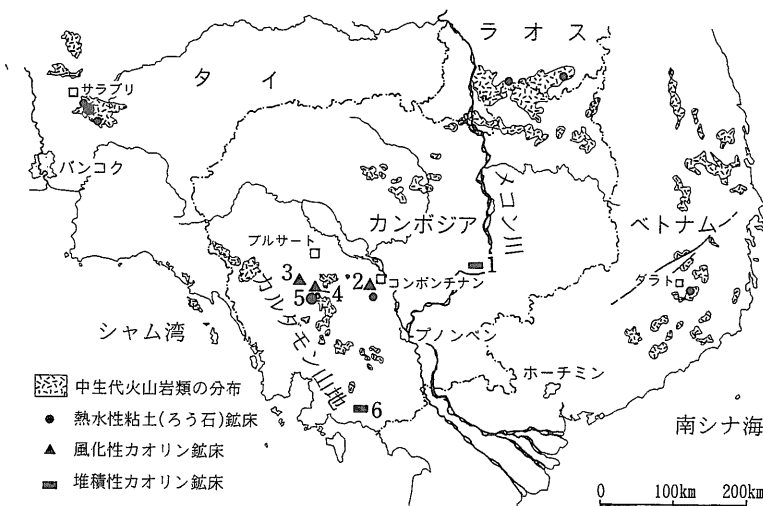
【宝石】 新第三紀末期から第四紀にかけて噴出した

玄武岩中のノジュールに含まれる宝石が風化により洗い出され各地に漂砂鉱床を形成している。ジルコンが多く、サファイヤやルビーはやや少ない。ルビーを比較的多産するタイ国境付近で盛んに採掘されているが、統計的なデータはない。

【粘土類】 陶磁器原料用の粘土として次の3種類の粘土が知られている(第12図)。

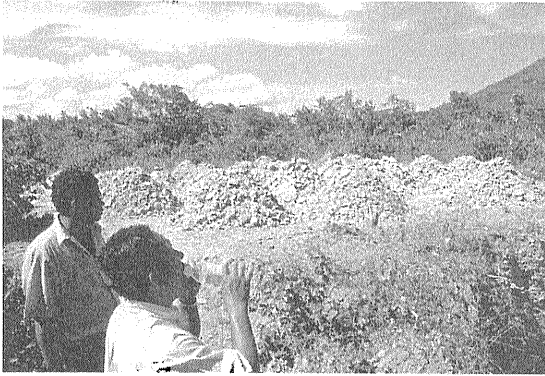
- (1) 花崗岩の風化によるカオリン質粘土…アンダンスレイ、プントラオクに産出。
- (2) 流紋岩質火山岩の風化鉱床…プノクロム、トレイジーなどが産地。
- (3) 段丘堆積物中の堆積性粘土…プレカック、プノンサルなどに産出。

これらのうちトレイジー鉱床とプノンサル鉱床を除くと稼行実績もなく、未だ鉱量調査も行われてい

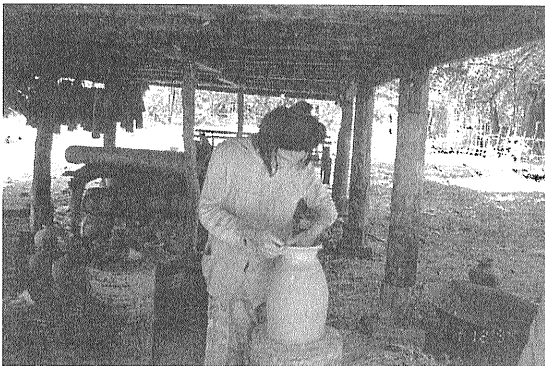


第12図 カンボジアの粘土資源

鉱床名は、1:プレカック(S), 2:プントラオク(W), 3:プノクロム(V), 4:アンダンスレイ(W), 5:トレイジー(V), 6:プノンサル(S)。鉱床形式は、W:花崗岩の風化鉱床、V:火山岩中の熱水・風化鉱床、S:段丘堆積物中の鉱床。



第13図 採掘された花崗岩風化粘土。コンポンチナン市の西郊外で。



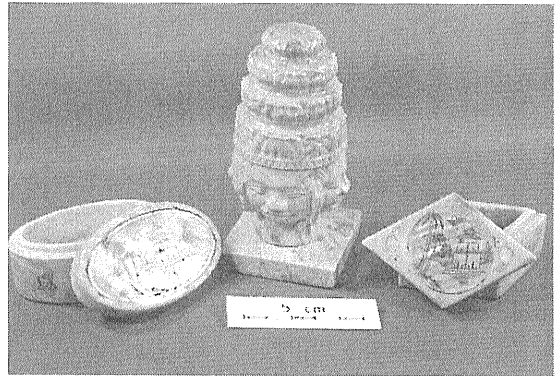
第14図 カンボジアの陶器作り。女性が粘土を載せた台のまわりをくるくる回りながら見事な壺を作り上げてゆく。

ない。しかし、各地でごく小規模には利用が進んでいる(第13, 14図)。

3.3. パゴダイト

【パゴダイトとは?】カンボジアの代表のおみやげ品にパゴダイト製品がある(第15図)。パゴダイトは灰色—黄緑色—小豆色の軟質岩で、仏頭、小物入れなどが作られている。昔から仏塔や仏像、仏頭などを作って寺院に奉納したことから、仏塔(パゴダ)を作る石として、パゴダイトとよばれている。

パゴダイトの故郷は、プルサットの南西約60kmのカルダモン山地にあるトレイジー鉱山だという(第12図)。この付近は後期中生代の流紋岩質火山岩類からなり、隣接地域には大規模な花崗岩類も分布している。鉱床は前期白亜紀の流紋岩がN15°W方向の断層沿いに深層風化を受けて形成された不規則塊



第15図 プノンペンみやげのパゴダイト。薄い小豆色でやや透明感がある。小物入れには貝殻を使った螺鈿細工がほどこされている。

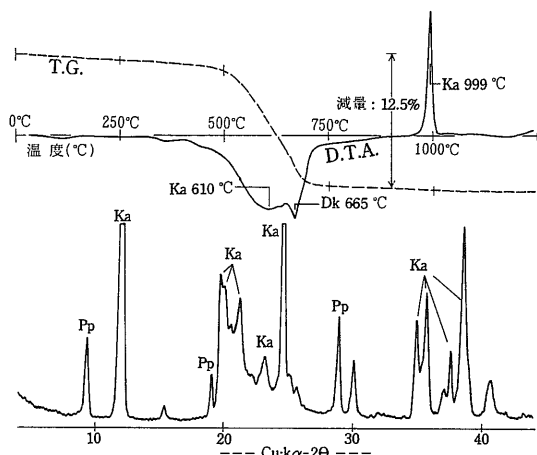
状鉱床だといわれている。古い時代から採掘されており、現在の残存鉱量は20万t程度とされている(ESCAP, 1990)。

さらにコンポンチュナン(Kampong Chnang)の南西40km付近のペルム紀の火山岩中にも類似の鉱床(プノンクロム鉱床のことか?)が知られている。【パゴダイトはろう石だ!】おみやげ品のパゴダイト、その淡い小豆色の軟質岩を観察してみる。斑晶は乏しく、長さ数mm、厚さ1mmほどの扁平なレンズがびっしりと詰まった組織は、強く熔結した流紋岩質のガラス凝灰岩に間違いのない。X線回折により構成鉱物を見るとカオリン、ディッカイト(高温型のカオリン鉱物)が主成分で、パイロフィライトも混じっている。これは、まぎれもなく高温の熱水作用によって形成された「ろう石」である(第16図)。

【タイ南東部に続く?】カンボジア南西部のカルダモン山地では後期中生代の火山岩類・花崗岩類が分布し、これに伴って、「ろう石」のような熱水性粘土鉱床が形成されたい。

このような特徴は日本からベトナムまで追跡される後期中生代の東アジア火山帯と共通するものである(神谷ほか, 1996a)。これに連なるものであろうか? いや、北西方に目を転じると、カルダモン山地の火山岩類・花崗岩類の北西延長にはタイ中央部のナコンナヨクからサラ・ブリに至る地域に火山岩類が分布し、類似の「ろう石鉱床」が知られている(第12図)。

おそらく、シャンタイ地塊とインドシナ地塊の間に生じたカンボジアからタイ南東部を経てタイ北部に



第16図 パゴダイトの熱分析およびX線回折パターン。カオリン(Ka)を主成分鉱物とし、パイロフィライト(Pp)を伴うこと、カオリンにはその高温型鉱物であるディッカイト(Dk)が伴われることから、典型的なカオリン質ろう石と言える。

延びる中・古生代の火成活動に伴うものであろう。

また、北東方に目を向けると、ラオスの南東端部にも中・古生代の火山岩の分布と2カ所のパゴダイト産地の記述がある。ベトナム南部の火山岩(神谷他, 1996b)とはどう連なるのか? 興味津々である。

5. 終わりに

筆者らが1990年頃から1995年までに収集した資試料や知見をもとに、5回にわたってベトナム、ラオス、カンボジアの地質と代表的な工業原料鉱物資源について、その産状や資源量、典型的な鉱石の品質について解説し、それらの将来性についても言及してきた。

これらの国々では、経済発展の原動力として、また民生向上の切り札として、これら資源の調査・評価・開発を積極的に推進しつつある。筆者らの解説が評価や開発の基礎試料として、また我が国と各国の経済交流の基礎資料として活用していただければ幸いである。

筆者のひとり神谷は1994年に、ベトナム・ラオス・カンボジアの各国を、また平野は1995年にベトナム

を訪れた。その際、国連アジア太平洋社会経済委員会(ESCAP)、各国の地質調査所や地質鉱山局、そしてその所長、局長をはじめとして多くの方々に、資料収集ならびに鉱床の現地調査や試料採取について多くの便宜を図っていただいた。おかげで、ハノイを中心に北部ベトナムの、またホーチミンを基点に南部ベトナムの、そしてピエンチャン、プノンペンを中心にその周辺の鉱物資源について、実際の鉱床探査や開発の実体を見聞し、貴重な知見を得ることができた。この機会に各位に心から謝意を表する次第です。

参考文献

- British Geological Survey and Department of Geology and Mines, Lao P. D. R. (1991): Geological and Mineral Occurrences Map, Lao P. D. R., 1:1,000,000 scale, Asian Development Bank, Manila, Philippines.
- Economy and Social Committee for Asia and Pacific, United Nation (1990): Atlas of Mineral Resources of the ESCAP Region, vol.7, Lao People's Democratic Republic. 19p., UN/ESCAP, Thailand.
- Economy and Social Committee for Asia and Pacific, United Nation (1990): Atlas of Mineral Resources of the ESCAP Region, vol.10, Cambodia. 87p., UN/ESCAP, Thailand.
- 平野英雄・神谷雅晴・須藤定久(1996b): ベトナム北部の工業原料鉱物資源(その2). 地質ニュース, no.504, 48-53.
- Hite R. J. (1991): Potash deposits of the Khorat Plateau, Thailand, in Fertilizer Minerals in Asia and the Pacific, Mineral concentrations and hydrocarbon accumulations in the ESCAP region, vol.1, UN/ESCAP, Thailand, p. 51-73.
- 五十嵐俊雄(1984): 粘土質試料のノルム計算(N88 BASICプログラム), 地質ニュース, no.353, 37-47.
- Japakasetr T. and D. R. Workman (1981): Evaporite deposits of Northeast Thailand, Circum Pacific Conference, Hawaii, pp. 179-187.
- 神谷雅晴・須藤定久(1996a): ベトナム中南部の工業原料鉱物資源. 地質ニュース, no.505, 39-45.
- 神谷雅晴・須藤定久(1996b): ベトナム北部の工業原料鉱物資源(その1). 地質ニュース, no.503, 49-55.
- 須藤定久・神谷雅晴・平野英雄(1996): インドシナの地質と鉱物資源の概要. 地質ニュース, no.502, 42-47.
- Suwanapal A. (1991): An overview of potash development in Thailand. in Fertilizer Minerals in Asia and the Pacific, Mineral Concentrations and Hydrocarbon Accumulations in the ESCAP Region, vol. 1, UN/ESCAP, Thailand, p. 243-254.
- SUDO Sadahisa, KAMITANI Masaharu and HIRANO Hideo (1996): Industrial minerals of Laos and Cambodia.

<受付: 1996年4月18日>