

エカフエ「地化学探査セミナー」に出席して

本島 公司

エカフエ主催「地化学探査方式に関するセミナー」(Seminar on Geochemical Prospecting Methods and Techniques)が1963年8月にひらかれたが、その内容にはわが国にとってもきわめて有益なものが多いのでここに技術面についてやや詳しく報告する。なお正確な議事内容は英文の正式報告書としてまとめられており、これは各国が提出した論文とともに地質調査所で保管している。

Asia and the Far East 略して ECAFE) がおかれているタイ国バンコックにあるサラ・サンチタム ホール (Sala Santitham Hall) の二階会議室で 1963年8月5日から8月14日の間 ECAFE と BTAO (United Nations Bureau of Technical Assistance Operation) の共同で開かれた。バンコックの8月は雨季にあたり3月～5月の夏季よりもしのぎやすいといわれる。

1 セミナーが実施されたいきさつ

アジアの地質家と鉱山技術家達は 1959年に研究グループをつくって アメリカ カナダを視察した(兼子前地質調査所長参加)。これは国連の仕事として行なわれたもので、研究グループは地化学探査がエカフエ地域でもっと広く数多く採用されるべきであると考えた。エカフエ地域には気候条件などが原因して厚い土壌やひどいジャングルにおおわれる地帯が相当広くあってそこでは既存の資源探査法の適用がさまたげられる場合が多い。このようなときには地化学探査のどの方式がうまく野外調査に適合するかを検討することが大切である。そして東南アジアに適する地化学探査技術の情報の交換および収集を計ることは有意義である。このため研究グループはエカフエ事務局がセミナーを計画するよう希望した。1960年に東京で開かれた会議で鉱物資源開発のサブ・コミッティは地化学探査の方法と技術に関するセミナーを召集するように勧告し1963年3月の第5回地質会議(マニラ)で開催が決定された(斎藤所長出席)。

3 組織 出席者 提出論文

エカフエ事務局から U Nyun局長 Menon工業部長 Li同次長兼鉱産資源開発課長 沢田秀徳氏(日本の地質調査所員 エカフエ鉱産資源開発課員) Lee 氏(鉱産資源開発課員)が出席した。J. S. Webb教授(Dept. of Geology, Imperial College of Science and Technology, London)と O. Brotzen 博士(BTAO 所属; Stockholm, Sweden)とが講師としてセミナーをリードされた。このほか国連のメコン開発チームから C. T. Pierson 氏(アメリカ地質調査所) H. S. Jacobson 氏(同)が同じく国連のインド石油探査チームから N. A. Eremenko 教授(ソ連)が参加した。

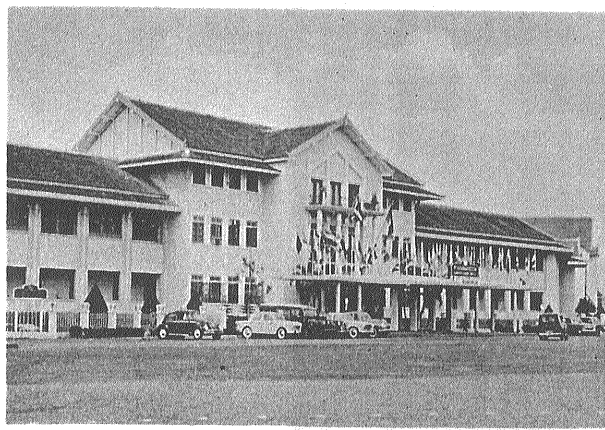
各国からの参加者数と提出論文数およびその内容は次のとおりである。

別表

国 別	出席者数	提出論文数	論 文 内 容
オーストラリア	1	4	Pb・Zn探査 分光と化学分析の比較 多 元素同時分析 精査
セイロン	1	0	
中国(台湾)	3	2	石油ガス一般 石油
マラヤ	1	0	
フランス	2	1	熱帯のU

2 セミナーの開かれた場所と期日

セミナーはエカフエ事務局 (Economic Commission for



セミナーが開かれたエカフエ事務局のあるサラ・サンチタム、ホール (バンコック)



開 会 式

インド	1	9	一般 Ni Cu Cr Pb Cu 概観 Pb と Zn 地化探 物探・試錐併用 卑金属地化学探査一般
インドネシア	1	1	
イラン	1	0	
日本	5	8	金属一般 Uペーパークロマト分析 土壌の Pb・Cu・Zn 分析法 水成U 石油母層 水溶性ガス 金属物探地化探併用 U物探地化探併用
韓国	1	0	
パキスタン	1	1	一般
フィリピン	1	1	含 Ni ラテライト
南ベトナム	1	0	
タイ	8*	3	南タイ土壌中の Cr 地化探一般 現河川の堆積物中の Sn 土壌中の Nb・コロンビウム定量 Cu の二次分散 重鉱物 タイ国メコン地域の物探地化探併用 フロリダの P
イギリス	3	2	
アメリカ	3	3	
北ポルネオとサラワク	2	0	
西独	1	5	Pb・Zn 旧坑 古い熱帯土下の U ラテライト ポーランドと他の分析法の比較 卑金属ボシドニヤ頁岩有機物
エカフエ	5		
事務	2**	2	フィリピンの地化探一般 分光分析法とその器械
講師	3***		
その他国連計			

* この外多数の聴取者が出席していた ** 英国とスウェーデン
*** アメリカ地質調査所 2 ヲ連 1

4 会議事項

会議の議題は次のようである。

- 1 開会の辞
- 2 地化学探鉱の一般原理と実技
- 3 鉱物概査における地球化学的方法
- 4 精査における地球化学的方法
- 5 探査に用いられる分析法
- 6 卑金属鉱床の地化学探鉱
- 7 Nb Ta W Sn Mo. U Be および Li の地化学探鉱
- 8 塩基性岩石に伴う鉱物の地化学探鉱 (Cu Ni Co Cr Pt ダイヤモンド)
- 9 その他の金属 (Au を含む) と非金属 (石油と天然ガスを除く) の地化学探鉱
- 10 石油と天然ガス探鉱における地球化学的方法の適用
- 11 他の鉱物探鉱法と地化学探鉱の併用 (とくに地質および地球物理的探鉱との関連)
- 12 エカフエ地域における地化学探鉱の見直し (将来の仕事に関する勧告を含む)
- 13 国際協力で鉱物資源探査を実施する場合の地化学探鉱についての考察
- 14 セミナー報告書の採択

5 日本代表团

日本からは 地質調査所地球化学課長 本島公技官 (代表) 原子燃料公社倉吉出張所 佐藤学而氏 (代表代理) 日本鉱業株式会社探査部 百瀬寛人氏 帝国石油株式会社中央技術研究所 柳下秀晴氏 石原産業株式会社紀州鉱業所 原正己氏 (現地参加) の 5 名が参加した。出席者は事前に 3 回ほど会合して準備を進めた。

提出論文は次の 8 編であり これらは適当に会議事項中へくりこまれて出席者からそれぞれ紹介された。

本島 (地調): 日本における水溶性ガス田の地化学探鉱
東野 (地調): 金属鉱床地帯における土壌と岩石中の Cu Pb Zn の定量法

大橋 野沢 青山 (原燃): 日本における堆積岩中のウラン鉱床の地化学探鉱

佐藤 (原燃): 東郷鉱山における比抵抗法と地化学法の併用によるウラン探査

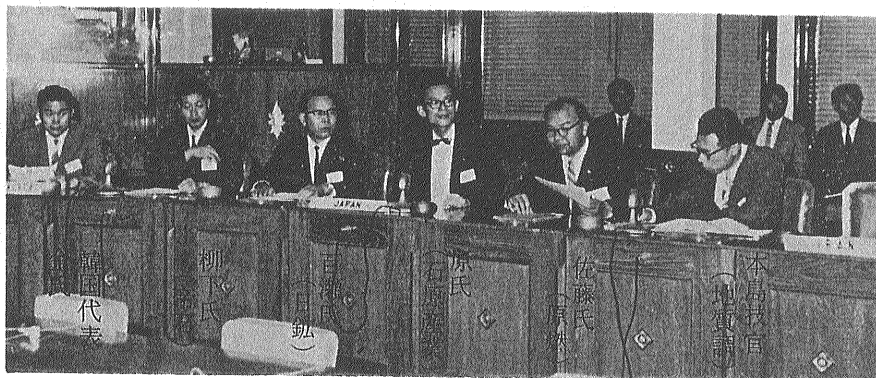
阪上 (金沢大): ウランの高感度ペーパークロマトグラフ分析
百瀬 (日鉱): 地化学探鉱と物探の併用およびその効果について

百瀬 (日鉱): 日本の金属鉱山における地化学探鉱の利用
柳下 (帝石): 母層の炭化水素分析による石油の地化学探鉱法

この外 人形峠のウラン鉱石 ウラン (朝倉書店発行) 地化学探鉱の写真なども持参して陳列した。

6 地化学探鉱の一般原理と実技

8月5日朝9時に開会式が行なわれ タイの Thanat Khoman 外務大臣 エカフエの U Nyun 局長 Alfred Edward 氏 (国連の極東における工業援助機関の代表) らの挨拶があった。引続いて Webb 教授による地化学探鉱の一般原理に関する話から 技術的討論に入った。エカフエ地域のような 熱帯で植生も土壌も厚く鉱体に近づく難しい地区が多い所では 地化学探鉱は経験的に適用の可能性がおおいにあると考えられる。一般原理を解くにあたっては まず地質学的サイクルの説明から入り ついで元素の分散には 一次的 (鉱床生成の時鉱液の作用により鉱体周辺の岩石に供給されることなど) と二次的 (鉱体やその周辺にある元素が風化などによって水・土壌・植物などに分散することなど) とがあることが説明された。一次



日本代表团

分散の異状 (anomaly) には 大きなものが観測されることがあり たとえば As に関しては幅 200 m にもおよぶものが知られている。このほか炭化水素、ウラン水銀 (Pb Zn S 鉱床などに例があり 2 km 位観測される) なども一次異状をつくる。二次分散による異状は風化と運搬に大きく左右される。その例には 焼け (Pb Zn 鉱床などに顕著) 土壌 水 (水理地球化学的なもの) 現在の河川堆積物 (stream sediment anomaly 数マイル下流で見つかることもある) 植物 (西アフリカで Pb Ag に良い例がある) の異状などがある。

地化学探鉱のサンプリングと異状を求めることは一般に簡単であるが その解釈には大変な困難を伴う。解釈にはバックグラウンドの見つもりが一つの問題点であり またタイ国の Ni がたくさん含まれる含黄鉄鉱頁岩地帯に時々その例がみつかるような無意味な異状の存在や 汚染にも問題がある。また異常の大きさや鉱床規模の関係も考慮されるべきである。調査の信頼度は地方性に大きく支配されるが 従事者の経験にも大きく影響され とくに操作の選定と解析能力で差が出るから 訓練と情報交換が必要である。広域の概査には排水系を利用した drainage survey が 速さの点でかわれる。ローカルな条件によっては 岩石や土壌も広域調査に用いられる。地化学探鉱の費用は 概査でおおよそ $5 \sim 10/\text{mile}^2$ 精査で $100 \sim 1000/\text{mile}^2$ 見当で 他の方法による探鉱費に比較して安いほうであるが あとで試錐による結果の確認を必要とすることを忘れてはならない。エカフェ地域内では 地質および物探と併用した地化学探鉱がとくに重要である。

7 鉱物概査における地球化学的方法

この討論は第 2 日目の 8 月 6 日に行なわれた。まず Webb 教授の次のような一般的説明から始まった。「広域の概査には ①土壌と岩石 ②地下水 ③植物 ④河

川水 ⑤現河川の堆積物などが試料として用いられる。④の例ではソ連で Hg が 1 マイル幅で観測されたことが注目され また Sn と Be の土壌中の異状が説明された。③の異状は地下水面に沿って出ることが多く 鉱体から数マイル下流で異状が見つかることがある。地下水は熱帯ではあまり使われていないが ウランには活用できようし とくにソ連ではよく利用している。有機物による吸着作用に由来する異状は Mo Cu U 硫化鉱の探査に利用できる。seep anomaly にはとくに注目する必要がある。⑤は重力的な沈澱物と河川水から化学的におちたものによって構成され 活用できる。ビルマ フィリピンなどでは Pb Zn を測定している。また西アフリカでは Mo の探査に応用している。この際②とも関連するが 水中の Mo はバックグラウンドより低い価を示す例があるが それは Mo が沈澱によって水から除去されることに原因する。石灰岩地帯では pH が大になって Cu など多くの元素の沈澱がおこるので 乾燥気候の地域では一般に②よりも⑤が有用である。金鉱地帯における As の分布例が提示された。この際 As は化学分析で 他の 14 元素は分光分析で求めている」
 続いてスウェーデンの Brotzen 博士が「地化学探鉱に用いられる技術」について次に述べるような一般的説明を行なった。「すなわち Be の探鉱に白雲母を利用することなどを含めた一般的説明の後 試料として何を用いるかは地形的状況に左右されることが多いこと 沢水では崖のためにその土の影響が出ることなどを述べた。ついで 鉱化帯と非鉱化帯の分析値の集計結果の差異 (バックグラウンドと異状の認めかた) にふれた。現河川の堆積物では Nb W Au のような風化に対する抵抗大なものは短距離の異状を Cu などは長距離の異状をつくる。また道の近くで Pb の汚染による異状が出た例がフィリピンにある。土などの試料は 50 g 位とるのが普通で 紙袋に入れ 必ずラベルをつけ 位置採取年月日 地質 一連番号 採取者名 流路状況を記



討 論



パ ー テ ィ (リー博士の招待)

入し 詳しい地質は別のノートへ記載する。分析は調査地キャンプ または調査地実験室で行なうのが一般である。土壤試料は深度25cm 50cm 100cm だとるとよい。Orientation survey では 土壤試料を50m 50~100m 間隔でとる。超塩基性岩に伴う Cu には Ni が同伴するから Cu のみを測らずに Ni の資料もとると塩基性岩に由来したことが判明する。」

次いで提出論文中の 概査に相当するフィリピン 西独 アメリカなどの分が紹介され討論され アメリカの磁鉄鉱の分光分析 セイロンのモナザイトおよび磁鉄鉱(含 Ti 磁鉄鉱と Ti の無い磁鉄鉱で Mn を含む同生的かつ経済性があるもの) などが紹介された。

概査では鉱化地域内の異状把握のため金属分布状況を示す大きな図が必要である。調査の速度と経済面から drainage pattern と regional primary pattern とを目標にする。広域土壤調査はローデシア(亜熱帯)で用いられ インドでも活用された。ある元素の均一なパターンが出た時には 高バックグラウンドであるか barren rock か判断のつかぬことがある(例エカフエ地域の含 Ni・Cu 超塩基性岩)。水と堆積物による drainage survey は熱帯 亜熱帯で活用でき アフリカの例が有名であるが 南西太平洋地域 東南アジアでも適用できる。水を使う場合には Zn や U のような元素に限定される。堆積物中の異状は水よりも安定である。orientation survey には 試料の粒度の決定 分析金属種の決定 抽出操作(冷抽出 ぬるい酸抽出 熔融)を含めた分析法の決定が重要である。一般に 地化学探鉱チームは能率を著しく低下する細かい地質の観察をやらない。現在の河川堆積物は普通の地質作業を進めている時に ルーチンとして採取されるべきで 必要ならそのための若干の労力を付加すべきである。多くの異状はすぐには経済性をもたない鉱化作用に また他の例は岩石の高いバックグラウンドに由来する。これらは随伴する元素の

研究 元素比などで明らかにされる。

偽異状(false anomaly)は旧坑(西独の提出論文)ズリ自動車排気(フィリピン) 陶器工業(イギリス)などでつくられる。汚染の度合は 工業をやった時間の長短水質などにも支配される。広域にわたる地球化学的資料は 農業 土地利用 林業 公衆衛生などの大切な情報源である。

8 精査における地球化学的方法

第3日目の8月7日には まず Webb 教授の次に述べるような精査に関する一般的説明があった。「精査には 岩石 土壤 被覆物(運搬物) 植物などに対する細かい資料が必要である。熱帯の風化では Sn Be などが残留することを説明し また焼けの分析例(Cu Co Ni について)も示した。基盤(bed rock)の性質は土壤中の元素の分布を大きく支配し その分布は物理化学的環境でも左右される。Pb は Zn よりも溶けにくいので明確な異状をつくりやすく 元素分布はまたリーチングの度合にも左右される。基盤の浸透率や pH も大切な因子で pH が大きいと金属は動き難い。有機物の吸着も考察すべきである。また地下水の働きで鉱体の2,000フィートも下流に seep anomaly ができることもある。植物が死んで金属を供給する例もある。」

ついで百瀬氏による日本の金属鉱山に関する提出論文の紹介があった。Brotzen 博士は金属含量と共に土壤の色を記載するときれいな地図ができると述べ またバックグラウンドの決め方を説明した。ついで インド オーストラリア インドネシアの論文が紹介された。インドでは一調査班が地質家1名と測量技術者1名で構成され この人たちが地化学用試料を採取する。研究室ではこの班に1名の化学家がつくそうである。

提出論文と討論の内容は次のようにまとめられる。

地化学精査は地質調査 物探 地化学概査によって鉱石が地下にかくされていると推定されるところなどに適用される。エカフエ地域ではオーストラリア インド 日本で卑金属鉱物の埋蔵がこの方法によって発見された。普通求められるパターンは ①風化された岩石と土壤中の異状と ②運ばれてきた被覆物中の異状とである。しかし①の残留土壤が潜頭鉱床の指示者として高い信頼度を示すので 最もよく利用される。けれども 土壤異状値は多くの因子でモデファイされる。因子の一つに鉱石金属の動きやすさ(mobility)があり これは気候 岩石 浸透率 土壤と基盤岩の pH などに関係する。また土地の傾斜度に左右される。調査は普通地質家の管理下におかれ 現地労務者などをつかって実施される。



タイ国地質調査所の屋外にある中生代ハチュウ類の模写

よくつくられた実験室における分析は正確 迅速でありかつ安価である。試料採取のパタンには色々あるが正四角型 三角型 格子型 横断などが普通である。山では山頂と支脈で試料採取をする。試料採取地点の位置は テープとコンパス あるいは歩測とコンパスで決める。分析値は地図にプロットされ 地質 地形 土壤型と比較されながら 地質家によって解析される。試錐とピットに費用が多くかかるので 必要に応じて地化学探査の精度をあげるために測点間隔をつめたり より深部から試料採取をするなどの考慮が払われる。金属含量が多い時には 一応高いバックグラウンド 汚染露頭の存在の可能性を考えてみる。植物よりも土壤の方が一般に好ましい結果を与えるが 局部的には指示植物が鉱石発見のよい案内役になり その系統的利用には植物学の知識が必要である。

9 探査に用いられる分析法

オーストラリアの化学者 Haldane 氏は セミナー第1日目の8月5日に Webb 教授の指名によって 地化学探査に用いられる分析法一般について次のように説明した。

「ここではおおむね土壤 岩石および水に対する野外における痕跡元素の分析法を中心にして述べるが まず必要事項としては ①高感度 ②分析操作の信頼度が高い つまり正確 ③操作が簡単 ④費用が安い ことである。

一般の分析操作は ①試料調製 ②試料の分解 必要元素の抽出 ③鉱石元素の分離 ④金属の定量 の順序に従って行なわれる。①には乾燥 挽いて細かくするなどが含まれるがこの際汚染や粒度の点にはじゅうぶんな注意が要る。③では Hg (高温でとぶ) Ti (Fe Al Mn などとの分離がむずかしい) As の分離にはとくに気をつけること 有機試薬でとり出すのが有効である。

④は比色法が早い。なおこのほか 分光分析についても説明した。」

第4日目の8月8日には まずタイ国地質調査所の La-ongmas Buravas 夫人が アメリカ地質調査所で採用している標準のデチゾン法による Cu Zn などの定量分析の実技をひろうした。ついで東野氏の論文を本島が紹介したが 溶媒に使う四塩化炭素がやや高価でありそれよりもベンゼンが安いこと CCl_4 の純度と安定度についての討論がなされた。阪上氏の論文は佐藤氏によって紹介され Webb 教授からペーパークロマト以外のウラン分析に対する説明が求められ オーストラリアの化学者 Haldane 氏がこれに答えた。

英国の Nb Ta に関する論文に関連しX線蛍光分析では両元素の分離に問題があるといわれ また Sr はこの方法でうまく求まらなるとされた。Bro:zen 博士によると スウェーデンでは分光をおもな分析法とし ペーパークロマト分析は少ないという。ついで 分光分析法に関する説明が同博士によってなされた。電極から出る光の強度が発光時間中なるべく一定になるように試料に緩衝剤(buffer)として KCl のようなものを加える。Hg のように蒸発しやすい元素の定量には flux を加えて fuse する。直読式分光器はきわめて高価であるので比色法も当分使用される。ソ連では分光分析がきわめて有効に使われている などを述べた。

英国の Moore 氏は この際地球化学的標準物質について言及した。とくに痕跡元素のそれが考慮されるよう述べたが 同氏らはタンガニーカ産花崗岩と カナダ産硫化鉱物を暫定的に用いているようである。Webb 教授は現地分光分析が アメリカとソ連で行なわれている旨述べ 分光法で50元素の定量分析ができると説いた。さらに同教授は 最近地化学探査で重視している元素 Hg の分析について言及した。すなわち ソ連では Hg を高感度分析で求めており アメリカでは地質調査所の地球化学部門で完成した高感度湿式分析法を用いて 10ppb の感度で分析を行なっているという。また Hg を蒸気にして空気と共に計器へ導き 光の特性吸収を利用する方法によって 10^{-10} g の感度で分析している説明もなされた。

セミナーでは 湿式分析法とくに比色法が地化学探査に最も広く採用されていることが 認められた。この方法には簡単 高感度 信頼度大 速度大 あまり化学的訓練をもたぬ人でも分析できる などの利点がある。また器具も試薬も高くない。24の元素に対する最新の湿式分析法をまとめたアメリカ地質調査所の Bull. 1152 (1963) が 地化学探査にきわめて役立つ。Pb Zn Cu



タイ国地質調査所 (バンコック) の正面 燭石の水圧による採掘の像がみえる

に対してデチゾンには万能試薬であるが その安定度は溶媒の純度に大きく左右される。 溶液は光と熱に敏感だからデチゾン液は熱帯では冷蔵庫へしまっておくがとくに溶液が高濃度でない時には注意を要する。 トルエン ベンゼンおよび四塩化炭素は最も普通に使われる溶媒である。 Cu の定量には 安定度の関係で α α' biquinoline がすぐれている (日本ではルビアン酸が使われることがある)。 U の分析に蛍光法を使うと信頼のおける資料を出しにくい。 U用の特殊ポーラログラフが作られ有効に利用されている。 分光分析法の利点は同時に多種類の元素の定量ができることである。 この点はとくに orientation survey に有効である。 直読式分光器は高価であり 年間50,000試料位をこなさないと 地化学探鉱には使いきれないし また高度に訓練された専門家を必要とする。 以上を通じて注目されることは 外国では地化学探鉱に大々的に分光分析を利用しつつあり 比色法は特殊な元素に限定して用いられる傾向になりつつあると感ぜられる点である。

10 卑金属鉱床の地化学探鉱

第5日目の8月9日に 熱帯地域における地化学探鉱の討論がなされた。

土壌上部には腐植による吸着で金属含量が多く分布し 風化された基盤にも Mn Fe Cu Pb などが多く含まれ 中間深度に金属含量が最少であるインドの例が説明された。 また Brotzen 博士により フィリピンの現在の河川堆積物で Cu と Zn が富化されず Pb が存在した例の説明がなされた。 熱帯では Cu Pb Zn 鉱床に対して数多くの地化学探鉱が行なわれてきた。 その理由は ㊸これら元素がよい異状をつくる ㊹Cu Pb Zn には地化学探鉱に適した簡単でじゅうぶんな分析法がある ㊺これら元素の動きやすさが drainage の異状分布距離を長くする傾向にある ㊻残留土壌の異状が相当な広さとコントラストを示す ㊼以上の点から調査が安価に行なえる ㊽結果は相当に信頼できる などである。

エカフエ地域では オーストラリア インド 日本で卑金属に対する精査が成功裡に行なわれている。 またインドネシア フィリピン タイ 北ボルネオでも概査を実施中である。 Hg を指示元素 (pathfinder) として この種鉱床の探査に役立たせるための分析技術に注意が払われた。 冷抽出操作による分析は 卑金属に対する現在の河川堆積物調査に適用できるが 土壌の異状を求める探査では その用途に対して限界がある。 全金属量に対して冷抽出の金属量が多い (冷/全が大) のは しばしば seepage anomaly の特徴になる。 そしてこの値が小さい時には残留異状を示す。

11 Nb Ta W Sn Mo U Be および Li の地化学探鉱

第5日目の8月9日に 上記の花崗岩とペグマタイトに伴う元素の鉱床に関する探鉱法が討論された。 これらの地化学探鉱は アメリカ以外ではあまり行なわれていない。 Be 鉱物は 長石と見誤りやすく同定がむずかしいが 中性子による原子の放射化を利用したベリロメーターが完成して同定できるようになった。 Li 鉱物は軽く Li 元素は蛍光光度計で分析する。 この元素は水中への分散性があるといわれる。 タイ国から提出されたタイの地化学探鉱全般についての論文に対し 地下水の資料を用いたらどうか と他国からの示唆があった。 いずれにしても Sn Nb Ta W Be に対する地化学探鉱技術は最近になってうまくゆくようになったもので 熱帯と亜熱帯地域の実験でよい結果が得られている。 これらはエカフエ地域では特別に興味ある鉱種である。 Be Li 鉱物を除き どちらかと言えば抵抗の大きい残留鉱物に入る。 その元素の動く度合は小さく drainage anomaly として永続しやすい。

Sn はマラヤの6つの地区で 現河川の堆積物により探鉱されたが 顕著な Sn の異状は鉱脈に関係し 花崗岩の初生的分散に関係しない。 各サンプルにつき 20 ~80メッシュと -80メッシュの二つのフラクションについて Sn の定量を行なうとよい。 またわんかけよりも 地化学探鉱の方が より下流に異状がみられる。 サンプルング誤差は 重鉱物が運搬・堆積の過程で分別される結果おこるが 堆積物の細粒フラクションを分析することで減少できる。

Be はおもに緑柱石中にあり 軽い鉱物フラクションにあらわれるので しばしば現河川の堆積物では石英によって急激に薄められる。 残留土壌中では Be は普通せまいが 有意の異状を示す。 異状は大きな緑柱石



バンコックの官庁街 Rajadamnoen Road 日本製の車が多い

の結晶とのかげらが残ることで生じるが 細粒土壌には少量の Be しかない。 するために粗いフラクションの研究をすすめる。 共生する白雲母中における Be の初生的な分散は 実験研究によると 地化学探鉱に有望な結果が得られている。 Haldane氏によると アメリカでは Be とほたる石の共存 F の分散性による地化学探鉱を考えているという。

Li Mo U および Hg は相当動きやすい元素で Mo についてみると アメリカ地質調査所で 15km 先の鉱床の探鉱を扱った例があるといわれる。 U の探鉱は日本でよく行なわれている。

ここで大橋氏らの論文が佐藤氏によって紹介された。 フランスでは U は蛍光とペーパークロマト分析で 他の元素は分光分析で成功裡に地化学探鉱を行なっている。 沖積層中の地下水の異状は 1 km 雨期には 3 km 位の範囲にみつかるといわれる。 フランスの土壌による概査では 1 km あたり 1 試料をとり 分析は月に約 2000 試料行なう。 また野外調査は地質家と測量技術者の計 4 名で行なう。

現河川の堆積物による概査と 残留土壌による精査が有効である。 Mo は河川水や地下水の分析によって普通よくみつけれられる。 Li はペグマタイトおよび Sn の鉱化作用に対する指示元素として用いられる。 Hg 探鉱法として土壌と岩石の分析が注目され Hg が硫化鉱の指示元素として用いられる可能性が注目された。

12 塩基性岩石に伴う鉱物の地化学探鉱 (Cu Ni Co Cr Pt ダイヤモンド)

Cu Ni Cr Pt などの金属を伴った塩基性ないし超塩基性岩石 Fe・Ni・Co・Mn を含んだラテライト およびボーキサイトは エカフェ地域の多くの地区で鉱物探査のおもな目標になっている。 インドネシア フィリピン キューバ ニューカレドニアの大規模な二次ニッケ

ル鉱床のような 超塩基性岩の上にあるラテライト基底に富化される Ni に特別な注意が払われた。 地化学探鉱はこの型の二次的鉱床についての精査法として一般には適用可能ではない。 しかし超塩基性岩の分布地域を地図上で大まかに決めることには役立つ。 Ni だけを分析して 深くまで風化している超塩基性岩中にある初生のニッケル硫化物鉱化作用を探知することは この型の岩石で Ni のバックグラウンドが一般に高いので 困難である。 しかし硫化物は 硫化物にだけ随伴する他の金属元素に対する分析によって たとえばフィリピンにおける銅とパラジウムおよび Cu と Zn などを分析することで 位置を決められるであろう。

残留土壌中の Cr に対する地化学的仕事がタイから報告され 結果は有望である。 Cr 鉱床に対する地化学探鉱と 地質調査 重力探鉱の共同作業で成功した例がインドから報告された。 キンバレー岩中にあるダイヤモンド鉱床の探査は ザクロ石やその他の鉱物のような探査に役立つものに注目して行なう「わんかけ法」によって 慣例的に行なわれた。 実験的な地化学探鉱によると キンバレー岩はしばしばその岩石に特徴的に富化されている Ni Co Zn その他の元素の残留土壌中の異常分布によって探知される。 最近の実験的研究によると ソ連でキンバレー岩に近い所の水中に Zn の異常が認められている。

13 その他の金属 (Au を含む) と非金属 (石油と天然ガスを除く) の地化学探鉱

K B 硝酸塩 硫酸塩 磷酸塩鉱床に関する地化学探査が パキスタンから報告された。 磷酸塩の分析には バナジン酸塩=モリブデン酸塩試薬と硝酸による方法が勧められた。 B の分析には器具からの汚染に対する注意がなされた。 また分光分析で B が求められていることも説明された。 アメリカのフロリダにおける試錐カッティングを用いた磷酸塩鉱床の地化学探鉱が詳細に報告された。 高品位の磷酸塩鉱床は必ず定った地質環境下にあるが 低品位鉱床はいろんな環境下にみられる。 アルジェリアでは磷酸塩岩石を道路に使用している。

残留土壌中の Au に対する地化学探鉱は アフリカの熱帯と亜熱帯地域で広く用いられている。 この仕事にはとくに Au と共存するアンチモンの砒素化合物 卑金属を指示物として 使用する。 実験結果によると Ag と Hg とがこの目的に対し使用の可能性がある。 20 μ m 以下の Au は floating gold で水により流れ去る。 フィリピンでは 1 ppm Au の斑点試験を用いて既知鉱脈で明らかな反映を認めた。



木陰で一休み (アユタヤにて) 右からソ連 タイ
パキスタン 中国の各代表 後方は復旧したバゴタ

14 石油と天然ガス探鉱における地化学的方法の適用

日本では水溶性ガス鉱床の地化学探鉱が行なわれているが(本島の論文を紹介) この方法の適用には地質的制限を考える必要がある。ソ連の Eremenko 教授からガスの有無を判定する表の適用性 CH_4 ガスの水への溶解度 地下水水理学の三点に関する質問が出たが水溶性ガス鉱床は日本以外の国の人たちには理解しにくいようである。日本代表(本島紹介)は簡単に国内における石油と構造的ガス鉱床に対する地化学的仕事の概要を次のように紹介した。

「(イ)日本国内のこれら資源の開発は 帝国石油と石油資源開発がおもにあたっている (ロ)これら会社で実施している地化学的仕事は ①地化学的ロギング ②土壌ガスと土壌間隙水による探査 ③母層による探査 に三分される。①では三種類の器具が用いられるが 1962年に帝石は29井につき30000 mのロギングを実施し石油資源は55井で90000 mを測っている。②は石油資源で1960年から実施されており 新潟で良い結果を得た。」

石油母層中の有機物の質的・量的研究が柳下氏によって紹介された。これに対し Gaertner 教授(西独)と Eremenko 教授(ソ連)から抽出時における化学変化 DTA(指差熱分析)による母層研究などに関連した質問と発言があった。お互いに自信のあるこれら三国の技術者による討論は将来も続けられることが望まれる。有機物量2%以下の岩石は抽出法で研究される方が好ましい。

Eremenko 教授がソ連における現状の紹介を次のように行なった(8月12日)がこれらはたいてい既に英訳文献ないし chemical Abstract などで私たちの承知していることである。「石油とガスの探鉱のために土壌を用いる方法は経済的利用という点からは全世界でほとんど止められている。その理由は浅所にある

経済性の無い炭化水素の影響によって 深部の大鉱床の存在が認知できないからである。拡散パタンの研究には人工のガス槽が利用できる。またカッティングの資料によると貯溜層上300~500m位しか炭化水素の拡散が認知できない。現在ソ連の石油とガスに対する地化学的 approach は 鉱床の型 フィールドの一般性のような大きな対象に向けられている。石油成因論にいろんな方向からの注意がむけられている。」

西独の Gaertner 教授も 主として有機質岩石に関する地球化学的解説を行なった。中国(台湾)の提出論文は 概論的内容であり とくに論議はなかった。

15 他の鉱物探鉱法と地化学探鉱の併用

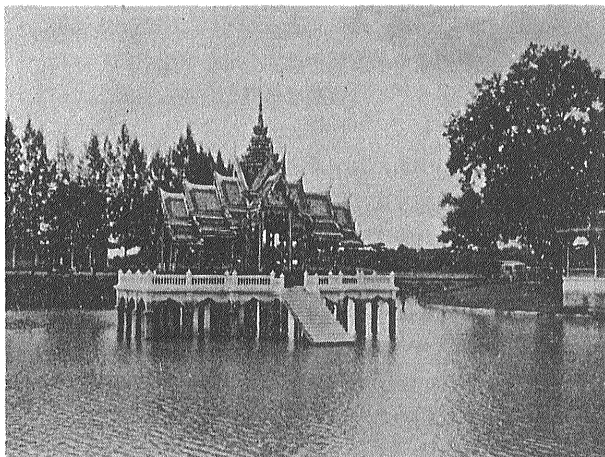
関係論文はアメリカ1 インド1 日本2の4編で日本代表では佐藤氏(ウラン)と百瀬氏(卑金属)とが説明した。

地化学探鉱と他の探鉱法 とくに地質および物探との併用は 結果の信頼度を高めるのに役立つ 試錐の目標をより適確に決めうる。方法の選定はむずかしいから鉱物探査に豊富な経験をもった地質家が決定すべきである。探査のできばえをよくするには 個々の解釈について専門家のサービスを必要とする。また併用でやった仕事の最終的解釈は 係の地質家によってなされる。北東タイ国における 空中磁気探査からはじまり 地上物探および地化学探鉱へと発展する 各種探査法の併用はその結果が目される。日本では 電気抵抗法 自然電位法 と地化学探鉱が併用されることによってウランや卑金属などの探査に成果をあげている。

16 エカフェ地域における地化学探鉱の見直し 国際協力など

会議4日目の8月8日に エカフェ事務局の Li 博士から 各国の関係者に対し その国の地化学探鉱の現状と将来および研究と技術者の訓練などに関する事項を記入した回答を求める文書が配布された。日本代表团としては卑金属 ウラン 石油および天然ガスに三大別して記載し(非金属にはふれなかった) 8月12日朝 回答書として提出した。その要旨は ①日本はすでに地化学探査を実施してきたが ②まだ今後実施すべき地域が残っているのでそのおもな地名をあげ ③またその従事者もそんなに少なくなく ④基礎研究は地質調査所と大学で ⑤実地訓練は鉱山および石油会社で行なっているなどである。

各国から提出された回答書によって 事務局はそれらの国の様子を知ることができ セミナー報告書を作製す



タイ国のベルサイユといわれるバン パインにある Phra Thinang-Asiwan Thipa-Aat 夏には国王が避暑に来られる

る基礎にもすることができた。報告書にまとめられたエカフエ地域内各国の状況はほぼ次のようである。

オーストラリアでは地化学精査が進行中であり広域調査も計画されている。

セイロンでは従来鉱物埋蔵のポテンシャルが島の南西部に限られるように考えられていたが最近綿状鉄鉱々床が他地域から発見されて調査を要する面積が22,500平方マイルに達した。ここ数年来1インチ1マイル縮尺の地質図幅調査が加速度的に行なわれているのでその際地化学概査を併用するよう提案されている。

中国の台湾では地化学探査はまだ始められていないがAu S Ni 超塩基性岩に伴う鉱物 ペグマタイト鉱物 石油 ガスなどに適用の可能性がある。

マラヤ連邦では1956年に地化学探査実施の提案がなされ精査はSn 硫化鉄脈地帯で実施された。また1959年および1962年の広域地質図作製作業に際しても地化学探査を実施した。

インドでは地化学探査を1953年に開始し今もおおいに進めている。土壤を使う方式が主で既知鉱化地帯で実施された。また河川水と同堆積物についても少数行なわれている。1961～1966年の第三次計画に沿った地質図幅作製と土壤による地化学探査がSn Auを対象に行なわれつつあり試料は376,000に達する見込みである。ヒマラヤに沿ったCu Pb Zn Ag Ni Sb As 燐酸塩産地に対しては概査すら行なわれていないので河川水と堆積物を使った検査を実施することがインド地質調査所により提案された。このため最近調査所はSimlaにヒマラヤ分室をつくった。カルカッタ本部の野外研究技術部(Field Research Techniques Division)で探査に適する方法の研究を行なっている。石油とガス 原子力鉱物の探査は石油および天然ガス委員会(Oil and Natural Gas Commission)と原子力局(Atomic Energy Department)で行なっている。現在国連の特別基金計画でインド石油探査研究所(Indian Institute for Petroleum Exploration)がつくられ地球化学に関する仕事と訓練をしようとしている。なおEremenko教授(ソ連)は現在そこに勤務している。

インドネシアでは地質調査所によって中央ジャバの燐酸塩鉱床と東部ジャバの硫黄鉱床に対する地化学探査が実施された。卑金属 超塩基性岩に伴う鉱物 Sn Mo Mn 非金属 Au 放射性元素が将来の調査対象になる。

イランでは新設の地質調査所において近く地球化学的仕事が始められる見込みである。

日本では1948年以来地質調査所 原燃 石油および鉱山会社などで実施されている。

韓国では1962年に調査所へ地化学探鉱課が設置されMo W Ni Fe Cuを対象に現在13地域を調査中である。

パキスタンでは露頭の岩石試料に対する痕跡元素と鉱物の研究を西部地域で行なっている。K B 硝酸塩 燐酸塩を対象に乾湖堆積物の研究も行なわれている。

フィリピンでは1962年に国連(Brotzen 博士指導)との共同作業で地化学探鉱を実施し約5000試料を集めCu Pb Znの分析が行なわれた。Auパラジウム Ni Hgについては目下研究中である。

タイでは1956年から研究が行なわれSn Wの野外検討 Uに対する水理地球化学的研究 WとMnに対する植物による地化学探鉱がなされている。

北ボルネオとサラワクでは1956年に小規模な地化学探鉱が行なわれた。また国連の基金で1963年からLabuk Valleyの1000平方マイルに対する作業が進められている。この計画の終りに近く調査所へ地球化学課をつくる計画がある。調査の対象はAu Ag Cr Cu Ni Mg Mn Mo P Pt 石油およびガスである。

.....
上述した事項からセミナーでは将来のこととして次のような考えがなされた。

- ⑧ 地化学探鉱技術の主要部分は 数多くの土壤と岩石試料の痕跡元素に対する迅速分析である この目的に現在高感度の有機試薬が撰択的に広く用いられている しかし分光分析がそれにとって代わろうとしている 先に指摘されたように直読式分光分析器は高価で 運転に特殊な人を



アユタヤの寺院の廃墟と各国代表 (右から2人目で8mm撮影中が沢田秀徳氏)



穀倉地帯
の平野を
蛇行して
タイ湾へ
そそぐ雄
大なメナ
ム河

必要とする。そのため東南アジアにおける共用の研究室をつくることの可能性について示唆があった。各国政府に対して事務局から連絡するよう申し入れた。東南アジアの鉱物資源探査のための東南アジア地質センターが実現したら、実験室はそこへつくり、研究と情報のセンターになるとよい。

- ⑥ すぐれた地球化学者がエカフエ地域内に留まって、各国のエキスパートの指導をやり、初級技術者の訓練を行なうとよい。
- ⑦ オーストラリア、インド、日本の地質調査所のように地化学探査の経験と施設をもっているところでは、他国からの訓練生の受け入れをやってもらいたい。必要ならエカフエ事務局が手配をしてくれるよう希望する。
- ⑧ エカフエ地域内の各国の地化学探査の結果や問題について、定期的情報交換が行なわれることが好ましい。セミナーはこの地域におけるいくつかの国際的専門協会がとくにエカフエ地域の国々の利益のために問題を処理する特別セッションをつくることを考えてくれるよう希望した。そのような同意を得るまでは、事務局が関連する各国の協力を得て、地域内各国の地化学的仕事の進歩に対する情報伝達のセンターとして働いてくれることを考えてほしいとセミナーは考えた。
- ⑨ 資料の標準化のため、bulk sample を用意することが大切である。
- ⑩ 石油とガスの地化学探査についての項目が、1965年東京で開催予定のエカフエ「アジアおよび極東の石油資源開発に関するシンポジウム」の議題に含まれるよう勧告する。
- ⑪ この度のセミナーは有効であったと考える。次のセミナーは、地質、写真地質、地球物理、地球化学などエカフエ地域に適用される可能性のある調査技術のすべての範囲を包含して実施されるとよいと思われる。必要なら事務局の援助を得て、地域内各国は非公式な会合を持つことを考えないといけない。そのような会合はまず1964年インドで

開かれる万国地質会議に合わせて行なえば好都合であろう。

17 感想

今回のセミナーに出席して筆者が感じたことは次のようである。

- (1) 外国では現河川の堆積物 (stream sediment) が分析試料として非常に多く利用されている。わが国でも検討してみる要があるろう。
- (2) わが国ではボーリング・コアに対する徹底した検討がもっとなされるとよい。
- (3) 堆積盆地ごとの地化学的資料を備える必要がある。
- (4) 分析技術と基礎的地球化学の研究を発展させること、とくに分光分析技術の地化学探査への活用。
- (5) 地質調査中に意識的に地化学探査に役立つ試料を採取することを検討する必要性。
- (6) 8月14日の閉会式の際に、筆者は感謝のことばを述べたが、その中に日本では和文の論文が多いことを一言加えておいた。今後はさらに海外のことを意識して重要論文はなるべく欧文でも書くよう努力する必要性があることを痛感した。
- (7) 日本はエカフエ地域の人たちへの技術的訓練や技術援助により積極的であるべきと思われる。
- (8) エカフエ地域の国々は、たとえば Webb 教授、Eremenko 教授、Brotzen 博士のようなすぐれた人たちの指導を受けて、急速に地化学探査の技術を修得しており、わが国で想像している以上にこの探査法がエカフエ地域内で実施されている。わが国でも地化学探査の基礎と応用の研究を進めるため、いっそうの努力が希望される。
- (9) 今回のセミナーには見学旅行がなかった。これがあればさらに効果をあげ得たと思われる。
- (10) タイ国地質調査所の分析技術者には、女子職員がきわめて多く、セミナーにも女子が2名代表として参加していた。わが国との国がらの差があるとしても興味深いことである。わが国も最近では地球化学方面へ女子研究者が進出しているから、今後はわが国でも女子をまじえたこのような会議風景もみられよう。(地質ニュース No. 80, 1961年4月、沢田技官著、タイ地質調査所参照)
- (11) 結論的には、このセミナーへの出席はきわめて有意義であったと思われる。今後もこの種のセミナーが計画実施されることを希望すると同時に、セミナーが開かれた場合、日本から多数参加することが望まれる。
- (12) 最後に、種々お世話下さったエカフエ事務局員、タイ国政府の方々、各国代表、日本大使館員に感謝する。

(筆者は技術部地球化学課長)