

1965年 ソ連で開かれた

国連地化探セミナーに出席して

①

本島 公 司

I. はじめに

昭和40年8月9～27日の間 国際連合とソビエト連邦政府の主権によって 国連地化探セミナー (United Nations Inter-Regional Seminar on Geochemical Methods for Mineral Exploration) がソ連で開かれた。

筆者は幸にも国連から選ばれてセミナーへの参加が許され 8月7日モスクワからソ連へ入国し 8月28日同じくモスクワから 西独のフランクフルト経由 ロンドンへ出るまで およそ3週間ソ連に滞在した。この間ははじめの2週間はモスクワで講義 討論が行なわれ あとの1週間はアゼルバイジャン共和国の見学旅行に参加し 銅鉱床の地化探 鉄山の開発 地化探試料の分析 海上油田などを見学する機会を得た。

8月6日東京を立ち 9月6日イギリス視察を終えて東京へ帰着するまで32日間のあわただしい旅であり 学んだことも皮相的であるが 地化探の技術を中心に報告したい。

戦後地質調査所員が訪ソしたのは今回が3度目である。はじめ昭和30年に兼子勝元地質調査所長が訪ソし 地質ニュース No. 22 (1956-1) にソ連の地質調査事業全般を紹介している。ついで昭和36年に佐藤光之助地質調査所長 (当時物理探査部長) がソ連の物理探査事業について視察した。(地質ニュース No. 101 1963-1)。

したがって今回の仕事の内容が地化探であるので ここで一応地質 物探 地化探の各項目が揃うことになる。

ソ連は私達が経験したことのない社会主義の国でありロシア語の文字はいかにもギリシア風の変った字体をしており チャーチルの有名な鉄のカーテンの言葉で代表された国柄であるので 一人旅の筆者は期待と不安で入ソした。しかしロシア語のできない筆者も 多くの

人達の力添によって 海外に多数の知己を得たほか 多くのものを学びとることができた。ソ連はアメリカイギリスと並んで 世界の地化探をリードする国でありそこで学び得たことを以下にやや詳しく報告したい。また折にふれて滞ソ中の感想なども加えたい。

この度のセミナーでは 国連本部 全ソ地質委員会 在モスクワ日本大使館 外務省国連局 通産省技術協力課 同省工業技術院 国連技術援助評議会東京連絡事務所などの関係の方々 および各国からの代表から たいへんに援助をうけた。ここに厚くお礼を申し上げる。

II. ソビエト連邦へ入国

昭和40年4月27日 佐藤所長 奥海技術部長を通じて 8月に国連の地化探セミナー が開かれるが 38年のECAFE地化探セミナーに出席したこともあるので 受験しないか との通知を受け 早速手続を進めてもらうようお願いした。

連休あけの5月6日 外務省で英語の試験を受ける。はじめ外人と1対1で15分間の会話の試験 すぐそのあと英文和訳と和文英訳の筆記試験が1時間行なわれた。5月10日英語試験に合格の旨外務省から連絡を受け 早速書類手続を終え外務省から国連本部へ推薦していただいた。

国連からのサーキュラーでは 低開発国(developing country)から1国あたり1名をとり しかも全体のわくが25名しか予定されていない とされていたので 日本からの参加が危ぶまれていたが 幸いにも7月12日に採用決定の旨通知を受けた。

関係の方々の大変なおほねおりで 7月30日公用旅券を発行していただいたが 査証(ビザ)をもらう段階でまた多くの方の手をわずらわすことになってしまった。ソ連への入国ビザをもらうには 大別して二通りの方法があるそうで その一つは ソ連政府から公式招待状のある場合 他はソ連国営旅行社(インツェリスト)ですべての券(トラベル バウチャー)を購入し これを在東京のソ連領事館に示す場合である。今回の訪ソは国連から1日16ドルの経費が ソ連通貨によってモ



連絡用小型飛行機 [周辺に点々と白くみえるもの] (アンカレッジ空港) アラスカは広大で道路も少ないため 写真のように水上 陸上用飛行機が利用される 駐車場ならぬ駐飛行機場

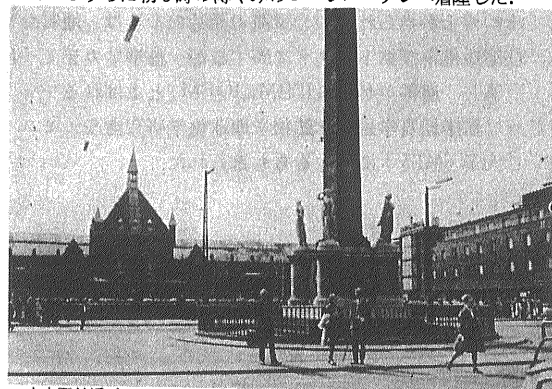


無数の湖(オスロ北方) 氷河の影響でできた特有の地形

スクワで支給されることになっていたので トラベルバウチャーを求めない方式でビザをもらうことになっていた。 国連からの書類一式の複写を揃え 外務省の派書をいただいて領事館へおもむいたが ソ連政府からの連絡が入っておらず すぐにはビザがおりなかった。 そのため 外務省→国連本部→全ソ地質委員会→在東京ソ連領事館のコースと 外務省→在モスクワ日本大使館→地質委員会→領事館 のコースとで たいへん面倒な手続きをやっていたが 出発の前日の時限一杯にビザが間に合って 予定に合わせて入国することができた。

モスクワへ入るには現在おもなルートが3つある。 その1つは横浜(船)→ナホトカー(汽車)→ハバロフスク(飛行機)→モスクワで 時間はかかるが経費は安く約7万円といわれていて 夏季には月に10往復もの船便があつて 多くの日本人に利用されている。 2つ目のコースは南回りでインドまたはパキスタンから中央アジアを経てモスクワへ至るもので 航空機だけを利用する場合の最短ルートである。 第3のコースはヨーロッパに至り たとえばロンドン パリ コペンハーゲンなどからモスクワへ達する。 私はヨーロッパとソ連の双方に用務があつたこと および適当な南回り便がないことなどから 東京→アンカレジ→コペンハーゲン→モスクワのルートを選ぶことにした。

8月6日(金)夜9時すぎ羽田発 天然ガスおよび石油開発の話題が日本でうわさされていた アラスカのアンカレジ付近を通り 標高6,000mのマッキンレー山のすぐわきを通過し スバル諸島が過ぎると 飛行機は無数の小さな湖が並ぶノルウェー上空にさしかかる。 はじめてのヨーロッパを期待しているうちに朝5時の薄やみのコペンハーゲンへ着陸した。



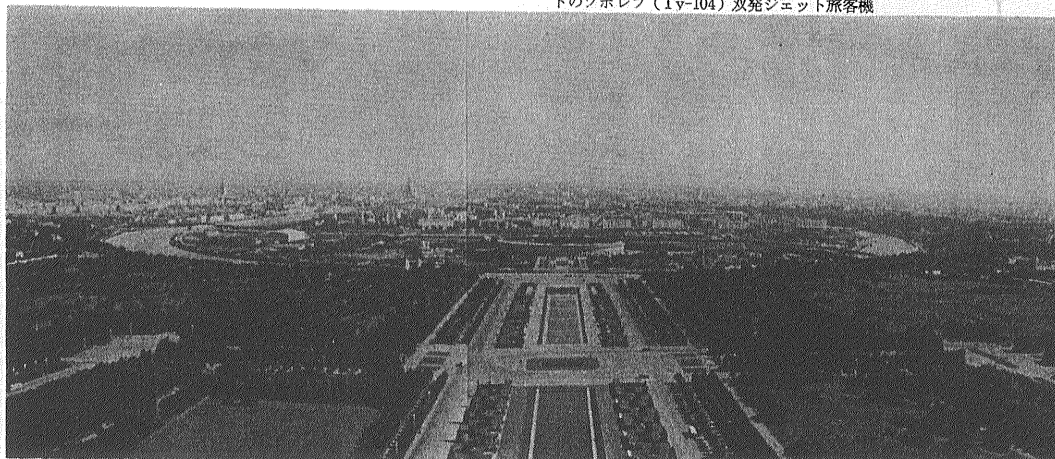
中央駅付近(コペンハーゲン) 豊かで平和そのもの

ここで乗換時間がおよそ10時間ある。 豊かな酪農の国デンマークを少しでも身近かに感ずるために 市街へ出る。 道路家 人々の服装とおちついた態度 公園 少なくとも表面に現われたものが あまりに日本と相違していることに驚く。 世界にはこんなに落ちついた所もあるかと感心する。

8月7日(土) 午後3時50分予定通りにソビエト国営航空(エアロフロート Аэрофлот, Soviet Airlines)のツボレフ・ジェット旅客機(Ty-104)は60人ほどの旅客をのせて コペンハーゲンを離陸した。 はじめてのソ連の飛行機であり 乗客のほとんどがソ連人であった。 私の隣にはじゅんぼくそうなソ連の人が位置したが お互いに言葉が通ぜず およそ2時間10分 目と手で意志を通じ合った。 スチュワーデスはデブリした頼りになりそうな中年婦人が3人おり アナウンスはロシア語と英語らしいが 音が悪くて聞きとりがたい。 急上昇したらしく 私は鼻血を出してしまったが そんなチツボケな出来事にはスチュワーデスはさっぱりかまってくれない。 夕食が出る。 前の座席のうしろの袋に入っているテーブルを自分の前に取り付ける。 ソ連の旅客機は皆この式のテーブルらしい というのは後程パクーへ行く時に乗ったイリュシン・ターボプロップ機(Ил-18)もやはり同じであった。 コペンハーゲン・モスクワ間はエアロフロートの外に スカンジナビア航空(SAS)も運航しているので お互いにサービスを競うことになったといわれ 食事も仲々立派で私にはロシア料理が合いそうだと感じた。 この予感は見事の中し この後3週間 食事については全く快適に過ごすことができた。 機内の食事に付けられたリンゴはいかにも小さくて味が悪く きびしい気候に合わせて果実を作るソビエト農民の仕事の難ささと思



ソ連の旅客機と筆者(コペンハーゲン) ソ連国営航空 エアロフロートのツボレフ(Ty-104)双発ジェット旅客機



モスクワ市展望 レーニン丘につくられたモスクワ大学の24階ベランダから北方を望む 手前は大学正面の庭 前方の丸い建物はレーニンスタジアム白く見えるのはモスクワ川で 5つの海に通ずる 右の橋はメトロ はるかに見える高層建築は ウクライナホテル 外務省など

った。わが国では想像もできないようなきびしい自然と戦いこれに打ち勝たねばならない 人類の姿にふと熱いものを感じた。

機は時速 1,000km 余で飛び続け 予定時刻より早く午後 8 時 15 分に モスクワ北郊の 1960 年に開設された国際空港シェレメテフヴォ (Аэропорт Шереметьево, Sheremetevo Airport) へ着陸した。真夏とは言え 小雨の降る 夜の空港は寒々としており 心細さを感じさせた。

空港へは全ソ地質委員会の出迎えの方が 2 名おられて 荷物お金の申請 (手持のドルは正確に申請しておく必要がある) ルール貨の支給など手際よく処理してくれる。心配した税関検査は完全に免除され 写真機 3 台 フィルム 45 本もそのままである。この分なら写真も十分にとれるだろうと考えた。

宿舎のウクライナ・ホテル (Гостиница Украина, Hotel Ukraina) 着 22 時 時差 6 時間を考えて 羽田発から 31 時間を経過したことになる。パスポートをホテルへ渡し (4 日あとに返された) 割当てられた 558 号室へ行くために 5 階のロビーへエレベーターで昇り 有名なジェジュールナヤ (Дежурная, 中年婦人でその階の責任者) から大型の鍵をもらっておちついたのは 23 時頃であった。

III. セミナーの構成

会場には元日本大使館であった「友好の家」があてられた。この建物は 国際会議によく使用されるそうで 地下室に食堂があり また 200 名位入れる映写室などもあり モスクワ市の中心近くに位置する。公用語は 英 仏 露 西の 4 つであり 代表はそれぞれ用語別のグループをつくった。同時通訳された各語を トランシーバによって 各代表は これを聞きとることができた。代表は次の各国から選ばれたが いずれも技術者であり かつ国家公務員として責任ある地位にある人たちである。

アルゼンチン ボリビア ブラジル チリ コロンビア キプロス ダホメ ギリシア ギニア インド イラン イスラエル 日本 リベリア マダガスカル マレーシア メキシコ モロッコ ネパール パキスタン

パナマ ペルー ルーマニア セネガル スペイン スーダン シリア トーゴ ユーゴスラビア ザンビア トルコ 以上 31 カ国

セミナーの進めかたは まず講師の話が終わった後に用語別のグループで講義内容を検討して 質問を用意し一つの講義に対しておよそ 20~30 分質疑応答がある という方式である。テキストは四つの用語で用意され 各人には あらかじめ登録した用語のものが一揃い配布された。講師の多くはソ連の人たちであるが イギリスのインペリアル・カレッジの地球化学探鉱研究センター (Geochemical Prospecting Research Centre) から ツームス博士 (J.S. Tooms) カナダからは有名な物探および地化探の会社バリンジャー・リサーチ (Barringer Research Limited) のクリウス博士 (D.R. Clews) が来られて とくに熱帯地域の地化探の講義を行なった。国連本部からも 3 名出席し 講義をされたり セミナーの運営に当たっていた。

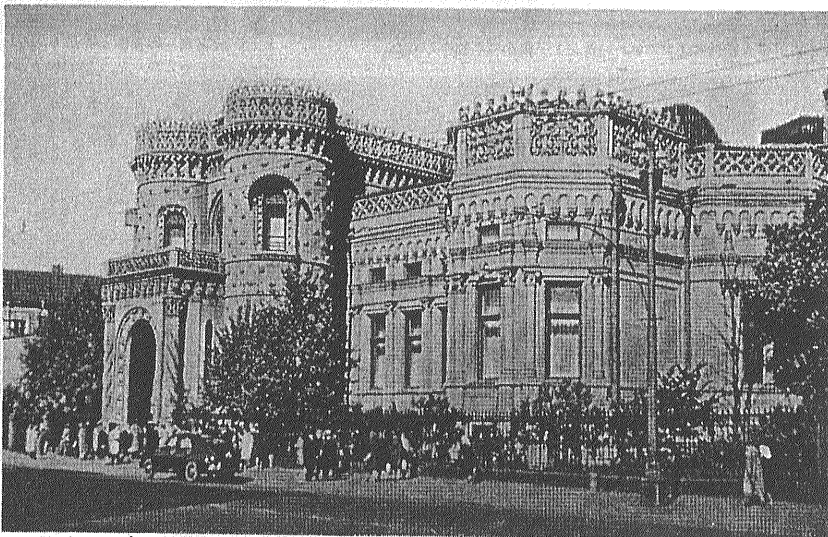
主催国はソ連で 議長には国連の資源および運輸部長のアリス (R. Arce) 氏と 全ソ地質委員会の地質および地球化学トラスト (Геолого-геохимический трест, Geological and Geochemical Trust) の長をしておられる ヤニシエブスキー (Е.М. Янишевский E.M. Yanishevsky) 博士が当たられた。ソ連の講師の多くは 地質および地球化学探鉱トラストに属するが 科学アカデミーに所属し 通称イゲム (ИГЕМ, IGEM) とよばれるチュクロフ鉱床地質学岩石学鉱物学地球化学研究所や モスクワ大学 (МГУ) に属する方もをられた。

IV. 開会式

代表は自分の国のアルファベット順に着席した。私はイスラエルとリベリアの間に位置したが 幸いにも 2 人も英語グループで好都合であった。



ウクライナホテル (モスクワ市)
(Дм Бльрманча 撮影)



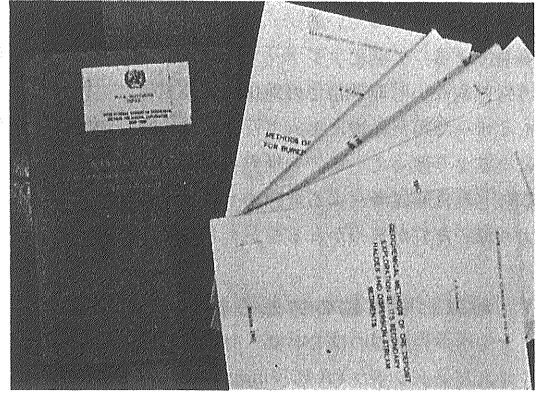
セミナー会場 (モスクワ市友好の家) 元日本大使館

(1) 議長をつとめる国連のアリス(Arce)氏の開会のあいさつは次のようである

ソ連政府と地質委員会にまず感謝したい。このセミナーが近代地球化学の発祥の地であるソ連で開かれたことは意義深い。1932年金属を指示物とした地化探(Metallometric survey)がこの国で行なわれ1957年には3,150万地点の試料についてのデータが発表されさらに1962年の年間土壌サンプル数は700万の割合いであるといわれている。地球化学はまたアメリカ英国カナダその他の国でも発展させられ鉱物探査のための有力な武器になった。低開発国では鉱物資源の開発は経済発展への最も近道の1つであり鉱物を輸出して工業発展に必要な機械類が買える。国連事務総長も指摘したが現在の世界は富める北と食いや熱帯地域の国に分かれ格差は大きくなりつつある。全世界の人口の3分の2は低開発国に住みそこでは全世界の6分の1以下のわけ前でしかない。1970年になると現在よりもっと貧度がひどくなる。人口増加は貧しい国において最大である。アジアとアフリカの多くの国は年2%を越え3%にせまっているしラテンアメリカにもそのような国がある。食糧増産は年3%だが人口増に追いつけない。

先進国とは5年間平均の国民所得が700ドル/年/人以上の国々であってそこでは年間3%以上の所得増がある。また200~700ドルの少数の国でも年に5~6%の所得増がある。しかし200ドル以下の世界人口の3分の2以上が住む国では人口増で所得は増えない。

しかしこの数字で失望しない。われわれは新しいルネッサンスに生きていて月の征服よりも貧しさの征服がより大切である。最近工業の成果で富が生まれており最新の技術によって新資源の発見が可能になった。地殻には多くの元素がある。1立方マイルの岩石はアルミニウム10億トン鉄625万トンその他多量の元素を不均質に保有する。高度に鉱化作用を受けた部



英文のセミナー・テキスト 一揃

分を開発するのに地球化学は写真地質地球物理と並んで大切な有力な武器である。地化探は多くの経費を要せずやさしい技術を用いて成果が得られるので低開発国でも適用性がある。地化探の理論経験ケース・ヒストリーなどについて十分に話し合うようにこのセミナーが計画されたもので成果が期待される。

(2) 全ソ地質委員会会員フェデンスキー博士(B.B. Федынский, V.V. Fedynsky)のあいさつ

地化探の最近の成果を知るためにセミナーが今ソ連で開かれようとしている。全ソ地質委員会は国の要求によってこの仕事を進める。わが国をセミナーの場所を選んでいただき幸に思います。われわれはセミナー成功のためまた出席者のソ連滞在が有効かつ愉快であるよう努めます。未だ地化探が十分に用いられていない国のために今までの経験をよく述べるようにいたします。

最近地球化学も含めての地学の発展によって少ない経費と労力で新しく鉱石を探すことができる。現在は化学分析地球物理にもとづいた鉱床探査法が大変役立っている。地化探のデータ集積過程で定量値を数学的に扱うことによって探鉱の信頼度がき



会議 自国の国旗のそばへ着席



会場にて

わめて大きくなっている。潜頭鉱床も地化探の適用で発見できる。特にアジア アフリカ 南アメリカのような熱帯ないし亜熱帯での地化探の適用性は大きい。セミナーで得た知識によって 貴方達の国が新鉱床発見に至るよう願っている。世界各地から来られた高度に訓練された関係者による今回のセミナーで 私達の国とより深い友好がきづかれることを希望している。

V. 地球化学探鉱の方法と組織

セミナーの講義のはじめは ソ連における指導的地球化学者ピノグラドフ (A.P. Vinogradov) 博士の“地球化学の現状と基礎的問題”が予定されていたが 同博士が病気であったために取り消しとなったことは おしまれた。

“地化探の方法と組織”は地質および地球化学トラストのベウス (A.A. Beyc A.A. Beus) 博士の講義である。

30年以上前にソ連で適用された地化探は分散の岩石および土壤中の二次的分布 (secondary lithochemical halo) に基礎をおいて この方法によって国内で多くの新鉱床が発見された。地殻中で化学元素が濃縮 移動 拡散するおもな原理は ベルナドスキー (V.I. Vernadsky) とフェルスマン (A.E. Fersman) によっている。地化探には数学的研究がきわめて大切である。また地化探は潜頭鉱床の探査に有効であり 現在種々の地質条件のもとで 問題を解くのに必要な近代的探査法となってきた。

フェルスマンは 地球化学的に同じに扱えて 若干の共存元素で特長づけられる地球化学のプロビンス (Geochemical province) の概念を導入した。この場合に造岩元素の方が 付随的元素よりも鮮明に特長がでるのが一般であるが 異なった地質条件では元素の分布が異なり この違いが岩石の分解によって生じた元素分配を固有なものにする。ある元素が岩漿活動あるいは熱水活動によって分散し 異状が出れば内因的異状 (endogenic anomaly) とよばれる。バックグラウンドから外因的異状 (exogenic anomaly) が浮び出る場合は それは大い種々な成因による鉱体元素の地表面近くにおける分解によっている。このような場合には植物でも異状がみられやすい。

平均地球化学的バックグラウンドと 異状を形成する特定元素の濃縮係数 (concentration coefficient) によって 異状の強さを表現する定量的係数すなわち対照度 (contrastivity) とする。地化探の原理は ある元素の内因 (一次) または外因 (二次) 的異状分布によって 鉱体を発見することにある。地化探は地球化学的異状の成因的型態 (assey) を調査する場合の対象物によって

岩石化学 水理地球化学 生物地球化学 大気地球化学 (atmogegeochemical) などの種々の方法を認めることができる。しかし現在最も重要な方法は基盤 軟かい堆積物 土壌における元素分布の研究に基礎をおいた岩石化学的のものである。

次の実用的問題は 地球化学的方法で解くことができよう。

- ① 火成岩体 水成岩体 変成岩体の鉱床胚胎に関する予測
- ② 内因的地球化学ヘイロー (halo) による潜頭鉱床の発見
- ③ 沈積物 土壌 植物 水など二次分散の異状による露出鉱床あるいは新期堆積物に被覆された鉱床の発見
- ④ ガス状 halo による石油・ガスの探鉱

このうち①は20万～5万分の1スケールで 地質の作業と合わせて行なう。②は鉱床が200mほどの深部でも見つかることがある この数字は大変動き易い指示元素たとえば Hg I Cl などによって 鉱体のまわり (supra-ore zone) に認められたものである。③の二次分散の地化探は 一次分散によって大わくが決められる。地表近くで起こる化学元素の移動は その地域の地形および気候条件に支配されるから 地化探では特にこの点に留意する必要がある。地球化学のこの領域は 景観の地球化学 (Geochemistry of landscape) とよばれ 二次分散による地化探の際に ソ連では この地球化学を広く取りいれている。河川沈積物 (stream sediments) 中の元素分散特性は 地表に現われている鉱床はもちろん潜頭鉱床の探査にも役立つ。二次分散の異状を用いる岩石化学的探鉱は普通数mの深さまでに 最も効果があるが 探査の過程で簡易作井を行なうことにより 有効深度を著しく増加できる。熱帯や亜熱帯における植物の利用も有効であり 一般に生物地球化学的方法は 有効深度が10mまたはそれ以上におよぶ点に特長がある。

地質調査の各段階における地化探については 次の3つに区分する。

- (1) 50万あるいは20万分の1の段階は概査にあたり 基盤の地球化学図 (Geochemical map) 排水系による分散の調査が地質調査とともに行なわれる。
- (2) 5万分の1の段階では(1)の異状を詳しく調査する。この段階では景観地球化学的条件によって 地化探の方法が完全に決められる。時に $1/25000$ あるいは $1/10000$ の縮尺まで用いられ 生物地化探をかけてもよい。
- (3) 精査の段階では 岩石化学的方法は 生物 水理などの方法で補われ完結する。 $1/10000$ の構造的地球化学図 (structural geochemical map) が編集されて 詳細に有望地域を示し さらに最終段階では $1/2000$ あるいはより大きな図で一次と二次の異状を区別して研究を進め 坑道探鉱やボーリングを実施する。一次異状の研究は 上層の軟質堆積物中で発見された異状が 潜頭鉱床の一次 halo の分解によってできた時に とくに必要である。

ソ連における地化探の組織面の概略 は次のようである。

地化探は地方地質局 (Territorial Departments of Geology) で実行されていて 一年に 700~750 万のサンプルが得られる。その多くは二次的岩石化学的 halo を用いる地化探のための土壌と軟堆積物であるが 最近は一分散の研究が進み 基盤のアンプル増が著しい。分析は野外あるいはそれに付設の定点分析室 (stationary laboratory) あるいは地質調査局およびトラストの実験室で行なう。

ソ連では分光法を多く使い 少数のサンプルには化学的分析法を適用するが 最近では B Be その他若干の元素の定量に核分析化学法を用いている。試料採取と分析の時間的ギャップを埋めることが大切で なるべく多く現地分析を採用する方向である。地質および地球化学トラストでは地球化学図の検討を行ない 数学の導入に対して積極的である。地化探の発展と指導などの一般監督は 全ソ地質委員会が行ない そこでは年次計画 研究と方法の検討などを毎年承認している。

VI. モスクワ見学

会議第1日が終わったところで モスクワ市内の案内があり およそ2時間半で1まわりした。

ソ連の首都モスクワは 人口およそ650万人 うち旧市内に100万人いるそうで 北緯55度付近にある。市街の膨張が急激らしく 新しい建築物が多い。

赤の広場 (クラスナヤ プロシチヤチ Красная площадь, Red square) に敷きつめてあるのは花崗岩のブロックであり レーニン廟の石は濃い赤色の花崗岩である。モスクワ大学の正面にある高さ14mの8本の大理石の円柱もピンクで美しい。これらの岩石が ソ連内のどこからくるのか知らないが 重要な部分に赤褐色の花崗岩が使っているのは 印象的である。

赤の広場には ワシリーブラジエンヌイ寺院 スパーススカヤ望楼 革命博物館 グム百貨店などの見るべき建物が多い。



赤の広場 (モスクワ市) 左はクレムリンで 塔はスパーススカヤ望楼
右はワシリーブラジエンヌイ寺院 はるか前方にグム百貨店が見える
(Гражданова 撮影)

大きな 清潔な道路には ボルガ モスクビッチなどの乗用車やトラックなどが 右側通行で走っている。通訳の話だと紙などを道へ捨てると 4,000円の罰金を取られるそうである。

私達が泊まったウクライナ・ホテルは 1956年完成の34階建の尖塔をもった建物で 高さ196m 部屋数1,026 目下のところソ連最大のホテルである。もっとも赤の広場のすぐ近くに 部屋数6,000といわれる近代的ホテルを建設中であつたので 1966年頃には ウクライナ・ホテルも王座をあけわたすことになるろう。

通貨は1ルーブルが400円 1コペックが4円である。私のいた大きな一人部屋が1日3ルーブル半位らしい 朝食は各階のビュッフェでとり 1ルーブル前後 夕食は2~3ルーブル位 1日16ドルの国連からの手当てでほぼ間に合った。一般の物価は日本の2~3倍高であるが 交通費 図書 レコードは安い。ルーブルの店とドルの店があり ドルの方が安い。レストランのサービスはよくない 夕食をとるのに最高2時間半かかったことがある。もっともレストランで音楽を聞きお話ししながら食事を楽しむソ連の人達と せっかちな日本人のサービスに対する考えに差があるのかもかもしれない。ホテルで売っている英字新聞は ロンドンで発行される デイリー・ワーカーだけ。テレビはチャンネルが3つあり ラジオは海外の短波放送を自由に聞いている。写真撮影は自由であつた。カラーフィルムは東独のアグファーを市販しているだけであるが ソ連製の黒白フィルムはパトローネなしのASA 100の35ミリ36枚どりが 35カペックすなわち140円であつた。

モスクビッチ (モスクワっ子) はアイスクリーム (マロージ



ワシリーブラジエンヌイ寺院 モスクワ市の赤の広場にあり
ギリシア正教の寺院で16世紀の建物



クワス売り ロシア風の飲物で裸麦と麦芽からつくる
1リットルが12コペック (48円)

エノエ Морозено) が好きで歩きながらよく食べるし ロシア風の飲み物クワスを好んで飲む。クワスは裸麦と麦芽を発酵させて作ったもので仲々おいしい。

はじめてソ連の通貨を手にした時に 紙幣と硬貨が 小さいことに驚いた。しかしイタリアの大型紙幣などに比べれば どれ程扱いやすく能率的か知れない。やがて1~2日でなれた。

市民は健康そうである。独ソ戦で700~1,000万人の戦死者を出したこの国は 戦後20年 着々と力を増している。自前で復興した努力には敬意を表する。無駄を排し 胸をはって生きている市民であることが感ぜられた。

VII. 国連技術援助計画による鉱物探査に対する地球化学技術の役割

国連の F.R. Joubin 氏はカナダ出身の探鉱実務家であつて 特に国連特別基金による広範な仕事に占める地球化学技術の価値づけ 経験などを概括した。BTAO (The Bureau of Technical Assistance Operation) と EPTA (Expanded Programme of Technical Assistance) が鉱物探査に貢献している。1963年8月 パンコックで成功裡に行なわれた“地球化学探鉱の方法と技術セミナー”は ECAFE と BTAO の 共同スポンサーであつた。

鉱物探査は全体で31件 全額で3,100万ドル 1プロジェクトの平均額は100万ドル 期間は2~3年 平均面積は75,000km²である。亜熱帯と熱帯に低開発国があるので 地域としてそこが多く選ばれるが そこはジャングルと多雨で多くの困難がある。地化探は技術的計画の大切な部分を占めている。地化探の標準的組み合わせというものはなく 若干の技術指導者と相談役が仕事に当る。地化探は有効であり 方法的には 水と植物よりも土壌と排水系のシルトを重点にする。冷抽出分析はあまり好まれず 金属の全量は溶融法よりも酸処理で分析される方がよい。

プロジェクト・マネージャーの参考書には 次のようなものがある。

H.E. Hawkes and J.S. Webb; Geochemistry in Mineral Exploration (1962)

I.I. Ginsburg; Principles of Geochemical Prospecting (露 1957 英 1960)

V.M. Goldschmidt; Geochemistry (1954)

F.N. Ward; U.S.G.S., Bulletin 1152 その他

また普通にプロジェクト・マネージャーが採用する分析法は次のようである。*印 USGS Bull. 1152 に説明がある。

普通に用いるもの 全Pb…デチゾン* 全Zn…デチゾン* 全Cu… α - α' パイ・キノリン* 全Sb…プリリアント・グリーン

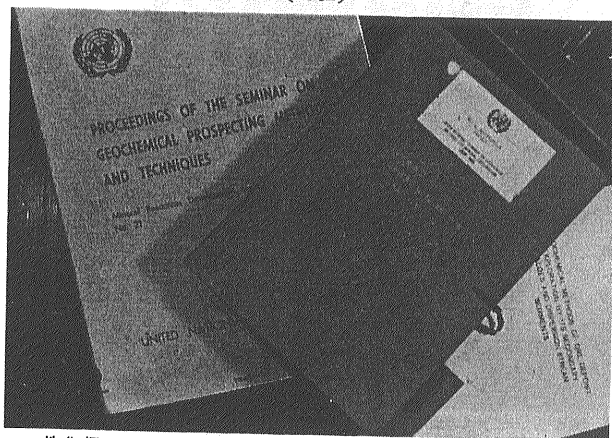
時に用いるもの 重金属冷抽出…(CxHM) (Bloom)* Cu冷抽出…(Canney)* Cu冷抽出…(Holman)

- (1) アルゼンチンでは銅・ポーヒリー鉱床発見の可能性が地化探によって もたらされた
- (2) チリでも 空中および地上物探と地化探の併用で 脈状銅鉱床の延長を確認し 多分ポーヒリー・銅型型鉱床を指示する Cu-Mo の3異状を決定した 指示元素は Cu Mo Pb Zn As Ag である
- (3) ケニアでは ダイヤを含むキンパーライトを探すために パンニングを実施し さらに可溶性重金属を指示元素にした地化探も行なつた
- (4) チュニジアでは 排水系の地化探によって Pb-Zn-Ag 鉱床を発見した

以上は国連計画の実例であり 熱帯のプロジェクトでは 地化探は有効な補助手段から 必要な手段になった技術と言える。このお話に対して 代表から援助対象についての質問があり Joubin 氏は 必要度から考えるので低開発国が多い 国連が選定した人を鉱物がある程度発見できそうな地域へ派遣する 現地の人々の訓練も大切である 1~3年現地へ滞在して調査する その国で仕事が進められるところまで実施する 各国の状況をたとえばその地質調査所などと話し合つて調べ効果のありそうなどところで実施する などを答えた。また Hg 用原子吸光分析器についての質問では 細かいこと故 要求によってカタログを送るようにしたい旨 返答した。

VIII. 広域にわたる鉱床賦存の予測のための地球化学的岩体区分についての研究

ソ連における地化探の指導者の一人ベウス博士 (A.A. Beyc) は 東大の渡辺武男教授と名大の菅原健教授に会つたことがある となつかしそうに私に話しかけられた。そのベウス博士は 地化探 地球化学 鉱物学 岩石学 鉱床学にまたがる きわめて重要な“地域的予測”について詳しく話をされた。岩体中に鉱体が存在するか否かを 地球化学的に予測する試みは十分には行なわれていないが 岩石中の元素分布によって予測できることがある。



地化探セミナー資料2組 左は ECAFE (1963) 右は国連 (1965)

(1) 岩石組成から鉍床賦存を予測することの可能性について

花崗岩体と錫鉍床 超塩基岩体と Cr および Pt 鉍床のようにある定まった組成の岩体にある鉍床が賦存する事実は地質家によって大分昔に決められた。岩体と鉍化作用が成因を共にする時には研究結果がよく利用できるが双方が研究された例はまれであった。地球化学と地質双方の条件が良い時だけに経済価値ある岩漿性鉍床が生成する。鉍石がよく集まるのに好都合な地球化学的環境の存在を岩体中の化学元素で判定することをかいつまんで説明する。岩漿分化の過程で大切なことは溶融体中の元素量とその結晶質中の量とが比例することである。すなわち一般に痕跡元素を多くもつマグマは多くの鉍石をもつ可能性がある。これら元素は結晶の最終段階のものに多く集まるので雲母のような岩漿性最終生成鉍物を特に注目する必要がある。研究によれば多くの微量成分は高温の後岩漿性変質でできた岩石相中で著しく増加する。元素の移動性は Sn Li Nb Ta Mo などの鉍床成因では大切である。微斜長石化作用に際し付随的元素の移動が花崗岩質岩石でおこり Be W Rare earth ^{レアアース} などが濃集する例もある。斜長石は微斜長石の 1/30~40 の Be を含むにすぎない。水成岩については N.M. Strakhov ^{ストラコフ} (1960) その他の研究者が予測問題を取扱っている。

(2) 岩石中の化学元素の存在する型

地殻や岩石中の元素分布の特異性を理解するには地質メヂウム中の知識がきわめて不十分である。元素の存在型は火成岩については次の3つに大別される。
①鉍物の主構造を造る元素 ②造岩鉍物と副成分鉍物の中で同型置換する元素 ③鉍物のガス状および液状包か物。このうち②の同型置換で入る元素の研究は岩石中の元素分布規則を研究する上で最も大切な方向の一つである。

Zalashkova 1960 の黒雲母斑岩質花崗岩の例

	岩石中の鉍物 (%)	鉍物中の量 (%)		岩石中にしめる鉍物別%	
		Li	Rb	Li	Rb
石英	28.4	0.001	0.002	7.0	3
微斜長石	38.6	0.002	0.038	17.	60
斜長石	26.0	0.001	なし	7.0	—
黒雲母	7.0	0.037	0.120	70.	37

酸性~中性岩体を地球化学的に特長づけるには黒雲母を用いて Li Cs Cu Zn Nb Ta Sn W から判断したり白雲母による Be F Ta 斜長石で Be Mo カリ長石で Pb Rb イルメナイトとジルコンで Nb Ta Sn 磁鉄鉍で Mo Cr 輝石と角閃石で Cu なども有効である。塩基性~超塩基性岩体では輝石が Cr

Ni Co Cu に対し最も興味ある鉍物としての指示物であるがかんらん石はより興味が少ない。

③の包か物は可溶性元素を増し二次分散を大きくするので地化探の立場では重要である。

(3) 岩石中の化学元素の分布：地球化学的プロビンス

地球的パラメーターとは地殻にある岩石の各タイプにおける分布のことで元素量の算術平均がその部分のクラーク数にあたる。一方地域的パラメーターではそれよりも取扱う地域が小さくなりフェルスマンは地球化学的プロビンスを“化学元素の定まった組み合わせによって特長づけられた地球化学的に均一な地域”と定義した。地球化学的プロビンスは金属鉍床の成因的プロビンスおよび岩石学的プロビンスも包含してそれらよりもさらに広いものである。

局地的パラメーターはある地域の異なる地層中の分布状況を特徴づける。造鉍石作用を受けない岩石の局地的パラメーターはいわゆるバックグラウンドである。

岩漿性コンプレックスの地球化学的特長づけ

鉍石をもつコンプレックスとそうでないものを元素別に例示してみる(はじめの数字が鉍石を賦存する)

- Sn...トランスバイカルとウクライナの花崗岩
16~30g Sn/t 対 <5g Sn/t
- Be...花崗岩 >20g Be/t 対 それ以下
- Ni...コラ半島の塩基~超塩基性岩で Cu-Ni 硫化鉍床
塩基性岩
0.034%Ni 0.0061%Co 対 0.013%Ni 0.0029%Co
超塩基性岩
0.28%Ni 0.021%Co 対 0.12%Ni 0.013%Co

潜頭鉍床の探査にこれらの数字が役立つ。

小縮尺の地球化学図の作製

1/5万~1/20万の地質構造図作業に対応して行なう。

基本的仕事はコンプレックスの地球化学的特長づけである。地球化学図作成の目的は

- ① 工業原料鉍物を含むコンプレックスの選抜
 - ② 鉍物を含む各層の地球化学的特長の区分け
 - ③ コンプレックス 堆積岩の細区分
 - ④ 火成岩体がいくつかある場合に同一岩漿系に属するかどうかの決定
 - ⑤ バックグラウンドの決定
- などである。

図を作る順序は次のようである。

- ⑥ 地球化学的測点の地質条件の記載
- ⑦ 岩石試料の採取
- ⑧ 分析

- ④ 地質—構造図へプロットして研究
- ⑥ 地質—地球化学図の編集

図の精度はあらかじめ決定し それに必要なサンプル数を統計学的に決める。詳細は省略するが 定量分析で臨むならサンプルはおよそ30 半定量分析なら50でコンプレックスの特長を明示できる。サンプリングは地質調査と同一ルート上で行ない 地層の傾斜方向ないしコンプレックスを横断する測線を選ぶ。サンプル量は100~150gとする。

編集されるべき地球化学図として、次のものがある。

- ① 単元素の図 共存元素の図を通じコンプレックスの地球化学的特長づけのできるような図
- ② 構造帯および後岩漿性岩体の地球化学的特長を示す図
- ③ 地球化学的分散図
- ④ 水理地球化学図

これらの図面を利用すると科学的に鉱床探査が行なえる。現在全世界に共通して利用できる 鉱床賦存予測のための表はない。各国で表が作られつつあるがこの度はソ連北部地域での表が紹介された。

IX. 地球化学的一次異状の地化探への適用

一次 halo は 鉱床成因に関連して生じた元素分布によっており 経済性ある鉱床の一次分散は顕著である。フェルスマンは1939年に 鉱床ができる時に 一次的元素分散があることを指摘し これを用いての地化探の可能性を示唆した。この規則性は既知鉱床と同じ性質の潜頭の新鉱床を 近くで発見する時とくに大切である。如何なる地化探を用いようとも 潜頭鉱床の発見は一次分散に根拠をおいた現象を使っている。

下表に一次 halo を示す。

鉱床の型	構成元素	
	鉱体	内因(一次)的 halo
Pb-Zn スカルン 中深度生成	Zn Pb Cd Cu As Sb Ag Bi	Zn Pb As Cu Sb Ag Bi Cd
Pb-Zn 熱水性 浅深度生成	Pd Zn Ag As Bi Cu Cd Hg	Pb Zn Ag As Bi Cu Cd Hg
U 花崗岩中	U Pb Zn Cu Mo As Ni Co Ag	U Pb Zn Cu Mo As Ni Co
U 酸性火山岩中	U Pb Mo Zn Cu As Ag Hg	Ag U Pb Mo Zn Cu As Ag
黄銅鉱	Cu Pb Zn Mo As Co	Hg Cu Pb Zn Mo As Co

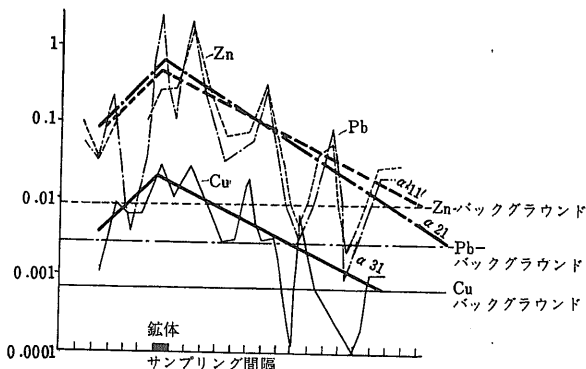
次に halo のゾーニングを考えると 垂直ゾーニングが潜頭鉱床の地化探で理論・実技の両面から大切である。累帯状 halo をつくる元素を“累

帯状の特長を示す元素”と呼ぶが U 鉱床の Pb Pb-Zn 鉱床の As Sb Hg Hg 鉱床の As Ba Au 鉱床の As などがそれである。

帯状の特長を示す元素”と呼ぶが U 鉱床の Pb Pb-Zn 鉱床の As Sb Hg Hg 鉱床の As Ba Au 鉱床の As などがそれである。鉱体と halo 間では下表にみられるように共通元素が多い。このため内因的 halo の元素組成によって 関連鉱体を定性的に推定できる。しかし各元素が同様に重要であるわけではなく 直接的指示元素がとくに大切である。

halo の完全な形を知ることは大切で 分析感度をクラーク数よりも高くすることによって はじめてなしうる。分析感度が低いと 高濃度の異状だけが不完全に示され探鉱目的が達せられない。鉱石をつくる元素の halo は大きいとその付随的元素のは小さく halo が大きいと異状も一般に大きい。halo の形は 構造 岩相に支配され 急傾斜の鉱床では“ろうそく”の焰状で対象的であり 緩傾斜の場合は 上盤に大きく 非対象になる。内因的 halo の元素分布の例として中央アジアの Pb-Zn 鉱床とフェルサイト中の U 鉱床の説明があった。後者の場合は鉱石としてピッチブレンドとウラニック・ブラックが発見されていて U Mo Pb の異状と halo を求めた。U は鉱体上 100m でも検知され Mo は U よりもさらに大きい halo をつくり U のように鉱体の上下盤に最大濃集部を持たずに 上盤のみに濃集している。Pb は鉱体上部にみられ 下部では実際上消失するが 100m も上の地表でも Pb が検知された。

鉱体周辺のコア・サンプルによって求めた Cu Pb Zn の分布例を第1図に示した。この鉱体は地下3~4 km で形成されたスカルンの多種の金属を含むものであり 図で $a_2 > a_1 \approx a_3$ であるから 元素のモビリティは $Pb > Zn \approx Cu$ となり しかも鉱体からの距離に対して 対数分布をしている。これらの事実は 地化探面で重視される。なお 地下 1~2 km でできた U 鉱床における元素のモビリティは $Mo < Pb < U$ である。



第1図 元素分布の変化図

haloパラメーターに影響する若干の地質的因子に関しては D.S. Korzhinskiy ^{コルジンスキー} などの研究がある。彼によると岩石中の元素移動はただ溶液(液状とガス状)によって行なわれ これには同時に働く2つの方法がある。すなわち①停滞した溶液を通して 低濃度溶液方向へむかって行なわれる元素拡散 ②岩石を通る溶液で起こるモーメントで 元素の滲入(infiltration)と呼ばれるもの。

halo は②が主因をなすようである。①はわずか数mのものらしい。化学的に不活性な岩石中の halo は大きい。

内因的 halo によって 地下80mの潜頭U鉱床を発見した例がある。一般に一次haloの地化探は二次haloの価値判断に役立つ。また景観地球化学的に二次haloが期待されない場合によく用いる。被覆層が厚いときには地質調査用試錐孔を活用し二次分散法で異状を発見したら詳しく一次haloの追跡を進める。サンプルは岩塊を径3~4cmで取り重量100~150gとする。探査のプロファイルの間隔は $\frac{1}{10,000}$ で約100m $\frac{1}{5,000}$ で50mとしサンプル地点の間隔は $\frac{1}{10,000}$ で20~40m $\frac{1}{5,000}$ で10~20m 垂直サンプルは5~10m毎とする。分析に際しては0.05mm以下に試料を粉碎し分光分析が好まれる。元素の累帯状分布を求めるにはHg As Sb Tl S Fなどが重要になる。分析値は図上に色別線別で個々に表現し等値線も画く。数値は元素量が対数的に分布する特性にあわせて0.01~0.1%のように区切ると理解しやすい。分析例が少ない時は別表としバックグラウンドについても同様である。

結果の解釈には地質物探の広範なデータを活用する。文献で処理できぬ問題がでたら最適な位置に対して1~2測線を取り野外実験を試みる。その結果存在

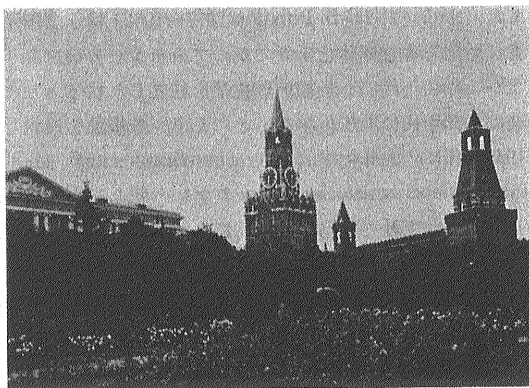
が推定される鉱床の組成が halo によって判断される。この講義はヤニセフスキー博士がされたが同博士はPb/As As/Znのような比を使うことを推奨した。またキプロス代表からHgの検出について質問がありとくに黄鉄鉱の鉱化作用に伴うHgについてはソ連では各種定量法を用いているが感度は火成岩のクラークに近い $10^{-6}\%$ で実施している旨返答された。さらにAs BeもHgと共に考えるべきよい指示元素であると思いつけ加えた。

X. クレムリンの見物

会議2日目(10日)の午後5時からクレムリン(Кремль)を案内していただいた。クレムリンとは城壁という意味だそうである。たしかにれんがで高い城壁が造られている。モスクワの中心に位置し東側はモスクワ河に面して面積は28ヘクタール 周囲2,235mといわれる。1917年レーニンに指導された赤軍と対する白軍の間で革命の運命をかけた戦闘が繰り返されたところと聞いている。フルシチョフ時代から内部を開放したそうでソ連権力が集中しているこの地区も多くの人が訪れ観光ルートになっている。ウスペンスキー寺院イワン大帝の鐘楼 鐘の王様 大砲の王様など古いロシアの遺物のほかに1960~61年に建造した大会宮殿などもある。この建物は三方総ガラスの大理石造で座席が6,000あり会議やパレーに用いられる超近代建築である。樹木 草花も美しく手入れしてあり公園といった感じもある。



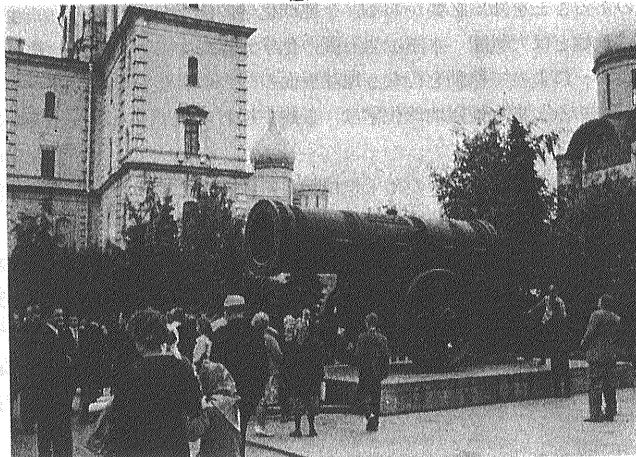
クレムリン内部 古い寺院が多い フルシチョフ時代になって開放された



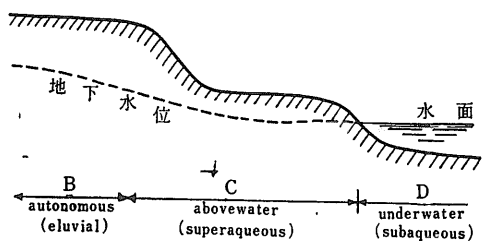
クレムリン内部 花壇が美しく公園の感じ 正面はスペーススカヤ望楼



鐘の王様(クレムリン) 重さ約200トン 直径6.6m ツァーの銘鐘



青銅製の大砲(クレムリン) 帝政ロシア時代にイワン大帝がつくらせた



第2図 B.B. Polynov による基本的景観の3つのタイプ

XI. 各種の景観地球化学的条件における元素移動の特性

景観地球化学 (Geoхимия Ландшафта, Landscape Geochemistry) というわれわれ日本人にあまりなじみのない術語がここで説明される必要があると思われるので 筆者は歴史や内容について簡単に述べてから本題へ入りたい。

地球表面を植生と気候によって地帯に分ける分類法がある。そしてこのような地帯に異なった要素——岩石 水 土壌 動物など——を考え合わせると 自然景観という単位がうまれる。この自然景観は自然を構成する一単位として化学元素 鉱物 動物などと同じ概念である。景観論の歴史はソ連では地球化学の歴史と不可分であり ベルナドスキーも フェルスマンも景観を重視した。ポリノフ (B.B. Polynov 1877~1952) は 土壤学者 地理学者兼地球化学者でかつアカデミー会員であったが 1940年代に 景観地球化学を独立した科学とした。彼は1920年代に地球化学をもとにして 景観論を検討し 1940年代に 地球化学的景観 (Geoхимический ландшафт, Geochemical landscape) という新しい概念を作った。地表近くの均一な性状によって特長づけられる1つの地域のセクションを地球化学的景観と呼び、その化学的研究の方向を景観の地球化学と呼ぶ。このため 鉱物周辺でいかに二次 halo (あるいは aureole) ができるかを理解するには景観の地球化学を学ぶ必要がある。砂漠 ステップ 熱帯林 高地などすべて元素移動に差のあることを知る必要がある。地球化学の観点からは “景観とは大気圏 水圏 岩石圏の化学元素が太陽エネルギーによって移動を行なう地球表面の一つの自然の単位である” また景観地球化学は 景観中におけるアトム

の歴史といってもよい。

ポリノフ (Polynov) の弟子には この講義をしてくれたペレリマン (A.I. Perelman A.И. Перельман) 次の XII の二次分散の講義をしたグラゾブスカヤ (M.A. Glazovskaya M.A. Глазовская) コブダ (V.A. Kovda B. A. Ковда) などがいる。ペレリマンはイグム (IGEM ИГЕМ) に グラゾブスカヤ教授はモスクワ大学 (МГУ) におられる。グ教授は1956~58年に地化探への応用の

表 1. 元素の生物による集まり方のシリーズ (A.I. Perelman 1961)

	100	10	1	0.1	0.01	0.001
生物によって濃しうされる元素	著るしく集まる			P, S, Cl		
	大いにあつまる			Ca, K, Mg, Na, Sr, B, Zn, As, Mo, F, Mn		
生物的にとりいられる元素	平均値位あつまるもの			Si, Fe, Ba, F, Rb, Cu, Ge, Ni, As, Co, Li, Y, Cs, Ra, Se, Hg		
	弱くとりいられる			Al, La, Ti, V, Cr, Pb, Sn, U		
	大変よやくとりいられる			Sc, Zr, Nb, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, Hf, W		

ため南部ウラルで仕事をされ (XI 参照) またモスクワ大学で 地理—地球化学者も養成している。

天然景観は特殊な “景観のアトム” といわれる決まった単位によって構成されるが その決まった単位は基本 (あるいは要素) 的景観とよばれる。化学元素の移動状況によってポリノフは その中に3つのおもなタイプを認めた。すなわち第2図に示す①残積 (eluvial) ②水面上 (above-water) ③水面下 (under-water) である。

①の eluvial 景観…地下水は低く土壌や植物に影響が少なく 物とエネルギーは下へ素通りする。長い地質時代に変化を受けて 土の下にラテライト テラ・ロサ 高陵土ができることがある。②の水面上景観…物質の供給が多く 易動性元素の濃集の特長があり 有機物が集まることもある。③の水面下景観…地下水の特長と密接し多くの元素が動き 集まる。

地球化学的景観の概念と 元素のバックグラウンド量の概念とは 密接に関連する。地化探へ景観地球化学を利用する場合の利点には 景観のおもなタイプの発見 バックグラウンドの決定 異状の発見などがある。

生物による元素の移動の重要性はベルナドスキーが指摘したが 生物は量的には岩石より少ないが 無機物から造られ 分解し 元素がそこを通過するので大切である。地殻中のすべての元素は生物体へ入り 地化探では二次 halo を左右する灰分組成が重視される。表 1 に “生物学的濃集の係数” を示すが 基準は灰分/岩石圏である。元素は葉や細枝に多く集まり 季節や天候にも含量が左右される。定まった景観では元素量は生物の性質に支配されるが 景観が生物も左右し 塩分の多い土壌地では生物中に Na Cl S が多く ステップ植物では Ca 多く Al Fe Mn が少なく 温潤熱帯では Ca はきわめて少なく 針葉樹林 (taiga) やツンドラ

では Ba Sr Cu Zn Pb が集まる。

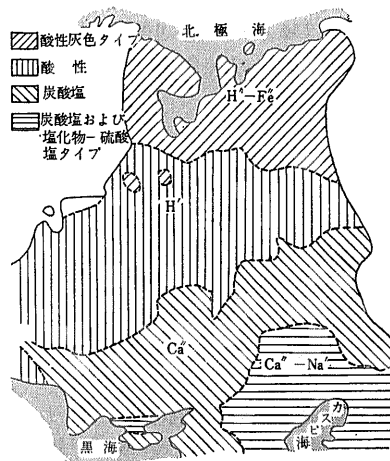
生物質は分解により CO_2 H_2O 鉱物塩となり この場合好気および嫌気性バクテリアの活動がみのがせない。水の循環 地表の加熱 空気の動きなどが起こる地表近くのゾーンでは 化学エネルギーのおもな源は太陽であるが 直接に働かず生物的サイクルを径て働く。エネルギーは 有機物の鉱物化の過程において 化学的仕事をやれるような形において解放される。生物的サイクルは完全な可逆ではない。化学反応と生物作用に二分してみると 前者は元素移動に大切であり 後者は物理化学条件をつくって化学変化の方向を決める。

景観における化学元素の水による移動は 鉱物の溶解度の問題に密着する。最近まで元素移動はイオンの型によると考えられていて 水の分析値もそのように示されていた。しかし熱力学的研究によると これら簡単なイオンはしばしば天然水に欠けている。金属は Cu^{2+} Pb^{2+} ... のような原子価に等しい電荷をもつ状態の簡単なイオンでなく 錯化合物 (Complex) である。イオン化していない分子が天然には広範囲にある。 $4 \times 10^{-6} \text{g/l}$ の U を含む中性水は $\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3^{4-}$ 82% $\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})^{2-}$ 18% の割合になり ウラニルの陽イオンは実用上は 0 である。仮定の陽イオン設定はいけない。元素の移動条件が変わるため ある所に元素が濃集するとそれを 地球化学的バリア (geochemical barrier) と呼び 時に経済的鉱床を成立させる。バリアが出来る理由には 圧力変化 化学条件の変化など色々あるため 各種の型があらわれる。しかし主として機械的 物理化学的 生物的の3つに分けうる。たとえば H_2S 還元バリアには V Fe Co Ni Cu Zn As Ag Cd Hg Pb U が アルカリ性バリアには Ca Mg Sr V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn Cd Pb が また酸素バリアには Fe Mn Co S が集まるなど 多くの重要な内容が含まれる。

イオンおよび化合物が移動してそれが 地球化学的様相を決める場合に それらを typomorphic elements と呼んでいる。主成分は地球化学的支配者であって 環境をつくり 他の成分の動きを支配してしまう。たとえば Na Al S Fe は typomorphic であるが Li Ga Te Co はそうでない。岩石中に 0.01% 以下しか無い元素は 表層の地球化学でほとんど影響を与えない。景観地球化学的様相は もっとも活発に動く元素と 集中元素すなわち typomorphic によって特長づけられる。

元素移動が決まったタイプで かつ与えられた地域における景観の分布は 気候と地質構造が主因で決まる。

地表温度は気候に支配され 温度によって化学反応も影響される。乾燥地では Ca Mg HCO_3 SO_4 が過



第3図
ロシア平原における風化物と堆積物の地球化学的な分布

飽和になり 水の組成は岩石組成の支配を受けない。太陽エネルギーは植物量を制限するのでその影響もでる。景観の異帯状分布はポリノフの師 ドクチャエフ (V.V. Dokuchaev ペテルスブルグ大学教授 1846~1903) が研究した。異帯は植生だけでなく 鉱物の世界にも地表上すべての元素にもある。ある天然物が地表に近い程 地質構造の影響はうすくなるので 異帯区分は植物に顕著である。土壌にも異帯区分が現われるが この場合には植物帯よりも地質構造に大きく支配される。また異帯状分布は地下水にも見られるが 時々地質状況にかき消される。河川水 湖沼堆積物にもみられる。

地球化学的景観図はソ連科学アカデミー所属の“鉱床の鉱物学および地球化学研究所 (IGEM)”の地球化学部門で研究されている。ソ連内のこの図の編集は $1/4,000,000$ で続けられペレリマン (A.A. Perelman) が編図し サウコフ (A.A. Saukov) が校訂した。そして1964年に $1/20,000,000$ で Physico-Geographical Atlas of the world' の中で発刊された。本図はソ連各地の景観地球化学的研究 地質 構造 地形 土壌その他のデータを基にして編集された。地球化学的景観のクラスは genera と species (属と種) に細分され ソ連では100以上の区分がなされた。上記の図面によって地帯の分帯ができる。その仕事は IGEM の地球化学部門と全ソ鉱物資源研究所の探鉱法研究課の合同で実施している。1963年に“経済的鉱物鉱床の地球化学探鉱の条件に関する地図”が 全ソにわたって編集された。その縮尺は $1/4,000,000$ である。この図はまた景観の地球化学にも基づいてをり 探鉱の方法や 鉱床の成因に関連する事項も示している。全ソを図上で地帯区分する場合に 元素分散 halo の程度も 3段階にして表示した。

景観のおもなタイプは ツンドラ 針葉樹林 ステ

ツペおよび砂漠である。元素分布の例を第3図に示して詳しい説明は省略する。西シベリア平原は厚い砂粘土におおわれて地化探し悪い。地化探の可能不可能地区を分けることも大切である。

問) 景観地球化学の良い参考書は?

答) モスクワ大学のマニュアル その中には鉱物探査のことも入っている

問) 景観地球化学図のサンプルの intensity?

答) 地形 地質 土壌の図をつくり 地球化学的景観の境を入れる 元素移動 植生 土壌の対比をしてゆき 地球化学サンプルで詳細化する 地化探に先行して景観地球化学図を作り利用する サンプル数はかなり多く分光分析が用いられる

問) 特殊元素分布の特異性を景観地球化学図が示すか?

答) 小縮尺が概略しかわからない 今後改良すべき点が多い 凡例の方式にも問題がある 図でバックグラウンド(水 土 植物)が知りうるし 試料採取深度も判断できる

問) 砂漠地の地化探はどうすればよいか?

答) 砂の深さが問題で 数mならば生物地化探がよからう。数百mなら困難だ また halo のシフトがあるので注意すること 砂の成因と厚さによって 具体的やり方が大変かわかる

XII. 地化探における二次分散 halo 研究の試み

演者のグラゾプスカヤ教授はモスクワ大学の地理学部に属する。このようなたくましい女性の教授がソ連最高の大学で教鞭をとっておられようとは 私達日本人にはなかなか想像しにくい。もっともモスクワ大学の学生の%が女性であるといわれるので 日本の事情からそのまま考えてはならない。後述のアゼルバイジャン共和国の地化探現場にも女性の地質家が 複数で参加していたのをみても 女性の自然科学方面への進出は 私達が想像する以上と思われる。

二次分散による地化探は 堆積物のある時にも また一次分散が地表まで露出していながら見つけにくい鉱床でも 大切である。二次分散のできる法則の研究 鉱床に関係なく 天然のバックグラウンド水準にある元素の移動法則の研究 などが大切である。

景観地球化学的検討が大切である。元素の移動は長い地球化学的歴史の結果によっているから 成因的 歴史的解釈を必要とする。経済的関係をもたない異状は偽異状と呼ばれる。二次分散による地化探の研究法は特にウラルの黄銅鉱々床地帯の実例などを引用して説明した。調査で得た資料から各種の景観地球化学的係数—eluvial-accumulativae Kea 係数 水による元素移動係数 局地的鉱物濃集および分散 Km 係数 生物濃縮係数—が算出できる。ウラルでは鉱物組成を同じくし異なった地質 物理地理条件にある3カ所を選んで研究した。

第1例の黄鉄鉱—黄銅鉱鉱化帯は ステッペにあり Ag Ba Pb 異状から 地下65mに Cu—パイライトをみつけた。はじめの段階では 深さ20~40cm 土壌の Cu Zn Pb 異状は鉱体上にも出なかった。広域にわたり0.001% Cu しかなく バックグラウンドの0.007% Cu よりも低くでる始末であったが バックの3~10倍に達する Cu Pb Ni Co As 含量が 地下5~8mの風化地殻にみつかると その Cu は0.02~0.05%に達した。一般に鉱体直上の二次分散 halo は 何回もの地質時代にわたる変化を受けて生じたもので複雑である。地下水流による Cu Pb Ag の異状は 鉱化水の流出地点から18kmの場所でも認められたが 地表水の異状はわずか3km しかなく 沈積物の方が地表水よりも長距離に異状を示す。

第2例は森林ステッペ中の雑鉱床で Cu Zn Pb を含むが 地層中に石灰岩が存在するので 酸化生成物の移動が大きく制限される点が 第1例と異なる。水中の Cu Pb Zn などは わずか40mで消失し 地下水がすぐ下まで来ている牧場の土に元素が多く その他の条件の土に少ない。鉱体直上の異状は地表にもあるが それは古い地質時代の水面上景観(XI 第2図参照)であった場所だけに限る。3~5m深度に金属濃集部分があるので そこでサンプルを取ると異状は数倍にでる。

第3例は厚さ2.5~10mの第四紀ロームに覆われ 植物灰による二次分散がみられた。haloはCu Zn Ag Pb As Cd Mo Uにおよんだ。ウラル地方で生物により $n \cdot 100 \sim n \cdot 10$ 倍濃集する元素は植物灰ではBa Sr Pb Cu Zn Mn Mo Ag ツンドラがCdである。元素濃集はツンドラに多く 針葉樹林帯と silvanにはほぼ同じだが 牧場ステッペ 草ステッペでは少ない。有機物による偽異状を読み間違えぬように 試料は40~50cmあるいはそれ以下から採取する。偽異状を見分けるには ①バックグラウンドおよび運搬物の原岩 粒度別元素量 ②局所的に元素濃縮があった場合にみられる普通の数値 ③ある地区の水の作用などのデータを必要とする。ステッペや砂漠でよく観察される蒸発作用による元素の濃集についてみると pH=3~5 H₂S 還元環境ではCu Zn Pb Ag Ni Coなどが100~1,000倍位集まった例がある。Cu Zn PbはpH<7.5の時に集まり Li B Br I化合物は塩湖と白いアルカリ土壌に集まる。Mo Uは強アルカリ 酸化環境で動く。

結論的に次のことが言える①地化探は地質 景観地球化学条件の資料がある所で有効である ②地化探では普通の地球化学的バックグラウンド条件下における元素移動の規則性を 常々考慮すべきである ③風化 軟堆積物の分布と厚さ 地形 土壌図 排水系 地下水状況など

がよく記入された地質図（結局景観地球化学図的）は地化探の初めから終りまで用いられる。

問) 試料採取密度は？

答) 地質境界付近は10~15m 他は200m グリッドで地質調査といっしょに実施した この際井戸も掘ったし 天然景観の変化に合わせてボーリングした ビットもネットワークに掘った すべて地質といっしょである

問) 試料を深い位置から採取する方法 コンタミの防ぎ方についてどうしたか？

答) 5m以浅は普通法 以深はドリリング法

問) 石灰岩の働きは？

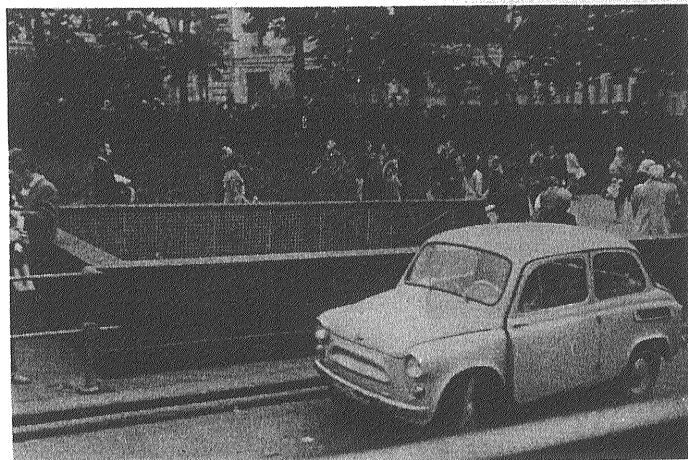
答) 元素の移動を制限する 乾燥地で注意を要する

問) どのようにして鉱床を見つけたか？

答) ウラルでは水理地化探からはじめ 精査へと入った水理地化探で50km離れた鉱体を感じたことがある 背斜によく鉱体があるので 異状の下に鉱体が無い場合がある

問) 調査人員は？

答) 普通3人が必要 われわれには大学生がいるのもつと多い人数でやった



地下鉄の入り口。メトロは延長100km 時速90km 全線5コペック(20円)均一 100mも下にある駅は宮殿のように豪華である

問) 植物地化探について

答) 植物には元素が集まるので 分光感度以下しか元素がみ当らぬ時は 植物を用いるとよい 元素量は時期 天気などでも異なり 偽異状も区別せねばならない 植物に集まる特長的元素を活用するとよい

問) 景観地球化学の教科書は？

答) 私(グラソプスカヤ)の本も一年前に印刷した 第2版を準備中である ペレリマン氏の本も有効である

XIII. メトロとトロリーバス

モスクビッチの自慢の一つに地下鉄がありメトロ(Метро)とよばれ 延長約100km 時速約90km といわれるが成程速い。全線5カペイカ(20円)均一であった。1935年にはじめて開通し 今では1日に300万人を運ぶといわれる。速く動く大きなエスカレーターで地下約100mも降りると 宮殿のようなホームへ出る。空気が突にうまかった記憶がある。駅毎に特長があつて壁画 彫刻などで飾られている。改札は光電管装置になっていて 5カペイカ貨を入ると1人だけ通れる。お金を入れずに通ろうとすると 横の見えない所から突然丸い金属棒が飛び出して とおさんぼ してしまう。人前でやられたらこの上なくはずかしいことだろう。メトロは全部が地下を走っているわけではなく 東京と同じである。モスクワ大学付近でモスクワ河を渡るメトロは ちょうどお茶の水駅付近のような感じで設計されている。

モスクワには市電も走っているが 新しく開発している市街地の交通はメトロとトロリーバスが主力である。トロリーは1回3カペイカ 運転手一人で その背部においてある切符売機の所まで行き お金を入れて自分の切符を切る。ゴマカシはないといわれる。

メトロとトロリーに乗り アイスクリームを歩きながらたべて モスクワ大学のあるレーニン丘付近をブラックのも楽しい一騎である。

(筆者は地球化学課長)



市街地(モスクワ市マルクス通り付近)トロリーバスとおまわりさん