アラスカ州の地球化学アトラスについて

伊藤　司郎（技術部）
Shiro ITOH

まえがき

工業技術院の海外研究者招聘制度により昭和60年度に地質調査所に来所したマイヤース博士によって　ロスアラモス国立研究所の地球宇宙科学部が最近完成させたアラスカ州地球化学アトラスが当所に招介された．　日本全土の4倍もある広大な面積（150万 km^2）と厳しい自然環境の僻地であるアラスカを対象とし　遂にその大部分の地球化学図を完成させたアメリカ合衆国の先取性に脱帽せざるを得ない．　わが国ではこのような図はまだ完成されておらず　茨城県北部をモデル地域とした地球化学図プロジェクトがスタートしたばかりである（地質ニュース　374号）．　この機会にこのアラスカ州地球化学アトラスはどのような過程を経て完成したのか　また成果図にはどんな問題点があるのか御紹介し　今後の研究資料としたい．

プロジェクト発足の経緯

このアトラスを完成させるために用いたデータは全て NURE 事業で得られたものである．　NURE は National Uranium Resource Evaluation の略名で　1974年に US Atomic Commission によって開始され Energy Research and Development Administration と Department of Energy によって継続された事業である．　NURE の目的は合衆国のウラン資源を正当に評価するためのデータを集めると共に　民間企業に対して開発に適した場所を示し与えることにあった．　そこで NURE の中に HSSR（Hydrogeochemical and Stream Sediment Reconnaissance）部門が設けられ　全国的な地球化学的探鉱が実施されたのである．

HSSR は　サバンナリバー　オークリッヂ　ロスアラモス　ローレンスリバモアの4国立研究所が合衆国を4分割し　それぞれを受け持つて実施された．　ロスアラモス国立研究所はロッキー山脈とアラスカ州の HSSR の責任を負わされた．　その全てのデータはエネルギー局に集められ　25万分の1の地形図ごとにまとめられて　Grand Junction Office にオープンファイルされている．

HSSR 活動の初期に採取された試料はウランだけが分析された．　それはこの事業が合衆国のウラン資源を評価することを目的としていた為である．　しかしすぐに　資源評価委員はより完全な評価を行うため付加的地球化学的データを要求し　さらに可能な限り多数の元素の分析　とくにウランの鉱化作用に伴う，またはウラン鉱床の指示元素と疑われている元素の分析を要求した．そこで　HSSR に参加している各研究所はエネルギー局が認可した多元素分析システムを導入することとなった．　その結果　NURE 事業は合衆国の3分の2に近い面積をカバーする膨大な量の主成分　微量成分　痕跡元素のデータをユーザーに提供することを可能にしたのである．

アラスカ州における試料採集

アラスカ州での試料採集計画は1975年に始まり　1979年までには陸域の80％をカバーする試料が採集された．不幸なことに　1979年以降は HSSR 予算に野外調査費用が含まれなくなった為に　アラスカ南西部　アラスカ半島　Panhandle 地域の一部が空白地帯として残された．　この他試料が採取されなかった地域には　1977年以降試料採取を拒否された国立公園や各種の記念場所および氷河や氷のシートで覆われている山岳地帯の中核部が含まれている．

水系がよく発達している中～高地の地域では河床堆積物が 10km^2（4 mi^2）につき1試料の密度で採集された．河床堆積物は現に流水のある1地区内三本の小川からそれぞれ約1 kg の細粒堆積物を採取し　混合して　Fairbanks または Ancharage に乾燥・篩分けのため輸送された．

水系があまりよく発達しない低平坦地では　小さな湖の湖底堆積物が 23km^2（9 mi^2）につき1試料の密度で採取された．　湖のほぼ中央部へヘリコプターでステンレススチール製のサンプラーを落して堆積物が採取された．

このアトラスを作製するために使われた61,923個の試料の内　38,021個は河床堆積物であり　23,902個は湖底堆積物である．　その他　各採取地点では水の試料も集

められている.

試料の採取地点では同時に野外データが記録されるがそれには水温 溶存酸素 比抵抗 pH シンチロメータ測定が含まれる. 野外観察項目には 基盤岩の地質の記載 沢や湖の特徴 局地的植生 地勢 汚染の可能性が指示されている. これらの野外データや観察事項は数値的にコード化され 対応する試料と同じ番号を付されて定まったデータ形式の下に記録されている.

ほとんどの試料の採取はロスアラモス国立研究所の仕様書にしたがって 契約民間会社が実施した. NTMS 地形図 (National Topographic Map Service) の枚数および陸地面積に依存するが 4,000から10,000試料地点にまとめて競争入札に付し 請負者を決めた. 請負者および試料採取員には試料採取予定位置図および詳細な野外作業手順マニアル (Sharp and Aamodt, 1978*) が用意されトレーニング期間が与えられた. 少なくても1人のスーパーバイザーが各キャンプに配属され 野外作業手順や調査用具などについての疑問に答え 試料が仕様書通りに採取されていることを保障させた.

アラスカ州の大部分は道路網が未発達なので 自給自足の簡易野外キャンプとヘリコプターの使用を与儀なくされた. 食料 燃料 その他の補給品は固定翼の飛行機から落下された. 通常各キャンプごとに2～3機のヘリコプターが使用され 試料採取予定地点を計画的に結ぶルートを飛行した. ヘリコプターのパイロットには 25万分の1の地形図が飛行案内用として また実際の試料採取位置をマークするために配られた.

Fairbanks または Anchorage の中央処理施設に輸送された堆積物試料は そこで100°C以下の温度で乾燥され 100メッシュの篩にかけられる. この篩を通った堆積物は25ml のガラスびんに詰められ ロスアラモスの研究所へ分析のために送られた. 試料の残りは全て捨てられた.

堆積物試料の分析

堆積物試料はロスアラモス国立研究所で DNC (delayed neutron counting), INAA (instrumental neutron-activation analysis) XRF (X-ray fluorescence) 発光分光分析の各方法によって分析された. プロジェクト期間を通じて 分析された元素の種類は種々変化した. 初期にはD NC によるウランの分析しか行われなかった.

---

* Field procedures for the uranium Hydrogeochemical and Stream Sediment Reconnaissance as used by the Los Alamos Scientific Laboratory, Open-file report GJBX-68, US DOE, Grand Junction

後に計画予算が変更されて 最初からの試料も再分析され多元素の分析データが得られるようになった. プロジェクトの中頃には XRF の分析システムを改良し As Se Zr の分析が加わった. 同じ頃 予算的理由で発光分光分析が中止され 以後の試料については Li と Be の分析データが欠落することになった.

表Iにこれらの方法によって分析された元素とその検出限界が示してある. ここに表示した元素以外にも Cd Cl Nb Rb Sm が分析されているが このアトラスに含める程の分析精度が得られなかった. その原因の1つは検出限界が大き過ぎること (その改良は行われなかった) で 多くの試料がこれらの元素に関して検出限界付近またはそれ以下であった. 表Iにはその他にも 検出限界が平均地殻存在量よりも大きい元素が11種もあることが示されている. それでもこれらの元素 (Sb As Bi Au Se Ag Sr Tb Sn W Zn) がこのアトラスに含めてあるのは経済的または環境の面から重要な元素だからである.

DNC によるウランの定量

全ての試料が DNC によるウランの分析の対象となった. 試料の一部を 4ml の容器に取り 秤量し 容器の重量を差し引いた値が試料番号と共に記録される. 各4ml 容器は順次20秒間被曝後10秒間放置冷却し, 30秒間放射能が計測された. 各試料の計測値は同様に処理した標準物質の計測値と比較されてウラン量が求められ データベースに蓄える. この方法で1ppm 以上のレベルなら1標準偏差での誤差は4%以下である.

INAA による元素分析

ウラン分析が終了した試料はそのまま INAA によって27の元素が分析される (表I). ウランの30秒計数後 試料容器は20分間冷却され 次に500秒間のガンマー線計数 (短寿命核種の定量) を行う. さらに96秒間照射 14日間冷却後1000秒間のガンマー線計数 (長寿命核種の定量) が行われる. 鉛で遮蔽された Ge (Li) 検出管をガンマー線の計測に用い 4096チャンネルのデータを記録した. これらのデータはコンピュータによって個々の元素について解析され 各試料の各元素の含量がその統計誤差と共に書き出される. このとき統計誤差が50%を越えている場合は検出限界以下と見なされる. INAA の元素の検出限界は個々の試料の組成や質量の函数で複雑である. 表Iで示している値は典型的な4g試料の平均値である. この検出限界より1桁多い濃

度における相対誤差は通常10％以下であった.

XRF による元素分析

コンピュータで制御された XRF で Cu Pb Ni Ag Sn W さらに後期には As Se Zr が分析された． 試料を325メッシュ以下に粉砕し その6gをX線ビーム中に置いて 発生する螢光X線の強度が測定される．各元素の標準物質とのコンプトンピーク比の比較から濃度が計算される．相対標準偏差は100ppm レベルで10%以下 20ppm レベルで20%以下であった.

発光分光分析による Be と Li の定量

XRF で用いた—325メッシュの試料の5mg と石墨とシリカを1：1：1の割合で混合し 陰極側の石墨電極に詰込み 6A10秒 続いて17A50秒の電流を流して DC アークを発生させた．Be の313.0nm の二次線および Li の 670.7nm (10ppm 以下) と 610.3nm (10ppm 以上) の一次線 これらの分析線近傍のバックグラウンド強度 V の 327.6nm の線強度が直読式の光電子倍増管で測定された． V は Be の分析線強度の補正に用いた． 光電子倍増管からのシグナルはデジタル電圧計に読み込まれコンピュータ処理される． 元素濃度はあらかじめ測定されている標準物質と比較することにより決められる． 検出限界付近での精度は両元素共に約50%で それより1桁大きな濃度においては25％に改善された.

第1表 HSSR において分析された元素

分析法	元素	検出限界 (ppm)	地殻存在量 (ppm)	検出限界以上の試料(％)
遅発中性子計数法	U	0,01	1,8	99.98
機器中性子放射化分析法 照射後20分より計数される短寿命核種	Al	3200	81300	99.6
	Ba	150	425	87.6
	Ca	1000	36300	89.8
	Dy	0.7	3.0	92.8
	Mg	2700	20900	90.4
	Mn	55	950	99.9
	K	3400	25900	83.0
	Na	1000	28300	99.9
	Sr	400	375	5.8
	Ti	750	4400	92.7
	V	6	135	98.1
照射後14日より計数される長寿命核種	Sb	1	0.2	5.0
	Ce	10	60	93.2
	Cs	2	3	51.1
	Cr	10	100	92.9
	Co	1.7	25	94.5
	Eu	0.4	1.2	90.8
	Au	0.05	0.004	1.0
	Hf	1.3	3.	87.2
	Fe	1100	50000	99.0
	La	7	30	79.2
	Lu	0.1	0.5	81.2
	Sc	0.9	22	99.5
	Ta	1	2	2.4
	Tb	1	0.9	4.8
	Th	1	7.2	90.7
	Y	1	3.4	60.9
	Zn	100	70	46.4
エネルギー拡散型X線螢光分析法	As	5	1.8	73.9
	Bi	5	0.2	9.9
	Cu	10	55	90.8
	Pb	5	13	55.1
	Ni	15	75	76.6
	Se	5	0.05	0.3
	Ag	5	0.07	0.3
	Sn	10	2	1.6
	W	15	1.5	5.8
	Zr	5	165	85.2
アーク源発光分光分析法	Be	1	2.8	70.0
	Li	1	20	99.3

データ分析

アラスカ州の全ての堆積物試料の分析データおよび位置データは基本的データベースに蓄積され 後のコンピュータ処理および解析に供された． 全てのデータの入力が終了した段階で平均値 中央値 最小値 最大値 累積頻度分布が各元素ごとに計算され 格子形一定面積ごとにデータが標準イメージ処理・表現技法を用いて示された.

データ処理

5km×5km格子とデータを結合させる方治として Universal Kriging を用いた． Kriging の理論的背景には

ある地点のある元素の濃度は周囲の同じ元素の濃度と相互に依存し合っており　その程度は距離の函数であるとする考え方がある．　具体的には2つの試料の対応する分析値の差の半分(semivariance)を各元素について試料間の距離の函数として計算する．　そのために semi-variance 対距離の関係図(variogram)を各元素について作り　この図から元素の濃度が試料間で影響し合っている最大距離が求められる．　さらにその関係を近似させる関係式が得られ　全てのデータに適用される．　この関係式を使って計算された値は Kriged データと呼ばれ　5 km×5 km 格子セルの加重平均値を計算するのに使われる．　分析値の地域的平滑化を目的とするこのアルゴリズムは　実際はセルの中点から半径 6 km 以内にあって　検出限界以上の値をもつデータポイントにのみ限定して使用した．　また Au Se Ag Sn W については　検出限界以下の地点が多数あるために Kri-ged データは用いられず　未加工データの平均値が単位セルの値となった．

データ表示

このアトラスには2つのタイプの視覚表示が用いられている．　その1つは個々の元素の平面的・統計的分布を示す色コンター表現であり　他の1つは3元素の平面分布を同時に表現するものである．

色コンター表現では検出限界以上の濃度で得られる累積頻度分布を9段階のコンターレベルに等分し　低濃度側からそれぞれ暗青色　緑青色　明緑色　緑色　金色　黄色　桃色　唐紅色　赤色を割当てて各格子セルに投影する．

3元素表現では　各元素は異なる色(赤　緑　青)で表現され　それぞれの色は元素の濃度によって256レベルの強度で現われる．　低濃度は弱い色で　高濃度は輝く色で表現される．　3元素に対する色が同時に表示されると混合色の規則に従って新らしい色が現われる．　したがって　色合いは元素同志の相関または相対濃度を表わし　輝度は絶対濃度を表わす．　赤と緑の混合は黄に変り　赤と青は唐紅色　緑と青は緑青色となる．　もし3色が同じ輝度を持てば　灰または白色に変化する．グラビアで示した例では表題の最初の元素に赤　次に緑最後の元素に青が割り当てられている．

アラスカ州の地球化学データの解釈例

以上　このアトラスが出来上るまでの経過やアトラスの表現法について紹介してきたが　このアトラスはどのように活用されたのか　また活用する場合にどんな事に注意を払わねばならないのか著者らの例がテキスト部に記されているので紹介する．

同じスケールの地質図とこのアトラスを仔細に比較してみると　このアトラスからある種の岩石(特に酸性岩)の分布域を地図化することが可能であることがわかる．その岩石種は酸性岩の他に炭酸塩岩　塩基性岩　超塩基性岩　起源の明らかな砕屑性堆積岩まで広げることができそうである．　この可能性はしかし　いくつかの因子に依存している．　その内最も重要な因子はその岩石がある程度以上の広がりを持って露出していることである．　アラスカ州で用いられた試料採集法では　10km² 程度の露出面積しかない小岩体からは複数個の試料が採取されることは期待できない．　しかも　その分析データは周辺の試料の分析データによって平滑化(Kriging)されるので　周辺の岩体に化学組成上同化されてしまう恐れが強い．　次に大事な因子は隣りの岩石類と区別できる明瞭な化学的特徴があることである．

アラスカ州では試料の中に湖底堆積物が含まれているが　湖底堆積物はかなりの程度の化学的風化作用を受けており　同生的物質や有機物を大量に含んでおり　それらは元の砕屑中に存在していた元素の量を減少させたり増加させたりしている．　したがって　個々の分析データを解釈する際にはそれなりの注意が必要であるが　総合的にはある種の元素の広域的地球化学的傾向を捕えることが期待できる．　一方　河床堆積物は初生的に機械的風化生成物であり　流域一帯の地質の混合物と考えることができる．

珪長質深成岩

元素の分布図が岩石種と最も明瞭な関連性を示したのは珪長質深成岩体の場合である，　この岩体は U Th Hf K 希土類元素のような親石元素の強い濃集で特徴づけられる．　アラスカ州全土の平均値と対比するとこれらの元素は約2倍の濃集量である(表2)．　これらの元素が高濃度を示す地域は珪長質深成岩体の分布する地域(図1)と完全に一致している．

これらの珪長質岩体は多くの共通した特徴を持っているが　岩体ごとに微妙な化学的特徴の違いがある．　最も明瞭な違いの一つは Denali 断層帯の南に分布する岩体の Na 濃集である．　Coast Range および Alaska-Aleutian Range 底盤は北に分布する珪長質岩体に比して著しく Na 量が多い(plate 30. Na の地球化学図)．このことはこれら2地域の下のマントルまたは地殻に化学的な相違があるためか　またはこれらの岩体の生成深

度やその後の経過に違いがあったかを示している.

Alaska-Alentian Range 底盤

場所によっては一つの底盤内の岩質の違いを地球化学図から読み取ることができる. 例えば Alaska-Aleutian Range 底盤の部分的化学組成の違いは容易に明らかにされる. この底盤の南部および東部はジュラ紀の閃緑岩および石英閃緑岩に属するとされている (Reed and Lanphere, 1969, 1972, 1973 a, b). 一方 西部および北部は2つの年代 (白亜紀後期〜第三紀初期 第三紀中期) の石英モンゾナイトおよび花崗閃緑岩から主として成立っている. このアトラスはこれらの間の基本的地球化学的相違をよく表わしている. すなわち Fe, Ca, Mn, Sc など比較的塩基性岩に濃集する元素がジュラ紀の深成岩を特徴づけ K, U, Th, Hf, 希土類のようなより珪長質岩に特徴的な元素が白亜紀後期〜第三紀初期および第三紀中期の岩体に濃集している.

この地域の底盤はよく露出しているが 道路事情が悪く遠隔地のため詳細な地質学的研究は限られていた. 僅かな地質学的調査 年代測定 化学分析があるだけで それらのデータが広域的に外挿されて地質図が作られている (図2). このアトラスのように系統的および広域的に完成された地球化学データを地質学的データと結び付けて用いられれば地質調査の行なわれていない地域であっても主な地質単元間の線引きが可能であり 岩石単元のより確実な外挿ができるであろう.

潜在的鉱化作用の探査

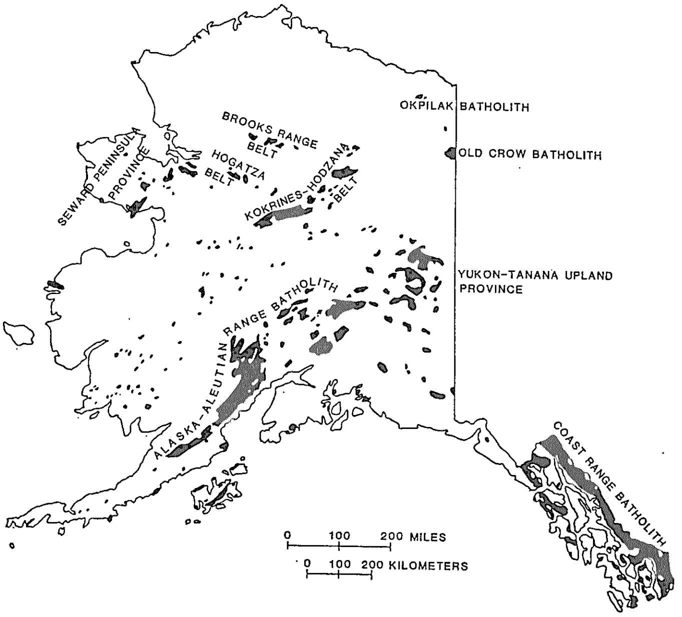
このアトラスには AEIDC(Arctic Environmental Information and Data Center, 1979) の鉱床分布図が地球化学図と対比できるよう重ね図として付図されている. 多くの元素がこの鉱床分布図と関連していることが読み取れるが とくに Brooks Range 鉱化帯への数元素の異常な濃集が目立っている.

Cr-Cu-Ni 図と Ba-Cu-Ni 図は塩基性および超塩基性岩体を選び出しているが その他に Brooks Range と Alaska Range を特徴づけている. この両地域とも卑金属元素の広域的な鉱化作用があることが知られている. この2つの地球化学図は組合されている元素のうち1元素だけが異なるのみであるが 卑金属鉱床は Ba-Cu-Ni 図に塩基性／超塩基性岩体は Cr-Cu-Ni 図によく表現されている.

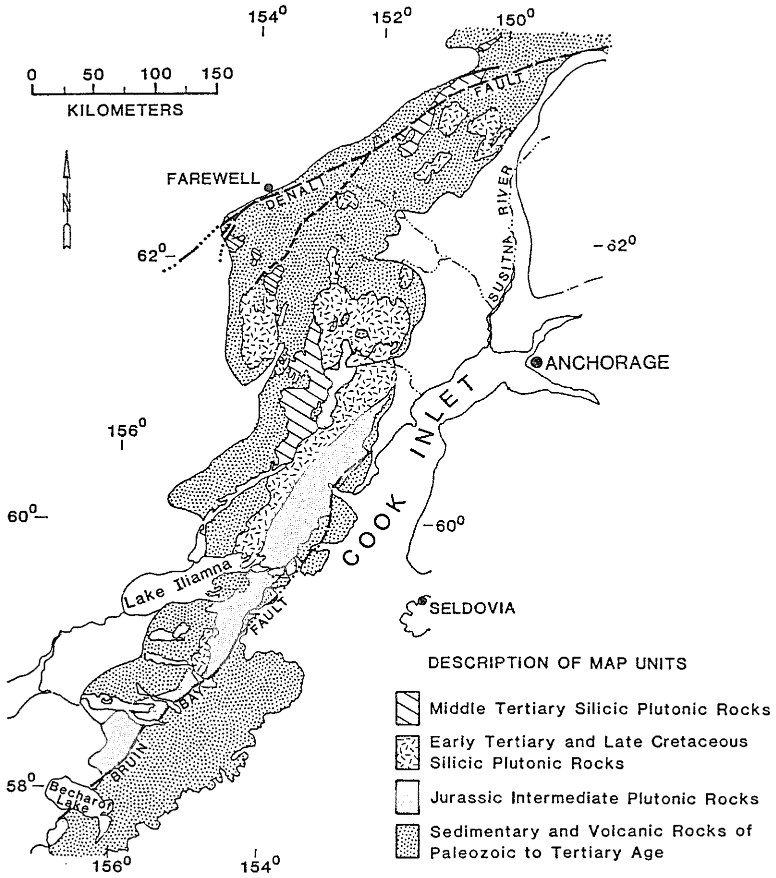
第2表 珪長質貫入岩の元素濃度の平均値と中央値及びそれらの州全体に対する比較

元素	珪長質貫入岩 平均値	珪長質貫入岩 中央値	州全体試料 平均値	州全体試料 中央値
	ppm	ppm	ppm	ppm
U	7.5	4.2	3.5	2.8
Th	17.3	11.7	9.7	8.4
Hf	10.9	7.7	7.2	6.0
K	16616	15090	14198	13450
Ce	92.8	76.0	67.5	61.0
Dy	6.1	5.0	5.0	5.0
La	57.5	44.0	36.5	32.0
Lu	0.5	0.4	0.4	0.4
Ni	33.2	27.0	37.3	32.0
Cr	86.6	75.0	114.9	92.0
Co	17.6	15.2	18.0	15.6

Kavalina から Anaktuvak Pass に至る地域は多くの卑金属および貴金属鉱床およびいくつかの超塩基性岩体の存在が知られている (AEIDC, 1979). 地球化学図にはそれらがよく表現されているが 同様の未知の鉱床や岩体が数多く存在していることも示している. その他興味深い情報としては Cr 濃度が最も高く 見掛上 Cu・Ni とは関係がなさそうな Barrow 南の中央 North Slope がある. この地域の異常な Cr 値はこの大陸性堆



第1図 珪長質貫入岩体 (黒で示した) の分布図



第2図
Alaska-Aleutian Renge 底盤の簡略化した地質図（REED and LANPHERE, 1973 b より）

積岩が南の Brooks Range を起源としていることを強く示唆している．

Brooks Range 鉱化帯は USGS の MARSH と CATHRALL (1981)* によって広域地球化学的調査が行われ 147°W～159°W および 67°N～69°N の範囲に異常な元素濃度を示す地域が拡がっていることが明らかにされた． さらに 地球化学的異常には Cu-Pb-Zn の卑金属タイプと Mo-Sn-W の Mo タイプがあることを示した．このアトラスのデータはこれらの元素の他に As, Fe, Mn, Ni, U なども高濃度であることを示している． Cr-Cu-Ni および Ba-Cu-Ni の3元素図では Brooks Range の南斜面における2本の薄い青緑色ラインとしてこの鉱化帯が示されている． このラインはほとんど連続的に 148°W から 159°W まで延びており 中央の変成帯の拡がりと一致する． この鉱化帯のより詳細な検討の結果 鉱化作用には3つの型が考えられ その1つは白亜紀に変成岩中に貫入した花崗岩に関係するもの その2はこれらの貫入岩と変成岩の接触部に関係するもの その3は変質火山岩に関係するものである．

鉱床生成を規制する重要な要因として貫入岩の化学的特性が考えられる場合 このアトラスが提供しているデータは潜在的に鉱床を伴なう貫入岩とその可能性のないものとを区別するのに役立つであろう． その例としてウラン鉱床を伴うポテンシャルが高い酸性貫入岩を選び出すのにこのアトラスが非常に大きな役割をもつことを示そう．

U, 希土類 Hf, K の濃集をウラン鉱床のポテンシャルの高低の目安に使うとすると Alaska-Aleutian Range 底盤のジュラ紀の中性貫入岩および Yukon-Tanana Upland 地区の多くの貫入岩が探査の対象として考慮されるべきである． その他の珪長質貫入岩については U/Hf, U/Th, U/希土類の価を用いて評価する．これらの元素比が相対的に高い場合は可動性ウランの存在および高濃度の付加ウランの存在が予期される． これらの比が小さい場合はウランはモナザイト アルナイ

* Marsk, S. P of Cathrall, J. B., 1981, Geochemical evidence for a Brooks Range mineral belt, Alaska, J. Geochem. Explor., v, 15, pp 367-380

トやジルコンのような微量鉱物の結晶中にあって 容易に溶出移動できない状態にあることを示している. このような観点から地球化学図（とくに U/Th 図）を検討してみると いくつかの貫入岩帯（とくに Old Crow 底盤の異常に低い U/Th 比）は探鉱プログラムから除外し これらの比が特別に高いいくつかの地域に努力を集中した方がよいことがわかる.

既知のウラン鉱床とその母岩として知られる花崗岩の化学的性格を一般化してポテンシャルの規準とすることが考えられる. 例えば ウラン鉱床はUと Hf が濃集し Th が減少している貫入岩によく見い出されるとすれば U–Th–Hf の3元素表示図でしかも平均より1標準偏差値以上のみを図示しているプレートが最もポテンシャルの高い貫入岩の同定に使用されるであろう.

本アトラスの利用上の注意事項

テキスト部には Recommendations の中で読者への利用上の注意事項が記されている. それによるとユーザーにはできるだけの“なま”の数値データを入手し利用することを勧めている. なぜなら このアトラスを作るに際しては 単一の解析ルーチンおよび単一の図示ルーチンを使用しているにすぎず 他にも多くの解析技法や図示技法が残されているからである. さらに このアトラスではカバーする面積を稼ぐために河床堆積物と湖底堆積物のデータを結びつけて統計処理している特殊な問題も指適できる. そのため ロスアラモスでは Kriged データとなまのデータの全てがコンピュータファイルに入れてあり さらに このアトラスで使用した15区分の地質図の代りに 61の岩石グループをもつ BEIKMAN (1980)* の地質図を数値化してコンピュータファイルされている. これらの“なま”の数値データを使って ユーザーはデータを再編し 彼ら自身のデータを加えたり Kriging または他の統計処理をほどこして特殊な問題の解決に最適な形で表示することができる. さらに このアトラスには使用しなかった野外データや水の分析値も特殊な問題解決には必要となろう.

健康や安全のための環境モニター 農業 生活廃棄物処理 土地利用可能性の研究のようなトピックス的問題にかかわっている研究者には このアトラスが例となるように 広域的地球化学的データが存在することを知るべきであろう. アラスカは比較的原始的環境にあるので この種の地球化学データは 今後の変化をモニターする際のベースラインとして使用できるであろうことが指摘できる.

特定の地域に限って関心を持つユーザーは 個々の試料の“なま”のデータに含まれている情報を無視すべきでない. このアトラスで表示されているデータは 62,000個にも達する全州規模のデータに基づいて統計処理したデータであって 個々のデータはその中に埋没してしまっている. したがって 狭い地域における元素の相対濃度とか 単一試料の元素間の相対濃度などが鉱床を探す際の非常に重要な情報となる場合があることを考慮すべきである.

元素によっては地球化学的挙動が全く異なる河床と湖底の環境のデータを一緒にして統計処理したことがこのアトラスの最大の問題点として指適される. 湖底堆積物のデータを地球化学図に採用したのはこのアトラスが最初である. しかし そのデータが河床堆積物のデータと同等に扱われた為に 恐らく湖底堆積物試料間の変動は相対的に小さくなり その小さな変動のもつ大きな意味が看過されているのではなかろうか. いづれにしても はっきり異なる2つの母集団を1つにして統計処理することは問題である.

地球化学図と地質図および鉱床分布図と重ね合せて その関連を知ることは読者の大方の関心事である. しかし このアトラスには重ね合せ用の地質図は用意されなかった. 付図されている地質図も凡例との色の対比が非常に難しく 地球化学図との関連で利用し難い図であることは残念である. 一方 鉱床分布図は重ね合せ用として用意されているが 肝心の鉱床タイプは全くわからず 鉱床 鉱徴 砂鉱床の区別がされているにすぎない. 鉱床タイプによって関連する元素の組合せが異なることはアトラス製作者自もテキストの中で述べているが せっかくの鉱床分布図もこの観点からは全く役に立たないことは甚だ残念であった.

緯度方向1° 経度方向3° で区切られた地形図一覧図が その範囲内で採取された試料数と共に重ね合せ用として用意されている. 地球化学図とこの緯度経度で格子状にされた地形図一覧図とを重ね合せて見ると いくつかの元素（とくに Co や Fe）の濃度変化がその境界線と一致する一見不思議な事に気がつく. このことはテキスト部でも触れられているが 地形図ごとに一括して分析された為に起る現象で クロスチェック用の試料を計画的に配置することで防ぐことができる. 分析用に用意された予算上の問題もあろうが 分析データの一部にこのような不信を残したことも問題であった.

---

* Beikman, H. M., 1980, Geological map of Alaska, prepared by the U. S. Geological Survey in conjunction with the Alaska Department of Natural Resources, 2 sheets, scale 1 : 2,500,000.