

北海道中央-東部の新生代火成活動の特徴

石原 舜 三¹⁾

まえがき

北海道の新生代火成活動と鉱化作用は道南西部, 中軸帯, 北見地域から知床半島に至る道東部に見られる. これらのうち道南西部では, 新生代火成活動が古第三紀から始まるものの, 主体は中新世の変質安山岩類に海成堆積岩類を伴う中新統であって(八幡, 1989), 鉱床も金・銀, 銅・鉛・亜鉛鉱脈と黒鉱を伴ない, 東北地方のグリーンタフ帯の延長部と見做してよい.

中軸帯には斑れい岩類, 花崗岩類が南北方向に露出し, これらはチタン鉄鉱系に属することから, 西南日本外帯の花崗岩類と同様な前弧の圧縮場で生じたものと解釈され, 微量成分・帯磁率・化学成分の比較検討などが実施された(石原・寺島, 1977; Ishihara, 1979a; 佐藤・石原, 1983).

一方, 中軸帯からその東側の北見地域の火山岩類は伝統的にグリーンタフ活動の産物と見做されており, 最近でも“グリーンタフ活動”として, この伝統が踏襲されている(八幡・西戸, 1990). しかし, 北見地域では, 鉱床にベースメタルが少なく, 金・銀, 水銀に富むという異色の元素組み合わせを持つ. 日本の金鉱床は北海道を含めて, 伊豆・九州などの島弧会合部に集中する傾向を示すが(久保田, 1994), 水銀鉱床の主力は北見地域のほか, 奈良県・三重県下の中央構造線沿いの領家花崗岩類分布域に存在し, 島弧の外側に分布する傾向を示す(岸本ほか, 1979).

最近, これらの鉱石硫黄が負の同位体比($^{34}\delta$ S_{CDT})を示すことが明かとなり(石原ほか, 1992), 他方, 千島列島の鉱石硫黄は, 道南西部と同様に磁鉄鉱系火成岩帯に特徴的な+4パーミルにピークを持つ典型的な“グリーンタフ硫黄”であることも判明した(Ishihara and Sasaki, 1994).

この様に鉱床の情報から見て北海道中軸帯以東の新生代火成活動は, 同じ島弧に属する道南西部や千島列島と異なる複雑な様相を見せている. ここでは北海道中軸帯から道東にかけての新生代火成活動を概観し, 今後の研究のための問題点を指摘してみた.

北海道中軸帯の深成岩類

北海道中軸帯には第三紀の斑れい岩類と花崗岩類が幅数十 km に亘って南北方向に伸長して分布する(第1図). 筆者は1974年夏, 花崗岩類を中心に概査を実施し, 共同研究者と共に,

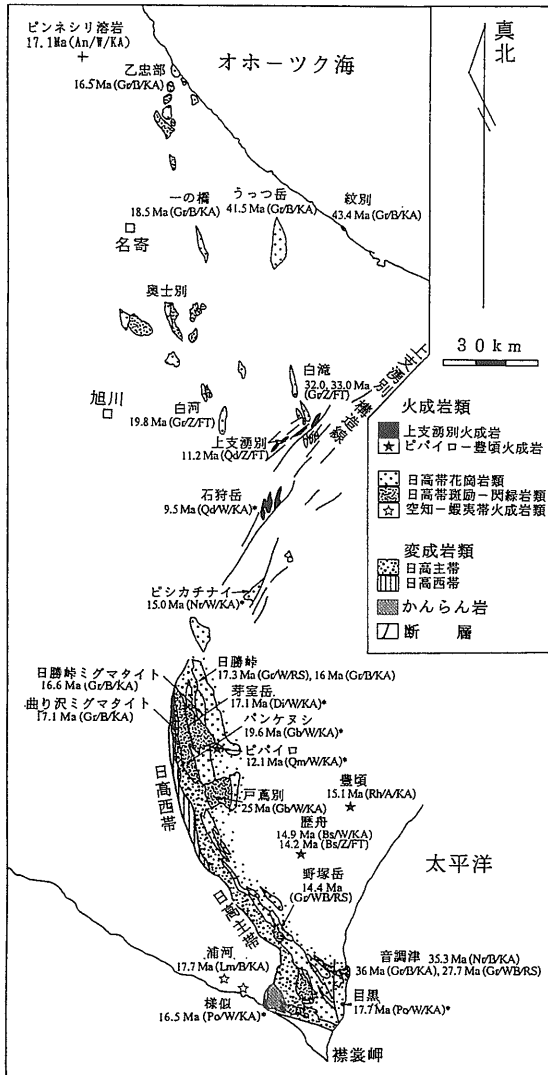
- (1) 花崗岩・斑れい岩類共にチタン鉄鉱系に属するが, 東部のうつつ岳岩体では若干の磁鉄鉱を含む花崗岩類が現れる,
- (2) このうつつ岳岩体, 紋別岩体など東部の2岩体で古第三紀の年代(41-43 Ma)が, かつ
- (3) 中軸帯の諸岩石と比べてNaに若干富む, ことなどを明らかにした(石原・寺島, 1980, 柴田・石原, 1981).

その後, 前田ほか(1986, 1990)は全岩体について総括的な研究を行い, それらを東列, 西列(主部), ビパイロ-豊頃, 上支湧別に分け, その活動史を次の様に説明した.

- (1) 東列花崗岩類 43-41 Ma: 高いSiO₂, 中-低程度のK₂O.
- (2) 西列花崗岩類 36-17 Ma: 幅広いSiO₂, 低SiO₂岩類では低-中程度のK₂Oとアルカリ総量, 著しく鉄が濃集するソレアイト系列の分化作用. 高SiO₂岩類は中-高程度のK₂O, 中程度のアルカリ総量, カルクアルカリ岩系列の分化トレンドを持つ.
- (3) ビパイロ-豊頃火成岩類15-12 Ma: 石英モンゾ

1) 北海道大学理学部地球惑星物質科学教室:
〒060 札幌市北区北10条西8丁目

キーワード: 北海道中軸帯, 北見地域, 花崗岩, グリーンタフ活動, 水銀鉱床, 金・銀鉱床



第1図 北海道中軸部の新生代深成岩類の分布とその同位体年代(前田ほか, 1990)に加筆)

ニ岩とアルカリ流紋岩。これらアルカリ岩類は中-高程度の SiO₂, 非常に高い K₂O とアルカリ総量, 高い FeO*/MgO を持つ。これらは A タイプに属し, 中軸帯花崗岩類形成後に生じた張力場で生成したものと解釈された(前田ほか, 1986)。

第1図でわかるように, 中軸帯の斑れい岩/花崗岩比は1に近く, 火山岩類ではしばしば認められ張力場の火山活動として認識されている, シリカに対して“バイモーダル”な性質を示す。もっとも厳密には, 両者がほぼ同時代であることが必要であるが, 花崗岩には多数の年代測定値(36-17 Ma, n=19, 第1図)があるのに対し, 斑れい岩類の測

定値(17-25 Ma, n=3)は限られており, 今後の良い試料に基づく追加測定が必要である。

斑れい岩類がこの様に多い花崗岩地帯は顕生代では極めて稀な現象であり, 中軸帯の深成岩類生成モデルの作成では第一に考慮されるべき点であろう。同一花崗岩帯に斑れい岩が多く, かつアルカリ岩が混在する例は白亜紀の北上山地にもあって, 筆者はかつてこれを地質的な意味での東北日本の特徴と見なし, 深部マグマが太平洋側へ急斜する複数の深部裂か群に規制されて発生・上昇した結果であろうと考えた(Ishihara, 1978)。

最近, Maeda and Kagami(1994)は日高帯の斑れい岩類が同位体的に N-MORB に類似することを見出し, その起源は N-MORB とする興味深い解釈を示した。同様な手法による中軸帯斑れい岩類の全域に亘る化学的な特性の解明が望まれる。

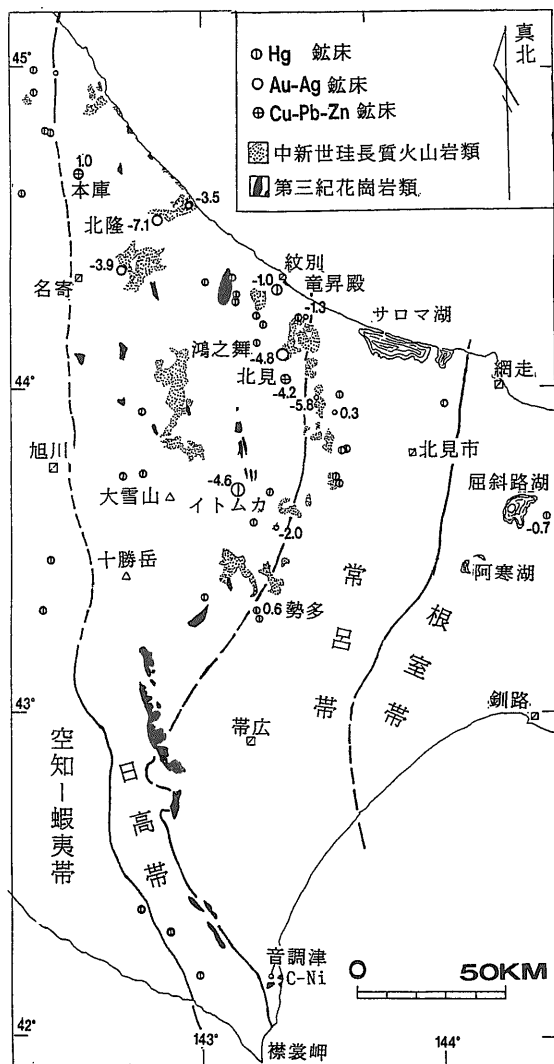
中軸帯の火山岩類

中軸帯南東部の豊頃丘陵には古くからアルカリ流紋岩が知られており(Nemoto, 1934), また中軸部のビパイロ川上流にはチタン鉄鉱系の石英モンゾニ岩を発見した前田ほか(1986)は, これらを上述のように花崗岩活動の噴出相として捕らえ, ビパイロ-豊頃火成岩活動として区分した。その最大の根拠は, 地理的な分布に加えて, それぞれの K-Ar 年代(15-12 Ma)が花崗岩類の年代に近いことであろうと思われる。

チタン鉄鉱系花崗岩帯に A タイプの過アルカリ流紋岩がおくれて貫入する例は西南日本外帯の足摺岬(Ishihara et al., 1990)に, また I タイプ花崗岩に A タイプ花崗岩が貫入する例はオーストラリア南東部のペガソリス(石原, 1988)で知られているが, 両地域では共に花崗岩類を伴っている。例えば, 足摺岬ではカルクアルカリ岩系の花崗岩類の南側に弧状に貫入する閃長岩類があり, それに直交する割目を過アルカリ流紋岩が満たしている。

中軸帯花崗岩類の最小年代は17 Ma であり, 火山岩類の15-12 Ma よりは有意の差で古い。従って, この火山活動は花崗岩類と関係するよりも独立して, ホットスポット的に深所より上昇したマグマではなかろうかと筆者は考えている。

最近, 後藤ほか(1994)は北海道北部の新第三紀



第2図 北海道中東部の新生代熱水性鉱床の分布(地質調査所, 1992; 岸本ほか, 1979; Ishihara and Sasaki, 1994などから作成)

火山岩類が19-17 Ma と14-9 Ma とに2分出来ることを示した。前者がまさに花崗岩類の年代に一致するが、これに属するものは、

- (i) SiO₂ 70-74%のカルクアルカリ岩系流紋岩であるピンネシリ溶岩, および
- (ii) 礼文島の久重湖アルカリドレライトである。前者の流紋岩は場所的あるいは組成的に花崗岩との関連性, すなわちその噴出相である可能性が高いが, 後者は浦河のランプロフィア(17.7 Ma)や日高山地東部の歴舟アルカリ玄武岩類(14.9 Ma)と共に別に考察する必要があるかも知れない。

1994年8月号

第1表 北海道中央部の新生代主要鉱床の母岩
長谷川ほか(1983)

母 岩	水 銀	銅・鉛・亜鉛	金・銀
新第三紀緒岩石	19	7	49
基盤の諸岩石	25	17	15
合 計	44(14)	24(11)	64(52)

注: ()内は通商産業省(1990)による北見地域の鉱床数。

中軸帯深成岩類は中央部において上支湧別構造線に切られている。この断層沿いのENE方向に石英閃緑岩が貫入し、千島列島方向の岩脈群を構成する。その年代は11.2 Ma(フィッシュョントラック法, 第1図)であり, かなり若い。

中軸帯の鉱化作用

中軸帯の深成岩類に関係する稼行鉱床は皆無に等しく、僅かに音調津の含Ni磁硫鉄鉱-グラファイト鉱床(第2図)がある。これは付近の堆積岩類中のCが斑れい岩や花崗岩の熱や熱水によって循環・濃集して鉱床を形成したものと思われる。花崗岩類に関係すると思われる14の銅・鉛・亜鉛鉱床があるが(第1表参照), いずれも非常に小規模である。

西南日本外帯の花崗岩類に関係しては、特に九州においてSn-Wを含む鉱床が特徴的であるが、北海道中軸部では大雪山東方の国光鉱山でマンガン重石(写真1)が標本として産出する(原田・針谷, 1984)に過ぎない。その原因として、北海道の大陸地殻物質が堆積岩を含めて苦鉄質火成岩類に富み, もともと親石元素(例えば微量のSnなど, 石原・寺島, 1977)に乏しかったことなどが考えられる。

中軸帯の火成岩類に関係して生じた鉱床で最も重要なものは、水銀鉱床ではなかろうかと筆者は考えている。火成岩と鉱床との直接的な関係は不明であるが、少なくとも場所的には水銀鉱床は日高帯より西方の空知-蝦夷帯から常呂帯/根室帯の境界部まで分布する(第2図)。長谷川ほか(1983)によると、その母岩は蝦夷層群(2鉱床), 蛇紋岩(2鉱床), 日高累層群(21鉱床), 新第三紀火山岩類(19鉱床)であり, 44鉱床の57パーセントが基盤岩類に胚胎するなど金・銀鉱床と異なる母岩を有し(第1表), その中心には中軸帯の花崗岩類や火山岩類がある。

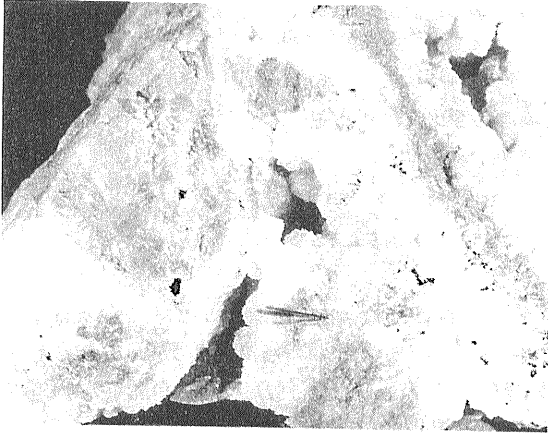


写真1 国光鉱山産の石英脈中のマンガン重石の結晶(中央の針状結晶、標本の左右約5 cm)

さらに北方サハリンにおいても花崗岩類と共に水銀鉱床が分布する。

水銀やアンチモン鉱床は一般に火成岩体から最も離れて生成し、北海道においても中軸帯の深成岩類と火山岩類が水銀鉱床の少なくとも熱源、恐らくHgの供給源としても重要であったものと考えられる。両者の因果関係を確認するために、鉱床の生成年代がどれだけ火成岩類の年代に近いかわかることが必要であり、今後はとくにデータがない水銀鉱床の年代を明らかにすることが重要である。

北見火山帯の火成活動

中軸帯の東側の北見地域には、新第三紀の火山岩類が分布し、その同位体年代は最も古いもので13 Ma(通商産業省, 1990)あるいは14 Ma(後藤ほか, 1994)であって、花崗岩の年代に達するものは未発見である。火山岩類の分布の中心はN-S系の紋別-上士幌地溝帯(八幡ほか, 1994)である。火成活動は根本的には千島弧の沈み込み活動に起因するものと思われるが、噴火の場は花崗岩類と同様にN-S系基盤構造の著しい規制を受ける。

通商産業省(1990)はこれら火山岩類の分布域を北見火山帯と呼び、その新第三紀の堆積・火山活動を次のように総括した。

前-中期中新統：この時期に最も海進が進み、日高帯の白滝構造線に沿って発達した北北西-南南東系の構造盆地や同帯東縁部に砂岩、礫岩、泥岩などが堆積した。

中期中新統：上記の東方から南東方の屈斜路湖-知床半島にかけて、変質安山岩とその火砕岩が南北～北北東-南南西方向の基盤構造に支配されて、陸上で噴出・堆積した。知床半島基部では流紋岩類が分布し、北北東-南南西方向に軸を持つ褶曲を示す。

中-後期中新統：本層は鴻之舞(第2図)と北見富士付近に見られ、鴻之舞付近では玄武岩、安山岩、流紋岩類が北北東-南南西方向の断裂に規制されて分布し、鴻之舞金鉱脈の母岩を構成する。北見富士ではデイサイトが小規模に分布する。

後期中新統：本層は北見富士山帯から常呂帯にかけて径10-20 kmの構造盆地を埋積してみられ、砂岩、泥岩、流紋岩溶岩を伴う同質火砕岩からなる。北見火山帯では南北方向の小盆地に流紋岩質火砕岩類の発達が顕著で、生田層周辺の舟底型堆積盆の周縁部に北の王、昭和、共栄などの金鉱床が分布する。

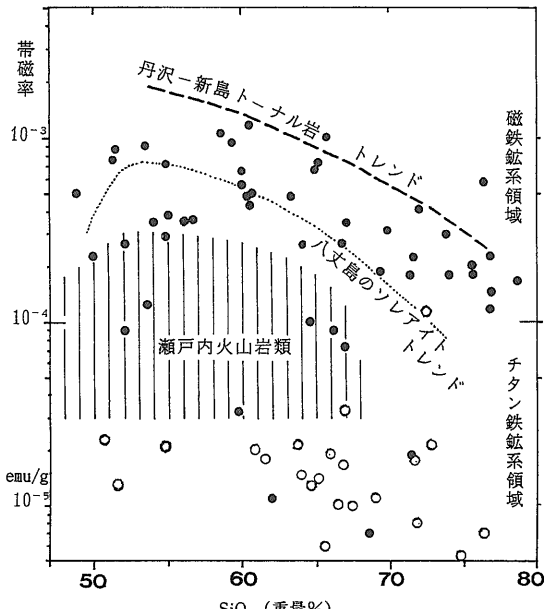
一方千島火山帯の本層は網走南方において、同じく南北系構造盆地に発達するが、安山岩溶岩と火砕岩類から構成されている点で、北見火山帯と著しく異なる。知床半島ではこの時期(8.6-7.5 Ma)に火山活動が海底噴火として発生した。

鮮新世に入ると、北見火山帯の後期中新世堆積盆は規模を縮小しながら流紋岩類を噴出し、その後は安山岩類の陸上噴火の時代に移る。この安山岩活動は北東-南西の断裂系の規制を受け、千島列島と共通の性格が明瞭となる。弟子屈、阿寒湖-知床半島にかけては海成層と安山岩類が分布し、この海底火山活動は中期更新世(0.9 Ma)の陸上火山活動が始まるまで続く(Goto, 1994)。以上の火山活動は一般に北方で古く、南方で若い。

一方、過アルカリ火山岩との関連でこれら火山岩類のアルカリ、特にカリウム含有量が注目されるが、通商産業省(1990)によるとSiO₂ 52パーセント付近でK₂O 2パーセントをこえる置戸安山岩など数個の高カリウム岩(V-21, 25, 58など p.219-221)などがあって、アルカリ岩の存在が示唆される。流紋岩でK₂Oが多いものはNa/Kの低さから見て、変質作用によるものと判断される。

火山岩類の帯磁率

通商産業省(1990)は北見地域の火山岩類につい

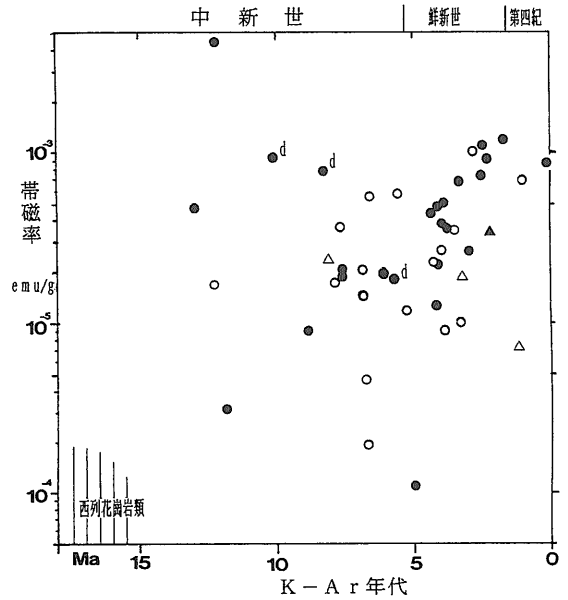


第3図 北見地域の新生代火山岩類(黒円)と中軸帯花崗岩類(白円)の帯磁率(Ishihara, 1979b; Ishihara and Terashima, 1985; 通商産業省, 1990のデータより作成)。

て56個の帯磁率(x)を報告している。それによると、xは一般に $1,157-100 \times 10^{-6}$ であり、磁鉄鉱系火成岩の下限である 100×10^{-6} より低いものは13個であるが、そのうち7個は併記されたイグニッションロスの多さやNa₂Oの少なさから強度の変質岩と思われる。結局、測定試料の90パーセント以上が磁鉄鉱系火成岩の値を持つことになる。

当地のように若い火山岩類の場合に、溶結作用や変成過程で二次的に生じた磁鉄鉱は含まれないから、帯磁率は初生的な磁鉄鉱の含有率を表すと考えて良い。従って、当地の火山岩類は基本的に磁鉄鉱系であるものと思われる。帯磁率-シリカ図(第3図)によると、北見地域の火山岩類は花崗岩類の中で最も高い帯磁率を有する磁鉄鉱系トータル岩(ここでは丹沢-新島を例示)の値と八丈島ソレアイトの領域に落ちる。そしてごく一部がチタン鉄鉱系-中間系列の領域を占める瀬戸内火山岩類やチタン鉄鉱系の日高帯花崗岩類の分布域にプロットされるに過ぎない。

第4図には、帯磁率とK-Ar年代の関係を示した。これまでの他地域における研究結果からは時代と共に帯磁率が上昇することが期待される。第4図



第4図 北見地域の新生代火山岩類の帯磁率とK-Ar年代との関係。黒円、玄武岩-安山岩溶岩；白円、デイサイト-流紋岩溶岩、三角は同じく火砕岩。通商産業省(1990)より作成。

においても、一部の岩脈を除くとその様に見えなくもないがバラツキがあり、また岩質との関係も不明瞭である。いずれにしても不透明鉱物の顕微鏡観察などの詳細な研究が今後必要である。

北見火山帯の鉱床と硫黄同位体比

北見火山帯の鉱床について、通商産業省(1990)は、52の含金銀石英脈鉱床、14の水銀鉱床、8の銅・鉛・亜鉛脈鉱床、2の黒鉱型鉱床、1の層状含銅硫化鉄鉱床を報告している。一般のグリーンタフ帯の鉱化作用と較べて北見地域は、金・銀に富み、ベースメタルに乏しいことが明らかである。

ベースメタル鉱床のうち、黒鉱型鉱床は紋別付近に一例(富美)が知られているにすぎない。その理由は、上述のように北見地域では本格的な海進時の前-中期中新世に海底火山活動がなく、湖沼や陸上における火山噴火が主体であったことに起因するものと思われる。その意味では、阿寒-知床半島ではより可能性が高いが、黒鉱型と層状含銅硫化鉄鉱床(根室、上根室)の一例づつしか知られていないことは、第四紀層など被覆岩の問題であろうかと思われる。

北見地域の今一つの特徴として、鉱床の硫黄同位体比($\delta^{34}S$)がある。日本の火成鉱床には島弧の前縁、すなわち外帯で負の同位体比をもつ硫化鉱物が、背弧すなわち内帯では正の値を持つ硫化鉱物が産出し、それぞれチタン鉄鉱系および磁鉄鉱系花崗岩類に対応する事が知られている(Sasaki and Ishihara, 1980)。

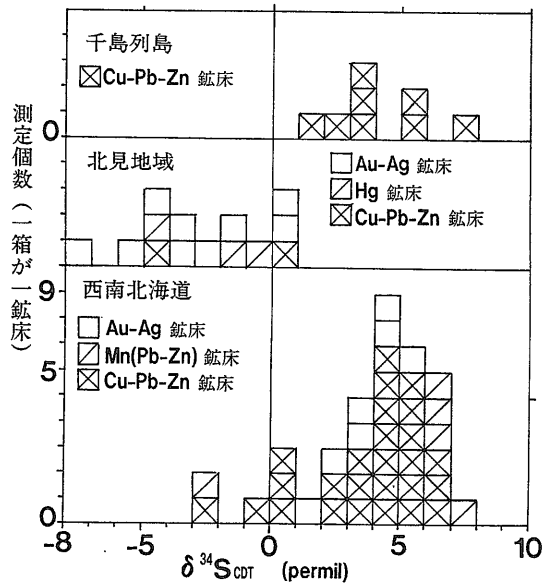
北見地域の硫黄同位体比は、まだ測定数は少ないが-7~0パーミル、平均して負の値である。これに対して北海道西南部や千島列島では4~5パーミルにピークがあり(第5図)、東北日本のグリーンタフ帯の鉱床と同様な正の値を示している。特に値が低いものは鴻之舞(Au, Ag), 北隆(Au, Ag), イトムカ(Hg), 北見(Cu, Pb, Zn)などである(第2図)。

鉱石硫黄が負の値を持つにはチタン鉄鉱系マグマが必要であるが、北見地域の場合、それは17 Maでその活動を終了している。今一つの可能性は基盤からの ^{32}S の供給である。基盤の硫黄が磁鉄鉱系マグマに混入する例は花崗岩(マグマ期)レベルでは多数知られており、秩父岩体では岩体頂部で流体相を媒体とした混入プロセスも提案された(Ishihara et al., 1986)。北見地域には基盤が各所に露出しており、新第三紀の堆積岩類や火山岩類は比較的薄く発達しているに過ぎず、かつN-S系断裂帯の発達が極めて顕著である。従って、マグマ水が厚い基盤の断裂帯中を上昇し、天水と遭遇して循環し、基盤から軽い硫黄を抽出した可能性は大きいと考えられる。すなわち、北見地域では地殻深部における熱水活動による基盤硫黄の鉱床への混入があった。

むすび—北見地域の特異性

北見地域は本州弧に対しては外帯に位置し、付随する火成活動も中軸帯-北見地域の花崗岩類で代表されるように、チタン鉄鉱系である。日勝峠岩体は南北に伸長する最大の岩体であり、そのRb-Sr全岩年代は17.3 Ma (Shibata and Ishihara, 1979)であるから、この時期までN-S系断裂帯の規制を受けたマグマの発生と上昇があったことは明瞭である。

一方、14 Ma以降の火山岩類は、既述のごとく磁鉄鉱系であり、内帯火成岩類の性格を持つ。すなわち、マグマ系列からみて15 Ma付近に非常に大



第5図 北海道-千島列島の新生代熱水性鉱床の鉱石硫黄同位体比(Ishihara and Sasaki, 1994)

きな転換期がある。しかし、その噴出はN-S系の地溝帯や断裂帯に沿っており、マグマの発生はこの古い基盤構造の規制をも受けており、ここに島弧会合部における複雑さを生む原因が考えられる。

北見地域の鉱脈の方向は一般にENE系であり、鴻之舞鉱山のように古いもの(12.9 Ma)もあるが、岩脈として知床半島、国後島と平行なENE方向に貫入するものは上支湧別構造線に沿う石英閃緑岩類であって、これには11.2 Maのフィッシュントラック年代が得られている(第1図)。北見地域の火山活動が名実共に千島弧の性格を持つのは、早くてこの時期である。

文 献

- 地質調査所(1992): 日本地質図第3版100万分の1.
- Goto, Y. (1994): Volcanic geology and tectonic evolution of the Shiretoko Peninsula, East Hokkaido, Japan. D. Sc. Dissertation, Hokkaido Univ. 111p.
- 後藤芳彦・中川光弘・和田恵治(1994): 北海道北部の新第三紀火山岩類のK-Ar年代と主成分化学組成。一般研究A: 島弧会合部における新生代火成活動の時空変遷(代表: 荒巻重雄)。89-99.
- 原田準平・針谷 有(1984): 北海道鉱物誌。北海道立地下資源調査所, 194-195.
- 長谷川潔・寺島克之・黒沢邦彦(1983): 北海道の金属鉱物資源。62p. 北海道立地下資源調査所.
- Ishihara, S. (1978): Metallogenesi in the Japanese island-arc system. J. Geol. Soc. London, 135, 389-406.

- Ishihara, S. (1979a) : Lateral variation of magnetic susceptibility of the Japanese granitoids. *J. Geol. Soc. Japan*, **85**, 509-523.
- Ishihara, S. (1979b) : Kappameter KT-3 and its application for some volcanic rocks in Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **30**, 513-519.
- 石原舜三(1988) : A タイプ花崗岩とREE 鉱床. *地質ニュース* no. 409, 6-24.
- 石原舜三・寺島 滋(1977) : 花崗岩類のSn含有量と白亜紀花崗岩活動におけるその意義. *地質雑*, **83**, 657-664.
- 石原舜三・寺島 滋(1980) : 北海道中軸帯の花崗岩類. 三鉱学会(札幌)要旨集, A2, 6.
- Ishihara, S. and Terashima, S. (1985) : Cenozoic granitoids of central Hokkaido, Japan—An example of plutonism along collision belt. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **36**, 653-680.
- Ishihara, S and Sasaki, A. (1994) : Sulfur isotopic characteristics of late Cenozoic ore deposits at the arc junction of Hokkaido, Japan. *Island Arc*, **3**, (in press).
- Ishihara, S., Terashima, S. and Tsukimura, K. (1987) : Spatial distribution of magnetic susceptibility and ore elements, and cause of local reduction on magnetite-series granitoids and related ore deposits at Chichibu, central Japan. *Mining Geol.*, **37**, 15-28.
- 石原舜三・佐々木昭・佐藤興平(1992) : 日本の鉱床生成図 深成岩活動と鉱化作用(3) : 第三紀-第四紀. *地質調査所刊1 : 2,000,000地質編集図*. No. 15-3.
- Ishihara, S., Tanaka, T., Terashima, S., Togashi, S., Murao, S. and Kamioka, H. (1990) : Peralkaline rhyolite dikes at the Cape Ashizuri: A new type of REE and rare metal mineral resource. *Mining Geol.*, **40**, 107-115.
- 岸本文男・五十嵐俊雄・椎名則子(1979) : 日本の金・銀・アンチモン・水銀・ひ素鉱床分布図. 1 : 2,000,000地質編集図17-5, 地質調査所.
- 前田仁一郎・末武晋一・戸村誠司・本吉洋一・國本康成(1986) : 北海道中軸帯の第三紀深成岩類-分布・活動年代 : 主要元素組成・テクトニクス-北海道の地質と構造運動. *地団研専報*, no. 31, 223-246.
- 前田仁一郎・宮坂省吾・池田保夫・末武晋一・戸村誠司・河内晋平・松井 愈(1990) : 北海道中央部の第三紀併入岩類のK-Ar年代と火成活動の時空変遷. *地球科学*, **44**, 231-244.
- Maeda, J. and Kagami, H. (1994) : Mafic igneous rocks derived from N-MORB source mantle, Hidaka magmatic zone, Central Hokkaido: Sr and Nd isotope evidence. *J. Geol. Soc. Japan*, **100**, 185-188.
- Nemoto, T. (1934) : Preliminary note on alkaline rhyolites from Tokati, Hokkaido. *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, Ser. IV, **2**, 299-321.
- Sasaki, A. and Ishihara, S. (1980) : Sulfur isotopic characteristics of granitoids and related mineral deposits in Japan. *Proc. 5th Quad. IAGOD Sym.*, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 399-409.
- 佐藤佑生・石原舜三(1983) : 西南日本外帯と北海道日高帯の花崗岩類の主成分化学組成による比較. *岩鉱*, **78**, 324-336.
- Shibata, K. and Ishihara, S. (1979) : Rb-Sr whole-rock and K-Ar mineral ages of granitic rocks in Japan. *Geochem. J.*, **13**, 113-119.
- 柴田 賢・石原舜三(1981) : 日高帯花崗岩類のK-Ar年代. *日本地質学会第88年会(東京)講演要旨集*, 342.
- 通商産業省(1990) : 平成元年度広域地質構造調査報告書. 北海道北部B地域, 265p.
- 八幡正弘(1989) : 西南北海道北部の新生界とその特徴. *地質学論集*, no. 32, 7-28.
- 八幡正弘・西戸裕嗣(1990) : 東部北海道“北見グリーンタフ地域”新第三系とその特徴. *春日井昭教授退官記念論文集*, p.47-60.

ISHIHARA Shunso (1994) : Characteristics of Cenozoic magmatism in the central-eastern Hokkaido.

<受付 : 1994年5月10日>