

## 西北海道グリーンタフ地域のいくつかの鉱床に産する 雲母粘土鉱物の K-Ar 年代値と水素同位体比

丸 茂 克 美\*

MARUMO Katsumi (1993) K-Ar data and hydrogen isotopic compositions of mica clay minerals from ore deposits, southwestern Hokkaido, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 44 (2/3/4), p. 147-154, 5 fig.

**Abstract:** The geology of southwestern Hokkaido is characterized by intensive volcanism of Middle Miocene to Plio-Pleistocene age. The volcanism accompanied Au-Ag vein type mineralization (Chitose and Hakuryu deposits), Au-Ag-Cu-Pb-Zn vein type mineralization (Date, Horobetsu, Kagenosawa and Shiraoidake deposits) Kuroko-type mineralization (Doya-Takarada and Minamishiraoi deposits). These mineralization has been accompanied by development of hydrothermal alteration haloes where mica clay minerals formed during water-rock interaction.

The mica clay minerals from Chitose and Hakuryu Au-Ag vein type deposits give K-Ar data of  $3.6 \pm 0.6$  Ma and  $6.5 \pm 0.3$  Ma, respectively. The hydrogen isotopic compositions of these mica clay minerals are  $-90$  to  $-87\%$ , indicating that local meteoric water was the major source of hydrothermal fluids that formed these clays.

The K-Ar data for mica clay minerals from the Au-Ag-Cu-Pb-Zn vein type deposits are  $5.2 \pm 0.4$  Ma for the Date deposit,  $12.3 \text{ Ma} \pm 0.7$  Ma for the Horobetsu deposit, and  $14.2 \text{ Ma} \pm 0.7$  Ma for the Kagenosawa deposit. The hydrogen isotopic compositions of these mica clay minerals range from  $-69$  to  $-45\%$ , suggesting that neither normal seawater nor local meteoric water were the sole source for the hydrothermal fluid involved in hydrothermal alteration.

The mica clay minerals from the Doyo-Takarada and Minamishiraoi Kuroko-type deposits have K-Ar data of  $14.2 \pm 0.7$  Ma and  $12.5 \pm 0.6$  Ma, respectively. Their hydrogen isotopic compositions are  $-39$  to  $-35\%$  for the Doya-Takarada mica and  $-25\%$  for the Minamishiraoi mica. Such values indicate that seawater was the dominant constituent of the hydrothermal fluid.

### はじめに

黒鉱鉱床や鉱脈型鉱床周辺の変質帯に伴われる雲母粘土鉱物は、カリ長石と同様に結晶内にカリウムのサイトを有するため、K-Ar 年代測定の対象となる鉱物である。また雲母粘土鉱物中の構造水は鉱物の形成に関与した熱水の一部が“化石”として結晶中に保存されているものと考えることができ、その水素同位体比を測定することにより熱水の起源の推定が可能となる。

この報告は西北海道グリーンタフ地域に分布する鉱脈型鉱床、鉱脈・鉱染交代型鉱床、および黒鉱型塊状鉱床（第1図）に産する雲母粘土鉱物の K-Ar 年代値

\* 鉱物資源部

（丸茂1985, 丸茂・沢井, 1986）と構造水の水素同位体比を比較し、鉱床形成の場の変化、および鉱液の起源の変化を論じたものである。

### 2. 各鉱床の概要

#### 2.1 鉱脈型鉱床

(1) 千歳鉱床: 本鉱床は千歳市美笛にあり、支笏湖西岸の西方 6.5 km に位置する。鉱床は新第三紀中新世の美笛川層の安山岩溶岩と、これを貫く石英安山岩・安山岩貫入岩を母岩とする 40 条以上の含金・銀石英脈

Keywords: K-Ar age, Hydrogen isotope composition, Mica clay minerals, Hydrothermal alteration Zone, Kuroko-type deposit, Au-Ag vein type deposit

からなる。これらの脈は分布区域によって福神沢、舞鶴、および東部鉱脈群に分けられる。福神沢鉱脈群はこれらの3鉱床群の中で最も規模が大きく、E-W系の大黒3号鍾を主脈として大小30以上の脈よりなる(通商産業省資源エネルギー庁, 1979)。

(2) 白竜鉱床: 本鉱床は有珠郡壮瞥町字久保内にあり、ケナノシオマナイ川西1の沢に位置する。鉱床は新第三紀中新世の長流川層中部層の石英安山岩質火山礫凝灰岩中に胚胎する含金銀石英脈からなり、しばしば銅にとむ部分がある。沢沼いに2本の坑道が掘進され、一坑の坑道延長は140mという。主脈は東西方向の石英脈で幅0.2~1.5m、南に傾斜し、N-S方向の分岐脈がある。またケナノシオマナイ川流域に露出する長流川層には含モリブデン石英脈を伴った石英斑岩が貫入している。石英脈は含金石英脈とはほぼ同じ方向を有する(丸茂, 1985)。

## 2.2 鉱脈・鉱染交代型鉱床

(1) 伊達鉱床: 本鉱床は有珠郡伊達市気門別にあり、長流川の支流気門別川の最上流に位置する。伊達鉱床は長流川層下部層の安山岩・同質火山砕屑岩、中部層の石英安山岩質火山砕屑岩およびそれに貫入した石英斑岩中に胚胎する塊状・脈型金・銀・テルル・銅・鉛・亜鉛鉱床である。鉱床は東西に帯状に点在する多数の鉱体から構成され、それらの上盤には幅500m、延長1kmにおよぶ変質帯が発達する(丸茂, 1985)。

(2) 幌別鉱床: 幌別鉱床は登別市鉱山町にあり、幌別市街北西約17kmに位置する。鉱床は新第三紀中新統幌別層(安山岩および凝灰角礫岩)と滝ノ沢層(泥岩および砂質凝灰岩)中に発達する金・銀・銅・鉛・亜鉛鉱床で、鉱染交代型の旭坑・粘土ノ沢鉱体、脈型の岩ノ崎鉱体、脈および鉱染交代型の滝ノ沢・山下鉱体からなる(庄谷ほか, 1968)。

(3) 蔭ノ沢鉱体: 本鉱床は登別市鉱山町にあり、幌別市街の北北東方約15kmに位置する。鉱床は先第三系の閃緑岩および新第三紀中新統幌別層中に発達する金・銀・銅・鉛・亜鉛鉱床で、脈型の第1鉱体(末広鍾・神山鍾)と、鉱染交代型の朝日・千寿・寿鉱体からなる(杉本, 1954)。

(4) 白老滝鉱床: 本鉱床は白老郡白老町にあり、白老滝より400m下流に位置する。鉱床は新第三紀中新統美笛川層の安山岩および石英安山岩質凝灰岩中に発達する2条の石英脈と、その下流20mにある網状石英細脈よりなる。石英脈はともにN-S系で、脈幅はそれぞれ15cmあり、上流側の脈は石英のみであるが、下流

側の脈には少量の方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄銅鉱・黄鉄鉱がみられる(通商産業省資源エネルギー庁, 1979)。

## 2.3 黒鉱型塊状鉱床

(1) 洞爺財田鉱床: 本鉱床は虻田郡洞爺村財田にあり、壮瞥市街の北東方12kmに位置する。鉱床は新第三紀中新統長流川層の流紋岩質凝灰岩と泥岩との層面に沿って発達する直径数10mの石膏鉱体と、その上部および周囲に分布する黒鉱鉱体よりなる。開発された黒鉱鉱床は第1鉱体(長軸50m、短軸18m)、第2鉱体(長軸37m、短軸6m)、および第3鉱体(長軸10m、短軸6m)であり、これらはいずれも厚さ50cm程度で、ときに1~5mの部分もある。各鉱体はいずれも金・銀の含有率が高い(Au 10~15g/t, Ag 300~850g/t)のが特徴である(北海道開発局, 1871)。

(2) 南白老鉱床: 本鉱床は白老郡白老町字森野にあり、JR白老駅の北西方約10kmに位置する。鉱床は新第三紀中新統美笛川層の安山岩質火山砕屑岩および安山岩中に発達する重晶石鉱床で、上位より砂状重晶石鉱床、含重晶石ケイ化岩および下盤粘土化帯よりなる。砂状重晶石鉱体は扁平で東西100m、南北100m、厚さ5mの規模を有する。下盤粘土化帯にはカオリン鉱物、雲母粘土鉱物、黄銅鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱が産する(丸茂ら, 1985)。

## 3. 測定試料および測定方法

千歳鉱床については脈際粘土を、また南白老鉱床については試錐井の岩芯中の粘土を採取し、分析用試料とした。その他の鉱床については鉱体周辺の変質帯(銅、鉛、亜鉛の鉱染を伴うもの)から粘土を採取した。これらの試料からK-Ar年代測定に適したものを選ぶために、鏡下観察および理学電機製RAD-III型ディフラクトメータを用いて構成鉱物の同定を行った。X線回折はCu管球を用いて35kV、20mAの出力下で、スリット系 $1^{\circ}$ - $1^{\circ}$ -0.3mm、走査速度 $2^{\circ}$ /分、待定数1秒で実施した。

雲母粘土鉱床のK-Ar年代測定は全岩法を用い、テレデザイン・アイソトープ社に依頼した。年代計算に用いた定数は $\lambda_{\beta}=4.962 \times 10^{-10}/y$ 、 $\lambda_{\alpha}=0.581 \times 10^{-10}/y$ 、 $^{40}K/K=0.01167$ (Steiger and Jager, 1977)である。

雲母粘土鉱物の構造水の酸素同位体比の測定はSavin and Epstein (1970)の方法に従った。水処理して得た雲母粘土鉱物を真空中において200°Cで加熱し、吸着水、層間水を除去したのち、試料を1000°Cに加熱して構造水を抽出・精製する。この際、水の一部は

鉱物内で還元されて水素ガスになることがあるが、こうした場合には水素ガスを 500~600°C に加熱した酸化銅に接触させ、水蒸気とする。精製された水蒸気は 700°C に加熱した金属ウランと接触させて水素ガスに還元し、その水素同位体比を MAT 250 型質量分析計で測定する。水素同位体比 (D/H) は、常法により標準平均海水 (SMOW) に対する相対濃度としてつぎのように表現する。

$$\delta D (\text{‰}) = \frac{(D/H)_{\text{sample}} - (D/H)_{\text{SMOW}}}{(D/H)_{\text{SMOW}}} \times 1000$$

#### 4. 結果と考察

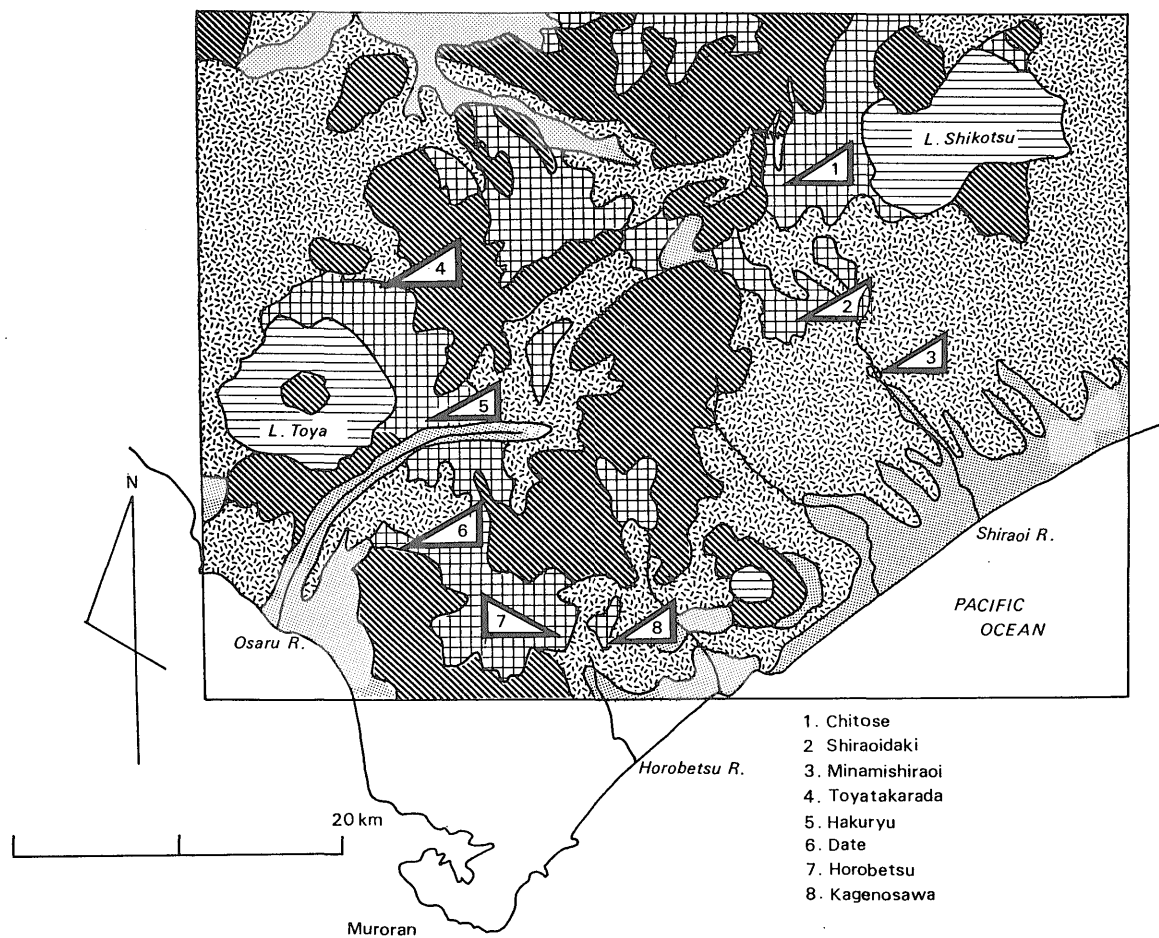
各試料の K-Ar 年代値と水素同位体比を第 1 表および

第 2 図~第 5 図にとりまとめた。

#### 4.1 鉱脈型鉱物

(1) 千歳鉱床: 千歳鉱床大黒 3 号鍾 420 mL の脈際粘土の K-Ar 年代測定値は  $3.6 \pm 0.6$  Ma であった。この測定値は通商産業省資源エネルギー庁 (1979) の実施した福神坑内の変質安山岩の K-Ar 年代値 (3.4 Ma) に符号する。

この粘土を構成する雲母粘土鉱物の水素同位体比は -90‰ である。雲母粘土鉱物と熱水との間の水素同位体分配係数  $1000 \ln \alpha$  が -20‰ 程度である (Marumo *et al.*, 1980) と仮定すると、この粘土の形成に関与した熱水の水素同位体比は -70‰ 程度となり、現在の下



第 1 図 各鉱床の位置図

Fig. 1 Location of the ore deposits investigated in this study.

第1表 雲母粘土試料の K-Ar 年代値と水素同位体比

Table 1 K-Ar ages and hydrogen isotopic compositions of mica clay minerals

Ore deposits	Sample descriptions	Mineral species	K/Ar age (Ma)	$\delta D$ (‰)
Chitose Au-Ag vein type	Daikoku vein -420m level	Mica	3.6±0.6	-90
Hakuryu Au-Ag vein type	Surface sample	Mica	6.5±0.3	-87
Date Au-Ag-Cu-Pb-Zn vein type	Surface sample	Mica	5.2±0.4	-64
Horobetsu Au-Ag-Cu-Pb-Zn vein type	Surface sample	Mica	12.3±0.7	-69
Kagenosawa Au-Ag-Cu-Pb-Zn vein type	Surface sample	Mica	14.2±0.7	-53
Shiraoidake Au-Ag-Cu-Pb-Zn vein type	Surface sample	Mica		-47 to -45
Toyatakarada (Doya-Takarada) Kuroko-type	Surface sample	Mica	14.2±0.7	-39 to -35
Minamishiraoui Kuroko-type	56/2 drill hole 66m depth	Mica/montmorillonite mixed-layer minerals	12.5±0.6	-25

歳地域の天水のそれに対比されることになる。この結論は Hattori and Sakai (1979) の流体包有物の同位体分析結果と符号する。

(2) 白竜鉱床：ケナノシオマナイ川流域に露出する含モリブデン石英脈に伴われる粘土の K-Ar 年代測定値は  $6.5 \pm 0.3$  Ma, また粘土中の雲母粘土鉱物の水素同位体比は  $-87\%$  である。後者の値は干歳鉱床の雲母粘土鉱物のそれに類似しており、天水起源の熱水の関与を示唆している。

#### 4.2 鉱脈・鉱染交代型鉱床

(1) 伊達鉱床：伊達鉱床周辺の石英斑岩に伴われる黄銅鉱鉱染部の粘土の K-Ar 年代値は  $5.2 \pm 0.4$  Ma, また粘土を構成する雲母粘土鉱物の水素同位体比は  $-64\%$  である。粘土の水素同位体比から推定される熱水のそれは雲母粘土鉱物と熱水との間の水素同位体分配係数  $1000 \ln \alpha$  を  $-20\%$  とすると、 $-44\%$  であり、東北地方の銅・鉛・亜鉛鉱脈型鉱床(尾太, 尾去沢, 細倉など)の流体包有物の水素同位体比 (Hattori and Sakai, 1979) に対比される。

(2) 幌別鉱床：幌別川上流の三ノ沢(庄谷ら, 1968)で採取した、幌別鉱床旭鉱染型鉱体の上盤粘土の K-Ar 年代値は  $12.3 \pm 0.7$  Ma である。この値は後述する黒鉱型塊状鉱床(洞爺財田, 南白老鉱床)のそれらに対比される。この粘土中に含まれる雲母粘土鉱物の水素同位

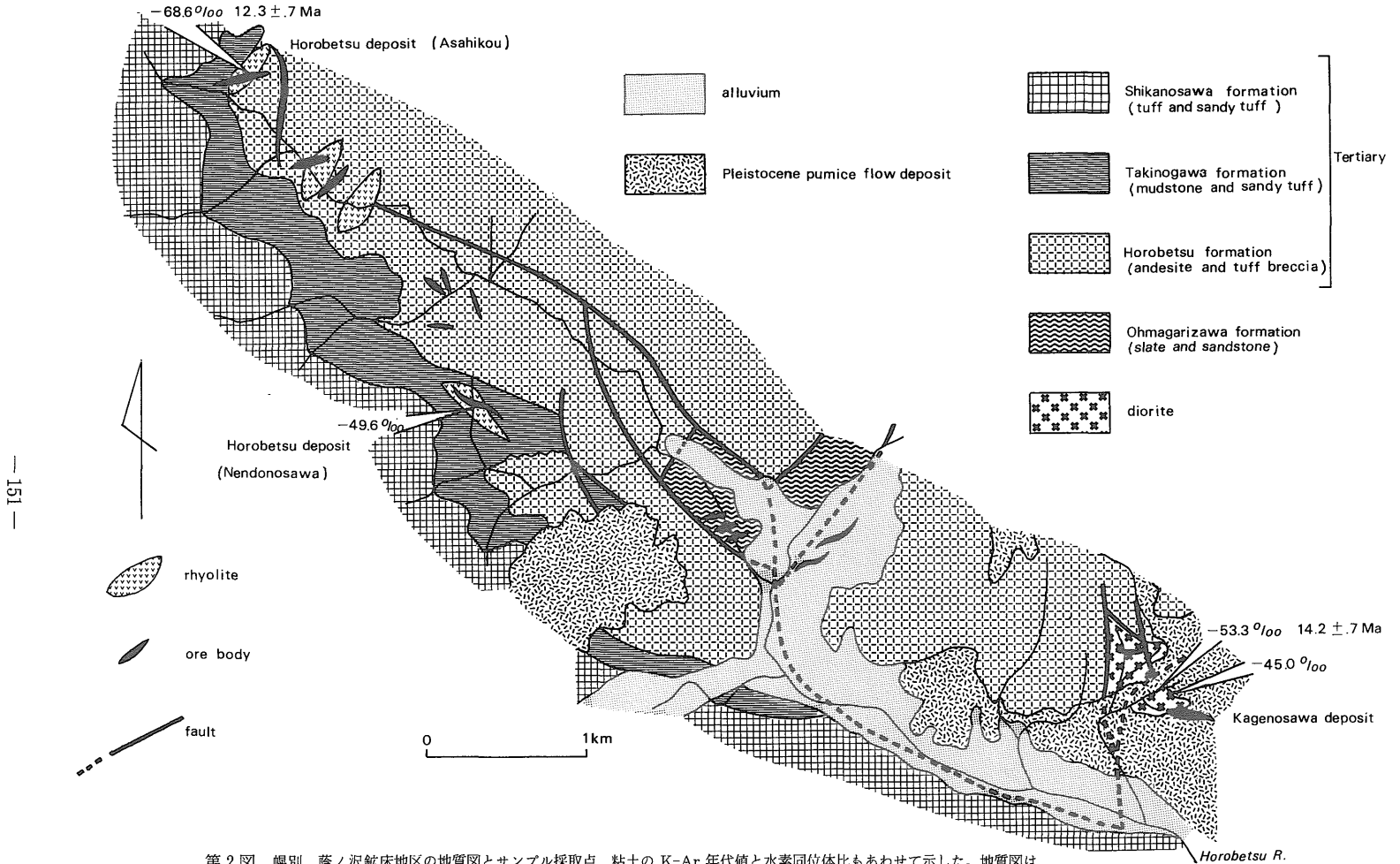
体比は  $-69\%$  であり、前述した伊達鉱床のそれに類似する値である。一方、粘土の沢鉱床から採取した粘土中の雲母粘土鉱物の水素同位体比は  $-50\%$  であり、黒鉱型塊状鉱床のそれらに対比される値である。

(3) 蔭ノ沢鉱床：蔭ノ沢鉱床の本坑と朝日坑との間に位置する第一露頭(杉本, 1954)から得た朝日鉱染交代型鉱体の上盤粘土の K-Ar 年代値は  $14.2 \pm 0.7$  Ma であった。この値は幌別鉱床の場合と同様に黒鉱型塊状鉱床のそれらに符号する。さらにこの粘土中の雲母粘土鉱物の水素同位体比 ( $-53\%$ ) も黒鉱型塊状鉱床のそれらに対比される。

(4) 白老滝鉱床：白老滝鉱床の石英細脈網状帯に産する雲母粘土鉱物は未変質の長石を伴っている。従って K-Ar 年代値は母岩のそれと粘土のそれとの中間になってしまうため、年代測定は困難であった。なお、この粘土中の雲母粘土鉱物の水素同位体比は  $-47 \sim -45\%$  であり、幌別鉱床粘土ノ沢鉱体や、蔭ノ沢鉱床朝日鉱体に産する雲母粘土鉱物のそれらに対比される値である。

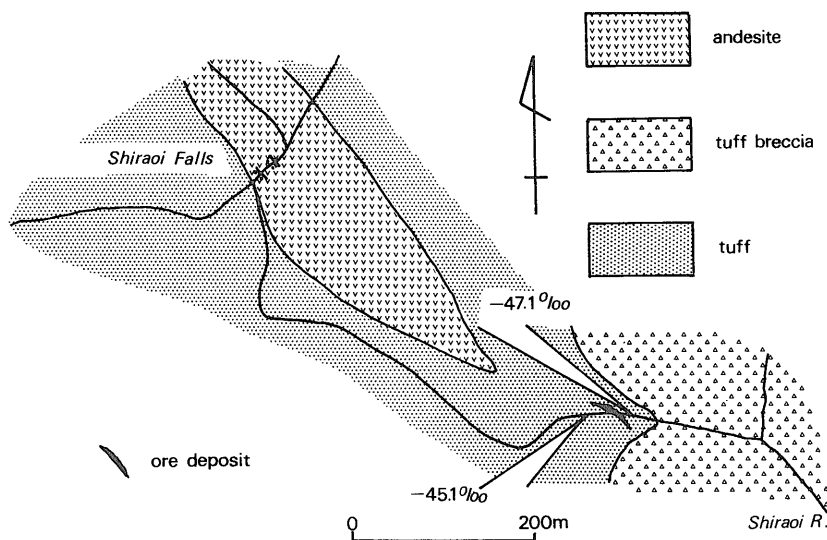
#### 4.3 黒鉱型塊状鉱床

(1) 洞爺財田鉱床：洞爺財田鉱床採掘跡の北東 500 m に位置する鉱化変質帯(北海道開発局, 1971)から得た粘土の K-Ar 年代値は  $14.0 \pm 0.7$  Ma であり、秋田県松峰鉱床産の粘土のそれら(金属鉱業事業団, 1982)に対比される結果となった。この粘土中の雲母粘土鉱物



第 2 図 幌別、蔭ノ沢鉱床地区の地質図とサンプル採取点。粘土の K-Ar 年代値と水素同位体比もあわせて示した。地質図は庄谷ら (1968) に基づく。

Fig. 2 Geological location map of mica clay specimens collected from the Horabetsu and Kagenosawa Au-Ag-Cu-Pb-Zn vein type deposits. K-Ar data and hydrogen isotopic compositions of these specimens are also presented in this map. Geological data sources are Shoya *et al.* (1968).



第3図 白老滝鉱床の地質図とサンプル採取点。粘土の水素同位体比もあわせて示した。地質図は杉本(1954)に基づく。

Fig. 3 Geological location map of mica clay specimens collected from the Shiraoideake Au-Ag-Cu-Pb-Zn vein type deposit. Hydrogen isotopic compositions of these specimen are also presented in this map. Geological data sources are Sugimoto (1954).

の水素同位体比は、秋田県小坂鉱山産の雲母粘土鉱物のそれら(Hattori and Sakai, 1979)に対比され、熱水が海水起源のものであることを示唆している。

(2) 南白老鉱床：南白老鉱床の56-2号試錐の深度66mの岩芯から採取した鉱床下盤粘土(丸茂ら, 1985)の年代値は $12.5 \pm 0.6$  Maである。この値は北鹿地域の黒鉱鉱床形成期(14~11 Ma, Takahashi *et al*, 1983)に一致している。この粘土中の雲母粘土鉱物の水素同位体比(-25‰)は、洞爺財田鉱床や秋田県小坂鉱床のそれらに比べ-15‰ほど重い値である。これは南白老鉱床の形成に関与した熱水に対するマグマ水の寄与が少なく、海水の影響が強かったために、熱水の水素同位体比が海水のそれに近くなったためと考えられる。

#### 4.4 K-Ar年代値と水素同位体比の相関

第5図に示すように、各鉱床の雲母粘土鉱物のK-Ar年代値と水素同位体比の間には、おおむね正の相関がある。この傾向はHattori and Sakai (1979)が鉱脈型鉱床、黒鉱鉱床産の流体包有物の同位体分析で得た結論に符号するものである。

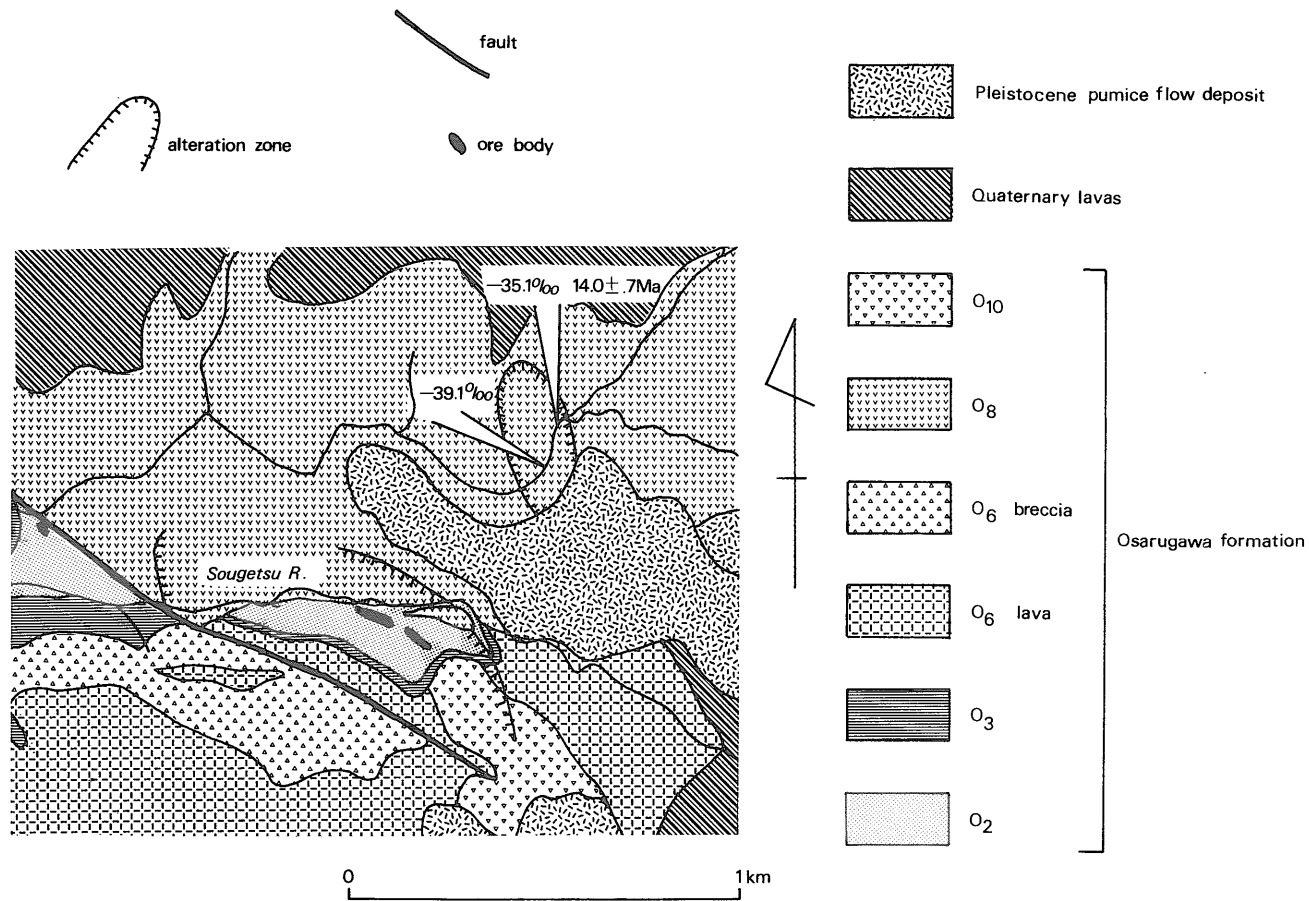
こうした傾向は、西南北海道グリーンタフ地域の多くが新第三紀中新世に海底面下であり、黒鉱型鉱床の形成がおもに海水の循環によって行なわれ、また鮮新世以降は陸域の広がりに伴って発生した天水循環水系で千歳鉱

床などの金・銀鉱脈型鉱床が形成されたことを示すものである。また黒鉱型鉱床形成期と、金・銀鉱脈型鉱床形成期の間のステージには伊達鉱床のように金・銀に富む銅・鉛・亜鉛鉱脈型鉱床が、海水と天水とが混合している熱水系でできたものと考えられる。(海水・天水の混合熱水系の例と考えられている鹿児島県指宿地区の地熱系においても、銅・鉛・亜鉛の晶出が認められている(赤工, 1988))。

謝辞：本報告は特別研究、深部鉱床資源のポテンシャル評価に関する研究の一環として行われた。試料の採取にあたっては近藤鉱業(株)水嶋勝蔵鉱山長および元北海道硫黄(株)幌別鉱業所探査係千葉辰男氏の協力を得た。以上の方々に厚くお礼申し上げます。

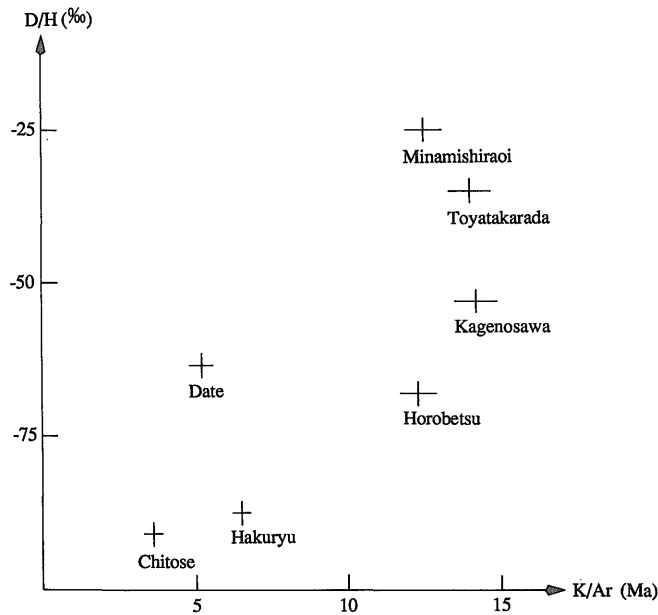
#### 文 献

- 赤工浩平(1988) 地熱水からの鉱床沈殿に関する地球化学。地熱, vol. 25, 4461.
- Hattori, K. and Sakai, H. (1979) D/H ratios, origins, and evolution of the ore-forming fluids for the Neogene veins and Kuroko deposits of Japan. *Econ. Geol.*, vol. 74, p. 535-555.
- 北海道開発局(1971) 特定鉱床開発促進調査報告



第4図 洞爺財田鉱床の地質図とサンプル採取点。粘土の K-Ar 年代値と水素同位体比もあわせて示した。地質図は北海道開発局 (1971) に基づく。

Fig. 4 Geological location map of mica clay specimens collected from the Doya-Takarada Kuroko-type deposit. K-Ar data and hydrogen isotopic compositions of these specimens are also presented in this map. Geological data source are Ministry of Hokkaido Development (1971).



第5図 各鉱床に産する粘土の K-Ar 年代値と水素同位体比の関係  
 Fig. 5 The relationship between K-Ar data and hydrogen isotopic compositions of mica clay minerals from ore deposits investigated in this study.

「洞爺湖東方地域」.

金属鉱業事業団(1982) 昭和56年度精密調査報告書「北鹿地域. その1, ボーリング調査」.

丸茂克美(1985) 西南北海道洞爺湖周辺地域に分布する変質帯の地質・鉱物学的検討. 鉱山地質, vol. 35, p. 331-344.

Marumo, K. Nagasawa, K. and Kuroda, Y. (1980) Mineralogy and hydrogen isotope geochemistry of clay minerals in the Ohnuma geothermal area, northeastern Japan. *Earth Planet. Sci. Lett.* vol. 47, p. 255-262.

丸茂克美・沢井長雄(1986) 西南北海道グリーンタフ地域のいくつかの鉱床産変質岩の K-Ar 年代. 鉱山地質, vol. 36, p. 21-26.

———・羽板俊一・宮崎純一・池田国昭(1985) 北海道南白老重晶石鉱床下盤粘土化帯の鉱物組成. 鉱山地質, vol. 35, p. 227-237.

Savin, S.M. and Epstein, S. (1970) The oxygen and hydrogen isotope geochemistry of clay minerals. *Geochim.*

*Cosmochim. Acta.*, vol. 34, p. 25-42.

庄谷幸夫・小田切敏夫・小原常弘(1968) 幌別鉱山の金・銀・銅・鉛・亜鉛鉱床. 北海道地下資源調査資料, no. 113, p. 12-29.

Steiger, R.H. and Jager, E. (1977) Subcommittee on geochronology: Convention on the use of decay constant in geo and cosmochronology. *Earth and Planet. Sci. Lett.* vol. 36, p. 359-362.

杉本良也(1954) 蔭ノ沢鉱床調査報告. 北海道地下資源調査資料, no. 12, p. 1-16.

Tanimura, S. Date, J. and Takahashi, T. (1983) Stratigraphy and Structure of the Hokuroku district. *Econ. Geol. Mon.*, 5, p. 24-39.

通商産業省資源エネルギー庁(1979) 昭和53年度広域調査報告書. 千歳地域.

(受付: 1992年6月12日; 受理: 1992年12月17日)