

日本の含金銀鉍脈鉍床のポテンシャル評価 ——北海道北見地区を例として——

神谷雅晴* 金沢康夫**

KAMITANI Masaharu and KANAZAWA Yasuo (1989) Potential of Au, Ag-bearing ore deposits in Japan, —particularly, on the Kitami area, Hokkaido—. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 44 (2/3/4), p. 105-126, 14 fig., 6 tab.

Abstract: More than 500 gold-silver-bearing ore deposits formed during Neogene Tertiary to Quaternary and late Cretaceous to Paleogene Tertiary are distributed widely in the Japanese islands and some of them have been exploited since 8th Century. The grade-tonnage models for principal 9 areas were clarified based on the data of each gold-silver vein. As a whole, the median values of the tonnage and the grade show about 32,000 tonnes ore reserve and 6.8 gramms per tonne, respectively. It is also revealed that 40 large-scale of veins, which is equal to 10 percent of the whole veins, occupy about 80 percent of the whole gold metal content.

The Kitami area was chosen as an example to estimate the mineral potential due to its short development history and therefore feasible to have more detailed and correct data on the each deposit. According to the geologic, geochronologic and geophysics data, it is obvious that the gold-silver mineralizations are closely related to intermediate to acidic igneous activities during middle Miocene age and they occur mostly within the early green tuff and the pre-Tertiary sediments. A gold potential of the Kitami area, which was calculated based on the vein distribution coefficient and the grade-tonnage model of this area, was estimated to be approximately 20 million tonnes ore reserve containing about 100 tonnes gold. In future, however, more detailed discussions caused by development of their geostatistical and analytical methods are required.

要 旨

わが国における鉍物資源の賦存ポテンシャル予測の一環として、含金銀鉍脈鉍床、とくに北海道北見地域の資源賦存の可能性について、その定量化を試みた。

北見地域における金銀鉍床の開発の歴史は、わが国の他の地域に比べて新しい。そのため、資源賦存予測に必要な地質・鉍床及び生産量などに関する正確なデータの入手が可能であった。北見地域の含金銀石英脈鉍床の資源賦存ポテンシャルは、その地質、層序、構造、地球物理データなどに基づいた鉍床生成モデルから、理論埋蔵鉍量約1,900万トン、平均金品位5.0g/t、含金量約96トンであると推定することができた。

1. はじめに

本研究は深部鉍物資源のポテンシャル評価に関する研究の一環として、北海道北見地域に分布する金銀鉍床のポテンシャルを予測することを目的に、既存資料の収集、解析を行った。

わが国のみならず、一般に過去における鉍床の発見は地表における露頭や転石などから探鉍、開発されることが通例であった。近年では、地質学的、地球化学的および地球物理学的データの蓄積ならびに解析手法の開発が進み、それらに基づいた探査が行われるようになった。最近では、いくつかの地域において、いわゆる潜頭鉍床の発見という成果に結びついている。

このような傾向は単にわが国だけでなく、世界的にみ

* 鉍物資源部 (現, 地質標本館)

** 鉍物資源部 (現, 国際協力室国際プロジェクト課)

Keyword: Au-Ag deposits, Grade-tonnage model, Resource potential, Kitami, Hokkaido

でも同様であり、今後はますます深部化する潜頭鉱床の予測と探査手法の開発が要請されている。

潜頭鉱床探査の前提として、対象地域がどの程度の資源ポテンシャルをもっているかについて検討し、探査ターゲットを絞りこむことが重要である。しかし、地域というカテゴリーは評価や探査を担当する主体の目的によって大きく異なる。すなわち、鉱業事業者にとっては、より直接的な成果を期待して地域の範囲を限定するであろうし、一方、国や関連する機関はより広域的な基礎調査から、局地的探査へと段階的に移行する。いずれにしても、既存のデータの蓄積と解析に基づいて、当該地域のポテンシャルの大きさを定量的にあるいは定性的に予測したうえで、探査地域を設定したのち、具体的な探査活動を行うのが通例である。

本研究では比較的広い地域における潜頭鉱床のポテンシャル評価の一つとして北見地域を採り上げた。評価に先立ち、全国の金銀鉱脈鉱床の品位-鉱量関係の検討に基づいて、北見地域の品位-鉱量モデルを設定するとともに、広域的な地質及び地球物理データを解析して、鉱

床モデルを設け、この地域のポテンシャルの推定を行った。この試みは、解析手法としてはごく初歩的なものであるが、これが今後の広域的な資源ポテンシャル予測の試金石となれば幸いである。

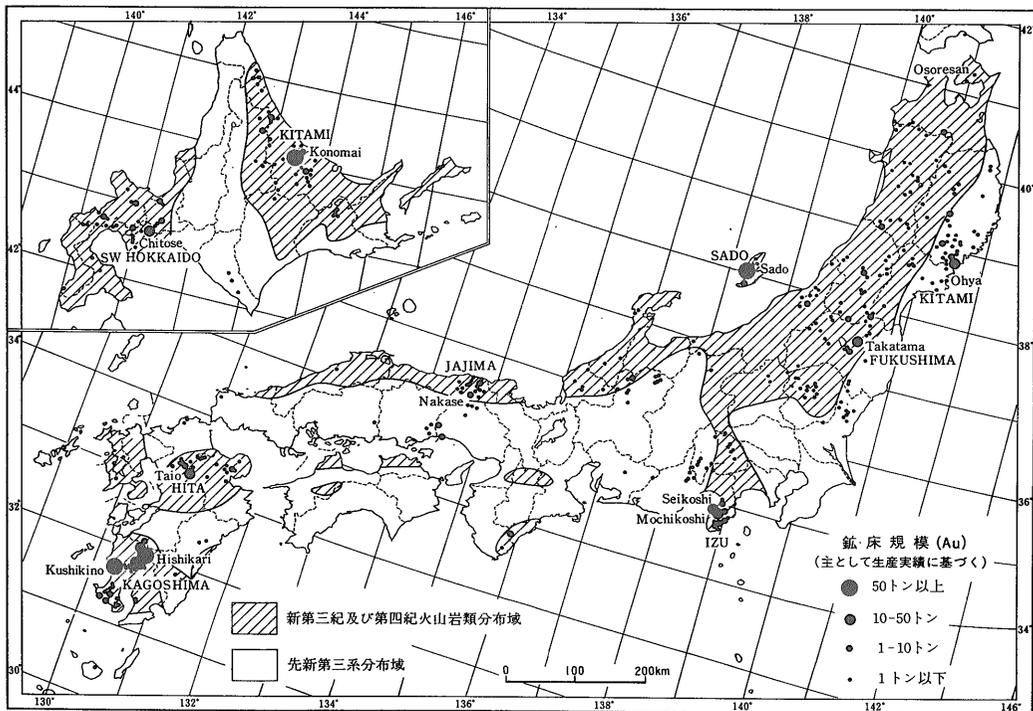
2. 日本の含金銀鉱脈鉱床の分布と生産実績

わが国の含金銀鉱脈鉱床は全国的に分布し、その数は500以上に及ぶ(第1図)。そのうち、同じタイプの鉱床がほぼ同じ時期に生成し、比較的密集する地域は9以上を識別することができる。以下、各地域の概要を略述する。

2.1 北見地域

この地域は東北海道中部亜区(成田, 山田, 1967)に含まれ、鴻ノ舞, 珊瑚, 北隆, 沼の上など約50鉱床が知られているが、生産実績の判明している鉱山は20に過ぎない。北見地域は鉱床の分布から、枝幸-下川地区、紋別-常呂地区及び弟子屈地区に分けることができる。

枝幸-下川地区の鉱床は主として中新世のグリーンタ



第1図 日本の含金銀鉱床分布図
Fig. 1 Distribution map of Au-Ag deposits in Japan.

フ中に胚胎し、枝幸から下川にかけて、ほぼ南北方向に10数鉱床が配列する。珊瑚はその代表的な鉱床で Au 5.8 トン、Ag 33 トンの生産実績を示す (磯部, 1987)。

紋別-常呂地区の鉱床は中新世のグリーンタフ及び先第三系中に賦存する。そのうち、鴻ノ舞鉱床群を含めて、主要な鉱床はいずれもグリーンタフ (鴻ノ舞層群) 中に生成している。鴻ノ舞鉱山はわが国の代表的な浅熱水性鉱脈鉱床であり、これまでの生産実績は Au 71.4 トン、Ag 1,219 トンを示す (地質調査所, 1980)。

弟子屈地区には阿寒湖東部の中新世-鮮新世火山岩層を母岩として4ヶ所に小規模な含金銀石英脈鉱床が知られているが生産実績は不明である。

2.2 西北海道地域

この地域は西部北海道鉱床区 (成田・山田, 1967) に相当し、岩泉帯 (粘板岩、砂岩、チャート、石灰岩) を基盤とする中新世の火山岩類が広く分布する。金銀鉱床は主としてグリーンタフ中に胚胎し、第四紀火山岩類におおわれる。

この地域の鉱床の特徴は若干の例外があるものの、多量のマンガン鉱物や銅・鉛・亜鉛・硫化鉱物に富むことである (浦島, 1974)。主要な鉱床としては千歳、轟、手稲、国富などがあり、この地域全体の生産量は Au 47.1 トン、Ag 1,563 トンである。

2.3 南部北上地域

この地域は先第三紀地質構造区分の南部北上帯にほぼ相当し、主として、中-古生界の堆積岩、火山岩類と白亜紀に貫入した酸性火成岩類から成る。含金銀鉱床は白亜紀の花崗岩質岩に伴うスカルン及び熱水性鉱脈であり、金銀鉱のほか、灰重石、輝コバルト鉱、硫砒鉄鉱などをしばしば伴っている。

主要な鉱床は大谷、興北、大萱生などであり、ほかに多数の小規模鉱脈鉱床が知られているものの、開発の歴史が古いため全体としての正確な生産量の推定は困難である。1900年以降の生産量は Au 27.4 トン、Ag 97 トンである。

2.4 福島地域

阿武隈帯の西縁部の変成岩類及び足尾帯の堆積岩類を基盤として、中新世の火山岩類が発達するこの地域には高玉、半田、高旗鉱床をはじめ23鉱床が分布する。中新世のグリーンタフ中には会津黒鉱床群が賦存し、金銀鉱床群はその周辺部に位置している。黒鉱鉱床を除いて、この地域の金銀生産量は Au 27.4 トン、Ag 97 トンである。

2.5 伊豆地域

伊豆半島を構成する地質は新第三紀中新世の湯ヶ島層

群と鮮新世-更新世の火山岩類である。地質構造上から伊豆半島は四万十帯に衝上したフィリピンプレートの最北端に位置する地質体である。

この地域の鉱床は持越、土肥、清越、蓮台寺など中規模のものが多く、全体の生産量は Au 31.3 トン、Ag 791 トンである。

2.6 但島地域

この地域は舞鶴構造帯の南部に属する粘板岩、チャート、超塩基性岩類と北部の白亜紀-古第三紀の酸性火成岩類から成る。含金銀石英脈鉱床は中瀬及び竹野鉱床に代表される。前者はアンチモニーを主とし後者は銀鉱物を多量に伴う。この地域の鉱山数は約20に達するものの金銀産出量はその2鉱山からのものが大半を占め、Au 2.6 トン、Ag 58 トンである。

2.7 日田地域

この地域は東部では領家帯、西部では三郡帯の変成岩類とこれらをおおう鮮新世-更新世の安山岩類及びデイサイト・流紋岩類から成る。ほとんどの鉱床の母岩はこれらの火山岩類である。鉱床は国東地区と日田地区に集中し、前者では馬上鉱山が、後者では鯛生鉱山が代表的な鉱床である。国東地区では概してアンチモニー鉱、砒鉱を多く伴うのに対し、日田地区の鉱床ではそれらに極めて乏しい。生産量は Au 41.1 トン、Ag 170 トンである。

2.8 鹿児島地域

この地域の金銀鉱床はその産状の相違によって北薩型と南薩型とに区分されている。北薩地域には串木野、菱刈をはじめとして多くの浅熱水性の石英脈鉱床が生成し、南薩地域では春日、明石、岩戸などのような低品位の含金銀珪化帯が特徴的に発達する。これらの鉱床もその基盤岩は四万十層群であるが、北薩地域では菱刈鉱床を除けば、いずれの鉱床も中新世後期又は鮮新世以後の安山岩類中に胚胎している。南薩地域にはいわゆる南薩型の鉱床とは別に、池田湖周辺及び加世田周辺に小規模ながら、含金銀石英脈鉱床が賦存する。南薩型の鉱床を含めて鹿児島地域の生産量は Au 113.0 トン、Ag 533 トンである。

2.9 その他の地域

1~8に略述したグリーンタフ金銀鉱床生成区以外の重要な地域として(1)佐渡地域があげられる。佐渡地域はわが国最大の金銀産出地であるが開発の歴史が安土・桃山時代にまで遡るため、鉱床に関する正確なデータに乏しい。粗鉱生産量は少なくとも1500万トン、産金量75トン、産銀量2,300トンと考えられている (日本鉱業協会, 1968)。また(2)東北西部地域にも八谷、小

山などの中規模の鉱脈鉱床が分布する。

さらに、兵庫西部地域には旭日、坂越大泊など、それぞれ Au 1 トン以上の生産実績を持つ鉱床がある。

3. 鉱床の生成時代と関係火成岩類

わが国の金銀鉱床の生成時期は(1)白亜紀～古第三紀と(2)新第三紀中新世～第四紀更新世の2時期に集中する。白亜紀～古第三紀の金銀鉱床生成区としては南部北上区及び西南日本内帯区があげられる。一方、中新世以降の鉱床生成区としてはグリーンタフ及びその後の火山岩類分布地域が最も重要で、多数の金銀鉱床の生成の場となっている。

3.1 白亜紀～古第三紀の鉱床生成区

南部北上地域:ほとんどの鉱床は南北北上構造帯を画する早池峯構造帯の南に分布する。金銀鉱化作用に関連すると考えられる花崗岩質岩は早池峯構造帯の南西に配列する大萱生、遠野、気仙川各花崗岩体と日詰-気仙沼線の西に分布する人首、千厩、折壁岩体及びその南の小規模岩体群である。

金銀鉱床はこれら2列の岩体群及びその間の古生界中に貫入した小規模岩株岩体に伴って生成する。なかでも、人首岩体の東の花崗岩体を中心とした赤金鉱床群では高温交代鉱床-低温脈鉱床の帯状分布が顕著である(通商産業省, 1970)。

鉱化作用に関連したとされる花崗岩類の K-Ar 年代は河野・植田(1965)および石原ほか(1988)によってほとんどの岩体が白亜紀前期に貫入固結したと考えられている。

西南日本内帯:兵庫西部から岡山東部にかけて旭日、坂越大泊、日笠などの金銀鉱床が知られている。これらは白亜紀後期の安山岩、流紋岩及び同質凝灰岩類を母岩として生成しており、鉱脈中及び周辺の氷長石、セリサイトなどによる K-Ar 年代は白亜紀後期～古第三紀を示す(添田, 1990)。

3.2 新第三紀～第四紀の鉱床生成区

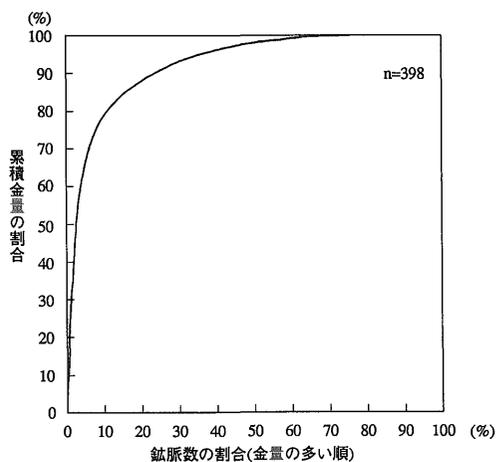
我が国の主要な金銀鉱床は新第三紀の中新世の海底火山活動によって特徴づけられるグリーンタフおよびその他の火山岩類の発達地域に賦存している。

北見地域:金銀鉱床は主として先第三系日高帯及び常呂帯の海成相(火山岩、堆積岩)を基盤とした中新世の塩基性～酸性の火山岩類中に賦存しており、その生成時期は珊瑚鉱山産の氷長石の K-Ar 年代では 11 Ma(菅木・磯部, 1987)である。また興水・金(1986 a, b, c)はこの地域のグリーンタフ岩層のフィッシュン・トラック年代測定を行い、早期グリーンタフは 14.5-13.7 Ma,

後期グリーンタフは 8.6-5.2 Ma であることを明らかにした。金銀鉱床の大部分は層序的に、早期グリーンタフ中に生成し、後期グリーンタフあるいは鮮新-更新世の火山岩類によっておおわれることから、ほとんどの金銀鉱床は中新世後期に生成したものと考えられる。

西南北海道地域:田老帯に属するこの地域の基盤岩類は僅かに露出し、それらの大部分は新第三紀のグリーンタフ及び第四紀火山岩類におおわれている。金銀鉱化作用の時期はいくつかの K-Ar 年代測定によって新第三紀中新世末～第四紀更新世と考えられる。例えば、光竜鉱床の氷長石は 1.0 Ma(菅木・磯部, 1985)、千歳鉱床の氷長石は 4.7 Ma(通商産業省, 1979)、大江鉱山千才脈のセリサイトでは 3.3 Ma(前田・伊藤, 1985)があり、一方、伊達鉱床のセリサイトでは 5.2 Ma、白竜鉱床のセリサイトも 6.5 Ma を示しており(丸茂・沢井, 1986)、北見地域の鉱床生成期に比べかなり若い時期に生成したことを示している。

福島地域:この地域の基盤は棚倉構造線をはさんで、その東側が阿武隈帯の変成岩類、西側は足尾帯の堆積岩とそれらを覆うグリーンタフ及び第四紀火山岩類から成る。金銀鉱床は主として中新世の安山岩・デイサイト・流紋岩類中に生成する。一部は阿武隈帯変成岩類中あるいはその直上の礫岩層中にも賦存する。鉱化作用の時期は高玉鉱床付近の層序から中新世末と考えられており(日本鉱業協会, 1968)、同鉱床中の氷長石の K-Ar 年代(8.4 Ma)もほぼ同様の時期を示している(山岡・植田, 1974)。



第2図 累積金量と鉱脈の割合の関係図

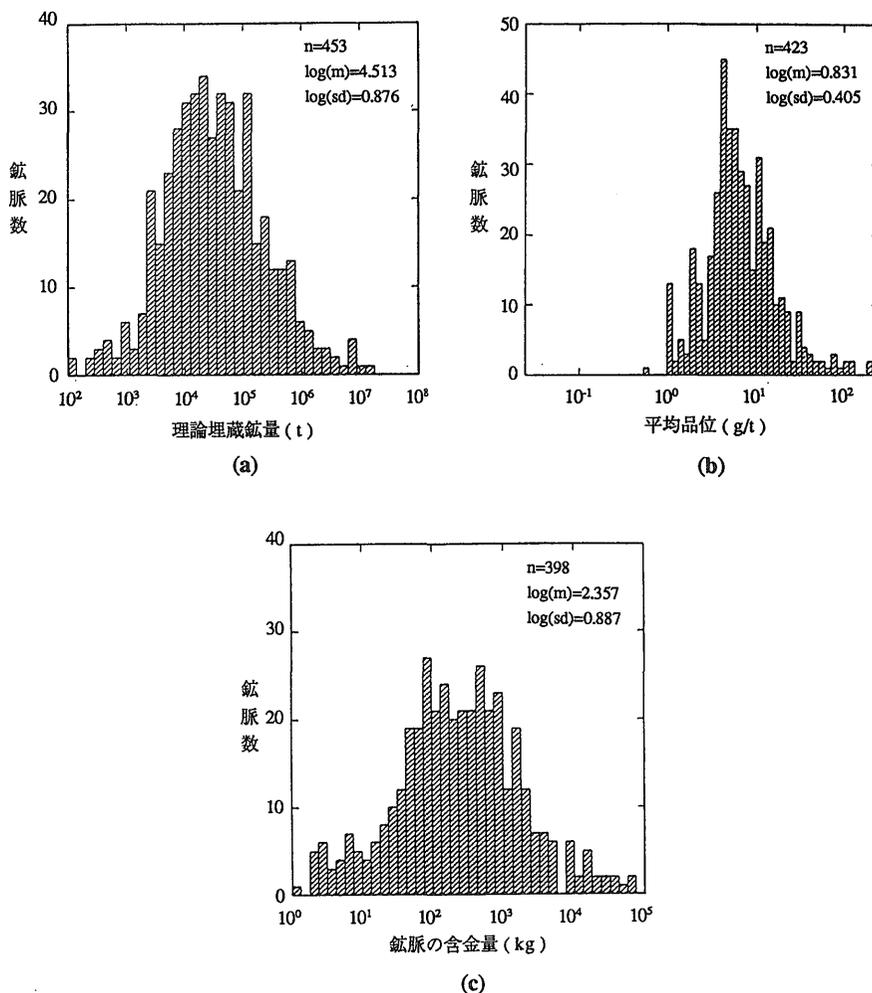
Fig. 2 Relation between cumulative gold content and veins.

伊豆地域: この地域は新第三紀グリーンタフ金銀鉱床生成区に含まれてはいるものの(兼平, 1980), フィリピンプレートの北部に属し, 中新世中期における海底火山噴出物である湯ヶ島層の基盤となる岩層は確認されていない。金銀鉱化作用は湯ヶ島層群だけでなく, 一部ではその上位の鮮新世に属する猫越石英安山岩中にも及んでいる(西尾, 1978)。K-Ar年代は最も古い時期を示すものとして清越鉱床の3.7 Ma(山岡・植田, 1974)があるが, その他の多くの鉱床からの年代測定値は1.0~2.5 Maに集中しているところから(柴田ほか,

1984; 鹿園, 1987; 通商産業省, 1987), 鉱化作用は鮮新世後期から更新世前期に生じたと考えられる。

北但島地域: 三郡帯, 舞鶴帯及び白亜紀後期の生野層群, 花崗岩類などを基盤とし, 中新世~鮮新世のグリーンタフが発達する。代表的な鉱床である中瀬及び竹野鉱床はいずれの岩層中にも生成している。竹野鉱床からの氷長石のK-Ar年代は17.9 Ma(Soeda and Watanabe, 1981)を示し, 層序的に推定された生成期とほぼ一致している。

日田地域: 鯛生, 馬上鉱床などに代表されるこの地域



第3図 日本の含金銀脈の鉱量, 品位, 含金量頻度分布図
 (a) 理論埋蔵鉱量, (b) 平均品位, (c) 含金量

Fig. 3 Histograms of tonnages, grades and contents of gold-bearing veins in Japan ;
 (a) calculated tonnage, (b) average grade and (c) content.

の鉱化作用は基盤岩及び中新世の安山岩類中に主として生成しているが、一部では鮮新世～更新世の堆積物にも鉱化変質が及んでいる(宮久, 1961). Izawa and Urashima (1987)によれば、この地域の金銀鉱化作用のほとんどは鮮新世とされ、地域東部では更新世に及ぶ鉱化作用が見られる。

鹿児島地域:近年、最も著しく調査研究が進んでいる地域であり、年代測定データも増加しつつある。金銀鉱化作用の大半は四万十層群、北薩古期及び北薩新期火山岩類中で著しいが、一部では獅子間野デイスait(更新世前期末)にまで及んでいる(Urashima et al., 1987)。この地域全体からすれば、西部鉱床群(串木野, 春日, 赤石, 岩戸)でやや古く(3.7~5.0 Ma), 東部鉱床群(布計, 大口, 菱刈, 大良-高峯, 黒仁田, 花籠, 飯山)で若い年代(0.9~1.8 Ma)を示している(浦島・池田, 1987; Izawa and Urashima, 1987)。

4. 品位-鉱量の関係とモデル

4.1 一般的特徴

鉱床の品位・鉱量データに基づく記載や議論は過去多くなされてきた。筆者らは日本における含金銀脈型鉱床について、脈ごとの鉱量・品位データを既存の公表資料から収集・編集してきた。平均品位については公表データを用い、鉱量については脈脈の走向延長、傾斜延長、平均脈幅などの公表データから理論埋蔵鉱量を見積った。量はこの理論埋蔵鉱量×平均品位とした。以下の記載はこのような鉱量・品位データに基づくものである。

品位-鉱量(量)に関する見方はいろいろできるが、まず最初の特徴として脈脈数に対する量の割合について取り上げる。第2図は全国398の脈脈数の割合に対する量の累積割合を量の多い脈脈順にプロットしたものである。この図でわかることはごく少数の脈脈で量生産の大半を占めてしまうということである。例えば、量の多い方から10%の脈が全体の約8割をカバーしている。また、最初の10個(2.5%)の脈は量全体の約50%に達している。量の多い脈はモデルで見るとその規模も大きい。したがって、資源的には、大規模な脈を探査することが重要であると言える。

次に重要な特徴は、品位、品位、量とそれぞれの脈脈数の頻度分布をとってみると、すべての分布が対数正規分布で近似できることである。第3図に示すとおり、横軸に品位、品位及び量の対数値をとり縦軸に頻度(脈脈数)をとると、いずれのグラフもベル型の分布を示している。この型の分布は自然界によく見られる現象

第1表 脈脈型金鉱床の品位, 品位, 含量の統計数値表

Table 1 Statistical values of tonnages, grades and contents of vein-type gold deposits.

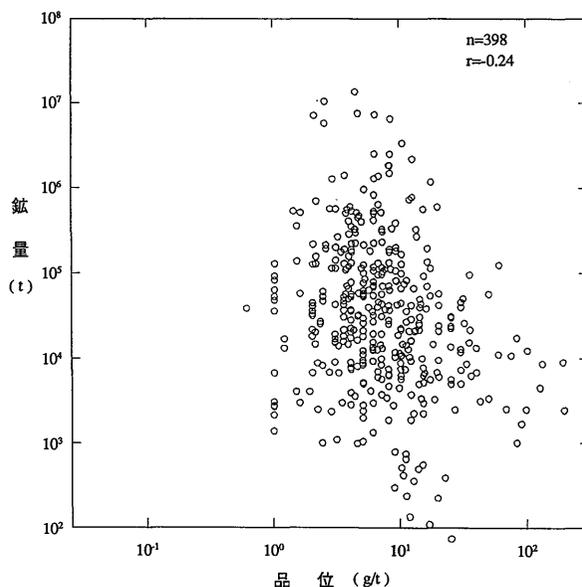
	品位	品位	量
全地域	n = 453 m = 4.51 s.d. = 0.88	n = 423 m = 0.83 s.d. = 0.41	n = 398 m = 2.36 s.d. = 0.89
北見地域	n = 74 m = 4.48 s.d. = 0.84	n = 73 m = 0.72 s.d. = 0.35	n = 72 m = 2.17 s.d. = 0.88
西南北海道地域	n = 92 m = 4.68 s.d. = 0.74	n = 87 m = 0.80 s.d. = 0.45	n = 85 m = 2.49 s.d. = 0.68
北上地域	n = 28 m = 4.14 s.d. = 0.45	n = 30 m = 1.07 s.d. = 0.51	n = 27 m = 2.27 s.d. = 0.66
福島地域	n = 55 m = 3.60 s.d. = 0.77	n = 32 m = 1.19 s.d. = 0.39	n = 31 m = 1.55 s.d. = 1.01
伊豆地域	n = 51 m = 4.70 s.d. = 0.69	n = 61 m = 0.84 s.d. = 0.27	n = 49 m = 2.52 s.d. = 0.76
但馬地域	n = 52 m = 4.33 s.d. = 0.66	n = 51 m = 0.78 s.d. = 0.48	n = 51 m = 2.09 s.d. = 0.82
日田地域	n = 23 m = 4.85 s.d. = 1.05	n = 22 m = 0.88 s.d. = 0.26	n = 22 m = 2.76 s.d. = 1.09
鹿児島地域	n = 68 m = 4.89 s.d. = 0.73	n = 60 m = 0.76 s.d. = 0.28	n = 54 m = 2.64 s.d. = 0.75
佐渡地域	n = 10 m = 5.94 s.d. = 0.78	n = 7 m = 0.73 s.d. = 0.15	n = 7 m = 3.09 s.d. = 0.64

n: 総数, m: 平均値, s.d.: 標準偏差値
(m, s.d. は、それぞれ t, g/t, kg の対数値)

で、金脈脈に関しても多くの脈種と同様に対数正規の頻度分布をもつということである。参考までに全地域と地域別の品位、品位、量の統計値(脈脈数, 平均値, 標準偏差)を第1表に示した。他の特徴については以下、節を改めて順次記述する。

4.2 品位-鉱量の相関

品位、品位、量に関するもう1つの基礎的な統計解析として各量間と相関係数と分布を調べてみた(第2表, 第4図)。第2表に示すように、品位-品位の相関は全地域で0付近から-0.44までの範囲にあり、やや負側に片寄っている傾向が認められる。しかし、第4図に示すとおり負の相関はそれほど強いものではない。この品位-品位に関して、地域別の平均品位と平均品位の相関を調べてみたのが第5図である。この場合もやや負の相関が



第4図 鉍脈の鉍量と品位関係図

Fig. 4 Correlation diagram of tonnage and grade for each vein.

第2表 鉍量, 品位, 含金量の相関係数表
Table 2 Correlation coefficients of tonnages, grades and contents.

	品位-鉍量	品位-含金量	鉍量-含金量
全地域	n = 398 r = -0.24	n = 398 r = 0.22	n = 398 r = 0.89
北見地域	n = 72 r = -0.12	n = 72 r = 0.82	n = 72 r = 0.92
西南北海道地域	n = 85 r = -0.44	n = 85 r = 0.18	n = 85 r = 0.80
北上地域	n = 27 r = -0.19	n = 27 r = 0.58	n = 27 r = 0.69
福島地域	n = 31 r = 0.09	n = 31 r = 0.48	n = 31 r = 0.92
伊豆地域	n = 49 r = 0.04	n = 49 r = 0.41	n = 49 r = 0.93
但島地域	n = 51 r = -0.02	n = 51 r = 0.58	n = 51 r = 0.80
日田地域	n = 22 r = -0.05	n = 22 r = 0.19	n = 22 r = 0.97
鹿児島地域	n = 54 r = -0.18	n = 54 r = 0.21	n = 54 r = 0.92
佐渡地域	n = 7 r = -0.14	n = 7 r = 0.10	n = 7 r = 0.97

n: 総数, r: 相関係数

認められる。したがって、金鉍脈では鉍脈が大きいほど低品位になる傾向が若干あると言えそうである。一方、品位-含金量については、全地域で0.22、各地域で0.10～0.58までのやや正の相関が認められる。この場合、品位-鉍量と逆で、高品位になるほど含金量の収穫は良い、ということになる。鉍量-含金量に関しては強い正の相関(全地域で0.89)があり、鉍量が多ければ含金量も多いことをはっきり示している。

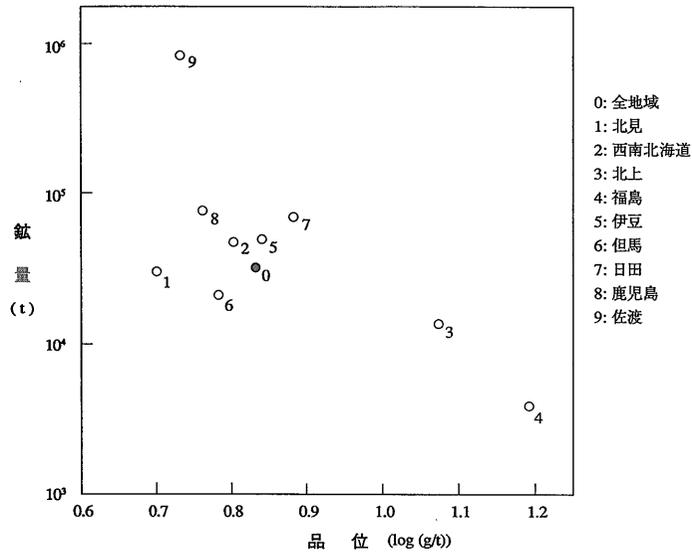
4.3 Lasky 流の平均品位-累積鉍量のプロット

Lasky の関係 (Lasky, 1950) は平均品位と累積鉍量の間にある一定の関係が成り立つというもので Lasky の法則として知られている。式に表わせば

$$G = K_1 - K_2 \log T$$

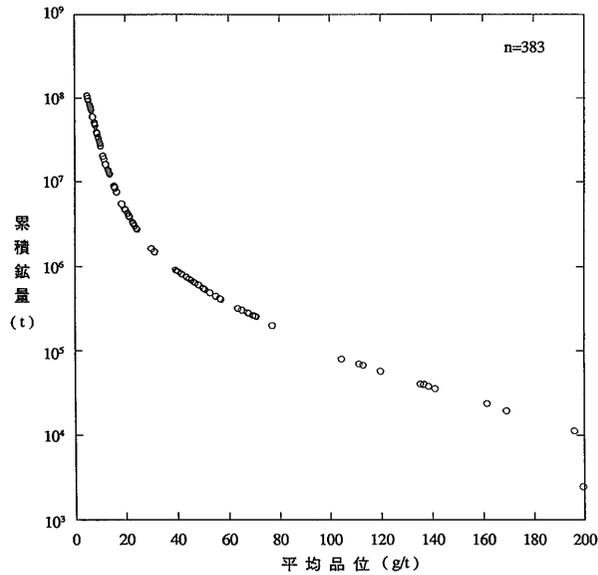
となる。ここで T は生産鉍量+埋蔵鉍量 (累積鉍量)、G はこの鉍量に対する平均品位、 K_1 と K_2 は各鉍床によって決まる定数である。この式で分かるように平均品位と累積鉍量の対数は線型関係にある。このような関係は低品位、例えば斑岩銅鉍床、金鉍床などにあてはまるとされている。ただし、Lasky の関係が適用できない例はいくつも報告されている (例えば Ellis, Harris and Van Wie, 1975)。

今回得られた金鉍脈の鉍量と品位について Lasky 流



第5図 日本の主な金鉱床地域における鉱量と品位関係図

Fig. 5 Correlation diagram of averages of tonnages and grades for principal gold fields in Japan.



第6図 平均品位と累積鉱量の関係図

Fig. 6 Relationship of average grades and cumulative tonnages.

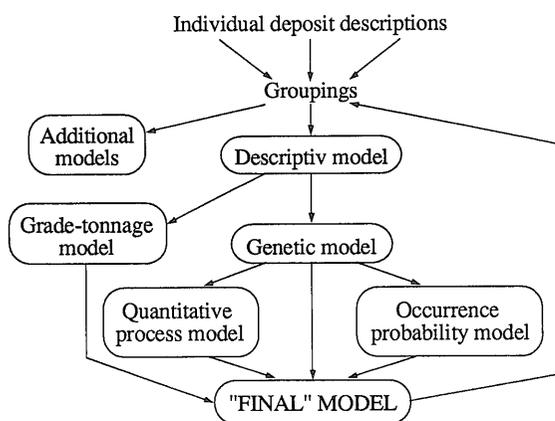
のプロットを行ってみた。プロットの方法は次のとおりである。鉱脈のデータを品位の高い順にソーティングする。横軸に平均品位、縦軸に累積鉱量をとることにする。

累積鉱量については品位の高い順に鉱量を累積し、その対数をとった値、平均品位についてはその累積した鉱量に対する平均品位を計算して、平均品位の高い順から順

次プロットする。この手続きで得られたグラフは第6図に示すとおりである。この図から分かるように金鉱脈の平均品位-累積鉱量(対数)はLaskyの関係にない。すなわち下に凸の形で、線型関係からずれている。Laskyの関係からずれる原因としては(1)金鉱床自体がグラフで下に凸になる性質をもっている。あるいは(2)データのサイズ単位を鉱山より小さな鉱脈というサイズを採用したためなどが考えられる。品位、鉱量のデータを鉱山という大きなサイズに求めた場合、実際どのようなグラフが描けるかは分からないが、鉱量・品位データが由来している物理単位の大きさはグラフの形に重要な影響を与える(Harris, 1984)。一般的にデータのサイズが小さくなるほど品位の分散が大きくなり、直線関係から下に凸に大ききずれていくことになる。したがってデータの単位サイズを鉱脈の集合体である鉱山にとれば、品位分散が小さくなり、第6図のグラフより直線に近づく可能性がある。どちらにしても金の鉱脈データはLaskyの関係にないということである。Laskyの関係式から地殻の元素存在度を推定した例はあるが(Singer and DeYoung, 1980)。今回のグラフではLaskyの関係からずれているためデータの記述のみにとどめる。

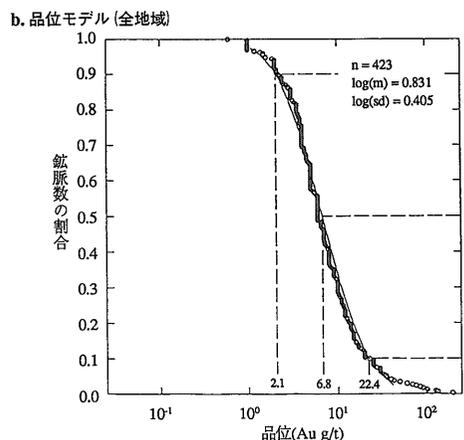
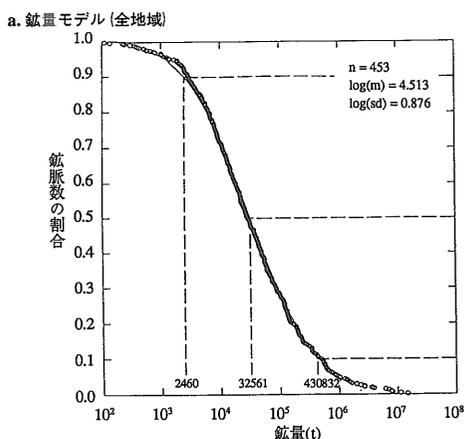
4.4 品位-鉱量モデル

品位-鉱量モデルは鉱床モデルの1つであるが、その利用の目的とするところは鉱床の探査と開発、供給ポテンシャルの見積り、土地利用などである(Cox and Singer, 1983; 古宇田, 1987)。鉱床モデルにおける品位-鉱量モデルの位置づけを第7図に示す。まず、個々



第7図 各々の鉱床モデルの関係図
Fig. 7 Relationship of various deposit models.

の鉱床について現在の情報・知識により鉱床タイプごとのグループ分けを行う。それぞれの鉱床タイプには記載モデルが与えられる。記載モデルに基づき、いろいろな観点や目的に従って鉱床モデルが作られ、最終的に“最終”モデルへ統合される。品位-鉱量モデルはこの過程で“最終”モデルへ向かってバイパス的役割を果たす。つまり成因や産状モデルが多少変更されようとも、品位-鉱量モデルへの影響はほとんどない。鉱床タイプによるグループ分けが出来た時点で、品位-鉱量モデルは作られるわけである。もし“最終”モデルからフィードバックしてグループ分けの検討が行われたり、新しい鉱床情報が追加されたとしたら、品位-鉱量モデルも若干修正されよう。しかし品位-鉱量モデルが将来大幅に直され



第8図 日本における含金鉱床の品位と鉱量モデル
(a) 鉱量, (b) 品位
Fig. 8 Grade and tonnage models of gold-bearing deposits of Japan; (a) tonnage, (b) grade.

第3表 日本における含金鉱脈鉱床の地域別概要

Table 3 Summary of gold-bearing vein-type deposits in Japan.

地域	主要 鉱床	生成時期	品位-鉱量関係図による中央値	
			鉱量 (t)	品位 (Au g/t)
北見地域	鴻之舞、瑠璃、沼ノ上	中～後期中新世	21,926	5.3
西南北海道	千歳、手稲、静狩、轟	鮮新世～更新世	59,648	4.9
北上	大谷、神宮、興北	後期白亜紀	10,027	12.9
福島	高玉、高旗、半田	後期中新世	34,669	6.8
佐渡	佐渡	前～中期中新世	88,146	5.4
伊豆	清越、土肥、蓮華寺、持越	鮮新世～更新世	51,532	6.3
但馬	竹野、中瀬、沖ノ浦	中期中新世	24,332	6.1
日田	鯛生、馬上	鮮新世～更新世	64,480	10.1
鹿児島	串木野、山ヶ野、大口、菱刈	鮮新世～更新世	68,977	5.7
全域			32,561	6.8

ることはまずないと考えられる。

USGS はよくわかっている 3900 以上の鉱山 (鉱床) について、以前の採鉱データをもとにして 60 の品位-鉱量モデルを作成した (Cox and Singer, 1986)。品位-鉱量モデルは鉱床タイプを比較したり、データを見やすいようにグラフ形式で表示してある。横軸に品位あるいは鉱量を取り、縦軸に累積鉱床数を取る。実際には後者は全鉱床数が 1 になるように規格化する。鉱床タイプの比較が容易になるように同種鉱床には同じスケールを採用する。横軸スケールには常用対数を取る。各プロット (点) は 1 つの鉱山 (鉱床まれに地域) を表わし、昇順で累積していく。さらに、プロットの点列にフィットするスムーズ曲線が引かれ、90, 50, 10 のパーセントイルのところには横線、縦線が引かれている。スムーズ曲線は常用対数正規分布に合うように描かれている。また、グラフに用いた鉱床数は右上に記されている。前述したように USGS の品位-鉱量モデルではプロットの単位を 1 つの鉱山に対応させている。鉱山を単位におく場合、いくらかの人為的要素 (国別のコストや採掘方式の相異、会社の規模、鉱区範囲などの問題) が混入してくる。もう少し天然産状に基づいたデータがあれば、資源評価により客観性が得られるであろう。例えば今回のように金銀鉱脈型鉱床に限って言えば、1 つ 1 つ鉱脈を単位においた品位-鉱量モデル (第 8 図 a, b.) はより天然の産状を反映したモデルとなるであろう。

4.5 主要な鉱床地域の品位-鉱量モデルの比較

理論埋蔵鉱量から眺めると、1 鉱脈当たりの鉱量の中央値が最も大きいのは鹿児島地域 (69,000 トン) である (第 3 表)。この地域には串木野、山ヶ野など比較的大規模な鉱脈が多いことによる。なお、新しく発見され、開発中の菱刈鉱山の鉱脈は未だそれらの全貌が明らかになっていないため、これに含まれていない。日田地域及

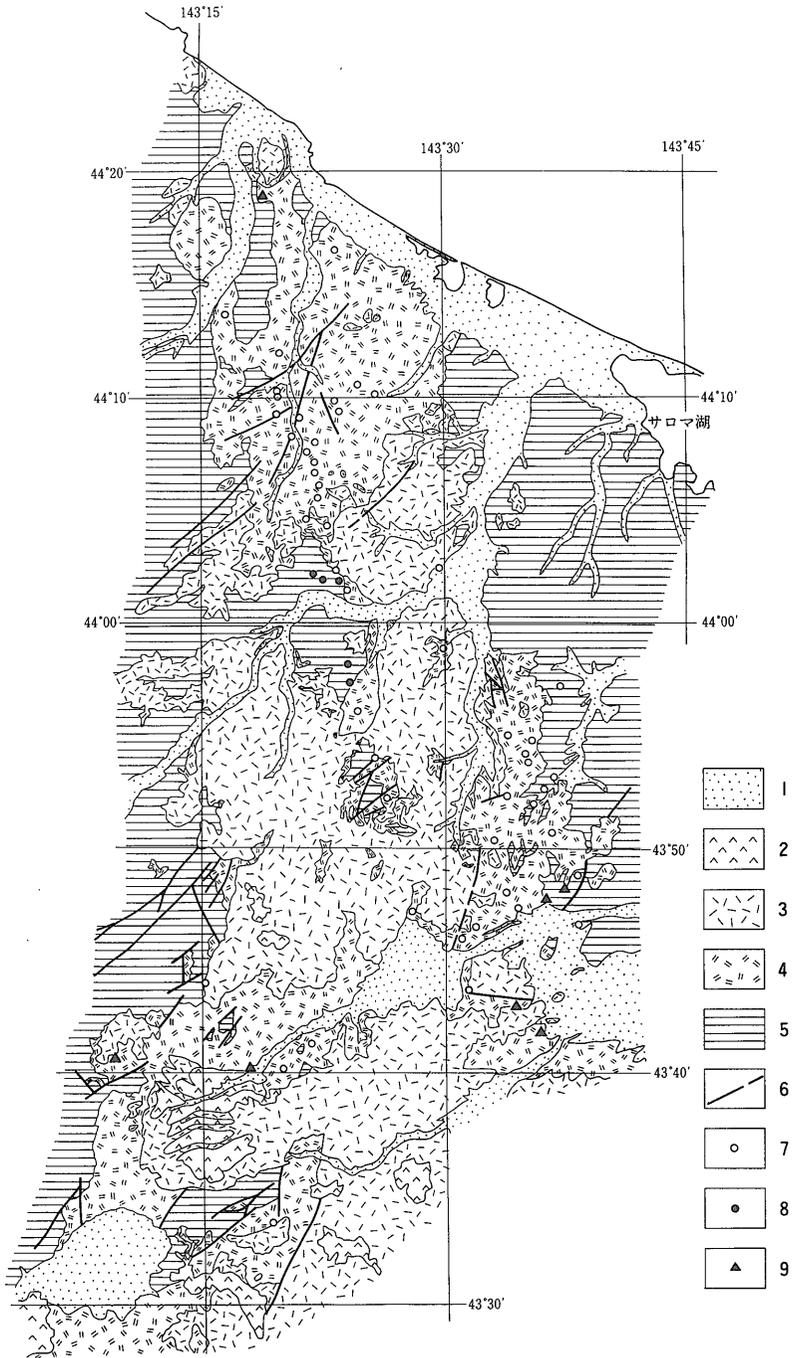
び西南北海道地域がこれに次いでおり、中央値はそれぞれ 64,480 トンと 59,600 トンである。前者には鯛生鉱床が、後者においては千歳、手稲、轟鉱床など比較的大規模の大きい鉱脈を有する鉱床の寄与が大きい。佐渡地域にも規模の大きい鉱脈があるもののサンプル数が少ないので除外した。一方、鉱床密集地域でありながら、北上及び日光地域の鉱脈規模は小さい。とくに、北上地域の鉱床は中央値 10,000 トンであり、大規模鉱脈があまり多くない。

金品位から見ると北上 (12.9 g/t Au)、日田 (10.1 g/t Au) が全国の中央値 (6.8 g/t Au) より高い。一方、大規模鉱脈の多い北見、西南北海道及び鹿児島地域は 4.9~5.7 g/t Au と低い中央値を示す。大規模鉱脈に属するのは鴻之舞倶知安内 5 号 (1,300 万トン)、串木野 1 号 (812 万トン)、佐渡青盤脈 (787 万トン) などであるが、いずれも全国金品位の中央値を下回っている。しかし大規模鉱床では一般に平均品位が低いとはいうものの部分的に高品位部が存在し、全体の含金量は極めて多い。鴻之舞倶知安内 5 号脈では 54.6 トン Au、1,200 トン Ag を、串木野 1 号脈は 47.2 トン Au、495 トン Ag を、また、佐渡青盤脈は 47.2 トン Au、472 トン Ag をそれぞれ埋蔵していたこととなり、これら 3 鉱脈だけでも 137.5 トン Au、2,167 トン Ag が計上される。

5. 北見地域金銀鉱床のポテンシャル評価

5.1 地質の概要

北見地域の地質は 20 万分の 1 地質図幅「北見」(山口, 1970) 及び「紋別」(佐藤・山口, 1983) に基づいて第 9 図のようにまとめることができる。また、それらと 5 万分の 1 地質図 (山田ほか, 1963; 野地ほか, 1967; 八幡ほか, 1988) 及び興水・金 (1986, a・b・c) などに基づいてこの地域層序を第 4 表のように概括した。



第9図 北見地域の地質と鉱床分布図(山口, 1970 及び佐藤・山口, 1983 から編集)

1. 第四紀堆積物, 2. 第四紀火山岩類, 3. 後期中新統-鮮新統(社名淵層, タウシュベツ層, トムイルベシベ層, 置戸層), 4. 前期~中期中新統(鴻之舞層, 幌加層, 上支湧別層, 古期流紋岩類, 変朽安山岩類, 安山岩, デイサイト), 5. 白亜系(日高累層群, 湧別層群, 佐呂間層群, 仁頃層群), 6. 断層, 7. 金銀鉱床, 8. 銅・鉛・亜鉛鉱床, 9. 水銀鉱床

Fig. 9 Geology and mineral deposit distribution of the Kitami area.

第4表 北見地域の第三系層序対比表

Table 4 Stratigraphic correlation of Neogene Tertiary in the Kitami area.

地質時代	地域		20万分の1地質図幅		鴻之舞・沼の上地域		
	丸瀬布北部	上支湧別 北見富士	北見	紋別			
第四紀	新第三紀	鮮新世	武利・本流・白滝・無加溶結凝灰岩			社名淵層	
		後期	社名淵層	石北峠溶結凝灰岩	クウシュベツ, トムイルベシベ		社名淵層
		中期	留辺層	トムイルベシベ層	幌加層 津別層 生田原層	鴻之舞層群	鴻之舞層群
			溪別層	北見富士層II			
		前期	鴻之舞層	北見富士層I	上支湧別層	上支湧別層群	
		白亜紀	日高果層群	湧別層群	日高果層群	湧別, 佐呂間, 仁頃層群	日高果層群
文献	八幡ほか, 1988	興水・金, 1986a	山口, 1970	佐藤・山口, 1983	通商産業省, 1969		

先第三系：北見地域の基盤をなす日高果層群はジュラ-白亜系の海成堆積物及び塩基性火山岩類から成る。東部及び南部には湧別層群，仁頃層群及び佐呂間層群（寺岡ほか，1973）が，その西には神威層群，中の川層群（長谷川ほか，1961）がおおむね NNE-SSW 方向の伸びをもって分布する。

新第三系：紋別-湧別からはほぼ南へ延びて発達するが，それらは①基本的には NE-SW 系の多くの断裂に沿って火山岩類が貫入，噴出したもので，全体としての分布は南北方向であった（舟橋，1980）とする見方，あるいは②日高果層群中の N-S 系の断裂に沿った沈降と，それに伴う火山活動によって形成されたとする考え方（興水・金，1986. a）もある。いずれにしても，北見地域のグリーンタフは 30-40 km の幅で，N-S 方向へ 100 km も延長して分布する。

鴻之舞層（群），北見富士層（I），幌加層などは安山岩類，デイサイト，流紋岩，砂岩，頁岩，凝灰岩を主とし，北見地域グリーンタフの最下部を構成するとともにこの地域の金銀鉍床の主要な母岩となっている。

社名淵層，トムイルベシベ層，北見富士層（II）は安山岩質，デイサイト質及び流紋岩質の溶岩，火砕岩，溶結凝灰岩と砂岩，泥岩から成る後期グリーンタフとして区別でき，その活動期はフッシュントラック年代測定により 9~6 Ma と考えられる（興水・金，1986, a・c）。鴻之舞鉍山付近の社名淵層は基底礫岩，泥岩，凝灰岩を主とする下部層と砂岩，シルト岩，頁岩，凝灰岩，凝灰角礫岩から成る上部層とから構成され，流紋岩，安山岩及び玄武岩などの活動を伴っている（通商産業省，1969）。

第四系：礫，砂及び粘土から成る留辺薬層，段丘堆積

物及び沖積層から構成される。

5.2 鉍床の分布と生成時期

北見地域は新第三紀東北海道鉍床区中部亜区に含まれ（地質調査所，1967），銅-鉛-亜鉛，金-銀及び水銀鉍床が多数賦存している。金銀鉍床としては鴻之舞，沼の上が，銅鉛亜鉛鉍床では北見，瀬戸瀬が，水銀鉍床ではイトムカ，竜昇殿などがその代表的な鉍床である。

これらの熱水成鉍床はいずれも日高果層群及び新第三紀中新世中期の堆積岩・火山岩層を母岩とし，それらの裂隙を充填した鉍脈あるいは鉍染状の産状を示している。

鉍化作用は一部の金，銀及び水銀鉍床を除き，大半が中新世中期の鴻之舞層群，北見富士層（I），幌加層，生田原流紋岩をはじめとする古期流紋岩類及び古期安山岩類中で著しく，中新世後期~鮮新世のグリーンタフ中ではあまり著しくない。この地域における同位体年代測定データでは鴻之舞，生田原鉍床が 11~12 Ma，隆尾，武華鉍床が 6~7 Ma，であるとされ（前田，1988；久保田，1988），さらに，興水・金（1986, a・b・c）によるフッシュントラック年代測定データなどから，これらの金属鉍化作用は中新世中期末から後期にかけて生じたものと考えるのが妥当であろう。

つまりこの地域の銅-鉛-亜鉛，金-銀及び水銀鉍床は一連の鉍化期の産物である。鉍床は鴻之舞付近及び生田原付近に集中的に分布し，地域南部付近にも春富鉍床を南限として，まばらではあるが，いくつかの鉍床が分布する。

一方，地質構造上から，この地域にいくつかのベースン構造とその中に小規模ドーム構造を推定し，金銀鉍床はそれぞれの縁辺部に，水銀鉍床はさらにそれらの周辺

域に発達するという考え方も提出されている (例えば, 地質調査所, 1967)

5.3 鉍床生成モデル

金銀鉍床, とくに浅熱水性含金銀鉍床の生成モデルについては, Berger (1985) による温泉型貴金属鉍床生成モデル, Henley and Ellis (1983) の地熱系における熱水の流動と混合, 沸騰モデル, Hedenquist (1987) の火山作用に関連した地熱熱水系と金鉍化作用モデルが提案されている. 一方, Cox and Singer (1986) はそれまでの生成モデルを基にして, 浅熱水性金銀鉍床を温泉型, クリード型, カムストック型, 佐渡型及び石英-明礬石型に分類し, それぞれに関する鉍床の品位-鉍量モデルを提示した.

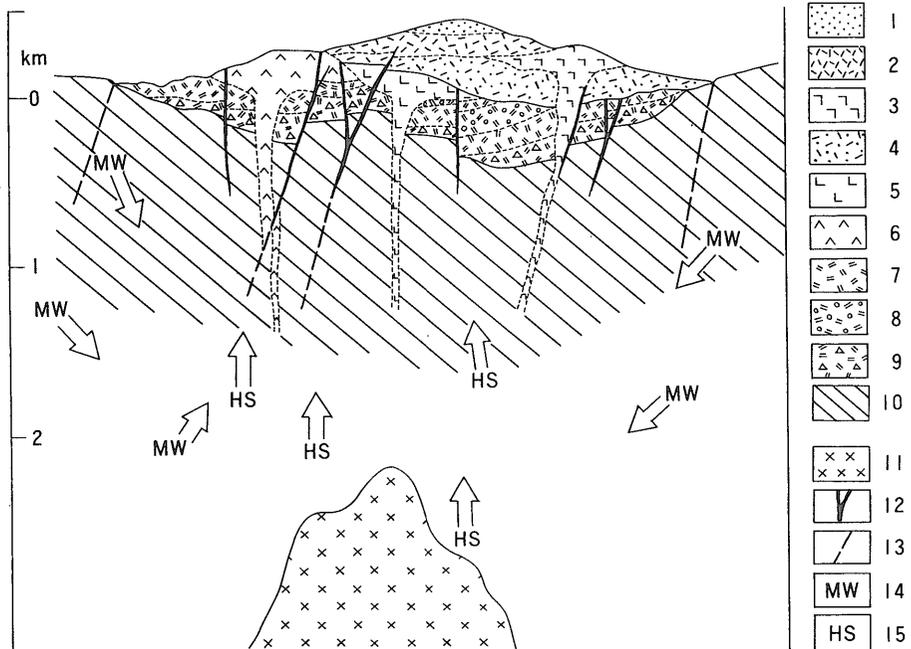
わが国の個々の浅熱水性金銀鉍床あるいは地域別鉍床記載や成因論は極めて多いが, その生成モデルについては, 例えば井沢 (1985) による地熱系モデルに基づく検討及び Ishihara *et al.* (1986) の菱刈鉍床生成モデルのほか最近では Aoki (1989) による恐山地熱系における鉍床生成モデルも注目すべきである.

北見地域の金銀鉍床は主として中新世中期の早期グリ

ーンタフあるいは安山岩や流紋岩中の割れ目を充填して生成されており, それらは中新世後期及び鮮新世の火山-堆積岩類によって被覆される. 鉍脈の多くは NE-SW 系と NW-SE 系に属しているが, これら裂力系は剪断性的のものであり, 広域的には渡辺 (1986) が指摘しているように ESE-WNW 方向の圧縮応力によると考えられる.

鉍脈数は鴻之舞及び沼の上鉍山鉍区内だけでも 40 脈以上が判明している. そのうち, 最大規模の鉍脈は鴻之舞鉍山 5 号 (倶知安内 5 号) 及び 8 号脈 (同 8 号脈) などである. 5 号脈では走向延長 2,100 m, 傾斜延長 560 m が確認されている (通商産業省, 1969). これら主要鉍脈の下限は垂直深度, 最大約 500 m であることから, 鉍床の富鉍部は少なくとも地表から -500 m 付近までと考えられる (高島, 1954; 近藤ほか, 1969). 一般にこれらの含金銀石英脈はプロピライト化, 緑泥石化変質帯中において, 鉍脈には水長石, セリサイト, 方解石などを普遍的に伴う.

これまでに述べた, 鉍床の産状から, この地域の鉍床生成モデルは以下のように設定することができる (第 10



第 10 図 北見地域含金銀鉍脈鉍床の生成モデル

1~4: 後中新世~更新世火山-堆積岩類, 5: 流紋岩, 6: 安山岩, 7~9: 中中新世 火山-堆積岩類 (グリーンタフ), 10: 基盤岩, 11: 推定される貫入岩, 12: 金銀鉍床, 13: 断層, 14: 天水, 15: 熱水

Fig. 10 Schematic model of gold-bearing deposits of the Kitami area.

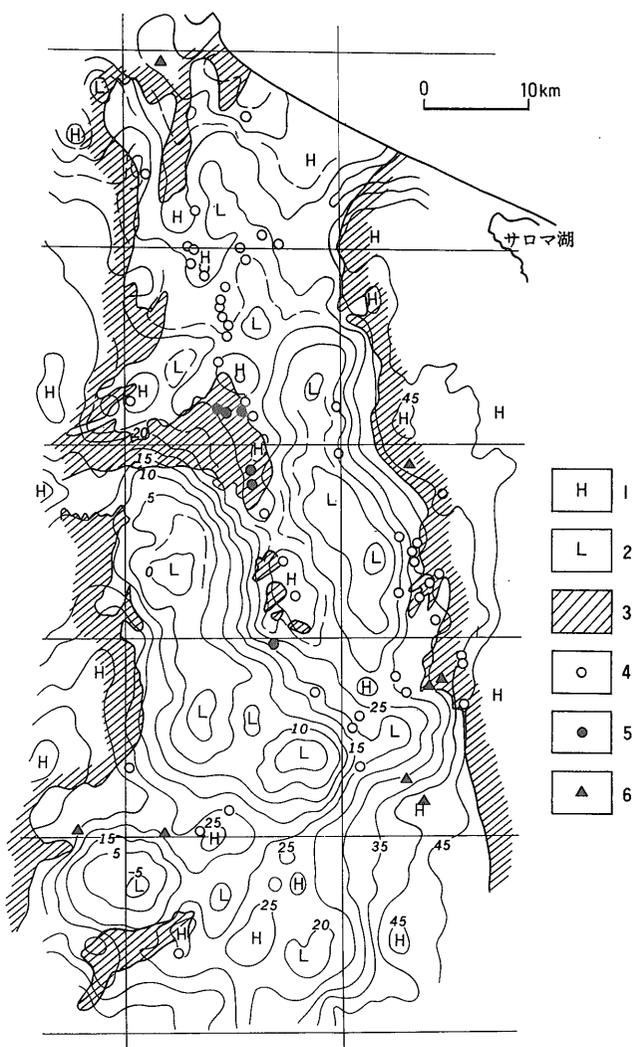
図).

- 1) 鉱床を主として胚胎している早期グリーンタフは中新世中期の海底火山活動により堆積した。
- 2) 早期グリーンタフ堆積期の後半には部分的に基盤岩の隆起があり、各所に断層を伴ったブロック化が行われ、古期安山岩～流紋岩質が貫入・噴出した。
- 3) 金銀鉱化作用は早期グリーンタフをもたらした潜在貫入岩、古期安山岩～流紋岩の活動に関連する。
- 4) 鉱化作用の末期あるいはその終了後に後期グリー

ンタフ(社名測層など)が堆積した。この時期の火山活動には顕著な鉱化作用は認められない。

5) この地域には銅-鉛-亜鉛、金銀及び水銀鉱化作用が生じ、各ブロックごとに不完全ながら銅・鉛・亜鉛→金・銀→水銀という帯状分布がみられる。

6) 銅-鉛-亜鉛鉱化作用は日高累層群中で著しく、金銀鉱化作用は一部で日高累層群中の割れ目を充填したものもあるが、大部分は鴻ノ舞層群、北見富士層(I)、生田原流紋岩類中に生成する。



第11図 北見地域の重力異常図(新エネルギー総合開発機構, 1983による)

1. 高異常, 2. 低異常, 3. 基盤岩類(日高累層群), 4. 金銀鉱床, 5. 銅・鉛・亜鉛鉱床, 6. 水銀鉱床

Fig. 11 Gravimetric anomaly map of the Kitami area.

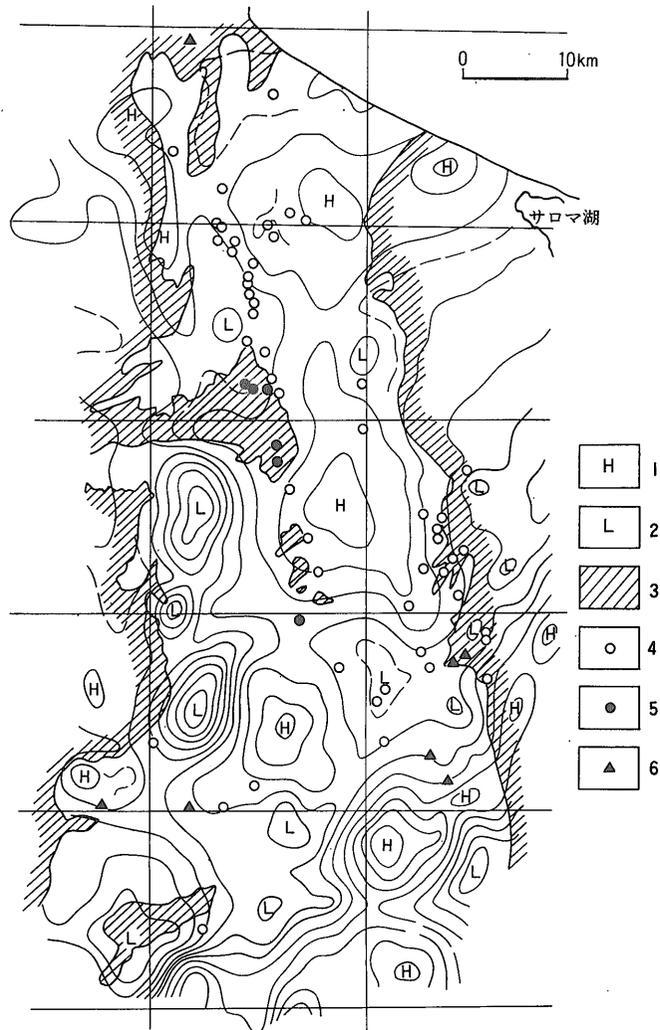
7) 金銀を沈澱した熱水は鉱脈に伴う鉱石鉱物及び変質鉱物から、還元硫黄系 (Hedenquist, 1987) であったと考えられる。

8) 還元硫黄系流体が上昇し、地表付近で混合や沸騰を生じると、CO₂の気相への分配が急激で、溶液のpHが上昇し (例えば Matsuhisa, 1986), Auの沈澱と共に氷長石、方解石も晶出する。このような部分が金銀鉱床の富鉱部に相当するものと思われる。

5.4 鉱床賦存予測

5.4.1 潜頭鉱床胚胎の可能性

主要な鉱床母岩である早期グリーンタフは鴻之舞鉱床群、生田原-留辺蘂鉱床群、瀬戸瀬-矢矧、北見富士及び春富鉱床周辺地区に分布している。既存のこれら鉱脈は北見、瀬戸瀬などの銅、鉛、亜鉛鉱脈鉱床を含め、いずれも露頭部から探鉱・開発が行なわれたものであり、その母岩は基盤の日高累層群及び早期グリーンタフ期相当層である。地質構造上の位置からみれば、基盤岩隆起部



第12図 北見地域磁気異常図 (新エネルギー総合開発機構, 1982による)

1. 高異常, 2. 低異常, 3. 基盤岩類 (日高累層群), 4. 金銀鉱床, 5. 銅・鉛・亜鉛鉱床, 6. 水銀鉱床
 Fig. 12 Magnetic anomaly map of the Kitami area.

第5表 北見地域で期待される鉱脈数

Table 5 Expected gold-bearing veins in the Kitami area.

地区	鉱床賦存面積(km ²)	期待鉱脈数(本)	鉱床賦存ポテンシャル
鴻ノ舞南部	105.6	14	高い
生田原西部	185.2	24	
矢矧西部	99.2	13	
春富北部	132.4	17	
その他地区	318.0	41	低い
計	840.4	109	

算出式

鉱床賦存面積¹ × 分布密度係数² = 期待鉱脈数

¹. 後期グリーンタフが前期グリーンタフを被覆している面積(km²)

². 前期グリーンタフ中に賦存が確認された鉱脈数(走向延長100m以上)を前期グリーンタフの露出面積で除した値であり、単位面積あたりの鉱脈数(0.1276本/km²)である。

及び周辺部に発達している鉱床として鴻之舞鉱床群の三王、5号、8号脈、北見及び弓削銅、鉛、亜鉛鉱床などがある。また、鴻之舞住吉、元山、藤島などの鉱脈群はその南部延長と推定される基盤のドーム状隆起部の東側に発達した割れ目を充填したものと考えられている(通商産業省, 1969)。鉱床胚胎層準である早期グリーンタフ期相当層を被覆する後期グリーンタフ相当層及び鮮新統などは、この地域の中部から南部にかけて広く分布する。すなわち、鴻之舞鉱床群南東部、生田原西部、丸瀬布北部・南部(矢矧西部)及び北見富士南部周辺(春富北部)などの地区である。これらの地区はいずれも比較的規模の大きい負の重力異常域であって(第11図)、やや厚い堆積物の存在が予想される。既存の鉱床の位置と重力異常の関係では鴻之舞鉱床群及び生田原鉱床群周辺部において、小規模な正の異常部と極めてよい一致が見られる。

例えば、北薩地域における正の重力異常と鉱床の一致(Okubo and Okuma, 1987; 久保田, 1987)は小規模な基盤の隆起とそれに伴う貫入岩体による鉱化作用とを関連させている。

一方、空中磁気図(第12図)では、グリーンタフ分布域内において、沼ノ上から生田原西方にかけて、ほぼ南北に連なる著しい正の異常域があり、また北見富士の北東においても高い正の異常から認められる。地域南東端では北東-南西方向に延びる極めて顕著な正の異常域がみられるが、これは基盤岩の塩基性火山岩に由来するものと考えられる。

空中磁気図にみられる正の異常域は塩基性火山岩などの基盤岩に由来するものを除けば、石英閃緑岩質岩体の伏在の可能性を暗示し、既存の金銀鉱脈はそれぞれの岩

第6表 北見地域の含金銀脈鉱床のポテンシャル

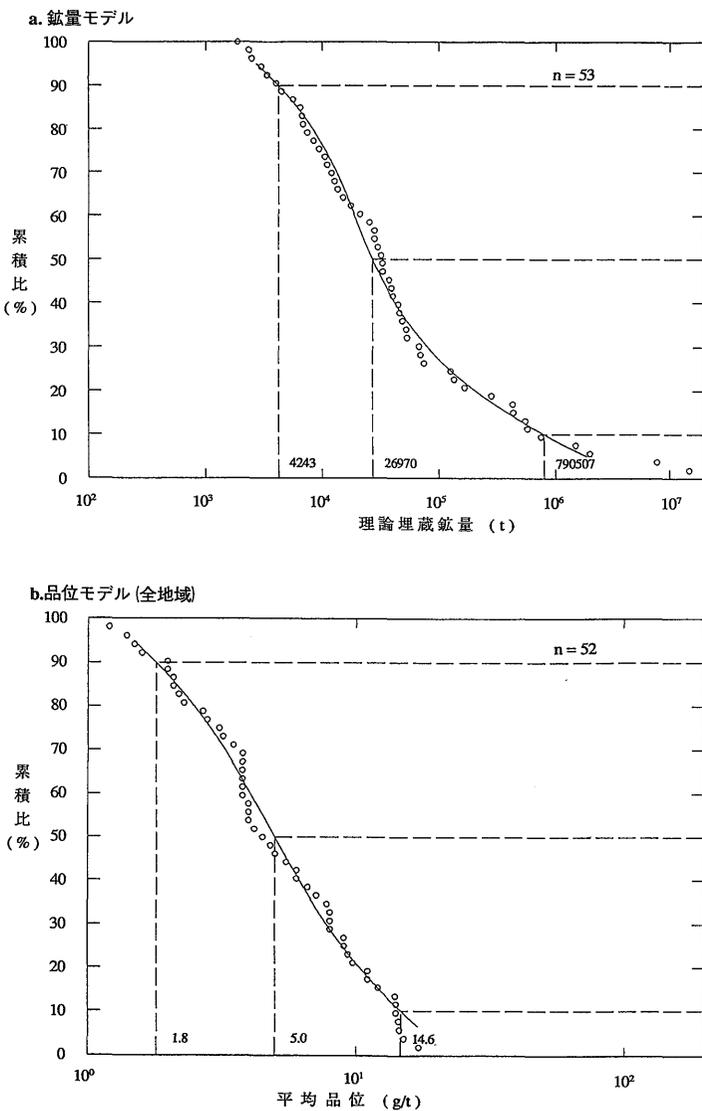
Table 6 Potential of gold-bearing vein in the Kitami area.

		鉱脈数 (本)	鉱量 (t)	品位 (Au g/t)	含金量 (Au kg)
高ポテンシャル地区	大規模鉱脈 (比率:20%)	14	11,067,098	5.0	55,335
	中規模鉱脈 (比率:60%)	40	1,078,800	5.0	5,394
	小規模鉱脈 (比率:20%)	14	59,402	5.0	297
	合計(100%)	68	12,205,300	5.0	61,026
その他の地区	大規模鉱脈 (比率:20%)	8	6,324,056	5.0	31,620
	中規模鉱脈 (比率:60%)	25	674,250	5.0	3,371
	小規模鉱脈 (比率:20%)	8	33,944	5.0	170
	合計(100%)	41	7,032,250	5.0	35,161
総計		109	19,237,550	5.0	96,187

体の周辺部において発達していると解される。すなわち、沼ノ上付近の岩体は沼ノ上、鴻之舞鉱床群を、生田原西方の岩体はその東部で生田原鉱床群を、北部では隆尾鉱床を、南西部では矢矧鉱床をそれぞれもたらしたと考えられる。

以上の地質的、地球物理的データなどから、この地域において後期グリーンタフ及び鮮新統が早期グリーンタフ相当層を覆って発達し、かつ、鉱床潜在の可能性のある地区は以下に示すとおりである(第13図)。

1) 既存の鉱床生成の密度から、最もポテンシャルが高いと予想される地区; 鴻之舞南東部、生田原西部



第14図 北見地域の品位-鉱量モデル (a) 鉱量, (b) 品位
 Fig. 14 Grade-tonnage model of the Kitami area ; (a) tonnage, (b) grade.

2) 既存の鉱床は少ないが地質構造などからポテンシャルのあると予想される地区; 矢矧西部地区及び春富北部地区

5.4.2 予想される鉱床量

北見地域における金銀鉱脈鉱床のポテンシャルを予想するにあたり, 以下の仮定をおいた。

1. 含金銀鉱脈鉱床は前期グリーンタフ(中新世中期)中に賦存し, 後期グリーンタフ及び第四紀(中新世後期

~更新世)には生成していない。

2. 先新第三系(基盤岩類)中に生成した鉱床はごく少数であるが存在する。それらの鉱脈は前期グリーンタフ中に賦存するものとした。

3. 鉱脈は鴻之舞-沼ノ上地区及び生田原地区に密集分布し, その他の地区では比較的まばらである。このような鉱床分布密度の相違についてはとくに考慮せず, 鉱床は前期グリーンタフ中に均一に分布するものとして

「分布密度係数」を算出した。

4. 賦存が期待できる地区は新期グリーンタフが前期グリーンタフを覆って発達し、かつ貫入岩の伏在が推定される地区を高いポテンシャル地区とし、貫入岩の存在が不明な範囲を低いポテンシャル地区とした。

以上のいくつかの仮定に基づいて、鉍床の「分布密度係数」に各ポテンシャル地区の面積を乗じることによって、各地区における期待鉍脈数(第5表)及び鉍量・含金量(第6表)を算出した。1鉍脈あたりの鉍量及び平均品位は第14図a, bの北見地域の品位-鉍量モデルに基づいた。

期待鉍脈数の合計は109(第6表)で、そのうち68は極めてポテンシャルの高い地区からのものである。比較的ポテンシャルの低い地区からは41の鉍脈が算出された。ポテンシャルの高い地区に予想される68鉍脈の総鉍量は約1,200万トンで含金量は約61トンである。この計算では金品位5.0g/tを採用した。全国の品位-鉍量関係では鉍床規模と品位が、多少負の相関を示しているものの、北見地域ではそれほど著しい逆相関がみられないためである(第5図)。68鉍脈のうち、20%に相当する14本の鉍脈では1鉍脈当たり約79万トン以上の鉍量を有することが第14図aから推定できる。既存の鉍脈データ(74鉍脈)からの鉍量モデルの中には、例えば鴻之舞鉍山倶知安内5号脈のように理論埋蔵鉍量が1,300万トン(4.9g/t Au)に達する極めて大規模な鉍脈や、住吉脈のような鉍量198万トン(7.8g/t Au)の規模を有し、比較的品位の高いものも存在する。第6表に示したような高いポテンシャルを有する地区のうちで、20%に相当する14鉍脈の中には倶知安内5号や住吉脈のような大規模鉍床が存在する可能性も持っている。したがって、高いポテンシャル地区の埋蔵鉍量の合計が68鉍脈で1,200万トン含金量61トンという予想はこの地域のポテンシャルの高さを如実に示している。一方、比較的低いポテンシャルを示す地区では41鉍脈が期待できる。鉍量の合計は約700万トン、含金量は35トンである。北見地域全体では鉍量約1,900万トン、含金量96トンとなり、これまでに産出した量を上回るポテンシャルを、なお保有しているといえる。

6. ま と め

我が国の金鉍床は主にグリーンタフ地域に賦存し、8世紀頃から開発が進められ、これまでに500ヶ所以上の鉍山が知られている。金生産量の多い地域として、鹿児島、佐渡があり、北見地域がこれに続いている。筆者らは金銀鉍床のポテンシャルティ評価のため、各鉍脈ごと

の鉍量、品位などに関する資料の蓄積と解析を進めてきている。それによるとわが国の金銀鉍脈鉍床の個々の鉍脈に関する平均的イメージとして、理論埋蔵鉍量の中央値は32,000t、金品位は6.8g/tである。しかし、中にはいくつかの大規模な鉍脈があって、その埋蔵鉍量は1,000万t以上に達するものがある。ここで収集した鉍脈データは多くの公表資料に基づくものであるが、中〜大規模鉍床でありながら、データが公表されていないものや開発の歴史が古いため入手不能なものも多い。

本報告では開発の歴史が浅く鉍床データが比較的そろっている北見地域をポテンシャルティ評価の研究対象として採りあげた。

全国の鉍量・品位の頻度分布から、それらが対数正規分布で近似できることから、北見地域の鉍脈の理論埋蔵量中央値は26,970t、全鉍脈のうち10%は790,000t以上の理論埋蔵量をもつことが明らかとなった。一方、地質、鉍床及び重力、空中磁気データから、この地域の鉍床は早期グリーンタフ(中新世中期)堆積後のマグマ活動により生成したと推定され、その潜在的な鉍床ポテンシャル地区の抽出が可能となった。鉍脈分布密度係数とこの地域の鉍量・品位モデルに基づいて理論埋蔵鉍量約1,900万トン、品位5.0g/t、金量約96tの鉍床賦存ポテンシャルが算出された。このポテンシャルティは既存データのみを基として検討されたものであり、評価の手順や過程などにいくつかの問題点を残している。したがって、今後は、既存の鉍床データの収集、とくに、より正確なデータに基づく統計的及び鉍床学的解析法の開発が必要であろう。

謝辞：本研究を行うにあたり、鉍物資源部中嶋輝允課長、須藤定久主研には地質構造及び資源評価についての討論を、同部松久幸敬課長(現地熱部部長)及び青木正博主研から金鉍床生成メカニズムに関する教示と助言をいただいた。また、地質部寺岡易司課長(現広島大学)には基盤岩層序と構造について、同部加藤碩一主研(現国際地質課長)には新第三系の層序の文献についてご教示をいただき、北海道支所渡辺寧技官(現鉍物資源部主研)からはテクトニクスと金鉍化作用との関連性について、北見工大前田寛之博士から鉍床生成期に関する討論と資料の提供を賜った。地殻物理部大久保泰邦主研及び大熊茂雄主研にはデータの提供ならびにその解釈についてご教示いただいた。さらに、住友金属鉍山株式会社茨木謙三及び高岡秀俊両氏をはじめとして、鉍床形成の場についての討論と貴重な資料の提供をいただいた。

本報告をまとめる際、以上の諸氏をはじめ多くの方々

から熱心な討論, 助言あるいはご教示を賜ったことを記し, ここに深甚の謝意を表する次第である。

文 献

- Aoki, M. (1989) An active gold mineralization in evolving volcanogenic hydrothermal system in Osorezan. *The workshop on the expioration of epithermal gold, ESCAP, in Tsukuba, Japan*, 6 p. (abstract).
- Berger, B.R. (1985) Geologic-geochemical features of hot spring precious-metal deposits in geologic characteristics of sediment- and volcanic-hosted disseminated gold deposits-Search for an occurrence model. *U.S. Geol. Surv. Bull.* 1646, p. 47-53.
- Boyle, R.W. (1979) The geochemistry of gold and its deposits. *Geol. Surv. Canada, Bull.* 280. 584 p.
- 地質調査所(1955) 日本鉱山誌 B-1-a, 主とし金属原料となる鉱石 金銀その他. 408 p.
- (1967) 北海道金属非金属鉱床総覧. 575 p.
- (1980) 全国金属鉱山基礎資料集. 第1巻 東北日本, 地調報告第260号, 別冊1, 310 p.
- Cox, D.P. and Singer, D.A., eds. (1986) Mineral deposit models. *U.S. Geol. Surv. Bull.*, 1693, 379 p.
- Ellis, J.R., Harris, D.P., and Van Wie, N.H. (1975) A subjective probability appraisal of uranium resources in the state of New Mexico. *Open File Rept.* GJO-110 (76). US Energy Research and Development Administration, Grand Junction, Colorado.
- Harris, D.P. (1984) Mineral resources appraisal. Clarendon Press, Oxford, 445 p.
- 舟橋三男(1980) 構造史的にみた北海道, 北海道の地質と資源. 60万分の1北海道地質図説明書. 北海道地下資源調査所, p. 85-113.
- 長谷川潔司・小山内熙・鈴木 守・松下勝秀(1961) 北海道中軸地帯の先エゾ層群—地質区分の提案—. 北海道地下地源調査報告, no. 25, p. 108-115.
- Hedenquist, J.W. (1987) Volcanic-related hydrothermal sysems in Circumpacific basin and their potential for mineralization. *鉱山地質*, vol. 37, p. 347-364 (松久幸敬訳).
- Henley, R.W. and Ellis, A.J. (1983) Geothermel systems, ancient and modern. *Earths Science Reviews*, vol. 19, p. 1-50.
- Ishihara, S. (1986) Gold abundance of Japanese rocks; A preliminary result. *鉱山地質*, vol. 36, p. 407-410.
- 石原舜三・桑田 賢・内海 茂(1988) 白亜紀-古第三紀花崗岩類に伴う鉱床の鉱化年代, 1987年における総括. *地調月報*, vol. 39, p. 81-94.
- 磯部 清(1987) 珊瑚鉱山, 日本の金銀鉱床. (未公表資料)
- 伊沢英二(1985) 浅成金銀鉱床の変質帯と粘土鉱物地熱系モデルによる検討. 日本の金銀鉱石, 第三集, 日本鉱業会, p. 133-154.
- Izawa, E. and Urashima, Y. (1987) Geology and tectonic setting of the epithermal gold and geothermal areas in Kyushu. *Gold deposits and geothermal fields in Kyushu, Guidebook 2*, The Society of Mining Geologists of Japan p. 1-12.
- 伊沢英二・浦島幸世・大久保義和(1984) 南薩型金鉱床の生成時期—春日, 岩戸, 赤石産明ばん石の K-Ar 年代. *鉱山地質*, vol. 34, p. 43-352.
- 兼平慶一郎(1980) 火成作用と鉱床. *地球科学* 15, 勘米良・橋本・松田編, 岩波, p. 303-323.
- 古宇田亮一(1987) 鉱床モデルと資源解析. *地質ニュース*, no. 398, p. 48-59.
- 河野義礼・植田良夫(1965) 本邦産火成岩の K-Ar dating (II), 北上産地の花崗岩類. *岩鉱*, vol. 53, p. 143-154.
- 興水達司・金佑(1986 a) 北海道中〜東部地域の新生界のフィッシュン・トラック年代 (その1) 上支湧別・北見富士地域. *地質雑*, vol.

- 92, p. 477-487.
- 興水達司(1986 b) 北海道中～東部地域の新生界のフィッシュン・トラック年代(その2), 西部帯・中央帯の“グリーン・タフ岩層”. 地質雑, vol. 92, p. 559-568.
- (1986 c) 北海道中～東部地域の新生界のフィッシュン・トラック年代(その3) “東部帯のグリーン・タフ岩層”. 地質雑, vol. 92, p. 871-878.
- 近藤皓二・助田 馨・橋本浩二(1967) 鴻之舞鉱山の地質鉱床(1), 鉱山地質, vol. 17, p. 72-80.
- 久保田喜裕(1986) 南九州北薩地域における金銀鉱脈鉱床の生成とその造漕史的背景. 鉱山地質, vol. 36, p. 459-474.
- (1989) 北海道東部における金鉱床の胚胎場とその変遷. 鉱山地質, vol. 39, p. 66 (演旨).
- Lasky, S.G.(1950) How tonnage and grade relations help predict ore reserves. *Engng Mining J.* 151 (4), p. 81-85.
- Maeda, H. (1988) Mineralization ages of the Inakuraishi and Ohe ore deposits, Southwestern Hokkaido, Japan. *Min. Geol.*, vol. 38, p. 57-62.
- 前田寛之(1989) 北海道東部の二, 三の浅熱水金銀鉱脈鉱床の K-Ar 年代. 鉱山地質, vol. 39, p. 66 (演旨)
- ・伊東陽司(1986) 北海道生田原地域の鉱化作用. 鉱山地質, vol. 36, p. 56 (演旨).
- 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.
- Matsuhisa, Y. (1986) Effect of mixing and boiling of fluids on isotopic compositions of quartz and calcite from epithermal deposits. *Min. Geol.*, vol. 36, p. 487-493.
- 宮久三千年(1961) 金銀鉱, 九州地方鉱床誌. 木下亀城編, p. 105-205.
- Mosier, D.L., Singer, D.A., Sato, T. and Page, N.J.(1986) Relationship of grade, tonnage, and basement lithology in volcanic hosted epithermal preceous- and base-metal quartz aduralia-type districts. *Min. Geol.*, vol. 36, p. 245-264.
- 成田英吉・山田敬一(1967) 北海道の新第三紀の鉱床区. 北海道金属非金属鉱床総覧, 地質調査所, p. 23-51.
- 日本鉱業協会(1968) 佐渡鉱山. 日本の鉱床総覧(下), p. 447-455.
- 西尾潤三郎(1978) 伊豆半島の金銀鉱床に関する二, 三の知見. 日本の金銀鉱石第2集, p. 25-49.
- 野地正保・渡辺 潤・魚住 悟・鈴木 守(1967) 5万分の1地質図幅「丸瀬布」同説明書. 北海道開発庁, 28 p.
- Okubo, Y., and Okuma, S.(1986) Magnetic-gravity models for the Au-Ag-mineralized Hokusatsu district of Southern Kyushu, Japan. *Min. Geol.*, vol. 36, p. 445-558.
- 佐藤博之・山口昇一(1983) 1: 200,000地質図, 紋別. 地質調査所.
- 柴田 賢・内海 茂・宇部浩三・中川忠夫(1984) K-Ar 年代測定結果-2-地質調査所測定未公表資料. 地調月報, vol. 35, p. 331-340.
- 鹿園直建・網川秀夫(1985) 細倉・佐渡鉱床の K-Ar 年代. 鉱山地質, vol. 32, p. 479-482.
- 新エネルギー総合開発機構(1982) 全国地熱資源総合調査(昭和57年度), IGRF 残差磁気図, 紋別, 20万分の1.
- (1983) 全国地熱資源総合調査(昭和58年度), 北海道(根釧)地域重力法調査, 総合コンパイルマップ, 50万分の1.
- Singer, D.A., and Mosier D.L. eds (1983) Mineral deposit grade-tonnage models. *U.S. Geol. Surv. Open-file Rept.*, 83-623, 100 p.
- Soeda, A., and Watanabe, M. (1981) Electrum-Silver tellurides ores of the Takeno mine, Hyogo Prefecture, SW Japan, and their genetic significance. *Min. Geol. Special Issue*, 10, p. 43-52.
- 添田 晶(1990) 中国地方の鉱化作用. 鉱床学 Pro Memoria, 1990, 添田 晶先生記念事業会, p. 1-67.

- 菅木浅彦・磯部 清(1985) 北海道珊瑚・光竜金銀
鉱床の K-Ar 年代. 岩鉱, vol. 80, p.
537-540.
- 高島 清(1954) 北海道鴻之舞鉱山金銀鉱床調査報
告. 地調月報, vol. 5, p. 529-544.
- 寺岡易司・橋本三男・奥村公男(1973) 北海道北東
部中生界の層序, 構造及び変成作用. 地調
月報 vol. 24, p. 385-392.
- 通商産業省(1969) 昭和 43 年度金鉱山の基礎的地
質鉱床調査報告書, 鴻之舞, 沼の上地域.
22 p.
- (1970) 広域地質構造調査報告書, 遠野地
域. 35 p.
- (1979) 広域地質構造調査報告書, 千歳地
域. 26 p.
- (1987) 広域地質構造調査報告書, 伊豆地
域. 195 p.
- 浦島幸世(1974) 日本の金銀鉱床, 日本の金銀鉱石,
第 1 集. 日本鉱業会, p. 1-42.
- Urashima, Y, Ibaraki, K., and Suzuki, R.
(1987) The Hishikari gold-silver
deposit. *Gold deposits and geother-
mal fields in Kyushu. Guidebook 2,*
The Society of Mining Geologists of
Japan, p. 27-38.
- 浦島幸世・池田富男(1987) 布計, 大口, 菱刈, 黒
仁田, 花籠各鉱床の K-Ar 年代. 鉱山地
質, vol. 37, p. 205-214.
- 渡辺 寧(1986) 鉱脈の方向から推定された広域応
力場, 北海道における中期中新世以降の鉱
脈の例. 鉱山地質, vol. 36, p. 209-218.
- 八幡正弘・田近 淳・黒沢邦彦・松波武雄(1988)
5 万分の 1 地質図幅, 「丸瀬布北部」及び
同説明書. 北海道立地下資源調査所, 110
p.
- 山田敬一・寺岡易司・石田正夫(1963) 5 万分の 1
地質図幅「生田原」同説明書. 35 p.
- 山口昇一・(1970) 20 万分の 1 地質図「北見」. 地
質調査所.
- 山岡一雄・植田良夫(1974) 本邦における 2, 3 の
金属鉱床の K-Ar 年代. 鉱山地質, vol.
24, p. 291-296.
- 追記: このレポートは 1989 年秋に校了, 提出したため,
それ以降の研究成果や文献(たとえば資源エネルギー庁,
1990, 1991. 北見地域の鉱床広域調査報告書)等を引用
していない。
- (受付: 1992 年 6 月 12 日; 受理 1992 年 11 月 20 日)