

日米共同黒鉱研究委員会の発足と東京会議の開催

古宇田 亮一（鉱床部）

1. はじめに

70年代初頭の高度成長最後の波に乗って好況に湧いていた国内鉱業界も 国際的な非鉄金属価格 とりわけ銅価格の低落によって経営状態が下降してきていた。国際石油危機に象徴される資源問題の深刻化に即ちその拍車をかけられて もっぱら経営上の問題から閉山に至る鉱山数が急上昇し 操短・休業に追込まれた鉱山も数多い。わが国が大部分の資源を海外に頼らざるを得ず 貿易による工業立国が国民的合意の下にたゆまぬ努力で築き上げられていったことは記憶に新しいが 国内鉱山の維持が困難になるということは 特に鉱山関係の技術者の養成・維持の点で また国際競争力の点で さらに地域産業としての役割上などで様々な障害を予想させるし 現実に障害は起こりつつある。一方 資源そのものの涸渇・希少化が世界的に進行しつつあるとの予測もあり わが国の諸産業が原料資源の大部分を外国に頼らねばならない現状では 資源問題は今以上に深刻な問題として捉えられるべきであろう。金属価格の上昇によって経営上の問題が解決されても その時になって技術者の不足に気付いたとしても遅いのだ。現在ある鉱山の多くも近い将来掘り尽くされるのは目に見えていることであり 新規鉱山の探鉱・開発は 資源問題の基礎として最重要視されねばならない。

ここで資源大国のアメリカ合衆国における議論を参考にすることは無益ではないであろう。合衆国では連邦政府機関の胆入りで既に2回にわたる世界の資源問題の討論会(第1回の内容の一部は 大本(1977)で紹介されている)を経て 資源問題の解決の一環として 鉱床成因論の研究にかなりの投資と人的動員が行われることで合意が成立しつつある。その理由は 将来の資源開発では 金属量の多いタイプの鉱床を発見しなければならず (ある程度の成長率と生産規模の維持の為) また将来の開発鉱床はすべて潜頭鉱床 つまり地下に潜っていて地表には見つからない鉱床のみになる可能性が強くなり 鉱床の成因が詳細に判明してそのモデルが具体的に描かれていないとこれからの鉱床探査・予測は非常に困難になり事実上不可能になるであろうと考えられたからである。このことは 私たちの文化生活・文明を維持していく上で 決

定的意味を有するであろう。資源の涸渇・減少は 当然生産と消費の全体系に深い影響を及ぼさずにはいないからである。

ひるがえって わが国の鉱床探査と鉱床成因論の研究の関係を遡れば たとえば1960年代における黒鉱鉱床の成因に関する新説の提唱に基づき 数多くの地下深い潜頭鉱床が発見・開発され 現在でも国内鉱山の主力の一つとなっているという輝かしい成果があった。この成因的モデルは 現在では「海底噴気・湧泉熱水性堆積—交代鉱染鉱床」(渡辺 1973)といういささか長い名称で呼ばれており 基本的な変更は現在でも無い。このモデルによる一連の成果は“Geology of Kuroko Deposits”(S. ISHIHARA, ed., 1974)にまとめられて広く世界に紹介され 数多くの国際的反響を呼んだが 特に重要視されているのは 黒鉱型の火山性塊状硫化物鉱床は北米・北欧・オーストラリアなどに存在して規模も大きく 世界的にみて将来共 最重要の鉱床タイプの一つであると考えられているからであり 日本新しい時代の鉱床でさらに研究を進展させることは 同様の島弧系の鉱床(フィリピン群島やフィジーなどの“黒鉱”)に対する適用だけでなく 北米・北欧・オーストラリアなどの古い地質時代の変成した鉱床に対する適用が期待できるからである。

わが国が資源の大部分を海外に依存せざるを得ない以上 このような海外鉱床の発見に役立つ研究はわが国自身も加担すべきことは言うまでもない。

資源問題については神経質ほど対策を講じている合衆国の鉱床関係研究者と 特別な背景を持つ日本側研究者とが 以上のような主旨のもとに協力したのが日米共同黒鉱研究委員会(表1)であり 合衆国側は NSF(国立科学財団)の鉱床部門始まって以来の予算70万ドル(期間 78.1~81.1)と日本側の 700万円(文部省学術振興会費期間 78.4~80.4)を投資して実施されている。

両国の研究・技術者が一同に会して研究計画を実質的に発足させたのは 1978年7月13日・14日の両日にわたって都下麻布グリーン会館で開催された会議からである。参加者約100名で 大学関係者・試験研究所・鉱山会社・コンサルタント会社など多方面からの人々を迎えて 講

図(表) 1 日米共同黒鉱研究委員会構成メンバー

- 日本側：堀越 敏(富山大・理 日本側代表)
 梶原 良道(筑波大・地球科学系)
 日下部 実(富山大・理)
 古宇田亮一(地調・鉱床部)
 佐藤 和郎(東大・地震研)
 佐藤 壮郎(金属鉱業事業団)
 鹿園 直建(東大・理)
 伊達 二郎(同和鉱業)
 由井 俊三(弘前大・理)
- 米国側：H. OHMOTO (ペンシルバニア州立大 米国側代表)
 P. B. BARTON, Jr. (米国地調)
 L. M. CATHLES (ペンシルバニア州立大)
 B. R. DOE (米国地調)
 A. L. GUBER (ペンシルバニア州立大)
 H. D. HOLLAND (ハーバード大)
 U. PETERSEN (ハーバード大)
 他に学生ら10教人

演数も24(持時間各30分)あり内容的にも充実した会合であった。その後2週間ほど大館地方鉱床巡検を実施した。

講演内容のいくつかは 鉱山地質第28巻4号・5号に特集してあるので 興味のある方は そちらを参考にされたい。この紹介では 講演のいくつかを中心にして 当日の雰囲気伝えるにとどめよう。

2. 海の深さ

黒鉱成因論上で まず再検討の対象になったのは 黒

鉱生成時の海の深さの問題であった。 鉱床生成時に上昇する鉱液を止めて水平にひろげるように働いた鉱床直上の岩石を帽岩と呼ぶが 帽岩の存在が信じられていた時代は母岩の生成環境など特に問題にもされなかった。

黒鉱の堆積的成因説が出され いくつかの地球化学的モデルが提案され その線に沿って地球化学的データ集積がなされるようになると 単に地質学的興味ばかりでなく 地球化学的興味からも 黒鉱の生成深度が問題になった。 1960年代以後 ごく最近に至るまで 黒鉱生成当時の海の深さは およそ 100mから300mくらいであり カオリナイトの出るところでは 一部が海面に接近していたと考えられていた。 その根拠は 有孔虫を含む泥岩層の間に数百mから数十mの厚さの軽石凝灰岩がくるが その発泡性が良いこと 黒鉱中に炭化木化石が時々出ることなどである。 しかし底棲有孔虫を使った深さの推定は厳密にはなされておらず 海の深さを議論したまともな作業は 実はまだやられたことがなかったのである。

流体包有物の充填温度があまり広い分散を示さないことなどから 黒鉱鉱床生成時の溶液が沸騰していないとすれば その示す生成温度から黒鉱生成時の海の深さがある程度推定でき 少なくとも 1km くらいは深かっただろうと思われるようになってきた。そこで グーバー・大本は 底棲有孔虫の組合わせを検討した結果 石灰質の *Melonis-Cibicoides-Pullenia* と砂質の *Martinottiella-Spirosignolinella-Sigmioilopsis* の2つの異なる組合わせの存在から 炭酸塩代償作用深度 (C.C.D.)

松木鉱山における中新世の海底深度

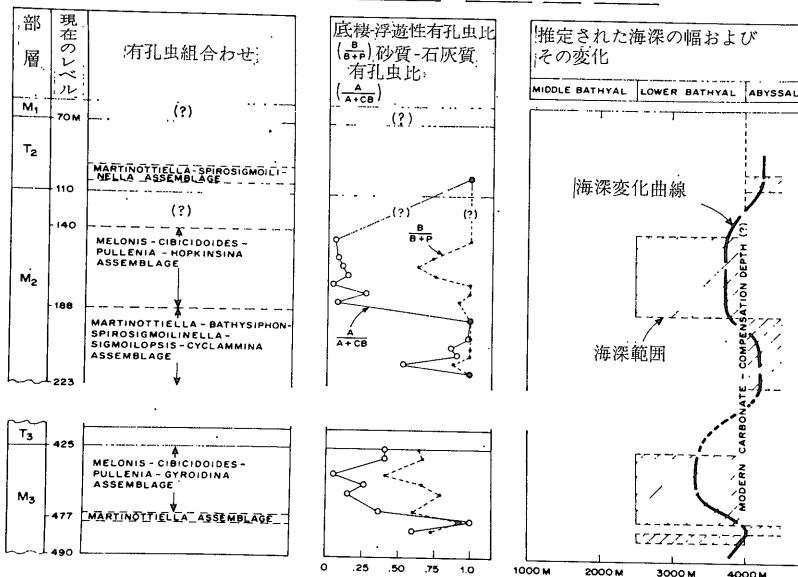
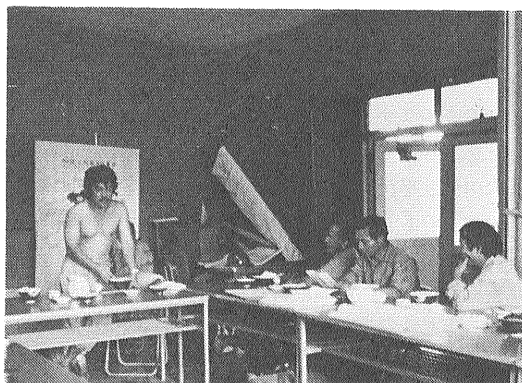


図2 黒鉱生成時の海深の推定(松木鉱山地域) 図は グーバー・大本(1978)による C.C.D. 深度を示している 黒鉱は左端コラムの M₂ 下部 T₃ 上部に出現する なお 北里は これに異論を唱えている(海深 200m~2km) 以前のこの地域は せいぜい数百mと信じられていた

の前後が適当だと判断した。現在の深海底掘削の結果特に東太平洋のデータからそれは4km前後であろうと結論づけた。これに対して北里は現在の太平洋日本近海の底棲有孔虫組合わせの研究からもし当時の海が暖流海域でなんらかの形で太平洋と連絡を持っていたら黒鉱生成当時の泥岩に棲む有孔虫はおよそ200mから2kmの深度に現在生活しているものと対比されるとの異論を提出している。両者の違いは引用した資料の違いにあるがいずれにしても従来考えられた深度より深い可能性が強くなった。今後は自ら鑑定して上記二説を確認する作業が残されており現地討論会とそれに伴う野外巡検・坑内調査では多数の泥岩が採取されたもので今後さらに詳細な研究がなされるであろう。このように数kmの規模をもつ深さで果たして流紋岩熔岩円頂丘の活動や軽石の発泡などが可能かどうかという問題が残されているもののこの新しい見方はスランピング構造の存在など今まで見過ごされていた事実を統一的に説明するには都合が良い。またこの新しい提起が刺激となって今まで振り向きもされなかった堆積学的・古環境的・古生物学的研究が黒鉱地帯でもなされ総括的に黒鉱生成環境が考察されるならば非常に有益な成果が得られるだろう。

3. カルデラ

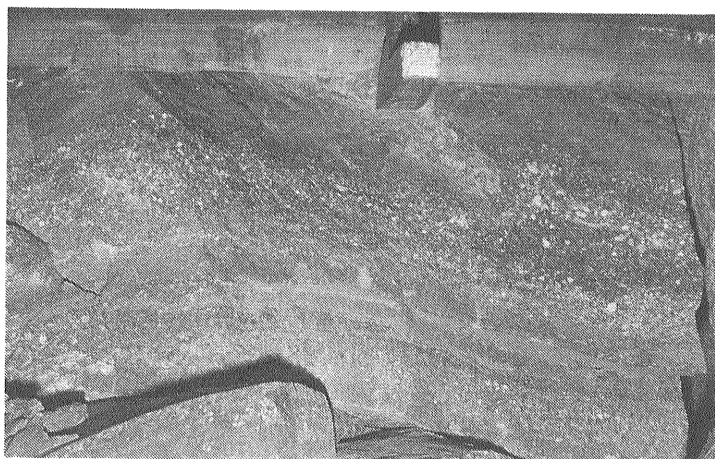
日米共同研究の一つの目玉商品は「カルデラ仮説」である。多数の鉱床がカルデラ形成と強く関係していたという学説は今までも数多いが黒鉱もカルデラに関連すると強く主張されるようになったのは今回が初めてであろう。それ以前にも谷村(1973)の火山性陥没構造と黒鉱生成の考察などがありまた日本で特に黒鉱の多い秋田県北部の北鹿地域が全体的に中新世の堆積



食後の間も惜しんで討論するメンバー 左から 大本教授・ホランド教授・堀越教授・鹿園博士・ピスタ＝アーンノド氏。小坂鉱山・内ノ谷鉱床の坑内調査後 同事務所にて 大本氏ら米国側若手研究者は蒸し暑い坑内からあがって来ると しばしば上半身裸になった

盆地構造を持っていただろうという漠然とした考え(坂崎ほか 1965)はあった。しかし既に流体包有物の同位体的研究から黒鉱下の熱水流動モデルを提案していた大本は北鹿地域の陥没構造・火山活動史・黒鉱の分布特性から「海底カルデラ説」(Ohmoto 1977)を提唱し黒鉱生成の地域的・時代限定性・鉱液の起源・海底における高温鉱化作用などがカルデラモデルで説明できるとした。一方黒鉱後の火成活動に注目してその分布を調べると他の地質現象と共に環状構造がいくつも見られボーリングの資料による地下構造からこれと黒鉱の分布を結びつけることが可能で北鹿地域はいくつかの再生カルデラに分けられることが示された。(古宇田・小出) いずれのモデルがより多くの事実を説明できるかについてはしばらく置くとしても黒鉱の分布・生成条件についてこのような環状的構造と断裂

系の重要性が強調されてきたことは今後の黒鉱成因論にとって新しい一面を提案したと言える。すなわちかつての単純なマグマ分化水の噴出と海水との混合による鉱床成因論にとってかわってより詳細で論理的な流体運動・水-岩石相互作用系のモデルが黒鉱成因論に登場したことの意義が目されるのである。なお黒鉱生成と陥没構造に関しては堀越がクレーターの縁に黒鉱が生成した可能性を以前から指摘しておりこの点が再度強調された(堀越・黒田)。



明瞭な堆積構造(サイズグレーディング ラミネーション インプリケーションなど)を示す層状黒鉱の中央部 深沢鉱山金山沢鉱体-80mレベル

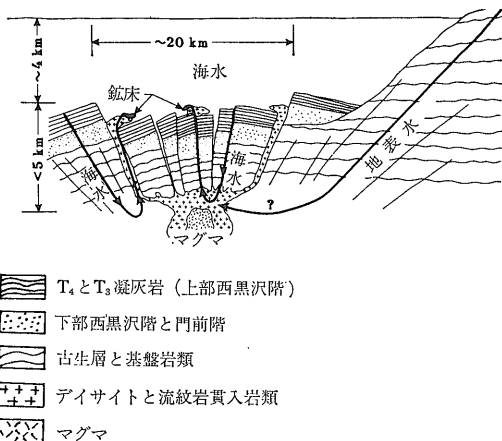
4. 構造運動と鉱化規制

天皇海山列を形成したプレート運動の時代は 東北日本のプレート境界が現在のようなサブダクション帯でなく トランスフォーム断層に近いような動き方をしていたと想定されている。 ほぼ 42 Ma. 前から生じたハワイ火山列と平行なプレートの移動によって東北日本にはプレートのもぐり込みが開始されたと考えられる。 日本周辺の磁気異常や日本海の音波探査のデータなどから日本海は 42Ma. 前に最初の東西性の拡大が発生し ついで 南北性の少なくとも 2 回の 拡大の中心線が日本海の中にみられるという(小林)。 堀越(1976)は マグマの噴出量とこのようなプレート運動を結びつけて 張力場から圧縮場に転ずる 13 Ma. 前に黒鉱が揃って生成するとの説を提案している。 このような60年代後半に盛んになったプレートテクトニクスの議論とは別に 同じく大構造を問題にしながらも きわめて古典的な構造規制の議論もなされた。 すなわち 北鹿地域に密集する黒鉱鉱床は北々西と北東系の共役断層群に規制され 大規模鉱床は両者の交点かその近くに分布するとの説(スコット 1977)である。 この構造は先第三紀の基盤岩の性格に由来すると思われ 交差部に鉱床が知られていない所では新鉱床が発見される可能性があるとしている。 そして これらの方向性は 先第三紀の古地震帯に対応し プレート運動の方向性と関係があるとの考え方が提起された。

5. 鉱液の起源・性質

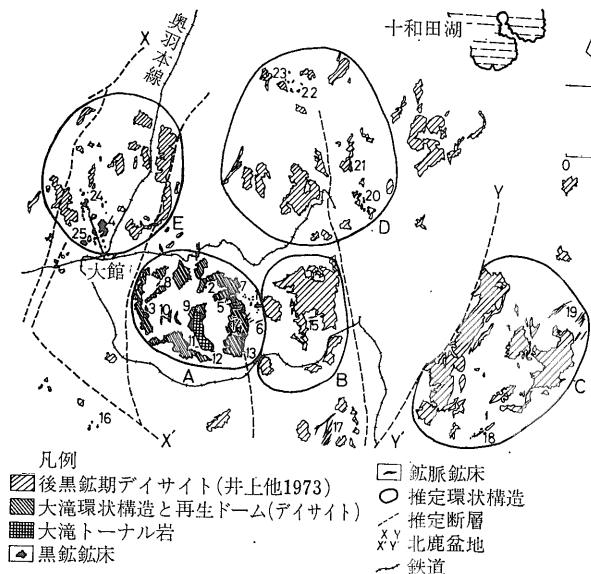
もう一つの大きな話題は鉱液の起源とその性質に関する論争であった。 鉱液——と一口に言っても 我々はそれを手に取って調べることはできない。

鉱石中に存在する流体包有物は 鉱液の残りカスであり 鉱液中の水の可能性はあっても鉱液そのものとは異なるかもしれない。 私たちが現在手にとって調べることができる鉱床および変質帯は 何らかの形で 鉱液の諸性質を反映していると考えられているが 鉱床生成時には鉱液の諸性質が著しく変化し 特に組成的变化が著しかったと考えられているので 鉱床沈殿前の鉱液なのか 沈殿中の鉱液か 沈殿後のそれかを分けて考えねばならない。 このように“鉱液”とは 概念上の用語にすぎず その実体は不明瞭なものである。 にもかかわ



- T₄とT₃凝灰岩(上部西黒沢階)
- 下部西黒沢階と門前階
- 古生層と基盤岩類
- デイサイトと流紋岩貫入岩類
- マグマ

図3 a



- | | |
|------------|-------|
| 1 深沢鉱山 | (K)* |
| 2 新沢鉱山 | (K)* |
| 3 碓釣鉱山 | (K)** |
| 4 松峰-秋迦内鉱山 | (K)* |
| 5 室倉鉱山 | (V) |
| 6 猿間鉱山 | (V) |
| 7 家ヶ倉鉱山 | (V) |
| 8 岩神鉱山 | (V) |
| 9 山館鉱山 | (V) |
| 10 館館鉱山 | (V) |
| 11 曲田鉱山 | (V) |
| 12 軽井沢鉱山 | (V) |
| 13 猿間一戸沢鉱山 | (V) |
| 14 黒滝鉱山 | (V) |
| 15 小真木鉱山 | (K)* |
| 16 大巻鉱山 | (K)* |
| 17 尾去沢鉱山 | (V) |
| 18 花輪鉱山 | (K)* |
| 19 不老倉鉱山 | (V) |
| 20 内の岱鉱山 | (K)* |
| 21 小坂鉱山 | (K) |
| 22 相内鉱山 | (K)* |
| 23 古遠部鉱山 | (K)* |
| 24 花岡鉱山 | (K) |
| 25 松木鉱山 | (K) |

- (K) = 黒 鉱
- (V) = 鉱 脈
- * = 稼行中
- ** = 開発中

図3 b

図3 海底カルデラ説

aは 大本による概念図 マグマ活動に伴う断裂系の発達で 海水や天水が地中を循環し 海底付近で黒鉱をつくる
bは 古宇田・小出による 後黒鉱期火山岩と鉱脈・黒鉱鉱床の分布で 5つの再生カルデラが推定される

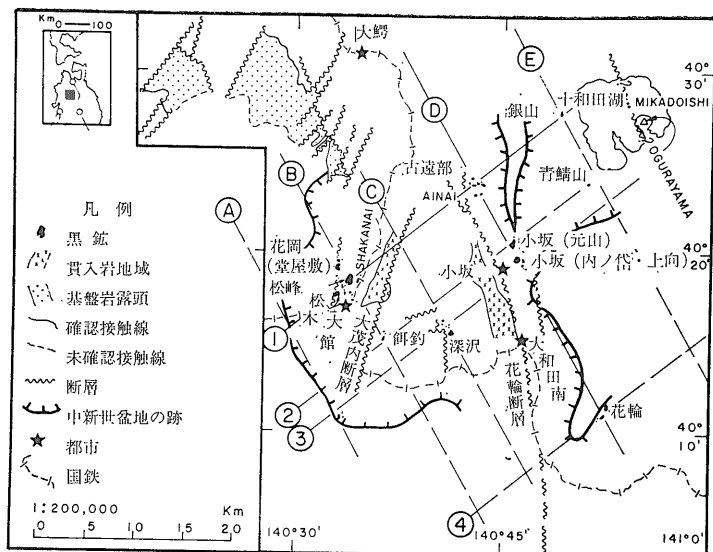


図4 共役的断層系の交点付近に 黒鉱の大鉱床が存在していることを示す スコット(1978)の図 交差点で まだ黒鉱が無いところには 黒鉱の大鉱床が見つかる可能性がある と主張され もし発見されたら 「スコット鉱床」と命名されることになっている

らず 鉱床学が鉱液の論議をその体系の基礎に据えているのは 鉱液という概念によって演繹される事柄を実証してみようという点にある。 実証によって主張の権利性が保証されるであろう。

かつては漠然とマグマ分化水だろうと考えられていた黒鉱鉱液について KAJIWARA (1970) はそれが鉱石を沈殿する時の化学組成の推定から 海水の組成と類似していることを指摘し 海水起源説を提唱した。 その後佐藤壮郎 (1971 1973) 一国 (1974 1975) 鹿園 (1975) らによって 同様の平衡論的試みがなされているが 仮定する条件の違いによって 結論がかなり食い違いこ

の問題の結着はつけられていない。 方法的には HELGESON (1970) 以上の新しさが少なくなっており 最近の論議には「計算の遊戯」だとの批判まででている。

もう少し実証的な研究が望まれだしている。 日米共同研究では その期待に応える成果を提供していくであろう。

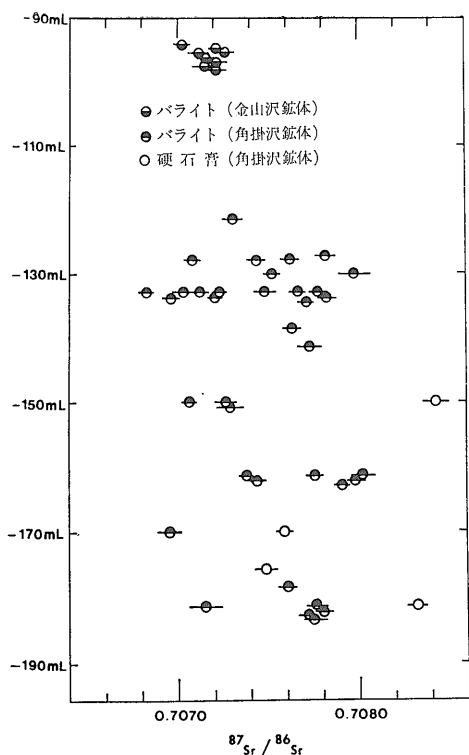
KAJIWARA (1971) は 自己の大胆な仮説の検証の為 硫黄同位体比を測定して 硫化物の硫黄についても海水起源説を主張した。 金属元素については SATO K. and SASAKI, A. (1973) の鉛同位体比の研究があつて 黒鉱鉱



坑内から上がってすぐにサンプル類の整理と議論を始める 左から
ホランド・鹿園・大本・ピスタ=アーノルド・ファレルの各氏 深沢
鉱山事務所協にて



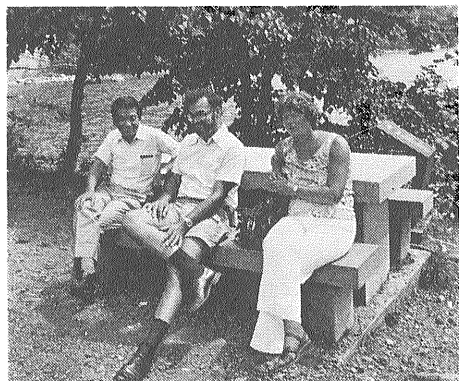
日本最大の黒鉱露天堀り 小坂鉱山元山鉱床で掘り尽くした
黒鉱の位置や流紋岩などを指で示している 左から 梶原
教授・スコット教授・キャスルズ教授・グーパー教授
ホランド教授は連日の蓄積疲労のためかすわりこんでいる



	Sample Number	$^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}^*$	Sr Content (ppm)
基盤岩	CF1111172	0.75002±6	21
	CF1111179	0.71392±7	131
	CF11111711	0.71320±6	168
	CF11243	0.71452±6	114
	CF112156	0.72390±7	325
中新世	CF11213120	0.70591±7	76

* Mean value with standard error at 95% confidence limits.

図5 ストロンチウム同位体比 (ファレル・ホランド・ピーターセン 1978) 鉱石中のパライト (深沢鉱山) では ほぼ0.7070から0.7080に集中するが 基盤岩では はるかに高い値(0.71以上)になり 中新世の火山岩では 少し低い値をもつ 海水は0.7080前後なので 鉱床中の硫酸塩鉱物の値に対して 著者らは海水と中新世火山岩との反応を考えている



十和田湖のほとりできつろぐ 伊達氏(左)とグーパー夫妻 大館地方巡検での唯一の休日であった

床の鉛は大陸地殻起源であることが示されている。すなわちマントル起源ではない。U.S.G.S の Doeらは大陸地殻起源としても どのような火成岩に起源を有するかはまだ決着が着いていないとして そのための実証的研究を今回の共同研究で行うことにしている。たとえば 断裂や破碎帯などに沿って侵入した水(特に黒鉱では海水)が地下で火成岩等から金属を溶かし出して濃縮させたものが鉱液であろうとのモデルが 検討のまな板に載せられている。水の起源については Ohmoto and Rye (1974) が流体包有物中の酸素および水素同位体比の測定によって 黒鉱生成鉱液は海水起源であるとしているが これもより詳しく検討し直されるであろう。

東京会議では 以上の背景のもとに ストロンチウム同位体 (ファレル他) と 硫黄同位体 (石原・佐々木) についての 海水起源説とマグマ分化水起源説という異なった立場の議論が交わされ 鉛同位体についてのまとめ (佐藤和郎) があった。 鉱石や母岩などのストロンチウム同位体比の測定によれば 黒鉱鉱液は中新世の海水を起源とし 海底下の火成岩と反応しているが 基盤岩類のストロンチウムの参加は無いだろうとの推定がなされた。これに対して 硫化物の硫黄同位体比は 中新世の花崗岩類の同位体比に似ており 金属硫化物の硫黄の起源と花崗岩質マグマの硫黄との強い相関が考えられたので 黒鉱鉱床中の硫化物の硫黄は 生の海水や母岩および直下の基盤岩からもたらされたものでなく マグマと同様により深所からもたらされたであろうとの主張がなされた。硫化物の硫黄同位体比については これまで 温度や pH fo₂ を適当に組み合わせることで 海水ないしは天水循環水起源説が主流をなしていたが 実際に花崗岩の硫黄同位体と比較した例はなく興味深い。ただし 元素の起源というだけであれば 火成岩に起源を発すると言っても 岩石中をめぐる水が岩石量にくらべて少ない時は水の性質が岩石の性質に左右されるために 結果的にはマグマ分化水との区別が困難で 化学反応速度論的な分配実験が検証の為に必要である。今回の日米共同研究では マグマ分化水起源説の主張者がきわめて少ないので このような実験が組織的になされることは期待しにくい。しかし反応速度論の実験は今後の課題として残るであろう。

黒鉱鉱床と浅熱水鉱脈型鉱床については 多種のデータから 鉱液も生成環境も異なっていたであろうことが指摘され 特に外的条件の変化が重要だとされている (鹿園・古宇田, 投稿中) が 黒鉱鉱床そのものもいくつかのサブタイプに分類されること その原因はそれぞ

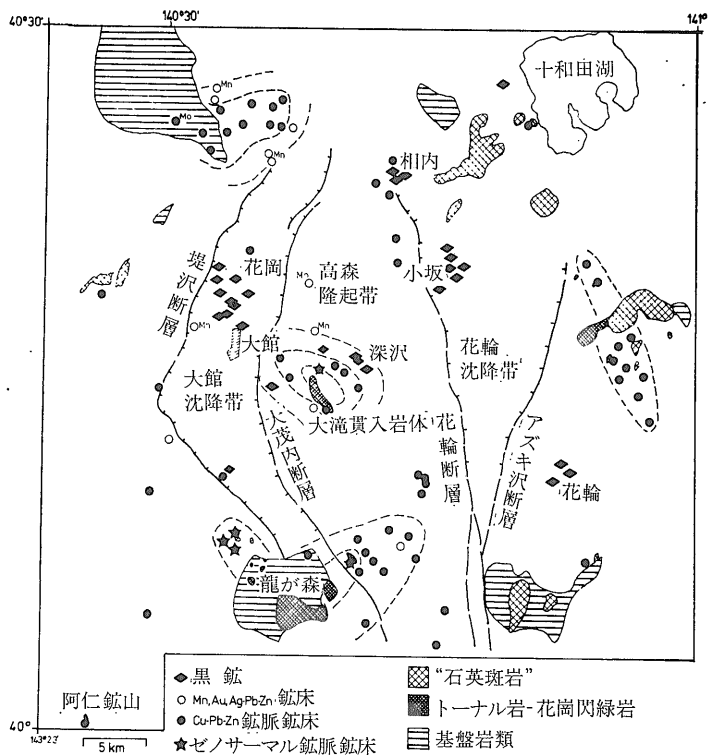


図6
花崗岩を中心に考えた 黒鉱及び鉱脈鉱床の分布
石原・佐々木(1978)は硫黄同位体比から 硫黄については 花崗岩の硫黄と同じものと考えている 鉱脈鉱床は時代が異なるが にもかかわらず図のような相関性があるとすれば 熱水系の流路がこの花崗岩と深く関係していたとみられなくもない しかし それを実証するための実験的研究が無いので これだけのデータからは マグマ分化水の寄与を考えるとよいと議論している

言っても 海水そのものから直接すべての黒鉱鉱床が形成されたと考える人は少ない。 その間に 何らかの岩石の関与と天水やマグマ分化水の寄与を考えるのが普通であろう。

一方では依然として マグマ分化水の直接的導入によって説明する試みも少数の人々によって持続されているが 各種データを系統的に説明することができないために いくつかの事実を無視するアポリアに陥っていることは否定できない。

もっとも 水—岩石相互作用系として鉱液を考える学派がすべてを系統的に説明することに成功しているわけでは無く 深所を循環したのか 浅所だけを循環したのかということについても まだ実証的に判定できる材料はつかんでいないのである。 現在のところは 水—岩石相互作用系の一つの結果として鉱床を捉える見方がより多くの事実を説明できる点に この方向の研究が期待される理由があると思われる。

れをもたらした鉱液に元々相違があったものであろうと主張された(堀越・鹿園)。 具体的にどのような地質環境を海水や天水が通過すれば どのような鉱液に分化していくかという点の推定には まだ成功していないものの きわめて新しい試みとして 関係する方面の実験的・理論的研究に刺激を与えている。

水が 熱の偏在という条件下で岩石中をどのように動くかについては キャッスルスがいくつかの流体力学的モデル計算で具体的に示しているが 今後このモデルを発展させ 水—岩石相互作用系の実験的成果をとり入れるならば 鉱液発生および流動のシミュレーションが可能になると期待されている(例えば水上の青函トンネルでのモデル計算の試み)。

変質帯については 伊沢・吉田による MgO 増加の事実が述べられ 海水の関与した変質の特長であると主張された。 黒鉱鉱液の海水起源説が正しいならば このような変質帯の諸事実について系統的に説明できなければならない。 現在では“海水起源”と



グーバー教授の主張では黒鉱生成時の水深は4kmくらいである 写真は黒鉱直上に相当する凝灰岩質泥岩で 深海生物の生活痕跡を持っているという

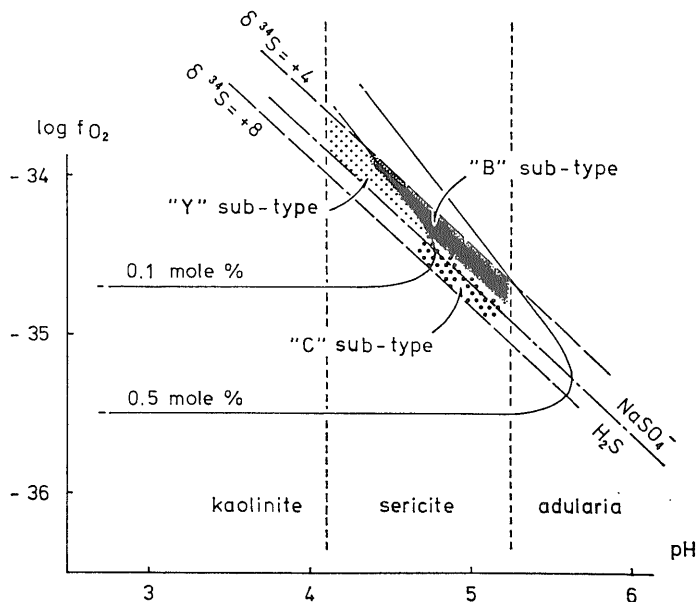


図7
一口に黒鉱鉱床と言っても さらに3つのタイプに分けることができる 鉱液論的にこれを f_{O_2} -pH 図上で解釈するとこの図ようになる(堀越・鹿岡 1978) "B" サブタイプは鉛・亜鉛に富む黒鉱 "Y" サブタイプは銅に富む黒鉱で "C" サブタイプは 両者の中間的組成をもっと考えられている

これは 流体包有物や化学組成について 既になされている研究が 必ずしも最初の凝集作用時の鉱液の諸性質変化を調べているわけでないとの視点を提供している。 浦辺は 黒鉱鉱石中の石英の大きさと量比を調べて "噴出中心" と呼ばれる石英濃集部から離れるに従って 自形の両錐石英の大きさが大きくなり 石英/硫化鉱物の比と重晶石/硫化鉱物の比が正に相関することを示した。 しかし黒鉱鉱床に広範に存在するカルセドニーなどについては無視したので 再結晶に関するパートンの議論とはかみ合っていない。

6. 鉱石の諸問題

由井は 黒鉱中の希少鉱物 (Ni, Co, V, Ge, Sn) をとり上げて その特異な環境を生成した条件が比較的 f_{O_2} が高いためであろうとの説を提案し 自然銀の存在などをその証拠としてあげている。 パートンは 黒鉱鉱石の両面研磨薄片という手法を導入し顕微鏡下における観察から もととの鉱石は非常に細かなサイズのものにより多く保存され 粒径の大きなものは再溶解・再結晶した可能性が強いと述べて鉱床生成後の再形成を提案した。

吉田・伊沢は 石見鉱床と深沢鉱床の流体包有物充填温度を示し ほぼ 250°C から 300°C 以内におさまる 上下方向では 特に顕著な変化があらわれないことを示した。 流体包有物の研究に使う結晶は比較的粗粒のものが多くあるので あるいはパートンの言う再結晶作用で均質化したのかもしれない。

丸谷・武内も小坂鉱山のサンプルについて同様の結果

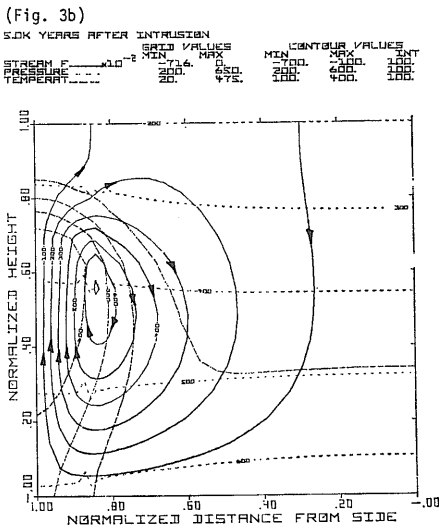
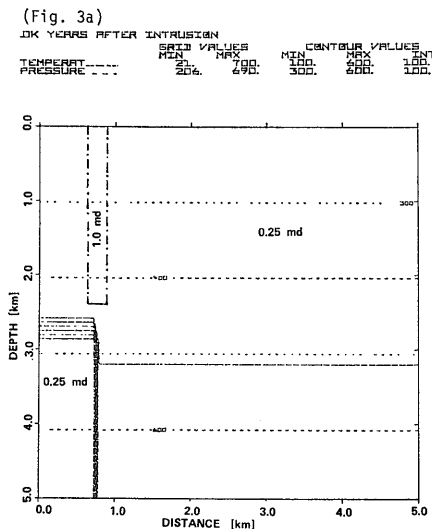
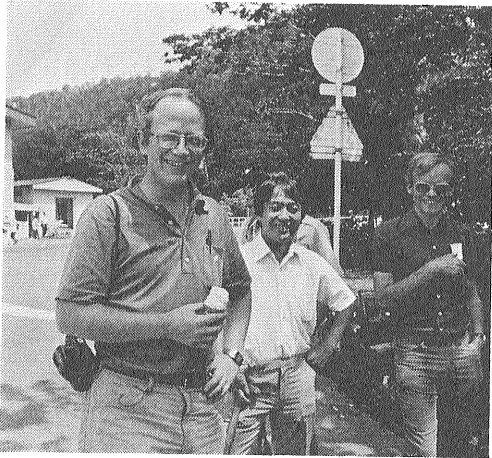
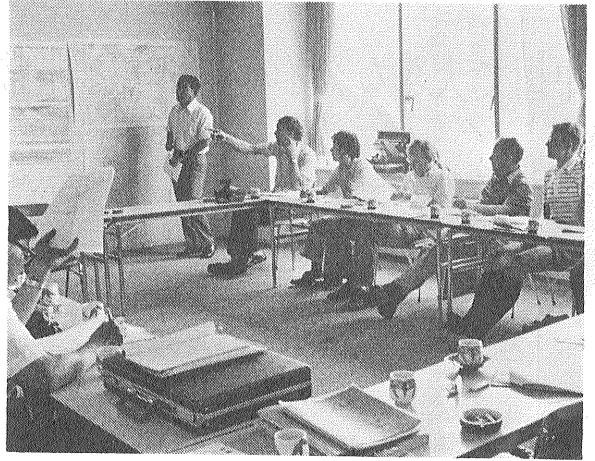


図8
鉱液循環のシミュレーション(キヤスルス 1978) 黒鉱においては 初の試みのため やや仮定が多く非常に単純化したモデルである 左下端に マグマ(熱源)の貫入を想定し それに伴う断裂系が上方に伸び 断裂系の中では透水率を高くしてある 右図は 鉱液の流路について 5千年後の状態を示したものの 方法的には 有限要素法を使用したコンピューター・シミュレーションなので 数値を適当に変えることができる 筆者の研究も このようなシミュレーションをより精密化する方向で現在着々と進行中である (なお このモデル・シミュレーションは

米国ケネコット社で 大規模な斑岩銅鉱床を開発する際 重要な研究として進められ 実際に利用されたものと同様の計算方法をとっている)



十和田湖のほとりで アメリカ人の習慣としてソフトクリームを賞味するキャスルズ氏。右へ鹿園・フェーンの各氏。うしろはピスタアーノンド氏。



ホテル滞在中に地元現場地質学者たちと討論する。左端は由井教授地質を説明しているのは谷村氏(同和鉱業)で 指で質問しているのはスコット教授(トロント大) 右へ 鹿園・フェーン・ホルランド・ファレルの各氏。

上向第4 鉱体

層状 鉱体

L-40 BSO

YSO

L-55 BSO

YSO

網状 鉱体

L-70 BSO

L-85 BSO

YSO

L-100 BSO

YSO

200° 300°
温度 °C

を得ている。しかし 日下部・千葉は 酸素同位体温度計の新しい尺度を提案し パライトについては 150°C 前後 硬石膏については 200°C 前後と かなり低い値を報告している。以上のような諸問題については 今後この共同研究会の組織的な研究によって 新しいデータと共に解決がつくと考えられている。

謝 辞：この紹介文を記すことは鉱床部 岡野武雄部長からおすすめていただきました。石原舜三課長からは懇切な御助言をいただきました。記して厚く感謝いたします。

主要参考文献：

鉱山地質 第28巻 第4号・5号(1978)

大本 洋(1977)：鉱床学の現状と将来の課題：アメリカと日本

本 鉱山地質 第27巻 p. 213~220

ROSE, A. W., BARNES, H. L., BUROHAM, C. W., and OHMOTO, H. (1976): Research frontiers in exploration for non-renewable resources. (Report on the Workshop). Pennsylvania State University.

渡辺武男(1973)：黒鉱鉱床の地球化学(1973年度地球化学討論会 実行委員会)

図9

小坂鉱山上向第4 鉱体の石英の流体包有物充填温度 あまり各温度にわたって分散していず 鉱床の上から下にかけて 温度変化は少ない(下の方でやや高くなっている) 図は丸谷・武内(1978)より 過去のデータでは 200°C前後との意見もあったが 最近のものは ほぼ一致して 250°C~300°Cを主張している