

鉱床をとりまく水

—— 探査・開発から坑水処理まで ——

坂 卷 幸 雄 (鉱床部)

Yukio SAKAMAKI

外国の乾燥地帯で鉱床の探査や開発を手掛けたことのある人は 口を揃えて水の有難さを説く。悪くすると生活用水も作業用水も 100km 以上もの遠くからタンクローリーで運ばなければならないのだ。

それに比べると日本の水は豊かで 鉱床も極論すれば水びたしになっている。当然 探査・開発・後処理の全段階を通じて 水の問題はついてまわる。その全体像を述べる余裕はないが ここでは実践的な手法を通じて鉱床と水とのつながりのあらましを述べてみたい。

1. 水を中心とした野外鉱床調査

水を使った鉱床調査としては地化学探査の手法が確立している。筆者らのグループでは これに加えて水文地質学のシステムをとり入れてみた。その結果 水量・比流量・負荷量などの情報が新たに付け加えられる。ここで特に気をつけたのは

- 1) 現場で一定の判断・解釈ができるようなデータがとれること。
- 2) 途上国などでの応用を考えて 信頼性が高く 丈夫で安価な機器を使うこと。

などの点であった。

作業のかなめとなっているのは 野外での水比抵抗値(電導度の逆数)の測定である。電導度は主要溶存成分の総濃度をほぼ反映しているので 分析用の水を採るべきかどうかの判断に役立つ。たとえば沢沿いに測定を続けていって ある地点で不連続的に水比抵抗値が低下するような場合には その地点で坑水 鉱泉水など「普通でない水」が入りこんでいる疑いがあり 当然精査が必要になる。反対に 合流点の上下で水比抵抗値がほとんど変わらないようであれば それぞれの水質もまた大差ないのが普通である。水温や pH (水素イオン濃度)の測定結果を加味すれば 解釈はさらに容易になる。

主要溶存成分の分析は 野外・実験室の双方で行い 結果は 数値データや通常の水質図のほかに ヘキサダイアグラム(六成分系図表)で表示する。この表示法は水の経路・履歴を問題にする際には 各成分ごとの附加・減少が量的に直視できる点ですぐれている。

2. 探査・開発指標としての水質

水に溶けやすい銅・亜鉛・ウランなどはこれまでも地化学探査の指標として用いられてきたが それでは 一般水質はどのような点で指標として使えるのだろうか。以下に実例を述べてみよう。

岐阜県東濃地区の堆積型ウラン鉱床は 昭和37年(1962)に地質調査所が発見し 以後 動力炉・核燃料開発事業団に引き継いだわが国最大のウラン鉱床で 総鉱量は金属ウラン換算で約5000トンに達する。ここでは6箇のウランが錯イオンを作って容易に水に溶けることを利用し 浸出液を循環させてその中にウランを溶かし出して回収する インプレース・リーチングと呼ばれる技術の開発研究が進んでいる。その際人為的に注入した浸出液がまわりに逃げたり 反対にまわりの地下水が実験区画内に浸入したりすると 回収効率がおちるので望ましくない。そのために私たちは 先にのべた手法で地下水を分類し それぞれの動きを考えてみることにした。

結果は成功であった。一見同じような水が 水質特性で各層準ごとにははっきり区別できたのである。最上部の瀬戸層群土岐砂礫層は水もちが悪く 雨水はすばやくその中を抜けて 下位・瑞浪層群との境の不整合面から湧水となって地表に抜けてしまう。当然 附加される成分も微量の Ca^{2+} Na^+ HCO_3^- くらいで 水比抵抗値も高い。一方 砂岩—シルト岩互層のなかに封じこめられている瑞浪層群の水では Na^+ と HCO_3^- の量が増えてくる。最下部の 鉱床層準でもある中村層群の底の部分では この傾向に加えて水素イオン濃度が高くなり 花崗岩中の黒雲母の分解に伴って附加されるフッ素が検出される。この基底部にはウランの吸着材としての働きをしている斜方チロル沸石が方解石と共に相当量含まれていて そのことがこの特徴的な水質にも反映しているのである。(図参照)

地表を歩いている限りでは 鉱床層準に達したボーリング孔の湧水を除き この種の水は見られない。つまり 上位の地下水と鉱床層準の水とは直接流通していないのである。鉱床内の礫岩の透水係数も小さく 実験によって溶脱したウランがむやみに拡散したり 薄められたりする懸念は実際にはなくなった。

これとは独立に 学習院大学・木越邦彦教授のご好意で 瀬戸層群の水と鉍床層準の水とについてトリチウム (^3H) の分析がされた。トリチウムは半減期12.26年の水素のアイソトープで 1954年以降 水爆実験や核燃料再処理によって 自然に存在する量をはるかに上廻って環境中に放出されている。この結果も明瞭だった。鉍床層準の水中のトリチウムは低濃度で この水が水爆実験以前から地下水として存在してきたことを示しているのに対し 瀬戸層群の水では対照的に高濃度で “新しい” 水であることが確かめられたのである。

日本ではこのほか 銅を対象としたインプレース・リーチングが岩手県土畑鉍山で実施されているが そこでも鉍体内の浸出液循環の制御や水質管理には 綿密な技術的配慮が行われている。

3. 休廃坑の坑水制御

近年になって 鉍山の坑水管理は綿密さを加えてきているが 過去に閉山した鉍山からはいまだに未処理の坑水が排出されているものがあり 時としては周辺の環境にマイナスの影響を与える。その制御は鉍山関係者・周辺住民・国や地方自治体にとっても大きな関心の的となり 環境庁を中心に特別研究も実施された。

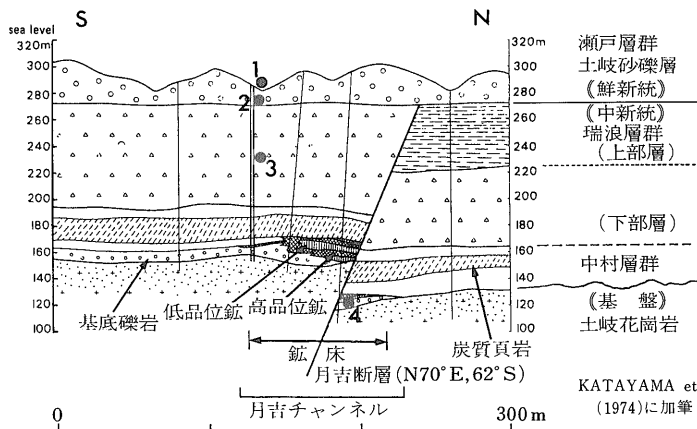
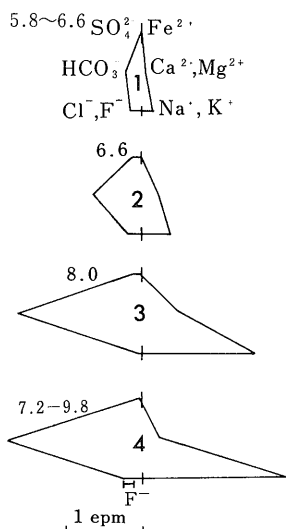
坑水制御の工学的方法は種々開発されてきている。しかし そのなかから最適の工法を決めるには やはり坑内水系とその涵養機構を実地に即して明らかにすることが先決である。たとえば 坑内湧水のすべてが規制物質を含んでいるわけではない。鉍体や変質帯に關係の

ない坑道からの水は 規制値をクリアーしている場合のほうが普通である。この“上水”をうまく発見して分別・保護することに成功すれば 処理を要する水の総量は大幅に減らすことができ 経済的効果も上がるであろう。

坑内水系でも 手法は地表の場合と基本的には変わらない。水比抵抗値が不連続的に変化する地点の前後に注意すれば 異常な水質の水の流入がわかる。水質の特徴は鉍床型式によって支配されやすい。たとえば石灰岩中の接触交代鉍床では弱アルカリ性の $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^-$ 型 粘土化変質帯を伴う銅・鉛・亜鉛鉍脈等では強酸性の $\text{Ca}^{2+}\text{·Mg}^{2+}\text{-SO}_4^{2-}$ 型 一部の黒鉍鉍床では微アルカリ性の $\text{Na}^+\text{-Cl}^-$ 型 というような具合であるが どれも 同じ調査手法が適用できる。

もともと自然は“継目なし (seamless)” の体系を持つ。その意味でも 鉍床をめぐる水の観察手法にも共通したものがあってよい。探査・開発・処理という分類は人間の経済活動の反映にすぎず 見掛は変わっても本質はいわば1枚のコインを裏表から見ているのである。

ここに紹介できたのは その“共通の手法”によって明らかになったことがらの一端にすぎない。鉍床をめぐる水の情報には 現在でもまだ不十分であるが ごく最近の問題を扱う国際的な学会もできた。鉍床の成因に関連する水の役割まで含めて 残された広い領域を開拓することが 今後は世界的に強く求められる時代になるに違いない。



KATAYAMA et.al. (1974)に加筆

岐阜県東濃鉍山月吉鉍床 (動力炉・核燃料開発事業団) の地質断面図

ウラン鉍床は“チャンネル”と呼ばれる基盤花崗岩のくぼみに沿って分布している。●1～●4は採水点で おのおの水質は左端のヘキサダイアグラムに対応する。ヘキサダイアグラムは分析値を成分ごとにミリグラム当量 (epm) に換算した6群にわけ 3段の水平軸上に対応点を求めて順々につないで作る。突出が甚だしいほど その群の成分の含有量が多いことを示す。左肩の数値は pH。(分析: 望月常一技官)