

ナチュラル・アナログとしてみたウラン・トリウム鉱床

坂 卷 幸 雄¹⁾・金 井 豊²⁾

1. ナチュラル・アナログとは

地質ニュースのこの号は、いまの社会的関心の一つの中心といってもよい高レベル放射性廃棄物のことを取りまとめた特集ですが、問題が問題だけに正確な書き方に特に注意が払われているのと、そのまま学術論文にしても十分通用するだけの内容なので、全体としてかなり歯ごたえがあります。その息抜きをかねて、ここではひとつ独断と偏見をお許し頂いた上で、いま私達が目を付けて研究テーマにしている、ナチュラル・アナログのお話をしましょう。

「ナチュラルな色合い」と言えば、口紅でもカラーフィルムでも蛍光灯のコマーシャルでもいいわけですが、伝えたい中味は誰にでも判ります。かたや「アナログ」といえば、かつては「デジタル」と一対の専門用語だった過去を持つものの、今や「アナログ・ウォッチ」と広告に書けば、これも、「ああ、針のある腕時計だな。」と言う情報がはっきり伝わります。ところが二つをくっつけて、「ナチュラル・アナログ (natural analogues) としてしまうと、もう、日本語としては訳しづらい——仕方なく専門用語集 (例えば IAEA: 1988. 邦訳は原子力環境整備センター: 1989) を開いてみても、「自然類似物」としか出ていません。これでももう一つ判らないので、最近では「天然相似核種」と訳されることも多くなりました。

もとの定義は、「放射性的の鉱物または鉱物沈着物(どうも、地質家が翻訳にタッチしていなかったらしい。原文は mineral deposits で、これは言うまでもなく「鉱床」です!) であって、非常に長い期間にわたるその移行の歴史が決定でき、また化学的に類似した廃棄物の放射性核種について起こり得る挙動を予測するのに用いることのできるもの。」というものです。

しかし、現実には、希土類元素のように放射性でない核種を指す場合も多く、さらには「核種」と限定しないで、例えば廃液ガラス固化体に見立てた火山ガラスなど

のように、天然物質の材料特性を対比する場合にも、「ナチュラル・アナログ」という言葉は定義を拡張して使われるように変化してきています。ですから、特に今の日本で使われている用法で、「ナチュラル・アナログ」という用語を私なりに再定義することが許されるとするならば、「人為的な影響を受けずに自然界に存在する物質であって、その物理・化学的性質や材料特性が何らかの点で人工放射性核種やそれらを含む人工物と類似していることが知られているか、類推されていることによって、廃棄物中の放射性核種について起こり得る挙動を予測するのに用いることのできるもの。」としたほうが実態に近いように感じます。

時の人ナンバーワン、イラクのフセイン大統領が、暗殺者の目をくらませるために7人もの「影武者」を抱えている、と言う噂が立っています。「ほんもの」をおおいかくすためには、影武者はどこからみても「そっくりさん」でなければなりません。逆に「あいつは影武者だ!」ということさえはっきりすれば、ほんものの総大将のほうは神出鬼没、なかなか尻尾が掴めなくても、しょっちゅう出て来る影武者の振舞いをじっくり観察することによって、かなり正確に相手の本性に迫ることが出来るでしょう。

ナチュラル・アナログは、いわばこの意味での影武者です。それだけに、放射性廃棄物処理の研究計画の中で、特に最近、注目度が高まっています。

2. バラマキ・テストができないわけ

「放射能」という言葉が完全にネガティブなイメージに染まってしまった現在の日本ですが、その中で放射線利用に辛うじて社会的な合意が成立している分野は、医療でしょう。人工放射性核種(いわゆるアイソトープ)は、診断・治療・研究面で広く使われています。

その利用の仕方にも大きく分けて2種類あります。環境とは直接の関わりを持たない、例えば悪性腫瘍治療用

1) 地質調査所 地質標本館
2) 地質調査所 地殻化学部

キーワード: ナチュラル・アナログ, ウラン・トリウム鉱床, 高レベル放射性廃棄物, 地層処分, 地質年代, 放射平衡

のガンマ線源であるコバルト60のような「密封型線源」と、生体機能判定用のトレーサー（追跡子）として患者や実験動物に与える、リン32のような「非密封型線源」とです。前者は予期しない事故以外には環境に対する負荷とはなりません、後者はその性格上、環境中に一部が放出される可能性を持ちます。

放射性核種自体をトレーサーとして使うという考え方から、“環境への負荷が多少あっても構わないという社会的合意さえ出来たとすれば、放射性廃液を、あるいは「ホットな（強い放射能を持つ）試験体を、直接地表や地下に置いて観察すれば、地層処分安全度などすぐ判るだろう”というかなり乱暴な議論を持ちかけられることも、ないではありません。しかし、かりにそんな高いリスクをおかしたとしても、本質的な解決に役立つデータが何一つ取れないことは100%確実です。

それはなぜか、限られた時間の中の実験・観察結果を、地質学的な時間スケールで、将来にわたって引き延ばせると言う保障が誰にもできないからです。「時間の壁」をどう越えるか、そのことが放射性廃棄物対策の最重点の課題だと、私達は確信しています。

3. 地質学で「時間」を見直す

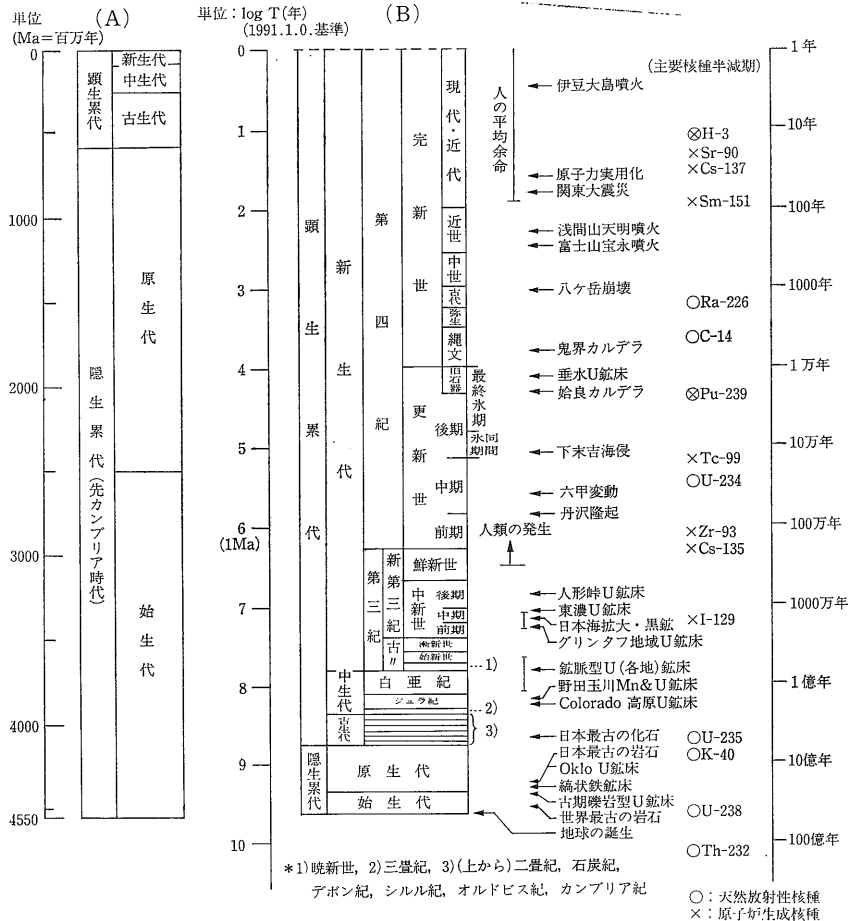
私達地質家が「最近」という言葉を使ったら、それは「百万年前」を意味します。一般の人が「大昔」と感じる数百年から数千年にしても、地球の45億年を越える年齢にくらべれば、「一瞬」ともいえないほどの短かさです。

人間にとっては十分に長く、自然にとってはまことに短いこの時間帯の中で、「廃棄物」と「大地」との間でどのような相互作用が進むのでしょうか。慣れ親しんでいる時間感覚を武器に、扱いつけた対象をまた新しい視点から見直し、

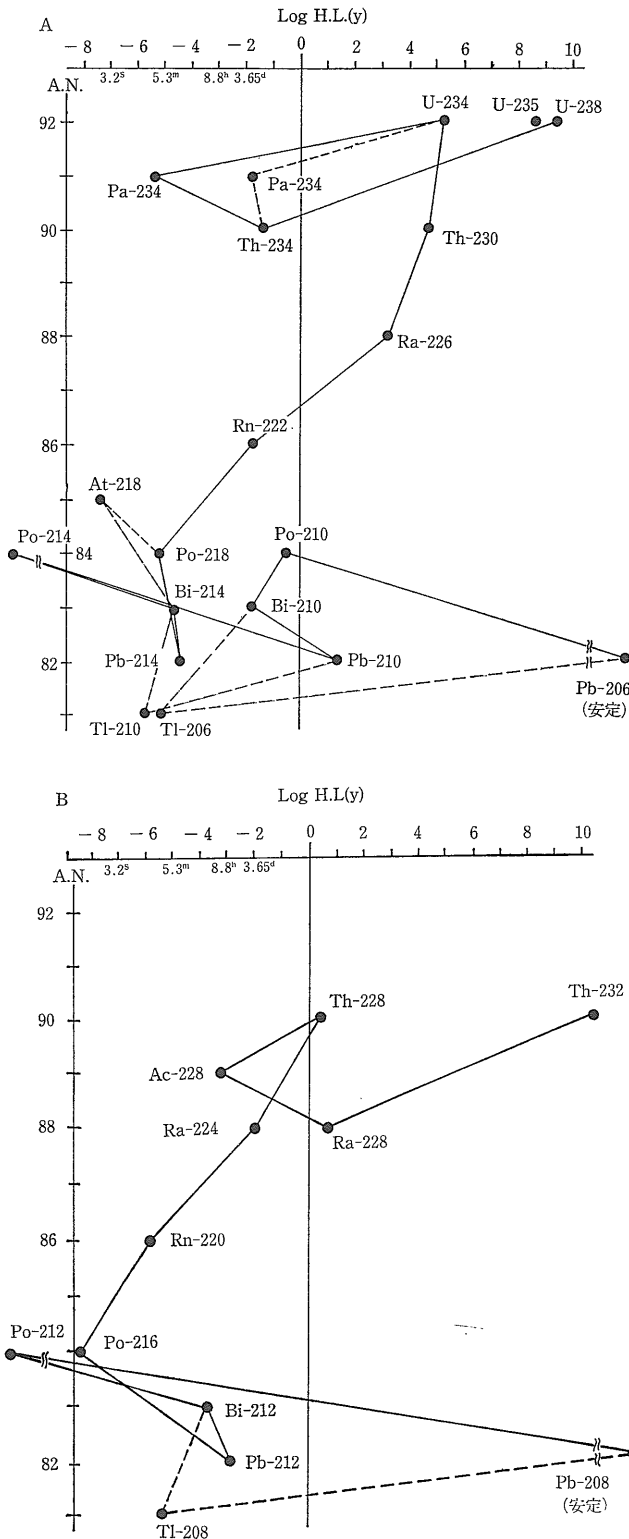
プロジェクト全体に寄与することが、いま、地質家に求められているのです。時間の要素をもう少しはつきりさせるために、一目でみられるように年表の形にしてみましょう。

まず、第1図Aです。地球の生成年代を45.6億年として、実数尺度で描いた図ですが、これで見られるように、古生物学的な記録が明瞭に残されている時間帯、「顕生累代」は、地球史のなかではかたに短い時間でしかないことに、すぐ気づかれることでしょう。

さきほどの「最近=百万年=10の6乗(10⁶)年」という考え方を少し拡張して、この年表を、10の倍数ごとに区切った対数尺で表現してみたものが第1図Bです。そうしますとこの表現方法は、さまざまな寿命(半減期)を持つ放射性核種の問題を地質学的なスケールで議論するときに、非常に便利なのが判ります。これで見ると、地球が誕生した時にあったウラン238は、現在ほ



第1図 地質年代尺度—実数尺度 (A) と対数尺度 (B) との対比—



ば半分になっています。縄文時代の焚火の後に残った炭素14も、当時の量の半分です。原子力実用化の初期に、原子炉の中で作られたストロンチウム90とセシウム137も、出来たときの量の半分です。でも、放射性廃棄物に含まれる核種としてよく問題になるテクネチウム99とかセシウム135は、まだほとんど減っていません。これらは、「人類が誕生から現在まで」というような「長い」時間が経って、はじめて半分になるのです。

ついでになりますが、天然放射性核種の「親」であるウラン238とトリウム232から、次々に娘核種が生まれて行く過程を同じ対数時間軸の上に展開しておきます(第2図 A・B)。これで見ると、一見して何も変わっていないように見られる長寿命の核種から、文字どおり一瞬にして壊変してしまう短寿命核種とが、同じ系列の中にも混在していることが読み取れます。ただし、親の寿命が十分に長く、そして、十分長い時間がたった後だと、崩壊して失われる娘核種の量にバランスするだけの新しい「娘」が次々に生み出されるので、見かけ上、娘の寿命が親と同じに見える「放射平衡」の現象が起きます。

よく誤解されることですが、長寿命の核種というのはそれだけ壊変がゆっくりだということです。そのものだけで存在するときには、単位質量・単位時間当たりの核壊変数、つまり周囲に放射線を放出する放射能の強さ(比放射能)は、短寿命核種だけの場合よりも弱くなります。ウラン鉱石を精錬して娘核種を引き離し、親のウランだけにしてしまうと、安物のカウンタでは反応しなくなるほど放射線は弱まります。特別な防護をしなくても取り扱えるほどになります。ただ、一旦原子炉の中に入れて核反応の場にさらしてしまえばそうは行きません。原子力船「むつ」を試験航海に出さず、そのまま原子炉を解体してしまうほうがいい、と言う議論がかつて起こったことがあるのは、一つにはそのためです。

第2図

A: 対数時間尺度で展開したウラン系列核種の崩壊形式
 B: 対数時間尺度で展開したトリウム系列核種の崩壊形式

上から下に向かう場合はα壊変、下から上へ向かう場合はβ壊変。A・N.は原子番号

4. ナチュラル・アナログとしてウラン・トリウム鉱床を見る

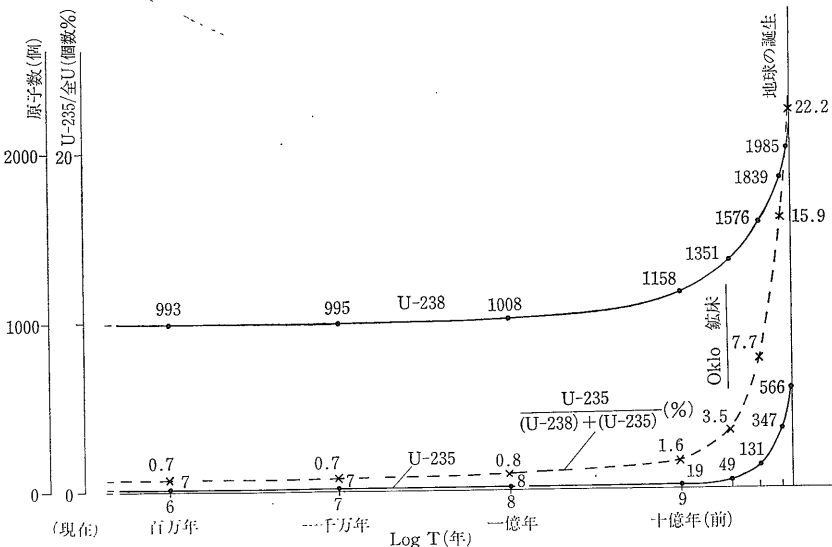
天然のウラン・トリウム鉱床では、もちろん親だけではなく、ほぼ放射平衡に達した娘の一族が居るのが普通ですから、サーベイメータと呼ばれる野外用の放射線測定器に反応が現れます。ただこの場合、測定器が拾っているのは厳密にはウランやトリウムそのものの放射能ではなくて、特に半定量的な測定をする場合には、ウラン系列ではビスマス 214 の、トリウム系列ではタリウム 208 の出すガンマ線を使います。

「ウランやトリウムをナチュラル・アナログに使う」というと、それらがもともと放射線を出しているからだろうと思う人が多いのですが、そのことは主な理由だとは言えません。最大の理由は、放射性廃棄物を隔離した場所に、酸化能力を持った地下水が浸入してきたという最悪の事態を考えたとき、そのような環境で容易に水に溶けて流れに乗りやすいのがウラン、そのような条件でも分解したり移動しにくいのがトリウムや大部分の希土類元素だからです。実験室レベルでは多くの核種の地球化学的な特性はよく調べられていて、どのような人工放射性核種はどのような天然核種を「影武者」に見立てたら良さそうか、大体の推定はついています。その候補のなかに、たまたま、天然放射性核種であるウランもトリウムもはいついたというわけです。

ウランやトリウムをアナログとして使った場合、副次的なメリットになるのが、それらの持つ自然放射能です。普通の岩石の場合、系列を作らない天然放射性核種

であるカリウム40の放射能が無視できない位のレベルになるのですが、それでも計測に馴れて来ると、数 ppm のウランやトリウムの存在が野外の現地で検出できるようになってきます。これは作業効率の上で、非常に有難いことです。例えば、金のように、非放射性だが10-20ppm、すなわち粗鉱1トン当たり含有量10-20g程度で経済的価値が出て来る元素を考えてみましょう。その探鉱作業の手順としては、現場で注意深くサンプリングし、持ち帰ってきちんと分析して初めて鉱石の品位が出ます。従って、現場ですぐ次の手を打つことは、普通、困難を伴いますが、ウラン・トリウムの場合は大体の品位まで、即座にその場でわかってしまうのです。

ウラン鉱床のナチュラル・アナログ研究例としては、本邦では藤井 勲氏によって詳しく紹介されているアフリカのガボン共和国オクロ (Oklo) の天然原子炉があります (Diouly-osso and Chauvet, 1979; 藤井, 1985, および本号)。この鉱床は、約 20 億年前の砂岩型鉱床とみられ、非常に品位が高かったので、自然に核反応を起こしたものです。第 3 図に表現したように、ウラン 238 とウラン 235 の半減期の差から逆算すると、当時のウラン鉱床の「濃縮度」は現在の軽水炉燃料の条件に匹敵する 3.5% 程度になります。つまり、高品位の鉱石自体が燃料体となり、水と有機物の存在下で核反応が維持できていたのでしょう。ですから、この鉱床は、いわば使用済み核燃料の地中隔離実験と同等で、高レベル廃棄物の一般的な形であるホウケイ酸ガラス固化体の場合とはやや条件を異にします。しかし、それなら核反応の痕跡の見られない一般のウラン鉱床は、ナチュラル・アナログとして価



第3図
地質学的過去に遡ったウラン同位体の存在量の変化
ウランの全量のなかのウラン 238 と 235 の量比は現在 993 : 7 である。所定の半減期を当てはめて計算・復元すると、地球生成時のウラン量は約 2.5 倍となり、全ウランに対する 235 の原子数の比、つまり「濃縮比」は 22% を越していた。オクロ鉱床のできた時点では「濃縮比」は軽水炉燃料なみの 3.5% であった。1 億年前から現在までの間は、この比はほとんど変わっていない。

値がないということには全くなりません。その理由は、上に述べたことで理解して頂けると幸いです。

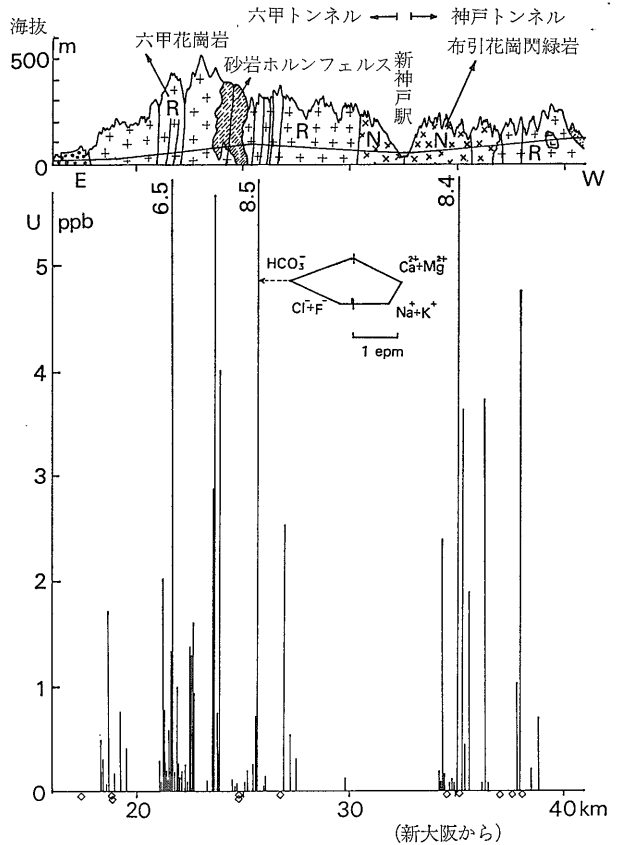
5. わが国のウラン・トリウム鉱床の特徴

デパートの食品売場の試食皿のように、「種類はいろいろあるが腹の足しにはならない」と酷評されたこともあるわが国の金属鉱床ですが、ウラン・トリウム鉱床も残念ながらその例に洩れません。世界的にみても、ウランの大鉱床のある場所は大陸の安定地塊の中と相場が決まっています、国際学会にでもなると、「日本のような変動帯でウラン鉱床を捜したり、放射性廃棄物の処分場サイトを捜したりするのは大変だろうね」とひとしきり外国勢から同情されるのがいつものことになっています。「ウランは移りやすい」ために、地質環境に変動があると、さっさと散ってしまっただけで集まってこないのです。

日本の場合、鉱床の形はさまざまですが、ウランを供給した親の岩石は、多くの場合花崗岩です。一般的には、わが国の花崗岩の中には数 ppm のウランと、その約 3 倍量のトリウムが常に含まれています。定性的にまとめて一口で言うと、処分場の候補としても取り上げられるくらい、安定した塊として一定の広がりを持った岩体が存在する反面、断層や破碎帯の形成、隆起—風化—侵食といった一連の地質変動に対する花崗岩の抵抗力は弱く、地表近くはもちろんのこと、私達が岐阜県の恵那山道路トンネル工事の時観察した実例などでは、割れ目沿いに地表下約 1,000m 近くの深さまで、ぼろぼろに「腐って」しまっていたことすらありました。

このような場所に酸化能力を持った水が回ってくると、ウランは水中に移って運び去られ、相対的にトリウムや希土類が原岩の中に残って最初のバランスが崩れます。第 4 図としてかかげた山陽新幹線の六甲・神戸トンネルの例では、断層で切られて“最近”隆起した六甲山塊の中を抜けるだけあって、花崗岩中の亀裂と、それらを通路とする鉱泉質の湧水が多く、工事中の湧水には普通の地下水の 100 倍近い、最高 8.5 ppb (トン当たり 8.5mg) のウランと、やはり花崗岩からもたらされたフッ素を多く含んでいるものがありました。六甲地区では、このことと対応して、トリウムの量から推定されるウランより、現実の花崗岩中に含まれるウランの量ははるかに減っています (第 5 図)。

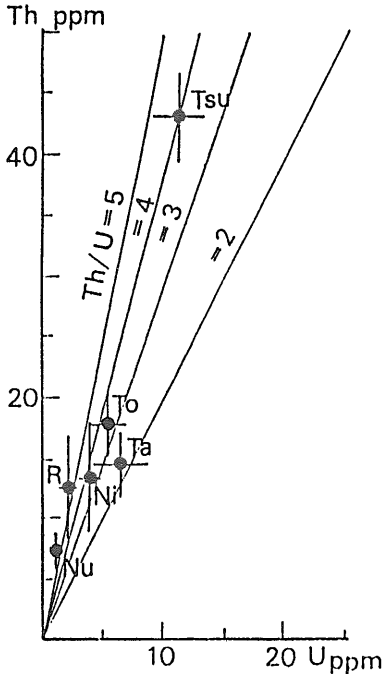
ウランを含んだ地下水は、地下の還元環境のところに長く滞留して無酸素状態になると、それまでウラニル錯イオンの形で含んでいた +6 価のウラン



第 4 図 JR 山陽新幹線六甲・神戸トンネル湧水中のウラン
多角形は水質をあらわすヘキサダイアグラム。重炭酸カルシウム・ナトリウム型の、鉱泉質滞留水であることを示す。◇は検出限界 (0.1ppb) 以下。工程との関係で、全部の湧水をカバーしたのではない。

を、こんどは溶解度の低い +4 価の酸化物の形に変えて沈澱させます。安定して地球化学的環境が保たれ、ウランを含んだ地下水が供給され続ける限り、そこではウランの濃集は進み、鉱床は成長するでしょう。

このような環境が具体的に作られたのは、わが国の場合の多くは、中新世初期から中期にかけてです。この時期には、中生代の末期から新生代のごく初期にかけて、大量に形成されていた花崗岩が、日本列島の現在の姿ができるきっかけとなった、約 1500 万年前の日本海の形成・拡大に僅かに先行して地表に現れ、その山間部に小さな堆積盆地が形成され始めていました。事実、岐阜県の東濃地区を始めとして、各地のこの時期の地層中に、同じタイプのいわゆる「砂岩型ウラン鉱床」ができています (Sakamaki, 1985, 第 6 図)。もちろん同じような地質環境さえ整えば、何もこの時期でなくても同様のウラン鉱床は出来るわけで、事実、これも有名な岡山—鳥取県境



第5図 花崗岩中のウラン・トリウム量比の例
To(東濃), Ni(人形峠), Ta(垂水)にくらべてR(六甲花崗岩), Nu(布引花崗閃緑岩)中のウラン量はトリウム量との対比からみて低く, 少なくとも1-3 ppmのウランを既に失っている. Tsuは, 新潟県津川地区のいわゆる高ウラン花崗岩. ここでも断層帯が発達し, それらに沿ってウランの溶脱が始まっており, 周辺の沢水ではウラン水異常が観察される. 各地区の位置は第6図参照. Sakamaki (1985) による.

海底火山活動に伴って濃集した銅・鉛・亜鉛などが, これまた約1500万年の間, 安定に保存されてきました. これらの天然の鉱床を良く観察し, その「封じ込め」のメカニズムを明らかにすることは, きわめて重要な研究分野です. なにしる 10^5 - 10^6 年という廃棄物封じ込めの目標期間を1-2桁上回る「実験」は, すでに神様がやっけて下さっているのですから.

6. どうやって調べるのか

ある大学の考古学の先生と雑談していて, 話題がたまたま廃棄物に移って行ったことがあります. 「よく, 遺跡から鉄剣や銅鐔がでて来る話があるでしょう? ああ言う条件を調べて行ったら, 核種そのものではないんですが, 例えばステンレス製の格納容器の安定性評価に使えますか?」と言う素人の質問に, 先生はこう答えてくださいました.

「たしかに, そういえなくもないんです——でも, 現在見つかっているものの恐らく何十倍かの遺物が, もう

の人形峠鉱床は約700万年前, 鹿児島県の垂水鉱床では約1万年前という新しい時期の形成です. 古い時期のものも世界的には多数存在していて, 例えばアメリカ中西部のコロラド高原鉱床群は中生代ジュラ紀の地層の中の砂岩型鉱床ですが, わが国では, これに対応するウラン鉱床はありません.

東濃地区の場合, 研究者によって多少の時期のずれはありますが, 最も若く見積っても約1千万年以上, 鉱床が安定して存在していたと言う点では全く異論は出ていません. つまり, 動きやすい元素の代表のようなウランであっても, 自然はその期間, がっちりと「閉じ込め」ていたのです. ウランに限らず, 例えば秋田県の大館一鹿角地域に分布する黒鉱(くろこう)鉱床では,



第6図 わが国のウラン・トリウム鉱床の分布

とっくに分解して一見痕跡が判らなくなっていることは確かでしょうね。私には、地面の中の物がそれほど安定だとは思えないんですが。

考古学の扱う「地面の中」とは、私達の言葉でいえば「地表ごく近くの酸化帯」で、もとより金属が長期間安定には存在しにくい所です。しかし、この短い会話の中から、「安定」の証明のためには同時に「不安定」になる条件もきちんと調べてつづしておかなくてはならないことを、改めて感じたのでした。

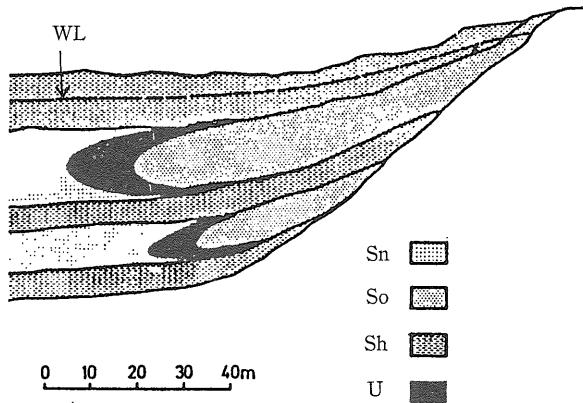
私達が冗談半分に「渋滞型異常点」と呼んでいるものがあります。筑波から東京都心への首都高速道路はしょっちゅう渋滞していららさせられますが、渋滞の先頭に出ても、事故でもなければ故障車でもない、ということが普通です。恐らく極端な場合、誰かずっと前にその辺で何気なくブレーキを踏み、車間を詰めて走っていた後続車が慌てて急ブレーキをかけ、というように乱れがどんどん広がったのでしょう。このように、現在では地質学的にはまわりと全く同じ環境で、そのスポットに放射能異常がある必然性が何もないのに、測定器にははっきり異常が出る、という例があるので(第7, 8図)。

渋滞は一日中続いていても、そのことは、特定の車が渋滞の中で一日中立ち往生していたことを意味しません。先頭からは徐々に車が出ていき、後尾にはその分また後からの車加わって、その結果渋滞区間の中でもゆっくりした車の流れがある方がむしろ普通です。物質移動があるか無いかをはっきりさせなければならないアナログ研究の場合は、この点は重要です。

これを明らかにするには、放射性鉱物鉱床の場合、他にはみられないメリットがあります。渋滞の中でも流れがあるか、それとも完全に止まってしまっているかを

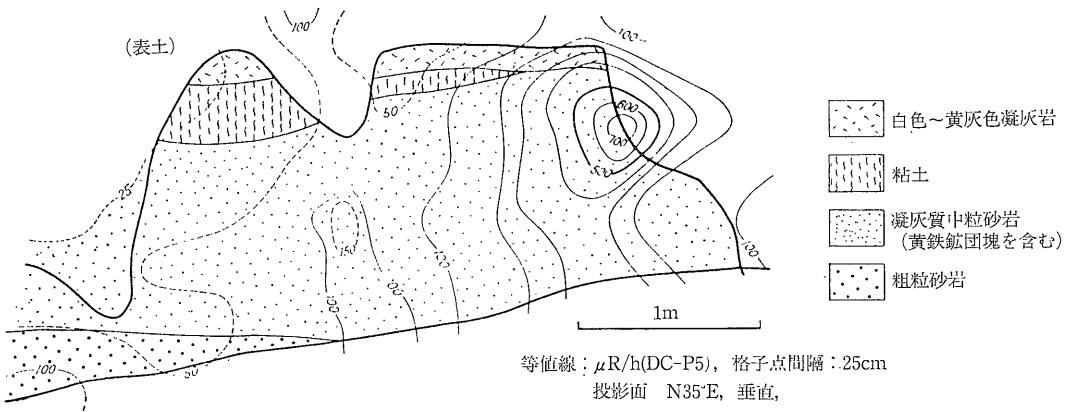
見分けるのに、前に述べた「放射平衡」を使うのです。

詳しくは、以前筆者の一人がこのニュースに解説したことがあります(金井, 1986)ので、ここには省きますが、全く閉じた系であれば、放射平衡は乱れません。しかし、物質移動が許されている系であれば、流れに対して親と娘の示す挙動の幾分かの差が、放射平衡の乱れとして現われてきます。わが国の放射能泉、いわゆるラジウム温泉とかラドン温泉とか言われるものの中には、ラジ



第8図 ロールフロント砂岩型ウラン鉱床の模式図
Sn: 砂岩 (透水層・非酸化帯), So: 砂岩 (透水層・酸化帯), Sh: 粘板岩 (不透水層), U: ウラン鉱床, WL: 地下水面

アメリカ・ワイオミング州などでみられる砂岩型ウラン鉱床の一種。酸化環境下でウランを含んでいた地下水が、透水層中で還元的な場に出会い、その地化学的なフロントでウランを沈澱させたもの。一種の「渋滞型鉱床」だが、この場合、「渋滞」の原因(還元環境の存在)は、はっきりしている。



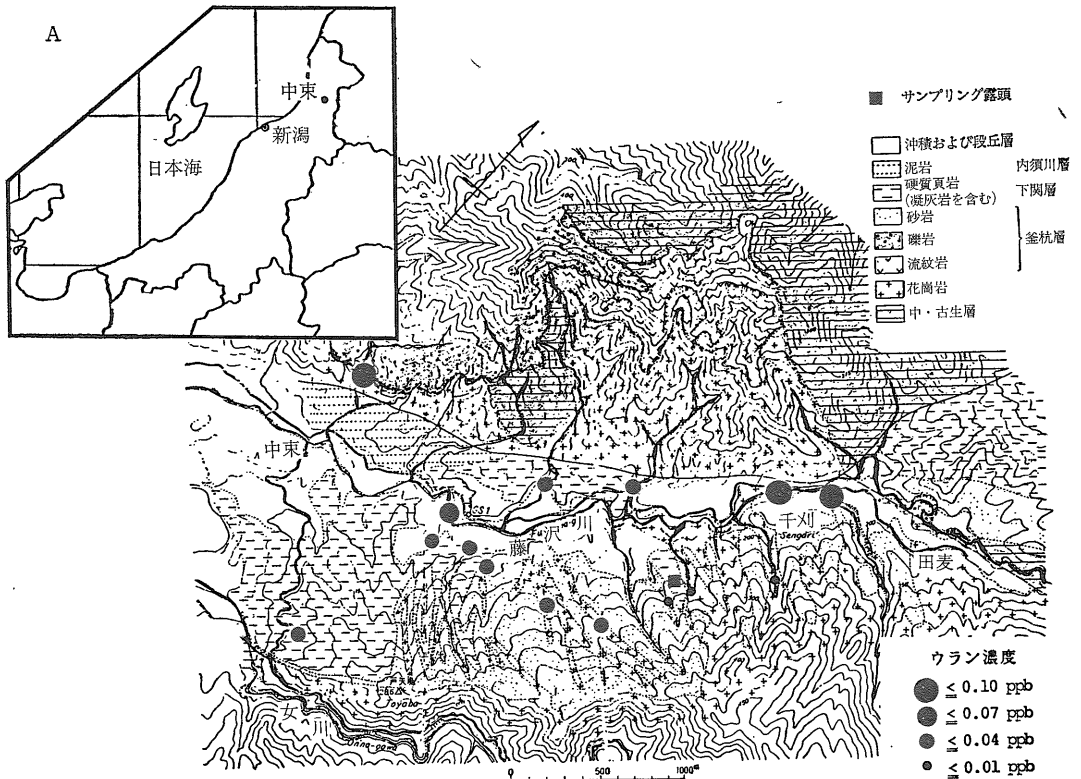
第7図 岐阜県東濃地区謡坂ウラン鉱床鍾ヶ洞露頭のスケッチ
「渋滞型異常点」の一例。均質な砂岩層のなかでも、放射線強度は著しく変動している。「渋滞」の原因についての研究が進行中。坂巻ほか (1969) による。

ウム以下の娘ばかりがあって、親がないものがたくさんあります。こんな所の沈澱物を採集して分析しても、放射能の高い割にはウランがなく、そのうちにどんどん放射能が衰えてくる、という失敗を、ウラン鉱床探査の初期の頃にはよくやらかしたものです。

最近の機器分析法の進歩で、この目的によく使われるようになったのが、ウラン 238 と、2代隔てたその曾孫娘、ウラン 234 です。これらの化学的性質は全く同じはずですが、壊変の時のエネルギーの助けを借りて束縛を緩めた 234 のほうが、現実には動きやすくなっていて、例えば私達のデータでも、ウラン鉱石のアルカリ抽出試験をして溶けだしてきたウランでは、はっきりと 234 が「濃く」なっています。実際の鉱床についてみると、例えば新潟県の中東（なかまるけ）鉱床は、半ば粘土化した凝灰質砂岩の中に含まれる磷灰石にウランが濃集していて、どちらかといえば、酸化帯でもウランが逃げだしに

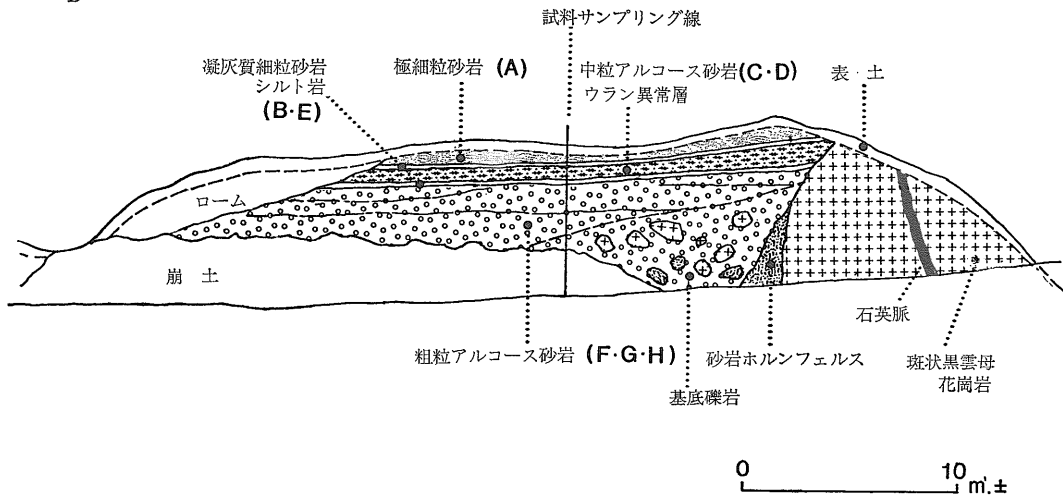
くタイプの鉱床ですが（浜地・小尾, 1969; Doi *et al.*, 1975, Doi and Hirono, 1990）、それでもこの二つの存在比からは、明らかにウランの溶脱・移動が始まりつつあることが読み取れます（第9図A-E）。逆に、例えば動力炉・核燃料開発事業団の研究グループが、岐阜県東濃鉱山のウラン鉱床の非酸化帯中に新しく切り出した坑道で調べた例では、大半の部分で放射平衡は乱されていない、つまり長期間、ウランは安定にそのポイントに存在していた、という結果が示されています。それでは、そのまわりの地表部に現れた衛星鉱体や「渋滞型」異常点の中に、親子別れの現象が見つかるのかどうかは面白いテーマで、現在、研究の準備が進められています。

一方、動きにいくとされるトリウムや希土類元素が、ウランが動くような酸化環境のもとでどのような行動をするのかも、もう一つの重要な研究課題です。全体に、非常に動きが鈍いことは判っていますが、それを定量的

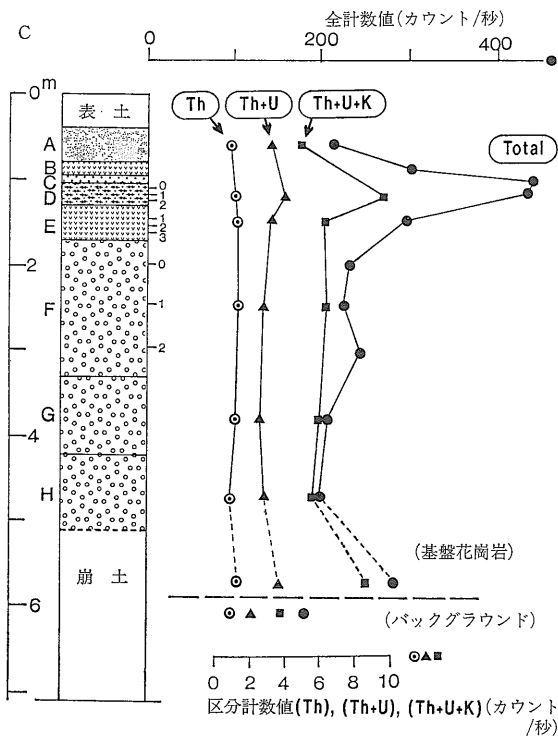


第9図 A: 新潟県中東ウラン鉱床一位置・地質・および河川水中のウラン濃度。浜地・小尾 (1969) に加筆。
 B(次ページ): 同一露頭スケッチとサンプリング位置。
 C(次ページ): 同一露頭でのガンマ線強度分布。SCINTREX 社 GIS 5 型携帯用ガンマ線スペクトロメータによる測定値。ガンマ線のエネルギー分布をつかむために、全計数値 (Total), トリウム (Th), トリウム+ウラン (Th+U), トリウム+ウラン+カリウム (Th+U+K) の各レンジに区分して測定。「全計数値」と他とは、スケールを変えて表示してある。
 D(次ページ): 同一岩石試料中の全ウラン濃度分布。
 E(次ページ): 同一岩石試料中のウラン234とウラン238の放射能比。

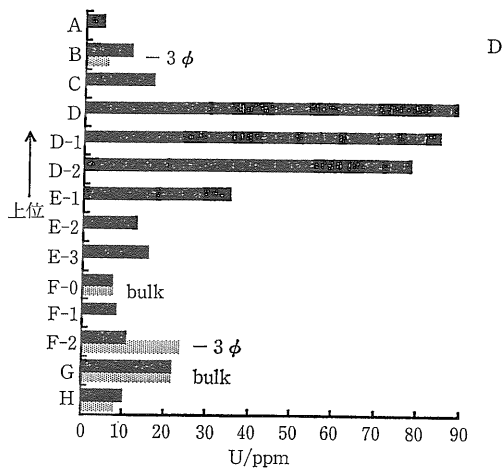
B



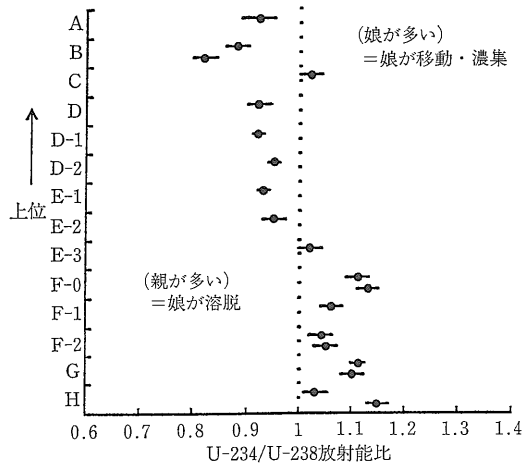
C



D



E



に現わそうとすれば、超微量の含有物を高精度で分析する技術的困難を突破する必要があります。関係する研究者の努力でこの問題は大きく前進中で、ごく近い将来まとまった成果が期待できることは確かです。例えば、希土類元素のなかで、酸化環境で+4価をとるために他と挙動が違ってくるセリウムは、花崗岩の新鮮な部分と風

化帯での分布を野外でサンプリングした試料について比べると、やはりその他の希土類元素とは異なった動きをしています。

これらの元素が、岩石や鉱物の構造の中でどのような分布をとっているかも、ナチュラル・アナログの研究としては重要な分野です。その一端は、この特集号の奥山氏の報告にも示されていますが、高性能電子顕微鏡による観察と分析の準備がいま整えられつつありますので、この分野でも近々さらに一層の発展が見られるでしょう。

7. 高レベル放射性廃棄物対策の議論から

この原稿を執筆中の1991年2月13・14の両日、科学技術庁主催の公開討論会「ウェイスト・フォーラム'91」が東京・駒場で開かれ、多くの関係機関の研究者から発表と討論がありました。その呼び物のパネル・ディスカッションの中で、ある著名な現役の科学ジャーナリストの方が、パネリストとしてこう発言されたものです。

「高レベル廃棄物の地層処分なんて、ほんとうに出来るんですか？ 何千年・何万年たったらかうなる、ああなるっていったところで、一年先の噴火や地震だって予知できない地質学者に、そんな先のことがはっきり判るわけがないじゃないですか。それよりも、ロケットが地球の重力圏を離れるためにはエンジンが20分間、きちんと働けばいい。その20分間を確実にもたせる技術をさっさと開発して、廃棄物を宇宙空間に放り出す方が、何十年・何百年とびくびくして暮らすより、よっぽどいいじゃないですか？」

さすがに会場からは、この勇氣ある発言に同調する声は上がりませんでした。私は、内心で、「なんと無茶な一」と思う一方、この方があえて率直に述べたように、「普通の市民の感覚では、地質家の云うことなど、余り信頼されてはいないのが実体だろうなあ」と、少なからず反省もしたものでした。

もちろん、この発言に対しては、例えば、時間と空間を置き換えたアナロジーを使って、「でも、駅から自分のうちまでの地図が描けなかったって、世界地図が完成しないなんてことはないでしょう」と言い返すことはできます。しかし、NHKの力作、「地球大紀行」がヒットした後の今でさえ、物理・化学や生物の常識にくらべて、「地学的な」常識はまだ世の中に行き渡ってはいません。特に、専門家にとって普通の人のとズレが大きくなってしまふのは、繰り返しになりますが地学的な時間感覚の面です。

たとえ廃棄物のプロではあっても、地質家でない人に

1991年3月号

とつても事情はさほど変わりません。いままでの、モデル実験・数値シミュレーションやシナリオ解析などを主要な武器とする近代化された材料工学とは、また別のアプローチが不可欠になる理由を、その分野の人たちに理解して貰う働きかけは、やはり地学者の側から進めなくてはならない事柄でしょう。

工学系のパートナーの人たちは、時間要素をクリアするためにモデルシナリオを使いますが、それらに入力する適切なパラメータをどこから提供できるかといえば、これは、最終的にはフィールドからしかありません。その意味で、「現場に聞け」というのはテレビの中の敏腕刑事のセリフだけではなく、フィールドワークを本来の手法とするわれわれにとつての、日常自戒の言葉でもあるのです。

文 献

- 地質調査所編 (1982): 地質アトラス. 119p.
- Diouly-osso, P. and Chauvet, R. J., (1979): Les gisements d' uranium de la region de Franceville (Gabon). Uranium Deposits in Africa: geology and exploration, IAEA-AG-109/7, 123-147.
- Doi, K., Hirono, S. and Sakamaki, Y. (1975): Uranium mineralization by groundwater in sedimentary rocks, Japan. *Econ. Geol.*, **70**, 628-646.
- Doi, K. and Hirono, S. (1990): Behavior of uranium migration in epigenetic uranium ore deposits with reference to radioactive waste isolation in geologic media. *Waste Management*, **10**, 275-284.
- 藤井 勲 (1985): 天然原子炉. 東京大学出版会, 131p.
- 浜地忠夫・小尾五明 (1969): 新潟県岩船郡関川村中東地区の含ウラン燐鉱. 地質調査所報告, no. 232, 595-602.
- International Atomic Energy Agency (1988): Radioactive waste management glossary, 2nd ed., IAEA-TECDOC-447.
- [国際原子力機関 放射性廃棄物管理用語集 (日本語版) 68-69, 働原子力環境整備センター訳・刊: 1989]
- 金井 豊 (1986): 天然における放射非平衡と地球化学. 地質ニュース, no. 382, 48-55.
- 坂巻幸雄・鈴木泰輔・小尾五明 (1969): 岐阜県御嵩地区の地質とウランの産状. 地質調査所報告, no. 232, 747-772.
- Sakamaki, Y. (1985): Geologic environment of Ningyotoge and Tono uranium deposits, Japan. Geological environments of sandstone-type uranium deposits, IAEA-TECDOC-328, 135-154.
- SAKAMAKI Yukio and KANAI Yutaka (1991): Research of natural analogues on uranium-thorium mineral occurrences.

<受付: 1991年2月25日>