高レベル放射性廃棄物地層処分*

小 出 仁¹

Geological Disposal of High-Level Radioactive Waste

by Hitoshi KOIDE¹

1. Geological Survey of Japan, Tsukuba, Ibaraki 305

1. 地中への廃棄物処分

廃棄物の問題は年々深刻さを増しており、抜本的な対策が必要になっている。廃棄物の量が急速に増加していることが大きな問題であるが、一方で、量は少ないが有害な物質を含む廃棄物にも特別な配慮を必要とする。有害な廃棄物はさまざまな種類があるが、可能な限り、分解等による無害化や再利用を促進するべきであろう。しかし、無害化や再利用が困難なものは、何らかの最終処分の方法を考えなければならない。

地中への廃棄物処分は、岩盤や土の遮蔽効果を利用するもので、一般に、深部に埋設する方が大きな遮蔽効果を期待できる。しかし、岩盤や土の性質等も遮蔽性能に影響する。地表ないし地下に廃棄物を処分する場合に、地下水を汚染しないことが大切である。例えば、粘土は透水性がきわめて低いので、大きな遮蔽効果を期待できる。有害性が高くしかも長く持続するような廃棄物は、長期間確実に環境から隔離しなければならないので、地下深部の遮蔽性の高い岩盤中に処分しなければならない。その代表が、高レベル放射性廃棄物である。

地下深部へ処分する場合に、放射性廃棄物を、他の有害な廃棄物と区別して、特別扱いしなければならない理由はない。しかし、放射性廃棄物の処分法については、特に研究が進んでいる。この

研究成果は、将来、他の有害廃棄物処分にも有効に利用されるようになるであろうが、ここでは高レベル放射性廃棄物処分に限って議論する。

高レベル放射性廃棄物を地下の岩盤中に処分する方法については(図1)、国によって研究開発計画が立てられ、長期間安全な処分法の確立を目指して研究が実施されている。原子力発電所等の原子炉で使用した後の核燃料は、使用済燃料と呼ばれ、被覆金属管に封入されたままであるが、燃え残りのウランの他に、核分裂生成物とプルトニウムやネプツニウムなどの超ウラン元素が形成されている。多くの国々は、使用済燃料をそのまま長期貯蔵あるいは処分する。しかし、エネルギー資源の乏しい我が国では、使用済燃料を再処理して、核燃料として使用できるウランやプルトニウムを取り出し、残りの高レベル廃液をガラス状に固化して処分する方針になっている。従って、日本では、高レベル放射性廃棄物といえ、高レベル廃液のガラス固化体のことを指す。

高レベル放射性廃棄物について、基本的な点で、多くの人々にいくつかの誤解があり、それが問題解決の障害になっている。高レベル放射性廃棄物は、確かに放射能レベルは高く、発熱もするが、ガラス固化体にすれば、決して爆発性はなく、可燃性もすらない。安定な固体である。近づかない限り、短期的な危険はほとんどない。核分裂生成物の多くは、強い放射線を出す、そ

図1 高レベル放射性廃棄物処分場概念図¹⁾

* 1990年6月27日受理

1. 正会員 工博 通産省工業技術院地質調査所環境地質部長
キーワード: 高レベル放射性廃棄物, 地層処分, 未来予測

れだけ速く壊変し、1000年以上もたてば放射能レベルも十分に低下するので、危険性はごく小さくなる。ただし、超ウラン元素等の長寿命放射性核種が含まれているため、低くなるとはいえ、数千年から数万年以上も無視し得ない程度の放射性が残るため、生活環境から隔離しなければならない期間が長期になる。数万年というような隔離期間は、人間文明の歴史を越えた長さであり、実験が事実上不可能であるために、安全性がほとんど確実であっても、従来の実験科学的方法による厳密な実証ができない。すなわち、高レベル放射性廃棄物対策は、その性格上、短期の安全性は十分確保されうるが、超長期の安全性を立証することが今後の課題として残っている。

しかし、地球の約45億年の歴史から見れば数万年は一瞬の間である。地球の長期の変動は岩石の中に刻み込まれているので、それを分析することにより超長期の変動を知ろうとする試みがあり、ナチュラール・アナログと呼ばれている。人間社会とは異なり、地殻の変動はきわめてゆるやかであり、変化が小さいので、数千年から数万年前の地殻変動の方向や程度のおおまかな予測は可能であろう。地球未来の厳密な予測は難しいとしても、その程度の変動が隔離に影響しないことを確かめたり、影響しないように処分場を設計することは不可能ではない。地球環境の変動の範囲を予測し、長期にわたるための不確実性を考慮して、十分に安全側に設計することにより、地下深部への処分の安全性を確保できると考えられる。

地下に放射性廃棄物を処分したり貯蔵するより、地表で人間が常時監視しているべきであるという意見もある。しかし、放射性廃棄物の固化体は基本的に安定であり、短期の危険はないので、人間が常時監視する必要はない。常時監視するためには、人間の環境から離すことができないので、それだけ監視する人間を放射線にさらす機会が多くなる。むしろ人間の活動の場からできるだけ離す方が安全性は高い。現在考えられている数100ないし1000 mクラスの深さの地下への処分であれば、処分場の位置や構造を正確に知ることができれば、再取り出しは可能である。もし、万一、処分場に予期していない変化があったとしても、例えば、1年以上に1回といった程度の時間間隔の粗い遠隔観測でも、変化を検出し、影響が実際に現れるまでに、対処する時間的余裕は十分にある。

現在、高レベル放射性廃棄物中の長寿命核種を原子炉等によって短寿命核種に変える研究もなされている。この研究が成功し、実用化されるようになれば、高レベル放射性廃棄物を隔離しなければならない期間を短縮できる可能性がある。しかし、研究開発

には相当の期間が必要であり、また、実用化されても、地層処分すべきかなり長寿命の放射性廃棄物を皆無にはできないであろう。放射性廃棄物の量は増える可能性もあるので、地層処分技術の必要性は変わらない。

2. 地下の安定性

地下は危険な場所であると考えている人が大変多い。しかし、地表は、岩圏・気圏・水圏の接点であって、変動がきわめて激しい。それに対して、例えば、台風や洪水等で地下の処分場が直接被害を受けることはほとんどありえない。地表に比べれば、地下ははるかに変動が小さく、危険は少ない。さらに、人間活動の場から遠ざけることができるので、地下深部は廃棄物処分の場として最適である。

地下施設が地震に強いことは、多くの実例で示されているが、特に、中国の1976年唐山地震(M7.8)で劇的に実証された³⁾。唐山市の地下500～800 mの深さには炭鉱があり、唐山地震を起こした震源断層そのものが炭鉱の坑内を横切っていた(図2)。地下の炭鉱は震源域そのものの中にあったといえるが、炭鉱の損害は軽く、付近の炭鉱もあわせて、作業中だった約1万人の坑夫もほとんど無事であった。しかし、炭鉱の地表施設は壊滅し、地表の唐山市ではほぼ2人に1人の割合で死傷するという大被害を受けていた。

放射性廃棄物処分施設は地下にある上に、施設構造自体も耐震性が高いので、地震による直接の被害はほとんど考えられない。むしろ、唐山地震の際に坑内の出水量が40～300%増加したことで示されるような、地下の環境変動による間接的な影響の方が実際には重要である。長期の安全性を確保するには、地震による地下水の流路の変化が、わずかでも処分場の隔離性能に影響するか否かにも、十分な検討が要求されるためである。

火山噴火による溶岩流や火砕流は地表で広がるもので、地下でマグマの直接の影響を受ける範囲はごく狭い。従って、火山噴火やマグマの貫入が地下の処分場に直接の影響を与える確率はきわめて小さい。マグマの熱による地下水の温度上昇や化学的性状の変化等の間接的な影響の方に注意するべきである。地下深部の岩盤の奥に、放射性廃棄物を封入すれば、生物環境から効果的に隔離される。また、地下は地表より安定で、変動があったとしても、ゆるやかであり、実際に放射性核種が地表へ到達する危険は少ない。従って、安全上からは、廃棄物はできるだけ早く地下に封入すべきであるといえる。

図2 1976年唐山地震による唐山炭鉱の震度分布断面図²⁾

図中のV断層が震源である。震度階は中国の震度階で、地表では震度Ⅹであった(日本の震度階で震度7相当)。地下500 m以深で断層付近以外は震度Ⅶ(日本の震度階で震度4相当)である。

3. 地下環境の多様性と変動の速さ

放射性廃棄物を地下深部の岩盤中に封入することは、現在および近い将来に私達が利用できる技術の範囲で、もっとも安全確実な処分方法であることは確かといえる。しかし、なお、問題がまったくないわけではない。それは、地球には未知の要素がまだ多く残されていることである。特に、日本列島はプレート境界に近く、大部分がいわゆる変動帯に入る⁴⁾。そのため、大陸地域に比べて、地殻変動が激しく、断層も多い。地震や火山活動・地熱活動等の問題があり、地殻変動のために破碎岩・風化岩・変質岩・堆積性軟岩が多いという特徴がある。また、多雨で地形が急なため、地下水が豊富で流れが速い。

ただし、これらは一般的な特徴であり、狭い日本列島内でも場所による地下の環境の違いは大きい。例えば、火山の分布は偏っていて、プレートの沈み込む海溝と火山フロントの間にはまったく存在せず、火山フロントの陸側付近に集中する⁴⁾。地殻の隆起の激しい地域も、プレート境界付近にあり、日本アルプスのように、現在も急峻な山地になっている。しかし、もっとも隆起の激しい地域でも、隆起の速さは、平均すればせいぜい年間数 mm 程度である。地下水の汲み上げすぎのために急速に地盤沈下している地区もあるが、局地的な表層の現象にすぎない。プレートの相互作用の影響を直接的に受けるような地域を除くと、ほとんどの地域の地殻の隆起あるいは沈降速度は、年間 1 mm 以内であり、多くの地域ではこれよりはるかに遅い変動しかしていない。

活断層の分布も偏っていて、明らかにプレート運動の影響がみられる。もっとも活動の激しい A 級活断層でも、年間数 mm 程度の平均変位速度である。A 級活断層はプレート境界付近と中央構造線沿いに集中しているので⁵⁾、他の地域の大部分の活断層のずれの平均の速さは年間 1 mm よりずっと小さい。一般的な傾向として、日本列島は大陸に比べて地質条件が悪いとはいっても、特定のサイト同志の比較では一概に悪いとは言えない。

日本は自然条件が厳しいので、外国の研究成果は利用できないという主張があるが、諸外国の研究開発の成果が日本にまったく活用できないわけではない。ただし、いかなる問題でも自然条件や社会条件の違いを無視して、そのまま真似しても解決しないことは明らかである。日本の自然条件や社会条件にあわせた独自の対応が要求される。根本的には、日本の地下がどうなっていて、何が起きているかを知り、さらに将来何が起きるかを予測することが、長期にわたって安全な処分施設を作るための前提である。放射性廃棄物処分のためには、処分施設周辺の岩盤は詳細に調査しなければならないが、長期にわたる未来の予測をするためには広域のデータが必要になる。現在は、むしろ精度は多少粗くても広範な研究を行って、地下の多様性や変動の範囲を知ることが重要である。

4. 長期安全性の検証

安全性を検証するためには、通常、シナリオ解析が実施される。シナリオとは、劇や映画のシナリオと同じように、現実にかかる出来事ではなく、起こる可能性があると考えられる架空の筋書である。地層処分の安全性を検証するために作られる核種漏出シナリオは、核種漏出に至る筋書を仮に考えて、その発生する（あるいは発生しない）確率を計算したり、影響を評価するためのもので、その大部分は現実には起こりそうもないものである。しかし、長期安全性を確保するためには、見落しを避けることが大切なので、なまずを吹くことは承知の上で、ほとんどありそうもない出来事まで考慮する。このような精神で核種漏出シナリオに係わる

表 1 処分後の漏出シナリオに係わる天然事象
(主な対策)

<p>○隕石・すい星の衝突（深く埋設）</p> <p>○浸食による露出（深く埋設）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・海水準低下 ・地殻の隆起 ・水河浸食 ・崩落・地すべり ・岩屑流・泥流 ・火山噴出物の影響 ・洪水 <p>○地殻変動による破壊 (地殻変動の予測)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・マグマ貫入・水蒸気爆発 ・角礫岩脈・角礫パイプ形成 ・ダイアビル（岩塩等） ・流体圧破壊 ・開口性割れ目形成 ・断層破砕帯形成 ・褶曲・キンクバンド形成 ・液状化 ・クリープ変形 ・解放割れ目形成 ・地震動の影響 <p>○岩質変化（変化範囲の予測）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・風化 ・変質 ・圧密 ・結成作用 ・溶脱 ・水・岩石反応 ・相変化 ・微生物 ・有機物 ・硫化物 	<p>○地下水による移行 (移行メカニズムの解析)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地下水流の変化 ・隆起・沈降による水流変化 ・海水準変動による水流変化 ・地震による水流変化 ・気候変化の影響 ・天水・海水の浸入 ・塩水の浸入 ・酸性水の浸入 ・汚染水の浸入 ・熱水の浸入 ・火成活動・地熱 ・その他の地下水性状変化 ・ガスの浸入 ・圧密脱水 ・クラックによる透水性増加 <p>○検知されなかった欠陥 (非破壊調査技術の開発)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・断層・破砕帯 ・不整合面・岩質不連続面 ・岩脈 ・層理・節理 ・空洞 ・水路チャンネル ・砂層等の透水性地層 ・異常高圧層・未固結層 ・風化・変質ゾーン ・有用資源 ・有害な化学成分を持つ岩体・鉱床 ・ガス・塩水・酸性水ポケット ・高温岩体・マグマ溜り
---	---

可能性が僅かでもあるかもしれないと考えられる天然事象を表 1 に列挙した。これらの事象は、必ずしも隔離性能に悪い影響を与えるばかりでなく、よい影響を与える場合もある。また、大部分は、発生確率がきわめて低いか、あるいは発生したとしても影響は小さい。

隕石・すい星の衝突はきわめて確率が小さく、特に地下深部の岩盤まで破壊するような巨大な隕石が衝突する確率は無視できる。浸食による露出は、未来の海水準低下や地殻の隆起の大きさを見積って、それより深く埋設することにより避けられる。例えば、年平均 1 mm の隆起をするような激しい隆起地域でも、100 万年で 1000 m の隆起しかしないので、1000 m 以上の深さに埋設すれば、直接露出する頃には廃棄物の放射性は十分低下している。

岩質変化も、長期間にきわめてわずかな変化しかしない。短期の実験ではほとんど変化が検出できないことも多い。このため、天然に過去長期間に生じた変化の形跡を詳細に研究する必要があり、ナチュラル・アナログ研究の対象となっている。廃棄物を健全で透水性の小さい岩盤中に封じ込めれば、地下水の移行速度が遅く、さらに岩石や粘土が放射性核種を吸着するために、核種が地表へ出てくるまでに十分な時間がかかるので、たいていの放射性核種は無視しうるほどに減衰する。しかしながら、量の違いはあるが、ほとんどの地下に地下水が存在しているので、地下水による移行は、影響が小さいとはいえ、十分な検討が必要であ

る。地層処分場のサイト選定・設計に当たっては、地下水による核種移行の影響が当然厳しく評価され、安全が確認される。しかし、ここでも地質環境の変化や気候変化による地下水流の変化やその影響の予測が必要になる。

長期安全性を検証するために、これらの天然事象や人為的事象により、地層処分場から放射性核種が長期間に漏洩する確率が検討されている。図3は、ベルギーで行われた安全性評価の検討例である⁶⁾。ベルギーにおける検討例であるから、参考にしかないが、傾向は知ることができる。すなわち、破壊的事象が発生する確率はほとんどない。地表へ核種が放出される確率は、数万年以内はきわめて小さいが、10万年程度になると相対的に増加する。しかし、10万年程度以上経ると、減衰によって、廃棄物の放射性が十分低下しているため、実際のリスクは小さい。

地下水への放出は、他の2者に比較して、確率が高い。廃棄物固化体は、容器や充填物などの工学バリアによって、地下水が廃棄物に触れないように厳重に守り、処分後1000年程度は核種が地下水へ流出することはないようにすることを目標に研究開発が行われている。おそらく、1000年以上にわたって、地下水の浸入を防ぐことが可能になると考えられるが、現状では長期の実証が完全にはできていないために、安全側をとって工学バリアを無視して安全評価を行うことが多い。従って、実際に放射性核種が放出されるリスクは、これらの評価よりずっと低いであろう。また、地下水に溶出する核種の量はわずかであり、岩石や粘土によって吸着され、地表に達するまでには長時間かかるので、地表環境への影響はごく小さくなる。

私見では、地層処分の安全性確保のために、もっとも注意しなければならないのは、岩盤中の欠陥の見落としである。見落としをなくすためには、徹底的な岩盤調査を実施しなければならないが、調査のために大切な隔離媒体である岩盤を傷つけるわけにはいかない。このため非破壊的な調査技術が必要である。非破壊岩盤調査技術は、さまざまな方法が提案されているが、三次元的な拡がりのある巨大な岩盤内部の小さな欠陥を確実に検出するためには、精密な高度技術の開発が必要である。

5. 地質環境の未来予測

図3 ベルギーの粘土層サイトにおける核種放出の確率⁶⁾

日本における地層処分の長期安全性評価のためには、地殻変動・地下水環境・地球化学環境・気象・海水準変動等の未来予測の方法を開発しなければならない。地球に関する未来予測の中でも、天気予報は長い歴史がある。また、地震予知や火山噴火予知については組織的な研究開発が実施されている。

地層処分は従来の問題に比べて、はるかに長期の予測を必要とする。その代り、地層処分施設は、地質環境の変化に対する耐久力が大きいので、大きな変動しか問題にならない。例えば、処分場閉鎖後には、地震動による大きな破壊は考えられない⁷⁾。小さな破壊による地下水流の変化などの間接的影響のみを問題にすればよい。また、変動の発生時期はごく大まかに知ることができれば十分である。このような超長期予測の特性は、地球科学の研究の特質にはむしろ合致している⁸⁾。例えば、地震予知の場合、日時を特定できるような短期予知はまだ困難であるが、地震空白域や活断層の研究による長期的予測は可能になっている。

現在を含む近い過去、すなわち第四紀の地球史に関する研究が、日本で近年急速に発達しつつある。この第四紀学をさらに発展させて地球未来予測を実現しようという試みは既に始められている⁹⁾。

近い過去ではなくても、条件が似ていれば、地層処分のための未来予測には役立つ。このため広い範囲の地球の歴史の中から、地層処分に何らかの点で条件の似た現象を探し出して、処分の長期安全性を確かめるのがナチュラル・アナログ研究である。ナチュラル・アナログとしては、アフリカで約20億年前に天然原子炉現象が発生したオクロ(ウラン)鉱床が有名であるが¹⁰⁾、他の地域では天然原子炉現象は見出されていない。地下核実験からは、はるかに短期のデータしか得られないが、10年程度では大部分の放射性核種はほとんど移行していないことが示されている¹¹⁾。放射性核種のうち、通常に自然界に存在しない超ウラン元素は、このような特殊な場所以外ではデータが得られないが、化学的に似た挙動をする相似核種(例えば希土類元素等)を使って、ナチュラル・アナログの研究が可能である。

地層処分のための超長期地球未来予測としては、次の7種の手法が考えられる⁸⁾。

(1) 外挿法 過去の傾向をそのまま未来に延長する方法であり、事象の継続時間が長く、変化の小さい、地殻変動の未来予測には有効である。地球の近い過去を研究する第四紀学やネオテクトニクスが有効であるが、安易な外挿は適切でない場合もある。周期性変動や空間移動性を利用した予測も広義には外挿法の一つといえる。例えば、活断層からの地震発生は一種の周期性変動である。また、地殻変動の場が移動するといわれている¹²⁾。

(2) 類推法 過去の似た事象からの類推による予測手法で、いわゆるナチュラル・アナログもこの一種である。天気予報や地震のような地球未来予測でもっとも多く使われる手法である。例えば、地震空白域による地震予知は類推法の一つである。

類推法では、必ずしも時間的・地理的に近くなくても状況が類似していれば使える。例えば、アフリカのオクロの天然原子炉現象も約20億年前の事件であるがナチュラル・アナログとして有効である¹⁰⁾。

(3) 確率評価法 現象の生起確率によって定量的に安全性を評価することが求められる。天然現象は、しばしば場所や時間によって生起確率が変動することに注意しなければならない。米国の地層処分の基準では、天然現象の危険度を確率評価することが求められている。

(4) 実験法 予測対象と似たような状態を人工的に作って、実験を行う方法で、室内実験、モデル実験、原位置実験がある。

条件をコントロールできるので、現象の本質を捉えるためには、どうしても必要な方法である。

(5) 概念モデル法 プレートテクトニクス・モデル等の概念モデルによって未来予測をする方法である。モデルが精密かつ正確なものであれば、未知の領域まで予測できるが、モデルの正当性が問題になる。しかし、プレートテクトニクス・モデル等の発展により、大きなスケールの地殻変動の予測が可能になりつつある。

(6) 数値シミュレーション法 予測対象と完全に同じ過去の現象はありえないし、実験も複雑な地下の状況を完全に再現することは不可能である。さまざまな要素がからみあった現象の未来変化を予測するには、コンピュータによる数値モデル実験が、結局は必要である。特に複合系の予測には、シミュレーションが不可欠であるが、モデルの妥当性が問題となり、地下実験や類似法などによるチェックが必要である。地層処分のモデル検証のために、大規模な地下実験施設の建設が各国で実施されている。

(7) 安全評価モデル シミュレーションとは異なり、対象とする現象とは必ずしも似ていないが、安全性を総合的に評価できるモデルを構築する。決定論的評価モデルと確率論的評価モデルがある。地層処分においても、総合的な安全評価には、安全評価モデルが使われる。

6. 今後の課題

高レベル放射性廃棄物のような、長期にわたって有害であるが、しかし、有害性の持続期間は有限であるような物質に対して、地下深部への埋設すなわち地層処分はもっとも安全な処分方法である。原子力技術の要点は、放射性物質が拡散しないように確実に封じ込めておくことにある。この方針に沿えば、高レベル廃棄物は速やかに地層処分すべきであろう。しかし、主に、長期安全性をめぐる地元の合意を得ることが難しいため、まだ世界のどこでも、高レベル放射性廃棄物の地層処分は実現していない。我が国では、冷却のための貯蔵期間も必要なので、高レベル放射性廃棄物地層処分が実施されるのは、2030年頃になると予測されている¹³⁾。しかし、長期安全性の確証を得るためには、当然、長期間

の試験研究が必要であり、将来の処分サイトの選定等に要する期間を考慮すれば、地層処分のための研究開発は急がなければならない。高レベル放射性廃棄物地層処分の現在の研究目標は、我が国の自然条件下での地層処分の可能性を示すことである。そのためには、地質環境の特性を把握し、特に深部の岩盤や地下水流の状態を明らかにする必要がある。また、地殻変動やナチュラ・アナログの研究等により、地質環境の未来予測の手法の開発が重要である。また、非破壊的な岩盤調査法の開発や我が国の岩盤条件に適した工学バリアや岩盤改良法の開発も進める必要がある。

参考文献

- 1) KBS:(1977) Handling of Spent Nuclear Fuel and Final Storage of Vitrified High Level Reprocessing Waste, KBS, Sweden I-p.32.
- 2) 陕西省地震隊, 王景明: 唐山地震煤礦区烈度の空間変化, 唐山地震考察と研究, 地震出版社, 北京 p.23~24, (1981)
- 3) 銭鋼: 唐山大地震—今世紀最大の震災, 朝日新聞社, 375p, (1988)
- 4) 杉村 新: 島弧の大地形・火山・地震, 岩波講座・地球科学 10. 変動する地球 I, p.159~181, (1978)
- 5) 活断層研究会: 日本の活断層—分布図と資料, 東京大学出版会, 363p, (1980)
- 6) D'Alessandro, M. and Bonne, A.: Fault-tree analysis for probabilistic assessment of radioactive-waste segregation, in Predictive Geology, Pergamon Press, p.45~63, (1982)
- 7) 小出 仁: 高レベル放射性廃棄物地層処分と地球科学, 地学雑誌 96巻3号, p.144~155, (1987)
- 8) 小出 仁: 地層処分のための地球未来予測の方法, 「陸地処分の天然バリア」, 放射性廃棄物研究連絡会会報, p.58~69, (1986)
- 9) 日本第四紀学会: 百年・千年・万年後の日本の自然と人類, 第四紀研究にもとづく将来予測, 古今書院, 231p, (1987)
- 10) 藤井 勲: 天然原子炉, 東大出版会, 131p., (1985)
- 11) Hoffman, D.C. and Daniels, W.R.: Assessment of the potential for radionuclide migration from a nuclear explosion cavity, in Groundwater Contamination, National Academy Press, p.139~146, (1984)
- 12) 笠原慶一: 地震とテクトニクス, 笠原慶一・杉村新編: 岩波講座・地球科学 10, 変動する地球 I, 岩波書店, p.33~88, (1978)
- 13) 通商産業省編: II 原子力ビジョン, 21世紀の原子力を考える, 通商産業調査会, p.39~200, (1986)

平成2年度地質調査所研究講演会

「地震地質学は社会にどのように貢献できるか?」9月10日(月)13:00~17:00 石垣記念ホール(港区赤坂)において開催予定。詳細は地質調査所(TEL 0298-54-3572・企画室)まで。

LEO レオ USA '90

米国製サイエンティフィックレーザー展示会/技術セミナー 11月13日(火)~15日(木) 池袋サンシャイン・シティ・ワールド・インポート・マートにおいて開催予定。詳細は米国商務省広報担当徳富さん(TEL 03-987-2446)まで。

いわき市史別巻「常磐炭田史」 特別頒布

東大名誉教授伊木正二他監修 常磐炭田の135年の流れ、成立・展開・解体の過程を叙述、また、常磐炭田史主要文献目録と、石炭業の全国情勢と常磐の動きを一覧できる常磐炭田史年表付。詳細は

(財)いわき市教育文化事業団(TEL 0246-29-0391)まで。

「日本素材物性学会」誕生

初代会長は秋田大学鉱山学部吉村昇教授。

第11回西日本岩盤工学シンポジウム

去る7月16, 17日福岡市にて開催された。論文集あり。詳細は九大江崎哲郎教授(TEL 092-641-1101)まで。

ギリシャとローマを結ぶ黄金の文明—エトルリア展

古代イタリアにおける謎の民族と呼ばれてきたエトルリア人の生活と文化を、約400点の出土品により紹介する。住友金属鉱山が別子銅山開坑300年の記念事業の一環として協賛するもの。10月27日より大阪・名古屋・福岡・東京にて順次開催予定。(8月5日付鉱業新聞より)

資源・素材学会英文誌 Vol. 7 No. 1

購入ご希望の方は本会まで。

'90 粉体工業展に本会も出展

9月10日(月)~14日(金)東京国際見本市会場(晴海) 化学・薬品・食品・鉄鋼・電子・機械・材料等を対象に最新の粉体処理技術・装置・材料を一堂に展示する上記展示会の「新素材と成形コーナー」に本会が出展します。内容は学会活動の紹介です。本会に整理券がごさいます。▽交通案内▽ (3号館No.3105に出展)

※マイカーでの来場はできません。