JSA e マガジン No.17

原子力発電所からの
放射性廃棄物の地層処分をめぐる諸問題

小林芳正

JSA e マガジン編集委員会 発行

原子力発電所からの放射性廃棄物の地層処分をめぐる諸問題

小林芳正

ま え が き

2011 年 3.11 の東京電力福島第一原子力発電所事故（福島原発事故）以来，原子力発電（原発）の是非が活発に議論されている．日本の電力はこれまで 30％も原発に依存してきたけれども，今後は原発が次々に新設されるようなことはないだろう．

だがしかし，今すぐに原発をやめたとしても，これまでに蓄積された使用済み核燃料とそこからでる高レベル放射性廃棄物は 2010 年 12 月末現在，総重量 0.5 トンのガラス固化体に換算して 2 万 4100 本にも上るという（楠戸，2012）．これらは放射性崩壊による発熱が減るまでの 30〜50 年間，地上で冷却しながら貯蔵され，その後，地下数百メートル以深のなるべく安定した地下に埋設（地層処分）される手はずだが，2013 年 8 月，地層処分候補地はまだ一つも決まっていない．

地層処分された高レベル放射性廃棄物の放射能がウラン鉱石なみにまで下がるのには数万年ないし 10 万年もかかる．この年数は人類史全体に匹敵する長さである．このような長期間にわたる放射性廃棄物の安全な管理が日本において，はたして可能であろうか？

原発から発生する放射性廃棄物の処分問題は，問題の重大性にもかかわらず，世の関心が不相応に低すぎる．そのような危惧から，一地学者である筆者は，より多くの人びとの注意を喚起するため，これまで機会あるごとに地層処分の問題点について発言してきた．本稿は，2013 年度京都支部で新たに発足した研究会の一つ「自然科学懇談会」での筆者の報告を骨子に，必要と思われる若干の情報を付け加えて作成したものである．

ここではまず，原発から出る放射性廃棄物の再処理と処分方法について紹介し，とくに高レベル廃棄物の地層処分が，日本の地学的条件下では困難であることを論じた．またこれまでの地層処分の研究体制および研究内容そのものの問題点を指摘し，最後に放射性廃棄物をめぐって，今後，生起すると思われる課題にも触れた．原子核が専門でないため，問題の理解不足や思い違いがあるかもしれない．それらの欠陥については，識者の叱正をお願いしたい．

2013 年 9 月 1 日

目　次

まえがき……01
目次　……02

1　原子力開発と地層処分のあゆみ……03
　1．1　放射性廃棄物処理問題……03
　1．2　なぜ地層処分か？……04

2　原発の放射性廃棄物……05
　2．1　放射性廃棄物の種類……05
　2．2　**地層処分・余裕深度処分・浅地中ピット処分・同トレンチ処分**……06
　2．3　放射性廃棄物を管理しなければならない時間……06

3　地層処分に適した場所は日本にあるか？……08
　3．1　変動帯の地質条件……08
　3．2　その他の地球科学上の問題点……10
　　（1）未来の地形変動……10
　　（2）未知の活断層など……11

4　地層処分研究の現状……11

5　地層処分研究体制のあるべき姿……14

6　むすびに代えて……15

　文献……16

1　原子力開発と地層処分のあゆみ

日本の原子力開発は次の経過をたどった．1956 年，原子力 3 法，すなわち原子力基本法，原子力委員会設置法，総理府設置法の一部を改正する法律の施行により，原子力委員会，科技庁，日本原子力研究所，原子燃料公社が設立された．1966 年，日本原電東海発電所でわが国最初の商用原子力発電所（原発）が稼働した．

原子力開発の中心機関の変遷は次のとおりである．1967 年，原子燃料公社が動力炉・核燃料開発事業団（動燃）に改組され，さらに 1998 年，動燃を改組して核燃料サイクル開発機構（サイクル機構）が設置され，2005 年にサイクル機構は原子力研究所と合体して日本原子力研究開発機構（JAEA）となった．

地層処分関連では，1975 年，放射性物質の海洋投棄を禁止するロンドン条約が発効し，1976 年に地層処分の研究・開発が始まった．2000 年の「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（2000.6.7)」の制定により，高レベル放射性廃棄物の最終処分を計画的かつ確実に実施する制度が定められた．廃棄物発生者が拠出する最終処分費用の拠出制度，最終処分を実施する主体，拠出金の管理を行う法人の指定等が行われ，事業主体として原子力発電環境整備機構（NUMO)が，資金管理団体として原子力環境整備促進・資金管理センター（RWMC）が設立された．2002 年，NUMO により処分地候補地の公募が始められたが，2013 年現在，有望な処分地はまだ一つも見出されていない．

1.1 放射性廃棄物処理問題

2013 年 8 月現在，日本は核燃料サイクル政策をとっており，使用済み核燃料は，全部再処理することになっている．再利用可能なウランやプルトニウムを回収した残りは高レベル廃液となる．これをガラスで固めてガラス固化体にする．直径 40 センチで高さ 130 センチのステンレス容器（キャニスター）に高温の溶融ガラス・廃液を詰めて固めたもので，重量は約 500kg である．国内の再処理工場は茨城県東海村と青森県六ヶ所村の 2 ヵ所にあるが，必要な再処理能力を持つ予定の六ヶ所村の工場は，まだ稼働していない．これまで使用済み核燃料の再処理はすべてフランスとイギリスに依頼しており，再処理で分離したプルトニウム・ウランと高レベル放射性廃棄物は海上輸送で返送されてくる．2010 年末現在，高レベル放射性廃棄物のガラス固化体は，東海村の日本原子力研究開発機構に 247 本，六ヶ所村の日本原燃（株）に 1455 本，中間貯蔵されている．これらは発熱が減るまで 30～50 年地上でさました後，地下に埋設（地層層処分）されることになっている．

原発の放射性廃棄物の問題は，放射能を比較することでいっそう明確になる．図 1 より，ウラン鉱石 1 MTU (metric ton of Uranium)当たりの放射能が 10^3GBq 程度なのに対して，これを濃縮して核燃料として 1 年使用すると，1 MTU あたり 10^{10}GBq

程度まで強まり，再処理・ガラス固化した段階で 1 MTU あたり 10^8GB q 程度となるが，まだウラン鉱石より 10 万倍も強い．ガラス固化体の放射能がウラン鉱石レベルにまで下がるのに 1～10 万年ぐらいかかる．したがって，原子力発電を行う限り，廃棄物と 10 万年近く付き合わなければならないことになる．

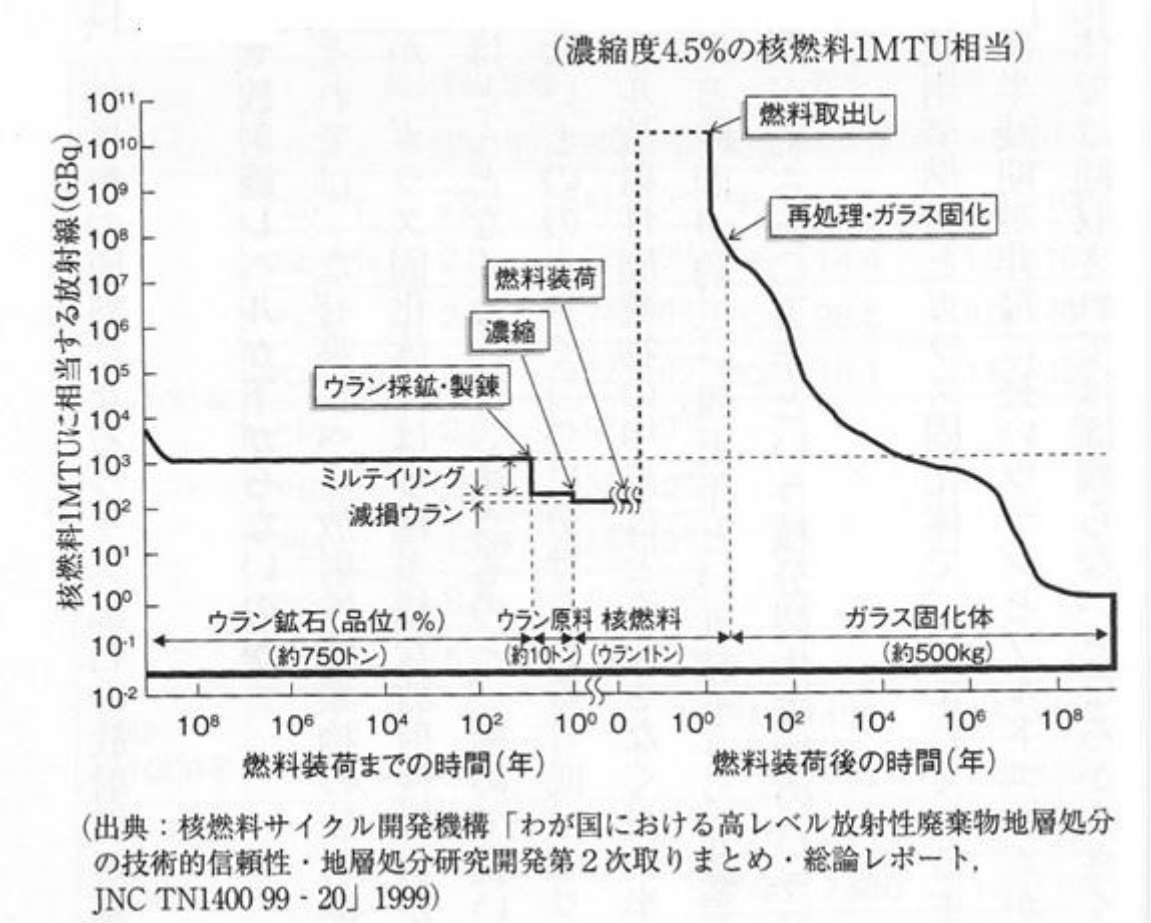


図１　ウランとガラス固化体の放射能の推移（楠戸，2012）

１．２　なぜ地層処分なのか？

放射性廃棄物の処分方法として，当初，宇宙空間に捨てる，南極の氷床の下に捨てる，深海底に捨てる，地下深部に捨てるなどが考えられたが，前３者はいずれも全だろうということであろう．ただ，将来，何らかのもっと良い処分法が見つかる経済性，条約による制限などから断念された．低レベル廃棄物の海洋投棄は最近まで行われていたけれども，1993 年にこれも禁止された．かくて残る捨て場所は地下深部しかなくなった．

しかし貯蔵すべき時間が１～10 万年とあまりにも長く，その間は人類が安全に保管できるという保証はない．また近々，放射能の消滅または低減技術が開発される見込みも小さい．そうであれば，今後何もしないで保管しておくには地下の方が安かもしれないし，また地層処分した廃棄物に問題が生じることがあるかもしれない．そのような場合も想定すると，埋設した廃棄物を安全に取り出せるような処分方法

も考えておくべきであろう．

２　原発の放射性廃棄物

２．１　放射性廃棄物の種類

原発の放射性廃棄物は，低，高レベル廃棄物に分けられる．低レベル放射性廃棄物には，建物の換気、洗濯廃液、使用済みのペーパータオル，換気装置のフィルター，イオン交換樹脂，放射性汚泥，汚染機材など、「気体状のもの」「液体状のもの」「固体状のもの」がある．これらは性状を踏まえて管理，処理されている．

問題は，核分裂や核反応により生じた大量の放射性物質を内蔵する高レベル廃棄物としての使用済み核燃料である．

使用済み核燃料の廃棄方法には２通りある．そのまま廃棄する直接処分法と，プルトニウムと燃え残りのウランを抽出してから廃棄する再処理法である．抽出されたプルトニウムは，１）高速増殖炉で使うか，２）MOX 燃料（混合酸化物燃料 PuO_2+UO_2）として軽水炉でプルサーマルに利用される．日本は後者１）２）をとる方針をとっている．^{239}Pu は核爆弾の材料にもなるから，近時，北朝鮮やイランはその疑いから核開発を制約されている．

高速増殖炉は冷却材（減速材）に金属ナトリウムを使う．^{238}U から ^{239}Pu を再生産する核燃料サイクルを形成できるので，資源の乏しい日本では“夢の原子炉”として開発研究の柱だったが，この技術は非常に危険かつ困難で，1960 年代から研究されているのにいまだに実用化できないでいる．これに対し，プルサーマル利用の原子炉は日本にすでに 4 基あり，福島第 1 原発 3 号炉もその一つだった．2011 年の事故時にメルトダウンし，水素爆発を起こしたので，プルトニウムも外界に放出されたものと考えられる．

地層処分の直接の対象は，高レベル放射性廃棄物だが，放射性廃棄物にはいろいろなレベルのものがあるので，それらにも簡単に触れておきたい．（資源エネルギー庁のウエブサイト： http://www.enecho.meti.go.jp/rw/tru/tru01.html　参照）

低レベル放射性廃棄物の一種に，発熱量は小さいが半減期の長い超ウラン元素を含む廃棄物（TRU 廃棄物*）がある．この中の一部は高レベル放射性廃棄物と同様，生活環境から長期間にわたり隔離するため，地下 300 メートル以深に地層処分する必要があるとされている．再処理によって使用済み燃料から回収されたウランとプルトニウムを加工する MOX 燃料工場で発生する低レベル放射性廃棄物のうち，使用済み燃料の燃料被覆管の切断片や燃料集合体の末端部であるエンドピース，再処理工場内の使用済み排気フィルター（廃銀吸着材），放射能が一定レベル以上の濃縮廃液や雑固体廃棄物なども地層処分の対象である．

２．２　地層処分・余裕深度処分・浅地中ピット処分・同トレンチ処分

放射能が高い順に，地層処分（300m以深），余裕深度処分（一般的な地下利用に十分余裕を持った深度への処分であり，具体的には地下 50～100m ぐらい），浅地中ピット処分(コンクリートピットを設けた浅地中への処分),浅地中トレンチ処分(人工構築物を設けない浅地中埋設処分）がある．ただし，前述の TRU 廃棄物は，前述のように，低レベルだが半減期が長いので地層処分の対象になる．制御棒，炉内構造物など比較的放射能の高い廃棄物は余裕深度処分される．

地層処分は，高レベル廃棄物または長寿命の放射性物質を対象とするので，処分施設の地質環境が長期間にわたり安定していることが必要である．処分施設の地質環境に影響を及ぼす可能性のある自然現象として，地震・断層活動や火山活動，隆起・沈降･侵食や気候・海水準変動が挙げられる．高レベル放射性廃棄物は，これらの自然現象の影響が及ばない安定した地質環境に隔離しなければならず，さらに，長期間にわたって放射性物質を地下に閉じ込めることができるように，地下水条件なども適切な地質環境を選ばなければならない．

このような地質条件の場所を選んだうえでさらに，高レベル放射性廃棄物は多重バリアにより人間社会から隔離される．多重バリアとは，バリア 1）放射性物質をガラスにして閉じ込め，地下水中に溶け出さないようにする，バリア 2）このガラスを金属製容器に封入し，地下水に接触しないようにする(オーバーパック)，バリア 3）厚さ 70 センチの粘土の緩衝材で包み，放射性物質の移動を遅らせたり吸着したりする，バリア 4）地下深部の岩盤で前項と同様，放射性物質の移動を遅らせたり，吸着したりすることが期待されている．バリア 1）から３）については高木仁三郎による詳しい批判がある（高木，2000）.

２．３　放射性廃棄物を管理しなければならない時間

ウランの採鉱，濃縮，核燃料としての使用，再処理の過程を経た核分裂生成物：ガラス固化体（＋オーバーパック）の放射能がウラン鉱石同等まで下がるのに数万年かかる（図１）．さらにこの過程では TRU 廃棄物も残るはずだったが，今後，使用済み燃料が直接処分されるようになれば,使用済み燃料の放射能はより高いため,ウラン鉱石と同等まで下がるのに 10 万年オーダーの時間がかかる.

管理を要する10万年は未来に属するが，人間的尺度から見ると気の遠くなるような長期である．どのような時間かを考えてみるのに，方向は逆だが，地球の歴史と比較してみるのがよいだろう．日本列島の地史に照らしてみると，2万年前，日本列島はまだ朝鮮半島，樺太と陸続きだったし，1万3000年前，やっと大陸から完全に分離してほぼ今の形になったところだった．第四紀に地球は四つの氷期と三つの間氷期を経験し，過去35万年間に図2のように海水準が100mも上下し，それにともなって沿岸の堆積，浸食環境が変化したことがわかっている．こんな長期にわたる地史

の未来予測が実際的に可能であろうか？

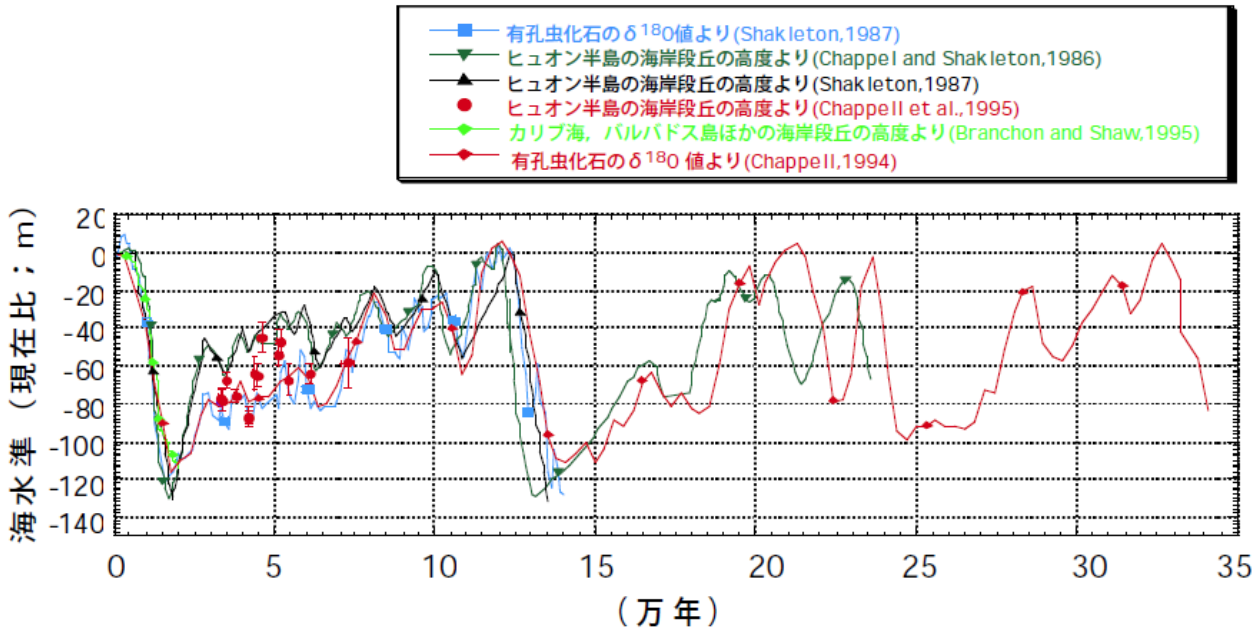


図２　過去 35 万年間の海水準変動曲線（電気事業連合会，2007）．左端が現在．

未来予測に関する内閣府原子力委員会の諮問への回答で，日本学術会議は，次のように述べている：そもそも（特に高レベル放射性廃棄物の最終）処分場の実現性を検討するにあたっては，長期に安定した地層が日本に存在するかどうかについて，科学的根拠の厳密な検証が必要である．日本は火山活動が活発な地域であるとともに，活断層の存在など地層の安定性には不安要素がある．さらに，万年単位に及ぶ超長期にわたって安定した地層を確認することに対して，現在の科学的知識と技術的能力では限界があることを明確に自覚する必要がある（日本学術会議回答2012）．

ところが，この日本学術会議の回答を受けて日本地質学会は，いささかニュアンスの異なる見解を述べた．日本地質学会は，2002 年に「地質環境の長期安定性研究委員会」を設置して毎年検討を重ねてきた結果，「変動帯である日本列島においても地層処分の安全性を担保できるような安定した地域が存在すること，また一方で，日本には地層処分には適さない地域があることも確認してきた」と述べ，さらに「学術会議の報告書の内容は，最終処分の再考を促したものではあるものの，最終処分としての地層処分が不可能と断定したものではないことを付記」している（日本地質学会 2012）．

確かに学術会議回答の主題は，地層処分問題の深刻さを憂い，その重要性，緊急性を国民が認識すべきことを述べたものではあるが，その根底に「万年単位に及ぶ超長期にわたって安定した地層を確認することに対して，現在の科学的知識と技術的能力では限界がある」との認識があることは重要で，その立場からさらに「科学者や専門家が自律的にこの問題に関わり，疑問や批判に対して開かれた討論の場を設

けて,安全性に関して再検討する必要」があると述べているのだから(大西隆,2012),日本地質学会の見解とは立場が根底から違っているといわねばならないだろう.

３　地層処分に適した場所は日本にあるか？

前述のように，最終処分地として不適当な地質環境として，活断層，火山，隆起・浸食の激しい場所，第四紀の未固結堆積物，鉱物資源が挙げられている．これらのうち，火山地帯，第四紀未固結堆積層地帯，鉱物資源の期待される鉱区を避けることは比較的容易と思われるが，他の諸項目はどうか？

３．１　変動帯の地質条件

世界では，岩塩層，鉄鉱床，花崗岩などが地層処分地の候補になっている（ドイツではゴアレーベンの岩塩層とコンラッドの粘土層＋鉄鉱床；アメリカではカンザス州の岩塩層，ネヴァダ州ユッカマウンテンの凝灰岩；フィンランドではオルキオト半島の花崗岩など，スウェーデンのフォルスマルクの大陸性地殻の結晶質岩＝花崗岩？など）（松田，2008）.

図３　バチカン市国，サンピエトロ広場のオベリスク．高さ25.37メートルの一体の赤色花崗岩（産地はエジプト）

日本では，厚い岩塩層は期待できないが，花崗岩は広範に分布する．たとえば東

濃地科学センター瑞浪超深地層研究所は，そのような対象を想定して設けられたと思われる．ただ花崗岩地帯は存在するものの，変動帯にある日本の花崗岩は，安定地塊の花崗岩に比べ亀裂密度がきわめて高い点でまるで違っている．

わかりやすい例を挙げると，たとえば図３に示すローマのサンピエトロ広場の中央に立つオベリスクはエジプトの赤色花崗岩であるが，高さ 25 メートル以上の全長にわたり割れ目が１本もない．日本の工学的岩盤分類の１例では割れ目間隔 50 センチ以上の硬岩は最良の岩盤分類に属するとされている（表 1）．

表１　ダム基礎岩盤の分類例（建設省土木研，1966）

岩盤の区分基準

区分要素	細区分	内容
岩盤の固さ	A	堅硬。ハンマーで火花が出る
	B	一部堅硬一部軟質。全体的にやや軟質ハンマーで強打して1回で割れる
	C	軟質。ハンマーで崩せる
割れ目の間隔	Ⅰ	**50ｃｍ以上**
	Ⅱ	50～20ｃｍ
	Ⅲ	20ｃｍ以下
割れ目の状態	a	密着
	b	開口気味。薄く粘土を挟む
	C	開口。粘土を挟む

日本でのもう一つの地層処分候補地として堆積岩地域が考えられる．たとえば北海道幌延深地層研究センターは，そのような地域での地層処分研究のために設けられたのであろうが，軟岩である堆積層中に処分する場合は，雨量が多く，ほとんど水浸し状態の日本列島では地下水の浸透が問題になる．日本の降水量が世界でも相当多いグループに属することは図４から明らかである．

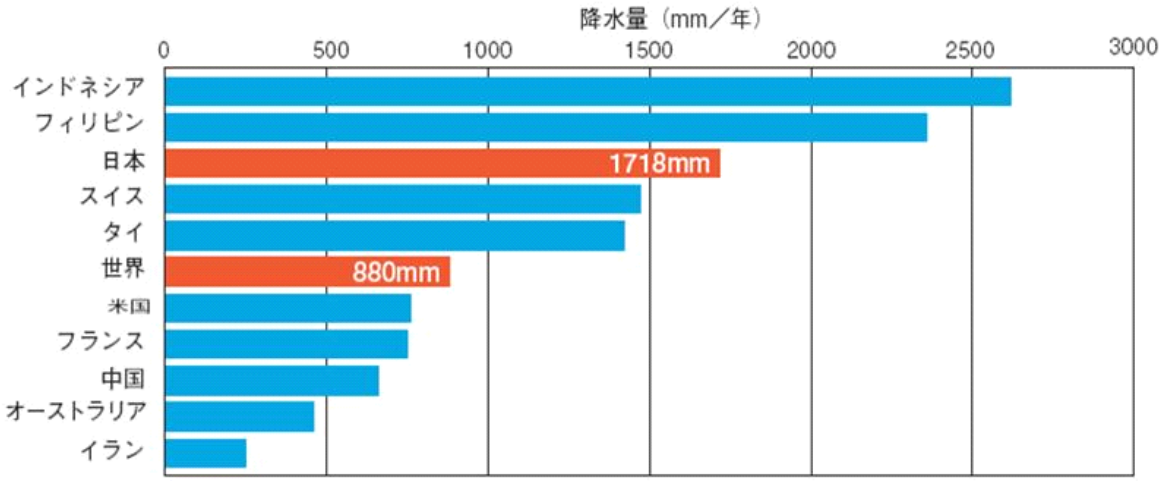


図４　世界各国の降水量.

日本の降水量は 1971 年から 2000 年にかけての平均値. 世界および各国の降水量は 1977 年開催の国連水会議における資料に基づく．国交省土地・水資源部「平成 16 年版日本の水資源」(2004. 8）による.

世界でも多雨地帯であるモンスーンアジアの東端に位置する日本は，年平均 1718 ミリの降水量があり，これは世界平均 880 ミリの約 2 倍に相当する．しかも，日本の降水量は季節ごとの変動が激しく，梅雨期と台風期に集中している．例えば東京の月別平均降水量は, 最多雨月の 9 月で 208.5 ミリ, 最少雨月の 12 月で 39.6 ミリと，その差は 5 倍に達する.

このような地下水豊富な堆積層中では透水にともなう核種の移動が問題となる．たとえば幌延深地層研究センターのある幌延の地質は，浅部から更別層，勇知層，声問層，稚内層の順で，更新世～鮮新世，中新世の堆積層からなるが，これらの地層の透水係数 k は，$k=10^{-6}$～10^{-10} メートル・毎秒程度と見積もられるので，とくに亀裂がなくてもその浸透速度は軽視できない．透水に関するダルシーの法則，浸透速度＝透水係数×動水勾配により，仮に動水勾配を 10^{-3} として（註），浸透流速を算定してみると，10^{-9}～10^{-13} メートル・毎秒となる．1 年は 3×10^{7} 秒だから，年あたりの浸透速度は 3～3×10^{-4} センチ・毎年にもなる.

（註）地下深部の動水勾配は一般に小さいが、経産省は 10^{-2} ぐらい以下としている．（放射性廃棄物のホームページ 2013）

３．２　その他の地球科学上の問題点

（１）未来の地形変動

1 万年オーダーの期間が問題となると，透水係数だけでなく，海水準変動にともなう浸食や透水の境界条件の激変も想定すべき大問題であろう（図 2）.

電気事業連合会（2007）は，次のように考えている.

「隆起・沈降は火成活動・断層運動・地震活動等と密接な関係があり，プレート運動と深く関わっている．よって，隆起・沈降が過去10万年程度の期間，ある傾向を持って継続しているならば，その傾向が今後10万年程度もほぼ同様に継続していく

であろう．そして「変動帯」といえども，新たな地殻変動が起こるような場に変遷するためには，100万年単位の長期にわたる時間が必要である．したがって，外挿法により，過去数十万年程度の地質学的記録を基に，将来10万年程度の推論は可能である」これは甚だ楽観的な考え方であり，これを将来の安全にかかわる実際問題に適用することは正当であろうか？

高レベル放射性廃棄物の地層処分地は，隆起・浸食の激しい場所を避けなければならないことになっているが，近過去35万年間に海水準は100メートルも上下しており，海水準変動にともなって，沿岸の浸食・堆積環境は大変動しているのである．図2に見られるように，現代は海水準が高い時期なので，ひとたび海水準が下がり始めれば，現在の地表は激しい浸食にさらされ，浅部地下は地表に露出することも考えられる．問題は，シミュレーション技法の問題ではなく，1～10万年もの期間についての周辺条件をどう設定するかということにある．未来の海水準変動，地殻変動の信頼度高い予測は困難である．とすれば，そのような長期間の隆起・浸食の予測も実際上は不可能と言わなければならない．

（２）未知の活断層など

高レベル放射性廃棄物の地層処分地は活断層を避けなければならないが，未知の活断層はいくらでもあって，避けたくても活断層を 100％発見することは保障されない．例えば，2000 年 10 月 6 日の鳥取県西部地震（M＝7.3）も，2013 年 4 月 13 日の淡路島地震（M6.3）も，地震発生まで知られていない活断層の場所で発生した．地震の影響の過小評価に対する詳しい批判は石橋（2000）に見ることができる．

地層処分地は第四紀未固結堆積物を避けることになっているが，それ以前の地層，例えば鮮新世や中新世の堆積層なら大丈夫とは簡単に言えないことは前記の幌延の地層についての透水の見積もりの例をみれば明らかである．

４　地層処分研究の現状

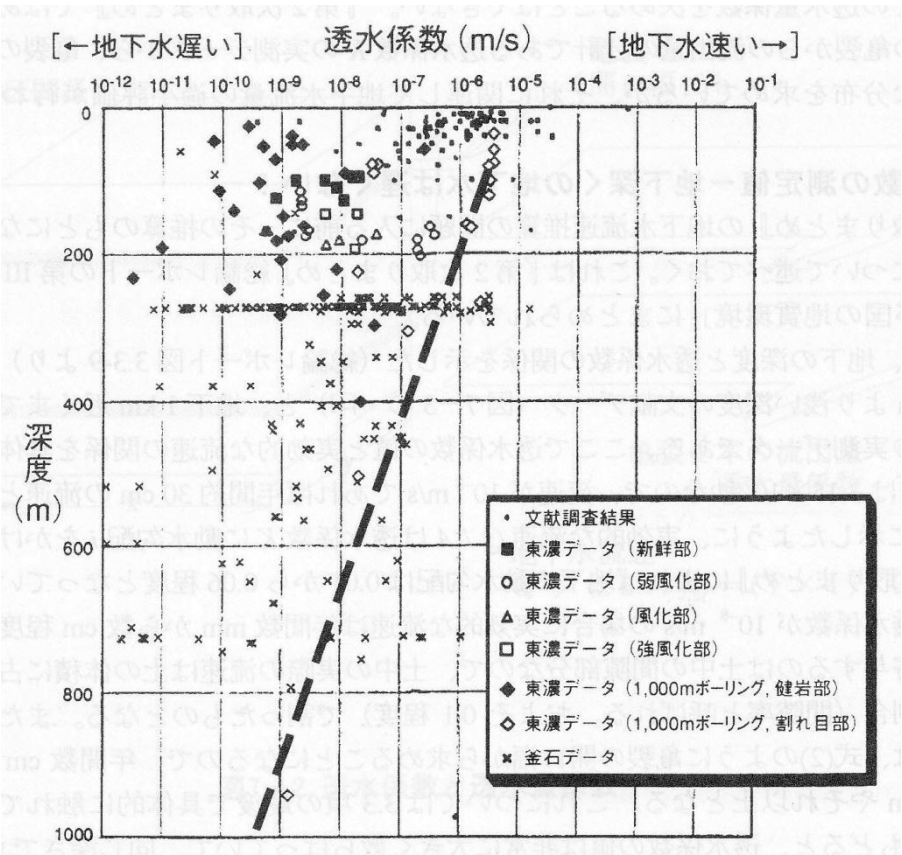
地層処分の研究機関としては，1967 年の原子燃料公社に始まり，現在の独立行政法人日本原子力研究開発機構（Japan Atomic Energy Agency，略称：原子力機構，JAEA）に至る，いわゆる「原子力ムラ」の研究機関しかなく，この分野の研究は原発推進機関の独壇場だった．地層処分研究のため，2002 年に岐阜県瑞浪市に超深地層研究所，2003 年に北海道幌延町に深地層研究センターが設置された．この間 JAEA などは一般公開の「情報・意見交換会」を年に 1～2 度開催してきたが，それらの研究は実質的に外部の批判にほとんどさらされたことがなく，その結果，きわめて楽観的なトーンのものが多い．その例として，これまでに公表された研究をいくつか紹介する．（東濃地科学センター　地層科学研究　平成 23 年度情報・意見交換会，2011）

（１） 岩盤の透水性は深度とともに低くなり，酸化環境から還元環境になると期待されている．地下の酸化・還元環境は地層処分された物質の化学変化に大きな影響

を及ぼすからで、還元環境の方が炭素鋼からなるオーバーパックが長持ちするとの期待がある．瑞浪では深度 300 メートルで割れ目の発達した高透水性の岩盤が分布するが，深度 500 メートルでは割れ目は比較的少なく，還元環境であることが期待された．しかし，実態はそれほど単純ではなく，深度 1000 メートルに至っても岩盤の透水係数が単調減少する様子は見られなかった（末田，2013,図５）．

（２）変動地形が明瞭でない未知の活断層を発見するため，ヘリウム同位体比を利用する構想がある．2000 年鳥取県西部地震の際，震源域で採取した地下水中の溶存ヘリウム同位体比[He3/He4]が著しく高かったのは，地殻中を上昇してきて He3 濃度の高いマントルのためだという．だが，この手法はまだ実用段階にあるわけではない．日本では“新潟―神戸ひずみ集中帯”（図６参照）が提起されており，この帯状地帯で He3/He4 比が高いという説がある（Iio et al. 2002）．

（３）深さ数 10 キロメートル以上の震源断層や高温流体を発見するための「地震波トモグラフィ法」や「地磁気・地電流法」の開発研究が行われている．これらは確かに発展の期待される手法であるが，実用化までに，地震観測・解析法，地下探査法の画期的な発展がなければならず，地震学会や物理探査学会の関係者が総力を挙げて取り組んでも，いつ実現できるかわからないレベルの課題だから，現時点での実用化への期待はできない．



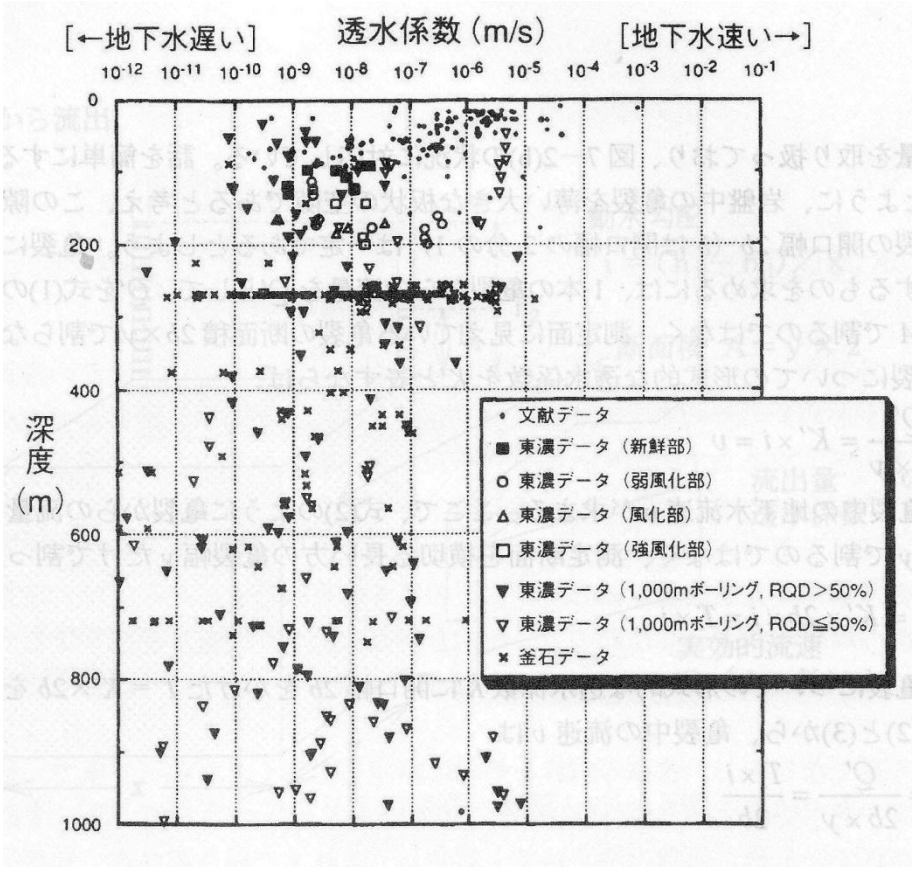


図 5　東濃地方の 1000 メートルボーリングによる地下深部の透水係数データ．上図の破線のようなモデルを想定していたが，実際に掘削してみたら下図のようだった．

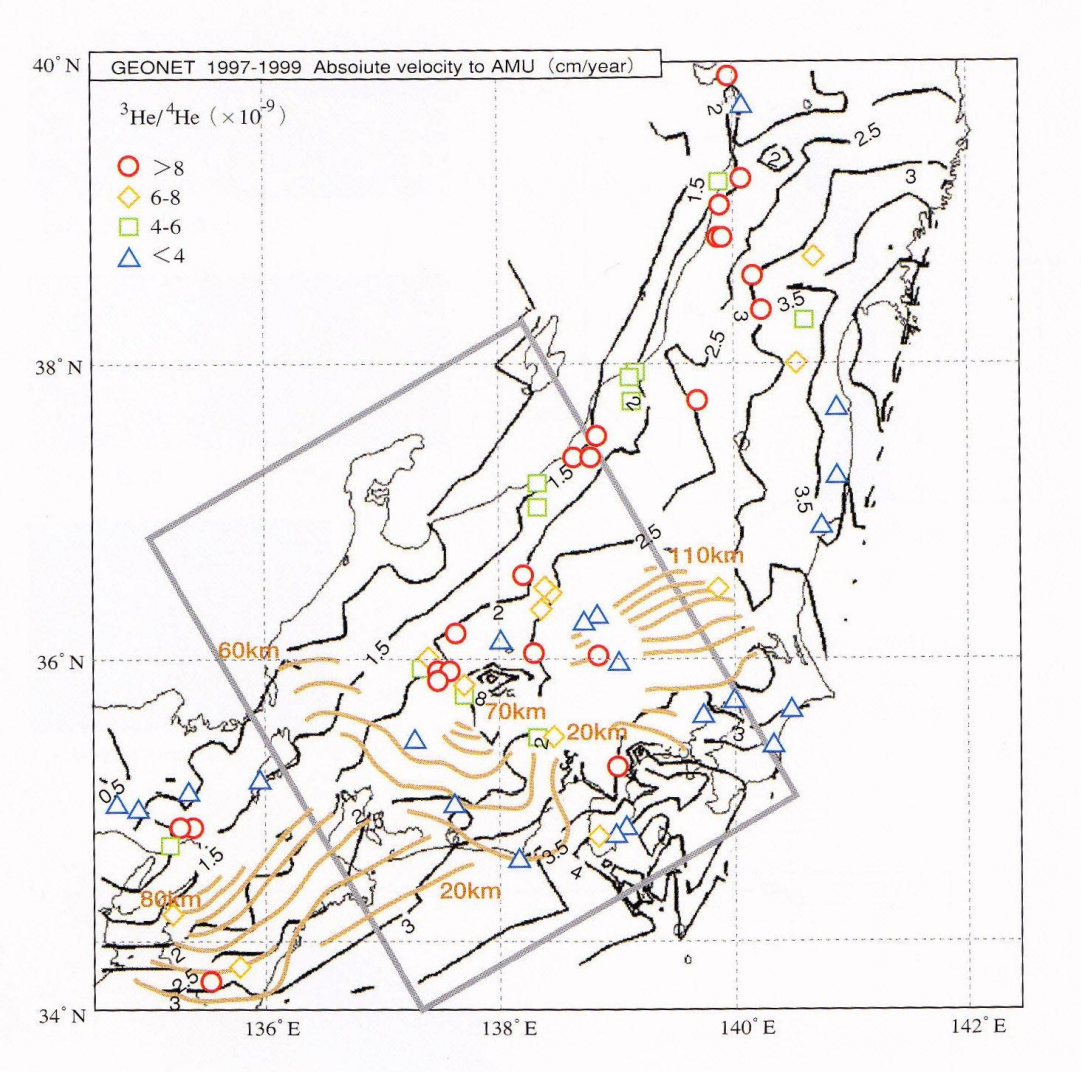


図 6　“新潟―神戸ひずみ集中帯”のヘリウム同位体比が高い（飯尾，2009）．赤丸の分布から未知の活断層をピンポイントで決定することは難しい．

（4）今後の研究として，将来の断層の伸長，破砕帯の拡大予測のため，断層の成熟度の調査法の開発を目指している．そのため今後 10 万年程度の地質環境の予測・評価が必要で，10 万年間の山地の「隆起・浸食の数値シミュレーション」を行うという。興味ある課題ではあるが，前述の海水準変動予測の困難を考えれば，このシミュレーション結果も信頼度は低く，早期の実用化は期待できない．

5　地層処分研究体制のあるべき姿

上述のような”夢の研究“が JAEA の研究機関で行われているのは，閉鎖的な研究体制と，それに照応した専門家を含む国民一般のこの問題に対する無関心に原因があると考えられる．JAEA などが年に 1～2 度一般公開の「情報・意見交換会」を開催しているが，そこに集まるのは，ビジネスチャンスを求める各種企業が大部分であり，少数の研究者もほとんどが JAEA などの研究協力者に限られ，「公開」を唄いながら，実質的に世に開かれていたとは言い難い．

事の重大さを考えれば，技術問題も含めて，地層処分のあり方はもっと開かれた場で議論されるべきである．2012 年の日本学術会議の回答は，まさにそのことを指摘しているのである．ここにその 1 部を紹介しよう。

「地層処分政策は，2000 年に制定された『特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律』に基づき，NUMO を担当者として進められてきたが，基本的な考え方と施策方針の見直しが不可欠だ．原子力委員会自身が 2011 年 9 月から原子力発電・核燃料サイクル総合評価を行い，使用済み核燃料の「全量再処理」という従来の方針の見直しを進めている．その結果も，高レベル放射性廃棄物の処分政策に少なからぬ変化を要請するだろう．これらの問題に的確に対処するためには，従来の政策枠組みをいったん白紙に戻すくらいの覚悟を持って，見直しをすることが必要である」

(アンダーラインは筆者）．

現在の地層処分政策そのものが見直されるべきだという指摘は，地層処分の研究にもそのまま適用されるべきである．

6　結びに代えて

日本は，使用済み核燃料の再処理・リサイクル＋地層処分に固執しているが，根底的に考えてみるなら「再処理」か，再処理はやめて「使用済み燃料の直接処分」かという問題を改めて吟味してみるべきだろう．世界で再処理をしない選択が多数派であるのは再処理をしない方が安上がりだからである．今後も再処理をしようとしているのは，英仏以外では，インド，中国，ロシアと日本で，これらの諸国は，プルトニウムが必要と考えているらしい．再処理を他国に委託しているのはドイツ，スイス，オランダとウクライナなどである．日本は，自前で再処理しようとしているが，再処理工場が未だにうまく稼働できていない．再処理しないで直接処分する場合，プールで数年間冷やした後は空冷の「乾式貯蔵」をする方が経済的とのことである（フォン・ヒッペル，2012）．もし直接地表に置いたのでは，自然災害やテロに対して危険すぎると考えるなら，地下 50～100 メートルぐらいに貯蔵する余裕深度処分あたりが適当なのではあるまいか．

一方，地層処分にとどまる場合も，フランスでは「改正バタイユ法（2006 年)」により，地層処分された放射性廃棄物は，最低 100 年間は再取出し可能にすべきことが決められていることは注目される（松田，2008）．日本で現在の原子力政策が維持されるとしても，今後，処分方法，核種変換技術が進む小さな可能性，使用開始した地層処分場自体に問題が起こる可能性も考慮すれば，地層処分を行った後も，再取出し可能にしておく方が好ましいと考えられる．現在の地層処分には，“子孫に負の遺産を残さないために，地層処分したのちは手をかけなくてよいという思想”が根底にあるようだが，そう都合よく事態が推移する保証はない．

日本政府は「福島原発事故後，原発の安全性を高めている」との売り文句で原発

の輸出に突っ走ろうとしている．相手はトルコ，インド，ブラジル，ベトナムなどだが，さらに中東も視野にいれている．福島原発事故の処理も収束していないうちになぜ「安全性」が高いなどと言えるのか？ 仮に百歩譲って，それを認めるとしても，原発を運転すれば否応なしに放射性廃棄物が生産され，いずれの国々もその処理に悩まされるようになるのは目に見えている．新興国からは，建設だけでなく，運転や保守点検，放射性廃棄物の処理まで含めた「パッケージ型」サービスの提供が求められるケースもあるという（京都新聞社説　20130523）．だとすれば，この上，新興国の廃棄物まで引き受けるつもりなのだろうか？ 最近，自民党資源・エネルギー戦略調査会でさえも，「使用済み核燃料の最終処分法が確立するまで原発の新規建設を見送ること」を提言している（毎日新聞，20130816）．まともに考えればこちらの方が当然で，輸出するどころではないはずだ．

謝辞

本稿をまとめる過程で，加藤利三氏に関連情報を教えていただいた．富田道男氏には草稿を見ていただき，本稿を改善するための多くの助言をいただいた．記して謝意を表する．

参考文献等

・楠戸伊緒里『放射性廃棄物の憂鬱』（詳伝社新書，2012 年）

・フランク・フォン・ヒッペル『増殖炉開発・再処理から「乾式貯蔵」に進む世界』（世界 2012 年 8 月号，岩波書店）

・高木仁三郎「『高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性』批判」(地層処分問題研究グループ，2000).

・**電気事業連合会「(地質環境の長期変動)気候・海水準変動，地形変動」**(2007).
http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/senmon/shidai/dai2haimai/dai2haimai002/siryo1-2.pdf#search='%E7%AC%AC4%E7%B4%80+%E6%B5%B7%E6%B0%B4%E6%BA%96%E5%A4%89%E5%8B%95'

・経済産業省　放射性廃棄物のホームページ 2013
http://www.enecho.meti.go.jp/rw/hlw/qa/safe/safe06.html

・日本学術会議：「回答　高レベル放射性廃棄物の処分について」，2012.0911
http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-k159-1.pdf

・日本地質学会　吉田英一・高橋正樹・渡部芳夫・井龍康文・千木良雅弘・石渡明，「高レベル放射性廃棄物の地層処分について」－地質環境の長期安定性の観点から（学術会議の報告を受けて）－2012
http://www.geosociety.jp/uploads/fckeditor//pubcome/20121122comment.pdf

・大西隆（日本学術会議会長）：ＮＨＫ視点論点，2012.0928
http://www.nhk.or.jp/kaisetsu-blog/2012/09/28/

・松田美夜子：ドイツ，フランスにおける原子力廃棄物最終処分地の選定状況，日本原子力学会誌 Vol.50，No.4 号，2008
・石橋克彦：「高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性」批判，地層処分問題研究グループ，2000
・東濃地科学センター　地層科学研究　平成 23 年度情報・意見交換会，2011　一部は次のサイトで見ることが出来る．http://www.jaea.go.jp/04/tono/topics/topics1109_1/yousi.html
・末田一秀「環境と原子力の話」（2013.0722）.
http://homepage3.nifty.com/ksueda/waste0000.html
・Iio,Y., T.Sagiya, Y.Kobayashi and I.Shiozaki, Water-weakened lower crust and its role in the concentrated deformation in the Japanese Islands, Earth Planet. Sci. Lett., 203, 245-253, 2002
・飯尾能久『内陸地震はなぜ起こるか？』（近未来社，2009）.
・京都新聞・社説「原発　倫理欠くビジネス優先」　20130523
・毎日新聞・20130816　http://mainichi.jp/select/news/20130816k0000m010100000c.html

＊）TRU 廃棄物とは，超ウラン元素を含む放射性廃棄物のこと．TRU 元素ではなくても，再処理施設から発生する放射性廃棄物で長寿命核種を含む廃棄物も広義の TRU 廃棄物ということがある．

【著者のプロフィール】

著者：**小林芳正（こばやし　よしまさ）**，京都大学名誉教授
生年：1936 年生まれ
略歴：1958 年京都大学理学部卒業，1958 年国鉄鉄道技術研究所（地質研究室），1973 年京都大学防災研究所（地すべり部門），1981 年京都大学理学部（地球物理学教室，1994 年より火山研究施設），1997 年広島工業大学（環境学部），2000 年地質計測（株），2008 年退職現在に至る
著書：『地下核実験探知』（B・ボルト著，小林芳正監訳，古今書院，1986），『十津川水害と北海道移住』（蒲田文雄と共著，古今書院，2006），『地下探査技術セミナー』（伊藤芳朗他と共著，古今書院，2007）ほか

2013 年 9 月 25 日

日本科学者会議 JSA ｅマガジン編集委員会
The Japan Scientists' Association(JSA)