

高レベル放射性廃棄物の処分(Ⅱ)

1994年3月

地層処分研究会
財団法人政策科学研究所

ま え が き

昨年、長らく待たれていた高レベル事業推進準備会が発足し、研究開発を担当する動燃事業団と並んで、高レベル放射性廃棄物の処分に向けての車の両輪が回りはじめたことは、わが国のバック・エンドの整備にとって大きな前進と思われます。

一昨年、当法人の自主研究としてスタートした「地層処分研究会」は、昨年度に続いて今年度も月1回の研究会を重ね、ここに第2回の報告書をまとめることができました。メンバーの真剣な討議を通じて、高レベル廃棄物処分の主要な問題点が次第に明らかになってきたように思われます。研究会の特色は、メンバー各自の立場を尊重しながら自由な討議を重ね、それによって各自が高レベルの基本的な諸問題への認識を深めていることであり、そのなかから共通の認識も育ってきています。研究会が続く限り、そのような会の特色が維持されることを願っています。

本報告書がわが国の高レベル廃棄物処分政策の確立にいささかでも寄与するところがあれば、まことに幸いです。

1994年3月

財団法人 政策科学研究所
理事 川上 幸一

地層処分研究会メンバー

- | | |
|-------|----------------------------|
| 天沼 倅 | 元名古屋大学教授
原子力システム研究懇話会 |
| 川上 幸一 | 神奈川大学経済学部教授 |
| 村野 徹 | (財)エネルギー総合工学研究所カシオ試験研究部専門役 |
| 武藤 正 | (株)ペスコ顧問 |
| 増田 純男 | 動力炉・核燃料開発事業団東海事業所環境技術開発部長 |
| 石塚 昶雄 | (社)日本原子力産業会議開発部部長代理 |
| 坪谷 隆夫 | 動力炉・核燃料開発事業団中部事業所所長 |
| 山田 三郎 | 東京電力(株)原子燃料部副部長 |
| 義村 利秋 | (財)政策科学研究所主席研究員 |

□ 目 次 □

今後の地層処分研究・開発の方向に関する私見	天 沼 倅	1
2000年までの展望—準備会への期待	川 上 幸 一	19
処分問題における管理の考え方—その2— —具体的事例の考察—	村 野 徹	27
地層処分の社会的受容へのステップ	武 藤 正	37
地層処分におけるモニタリングについて	増 田 純 男	49
高レベル固化体の問題についての一考察	坪 谷 隆 夫	59
放射性廃棄物処分についての社会的合意について(1)	天 沼 倅	65
《 参 考 資 料 》		
原子力倫理から見た地層処分の課題		81

今後の地層処分研究・開発の方向に関する私見

天 沼 偉

1. はじめに

昨1993年には吾が国でもH L Wの地層処分研究開発に関して種々の動きがあった。まず、5月にはかねて論ぜられていた「高レベル事業推進準備会（S H P）」が発足し、将来（2000年頃を目標）のH L W処分実施主体の設立に向けた一步が踏み出され、7月にはその前年1992年9月に報告された動燃の1991年度の技術報告書¹⁾についての放射性廃棄物対策専門部会による評価が「高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の進捗状況について」として発表された。また8月には地層処分の基盤的研究を行なうための大規模な地上施設の建家が動燃に完成し、まだ内部の機器・装置を整備中であるが今後の成果が期待されている。

上記専門部会の報告書は、これまでの研究開発の進展状況及び将来に向けての課題と進め方に関し検討を行なったとしており、その後動燃ではこの中で示された『現段階においては、概ね妥当なものと結論できる』という評価に基いて、今後凡そ2000年頃（ほぼ地層処分実施主体が設置される頃）までの期間における研究・開発の進め方についての検討が行なわれていると聞いている。

現行のわが国における地層処分研究開発計画（原子力委員会長期計画²⁾、1987年6月）における第2段階は非常に重要な段階であって、その最終の目標は処分予定地の選定であり、これは処分実施主体が行ない、その結果を国が所要の評価を行なって、その妥当性を確認すること、としている。このことは、2000年頃には設立される予定の実施主体に動燃からの技術移転がスムーズに行なわれると共に、発足した実施主体が処分予定地の選定作業を開始するために必要な研究及び技術とその手法を、少くもその時点までは開発の中核である動燃が開発しておくことが極めて望ましいことを意味していると思われる。さらにできればこの問題についての社会的受容に関しても、少しでも進展させておくことは一層望ましいと考える。

このような観点から、筆者は今後凡そ2000年前後頃までの、わが国での地層処分の研究開発のあり方ないしその方向づけは非常に重要と考えている。折しも「日本においては今後も当面は地質環境を特定せずに巾広く研究を継続する方針であるが、第二次取りまとめ

(筆者註、この取りまとめは凡そ2000年頃を目標としている) に向けての研究開発が本格化されつゝあるこの時期に、このようなアプローチの特徴について関係者の間で議論を重ねておくことが重要ではないかと考えられる」という動燃内部の声に接し、筆者はかねて地質環境を特定せずに、これまで通りのやり方を継続するという動燃の方針に疑義をもっていたので、この声に応じようと考え、この際わが国での地層処分研究開発が始まってから今日までの20年近い期間の経緯等を省みながら、今後の当面の研究開発の方向についての私見を述べることにした。識者の御批判、御叱正を頂くことができれば幸いである。

尚、この小論では『 』で括った部分は、そこに記した資料からの原文の儘(あるいは翻訳のまゝ)の引用を示し、「 」の中は『 』の中の一部あるいは、他の資料からの引用、またアンダーラインはこの小論を読んで下さる方に、特に注目して頂きたいと考えた語句や文を示すために筆者が付したものである。

2. 動燃の高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書(1992/9月、以下技術報告書と略記する)と、これについて検討、評価を行なった原子力委員会、放射性廃棄物対策専門部会の高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の進捗状況について(1993/7月、以下専門部会報告書と略記する)に関する私見。

わが国の地層処分の研究開発は、近く改訂が行なわれるときいているが、これまでは現行の原子力委員会の原子力開発利用長期計画(1987年/6月)¹⁾に従って行なわれてきている。上記の技術報告書は、はじめに記したようにこの長期計画の方針に沿って研究開発の中核推進機関としての動燃が、1991年までに行なった研究・開発の成果を纏めたものであり、専門部会報告書は『知見の得られた段階ごとに、国がその妥当性について判断を示すこと』(放射性廃棄物対策専門部会：高レベル放射性廃棄物対策について、1992/8月)¹⁾という方針に従って『技術報告書について研究開発の進展状況及び将来に向けての課題と進め方等に関し検討を行なった』ものである。

前者はページ数にして500頁に垂とするもので、数年ないし10年近くもの研究結果のまとめであって、内容について細かく意見をのべることは筆者の到底よくする所ではなく、且つその検討はすでに専門部会で各方面の専門家によって行なわれている。この小論はわが国での今後の当面の研究開発の方向に関して述べようとするのであるから、上記の膨大な報告書の中から将来の研究の方向性に関連している部分から引用しつゝ、また同じく専門部会報告書からも今後の研究の進め方の記述内容に関して批判、私見を記すことにした

い。

技術報告書には『日本における地層処分については、火山の噴火や地殻の変動といった現象を考慮して、このような現象が発生する可能性が充分低く、また仮に発生したとしても地層処分システムへの影響が充分低いと考えられる適切な地質環境条件の下に実現されるべきである。適切な地質環境条件の評価は最終的には地域や岩種を限定して実施されるべきものであり、地域を特定することなく進めるという当面の研究開発段階においては、適切な地質環境の条件を評価するための手法を整備しておくことが重要と考えられる』（技術報告書 p. 1～7）としているが、この報告書全般を通じ「地域や岩種を特定することなく進める」ことが強調されすぎているように感じざるを得ない。特にこゝで述べられているように、処分場建設のさいには地域、岩種は当然特定され、そこにおける所謂サイトスペシフィックと稱されている特性を充分把握し、そのような地質環境の中で地層処分による非常に長期の安全性が確保できる可能性が充分にあることが実証（HLWの長期管理における実証の意味、NEA/OECD、1983¹¹参照）されなければならないことを考えれば、私見では地層処分概念の確立という意味は、日本の実際の深地層ないし岩体での実測データに基き、そのような実存の（但し、その場所や地名が特定される必要はなく、また地層や岩種は一種に限られる必要もない）地層・岩種における地層処分の安全性をいうのであって、同じく技術報告書の結論にある『天然バリアとして十分な性能を有する場合には…、地下水の環境安全性を確保できる』（技術報告書 p. 5～4）、というような前提条件のついた安全性であってはならないと考える。即ち「天然バリアとして十分な性能を有する」地層・岩体が日本にも実存することを、実際の深地層における実測データや解析によって示すことで、地層処分概念の安全性は示されると考えるものである。（この点については後の方（4の1）で再び同様の趣旨でのべる）さらに、この技術報告書は地層処分に関するものであるにも拘らず、人工バリアとニアフィールドに関する研究開発、実測データの取得が多く述べられているが、地層処分システムとしての多重バリアの一方であり、非常に長期にわたる安全性の保証という点では、より大きい役割（人工バリアよりも）を果たすと思われる天然バリア¹¹⁾に関しては、調査研究とモデルの構築とその解析が示されてはいるが、肝腎の存在する深地層・岩体の実測データは殆ど欠いている。これは「地域・岩種を特定せず広く捉える観点から行なわれてきた」研究開発としては当然ともいえようし、またこの段階（第二段階の前半）ではそれを求めることは時期尚早ともいえるかもしれない。しかし、この報告書につゞく今後当面

の研究開発においても相変らず「地域・岩種を特定せず広く」考えて行なうという方針は、2000年前後に処分実施主体が設立され、処分候補地や予定地を選定するとされていることを考えると、それで果してよいのだろうか、と考えざるを得ない。（この点については後の方（4. 2）でもう一度触れること、したい。）

技術報告書にはまた『この点からニアフィールド（筆者註、放射性廃棄物固化体パッケージ、充填材、埋戻し材等を含む掘削処分場及び処分場設置、あるいは廃棄物によって変質を受けたり、受けるかもしれない廃棄物パッケージの周辺の岩体部分をいう⁴¹）の地質環境条件をできる限り精確に把握していくことの重要性が示唆された』（技術報告書 p. 5～5）と述べているが、この重要性は当然としても、ニアフィールドの外側のいわゆるファーフィールド（筆者註、モデルリングのために処分サイトは単体と考える。個々の廃棄物パッケージの影響が全体の影響の中で識別できない程処分サイトから離れた処分場の外側の岩体、地層とそれを取まく地層をいう⁴¹）の重要性に殆んど触れていないのはどういふわけであろうか。

さらに『今後2000年までに深地層の環境条件に基く信頼性の高いデータの取得および人工バリアの性質についての解析モデルの確証を進めるとともに、ニアフィールドにおける地下水や核種の移行挙動について、より詳細な解析を可能にすることに重点をおく研究を進めることが重要である』（技術報告書 p. 5～5）とある。

この記述にある「深地層の環境条件に基く信頼性の高いデータの取得」ということは、わが国に実在する深地層（ファーフィールドの一部、天然バリアの一部）のサイト特性についての信頼性の高いデータを取ることを、解釈される。こゝで始めて天然バリアが顔を出す。こゝでは2000年までにわが国の深地層における信頼性の高いデータをとることの重要性が認識されているのであるから、その信頼性の高いデータが地層処分の長期安全性の評価、従って地層処分概念の確立に必要なものであるならば、地域、地名の明示は不要であっても、特定の岩種（地層）におけるデータでなければならない筈と考えるが如何であろうか。

くどいようであるが末尾近くにも、つぎの表現がある『深地層の研究施設の整備も含め、地層の科学的研究を着実に進展させていくことが重要である』そして最後に『動燃事業団は地層処分研究開発の中核機関として、このような研究開発を推進し云々』とあって、URLにおける種々の試験、研究の重要性の認識と共にURLを含めた上記の重要な諸研究全般につき「このような研究開発を推進」することを唱ってる。

これらの点から見れば、2000年頃までに動燃としてはURL（深地層研究施設）の建設や、深地層における信頼性のあるデータの取得を志していることはほぼ明確であろう。

それにも拘らず、今なお、当面は特に地域・岩種を特定せず巾広い研究を行なうことを方針としている理由が分らない。尚念のためつけ加えておくと、現行長期計画¹⁾としては「特に地域・岩種を特定せず巾広く研究する」という方針は示されておらず、この方針は1989年の専門部会による「高いレベル放射性廃棄物の地層処分研究開発の重点項目とその進め方」（1989/12月）¹⁾に示されているのである。

今回の専門部会報告書では、技術報告書に示された研究開発は『適切かつ着実に進められており、また地層処分の安全確保に関し、多重バリアシステムの有効性を示唆する知見が得られ、あわせて具体的な技術的方法が明確になってきていることを考慮すれば、現段階にあっては、概ね妥当なものと結論できる』と総合的に評価している（p. 7）。

また今後の研究開発に関する課題等については『深部地質環境を適切に把握するための調査・研究、より高度で信頼性の高い人工バリアや処分場の設計・施工等の技術開発、ニアフィールドの性能評価と多重バリアシステムの信頼性のさらなる向上が特に重要であると考えられる』とのべているが、前述したように地層処分の特質である非常に長期の安全性を考えれば、特に重要と思われるファーフィールドに関しては「多重バリアシステムの信頼性のさらなる向上」の重要性の中に含めてしまっているように思われる。

そしてその次の項目で、地質環境条件の調査研究を取上げ、『地層処分の観点から、長期にわたる安全性の確保に重要な地質環境条件にさらに焦点を当て、地下深部における地質構造、地層・岩石の分布、岩盤特性、物理地質特性、地下水の地球化学的特性について、調査、計測技術や機器の開発・改良を進め信頼性の高いデータの充実に必要がある』としているが、これは正にサイトスペシフィックな研究に進むべき必要性をのべているものと解釈するのであるが如何であろうか。長期にわたる安全性の確保は特定された地層・岩体に関し、実測データに基づいて評価されるべきであって、これまでのように『変動巾を考慮しつつ例示的に想定した地質環境条件について解析するのでは、わが国の実在の地層での地層処分の安全性の評価には十分ではないと考えるからである。この点から見ても次の段階ではサイトスペシフィックなアプローチに方向づけられるべきであると思う。

以上に述べてきたのは一昨年¹⁾の技術報告書及び昨年²⁾の専門部会報告書に基づいて、今後の地層処分の研究開発の方向は、これまでのいわゆるジェネリックアプローチ（地域・岩種を特定せず巾広く行なう研究）から百尺竿頭一步を進めていわゆるサイトスペシフィック

なアプローチ（特定の地層・岩体に関し深地層の地質環境条件を把握するための研究）に向うことが極めて望ましいという私見である。

誤解をさけるためにつけ加えるが、そうは云ってもわが国では、特に地層・岩体を特定する研究は社会的合意の問題が複雑で急に取掛かることは非常に困難で、永く続けなければ意味のない本研究の場合は、事を急ぐことは却って将来のためにもよくないと思われる。従って上に述べたのは、今後の研究開発はサイトスペシフィックなアプローチを指向して、徐々に状勢をその方向にむけてゆく努力が必要であることを強調しているのであって、これまで通り、いつまでも地域・岩種を特定せずでは困るということである。

2000年といえはあと6年しかない。この間に社会的受容を得てURLを建設することができるかどうかは甚だ問題であるが、少なくともその実現に向けて努力を惜しんではならないと思うのである。

3. なぜ吾が国では地層処分の研究開発を『地域や岩種を特定することなく』すゝめることになったのか

1) わが国での初期の研究開発計画¹⁾

わが国で地層処分の研究開発は1970年代後半から少しづつ始められたが、その当初には、必ずしも地層・岩体を特定せずに研究を進めるという考え方はなく、海外諸国と同様まず有効な地層を選び、そこでの研究・調査を行なおうとしていたが、その後1985年に動燃から次に示すような第一段階の調査報告書¹⁾が提出され、以降「特定することなく」という方針に変わったのである。その経緯を以下に畧記する。

わが国が地層処分の研究開発を始めた頃の研究開発計画では凡そ次のような五段階を経て行なわれるとしていた¹⁾。

第一段階：可能性ある地層の調査（凡そ1979～1984ころ）

第二段階：有効な地層の調査（凡そ1985～1994ころ）

第三段階：模擬固化体現地試験（凡そ1995～2005ころ）

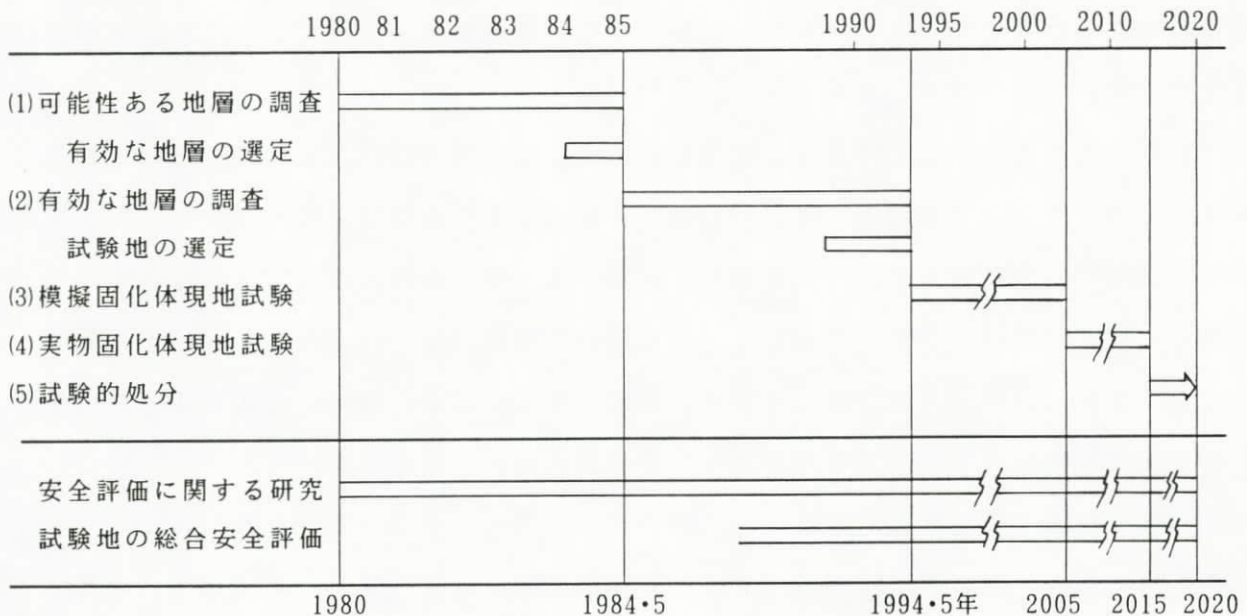
第四段階：実固化体現地試験（凡そ2005～2015ころ）

第五段階：試験的処分（2015年以降）

尚、これらの試験、研究と並行して、この間安全評価に関する研究を進め、その成果は各段階での研究、技術開発に反映させる。

今から振り返って考えると、この頃わが国には地層（特に処分対象となる深地層）に関するデータは殆んど皆無であったことや、経験も少なかったために、多分に希望的、楽観的要素を含んだ計画となっているのは止むを得ないと思う。第1段階の「可能性ある地層の調査」においては自然的、社会的の両面から地層処分の研究対象となりうる可能性ある地層を抽出すると共に地層の特性の調査研究、工学バリアの研究等を行ない、これらの成果を踏まえて吾が国における「有効な地層」を選定することになっていた。ついで第2段階の有効な地層の調査にすゝみ、この段階では選定された（有効な）地層（即ち特定地層・岩体）について試錐を含む広域調査及び精密調査を行なうと共に、工学バリアの原位置試験を行ない、それらの総合評価により試験地を選定するとされている。（以上放射性廃棄物対策専門部会、高レベル放射性廃棄物処理処分に関する研究開発の推進について、1980年12月）¹⁾。

即ち、1980年頃の時点では盲蛇的要素があったとはいへ乍ら、一応は吾が国での地層処分の対象となりうる可能性がある、有効な地域や地層を特定し、選定して、そこでの今日いう所のサイトスペシフィックな研究開発を行なう積りがあったのである。尚研究の各段階のタイムスケジュールを参考のため記すと凡そ次のように予定されていた。



（放射性廃棄物対策専門部会：高レベル放射性廃棄物処理処分に関する研究開発の推進について、1980、12、19から）

この方針に基いて、研究開発を主として担当した動燃では、それ以前から行なっていた調査・検討を含め1983年に可能性ある地層の総合評価を行ない、1985年10月『動燃事業団における地層処分技術開発、第一段階の研究開発の内容と成果』¹⁾を発表した。そしてこの成果は国のしかるべき評価機関においてチェックし、次の第二段階の広域調査を行なうべき有効な地層を国として選定することに定められていた(上記専門部会報告P. 29)¹⁾。

2) 第一段階の調査研究¹⁾の結果

上記動燃事業団の報告書¹⁾(1985年10月)によれば第一段階の有効な地層の選定を対象とした調査研究の結果は次のように纏められている。

『第1段階の調査の結果、地層処分の可能性の観点から、岩石の種類によって優劣をつけることは難しいことが明らかとなった。即ち、同一の岩石においても地層処分の適性に係わる性質には地域的な相違があり、その適性はそれがおかれている地質条件によって大きく変わっている。さらに工学バリアを岩石の性質に応じて設計することにより、地層処分システムとしての安全性は確保しうる可能性のあることも第一段階の調査・研究によって明らかとなった。

これらの結果から、今後、調査を進めるべき有効な地層としては、未固結岩などの明らかに適性の劣るものは別として、岩石の種類を特定することなく、むしろ広く考えうるものであるということがいえる。また、このことは、地層処分の実施における社会的要因の変化に柔軟に対応しうることもなる。

問題は、このように広く考えうる地層から、いかに今後の研究開発の対象となる地層を選定するかである。重要なことは、その研究開発の効率性と合理性であり、限られた地層を対象とした研究によって、他の地層にも適用できる情報を最大限に引き出すことが求められる。有効な地層の選定に当っては、この点の配慮が肝要となろう。』(動燃事業団報告書p. 3、1985年10月)。こゝに述べられているようにこの段階ではまだ「有効な地層」を選定して研究開発を進める意図があったことが示されている。

この第一段階の調査研究報告書は、上記のように国のしかるべき評価機関においてチェックされるものであったが、然るべき評価機関が明確には存在せず、事実は時の専門部会で簡単に報告され、若干の質疑応答は行なわれたが、チェックして次の研究段階に反映させるような手続きはなく、この報告書はそのまゝあっさり国で容認する所となつたのであった。

従って、これは動燃事業団の責任ではないのであるが、調査研究結果に記された内容に

基いて、その後の第2段階の研究開発の進め方が検討された結果、『当面の研究開発においては地質環境条件を特定することなく、広い範囲の条件を対象とすることが肝要であり』（放射性廃棄物対策専門部会報告、1989年12月19日、p. 18）¹¹とされ、いわゆるジェネリックアセスメントが吾が国では金科玉条となったのである。そしてこの段階では有効な地層の選定は姿を消してしまった。

3) いわゆるジェネリック・アプローチ（地質環境を特定せずに地層処分概念としての有効性を示すための研究）と、いわゆるサイトスペシフィック・アプローチ（特定の地質環境を対象とする地層処分の研究）に関する考察と私見。

前記のように第1段階の調査によって①地層処分の可能性の観点から岩石（地層）の種類によってのみ優劣をつけるのは困難なこと、②同一岩石でも地域的に特性が異なること、③工学バリアを適切に設計することで地層処分システムとしての安全性は確保できる可能性のあること、の3点が報告書の主要結果として示されている。

このうち①と②は第1段階の調査という程のことをしなくても、既にこのころ広く知られていた事実であって、いわば常識でもあった。もし同一岩石の特性が地域的に相違しないのならば、当時すでに深地層の実岩石中で種々の研究や性状の測定がかなり行なわれていたスウェーデンやスイス（その他の国々で調査・検討されていた）の花崗岩の特性はそのままわが国の花崗岩にも通用することになる。地層処分に適当と『現在までに考慮された地質学的な岩種は層状およびドーム状の岩塩、花崗岩、玄武岩、粘土質岩および凝灰岩である。その他の岩種が必ずしも失格というわけではないが、有望な候補用地は前記の岩種よりできているのである。しかしながら、はじめに可能性ある処分場岩種に共通する一般的知見をのべておくことが重要である。提案される処分区域は充分深くにあって、風的作用、河川の浸食、氷河作用、地表または地表近くの水流、隕石の衝突や風化のような自然現象および地表の反応が、埋められる廃棄物に何の影響も及ぼさないものでなければならない』¹²というようなことは多くの参考書に書かれていた。

ましてこのころには吾が国では地下資源が存在せず且つ、深い（地層処分の対象として一般に考えられていた数百ないし1,000m程度の）地層、岩体については特性は全くといってよい程未調査であって、その詳細は殆んど分かっていなかったもので、①、②の表現は決して間違いではなく、若干の調査・研究によって、世の中で一般に云われていた地層・岩石の特性について、吾が国においても同様であろうと思われることが分かっただけのこ

とである。

この頃の海外の廃棄物先進諸国の状況をみると、スウェーデン、スイス、フィンランド等では花崗岩、ベルギーでは粘土質岩、西独（当時）オランダでは岩塩ドーム、米国では玄武岩、岩塩、花崗岩、凝灰岩等を対象として地下研究施設（URL）を夫々の地層に建設し、研究を進めていた。英国、カナダも結晶質岩（花崗岩）を対象として研究を進めようと努力していたが、社会的合意上深刻な問題を生じ、カナダではその後、目的通り深成岩（花崗岩）を対象として研究できるようになった¹⁾が、英国では結局反対のため未だに着手できず、一部の掘削試験の他は多くを他の国の施設によるか、共同研究の形で研究開発を進めている。またフランスでも若干遅れたが粘土層、花崗岩、岩塩層を選んで研究を進めたもの、必ずしも民意を得たやり方でなかった、めに問題を生じ、反対がおこって一旦中止を止むなくされ、新たに開発計画をつくり直し、現在進行中であることはよく知られている。^{10), 11)}

尚、この第一段階報告¹⁾の中には『未固結岩などの明らかに適性の劣るものは別として』とあるが、未固結岩といっても種々の度合のものがあるだろうから一概に、これをまとめて明らかに（地層処分の）適性の劣るものと決めることは問題があるのではなかろうか。ベルギーで唯一の処分子定地層としているBoom clay 層は未固結岩の類ではないのか、フランスで一時計画した粘土層はどの程度未固結であったのか等が気になるところである。この時点で「明らかに適性が劣る」とはどのようなことを意味するかは必ずしも十分解明されていなかったと思う。尚、粘土質材料はいわゆる緩衝材として人工バリアの重要部分の一つとして重用されようとしており、非常にすぐれた材料の一つと見られていることは周知のことである。

次に問題は③の点である。地層処分における多重バリアによる安全確保の考え方は当初から考えられていたのであり、工学バリアは天然バリアによくマッチした形でつくられ、相互に相補的に機能するように設計され、地層処分システム全体としての長期の安全が計られるのは当然である。

しかし、この第一段階報告書¹⁾の記述では前記のように『工学バリアを岩石の性質に応じて設計することにより、地層処分システムとしての安全性は確保しうる可能性のあることもこの調査研究で明らかとなった』としている点は問題であったと考える。この文からは天然バリアの如何に拘らず、工学バリアが適切であれば地層処分の安全性は確保できるようにも読みとれる。勿論『安全が確保できる』とは書いておらず、「確保できる可能性

がある」とは述べているが、実は、こゝまで云い切るだけの見識はこの報告書の出された1985年時点では海外諸国でも持っていなかったと筆者は考えている。さらに、この当時のわが国の調査・研究の成果も安全確保の可能性あり、と断言できる程のものはなかったと考える。なぜならば、人工バリアに関しては、わが国では1980年から新しく研究が開始されたばかりであり（動燃、前記報告書）¹⁾ 深地層における試験はわが国ではまだ殆んど始められておらず、高々既存の鉱山の旧坑道における岩石特性の一部の測定や試験が若干行なわれていた程度であったからである。

ともあれ、このような吾が国での地層処分の研究開発のあり方に深く関わる第1段階の報告書¹⁾が提出され、十分な検討・評価が行なわれることなく、次のステップに進んだのであって、第2段階では、繰返しになるが、現在も屡引用されるように『吾が国では現在のところ、対象となる地域や岩石の種類を特定することなく巾広く地質環境条件を想定し』ということになり、さらに後述のようにこのことが『肝要である』¹⁾とまで明言されるに至ったのである。

誤解をさけるために記すが、筆者は第1段階報告書¹⁾でのべられた成果の内容が今日から見ると不十分であったり、云い過ぎであったことを批難するつもりはない。またその頃はこれを読んだ筆者も見過ごしていたことを恥じざるを得ない。「人工バリア」の重視と「地層、岩種を特定せず巾広く」対象を拡げるという方針に、当時としては基本的な間違いがあったとことを指摘しているのでもなく、この時期としては社会受容の点からも止むを得なかったとは考えている。現在の世界の見解は40年程も続けられてきた膨大な研究、解析、思索の結果に由来するものであり、地層処分とはそれ程の積み重ねに値する大きい問題と考えるのである。問題はこれまでの成果を活かして、わが国で今後どのように研究・開発を進めるのか。これ迄通りの方針で進んでよいのか、という点である。

4) 社会的受容の問題

翻えて、さきの動燃事業団の第1段階の報告書¹⁾を見直すと、この報告書の中にはHLW処分問題についての社会的受容の観点からの調査・研究・考察を欠いていることに気付くのである。

即ち、同報告書によれば社会的要因としては、資源分布、土地利用状況、地域の人口密度や集落の分布等を考慮して調査したことが記されている。これらの項目はもとより処分場選定上重要であることは論を俟たないが、社会的受容（P. A）性に関しては『調査対

象地域は社会的・政治的に受け入れられ易い地域でなければならない』とある他は全く触れていない。(p. 19、表-12)。

この報告書が出されたのは今から10年も前のことではあるが、社会的受容の問題が、特に放射性廃棄物の処分に関しては甚だ重要なことは、現在程深刻ではなかったにせよ、当時も十分認識されていた。また実際に、動燃、原研その他の研究担当者達は研究・開発自体よりも、地域社会における理解不足や反対の根強さに最大の困惑を感じていたことも事実である。

しかしながら廃棄物について昨今程には世間で問題視されていなかったこの頃では、国や組織のうしろだても殆んど期待できず、研究担当者が徒手空拳で、個々に当該地域当局と高レベル放射性廃棄物処分の極めて初期段階の研究開発に関しての認識と了解を得るための折衝に苦労を重ねていたのであって、その成果には自ら限度があった。第1段階の調査研究の行なわれた頃(1970年代後半から80年代前半に至る数年間)ではまだ地層処分技術開発は国のプロジェクトとして認められていなかった時期であり、地元理解や、地域振興策とも関連する地元合意形成やPA活動も極めて不十分であった。然もこれは技術開発に関する報告書であったから、この中に社会的受容関連の記述を欠いていたのは、当時としては陣容、経験、力量、関心(認識)等の不十分さから見て、止むを得なかったと考えるべきであろう。

しかしながら、海外諸国における事例からも分かるように、地層処分の研究・開発を行なうに当っては、まずこの「社会的受容」の問題を解決しなければ、そして地域社会にその意義、内容について十分の了解がなければ所謂サイトスペシフィックな地域、岩体の特性研究に進み難いのは明瞭であった。70年代後半から80年代中ばにかけて、この問題で悪戦苦闘をしたカナダやフランスにおける経過はさきにのべた通りである。

以上見てきたように、吾が国では1985年頃の状況は到底地層処分の研究・開発のための地域、岩種を特定して行なうことは無理であった。従って何れにせよ、社会受容の問題の少い方向に向わざるを得ず、いわゆるジェネリックと稱するようになった「対象となる地域や岩石の種類を特定することなく」巾広い研究・開発及び人工バリアの研究に重点を置いて進める他はなかったのである。

5) 人工バリアと天然バリアについての認識

「人工バリア」の研究は当然ながら「天然バリア」と並んで重要であることは世界中でつとに認識されており、これらが相まって overall system として安全と十分な処分が可

能になると考えられていた。

このことは I A E A Safety Series No. 99¹¹⁾ 4章 Technical Criteria の 4. 1 Criterion No.1: Overall system approach に書かれた1989年当時の、世界の共通的ともいえる考え方からも明らかであると考えられる。

煩雑さをいとわず以下に 4. 1 Criterion No.1 の全訳を記すと次のようである。

『高レベル放射性廃棄物処分の長期安全性は多重バリアの考え方に基づくべきであり、全体としての処分システムの性能に基いて評価すべきである。

全処分システムは、廃棄物固化体、容器、埋戻し材、処分施設、埋設母岩及びその周辺の地層のような種々のものから成立っている。高レベル廃棄物は非常に長期間有害である可能性があり、また長期の予測が難しいために大きな不確かさがありうるので、廃棄物処分の安全性はある一つの構成要素とかバリアに頼るのではなく、いくつかのバリアの結び合った性能に依存することが必要である。もしあるバリアが設計された性能を発揮できなくても、全体のシステムはその儘で十分安全であるようにしなければならない。

ここでいうシステム全体としての研究方法は、最終的な解析においては、将来のいつの時点でも、全ての個々の構成要素の性能ではなくて、全体としての処分システムの性能及び安全性が保証されるべきであるという考えを具体化するものである。このやり方はあるバリアの弱点はその他のバリアの閉込め性によって補償することが可能であるので処分システムの設計者に大きな融通性を提供する。このようであるから、システム全体としての研究方法は、国によって相違する高レベル廃棄物固化体やパッケージ及び地層の違う場合の地層処分概念を受入れることができるようになる。

それにも拘らず、地層バリアは長期安全性の保証という点ではより大きい役割を果たすことが認められる。 その機能は多くの種類の地層による長期間の閉込め性についての自然の証拠から結論できる。(筆者註、いわゆるナチュラル・アナログで実証できるということの意味している)

本書は個々のバリアの達成すべき最低限度の性能レベルを特定するものではない、若干の人工バリアの時宜を得た設計と開発ができるようにするために、各国の当局は然るべき性能のレベルを慎重に特定するであろう。』

上記下線部分は、1989年末の段階でも I A E A の認識では、地層処分のさいの長期安全性については、地層即ち天然バリアがより大きい役割を果たすということであったことは注目すべきであると考えられる。そして正にその頃、わが国では放射性廃棄物対策専門部会が

高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発の重点項目とその進め方』¹⁾を公表し(1929年12月19日)、その中で次のように述べているのである。(p. 18)

『多重バリアシステムに関する諸外国でのこれまでの研究開発成果を参考にすると、地層処分の安全性を決定づける重要な要素はまずニアフィールドにおける安全性能であり、ファーフィールドにおける性能はそれをさらに確かなものとするという役割を担っていることが示されている。この観点から、今後は、ファーフィールド研究を着実に推進しつつ、ニアフィールド研究に重点的に取り組んでいくことが適切であると考えられる。』

こゝでは、人工バリアと限らず人工バリアを含めたニアフィールドが地層処分の安全性を決定づける重要な要素とし、ファーフィールド即ち、IAEAの Technical Criterion No. 1 にいう地層バリアの性能を『それをさらに確かなものとする』と述べている所に大きい問題がある。しかもそれは自らの研究成果から得た結論ではなく、文中にあるように諸外国でのこれまでの成果を参考にして述べている点は事実誤認であると考えざるを得ない。

また海外諸国においては、地質環境を特定せずに地層処分の概念としての有効性を示すための研究(いわゆるジェネリックアセスメント)の段階は既に終了し、現在はこの概念が技術的に実現可能であることを、特定の地質環境を対象として確かめるための研究(いわゆるサイトスペシフィックアセスメント)の段階にあるという国際的な認識(言い換えればOECD/NEAやIAEAの場合における認識)があるということもきいているが、これも聊か事実とは異なるように筆者には感じられるのである。本来こういうことを議論する場合にはジェネラルアセスメント及びサイトスペシフィックアセスメントという語を明確に定義づけを行ない、相互に理解した上で議論しないと水掛け論に終る恐れがあると思うのであるが、ここでは夫々の凡その定義を3)の小見出しにつけた()の中に書いた意味を指すものとして論ずる。

筆者の意見では海外の廃棄物先進諸国で、これまで地層あるいは岩石(岩体)種類を特定せずに地層処分の研究開発を進め、地層処分の可能性を研究し、また現在も続けている国は見当たらないように思う。(但しこれらの国でも処分予定地としてはまだ特定していない)私見によれば前にも述べたが(1章)地層処分概念という用語の中には特定(一種とは限らない)の処分地域あるいは岩種が含まれるべきであって、一般的にどこでも地層処分の可能性があるということは云えないと考えている。

4. 今後の研究開発の方向 —— サイトスペシフィック研究へ向けて

これまで述べてきたような経緯は暫くおき、重要な問題は今後動燃が地層処分研究開発の中核機関として進めるべき方向であって、まだ「当面は地域や岩種を特定せずに巾広く」地質環境条件を考えて研究開発を進展させてゆくという現在の動燃の方針でよいのだろうか、筆者はこれまではとも角、今後は少なくとも地層や岩体を特定した、いわゆるサイトスペシフィックな研究開発の方向を目指すべきであると確信している。このことはこれまでも何度も繰返しのべてきた所であるが、終章としてもう一度纏めることとした。主な理由は次の3つである。

1) 地層処分概念の安全性の確立のために

これについては、はじめの方で述べたが、重要なポイントと考え重ねて記すこととした。HLWの処分方式の一つとしての地層処分の有効性は、米国その他の国々ではすでに1950年代から検討されている。繰返し述べてきたように、埋設処分を行なう場所としての地下深部の地層、岩体の諸条件、諸状況に応じて、適応した形での多段の人工バリアを構築し、これら天然、人工の幾重ものバリアの総合的機能によっていわゆる超長期の安全性を確保できる蓋然性が十分高いとするのが、地層処分概念であり、この概念が一般に認められ、社会が受け入れられるように努力してゆかねばならない。

このためには、もしこれこれの性状をもつ地下の環境があれば、という条件は仮定ではなく上記の地層処分概念が成立する蓋然性が高い実際の地層、岩体が存在することを実データで明示する必要がある。即ちそのような好ましい地層や岩体は、国内の地下深くに実在するはずのものでなければならず、必然的に特定の地層、岩種の特性に基いて安全性の評価が行なわれねばならない。云う迄もないことではあるが、この段階では地名の明示は必要でなく、またその地層、岩種がベストのものであることを要せず、一種に限られることもない。

2) HLW処分実施主体が行なう地層処分の手順の初段階の準備のために

放射性廃棄物対策専門部会の「高いレベル放射性廃棄物対策について」(1992/8月)によれば2000年頃を目途として設立される処分実施主体が行なう地層処分の進め方の手順は次のようである(p. 5~6)。

『地層処分の手順』

実施主体は、国民の理解を得て(高レベル放射性廃棄物の)処分を実施してゆくことになるが、その手順を示せば概ね以下のようなものである。

- ① 実施主体は、地層処分の候補地として適切と思われる地点について予備的に調査を行い、処分子定地を選定する。国が選定の結果を確認し、その地点を処分子定地とするに当たっては、実施主体は地元はその趣旨を十分に説明し、その了承を得ておくものとする。
- ② 実施主体は、実際の処分地としての適性を判断するため、処分子定地において、所要の地下施設によるサイト特性調査及び処分技術の実証を行なう。
- ③ 実施主体は、処分場の設計を行い、処分に係る事業の申請を行うこととなるが、国は処分に係る事業を許可するに当り、所要の安全審査を行う。』以下略

以上のように実施主体は処分のために、まず上記①のように地層処分の候補地として適切と思われる地点について予備的に調査し、処分子定地を選定することから始めることになっている。このように候補地として適切と思われる地点というのは、云うまでもなく具体的な実在の地層・岩体の存在する地点即ちサイトである。実施主体がその候補サイトを選ぶ時には地点・地名が明示されることになるが、それまでは地名は明らかでなくとも、候補地なりうる地層・岩体の種類は具体化している必要がある。そしてその地層・岩体の特性は候補となりうる程度に明示されていることが極めて望ましい。これは正にサイトスペシフィックな研究がその時点（2000年前後）頃には必要であることを示すものとする。

2000年までにはまだ6年程期間があるが、諸般の事情から考えるに、今からサイトスペシフィックアセスメントを指向して準備し始めるには決して早すぎるとはいえないであろう。以上がわが国でも、これまでのジェネリックアセスメントを続けて充実させると共にこれと並行して社会的合意の問題を考慮しつつ、可及的速かにサイトスペシフィックアプローチに取掛かるべしとする第2の理由である。

3) URLの設置のために

上記対策専門部会の報告のp. 8には「深地層の研究施設（筆者註、URLのことである）の役割という項目があり、それには『本施設の計画は、処分場の計画と明確に区別して進めるものとし、我が国の地質の特性等を考慮して、複数の設置が望ましい』とあり、設置の時期や設置の実施者については示されていない。しかし、この前後の記述から察すれば処分の実施主体の設立される頃には遅くともこのURLが設置されていることが期待されており、またその設置者は、これが処分計画とは明らかに区別された研究開発の一部であることから、その中核機関としての動燃が中心と考えて誤りではないと思われる。これは1章でのべた動燃の技術報告書からも、また少くともSTA当局から筆者の得た情報からも、このことは誤解ではないと考えている。

URLの設置は当然乍ら地域・岩石（体）を特定せずというわけにはゆかず、正にサイトの特定が行われ、そのサイト（複数）での建設されることになり、その研究はサイトスペシフィックアセスメントということになる。

また先きの2)でも、①には処分候補地の予備調査により処分子定地を選定すること、②には選定した予定地の処分地としての適性判断のため、サイト特性調査を行うこと、また③には国は処分事業の安全監査を行うこと等が明記されている。

これらの業務がスムーズに進行するためには（暫く社会面の問題は措くとして）技術面でもかなりの今後の研究開発が必要である。これは昨年度の私共の報告書¹⁾でものべたことであるが、実施主体が候補地から予定地を選び、予定地に所要の地下施設をつくり、サイト特性調査を行う段階までに、その調査を滞りなく、有効に行なうためにはいかに、なにをしておくべきかをハッキリさせておかなければならず、これには処分計画とは全く異なる計画によるURLの設置とそこでの研究開発と経験や、将来の安全審査のための諸情報の蓄積が必須であり、これらは当然サイトスペシフィックアプローチによるものであることは言を俟たない。

以上（1）、（2）、（3）にのべたような論旨から筆者はわが国でもなるべく早くサイトスペシフィックアプローチに取掛かれるよう一層の努力をすべきであると考えているものである。

5. おわりに

過去を省み、今後を稽えて、当面のわが国における地層処分研究開発のめざすべき方向は、社会的問題も併せ考えるとき、できるだけ地層・岩体の種類をしぼってサイトスペシフィックに行なうことが望ましいことを私見としてのべてきた。私見をなるべく誤解されないようにコミュニケーションしたいと思い、同様の趣旨、内容を繰返しのべている点は聊か気になっている。不備の点も多いと思うが、筆者は叩き台を提供した積もりなので今後この小論についてご意見を頂いたり、議論して頂くよすがともなれば望外の幸いです。

（1994年2月初旬）

参 考 文 献

- 1) 動力炉・核燃料開発事業団：高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書
－平成3年度－（1992／9月）
- 2) 原子力委員会：原子力開発利用長期計画（1987／6月）
- 3) NEA/OECD: The Meaning of "Demonstration" in the long term management of High level Radiocative Waste (1983)
- 4) IAEA: Radiocative Waste Management Glossary 2nd Edd. IAEA-TECDOC-447 (1988)
- 5) 動力炉・核燃料開発事業団：動燃事業団における地層処分技術開発、第1段階の研究開発の内容と成果（1985／10月）
- 6) 放射性廃棄物対策専門部会：高レベル放射性廃棄物処理処分に関する研究開発について（1980／12月）
- 7) 放射性廃棄物対策専門部会：高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発の重点項目とその進め方（1989／12月）
- 8) D.G. Bookins: 放射性廃棄物処分の基礎（地球化学的アプローチ）、石原健彦、大橋弘士訳、現代工学社 p. 65（1984、訳書は1987）
- 9) 天沼 暁：地下研究施設論、高レベル放射性廃棄物の処分、財団法人政策科学研究所、地層処分研究会 p. 85（1993／3月）
- 10) フランス議会科学技術選定評価局：クリスチャン・バタイユ議員による高レベル放射性廃棄物の管理に関する報告書（全訳）（1990／12月）
- 11) 日商岩井原子燃料部：フランス廃棄物法に関する要約（1992／1月）
- 12) IAED: Safety Series No.99. Safety Principles and Technical Criteria for the Underground Disposal of High Level Radioactive Wastes (1989)
- 13) 放射性廃棄物対策専門部会：高レベル放射性廃棄物対策について（1992／8月）

2000年までの展望-準備会への期待

川 上 幸 一

研究会は、昨年9月28日、高レベル事業推進準備会の林政義会長と木佐木裕事務局長をお招きして、準備会の活動状況をうかがった。以下は、その内容をふまえながら、若干の私見を述べたものである。

1. まえがき 長らく待たれていた高レベル事業推進準備会が昨年発足した。準備会の活動によって、高レベル処分事業のルールが敷かれ、次のステップへの礎石が一つ一つ着実に置かれていくことを期待したい。

日本の高レベル処分計画が研究開発だけの片肺飛行であり、処分事業の手順が決まらず、体制の形も見えないという、諸外国に例を見ない欠陥をかかえてきたことは多言を要しない。ようやく発足した準備会の前途には、先送りされてきた問題が“山積”しているが、現職の原子力委員を会長とし、四者協議会（電気事業連合会、動燃事業団、科学技術庁、通産省）をSteering Committeeとする“強力体制”が生かされれば、準備会がけん引車になって処分事業への準備が進むだろう。

処分の事業主体の設立は、原子力委員会決定によって2000年ごろとされている。90年代の残された5～6年が準備会の活動期間であり、それでは長すぎるという見方もあるが、実際にはかなりタイトなスケジュールと思われる。準備会ではとりあえず、PA活動、費用の確保（方法の決定、必要に応じ法制定）、地域振興策の検討などに着手したということだ。

PA活動については、一般国民はもちろん、原子力関係者の間でさえ、処分概念と処分の緊急性に関するコンセンサスができていないことが、従来から指摘されていた。とくに、処分事業の当面の推進は、高レベル廃棄物の発生当事者である電力関係者の認識と意欲的な取り組みいかんにかかっている。事業主体が設立され、予備的調査を実施する候補地点がどこかに選定される場合、地点はいずれかの電力会社の管内に在るので、地点の選定や予備的調査の地域住民による受け入れには、当該電力会社の協力が欠かせないからである。

また、地域住民や一般国民への広報には、まず広報パンフレットの作成が必要であるが、その作成に当たっては、原子力発電所などの他のケース以上に格段の注意と努力が要求されよう。昭和40年代に原子力発電所の立地が難航しはじめたころ、各電力会社の広報担当者が日本原子力産業会議に集まり、安全性をどう説明すべきかで知恵をしぼり、白熱した議論を斗わせたことを思い出す。設計が固まっている原子力発電所でさえそうであるから、処分場の設計はもちろん、処分を進める手順も十分明確ではない高レベル事業の場合は、同様の検討会議を開いた場合—そのことは当然望ましい—、説明に苦労し、試論百出する場面に遭遇するのではないか。

各地の原子力広報館で、高レベル処分の展示を行なう場面も事情は同じである。初めは概念的な展示を行なうとしても、細部にわたり十分な説明の準備はしておかねばならない。

私が期待したいのは、そうした説明のむずかしい部分が摘出され、四者協議会なり、原子力委員会なりに持ち上げられ、あるいは動燃事業団との間で技術上のやりとりが行なわれることである。従来は処分を実行する立場からの問題提起がなかったため、専門部会の討議も処分の具体的手順などに十分ふみこめなかった。研究開発機関の側でも、研究開発が自己目的になりがち傾向がなかったとは言えない。説明のむずかしい部分が多く残ったのはそのためであり、準備会が始めつつあるPA活動の波及効果は、PA活動の域にとどまらないだろう。

2. 処分費用の確保 この問題は、長計にも書かれた「世代間の負担の公平」の原則から、何よりも解決を急ぐべき課題であるが、費用の正確な算定が現段階では困難なことや、法規上の問題、大蔵省の反対などを理由に、確保の方法の決定にまたまた時間がかかるのではないかが懸念される。というよりは、それらの問題点は62年長計で指摘されていたにも関わらず、ある種の政策サボタージュの状態が続いてきたというのが実態なのである。試みに、この問題が長計その他の文書でどう表現され、表現が変わってきたかを検証してみよう。

「費用の確保は、世代間の負担の公平の原則から、早期に開始する必要がある、国は、そのための具体的な方策の確立を図る。このため、適切な場において、処分事業に係る費用についてその範囲を検討するとともに、最新の知見に基づく見積りを行い、見積もられた費用を原則として高レベル放射性廃棄物の発生の時点、すなわち、原子力発電を

行う時点において確保していくための具体的な方策について検討する。」（昭和62年原子力長計）

「費用の確保は、世代間の負担の公平の原則から、早期に開始する必要がある。処分費用については、現在の技術と処分場のモデルに基づき、処分費用の範囲、概算、確保方策など、費用の確保の考え方に係る検討が進められている。今後は、早急に合理的な費用の見積りを行い、それに基づいて費用の確保の具体化を図るべき段階に来ている。費用の確保は、処分の実施への国及び関係者の姿勢を明確にするとともに、処分の必要性に対する国民の認識を深めることに寄与すると考えられる。」（平成4年8月、放射性廃棄物対策専門部会報告）

「資金の確保は、世代間の負担の公平の原則から、できるだけ早期に開始する必要がある、処分費用の範囲、概算、資金確保の方法など、資金の確保に係る具体的検討を進める必要がある。……（以下略）」（平成6年1月、新長計策定作業のワーキンググループ報告書案）

以上の3文書を比較して、昭和62年から平成6年初めまでの6年余りの間に、実質的な前進がどれだけあったか、どの部分が真の前進と言えるかを読みとるのは、よほど官庁用語を熟知していない限り、一般国民には恐らく不可能であろう。たとえば、「適切な場において……費用の範囲を検討するとともに……確保していくための具体的な方策について検討する」（昭和62年）が、「費用の確保の考え方に係る検討が進められている……確保の具体化を図るべき段階に来ている」（平成4年）となり、さらに「資金の確保に係る具体的検討を進める必要がある」（新長計草案）となったが、この変化が前進なのか、足ぶみなのか、それとも後戻りなのかは実はよく分からない。

「早期に」「早急に」「できるだけ早期に」がくり返され、「世代間の公平の原則」が金科玉条で言われる間に6年が過ぎて、いまだに「検討する」段階を脱けられず、検討の結果らしきものは何一つ報告されていない。そうした経緯の末に、滞貨一掃ではないが、推進準備会にすべてが委ねられたというのが事の真相であると言うほかない。

四者協議会という官民一体の組織もできたので、今度こそ資金の確保は前進するだろうし、そういう中心組織がなかったため、6年間足ぶみしたのだとも言えるが、今度の体制のもとでももし解決できなければ、少なくとも資金の確保に関して、原子力長計の權威は完全に失墜する。6年間の足ぶみが誰の責任などと言うつもりはないが、62年長計において「国は、そのための具体的方策の確立を図る」とすでに明記されていること

を忘れるべきでない。

原子力損害賠償法の制定（昭和36年）のさいに、故有澤広巳原子力委員（当時）が「座りこみ覚悟で大蔵省に談判に行った」と述懐しておられたことを思い出す。当時、「無過失責任」や「責任限度額超過分の国による補償」は、まだ一般の社会通念ではなかった。新しい事を実現させるには、それ位のトップの気迫が不可欠なのだと思う。費用の「概算」自体にそれほど時間がかかるとは思えないし、概算計上（積立て）などに大蔵省の抵抗が仮にあるとすれば、解決はまさしくトップの政治的勇断にかかっている。

資金の積立が始まれば、処分に真剣に取り組もうという姿勢が国民にも伝わる。処分が国民に理解されるためのそれが大前提でもある。ところが、それに水をさすような話も聞こえてくる。再処理を委託したフランスから、近く廃棄物（とくに高レベル）が返還されてくるが、その貯蔵を青森県に受け入れてもらうためには、そこに永久貯蔵（＝処分）する意図がないことを具体的に示さねばならない。そのために処分事業の準備会を発足させたのであり、当面は準備会が存在しているだけでいいのだ、という類いの話である。そうした場当たりのご都合主義が、あるわけではないと思うが、仮にも発生者の側にあれば論外である。

3. 地域振興策 次に、地域振興策のタイムリーな提示も、処分事業が受け入れられるための必須の条件と言える。

処分事業体が設立されれば、候補地点（単数または複数）での予備的調査の実施が最初の仕事になる。調査が実施され、その結果を確認した上で、国がその地点を「処分子定地」として決める — 地元の了承が必要 — まだが第一段階。それに続いて、詳細なサイト特性調査と処分技術の実証が行なわれ、その結果をふまえた処分場の設計、その安全審査を経て、事業体が建設許可を取得するまでが第二段階（つまり、処分地の決定）。それからさらに処分場の建設、操業段階へと続く。

専門部会報告（平成4年）が言うように、「各種調査の期間が長期にわたる上、処分場の建設・操業期間は、さらに長期に及ぶという特殊性」があるので、長期にわたる良好な地域との関係を築けるかどうかは、処分事業の成否がかかっている。その信頼関係のきずなの一つが地域振興策である。

数十年ないし百年単位に及ぶこの対地域関係を、とりあえず事業の節目となる上述の各段階別に考えてみよう。第一段階の予備的調査は、その地点が処分子定地となる前の「候補地点」における作業なので、そこが予定地に決まるとは限らず、三法交付金のような現行制度を適用しにくい面があるかも知れない。しかし、予定地に決まっていない

からこそ、この段階がいっそう重要なのだと言える。この調査期間に地域との信頼関係が育つかどうか、地域の側が処分予定地となることを「了承」するかどうかがかかっている。ここが処分事業の恐らくは最大の関門である。したがって、できれば現行制度の運用を図るとともに、処分事業者や発生者の側でも踏みこんだ対応が不可欠であろう。

「処分予定地」の受け入れは、調査地点の当該自治体だけの問題ではなく、周辺自治体の支持がなければ実現しない。とくにその点で、第二段階 — 処分予定地が決まったあと — の地域振興策が重要な意味をもってくる。この振興策は周辺自治体を含めた「地域」を対象として、予備的調査の終了前に適切なタイミングで提示されねばならない。その場合、「第二段階」をどこまでの範囲で捉えるかが一つの問題である。

つまり、第二段階のサイト特性調査（および処分技術の実証）は、坑道の掘削を行ない、調査結果に特別の問題がない限り、安全審査を経て建設、操業へとつながっていく（処分地となる）ので、特性調査から処分場の操業、さらには埋め戻し（閉鎖）に至るまでのプロセスを、連続した一つの段階として捉える方がむしろ理にかなっている。地域側の住民心理としても、処分予定地の受け入れは実質的にイコール処分地の受け入れと思ってよいからである。

一案であるが、処分予定地＝処分地の地域振興策は、周辺自治体をふくめた地域を、たとえば「原子力基盤整備地域」に指定することが考えられる。それによって長期的にその地域の振興をはかり、高レベル処分事業を中心に文字どおり地域との共存共栄をはかるのだという、国の基本姿勢が明示されることの効果が大きい。処分地域は全国の電力消費者のために高レベル処分を引き受けるわけであり、原子力発電を今後のエネルギー政策の柱としている国も、また高レベルの発生者も、その地域が進んで担おうとしている役割を最大限に評価すべきは当然であろう。

地域振興策は、動燃事業団が進めている深地層研究施設の立地地域に対しても必要である。この方はすでに、幌延町に対する国の助成が始まっているので、多くは触れないが、現在進行中の新原子力長計の策定作業のなかで、幌延の貯蔵工学センター計画のほか、第二地点の選定も進めることが検討されていると伝えられる。新長計にその通り書きこまれば、これは一つの前進である。

深地層研究施設は、「複数の設置が望ましい」（専門部会報告）とされているので、第二地点の選定を進め、仮にその方が先に決まることがあっても、第一地点の幌延計画を切り捨てることにはならない（いかなる理由にせよ、計画放棄は好ましくない）。両

方が並行して推進され、少なくとも一方の地点が90年代のうちに－それもできるだけ早い時期に－サイトとして決まれば、2000年をめどとしている処分事業体の設立にもはずみがつくことになる。そのあと、事業体による予備的調査の間に深地層研究施設が完成すれば、これは将来の処分場のいわばモデル施設として、候補地点の住民が「処分予定地」となることを受け入れるかどうかの判断に寄与するだろう。

そのようなスケジュールで物事が進んでいくのが、理想的な形に違いない。

4. 第二次取りまとめの評価 2000年ごろの処分事業体の設立にとって、もう一つの望ましい条件は、動燃事業団による研究開発の「第二次取りまとめ」と、国によるその評価が終わっていることである。しかし、「第二次取りまとめ」とその評価については、他の執筆者も指摘しているような性格、位置づけのあいまいさが残っている。

「第二次取りまとめ」は「第一次取りまとめ」（91年）のような、それまでの研究開発成果の単なる総括報告では意味をなさない。国がわざわざ評価委員会を設けてこれを評価する目的は、地層処分概念のフィージビリティについて、付帯条件をつけるにせよ基本的な承認を与え、これを公表して、安全性に対する国民の理解を得ることのほかにない。そのためには事業団が報告すべきフィージビリティの要件、評価委員会が行なう評価の基準、また委員会の構成をどうするかなどが明らかになっていなければならないが、現状は国による評価の実施を取りあえず決めただけである。

一例としてカナダの場合を取りあげ、日本と対比してみよう。カナダは地下研究所の計画を処分（事業）から切り離し、地下研究所をすでに完成させたが（日本はまだ）、処分のための調査には着手していない点で、進め方が日本に似ている。これから処分概念のフィージビリティを評価する点も日本と同じであるが、評価の考え方や手順を厳しく、明確に決めている。評価によって処分概念の安全性が受け入れられるまでは、処分サイトの選定を行なわない（できない）ことも明確であり、日本より厳しい。

カナダの場合、処分概念の評価は環境省が行なうが、これは日本の行政手続とは基本的に異なる点である。環境省は高レベルの処分を特別に評価するわけではなく、すでに確立している大規模プロジェクト（工場、鉱山、高速道路その他）の環境影響評価システムにかけて処理するので、改めてどう評価すればよいかという日本のような悩みはない。カナダの評価システムの主な手順を挙げてみよう。

(1) プロジェクトの責任機関（高レベルの場合、エネルギー・鉱山・資源省）は、環境

影響研究を実施する義務があり、研究結果にもとづいて報告書を環境省に提出する。研究は、A E C L が担当し、その報告書が動燃事業団の「第二次取りまとめ」に当たる。

- (2) 研究が評価すべき環境影響には、健康と社会経済的状态への影響、他のプロジェクトと併せてみたときの相対的影響が含まれ、環境影響を緩和する方策、一般公衆のコメントと関心事項についても報告すること。
- (3) 環境大臣は評価委員会（パネル）のメンバーと付託事項を決める。委員会は諮問委員会であり、その活動は政府の活動とは独立に行なわれる。
- (4) 評価委員会は、所見と勧告を提出するために公聴会を開催する。
- (5) 委員会は活動を終了すると、環境大臣とプロジェクトの所轄官庁に報告書を提出する。環境大臣は報告書を一般に公開し（新聞等で公開することを伝える）、所轄官庁は報告書の勧告に対する対応を公開する。
- (6) 最終評価書には、環境評価による予測の正確さを検証するため、および環境影響を緩和する方策の有効性を判断するため、フォローアップ計画を含むことになる。
- (7) 所轄官庁はプロジェクトの推進を決定する前に、公衆からのコメントを求め、検討する義務がある。
- (8) 所轄官庁はプロジェクトの推進を決定すると、決定内容、緩和措置、フォローアップ計画等を公衆に通知する。

以上の全体を通じて、カナダが公衆の意見にいかに配慮しているかがよく分かる。評価委員会のメンバー構成にもそのことは反映される。それは環境省による一般的なアセスメント体制が確立しているからであり、日本では高レベル問題だけで対応していかざるを得ないが、公衆への配慮の重要性に変わりはないので、カナダのシステムが参考になる点は多いと思われる。

上記のなかで、(3) の「評価委員会に対する付託事項」が実は重要であるが一処分概念のフィージビリティの内容に関わるので一、カナダの情報を入手できなかったのと、内容が主として技術的問題であり、それについて論じるのは私の任ではないので、その点には触れない。ただ、「付託事項」を環境大臣が決めるとしている点は日本でも同様

であるはずなので、処分概念のフェージビリティの具体的内容について、原子力安全委員会が見解を示すことが適当ではないかと思われる。類似の問題は処分概念が承認されたのちの、事業者が実施する予備的調査に関してもあり、調査結果を国が確認するための一事業者にとっては調査のめやすとしての一クライテリアが必要であろう。

そうした概念評価の根拠が明示されていないと、評価委員会が行なう評価が国民の理解を得ることは困難ではないか。国情の違いがあるので、カナダの評価手順や体制をそのまま日本に持ちこめるわけではないが、それらを参考にしながら、日本の評価システムを明確にしなければならない。要は評価の考え方（位置付け）や実施の手順を、法制定の準備とともに早く固め、国民の目にもよく見えるようにすることが大切である。

処分問題における管理の考え方－その2

－ 具体的事例の考察 －

村 野 徹

1. はじめに

放射性廃棄物の分野で、“Management”と“Control”は極めて頻繁に使われている専門用語である。しかし、たまたま我が国では、この何れについても、「管理」という一つの用語が宛てられていることが多い。すなわち、両者を区別することが難しくなっているわけである。さらに、一般市民が管理と言う場合には、その意味は、“Control”であるのが普通で、そこから管理(management)の意味を汲み取ることは稀である。

一般市民が処分問題を理解するのを難しくしている一つの原因がここにあるのではないかというのが、昨年度の報告の論旨である。

ここで、管理(control)は主として人間が直接介入して行う、比較的明確で具体的な活動を指しているのに対して、管理(management)は、多面的、組織的、包括的な活動の全体を意味している。

高レベル放射性廃棄物の長期的対策としての「処分」は、管理(management)の一部であり、組織的包括的なアプローチの成果として理解される必要がある。処分対策の背後に、信頼性の高い効果的な管理(management)の存在を確信するとき、人々は初めて「処分」の妥当性を理解するのではないかと思われる。

このように考えると上述の「管理の問題」は、「用語の問題」であると同時に「用語を超えた問題」と考えなければならない。本委員会で頂いた御意見からみて、昨年度の報告では、用語の問題が多少強調され過ぎて理解された点、管理(management)のイメージが得難いというような点があったので、昨年度の報告を補足する意味で、本年度においても、再度同じテーマを取り上げた。

このような考えから、本稿では、具体的事例として、(イ) IAEA報告書と、(ロ) 本委員会での検討会から話題を取り上げて、考察を行った。

2. 地層処分の骨格

－ I A E A 報告書の一つの解釈－

地層処分の骨格が、そもそも如何なるものかは必ずしも自明ではない。我が国では、地層処分の骨格をどうするかといった検討は、組織的には未だ行われていないのではないかとと思われる。本稿では、我が国で少なくとも専門家には、よく知られた I A E A の報告書を手掛かりに、地層処分の骨格、あるいは、もっと外枠の輪郭といったものを取り出し本稿のテーマである管理(management)と結び付けて考えてみたい。

参照した報告書は、I A E A 安全シリーズ No. 99, 1989 (以下、「I A E A 報告書」と略称する)で、その標題は、「高レベル放射性廃棄物の地下処分のための安全原則と技術規準」である。そこには地層処分が基本的に遵守すべき国際規準が述べられている。しかし、内容的に見れば、同報告書は、一つの「地層処分の骨格」を示していると考えられる。

ここで、地層処分の骨格とは、「処分」、「地層処分」、「安全性」というような、基本的な要素とそれら相互の係が、実態としても、論理としても、明確に表現され、全体としてよく筋のとったものであることが期待される。

I A E A 報告書からどのような地層処分の骨格が読み取れるだろうか。飽くまで報告書の一つの解釈としてであるが、両者の対応関係を、表-1に示した。以下は、筆者の理解による補足説明である。

(1) 時間帯について

I A E A 報告書では、報告書の前提条件の記述のところで、「時間帯の問題」に触れている。時間帯は、地層処分にとって本質的な要素の一つである。この部分の記述を一言で言えば、「同報告書が取り扱う時間帯は、処分場の閉鎖後の時間帯のみである」ということである。閉鎖前の時間帯が、正に今日の時間帯と同質であるのに対して、閉鎖後の時間帯は、将来に向かって数1000年にも及ぶもので、この時間帯における安全性の問題は、我々には全く新しい問題であると言える。またそれ故に、国際的規準を確立する必要性もあったわけである。しかし、このことは、それ以外の時間帯に如何に対処するかという各国自身の課題が残されていることを意味している。閉鎖前の時間帯が既知の時間帯であ

るとすれば、閉鎖後の時間帯は、正に、我々が何の経験も持たない未知の時間帯であると言えるだろう。

(2) 処分について

非放射性廃棄物の分野では、明確な処分の定義は未だないように思われる。しかし、多くの人々は、「廃棄物の処分」は、殆ど、「廃棄物の投棄」と同義と考えており、それを無責任な行為の中に入れていいる。では、IAEA報告書では、処分をどのように考えているだろうか。

同報告書の安全原則の中で、「将来の世代への責任」という標題の下にある安全原則（No. 1～No. 4）は、処分に対して新しい定義を与えたものと考えることが出来る。4つの安全原則が示している処分とは、「今日の世代および将来世代への責任を果たすために行われる長期的な安全対策」であり、それは、我々の社会では、なお根強く残っている「無責任な廃棄物の投棄」の明確な否定である。処分の考え方の相違は、人々の意見を左右する最初の分かれ目で、この点で考え方が違くと、廃棄物に関する対話が難しくなるとさえ言える。実際、このような経験をした方は少なくないのではないかとと思われる。

(3) 地層処分について

IAEA報告書は、地層処分場を設置する際に遵守すべき技術規準を8つ（規準No. 1～規準No. 8）提示しているが、これらの技術規準の根拠となる地層処分についての認識は、大筋で以下のようなものと推察される。

- ① 地層処分は、技術規準に示される構成を持つ一つのシステムであり、
- ① 上述の新しい処分を実現する具体的方法（技術）の一つである。
- ② その地層処分場はまた、技術的、経済的にみて、実現可能である。

(4) 安全性について

IAEA報告書は、地層処分システムの長期的安全性について、国際的に合意された放

射線防護原則と定量的安全規準を提示し、その評価方法については、技術規準（No. 9, No. 10）を示している。従って、その根拠として、以下のような認識がある筈である。

- ① 地層処分の安全規準の大筋は確立されており、
- ② 地層処分の長期の安全評価の方法は、既に、利用可能な段階にある。

(5) 管理(management)との関係

以上、IAEA報告書の根底に存在すると思われる「地層処分の骨格」を述べた。しかし、それは国際機関による極く大筋の「地層処分の骨格」である。では我が国における「地層処分の骨格」とはどのようなものになるのか、その骨格を定めるような仕事は、どのように分担されるのだろうか。本稿の文脈から言えば、「それは、管理(management)の分担の中に含まれる」ということになる。

このように考えると、廃棄物における管理(management)の役割は極めて重要であると言わなければならない。

3. 「モニタリング」に関する討議から

本委員会では、本年度、地層処分場のモニタリングをテーマにして、報告と討議が行われた。その中で、たまたま、本稿のテーマである「管理」の観点から、興味深い考え方を示す「短文」が討議材料として提示された。本稿でも、その中から、いくつかの短文を引用させて頂き、それらを資料として、人々の頭にある「管理」を考えてみたい。

(1) 資料-1：LLWで300年も管理するのにHLWで100年とは何故か？

原文の趣旨

HLWの危険性は、大きく、長期間持続するのに、何故管理期間がLLWより短いのか？ という論旨である。

コメント

LLWの300年の管理, および, HLWの100年の管理の両者とも, “Control” としての管理である。通常の廃棄物管理(management)では, LLWは浅層処分, 管理(control)は不可欠であるのに対し, HLWは, 深層処分(地層処分)であるので管理(control)は必ずしも不可欠ではないとされている。

- (2) 資料-2: 閉鎖すると言うから処分ができない。

原文の趣旨

処分には必ずしも反対ではないが, 処分には閉鎖という過程がはいるので, 処分への賛成が出来ない。

コメント

人々が「閉鎖」から連想するものは, たとえば, 鉱山の閉鎖であり, 管理(control)の中止であり, 責任の放棄であるとすれば, このことは十分あり得ることである。廃棄物管理(management)のプログラム, あるいは, 地層処分の骨格との関連では, 「処分場閉鎖」の意味とその技術的内容は, 上述とは全く違った理解がなされている。

- (3) 資料-3: 処分はするが, ずっと管理してほしい。
(4) 資料-4: 我が国では管理型処分だ望ましい。

原文の趣旨

処分はしてもよいが, その後も引き続き管理をしてほしい。

我が国では, 管理を継続できるように設計され, そのように運営される方式の処分が望ましい。

コメント

両者とも, ここで言われている管理の意味は, “Control” であり, ここには, たとえ長期についても, 管理(control)に依存することが可能であるという前提がある。これに対して, 廃棄物管理(management)では, この前提が成立しないことも考慮する必要があるという立場がとられているわけである。

- (5) 資料-5: 処分システムを構築するまでは管理だが, それ以降は, 管理ではない。

原文の趣旨

この資料では、最初の管理は、“Management”としての管理であり、2番目の「管理ではない」の管理は、両方を指す。正確には、上述の文章の後半は、次のようになる。

「それ以降は、管理(control)でも管理(management)でもない」。

コメント

上述のような意見も、勿論あり得るが、適切な処分システムの性能が、長期に持続するという、地層処分のアプローチを一般化して、適切に表現する工夫も必要ではないかと考えられる(図-2参照)。

- (6) 資料-6：社会的概念では、1000年、10000年ということは言えない。

原文の趣旨

地層処分の分野では、タイム・スケールとして、1000年、10000年という期間が論じられるが、それを社会的概念として見れば、そのように長い期間を考えることは妥当ではない。

コメント

この問題は、地層処分という非常に長期の安全対策を、社会的にどう見るかということと関連があり、なお今後の検討課題ではないかと思われる。

以上、資料-1～資料-6について、簡単な検討を行ったが、それらは、何れも単純な問題とは言い難く、問題を十分解決するためには、相当の努力が必要であると思われる。本稿の観点から言えば、それらの多くが、廃棄物の“Management”の問題であるということである。

4. 考察とまとめ

本稿では、IAEA報告書と、本委員会の討議から話題をとりあげ、高レベル放射性廃棄物の地層処分における、管理の問題、あるいは、管理の現状を多少とも具体的に検討した。しかし、本稿で述べた「管理の問題」を短期間で解決することは考え難いものと思わ

れる。またそのような解決は、本稿の域を超えた問題でもある。

以上の検討を踏まえて、今後取り組むことが望ましいと思われる課題を2つ記述して、まとめとする。

(1) 管理(management)への要請

我が国における高レベル放射性廃棄物の処分対策では、時間帯を、(イ)閉鎖前の時間帯、(ロ)閉鎖前-閉鎖後の移行時間帯(単に「移行時間帯」という)、(ハ)閉鎖後の時間帯の3つに分割し(図-1参照)特に、(ロ)の移行時間帯の管理(management)について、具体的な方策を検討する必要がある。

その理由は、上述の6つの資料を始め、人々の多くの関心、あるいは、心配は、殆ど、この移行時間帯に集中していること、この部分は、本来、各国自身が決める領域であること等である。

(2) 長期的安全確保のアプローチの一般化

地層処分のアプローチを、長期的安全問題に広く適用できるアプローチとして一般化することを検討する必要があるのではないかと思われる。たとえば、図-2は、地層処分のアプローチを示したものであるが、地層処分を特殊と考えないで、長期的な安全問題に対処するために動員できる、共通した管理(management)の考え方、論理、概念、用語が作られるとしたら、大変望ましいと思われる。もしそれが出来れば、その枠組みを通して、人々が放射性廃棄物の処分問題をよりよく理解する新しい筋道が開けたことになると考えられるからである。

表-1 IAEA報告書(1989)の構成と地層処分の骨格の対応

IAEA報告書の構成		地層処分の骨格
	[報告書の前提条件]	対象時間帯
安全原則	(a) 将来世代への責任] 処分とは何か
	原則-1 将来世代への負担	
	原則-2 制度的管理に依存しない安全性	
	原則-3 将来への影響	
	原則-4 国境外への考慮	
	(b) 放射線安全] 処分の安全性 レベル
	原則-5 線量上限値	
原則-6 リスク上限値		
原則-7 放射線安全の補足事項		
技術規準	(a) システム] 地層処分とは何か
	規準-1 システム全体のアプローチ	
	(b) 廃棄物	
	規準-2 放射性核種の含有量	
	規準-3 廃棄物形	
	(c) 処分施設	
	規準-4 初期の隔離	
	規準-5 処分施設の設計と建設	
	規準-6 核臨界	
	(d) サイト	
規準-7 サイトの地質		
規準-8 天然資源への考慮		
安全目標適合の確証] 安全性の確証
(a) 規準-9 安全評価		
(b) 規準-10 品質保証		

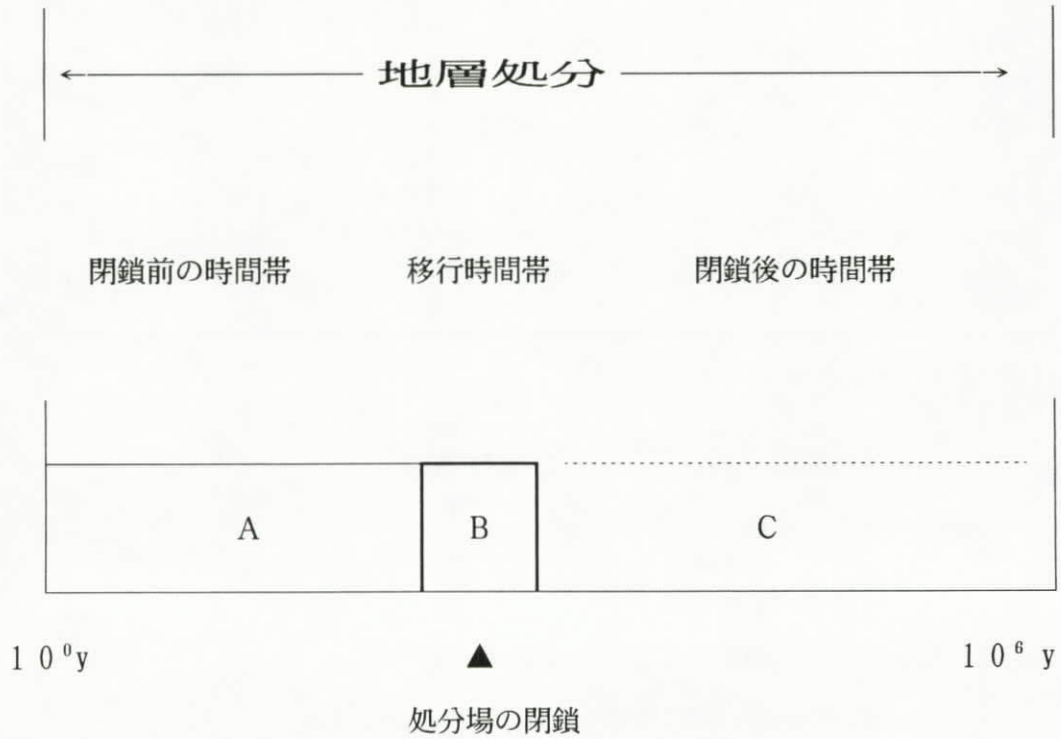


図-1 社会的に既知の時間帯から未知の時間帯に移行期間を、移行時間帯として、特に重視する。
 A（閉鎖前の時間帯）とB（移行時間帯）は、制度的管理を行い、C（閉鎖後の時間帯）については、制度的管理は行わない。



図-2 管理(management)と処分の有効性の連動

管理(management)の成果として、処分の有効性、信頼性が、時間軸に沿って拡大するという連動関係を表す。

地層処分の社会的受容へのステップ

武藤 正

1. はじめに

高レベル廃棄物の地層処分の安全評価については、近年目ざましい進歩が見られており、基礎的データはなお不十分とは言え、基本的な地層処分の安全性は評価上はかなり余裕を持って言える段階に達している。スウェーデンを例に挙げれば、1977年に発足したOECD/NEAのStripaプロジェクトも1992年末まで多くの成果を挙げて終了したが、その少し前の1992年9月に公表されたSKBの計画では、数年置きに改定される研究開発計画が従来の研究開発(R & D)から研究開発及び実証(R, D & D, Research, Development and Demonstration)へと移っており、性能評価の手法もジェネリックからスペシフィックへと進展している。

しかしながら、地層処分先進諸国の目ざましい成果の割には地層処分の実現可能性が高まっているという実感が無いように思われるのは何故であろうか？ これは勿論、各国とも未だ、地層処分の実施まで四半世紀程度の時間を残しており、ステップを踏んで一步一步研究開発を進めていることが主因であるが、ほかにも重要な二つの問題を指摘できよう。

第一には、技術的に評価がどこまで進んでも、何らかの不確実性は残るという問題、あるいは知れば知る程知らない問題が発生すると言った技術的ディレンマである。

第二は周知の事実であるが、色々な意味でのこの問題に対する社会的受容、PAを今後の問題として残していることである。

原子力発電がトイレなきマンションと言われて既に久しいが、我が国では、下北半島の低レベル放射性廃棄物埋設センターが、実際にはかなり厳しい規制当局と申請者の間の安全評価上の論争があつて設計変更はあつたにしても、一見順調に進行して、1992年12月には運開、稼働を始めて実績を作ったことが、多くの社会的受容の問題を抱えた西欧やアメリカに羨望の念を抱かせた。

あれから、未だ1年余しか経過していないが、アメリカのクリントン民主党政権の発足から、プルトニウム問題を中心とした核燃料サイクルへの圧力はかなり高まっており、高レベル廃棄物に対する考え方も影響を受けざるを得ないようになっている。高レベル廃棄

物処分は人類社会にとって、社会的通念にない考え方を要求され、地質年代にわたる時間の長さや再取出し可能性の問題だけを考えても、低レベル廃棄物の浅地処分とは比較にならない多くて深い課題を抱えている。我が国でも、低レベルと同じような社会的手法で、これを実現するのは困難と思われる。

昨年度筆者は第一の問題に関連して、「処分システム性能評価の不確実性」という小稿で、性能評価上の不確実性とその前提条件の曖昧さを指摘したが、今回は第二の社会的受容の問題に関連して、対象によって多面的な対応が必要となる社会的受容をどのようなステップで進めてゆくべきかについて述べることにする。さらに、PAの重要な一步となる原子力関係者の理解について、問題の本質を理解させるための原子力特有、特に、原子炉関係の安全評価の考え方について、地層処分のそれとの対比して触れた。

2. 社会的受容を得るまでのステップ

地層処分のように、これだけ多くの識者の関心を呼んでいる問題は、地球温暖化の問題と同様過去には殆ど無かったと言ってもよいであろう。むしろ、現代の共通問題は、政治システム、宗教、経済問題等、先進国、発展途上国を問わず、問題になっている事項を別とすれば、地球環境問題が最大の関心事であって、二酸化炭素の問題も高レベル廃棄物の処分の問題も同じ地球環境問題として捉えるべきなのであろう。

この両者とも、もともと、産業革命以来の人類社会の経済的発展によるエネルギー消費の結果として発生した問題であり、それらの現象自体はマイナス効果しか持たないであろうが、人類にとってエネルギー利用というプラスになる行為の結果として現れたものであり、ある意味では避けられない必要悪のようなものである。この認識は、最初に強調しなければいけない点である。

(1) 識者の社会的受容

地層処分のコンセプトに対しては、上記のように、色々な分野の識者から強い関心が寄せられており、一口にPAと言っても、識者の専門分野に応じた説明が必要であろうが、共通的に必要なのは、それぞれの分野の異なる基盤を持つ識者を、技術的な立証を前提として、納得させ合意に導くことのできる強固な論理(Robust Logic)である。各分野の理解を得るには、技術的な課題のより平明な説明と共に、特に識者の多数を占めるとと思われる

人文科学者の論理を理解した論理構築が重要であろう。

また、自然科学者として基礎科学に従事している、物理学者、化学者、地質学者等、理学系の科学者は、物事を科学的法則から考える性向が強く、上記の人文科学者とはまた別の論理性が要求されよう。これはしかし、技術的な立証が論理的になさされていて、強固な論理になっていれば、納得させることが可能であると思われる。

地質学者及び化学者は、地層処分の研究開発の中で、それぞれ、地層や粘土鉱物等の収着物質の存在状態、及び、核種移行に伴う化学形別の溶解度や分配係数に係わっており、関係者には理解が進んでいると思われる。しかし、無関係の同業者の中で関心が強い人達には、科学的な原理、原則を外れた話が伝わると大きな反対論を呼び起こす可能性が高い。特に、地質学者ではこの傾向が強く、地層処分以外でも、原子炉の立地に関係するサイトの地質に関しては、とにかく反対論を唱える人が少なくはない。

これらの科学者系の識者は細部に拘泥する性向があるが、これらが瑣末で処分の全体的な安全性に影響しないことを良く説明すると共に、むしろ人文科学者系の大局的な捉え方の意義を理解させるため、議論する場を与えることも重要であろう。

(2) 原子力関係者へのP A

我が国の地層処分は動燃事業団が中核推進機関としてその研究開発を実施することになっているが、平成4年にはいわゆる「平3レポート」と称する「高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書」が、従来の研究成果を集約した第1次報告として公表された。動燃関係者はこの報告書のP A的意義について、当面、原子力界の理解を得ることに技術的な目標を置いたようである。

廃棄物問題に直接関係していない原子力関係者のこの問題に対する認識が意外と不十分である現実を考えると、当面の目標として、より多面的なアプローチを必要とする一般社会のP Aを得る前のこの方針は妥当なものと思われる。

原子力関係者、特に原子力規制に携わる人達は、後述のようなユニークな論理を持っており、原子炉部門の専門家も同様な考え方が基礎になっている。これらは彼らの考え方に強く染み着いており、放射性廃棄物の処分も放射線が問題になる限り同様に考えようとする。従って、原子力関係者の地層処分の概念への理解は彼らの論理に沿った説明が必要となるが、同時に、原子炉設計との大きな差を説明することは重要であろう。

(3) 一般公衆のP A

ステップとしては、その後に一般公衆のP Aが出てくると思われるが、一口に一般国民といっても、地元及び周辺の住民とそれ以外の地域住民とは大きな相違があり、反対派や一部の環境主義者を除けば、地元以外の住民の関心はあまり大きくなるとは考えにくい。一般識者のP Aが得られれば、彼らのP A上の問題は殆どなくなると考えても間違いではないと思われる。それに対し、NIMBYという言葉で象徴されるように、地元住民のP Aは地層処分の実現のキーポイントであるが、これは時間を掛けた我慢強い説明が続けられなければならないであろう。昨年度川上幸一氏が提案した住民との長期的な信頼関係に基づき「処分場管理委員会」等の各種の制度を早い時期に作ることも必要であろう。

(4) マスコミの理解

現代の情報社会の主役であるマスコミは、勿論P Aを得るために最も重要な対象であろう。マスコミ関係者は通念上は識者として扱うべきであろうが、しばしば、視聴率を上げると同じ感覚で大衆に迎合する傾向が強くなるので、地元国民や場合によっては反対派に対するような忍耐強い説得が早い時期から最終段階に至るまで必要となろう。

上記の各層の人達に対しては、特にP A活動に時期的な順序はないと思われるが、原子力関係者の理解は早く得て欲しいし、識者、一般住民といった順番で重点を置くのが妥当と思われる。マスコミに対してはそれぞれの段階でそれぞれのP Aの内容を良く説明しておくことが大切であろう。

3. 原子力関係者の受容

3.1. 原子力安全性の考え方の特異性

原子力関係者、特に原子炉部門の専門家は特有の安全フィロソフィーを持っており、それらは、実際の原子炉の安全性設計、安全審査、施設建設に反映され、また、運転管理上に生かされている。このフィロソフィーは安全論理としては、後述のように他分野に比較して際立ってユニークなものとなっていると思われる。

原子力施設の安全確保の基本方針は、原子炉の運転により炉内に蓄積する放射性物質による潜在的な危険性を、顕在化させないように確実に管理することに置いている。このた

めに以下のような三つの基本的考え方が採用されている。

① 多重防護

これは、いわゆる多重バリアと誤解されることが多いので、深層防護 (Defence in Depth) と呼ばれるのが普通になったが、異常状態の発生をなるべく防止すること、仮に異常状態が発生しても拡大を防止し、さらに、放射性物質が環境に異常放出される事態に発展しないように対策を講じることである。

② ALARA

「合理的に達成できる限り低く」(As Low As Reasonably Achievable) というのは本来、放射線防護上の仮定になっている放射線量とその影響との直線仮説に基づいて、低影響の影響は明確でないが、線量に応じた確率的影響を与えるという仮定に立って、なるべく低いことが望ましいという論理に基づいている。

③ 立地条件

万一の、発生確率が現実には無い事故を想定しても、公衆の安全が確保されることを確認するという考え方で、原子炉の安全防護設備に応じた離隔距離を取れるよう立地条件を備えることとしている。

これらの考え方に基づいて実施される規制では、②に関連して平常時の周辺住民や従業員の被ばく量の評価は勿論のこと、上記の三つの考え方の全てに関係する事故の事前評価がある。他産業では何か事故が起きてから対策が取られるのが普通であるのに対し、設計、建設、運転の各段階に応じてあらゆる可能性を考えた事前評価を行っているものである。

このような原子力施設の安全性の考え方の基本は、原子力が軍事のみに利用されていた時期にはあまり無かったようで、平和利用が始まった時点で本格的に考えられるようになったものである。原子炉の重大事故や核燃料サイクル施設の臨界事故もこの頃起きたものが多く、放射性廃棄物でも初期の軍事利用時代には、米、ソ、英各国とも現在に大きな影響を与えている問題を残している。

上記の3つの考え方は西欧の原子炉では、現在、全ての国で採用されている基本ルールになっている。ただ、旧ソ連では、この軍事用の残滓を引きずっていたことがチェルノブイル事故でも他の核燃料サイクル施設でも明らかで、全体主義的な体制がこれを生んだと言っても良いであろう。

比較的初期の原子力反対派はこのような原子力の先進性を認めながらも、それは他産業が遅れているので追随すべきであると論じていたのを記憶している。しかし、現実には他産業ではこの手法が原則的に取り入れられることがあまりないままに、推移してきたものが多かったように思われるが、近年、一般廃棄物や産業廃棄物、環境アセスメントなどの動きを見ると、事前評価がかなり行われるようになってきたようである。

このような考え方に基づく原子力の論理は、訴訟や反対運動の激化と共に、事前評価の精度を増しかつ安全の論理が整備されて特異な論理体系を持つようになってきており、一般産業の公害や事故防止のための慣習や規則とはかなり異なったものになってきている。上記のように産業廃棄物等の分野では、事前評価が同じように行われるようになったが、その中身は、一般産業が規制値を満足すれば良いのに対し、原子力施設では、上記のALARAで代表されるように絶えず低減化に向かった努力が要求される等、全く質的に異なる程、規制や安全思想のレベルが違っている。従って、原子力関係者に地層処分の問題を理解してもらうには普通の識者以上の論理性と厳密さが要求されよう。

筆者が接した範囲では、原子炉関係者で廃棄物処分の問題を理解している人は非常に少なく、むしろ多くの誤解をしているケースも多い。また、地層処分の行方について悲観的な人達（そういう人達は地層処分のリスクが非常に大きいと誤解している場合が多い）も意外に多いことを経験している。言ってみれば、良くも悪くも同じ原子力村の住民である人達が理解していなければ、一般的なPAは得られるとは思われないし、その意味で原子力関係者のPAは非常に重要である。

3.2 原子炉等の安全指針等に現れた定義

地層処分の論理と原子炉安全の論理は本質的に異なっているという説と、多くの類似性があるとする説とがあるが、筆者は少なくとも、原子炉の安全論理に則って、地層処分の安全評価を一度整理してみる必要はあると考えている。その意味で、原子炉の安全指針、基準等に現れた定義で、フィロソフィーに関連があると思われるものを下記に列挙した。

一方、核燃料施設は安全要件が異なるところがあるものの、原子炉と同じ安全原理と安全目標に立っている。しかしながら、現状の核燃料施設の安全指針に現れた定義は、同じ言葉に対しては原子炉と同一の定義が与えられている。下記の表では原子炉の安全解析上の用語を示したが、核燃料施設の用語が異なる場合はそれも示した。

- ・通常運転；計画的に行われる起動、停止、出力運転、高温待機、及び燃料取替え等の原子炉施設の運転であって、その運転状態が所定の制限内にあるものをいう¹⁾。
- ・異常状態；通常運転を逸脱させるような、何らかの外乱が原子炉施設に加えられた状態であって、運転時の異常な過渡変化及び事故をいう¹⁾。
- ・運転時の異常な過渡変化；原子炉施設の寿命期間中に予想される機器の単一故障若くは誤動作又は運転員の単一の誤操作、及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱によって生ずる異常な状態をいう^{1) 3)}。
- ・事故；「運転時の異常な過渡変化時」を超える異常な状態であって、発生する頻度はまれであるが、原子炉施設の安全設計の観点から想定されるものをいう¹⁾。
- ・単一故障；単一の原因によって一つの機器が所定の安全機能を失うことをいい、従属要因に基づく多重故障を含む^{1) 4)}。
- ・多重性；同一の機能を有する同一の性質の系統又は機器が二つ以上あることをいう¹⁾
- ・多様性；同一の機能を有する異なる性質の系統又は機器が二つ以上あることをいう¹⁾
- ・独立性；二つ以上の系統又は機器又は系統が設計上考慮する環境条件及び運転状態において、共通要因又は従属要因によって、同時にその機能が阻害されないことをいう¹⁾。
- ・重大事故；敷地周辺の事象、原子炉の特性、安全防護施設等を考慮し、技術的見地からみて、最悪の場合には起るかもしれないと考えられる重大な事故をいい、原子炉立地審査指針で重大事故の発生を仮定しても、周辺の公衆に放射線障害を与えないよう定められている²⁾。
- ・仮想事故；重大事故を超えるような技術的見地からは起るとは考えられない事故（例えば、重大事故を想定する際には効果を期待した安全防護施設のうちいくつかは動作しないと仮想し、それに相当する放射性物質の放散を仮想するもの）をいい、原子炉立地審査指針でその発生を仮想しても、周辺の公衆に著しい放射線災害を与えないよう定められている²⁾。
- ・シビアアクシデント；設計基準事象を大幅に超える事象であって、安全設計の評価上想定された手段では適切な炉心の冷却又は反応度の制御ができない状態であり、その結果、炉心の重大な損傷に至る事象⁶⁾。
- ・最大想定事故；安全上重要な施設との関連において、技術的にみて発生が想定される事故のうちで、一般公衆の被ばく線量が最大になるものをいう⁵⁾。

1) 「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」（平成2年8月30日原子力安全委員会決定）

2) 「原子炉立地審査指針及びその適用に関する判断のめやすについて」（昭和39年5月27日、原子力委員会決定、平成元年3月27日原子力安全委員会一部改定）

3) 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」（平成2年8月30日原子力安全委員会決定）

4) 「再処理施設安全審査指針」（昭和61年2月20日、原子力安全委員会決定、平成元年3月27日原子力安全委員会一部改定）

5) 「核燃料施設安全審査基本指針」（昭和55年12月22日、原子力安全委員会決定、平成元年3月27日原子力安全委員会一部改定）

6) 「発電用軽水型原子炉施設におけるシビアアクシデント対策としてのアクシデント・マネージメントについて」（平成4年5月28日原子力安全委員会決定）

3.3. 原子炉と地層処分の安全評価の対比

上記の表中で、単一故障、多重性、多様性及び独立性は、互いに関連する概念であり、安全上重要な機器の単一故障によってもたらされる可能性のある異常事象を機器の多重性によって、また場合によっては独立性を持つ多重の機器によって防止することが趣旨になっている。

この意味では、処分システムに用いられる多重バリアにも同様なコンセプトで対応可能であろう。ただ、どれが安全上重要な機器に相当するバリアなのか、もし、ガラス固化体自体、オーバーパック又は充填材等のバリアがそれに相当するのであれば、機器の故障に相当するものは、それらの異常状態に当たるのであろうが、こういった異常事象を想定したらよいのか等について考える必要がある。軽水炉の場合は、「運転時の異常な過渡変化」はどのような場合を入れるか、指針で細かく規定されている。

これらの異常状態が事故状態まで発展するケースについても、軽水炉では規定されており、重大事故、仮想事故とも「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針について」（昭和56年7月20日、原子力安全委員会）でその安全評価の関する条件とその場合の判断基準について、細かく規定されている。この辺の考え方は再処理でも同様であるが、原子炉程細かく規定されてはいない。核燃料施設は数が少なくそれだけ規格化されていないためであろう。なお、原子炉では上記のように、事故、重大事故、仮想事故が評価すべき事象として規定されているのに対し、核燃料施設では事故と最大想定事故だけが規定されている。

これらの安全評価に対しては、前節で述べたALARAが基本原則として潜在しており、また、原子炉施設における、多重バリアの概念（いわゆる多重防護（深層防護）とは異なり、文字通りの多重の障壁である）は、核燃料施設の重要な安全コンセプトであるが、処分施設の設計や安全評価でもほぼ同様な意味で用いられているのは良く知られている。

これと同様に異常或いは、事象を指針等で規定する必要があるかどうかは、放射性廃棄物の地層処分にとっては今後の大きな課題であるが、人間侵入をどう考えるか等についてある程度の制限を置いて考える、あるいは地下水シナリオにしても、その不確実性のある限度条件以内に限定する必要性について、その範囲等について指針で規定するのかどうか等が問題となろう。

シビアアクシデントは原子炉の安全審査の対象からは外されていたが、TMIやチェルノブィルの事故の後、そのリスク解析が進んでおり、海外でも厳しい考え方が出てきてい

る現状にある。これらの情勢を受けて、我が国でも、1992年原子力安全委員会は、アクシデント・マネージメントという言葉を用いて、その発生確率をより安全にする方策について検討するよう勧告しており、具体的な提案も現在原子力安全委員会で審査中であり、対策は、近い将来に実施される段階にきている。

このシビアアクシデントの評価の手段としてはP S Aが解析手段の主役になっているが、一般的には、安全審査の場では決定論的評価を主として、確率論的評価で補完することになっている。廃棄物処分の不確実性はもし指針で規定するとなると、この手法を処分に適用することになる。

未だよく事象として把握されていない間に、規制のための基準を設けることをせずに、申請者に自主的に検討せしめ、その結果を規制側の目で検討する方法は、我が国ではよく用いられる方法である。この方法は実行不可能な基準を設けるような結果にならない点では、合理的な方法であるが、一方、馴れ合いのそしりを受ける口実を与える欠点もある。

上記のシビアアクシデントの例は、その典型的な例であるが、色々なハード、ソフトの対策が考えられ、その総合結果としてその発生確率を下げ、また、仮に起こっても環境に大きな影響を与える確率を最小にするのが目的であるので、設計者を含めた申請者が運転上の保安対策を含めて検討するのは妥当な措置であろう。

このようなケースは、地層処分の安全評価と共通する面もあり、今後我が国で地層処分の基準を検討する場合の参考になろう。しかし、基本的な考え方については、規制当局としても十分な検討を行って、早い時期に何らかの考え方を示す必要があると筆者は考えている。

3.4 地層処分のリスク評価

高レベル廃棄物の地層処分のリスクは、近年、非常に小さいことが明らかになってきたことは、再々触れてきたが、地層処分が受け入れられるためには、このことの十分な理解が前提になる。しかしまた、非常に小さいといっても、大部分は地下水シナリオに基づく標準シナリオの評価結果に過ぎないことは留意しておく必要がある。

地層処分のリスクは、大別して二つの要素を考える必要がある。一つはよく言われている放射線のリスクで、地層処分においても、最後は放射線のリスクだけが問題となる。これは、処分場周辺のクリティカル・グループの被ばく量を、リスク係数を掛けて置き換えたものになるが、ある程度保守的に余裕を見るにしても、地下水シナリオの標準ケースの

ように、異常状態を考えないでモデル計算を行った結果になる。これは原子炉で言えば、平常時の被ばく評価（リスク評価）に相当する。

もう一つはこれに変動ケースを考慮に入れてその発生確率も評価して、そのリスクも足してトータルリスクを求めるものである。これはさらに進めば、接近シナリオのような極度に確率の小さいケースにもこの考え方をういてそのリスク分を計算評価して加算しておくことが必要になろう。最近、確率までも考慮はしていないが、変動ケースについて計算評価あるいは感度解析するような研究結果が、我が国でもしばしば見られるようになった。

上記の二番目のようなリスク評価は、上記のP S A (Probabilistic Risk Assessment) の手法に頼らざるを得ない。原子炉では近年著しくこの種の手法が進んでおり、上記のシビアアクシデントの評価では、この手法が解析の主な武器になっているが、安全評価のみならず設計にも利用されている。未だ安全審査には決定論的な手法が主に用いられているが、部分的にはこの手法が利用されている。

この手法の廃棄物処分研究への利用は世界的にもそれ程進んでおらず、我が国では未だ殆ど見られない。地層処分の安全評価のような非常にファクターの多い対象では、その重要度に応じて定量的な評価にはグレードを設けて、取捨選択しないと解析不能になるので、今後このP S Aの適用に当たっては、影響度の低いファクターの処理法を含めて検討する必要がある。しかし、地層処分の定量化が進んだ段階では、このような手法を取り入れざるを得なくなろうし、それが科学的に安全性を立証する最終的な？ステップになると考えている。今後この分野の研究の進展を望みたい。

3.5 廃棄物処分の特殊性

昨年度の報告で、川上幸一氏は「十分な安全性、技術的信頼性の確立をめざす技術サイドの努力（研究開発）は当然の前提としても、それらの確立を待ってから処分事業に着手するという在来式の考え方が、高レベル問題にはたして通用するのだろうか。（中略）物事がある程度“進行形”で処理していかなければならないのが、高レベルの問題の特徴のように思われる。」と述べているが、同じようなことを、昨年、ストリーバ・プロジェクトの終了に際して、O E C D / N E A の Jean-Pierre Olivier 廃棄物管理部長は「地層処分の許認可について考えてみると、従来、原子炉の許認可において採用されてきたような、厳密に規定されたマイルストーンを公式な手順によって達成しつつ最終的な操業認可に至る

というプロセスは必ずしも適切であるとはいえない。地層処分の許認可には、より柔軟かつ着実なプロセスによって徐々に確信を深めていくことが良いのではないかと考える。一部の国においてすでに実施されている放射性廃棄物ネゴシエーター制度などは、このような観点から有効であるといえる」と発言している。

これは廃棄物処分の特殊性を考える時、全体として妥当なものとするが、同時に今まで述べてきたように、識者や独特な安全フィロソフィーを持つ原子力関係者に対して、強固な論理を持つ説得力のある論理を展開するためには、十分な科学的解析が今後展開されてゆく必要があるのは論を待たないことであろう。

4. おわりに

今年になって、ペンディングになっていたイギリスのTHORPの運転許可も出たり、スーパーフェニックスも再開する運びになって、再処理リサイクル路線を採る我が国としては、歓迎すべきイベントが続いた。このスーパーフェニックスでは、郡分離された長寿命核種のTRU等の消滅処理への役割も大きな要素になっている。フランス議会は、高レベル廃棄物処分と関連して、可能性のある技術があるのに何故今処分するのかという意見が多かったようである。

同時に、アメリカは核拡散防止の立場から、プルトニウム利用を最低限に制限しようとしているが、冷戦終了に伴って発生した核兵器解体によって出てくるプルトニウムをどう管理するかについては、今年になって科学アカデミーの報告書も出て、その結果、TRUの消滅処理も行うことで生き延びてきたIFRは中止することになったが、代わって軽水炉へMOX燃料として利用する方策が浮上しており、相変わらずの必ずしも首尾一貫しない方針の揺れが見られる。

使用済燃料直接処分と高レベル固化体処分の矛盾については昨年度の報告書でも触れたが、上記のスーパーフェニックスの事例でも分かるように消滅処理の比重は一般には高まっている。しかしながら、これらの三つのオプションは、相対的に見れば、地球環境への負荷の程度には差があって、リスクの差は認められるにしても、その差はマイナーであり、絶対的なリスクは共通して極めて小さいのである。

最近の、東京電力㈱の赤坂氏によるこの群分離・消滅処理の影響に関する定量的評価の試算によれば、群分離の効率を原研の実験値の100倍に高めても1000m離れた場所では、

1 桁の被ばく量の減少に止まるようである。

上記のような国際的な筋の通らない動きが、将来、核燃料リサイクルを否定する袋小路に向かっているのを暗示するので無ければ幸いであると思う。何れにせよ当事者として、もう少し論理を整理しないといけない問題であると考えている。

以 上

地層処分におけるモニタリングについて

増 田 純 男

1. はじめに

「処分した後は管理しないというのは無責任、地層処分も管理型処分とすべき」という意見が聞かれる。「管理」すなわち、人間の関与によるActiveな手段と「処分」すなわち人間の関与を排除したPassive な手段とを組み合わせた管理型処分の概念について技術的要件を整理してみると、

- Why ? (目的)

処分安全性の実証あるいは確認のため

- What ? (対象)

①人間の接近の制限

②廃棄物の置かれている状態の観察

③多重バリアシステムの異常

- How ? (方法)

①に対しては、立入禁止などの措置と監視

②と③に対してはモニタリング

- When ? (期間)

埋め戻さないで「管理」しても「処分」を「管理」するには不十分なので、埋め戻し後まで

と分類できるので、ここでは、管理型処分の意図は処分後の監視とモニタリングにあると考え、以下、モニタリングについての各国の考え方を次章に示し、3章以下に、我国において地層処分におけるモニタリングを考える際の留意点等について私見を述べる。

2. 地層処分におけるモニタリングについての各国の考え方

国際機関における安全原則等における考え方、及び諸外国の規則規準等で定めているモニタリングの内容等について調査した結果を表1に一覧表としてまとめ、以下のように要点を整理した。

①目的

- ・天然バリアと人工バリアの性能が設計の限度内にあることの保証（10 CFR 60）
- ・期待性能からの偏りを検知（40 CFR 191）
- ・閉鎖後の処分場の性能は予測モデルに基づく、そのための入力データが処分場を代表するものであることを保証（カナダ）
- ・処分場閉鎖に十分な信頼性を与えるための情報取得（IAEA）
- ・社会的、政策的要求（スウェーデン、ICRP）

②内容

- ・設計の仮定と対照した地下の条件、廃棄物容器の状態（10 CFR 60）
- ・処分システム性能に関するパラメータ（40 CFR 191）
- ・サンプリングや分析などを含む（ICRP）

③期間

- ・閉鎖まで（10 CFR 60，カナダ，IAEA）
- ・数年以内に閉鎖できるよう処分場を設計すべき（スイス）
- ・100年まで（40 CFR 191）
- ・閉鎖前のモニタリングが閉鎖後も継続される可能性があるが徐々に減少（ICRP）
- ・数百年より長くない（OECD/NEA）

④留意事項

- ・処分安全性は閉鎖後のモニタリングに依存してはならない
（スウェーデン、スイス、OECD/NEA、ICRP、40 CFR 191）
- ・モニタリングによって処分場の健全性が損なわれないように
（40 CFR 191、カナダ、ICRP）

3. 処分の監視とモニタリングの技術的な必要性についての考察

(1) 人の接近の監視

①HLWの地層処分は、LLWの浅地層中への埋設の場合と違って、人間が不用意に放射性廃棄物やその付近にある放射性核種に触れることのないような深さに廃棄物をおくことによって、処分後ゼロ時間から永久に規制免除できる線量（ $10\ \mu\text{Sv}/\text{y}$ 以下）を担保する方法である。LLW埋設のような300年間は管理によって $10\ \mu\text{Sv}/\text{y}$ を保証する仕組みとは異なる。

②監視が安全性の担保の要件になるような方法は、地層処分技術としては不十分であり、サイト選定や処分深度の決定において、人間侵入によるリスクが小さくなるよう考慮すべきである。なお、処分場埋め戻し後、処分地点へのマーカーの敷設や処分記録の保存などについては、社会的な要求と技術的な意味から検討される必要がある。

(2) モニタリングの意義

処分システムは以下のような特徴を有する。

①ガラス固化された放射性物質は、原子炉や再処理工場等における動的（dynamic）な状態にある放射性物質と異なり、それ自身及びその置かれている状態とも物理的にも化学的にも安定なものである。

②地層処分システムの機能は、ガラス固化体の地層中定置の状態が想定し得る擾乱に対する抑制力として、化学反応や物質移動に効くバリアを設けることによる。

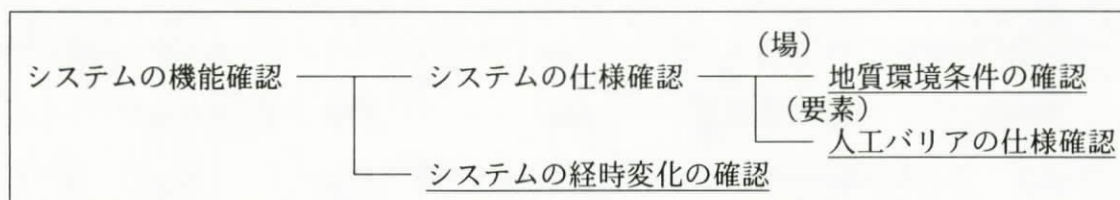
また、このようなシステムの機能はガラス固化体を定置する作業用に設けた地下の施設や空洞を埋め戻し処分場を閉鎖してから働く。

③システムが施行された後、定常の状態（設計の期待値）に達するプロセス及びその後の変化のプロセスは、いずれも緩慢なものである。

このようなシステムの挙動を、システム機能が要求される期間に亘ってモニターすることは不可能であり、初期の一定期間に限られることとなる。

従って、モニタリングは設計、施工したシステムの将来にわたって期待する機能が働く（いている）ことの確認に目的を置き、設計通りにシステムが施行されていること及びシステムの設置環境が埋め戻し後、設計条件の方向に変化する兆候を感知する技術を要件とする。

モニタリングの対象は次のように分類される。



(3) モニタリングの方法

①地質環境条件確認

天然バリアとしての地質環境（ファーフールド）及び人工バリア設置により影響を受ける地質環境（ニアフィールド）について安全評価の設定条件を地質環境特性調査技術により確認する。（サイト特性調査段階）

処分トンネル等の掘削、廃棄体の定置などによる影響を調べ、設計条件の妥当性を確認する。（建設、操業段階）

これらの調査技術は、地下研究施設において開発・確認されたものを適用する。

②人工バリアの仕様確認

固化体や人工バリア製作時及び現場施行時のQC/QA活動による。（処分場建設段階）

③システムの経時変化の確認

埋め戻した後の地質環境条件が、システムの性能評価を行う際、予測した条件と合致していることを、埋め戻し後初期の期間（～100年）中、サイト特性調査を継続することによって確認する。また、一定数の代表サンプルについて人工バリア及びその周辺に各種の計装を行い、諸特性の変化の方向を確認する。

④モニタリングを補完する性能評価の保証計画

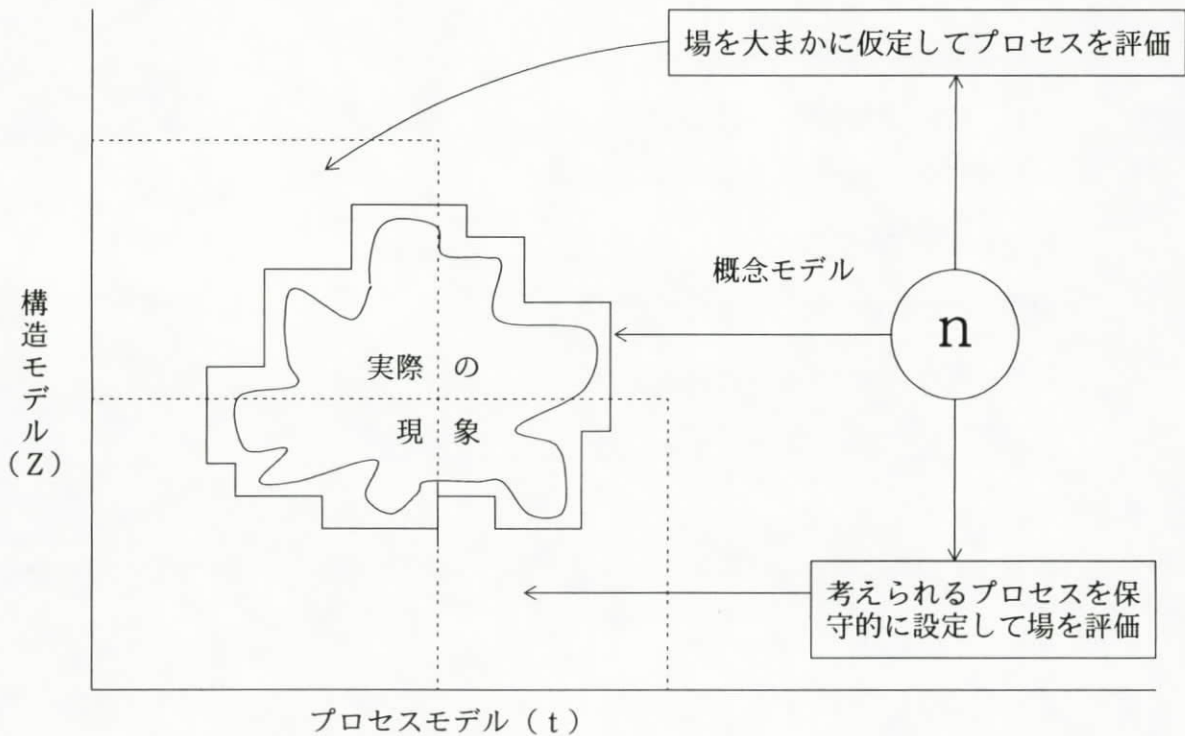
モニタリングの目的は、地層処分の性能評価による将来予測に信頼度を与えることであるが、一方、これらのモニタリングは、時空間的に限られるため、その結果からシステムの正常/異常を区分するには、極めて限定的な意味とならざるを得ない。そこで、このような確認は性能評価による予測によって補完される必要がある。その際、解析手法に基づいて予測したデータと、解析のレベルに対応する実験のデータや原位置試験及びN.A.のデータと比較し、予測手法の正しさを示すこと、すなわち、性能評価手法のValidation（確認）が重要となる。

4. モデルによる地層処分システムの性能評価とその確証計画の重要性

(1) モデル開発

① 概念モデル=構造モデル (場の条件を与えるモデル)

+ プロセスモデル (システムの変遷過程のモデル)



②モデル開発のステップ

- (i) 実験や観察によるシステムの解釈
- (ii) システムの構造と、そこで起こり得る現象
- (iii) 境界条件の付与
- (iv) 計算コード化
- (v) 計算コードのテストによる改良と修正
- (vi) 予測解析
- (vii) 予測と結果の比較
- (viii) ピアレビュー

(2) 確証試験の可能性

① 実験

初期条件，境界条件を確実に設定可能

但し，サイズの制限（数m以内），時間の制限（数年）

② 原位置試験

100m規模の試験可能

但し，時間と境界条件の設定に制限

③ ナチュラルアナログ

時間とサイズに類似性

但し，初期条件不明，境界条件解析必要

また，複合プロセスの解析は困難

5. まとめ

- ・ 処分場建設・操業段階におけるモニタリングによって，地層処分システムの仕様の確認が可能
- ・ システムの経時変化及びそれに伴う処分安全性の実証は，モニタリングのみに依ることは時空間的に不足，間接的なものとして地質環境の予測及び処分システムの性能予測の正当性を示すことによって可能
- ・ 予測手法は，実験－原位置試験－ナチュラルアナログの組み合わせにより確証可能
- ・ 確証により予測の信頼性が確認されれば，処分場閉鎖後のモニタリングは「念のため」的な意味となる。

地層処分におけるモニタリングについての各国の考え方

国（国際機関）	根 拠	項 目	内 容
アメリカ	「性能確認プログラム」 サブパートF 10 CFR 60	<p>操業中の放出物の管理</p> <p>放出物のモニタリング</p> <p>性能確認プログラムが含む範囲 性能確認プログラムの実施における 留意事項</p> <p>地質工学パラメータと設計パラメータ</p> <p>廃棄物容器のモニタリング</p>	<p>地表施設は、性能目標に合致するように、通常操業の期間中、放出物中の放射性物質の放出を管理するように設計しなければならない。</p> <p>放出が放出物管理の設計要件に適合しているかどうかを決定するために、十分な精度でもって、どんな放出物であっても、その中の放射性核種の量と濃度を測定するよう設計されなければならない。</p> <p>原位置でのモニタリング、実験室および野外での試験、原位置試験を含む。</p> <p>①天然バリア及び人工バリアの機能に悪い影響を与えないこと。</p> <p>②サイト特性調査、建設、操業により変化する可能性のある地質環境パラメータと天然のプロセスについてのベースラインとなる情報と解析を与えること。</p> <p>③処分場の性能に影響を与える可能性のあるパラメータの変化を元の状態からモニターし、解析すること。</p> <p>①地下の条件は設計の仮定と対照してモニターされ、評価されなければならない。</p> <p>②地下施設の熱的、力学的なモニタリングは、天然バリアと人工バリアの性能が設計の限度内にあることを保証するため、永久の閉鎖まで実施されなければならない。</p> <p>廃棄物容器の状態をモニタリングするためのプログラムが必要である。</p>
	「使用済燃料、高レベル廃棄物、TRU廃棄物の管理と処分のための環境放射線防護基準」 40 CFR 191	<p>処分の定義</p> <p>受動的な制度的管理の定義</p> <p>積極的な制度的管理の定義</p> <p>処分実施のための保証要件</p>	<p>廃棄物の回収可能性に関わりなく、取り出しの意図なく接近可能な環境から使用済燃料あるいは放射性廃棄物を永遠に隔離することをいう。例えば、坑道開削した地層処分場内の廃棄物の処分は、その処分場への全ての立坑が埋め戻され、密閉された時に生じる。</p> <p>処分サイトに置かれた永久の標識、公的記録と公文書、土地と資源利用に関しての政府の所有と規制、位置や設計、処分システムの内容についての知識を保存する他の方法のことをいう。</p> <p>①受動的な制度的管理以外のどのような手段によろうとも処分サイトへの接近を制限すること。</p> <p>②サイトで維持のための操業あるいは修復措置を行うこと。</p> <p>③サイトからの放出を管理すること、あるいは浄化を行うこと。</p> <p>④処分システム性能に係るパラメータのモニタリングを行うこと、をいう。</p> <p>①積極的な制度的管理は実際に行うことができる限りは、処分後なるべく長い期間維持されなければならない。ただし、性能評価は処分後100年以上の期間に対しては積極的な制度的管理に依拠したものであってはならない。</p> <p>②処分システムに対しては、期待性能からの偏りを検知するために処分後にモニタリングをしなければならない。このモニタリングは廃棄物の隔離を危うくしない技術でなされなければならない。また、何も重要なことが示されなくなるまでモニタリングを行わなければならない。</p> <p>③処分サイトは、最も永遠に存在する標識、記録と、廃棄物のその場所の危険性を示すその他の受動的な制度的管理によって示されなければならない。</p>
スイス	指針 R-21		<p>処分場は、いつであっても、数年以内に密閉することができる方法で設計されなければならない。最終処分場が数年以内に密閉された後は、安全手段と監視手段なしで済ますことが可能でなければならない。（処分場閉鎖後において、監視の手段に頼ることの禁止）</p>
スウェーデン	RD&D Programme 92		<p>①KBS-3のレビューにおいて国が設けた基準の一つは、処分場の長期安全性はモニタリングや監視に依存してはいけないということである。</p> <p>②モニタリングに代わるものとして、一般公衆に安心を与えるため、埋設実証（demonstration deposition）を計画している。フルスケールの5~10%の規模の使用済燃料を処分し、評価後最終処分に移行する。全工程に60年以上かかるとしている。</p>
カナダ			<p>①規制文書R-71のモニタリングに関連する表現として、「処分システムの有効性は、（a）閉鎖前の測定、（b）閉鎖後の取り出し、（c）閉鎖後の測定のために作られるかもしれないどのような規定によっても損なわれてはならない。」がある。</p> <p>②AECBの上記R-71表現に対する意見</p> <ul style="list-style-type: none"> 閉鎖後期間における処分場の性能は予測モデルに基づいて評価されると考えられる。そのため、入力データが処分場環境を代表するものであることを保証するために、閉鎖前の期間に測定することを要求されるであろう。 閉鎖後の廃棄物の回収可能性を含めるような設計要件はないであろうが、もし、そのような規定が含まれねばならない場合には、処分場の有効性を損なわない性質のものでなければならない。 十分な証拠によって、閉鎖後モニタリングの必要性なく処分場を放棄することができるという結論に十分な確信を持って達することができる時にのみ、閉鎖が許可されるであろう。閉鎖後モニタリングがそれにもかかわらず考慮されるのであれば、その方法は処分場の健全性が損なわれないようなものでなければならない。

国（国際機関）	根 拠	項 目	内 容
OECD/NEA	「放射性廃棄物の処分、関連原則についての概観」 NEA（1982）	廃棄物処分の目標 環境の保護 制度的管理の期間 回収可能性の位置づけ	人間の健康と環境を守り、社会的、経済的要因を考慮して、将来世代に対するいかなる負担も最小限とするような方法で廃棄物を取り扱うことを保証すること。 生態系にどのような影響が生じているのかを決定するために、また、生態系の長期的な安定性が乱されていないことを保証するために、注意深くモニタリングを行うことが必要であろう。 その長さは数百年よりも長くないことで合意が得られつつあるように思われる。この比較的短い期間に無害にならない廃棄物に関しては、制度的な管理に頼らない受動的な処分方法の開発が目標となる。 ①封じ込めを意図した施設の場合、回収可能性は施設の閉鎖後の段階に関しては必要条件ではない。 ②技術的理由以外の理由によって、回収を容易にする機構を含めることとなった場合、封じ込めシステムの健全性に影響を与えるものであってはならない。
ICRP	「放射性固体廃棄物処分に関する放射線防護の諸原則」 ICRP publication 46	公衆の防護のための操業期間中のモニタリングの一般目標 放射線核種の放出が大きくないか、全く起こらない場合 環境モニタリング実施上の要件 閉鎖後管理の期間と信頼性 閉鎖後の制度的管理の扱いとその理由 閉鎖後のモニタリングの形態 受動的な制度的管理の実施	①決定グループ及び決定集団の受ける可能性のある線量を評価すること。 ②認定限度及び法的要件に適合していることを証明すること。 線源のモニタリングは最小限にとどめ、浅層処分の場合には、予想放出率の確認と予期しない事象のチェックを目的として、表面流出水中及び最も近くにある帯水層の放射能レベルを測定することで十分であろう。 多数の調査孔を掘ることによって、将来における処分場の長期間の健全性、安全性を危うくすることのないようにしなければならない。 長期間にわたる廃棄物処分場の安全性が、十分な将来にとられる対策に依存できないものであることは一般に認められている。一般論として、管理は数十年間、あるいは百年間であっても信頼しうるものであるが、数百年後においては信頼性は低いものとなり、数千年後には全く無くなることになる。 処分場は、その安全性が閉鎖以降の長期間において制度的管理に依存しないよう設計、建設しなければならないという原則を支持するが、実際問題としては、モニタリングと管理が処分場閉鎖後のある期間は維持されるであろう。それは、主に特定の社会的、政策的要件を満たす必要性のためである。ただし、人工バリアと地質学的バリアの挙動に関連したいくつかのフィールドデータが役に立つ可能性はある。 閉鎖以降の一定期間にわたって、ある一定レベルのモニタリングが継続される可能性がある。それは操業期間中のモニタリングが引き続き行われるというものであろうが、徐々に縮小していくであろう。モニタリングの種類、実施時期、期間は処分の種類に依存する。この段階でのモニタリングには、サンプリングや分析のような積極的な測定を含む。 積極的なモニタリングの期間中や期間後においては、人間の浸入や干渉の可能性を減らす受動的な手段が採られるだろう。その手段としては、廃棄物の存在と特性についての情報の保管であり、敷地への標識や表示の設置もある。
IAEA	「高レベル廃棄物処分及びアルファ廃棄物処分に関する地層処分場の操業と閉鎖のためのガイドライン」 IAEA-TECDOC-630	放射線モニタリングの目的 放射線モニタリングの実施上の分類 性能確認プログラムの目的 性能確認プログラムで取得すべき情報 性能確認プログラムの継続期間 継続期間中に行う目的 性能確認プログラムでの考慮事項 回収可能性の考慮の条件 地表施設の解体の条件 閉鎖後の処分場の位置づけ	①作業者と公衆の放射線防護を確実にすること。 ②国家当局により定められた放出限度に適合することを実証すること。 ①通常の連続操業に関連した日常的なモニタリング ②特別の操業に適用される操業モニタリング ③異常事態に対応する特別のモニタリング 処分場閉鎖に十分な信頼性を与えるために必要となる情報を得ること。処分場システムの性能特性を確認すること。 温度、湿度、ガス・水の組成、力学的水理的情報 操業終了後で、かつ埋戻しや密閉を行う閉鎖段階までの期間（非常に短期間～数十年間）継続されるべきである。 処分場システムの長期性能予測の信頼性を増すこと。 それまでのモニタリング情報、信頼性のレベル、モニタリングの実施に必要な地下へのアクセスの程度、地下空洞の埋戻しの程度、換気の程度、プログラム自体の隔離性能への潜在的影響 性能確認プログラムの結果が期待した性能を示しえない場合 サイト状態が国家当局の基準に合うよう回復した場合 処分場の存在が将来の地表部の利用に重大な制限となるものであってはならない。

高レベル固化体の問題についての一考察

坪 谷 隆 夫

1. はじめに

地層処分研究会「高レベル放射性廃棄物の処分」(1993年 3月)における義村論文には、国内の若干の学者によって指摘されている廃棄物ガラスの技術的問題点が紹介されている。

ここでは、このような指摘について検討するとともに、地層処分システムの安全性の観点から、その指摘に関連した廃棄物ガラスの性質について考察を試みた。

2. 指摘の内容

①熱や放射線作用で再結晶作用が進み、細かな割れ目ができ、ガラスの表面積が増すために、ガラス中の放射能は、水に対して溶けだし易くなる(八木健三氏、高木仁三郎氏、樋田敦氏)。

②ガラスは高圧の熱水に溶ける(樋田敦氏)。

③ α 放射体の崩壊で発生するヘリウムガスがガラス内部に蓄積し粉々になる(樋田敦氏)。

④核種が非結晶のガラス中に存在し、結晶構造中に取り込まれるシンロック法に比べて不安定(八木健三氏)。

⑤ α 放射体を添加して加速試験を実施しても、ガラスの放射線照射の長期特性変化について科学的に立証したことにはならない(高木仁三郎氏)。

3. 廃棄物ガラスの性質

3. 1 結晶化作用

廃棄物ガラスの対象として選定したホウケイ酸ガラスが結晶になり始める、即ち非晶質であるガラス中に結晶が析出します、いわゆる転移温度は約500℃である。PNL(米)等では、ガラスの温度の違いで結晶がどのような時間で現れるか、ガラス中に結晶が5%観察される時点を目安に研究している(1)。その結果は、約500℃以下でも、約900℃以上でもおよそ1年にわたって結晶化は進展せず、一方、700~800℃の範囲では、速やかに結晶化が起こることを示しており、結晶化については、次の2つの結論が得られている。①ガラスは、約1200℃でガラスを製造した直後の寒冷化段階で結晶生長の温度ゾーンを通過するので、結晶化は、この段階で起こり得る。②ガラスが高熱を出し続け、かつ、断熱的な環境で保管や処分が行われない限り、この段階で結晶化が起こることはない。

結晶化現象がみられた550℃における研究でも、水への溶け出し難さ等の変化は見られない。しかし、現在のガラス固化体製造技術は、約1200℃でガラスを製造したのち短時間で転移温度以下に冷却し、また、その後も転移温度以下に保つことで、冷却のための保管期間中も特性の変化をできるだけ防いでいる。

深地層に埋設されたガラスの温度は、時間と共に低減するガラスの崩壊熱及び当該深地層の地温及びガラス及び周辺地層を含むニアフィールドの熱伝導によって決まるが、ニアフィールドの温度は、ガラス固化体の埋設密度を適切に調整することによりガラス固化体を含むニアフィールドの構成物質の変質を防止することが可能であると考えられている。動燃の研究例(2)では、結晶質岩で深度1000m(地温としておよそ45℃)の環境下において、ガラス固化体の中心温度は、最も高い埋設後10-50年の間で約150℃以下であり、100年後で65-75℃に低下するので、このような環境においては、ガラスは非晶質から結晶質に変質する事はないと考えられる。ちなみに、緩衝材(ベントナイト)は約100℃以下であれば十分に安定である。

ガラス固化体の熱発生が、固化体の内部に閉じ込められている、おもに、寿命の短い β 核種に起因するのに対し、結晶化を含む固化体の放射線による影響は、固化体内部の α 線を放出する核種(α 核種)について考えれば良い。放射線の持つエネルギーを吸収して、ガラスは、エネルギーを蓄積していく。蓄積されたエネルギーが一度に急激に放出されると、固化体温度の上昇、及び結晶化や割れ目の発生をもたらすがるが、エネルギーの放出は緩慢で、このような現象をもたらす突然の放出は観察されていない(1)。

ガラス固化体には、再処理で取り残したプルトニウムのほか、アメリシウムやキュリウム等が含まれ、それらの核種から α 線が放出されている。しかし、後述する方法で α 核種をさらに人工的に添加して加速試験が行われているが、ガラスの結晶化現象はX線解析や電子顕微鏡によっても観察されていない(1)。

3. 2 廃棄物ガラスの水への溶けだし

地層処分において予期されている、極めて低く制限された地下水供給の環境で、かつ、長い期間の時間を考える系では、ガラス固化体に含まれるガラス成分の水への溶けだしの現象(溶解という用語概念からかけ離れた現象か)では、それらの成分のとけだす速さよりも、固化体周辺の水分への溶解の限度(飽和)が注目される。

セシウム等の可溶性元素は、ガラスの主成分であるシリカ(SiO_2)とともに水に溶出する。一方、ガラスからの超ウラン元素の溶けだし方は、地下水が、弱アルカリ性で還元性という性質では、難溶性物質としての特性を示し、ガラス表面に酸化物(例えば、 PuO_2)や水酸化物の固相を形成して独自の溶解限度に支配される。

このような系では、ガラスの質量減少は、人工バリア材である圧縮ベントナイトへのシリカの拡散や新たに生成した固相の溶解限度によって規制される。

また、地層処分においては、廃棄物が埋設される周辺の地温や地下水の温度は、50℃程度以下とかがえられる。「高圧の熱水」とは何をさすのか不明だが、地層処分の概念は、安定な地層を選ぶことにより成立するものであり、人工バリアシステムに重大な性能変化を起こすような環境は除外されていくものとする。

3. 3ヘリウムの生成

超ウラン元素の崩壊にともない発生する α 粒子からヘリウムは生成する。各々の α 崩壊で1個のヘリウム原子核が生成する。ヘリウムの原子核は、2個の電子を捕獲してヘリウム原子になる。後述するように、高燃焼度燃料のガラス固化体では、10,000年経過後の α 粒子の発生累積量（線量）は、およそ 5×10^{24} 個/ m^3 （ガラス）と見積もられるので、それと同等のヘリウム原子が生成する。

生成したヘリウムのガラスの中の振る舞いは、ガラスへの溶け易さや拡散に基づく。400℃での溶解度は、およそ 10^{22} 個/ m^3 （ガラス）との結果が得られているので、ヘリウムは、ガラスにはほとんど溶解しないと考えられる（3）。

一方、拡散については、ガラスの温度と拡散係数との間に熱力学的な関係が成立しており、様々な条件においてヘリウムの振る舞いを試算できる（3）。

例えば、室温付近においては、ガラス中のヘリウムの移動は、10,000年を経ても数cm以下と見積もられ、生成したヘリウムのその間に生成したほとんど全てのヘリウムはガラスの中に留まるものと推測されるが、さらに長年月を経れば、いずれはガラスから抜け出ていくものと考えられる。また、はじめの数百年間は、ヘリウムによるキャニスターの圧力上昇は顕著ではないとの結果がある（1及び3）。なお、ヘリウムの生成によって、割れ目が成長するような研究例は見いだされない。

3. 4加速試験

加速試験は、ガラス固化体の長期安定性を研究する際の特異な手法でなく、一般に工業材料の耐久性試験に採用されている。ガラスの放射線影響は、さきに述べたように、主として、ガラスに閉じ込められている α 線を放出する核種によるので、最も近似した加速試験としては、比較的寿命の短い（崩壊速度が速い） α 核種を人工的に添加した固化体を用いる。

このような方法で固化体の放射線による影響を研究する方法は、実験可能な現実的な時間内で、実際の固化体では極めて長時間を要する現象と同等の放射線照射を与える好ましい手法として、専門家のコンセンサスがある（3）。

例えば、高燃焼度燃料から製造されるガラス固化体において、 α 線の累積量（線量）は、100年オーダーでおよそ 10^{24} 個/ m^3 （ガラス）程度、10,000年の経過で、およそ 5×10^{24} 個/ m^3 （ガラス）であるが、加速試験では1～数年で同様の累積量を得ることができる。

α 核種添加による加速試験法は、国際標準機構（ISO）およびMCC（米）で規格化されている。

3. 5ナチュラル・アナログ研究からの代表的知見

ナチュラル・アナログ研究は、ガラスの長期安定性を研究する有力な手法としても多くの成果をもたらしている。火山起源の天然ガラスである玄武岩ガラスはシリカの含有率が廃棄物ガラスと概ね一致する。そのため、しばしば玄武岩ガラスは、廃棄物ガラスのナチュラル・アナログ研究の対象となる。さきに示した、ガラスについての疑問に関係すると考えられる研究例を紹介しておく（4）。

①玄武岩ガラスの結晶化は、およそ1000万年オーダーを要する現象である。したがって、ガラスの結晶化現象は、処分で考慮すべき時間枠の中では、ガラスの性質に影響を及ぼす問題とはならないのではないかと考えられる。

②地下水が、ガラスの接触する場合、ガラスに供給される地下水が少量の場合には、ガラスの腐食（水和）は著しく低減する。

③また、地下水の流速が低い場合には、ガラスのまわりに水和層が生成する。水和層は地下水とガラスの反応を防ぐ役割を果たす。

④水和の結果、ガラスは高い吸着性を有するゼオライトのような二次鉱物を生成する。

4. おわりに

高レベル廃液に含まれる放射性物質を地層処分に耐える、化学的にも物理的にも安定な形態とするガラス化の技術は1970年代から80年代において膨大な研究が集中して行われた。これらの研究では、地層処分システムの構成要素としてのガラスを否定するような研究結果は見つかっていない。

この小編では国内の一部の学者が一般的な知識に基づいて抱いているガラスについての疑問を、地層処分システムの一つとしてのガラス固化体に期待する性質の観点から考察を試みたものである。

耐久性が期待される材料では、その材料の性能を知るために加速試験が重要である。従って、加速試験が適切であるか否かは、信頼性を語る上で基本の問題である。ガラス固化体の場合には、加速試験は、ガラスに含まれる放射性核種に基づく放射線影響の現象を科学的に近似・模擬した方法によって進められている。上述した α 核種添加による加速試験は、その分野の学術専門家の支持が得られている近似方法であり、それを否定する根拠に乏しい。

科学技術は、時代の変遷と共に高度化・合理化されるものであるが、ガラス固化体について、筆者は次のような考えを有するものであることを最後に述べておきたい。

優れた固化体とは、処分環境において高い耐浸出性を有すること、固化体の中により高含有率で廃棄物を含有できること、製造過程において、工業的に安全性が高く、高レベル廃液の組成変動にもかかわらず品質管理が容易であること、及び、極めて重要な点として、地層処分の性能評価が容易であること等が条件となる。このいずれか一つ、例えば、固化体の耐浸出性にのみ注目しても、他の点が満足されなければ、工業技術としての固化体とはなり得ない。

5. 参考資料

1. IAEA, CHEMICAL DURABILITY AND RELATED PROPERTIES OF SOLIDIFIED HIGH-LEVEL WASTE FORMS, TECHNICAL REREPORT SERIES NO. 257, IAEA, VIENNA(1985).
2. 動燃公開資料「高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書－平成3年度－」PNC TN 1410 92-081(1992).
3. LUTZE, W AND EWING, R. C., Eds, RADIOACTIVE WASTE FORMS FOR THE FUTURE, NORTH-HOLLAND AMSTERDAM(1988).

4. CHAPMAN, N. A AND MCKINLEY, I. G, THE GEOLOGICAL DISPOSAL OF NUCLEAR WASTE, JOHN WILEY & SONS CHICHESTER(1987).

放射性廃棄物処分についての社会的合意について(1)

天 沼 涼

放射線の被ばくの影響に関し、特にそれが微量の場合については、まだ十分な説明ができていないところから、産業廃棄物や有害廃棄物にもまして、放射性廃棄物の処分に関しては社会的受容が困難であることは世界各国において見られる通りである。特にHLWの処分(地層処分)については問題が多く、わが国ではまだ特定の地層や岩体を選んで研究・開発を行なういわゆるサイトスペシフィックアプローチも行なうことができない状態であり、この点では原子力大国としては英国と似た点があるように思われる。

海外の廃棄物先進諸国では、いずれも未だ処分場サイトの選定を行なった国はないが、かなりの国で研究・開発のために特定のサイトあるいは岩種を選び、そこに実在する地層、岩体を深く掘削したり、URL(地下研究施設)を設けて種々の原位置試験を遂行中であることは周知の通りである。(但しURLサイトは将来の処分サイトとは区別している場合が多い)

しかし、これらの国においても放射性廃棄物の地下処分について、研究・開発段階を含め社会的合意を得るために、夫々の国状、歴史あるいは民族性に合った対策に腐心しているが、公表された資料からみると、かなりの成果を挙げているように思われる国もある。公衆の考え方、国民性、社会的風土、政策決定プロセス等の異なる国での社会的合意に向けての方式がわが国でどこまで有効であるかは疑問があるが、少なくともその経験は大いに参考になると思われる。以下に廃棄物処分問題についての公衆の理解と合意に、以前に比べてかなりの進展がみられたとするスイスについて若干の資料からパブリック・アクセプタンスについての考え方やその経験をとりとまとめ吾人の参考としたいと考えた。

1. スイスの原子力及び放射性廃棄物事情のあらまし

スイスには現在5基の原子力発電所があり、その発電設備容量は凡そ300万kwで、総電力量の40%近くを供給している。1970年代中頃に原子力エネルギーは公衆の議論の的になったが、原子炉の安全性の他に、放射性廃棄物の処分もよく論争の議題となった。原

原子力エネルギーの利用を続けるかについての法的規制に関し、過去15年の間に4回もの国民投票が行なわれた。スイスは伝統的に直接民主制を採用しているが、この制度は地方（市、町、村）カントン（州または県）及び国（連邦）の各レベルでの法律制定に大きな影響を与えている。これにより重要な政策の決定は国民投票によることが多い。

1990年には新らしい原子力発電プラントの建設について10年間のモラトリアムが提起されたが、公衆は原子力エネルギー生産をやめることに反対投票をしたのである。

スイスでは、最も早くて2020年にHLWと使用済燃料の深地層処分を目指してNagraが過去15年以上広範なサイト特性調査計画を遂行してきた。HLW処分サイトを確保する目的で、北部スイスで行なわれた地域研究では700kmに及ぶSeismic Lineと3つの州にまたがる計7つの地域社会で7本の深い試錐坑が掘削された。URLは1984年からGrimselで操業されているが、LLW及びILW用の処分場は最初は100ヵ所の可能性あるサイトの中から20ヵ所が選ばれ、現在はこれらの中の4ヵ所で地質調査や研究の為の試錐が行なわれている。サイトの1つでは地主の反対があり、土地収用法によった。初めの頃は地域と地方の住民の若干の人々からの強い反対があったが、当局や地域住民の理解が進み最近（1992-93にかけて）漸く研究が行なわれるようになったという。しかし許認可手続き期間中の反対で、場合によっては数年遅れることもある。連邦議会はこのために関係法令の改訂を考慮している。

（以上のスイスの現状はNagra理事長のIssler氏の最近のリポート¹⁾その他による）

2. Nagraにおける情報伝達、意志疎通の考え方

Nagraでは、放射性廃棄物管理のために、研究、技術開発のほか、関心あるいは利害関係を持った公衆や、地方及び連邦の政治家とか役人との間で、突込んだ情報伝達、意志の疎通と意見交換が必須なことを痛感し、その経験から大きい問題が2つあることが判った。即ち

- 1) 廃棄物処分についての科学的・技術的構想は社会的受容性を改善するために変更すべきか？社会的受容問題の重要さをどのように考えたらよいか、技術者や科学者は公衆の要求ないし懸念（これはCanadaでSocial Criteriaと称しているもの）に従って計画を変更すべきか？変更するとすればその程度は？

この問題が明らかになると次に、

2) 公衆との意志の疎通、意見交換や情報伝達を最も効率よく行なうにはどうしたらよいか？

そして、この2つの重要な問題を考えるために、廃棄物管理についての社会的受容計画において、倫理の基準 (Code of Ethics) を明確にしておく必要があるという結論になったが、それは次に示すようなルールをいう。

3. 倫理の基準

廃棄物は放射性の有無に拘らずその管理は極めて長期にわたる間、その処分による人間や環境への有意なよくない影響を生じないようにすることが必須の要求である。科学、技術の側からいえば、その必須要件に応えるため、科学的周到性が社会的受容の理由によって妥協が行なわれる危険のない場合にのみ高度の専門的基準 (Standard) は実現される。政治家やマスメディアから短期的に賞賛を受けるために、処分の考え方を不合理に妥協させたり、不適切に変更したりすれば非常な長期の後にも自然の法則は確実に残り、あとで報いを受けることになる。

このために、廃棄物管理計画についての社会的受容活動には、倫理の基準を組み入れることが必要である。この倫理の基準は次に示すルールから成ると考えている。

ルール1. 廃棄物管理の過程では、最終処分その他の段階の安全性が最も優先される。

公衆の意見に譲歩することは、もしそれが安全性の要求に妥協するようなら絶対に行なうべきではない。

スイスでは原子力に反対の人々は、放射性廃棄物の処分は現状では最後まで管理できないために安全ではないと考え、信用していない。そこで公衆は「最後まで管理できる処分、つまり「再取出が可能」処分を求めることになる。しかし、ここが重要なポイントであるが、このような公衆の意見に関係なく、一旦処分した廃棄物をあとで再取出するという特別な設備は長期安全性の目標から外れることになるので、スイスの計画では「再取出し」は考慮されていない。即ち公衆の意見、希望にも拘らず長期安全性と両立し難い再取出しは、処分施設としては考えないとしている。但し、取出すことは費用は高くつくとしてもやろうと思えば技術的には可能である。

ルール 2. 社会の現在の価値観は重視されなければならない。公衆は必要な情報を受取らなければならないが、「我々はもっとよく知っているのだ」という立場から「社会に幸福を押しつけ」てはならない。しかし政策的決定によって得られる全ての可能な影響を公衆に知らせるべきであり、また取返しのつかないマイナスの影響を生ずるような決定をしないようにしなければならない。

原子力の利用促進（あるいは利用反対）に対する論争は、廃棄物管理する側の人々の仕事ではない。原子力や再処理等についての賛否の決定等は政治力に委せておくべきである。同様に処分場実現計画が政治的に遅れることや、予算の増加等についての責任は政治家が負うべきである。しかし公衆はこれらの事情について明快に知らされなければならない。

ルール 3. 公衆は正確に、隠す所なく情報を知らされなければならない。そのために例ひ反対の立場の人々によって危険性が強調される恐れのあるような場合でも、安全性に関する問題は簡略化しすぎたり、調子をおとしたりすることは避けなければならない。

しかし、我々は「押ボタン」社会に生きていることを認識しなければならない。放射能とか、廃棄物管理の背後にある技術的概念を充分理解する段階まで一般公衆あるいは若干のオピニオンリーダーの人々を教育することはできないのであって、公衆への情報の伝達方式にはこの点を考慮しなければならない。

ルール 4. 安全性の観点からは、全く同じ 2 つの技術的評価が可能な場合は、社会的受容の面から、より好ましい方を採用するのが良い。もし社会が費用の余計にかかる方式の方を望み（そのためにコスト高になるのをいとわない）ならば、それは社会の選択である。

スイスにおける LLW の処分としては、浅層処分は予定されておらず、やや深い場所に掘った空洞への処分を考えているが、これはルール 4) に基く行動原理の一例といえる。スイスはどこでも人口稠密であるし、連邦の法律では処分の安全性は処分場の管理 (Supervision) に依存してはならないことが明示されているので、コストは遙かに高価につくけれども社会的受容面を考慮して空洞 (mined cavern) 中への地層処分が選ばれ

た。これは処分安全性の必要要件を充し、かつ社会的受容を確実化するベストの方式として採用された。（英国にも同様の考えがある。筆者）

以上に示した倫理の基準としての4つのルールは、情報専門の人々と科学者達の関心事をバランスさせるのに有用であることが分った。これらのルールによって効率のよい広報活動を十分な余裕をもって行ない、また技術者が専門的に倫理的なやり方で行動することができるようになる。

4. スイスにおける廃棄物問題についての公衆の認識

1989年にスイスで行なわれた社会心理学的研究において、公衆が廃棄物をどのように認識しているかが明らかになったが、その結果は技術の専門家達の予想とは大分違っていた。

一般に公衆は廃棄物の管理は重要ではあるが、まだ問題は解決されていないと考えており、「将来の技術」（例えば放射性核種の破壊とか宇宙処分等）で解決されるだろうと期待している。街の人々は電力を消費するが、それによって彼自身が放射性廃棄物をつくっているとは考えず、また廃棄物管理についての責任も感じていない。平素は問題は抑えられており、その問題に気付くのはNagraの野外調査サイトとしてある特定の地域が選定された場合のような直接対決の折である。

また処分場への埋設は「最終」の処分ではなく、将来開発されるであろう技術が問題を解決する迄の間、そこへ貯蔵しておくことと解釈している。従ってその時が来たら再取出しできるようにしておくことを要求するのである。

社会心理の研究での今一つの驚くべき結果は、安全性の見地からいえば、自然界は殆んど信頼されていないということである。自然は不安定で、信頼できず、それよりも人間のつくる機構やシステムの方がもっと信頼できると公衆は考えている。土地、岩石は国や教会より遙かに長くもつという論は殆んど問題にされない。従って、前述のように公衆の目からはさらに進んだ技術によってのみ解決できるという最終処分に対し、地層への処分の概念についてそれが最終処分の一つであるという心理学的理解は殆んど無い。我々、原子力の便益を享受している世代が放射性廃棄物の問題を明確に解決し、子孫にそのツケを残すべきではないというよく云われている倫理的責務は、意外なことだが弱

い意見にすぎない。

さらに殆どの場合、直観に反して公衆は安全性のより少いと思われる解決策を往々よりよい答と見做す。スイスでは、例えば地質学的には若く現在も造山運動を続けているアルプス地域の方が、3億5,000万年も前の古い堆積岩で覆われている結晶質基盤岩の平野部よりも、さらに安全性が高いと考えたり、また本質的な安全性に拘らず、深海へのLLWの処分は不安全で非道徳的と考える。さらに有毒な重金属廃棄物には半減期がないにも拘らず、短寿命のLLWよりも長い間有害性が続くとは考えない等のことが分ったという。

結局、放射性廃棄物の処分問題はまだ未解決で、将来解決できるであろうことは公衆にとって明らかであって、現在の解決策としての地層処分は隠された危険性を無視していると考えている。このような点からNagraの誇るProject Gewähr報告書も一般公衆に与えた効果は、期待したよりも遙かに弱かった。この報告書は国際的にも高く評価され、安全当局も満足し、連邦政府は安全な地層処分は可能であり、それに基づいて現在稼働中の原子力発電プラントの運転を続けることを認めたのであったが、この計画書は実際の解決策を示したものの、その解決策の実際のやり方が分り易くなかったからであろうと思われる。

一方処分場ではないが、グリムゼル岩盤研究所のようなURL（地下研究施設）では、処分場と似た環境で種々の研究が進められ、安全性についての多くのデータが集められつつあることを公衆が目あたり見ることができ、正に「百聞は一見に若かず」であって、公衆の集団的潜在意識にとって非常に重要であるし、効果も大きい。

スイスでのNagraの人々の経験と「正規の意見投票」の結果、次の事実と観点が重要なポイントとして明らかになった。

- ・くり返しになるが、公衆の大部分は放射性廃棄物を含め、廃棄物処分は未解決であると理解している。数多くの人々は処分問題の解決を急がなければならないと考えている。
- ・放射線ひばくは危険という以外の適切な情報がないために、放射性廃棄物の問題は心配の種となる。

- ・処分の考え方はごく大まかに理解されているだけで、処分場の安全性は人口のたった半分位が受入れているだけである。
- ・適切な処分サイトを研究するための試錐を大ていの人々は賛成するが、殆んどの人々は処分場が自分の住む近くに決まるのではないかと懸念している。(NIMBY症候群)
- ・放射性廃棄物やNagraについての情報は殆んどがマスメディアの扇情的報告から得られているのが現状である。
- ・Nagraとその研究の本質について、基本的にまちがった考え方がある。その研究方法と目的は殆んど理解されていない。(Nagraは危険な廃棄物を埋設するために孔を掘っているとされている)
- ・それにも拘らず人々は、マスメディアのフィルタを通さず、Nagraから直接情報を得たいと思っている。
- ・一般的に、女性と若い人達とは、廃棄物の処分に対し、より否定的である。

公衆の放射性廃棄物に対する態度は一定していない。チェルノブイルのような外的影響は放射能の危険性についての公衆の評価に長く続くマイナスの影響があったが、一方ほかの国々で処分施設が稼働したというニュースはスイスでの処分の可能性にプラスの効果があるという工合である。特定サイトの研究及び処分場の安全性の社会的受容が最近進捗したということは意見投票で明確に示された。

以上は国家レベルでの社会受容の様相であるが、これとは別に地方(市、町、村)の人々及び地域の人々の態度、考え方もサイト研究及び選定に関連して重要である。常に聞かれる質問は、どうして此處でなければならないのか、も少し他所ではだめなのか? という点である。公衆は特にサイト選定の論議・解析では批判的になり勝ちである。また環境(特に処分施設の建設中及び施設への廃棄物の輸送の安全性)の影響についての質問も出される。さらにまたその地域に処分場がつくられた時に、どれ位の利益があるのか(資本投資、職場、地域経済性)等に関心が大きい。

このように、処分場が必要なことは分るが、自分達の地域ではお断りという、いわゆるNIMBY(Not In My Back Yard)現象は、まず放射性廃棄物の処分施設に伴って生

じたのであるが、スイスでは少くとも、この「繁栄エゴイズムの状況」は、この他にも産業廃棄物の処理、処分、道路、鉄道、病院、老人ホーム、難民収容所等の基盤的施設の建設のような社会生活の色々な方面に入りこみ、蔓延しつつある。我々が幸福な生活を営むための科学的・技術的文化はこのような共通の基盤的施設を必要とし、どこかに建設されなければならないことは人々もよく知ってはいるが、誰もが自分の隣接地に受け入れようとはせず、誰もその問題を如何に解決すべきかを忘れていているように見える。幸いスイスでは、上記のように少しづつ放射性廃棄物処分の問題についての社会的合意がすすみつつある。

5. コミュニケーションの実践

スイスのような人口の多い国では、利用できる土地は限られ、その使用は著しく制限されるので、問題の施設が社会的受容性を広く欠いているような場合には、利害関係が対立し勝ちであり、その解決は地方、地域及び国の関心の度合、法律上の制限及び許認可の手続き等を注意深くバランスさせることによってのみ可能である。

放射性廃棄物管理の分野では、このような法規の制約の影響は、サイト研究の許認可の段階で明らかになる。どの調査用掘削孔についてもNagraは連邦政府の許可、関係地域社会及び州の許可と、その研究によって影響を受ける土地所有者の同意を必要とする。必要なライセンスを全部得るには2～8年を要すると思われるが、許可を受けるために必要な時間は地域住民の受け入れの度合による。受容の度合が低ければ低い程、個々の住民や団体は、最後の段階まで遅延の原因となるあらゆる法律的手段を利用しようとする。

このような状況の下でNagraは政治家や役人達に、その地域の公衆、特に土地所有者達に対してと同様な集中的なコミュニケーションを猛烈に行なった。この努力によって政治的に好ましくない傾向と、法律的問題があったにも拘らず、過去10年間に前述のようにHLWの処分の為のサイト研究の一部としてスイス北部に7ヵ所のボーリング孔を掘り、またLLW処分物として可能性のある4サイトでの研究を進めることができた。この期間、スイスではさきに記した倫理の基準をどのように実践すべきかを学び、また公衆のこの問題についての認識がよく了解できた。その主な経験を纏めると、若干これまで述べてきた所と重複するが、次のようである。

- ・主要目標は信頼を得ることである。原子力や廃棄物に関し適正な基礎的レベル以上に公衆を「教育」したり、技術的な知識を高めようとするのではなく、自分達の行動や研究についての情報や、成功した点、あるいは思い違いの点等を全て公開・公表することで、我々が信頼に値するものであることや、安全についても慎重に考慮しているものであるということを納得して貰えるように努力した。
- ・公衆の懸念を決して軽視しないこと。公衆が懸念していることは真実であり、それを理解しなければならない。公衆の懸念については正しい情報を知らされる場合にのみ克服できるが、それには時間がかかる。また知らすべき情報は信頼できる拠り所から出たものでなければならない。
- ・一回だけでは不十分で、続けて、繰返し行なうことが必要である。公衆は他にも関心のある問題を持っており、廃棄物は関心があるというよりも寧ろ困難な問題の一つに過ぎない。云われてするのではなく、先に行なうべきである。
- ・地域における行動に集中することが大切である。地域の人々とよい関係を保つ必要のあることは既に強調した。国民全体にも勿論情報は知らされなければならないが、多くの人々は実はそれ程関心を持っていないことを忘れてはならない。情報に大きい関心を持ち、それを求めるのは地域住民であり、成否は地域の人々の動向にかかっている。

従って我々は地域当局、有識者及び関心を持つ市民達とよい関係を樹てるべきである。地域の諸問題－既存の問題や我々の研究に関して生じた問題を解決するために努力しなければならない。例えばボーリングを行なうために必要な道路とか、下水等の基盤施設は地域社会の関心の深い施設なのであるから、その実現に努力することはボーリング実現の為の援けとなる。

- ・地域の人々に、彼等が孤立しているのではないことを示せ。その地域の人々が他のサイトの当局と接触したり、色々な経験を交換できるような手助けが必要である。地域の人々は我々に不信感を抱き勝ちである。もし他のサイトでうまく進行しているようであれば、新しい地域社会が我々を信用するようになる良い参考となろう。

- ・ これまでに行なわれた研究や開発の例を公衆に示すこと。掘削中のボーリング・サイトや、グリムゼル峠の地下研究施設、あるいは外国の処分施設（主としてフランス、スウェーデン、フィンランドのLLW処分施設）を公衆にみて貰うようにしたが、非常に有効であった。
- ・ 特定個人への接触と情報提供。我々の経験から地方当局は特に良好な関係を持つことができる1人か2人の人達との接触を好むものである。このような特定の個人は決定のために必要な法的権限を持つために技術面も精しく、然も管理者階層に属する人が望ましい。同様に国民全般のマスメディアにおいては、1人か2人の責任を持つ人の存在は、個性のない新聞発表や報告よりももっと大切である。
- ・ 廃棄物管理業務に焦点を絞ること。Nagraの仕事はスイスを放射性廃棄物の汚染から守ることであり、これは将来原子力利用をやめることが社会的に決定されたような場合でも完遂されなければならないので、我々はこの仕事にのみ熱中すべきである。

以上の行動原理は、仕事上の信頼性を求めることになり、研究を進め易くする。往々我々をいらいらさせる法規上の諸手続きは、スイス型の複数の直接民主制（計画決定過程へ市民が参加する制度）の下では、仕払わねばならない代償であることを認識しなくてはならない。

6. 今後の展望

社会的合意をうるための研究は、Nagraの研究計画の明確にして避けることのできない局面である。放射性廃棄物の処分のような難しい技術的問題によってさらに複雑になる政策的に敏感な分野での活動では、今後色々な研究の成果と、それらに基いて提案される解決策を、透明で理解し易いようなやり方で公衆に公表し、研究結果を信頼されるようにすることが、我々の責任である。放射性廃棄物の処分は、原子力の利用を続けることとは別の、重要な環境保護の仕事であるという事は、公衆から広く支援を得るであろう。スイスでは政治家も公衆も一般に繁栄社会のエゴイズムの傾向と、その結果、国民全体の連帯責任の欠如に気づいているが、そのため道路、鉄道、リハビリセンター等の国のプロジェクトとしての連携が妨げられている。我々の提案した放射性廃棄物処分についての技術的な解決法を実施できるようにするには、政治的な意図と社会の確信を益

々信頼すべきである。

(以上は参考文献 1 及び 2 について大要を訳しつつ、適宜配列を変えて纏めた)

7. スイスと日本の状況 - 社会的受容についての筆者のまとめ

最近のスイスの放射性廃棄物処分の社会的受容の動向及び研究成果や経験を述べた 1 と 2 論文は、著者の一人が共通している点もあって、やや重複する所もあるが、日本におけるこの方面の問題に関心を寄せている筆者には、我々の一步先きをゆくもの(地層処分の技術開発面でも、パブリック・アクセプタンスの面でも)として、ここに書かれた内容は非常に興味深く、参考になる点が少くなかった。社会学、心理学、倫理学等の社会科学、人文科学方面の素人である筆者が、関心ある公衆の一人としてこれらの記述から感じたところを一応纏めとして述べたい。

1) 新聞の投書欄から(社会的受容のむつかしさ)

最近、産業廃棄物、特にその処分についての問題が新聞紙面に続々あらわれる。ざっと数えても昨年10~12月の3ヵ月間で一紙だけで20回以上の記事がみられた。全体でみれば恐らく毎日掲載されていることであろう。放射性廃棄物の問題も勿論その中に含まれるが、これは事故とか、汚染の発見とかの場合に集中的に現れることが多く、昨年10月にはロシアの放射性廃棄物の日本海処分問題に関する記事が多かったのはその1例である。

投書については、新聞の取上げ方針により左右されるから、掲載投書数だけでは判明し難いが、産業廃棄物よりも放射性廃棄物に関するものが多く掲載されているように思われる。それも昨年秋のソ連の海洋処分に関するものが非常に多かったのは当然といえよう。年齢層も老若巾広く、いわば国民全体の関心事となったことが察せられる。職業としても学生、主婦、牧師、教員等広く社会全般にまたがっているが、殆んどがいわゆる一般公衆で、専門家に属する人の殆んどみられなかった。

ロシアの海洋処分については、上述のように数多の投書が掲載され、筆者の見た限りでは全てが非難、抗議であり、また国内の原子力施設からの廃液の海中放出に言及したものもみられた。これはこの頃の新聞やTVの報道に対応するもので、紙面にあらわれた記事等からの公衆の反応としては寧ろ当然であったと思われる。筆者もLL

WやL L L W等に関して何も知らない状態であったら、やはり公衆の一員として投書にみられたのと同様の考え方を持ったであろう。今回のロシアの海洋処分のやり方は勿論非難されるべきであったが、L L Wの海洋処分の安全性に関しては、本質的論議が見られず、処分した放射能の挙動の追求よりも、どちらかといえば感情論に終始した感があり、原子力委員会、科学技術庁までが「全面禁止」を打出したことを残念に思っている。新聞投書の一部にもみられたように、L L W固化体の太平洋域への処分は安全性に問題はないとしてわが国が計画し、10年程前に太平洋の諸島の国々にその説明を行ない了承を求めたことがあり、その後も国際的に了解されたら実施する予定であったことはよく知られている。国際世論の重要性は当然であるが、原子力安全委員会が1979年に認めたわが国のL L Wの海洋処分に関する安全性は、まだ取消されたようには聞いていない。もし更らに多くのデータを集積することが望ましいのであれば、現在のように国際世論の動向により禁止されている期間を、もっと科学的、技術的に研究、検討をすすめ、安全性を再評価するために活用すべきではないのだろうか。本報告書は本来「地層処分」に関するものであるから、L L Wの海洋処分に関しては、ここまでの論に止めることにするが、海洋処分の安全性の議論は社会へのコミュニケーションの立場、社会的受容の面からみれば、今、性急に考えることは止めなければならないが、科学的、技術的追求めは長期に今後も継続すべきであって、一時期の感情や風潮に乗ってはならないと考える。

海洋処分問題に長くかかずらわって了ったが、筆者がここで触れたかったのは、ここに示したコピーに見られるような原子力関係の専門家と思われる人士による極めて短絡的な思慮を欠く意見が時折り投書として紙面に載ることである。筆者はこれを見た時、余りにもその単純な表現に愕然としたが、廃棄物問題に関係されている何人かの方々に伺ったところ、読んでいないとの事であったので、このような投書の影響は殆んどないように感じ却って安心したのであった。とは云うものの、公衆からみれば専門家と思われる人達のこうした軽々の発言に接すると、社会的受容が如何に困難であるかを益々痛感するのである。尤もこの投書者はP uの日本への輸送のさいに生じた問題に関し、P u増殖炉の必要性を述べる意図で書かれたものではあるが、「現在ある各種核分裂炉が今後も増加し続けるならば、近い将来地球は炉の放射性廃棄物で汚染し、人類は間違いなく消滅するであろう」といういい方は、これが十分なデータ

の解析と、深い理論的根拠に基づき発言で、投書の制約上それが割愛されたものならば兎も角、これでは余りにも「お粗末」としか云いようがない。高レベル事業推進準備会では林会長以下「まず、電力など身内の理解が必要」として業務を進められる由であるが、この点は社会受容の面からも非常に大事と深く賛同の意を表したい。

（大学名誉教授 74歳）
このたびのフランスからのプルトニウム輸送にあたっての騒ぎは、どう考えても少し度が過ぎるものように思われる。
私のように同じ原子力でも核融合分野の研究に携わっているものは、プルトニウムを使用する増殖炉は人類のエネルギー問題を最終的に解決するものではなく、それは明らかに核融合炉であると考えているからである。しかし、増殖炉を核融合炉が実現するまでの何十年かのエネルギー不足を賄うための単なる場つなぎの原子炉であるというのではない。
増殖炉における高速中性子の性質、特にそれに関連する高温炉材料の知識は核融合炉実現にとって不可欠なものであるから、プルトニウムを使用する増殖炉はぜひ実現させて欲しいのである。
しかも小規模の研究炉としてではなく、実用的な炉としての資料が必要である。現在ある各種核分裂炉が今後増加し続けるならば、近い将来、地球は炉の放射性廃棄物で汚染し、人類は間違いなく消滅するであろう。そのためには核融合炉の早期実現が望ましく、その前段としてのプルトニウム使用の増殖炉の実現も一日でも早いことが望ましく。

（1993年1月8日 朝日新聞朝刊投書欄から）

2) スイスの「倫理の基準」とわが国の状況

前記「倫理の基準」のルール1では「科学的・技術的構想」と「公衆の意見」の折合いの問題をのべているが、上記のLLWの海洋処分は正にこの問題に当る。しかし、スイスでも国際世論に従って現在は処分をやめているのは、現状ではこの倫理は海外にまで適用できないからであろう。地層処分の場合の再取出性は安全面から採用しないとのことであるが、わが国では、まだここまで言い切ることは諸般の状況からいって現状ではできないと考える。しかし、いずれは当面する問題であるから、今後の研究開発にさいして、このことを十分考慮して検討することを忘れてはならないと思う。

ルール2は、わが国でも十分参考にすべきであろう。特に原子力の場合は多くは公衆にとって「求めた幸福」ではなくて、「与えられた—悪くいえば押しつけられた—幸福」とみられ勝ちである点に留意する必要がある。

ルール3、及び4も、わが国でも十分守るべきことであると考えます。信頼をうることが最も重要で、それにはここにも書かれているように、不利な事実も余す所なく公表することによって徐々に得られると考えるからである。

3) 公衆の意識及びコミュニケーションの実践について

スイスでは公衆の考えは、地層処分は最終の解決策ではなく、将来のもっとよい技術による解決までの一時的な貯蔵と考えているという。わが国ではまだそこまでの考えはなく、地層処分そのものさえもまだよく理解されていない段階であると思う。

自然界の安定さについての不信は日本もスイスも似たところのように思われる。人工バリアが適切であれば、地層処分は充分安全性を持続できるという考え方もこれに近いような気もする。現在の状況は、まだもっと謙虚に日本の深地層の特質、安定性についての知識を深めるための努力を重ねるべき時期ではなからうか。

スイスでも、Nagraの自信のあるProject Gewährさえも、一般公衆に与えた効果は期待よりも遙かに少なかったという。尤もこの報告書は公衆の為に、その社会的合意を目途としてつくられたものではなかったし、あれだけ膨大な資料をよみこなす公衆の数は極く限られているであろうから、寧ろ当然といえよう。わが国でも、1992年に公表された動燃の報告書が国民全般の地層処分の考え方に与えた影響は殆んどないと考えべきであろう。スイスやわが国での期待度がどの程度であったのかは知らないし、また、どの程度社会的合意に活用したのかは分らないが、何れにせよあの報告書のままでは、公衆に対する資料としてはふさわしくないように考える。

グリムゼルのURLが公衆に大きいよい影響を与えることが述べられているが、このことはスイスのみならず、ベルギー、ドイツ、スウェーデン、カナダでも広く云われている所である。吾人がURL施設のわが国での開設の早いことを望むのも、このことはわが国にも通用すると考えるからである。

スイスでの「意見投票」から明らかになった重要ポイントの中には、多くの人々は処分問題の解決は急がなければならないと考えているとか、処分の考え方は大まかに理解されているだけで、処分場の安全性は人口のたった半分だけが受入れている等のことがあるが、それだけ多くの人々がHLW処分に関心を持ち、また半分位の人々が地層処分の安全性を受入れているとは我々からみれば羨しい限りである。恐らくわが国で同様の仕方で調査をしたら、現時点では殆んどの人々は否定的見解を示すことになるのではなからうか。

スイスでは特定サイトの研究や、処分場の安全性についての社会的受容性が最近進捗しているということは、国民性や社会制度の相違によるのかもしれないが、大変結構なことである。わが国での現状は到底及ぶ所ではないという気がする。

コミュニケーションの実践の項に書かれている点は両国でほとんど同じように思われる。

8. おわりに

以上スイスにおける地層処分に関する社会の受容性についてのNagraの調査、実施状況、成果等に関し、2つの文献を中心にまとめ、またわが国の現状と比べた小論を試みた。

社会的受容の問題についてどこの国でも云われており、また最も難しいと思われることは、公衆から政治的、技術的、科学的の面での信頼性を得ることであろう。わが国における社会的受容についての研究、理解、解析等は、これらの論文でみる限りスイスに比して遙かに遅れていると感ぜざるを得ない。この問題について関心を持つ公衆の一人として、筆者は及ばずながら今後もささやかな努力を続けたいと考えている。

参考文献

- 1) H. Issler : Site Characterisation, Evaluation and Acceptance : Swiss Policy and Approaches for Interaction with the Public, Presented at Avignon Meeting. (Feb. 1993)
- 2) Emil Kowalski, Hans Issler : Promotion of Acceptance of Nuclear Waste Disposal as an Objective of NAGRA'S Public Relations Program. WM-'90, Tucson, Session XXIX, Paper 4 (1990)

〈参考資料〉

「原子力倫理から見た地層処分の課題」

－安孫子氏の論説について－

「原子力を進めようとするものは、まず倫理の本を一冊でも読むべきである」という倫理学者の言をまつ迄もなく、ここ10数年以前から原子力の平和利用に関し、特にそれが核兵器への悪用と紙一重といわれる所から、倫理上の問題が論ぜられている。

放射性廃棄物の処分、特にHLWの処分はそれが人類の歴史とは比べ様もない長期間の安全性に関することであり、そのため必然的に不確実性を伴う点からいってすぐれて倫理的課題としての重要性を持つと考えられる。

しかし乍ら我々技術サイドの人間にとって「倫理学」とは難しいもの、分りにくいものという先入観もあって、地層処分を考える時に「倫理的思考」が大切と思っても、中々とっつき悪い。この論説の筆者、安孫子進朗氏はかねてこの面に深い関心を持ち、調査研究を試みおられたことを聞き、本年度の地層処分研究会での活動の一端として「倫理問題についての入門」的講演を同氏に依頼した。下記はその折の講演内容の中から特に地層処分に関する部分を纏めて頂いたものであり、一つの意見としてこの報告書に収録することとした。

(1994年2月 天沼記)

原子力倫理から見た地層処分の課題

安孫子 進朗

1) まえがき

原子力発電およびその原子燃料サイクルから発生する高レベル放射性廃棄物の最終処分の問題は、その未解決状態が原子力発電を「トイレなきマンション」とたとえさせていることにも見られるように、単にそれ自体の問題であるばかりでなく、原子力発電を取り巻く諸々の論争点の全てを集約する包括的な問題であると言えよう。

すなわち、原子力発電およびその原子燃料サイクルの全システムの中のどの一部分を主要な批判対象とする原子力批判者も、ほとんど必ず、その他の論点、とくに廃棄物処分の問題を包含して各自の主張を展開しているのが普通のものである。

高レベル廃棄物の地層処분을原子力倫理の観点から見る場合にも、それが実質的に意味のある考察となるためには、それは、原子力発電の全システムについての倫理面からの考察の一環として、有機的な全体とその中の主要な構成要素の関係において分析、判断する必要がある。

しばしば、原子力を始めとする技術は一般的に、たとえどんなに大きなリスクを伴うにせよ、その善悪は技術を利用する人間の資質に依存するのであって、技術それ自体は倫理上で中立であると主張される。しかし、人間は一般に間違える存在であるとの原理に立脚すれば、人間による悪用や誤用によって社会・環境に重大な危害を与える恐れのある原子力のような技術を、倫理上で中立とすることは正しくない、という考えが今や社会的に定着しているようである。

すなわち、原子力の最も重要な論争点は、原子力工学の問題というよりも、むしろ、倫理、歴史、心理、政治および良識の問題であり、社会的、倫理的および政治的な解決策を必要とするものである。さらに、たとえ、一見、工学的な問題と考えられることであっても、その安全性や信頼性に大きな不確実性が伴っていて、その公衆の健康および環境への影響等が定量的に評価困難であるような状況の下で意志決定を行おうとする場合にも、その決定プロセス等について、同様の問題が提起される。そして、それらは、倫理面からの考察によって解決に一步近ずき得る。

このような見地から、高レベル放射性廃棄物（使用済核燃料を含む）の地層処分の問題を原子力倫理の観点から考察することには、十分に意義があるものと考えられる。何故なら地層処分の最大の課題は公衆の信頼確保だからである。

なお、ここで「原子力倫理」とは、原子核エネルギーの研究開発利用に関する倫理面からの考え方であって、従来の科学倫理・技術者倫理・職業倫理・企業倫理・行政倫理・および近年盛んになってきている生命倫理や環境倫理の視点も加えた学際的な立場からの「原子力の在り方」を、原子力科学技術者と倫理学者・心理学者・社会学者・経済学者等とが、市民参加も得ながら考察してコンセンサスの形成を目指すもの、と一応定義しておきたい。

2) 地層処分自体についての倫理面からの考察

高レベル放射性廃棄物の地層処分に係わる倫理上の問題としては、まず、地域間の不公平の問題と世代間の不公平の問題とがある。

① 地域間の不公平性

これは、処分場立地周辺地域の住民が、同施設への雇用、税収および補償金の見返りに負う心理的（放射能洩れによる環境汚染や健康障害等のリスク負担）および経済的（土地利用制限、地域のイメージ悪化等）なコストと、他の地域の電力消費者等が電力利用という効用に対して支払うコスト（料金）との間の衡平性の問題である。この問題は、処分場だけに特有なものではなく、他の種類の原子力施設の立地においても生じるものであるが、処分場の場合は他の施設の場合よりも一層の過疎地といったような貧しい地域に、安い補償金交付で押し付けられ易いという傾向がある。

この問題は、国としての処分場の必要性、不可避性と公平性の原則に照して正当化されなければならないことは、次ぎの世代間の不公平性の問題と同様であるが、この場合には、地層処分以外の代替処分法および外国の処分場の利用が可能になれば、問題が部分的に軽減されることも考えられる。

② 世代間の不公平性

これは、現世代の人々が、技術の伝達や化石燃料の保存等によって若干の効用を将来世代の人々に残すことはあるにしても、原子力発電によって得られる電力という効

用の大部分を享受しながら放射性廃棄物処分場の管理（掘さく制限等）、監視（放射能洩れ等）および万一の事故時の対応といったコストおよびリスクを超長期間にわたって将来世代の人々に転嫁するという非公平性の問題である。処分場に関する知識がうすれ、データが消失し、自然環境および社会環境が大きく変化するにつれて、将来世代の人々が負う放射線リスクは、放射能の減衰に逆行して増大することも考えられよう。

地域間の不公平性を解決することは、立地の社会的必要性の合理的・民主的な仕方での立証と公正な補償とによって、或る程度可能であるが、世代間の不公平を補償によって解決することは、ほとんど不可能であろう。

この観点からは、現世代およびごく近い将来の世代の人類の生存を持続させて人類という種属を遠い将来の世代に伝えるためには、現世代での原子力発電の利用が不可欠であるということが合理的に立証でき、民主的に合意される場合にのみ、原子力発電を維持することができるということになる。

すなわち、人口問題、省エネルギー・省資源等のライフスタイル、再生可能な代替エネルギー源の開発などの原子力発電への依存を最少限にするための可能な限りの対策をとるとともに、それでも不可避な規模の原子力発電利用においては、地層処分の国際化と最も安定な地層の選定、可能な限り耐蝕性・閉じ込め性の高い工学的バリアの開発、最も永続性のある管理体制の考察などに努力すべきであろう。将来における世界の人々の移住、国境線の変動、社会・文化の変化等を想定すれば、処分場の基準の国際化、管理の国際化は不可避であると考えられる。

3) 原子力発電全体系との関連での倫理面からの考察

原子力発電に対する主要な批判（核拡散性、原子炉事故、放射線健康撮響、廃棄物処分等）は、夫々、相互に関連し合っており、一環したものであって、健康・安全、人権、環境等の重視という価値観に基づくものであることから、地層処分についての倫理面からの考察は、当然、原子力発電全体系についての倫理面からの考察と関連するものである。

すなわち、地層処分を前述の必要性や公平性によって正当化付けるだけでは、なお、不十分で、生命の尊重および正義の原則から要求される核不拡散性・安全性の向上、低レベル放射線被曝の健康および遺伝への影響の一層の解明と放出低減化の向上などが、

原子力代替エネルギー源の開発とともに促進されるべきであろう。

その意味で、具体的には例えば核拡散リスクの高い再処理・プルトニウムリサイクルよりもウラン燃料のワンスルーサイクルを選択し、使用済燃料の処分を採用するとか、高安全性の小型モジュール型炉の開発を進めるとか、さらには、原子力開発利用およびその規制の計画立案や意志決定への公衆参加・情報公開・活動の透明性向上などの民主主義的な運営・体制の確立を図ることも重要であろう。安全運転の実績の積み上げとともに、これらの倫理的に正当化される方策を拡大して、電力界に対する公衆の信頼を確保することが地層処分を具体化する上でも不可欠の条件と言えよう。

さらになによりも重要なことは、世界の原子力界全体が、その歴史の中で無責任・独善的な楽観論の宣伝、批判派が指摘した実質的な問題点の軽視、原子力平和利用の軍事利用との二重目的性や原子力施設事故等の隠ぺい、放射線の生物学的影響の研究の不徹底などの多くの公衆に対する背任行為を重ねてきたことについての責任を反省し、今後の正直、謙虚、誠実、公正等を固く約束することであろう。その上での再出発こそが原子力発電の復興を可能にする唯一の途であり、地層処分の実現のためにはとくにそうであると考えられる。

(1994. 2. 3)