

高レベル放射性廃棄物の処分

1993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

高レベル放射性廃棄物の処分問題の解決が、原子力発電の今後のアクセプタンスを左右する喫緊の課題であることは言うまでもありません。

この問題に深い関心をもつ有志が、昨春以来、月一回の研究会をもち、各人の所属、立場等に捉われずに、自由な討議を重ねていましたが、研究会を安定的に継続したいという希望もあり、昨秋から「地層処分研究会」の名称で、(財)政策科学研究所の自主研究として行われることになりました。

今回の報告書は一年間の討議を通じて、各人が地層処分問題をどのように受けとめたかを、各人の責任でそれぞれ執筆したもので、研究会として一つの結論を提示することは意図しておりません。地層処分のコンセプトには基本的な問題も残っており、さまざまな角度から討議を重ねることが現段階では重要と考えております。そうした論議の発展に本報告書が少しでも寄与するところがあれば、まことに幸いであります。

当研究所としても、このような自主研究の場を提供できたことは、大きな喜びであります。

1993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)神戸製鋼所顧問 |
| 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次長 |
| 坪谷 隆夫 | 動力炉・核燃料開発事業団中部事業所副所長 |
| 義村 利秋 | (財)政策科学研究所主席研究員 |

□ 目 次 □

要 約

専門部会報告(高レベル放射性廃棄物対策について、1992/8/28)

に関する私論	天 沼 倥	1
社会的概念としての地層処分	川 上 幸 一	9
処分問題における管理の考え方	村 野 徹	21
処分システム性能評価の不確実性	武 藤 正	29
地層処分で考慮すべき時間の尺度	増 田 純 男	45
地層処分の安全性の考え方	坪 谷 隆 夫	55
社会的受容の基本的要件	石 塚 昶 雄	71
地下研究施設論	天 沼 倥	81
廃棄物処分の批判的立場の論点	義 村 利 秋	93

要 約

専門部会報告（高レベル放射性廃棄物対策について、1992/8/28）

に関する私論

天 沼 僚

1992年夏に標記の報告書が原子力委員会・放射性廃棄物対策専門部会から公表された。この件については、これまでも数回報告書が出されているが、今回のものは、一層具体的な内容を含み、例えば研究開発機関と、将来の処分実施機関とを明らかに分け、その役割分担、進行の手順等について述べ、また従来ともすれば反対が多かった研究、技術開発のための地下研究施設（URL）を明確に位置づけたりしている点で、問題はまだまだ残されているものの、聊か吾人を鼓舞するものであった。

筆者はこの報告書を読み、賛同する点は少なくなかったが、所どころに若干の見解の相違や、十分に理解し兼ねる点を散見したので、報告書の中にあるように、理解と協力を求められている公衆の立場から率直に感じた所を述べた。このような考え方をする公衆もいるということを知って頂くよすがともなれば幸いである。

社会的概念としての地層処分

川 上 幸 一

地層処分の概念は研究開発によって、技術的にはその成立性が確かめられつつあるが、処分場の立地地域の住民にとっては、調査、建設、搬入、閉鎖および閉鎖後の各段階において、十分な管理が行われることが重要であり、管理の内容（手順をふくむ）が明確にならない限り、処分概念が確立されたとは言えない。そのような観点から、情報の公開、住民の意思の尊重に配慮した管理体制の在り方を、主に閉鎖の手順、モニターの必要性などを例題として考え、処分場の共同管理、共同事業のような新しい発想が必要ではないかという問題提起を行った。

処分問題における管理の考え方

村 野 徹

我が国において、高レベル放射性廃棄物の処分対策に対して疑問を持つか、あるいは否定的意見を持つ人々は必ずしも少なくない。そのような疑問や意見が「管理の考え方」に

関連するのではないかという観点から、(イ)国際的に発展しつつある放射性廃棄物の管理、(ロ)我が国の廃棄物に関する公式文書例に見られる管理、(ハ)“Management”および“Control”という2つの管理と処分との係わり方等を検討した結果、管理の意味の混同により処分についての理解が妨げられ得ることが分かった。人々が処分を正當に理解するためには、包括的な廃棄物管理(Management)の大筋について、何らかの知見を持つことが必要である。従って、これに応える適切で明快な情報の伝達が極めて重要であると言ふことができる。

処分システム性能評価の不確実性

武 藤 正

H L W地層処分場の安全性は最終的には性能評価により得られる周辺住民の個人線量により示されるが、数学モデルによって計算される線量評価値はICRPによって明示される受容不可領域より数桁低い。しかし、この値はガラス固化体からの核種溶出(再沈澱及び吸着、粘土効果)、充填材の流出の可能性、ガス発生とその輸送問題、核種の熱化学的データと遅延係数、コロイド、二相流動等、評価に必要な現象やパラメータの不確実性に基ついて変動する。パラメータの不確実性は数学的評価手法も確立しているが、通常の子測技術を適用できない人間侵入や地層の長期安定性は専門家や有識者の判断に頼らざるを得ない。この小文ではこれらの不確実性の紹介と考察を行い、現在の考え方と対処の方法について論じ、地層処分のリスクのみを考えるのではなくトータルな人類社会の活動に対する価値判断とリスクの大きい不確実性を些細なものと区分することの重要性を強調した。

地層処分で考慮すべき時間の尺度

増 田 純 男

高レベル放射性廃棄物の地層処分システムの性能評価を行う際、廃棄物の放射能毒性は、放射性核種の壊変により時間の経過と共に減少するという固有の特性がある一方、性能評価の不確実性は、長期に及ぶほど増大することが不可避の問題となる。このことから、各国においても評価の時間枠をどの程度に設定するか、又、それをどのように根拠づけるか等、様々な議論があり、未だ国際的に合意された基準のようなものはないが、幾つかの国で一万年を一つの区切りとなる時間尺度と考えている例がある。

本稿では、評価時間の設定に係わる国際動向を紹介すると共に、この問題の考察に必要な要件の整理を試みた。

地層処分の安全性の考え方

坪 谷 隆 夫

地層処分の安全性について、地層処分を廃棄物管理の現実的な手段としている国々においてどのようにとらえられているか。各国の文献に見られる、地層処分の安全性にかかわるテクニカル・タームを洗い出し、安全性についての関心の所在を客観的に示した。次いで、高レベル廃棄物の「危険性」の源泉と地層処分の安全性についての論点を各国や国際機関の文献から引用・整理した。

社会的受容の基本的要件

石 塚 昶 雄

わが国の政府・産業界は原子力発電の必要や安全について国民の理解を得るため大きな努力を払ってきた。その結果、現在漸々成果が現れているが、高レベル廃棄物の処分が社会に受け入れられるためにはきわめて大きな困難が予想される。HLWは役に立たない、危険性が超長期にわたる、地下へ捨ててしまうなどのネガティブなイメージにとりまかれており、それを十分認識して克服する方途を考えていかななくてはならない。

フランスはわが国に先駆けてHLW処分場の立地に取り組んだが、1980年代の末に一つの挫折を経験した。その挫折の要因とその後の政策立て直しの経緯をつぶさにみることはわが国にとって有益であり、若干のレビューを試みた。

HLW処分の社会的受容の要件を明らかにすることは容易ではないが、その安全性の確保はもとよりながら、何よりも技術や政策の形成の課程を国民の前に明らかにして、民主的な手続きで、少しずつ時間をかけて段階的な理解を得ることが肝要と考えられる。

地下研究施設論

天 沼 僚

一国における高レベル放射性廃棄物の地層処分の技術開発及び安全評価のためには、そ

の国の地下研究施設（URL）はなくてはならぬものと筆者は考えている。わが国ではこれまでにURLに関し、その意義や役割について余り書かれたものがないように思うが、そのせいもあってか、廃棄物に関係する技術者の間でも、その考え方や必要性に関し種々意見が分かれていた。

URLは地層処分技術開発には必須であるが、将来処分子定地が選定された場合、そこが処分地としての適性を有するか否かを判定するためにも、上記とは別に所要の地下施設を設けてサイト適性調査を行う必要がある。欧米では、この両者を共にURLと稱するため、往々にして混同され、URLを建設して地下の研究・開発を進めた結果、その地層が処分に適していることが分かってきた場合には、その仮処分場立地にされてしまうのではないかという誤解を生じ、そのため単なる研究開発のみを目的とする施設の場合にも、公衆の反対が多くURLの設置上大きい支障となることが内外で何度も経験された。

この点わが国でも原子力委員会が、これら両施設を明確に分けて実施すべきことを明らかにしているが、ここではわが国での技術開発のための本格的なURL施設の早期実現を期待して、その意義、世界の現状、社会的受容の経緯及びわが国でのこれまでの対応等につき述べることにした。

廃棄物処分の批判的立場の論点

義村利秋

チェルノブイリ原子力発電所の事故を契機に、わが国では「危険な話」（広瀬隆）が大きな衝撃として受けとめられ、その後数多くの原子力への批判的な書籍が刊行されている。この原子力出版ブームになったころの書籍には情緒的でただ危険性を強調するものが多く、理論的な検討を加えて批判をしているものが少ない。そこで最近の出版物から批判的立場から理論的な書籍として、高レベル廃棄物問題を取り扱っているのは、日本科学者会議編「原子力と人類」の中の「高レベル放射性廃棄物の処分問題」（八木健三）、高木仁三郎「下北半島六ヶ所村核燃料サイクル施設批判」、槌田 敦「原発安楽死のすすめ」等がある。この3つの著作を対象として取り上げる項目は、高レベル放射性廃棄物の1)処理技術上の問題、2)処分技術上の問題、3)処分地の選定問題、4)処分に係わる制度・体制上の問題、5)広報に係わる問題として、各著者の主張を抽出し、今後の課題を整理したものである。

専門部会報告（高レベル放射性廃棄物対策について、1992/8/28） に関する私論

天 沼 倅

1. はじめに

本年（1992年）8月28付で原子力委員会、放射性廃棄物対策専門部会から標記の報告書が提出され公表された。筆者は高レベル放射性廃棄物の処分についての理解と協力を求められる公衆の一員としてこの報告書を読み、若干の見解を異にする点及び疑問点を生じたので、以下に報告書の記述順に①社会的受容に関する点及び②技術開発に関する点について私論を延べることとした。尚報告書の中には賛同する点も少くないが、本論では一部しか触れていない。

以下に記述する点の内容については予め原稿を若干のその方面に関係のある方々に、御覧頂き、御意見を伺って改めた点もある。また時には単なる表現上の微細な点の指摘と考えられる箇所もあろうが、筆者が関心ある公衆の一人の立場でこの報告を初見し、素朴に疑問と感じたところを書いた。今後わが国で廃棄物対策を進めて頂く時に、中にはここに書いたようなことを考えたり、感じたりする人もいるのだということを判って頂くための参考ともなれば幸いである。尚以下の文中、上記報告書から引用した部分には「 」をつけた。また報告書全文を文章の終りに参考のため再録してある。

2. 社会的受容に関して

- 1) 高レベル放射性廃棄物の処分に対する安全性への懸念等について報告書のまえがき（p. 1）及び現状認識（p. 3）の中につぎのような表現がある。

「しかしながら、高レベル放射性廃棄物の処分に対する安全性への懸念等が一部にあり、また処分対策に対する国民の理解が十分に得られていないので、云々」（p. 1, 1. まえがき 上から3行目から5行目）

「高レベル放射性廃棄物の処分については、国民の間にその安全性に対する懸念等が一部にあり、安全性に関する研究を行うための地下における研究施設の立地も円滑に進み難い状況にある。」（p. 3, 2. 現状認識, 上から2行目から5行目）

ここで、「高レベル放射性廃棄物処分についての安全性に対する懸念等が一部にあり」

としている点は問題と考える。私見では、一般に放射性廃棄物の処分についてはその安全性に関してかなりの人々が懸念をもっていると思うし、ましてや高レベル放射性廃棄物の処分となると、原子力関係者も含めて公衆の中でも多くの人々は、現時点では懸念をいただいているというのが現実であると思われる。むしろ地層処分は安全であるとして懸念を持っていない人の方が一部なのではなかろうか、尤もこのような状況はわが国だけのことではないのも事実である。

そこで、処分の安全性に関しては多くの人々は現在では安全性について懸念をもっているというのが現状の認識としては必要で、今後その懸念を少くしてゆく為の努力が国内でも海外諸国でも要請されていると考える。

これは単なる揚足取りではなく、区々たる用語の問題ではない。放射性廃棄物対策を立案される方々の現状認識が「安全性に対する懸念は一部の国民の間にある」だけというのでは問題であろう。

但し、ここには「処分の安全性に対する懸念が一部にあり云々」ではなく、「懸念等が一部にあり」となっているので、この「等」の意味によっては別の解釈が可能なのかもしれない。この種の文書で用いられる「等」は屢々普通に読んだのでは読み切れないような意味をもたせる場合もあるようだが、もしそうならばやはり「等」の意味を明記しておいて頂きたいと思う。

2) 地層処分の進め方について

p. 4～6には「4. 地層処分の進め方」を述べているが、p. 5の終りに「(4)地層処分の手順」として①～④に凡その手順が示されている。即ち「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、処分予定地を選定する。国が選定の結果を確認し、その地点を処分予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、処分予定地において、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たり、所要の安全審査を行う。云々。」(あと略)

④ 略

以上の地層処分実施のための手順について次のような疑問点を指摘したい。

①に「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

行う」ことが書かれている。高レベル放射性廃棄物対策に関しては、過去にも何回か原子力委員会に設置された委員会から報告が出されているが、このうち1984年8月の中間報告では、地層処分に係る研究開発手順について、試験的処分に至るまでを5段階にわけ、その第2段階を処分予定地の選定段階と位置付けている。ここでは複数地点において物理探査等の地表踏査を中心とする広域調査を行い、順次候補地点を選定し、精密調査を行なうとともに、深地層試験場を設け深地層での天然バリア及び人工バリアの試験を行い処分予定地の選定に資する、としているのが、これまでにこの種の報告書の中で、「候補地点」という表現の唯一のケースである。それ以外はいずれも「処分予定地」といういい方のみが用いられている。

これまでの報告書ではこのようにまず広域調査を行なって候補地点を選び、精密調査を行うとともに深地層試験場を設けることとしており、そこでの各種試験結果を処分予定地の選定に役立たせるという筋書きであったから、ともすれば深地層試験場立地と処分予定地が同じ場所でありうるようにも読めなくもなく、このことが深地層試験場立地の選定に当って、もしそこを認めると将来そこが処分場に選ばれてしまう恐れがあるという考えが、深地層試験場（Underground Research Lab. URL）の建設の根深い反対の主な根拠となっていた。

この点今回の報告書では研究開発と処分候補地や処分予定地の選定のような実処分に係る業務をハッキリ区分し、P. 8の「(2)深地層の研究施設の役割」の中で次のように明記されている。

「本施設（筆者註、深地層の研究施設）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」

これによって、これまで海外諸国でもともすれば起り勝ちであった地下研究施設（URL）が処分場選定の初段階になるという誤解がなくなり、わが国でのURLの建設、そこでの研究開発、fact findingが進行することを切に希望する。

しかし、この節の最初に書いたように実施主体が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ない、処分予定地を選定するというのでは、実施主体はどのようにして地層処分の候補地として適切と思われる地点を選ぶのかが分らない。即ち i. 候補地点の選定手順が全く示されていないこと及び ii. P. 7～8に書かれている研究開発と、実施主体の行なう候補地点の選定作業との相関が分らないという2点は問題と考える。また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て処分予定地を選

ぶというのも、処分予定地を決めるという重要な段階について「予備的な調査」だけで済ませるというのでは、予備的調査の中には科学的、技術的、社会的な面からの種々の調査が含まれると思われるので、ここの表現は聊か簡単に過ぎるように思われる。原文には手順は概ね以下のようなようであると断っているが、重要な段階であるだけに、もう少し詳しく示して頂きたいと考える。

さらに、「国が選定の結果を確認し、その地点を処分予定地とするに当っては、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」という点は、当然そうあらねばならないと思うが、もう少し積極的に、RADWASSの原案の中にもあったように、立地プロセスにおける公衆の参加 (Safety Guide ; Siting of Geologic Disposal Facilities, paragraph-410の原案) を要する旨が書かれる必要があるのではなからうか。

3) 研究開発等の進め方について

地層処分の研究開発等についてはP. 3の「3. 基本的考え方」の中で、基本方策として、「関係各機関の役割を明確化し、研究開発等を着実に実施しその進展状況を国民に周知すると共に、処分対策全体の手順及びスケジュールを具体的に示すことが肝要」であり、今後、国民の理解と協力を得て、処分対策を円滑に進めるために、特に次の2点に留意すべきことが述べられている。

「①長期に渡り研究開発等を要することになるので、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」

「②処分に係る地元との長期に渡る信頼関係が重要なので、段階の節目において地元の意向が反映されることを具体的に示すこと。」

また、P. 7には「7. 研究開発等の進め方」として研究開発の評価その他について示されているが、その中の「(1) 研究開発の評価」に関しての問題点を述べたいと思う。

「(1) 研究開発の評価」

「研究開発の進展は、処分実施の基礎となるものであり、国民の理解を得る上でも極めて重要である。このため、関係各機関による研究開発の進展状況及び成果を適切な時期に取りまとめることにより、研究開発の到達度を明確にして、国民のコンセンサス形成に寄与する必要がある。」

「① 動燃事業団が本年作成する研究開発の第一次取りまとめについては、現段階における研究開発の進展状況および成果を明らかにし、その結果につき国に報告することが必要である。」

「② 動燃事業団が2000年前までに予定している第二次取りまとめについては、人工バリアの定量化、地質環境調査手法・機器の開発がほぼ終了する計画であるので、その評価は重要である。国は、評価のための委員会を設け、その評価を行うものとする。評価のための委員会は、云々。」あと略。

と書かれている。動燃が本年度作成する第一次取りまとめは上の記述にあるように適切な時期と判断して取りまとめるのであろうから、ある程度の「知見の得られた段階」と考えられ、3-①(P. 3)にかかっているように「国はその妥当性についての判断を示」さなくてはならない。そしてその「研究開発の到達度を明確」にして、「国民のコンセンサス形成に寄与する」必要がある。

しかし、7の(1)-①(P. 7)には第一次取りまとめは、「その結果につき国に報告することが必要である」としているだけであり、②には第二次取りまとめに関し「その評価は重要である」とし、評価のための委員会について述べられている。上記から、第一次取りまとめについても動燃から報告を受けた国は、その妥当性(研究開発の計画、目標、その進め方、タイムスケジュール、今後の方針、軌道修正の必要性の有無等)について当然検討を加え、評価して判断を示すものと期待したい。①と②と並べて示されると、重要度は高いとはいいながら、まだ全く今後の予定にすぎない第2次取りまとめについての評価に関してのみ書かれていて、現実に近く提出されようとしている(その後1992年9月末に動燃はこの第一次取りまとめを公表し、また同12月に国に報告書を呈出した由である)ものについては、只「国に報告することが必要である」とだけ書かれているのを見ると、国が検討、評価を行なうのかどうかが明確でないように思う。その後仄聞する所では国の検討、評価が行なわれる予定ときいているが、最初からそれを明記した方が誤解を避けるためにもよかったと思う

尚この第一次取りまとめについての検討、評価が行なわれたら、その結果は必ず公表して、国民のコンセンサス形成に寄与して頂きたいと考える。

3. 技術開発に関して

1) 処分予定地の選定と国の確認について

実施主体が選定した予定地は、「国が選定の結果を確認」して、始めてその地点が処分予定地と決る旨がP. 6の①に示されているが、その時点では、ここに書かれている通りあくまで処分予定地なのであって、②に書かれているように実施主体は、その地点の「実

際の処分地としての適性を判断するために」、「サイト特性調査及び処分技術の実証を行う」こととなっている。このことはサイト特性調査及び処分技術の実証の段階では、万一その予定地点が「実際の処分地としての適性」に欠けることが判断されたような場合は、その予定地は処分地とはならず、放棄されることを意味している。

最近の研究・技術開発の趨勢から言えば、上記のような手順で選定された処分予定地が、サイト特性調査や処分技術実証段階で、処分地としての適性に欠けることが明らかになるようなことは、恐らくありそうにないとは考えられるものの、深部地下環境に特有の「意外性」から絶無とはいえず、予定地段階では未だ処分地ではないという実態は当然ながら堅持されなければならない。

従って、地層処分の手続きとしては、P. 6の③に「国は処分に係る事業を許可するに当たり所要の安全審査を行う」と記されているが、このような点からその前にこの予定地が「実際の処分地としての適性」を有していたことを、国が今一度確認するという慎重なやり方が望ましいと考えるのだが如何であろうか。

2) 地質環境調査と深地層の研究施設

P. 7の「7. 研究開発の進め方」の(2)には「深地層の研究施設の役割」、(P. 8)、(3)には「地質環境調査」についての記述があるが、これらは相互に関連し合い、深地層中の地質環境が解明されてくるものと考ええる。特に深地層の研究施設(URL)では別記したように将来実施主体が行うとされている処分候補地の予備調査(P. 6, ①)や処分予定地でのサイト特性調査(P. 6, ②)を適確に行うための技術開発が、その重要な役割の一つと思うのであるが、この成果は当然動燃が2000年前までに予定している第二次取りまとめ(P. 8, ②)にさいし重要なポイントを占めることになろうし、またその後の段階でも前述のように実施主体が行なうことになっているサイト特性調査にも大きく関係してくる筈である。しかし、この報告書を通読しただけではさきにも述べたように例えば動燃の行う研究開発と、実施主体の行う処分候補地及び予定地選定やサイト特性調査との有機的関連は必ずしも明瞭ではないと考える。

3) アクチニド等除去・消滅

P. 9には「8. アクチニド等除去・消滅」の項があり次のように書かれている。

「アクチニド等除去・消滅については、これにより①高レベル放射性廃棄物の地層処分の必要性に影響を与えるものではないが、長寿命核種を適切に除去することによって、高レベル放射性廃棄物の放射能レベルを下げるるとともに、②その放射能レベルの継続期間を

短縮する可能性があること、あわせて除去した核種を燃料資源として利用しうること等の長期的観点から、その実用性を見極めるため、研究開発を積極的に進める必要がある。」

この記述の中でアンダラインの2点に若干問題があるように思う。2つ目のアンダラインの記述、即ち②放射能レベルの継続期間を短縮する可能性というのは、アクチニドその他の非常に寿命の長い放射性核種の殆んど全てを現在の高レベル放射性廃棄物（廃液）から除去できるだけでなく、それらの除去した長寿命核種を殆んど全て消滅（核種転換）できることを仮定していると思われる。この技術は重要な意味を持つとは考えるが、現在はまだ初期の研究段階であり、内外諸国でも、特にその核種転換処理が、TRU廃棄物も含めて事実上地層処分を必要としない程度にまで可能かという点では種々意見が分れているところである。そのため、上記引用文中でも「地層処分の必要性に影響を与えるものではない」（①のアンダライン）としているのであろう。

しかし、放射能レベルの継続期間を短縮することがもし可能ならば現在我々が地層処分と稱している非常に長期の安全性を確保すべき技術とはやや異なる概念の処分で十分事は足るように思われる。

即ち、その際やはり地中深く埋設するような方式が行なわれるにしても、現在の地層処分とは呼稱をちがえた方がよいと思うのである。そしてこの場合は高レベル放射性廃棄物（筆者註、及びTRU廃棄物）の地層処分（筆者註、現在使用している意味、内容を指す）の必要性に大きい影響を与える筈で、現在考えられている地層処分に比べればかなり短い期間の処分安全性を確実にすればよいと考える。

異なる概念の施設や方法に同じ用語を用いることは屢々誤解を生じ易い。この報告書でも特に留意して書かれている深地層の研究施設（P. 8, (2)）と、処分予定地における所要の地下施設（P. 6, ②）とは既述のようにこれまでは海外諸国でもわが国でも同じものと見做され勝ちで、その誤解が研究開発の進展に大きい妨げとなったことはよく知られている。このような点から上記の概念の異なる地層処分に対しては異なる用語を用いる方がよいのではなかろうか。

4. おわりに

廃棄物対策はあらゆる産業及び日常生活の中で最近特に問題が大きくなってきているが、その中でも原子力に係る放射性廃棄物、中でも高レベル放射性廃棄物の処分は将来の原子力エネルギーの平和利用の運命を左右しかねないとさえ言われている。このため原子力先

進諸国ではこの問題について、すでに40年近くもその対策を考え、技術開発を行なって来たのは周知のことであり、最近漸く処分の実施について2、3の国で曙光が見え始めたように思われるが、実際の処分施設の稼働には早くても後10-20年を要するであろう。

この問題については特に公衆による社会的受容が重要であるとされ、廃棄物先進諸国でも長年努力が続けられ、現在も続いている。今回、その対策の重要性に鑑み、わが国でも放射性廃棄物対策専門部会が4年余に渡り検討した結果が報告書として公表されたことに敬意を表する次第である。

本稿は、この報告書を読んだ公衆の一人の読後感であるが、部会における種々の論議や意見の詳細を知らない部外者の思い違いや誤解も多からうとは思ふものの、この報告書を読む大部分の人々は筆者同様の部外者であると思われるので、始めにも書いたように、このような考え方をする人もいるのだということを知って頂き、筆者の思い違いや誤解を解いて頂くことになれば望外の喜びである。

1992. 12. 27 改稿

高レベル放射性廃棄物対策について

平成4年8月28日

原子力委員会
放射性廃棄物対策専門部会

目 次

1. まえがき	1
2. 現状認識	3
3. 基本的考え方	3
4. 地層処分の進め方	4
5. 費用の確保	6
6. 処分場の管理	7
7. 研究開発等の進め方	7
8. アクチニド等除去・消滅	9
9. 地域との共生等	9
10. 国際協力の推進	9
(参考) 構成員及び開催日	10

1. まえがき

高レベル放射性廃棄物の処分は、核燃料サイクルを確立する上で重要な課題であり、その確立なくして原子力の開発利用の円滑な推進はあり得ないものである。しかしながら、高レベル放射性廃棄物の処分に対する安全性への懸念等が一部にあり、また、処分対策に対する国民の理解が十分に得られていないので、高レベル放射性廃棄物処分対策は円滑に進んでいるとは言い難い状況にある。

これまで、高レベル放射性廃棄物の処分方策としては、「有効な地層の選定」（第1段階）の成果を踏まえ、「処分予定地の選定」（第2段階）、「処分予定地における処分技術の実証」（第3段階）及び「処分施設の建設・操業・閉鎖」（第4段階）という4段階の手順で進めることとされており、上記第2段階においては、地層処分技術の確立を目指した研究開発等を実施し、その最終目標たる処分予定地の選定を行うこととされている。しかし、この第2段階の進め方が必ずしも国民の間に周知されていなかったため、あたかも研究開発等の結果が処分予定地の選定プロセスに直接的に結び付くかのような印象を与え、本来は処分予定地の選定プロセスとは直接的な関連性のない研究開発等を阻害する要因の一つとなっていたことは否めない。さらに、処分の進め方に関する具体的なビジョンも必ずしも明確にはなっていないため、核燃料サイクルの確立のみならず、原子力発電の円滑な推進にも影響を及ぼしかねない状況になっていた。

このため、当専門部会としては、処分の進め方と研究開発等の進め方を併行したものとして整理することとともに、高レベル放射性廃棄物処分の進め方に関する具体的なビジョン、特に処分対策全体の手順及びスケジュール、関係各機関の責任と役割等を明確に示し、

処分対策全般に対する透明性を図ることが、国民の理解と協力を確保する途であり、ひいては処分対策の円滑な推進につながるとの認識から、これらを中心として昨年7月より鋭意検討審議を重ねてきた。今般、その検討結果を取りまとめたので報告する。

当専門部会としては、今後、本報告に基づき、高レベル放射性廃棄物処分の円滑な推進に向けた努力を官民がその役割分担に基づき有機的な連携を図って強力に進められることを切望する。

2. 現状認識

高レベル放射性廃棄物の処理処分対策の適切な推進は、原子力の開発利用を進める上で最も重要な課題となっている。高レベル放射性廃棄物の処分については、国民の間にその安全性に対する懸念等が一部にあり、安全性に関する研究を行うための地下における研究施設の立地も円滑に進み難い状況にある。さらに、海外においても、高レベル放射性廃棄物の処分対策については、難しい状況に直面している例が多い。

我が国として、このような状況を打開し、処分対策を円滑に進めて行くため、今後の高レベル放射性廃棄物の処分の進め方をできるだけ明らかにし、広く国民の理解と協力を求めて行くことは、喫緊の課題である。

3. 基本的考え方

高レベル放射性廃棄物の処分の基本方策としては、関係各機関の役割を明確化し、研究開発等を着実に実施しその進展状況を国民に周知するとともに、処分対策全体の手順及びスケジュールを具体的に示すことが肝要である。

今後、国民の理解と協力を得て、処分対策を円滑に進めるためには、特に以下の点に留意する必要がある。

- ① 長期に渡り研究開発等を要することとなるので、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
- ② 処分に係る地元との長期に渡る信頼関係が重要なので、段階の節目において地元の意向が反映されることを具体的に示すこと

4. 地層処分の進め方

高レベル放射性廃棄物の処分対策を円滑に進めていくためには、官民一体でその推進を図っていくことが不可欠であり、その際、官民の役割分担を明確にすること、実施主体等の設立時期と形態等について時宜を得て的確に判断すること及び処分手順を明示することが肝要である。

(1) 官民の役割分担

高レベル放射性廃棄物対策は、国、電気事業者、動力炉・核燃料開発事業団（以下、「動燃事業団」という。）等関係機関の適切な役割分担の下に進めていくことが不可欠である。

国は、処分が適切かつ確実に行われることに対して責任を負うとともに、処分の円滑な推進のための所要の施策の策定が求められる。動燃事業団は、当面、研究開発及び地質環境調査の着実な推進を図ることが求められているところであり、また、電気事業者は、処分費用の確保のみならず、研究開発の段階においても、高レベル放射性廃棄物の発生者としての責任を十分踏まえた役割が求められる。

官民の協力については、高レベル放射性廃棄物処分対策に係る当面の具体的な推進方策の検討、所要の連絡調整等を行う高レベル放射性廃棄物対策推進協議会が、既に、国、電気事業者、動燃事業団の三者により組織されている。三者はこの場を活用し、国民の理解と協力を得るために行うべき具体的諸対策を、着実かつ積極的に推進していく必要があり、処分対策に関し本格的な取組を開始すべき時期に来ている。

(2) 実施主体の設立時期と形態等

処分事業の実施主体の形態の明確化及びその決定は、処分予定地選定の具体的作業の本格的第一歩である。

実施主体の形態については、その永続性の担保、発生者責任、研究開発成果の活用等を考慮しつつ、実効性があり、かつ国民に信頼される実施主体が具体的にどのようなものを念頭において、引き続き検討する必要があるが、取りあえず以下の点を指摘できる。すなわち、実施主体には、組織の永続性、技術能力、立地能力等が求められ、特に永続性については、特殊法人形態のほか、その他民間組織形態であっても、必要な場合にはその永続性の担保につき、国の責任を明確化する等の措置が求められる。

現在は、地層処分の研究開発等を着実に進めるとともに、高レベル放射性廃棄物の地層処分に対する国民の理解を醸成していく時期であり、実施主体については、処分場の建設スケジュールを考慮し、2000年を目安に、研究開発等の進展状況や諸般の情勢等を総合的に勘案し、その設立を図っていくことが適当と考えられる。

(3) 準備のための組織

高レベル放射性廃棄物対策推進協議会においては、実施主体の組織形態等の検討を速やかに行い、準備のための組織をできる限り早期に発足させることが望ましい。

(4) 地層処分の手順

実施主体は、国民の理解を得て処分を実施していくことになるが、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、処分予定地を選定する。国が選定の結果を確認し、その地点を処分予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、処分予定地において、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たり、所要の安全審査を行う。処分場の建設・操業の計画は、処分場建設に至るまでに要する期間、我が国の今後の再処理計画等原子力開発の状況等から総合的に判断して、2030年代から遅くとも2040年代半ばまでの操業開始を目途とする。

5. 費用の確保

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。

6. 処分場の管理

高レベル放射性廃棄物の地層処分は、処分システムの健全性を維持する責任を将来世代に特に依存することなく、高レベル放射性廃棄物を安全に処分することを基本としたものであり、国際的には閉鎖後の安全性については制度的な管理等に依存してはならないものとされている。一方、高レベル放射性廃棄物が処分によって人の管理下から離れることに対する国民の不安は、小さくないものとも考えられる。従って、閉鎖後の監視、記録の維持等の制度的な管理の考え方を導入することは、我が国においては、国民の理解を得る上で有力な考え方の一つである。このため、技術的観点を踏まえつつ、制度的な管理の意義、内容、期間の考え方等について引き続き検討を行うことが必要である。

7. 研究開発等の進め方

(1) 研究開発の評価

研究開発の進展は、処分実施の基礎となるものであり、国民の理解を得る上でも極めて重要である。このため、関係各機関による研究開発の進展状況及び成果を適切な時期に取りまとめることにより、研究開発の到達度を明確にして、国民のコンセンサス形成に寄与する必要がある。

- ① 動燃事業団が本年作成する研究開発の第一次取りまとめについては、現段階における研究開発の進展状況および成果を明らかにし、その結果につき国に報告することが必要である。

② 動燃事業団が2000年前までに予定している第二次取りまとめについては、人工バリアの定量化、地質環境調査手法・機器の開発がほぼ終了する計画であるので、その評価は重要である。国は、評価のための委員会を設け、その評価を行うものとする。評価のための委員会は、安全確保に関する基本的な考え方、技術的知見及びそれまでの地質環境調査の結果等を踏まえて、我が国における地層処分の技術的信頼性等を評価することとする。

(2) 深地層の研究施設の役割

動燃事業団では、これまで国内における既存坑道を利用した試験や、海外の地下研究施設を利用して、地層に係る研究等を進めてきている。

深地層の研究施設は、深地層の環境条件として考慮されるべき諸特性等の正確な把握、安全評価モデルの信頼性向上・確証等を行うとともに、深地層についての学術的知見の向上を図るためのものであり、深地層に係る総合的な研究の場として重要である。

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。

(3) 地質環境調査

動燃事業団は、地域を特定することなく、広い範囲を対象に、地質構造、火山、断層の分布、岩石の透水係数、地下水組成等を調査し、我が国の地質環境データ・ベースの構築を進めている。今後、深地層の性状について具体的知見を得るために、深地層試験のデータが重要と判断されるので、関係者の協力により、その促進を図ることが望ましい。

8. アクチニド等除去・消滅

アクチニド等除去・消滅については、これにより高レベル放射性廃棄物の地層処分の必要性に影響を与えるものではないが、長寿命核種を適切に除去することによって、高レベル放射性廃棄物の放射能レベルを下げるるとともに、その放射能レベルの継続期間を短縮する可能性があること、あわせて除去した核種を燃料資源として利用し得ること等の長期的観点から、その実用性を見極めるため、研究開発を積極的に進める必要がある。

9. 地域との共生等

処分予定地については、各種調査の期間が長期に渡る上、処分場の建設・操業期間は、更に長期に及ぶという特殊性があるので、その実情に即した地域振興に関し、制度の改善等を含め、その在り方について検討を行うことが望ましい。

深地層の研究施設については、研究推進上の重要性に鑑み、地域振興のための制度を検討することが必要である。また、地下空間の有効利用の見地から、地下空間の多目的利用等についても検討することが望ましい。

10. 国際協力の推進

高レベル放射性廃棄物対策は、原子力開発利用を進める国々の共通の課題であり、海外においても積極的な取組が行われつつあることから、研究開発等の効率的推進、コンセンサスの形成等、広い観点に立って、国際協力、国際協調を進めるべきである。

社会的概念としての地層処分

川 上 幸 一

1. 日本の現在の政策

この小文の目的は、高レベル放射性廃棄物の処分について、その社会的（倫理的）側面の2、3の特徴を考えてみることである。当面の政策が対象ではないが、本題に入る前に、昨年8月の放射性廃棄物対策専門部会の報告と原子力委員会決定が打ち出した、日本の今の政策を見ておく方がよいだろう。2000年を目標に進められようとしている諸施策は、ほぼ次のようである。

- (1) 処分の実施主体の準備組織を、できる限り早期に発足させる。
- (2) 早急に合理的な処分費用の見積りを行ない、費用の確保の具体化をはかる。
- (3) 実施主体の組織形態等の検討を速に行なう（関連事項の立法化が必要になる）。
- (4) 動燃事業団が2000年前までに予定している第二次取りまとめ（研究開発成果の）に対し、国は評価委員会を設けて、地層処分の技術的信頼性等を評価する。
- (5) 2000年をめやすに、諸般の事情等を総合的に勘案して、実施主体の設立をはかる。
実施主体の最初の仕事は、処分予定地選定のための予備的調査の実施。
- (6) （報告にはないが、この間に望ましくは深地層の研究施設のサイト決定）

以上をうけたその後の動きとして、(1)の準備組織は四者協議会（科学技術庁、通産省、電力会社、動燃事業団）で検討され、今春4月に任意法人として発足させることと、①事業化計画、②実施主体の形態と業務、③処分の事業資金、④立地にともなう地域振興等、⑤広報に関する調査研究および広報活動、⑥処分の法制、などの業務の内容が決まった。この結果、(2)の処分費用の確保の具体化、(3)の実施主体の組織形態等の検討も、さしあたりは準備組織が担当して進めるものと解される。

また、上記(4)の研究開発成果の取りまとめについても、第二次取りまとめに先立ち、動燃事業団が昨年取りまとめた第一次報告書の評価を、とりあえず専門部会が行なうことになった。

以上を見れば、90年代の残された期間が、処分の体制作りに向けてのきわめて重要な時期であることが分かる。この体制作りが目標どおり達成されてはじめて、日本も処分事業への本当の“入口”に立つことができる。日本の現状を諸外国に比べて、処分事業の体制

もまだできていない、予備的調査もしていない、地下研究施設のサイトも決まらない、日本は遅れているというのが一般的な見方だが、一概にそうとは言えない側面もある。処分問題につきまとう本質的なむずかしさや、各国の事情の違いがあるので、日本も体制作りが上記のスケジュール通りにいけばそれが条件だが、勝負はそれからだという見方もあながち強がりとは言えないだろう。

処分のむずかしさは、管理（management）の超長期性をはじめとして、安全性を予測評価に依存せざるを得ないこと、地層に固有の意外性など、いろいろと指摘されている。それらに関連して、処分概念そのものにもなお確定しきれない部分が残っている。そうした事情は、処分事業の進め方にも影響を与えるだろう。たとえば、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かどうか。どこまで研究開発が進めば、100%かそれに極めて近い安全性、技術的信頼性が確立されたと言えるのか。

この問題は、他の筆者によって詳細に論じられるはずであるが、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、高レベル問題の特徴のように思われる。研究開発と処分事業を並行的に進めながら、研究開発や調査の結果をそれぞれの段階で、なお不確かな部分を一部残しながら提示せざるを得ず、それを拠り所に住民側の理解、信頼を得ていかなければならない。そのことが意味するのは、処分概念なり、安全性なりの少なくとも一部は、住民の判断 — 理解ではなく — に依存せざるを得ないということであろう。処分概念の一部が社会的概念であると言われる理由も、恐らくその辺りにある。

処分地や処分予定地の住民の立場では、高レベル問題の超長期性は、ほとんど半永久的な生活の安全保障の問題にはかならない。そういう性格の事業を、多少とも未確定の部分を残しながら進めるとすれば、在来型の事業者対住民という対立の構図のもとで、住民の理解を得、不安を解消し、最終的な閉鎖段階までの合意を形成することは、明らかに相当な難事である。それは事業者にとっても、住民にとっても、重すぎる課題と言うべきだろう。

以下では、その辺りの問題にしばって検討するが、先に結論を示しておけば、この問題への処方箋は、住民が参加し、住民の意志が最大限尊重されるような、共同事業ないし共同管理の概念の導入以外にはないと思われる。そのような事業、管理の形態に、制度面の工夫によってどこまで近づけられるかが中心的な課題であろう。これまでの国際的討議の

経過などもふり返りながら、制度的管理 (institutional control)の問題を中心に考えてみたい。

2. 国際的討議の経過

環境防護について、政策の基本思想と指針をはじめて明文化したのは、アメリカの国家環境政策法 (NEPA, 1970年)である。ちょうど離陸期にあった原子力産業が、この法制定によって多大の影響をうけたことは周知のとおりであるが、この法の核心は次の4点に要約される。

- (1) 現世代は環境の受託者 (trustee)であり、環境をクリーンなままで次世代に引き継ぐ責任を負う。
- (2) すべての政府機関は、環境保護のために可能な最大限の措置をとらねばならない。
- (3) 具体的施策として、代替案をふくむ環境影響報告書の作成 (環境アセスメント) など。
- (4) 環境の保護は地球的規模の問題であり、国際協力が不可欠である。

このNEPAの精神と政策手法は、その後の各国の環境保護政策に受けつがれた。

放射性廃棄物の管理については、1984年のOECD・NEAの報告「放射性廃棄物の長期的管理 — 法的、行政的、財務的側面」(Long-term Management of Radioactive Waste — Legal, Administrative and Financial Aspect)が、処分(場)の安全性を担保する技術バリアと制度的管理との関係を、次のように要約した。

- (1) 制度的管理は、それが技術的管理と同程度の持続性をもつ場合にのみ受け入れられる。
- (2) 制度的管理に依存する処分方法の場合、管理の持続性に対する要求は最大限、管理の有効な持続が合理的に確実な期間に限定されねばならない。
- (3) 問題は、制度的管理が長期間放射能をもつ廃棄物に対しては使えないのか、それとも放射能の減衰のおかげで、ある期間後には、制度的管理が封じこめ (Containment) の安全性にとってもはや不可欠ではなくなるのか、そのどちらなのかである。

今日から見ると、この報告は放射性廃棄物の長期管理に関する、出発点の議論を示していることがよく分かる。その(1)は、技術的バリアを補完する何らかの制度的管理を併用する場合、それが技術的バリアと同程度の持続性をもたねばならないという原則を示している。次に(2)は、制度的管理には「合理的に確実な期間」という固有の限界があることを指

摘している。限界が生じるのは、制度的管理がいろいろな社会的要因の影響を受けるからである。以上を受けて(3)では、その「合理的に確実な期間」内に、放射能の減衰のおかげで制度的管理がもはや必要ではなくなるかのどうかに、制度的管理に依存できるかどうかがかかっていると、問題を投げかけた形で終わっている。

つまり、この報告は2つの問題を提起していると言える。一つは、制度的管理の「合理的に確実な期間」が、具体的にどの位の年数なのかである。もう一つは、その「合理的に確実な期間」内に、放射能が十分に減衰するのかどうかである。この報告は高レベル廃棄物よりも、低レベル廃棄物に対してむしろ厳しい見方をしている（浅層処分なので）のが一つの特色であるが、その問題提起を受け、IAEAが高レベル廃棄物について技術面からも詳細な検討を行ない、国際的原則として打ち出したのがいわゆる安全原則（Safety Principle）である。

そのなかで、ここでの議論に関係があるのは第一原則と第二原則であるが、そのどちらも、「付記部分」（後半部分）に問題を残していると思われる。たとえば第一原則は、使用済燃料のままの処分を方針とする諸国などに配慮して、使用済燃料の長期貯蔵 — そのなかの有用な元素の利用やクーリングのため — を選択肢として認め、それによる処分の遅れを是認した形になっている。その趣旨は理解できるが、貯蔵が長引いて、ずっと後世代にまでずれこみ、「将来世代への負担を最小にすべきである」という第一原則そのものが、あいまいになる懸念がないではない。

また、第二原則の「付記部分」は、「モニター、監視、その他の制度的管理」を政府などが行なう場合も、安全性をそれらに依存してはならないと念を押したものである。その限りでは、制度的管理への依存禁止を強調するための「付記」に違いないが、モニター等が事実問題として行なわれることを認めたのは、そこに何らか別の必要性があるからではないかという疑問が残る。もちろん、制度的管理に依存すべきでないというIAEA原則の立場は明らかであるが、現に日本でも、モニターの必要性の有無、実施の可否がむずかしい議論になりそうであり、IAEA原則は原則として、なお検討を要する問題が残っていることを示している。

第二原則が言うように、処分場は技術バリアと天然バリアによって—それらだけで—、廃棄物を完全に“隔離”するように設計、建設されねばならない。しかし、処分場をそのような施設として作ることと、処分場の閉鎖後にその健全性を維持する（守る）こととは、本来別の問題のはずである。健全性に影響する自然災害のリスクは、安全評価に織りこみ

ずみと見てよいが、社会災害に関してはそうではない。資源探査や地下空間の利用を目的とする人間侵入の可能性に対しては、予防措置 — それも制度的管理である — を構じるのがむしろ当然であろう。その点に関して、IAEAの原則は「深地層なので、人間侵入の可能性は少ない」（第三原則）と言っているだけである。

具体的な予防措置としては、処分記録の保存とゆるやかな土地用途規制が考えられる。そのどちらも、OECD・NEA報告が提案している土地台帳への記載が、持続性の観点から見てもっとも適当である。記録が消失する心配があれば、処分記録の国際機関への集中をふくめて、記録の保存を複数化すればよい。土地用途規制は、処分場の深度から見て地表面の通常の利用に支障はなく、処分場に影響する恐れのある深層ボーリング、地中爆発などの行為を規制すれば十分であろう。土地の所有（権）と利用は人類の経済活動の基盤条件であるから、社会的観点からは、その記録の持続性は半永久的と見なすことができる。有効な予防措置こそが問題なので、人間侵入の可能性の確立論的評価などの試みには、現実的な意味が認められない。

しかし、IAEA原則が言及している「監視、モニター」は、上記の予防措置とは別の性質の問題であり、処分場の健全性を守るというよりも、処分場の健全性が何らかの原因で損われる場合を想定し、それを検知することにその本来の目的がある。モニターの実施は、異常が生じるかも知れない「万一の場合」を想定していることになるが、高レベルの処分における「万一の場合」とはどう場合なのか、「万一の場合」を想定するのは、隔離概念に矛盾することになるのではないか。技術サイドからは、処分場が目標どおり作られた場合、モニターで検知できるレベルの放射能の漏出はないはずであることも指摘されている。それらの問題点を十分整理する必要がある、合理的根拠がはっきりしないまま、モニターの実施を決めたあとで、論理的矛盾が表面化したのでは収拾がつかないことになる。たとえば、モニターの実施には次のような実際的な問題がある。

- (1) モニターが有効に機能する期間、つまりモニター・システムの寿命はどれ位か。
- (2) モニター・システムの寿命は、処分場の健全性が問題になる期間に比べて、ずっと短いのではないか。というより、その寿命期間は人工バリアが有効に機能する期間内にとどまり、放射能の漏出が考えられる時期とはずれているのではないか。
- (3) 万一にも異常が検知された場合、それが処分場のどの部分の異常なのか、あるいは別の予測しなかった事象によるものなのかを識別できるのか。
- (4) モニター施設が故障したり、異常が検知された場合、対策を構じることが可能なもの

か。たとえば処分場を掘り返すのか。

これらはいずれも、モニターの実効性に関わる疑問であり、モニターを要求する住民側が説明を求めるであろう問題点である。モニターの必要性も、実効性も原理的には認められないという立場で、これらの質問にどのように応えることができるか。モニターの実施は、たとえばPAのためというような理由で、安易に決められることではない。

モニターは処分場の閉鎖手続に関連する問題なので、閉鎖手続が具体的にどのように進められ、そのなかで、モニター問題がどういう位置を占めることになるかを考えてみる必要がある。

3. 処分場の閉鎖手続

処分場の閉鎖（埋め戻し）は、住民の合意を得る上でも、また、閉鎖が行なわれてはじめて処分のコンセプトが完結するという意味でも、きわめて重要な段階であるが、閉鎖手続（手順）にはいくつかの選択肢がある。

処分場は、深地層に数本の水平坑道を掘削し、そのなかにガラス固化体を収納する。最初に全坑道を掘削してから、固化体を収納するやり方も考えられるが、ここでは、最初にまず1本の坑道を掘り、固化体を搬入、収納してから、次の坑道の掘削と固化体搬入を順次にすすめる、段階的な手順を考えてみよう。1本の坑道の掘削と固化体の搬入、収納に数年かかり、全坑道への収納が終わるまでには、最初の縦坑掘削から、恐らく30年前後の時間を要する。さらにそれぞれの坑道ごとに、諸検査や収納後の状態を見きわめるための一定の開坑期間が必要である。それらを念頭におくと、処分場の閉鎖手順には次のような何通りかのやり方が考えられる。

- (1) 最初に収納を終わった坑道から、順次に、一定の時間々隔をおいて閉鎖していく方法。これは閉鎖作業への着手が早いケースで、別の坑道の掘削、固化体の搬入作業との重複を避けるため、閉鎖作業の期間と新坑道の開発期間とが、交互に組まれるスケジュールになるかも知れない。この方法のメリットは、最初の坑道を閉鎖しても、縦坑（深地層へのエントリー）はなお長期間開いているので、最初の閉鎖がテスト・ケースの意味をもつことである。
- (2) すべての坑道への固化体収納を終えたのち、なお一定の開坑期間をおいて、全坑道の閉鎖を一せいに、または順次に行なう方法。
- (3) (2)の特別の場合として、閉鎖の開始までに長期間をおき、できる限りリレトリバ

ブルの状態を維持する方法。

以上のどのケースでも、(1)の場合のように、どれか1本の坑道の全部または一部を埋め戻して、テストケースとすることが可能である。そのさい、処分場の最終的な閉鎖までの間は、テスト坑道にモニターを実施して、収納の健全性を確認することも考えられる。(1)、(2)、(3)の選択肢は、最初に全坑道を掘削する方法の場合も大同小異である。

じっさいにどの選択肢を採用するかは、安全性と技術的信頼性の確立を前提に、最終的には住民の意思（同意）に依存する問題だと考えられる。住民側との協議の成り行き次第で、上記の選択肢のもっとこみ入った手順になる可能性もある。住民の間には、閉鎖によって廃棄物が人間の管理の手を離れることへの不安があり、住民にとって、閉鎖は半永久的な生活の安全保障の問題だと先に言ったのもその意味である。住民の納得が得られない限り、処分場を閉鎖することは確実にむずかしい。しかも、住民の納得を得るという点では、閉鎖手続は数十年先の問題ではなく、処分事業に着手する時点から始まる問題であることに、十分留意しなければならない。

そういう観点から、一つの提案をしてみよう。それは、住民代表を加えた処分場管理委員会（仮称）の設置である。委員会の主な仕事は、固化体の収納を終わった処分場の管理方針、とくに閉鎖手続の決定である。委員会の設置時期は、最初の坑道への固化体収納を終わる時点が恐らく適当であろう。処分の法的責任は事業者にあるので、事業者から必要な情報を提供し、適切な提案を行なって、委員会の承認を求める形になるだろう。委員会の目的、その性格は、十分に時間をかけて、閉鎖に対する住民のコンセンサスを形成するための“場”と考えればよい。住民代表の選出母体は、その地域の事情等によるが、関係地方公共団体から周辺自治体までの範囲が考えられる。

管理委員会には、固化体の収納状態の諸検査の結果をはじめ、閉鎖の技術的方法とその信頼性、開坑しておく場合と閉鎖した場合のリスク比較など、すべての必要な情報が提供され、住民側からモニターの要求があれば、その技術的方法が示された上で、モニターの有効性や実施の可否（上で言及した限定的実施をふくめ）が判断されることになるだろう。そのような討議を経て、最終的に閉鎖の手順やタイミングが決定される。決定までに相当の長期間を要しても、処分場の健全性が損われることはないはずである。委員会に適切な情報が提供され、処分事業への着手後に構築された住民と事業者の間の信頼関係があれば、閉鎖についての合意が成立する十分な可能性があると考えられる。

管理委員会の設置は、深地層の研究施設についても考えられる。この場合の設置目的は、

主に研究施設が将来処分場になるのではないかという、住民の不安の緩和であろう。海外にも同様な考え方があり、たとえばカナダの例では、地下研究施設の管理を自治体側に委ねても、雇用関係等での地元とのつながり、信頼関係が深まっていれば、自治体側が無責任な決定をすることはあり得ないと、関係者は確信している（90年、訪問調査のさい面談）。

処分場の管理委員会は、閉鎖後の制度的管理（＝予防措置）についても決定することになるが、この段階からは責任の主体が恐らくは自治体側に移り、主に自治体の業務になっていくと思われる。したがって、管理委員会方式には管理の移行形態としての適合性もある。

この管理委員会案には、異論が出ることも予想される。閉鎖の時期、ひいては閉鎖の成否に不確実性があるので、そういう不確かな政策はとれない、それは無責任政策だというたぐいの批判である。在来的な発想からは恐らくそうであるが、それらの批判の背後には、処分事業を相かわらず事業者対住民のスキームで捉え、事業は事業者ないし国の責任で実施するもの、住民はたとえばその安全性を理解し、公共の利益のために協力すべき立場、という考え方である。問題はそういう通り一辺の考え方で、高レベルのような超長期の事業をはたして乗り切れるのかである。発想の転換が必要だという意味で、先には「事業者と住民の共同事業（または管理）」という表現を用いたが、住民の立場からは、ガラス固化体収納後の（あるいはそれ以前の）坑道の状態を自分の目で確かめ、専門家の意見をきき、十分な時間をかけて、生活の安全保障の問題を自ら決断することがどうしても必要なのである。

4. 閉鎖前の段階 — 調査・建設・操業

処分事業の終わり（閉鎖）の方からの議論になってしまったが、事業の全体の手順にもかんたんに触れておこう。

昨年専門部会報告では、処分候補地の予備的調査が終わり、その地点を国が処分予定地として決定するさいに、事業者が「地元の下承を得ておく」こととされた。この部分については、「地元の同意をその要件とする」という原案の表現が変更された経緯がある。それ以外の地元との関係では、調査、建設、操業の期間がそれぞれ長期にわたるという特殊性を考慮した、地域振興策の検討を求めており、深地層の研究施設についても、同様に「地域振興のための制度の検討が必要」としている。これだけでは具体的な勧告になって

いないが、処分事業（および研究施設）計画の進展につれて、実情に合った振興策をとろうとする姿勢と必要性の認識は一応読みとれる。

しかし、地域関係に対する配慮が以上にとどまるべきではもちろんない。前節で閉鎖段階について示した考え方は、予備的調査→処分予定地の決定→サイト特性調査→設計・安全審査→建設→操業の全段階を通じて一貫すべきものである。閉鎖段階における処分場管理委員会の設置は、住民との間の長期的な信頼関係の構築に向けた、それまでの努力の到達点として位置づけられるべきもので、そこに至るまでの各段階においても、住民の事業参加に向けたどのような制度的バックアップが必要かつ可能なのかが、検討されねばならない。

原子力発電所のケースでは、対住民関係は安全協定によってカバーされ、事故の通報などの事業者からの情報提供、住民の立入り調査権などを規定している。処分予定地や処分地でも、同様の協定締結が考えられるが、原子力発電所の場合は、協定の主眼が運転開始後の運転期間の安全性（約30年間）にあるのに対し、高レベルの処分は、調査から建設、操業に至る各段階での諸問題が対象であり、本当に安全な処分場が作られるかに住民の関心があり、最終的には閉鎖が大きな問題になるという違いがある。したがって、安全協定の内容は原子力発電所の場合とは大きく異なるはずである。

専門部会では審議が十分に及ばなかったが、今後起きてくることが予想される問題を、その軽重に関係なく列記すれば、たとえば次のようなものが考えられる。

- (1) 予備的調査の結果を事業者が評価し、国が確認するさいの手續や基準。
- (2) サイト特性調査の許認可手續。調査結果の公開、周知の方法。否定的な調査結果が出た場合の処置。
- (3) 処分場の建設着手（あるいはサイト特性調査の段階）から工事が本格化するので、水平坑道を掘削する場合の地上権との関係。損害が生じた場合の賠償。原子力損害賠償法が適用されるのかどうか。
- (4) 建設の過程で、技術的対応がむずかしい事象に遭遇した場合の処置。
- (5) 各段階における住民の立入調査権。
- (6) 安全審査のさいの公聴会の開催。開催は必要。
- (7) そのほか、処分予定地を決めるさいの「住民の了承」について、地元側が同意を条件とすることの「確約」を求める可能性。

これらのほとんどは、住民の意思決定に密接な関連があり、予備的調査に着手する時点

で、手続、方針が明確になっているか、少なくとも概念がさだまっていることが不可欠な問題ばかりである。処分事業の制度面をととのえ、事業の全体像が最初から見えるようにしておかなければ、住民の合意を得て事業に着手し、さらにそのステップを進めていくことはむずかしい。

個別の段階をもう少しくわしく見ると、予備的調査の段階は、その地点がまだ処分予定地ではないので、安全協定はまだ締結されないだろう。しかし、少なくとも情報連絡会を設置して（できれば周辺市町村をふくめ）、調査結果の情報を公開するとともに、処分予定地ではないにせよ、地域振興への何らかの寄与または助成が必要である。またこの段階で、処分予定地が決定した後の地域振興策をも提示し、処分事業がその地域の全体的な振興策の一環として進められるという、この事業の性格と位置づけについて理解を得ることが望ましい。近代文明の排出物であるゴミ、産業廃棄物の処分は、今や全国的な地域問題になっているが、そうした情勢をも見据えて、文明のいわば“必要悪”を社会が適切に処理していけるのだという、新しい都市・地域作りのモデルを創設するくらいの気構えが必要である。

処分予定地の決定は、安全協定を締結し、地元との協議機関をのちの処分場管理委員会に発展的につなげるという想定のもとに創設する時期である。協議機関にこの段階からある程度の管理的性格をもたせ、そのもとでサイト特性調査を進めることも考えられる。重要なのは、地元側が事業のどの段階にも十分な知識をもち、自ら判断し、また判断に参画したという意識をもてるようにすることである。住民側に不安や疑問が残っている程度に応じて、その参加は必ずしもスムーズに進まないだろうが、共同して地域社会作りを進めるという目標が理解されれば — それにふさわしい制度的条件が整えば —、望ましい性格の協議機関ができるだろう。

安全審査が終われば、まず縦坑（旋回下降坑道もあり得る）、ついで水平坑道の掘削がはじまる。この段階になれば、住民にとっては工事にとまなう安全上、環境影響上の懸念材料が出てくるので、それに対応する安全協定の改訂や、準管理的性格の協議機関の設置は当然であろう。坑道の掘削や固化体搬入の手順にも、住民側から注文が出るに違いない。とくに水平坑道の掘削については、地上権との関係や損害が生じた場合の賠償が問題になることはすでに指摘した。この段階までには、最初の予備的調査への着手からすでに20年ないしそれ以上の年月が経過している。その上にさらにその後の操業段階を考えれば、事業者の側にも、その間の作業従事者の士気をいかに維持するかの問題がある。その側面か

ら考えても、単なる処分場作りではなく、より広い地域興しの観点からの国家的プロジェクトとしての意義づけがどうしても必要だと思われる。

以上、一つの討論として、高レベル廃棄物処分の社会的概念の側面を考えてきた。不十分な点が多々あるが、それは今後の研究に委ねるとして、今回の検討の印象を終わりにつけ加えれば、処分事業に着手するための十分条件は、処分概念の技術的信頼性の「確立」だけではないということである。もう一つの条件である社会的受容性は、日本ではともすれば「広報」の問題という理解のレベルにとどまっているが、住民との長期的な信頼関係を構築するには、本当はどこまで制度的バックアップを組み立てることができるかに、社会的受容性の成否がかかっている。動燃事業団の第二次取りまとめが評価される時期には、処分場の閉鎖をふくめて、処分の技術的信頼性ととともに、制度的バックアップの十分性も合わせて評価されるべきであって、そのような方向に90年代の努力が進められることを期待したい。

処分問題における管理の考え方

村 野 徹

1. はじめに

原子力の利用が今後順調に進展するためには、放射性廃棄物問題、特に高レベル放射性廃棄物の処分の問題が解決される必要があるという認識の基に、各国レベルでもまた国際レベルでも、様々な努力が行われてきた。その成果として、放射性廃棄物については、国際的に合意された管理の体系が大筋では確立されている。しかし、その合意は専門家という狭いコミュニティの中の話であり、まだ一般市民を含む広い社会的な合意とは言えない。

廃棄物の分野で頻繁に使用される「管理」“Management”は、一般市民にとって、意外に理解の難しい概念の一つではないかと思われる。これは、一見、単なる用語の問題であるようでもあるが、実際は、廃棄物問題の根本に係わる重要な問題と見るべきではないかと思われる。すなわち、人々の処分にたいする否定的な意見あるいは疑問は、「管理」の考え方と無関係ではないと考えられるからである。

では、専門家が社会に提示している情報は、「管理」についての明快な考え方を示しているだろうか。今日、高レベル放射性廃棄物の処分について、広い国民的な理解と協力が特に求められているとすれば、「管理の考え方」というような、基本的問題についても、広く社会的な理解が進むよう、専門家のサイドからの努力が必要ではないかと思われる。

本稿では、このような観点から、我が国における「管理」の考え方を一つの問題として取り上げ、廃棄物分野の二三の文書を手掛かりにして若干の考察を行った。この種の問題をこの小論で解明し尽くすことは不可能であるが、今後さらに検討を行う契機となれば幸いである。

2. 一般市民の見方

本稿で、一般市民とは、放射性廃棄物の分野の専門家、放射性廃棄物に関する行政の専門家等、放射性廃棄物の問題に直接関与している人々（以下、専門家と言う）を除く全ての人を意味することとする。このような一般市民は、高レベル放射性廃棄物の処分、あるいは、地層処分について、どのように見ているだろうか。以下は、このような方々から、

よく聞く意見あるいは疑問である。

- ① 放射性廃棄物に責任をもつということは、廃棄物を人の手から放さず、しっかりと管理することである。
- ② 廃棄物を処分することがもし、廃棄物を人の手から放すのであれば、それは管理の放棄であり、認められない。
- ③ 高レベル放射性廃棄物のように長期的な危険性を伴う危険物は、処分せずに、最後まで管理すべきである。
- ④ 一体、廃棄物を1万年も管理することが本当に出来るだろうか。
- ⑤ 放射性廃棄物の地層処分は、廃棄物のダンプと全く同じではないか。
- ⑥ 従って、地層処分場は、核のごみ捨場と言えるだろう。

ここでは、「処分」に対する意見が、人々の頭の中で、「管理」の考え方と密接に結び付いていることがよく分かる。もし一般市民が、このような意見を持ち続け、また、このような疑問が解けないとしたら、今日のような民主主義社会では、地層処分という処分対策を実施に移すことは困難であろう。しかも、その背景には、（イ）環境に無責任に投棄された産業廃棄物、あるいは、（ロ）引き取り手がなく放置された廃棄物を目撃した人々の経験やイメージが存在しているものと思われる。

3. 放射性廃棄物の「管理」の発展

今日みられる、放射性廃棄物の管理（Radioactive Waste Management）の枠組みの確立とその発展に重要な役割を果たした報告書の一つは、OECD/NEAが各国の専門家から成るグループの協力によって作成した Polvani 報告書ではないかと思われる。以下、この報告書を手掛かりとして、今日放射性廃棄物の管理と言われているものの大掴みの構成あるいは枠組みを考えてみたい。

(1) Polvani 報告書とは

この報告書の正式の名称は以下のとおりで、報告書を作成した委員会の座長の名前をとって、Polvani 報告書と略称されている。また、この報告書については、大変優れた日本語訳が、原子力産業会議から公表されている。

Objectives, Concepts and Strategies for the Management of Radioactive Waste Arising from Nuclear Power Programmes, OECD/NEA (1977).

原子力の利用に伴う放射性廃棄物の問題解決のために、早くから様々な努力がなされて

きたが、それらの努力の多くは断片的あるいは散発的であったと言える。このような状況の下で、Polvani報告書は、廃棄物問題を包括的に捉えた最初の報告書であった。この報告書が出発点となって、各国の廃棄物に関する活動は組織的に進むこととなったということも出来るのではないかと思われる。

では、Polvani報告書は、廃棄物に関する活動の全体を、どのようなものとして捉えただろうか。

(2) Polvani報告書における「廃棄物の管理」

上述の問いに答えるために、先ずPolvani報告書そのものに沿って、記述内容を辿ってみることとする。また、記述の構成が分かるように、報告書の目次を図-1のように書き換えて示した。

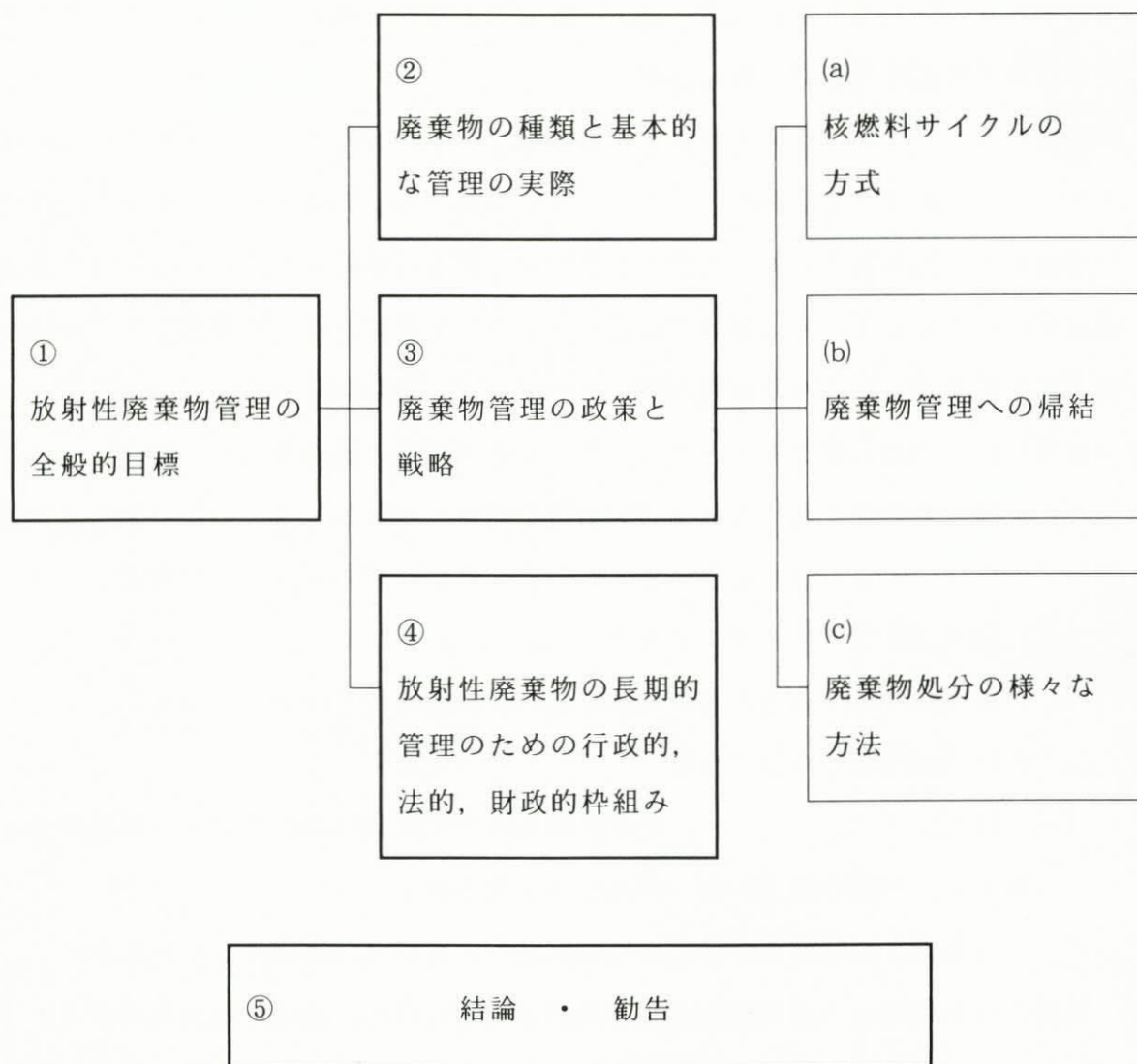


図1 Polvani報告書の構成

Polvani報告書の本文の中心となる部分は、全体で4つの章に分かれているが、それぞれの章を、筆者の理解に従って、極く簡単に要約してみる。

① 管理の目標（放射性廃棄物管理の全般的目標）

この項では、そもそも放射性廃棄物管理は何のために行うべきかを定める際、最上位にランクして注目すべき対象として、以下の2つを先ず示している。すなわち、『人類の健康と安全と、人類の活動と環境に及ぼすその他の潜在的影響』である。これらの問題に如何に対応するかは、今日では、我々の誰でもが認識している、まさに、時代の課題であると言える。次に、これを基に4つの原則を示しているが、その中の一つが、現在および遠い将来の世代をも考慮した長期の放射線防護の原則である。

② 管理の手段、方法（廃棄物の種類と基本的な管理の実際）

この項では、核燃料サイクルから出る廃棄物について、その発生源、量、特徴に基づきそれらの廃棄物管理の方法、特に、技術的手段が述べられている。ここではまた、そのために動員される、「封じ込め」、「分散」、「貯蔵」、「処理」、「調整」、「処分」等というような様々な概念や技術について、放射性廃棄物管理の目標を達成するために分担すべき役割が決められ、さらに用語としての定義も、その役割に合わせて改めて定められている。本研究のテーマである「処分」も、ここでは特に詳しい議論が行われており、「人間の直接的介入に依存することなく廃棄物を人間環境から安全に隔離する」という今日の表現に近い使命が与えられている。

③ 廃棄物管理の方針確立とそのプロセス（廃棄物管理の政策と戦略）

ここでは、廃棄物管理の方針（研究開発を含む）を確立するために行われる、様々な検討の過程、あるいは、検討の論理的筋道が示されている。その中身としては、

（イ）様々な核燃料サイクルの方式の検討、

（ロ）核燃料サイクル方式等の選択によって、廃棄物管理面に、帰結としてどういう問題が出てくるかの検討、

（ハ）様々な「処分方法」と、それぞれについての当時の研究開発の現状の分析を踏まえ、今後の研究開発への提言等が含まれる。

（実際この時期に、各国の地層処分の研究開発は本格化した）

④ 管理の社会的側面（放射性廃棄物の長期管理の行政的、法的、経済的枠組み）

高レベル放射性廃棄物処分の研究開発が開始された初期には、放射性廃棄物の問題が、技術のみで解決できるという考え方が支配的であったが、この考え方は、次第に

反省されるようになった。Polvani報告書は、放射性廃棄物の管理というものは本来、その中に、行政的、法的、経済的対策が含まれるべきことと、それらの大筋の内容がどうあるべきかを明確に示した。

このように、Polvani報告書の中には、今日では誰でも理解できる普遍的な目標の設定から、この目標達成のための長期的安全対策としての処分の必要性、処分技術の研究開発および処分実施のための法律・経済・社会面の対策に至るまで、少なくとも、その基本的な枠組みは提示されていると見る事が出来る。

(3) Polvani報告書以後の発展

世界的にみて、放射性廃棄物の管理が、Polvani報告書（1977）以降、どのように発展してきたかを詳細に辿るのは、本稿の域を超えるが、長期的安全性についての国際基準の確立、地層処分の研究開発、長期的安全評価に関する技術開発、高レベル放射性廃棄物の処分実施のための法律あるいは社会的対策等の各領域での今日までの進展は極めて大きいものがある。しかし、それはまた、Polvani報告書が提示した「放射性廃棄物の管理」の枠組みに沿った進展であったと考える事が出来る。

4. 我が国における「放射性廃棄物の管理」

では、我が国の放射性廃棄物管理に関する記述から、どのような枠組みがよみとれるだろうか。以下の2つの公式文書を手掛かりとして考えてみたい。

- －原子力開発利用長期計画，昭和62年6月（原子力長計－昭和62と略称する）
- －高レベル放射性廃棄物対策について，平成4年8月（部会報告－平成4と略称する）

(1) 原子力長計－昭和62について

この文書は、我が国の原子力利用全般についての基本方針を述べている意味で、原子力の分野で最も重要な報告書の一つであるが、同報告書の中で、本稿の観点から重要と思われる点は以下のとおりである。

- ① この報告書の中で、最も包括的な「廃棄物に関する活動」を表す概念は、「処理処分」であり、「管理」ではない。
- ② 国民の理解と協力を得る対策として、「放射性廃棄物の処理処分等を含めた総合的技術体系の整備」を指摘しているが、その社会的側面の対策には触れていない。

（総論第3章第6節）

- ③ 高レベル放射性廃棄物の「処理処分」の基本方針の表現は、以下のように極めて具

体的、技術的になされており、それを含む包括的な考え方は示されていない。

『高レベル放射性廃棄物は、安定な形態に固化した後、30年間から50年間程度冷却のため貯蔵を行い、その後、地下数百メートルより深い地層中に処分することを基本方針とする』（各論第2章、第4節）

(2) 部会報告－平成4について

この文書は、原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会による最新の報告書であり、高レベル放射性廃棄物の処分対策の推進について従来触れられなかった、処分の実施に繋がり得る具体的な指針を与えているという意味では、従来より大きく前進した報告書であることは明らかである。しかし、本報告書の中で以下の点は、本稿の観点からみて重要であると思われる。

- ① 報告書の表題が、「高レベル放射性廃棄物対策」となっている点が、先ず注目されるが、「対策」という概念の内容あるいは構成については必ずしも明確な説明がなされていない。
- ② 報告書の中では、処分を含む用語あるいは表現は、以下のとおり極めて多いが、何故処分かの説明は省略されているように思われる。
 - －処分対策に対する国民の理解
 - －処分の進め方
 - －処分対策全体
 - －高レベル放射性廃棄物処分の円滑な推進
 - －処分対策に関する本格的取り組み等
- ③ 報告書の中に、「処分場の管理」という表現があるが、その内容は「制度的管理」であり、“Institutional Control”に相当する。しかし、“Management”に相当する「管理」には言及していない。

(3) 我が国における情報の伝達

以上は、我が国の廃棄物に関する公式文書の2例に過ぎないが、その記述はどちらかと言えば、具体的、あるいは、局部的になる傾向がある。勿論、これらの文書は、その性格からみて解説書ではないので、本稿の記述は或いは当を得ていないかも知れない。しかし一般的に言って、我が国では、廃棄物の“Management”についてのまとまった情報は少ないのではないと思われる。

一方、国際機関（たとえば、OECD、IAEA、ICRP）から公表される廃棄物に

関する情報を含む海外の廃棄物情報の中には、“Control”も“Management”も頻繁に出て来るが、その日本語訳は、通常両者とも「管理」である。

このような状況では、日常生活で伝達されてくる情報によって、一般市民が、先に述べたような、Polvani報告書以降進展している放射性廃棄物管理に相当する包括的なイメージを形成することは難しいのではないかと思われる。

5. 考 察

既に述べたように、放射性廃棄物の分野では、事実上「管理」は2つの意味に使われているので、その2つの管理を区別して、管理(control)および管理(management)と略称すると、前者は、主として人間が直接介入して行う比較的単純で特定の活動を指しているのに対して、後者は、複雑で多様な、しかも組織的な活動の全体を意味している。また、この2つの管理は相互に対立するものではなく、管理(control)は管理(management)の一部として包含されるものと考えられる。

以下、2つの管理と処分の係わりを整理し、それを基に、一般市民によく見られる処分の見方を考察してみたい。

(1) 管理(control)と「処分」

高レベル放射性廃棄物を「貯蔵」する場合には、少なくとも、監視とかモニタリングというような管理(control)が必要である。しかし、「処分」をする場合、少なくとも、長期的には管理(control)は必要ではない。すなわち「処分」では、管理(control)のない状態があり得ることになる。「貯蔵」の場合は、管理(control)と不可分に結びついているが、「処分」と管理(control)の関係はルーズであるという表現も可能である。

(2) 管理(management)と「処分」

高レベル放射性廃棄物は、長寿命なので、遠い将来までは管理(control)を継続できないこともあり得ると予想される。そのために予め行う予防的措置が「処分」である。しかし、処分を実施するためには、長期的な安全性を確保しようとするため、広範で長期にわたる研究開発を含む、技術および社会の両面からする包括的な準備活動が必要である。直接的な措置としての廃棄物の地下埋設(狭い意味の処分)に加えて、その前後で行われる組織的活動の全てを、この場合、管理(management)と呼んでいるのである。従って、管理(control)の場合と異なり、管理(management)不在の「処分」はあり得ないのである。逆に、周到な管理(management)が理解できてはじめて、処分の妥当性が確信できるので

はないかと思われる。

(3) 一般市民の見方の解釈

先に、一般市民の方々からよく聞く「処分」に対する見方を紹介したが、上述の2つの管理に結びつけると、次のような解釈が成り立つのではないかと思われる。

一般市民にとって管理（management）は、必ずしも理解し易いとは言えないと思われる。そうだとすると、人々は管理（control）と管理（management）を区別することは難しいかも知れない。さらに、効果的に機能している管理（management）の存在を実感することもなお困難であるだろう。その場合、人々が実感できる管理は、恐らく、管理（control）のみではないかと思われる。

そのような状況の下で、人々にとっての「処分」とは、管理（control）が不十分な「廃棄物の投棄」に等しいと言えるだろう。それは、きちんとした管理（control）を伴う「貯蔵」より頼り無い方法に思われるに違いない。もしそうならば、一般市民が高レベル放射性廃棄物の「処分」を理解できないのは、十分あり得ることではないかと思われる。

6. むすび

以上、管理に関する考え方が、人々の処分対策の理解に影響し得ることを述べた。この意味で、人々が高レベル放射性廃棄物の処分を理解するためには、事柄の断片ではなく、包括的な廃棄物管理（management）の大筋についても何らかの知見をもつことが不可欠ではないかと考えた。さらに言えば、単なる知見ではなく、管理（management）への信頼性がさらに重要ではないかと考えられる。

処分システム性能評価の不確実性

武藤 正

1. はじめに

原子力安全委員会から1992年6月に安全研究成果として公表された報告書では、地層処分に関する安全評価、指針・基準等の考え方に関する科学技術庁の研究成果の中で、「高レベル放射性廃棄物の地層処分の放射線防護の目的は、非確率的な影響を防止し、また、確率的影響を容認できるレベルまで制限することである」とし、この目的を達成するため、今後高レベル放射性廃棄物の地層処分に係わる放射線防護基準の設定にあたり、評価期間や不確実性についての検討が必要であるとしている。

この中、不確実性については国際的にも、OECD/NEAが早くから関心を示して、1987年にはパリで「放射性廃棄物処分システムの性能評価の不確実性」について、ワークショップを開いたほか¹⁾、放射性廃棄物処分に係わる会議でしばしば取り上げられている。この小文では、放射性廃棄物地層処分の性能評価の各段階でどのような不確実性が発生するかについて現状の紹介と考察を行うと共に、評価が困難な人間侵入を含めてこれらに対する考え方を紹介し、その対処の方法について論じる。

2. 放射性廃棄物処分の放射線防護の考え方

IAEAの「高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する安全原則と技術基準」では安全原則の目標として、将来世代への責任と放射線安全の二項目を挙げているが、前者は責任を将来世代に依存することなく長期間生態圏から隔離するという包括的な目的を言い、後者でその具体的な目標として、現在国際的に合意されている放射線防護の原則により人類及び環境の長期にわたる放射線防護を達成することをうたっている。

この放射線防護の原則としてはICRPの放射線防護3原則、すなわち、(a) 実施の正当化 (Justification of Practice)、(b) 防護の最適化 (Optimization of Protection) (ALARA)、(c) 個人線量制限 (Dose Limits for Individuals)を、ベースに考えるのが妥当であろう。この中で(a)は廃棄物処分のみでは正当化されないので、IAEAやNEAでも原子力エネルギー利用の利益により正当化されるとしている。

(b)のALARAの原則は、一般の原子力発電所等の施設の安全評価では、個人線量と共に集団線量によっても評価が行われているが、処分場の性能評価のような場合は非常に判断が難しい。これは未来の社会体制や人口動態、処分場周辺住民の居住生活パターン等が

殆ど予測不可能なため、集団線量の把握が困難であるからである。このため、大部分の国では処分場設計の代替案の評価にのみ適用されているが^{2) 3)}、唯一米国では、例外的に環境庁の基準に未来の集団線量を評価すべきことが決められている⁴⁾。

本来、集団被ばく線量のリスクは、被ばく線量に閾値がなく直線的に比例するリスクを仮定したものである。近年の動物実験の結果では、低レベルの放射線の影響はより高レベルの放射線に比較してかなり小さいことが明らかになっており⁵⁾、この傾向はヒトでも広島長崎の被ばくデータの疫学的評価で明らかにされている。従って、集団線量の評価は原子炉安全評価でも意味を失ったとする意見もある。まして、処分場性能評価のような遠い将来の集団被ばく線量を安全評価項目に入れるのは問題であろう。

このような状況で処分場の性能は、(c)の周辺住民の決定グループの個人線量、または、それと同等の個人のリスクにより評価されているのが普通であり、一般的に処分場周辺の個人が将来の如何なる時点においても有意な放射線被ばくを受けないという予測が可能なが放射線廃棄物の処分を可能とする条件と考えられている。

現在までの高レベル廃棄物の処分後の数学モデルによって計算される線量評価は、図1に示すようにICRPによって明示される受容不可領域より数桁低く、図のはるか左側にあることは明らかである。しかし、この評価値には後述するような色々な意味の不確実性があり、廃棄物処分のリスクを評価するためには不確実性の検討が不可欠になっている。

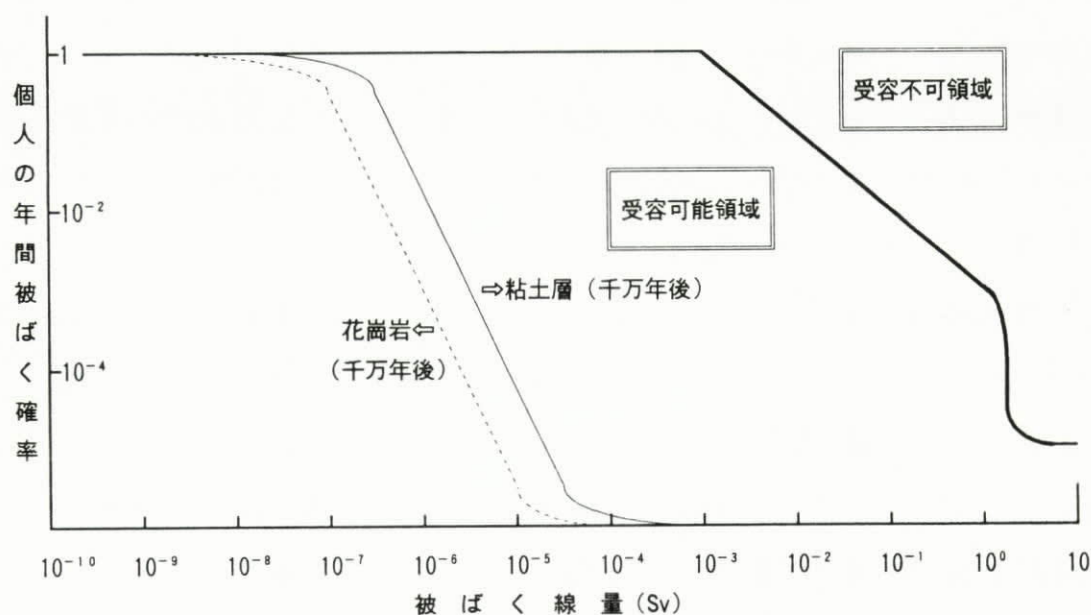


図1 被ばく受容可能領域と最大被ばく線量の線量別被ばく確率
 受容可能領域は文献¹⁾、最大被ばく線量(細線及び点線)はPAGIS⁶⁾より編集。
 後者は通常スケールから対数スケールに書き直したのでおおよその傾向のみである。

3. 不確実性の分類

時間の関数として計算される特定の個人の線量、すなわち、リスクの数学的予測値には、多くの不確実性が存在する。そのような不確実性は処分システムの評価シナリオの構成要素(FEP's) それぞれの不確実性に基づいており、これらについては色々な分類が行われているが、判りやすい代表的な分類として下記を挙げる⁷⁾。

- (1) 処分システム（人工及び天然バリア）の将来状態における不確実性。
- (2) 物理化学的プロセスを模擬するに用いられるモデルやコードの不確実性。
- (3) モデルを動かすに要するパラメーターの数値及びパラメーター値を推測するに用いられるデータの不確実性。

ここではこれを簡単に、(1)を未来の不確実性、(2)をモデルの不確実性、(3)をデータの不確実性と呼ぶことにする。

(1)の不確実性は時間と共にその程度が増大するが、同時に廃棄物の放射能は時間と共に減少するので、それを考慮すれば必ずしも不確実性の増大と共に性能評価の値が発散して解決不能となる問題ではないであろう。

不確実性は別の観点からは確率的（無秩序）変動による不確実性と知識の欠如からくる不確実性とに分類される¹⁾。前者はタイプⅠ、後者はタイプⅡの不確実性として知られている。廃棄物処分施設のシステム性能評価の特徴は、このタイプⅡの不確実性が多いことで、原子力発電所の安全評価との差を考えると理解が容易になる。

原子力発電所の安全評価では比較的短期の挙動評価のために、実験や実証に裏付けられたデータにより多少の誤差を含むものの定量的な評価値が得られ、かつ、その影響は時間には関係ない。すなわち、タイプⅠの不確実性が主でそのばらつきは比較的小さく、また、タイプⅡも比較的限定された範囲に止まるであろう。

これに対し、廃棄物処分場の性能評価では多くのファクターが関係し、直接的な実験や実証が殆ど不可能であり、多くの仮定の下に間接的ないし部分的な実験、実証に基づかざるを得ないので、その不確実性はタイプⅠ、Ⅱに係わらず前者に比べれば非常に大きいものとなる。

これらの中でタイプⅠの不確実性は確率論的な解析や感度解析の手法によりある程度評価が進み、特に後者の感度解析は殆ど被ばく評価に影響しないファクターの整理に有用である。我が国でも1990年頃から複数の研究開発機関で実施されている。

タイプⅡの不確実性はH L Wに含まれる放射性核種の長い半減期からくる時間の要素、

すなわち、極端に遠い未来においてどのような条件が支配するののかについての知識が欠如していることが最も大きな要素である。この中には未来の人間の行動も含まれる。さらに、自然の地層の変動性と不可知性（予測の不可能性）もこの重要な要素であろう。米国科学アカデミーの国立研究諮問委員会は、米国の関係政府機関が大量のデータベースや高度の計算機モデルがあれば、短い寿命の間に予測する属性を持つ原子力発電所やジェット機の設計のように、処分場を適切に設計できると勘違いしていると批判している¹¹⁾。

タイプⅡの不確実性の影響を定量的に表すには、主観的確率を用いた確率論的不確実性解析によって評価できる。この主観的確率は成るべく多数の専門家が関与して何度も繰り返し実施することが望ましい。その結果、ある年のそれぞれの年間線量に対して主観的信頼範囲が得られる⁷⁾。専門家の判断は意外にばらつかないといわれているが、繰り返しプロセスによって収斂してゆく傾向も一般に認識されている¹¹⁾。

上述のように、国際的にも我が国においても、評価の不確実性の検討対象は定量的情報を得ることが出来るデータから発生するタイプⅠの不確実性に焦点が向けられきている。このような不確実性の処理は、性能評価の信頼性を高め無駄な努力を防ぐ意味で重要であるが、ここではその数学的処理等の手法を含めて他に譲り、むしろ、タイプⅡを主として不確実性を中心に述べることにする。

4. 性能評価における不確実性

放射性廃棄物の地層処分によるリスクは、主として、固化体中にある有害核種が地下水に溶け出し、人工バリアを通り、天然バリアを通過して、非常に長い時間かかって移行して生物圏に入り人間の体内に取り込まれるプロセスの結果与えられる可能性である。この時間的にも空間的にも長い複雑なプロセスの間に評価に影響する多くの要因項目がNEAで列挙されている。これらの中には殆ど影響のないもあり、また、確率が極端に低くて評価する必要のないものもある。以下では多数の要因にあるタイプⅡの不確実性の中から比較的認識が薄いと思われるものを最近の文献^{3) 8) 9) 10)}を参照して例記してみる。

4.1 ガラス固化体からの核種溶出

ガラスの溶解ないし腐食に包含されるプロセスは実験が比較的容易なためデータも多く良く分かっている部分と言えるが、長期の溶解プロセスはなお研究の余地も多い。このプロセス部分は、実験値の外挿や加速試験のデータを用いた数学的モデル化が容易とされて

おり、さらに、その結果をナチュラルアナログで検証する試みも盛んである。ガラス固化体からの核種溶出についての主な不確実性には以下のようなものがある。

(1) 溶解時間の最大値及び最小値

EC委員会の放射性廃棄物管理に関する1990年のルクセンブルグの会合の高レベルガラス固化体及び α 廃棄物固化体についての議論では⁸⁾、原寸のガラスブロックが流れる川の中のような条件では最悪の場合で100年程度の寿命と計算される一方、花崗岩処分場相当の年間キャニスター当たり1ℓの流量では十万年になり得るし、しかも、ガラスは溶解でなく変質状態で残っている程の差がでるとの意見があった。

(2) 再沈澱及び腐食生成物への吸着

ガラス腐食実験の結果では、ある種の放射性核種はガラスマトリックスと共に溶けて液相中に定量的に見いだされるのに、別の例えばアクチニドのようなものは溶解度を超えて周辺で沈澱を起こしたり、ガラス、新たに生成された腐食生成物や沈澱物やコロイドの表面に吸着されるような現象がある。さらに、これらは周辺の水の化学的物理的条件により、それぞれの核種の原子価や錯イオンの生成条件が異なるので、この評価には原位置の実際の化学的物理的条件のデータとそれぞれの核種の多くの固相や水溶液中の化学種の熱化学的データが要求される。(実験値のみでは条件が変わった場合の評価ができない。)これらの熱化学データは未測定で他の類似核種から類推されたものもあり、測定されても信頼性に欠けるものも多い。

(3) シリカポンプ

シリカで飽和したシステムではガラスの腐食速度は3桁減少し、完全に変質するまでこの速度で溶解すると評価されている。しかし、ある種の粘土が共存するとシリカが飽和せずシステムから連続的にポンプのようにシリカを取り出す「粘土効果」が知られている⁹⁾。同様な効果は酸化第二鉄のような容器の腐食生成物でも起きると言われている。

4.2 人工バリア

バリア機能の不確実性の多い天然バリアに対して、人工バリアのバリアとしての評価上の比重は非常に大きくなってきているので⁴⁾、不確実性を十分に吟味する必要がある。

(1) 充填材の流出の可能性

充填材の安定性、特に地下水による流出がどの程度の時間で起こるかは、評価が困難でタイプⅠというよりタイプⅡの不確実性を持つ問題である。

(2) ガス発生の問題

処分場におけるガス発生源は、(a) オーバーパック（中低レベルでは、金属廃棄物及び容器）で起こる水との還元性腐食反応による水素ガス発生、(b) 水の放射線分解、及び、(c) 有機物の微生物分解が主である。(a)が最も大きいと言われており、特に高レベル廃棄物の場合、通常オーバーパックの候補材として考えられている厚肉の炭素鋼と水との反応によるガス発生は多くの評価の対象になって世界的に関心が高い問題である。このガスは散逸しない場合、熱化学的には数百気圧に達すると評価されるので、緩衝材や充填材のガス透過性が問題となり、厚いオーバーパックは水素発生の不利が機械的強度の重要性よりも大きい可能性がある。

この問題はOECD/NEAが、このためのシンポジウムを1991年に開いたほか、EC委員会でも粘土層中のガス移行等を、1990-4年の研究プログラムに入れている¹¹⁾。米国でも岩塩層中の挙動に関して多くの研究が進行中である。現在は未だ知識がかなり断片的であるが、不透水性の緩衝材や地層では非常に過敏な問題であり、処分場のガス圧力の増大が処分サイトの全体の安全性に影響しうることを認識しておく必要がある。

(3) ガス輸送の問題

発生したガスの人工バリアや天然バリア中の輸送は、割れ目のない充填材や粘土層中では、ガスと粘土成分との間で酸化還元による化学反応を伴って粘土を通過する分子拡散が支配する。上記のかなり大きなガスの発生量を吸収するには、拡散は極めて不十分であるのでガス圧は増大する。水を吸収した毛管は小さな圧力ではガスを通さず間隙の圧力がある圧力に到達すれば、比較的大きい毛管は破壊して割れ目を生じ、それを通してガスと水の二相流動が起こる。生成した割れ目は地圏へと動く放射性核種の加速された移行通路になるおそれがある。しかし、ベントナイトのような充填材ではガスが逃散した後、地圧の方が高くなり割れ目はじきに閉じると考えている人が多い。

NAGRAの総裁であったRometch は最近スイスで通常泥岩(marl)と呼ばれる砂層を含む粘土層を通じたガス輸送の解析を行った結果、この地層は圧力を減少するに充分であるが、水の輸送を十分に止める性質を持っていることが分かったと述べている。しかし、根拠は不明である。また、ローマ人が残した2000年前の鉄の金床が見かけ上腐食が少なく新品のように見えた例から、ガス透過性はあるが、不透水性で腐食ガスの発生が非常に少ない処分場を設計することは可能であると述べている⁸⁾。

4.3 天然バリア

地球科学は過去20-30年の間で記述的要素が減って、複雑なシステムで過去を推定し再構成するだけでなく予測も可能になってきた。現状では、地震や火山噴火でも何処に起こるかは予測可能であるが、何時起こるかは予測が困難であると言われている⁸⁾。従って、地震や火山噴火の確率が零でないにしても低い場所に処分場を選ぶことはできよう。

天然バリア中の放射性核種の移動に関係する要因としては、大雑把には以下のようなものが挙げられている¹⁾。

- (a) 過去の地圏・気候データと今後の予測
- (b) 地層条件（割れ目系、細粒均一系）
- (c) 鉱物相データ
- (d) 核種の熱化学的データ — 遅延係数
- (e) コロイドの知識
- (f) 二相流動

この中で、(d)～(f)は人工バリアを含めた共通事項であり、物理化学的実験により大部分はデータをカバーすることが可能である。地層の長期持続性に関しては、(a)の地球全体の問題と、固有のサイトの安全性と関連する(b)、(c)のような地域的要因とに分けられる。

(1) 地圏全体に係わる問題

処分場の安全性に係わる地圏全体に関連する現象としては、沈下（処分場は生物圏からより隔離され安全性は増大する）、隆起（安全性レベルは減少、隆起速度を処分場の寿命に関連して評価する必要あり）があり、地層が安定していても、気候変動により沈下あるいは隆起と同様な事態になることを考慮に入れる必要がある。

(2) 地層条件の変動要因

より局地的な地質現象として断層や火山噴出、温泉の生成等が考えられる。特に、処分場を横切る断層が発生する場合は、地下水流のパターンを変えて被ばく量を増大するおそれがあるが、一般に恐れられる程大きな影響は考えにくい。MoIの粘土層の評価では、非常に低い断層発生確率と発生しても粘土の自己シール性のため $10^{-13} \sim 10^{-14}/y$ の極端に低い個人リスクに止まっている⁶⁾。

また近年、地下水は地層全体を流れるのではなく、疎らな間隔で存在するチャンネルを通じて流れることが明かになってきた。通常の放射性核種の輸送速度は遅延係数と地下水流速を掛けて算出されているが、これは細粒の均一媒体では事実でも、破碎媒体では真実

ではない。この場合は割れ目に最も近い非常に小さな部分のみが流水と接し化学的に平衡する。平衡部分はパーセントオーダーに止まり遅延係数はそれに対応して低くなる。

(3) 鉱物相データ — 核種の熱化学的データ

ウランだけでも数百の鉱物があり、プルトニウムやテクネチウムでは固相や化学種に関する知識はなお非常に限られている。また、熱化学データはしばしば非常に古いデータが含まれて信頼性に欠けるものがあり、継続してデータ収拾に努める必要がある。幸いに、地層処分場システムは主な化学種で支配される傾向があり、多くの知識がある固溶体鉱物をみればよいことになる。

多くのモデルでは地圏における放射性核種の移行について遅延係数や収着に関する単純な式を用いている。これは大部分実験と測定に基づいた評価であり、複雑な可変要因を持った天然の岩層中での放射性核種の移行の長期予測には実証性に大きな弱点がある。もっと多くのフィールドデータが必要である。

(4) コロイドの役割

放射性核種を含むコロイドは粘土等に収着しにくく、容易に地下水に分散して流れるおそれがある。これは、一次コロイドと呼ばれる溶解度の小さい核種が析出したものと、疑似コロイドまたは二次コロイドと呼ばれる放射性核種を吸着するコロイドに大別される。後者はニアフィールドにおけるガラス溶解沈澱物やオーバーパックの変質物、ファーフィールドでは粘土や非晶質シリカ等に分類される。生成条件やコロイドの性質により行動が予測しにくい。

(5) 二相流動

人工バリア中のガスの輸送で述べた二相流動は天然バリア内でも起こり得るが、実験的なアプローチが今後行われるようであるので、それによってこの不確実性は減少するであろう。

(6) ナチュラルアナログの役割

放射性廃棄物の処分では予測が極めて特異な状況にある。通常はデータを集積し、理論やモデルに入れて確認して予測した結果を、一週間から、せいぜい一年と言った非常に短時間で実験による検証を行うに過ぎない。HLWの場合、時間軸が実験の範囲を大幅に超えており、この点、条件の差等限界はあるもののナチュラル・アナログが非常に重要な役割を果たすことになる。ナチュラルアナログは我々に定性的定量的データを提供し、地球化学モデルを検証するのに役立ち、概念モデルを開発する大きな助けとなっている。

5. 人間活動

人間活動、特に、処分場へ直接人間が侵入する人間侵入 (Human Intrusion) は、通常の性能評価手法では処理しきれない要素を含んでおり、別個に評価すべきであるとの意見⁴⁾も多い。未来の人間社会の考え方や制度等の不可知性を考慮に入れると、通常のシナリオ解析では人間侵入の評価は殆ど不可能になる。従って、この問題の処理には科学的なアプローチよりもむしろ通常の社会的通念に基づく判断が重要となると考えられている。

しかしそれにしても、社会的判断を行うための人間行動や過去現在のデータは必要であり、このためNEAがイニシアティブをとって、人間侵入のデータベースや影響計算に用いられるパラメーター値のシステムティックな比較を実施している。表1にECで行われた評価の結果を1例として示す⁶⁾。

表から、人間の侵入行為があっても掘削した井戸水の利用では許容量を超えるような事象にはならないことが分かり、また、井戸の掘削者は多少大きな被ばくを受けるが、現行の職業人の許容量を超えるものにはなっていない。

勿論、これには不確実性が大きいいためより大きな被ばく量になる可能性はある。以下に人間侵入に関し文献上に現れた主要事項をまとめて示すこととする。

5.1. 人間侵入事象の予測方法

人間の挙動に対しては通常の数学的手段に基づく予測技術は適用できず、専門家や有識者の判断がこの問題に回答を与える主要手段になるとされている⁸⁾。しかし、最終的なリスクの値は下記のように通常の被ばくリスクの算出と似た手法が採られている。

確率推定は科学的予測を行い得ないような場合でも、この推定への系統的/定量的努力

表1 PAGIS⁶⁾ の評価のまとめ (最大被ばく量/処分後時間)

	地下水シナリオ (決定論)	人間侵入 (井戸水摂取) (掘削者被ばく)
粘土層(1)	~ 10^{-8} Sv/y / 11 my	$1 \sim 3 \times 10^{-7}$ Sv/y / 11 my
花崗岩(2)	6×10^{-6} Sv/y / 3 my	1×10^{-4} Sv/y / 0.1 my
岩塩層(3)	10^{-6} Sv/y / 15 my	16×10^{-3} Sv/y / 0.1 my 3×10^{-5} Sv/y / 0.7 my ^{*)}

- (1) ベルギーの Mol が評価対象、参考の Harwell の井戸水摂取では 10^{-5} Sv/y。
地下水シナリオキー核種；Np-237、人間侵入キー核種；Tc-99, Np-237
- (2) フランスの Auriat が評価対象、
地下水シナリオキー核種；Np-237, Th-229、人間侵入キー核種；Np-237, Th-229
- (3) ドイツの Gorleben が評価対象、^{*)} 溶解により地下水が処分場まで到達の場合
地下水シナリオキー核種；Np-237、掘削者被ばくは溶解採掘による。

を積み重ねることによって、重要な要因を同定して可能な手段を示すことに大いに役立つとされている。例えば外挿に用いられたボーリング頻度のような基礎データは数カ国で近似的には同一であったと報告されている¹²⁾。

影響解析は確率と比較して、予測される影響の評価がより定量化が容易である反面、シナリオの変化に非常に敏感であり、モデルのインプットパラメーターの感度解析を行う必要がある。この際、数学モデルにおける全ゆる仮定と計算の簡素化による影響に対し、信頼できる理由付けが必要で、予測の不確実性は全て明示されるべきとしている¹²⁾。

5.2. 人間侵入の可能性と影響

人間侵入の潜在的影響を見る方法として単純な直線的外挿は用いるべきでない。現実の観察と歴史の利用を行うことによって将来起こりうる事象への鍵を探るべきである¹²⁾。技術的、社会的及び経済的發展に関係する要因は人間侵入の確率や影響に対してマイナス方向と同様にプラス方向にも影響し得る。例えば、広報のためのより有効な方法、地層に関する知識の増大、安全な貯蔵、あるいは資源探査のための非破壊技術の使用が増加して意図的でない侵入のリスクは減少するであろうが、一方、貯蔵や地熱エネルギー等のため地下空間の使用が増えてリスクは増大し得る。

直接侵入シナリオでは単に侵入者に対する影響のみならず、地下水シナリオへの影響、すなわち、地下水流動システムに対する影響という観点で見しておく必要がある¹²⁾。地下水流動経路の末端の変化や他の放射性核種輸送機構への影響についても研究の要求がある。我が国の場合、この地下水シナリオへの影響が主に研究されている。

6. 性能評価の前提条件

性能評価の前提条件としては、冒頭で述べたような安全性の何を、何時まで、どの程度の精度で実施すべきか（評価対象、評価の期間、不確実性の程度）、及びこれらを包含してどのような規制が行われるべきかの問題がある。重要なのは、意義の大きい不確実性やリスクを些細なものとは区分することであり、研究開発はそのためこそ行われるべきなのである⁴⁾。

評価者は時として本来の目的である処分のリスク解析や安全性よりもこれらの分野で関係のある科学的興味が優先してしまう傾向がある。今までの研究開発によって認識された最大の問題は、我々が多く知れば知るほど、多く知る必要があることであり⁴⁾、研究の発

散を防ぐために主要課題の関連事項をよく整理管理することが重要である。

6.1 処分対象の不確実性（処分固化体の長寿命核種インベントリー）

1970年代末期から米国の核不拡散法の成立等の核燃料サイクルの考え方の多様化を契機に、使用済燃料の直接処分の考え方が米国やスウェーデンで出てきた。当初から固化法の研究は、技術的経済的フィージビリティと共に処分場の設計と関連して固化体の溶解性の見地からの検討が行われてきたが、これにインベントリーの問題が加わった形になっている。加えて、1980年代に我が国が提案したオメガ計画では長寿命核種を群分離及び消滅処理によって、さらに2桁以上下げる研究開発がなされており、使用済燃料と比較すれば数桁も長寿命核種のインベントリーが異なるのである。

オメガ計画は研究開発と割り切っているので検討の対象外にするとしても、使用済燃料の直接処分は高レベル廃棄物処分の考え方に少なからず混乱を与えたように思われる。米国では、軍用の高レベルガラス固化体と民生用の原子力発電使用済燃料をコンディショニングしたものを同じユッカマウンティンに処分する計画である。当然起きてくる疑問は、アクチニド、特に、プルトニウムの含有量が大幅に異なる廃棄物を同じようなレベルで地層処分できるのかという問題である。これに対する明快な答えが無いことが地層処分に対する信頼性に疑惑を抱かせる一つの要因にもなっていると言って良いであろう。

これらの米国でいう

二種類の高レベル廃棄物処分のリスクは、プルトニウムとウランのインベントリーの差が反映される筈であるが、他の放射性核種の量は同じであるので、その評価は娘核種の影響でそれ程簡単ではない。

また、廃棄物パッケージの差により浸出率や溶解度等が最終的な

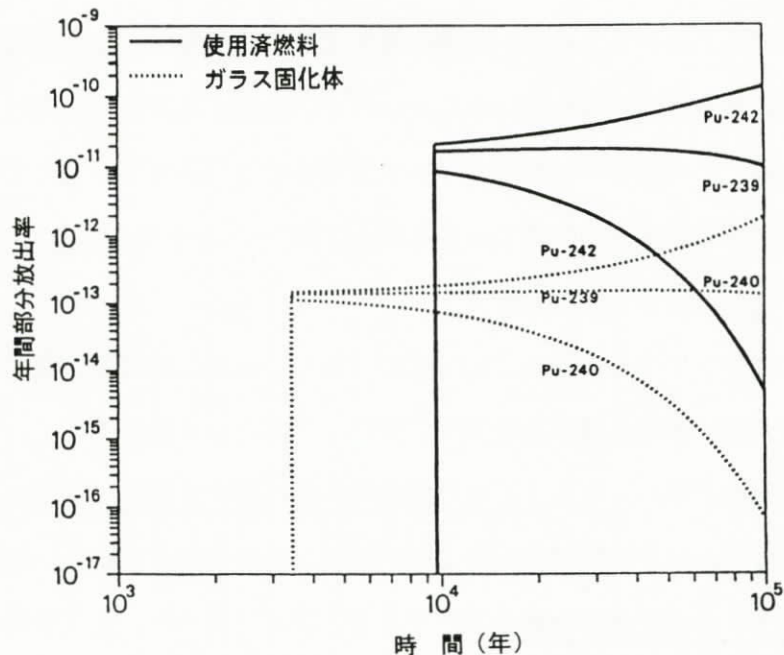


図2 HLWガラス固化体と使用済燃料のPu放出⁹⁾
地下水は1000年で接触、水の浸透速度は0.5mm/y

核種移行や被ばく量評価に影響するし、空隙率等の廃棄物固化体の構造や処分場の工学バリアを含む設計の差も大きく影響する。

このためもあって両者の処分時の核種移行挙動を評価した研究はあまり多くない。図2は少ない比較研究の中から、不飽和状態のユッカマウンティンを仮定し、上部から入り込む地下水への溶解度を制限因子とした1例を示したものであるが⁹⁾、現在考えられているニアフィールド設計で、2桁前後の全放出率の差が出ている。図で使用済燃料の方が核種放出までの時間が長いのは固化体容器内の空隙が多く地下水が満ちるまでの時間が長いためである。

実際の影響は、さらに、それにインベントリーの比率を掛けたより大きい比率で違ってくる。プルトニウムの濃度は使用済燃料とガラス固化体との間で約100~200倍の差があり、全体の影響は四桁程度の差が出ることになる。

6.2 評価の時間枠

長寿命核種を含まない低レベル廃棄物の場合は、3百年でも大きな減衰効果が期待できるので、性能評価の対象時間は比較的短くて済む。しかし、高レベル廃棄物やTRU廃棄物の場合は、同様に核種の半減期のみを考えて時間枠を決めようとするれば、地質年代と同等な期間を考慮することが必要になる。これは人工バリアの健全性を考慮する時間を遙かに超えたものとなり、ある時間以後の評価は地層の隔離性能に期待することになる。従って、上述のような遠い将来の地層状態の不可知性により評価は不確実性が増大し、超長期の評価は信頼性を失いかねないので、各国とも評価の時間軸をカットオフして対処している。この時間枠の問題については別稿で述べられているので、詳しくは触れない。上記地層の安定性との関連で公表された文献^{8) 13)}から整理すると下記の通りである。

(1) カットオフの考え方

カットオフを行う論理的な根拠はなく、また、期間を定義する単純な技術的基準はない。安全性の実証を要する期間は、単に1万年という話ではなく、千年から百万年まで広がる。米国等で用いられる1万年は定量的評価に関する期間に適用するものである。1000年とか百万年という時間は現在の工学的経験と比較して非常に長い期間であり、技術的な問題というよりも社会的合意の問題であると言ってよいが、地質学的には例えば花崗岩は数億年のオーダーの古さで存在しており、従って、これらの地層の大部分の特性は処分期間の間かなり安定であろうと期待することは可能である¹³⁾。

しかし1万年まででも、地表近くの水の影響や線量値を正確に予測することはできない。幸いなことに性能評価のためには1万年後のある日の温度を詳細に予報する必要はなく、温度の限界を知ればよい⁸⁾。気候に大きな変化がないと仮定しうる時間軸で処理する必要がある。

(2) 各国の実体

評価期間はカナダ、米国及びドイツが1万年の定量的評価期間を置いているが、他の国ではそのようなカットオフ時間を持たず、百万年またはそれ以上を考えている。1万年は完全に任意的なもので、高緯度における次の氷河期が可能になる時間に基礎を置いたものである。氷河の影響のない国では、少なくとも最大の影響が評価できる点まで延長しなければならないとする考えもある⁹⁾。

6.3 規制

一般に廃棄物処分の性能評価解析として、決定論的最適値評価と確率論的不確実性解析の組合せが、最適であるとされている。用いられる不確実性解析の形態は規制の要請によって決定すべきであるという一般的合意がある¹⁾。規制決定者は未来はるかの挙動の予測に含まれる確実性の限界を知る必要がある¹³⁾。

(1) 規制目標

米国を別とすれば、単純な個人線量制限値で表しているスウェーデン、スイス（何れも、0.1mSv/y）やドイツ（0.3mSv/y）と、リスクで表す英国やカナダがある。ICRPは個人の線量制限にリスクで示すことを好んでいるようで、決定グループに対して $10^{-5}/y$ の適用を勧めている³⁾。これは従来のリスク係数では1mSv/yに相当する（最近のPub.60では約半分になったが、上記の低線量の影響からはその妥当性は疑問がある）。英国、カナダともリスク限度としてその一桁下の $10^{-6}/y$ を与えており、線量と意味としては同様である。線量制限でなくリスクの場合は、確率が小さいが、影響の大きいイベントを原理的には除外しうるが、現在、規制として明解に除外規定を作っている例は殆どない。

(2) 米国の規制

HLW処分の現行規制は、NRC公布の10 CFR Part 60とEPA公布の40 CFR Part 191に委ねられる。NRCの基準は定性的かつ定量的であり決定論的であるが、間接的にのみ公衆の健康安全に関係している。一方、EPA基準は定量的と定性的な部分を含み、短い期間(1000年)では決定論的で直接間接に健康影響に関係しているが、長期(10000年)

では確率論的で健康影響に間接に関係している。これは具体的には、1万年で1000トンの使用済燃料及び高レベル廃棄物または1万キュリーのα放射性核種に対して10人の癌死以下であることを要求し、また別に、処分後の1000年間で公衆の個人にあらゆる経路の被ばく量に 25 mrem/yの制限を置いている。しかし、1993年 3月までコメントを求めている 40 CFR Part 191では後者の1000年間の代わりに1万年間、また、25 mrem/y の代わりに 15 mrem/yの制限を提案している。何れにせよ下線のような規制は他には見られず³⁾、評価不能であるとの強い批判があるのは上述の通りである¹⁾。

7. 不確実性の社会的受容

高レベル放射性廃棄物処分を社会的に受容してもらうためには、その性能評価による処分のリスクが非常に小さいことと共に、起こり得る現象と非常に長い時間に伴う不確実性について納得のいく説明が必要となる。性能評価においては、具体的なリスクの値を出す必要があるが、リスク、すなわち、「発生確率」×「影響（致命的影響の確率）」で表せるこのパラメータの概念と、「発生確率」と「影響」が共に全体として大きな不確実性を含んでいることをどう一般に理解させ得るかが問題となる。このためには以下のような項目がポイントになると思われる。

- (a) 一つ一つの事象を想定して見た時、多くの専門家が指摘するように、不確実性は専ら発生確率に多く残され、一般公衆が問題とする影響は相当程度信頼性のある評価が可能である。
- (b) 原子炉の事故評価、特に確率論的な評価と対照しながら見ると、高レベル放射性廃棄物の地層処分は定常状態（原子炉で言う平常時）としては非常に小さい影響、すなわち、普通自然放射線バックグラウンドの千分の一またはそれ以下の影響しか与えない。
- (c) 一方、原子炉の重大事故に相当する地殻変動や人間侵入のような異常事象では、極度に小さい発生確率とかなり大きい影響がある。もっとも、チェルノブイル事故を考えれば原子炉と比較して影響は極めて小さいと評価され、一般的には地殻変動の場合、TMIの事故程度の影響、人為事象でもRI事故程度の影響しか考えられない。

このような観点で原子力エネルギー利用の体系全体から考えると、安全評価上はもっと重要な厳しい問題があり、現在の一般の関心の高さと実際に考えられるリスクとの間にはかなり距離がある。しかし、放射性廃棄物処分が原子炉の運転よりも安全という言い方は

原子力利用全体にとって良いことかどうかPA上の疑問がある。

このリスクの概念は公衆には理解不能であるとの意見も強いが、筆者は大部分の公衆は無意識にリスクの概念を用いており、数字を適切な文章表現に変えることによって理解可能と考えている。逆に、リスクの概念なしに高レベル放射性廃棄物処分を説明する手段があればよいが、ナチュラルアナログのみを用いるような方法はあまり関心のない人には有効であろうが、オピニオン・リーダーを納得させるものとはなり得ないであろう。しかし、リスクをどう表現するか等、今後大きな努力を要する問題であることは間違いないと思われる。

おわりに

以上、高レベル廃棄物の地層処分の性能評価の不確実性について述べたが、不確実性は評価の全般にわたるものであり、百以上のシナリオ構築の項目(FBP's)について考慮する必要がある。しかし、このことは全ての項目にわたって本文中で述べたような感度解析や確率論的評価が必要であることを意味する訳ではない。むしろ、あまり大きな影響を与えない項目や、極めて確率が低い事象をスクリーニングするプロセスが重要であると思われる。本文中でも触れたように、特にタイプIの項目では簡単な感度解析で除外できる項目もあり、この手法はそれなりに効果があると思われるが、相当数の項目はタイプIIの不確実性のためそのような手法が適用できず、専門家の直観的判断によってスクリーニングされているのが現状である。

この専門家とは地層処分の専門科学者だけを意味するのではなく、それに加えて関心のある社会学者や自然科学者を加えた専門家を意味している。広い層の意見を集約することによってそれらの判断の信頼度が増すだけでなく、この問題は地球環境問題の評価決定の先駆けとも言うべき社会的決定であるからである。

従ってこの場合重要なことは、地層処分のリスクだけを取り上げて考えるのではなく、人間の行動には必ずリスクを伴うことを認識して、他の産業廃棄物の処理処分は勿論のこと、人類社会の活動に対するトータルな価値判断に基づいて判断することが大切である。また、この判断の過程を透明にして一般の人に分かるようにすることが、地層処分が社会的に受け入れられるための最も重要な要素になると思われる。

参考文献

- 1) OECD/NEA; Proceedings of an NEA Workshop, Seattle, USA, 24-26 Feb. 1987, on Uncertainty Analysis for Performance Assessments of Radioactive Waste Disposal Systems (1987)
- 2) OECD/NEA; "Long-Term Radiation Protection Objectives for Radioactive Waste Disposal", Report of a Group of Jointly Sponsored by RWMC & CRPPH. (1984)
- 3) OECD/NEA; Radiation Protection and Safety Criteria. Proc. of an Workshop Paris 5-7 Nov. 1991. (1992).
- 4) Natl. Res. Council; "Radioactive Waste Repository Licensing, Synopsis of a Symposium Sponsored by the Board on Radioactive Waste Management (1992)
- 5) ICRP Publication 60; 1990 Recommendation of the ICRP Adopted on Nov. 1990. Annals of the ICRP 21, Nos.1-3 (1991)
- 6) N. Cadelli et al; Performance Assessment of Geological Isolation Systems for Radioactive Waste (PAGIS). EUR 11775 EN (1988)
- 7) E. J. R. Bonano & G. E. Apostolakis; Theoretical Foundation and Practical Issues for Using Expert Judgement in Uncertainty Analysis of High-Level Radioactive Waste Disposal. "Radioactive Waste Management and the Nuclear Fuel Cycle" V.16, p.137 (1992)
- 8) L. Cecille ed.; "Radioactive Waste Management and Disposal", Elsevier Applied Sci. (1991)
- 9) T.H. Pigford et al; A Review of Near-Field Mass Transfer in Geological Disposal Systems. Radioactive Waste Management and the Nuclear Fuel Cycle, V.16, p.175-276 (1992)
- 10) Neil A. Chapman & Ian G. Mckinley; "The Geological Disposal of Nuclear Waste", John Wiley & Sons, New York (1987)
- 11) OECD/NEA "Workshop on Gas Generation and Release from Radioactive Waste Repositories", held in Aix-en-Provence, September 23-26 (1991).
- 12) OECD/NEA; "Risks Associated with Human Intrusion at Radioactive Waste Disposal Sites", Proceedings of an NEA Workshop, Paris 5-7 June, 1989.
- 13) Robert M. Bernero; Performance Assessment: The bridge between regulatory decision-making and scientific uncertainty. "ANS High Level Radioactive Waste Management" Proceedings of the 2nd Ann. Intern. Conf., Vol. II p. 869, Las Vegas, April 28-, 1991.

地層処分で考慮すべき時間の尺度

増 田 純 男

1. 評価時間の設定に係わる国際動向

1.1 ICRP Publication 46 (1985)

(1) 技術的考察

種々の代替案の中からの選択の問題である意思決定に於ては、それぞれの代替案について想定される放射線による影響の差異が明確となる側面あるいは部分が関与する。集積線量の見積もりについては、個々のオプション間の評価結果の差異が識別できなくなる時点で線量の積分を中止すべきであるという事を意味する。

打ち切り時期を定める事のもう一つの理由は、評価期間が長期に及ぶに従い評価結果の不確実性が増大し、各オプション間の適切な比較を妨げると言うことである。

(2) 倫理的考察

倫理的観点からは、遠い将来に生ずるであろう損害と、現在もしくは予測可能な近い未来に生ずる損害とに同じ重みを置くべきか否かについて議論が続けられている。

この議論は、対立する二つの考え方からもたらされている。遠い将来に生ずるであろう損害の現在における負の価値は割り引かれるべきだという社会通念が存在するという考え方と、他方では、遠い将来に損害を受ける人々は、その様な損害を生ずるに到った意思決定に参加することができず、またそれを制御することもできないために、彼らの損害は、現在の損害よりも割り増されるべきであるという考え方である。

この様な倫理的問題を考慮すれば、割引きに関する従来の経済学上の検討をそのまま長期の問題、特に放射線防護の問題に適用することは困難である。長期にわたる損害に対する重み付けを行うためには、経済的、社会的及び倫理的検討が同時に行われる必要がある。この様な問題に対しては、唯一の客観的な回答が存在するものではないため、各国それぞれの注意深い判断に基づき重み付けが行われるべきである。

1.2 IAEA Safety series No.99 (1989)

基準No.3で述べられているように、今日適用される個人線量およびリスクの上限は、原則的には、将来無期限に適用されるべきである。しかしながら、長い時間にわたってこの基準に合致することを保証しようとする、後世の人々をとりまく環境条件や生活習慣が変化するために生じる不確実性によって、困難に遭遇することになる。今から数千年先の期間を考えた場合、将来の人類をとりまく環境条件を定めたとしても、それはますます推移的なものとなる。たとえば、氷河期はこれまでも周期的にやってきたわけで、今後の約10,000年以内に次の氷河期がくることはありうる。すなわち、遠い将来において、個人に対する詳細な環境条件や食物上の要求は今日のものとは異なる可能性がある。

遠い将来の人間、個人個人がどういう場所に住んでいるのか、どういう性質をもつかについては予測することが出来ない、数千年を越える長期について線量やリスクを評価することは十分に有意とは言えないかも知れない。しかしこれによって長期にわたる評価をすべきではないということにはならない。その事は、不確実性が増大してくるような期間に入ってから線量およびリスクの評価から導かれる結論については、それをさらに裏づけるために、別の独立した評価の方法が必要になるだろうということを示している。

そのような方法の一つは、将来の人々をとりまく放射線環境が、処分場によって殆ど変化しないということを保証することである。線量及びリスクの上限は、天然のバックグラウンドに由来する年間線量より小さい。従って、遠い将来の個人が、我々と等しい性質と食物上の要求をもつものと仮定して、高レベル廃棄物処分場に起因する線量とリスクを求め、それらの線量、リスクの大きさが、もしそれぞれの上限より小さい場合には、将来のどんな個人についても、彼らが環境から受ける線量は、処分場が存在することによっても殆ど変化しないということを保証していることになる。

このような保証を行うもう一つの方法は、処分場に起因する放射性核種の濃度または漏出が、遠い将来どうなるかを、放射性物質の自然界の漏出源である地殻上層部に起因する放射性核種の濃度または漏出と比較することである。ただし、このような比較を行う場合には、放射性核種による毒性の差を考慮に入れる必要がある。

基準No 3 : 将来への影響

高レベル廃棄物の環境からの隔離の程度は、人間の健康への将来のリスクあるいは環境に対する影響が、現在許容できないようなものであってはならない。

基準No 5 : 線量上限値

発生する可能性が考え得る処分場からの放出に関しては、決定グループの個人に対して予想される年間被ばく線量は、1 mSv の年間線量限度から各国当局が割り当てた線量上限以下にしなければならない。

基準No 6 : リスク上限値

基準No 5 に該当しない事象によって決定グループ内の個人に対して1年間に予測されるリスクが10万分の1というリスク限度から各国当局が割り当てたリスク上限値を下回るものでなければならない。

1.3 ドイツRSK/SSK共同声明(1988年6月)

- (1) 安全な隔離を確保するための時間枠(demonstration Period: 実証期間)中は、密封された最終処分場から生物圏に移行した放射性核種によって生じる可能性のある個人線量が、自然放射線被ばくの変動幅を越えないことが要求される。
- (2) この時間枠の決定では、
 - (i) 放射性核種が最終処分場から移行する可能性のある地域における将来の人間の居住予測
 - (ii) 被ばくに関する十分な精度を備えた計算の可能性を考慮する必要がある。
- (3) 上記実証期間は10,000年が妥当である。

その根拠は以下の通り。(図1, 図2)

 - (i) 人類の居住及び文化に大きな変化をもたらす大規模な気候及び地表の変化は、約10,000年後と予測される次の氷河期の到来による。(居住変化)
 - (ii) 放射性核種が最終処分場から生物圏に輸送される唯一の媒体が地下水であること

から、水理学的な条件のモデル化は最も重視されるべきものであるが、水理地質学的条件は氷河期の到来によって大きく変わる。(水理地質の変化)

(iii) 高レベル廃棄物と当初のウラン鉱石の放射能毒性の比較において、約10,000年の期間を考えると、高レベル廃棄物の放射能毒性の明確な上昇は存在しない。(放射能の変化)

1.4 国際動向のまとめ

地層処分の性能評価のための時間枠の基準について国際的に合意されているものはないが、一般的には以下のように整理される。

- 10⁴ 年迄 : ひばく線量あるいはリスクの計算
- 10⁴ ~10⁵ 年 : ひばく線量を指標として天然核種からの寄与と比較
- 10⁵ 年以降 : 処分場を天然の一部と考えて自然放射線との定性的評価

2. 評価の時間枠設定の要件

2.1. 評価期間を設定することの必要性和正当性

(1) 評価期間設定の必要性

時間の経過に伴う不確実性の増大により、ある時点以降の被ばく線量もしくはリスクの評価は、妥当性の限界に到る可能性があること。

(2) 評価期間の設定の正当性

I A E A の基準中にも述べられている様に、「将来の人間の健康へのリスクあるいは環境に対する影響が、現在許容できないようなものであってはならない。」という原則から評価を打ち切る事に対して、以下の様な観点からその正当性を明確にする必要がある。

- 処分後10,000年を経過すると高レベル廃棄物の放射能毒性は、この量の高レベル廃棄物を生ずる元の核燃料を製造するに必要な量のウラン鉱石のもつ放射能毒性よりも低くなる。
- 高レベル放射性廃棄物の処分形態と当初のウラン鉱石の存在形態とが異なること、及び核種組成の相異から地層中での核種移行に係る特性が異なることを考慮に入れて人間への影響を評価しても高レベル放射性廃棄物によるものが当初のウラン鉱石によるものを明確に上回ることはない。これは、高レベル放射性廃棄物の人間への影響は、地層処分システムの仕様及び条件に依存するが、ウラン鉱石が地下に賦存する条件に

くらべて、より安全な条件になるよう設計、施工することが可能なことによる。

2.2 不確実性の増大に対応した評価方法の変更

1.に述べた様に被ばく線量及びリスクの評価結果の不確実性は時間と共に増大し、評価が妥当性の限界に到る時点が存在することから、IAEAの国際基準では、それ以降の期間においては異なる評価の方法を考えるべきであることが述べられている。

ドイツでは、10,000年間は被ばく評価を行いこの結果を安全基準と比較すること、そして、それ以降の期間は放出率の評価を行うこととしており、またカナダ、フランス、及びスウェーデンも何らかの形で10,000年以降も評価を継続する考えであることを示している。10,000年以降の可能性のある評価方法としては、例として次のものが挙げられる。

(1) 被ばく線量あるいはリスクの評価

10,000年以降の条件（地質環境条件、気象条件、人間の生活様式等）として現在で最も確からしいと思われる条件を想定する、あるいは現在の条件が保たれるという仮想的状況の下で人間の受ける線量、リスクを算出し、これを安全基準と比較する。

この場合には、現行の基準及び評価結果が将来にわたって意味を持つか否かという点よりもむしろ、将来の人間への影響が現在許容されないものであってはならないということ、言い換えれば、現行に比べて上記諸条件が好ましい方向に変化しなければ成立し得ない地層処分システムは認めるべきではないということとなる。

(2) 放出率の評価

10,000年以降については、環境に放出される放射性核種の放出率を評価することが考えられる。これは、異なる処分オプション間の比較を放出率を指標として行うことにより処分方法の最適化を目的とした検討に適用されることとなる。また、これを例えば当初のウラン鉱石からの放出率と比較することにより、10,000年以降も地層処分によって将来の人類の置かれる放射線条件は著しく変化しないことを確認することが可能であり、これは、被ばく評価を行う期間を10,000年と定めることの正当性を説明するものになると考えられる。

この場合には、将来の諸条件の変動に対して、より安定した指標を用いて評価を行うことが強調されることとなる。

評価期間を10,000年と定めている米国においても、その正当性の説明に際し、高レベル放射性廃棄物とウラン鉱石中の放射性核種の相対的な“移動しやすさ”（Relative Avail-

lability) の概念が導入され地表に到る核種の量についての比較が行われている。

(J. J. Cohen "An Assessment of Issues Related to Determination of Time Periods Required for Isolation of High Level Waste" Waste Management '89) この種の解析も 10,000年以降も継続する放出率の評価の一種と考えられる。(図3, 4)

いずれにしても、評価結果の不確実性が増大しその質が変化する時点が存在するという諸外国の指摘を踏まえ、その時点が我が国ではいつに相当するのか、そして、この時点境界として評価の方法及び考え方をそれぞれどの様に設定するかについて今後議論を要すると考える。

このような議論においては、評価の境界点の1つの目安である10,000年以降には、 $Np-237$ に代表される長寿命核種が支配核種となるが、このような放射性核種の溶けにくさという時間に依存しない平衡論的評価も併せて考慮される必要がある。

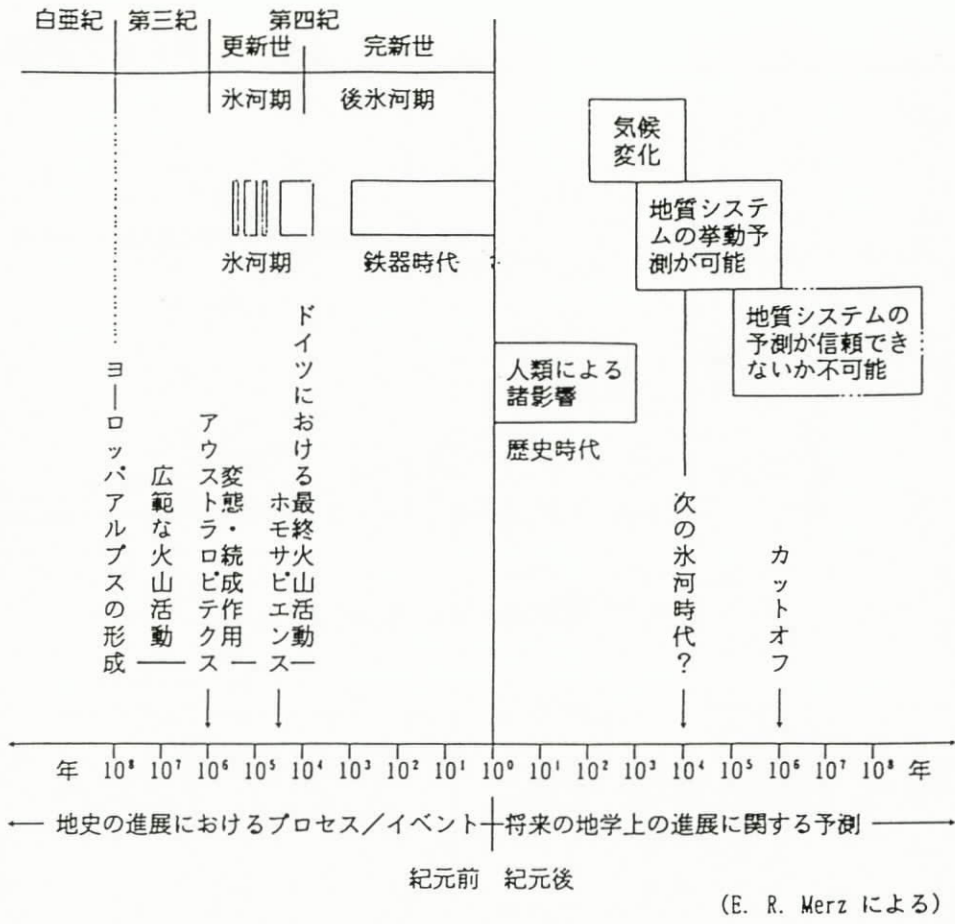


図-1 過去及び将来における地質学的スケールの展望

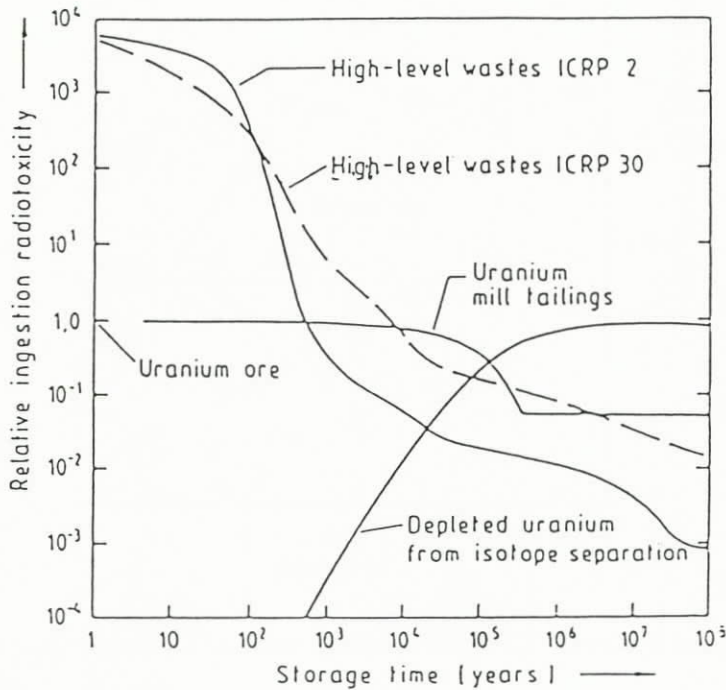
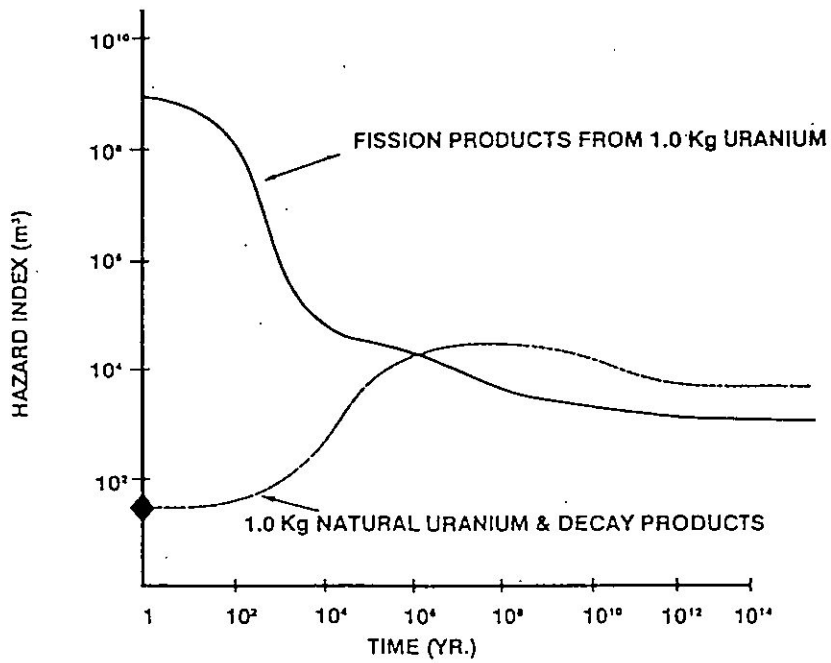
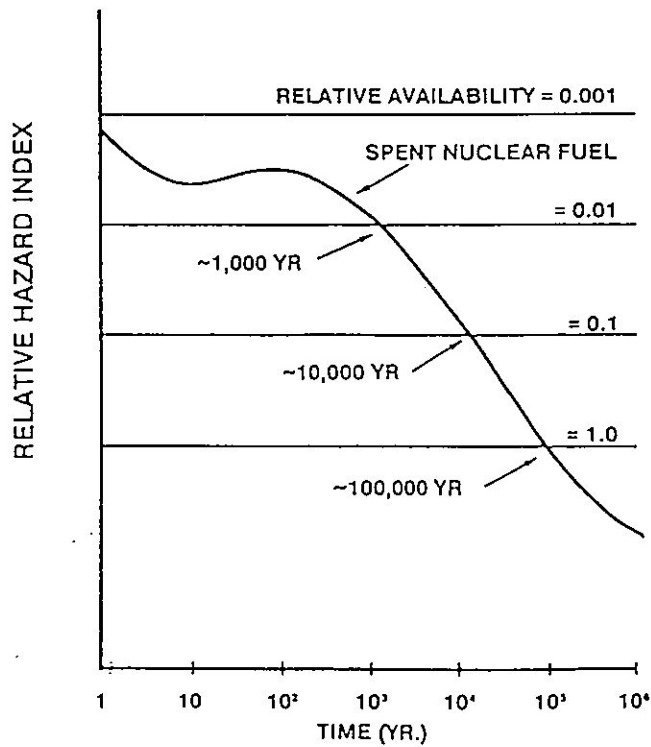


図-2 高レベル廃棄物の、ウラン鉱体及び製錬廃滓との相対的摂取毒性の比較



☒ - 3 Hazard Index of Uranium and Its Fission Products.



☒ - 4 Relative Hazard of Spent Nuclear Fuel (33,000 MWD Burnup) vs. Equivalent Quantity of Uranium Ore (Based on ICRP-48).

国名	“10,000年”の問題に対する表現	左記の理由表現	10,000年以後についての表現	核種放出に関わる影響の認識
ドイツ RSK/SSK	<p>処分場の安全性の立証は10,000年間の安全解析によってなされるべきである。</p> <p>最終処分場の周囲に居住する個人に関して要求される防護の維持を証明すべき期間を約10,000年とすべきと考えられる。</p> <p>10,000年までの時間枠において放出及び分散に関するデータを用いた定量的な放射線被ばく計算を行うべきである。防護目標は0.3mSv/yの個人線量限度(リスク上限は定められない)。</p>	<p>十分に安全な隔離がなされることを確認するための期間は主として人間の居住及び文化の歴史に応じて決定すべきものである。海水準の上昇や沈降等の地球表層部の変動の多くは、氷期と間氷期の間に生じた。欧州の最後の氷河が最も発達したのは約17,000年前で約10,000年前に氷期が終了した。現在恐らく我々は間氷期にいる。気候が不利な方向に変化した場合においても、現在のドイツの居住地における居住が将来も続くのかどうかは、これらの地質的、文化的変化の大きさに応じて予測されなければならない。</p> <p>処分場は自然界に存在するウラン鉱床によるリスクよりも大きな放射線によるリスクをもたらしてはならない。</p> <p>600,000年から20,000年前に北ドイツの広い範囲で数回の氷河期があった。これから10,000年経過後における次の氷河期の発生を確実に除外することはできない。</p> <p>放射性核種の移行に関する水理的条件がほぼ不変であると言えらるは約10,000年の間だけであろう。被ばく計算において決定的な役割をもつ生態及び気象パラメータに関しても、この期間においては計算の基礎を著しく変化させるような変動を想定する必要はない。</p>	<p>10,000年を越える期間においては、環境及び帯水層における核種移行を支配する条件の仮定はますます不確かなものとなり、解析の信頼性が大幅に低下し、特に最終処分場における個人線量の計算の意味がなくなる。しかし、この期間における地質条件の評価は母岩の隔離能力のサイトスペシフィックな予測に役立つ。</p> <p>10,000年を十分越えた時点で決定グループを構成する仮定の個人に対するリスクだけを基に、長期的な評価を続けることに意味があるかどうか疑問である。10,000年以降の線量率の計算は推測されない。しかし地質学的パリアの挙動に関する定性的な予測は行なわれる必要がある。</p> <p>10,000年～1,000,000年の期間における多重パリアシステムの地質学的、水文地質学的、地球化学的な挙動に関する最良の評価を行う。その際放出率だけを評価し、放射線被ばく評価は行わない。</p>	<p>ICRPの勧告No.30で示されたデータでは、高レベル廃棄物が当初の鉱石より低い放射能レベルに崩壊するのに必要な期間は10,000年に近いところである。摂取経路を考慮した被ばく計算からは約10,000年の経過後は、ウラン鉱石よりも放射能毒性が高くなることはない。</p>
スウェーデン SKB	<p>10,000年という期間は被ばく線量が将来の損害の測定手段として受け入れられる期間である。期限に関する議論は西ドイツと同じ。ただし、食習慣の変化によって生じる不確実性をより重視している。</p>	<p>受け入れられるか否かは今日ALARAの原則に基づいている。将来の世代はまた、現在生活している個人と同様のレベルに守られるべきである。</p>	<p>10,000年以降においてもある種の許容規程があると理解されているが、どう示されるべきかは未定である。もし、線量が適切でなければ、それに代わるのは核種の放出に関連したものとなる。</p>	<p>(長期間に対しては、SKBは処分場は自然に存在する放射線の状況を重大に変えるべきではないという原則を適用してきている。)</p>
カナダ AECL	<p>AECB規制文書R-104は適合していることが実証されるべき期間として10,000年を示している。数学的予測モデルを用いて個人のリスク要件に適合していることを示す期間は10,000年を越える必要はない。</p>	<p>高レベル廃棄物隔離のための10,000年の時間枠では、予測した人間の健康に対する将来のリスクや環境に対する影響が今日受入れることのできないものであってはならない、という一般的な放射線防護の原則を満足しなければならない。</p> <p>10,000年の時間枠は今日受け入れられている他の産業活動の観点からは合理的と思われる。</p>	<p>個人に対するリスクの予測が10,000年以前においてはピークを示さないという評価結果は、長寿命の廃棄物が地表の影響を受けず、長期に渡って安定に存在しうる地層中に隔離されている場合に得られる。この場合、10,000年を越えても環境に対する放出率が突然かつ劇的な増大を示さず、個人が明瞭な被ばくを受けず、生物圏に対して重要なインパクトが生じないという結論が導かれる理に適った議論がなされなければならない。</p>	<p>10,000年以内にリスクがピークを示さないと予想されれば、10,000年以後においても突然かつ劇的な放出率の増大はなく、急激な放射線のリスクを個人が被ることはない。</p>
スイス HSK	<p>評価計算を10,000年で止めるのは非常に問題だ。安全評価は全期間をカバーする必要がある。</p>	<p>廃棄物は数百万年に渡って、有害であり続ける。また、非常に遠い将来においても、保護されるべき人間の存在を除外することはできない。</p>	<p>(同左)</p>	<p>処分場の潜在的な重要性は、10,000年の期間の後に生じ始める。</p>
フランス CEA	<p>政府は時間枠に関する決定を行っていない。10,000年がカットオフタイムとして合理的な値であろうと考えている。通常の地下水移行シナリオにおける正確な線量予測のために10,000年のカットオフタイムを使用する。ゴージェルグループは安全評価は10,000年の期間においてのみ可能であると考えた。</p>	<p>10,000年の間に放射能は1000分の1から10,000分の1に低減する。10,000年と100,000年の間に氷河期の到来が予測できても、その時期、程度、位置は正確に予測できない。現在までの地震記録からは10,000年から10,000年の間の地震の強度を統計的に予測できるのみで、10,000年を越える予測は信頼できない。</p>	<p>10,000年以降においても、非常に長期の安全性の定性的な換り所として通常のシナリオにおける線量率の計算を行うことができる。そして、このような計算により、地質学的パリアの安定性に関する定性的予測が完全なものとなる。</p>	<p>(普及なし)</p>
イギリス DOE	<p>H L Wに対する国の安全原則は定められていない。(L L Wの評価原則はリスク評価である。評価のための時間枠は何も示されていない。長期安全規程は評価時間枠を特定することなく、致死的なガン化の確率が年間10⁵分の1を越えないことである。)</p>	<p>(同左)</p>	<p>(普及なし)</p>	<p>(普及なし)</p>
アメリカ 40 CFR Part 191	<p>処分システム設計要件は、処分システムに影響を与える全ての重要なプロセス・事象を考慮した処分後の10,000年間における接近可能な環境への放射性核種の累積放出量について、各核種の放出上限値を越える確率が1/10未満であり、かつ同上限値の10倍を越える確率が1/10⁵未満であること。</p> <p>食物連鎖、生活様式、人口規模・分布は10,000年間にわたって確実に変化すると考える。地質学的プロセスと異なり、10,000年という長期間においてはこれらの有効な予測はできない。</p>	<p>10,000年という期間は、相対的に好ましい廃棄物隔離性能を有する処分場を、相対的に好ましくない性能を有する処分場から識別するのに十分な長さと思われるので、その期間を考慮した。</p> <p>10,000年の評価期間を選べば、地層の地球化学特性により地下水中の核種放出を十分抑制するサイトを選定しうる。</p> <p>断層運動・火山活動等の主要な地質変動は10,000年より長期の期間を必要とするものであり、処分場を破壊するような地質事象の可能性と特性を10,000年にわたって合理的に予測できる。</p>	<p>10,000年の隔離要件に合致しうる処分システムは10,000年を越えても人間と環境を十分保護し続ける。</p> <p>しかしながら、10,000年以降においては、より定性的な評価、あるいはより相対的な評価が適切であろうという意見に同意する。</p>	<p>—————</p>
IAEA Safety Standard	<p>今日適用される個人線量およびリスクの上限は、原則的には、将来無期限に適用されるべきである。しかしながら、数千年を越える長期について線量やリスクを評価することは充分に有意とは言えないかもしれない。不確実性が増大してゆくような期間に入ってから線量およびリスクの評価から導かれる結論については、それをさらに裏付けるために別の独立した評価の方法が必要になる。</p>	<p>数万年先の期間を考えた場合、将来の人類をとりまく環境条件を定めたとしても、それはますます不確かなものとなる。今後の約10,000年以内に次の氷河期が来ることはありうる。この期間内に、生物圏において重大な変化が間接的に生じるであろう。遠い将来の人間、個人個人がどのような場所に住んでいるのか、どのような特性を有するのかについては予測することができない。</p>	<p>—————</p>	<p>—————</p>



地層処分の安全性の考え方

坪谷 隆夫

1. はじめに

地層処分の安全性について、地層処分を廃棄物管理の現実的な手段としている国々においてどの様にとらえられているか。まず、2. 地層処分の安全性についてのテクニカル・タームにおいて、各国の文献において見られる、地層処分の安全性に係わるテクニカル・タームを洗い出すことによってその課題にアプローチすることを試みる。次いで、3. 高レベル廃棄物管理の安全性について及び4. 安全性の問題と解答の糸口において高レベル廃棄物の「危険性」の源泉とその科学的管理手段としての地層処分の安全性についての論点を各国や国際機関の代表的な文献を引用・整理し、解決への糸口を探ることを試みた。

2. 地層処分の安全性についてのテクニカル・ターム

2.1 「廃棄物管理情報データベース」(WASTE INFORMATION DATA BASE; WIND)

動燃事業団が開発したデータベースで、1982年以降世界各国で公表された廃棄物管理についての論文、ニュース等の情報を検索できるシステム。情報の内容は、日本語による要旨の形で表示される。なお、WINDには、学会誌等に掲載された学術専門的な論文は含まれない。

以下、WINDによって「使用済み燃料・高レベル廃棄物」－「深地層処分」－「規制・基準・指針」「研究開発」「安全性・環境評価」のテーマで検索した情報から安全性に係わると考えられるテクニカル・タームを拾い上げる。なお、検索期間及び件数は、1982年1月から1992年7月までのおよそ500件である。また、国別では、アメリカ197件、スウェーデン74件、ドイツ62件、カナダ55件、フランス41件が上位国である。

2.2 テクニカル・ターム 注：各テクニカル・タームに付した () 内は、WIND情報登場回数

－安全性に係わる現象や事象－

[廃棄物の形態と性質]

- ・特性（5）、形態（10）、放射性核種の内容（1）、毒性（1）、化学毒性（1）、有害成分（1）

[地層の安定性]

- ・地質学（9）、地質科学（5）、地質学的安全性（1）
- ・構造地質学（1）、地層の変遷（1）、地層の歴史（1）、地層の安定性（2）、ネオテクトニクス（1）、第四紀地殻特性（1）、地殻構造現象（2）、基盤岩の運動（1）、地震（2）、断層（1）、火山（1）
- ・地球物理学的現象（4）、気候変化（3）、侵食（1）

[地層の特性]

- ・岩石機構（1）、母岩特性（3）、地層の物理特性（3）、岩石力学特性（4）、切り通しテスト（1）、岩芯力（1）、岩盤特性調査技術（1）、地質特性（6）、地質工学（2）、サイト地質（1）、岩体（3）、地層の変質（1）、ガス発生（1）、熱拡散（3）、熱誘導プロセス（1）、熱影響（1）
- ・水文地質学（21）、水文地質化学（2）、地下水学的現象（5）、地下水挙動（16）、透水性（1）、地下水循環（3）、掘削影響（2）、劣化域（2）、ハイドロフラクチャリング（2）、岩盤水力特性（1）、塩水の移動（2）、冠水（1）
- ・地下水化学（7）、化学（5）、地球化学的現象（8）、破碎岩系の化学（2）、地層の化学（1）、地質化学（1）、地層の物理化学（1）、水質（1）、地下水履歴（2）
- ・地下水中の岩塩の移行（1）

[廃棄物の外側の人工構造物]

- ・人工バリア（6）、材料（5）、廃棄物の周囲（1）、キャニスター周囲の機構（1）、不動態化（2）、オーバーバックの機械的／構造的挙動（1）、緩衝材（7）、埋め戻し材（5）、密封（9）、処分孔の化学特性（1）、割れ目密封材（2）、充填材（1）

[安全システム]

- ・多重バリア系（4）、放射性核種の放出（2）

[漸進的プロセス]

- ・ニアフィールド現象 (1)、処分場の放射性核種の化学 (3)、ニアフィールド化学環境 (1)、ニアフィールドにおける複合プロセス (1)、ニアフィールドからの核種放出 (1)、ニアフィールド核種移行 (1)、ニアフィールド還元フロントの移動 (1)、ニアフィールドへの化学的影響 (1)、ニアフィールドへの地質工学的影響 (1)、ニアフィールドへの物理学的影響 (1)、処分場の状態 (1)
- ・健全性 (1)、ガラスの性能 (2)、再結晶化 (1)、固化体の腐食 (5)、浸出率 (2)、固化体からの漏洩 (1)、燃料の溶解 (7)、溶解度 (2)、分種化 (2)、ガラス-水反応 (2)、オーバーパックの耐食性 (4)
- ・拡散・吸着 (2)、岩石への吸着 (1)、核種移行 (13)、地下水による核種移行 (1)、還元フロント (1)、地下水の放射線分解 (1)、腐食生成物の地層との反応 (1)、微生物 (1)
- ・ファーフールドでの移行プロセス (3)、地層の核種移行 (1)、生物圏への移行 (4)、ファーフールド岩石中での拡散・吸着 (1)、生物圏 (6)

[天然類似現象]

- ・ナチュラル・アナログ (9)

－短期安全性－

- ・輸送 (3)、取扱い作業におけるヒューマンファクタ (1)
- ・容器の落下 (1)、容器の破損 (1)
- ・隔離の初期段階 (1)
- ・運転中の放射線安全 (2)、処分場閉鎖前の換排気 (1)
- ・信頼性 (回収可能性) (3)、運転安全 (1)

－事故及び異常－

- ・臨界 (2)
- ・侵入 (8)、天然資源の配慮 (6)、良好な地下水 (1)、井戸 (1)、戦争 (1)、破壊活動 (1)
- ・連絡坑の残存 (1)

－安全性を説明する方法－

- ・閉鎖・密封前の評価（３）、閉鎖・密封後の評価（３）
- ・放射線防護（２）、被曝線量（２）、線量上限（１）、リスク上限（１）
- ・技術的性能（１）、基準への適合を実証すべき期間（２）

[シナリオ開発]

- ・シナリオ（４）、シナリオ・スクリーニング（１）、シナリオ分析（１）、影響分析（１）、FEP（１）、統計学的安全評価コード（１）、核種放出シナリオ（１）、感度解析（１）

（注）性能評価の最初のステップ。処分に係わる、とりわけ処分場閉鎖後の長期安全性に係わる事象・プロセスを洗い出して系統的に分類し、それらの事象を時系列として示す（シナリオ開発）。シナリオは、重要度で分類し性能評価を行うべき優先度を明らかにする。

[解析モデルの開発]

- ・システム性能のモデル化（１）、性能評価（６）、予測モデル（１）、安全評価（１）、システム評価（１）、ニアフィールド（１）、ニアフィールド評価（１）、
- ・モデル（１）、モデル開発（１）、ソースターム・モデル（２）、ベントナイトモデル（１）、ニアフィールド・モデル（３）、溶解度予測モデル（２）、固化体からの核種漏洩モデル（１）、充填材中での核種移行モデル（１）、地球化学モデル（２）、水文学的モデル（地下水流動モデル）（９）、ガラス・水反応モデル（１）、熱流モデル（１）、核種輸送モデル（３）、生物圏モデル（１）
- ・システム統合（１）

[モデルの確証]

- ・ニアフィールドモデルの試験（１）、ナチュラル・アナログ（３）

3. 高レベル廃棄物管理の安全性について

3.1 廃棄物の形態と地層処分について

- ・「使用済み燃料直接処分と再処理後処分の間には、放射線学的安全性についての差は事実上存在しない」(ENGELMANN(DBE)(1986)(1))。
- ・「高レベル廃棄物は、化学物質と放射性物質の“混合廃棄物”である」(DEJONGHE(SCK/CEN)(1991)(2))。
- ・「毒性は、リスクの尺度とならない。それは、生物圏への放射性物質の実際の経路、及び確率に考慮をばらっていない。放射能が生物圏に到達することは困難で、有り得ないようにするために深地層処分が選択されている」(PIGFORD(1990)(3))。
- ・高レベル廃棄物の毒性(TOXICITY)は放射能(放射性核種)に起因すると考えて良い。高レベル廃棄物の潜在的な危険性はこの毒性に起因する。高レベル廃棄物に当初含まれる放射性核種は、寿命の比較的短い発熱の原因となる核種と放射能的には全体の1/10000以下の含有率である長い寿命の核種が混在する。従って、毒性の大部分は、寿命の比較的短い核種によってもたらされるので、その毒性は時間と共に急激に低減する。この毒性は、廃液か、あるいは固化体かといった物理形態や、地上での保管か地層処分かといった管理(MANAGEMENT)形態によって異なるものではない(筆者)。
- ・高レベル廃棄物の毒性についての議論は、地層処分された高レベル廃棄物を原因とした、人間及び環境の将来における放射線リスク(注1)の議論とは切り放して行われるべきである(筆者)。

(注1) $\text{リスク} = (\text{有害な事象の生起確率(PROBABILITY)}) \times (\text{結果の程度(CONSEQUENCE)}) \div \text{時間}$ (LOWRY(1985))

3.2 安全性の原則

- ・「高レベル廃棄物の地層処分の安全原則が目標とするのは以下の2項目である。①処分システムの健全性を維持する責任を将来世代に依存することなく、高レベル廃棄物を長期間生物圏から隔離すること(将来世代への責任)。②現在、国際的に合意されている放射線防護の原則により人類及び環境の将来にわたる放射線防護を達成する(放射線学的安全性)」(IAEA(1989)(4))。
- ・「地下水シナリオのような漸進的事象による放出プロセスに対しては、クリティカル・グループに属する個人の子供とされる年間線量が、個人線量の限度から割り当てられる線量

上限値以下としなければならない。確率的事象に対しては、クリティカル・グループ内の個人に対して1年間に予測される健康に対するリスクが、リスク限度から割り当てられる個人リスク上限値以下としなければならない。さらにすべての被曝は、上限値以下で、経済的、及び社会的要因を考慮にいれながら、合理的に可能な限り低くすべきである」(IAEA(1989)(4))。

・「規制除外の際の個人線量について、ICRP Publ.46は、それ以下では放射線防護の配慮を必要としないような個人線量あるいはリスクレベルとして提案している。それによれば、このような個人線量は放射線量が非常に低いため、被曝した個人にとって無視出来るとみなして良いようなリスクしか持たない線量域、すなわち、個人が自分の行動を決定する際に考慮にいれないリスクレベル(10⁻⁵/年のオーダー)に相当するものとし、丸めた線量効果係数を用いると、100 μ Sv/年のオーダーの年個人線量に相当する。個々の廃棄物処分について規制除外する際の線量評価上の判断基準としては、これを10 μ Sv/年に低減することによって、複数の規制除外された線源から被曝する可能性を考慮することが出来る。

上記の規制除外線量が、個人にとって無視できるとみなして良いようなリスクレベルを基礎としていることに鑑み、特定の事象に対する個人線量の算定結果が10 μ Sv/年を越える場合であっても、当該事象の発生頻度が低く、その事象から受ける個人のリスクが十分に低いときは、このようなケースについても規制除外の判断基準を満たしていると考えられる。その際、公衆の被曝が、合理的に達成できる限り低くなるよう最適化が図られるべきである」(放射線審議会(1987)(5))。

3.3 廃棄物の毒性とリスク対策としての地層処分システム

・高レベル廃棄物はその一形態である廃液の場合は、保管と取扱いを容易にする固体とする。最終の管理形態を地層処分とすることを念頭において、高レベル廃棄物は、その固有の毒性を前提とした対策が施される。第一の安全対策は、人間の生活環境と廃棄物が物理的に接近する可能性を事実上ゼロとすることである。固体とした廃棄物は、地上よりもはるかに構造的に安定な深地層に定置する。第二の安全対策は、地下水によって放射性核種が人間の生活環境にもたらされる可能性を事実上ゼロとする。固体の形態を水に対して極めて難溶性であるガラス化とすることを第一のバリアとし、その外側にオーバーパック、緩衝材、及び地層からなる多重バリア・システムを設定する。多重バリア・システム

は、深部の地層に存在する地下水との係わりに対して、たとえ、その寿命に至っていない放射性核種が地下水によってガラスから溶出しても、沈澱や吸着等の物理・化学的現象でニアフィールド内にとどまり、その間に減衰・消滅する等多岐にわたる性能を期待される（筆者）。

3.4性能評価—モデルに基づく長期安全性の予測—

[シナリオ開発]

・「地層処分に先立って、事前に性能評価手法等を用いて処分場の長期安全性を解析することが必要である。シナリオ開発は、将来に係わる不確実性を取り扱う手法として、一般に用いられる」（OECD/NEA(1992)(6)）。

・「地層処分の安全性に影響を与え得ると考えられる事象とプロセス（FEP(FEATURES, EVENTS, PROCESSES)）について網羅的に洗い出し、分類した上、長期安全性を解明する上で重要なシナリオを創りあげる。

事象やプロセスは、種々の視点からの分類が必要である。天然現象、人間活動、あるいは処分場や廃棄物を要因とするもの；一つの時間幅の中の問題かどうかの視点からの分類；地下水が関与する場合には、事象をニアフィールド、ファーフールド、及び生物圏のように領域で分類；事象とプロセスの起こる可能性及び結果の大小で分類；学術的な専門性；放射性核種の移動媒体の視点；さらに、人間の侵入のような生物圏への直接放出あるいは地下水による放射性核種の移行による分類もある」（OECD/NEA(1992)(6)）。

[現象の理解とモデルの開発]

・「地下水の流動や化学的性質といった地質環境の条件は定常状態にあり、人工バリアは検討の対象とした仕様通りであるとした場合における漸進的プロセスを基本ケースとしてモデル体系を確立する。その他のケースについては、変動ケースとして基本ケースのモデルのパラメータを変化させたり、モデル自体を変更することで対応する」（動燃H-3報告書(1992)(7)）。

・提案された解決策の長期安全性については、個々の現象についての理解に基づいて数学モデルを開発し予測解析する。数学モデルは、自然法則、既存もしくは新規に開発したコードから組み立てる。解析に必要なパラメータ等の数値は、室内試験、フィールドにおける事例研究、あるいは既存の文献値を用いる。性能評価の一連の作業は、繰り返し実施さ

れることが重要である（筆者）。

4. 安全性の問題と解答の糸口

・素朴な疑問：「高レベル廃棄物は放射能濃度が高く、数万年以上の半減期を持つ放射性核種を含む。たとえ深地層に処分しても将来にわたって安全性は確保できるのか」。

・「最終処分をめざすプロジェクトの計画と実施における2つの基本的な前提。①長期にわたる放射線の潜在的な危険性から、少なくとも今日我々が受け入れているレベルまで、将来世代を責任を持って防護すべきである。②この言質の直接的なものとして、提案された解決策の長期安全性については、処分に先立ち確信を持って示されなければならない」（OECD/NEA(1991)(8)）。

4.1 管理方式の選択－将来世代への責任

・「パッシブなバリアを有する深地層処分が、適切な安全性を有する実現可能な処分方法であり、その方法は人間社会による連続した保守と監視を要求される貯蔵に最終的に取って代わるものである」（OECD/NEA(1991)(8)）。

・「地層処分の問題は、“理想的”な地層処分場との比較において多少完璧ではない地層処分場の安全性が問題とされるのではなく、むしろ、好ましくない事象に遭遇する可能性が大きい ON-SITE 保管と合理的なレベルで安全性が保証された地層処分とを比較選択する問題と理解すべきである」（NAT. RES. COUNCIL(1992)(9)）。

4.2 安全基準の問題

・「処分のために用意された安全基準が満足のゆくものであるなら、原則的には、基本的な放射線防護標準(STANDARDS)の適用により達成されている今日の安全レベルと同等のレベルで将来世代も防護されるはずである。処分の安全についての鍵を握る問題は、そのような安全基準にあるのではなく、その安全基準に適合することを安全予測の手法を用いてどのように実証するのかと言う困難な問いである。」（OECD/NEA(1991)(10)）。

・「NRC基準で、人工バリアには1000年間という限定期間内の閉じ込め性能が付与されるものとされているので、環境保護庁(EPA)の性能基準を満足するためには天然バリアシステムに大きな信頼性が置かれる必要性が生じている。しかし、現状技術でも人工バリアは10万年以上の寿命を有していると考えられるので人工バリアに対してより大きな信頼性を付与し得るよう基準を変更すべきである」（STEPP(EPRI)(1989)(11)）。

・「EPAは、ユッカマウンテンにおける処分について、公衆の健康及び安全上の基準について、全米科学アカデミー(NAS)が発表する知見と勧告に基づき規則を發布する。

NASは、本エネルギー法発行後90日以内にEPAの契約のもとで、1993年12月31日までに勧告を提出する。①40 CFR PART 191Bの線量基準が、公衆の健康・安全のために十分な基準となっているか；②処分場閉鎖後、人工バリア、天然バリアの侵害のリスクを避ける監視システムが確立され得るか；③10000年の期間を越えての人間の侵入による人工・天然バリアの侵害の確率が科学的に予測できるか」（米エネルギー法(1992)(12))。

・「地層処分の許認可には、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許可に至るといふプロセスは、必ずしも適切であるとは言えない。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よいのではないかと考える」（OLIVIER(OECD/NEA)(1992)(13))。

4.2地層処分システムの信頼性。

・先端科学技術に基づく「タイム・カプセル」に廃棄物を閉じ込めると考えられる地層処分に対して「高レベル廃液をガラス瓶に入れて、地面の下に埋める」といった極めて入り口の部分での誤解が一般的に存在しているようである（筆者）。

・「多重バリアの機能：①ガラス構造により核種の放出を制限、②オーバーパックにより地下水と廃棄物の接触を遅延させると共にニアフィールドを還元状態に保持、③ベントナイト粘土は難透水性で、また、核種の移動を妨げる化学的性質を有する、④人工バリア周辺の岩盤は地下水の供給を制限し、還元性で中性に近い水質を保つと共に、地質学的に長期の安定性を有する、⑤天然バリアは、長い地下水流動時間、核種の移動に対する一層の妨害、気候変動・地質変化に対して水理・地質学的に長期安定性を有する。また、人間の侵入を防止する。」（NAGRA(1985)(16))。

・NAGRAがGEWAEHR-85においてスイス北部の花崗岩体を地質環境モデルとして評価したことに関連して「GEWAEHR-85の審査において、「いかに安全か」という当初の問いから「どれだけの知識が必要で、どの程度の確実性があれば十分か」と言う新しい問いに移行せざるを得なかった。パラメータの不確実性ばかりでなく、モデルの不確実性が大きな懸念材料になった。安全性評価の成果が信頼できるものであるためには、処分システム及びこれに関連する安全性について深い理解が望まれると共に、モデルを自然環境の中で検証するこ

とが必要である。」(NIEDERER(HSK,SWISS)(1987)(14))。

・「低レベル廃棄物のような比較的短期間に無害なレベルまで崩壊するような廃棄物は制度的管理に依存する方法によって処分する。高レベル廃棄物についての命題の設定は、制度的管理は将来的に効力を失うとの仮定のもとに、たとえ処分施設の設置場所が判らなくなってもリスクの増加がないかあるいはあったとしても極く僅かであるようにすることである」(OECD/NEA(1982)(15))。

・「ベルギーのブーム粘土層は、放射性核種の保持性、均質性、低透水性及び掘削性に優れる」(ONDRAF/NIRAS,SAFIR(1989)(17))。

・「掘削による特性評価により、十分な容量を持ったサイロでは、防護目標(10ミリレム/年)の達成可能。ただし、適切なサイトが実在するかどうかは予測困難。高レベル廃棄物の安全な処分が可能であるとの最終的な証明は、いまだなされていないが、NAGRAの調査はこの目標に向けて大きな一歩を記した(KSA)。頑丈に防護し得る500メートル四方の区域が必要。断層間の結晶質岩が十分な防護に堪えられるか疑問(HSK)。」(NAGRAのGENA EHR-85(1985)の諮問機関の評価(18))。

・「地下水への核種移行を招くバリアの劣化を含む基本ケースで予想される被曝線量は、将来にわたり極めて低く、また、地殻変動及び人類の干渉を前提とするシナリオも、受け入れられないほど高い被曝線量を招かない。最終処分場は現在の放射線防護基準で許されている水準もしくは地球に存在する放射性物質から発生する危険よりも大きな危険を人または環境に与えない。今後の研究及び予測的解析研究によって、知識を改善し、適切な処分サイトの選定を容易にすると共に処分場の設計を最適にする努力が払われる」(ISSLER(1985)(19))。

・「処分候補地選定の前提条件として、安全性を確保するシステムの適切な長期挙動を保証する上で不可欠の地層特性を把握することが重要。ROBUSTな人工バリア構造を有するニアフィールド設計が実現可能であるが、それにより、サイト選定やサイト特性の問題を容易にするようなレベルにまで、サイトの地質環境条件についての要求を縮小することが可能。また、この手法は、許認可手続き、特に規制値以下であることを実証する作業を簡素化することが出来るかも知れない」(MACOMBIE(1991)(20))。

・「処分の安全評価を行うためには、1000年から1000万年の間の時間の見通しが議論の対象となるが、1万年程度の時間の枠組みが適切との考え方が説得力を増しつつある。1万年を越えて個人に対するリスクを唯一のベースにして長期評価を行うのは疑問」(MERZ(KFA))

(1987)(21))。

・ 確実性についての二つの課題は、①地質環境を含む広い空間領域における現象の把握、及び②地質環境を含む広い空間における現象の時間変化についての見積。これらの確実性の向上が、処分の基本的安全原則に照らして処分システムの長期安全性についての研究の目標となるものと考えられる(筆者)。

・ 「将来の状況について、現在の知識が完全では有り得ないために常に不確実性が存在する。ICRP(1985)では、知識の不完全さに起因した不確実性と、確実なものであったとしても統計的取扱いを行うために生ずる不確実性の2つの種類に分けて考えている。前者については、処分場の健全性や核種の移行経路に影響を及ぼす事象あるいは、モデル化やモデルで扱われるパラメータについての精度、後者については、線量に影響する人口統計学的なパターンや確率事象等である」(梅木(1990)(22))。

・ 「天然バリアとして十分な性能を有する場合には、人工バリア近傍の地層の保持能力によって地下水の環境安全性を確保できる可能性があり、この点から、ニアフィールドの地質環境条件をできるだけ正確に把握していくことの重要性が示唆された」(動燃H-3報告書(1992)(23))。

・ 「然るべき地質環境条件を把握できれば、処分場及びその比較的近傍の地質環境条件を精度良く評価することによって、安全性を明らかにすることが出来る可能性がある」(動燃H-3報告会・パネル(1992))。

・ 「二つの基本的事実がある。①確実性は時間と共に減少するであろうこと。②廃棄物中の放射能は時間と共に減少すること。この二つの傾向は、共に取り入れられ、詳細な定量的評価の意義と必要性が、評価の対象となる将来に向かうほど少なくなる」(OECD/NEA(1991)(10))。

・ 「深地層処分システムは、通常シナリオによる放出のみ将来起こり得ると言うことと、放射線学的影響は、大きな不確実性を伴うが、それでもなお、ICRP限度よりもかなり低いという事実がある。潜在的、破局的地質学事象によっても放出は起こり得るが、その確率は通常低いと考えられるが、精度良く評価するのは難しい」(OECD/NEA(1991)(10))。

4.3長期安全性の確信。

・ 「廃棄物管理においては、これまで通常の社会的・技術的な計画が対象としている期間をはるかに越える期間を対象として処分の安全に関する解析が試みられてきたが、解析の

可能性についてこれまで論争が続けられている。そこでの懐疑点は、解析結果の正当性に帰着されている。重要な疑問点は以下の3点である。①長期安全性は十分満足出来るまで理解する事ができるか。②専門家と所管当局は、予測された挙動が本当に将来発生するものであると信じられるか。③予測結果と予測手段について、広範な聴衆に分かりやすく説明することが出来るか。このような疑問に答える能力を高める必要性が、過去15年以上にわたり安全評価という手段を発展させる原動力となってきた。

安全評価とは、廃棄物処分システム全体の将来の挙動と、その人間と環境への潜在的な影響を解析しその結果と適切な安全基準とを比較することと定義される。

安全評価についての国際的なコンセンサスは、以下の3項目にまとめられる。①処分システムの挙動は、たとえすべてについて詳細に予測する必要がない（もしくは出来ない）と考えられていても、長期安全性について、十分確信を持って言えるように理解されていなければならない。広い意味での安全評価は、長期安全性を確信を持って理解するために、また、説明するための主要な手段となる。②性能評価手法は、最先端の安全評価の手順と方法である。③安全評価は、処分場開発プログラムを集約する役割を果たさなければならない。特定のサイトと処分場の設計に関する許認可手続きに先立ち、サイト選定と開発にともなってさらに情報が必要かどうか、もしあれば、どのような情報が必要かを決定するために安全評価は繰り返し実施される」（IAEA・OECD/NEA(1991)(8)）。

・「処分研究の今後の方向は、①複合作用の把握に重点をおいた現象の理解、②深地層の情報の把握、③確証研究にもとづく予測の信頼性評価」（動燃H-3報告書(1992)(23)）。

・①個々の現象の理解とモデル化にあたってはデータの精度・正確さ、学術的に適切なモデル化が行われそれに基づく解析評価が求められる。その結果については学術専門的な判断とレビューに委ねる必要がある。②モデルの統合と性能評価・解析についても同様と考えられるが、その際、適切に実際の挙動を表現しているかを保証（もしくは確証）する事が重要である（筆者）。

・「予測した処分システムの挙動と実際の挙動について、安全性を示さなければならないとされる長期の期間にわたり、直接比較することは不可能である。間接的にそのような確証を得るには、ナチュラル・アナログ研究からのデータだけでなく、研究室とか原位置で得られたデータに対して、モデルによる系統的な評価が必要とされる」（IAEA・OECD/NEA(1991)(8)）。

・「ナチュラル・アナログ：長期的安全性を解く鍵が、地球科学の分野にある。第1に地

質年代にわたって形成、存在してきたウラン鉱山及び岩石の調査研究。第2に、古墳や遺跡に残る出土品の保存状況の解明」(古屋(1990)(24))。

・「地層処分の長期安全性は、地下水の流れや地球化学的現象を取り扱っている単純なモデルを用いた定量的な予測によって示される。

長期安全性について天然類似現象(NATURAL ANALOGUE),天然現象としての物質の移流・拡散現象(NATURAL GEOCHEMICAL FLUXES),及び古水文地質学(PARAEOHYDROGEOLOGY)等天然システムのANALOGYが定量的モデルを確証する目的で研究され、その成果は地層処分の性能評価や安全基準にも反映されるべきである」(CHAPMAN(1992)(25))。

・「長期予測の確証は、将来起こり得ると想定される変化のもとで、システム性能を左右するプロセスのモデル化の妥当性に焦点を当てなければならない」(IAEA・OECD/NEA(1991)(8))。

・「統合化された安全評価の一部として実施される感度解析は、どの領域の不確実性を最も少なくする必要があるかの指標を提示する」(IAEA・OECD/NEA(1991)(8))。

4.4 関連する議論

・「技術者は、処分について引き起こされるすべての課題に手を打つことは出来ない。また、科学は、処分が将来にわたって絶対に”安全”であることを証明することは二つの理由から出来ない。①通常の観念での証明は、先行きを予言しようとする工学的処分システムの振る舞いについて経験を積むまで難しい。②安全は、技術的判断が全てでなく、社会的判断の部分がある。技術的解析はその際の重要な要素となるが、社会が受け入れるリスクレベルを決定するのに、解析だけに委ねることは出来ない」(NAT.RES.COUNCIL(1990)(26))。

・「コンピュータによるモデル化手法及び地球物理的解析は長期安全性評価における基本的な手法である。公衆の関心は、地球物理的モデルに対して、何千年以上にわたって詳細な構造及び振る舞いを正確に示すことを求める。この方向は、科学的にも工学的にも好ましい方向とはいえない」(NAT.RES.COUNCIL(1992)(9))。

・「サイト選定から試験的な地層処分の実施にいたるプロセスをオープンに、一つ一つの段階を確実に実証していくことをめざす。これによって、長期安全性以外の、使用済み燃料の封入、廃棄体の取扱い、許認可や意志決定の手法、処分(埋設)技術、総合的な品質

管理などについて実証できるものと考えている」(BJURSTROEM(SKB)(27))。

5. おわりに

これまでに地層処分の安全性についての考え方を多くの文献資料に基づいて整理してきた。

高レベル廃棄物は、発生量が著しく少ないこと、及び時間と共に放射能は急激に減少するという特徴をふまえて、高レベル廃棄物の地層処分は、深い安定な地層と比較して天然現象や人為的な行為による影響を受けることを常に念頭にいった対策を要求される地上施設において高レベル廃棄物を長期にわたって保管しようとする方法に対して、合理的なレベルで安全性が保証された地層処分を選択するという考え方に基づくものといえる。

そのうえに立って、地層処分の安全性の問題は、①地質環境を含む広い空間領域が関わる現象の把握、及び②地質環境を含む広い空間が関わる現象の時間的変化や発現についての見積と言ふ二つの命題に対する解答の信頼性(予測の確実性)に帰結するものと考えられる。この命題は、複雑で、詳細にみればサイト依存性の高い地質環境について処分システムが期待する特性及び性能と密接に関係しているものと思われる。

この命題に対して、多重バリアシステムの開発が進展している。深部の地下水の作用等に高い性能をもたせた人工バリアシステムを開発していく方向である。その結果、地下水の流れや地下水の化学的性質等地質環境特性を把握し、人工バリア及びその近傍の地層の領域を評価すれば、多重バリアシステムの性能を高い信頼性で予測することが出来るものと期待される。

また、このような予測においては、使用する数値やモデルの数学的な妥当性について検証(VERIFICATION)されたものが使われていることが重要である。

さらに、今後は、これらの数値やモデルが現象、事象、及びプロセスを妥当な信頼性で現していることを実験や天然現象の研究などで確証(VVALIDATION)していくことが重要であると考えられる。

6. 参考文献

- (1) ENGELMANN, H. J., HARTJE, B., SCHRIMPF, C. (DBE, GERMANY), DEMONSTRATION OF THE SPENT FUEL DISPOSAL TECHNIQUES---TEST PROGRAM IN THE FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY, WASTE MANAGEMENT '86, TUCSON.
- (2) DIJONGHE, IR. P. (SCK/CEN, BELGIUM), PROBLEM OF MIXED RADIOACTIVE AND CHEMOTOXIC WASTES(RMW), RMMC AD HOC MEETING ON ENVIRONMENTAL RESTORATION AND WASTE MINIMIZATION, PARIS(1991).
- (3) PIGFORD, T. H. (UNIV. OF CALIFORNIA), REPROCESSING INCENTIVES FOR WASTE DISPOSAL, TRANS. AM. NUC. SOC.(NOV. 1990).
- (4) IAEA, SAFETY PRINCIPLES AND TECHNICAL CRITERIA FOR THE UNDERGROUND DISPOSAL OF HIGH LEVEL RADIOACTIVE WASTE, SAFETY SERIES NO.99, IAEA(1990).
- (5) 放射線審議会「放射性固体廃棄物の浅地中処分における規制除外線量について」、放射線審議会基本部会報告書(1987)。
- (6) OECD/NEA, SYSTEMATIC APPROACHES TO SCENARIO DEVELOPMENT, OECD/NEA(1992).
- (7) 動燃事業団「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」、PNCT TN 1410 92-081(1992)。
- (8) OECD/NEA & IAEA, DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE: CAN LONG-TERM SAFETY BE EVALUATED? AN INTERNATIONAL COLLECTIVE OPINION, OECD/NEA(1991).
- (9) NATIONAL RESEARCH COUNCIL, RADIOACTIVE WASTE REPOSITORY LICENSING/SYNOPSIS OF A SYMPOSIUM, US NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES(1992).
- (10) OECD/NEA, DISPOSAL OF HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTES: RADIATION PROTECTION AND SAFETY CRITERIA, PROC. NEA WORKSHOP(NOV. 1990), OECD/NEA(1991).
- (11) STEPP, J. C. AND WILLIAMS, R. F., NEED FOR PERFORMANCE-BASED APPROACH TO CHARACTERIZE AND LICENSE THE YUCCA MOUNTAIN HLW REPOSITORY, PROC. NUCL. WAS. ISO. UNSAT. ZONE(1989).
- (12) TITLE VIII-HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTE. SEC.801. NUCLEAR WASTE DISPOSAL. 1992 NATIONAL ENERGY POLICY ACT(USA).
- (13) OLIVIER, J-P, OPENING SPEECH, 4TH STRIPA SYMPOSIUM(STOCKHOLM, OCT. 1992), OECD/NEA.
- (14) NIEDERER, U. (HS), PERCEPTION OF SAFETY IN WASTE DISPOSAL-THE REVIEW OF THE

- SWISS PROJECT GEWAHR 1985, GLOVAL-87 SYMPOSIUM, STOCKHOLM(1987).
- (15)COADY,J.R.(EDITED), THE DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE-AN OVERVIEW OF THE PRINCIPLES INVOLVED, OECD/NEA(1982).
- (16)NAGRA, NUCLEAR WASTE MANAGEMENT IN SWITZERLAND:FEASIBILITY STUDIES AND SAFETY ANALYSIS, PROJECT GEWAHR 1985, NAGRA(1985).
- (17)NIRAS/ONDRAF, SAFIR SUMMARY REPORT, NIRAS/ONDRAF(BELGIUM)(1989).
- (18)KSA, STELLUNGSNAHME DER KSA ZUM PROJEKT GEWAHR 1985, KSA(SWITZERLAND)(1986).
- (19)ISSLER,H. AND Mc-COMBIE, DEMONSTRATION OF THE FEASIBILITY OF SAFE DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE-THE SWISS APPROACH, NAGRA(1985).
- ISSLER,H., STRATEGIES AND SAFETY ASSESSMENT OF RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT IN SWITZERLAND, NAGRA(1986).
- (20)McCOMBEE,C., et al., HOW MUCH MUST THE GEOLOGIC BARRIER CONTRIBUTE TO SAFE HLW DISPOSAL?, PROC. HLW MAN.-1991(LAS VEGAS)(1991).
- (21)MERZ,E.R., TIME PERIOD OF CONCERN FOR JUDGING THE LONG-TERM HAZARDS OF GEOLOGICAL DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE, PROC. WASTE MAN.'87(TUCSON)(1987).
- (22)梅本 博之、「放射性廃棄物処分の原則とその適用の考え方」(第IV章)、原子力誌 VOL.32, No.11(1990).
- (23)動燃、「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」、動燃、PNC TN 1410 92-081(1992).
- (24)古屋 広高、「地球科学を駆使して地球環境と調和する方法をめざす」、エネルギーレビュー-1990年2月号
- (25)CAPMAN,N.A.(INTERA(UK)), THE GEOLOGIST DILEMMA:PREDICTING THE FUTURE BEHAVIOUR OF BURIED WASTES, PROC. WORKSHOP WC-1 OF 29TH INT. GEO. CONG.(1992).
- (26)NATIONAL RESEARCH COUNCIL, RETHINKING HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL, US NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES(1990).
- (27)BJURSTROEM,S., OPENING SPEECH, 4TH STRIPA SYMPOSIUM(STOCKHOLM, OCT. 1992), OECD/NEA.

社会的受容の基本的要件

石塚 昶雄

1. はじめに

原子力委員会の高レベル放射性廃棄物対策専門部会が平成4年8月に発表した報告書では、処分に至るまでの研究開発、立地、安全審査等の手順の概要、実施主体を設立するための準備組織の設置、地下研究所と処分場の位置づけなどが行われた。これらはいずれも、処分が社会に受け入れられるための重要なファクターであり、これらが幾分でも明らかになったことはパブリック・アクセプタンス上も一つの前進といえる。しかしながら、高レベル放射性廃棄物という活動をわが国の国民が受け入れているとはいえない状況にある。処分場の立地を考慮した広域的な調査はもとより、地下研究所の立地といえども、住民の賛意を得るのは難しい。

原子力は元来目に見えない放射線の影響など、他のエネルギーのに比べて国民の理解を得るうえでの障害をかけているが、それにくわえて、役にたたない、汚れて危険な”廃棄物”というイメージが重なるとき、その受け入れがきわめて困難になることは必然ともいえる。したがって、こうすれば処分が社会に受け入れられる、といった明確な条件があるとは思えないが、今後は社会の理解を常に念頭においた活動をしていくことが肝要であるので、海外における先例などを参考にしつつ、その枠組みとなる基本的要件を考えてみることにする。

2. HLWのネガティブ・イメージをどう克服するか

○役にたたない

HLWは文字どおり廃棄物であり、ゴミであり、その処分場は墓場やトイレットである、といった表現はマスコミにもしばしば見られる。さらに強い放射能を持っているとされれば、HLWはますます受け入れ難いものとなる。

地域が受け入れたいと考えているものは、生産的で、知的で、誇らしいものであり、HLWの現在の一般的イメージはその対局にあるといえるが、HLWはそのイメージを変えられる要素も持っている。ガラス固化体自身がゴミの観念からはほど遠いハイテクを施し、安全をは

かったものであることをまずアピールする必要があるが、処分場の開発が、大規模な近代的鉱山のように活性のあるものであることを認識してもらうべきであろう。わが国において鉱山の開発にともなってその城下町ともいえるような地元の活況があったことを思い起こして、その地域との共存をはかって行くべきである。重量物の地下深部への安定的定置などの技術は、本格的地下深部空間の利用の先駆けと成り得るものであり、常にそういった認識をもって開発を進めることが肝要である。

また、HLWの郡分離を行ってHLWに含まれる貴金属の活用をはかることも、イメージを変えるうえで重要であろう。

○危険性が超長期にわたる

HLWの対策は放射性物質が時間とともに減衰していくことをその要素の一つにしている。このことは他の物質に比べて有利なはずだが、長期の半減期が喧伝されたためむしろいつになっても危険は残るというイメージを与えている。

このことは処分場のための調査であっても、地元の当事者に遠い子孫の安全といった問題をその時点で自らが決定するような局面を押しつけることになりかねない。これを避けるには行うべき判断の範囲をできるだけ限定して、それを明確に示すことである。つまり、調査の目的やその結果が何をもちたらし、何をもちたさないかについて明確に示すことが必要だが、さらに、次の段階に進む時の判断に自らまたは子孫が民主主義的方法で参画し得るということを前もって保証するような慎重なすすめかたすることである。この後での説明にあるように、その危険や安全を体験的に伝えることの難しいHLW対策では、このようなかたちで時間をかけて段階的な理解を得ることがとりわけ重要であろう。

○よくわからない地下へ捨ててしまう

HLW対策は大自然（地下）を安全上の防護として使うことになる。一般に自然は環境保全や安全対策に役割を果たしているが、これは余り強調されることはない。むしろ廃棄物をおくことはこれら自然を汚染させるものとしてとらえられる。

地下に関する一般のイメージは、歪められたり、片寄ったりしている。炭坑の落盤事故、湧き出る水、石油、吹き出すマグマといったものがイメージを支配しているであろう。一方、地下には精霊の棲むところという観念もある。

従来はHLWを人間社会から完全に隔絶したところへ処分してしまうという基本的考えで対策

が進められてきた。隔絶したところというのはつまり、良く知られていないところであり公衆がそれに対して不安を感じ始めれば、合理的で有効な材料でその安全を説得するのは難しい。今日では地下を天然バリアとして工学的にとらえる研究がかなり進んでおり、その役割を科学的に実証することも可能になると考えられる。むしろ、十分把握しているところへ実証済みの技術を用いて処分するとしたほうが受け入れられ易い。その意味で地下研究所の果たす役割は重要で、単にHLW処分を目的とするのみならず、地下大深部の解明に向けて先駆的役割を果たすことが期待される。このような挑戦を行うことによって、HLW対策は知的で誇らしい活動と認識されるようになる。

○先例がなく良くわからない

原子力発電所を立地する場合、他の（場合によっては外国の）先例を参考にしたり、実際に視察を実施することはPA上非常に効果のあることである。東海村における地域との共存の歴史は良い先例として大きな役割を果たしてきた。

HLW処分場の場合、わが国は勿論海外にも適切な先例はなく、原子力発電の際とられたこの有効な方法を採用するわけには行かない。したがって、映像や大型のモデルなどを用いてできるだけ正しいイメージを持たれるように努力しなければならないが、地下深部に直接ふれられるような方策がどうしても必要であろう。

地下研究所は研究の場とはいえ、処分場のプロトタイプとしてできるだけ一般に公開して理解を促進させる役割を果たすべきである。

3. フランスのHLW対策の挫折と再生

フランスは1980年代の初めから高レベル放射性廃棄物処分場の立地選定を開始し、80年代の末に一つの挫折を経験し、その結果をふまえて政策の見直しを行った。フランスの当局がどんな問題に直面し、それから何を学んだかを見ることはわが国にとって、今後のHLW対策を進めていく上で参考になると思われる。

○経緯

1979年仏原子力庁（CEA）は放射性廃棄物の管理を専門に行う機関としてANDRAをその中に設立した。ちょうどそれは、それまで非常に強い勢いで進められてきた同国の原子力開発が一段落し、はじめて原子力開発政策が国民的な議論になるときでもあった。1981年の大統領選挙ではエネルギーの独立性をめぐる議論が行われたが、当選したミッ

テラン（社会党）は原子力開発を継続することになった。

1983年ANDRAは、カスタン委員会の検討をもとに処分候補地の選定に乗り出した。地層処分の立地選定基準を決めるためゴーゲル委員会も設立された。しかし、ANDRAもこれと平行して「地層の均質性」「Fracture（亀裂）が薄い」「地下水の条件がよい」「地質的安定性」「天然資源がない」などの独自の選定基準を定めて選定作業を進めた。

1987年3月ANDRAが選定していた4カ所の候補地が突然公表された。公表されたのは以下の地点であった。

- (1) エーヌ県モンコルネ（東北部の粘土層）
- (2) ドウ・セーブル県ヌーブイ・ブアン（中西部の花崗岩）
- (3) メイネ・ロワール県セグレ（西部の頁岩）
- (4) アン県プール・アンブレス（中東部の岩塩）

この候補地の選定はANDRAがもっぱら技術的観点から行ったものであって、当時はパブリク・アクセプタンスについてはあまり考えられてなく、住民はそこがHLW処分の候補地として考えられていることは知らされていなかった。それは地方行政の庁（知事）から権威的に突然知らされた。中央集権色の強いフランスでは知事は民選ではなく、中央政府から任命される。このように処分場を押しつけたという印象を与えた結果、各地で強い反対運動が起きて、1990年にロカルル首相がサイト特性調査の凍結を宣言するまで、地方の状況は悪化していった。1990年2月、ロカルル首相は4カ所の候補地のサイト特性調査を凍結し、今後2年間はすべての角度から政策を見直すと発表した。結局は2年間の見直しになったが、議会の技術選定評価局と技術リスク防止委員会において再評価、検討が行われた。これら2つはそれぞれ90年12月にバタイユ報告、91年2月にColleague Advice Reportをとりまとめた。そしてこれらの報告は1991年放射性廃棄物管理研究法のなかで具体的な政策として採用された。

○教訓と1991年放射性廃棄物管理研究法

- (1) 地下研究所プロジェクト推進の民主的プロセスを決めた。

候補地にあげられていた人々は、地下研究所の誘致を強要されないか、またこの地下研究所が住民の意志に反して処分場に変えられないか、について大きな危惧をもっておりそれを取り除くような明確な保証のないかぎり、交渉には応じようとしなかった。これへの対応として1991年の放射性廃棄物管理研究法（以下新法）は、その第6、7、8、条で新しい民主的な手続きを定めている。

第6条 地下研究所設置プロジェクトはすべて、予備的な調査工事に着手する前に、当該サイトの地域選出議員及び住民との協議を行うこととし、その条件は政令で定める。

第7条 研究所設置に先立つ調査工事は、公共工事実施により私有財産に及ぼす損害に関する1982年の法律に定められた条件のもとで実施する。

第8条 研究所の設置と運営については、(中略)環境評価がすみ、関係の市町村議会、県議会、及び地域圏議会それぞれの意見が出され、公開調査(意見聴取手続き)が済んだ後に、国务院令似よる許可を必要とする。

また、新法は、処分場の設置に際して新しい法律の制定を義務づけることによって、研究所と処分場の間に一線を引いた(第3条)。さらに、研究所に関する期待が1カ所に集中するのを避けるため、新法では2カ所以上の地下研究所の建設と運営を要求している。この地下研究所では、研究のために、放射線源をもちいることができるが、放射性廃棄物の中間貯蔵及び処分は禁止される(第11条)。

(2) ANDRAを独立の機関とした。

ANDRAの技術能力が問題視されることはなかったが、これまでの地位と役割が曖昧であるとの評価が行われた。このため、廃棄物の生産者とその管理者の役割を明確にするため、新法はANDRAの独立した地位を要求している(第13条)。これによってANDRAの役割は以下ようになった。

○原子力庁と協力して放射性廃棄物の長期管理に関する研究開発計画の策定に参画し、寄与する。

○直接、または間接的に処分センターの管理を行う。

○処分センターを設計、立地、建設し、このために必要なすべての研究、特に深地層の研究を目的とする地下研究所(複数)の建設、運営を行う。

○安全基準に基づき、放射性廃棄物の処理と処分の仕様を決める。

すなわちANDRAは候補地の選定作業に関与しないことになり、新法は候補地を見つける責任を議会に与えている。

(3) HLW対策の柔軟性を尊重するようにした。

フランスの関係者の間には、ANDRAの考えてきた地層処分計画を最良の方策として押しつけてしまった、との反省がある。この結果、新法はHLW中の長寿命放射性核種の分離と核種変換に関する研究や長期地表中間貯蔵などの検討し、その結果は毎年国会に提出されると定めて(第4条)別の方法も追求していく姿勢を明確にした。

(4) 候補地の地域振興に地元の意向が反映されるようにした。

用地選定にあたっては、候補地の社会・経済的、文化的特徴に大きな注意を払わなければならないので、中央政府からの一定額の交付金を管理する団体を設け、それに地元市町村、及びそれらの経済団体が参加できることとした(第12条)。

(5) 情報の公開を促進することとした。

HLW地層処分の決定について、新法は議会がもっとも重要な役割を与えている。第4条では、政府は、本法公布後15年を越えない期間の終わりに、研究の全体評価報告を国会に提出し、要すれば、HLW貯蔵センターの設置を定める法案を添付する、と定められている。国会はこれら報告書を国会科学技術選択評価局に付託し、公表する。報告は有識者、科学者からなる評価委員会で審議される。

また、新法は地下研究所のサイトに、地域連絡会を設け、計画の目標、進捗状況を適宜伝えることを義務づけている。

なお、フランス政府が地下研究所の促進のために支給することになっている補助金等について、参考のため下記に記す。

地域振興およびPAに伴うコスト関係

○地下研究施設を建設するにあたって理解をえるため、

(1)財政奨励策

(2)情報・データの提供

(3)大学の誘致等

○1地下研究施設あたり、10km以内の地方自治体に年間6,000万FFを15年間補助金として提供する。

ただし、この額については適宜見直しを行う。この6,000万FFという金額はフランスにおける原子力発電所1基が年間税金として支払う額に相当する。これはラ・アーグ再処理工場の半分程度の金額である。これは、自治体が中小企業育成のために利用するためのものである。施設のまわりのインフラストラクチャーについては、国と地方が検討し、別枠からお金がでることになっている。

この6,000万FFは放射性廃棄物発生者が負担する。国家予算、電気料金からこの資金を出すことは承諾されなかった。放射性廃棄物発生者には電力会社も含まれるが、この資金は電力料金ではなく、他の資金(電力全体の生産コストの中に入っている)から出

される。

○地下研究施設の建設費は3年間で10億FF（雇用者数：150～250人）、操業費は10年間で15億FF（雇用者数：科学者100人以上＋メンテナンス・スタッフ）である。処分場の建設費は10年間で100億FF（雇用者数：1,000～1,500人）である。

（参考：オーブ貯蔵センター：低レベル放射性廃棄物）

○オーブセンターの場合は、一回限りということで、3,000万FFの補助金が支払われた。この補助金の管理は、自治体、県行政当局及びANDRAからなる管理委員会に委ねられ、本委員会は、助成金の使用基準と条件及び配分を決定した。オーブセンターの周辺には22～23の自治体があり、人数は全体で1,500人程度である（スレーヌ：75人、少ないところで15人）。管理委員会ではこの3,000万FFを(1)センターが直接設置されている市町村3カ所、(2)周辺市町村19カ所、(3)センターにかかわる22～23市町村の公共利益のために、それぞれ1,000万FFずつ3つに分配することとした。

この3,000万FFは8,000から8,500万FF程度の投資を誘導する形となる。

4. わが国における社会的受容の基本的要件。

(1) 安全性

いうまでもなく、施設の運転等に関する安全は、それが社会に受け入れられるためのもっとも基本的な要件である。一つの事故はそれまで培われてきた安全への信頼を一夕にて崩壊させる。わが国における原子力施設の安全実績は、基本的にはわが国の技術に対する信頼につながっている。

高レベル放射性廃棄物の場合、前述の通り、原子力発電所のような実績を示して理解を得るような手法はとれない。したがって、技術的説明やモデルなどを見ることよってのイメージでその安全性を理解してもらうことになり、他の施設より難しいので今から説明の手法を研究しておく必要がある。

しかしながら、一般に人々が安全性を信じるのはそれが技術的に確保されていることを理解するばかりではない。むしろ安全を確保している制度、つまり規制、監視の充実並びにそれを実行する人や組織のモラルなどより大きなウェイトがおかれている。HLWは超長期

にわたる安全の確保が不可欠であるので、国の役割の重要性は他の施設に比べて格段と大きい。同時に技術開発、処分費用の確保、処分施設の運営など民間を含めた具体的な責任体制をできるだけ早く明らかにする必要がある。国は地層処分の安全原則などを明確に示すことが重要だが、その際、わが国は諸外国に比べて一層きびしい安全規制を行ってきたことで国民の理解をえてきたことに鑑み、HLWに関してもなんらかの形で国際基準よりも一段と充実した安全対策がとられていることを強調すべきであろう。一般にわが国の人々は、国土の地盤は（地震などの体験から）他の国と比べて格段と脆弱であり、水脈も多いと信じていると考えられるので、他の国の技術や規制との横並びでは理解は得られないであろう。

（２）段階的アプローチ

HLWの処分では、きわめて長期にわたる安全性を判断することになるので、研究開発などによって知見の得られた段階ごとに、その成果を国民に示して、時間をかけて少しずつ合意を得るようなアプローチが必要である。

それにはまずHLWの管理と処分に関する総合的な計画、つまり研究開発の計画、施策の手順などの全体的スケジュールを示し、その中にいくつかの節目をつくることが肝要である。節目とはたとえば、研究開発の一つの段階が終了し、公的あるいは社会的（できれば国民的）評価ををする時で、できるだけ衆目を集めるようにするべきである。

当面はまずHLWを持ち込まない地下研究所の社会的受け入れに官民の全力を集中するべきであるが、フランスの例でみたようにそれがなし崩し的に処分場に移行するのでないことを保証しない限り受け入れられるのは難しい。つまり、前もって、地下研究所の任務が終了し、次の段階に移ろうとするときどんな手続きでどんな判断が行われるかを、示すことが地下研究所の受け入れに要件になっていると考えるべきなのである。

（３）民主的アプローチ

上記のように計画の節目というのは、公的あるいは社会的評価、つまり国の判断が行われるときである。この判断に当たって地元の意向が十分反映されることを具体的に示すべきである。

フランスは1990年以前の失敗に鑑みて、法律の改正というもっとも確実な方法で地下研究所の工事着手の条件、情報の公開などを保証することにした。また、地元との交渉は当事者のANDRAではない第三者（国会議員）が行い、研究の全体評価は国会が行うことにした。

わが国において原子力発電所の場合、電源開発調整審議会にその建設計画を提出する以前に地元の合意がえられていなければならないという条件があるが、HLWの場合ではどのような手続きで研究所のや処分場の候補地が決められて行くのかが決められていない。地元での公聴会、市町村町や知事の同意、国レベルのオーソライズといった民主的手続きを早急に明らかにするべきである。また、フランスや米国にみられるように、地元との交渉には責任ある第三者をたてることも、考慮する必要があるだろう。

(4) 柔軟性

HLWの毒性が数千年にわたり存続する限り、計画者はきわめて遠い将来の安全性を現在の技術で確保すると説明することになるが、これでは時間による不確実性という壁にぶつかる。むしろ、将来の技術的变化や進歩をその都度とりいれられるような柔軟な姿勢が重要である。

再び、フランスの例を引くと15年間にわたる研究開発計画の中に地層処分のみならず長寿命放射性核種の分離や長期地上保管の研究をふくませ、その中から最良の方策を選ぶ姿勢を見せている。一つのを押しつけるのではなく、多くの選択支を明らかにして次第に絞っていくことや少しづつ改良していくのが賢明な方法である。

(5) 地域振興

地域振興は本来その地域が将来こうなりたいと考えている青写真の実現のために、手助けをするものであるべきだ。しかし、過疎や高齢化に悩む現在の地方には資金がないというばかりではなく、地域開発の青写真をつくるための知識やノウハウといった基盤がない。したがって、今後は地域開発の資金と大がかりな地域総合開発のプランニングおよび実行との両方を提供するのでなければならないだろう。

当面は地下研究所の建設を実現しなければならないとすれば、これを受け入れることにより地元どんなメリットが生じていくのかを示さなくてはならないが、現在のところこのための資金を確保し、支出していく電源三法のような制度さえない。たとえば科学都市として開発といった構想づくりとともに資金の確保方策が早急に検討されるべきである。

地下研究施設論

天 沼 倅

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分のための技術開発や原位置試験等を目的とした地下研究施設(Underground Research Laboratory, 以下URLとする)は既に1960年代半ば以降いくつかの国々で設置され、そこでの研究、開発により深地層での多くの知見が得られてきた。

わが国でもこの種の研究・開発施設の必要性が認識され、これまでもその建設のための立地選定が試みられたが、地層処分の安全性に関し多くの人々が懸念を抱いている現状況下では、URLの立地を認め、建設が行なわれそこでの研究や技術開発の結果、その地層、岩体が地層処分に好適な特性を有することが判明した場合には、そこに処分場がつくられることになりかねないという不安感、不信感から、社会的受容が得難く、未だに本格的な計画は進展していない。また廃棄物関係者の中にも国内での設置が難しければ、海外諸国のURLを利用すればよく、必ずしも独自の施設を持つ必要はないという意見もあり、URLの意義や内容についても種々議論が分れたりした。

筆者はこの種の施設はわが国で地層処分を行なおうとする限り必須であるとかねてから考えていたので、現在におけるURLの考え方、国内施設の必要性、社会的受容等につき、内外の状況を纏めようと思っていた。

折しも原子力委員会の放射性廃棄物対策専門部会では昨年(1992)8月末「高レベル放射性廃棄物対策について」と題する報告書を公表した。この中で「深地層の研究施設の役割」として1項を設け、次のように記している。

「深地層の研究施設は、深地層の環境条件として考慮されるべき諸特性等の正確な把握、安全評価モデルの信頼性向上・確証等を行うとともに、深地層についての学術的知見の向上を図るためのものもあり、深地層に係る総合的な研究の場として重要である。

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」(アンダラインは著者)

このようにURLの意義付けを明確にし、また、海外諸国でもそうであったように、処分場の計画とはハッキリ区別して立地を求め、設置することを国の方針として定めたこと

は本施設の社会的受容の面からも好ましく、今後わが国のURLが国のプロジェクトして建設され、そこでの研究、開発が進展する契機となることを切望する。

2. 地下研究施設（URL）の意義

まず、夫々の国での自国におけるURLの意義を考える。

地層処分の安全性に影響する数多くの要因について、パラメータを把握するのは、地上実験室や、深いボアホールの掘削及びそこでの調査、試験等によってもある程度までは可能であるが、地層、岩体中に設けたURLでの試験、研究には多くの利点があり、またそこに於てのみ可能な研究、技術開発もある。URLでの実験は、将来処分場で期待されるのと類似した地質環境下で行なうことができ、また広い範囲にわたる原のままの地層、岩体をそっくり使うことが可能であり、さらに地下深所の実状を確実に把握できる¹⁾。

通常はURLは地層処分に適しないと思われる場所は避け、恐らく処分に適した性状をもつであろうと思われる地層、岩体（候補地層）と類似した場所に設置することが多い。このため諸外国でも屢々経験されたことであるが、前述のように、研究、調査の結果処分に向く地質環境であると判明したような場合には、そこに処分場がつくられるのではないかという住民の不安感からURLの設置が反対されることが多かった。しかし、今回は、スイスやカナダ等と同じく、わが国でも国の方針としてURLは処分場とは全く別個に計画されることに決められたわけである。そのような候補地層での原位置試験（処分できるような地質環境と本質的に同等の地質環境中で行なわれる試験をいう。原位置試験のために特殊な地下の研究室が建設されるか、あるいは実際の処分場建設の時に原位置試験が行なわれる。このような施設においてのみ、十分な範囲にわたるサイト特性及び放射性廃棄物と処分施設の相互作用が実測できる——筆者註、これはIAEAの放射性廃棄物用語集²⁾による原位置試験の解説である。ここでも特にその目的で建設した地下研究室の中か、あるいは実際に処分立地が決った場合はそこでの掘削のさいに行なう試験となっているが、本論で用いているのは、前者の地下研究室での試験であることはいうまでもない。）によって、地上の実験室での測定データの実証が可能であり、地下水も包含した深部環境の測定技術や測定機器の研究・開発・実測によるデータ収集、掘削工法、埋戻し、閉鎖技術の開発、掘削や地震などの地層環境に及ぼす影響、（歪み、変形、通気状況、水みち形成等）あるいは微生物の処分環境に及ぼす影響等多くの深部特性を明確にできるであろう。

さらに、地下資源が賦存しないような地層、岩体における深部の状況がまだ殆んど分っ

ていないわが国の現状では、屢々云われるように実際に深部を掘ることによってのみ、地下の特徴である意外性現象を発見することができ、諸外国における同種の地層、岩体の特性との異同を明らかにすることによって、我が国で地層処分を実施しようとする場合、海外諸国とは異なる問題点の有無を知ることができる。自国に設けたURLでの調査、研究によらなければ、他の国の地層の地質特性とどこが異なるのかを把握することはできないのである。

以上が凡そ自国内におけるURLの意義と考えるが、このような意義をもつURLを特性の異なる複数の然るべき地点に建設し、そこでの天然バリアとしての有害核種の閉じ込め、隔離機能を総合的に判定し、また地震その他の地変に対する対応を十分調査して、これ迄に開発してきた人工バリアの性能と相まって、わが国における、長期にわたる高レベル放射性廃棄物の地層処分のさいの、安全性を評価して、日本における地層処分概念を明確にし、これを公表して公衆の理解、認識を得るための努力が必要である。そして、このためにもURL施設やそこでの研究開発を公開し、多くの人々が直接見たり触れたりすることが社会が地層処分を受入れるのに有意義であることは廃棄物先進諸国の例を見ても明らかである。

将来、処分予定地を選定した場合、その立地が実際の処分地としての適性を有するか否かを判断するため、そこで所要の地下施設（繰返して云うが、これはここに述べているURL計画とは明確に区別された施設である）によるサイト特性調査を行なうことが「高レベル放射性廃棄物処分対策について」に述べられているが、このときのサイト特性調査を滞りなく有効に行なうための技術開発を行ない、処分予定地の選定時までにその技術を確立しておくこともまたここで述べているURLにおける大きな役割の一つであることをこの項を終るに当り特記しておきたい。

3. 海外廃棄物先進諸国におけるURLの現状概況

地下研究施設での研究は、既存の地下坑道を利用して1965年頃から高レベル放射性廃棄物の地層処分のための、安全性の研究や、処分技術の開発のために始められ（ドイツ、岩塩層、Asse-Ⅱ）、1970年代後半にはStripa（スウェーデン、結晶質岩）廃鉄鉱山や、Hanford（米国、玄武岩）での研究が行なわれるようになった。さらに1980年代に入ると、Climax（米国、結晶質岩）、Mol（ベルギー、粘土層）、Grimsel（スイス、結晶質岩）、またやや後れて、Whiteshell（カナダ、結晶質岩）でも当初からその目的で立地を定め、

新らたに掘削してURLを建設し、国際的にも相互に協力し、共同して盛に研究、開発が進められている。またこの他米国では研究、技術開発の目的だけでなく、実用規模のWIPP(Waste Isolation Pilot Plant)を岩塩層中に建設しているし、処分場候補地としてのYucca Mt. (熔結凝灰岩)でもURLの建設を予定し準備中であることはよく知られている。

これらのURLの中で例外的なのはベルギーと米国である。ベルギーのモルの地下施設は現在はURLとして機能しているが、同国では、このURLを用いて Boom clayと稱する地下約 180m - 300mの間に広く存在する粘土層の地質特性を詳細に研究し、数多くの原位置試験によってデータの集積や地上実験室での同種の測定値との比較を行ったり、地下の縦坑や横坑等の掘削技術、埋戻し工法、長期間の形状変化等の処分場建設に必要な、規模の大きい、且つ総合的な試験を行ない、その成果による技術的評価、長期安全性評価の結果、処分場の建設、実施が可能と判定されれば、公衆の賛同を得てここを将来の処分場とする考えである点が他の国々のURLと異っている。また米国のYucca Mt. はまだ公衆の反対が多く、URL施設建設に至っていないが、将来詳細な試験、研究によって処分場に適すると判定されれば、同じく民主主義の原則に基き、公衆参加の下に、この地に処分施設をつくるという考えで、計画が進められている。

これに対してその他の国、(スウェーデン、スイス、カナダ等)ではURLは将来の処分場立地と全く関係なく、単に高レベル放射性廃棄物の地層処分のための研究、技術開発だけを行なうことを目的として建設、稼働させており、そこが、たとひ処分場として好適な場所であるという成果が挙げたとしても、将来の処分場とはしない考えであり、これはまた、URLを建設する時の公衆との公約でもあった。

米国は他の廃棄物先進国と異り、国土は広大で、処分に適すると思われる地層、岩体の種類にも富んでいるし、事実一時は数カ所でボーリング調査等地下深部の研究を行っていたが、1980年代後半に、それまで候補地層としていた3地層(花崗岩、岩塩、玄武岩)での研究を止めて、Yucca Mt. 1カ所に絞り、現在は上記のような考え方で研究を進めようとしている。1980年早々に地下450mに坑道を掘削し、熱の影響やrock stress等を原位置で大規模に調査、研究していたNevadaのClimaxのURLは予定通り数年間の研究を行なっただけで、現在は使用していない。またカールスバットに既にほとんど完成している前述のWIPPは、URLとしては大きすぎる実用規模の施設であり、1987年頃からTRU廃棄物の処分と、高レベル放射性廃棄物の25年間の長期貯蔵テストを行なう予定であっ

たが、実施を前にして反対が強くなって、現在も一部で大規模な原位置試験は行なわれているが、実廃棄物の搬入の詳細については知らない。

表1（次ページ）には海外廃棄物先進諸国におけるURLについての概要を示す。

4. URLの社会的受容

以上のように、地層処分の技術開発と安全評価を行なうためには、欠くことのできないURLの立地選定は、これまでの海外諸国での状況を見ると、すでにのべた理由から公衆の反対のために多くの場合順調には進まなかった。

表1には廃棄物先進諸国におけるURLの社会的受容の概略を併記したが、カナダでのURL立地決定までの経緯が文献^{3) 4) 5)}に示されており、我々の参考になるように思ったので以下に概説する。

カナダでは、高レベル放射性廃棄物の処分に関し、3年間位の調査で処分サイトを見付けうる予定で、1976年から計画をスタートさせたが、早くも翌年には公衆の反対によって一旦中止せざるを得なくなった。

1978年には研究の対象となる区域が明らかにされた時点で、当局（AECCL）と公衆の間できびしい意見の対立を生じた。カナダにおいても、地層処分技術開発に必要なURLの立地選定の調査のための試掘や、URL建設のための掘削が、その近傍に将来処分場立地が決まる第1段階になってしまうという、他の国々でも屢々見られた誤解が生じたためであった。

そこで1981年に連邦政府とオンタリオ州政府の間で、カナダでは処分サイトの選定の前に、必ず公衆のヒアリングと討論会を行なうことが決定され、この年8月、両政府は共同ステートメントを公表し、現在進行しつつある高レベル放射性廃棄物処分の研究・開発段階と、将来の処分サイト選定段階とは明確に区分することを公約し、その結果漸く公衆の受容を得ることができた。

一方研究の実施主体であるAECCLも高レベル放射性廃棄物処分の考え方について、社会的受容を得るために、より広範な社会的論議が必要であると考え、調査方法と公衆参加計画（Public Consultation Program, PCPという）を立案し、その具体化を急ぎ、実現させた。

表1 欧・加における地下研究施設（URL）

1992/9月

国	URL立地	概況	研究をはじめた年	主な試験・調査・開発項目	公衆との関係
ドイツ	Asse II	地下 600-800mの岩塩採掘跡の坑道	1967年頃	坑内歪, 伝熱, 加熱模擬固化体, 地震等, 長期性状変化。掘削, 収納, 閉鎖技術, 中, 低レベル廃棄物の試験処分	URLとして試験を始めた60年代後半には社会的にはまだ余り問題にならなかった。ここでは以前から国宝などの安全な貯蔵, 保管に利用していた。LLWを1万ドラム以上試験処分したが, 現在は中止し, URLとして地下処分のための研究・開発を続けている。内外の見学者は多い。将来, 処分場として再開するような場合には必ず公衆の了承をとってから行なうことになっている。
スウェーデン	Stripa	廃鉄鉱山坑道を利用, 地下約 350 m, 花崗岩体	1977年頃	加熱, 水文地質, 核種移行, バッファ/埋戻材挙動実験, 掘削技術, 割れ目挙動等	Stripa URLには放射性物質を持たず, 調査, 研究のみを行なう場所として受入れている。スウェーデンでの処分概念は明確で, 自国内で行なうべきHLW処分につき, 国民の理解はかなり進んでいる。ここでも見学者訪問者は多い。
	Aspo島 (HRL, Hard Rock Laboratory)	花崗岩盤 500m深さまで, 立坑とスパイラルアクセストンネルの掘削	1994年	バリア性能, 岩盤物性データ集積, 岩盤調査技術確立と実証。地質特性変動調査	1980年代から調査していたが反対のため屢々中断した。SKEのインフォメーションプログラムはかなり成功, ラジオ, テレビ等でNIMBY現象に対応。処分場立地選定が90年代の山場といわれている。
ベルギー	MOL	地下 180-300mの Boom Clay 層	1983年	粘土の掘削技術, 材料腐食, 核種移行, 加熱, 坑道塑性変形等の原位置試験	ベルギーでは古くから boom clayを資源として広範な研究が行なわれ, データの集積があった。立地が原子力施設敷地内でもあり, 余り問題はきいていない。処分場としての適性が評価され, よければ, 拡張して処分場とする予定。ここも内外の見学者の数が多く, PAに役立っている。
スイス	Grimsel (RL)	アルプス山中の地下 500mの花崗岩盤	1984年	地下地震, 歪測定, 核種移行, 割れ目系流水測定, 加熱, 通風, 掘削, 地下水性状, 熱的測定	URLの結果がよければ将来処分場立地になるという不信感に対して, この場所はアルプス造山帯の中にあり, 今も地殻変動が続いているため, 短期URL立地にはよいが, 処分場立地にはできない旨の説明を十分に行了承を得た。またRIは原則として使わず, 使うときは必ず公衆と話合うことにしている。現在公衆の了承の下に短寿命のRIを用いて核種の移行や収着の試験を行なっている。ここも内外の見学者は後を絶たない状況である。
カナダ	Whiteshell	先カンブリア紀深成岩層中, 130-240, 420m深さ	1986年	岩石と地下水の相互作用, 加熱, 伝熱試験, 人工, 天然バリアの評価, 各種技術の開発, トレーサートテスト, グラウトテスト, 応力測定, 閉鎖技術	別記のように1980年代初期に激しい反対に遭い, 連邦政府と州政府は共同声明によって, このURLと将来の処分場立地とはきびしく区別することを確約。担当のAECLはPCP計画の立案, 実施により公衆と十分話し合いを行なって, 了承を得た。尚このURL立地はマニトバ州からAECLが21年契約(若干延長の見込み)で借用していて, 試験終了後は埋戻して返還することになっている。またここでは放射性物質は一切使用しない。

このような情勢の下で、1981年から87年にかけては、公衆の最小の反対の下で地質調査、URLの建設がすすみ、反対はまだかなりあるものの、公衆の受容態勢も徐々に高まりつつあるという。⁶⁾

この他、表1に示したように各国共URLの建設には、立地選定の社会的受容をうるためにかなり苦心しており、時間もかけている場合が多い。⁷⁾ そのさい特に重要なポイントは次の2点であると考える。

- 1) 高レベル放射性廃棄物処分の考え方、研究開発の結果及び問題点等のすべてを公開し、徹底した論議を公衆との間で持ち、決定には公衆参加を欠かさないこと
- 2) 当局、担当機関は公衆との間に信頼関係が成立するよう日頃から努力すること

5. わが国でのこれまでの対応

わが国で高レベル放射性廃液の処理、処分方針を具体的に検討し始めたのは1970年代中頃からであったが、その当初からURLとは稱していなかったものの、研究・開発並びに公衆の理解を得るためのこの種の施設の必要性は論じられていた。明確にこのことを述べているのは1984年8月の原子力委員会、放射性廃棄物対策専門部会の中間報告であって、その中では4段階の地層処分研究開発の推進の項で第2段階「処分予定地の選定」の中に「順次、候補地点を選定し精密調査を行なうとともに、深地層試験場を設け深地層での天然バリア及び人工バリアの試験を行ない、処分予定地の選定に資する。」とある。ここではすでにURLにおける5項目、12テーマについての試験、研究について述べている。

その後、1985年8月に、原子力安全委員会の放射性廃棄物安全規制専門部会が高レベル放射性廃棄物等の安全研究年次計画につき報告したが、その中に「なおわが国としても、地層、水文等に関するわが国固有の評価パラメータを得るため、深地層試験場等によるわが国の地層を対象とした研究を進める必要がある」とし、1986年、科学技術庁原子力局の公表した地層処分研究開発5ヶ年計画では、研究開発の重点事項の(4)大型研究施設の建設の中で、「②深地層で放射性廃棄物を用いずに、人工バリア及び天然バリアの調査研究、処分場建設に必要な土木技術の研究開発を総合的に実施するための「深地層試験場」の建設を進める」ことをのべているが、この時点で、始めて「深地層試験場」には放射性廃棄物を持たないことが明確に唱われた。

しかし、その後はURL立地と処分施設立地の関係は必ずしも明言されず、例えば、1987年の原子力開発利用長期計画では「地層処分技術を確立するための深地層試験等の開

発研究」という文言だけがあり、1989年の「高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発の重要項目とその進め方」（放射性廃棄物対策専門部会）の中では、「5. 研究開発の進め方」で「地層中の現象を解明するという研究領域を新たに設定して、地層の科学的研究を着実に進めることが重要である。このため、特に地層が本来的に有する特性や、それが掘削等によって受ける影響及び地下深部での諸現象をより正確に把握するために、我が国の代表的な地層を対象に総合的な深地層に係る科学的研究の場としての地下の研究施設を設置する必要がある」と云っている。

即ち、ここでは地下研究施設は広く深地層中での諸現象を解明し、地層の科学的研究を着実に進めるという広範な目的でつくるべきであるとしていて、公衆の憂慮しているURLが将来の処分場になる第一段階なのかどうかという点は明示されていない。

所で、今回（1992. 8. 28）放射性廃棄物対策専門部会から発表された「高レベル放射性廃棄物対策について」においては、URLを深地層の学術的研究の対象としている（勿論その主要目的は、当面は高レベル放射性廃棄物の処分に関わる研究であろう）が、前述したようにここで処分場立地とは直接関係のない形のものとするのが再度明確に示されたことは、URL設置計画の推進上大変好ましいと感じている。

表2にはURLへのわが国でのこれまでの対応の概略をまとめてある。

一方、このような国の考え方、方針に応じて、動燃や原研では、民間企業や所有の鉱山廃坑道などを利用したり、ボーリングを行ったりして地下深所における各種測定法の開発や測定データの収集をしてきた。しかし、このようなささやかな研究開発も繰り返し述べたように、反対のため研究者の意欲を阻喪させる場合が多かった。特に既存の坑道から更に深く新たに掘削することは非常に困難であった。それでも担当者の努力によって最近かなりの成果を挙げてきているのは結構なことであり、このさい民間の御尽力に対しても謝意を表したいが、このあたりで百尺竿頭一步を進め本格的URLの建設をすすめる必要がある。

6. わが国でのURL計画を進めるに当って

URLが高レベル放射性廃棄物処分の技術開発や安全評価のツールとして必須であることは海外諸国でも、またわが国でも現在の共通の認識である。しかしURLだけが単独に

表2 わが国でのURLへの対応

1992/9月

1976始めころ	PNC, (URL)の必要性を原子力委員会に説明, 予算要求
1984/8	放射性廃棄物対策専門部会(中間報告) 深地層試験場を設置し……処分予定地の選定に資するとともに, ……
1985/8	放射性廃棄物安全規制専門部会, HLW等安全研究年次計画 深地層試験場等による研究開発を進める必要がある。
1986/11	科学技術庁原子力局, 地層処分研究開発5ヶ年計画 深地層試験場の建設を進める。ここへは放射性廃棄物は持込まない。
1987/6	原子力委員会, 原子力開発利用長期計画 地層処分技術を確立するための深地層試験等の研究開発と, ……
1989/12	放射性廃棄物対策専門部会, HLWの地層処分研究開発の重点項目とその進め方 総合的な深地層に係る科学的研究の場としての地下の研究施設を設置する必要がある。
1992/8	放射性廃棄物対策専門部会, HLW対策について 深地層の研究施設は……深地層に係る総合的な研究の場として重要である。 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……複数の設置が望ましい。

必要なのではなく、この施設によって培った技術や得られたデータを基にして、将来のいつの日か地層処分を行わなければならないことを忘れてはならない。そしてURLが建設運転された後でも、処分候補地とか処分予定地の選定段階では再び社会的受容の問題は生じてくるであろう。

結局は人類がその活動によって発生させた廃棄物は放射性の有無に拘らず自ら処分するのでなければ遂には環境の破壊つながらることを広く認識し、その一環として高レベル放射性廃棄物は発生させた夫々の国が責任を持って、第一義的には夫々の国に於て処分しなければならないこと、及び地層処分によって高レベル放射性廃棄物の処分安全性は長期にわたり確保しうることを、これ迄及び今後の研究、技術開発によって明らかにし、これが社会に十分認識され、受入れられなくてはならない。わが国が設けるURLはこのストーリーの中で、わが国でも地層処分を十分安全に実施できることを示すためのツールの一つとして必要なのであり、この段階では何度も繰返すことになるが、将来の処分場の立地とは全く関係がないということである。

このような意味で、URLの設置は急がれるが、熱望する余り将来の地層処分の実現のためのものであることを、忘れたり、意図的に隠すようなことはあってはならない。この点で今後社会に広報を行なう場合、表現が微妙で難しくなろうから慎重な考慮を必要とすると思う。

7. おわりに

URLと稱する程でもなく、またその地層も旧鉱山の廃坑利用であったから積極的に選んだものでもなく、云はばそこに（地下のかなり深部に）偶々恰好な廃坑が残されていたからとでも云える理由から、そこを利用して地層、岩体の熱伝導性や透水性の測定法を試験してみたいというささやかな希望を持って地元との交渉を始めたのはすでに15年以上も前のことであったが、これさえも反対（一旦そのような試験を認めたら将来処分場にされてしまう懼れがある）に遭って、ごく僅かな現場での試験が漸く着手できるようになるまでに3年以上を要したあの頃の状況は今も殆んど変わっていないように思われる。

URLの問題はこのように誤解され易く、筆者も曾てその点を十分考慮して書いた積りの記事が悪文のせいとはいいいながら真意が理解されず誤解を受け、思わぬ方面にまで影響が波及した苦い経験がある。

しかし高レベル放射性廃棄物の処分は将来の原子力エネルギー平和利用の趨勢さえ左右

し兼ねない程重要であり、筆者が計らずもこの問題に関係するようになってから早くも20年に近く、益々切実の感を増す許りである。そしてそのさきがけとしてのURLに思いを致すとき、書けばまたしても誤解を生じマイナスの効果しかないのではないかという懼れを抱きつつも、情熱の迸る所取て再び地下研究施設についての私論を試みた。これを纏めるに当っては何人かの専門の方々から頂いた御意見も私の責任で入れさせて載いた。誤解を避けるため、同じことを何度も繰返しのべているが、今回も全く一私人の立場の論であり、この文の内容についての不備の点は全て筆者個人の責任であることを明記して筆を擱く。

付録。これまでに経験し、また関係者から伝聞したURL建設や、地層処分についてのわが国での公衆の懸念、危惧、反対等の根拠ないし理由の主なものを列挙した。社会的受容の問題に幾分かでも参考になれば幸いである。(順不同)

- ① 1つあるいは2つ位のURLで行なう試験結果によって、わが国の深地層の特性、地層処分の安全性等を解明できるのか？
- ② 他の国のURLとどこが違うのか、なぜわが国のURLが必要なのか
- ③ URLを認めると、その試験結果が良い場合、将来の処分場立地に決められてしまうのではなかろうか(この問題は多くの国々で同様に最も多い反対理由である)
- ④ 海外諸国ではいざ知らず、地殻変動の多い日本では地層処分はできないのではないかと、地上での長期貯蔵の方がよいのではないかと
- ⑤ 非常に長期(10万年ないし100万年またはそれ以上)にわたる安全性評価には必ず不確実性が残るが、それをどのように取扱うつもりか
- ⑥ 地層処分に好適な岩盤が見つかったとしても、そこに処分場を建設すれば条件が変わるため、安全上問題を生ずるのではないかと
- ⑦ ナチュラルアナログによって非常に長期の健全性が示されたとしても、それはHLWの処分の場合と全く異なる条件下での話であって、地層処分が安全という実証にはならないのではないかと。
- ⑧ 安全といわれても、心配だから、いつまでもモニタリングを続けてほしいがそれは可能か、何を、どのようにして、何年位モニタリングするのか
- ⑨ 万一の事故の場合や核種の有意な漏洩が判明した時の対策や、何かの理由で再取出しの必要を生じた場合の対策が明瞭ではない。

この中で 8, 9 はCanadaでの P C P (Public Consultation Program)で実施して調査した公衆の要望ともいふべき Social Criteriaの中でも、最も多い要望であった。(尚文献 9 にはカナダの P C P で調査した「関心あるグループ」の人々の高レベル放射性廃棄物処分に関係した意見や疑問点等を総計 772件列挙している)

1993. 1. 4稿

参考文献

1. Neil A. Chapman, Ian G. Mc Kinley ; The Geological Disposal of Nuclear Waste
John Wiley & sons, P.155 (1987) 他
2. IAEA : Radioactive Waste Management Glossary, 2nd Edition, IAEA-TECDOC-447
(1988), P. 31
3. Pat Delbridge Associates Incorporated ; Selection of Groups to Participate
in Canadian Nuclear Fuel Waste Management Public Consultation Program,
TR-333, (June 1985)
4. Pat Delbridge Associates Incorporated ; The AECL Public Consultation Program
Workshop on the Canadian Nuclear Fuel Waste Management Program, 1988 March
25-27, TR-472 (Jan, 1989)
5. R. S. Dixon, R. B. Anderson M. A. Greber J. R. Hiller; Public Consultation in the
Canadian Nuclear Fuel Waste Management Program, WASTE MANAGEMENT '87, Tuscon,
Arizona, March 1987.
6. M. A. Greber, カナダの核燃料廃棄物管理計画における社会学的研究, ウェイストフォー
ラム '91, 東京, 1991. 2月
7. 川上幸一他 ; 第3回放射性廃棄物の貯蔵と処分に關する欧加調査団報告書, 放射性廃
棄物欧・加調査団 (1990年11月)
8. フランス国民議会 ; 放射性廃棄物法案, フランス共和国官報, 国会議事録 (1991年6
月27日) (和訳, 日商岩井)
9. M. A. Greber, R. B. Anderson ; Public consultation Program on Nuclear Fuel Waste
Management : Identification of Issues, TR-471(1989)

廃棄物処分の批判的立場の論点

義村 利秋

1. はじめに

平和的原子力利用への批判は、わが国が原子爆弾により多くの人命を失い被爆によって健康を蝕まれているという人類有史の初めての経験を持つことを前提として、原子爆弾と放射能に対する恐怖感が根底にあることを論拠にしている。また、チェルノブイリ原子力発電所の事故により世界的に汚染が拡大したことが、近年の大きな原子力への批判的な論拠になっている。わが国では広瀬隆氏による「危険な話」が大きな衝撃として受けとめられ、その後多くの原子力への批判的な書籍が刊行されている。最近では地球的環境問題の高まりにより原子力問題がマスコミに取り上げが少なくなっているが、プルトニウム輸送問題を契機として新たな動きも予想される。

一時、原子力出版ブームになったころの書籍には情緒的でただ危険性を強調するものが多く、理論的な検討を加えて批判をしているものが少ないと考えられる。多くの書籍の中で最近の出版物から理論的に批判を行っていると思定される書籍を対象にして、高レベル廃棄物問題を取り扱っている著者の論点を整理し、今後の検討課題を抽出してみよう。ここで取り上げる書籍は、次の3つのものを対象とする。

日本科学者会議編「原子力と人類」（1990年2月28日 リベルタ出版）

高木仁三郎「下北半島六ヶ所村核燃料サイクル施設批判」（1991年1月21日 七つ森書館）

槌田 敦「原発安楽死のすすめ」（1992年3月20日 学陽書房）

ただし、日本科学者会議編では多くの著者で構成され高レベル廃棄物を取り扱っている主な著作は、第1章第5節の「幌延の地質は『地質バリア』たりうるか」（松井 愈）と第2章第5節の「高レベル放射性廃棄物の処分問題」（八木健三）がある。前者は幌延の地質構造について動燃の調査をアメリカのハンフォードの事例を基に批判的な論述を展開している。後者は高レベル放射性廃棄物について全体的な批判を加えている。前者の批判が幌延に特化していることから、ここでは後者を採用することとする。

これら著作の中から取り上げる事項としては、高レベル放射性廃棄物の1)処理技術上の問題、2)処分技術上の問題、3)処分地の選定問題、4)処分に係わる制度・体制上の問題、5)広報に係わる問題に分けて、各著者の主張をみることにする。なお、巻末に各著書の目

次構成を参考に示した。

2. 高レベル放射性廃棄物の処理に係わる技術上の問題

2.1 高レベル放射性廃棄物の固化技術の問題

(1) 八木健三の指摘

2章4節の「高レベル放射性廃棄物の処分問題」の八木健三によるものは、高レベル放射性廃棄物（以下、HLWという）の固化法の方法として、ガラス固化、セラミックス、シンロックの3つの方法を示し問題点を指摘している。

ガラス固化法は、「廃液が黒いためにホウケイ酸ガラスは真黒である。ガラスは室内の条件下では安定であり、製造方法も簡単であるが、高温になると再結晶作用が進み、細かな割れ目ができ、水中の溶解度が高くなる」。セラミック法は「ホウケイ酸硝子の溶解しやすい欠点をおぎなうため、ガラスを高温に加熱してセラミック化させる方法である」とし、その方法に1つとして「スーパーカルサイン法は、高レベル放射性廃棄物の組成に応じて添加物を決めているが、結晶は必ずしも安全な相のみとならない。また鉱物中の放射性元素の放射能により結晶構造が破壊されメクミクト現象おこり、そのための体積膨張により割れ目ができ、核種の溶出がおこるおそれも増大する」、また、サーメット（陶性合金）法では「核種は合金のなかにとけこむとされているが、その安定性についてはさらに研究が必要である」としている。

これらに対しシンロック法は「核種が鉱物結晶の構造中に安定的に存在しているため、核種が非結晶のガラス中に存在するホウケイ酸ガラスよりも、はるかに安定である」とし、「また水にたいする強度でも大きな差があり、シンロック法では200度C、7日間、または300度C、4日間で全然破損しないのに、ホウケイ酸ガラスでは200度C、7日間でかなりの変化を示し、300度C、4日間では完全に破壊した。ホウケイ酸ガラスが崩壊熱による加熱と水の作用にたいしていかにもろいかがこの実験で明かであろう」とし、固化法の種類を挙げてホウケイ酸ガラス方法の問題点を指摘している。また、シンロックは「安定度は高いが、加工がやや複雑でHLWは少量なので、費用が高いのが欠点である」としている。

(2) 高木仁三郎の指摘

第V部第3章「ガラス固化体」の中で、ガラス固化体の問題点を次のように指摘している。ホウケイ酸ガラスは「ガラスの中では膨張係数が小さく、また強固なものとされていますが、やはり一種のガラスですから、他の固化体の候補物質（セラミックやシンロック

=合成岩石)に比べると、衝撃や圧縮に対する強度が弱いこと、および熱に弱いという欠点をもっています」とし、「ガラスは熱や放射線作用で、内部にひび割れを生じやすいので、このひび割れが起こると、ガラスの表面積が増すために、一般的に水などがきた場合の放射能の溶け出しやすさ(浸出率ないし溶出率)が増えます。この、中に閉じこめられた放射能が比較的溶け出しやすいということが、放射能の閉じこめ物質としてのガラスの最大の欠点です」としている。

さらに、放射線による損傷問題について「原子力推進側は、たとえば原研などで行われる研究成果をもち出して、ホウケイ酸ガラスに高濃度の放射性物質を閉じこめても、ガラスは劣化しない(浸出率が上昇しない)と主張しています。アルファ放射体などを利用して、実際の固化体より強い放射線量をあて、実際の何万年もの放射線があたった条件を数年間で模擬して、それでも大丈夫だから、何万年分もの安全が保障された、などというのです。しかし、仮に放射線量は何万年分あてたとしても、温度条件が違いますし、また長い間、水で少しずつ浸出されるような実際の処分地における条件を、1年や2年の実験室の実験で再現し、何かを立証したというのは、科学的な立場から言うと、あまりにも安易というべきでしょう」として、上記と同様にガラス固化体の問題点を指摘している。

(3) 榎田 敦の指摘

第3章の「もともと虚構の原子力発電」の「1解決の道ない核の廃物」において、ガラス固化の問題点を次のように指摘している。「ガラスは不安定で、時間が経過すると結晶になってしまう。このときひび割れが生じるので、そこから放射能がにじみ出すことになる。それではなんのためにガラス固化したのかわからない。普通に使うガラスならば、その結晶になる時間が非常に長い。したがって、古代の遺跡からひび割れのないきれいなガラスの器が発見される。しかし、このガラス固化体は放射能を包んでいるため、放射線の触媒効果や、放射能による加熱で、結晶化がはやめられる。また、アルファ線を出す放射能も含んでいるので、このアルファ線から生じるヘリウムガスがガラス内部に蓄積し、ガラスを膨張させる。その結果、ガラス固化体は粉々になってしまう。」としている。

また、「ガラスは高圧の熱水に溶けるという欠点もある。したがって、ガラス固化体を地下に埋設することは、日本のような温泉地帯では非常に危険なのである。そこで、ガラスに代わる方法も検討されている。たとえば、人工岩石に放射能を閉じこめるというものである。しかし、岩石はガラスとちがって粘りがなく、どんな大きさの原子はイオンでも閉じこめるわけにはいかない。その結果、岩石結晶の隙間に放射能が取り残され、水に溶

け出すことになる。結局、高濃度の放射性液体を固化し、水に溶けないようにするというアイデアは完全に失敗したのである。」としている。このように放射性液体の固化自体が不可能であるとしている。

2.2 キャニスターの問題点

(1) 日本科学者会議の指摘

八木健三は上記の同じ章節においてキャニスターの問題点について、「現在一般的に用いられているのはステンレス製であるが、その他の鋳鉄、ジルコン合金、ニッケル鉄、チタン合金、銅および銅合金など種々の製品が試みられている。このうち腐食テストと経済性から判断すると、モリブデン0.3%、酸素0.2%を含有するチタン合金がもっとも優れた性質をもっている」とし、「動燃はSUS304Lとよぶステンレス鋼のキャニスターを計画しているが、チタン合金より劣るようだ。さらにキャニスターの周囲を厚さ30センチほどの鋳鉄は鋳銅のオーバーバックで包み、強度を高めている」と石原健彦「放射性廃棄物管理の科学と技術」（第4巻 1986年）を引用している。

(2) 高木仁三郎の指摘

上記同様の章においてキャニスターの問題点を、「一応の外枠といった程度で、放射線を遮蔽する用途にも、ガラス固化体からの漏れを防ぐにも長期的には、ほとんど役立たないと考えてよいでしょう」とし、「ステンレスはSUS-304Lというステンレスが使われると考えられますが、これは、原子炉などで使われた実績からも、腐食割れをお越しやすいものです」としている。腐食割れについて「とくに溶接部分（溶接時に熱応力が残っている）などの結晶粒界にクロムなどが析出してきて（鋭敏化という）、そこを中心に割れが生じるので、長期的に考えれば、ステンレス、とくに溶接部にはつきものといえます。キャニスターは、底面、脇、そして上面の蓋の部分と、溶接部が少なくないので、そういう場所から割れが生じると考えられます。そのうえに、キャニスターはいつも強い放射線にさらされています。とくに中性子線量が多い場合、長期のうちには放射線による脆化も進行するはずです」としている。

3. 高レベル放射性廃棄物の処分に係わる技術上の問題

(1) 日本科学者会議の指摘

地層処分の方法として、鉈山（集合）型処分場とボーリング型処分場を比較して次のような指摘をしている。「大きな鉈山型の処分場は適地を求めるのが困難であり、割れ目な

どができやすいが、ボーリング型処分場は適地が得やすく、岩石の浸透性は深さとともに減少するので、1キロ以下では結晶質岩石のあるものはほとんど乾燥しており、HLWと地下水と接触する機会は最小となり、また割れ目もできにくく、もしできて自然に充填される可能性が大きい」とし、「将来ボーリング技術の発達にともなって、今の主流とされている鉱山型処分場よりも、はるかに優れたものとなるだろう」とHLWのシンロック法を開発したオーストラリア国立大学のリングウッド教授の発言を引いている。

(2)高木仁三郎の指摘

地層処分については上記と同じ章において、「キャニスターに防御の役割を期待できないのは、ほとんど自明の理で、地層処分の頼りは、結局、天然バリアー—つまりは岩盤なのです。しかし、何万年、何十万年、いやそれ以上の安全性を保障してくれる岩石の層を、いったいどこに捜し求められるのでしょうか。また、いったい、そんな先までの地層の動きなどを、現在の科学が予想できるというのでしょうか。明日の地震の予想すらできないのに……」と結んでいる。また、第2章においては熱を発することに関し、「高レベル廃棄物を最終的に地層処分する場合、発熱のためにやっかいな問題が生じます。埋設廃棄物が周辺の岩石を暖めてしまい、暖まった岩石の”浮き上がり”現象が起こることが考えられる」とし、寿命が長いことに関して「放射性廃棄物を処分する場合でも、容器や建造物（これを人工バリアと称します）では、とても長期の閉じこめを保証できない。せめていったん大きく放射能が減る1000年くらいのところまで、人工バリアがもってくると有難いのですが、ステンレスやコンクリートではとても、そんな役割は期待できません」「数百万年という期間となると、岩盤（天然バリアといえます）でも、とても保証されそうもありません。そんな先まで近くの変動を予想できるような科学の用意がないからです」としている。

4. 処分地の立地地域の問題点

(1)日本科学者会議の指摘

八木健三の同章によれば幌延の貯蔵工学センターについて、「ICSU（国際学術連合）の『HLW処分に関する研究と開発についての調査報告』（ハリソン報告）に『処分地選定の基準は安全性と科学によって決定されるべきであり、経済や政治に左右されてはならない』と述べられていることは、とくに注目しなければならない」とし、「現在わが国で進められている動燃の幌延HLW貯蔵工学センター計画についてみても、これがいかにI

C S U 勧告から程遠いかを痛感させられる」としている。また、有効な地層として「(1)地下水有効量が低い、(2)断層（とくに活断層）や割れ目が存在しない、(3)浸透性が低い、(4)テクトニックな変動をうけず、地震や火山がない、(5)岩質が均一で堅硬である、などの諸条件が必要である」としている。幌延については、動燃の「貯蔵工学センターに関する調査のとりまとめ」（18 p パンフレット）を取り上げ、「これにより幌延が貯蔵工学センターの適地であるがごとき報告書としている」として、「幌延がH L Wの処分場としてはもちろんのこと、H L W貯蔵場としても、また深地層試験場としてもいかに不適當であるかが明かである」としている。それは「このとりまとめと同時に調査研究報告書を公表し、広くこの問題に関心をもつ科学者・技術者や関係議員等の批判や検討を仰ぐべきである」とするのである。

(2) 槌田 敦の指摘

槌田 敦は上記の同章同節によれば、「幌延は地下水位が高い。試掘井戸は4本あって、水位はそれぞれゼロメートル、1メートル、8メートル、10メートルであった。したがって、貯蔵施設に地下水が流れ込む心配がある。そうすると、室内や通路は放射能で汚れ、もはや人間が入りこむことは不可能となり、人間の手から放棄されてしまうことになる」。それに「幌延の地下には、石油やメタンガスがある。このような資源のあるところに放射能をもちこむことは、とんでもないといわなければならない。それは、将来記憶が失われて、誰かが知らずに石油を掘る危険性があるからである」としている。「ガラス固化体は、放射能があるめ発熱している。したがって、冷却しなければならない。しかし、30メートルの地下では、空気パイプの破損などにより空冷がうまく働かないことも考えられる。その場合、燃料が溶融し、揮発性のセシウムなどの放射能が放出されることになる。しかも、この幌延の計画は、貯蔵といっているが、ほかに処分場がない以上、限りなく永久貯蔵ということになるから、この土地が最終処分地というほかはない」とし、基本問題として「そもそも雨の多い日本に、放射能最終処分場がつくられるわけではない。それにもまして、幌延の地下水位と天然資源によって不適地である。」「それなのにどうして幌延かというと、幌延町長が、最初地域振興のため低レベル放射能の捨て場を誘致したからである。それが、いつの間にか高レベルの処分場誘致に変質のであった。ここには、適地か不適地かという判断は一切なく、あるいは地域振興に役立つ可能性があるという観点だけであった。日本の原子力はこのようなデタラメな理念で実行されている」と立地選定方法の問題を指摘している。

5. 最終処分に係わる体制・制度の問題

槌田 敦は電事連の放射性廃棄物の取り扱いについて、「電事連は、これら放射性廃棄物を『人間環境から隔離する』と主張している。しかし、この電事連の主張は、無責任このうえない。まず、『誰が』隔離するのかははっきりしない。日本では、いまだにこの猛毒の高レベル放射能の処分責任者を法律で決めていないのである」とし、「電力会社なのか、電力会社の連合体の電事連なのか、再処理をする日本原燃サービス社、または動力炉・核燃料開発事業団なのか、それとも原発を認可する政府なのか、まったくはっきりしていない」としている。さらに「汚染の発生者ということになると、それは電力会社ということになる。だが、監督官庁による原発運転の許可条件のなかには、再処理のことしか書かれておらず、再処理の後どのように責任をとるか示していない。したがって、この法律上の不備から放射能の後始末を前記5者で責任のなすり合いをしているのが現状である。むしろ、この責任をあいまいにすることで原子力発電が成り立っているととってもよい」と責任の所在を指摘している。

6. 広報に係わる問題

八木健三の著作の部分にコラムがあり、そこで動燃の広報について次のような指摘がある。「動燃は1988年7月28日、北海道新聞の全面広告で『ガラスは非常に安定した物質です』という見出しをつけて、こう書いている『ガラスはHLWの固化処理材としてきわめて有効です。ガラスが長期にわたり安定した物質であることは、博物館などにある紀元前のガラス工芸品がいまなお美しい光沢を保っていることからわかります』。なるほどガラスは常温常圧の乾燥状態では強いのだが、HLWのおかれているような高温・多湿な状態ではいかに脆いかは実験例が雄弁に物語っている」としている。また、「撤回された写真」というタイトルで「動燃は1984年発行のパンフレットに、キャニスターと女性の写真を出していた。ところが『40万キュリーのそばにニコニコと笑っているこの女性は数分間の被曝で死亡するのではないか』と突っ込まれ、あわてた動燃はこの写真を撤回してしまった。まことに粗末な体制を象徴するような写真だ」としている。さらに、動燃PRのオチというタイトルで上記の1988年7月28日の北海道新聞全面広告について「アフリカ・ガボン共和国で発見されたオクロ天然原子炉の紹介がある」とし、「しかしこれは、17億年以上も活動していないアフリカの楯状地に存在した安定な地質だからであって、日本のような地核変動の激しいところでは全然ありえないのである。その点の説明はまったく欠けて

いるのが、PRのオチである」としている。

7. 今後の課題の抽出

以上原子力批判の著書から高レベル放射性廃棄物の処理・処分問題についての指摘事項を列挙してみたが、これらより抽出される課題について整理してみると次のようになる。ただし、抽出された課題は著者が取り上げている疑問や問題点自体が、科学的な根拠に基づいているという明確な論述が少ないものもあると考えられる。

(1) ガラス固化とキャニスターについて

ガラス固化についての問題点の指摘が多く上げられており、ガラス固化以外にも高レベル放射性廃液の固化方法があるため、現在進められているガラス固化についての利点欠点を改めて整理しておくことが必要とされるのではないだろうか。また、キャニスターについても同様なことが考えられる。

(2) 地層処分の技術問題

地層処分の技術問題としては、鉾山型とボーリング型の方法のちがいが説明されているために上記と同様な整理が必要ではないだろうか。また、工学的な方法論に対して理学的な地核変動や地下水浸透の確率論的展開にどのような観点から反論できるのかを明らかにする必要があると考えられる。

(3) 制度・体制問題

今回の報告でかなり具体化されていると考えられるが、関係主体全体の中で処分問題がどのような位置づけであるかも含めて検討する必要があると思われる。

(4) PR問題

指摘されていた時期よりもPRについては、慎重を期して行われていると考えられるが、今後もPRは必要不可欠なものであるため十分な配慮が求められる。

最後に、高木仁三郎は「この本では、高レベル廃棄物問題を全面的に取り扱うことはできません。それはそれだけで1冊の書物に優に値するテーマであり、本書の次の作業として、私自身取り組まなくてはならないテーマと考えてます」としていることから、今後も多くの批判的検討が行われることに対して適切に対処することが望まれる。

日本科学者会議編「原子力と人類」

(1990年2月28日 リベルタ出版-222P A5版)

1章 原発関連施設と地域・住民

- 1 泊原発・現地からの報告
- 2 地域経済と原子力関連施設
- 3 泊原発防災計画の問題点
- 4 原発による漁業被害対策と損害賠償
- 5 幌延の地質は「地質バリア」たりうるか
- 6 六ヶ所村の「核燃料サイクル施設」はいま

2章 放射性物質と人体・環境

- 1 臨床現場からみた被爆者の健康問題
- 2 放射線と人体
- 3 原子力発電施設から放出される放射能
- 4 高レベル放射性廃棄物の処分問題

3章 原発推進政策を点検する

- 1 地球温暖化は原子力への口実か
- 2 国際政治・経済状況と原子力政策
- 3 続発する原発事故の原因と特徴

4章 原子力と人類

- 1 いま原子力発電を問い直す
- 2 人類の技術としての原子力
- 3 これからの原子力開発
- 4 エネルギーの明日を問う

付録 第15回原子力発電問題全国シンポジウム北海道アピール

高木仁三郎「下北半島六ヶ所村核燃料サイクル施設批判」

(1991年1月21日 七つ森書館-351P A5版)

第I部 核燃料サイクルと人間

第1章 核燃料サイクルとは

第2章 六ヶ所村核燃料サイクル基地－全体としての問題点－

第3章 厳しくなったリスク認識－放射線の人体への影響－

第II部 ウラン濃縮工場

第1章 必要のない工場

第2章 ウラン濃縮工場の危険性

第3章 事故の可能性

第4章 事故が起こったら

第III部 低レベル放射性廃棄物貯蔵センター

第1章 あっと驚くずさんな計画

第2章 ”低レベル”廃棄物の正体

第3章 「段階管理」という名のたれ流し

第4章 どんな危険が

第IV部 再処理－「死のサイクル」の終着点

第1章 再処理とは

第2章 再処理－その技術的困難－

第3章 放射能のたれ流し

第4章 再処理工場で大事故が起こったら

第5章 再処理の世界的動向と六ヶ所

第V部 高レベル廃棄物貯蔵施設

第1章 施設の概要

第2章 人類最大の負担－高レベル廃棄物

第3章 ガラス固化体

第4章 貯蔵施設の危険性

第V部 おわりに－1990年代と「核燃料」

第1章 まとめ

第2章 90年代と反核燃－世界のなかの六ヶ所計画

槌田 敦「原発安楽死のすすめ」

(1992年3月20日 学陽書房－267P B5版)

- 第1章 石油の代わりは存在しない
 - 1 原子力発電は「必要悪」か？
 - 2 国民に否定される原子力発電
 - 3 「自然エネルギー」という幻想
 - 4 原発はそもそも石油の代替ではない
 - 5 「石油30年枯渇」という嘘
- 第2章 原子力事故と災害
 - 1 核爆発だったチェルノブイリ事故
 - 2 拡がりつづけるチェルノブイリ災害
 - 3 炉心溶融したスリーマイル島事故
 - 4 空焚き寸前の美浜事故
 - 5 日本でも計算していた巨大大事故
- 第3章 もともと虚構の原子力発電
 - 1 解決の道ない核の廃物
 - 2 原子力は科学技術ではなかった
 - 3 原子力を支える不正
 - 4 未必の故意としての原子力
- 第4章 原子力発電を安楽死させるプログラム
 - 1 コスト上昇で自滅へ
 - 2 自滅を持っては破壊する！
 - 3 政治の民主化だけが残された道
 - 4 残った放射能をどうするか
- 第5章 原発を廃止した後の社会について
 - 1 汚染と破壊の末期的文明
 - 2 エントロピー環境論
 - 3 循環を破壊した文明・豊かにした文明
 - 4 科学技術の効用と限界
 - 5 汚染の時代を終わらせるために