

高レベル放射性廃棄物の処分に関するフォローアップ検討委員会
暫定保管と社会的合意形成に関する分科会（第2回）と
暫定保管に関する技術的検討分科会（第4回）の合同会議
第2部議事要旨

平成26年3月20日（木） 15:05～17:00

日本学術会議 6階 6-A(1)会議室

出席者：山地委員長、柴田幹事、河田幹事、今田委員、船橋委員、三枝委員<以上、技術的分科会>

船橋委員長（再掲）、柴田副委員長（再掲）、今田委員（再掲）、小澤委員、
金井委員、齋藤委員、寺西委員、山地委員（再掲）、<以上、社会的分科会>

事務局：盛田参事官、佐藤専門職、寺島職員

参考人：田辺博三氏（原子力環境整備促進・資金管理センター 技術参事）

入倉孝次郎氏（京都大学名誉教授）

資料： 資料5 技術的分科会前回議事要旨案

資料6 高レベル放射性廃棄物の管理・処分～地層処分の可逆性と
回収可能性をめぐる論点～

資料7 NEA加盟国におけるR&Rの取り組み状況に関する質問状・回答
のまとめ（2008年8月の回答にもとづく）（主な国のみ抜粋）

- 時間となったので分科会を開催したい。技術的検討分科会は4回目になる。1回目は何を議論するのかを検討した。暫定保管のシナリオ、何をどのぐらいの期間、どういった配置でといったシナリオをまとめること、また、使用済み燃料の場合とガラス固化体の場合の保管の技術的な違い、施設としての安全性確保等をまとめること、さらに、そうした施設の立地の技術的要件、特に外的事象、つまり地震や津波等を含めた安全に対する要求を検討すること、そして、保管期間中に技術的に何をやるのかということ、そういったことを議論した。2回目は保管施設の技術的知見について、三枝委員に使用済み燃料保管施設、河田委員にガラス固化体保管施設についてお話をいただいた。その結果、特にオランダで使用済み燃料を少なくとも100年保管する施設が運用されていることが確認された。また、OECD/NEAでかなり以前から検討がなされてきていることも確認した。そして、3回目には外的事象を含んだ立地条件について千木良委員に地震の話をしていただいたが、引き続き、今日の会議の後半で京都大学の入倉名誉教授にお話を伺う。また、現在、日本でもむつ市に使用済み燃料の50年間の保管施設が建設され、規制委員会の審査を受けようとしている。また六ヶ所村の再処理工場にはガラス固化体の貯蔵施設がすでに存在する。それらの安全要件について、関係者から話を伺った。

- 今日は、地層処分の前段階として可逆性・回収可能性（R&R）を担保する場合、これもある意味では暫定保管でもあるが、同時に最終処分に直結している、こうしたケースについて、「原環センター」の田辺氏にお話を伺う。その後、後半は先ほど申し上げたように入倉名誉教授に地震に対する条件についてお話していただく。
- 技術分科会としては、ヒヤリングはそろそろ切り上げて、まとめの構成に入ろうかと考えているところである。

(1) 前回議事要旨案の確認

山地委員長：資料 5 であるが、すでに回覧して確認いただいていると承っている。かなり丁寧にまとめてもらっている。ご意見等あればお知らせいただきたい。

(2) 参考人ヒアリング①

- 地層処分の可逆性と回収可能性をめぐる論点についてお話しする。
- お手元に資料 6 と資料 7 をお配りしている。まず資料 6 の 39 ページをご参照いただきたい。R&R プロジェクトと略されているが、OECD/NEA が 2007 年から 2011 年にかけて実施した R&R に関する取りまとめである。これをメインの参考とした。また、取りまとめにあたって 2010 年に国際会議が開かれており、そこにおける発表も参考にした。また、このプロジェクトの中で各国に対して詳しいアンケートが行われており、その結果が資料 7 である。各国での歴史的経緯、コミュニケーション、意思決定プロセス等さまざまな質問がなされているので、今日は説明を省くが、参考にされたい。
- 上述のレポートを参考にして、可逆性と回収可能性の定義、各国での取り入れ状況、各国の処分概念における反映状況、わが国で考えられている処分概念に即した場合に R&R がどうなるかを順にお話ししたい。
- 国際的な議論の前提として、本来的には処分というのは回収の意図無く廃棄物を定置することであるという定義がある。しかし、各国、多くの国で、いろいろなレベルで R&R の議論がされているという状況がある。プロジェクトでは、各国により定義が若干違うことも踏まえつつも、R&R に以下のような定義を与えている。可逆性とは、原則として処分システムを実現していく間に行われる決定において、元に戻す、あるいは検討し直す能力を示すとされている。他方、回収可能性とは、原則として、処分場に定置された廃棄物を取り出す能力を意味し、「回収可能性がある」ということは、回収が必要になったときに回収ができるような対策を講じておくことを意味する。
- では、処分事業の意思決定とはどのようなところにあるのか。大きく分けると、操業前の段階と操業段階、操業終了後の段階に分けられる。操業前の段階では、どこで処分を行うかという立地の意思決定や、建設をしてよいという意思決定が考えられる。操業段階では、操業するという意思決定と操業を終わるという意思決定、そして最終閉鎖をするという意思決定が含まれる。ただし、この中には、廃棄物がある程度の単位で

定置後に順次埋めていくという考え方があるので、そういう部分的な埋め戻しの意思決定も含まれる。また、操業終了後にいきなり閉鎖に行くのではなく、ある期間を置いて、地下で観察をするという考え方もある。閉鎖後については、間接的な監視が考えられる。土地の利用制限や記録の保存などである。その間は必要があれば何らかのフォローアップ、対策をすることがあり得る。そして、やがて時間とともにそうした必要性が社会的に弱まっていき、最終的には記録がなくなってしまうという段階も考えられる。

- 可逆性は先ほど申し上げた通りだが、このプロジェクトではこうした図を用いて表している。ある意思決定のポイントで、その結果としてそれまでの計画通りに進める、何らかの変更を加える、再評価をする、あるいは後戻りをするということがありうるということを示している。
- 次の図は、回収可能性をわかりやすく表すために作られた図である。上の2つは処分場の状態を表している。白抜きされているのは空間が空いていることを意味する。順次埋め戻されていき、最終的には廃棄物自身のパッケージが壊れていくことを示している。こういう時間的な流れに対して回収可能性を考えると、回収の容易さがだんだんと難しくなることがわかる。これは、回収のコストが増大することも意味する。
- 安全確保の考え方については、もともと地層処分は天然のバリアと人工のバリアで閉じ込める、そのことを受動的安全性と称しているが、これはこうした状態の変化と共に高まっていく。同時に人が管理するということが減じられていくことになる。
- R&Rの歴史的経緯を簡単に紹介する。この議論が出てきたのは70年代の後半である。80年代になると、スウェーデンの報告書や米国環境保護庁の基準の中で取り上げられた。90年代には積極的に取り組まれるようになり、一部の国で回収試験が行われたり、国際共同研究が実施されるなどした。なお、フランスでは、1991年の法律で可逆性を考慮した地層処分の可能性を検討することが求められた。2000年代になるとさらに進展し、回収の事例も出てきた。国際的な議論がなされ、報告書類が出された。スウェーデンでは、処分場を模擬したプロトタイプ処分場をつくり、それを現在一部解体していて、その中で回収の知見が得られるとされている。国際共同研究の中では、フランスやドイツの概念の中で回収可能性があることが確認されている。
- また、高レベルではないが、低レベルの廃棄物について、米国のWIPPという地層処分場において、品質保証上の要求、廃棄物の受け入れ基準不適合によって2件の回収の事例が生じ、その廃棄物は発生者の元に戻された。
- ドイツでは、過去に行われた低レベル廃棄物の試験的な処分に関して、地下水の問題が生じ、議論した結果、政府が廃棄物を回収して別の処分場に移動することを決定している。
- R&Rにはそうした技術的な課題もあるが、倫理的な視点、合意形成上の意味合いを考慮する国が多い。可逆性というのは意思決定について考えることであり、技術的な側面以外に意思決定の段階を踏むことによって、社会が受け入れられる可能性を高められるの

ではないかという考えである。回収可能性については基本的には技術的に取り込まれるべき課題である。

- R&R プロジェクトの所見としては、R&R は多くの国に取り上げられているが、取り組み方は多様であるというものである。技術的には、どういう岩の中に処分をするかという、岩の性状による概念の違いがある、また、処分技術を開発してきた歴史も異なるし、社会的・文化的・法的環境も異なる。このため、取り組み方には多様性がみられるのである。
- R&R を取り入れる理由はほとんどお話ししてしまったので詳細は省くが、可逆性は制度的な問題として捉えられており、将来世代のフレキシビリティ等が考えられている一方、回収可能性については、技術的な課題ではあるが、それを設けること自体が将来に対する謙虚な考え方であるとか、安全性にさらなる保障を与えよとか、不可逆な状況に縛られたくないという一般公衆の希望に留意することになる等が挙げられている。
- ただ、R&R を取り入れる上ではいろいろな留意点があるということもこのプロジェクトでは指摘されている。可逆性については、意思決定をする際の透明性が大切であり、どういう場合にどういう判断をするかという判断の基準を示すこと、可逆性が時間の経過と共にどう変化するかを事前に示すことなどが挙げられている。
- 回収可能性については、回収可能性があるから、安全性についてまだよくわからない部分があるが、という態度で処分を進めることはできないということが指摘されている。あくまでも現時点の判断として、安全な処分ができるという判断があった上で、さらなる安全性向上という意味でなければならないとされている。また、回収を容易にするという意味では、廃棄物がしっかりと容器の中に閉じ込められていることが肝心だ。容器から飛散している状況では回収は非常に困難になる。時間と共に回収は難しくなるということも先に述べた。それから、回収を容易にする設計が長期の安全性を阻害する、損なうような措置は禁じられている。さらに、回収そのものが新たな規制の対象となることも考えておく必要があると述べられている。
- 各国の取り入れ状況だが、この資料に示されているのは EC で行われた国際共同研究の成果である。時期は少し古く、1999 年だが、R&R プロジェクトよりもはるかに細かく各国の状況の技術的な検討をしているので、紹介する。99 年時点で各国にアンケートをとった結果としては、ほとんどの国が関心を示しており、回収可能性も現状の処分概念で取り入れられる、調査研究も行っていると回答している。ただ、具体的な設計、規制や義務の定義などは未定の国が多かったのが当時の状況だ。
- ドイツについては候補の岩が岩塩なので、クリーブが大きいため、速やかに埋めるという方針で進めており、国内での関心もなかったことから、「なし」という回答であった。
- その後、現在まで十数年経っており、各国の状況が進展しているので紹介する。ベルギーでは、2012 年に段階的なアプローチに基づく許認可プロセスというドラフトが出ている。フィンランドでは、2001 年に「原則決定」という手続きで、オルキルトを処分場

にすることが決められている。「原則決定」は他国と異なる手続きなので、注釈を入れているが、そのプロジェクトを進めることが社会全体の利益に適うものであることを政府が決定し、国会が承認を行うものである。それに際しては、規制当局から安全性についての問題がないとの見解を得ると共に、地元の同意があつて初めて原則決定ができるという手続きになっている。この当時のフィンランドの安全規制では回収可能性が要求されていた。現在では安全規則の中からは回収可能性の要件がなくなっているが、実施主体は原則決定当時の規制にもとづいて、回収可能性と回収コストの報告書を提出することになっている。（田辺注：建設許可申請書の附属書 17 として提出されている。）

- ドイツについては、試験的な処分を行っていたアッセ II 研究鉱山で回収が行われていた。これにより、回収ができることについて一般公衆からの関心が高まり、2009 年に更新された安全要件において回収可能性を求めることが規定された。
- フランスでは、91 年の法律で研究をしていたが、2005 年に実施主体が可逆性を考慮した処分概念を開発している。これを受けて、2006 年に制定された新たな法律に基づき、現在、2015 年の設置許可申請を目指して作業が行われている。回収可能性については、2006 年の法律では 100 年間で下回らないということが述べられているが、2016 年に可逆性についても定義をする法律が新たに作られることになる。したがって、2015 年の申請においては、2016 年に制定予定の法律が課す要件を満たす必要がある。
- スペイン・オランダについては、どちらも立地選定はモラトリウム期間中となっており、集中貯蔵施設が大切な状況だ。
- スウェーデンは 2011 年にすでに建設許可申請が出されているが、この国では法律や安全規制では回収可能性は明示的に要求されていない。実施主体の判断で設計に組み込み、また、許可申請書の中で言及している状況である。
- スイスについては、2009 年に国が策定した指針の中で回収可能性を規定しており、それに基づいて実施主体が概念を開発中である。
- 英国については、高レベル放射性廃棄物についての方針を決めたのが実は最近の 2006 年である。それまでは貯蔵していただけであった。2006 年に国が策定したガイダンスの中では回収可能性を規定はしていないが、回収可能性を取り入れる場合には、安全性を損なわないようにとの規定がある。
- 続いて先ほど紹介した EC のプロジェクト等を参考にして、各国の処分概念を紹介する。各国で処分をする岩種が異なる。結晶質岩の国、粘土層の国、岩塩の国に分かれる。また、対象とする廃棄物も直接処分の国と、ガラス固化体処分の国、両方を処分する国に分かれる。母岩の特徴については、結晶質岩は空洞の安定性は高、粘土岩は中、岩塩は変化が大きいという特徴がある。
- 処分場設計の特徴については、廃棄物を横に置くか、縦に置くかというオプションがある。ただ、粘土層の国については、粘土層の厚みはだいたい 100m 程度であるので、放射性核種の移行距離を大きく取るために、縦置き概念は採られていない。

- 高レベル廃棄物の場合にはベントナイトと呼ばれる粘土を巻くが、これも、粘土層や岩塩といった、岩そのものがベントナイト以上の性能を持っている場合にはベントナイトを使わない設計も見られる。結晶質岩の場合には基本的にはベントナイトが使われる。
- 上限温度についても各国それぞれで基準が設けられている。
- 回収可能性のための配慮の例を示す。結晶質岩の国で行われているのは、塩水注入によりベントナイトを取り除く技術の研究が行われている。粘土層については、岩の変化が大きいので、ライナーでそれを維持するというアイデアとか、埋め戻し材を取りやすいものにするなどが考えられている。岩塩についても変化が大きいので、ライナーを使う、あるいはオーバーコアリングによって廃棄物を取り出す等が検討されている。
- 国ごとの概念を紹介する。まず、スウェーデンの処分概念である。フィンランドも同じ岩質であるので基本的には同じ方法が適用されている。結晶質岩の中、地下 500m ぐらいのところ縦置きで使用済み燃料を置くということが進められている。こちらの図と写真はスウェーデンで行われた回収試験のものである。2000 年から 2005 年にかけてベントナイトを飽和させたものを 2006 年の 1 月から 5 月にかけて回収試験を実施した。縦置きをしたものに回収装置を取り付け、塩水をかけて、緩くなったベントナイトを吸い出すというものである。これにより、模擬の廃棄物を取り出された。申請は縦置きでなされているが、横置きの場合の取り出し方の検討も行われている。
- 次はフランス、粘土層の概念である。先述のように、法律で可逆性の担保が義務づけられているので、その面でかなり工夫がなされていることが伺える。断面図を見ると、鉄のスリーブを岩との間に設け、その中に廃棄物を入れる。廃棄物にはランナーがついて滑るようになっていて、それで押し込んでいくという概念である。回収する際は、回収専用の機械を用いて引き出す。フランスでは経済性評価も行われている。全量再処理、過去分と既存 PWR の寿命期間分という前提条件を置いた上で、概念は 2005 年に開発したものをを用いて、建設・操業・閉鎖その他のコストを積算している。評価結果を 1 ユーロ=140 円程度で換算すると、1.9~2.3 兆円となる。日本とは物価等が異なるので、単純な比較はあまり意味がないかもしれないが、高レベル廃棄物が 3 万 6000 本と日本に近い規模である。ただしこの費用は日本でいう TRU 廃棄物を併せたものである。日本では同 4 万本でその処分費用が約 3 兆円としている。可逆性を考慮することによってコストに影響する因子は何かという考察もなされており、処分場でどういう風に粘土層を支保するか、可逆性を担保する期間によって変わってくると述べている。また、処分モジュールと呼んでいるが、処分の単位をどのようにレイアウトするか、回収作業がしやすいようにレイアウトすると費用がかさむということも述べられている。他に、坑道のデザイン、操業期間等がコストに影響するとされている。なお、可逆性を持たせる場合と持たせない場合の比較についても述べられているが、完全に非可逆な設計は困難なので、可逆性を追加した分が正味いくらかという比較はできていない、と述べられている。現在、2013 年までに新たなコスト評価をするとされており、処分場の様々な技術オプション

ョンを考慮して、費用の合理化を図っているとのことである。

- 次はスイスである。同じ粘土層だが、処分概念が随分フランスと違うことがわかりただけであろう。スイスでは、EKRA という国が設けた委員会で監視付地層処分概念が提案された。それに基づいて NAGRA がこういう概念を作成した。特徴的なのは、処分場の中に、実際に処分をする主施設にあたる部分と、実際の廃棄物そのものを用いた研究知見を得るためのパイロット施設、さらに、廃棄物そのものは使わない様々な試験を行う試験施設という 3つの施設を設けるという点である。処分施設そのものはこの図のように、ベントナイトのブロックの土台の上に廃棄物を置いて、隙間をベントナイトの粒で埋めるというものである。これは計画通りにどんどん進める。他方、パイロット施設の中でモニタリングを行う。これを操業後 50 年間の監視期間を含めてモニタリングを行い、その結果を見ながら、何か問題があるかどうかの判断を行い、必要であれば回収を行うという段取りである。
- ベルギーも粘土層である。ベルギーの粘土層はフランスやスイスとは異なり、見た目にも柔らかい。そのため、コンクリートで大きな支保を設ける。その中に廃棄物を定置し、隙間には粒状の埋め戻し材を用いることで、回収を容易にするということを進めている。
- 一方、岩塩では、99 年当時はドイツは回収を考慮しない設計を行っていたが、回収が要件化されたあと、ライナーの中に廃棄物を入れて回収を可能とするような形で進めている。
- 最後にわが国の処分概念で回収可能性を考えるとどうなるかを検討してみた。わが国は縦置き配置で、廃棄物の周囲にはスウェーデン同様のオーバーパックとベントナイト、岩質は堆積岩か結晶質岩、処分坑道にプラグを設けて止めていくという概念である。操業前のサイト調査の段階が 20 年程度、初期の建設が 10 年程度、その後操業が 50 年程度継続し、閉鎖作業が 10 年程度という時間軸で計画が立てられている。これらの処分場のそれぞれの状態について、回収可能性をどう結びつけばよいかを考えてみた。
- 回収可能性を判断するものは 3つあるとされている。これは先ほどの R&R プロジェクトの示した基準である。まず、パッケージにアクセスできるかということ、次に廃棄物が閉じ込められているかということ、最後に回収を行う技術があるかどうかということである。
- これらの 3つの観点で考えると、まず、廃棄物が処分場にはない段階では、廃棄物は貯蔵施設に保管されているので、容易に回収することができる。操業を開始すると、高レベル廃棄物が定置され、ベントナイトが施工される。この初期の段階では、地下水がまだ管理されているので、ブロックを取り出す、廃棄物を取り出すということは定置作業の逆の作業を行うことで可能である。しかし、ある一定量の廃棄物が埋められ、埋め戻しをなされてプラグが設置されると、埋め戻し済みの区域は水の管理がなされなくなるため、徐々に地下水が浸入し、粘土が膨潤し、膨潤圧が生じる。この状態で埋め戻し済みの区域にアクセスするには、プラグを取り除く技術、埋め戻し材を取り除く技術、さら

に粘土を取り除いて、廃棄物を取り出す技術が必要になる。水を吸って膨らむ度合いに応じて取り出しが難しくなる。ただし、これらの技術を用意すれば、回収は可能であると考えられる。

- さらに、こうした区域毎の埋め戻しが進めば、坑道が次第に閉鎖されていき、最後には地上につながる坑道も埋め戻され、プラグが設置されて閉鎖される。この状態になると、埋め戻しの逆の手順を踏む手法に加えて、新たな坑道を掘削してアクセスする選択肢も考えられる。要するに処分場を建設する際と同じ技術を適用して、再度掘り出すということになる。
- 取り出しやすい状態という視点だけで考えれば、上記のうち、回収が容易な段階を長く続ければよいことになる。ただ、そういう段階が長く続くことが処分場に与える影響も検討しなければならない。例えば、長期の安全性に関して、処分場の換気や排水を延長して実施することが与える影響、岩石による支持の問題、処分場の密封材、プラグの問題とか、処分場が放棄されてしまうとか、火災や浸水を受けるとか、そういう危険性が高まるということが共同研究の結果として挙げられている。
- 一方で、操業面の安全性も考えなければならない。回収作業時の作業員の被ばくのリスク、坑道の安定性に関するリスク等が挙げられている。
- なお、私見として、回収費用の負担の問題がある。R&R プロジェクトでは明示的な統一的な見解は出されておらず、いくつかの国から見解が述べられている。私としてはそれらに同意するのだが、将来世代にとっての意思決定のフレキシビリティを確保するために回収を容易にする措置を組み入れる場合は、それによって処分コストが上がる部分は現世代が負担することが適切だと考える。ただ、将来のある時点の意思決定で実際に回収をする場合の費用については、現世代で想定することができないので、判断をする世代において検討する必要があると考える。

【質疑応答】

- 回収可能性も含めて、どのぐらいの期間、こういう形でやっていくのかご教示いただきたい。国によって示しているところとそうではないところがあるのではないかと思うが。
- 規定されている国では、閉鎖まで、つまり操業期間中の回収可能性が示されている。ただし、一部の国では閉鎖後のことにも触れている場合がある。ドイツの新しい基準では、閉鎖までの回収可能性に加えて、閉鎖後 500 年間の緊急回収という言及がある。取り出しの前提は容器内の閉じ込めであるので、容器の基準が 500 年ということになる。
- R&R の判断基準について伺いたい。田辺参考人の資料で私見として挙げられているが、これは R&R プロジェクトでの意見なのか。
- この記述は R&R プロジェクトの報告書を踏まえているので、基本的にはそれと矛盾しない。意思決定をどういうポイントで行うのか、どういうことがあればどういう判断を行うのか、そうした基準は予め決めておく必要があると指摘されている。私もそのように

考える。ただ、資料7の11ページに4.3Aとして「意思決定プロセス」という項目がある。どういう場合を念頭に可逆性・回収可能性を定めておくかという各国への質問の回答だ。操業開始の意思決定とか閉鎖の意思決定とか挙げられているが、具体的な定義がある国は見当たらないようだ。

- 外部からの攻撃に対する安全性は考慮されているのか。テロリストから見たアクセスの可能性、取り出しやすさ、ミサイルの標的になる等、これらは同時に考慮されているのか。それとも別問題とされているのか。
- 使用済み燃料の直接処分かどうかで変わってくる。使用済み燃料は保障措置がかかることになっている。いつまでというのは決められておらず、閉鎖後も監視をしないといけないことになっている。ガラス固化体、つまり再処理後の廃棄物の場合には、防災の観点で、原子力安全・保安院、あるいは安全委員会でいつまで物的防護を行うかということが検討され、埋め戻しの時点で管理の手を離してよいとされていたと記憶している。
(田辺注：総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会原子力防災小委員会「放射性廃棄物の埋設事業に係る核物質防護の在り方について」平成19年10月5日報告書参照。)
- ミサイルの標的というのはないのか。
- ミサイルというのを見た記憶がない。ただ、保障措置の中には、悪意を持った主体が核物質を取り出すということが想定されている。
- 地下数百メートルであるから、そういった意味では攻撃する側としても難しいのではないか。
- 解析も見たことがない。地上の施設だと航空機衝突、飛来物衝突などがあるが。
- もともとの地層処分を行うことの重要な理由に、そうした人的な外乱、例えば戦争等から守るということで深い地中に埋めるというものがある。だから、それ自体は考慮しなくてよいという判断となっている。ただ、使用済み燃料をそのまま処分する場合には、将来、例えば国家自身がよからぬ意図を持って再取り出しを行う可能性もありうるので、恒久的な監視が課せられている。衛星での監視とか、再掘削を検知する地震計とか、技術的なアイデアは色々出てきているが、そうした技術の有効性がどのぐらいの期間にわたって期待できるのかという部分は議論が続いている状況だ。
- 可逆性と回収可能性という2つの概念でR&Rというプロジェクトがあるというお話だったが、現実には可逆性を採用している国はないのか？回収可能性は多くの国で決められていると理解したが。原子力委員会は可逆性をずいぶん強調していたのだが。
- もう少し丁寧に紹介すればよかったのだが、R&Rに関して多くの国が用いている言葉が違うということがR&Rプロジェクトで最初に議論になった。多くの国は回収可能性という言葉で可逆性の議論もしていた。NEAの2010年の議論の中では、これを定義して使い分けようということで書かれているが、1999年のEUのプロジェクトでは、回収可能性という言葉だけで議論をしているが、内容的には今で言うところの可逆性を含む議論が

されている。R&R プロジェクトの整理の特徴のひとつはその点にある。ターミノロジーという意味では、国別の取り組みの多様性の中では、様々な言葉が用いられていると、このプロジェクトの中でもスイスの専門家からも指摘が出されている。Recoverability とか Controllability とか、あるいは、Recovery は安全上の要求の場合で、Retrieval は資源としての有用性が見いだされた場合だとか、それぞれの国の議論の経緯の中でそれぞれ独自の意味合いがあって用いられてきた。そこで、R&R プロジェクトでは、そこをきちんと定義をして、この定義を共通の言葉として議論をしようという趣旨だ。

- その整理を踏まえた上で、可逆性を回収可能性とは別に決定した国はあるのか。
- ない。むしろ、フランスの場合には 1991 年時点から、可逆性という語を用いている。
- それで、回収可能性が確保され、実際に回収した場合には、回収後の廃棄物はどうするのか。
- 私の見るところでは、この報告書の中での議論は、将来の時点の人びとが回収を、あるいは可逆性（見直し）をどう実現するかというのは、潜在的に挙げている例はいくつかある。技術的に言えば、処分場に何らかの瑕疵があるというシナリオが考えられる。今日紹介した、ドイツや米の WIPP の場合はまさにそうした事例だ。あるいは、分離変換技術が採用できるようになったので、処分プログラムに組み入れよう、という判断があるかもしれない。その場合は、例えば使用済み燃料を処分していたのなら、その使用済み燃料を回収して分離変換するということがあるかもしれない。
- それでも、また別の場所へ処分しなくてはならないのではないのか。それはどこに計画されているのか。
- それは今の時点では想定できない。我々が想定できない理由で取り出しをすることがありうるからだ。したがって、全ての解を我々が予め持つのは無理だというのがこの報告書の考え方だ。
- 大丈夫だという前提で処分を行ったが、あとで瑕疵が見つかって、取り出しをする。そうしたら、取り出した廃棄物は別の場所に埋設処分するのか？その処分場を建設するのか？
- 取り出したあと、そのままでは済まない。また処分するのではなく、保管場所に戻すしかないのではないのか。
- WIPP の事例では、廃棄物発生者に戻された。
- 他に処分場があって、そこが受け入れるのならそうなることもあるだろう。元々の保管場所があれば、そこへ戻す。保管場所がもうなくなっていれば、保管場所を用意してから回収する。そこはシナリオがたくさんあり得る。先ほどご指摘のあったように、分離変換技術を適用する場合には、例えば再度、燃料に加工して加速器や高速炉にかけるということもあるだろう。
- そこをしっかりと国民に説明しないとイケない。それがないと信頼できないのではないのか。心配だ。

- 先ほどの最初のご質問は可逆性を具体的に取り入れている国はあるのか、という趣旨だったと思う。その意味では、フランスは 2006 年の廃棄物管理計画法で可逆性のある処分場、なおかつ、100 年の可逆性を前提に考えるように要求している。ただし、可逆性のさらに具体的な意味については、その段階ではまだ決めておらず、2016 年に新たな法律を制定して決めることとなっている。フランスの議論においても、意思決定の可逆性を決める過程の中で、結果的には最終的に取り出すという議論もあり得るので、次の意思決定の際に詰めようということになっていると理解すればよいのではないかと。
- フランス語でどう言うのかとか、言葉にこだわる時りが無いかもしれない。ただ、回収可能でなければ可逆性はないと考えてよいのか。
- 先ほども申し上げたが、可逆性は取り出すことではない。意思決定のフレキシビリティを確保し、意思決定を修正したり後戻りしたりすることもあり得るといえるものである。それを担保するためには、回収可能性を備えておかないと、そうした意思決定はできない、という筋道だ。あらゆる観点で、可逆性を検討する全ての場合に回収をする、ということではないが、回収可能性がないことには可逆性を担保したことにはならないという意味である。
- ご報告の 19 枚目のスライドで、オランダの事例が取り上げられている。オランダの事例によると、回収可能な地層処分と 100～300 年の長期貯蔵を比較研究した結果、長期貯蔵を選択したというが、これは学会が提起した暫定保管論と似ている印象がある。技術的にはどういう形で、どういう組織が実施しているのか。
- 前回の技術分科会でその点について河田委員から説明があったので、そちらを参看されたい。
- 簡単に紹介して欲しい。
- 地上施設で乾式である。
- 六ヶ所村にある高レベル放射性廃棄物の管理施設と類似のもので、ピットに収納する。
- ピットではなく、キャスクもあるはずだ。
- 高レベル廃棄物と使用済み燃料はピットの中に収納する。
- 河田委員から説明されたい。
- ガラス固化体と使用済み燃料を置くところは、ピット型というか、縦型の保管施設である。
- コストの話は結局、フランスの事例で回収可能性を担保した上での総コストしか示されなかったが、回収可能性を追加する時のコスト増分や実際に回収する際のコスト、これらのコスト情報が欲しいのだが、本当に他にはないのか。
- フィンランドの場合、2012 年にすでに建設許可申請を出しているが、提出されるべきはずの回収の技術とコストのレポートはまだ出されていない。それが出来ればコスト評価も含まれているはずだ。
- フィンランドの Posiva 社は予備評価段階で、処分コストの半分あるいは 3 分の 1 が回

取の際にはかかるといった結果を示していたように記憶している。

- 一般的に言われているのは、処分場の状態によって回収コストは変わるので、極端な場合には、処分場を新たに1ヶ所建設するのと同じぐらい費用がかかることもありうるし、非常に初期の段階では、定置する作業を逆行するだけで済む場合も考えられ得るので、非常に幅がある。

(3) 参考人ヒアリング②

- 今日は地盤条件による地震動への影響について話をしてほしいという委員長からの依頼であったが、地盤条件の地震動への影響を考えるには、まず地震ハザードのハザード評価が前提となっていて、それと結びつける必要があるので、枠を広げさせていただく。今日の内容としては、日本周辺の地震活動であるとか、地震調査委員会での活動、そして原子力規制委員会が地震や津波をどう扱っているかといった一般的な話をした上で、地盤による地震動への影響について話をする。問題をできるだけもれなく扱うためにスライド資料の量は多くなっているが、説明はできるだけ簡潔にしたい。どういう場所にどういう形で地震を想定し地震動を評価するのか、その際注意すべき問題は何かといったことについて話をする。
- 日本の地震活動は非常に活発だ。先ほどお話しがあったフィンランド等とは非常に違いがあることは明白だ。地震の地図を見ればすぐにわかるが、日本は世界の面積の約1%しか占めてないのに、地震の発生数は世界の10%程度を占めている。実際には、地震がどこで起こるかが問題ではなく、地震が起きたときにどれぐらい強い揺れがもたらされるかが問題だ。世界中の揺れの確率の評価が研究されているが、最新のものは2001年のものである。その後、いろいろな地震のデータが得られ、資料の改訂の作業もなされているが、各国を比較するとデータの精粗があり国際的なコンセンサスが得にくい状態にある。したがって、この評価結果は相対的に見るにはよいが、示されているレベルは現時点からすると重要なデータではなくなっている。しかしそれでも、日本の位置づけを考えるには有益な資料だ。相対的には日本の場合、諸外国よりも揺れの確率の評価結果が非常に高いことがわかる。なお、東北地方はこの評価結果では比較的地震の揺れが小さいと評価されている。やはりその当時の地震活動評価の問題点が反映されてしまっている。また、フィンランドは今後50年間の揺れのレベルが確率的に日本に比べて非常に小さいことがわかる。
- 国内では、もっと最近のデータで、地震調査委員会が確率論的震度予測を行っている。そのためにはまず全国の活断層を調べ、各活断層毎に地震発生の確率論的評価を行っている。最初は主要な98活断層だけだったが、今はもう少し短い活断層、新たに認定された活断層を加え、100以上、数百ぐらいのものを対象に調査している。日本の場合はそれに加えて、プレート沈み込み帯における地震がある。南海トラフ地震等はこれである。これは前から取り組まれていた種類の地震であるが、ここに示されているものは

2013年1月15日現在の改訂版だ。これまでは東北地方太平洋沖については過去400年程度のデータから最大でもM8ぐらいしか起こらないとして解析していたために、東北地方太平洋沖地震と同規模の地震が地震活動の評価に入っていなかったという大きな問題点があったが、これが考慮され、南海トラフについても見直された評価結果になっている。

- 活断層やプレート境界地震など、過去に起こった地震だけを見ては、過小評価になってしまう可能性は否定できない。活断層がなくても、過去にプレート境界に地震がなくても、地震が起こる可能性は日本中どこにでもある。ただ、活断層が見える／見えないということで、そこでこれまでに起こった地震のマグニチュードは違うということはある。日本ではだいたいM6.8ないし6.9より下だと、例え地震が起こっても活断層が地表に現れない可能性が高い。しかし、地域によっては、M7を超えても断層が現れない可能性があるということで、活断層が存在しない地域でも、地震活動をグーテンベルク＝リヒター式と最大地震規模で仮定して評価を行っている。
- 誤解があるといけけないのは、前回の千木良委員の説明で、わかる地震だけで評価しているというような説明であったが、実際にはわからない地震も考慮した形でハザードマップは作られている。活断層やプレート境界、それ以外にM7クラスの地震であればどこでも起こるということを入れ込んでハザードマップ、確率論的な揺れの大きさの評価結果を示している。その最新版が、この2013年1月に、2013年から今後30年間に起こる地震の確率を示したものである。東北地方太平洋沖地震については、すでに起こってしまったので、確率は小さい、しかし、例えば南海トラフ地震は確率が大きいことがわかる。
- ただし、この中で特に確率が小さい、0.01以下と評価されているものが本当に正しいのかどうかは今後のさまざまな検証が必要だ。やはり、活断層の評価が足りない。活断層がなくても評価はしているが、活断層があればそれだけ確率が高くなるわけだから、活断層の調査が不十分なところが揺れの確率の評価において低くなっているのではないかという意見もある。
- 地震の影響について、海溝型、つまりプレート境界型やスラブ内地震の影響と、活断層に起こる地震の影響、活断層がなくても起こる地震の影響とを比較すると、やはり日本における揺れの確率は海溝型地震の影響を非常に強く受けることがわかる。特に太平洋側とフィリピン海プレート、南海トラフ等が大きな影響を与えていることがわかる。活断層については、近畿などはかなり影響が高いことがわかる。
- 実際、高レベル放射性廃棄物の場合には、もうちょっと長い年月を考慮する必要がある。地震調査委員会が取り扱っているのは基本的には今後30年間の3%超過確率を基本として確率が高いか低いか判断できるようにしている。今後30年間に超過確率3%、つまり約1000年に1度ぐらい起こる事象である。先ほどの図面は今後30年間の超過確率の値を示したものだが、今見せているものは今後30年間に3%の超過確率をもつ最大震度で

示したものだ。そうすると、1000年に1度、どのぐらいの揺れがくるか、といった見方ができる。その数式を同じままに10万年間の評価を行ったのが、この資料である。ただ、この計算は、同じデータと計算式が10万年間の評価に有効であるという前提を確認しないといけないうので問題があるという指摘もある。

- 他にも、日本全国どこでも地震が起こるのだから、各地の揺れやすさだけの評価を示した方がよいという意見もある。すなわち、地盤の強弱の分布を調査し、地震発生場を適当な深さに設定し、そこから地表までの距離や地盤条件を組み合わせることで、揺れやすさのマップを作ることができる。今日示したのは内閣府（防災担当）の委員会が作成したマップだが、地震調査委員会も同様のものを作成している。どこでもM7が起こるとして、地震発生層の上端までの深さは地域毎に違う、そして地盤強度を組み合わせれば、直下で地震が起こった場合にどんな揺れが起こるかを確率的表現に依らずに表現できる。地盤の善し悪しを見るには、この地図が適しているものと思われる。
- 次に、原子力規制委員会が地震に対する原発の安全性についてどういう審査を行うかを参考までに簡単に説明する。基本的には、地質の調査、地震動の計算、津波、地盤の安定性などが審査ガイドとして昨年6月に示されている。これのもととなったのが、2006年9月に行われた指針改訂である。指針改定後既存原発のバックチェックが行われ、改めて各原発に対して活断層の認定や海溝型地震調査による検討用自身の設定やそれによる基準地震動の再計算などが行われた。このときの改訂指針で活断層をきちんと評価して、それをもとに地震動を評価するということと、実際には評価以上のものが来る場合があるということで、残余のリスクについても可能な範囲で小さくするような対策を行う必要があるということが決められた。さらに、そのあと、2010年の12月には手引きという形で、指針を補足する形で、今よく問題になっている、断層露頭上には重要構造物を置いてはならない等が決められた。津波に対する評価に関しても、このときにかなり詳しくしたのだが、残念ながら、2011年3月の時には津波に対する安全性の評価と対策が十分ではなかったことが大きな問題になった。地震動に対してはかなり強化が図られて被害軽減に役立ったと思うのだが。
- そういうものを受けて、新たにできた原子力規制委員会が、2013年の7月、策定は6月だったが、施行が7月で、新規基準を決めた。そこでは、活断層の認定基準について従来と変わらないが、問題点が出てきた場合に、従来の後期更新世以降の活動が否定できないものというだけでなく、そういう地層が見えない場合、これがいつも論争の場所になってきた点であるが、この場合に40万年前まで見なさいということが付け加えられた。
- 地震動の評価に関しても、断層のごく近傍での評価をもう少し詳細にしろということが決めている。断層のすぐそばだと、短周期の地震動だけではなく、長周期の地震動や永久変位なども生じる。こういうものもすべて、原子力施設の構造物に影響するか評価することが求められた。また、今日の主要な議題である、地下構造の地震動への

影響について、三次元地下構造モデルをきちんと考える必要があるということが明記された。津波に関しても新たな基準がより詳細に示されているが、本日はその説明は省略する。

- 実際に揺れに対する評価がどうなされているかを説明する。震源を特定して策定する地震動と、震源を特定せず策定する地震動に分けられる。活断層やプレート境界等で、どこで地震が発生するかわかっている場合には、経験的な方法や断層モデルできちんと評価するように求めると同時に、実際には、活断層等が近くになくとも、地震が起こる可能性があるので、それについても地震の揺れを考慮するように定められている。対象となるサイト近くに活断層があれば、震源を特定して策定した地震動が大きく決まるが、近くに活断層等がない場合は、震源を特定せず策定する地震動の方が大きくなる可能性がある。種々計算された地震動中で最も大きいものが基準地震動になる。次の資料は震源を特定して行う場合の評価方法を示した専門的な資料である。地震動を評価するには、活断層を調査して、地球の中の浅い部分、深い部分を調べて、断層の幅や長さから震源断層の面積と地震規模を決めるだけではなくて、震源断層の中で強震動がどこから出て来るか（強震動生成域）を考える。実際にはこの場所（強震動生成域）を予測するのは難しいので、敷地に最も大きな地震動をもたらす場所でどこかということでもっとも危険な地震動計算するのが普通だ。また、強振動生成域を設定して強振動を評価する方法が、過去の地震の際の観測結果とよく一致していることが確認されていて、日本が採用している断層モデルが優れた方法であることが確認されている。地震調査委員会では、現在、レシピという形で、活断層調査に基づいて、強振動評価に必要なパラメータを順番に決めていけばいろいろなパラメータが決まる手順を定めている規制委員会も基本的にはそれと同等のものを採用している。
- 内陸地震については活断層調査ができるが、プレート境界の沈み込み地震についてはそれがなかなかできないので、歴史的な資料から過去の地震を知るしかなかった。これまで M9 クラスのデータがなかったために不十分だったが、今回、東北地方太平洋沖地震が起きて、その地震動発生メカニズムが、これまで内陸で使われていたのと同様の方法で評価できることがわかった。こういう大きな断層であっても、強震動を出す場所はある限られた部分で、それが前もって推定できれば評価できるし、できなければ、最も対象サイトに対して危険となる場合の地震動の揺れを計算すれば、うまくいくという検証がされた。そして、どこで強震動を出すかということは、過去の地震の履歴を見ることが見つかるのではないかとされている。
- 震源がわからない場合にどうするか。地震発生層は地殻の浅層部分にあり、深さ限界は約 15km ぐらいである。震源断層の幅が 15km 以下だと、ほとんど地表には現れない。断層幅が大きくなると、地震時に断層が地表に現れる可能性が出て来る。それでも、全部が出るわけではなく、地表にはほんの少ししか出ていないけれども、地下では長くなっている場合がある。そういう断層をどう評価するかが重要になってくる。地表で見える

か断層の長さが短くても、M7 クラスになるのではないかと想定して評価する場合とか、重力探査などで断層の所在をもう少し詳しく調べるとか、多くの努力がなされている。断層の規模が M7 より大きくなると、断層が地表に見えてくるので、モデル化は容易になってくる。

- 震源を特定せずに策定する地震動については、過去に観測された記録から評価する以外にないが、観測点の近くで地震が起これば、マグニチュードが6クラスであっても、加速度が1Gを超えるといったことがあるので、過去の地震で、震源が活断層と特定できない地震により大きな揺れが観測された地震記録のリストが震源を特定せず策定する地震動の例として示されている。これが直下に地震が起こったときどのぐらいの地震動が起これるかを決めるのに用いられる。この表では、最も大きな地震の記録は、岩手宮城内陸地震（モーメント・マグニチュード6.9）によるものだが、最近の研究で多くの研究者がこの地震が事前に調査すれば活断層と特定できた地震に分類している。他方、鳥取県西部地震（モーメント・マグニチュード6.6-6.7）は特定できない可能性が高いということになっている。実際にはこうした過去の記録から、地下構造を考慮して、解放基盤面の地震動を評価する、それを基準地震動にすることになる。
- それと同時に、旧原子力安全基盤機構は、震源を特定せず策定する地震動の確率論的評価法を出している。過去に起こった地震動記録のレベルがどのぐらいの超過確率かということで、評価の際に参照するとされている。 10^{-4} ~ 10^{-5} 程度にすることだが、これは参照程度とされている。
- これが今までの基準地震動の評価方法だが、実際には、地表の地震動と地中の地震動がどう変わるか、例えば、深いところでは地震動は小さくなるが、本当にそう言い切れるのか、といった点はもう1つの重要問題だ。それが地盤による地震動への影響を評価することである。その問題の1つは2007年の中越沖地震で、柏崎刈羽原発1号機の建屋基礎版では680ガルが観測されたことにある。旧指針で評価された基準地震動は270ガル程度だったのに、約2.5倍も大きい地震動に見舞われた。それはやはり地下構造の評価が30年か40年前の旧指針ではきちんとなされなかったことに問題の根源があったことが、地下構造の調査と地震動のシミュレーションで明らかになっている。この問題は、なぜ発生し、今後どう克服していくかということが次の問題で、地表と地中の地震動の関係について説明したい。
- 中越沖地震の際の建屋基礎版での地震動記録を示す。この一番大きなパルスが680ガルで、資料では速度に直しているので数値は違うが、こうした鋭いピークが観測されている。これがどうして起こったのかということの研究がなされてきている。柏崎刈羽原発では、地表から地中に至るまでボアホールで地震動が観測されていた。一番深いところは250mで、基礎版上（深さ45m）にあたる場所でも記録が取られている。5号機付近のボーリング観測に関しては完全に記録が取れているが、1号機のボーリング観測に関しては、一部不完全で、深さ250mでは最大値のみ印字されていたため最大加速度はわか

る。それによると、深さ 250m のところで、993 ガルという非常に大きな値が観測されている。深さ 122m 地点でも 739 ガルであり、地表はもっと大きくて 1G を超えている。この地点では、地中といえども無視できない程度に大きな地震動に見舞われることがあることがわかる。5 号機のデータは通常のレベルだが、この 1 号機側の観測点のデータが非常に大きなものとなった。

- これをきちんと解明しようということで、2010 年から旧原子力安全基盤機構と新潟工科大学が共同で、ボーリングによる垂直アレイと、地表の水平アレイ観測の地震計を設置して、この地域の地下構造と地震動との関係についての解明に取り組んでいる。まだ始めたばかりであるが、地表に高密度の地震計を置き、新たな技術開発により、1 本のボーリングで、最も深いところは地下 3km まで、異なる深さ 4 ヶ所の地震計を置いて、高精度の観測を実施している。これまでに、少ないけれどもいくつか地震の観測データが採れている。例えば、ここに示したものはある地震の際のデータで、地下 100m から 300m 程度だと、地表とそう大きな違いはないことがわかる。こういうことがなぜ起きるのか、現在、解明に取り組んでいる。この地域の地下構造に関して、2007 年に策定したモデルを、こうしたデータを用いて逆問題としてモデルの決め直しを行っている。
- そういう新しいモデルをもとに、なぜ 1 号機でああした大きな揺れが観測されたのか、再計算を行っている。三次元的に変化する地下構造により、1 号機付近に地震波が集中する、フォーカシング的なことが起こっていることが推測される。地震直後からそういうことは言われていたが、その後には得られた詳細な記録をもとに新たな解析ができるようになってきている。複雑な地下構造が地震動にどう影響するか、今後詳細な解明が期待される。1 号機側と 5 号機側で 2 倍程度もの違いがあったわけだが、複雑な地下構造を想定する場合と、成層構造を想定する場合の変化を比較研究する等で解明しようとしている。
- したがって、通常は簡便な方法として、平行層仮定のモデル化で地震動を評価するのだが、やはり三次元構造をきちんと評価する必要があるということが、こうした詳細な調査の結果から導かれている。
- まとめると、日本列島およびその周辺域はテクトニックな環境として世界で最も地震活動の高い地域に位置している、モーメントマグニチュード 6.5（気象庁マグニチュード 6.8）以下の地震は日本中どこでも発生する可能性がある、それでも日本における地震危険度は一様ではなく高いところと低いところがある、それには地盤や地下構造の影響が関係している、プレート境界地震や内陸活断層地震については調査を進めることで将来の大地震に関する強震動の予測は一定の不確かさの範囲で可能になりつつある、地中における地震動は一般に地表に比べて小さいと考えられるけれども三次元の地形・地層の影響で地中でも地震動が大きくなる場合がある、ただし詳細な調査（反射探査法、地震波干渉法など）によって三次元の地盤構造が詳細に明らかになれば地中地震動の大きさの評価も可能になると思われる、以上である。

【質疑応答】

：最後にお話くださったことは、暫定保管以上に地層処分にとって深刻だ。深いところは加速度が小さいということが前提とされていたはずだ。柏崎刈羽原発 1 号機ではそうしたことが発生したということである。では、ご議論いただきたい。

- 原子力規制委員会の審査については、六ヶ所再処理工場付設のガラス固化体貯蔵施設やむつ市の使用済み燃料中間貯蔵施設が審査を受けることになっており、前回、被審査者側の話を聞いたが、そこで場所を特定しない地震動という話も出ていたが。
- 六ヶ所の場合は、近くに活断層がまだ見出されていないので、そちらの地震動の設定が重要になる。
- 素人で恐縮だが、地層処分で想定されているのは地下 300～500m、あるいはもっと深いと言うが、先ほどご説明いただいた、地中で地震動が大きくなるのはどのぐらいの深さか。
- これは実例を言っているだけなので一般化はできないが、2007 年の中越沖地震の際に、深さ 250m のところで、最大値として 993 ガルが記録されているというお話をした。通常は、この深度であれば、地表、すなわち開放基盤面の地震動は約 2 倍になるので、この結果から推定される地表の地震動を計算すると 1.7G ぐらいになるのだが、従来は十分深いから地表の 2 分の 1 から 5 分の 1 ぐらいになると想定された深度で、こうした大きな加速度が観測されたことが重要だ。複雑な地下構造を考慮すると、様々な効果によって、ある方向から来る地震波が増幅される。実際、中越地震の際にはこの構造によって地震波が小さくなったが、中越沖地震の時にはいわば不幸なことに増幅された。
- 地層処分の場合、作業中はトンネルが開いているが、埋め戻しをすれば、揺れが仮に震度 7 相当になってもそれ自体は処分場の性能を損なわない。ただし、揺れによって、あるいは地下構造の変動によって地下水の流れに大きな影響が出れば、そこを考慮しなければならないということだと思う。その辺りはいろいろな経験を踏まえて評価していけば良いと思う。
- もちろん、この中越沖地震の際にも、原子炉そのものも、原子炉建屋も大きな損傷はなかった。揺れが大きいからと言って直ちに大きな被害につながるわけではなく、揺れが大きいことによる他の影響を考える必要があるというのはおっしゃる通りだ。
- 例えば、北海道幌延の研究施設では地下水の年代を測定しているが、300m ぐらいの深度の地中だと、だいたい 100 万年以上古いという評価結果が得られている。すなわち、その間に渡って地表の水との置換が起こっていないことを意味する。過去に大きな地震があったかもしれないが、恒久的に地下の水環境が乱されるということではないということがこうした観測結果から伺える。
- 先ほどの地下の揺れについてだが、250m 地下でこの振動が起こるとどのぐらいの圧力が

かかるのか。地層処分場があったとして、これに相当した地震が起こるとどのぐらいの圧力がかかるかご教示いただきたい。

- 今すぐにはわからないが、計算は可能だ。ただし、計算上の仮定が必要である。そう大きくはないと思う。破壊強度に剛性率をかけたものが応力になるが、破壊強度は普通 10^{-3} と言われている。これに剛性率をかけると応力が計算できるが、この地域ではこうした深い地中で割れ目が発見されたことはない。そういう意味では、地下で大きな割れ目が生じるといったことはない。
- そういった地層処分そのものの安全性についての議論もできるだろうが、この場では控えておきたい。
- 先ほどの、「モーメントマグニチュード 6.5 以下の地震は日本中どこでも発生する」という点だが、時間的スパンと確率を合わせた議論は可能なのか。例えば、100 年以内であれば、何%程度の確率でどこでも起こりうる、といった評価は可能なのか。
- 可能だ。確率論的評価においてはその様に表現する。
- そうだとすると、仮に暫定保管施設をどこかに作る場合には、この程度の地震に対する強度が必要だという含意があると理解してよいのか。つまり、どの場所に作るにしても、最低、マグニチュード 6.5 の地震に対する耐久性がなくてはならないという考え方ができるのではないか。
- そういうつもりで、今の原子力規制庁が決めている考え方を紹介した。今、すでにそうなっているということだ。その辺が結構誤解があるように思われる。実際には、断層調査とか様々な調査を行い、それに対する対応を要求すると同時に、断層がなくても、最低備えるようにというのが、気象庁マグニチュードで 6.8 程度ということだ。さらに、場所によっては、関西圏などは、鳥取県西部地震のように活断層が特定できるという人とできないという人がいるが、できない可能性があると考えて、鳥取地震クラスの地震を想定してください、というのが規制当局の考え方だ。これに確率の評価を入れればもっと下がるが、日本の原子力耐震規制は確率評価を入れずに、そうした地震を必ず想定しなさいというやり方でなされている。
- いわゆる基準地震動の話だ。この点も前回の技術分科会で議論した。例えば、川内原発で基準地震動が 620 ガルになったという報道があった。マグニチュードよりも、加速度が最終的な判断基準に使われている。
- 現在一般的に入手できるデータで、ある地点における、今後 100 年ないし 200 年間に於いて起こる地震の確率というのはどの程度はつきりした知識として存在するのか。ある地点における今後 100 年、200 年における最大地震動の認識のためには、その都度、詳細な調査が必要だと考えるべきなのか、あるいは、一般的に現在研究者が入手できるデータでそこはもうわかるのか。知識の集積度を伺いたい。
- 日本では地震カタログは全て公開されているので、誰でもできる。日本のデータを用いて世界中の研究者が研究を行っている。例えば、再現期間 1000 年での最大の揺れを評

価するためには、先ほど申し上げたように、活断層がどこにあるか、海溝型地震の過去の履歴はどうかを確認し、過去の揺れの履歴がない場合には、各地でどれぐらいの地震が起こるかをグーテンベルク＝リヒター式を用いて地域毎に、あるマグニチュードの地震が何年に1度程度起こるかという確率論的評価を加味して、最終的な計算結果を導く。日本の場合には、これを我々が参考にすればよい。10万年単位であればこれを使えばよい。昨年11月に公表されている。入手可能である。

- それは研究者の間で争いはないと理解してよいのか。
- それはある。日本の手法は概ね過大になるような評価法を採っている。例えば、この資料を見ていただくと、南海トラフ地震の場合の発生頻度は、M8～9クラスが70%といった評価になっている。しかし、この評価法を採っているのは世界中で日本だけである。タイムプレディクタブルモデル（時間予測可能モデル）と言って、過去の3つぐらいの地震から次に地震が起こる年代を導いている。通常はそういうことはしない。通常モデルだと、この確率は10%程度になる。これは地震調査委員会の資料に書いてある。地震調査委員会でも議論があり、国際的な規範に合わせれば、少なくともM9クラスの地震は確率論的にはほとんど起こらない、8クラスでも70%というのは言い過ぎだ、という異論があった。しかし、防災の情報として出す場合には、もっとも大きくなる方法で計算すればよいのではないかということで、この数値になっている。もっと一般的な方法での評価結果も併せて出せという意見も多く、実際、解説に記されているので、秘密でも何でもないので、敢えて大きい方法が採用されている。これはまさに論争である。
- 争いがあるにしても、評価がほぼオーバーラップする地域は特定できるのか。
- 過去に地震がなかった地域を特定するのは難しい。地震調査委員会の反省点はそこだ。例えば、東北地方太平洋沖地震の地域では、過去400年の記録を使ってしまい、M9クラスのものは起こっていないから、という評価をしてしまった。今回は過去2000年ぐらいのデータで確率評価をやり直している。

(4) その他

：本日予定していた議題は以上だ。次回はこれまでのヒヤリングの中身を整理したい。また、次回の社会的分科会では総合資源エネルギー調査会の廃棄物ワーキンググループからのヒヤリングを行うと聞いている。当分科会としてもその話は伺いたないので、もし可能であれば、合同で話を聞く機会を設けたい。いずれにせよ、技術的検討分科会としては、これまでの知見をまとめ、最終的な報告をまとめる際にどうするかを議論したい。

：データの相互交換について相互に便宜を図りたい。技術分科会のこれまでの資料を社会分科会のメンバーも共有できるようにご配慮いただきたい。

以上