

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
暫定保管に関する技術的検討分科会（第3回）

平成26年2月24日（月） 9:30～11:30
日本学術会議 5階 5-A（2）会議室

出席者：山地委員長、柴田幹事、河田幹事、今田委員、千木良委員、三枝委員

参考人：林昭宏氏（電気事業連合会）

参考人補助員：森榮頭氏（日本原燃株式会社）、三枝利家氏（リサイクル燃料貯蔵株式会社）

事務局：盛田参事官、寿楽学術調査員、佐藤専門職、寺島職員

資料： 資料1 前回議事要旨案

資料2 高レベル放射性廃棄物の暫定保管にあたって考慮すべき地質事象の考え方

資料3 高レベル放射性廃棄物の地層処分について—地質環境の長期安定性の観点から：「学術の動向」2013.6—

資料4 日本列島と地質環境の長期安定性：日本地質学会地質環境の長期安定性研究委員会編

資料5 高レベル放射性廃棄物の地層処分について—地質環境の長期安定性の観点から（学術会議の報告を受けて）—

資料6 高レベル放射性廃棄物貯蔵施設の概要について（六ヶ所村高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター）

資料7 使用済み燃料貯蔵施設の概要について（むつ市リサイクル燃料備蓄センター）

資料8 HABOG 追加情報

参考： 委員名簿

(1) 前回議事要旨案の確認

前回議事要旨案が確認され、一部字句修正の上、承認された。

(2) 暫定保管施設の安全確保に係る立地条件の技術的検討（地質地盤条件）

千木良委員より、「高レベル放射性廃棄物の暫定保管にあたって考慮すべき地質事象の考え方」と題し、資料2～5に基づいた講演があった。

- 原子力施設の安全確保のために考慮すべき地質事象を概観すると、原子力発電所の場合には地震動が最重要となり、続いて津波、そして火山噴火や地すべりとなる。隆起・浸食は想定する時間が短いので考慮外となるし、地下水量や地下空洞周辺の劣化も安全確保には特に係わらないことから考慮外となる。なお、地震動を検討するに当たっては、

12 万～13 万年前以降の断層活動を評価するが、必要に応じて 40 万年前以降を考慮することになる。

- 続いて、暫定貯蔵施設を地表に設置する場合を考えると、基本的には原子力発電所と同様であるが、想定期間が 100 年以上にわたるとすれば、火山噴火を考慮する必要性が増すだろうし、地下水流も水漏れ等を検討するならば考慮に入れる必要がある。
- 暫定貯蔵施設を地下に設置する場合は、地震動の影響は減少するし、火山噴火や津波の影響も相対的には軽減するかもしれないが、地下空洞周辺の劣化を考慮に加える必要が出て来る。地表と地下の事象の両方を考慮する必要がある。
- 地層処分施設の場合は、地下水流の影響が重大になる。想定する期間が数十万年に及ぶため、隆起・浸食も考慮しなければならない。また、操業中を考えると、地下暫定貯蔵施設と同程度に地震動、火山噴火、津波、地すべり、地下空洞周辺の劣化等も考慮する必要が生じる。
- まとめて、暫定保管施設の場合には、地下水の流れをさほど気にしなくてよいし、それに影響を及ぼすような地震・火山・地熱についても考慮しなくてよいところが異なる。ただし、想定期間が長いので、原子力発電所に比べれば自然現象の影響を受けるリスクは増加する。
- 地震動については、全国地震動予測図というものが出されている。今後 30 年以内に震度 6 弱以上の揺れに見舞われる確率の分布図である。
- しかし、残念ながら、最近の地震は確率の低いところで発生してきたという実情がある。
- このため地表地震断層から震源を推定できるかが議論となっている。東北大学の遠田教授によると、活断層を完璧に調査しても、半分以上の M7 以上の地震を見落としてしまうという分析がある。また、主要活断層とその他の活断層の想定マグニチュードとその発生確率を用いて日本列島全域でのマグニチュード別の年間地震発生頻度を計算しても、実測値に対して過少にしか見積もれないとの指摘もなされている。
- 従って、いわゆる「未知の活断層」について考慮する必要が生じる。
- しかし、そうは言っても、活断層の分布と地震活動には地域性がある。また、地形だけでは活断層の存否が不明確でも、原子力発電所並みの調査をすれば発見できるとも考えられる。
- また、地球物理的手法によって震源断層の生じる可能性の高い個所を特定できないかという研究も行われている。プレート内に周囲よりもやわらかい領域があると、そこが変形し続けて内陸断層に加わる応力を増加させる可能性が、飯尾教授によって指摘されている。
- 過去の地震について、この仮説を当てはめた研究も試みられているが、現状の研究は地理的なスケールが大きい分析にとどまり、実用的とは言えない。
- 地下深部においては地震時の揺れが小さくなることは、多くのデータから明確に伺われる傾向である。資料には釜石鉾山における測定結果のグラフを付した。

- 地震に対する 300 年程度の安全性確保において求められる考え方は、原子力発電所の場合と大きく異ならない。言い換えれば、原子力発電所立地は暫定保管場所の候補地として安全性は高いと言える。
- 続いて火山についてお話しする。日本列島における活火山の分布が資料の地図に示されている。活火山の分布には偏りがあり、その傾向は把握されている。
- では、火山噴火はどれぐらいの範囲に影響を及ぼすか。図に示されているように、相当な広範囲まで影響が及ぶ場合があることがわかる。江戸時代の富士山の宝永噴火においても、図に示すように、現在の首都圏南部の広い範囲に有意な降灰があった。
- 同様に江戸時代の桜島の安永噴火では、紀伊半島で 3cm、東京でも霜のように降灰があったとされる。
- 火山噴火は火砕流を伴うことがある。雲仙普賢岳の 1991 年の噴火の際の火砕流被害はよく知られている。その隣に示した阿蘇 4 噴火の火砕流分布を見ると、九州中部の広範囲が火砕流の被害を受けた形跡があることがよくわかる。
- 火山の噴火予知については、中長期的な予測は困難なことが多い。規則正しい感覚で噴火を続けることは希で、過去の噴火間隔から次の噴火の時期を予測することは、一部の火山を除いて困難である。観測で把握できるのは活動の活発化であり、数日前から数時間前といった短期の間では予知が可能な場合もあるに過ぎない。
- とはいえ、どの火山がどのような噴火をするか（「火山の癖」）は概ね把握されていると思う。将来の 300 年間の間には大噴火が起こるとの想定で評価することで対応するしかないのではないかと。
- 続いてトンネル空洞周辺岩盤の劣化についてお話しする。スイスのモンテリでの研究例を資料に引用した。ここは、瓦程度の硬さの粘土岩の地層にトンネルを掘削し、実験を行っているものである。坑道の周辺に風化領域が広がる状況が観察されている。
- 日本の泥岩中のトンネルを研究した例もある。千葉県上総層群の素掘りトンネルの調査結果だ。80 年で壁面から約 50cm のところまで酸化が進行したとの結果が得られている。
- 次の図表は掘削後の経過時間と抗壁から酸化フロントまでの距離をプロットしたもののだが、割れ目が生じると酸化が一気に深くまで進むことがわかる。
- このように、堆積岩中の空洞では、300 年程度の間には空洞周辺の岩石の風化がかなり進行することがわかる。力学的な劣化に加え、鉱物の変化、地化学環境の変化を考慮する必要がある。
- 結晶質岩の場合には、割れ目が少なければ風化の影響は大きくないかもしれないが、割れ目が多い岩盤の場合には問題となり得る。図に示したものは、花崗岩の岩盤では「状態のいい」ものだと見受けるが、それでも、相当数の割れ目があることがわかる。
- この空洞周辺岩盤の劣化の問題は、地下暫定保管から処分へ移行するシナリオを考慮する場合に特に大きな問題になる。とりわけ堆積岩の岩盤内に坑道施設を建設する場合に

は、操業期間中のトンネルの環境を制御するとともに、できるだけ操業時間を短縮する必要がある。坑道周辺の環境を掘削前の条件に戻した上で空洞を閉鎖し、隔離機能を担保するのは極めて難しいかもしれない。

- また、保管から処分への移行を選択肢に入れるならば、場所の選定の際に、長期安定性（特に水の流れ）を十分に考慮することが重要だ。
- 最後に、暫定保管中に特に実施すべき研究を挙げる。地震、火山活動、地熱活動、隆起・浸食については、その直接的影響は立地地点選定の際に回避可能だが、地下水流動に与える影響の評価は難しい。また、地下水の通路として断層や割れ目帯の分布の把握が必要だが、調査技術が未熟な現状があり、不確実性が先送りされる結果になっている。調査技術の技術革新が求められるが、とはいえ、不確実性は常に残るので、そもそも割れ目の少ない岩盤を探す手法の構築が必要だ。この探索は地質学的な履歴に依るものとならざるを得ない。
- なお、資料 5 は、学術会議の「回答」の内容が、日本において地層処分を可能にするような地質環境は存在しないという趣旨に誤解されていることについて、必ずしもそうではないことを示した連名の文書である。慎重な手順は必要だが、地層処分における長期の安全確保を可能とするような地層は日本にも存在するというのが私どもの見解である。

【質疑応答】

- 冒頭で示された図で、地表の暫定貯蔵施設について、地下水流に「○？」とあり、備考に「水漏れも問題？」とあるが、100年ないし300年という期間の貯蔵を考える際には乾式貯蔵施設が念頭に置かれるだろうから、水漏れや地下水流を考慮する必要はないのではないかと。「水漏れ」を言うのであれば、プール貯蔵施設を念頭に置いている旨の補足が必要であろう。逆に、地下貯蔵施設を検討する場合には、地下水流については「？」は不要で、はっきり「○」でよいのではないかと。なお、その部分で「地表と地下の現象の両方の考慮が必要」とあるが、その意味を説明して欲しい。また、表に対する脚注で「期間が長いだけ」とあるが、これは「期間が長い場合」であろう。この分科会で言う「貯蔵施設」は本当に100年以上といった長期間を想定するものに限られるのか、議論が必要だ。
- 「？」マークの件は、おっしゃる通りであろう。「地表と地下の現象」という部分については、地下施設であってもそこへアクセスする部分の地上施設も当然併設されるであろうという考えによるものである。期間の想定については、まさにこの場で議論をして決まってくるものと思う。
- 原子力発電所の想定期間が50年とあるが、これは本当にそのぐらいの期間の安全しか考慮せずに設計しているという意味なのか。
- そこはいろいろな具体的な年数の数字が飛び交っていて、運転期間延長の議論もあり、

公的な議論の行方もまだよくわからない部分がある。あくまで想定運転期間としてそのぐらいのオーダーという趣旨で記載してある。

- 具体的な立地を考える場合に、地盤・地質に要求される事項を確認するための何らかの基準のようなものが必要かと思うが、そうした基準はどのように定まってくるのか。
- 地表施設の場合には原子力発電所に準じるかたちになるのではないか。ただし、100年とか300年という年数になれば、火山噴火等の部分の考え方は変わってくるだろう。地下の場合は基準そのものから考えていく必要があるだろう。
- 先ほど風化影響の話で、結晶質岩についての言及があったが、その状況を精緻に把握する手法の見通しはあるのか。また、このぐらいの条件を満たせばよいというような基準は設定できるのか。地層処分工学においては、結晶質岩についてそう精緻には把握できないという前提で、その上で保守的な想定をして安全確保の考え方を構築している。そのあたりで地質学の専門家と地層処分の専門家間のインタラクションを深める必要があるようだ。
- 重要な指摘だ。確かに、割れ目の数や大きさがこれ以下ならよい、といった基準を設定するのは難しいし、立地点の最終的な選定に先立って対象地質のそうした状況を精密に把握することも困難だろう。しかし、大きく考えた時に、応力場の状況などから将来大きな割れ目が発生する可能性があるといった場合に、それが本当に起こりうる事象なのかの判断は極めて難しい。その可能性の存否を判定した上で社会的な合意に進むというのはなかなか困難そうだ。
- 暫定保管期間中にそうした研究を進めるというのが暫定保管の狙いの趣旨だと理解している。
- 資料5ページの上段の表は、活断層の存否を完璧に調査しても、半分ぐらいの地震の震源はわからないという趣旨と理解してよろしいのか。
- 自身の研究ではないので慎重にならざるを得ないが、この研究をした遠田教授は、現在の手法では震源断層を見つけきれないのではないかと、という趣旨と理解している。
- 神戸大学の石橋名誉教授も同様の考えだと承っている。
- また、9ページ上段に、原発立地地は暫定保管場所の候補地として安全性は高いとのコメントを載せられているが、これは、かなり自信を持ったご意見なのか。例えば、原発廃炉後にその地点の地下を保管施設にするといったアイデアは妥当なのか。(今田委員)
- 現在各原発で調査中ではあるが、調査した結果、良好な結果が得られた地点についてはそう考えて差し支えないだろう。
- 昭和新山のように、突如マグマがわき出して新火山ができるようなケースがあるが、そうしたことの可能性がある場所はわかるのか。
- ピンポイントではわからないが、ある程度広い範囲で、そうした可能性がある地域は特定できる。火山の分布はよく把握されているからだ。配布したリーフレットの裏面に、地温勾配と活火山の分布を示した図があり、火山フロントが示されている。火山フロン

トより太平洋側であれば、新たに火山が生じる可能性はないと考えて良いと思う。

- すでに実用産業分野で、かなり大きな地下空洞を建設して石油を備蓄するような施設が建設されている。今回提起されたような考え方を適用するならば、そうした施設の安全性にも懸念が生じる。石油備蓄というのは国家的な事業であり、それが本当にリスクを抱えているのだとすれば、問題だということになる。実際には我々はその信頼性を受容してそうした施設を運用しているのであり、他分野でそうした実例があることを考慮していただきたいと思う。
- 危険な方ばかり考えると見方が偏るといえるのはその通りだろう。ご指摘の施設は私自身も訪問したこともある。ただ、そうした施設は花崗岩等、非常に強度の高い岩盤に建設されている。堆積岩の岩盤にそうした大空洞を建設した例はない。
- 先ほどの地震を引き起こす活断層の把握可能性についてだが、これは、M7 程度の地震が起こっても、断層が地表に現れないケースが半分以上程度ある、という理解でよろしいか。
- その通りだ。ただ、この検討は地震断層をランク 1 の活断層に限っている。ランク 2 の活断層であれば、震源断層長の 2 分の 1 より少し短いけれども地表には出ているとか、そういうものが含まれることになる。そのあたりを加味するとその数字は変わってくるという点をご理解いただきたい。

(3) 暫定保管施設の安全確保に係る立地条件の技術的検討（むつ中間貯蔵と六ヶ所再処理 HLW 保管施設の安全審査）

林参考人より、「高レベル放射性廃棄物貯蔵施設の概要について」「使用済み燃料貯蔵施設の概要について」と題し、資料 6、7 に基づいた講演があった。

- 貯蔵施設の概要は資料 6 のスライド 3～6 に示す通りである。
- この施設に対して要求される規制基準について説明する。昨年 12 月 18 日に、核燃料サイクル施設に対する新規規制基準が策定された。廃棄物管理施設に対してもこの基準が適用される。
- 主要な要求事項を紹介する。将来活動する可能性がある活断層について考慮することが求められている。また、耐震重要度分類が導入された。
- 津波による損傷の防止も加わった。他にも、各種の自然現象、航空機落下、近隣他施設の火災などが考慮すべき対象として挙げられている。
- 立地に関する技術的要件として、順番に説明する。
- まず、地盤、地震、津波である。断層の活動性評価については、従来よりも以前の、12～13 万年前以降の活動が否定できない断層等を考慮するものとされ、かつ、それ以降の活動性が明確に判断できない場合には 40 万年前以降までさかのぼって評価することとされた。
- 六ヶ所村の保管施設については、この基準に基づいて評価し、活動性のある断層等はな

いと考えている。

- また、耐震設計については、まず、基準地震動 S_s の策定について、最新の知見を踏まえた再評価を行うように求められている。これに対応し、従来以上に大きな地震動が特定震源から発生する場合を想定し、さらに裕度を見込んで 600Gal を基準地震動に設定した。また、震源を特定せずに策定する基準地震動についても同値とした。
- 津波については、標高や海岸からの距離を考慮し、過去の津波記録等から評価を行ったところ、安全性を損なうような津波は到来しないとの評価結果を得た。
- 続いて、外部からの衝撃についてである。火山については、施設運用期間中に影響を受ける可能性は小さいものの、十和田火山について、過去最大規模の噴火における火砕流が敷地に到達したと判断されることから、火山活動のモニタリングを行うこととした。また、八甲田火山については火砕流の到達は認められないが、同様にモニタリングを行うこととしている。
- また、火山灰の堆積による静的負荷を評価し、安全性を損なうおそれはないことを確認している。
- 竜巻については、それにより安全性を損なうおそれはないことを、風圧力、気圧差、飛来物による加重等の評価により確認している。
- 森林火災、近隣工場等の火災についても評価を行い、安全性を損なわないことを確認している。
- 航空機落下についても安全性を損なわないことを評価により確認している。
- 最後に、不法な侵入等についても、十分な対策を取っているものと考えている。
- 続いて、使用済み燃料貯蔵施設の概要について説明する。
- 貯蔵施設の概要については資料 7 のスライド 3~8 に示したとおりである。
- この施設に対して要求される規制基準について説明する。これも昨年 12 月 18 日に新規規制基準が策定された。基準の内容は基本的には廃棄物保管施設と同様であり、一部のみが保管対象物や保管方式の違いのために異なっている。
- 前段同様にこの新基準に基づいた評価結果について説明する。
- 地盤、地震、津波について、同様の方法により評価を行った。基準地震動については、従来よりも引き上げた値（水平方向 600Gal、鉛直方向 400Gal）を設定し、それに基づいて評価を行った。
- 津波についても、施設敷地までは到達しないとの結果を得た。
- 続いて外部からの衝撃に対する評価である。火山については、恐山火山と陸奥燧岳火山について検討し、ともに施設供用期間中に影響を及ぼす可能性は十分小さいとの評価結果を得た。ただし、恐山火山については、既往最大噴火による火砕流堆積物が認められることから、モニタリングを実施することとしている。
- その他、竜巻、森林火災等についても安全性を損なうおそれはないことを確認している。
- 不法な侵入等についても十分な対策を取っているものと考えている。

【質疑応答】

- どのぐらいの期間を想定してこれらの施設を設計しているのか。あるいは地元約束上の要求として具体的な期間があるのか。
- 保管期間は50年を想定している。受け入れ、搬出を含めると、約100年と考えている。貯蔵施設も貯蔵期間は50年を想定している。
- 補足する。搬入・搬出も含めて50年と地元と約束している。最初の1体から最後の1体までで50年である。
- 火砕流が起こってしまえばなすすべがないのではないか。
- 搬出計画を策定済みである。火山活動は活発化を把握できるので、そういう事象が発生次第、搬出することとしている。
- 火砕流について、むつの施設と六ヶ所の施設で記述が違うが、具体的な見積もりがあるのか。
- 具体的な詳細は今後評価を詰めるが、いずれにせよ搬出計画で対応することとしている。
- どこへ搬出するのか。その準備はできているのか
- そうした火山活動は数万年オーダーで発生するので、数百年オーダーで準備ができると考えている。
- 何かあれば搬入元である電力会社に持ち帰ってもらうのが原則だ。
- 火山の専門ではないが、噴火の規模に応じてどのぐらい前からわかるとか、そういう相関があるのなら、それに基づいた計画を立てる必要があるのではないか。
- 先ほど申し上げたように影響を与えうるのは2つの火山に限られるので、それを念頭に置いた計画を準備している。
- そうした計画について住民の合意は得られるのか。
- 供用期間中にはそういう事象は起きないという評価をしている。
- 航空機落下について、 10^{-7} の可能性を上回る航空機落下はないと理解していたが、今日の説明では想定した上で評価を行っていた。どのような落下を想定しているのか。
- 落下する確率はその通りだが、落下すると仮定して評価をしたということだ。
- 基準地震動について、六ヶ所の施設とむつの施設で異なっているが、内容は同じなのか。
- 貯蔵施設では耐震クラス分けがないので、基準地震動 S_s という言い方をしないものがある。
- ただ、現実には微妙で、例えば固縛はクラス S 相当だろうということで対応しているが、今後、規制当局とよく協議する必要があるだろう。
- 現在審査中であるとのことであるので、その様子を今後もモニターしていきたい。

(4) その他

- 次々回会合について、参考人として招致する入倉京都大学名誉教授の都合も勘案し、3

月 13 日の開催を中止とし、3 月 20 日に社会的分科会と同日開催とすること（社会分科会終了後、午後 4 時から 1 時間程度開催する）が山地委員長より提案され、承認された。

- また、同日までに経済産業省の放射性廃棄物ワーキンググループにおいて一定の取りまとめが得られている場合には、その内容についてのヒアリングも実施できないか、引き続き検討することとする旨が同じく山地委員長から提案され、承認された。
- なお、資料 8 は前回話題に出たオランダの HABOG での長期貯蔵に関連する資料である。参考にされたい。
- 同資料のインデント下げで引用されている部分が、オランダが長期貯蔵に踏み込んだ根拠である。また、同国が挙げた、長期貯蔵の利点が囲みの中にまとめられている。また、オランダも将来的には地層処分に移行する選択肢を留保していることが、裏面の図からおわかりいただけると思う。オランダでは、必要水準の管理を確実に継続できうる期間として、100 年という期間を設定しているため、100 年区切りになっている。それから、前回紹介されたアリウス計画（国際処分計画）については、現在では EC の中で正式に位置づけられているとのことである。最後に、前回山地委員長から御質問のあった許認可上の期間については、明確な期限は切らないものの、補修の要否も含め 10 年ごとにライセンスの有効性確認を行っていく旨であることがわかった。
- この資料 8 の元資料の文書には、貯蔵の位置づけが 4 つ示されている。Decay Storage、Buffer Storage、Interim Storage、Strategic Storage である。最後の Strategic Storage（戦略的保管）というのが、我々の考え方に近いだろう。また、このレポートでは 100 年以上を「長期貯蔵」と定義しているようである。率直で内容のあるレポートであると思われるので、ぜひ参看されたい。

以上