

第4回 原子力艦の原子力災害対策マニュアル検証に係る作業委員会
議事要旨

1. 日時 平成28年3月4日(金) 13:00~15:00

2. 場所 中央合同庁舎第8号館3階 災害対策本部会議室

3. 出席者

(委員) 遠藤委員、下吉委員、本間委員、丸山委員、横山委員、
内閣官房(事態対処・危機管理担当)、内閣府(原子力防災担当)、
警察庁、総務省消防庁、外務省、海上保安庁、原子力規制庁、防衛省
(地方協力局、統合幕僚監部)

(内閣府防災担当) 加藤政策統括官、緒方審議官

(自治体) 横須賀市

(事務局) 荻澤参事官、小松企画官

4. 議事次第

(1) 時系列に応じた防護措置について

(2) 原子力艦の原子力事故について考慮すべき要因について

(3) 応急対応範囲について

5. 配布資料等

資料1 委員等名簿

資料2 検証すべき論点(12/11修正案)

資料3 原子力艦の原子力災害発生時の対応イメージ

資料4 原子力艦の原子力事故について考慮すべき要因

資料5 非常用発電設備の起動時間等について

資料6 原子力艦の原子炉の燃料について

資料7 「原子力艦の原子炉の燃料について」に対するコメント

資料8 スケーリングによる原子力艦の応急対応範囲の評価

参考資料1 原子力艦の原子力災害対策マニュアル(平成27年11月)

参考資料2 原子力艦の原子力災害対策に係る技術的検討に関する調査報告書
(平成15年3月)

参考資料3 米国の原子力軍艦の安全性に関するファクト・シート(平成18年11月)

参考資料4 原子力災害対策指針(平成24年10月策定、平成27年8月全部改正)

参考資料5 IAEA GSR Part 7(平成27年11月)

参考資料6 原子力空母母港化の是非を問う住民投票を成功させる会資料

6. 議事概要

○座長（内閣府大臣官房審議官（防災担当））各委員の皆様方、またオブザーバーの横須賀市の方におかれては、御多忙のところ御参加いただきありがとうございます。

本日は、前回までの議論を踏まえ、議事次第のとおり3つの事項を議題にしていきたい。

なお、本委員会に先立ち、2月26日に原子力空母母港化の是非を問う住民投票を成功させる会から内閣府に対し要請があった。参考資料として配付しているので、後ほど事務局から紹介させていただく。

それでは、前回に引き続いて検証を進めていきたい。全体で2時間程度を予定している。よろしく願いたい。

議題に入っていく前に、まず、事務局から、原子力空母母港化の是非を問う住民投票を成功させる会の資料について説明をお願いします。

○事務局 参考資料6について御紹介させていただく。平成28年2月26日の日付で、防災担当大臣宛ての要請書としていただいた。全部で85ページにわたる資料である。

内容については、1ページ目のとおり、前回の委員会公表資料について御意見をいただいた。前回はいくまでも試算、考え方について御議論いただいたところであるが、この防災範囲の検討について、いろいろ技術的な問題点を指摘され考慮すべき点を御意見いただいた。

例えば、5ページ目では、前回の試算2で、いわゆるスケーリングの考え方を示したが、その際の実出力、運転履歴について、25年運転にする一方、平均出力15%という形で16年のマニュアル策定以降に明らかになった事実に基づいて条件設定したが、これは一方的に低い設定になってしまっているのではないだろうかということである。

また、炉内蓄積量を考えるのであれば、放射性ヨウ素に限定すべきではなく、長寿命の核種についても考えるべきではないだろうかと主張されておられるところである。

そういう考え方にに基づき、原子力資料情報室で試算された炉内蓄積量比によるUPZの算出方法なども参考につけられている。

これについては、通しページで11ページ以降に述べられている。平成24年10月に原子力規制庁が各サイトの拡散シミュレーションによる試算結果を公表したところであるが、これについて福島第一原子力発電所1号機から3号機のケース、また、福島並みの放出に加えて、サイト全体の出力比、例えば浜岡は福島以上の出力があるが、そのサイト出力に対応した試算も行っている。それぞれに空母のケースを当てはめて計算すると、このような結果になるという資料も添付されている。

また、こういったことに加えて、いろいろな事象を挙げており、例えば3ページ目では、事故の形態として核燃料がメルトダウン、メルトスルー、水素爆発ということを考えるべきではないかということである。メルトダウンによって、空母では艦底を貫通して、浅い水面で爆発を起こして、飛散することが十分に考えられ

るだろう。このようなことも考えるべきではないだろうか」と主張されている要請書である。

こういった点も踏まえて御議論いただければと思う。参考資料6については以上である。

○座長 それでは、議題に入っていきたい。

まず、議題(1)の、時系列に応じた防護措置について、事務局から説明をお願いする。

○事務局 事務局から資料3をお配りしている。これは、原子力艦の原子力災害、事故が発生した場合の対応イメージを示したものである。

第1回目、第2回目でも御指摘いただいたが、防災対策、タイムラインを意識して何をすべきかということを考えることが重要である。そうしたことを念頭に置いて、マニュアルを検討していくべきであるということであった。それを踏まえ、時系列に落として、何を行うべきかをイメージとして示させていただくものである。

これは、米国からの通報を明確に位置づけるべきという意見もあったが、この米国からの通報が線量基準よりも先にあった場合をイメージしているところである。

まず大前提として、震度6弱以上の地震や大津波警報が発令された場合については、原子力災害対策指針では警戒事態ということで、事業者に報告を義務づけているところであるが、同様に米国政府に対して、日本国政府として対応状況を確認すべきではないかということである。

また、環境放射線モニタリング値については、規制庁が24時間体制でモニタリングを行っているところである。規制庁で調査基準を定めているが、100nGy/hを超えた場合には、通常値を上回っているということで、その原因追求を開始し、原子力艦以外の要因があるのかないか調査して、原子力艦に要因があると考えられる場合には当然、米国政府に確認することになる。これが左に向けての矢印の点線である。

米国政府から通報があった場合、この際には原子炉で何らかの異常事態が起こっているということが覚知できるので、政府としての対応体制としては、現行マニュアルにあるとおり、連絡会議・現地対策会議を開催する。必要に応じて非常災害対策本部と現地対策本部の設置をする。

その場合に、緊急時モニタリングとあわせて、情報の集約等を行うことになる。米国政府からも情報を収集し、モニタリング状況、関係機関、地方団体の対応体制についても情報を集約することになる。その際に、米国政府に対して何を質問するのかということをおおきく明らかにしておくべきであるということ、主な情報集約項目例を資料3の裏側に示している。

情報集約項目については事故発生直後と、放射性物質放出後の2つに分けて書いている。

事故の発生概要はもちろん、③のとおり対応策の現状、また、④の今後の予測など実際に管理をしている米国政府において、どのような事故の進展予測を持ってい

るのか、鎮静化の目途はどうなっているのか情報収集して、戦略を立てるべきということである。

また、放射性物質放出後は基地内でどのような防護措置がとられているのか。また、基地外、敷地外の住民に対してどのような防護対策を実施すべきか。また、事故発生直後と同様に、放射性物質の放出の今後の予測、沈静化の目途などを確認していくべきということである。

図のほうに戻っていただき、そうした情報集約を踏まえ、必要がある場合には米政府と安全確保措置について協議をすることになる。これについては、佐世保市からも御意見があったが、原子力艦の移動は地上の商用原発にない防護措置の特色である。ファクトシートにも記載されているので、原子力艦の移動について協議していくことになるだろうということである。

敷地境界で5 μ Sv/h、通常の数値よりもかなり高い、通報基準に達する放射線量が観測された場合には、政府としては法律に基づく本部を設置する。さらに、それが10分経過した場合には、第1回目で御議論いただいたとおり、これは緊急事態であると判断して、実際に敷地外の住民の避難・屋内退避を指示するように、地元の市と連携して、対応していくことになる。

避難範囲として指定されているところについては、安定ヨウ素剤の予防服用についてもあわせて指示を行う。さらに線量が上がった場合、これはヒアリングで横須賀市からも御指摘があったが、放射性物質放出後であるので、原子力災害対策指針、商用原発と平行にOILを適用していく。例えばOIL2、20 μ Sv/hを観測した場合には区域を特定して、一時移転等も検討していくという流れになると考えている。

○座長 これに関連して、第2回作業委員会において御質問があった基地内従業員の安全対策について、防衛省から資料を提供いただいているので、説明をお願いします。

○防衛省 それでは、駐留軍等労働者の労務管理の仕組みと、米海軍空母の安全管理について、資料に基づき御説明させていただきます。

従業員の労務管理については、日米地位協定に基づき、現地の労務に対する合衆国軍隊及び諸機関の需要は、日本国の当局の援助を得て充足されると規定されていることから、防衛省と在日米軍との間において、労務提供契約を結び、防衛省が国内法における雇用主として従業員らと雇用契約を結ぶことになっている。

一方、従業員の勤務地については、在日米軍の基地の中に就労するという一方で、監督・指導・訓練等については米側が責任を持って行う、とその労務提供契約には記載されている。

日米間の役割についてみると、防衛省が雇用主、他方、米軍は使用者ということになる。現在、日本国内の在日米軍に勤務する従業員については、全国で約2万5,000人在籍している。そのうち、米空母の実質的な母港とされている横須賀海軍施設においては約5,000人、寄港地である佐世保基地については約1,700人、沖縄のホワイト・ビーチについては約100名、就労している。簡単ではあるが、これが労務の仕組みである。

一方、米空母の安全管理について、原子力空母ジョージ・ワシントンが展開を始める時期であった平成18年から平成20年にかけて、日米の関係機関において、原子力艦での安全対策、日米合同の原子力防災対策、従業員の安全確保等について協議がなされている。これは当時、実務者協議ということで実施されている。その結果を踏まえて、従業員の皆さんの理解を深めるという意味で、このパンフレットを作成した。

防衛省としては、従業員の対策については、2ページ以降に記載しており、基本的には空母を修理する従業員の方々に対する対策としては、3ページに記載してあるが、放射能区域とか特別管理区域等については原則就労をしない。要は、非制限区域であるほかの艦内約90%について、米側で研修等、訓練等を行って、現在就労している。

一方、緊急時における対応については4ページで、艦内の浸水や火災などの緊急事態に備えた既存の標準的な緊急警報システムや、連絡・通知システム、避難手順ということで、基本的に従業員に周知されることとなっており、今回の原子力艦における事故においても、そういうシステムが活用される。

この点については、日ごろから在日米軍と連絡を密にして情報共有し、安全確保について努めてまいりたいと考えている。簡単ではあるが、以上である。

○座長 それでは、ただいまの事務局と防衛省からの説明について、御質問・御意見をいただきたい。

○委員 資料3でお聞きするが、この流れは基本的に通報基準 $5\mu\text{Sv/h}$ があらわれる前に、米国政府から通報があった場合を前提にしていると見えるが、まず米国政府に原子力災害対策指針でいうEALに相当するようなものを求めるということが可能なのかということと、仮に通報基準前に米国政府から通報がなかった場合はどういう対応になるのか、この資料だと分かりづらい。

もう一点は、裏の別紙で「主な情報集約項目例」ということだが、これは事故発生直後と放射性物質放出後と、この2つの時間帯に分けているが、米国政府から事故が発生する前に通報があった場合には、その状態でも今後の状況、見通しみたいな情報を集約していく必要があるのではないか。

○事務局 この資料3は、米国政府からの通報が、通報基準 $5\mu\text{Sv/h}$ よりも前にあったというケースを想定した場合の対応である。実際に米国政府からの通報はEALのような形で明確に取り決めているものはないが、前回も外務省から説明したとおり、日米合同委員会合意に基づいて行われることになっている。

また、横須賀市と米海軍間の独自の協定でも、ささいな事故についても通報を行うことになっている。また、この後、説明するが、平成23年3月11日、東日本大震災のときの津波警報が出た場合も、艦自体には問題はなかったが、米海軍から市のほうに問題がない旨の報告・通報をいただいているという状況である。

なかなか、EALそのものを明文化するのは難しいが、そういう運用がなされている。

一方、完全にそういう通報に頼り切るということではなくて、規制庁で基地内も

含めて、すぐバースの横にモニタリングポストを設置している状況もあるので、この図の中では右上の方になるが、こういうものを活用して、必要に応じて原因追求作業が行われると考えている。

情報収集の例については、事故と言えないような事態においても同様で、言葉の定義で何をもって事故というのかが不明であれば、何らかの事態があった場合という形で、誤解のないように工夫したい。

○委員 事故発生というよりも、異常な状態が発生したと捉えればいいと理解した。

○事務局 そのとおり。

○委員 この「主な情報集約項目例」という、事故の概要について、かなり定性的に幾つか書いてある。1回目からの議論の中で、具体的に例えばどういふことを聞くのだという話があったが、商業炉の場合には、原災法上、10条事象、15条事象という意味では、報告の様式というものがある。そういうものを参考にして、具体的な安全系の作動の有無みたいなものも含めて、きちんと米軍に聞く項目を挙げておいたほうがいいと思う。

それと、1回目のときに事務局から、ほかの国の米軍の寄港地の防災対策の範囲とかについてお話があったが、こういう情報の集約について他国の寄港地と米軍との間の協定なり、外交的なもので表に出ているか分からないが、事務局では把握されているか。

○事務局 諸外国の対応事例については、外務省を通じて、諸外国の寄港地における災害対応に関するマニュアルを入手している。その中で、原子力艦に異常が発生した場合に寄港地の自治体が収集すべき情報や、政府関係機関へ共有すべき情報について項目を整理している事例がある。

○委員 わかりました。そういう情報があるならば、そういうものを活用してマニュアルにきちんと反映できればいいのではないか。

○事務局 10条通報、15条通報の様式については、項目で言うと、事象の発生箇所から始まり、その事象の種類、想定される原因、放射線の状況等々が記載されている。今の「主な情報集約項目例」でかなり網羅されているとは思いますが、御指摘いただいたので、再度これと比べて検討したい。

○委員 資料3の「主な情報集約項目例」について、何か問い合わせる場合は外務省を通じてになると思うが、やはりそのルートということか。それとも、もう少しショートカットできるようなルートは、こういった場合はあり得るのか。

○事務局 現行のマニュアルで、内閣府防災が各省を通じていろいろな情報を集めるということにしており、米国政府からの情報収集は外務省を通じてというように明記されている。

○海上保安庁 例えば集約項目で、自力で航行できるかどうかは意味があると思う。そういうことも集約することはあるのではないかと思うがどうか。

○事務局 原子力艦に何らかの異常事態が起こっていても、自力できちんと動けるかどうかということは意味がある。

○委員 初めて横須賀市と基地との間で共同の連絡訓練みたいなものが開かれた記憶があるが、直接、基地のほうに問い合わせるような訓練をやっていた。例えば寄港時にはモニタリングが実施されているが、ここで異常があるときは問い合わせるとか、そういうことも全て基本的には外務省を通じてということか。

○原子力規制庁 今、横須賀市等で行われている防災訓練については、今、議論をしている原子力災害対策マニュアルに基づくような事態が発生した場合ではない、それ以下の場合を想定して訓練が行われている。今、議論されている原子力災害対策マニュアルに基づいたオペレーションはということになると、先ほど事務局がお話ししたルートになるかと思う。

○委員 資料3で、下のほうから3分の1ぐらいのところに（含む原子力艦の移動）という枠がある。この枠は太い黒枠と細い線の枠が区別されている。この原子力艦の移動に関しては細い線で囲われているが、これは何か理由があるのか。まだ決まっていないということで細い線になっているのか。

○事務局 通報基準と緊急事態判断基準は、既に決定をしたものということで現行マニュアルにも明記されているので、太い黒枠表記にしている。これだけではなくて、こういう細い線の対応もしっかりやっていくという趣旨で表記している。

事務局としては、この原子力艦の移動を佐世保市からも御要請いただいているので、しっかり位置づけていきたいと考えている。

この原子力艦の移動について、横須賀市の市民団体から、移動に伴う影響についても議論をすべきという御要請もいただいている。これについては、実は現行マニュアルをつくったときにも一度、検討がなされているので、現行マニュアルをつくった際の調査報告の状況を御確認いただいた上で、次回、また引き続き、御議論をいただければと思う。その際には委員の御協力もいただきたい。事務局の方でも資料を用意する。

○座長 原子力艦の移動の影響については、次回までに事務局で対応の検討をお願いする。続いて、議題（2）に移っていきたい。原子力艦の原子力事故について考慮すべき要因について、事務局から説明をお願いします。

○事務局 資料4から資料6という形で資料を用意させていただいた。

資料4は、前回お示しした資料である。「原子力艦の原子力事故について考慮すべき要因」として、内部事象、外部事象、それぞれ確認していく必要があると御指摘いただいた。

これについて、事務局で調査した内容、また、この作業委員会で話題にあがった懸案事項として検討すべきもの、確認すべきものについて、事務局と外務省で米側に確認した。これらを踏まえ、事務局から現在の状況を報告させていただく。

まず、内部事象としての原子炉システムについては、米側からの確認を踏まえると、一般的に軍艦には極めて高い信頼性、構造強度が求められているということで、合衆国の軍艦については高度のダメージコントロール能力、重層性、また、主要なシステムの予備システムを持っているということであった。公開されている情報で

は、空母については原子炉が2基搭載されているが、それぞれ独立していて、それぞれ予備システムを持っているということである。

また、原子炉システム停止については、速やかに原子炉を停止させるフェイルセーフの停止システムを持っている。また、多重的に安全システムが施されているということである。

また、行う行為として、燃料交換、原子炉の修理については、先ほど防衛省の資料にもあったが、日本国内では行われたいということである。

一方、外部事象としては、まず自然災害が挙げられる。地震については海上に浮いているので、地上の原発よりも地震動は伝わりにくいと考えられる。

津波については、前回報告したとおり、首都直下地震で1m以下、また南海トラフ、東海地震で、東海地域で大きな津波が想定される場合においても、相模湾と東京湾内で異なるが、横須賀港は東京湾内であり、最大でも2.4m程度の津波だろうということである。この津波は最短で1時間程度で実際には到達すると被害想定されている。1時間程度で2.4mということである。

これに対応するための米国政府の対応は、事前の警報、津波警報、大津波警報が出た場合に、これに応じて万全の対応をとる。また、直ちに点検が行われるということであった。3月11日、東日本大震災の際にも、14時46分に発生した際に、津波注意報が発令されたところであるが、15時15分、異常なしという連絡を米海軍から横須賀市に伝達している。さらに、夕方には、実際に人を派遣して、横須賀市長に対して報告を行ったという実績がある。以上が、自然災害の対応である。

次に艦内火災の対応であるが、消火対応については、乗組員は十分に訓練を受ける。緊急事態にも即時対応できる十分な能力を有しているという説明であった。これはこのような艦内火災についても全く同様であり、日々、日常的に訓練が実施されているということである。個々の乗組員はそういう対応能力を持っていると同時に、説明責任を求められているということである。

また、(3)外部電源の喪失についてであるが、停泊中に外部から電源をとっている場合に、何らかの理由によりそれが喪失するという事は想定されるが、この場合にも原子力艦については、搭載している複数の電源を起動して対応するという事である。

米国に確認したところでは、このような場合の停泊中の冷却対応については、電力に依存しないような、崩壊熱除去システムをそもそも備えており、これによっても冷却は可能であるということであった。

さらに、電力についても、予備システムを有しているということである。乗組員、人間の方の対応についても、艦内火災と同様の対応が訓練としてなされているという状況であるということであった。

あわせて資料5について、事務局で調査した結果を報告させていただく。

原子力艦に搭載されている非常用発電設備が速やかに起動できるものかどうかという点が重要であるという指摘をいただいた。通常、陸上の商用の原子力発電所で

は、非常用ディーゼルエンジンが約10秒以内で電圧を確立できるとされている。

これについては、2枚目の別紙で、原子力規制委員会のいわゆる新規制基準でも、非常用発電設備及びその附属設備については、多重性・多様性・独立性の確保ということが明記されている。現在運転中の九州電力川内原発についても、非常用発電機の起動時間は約10秒であると同っている。

1枚目に戻っていただき、船舶用のエンジンについても同様に予備のエンジンとしてディーゼルエンジンがあり、これについても燃料等の準備が整っていれば、5～10秒で起動することが可能である。また、船社からの聞き取りであるが、大型のタンカーと原子力空母に匹敵するような規模の船舶であっても、実際にそれを使って駆動力を出せば、10分程度で運転が可能であるということで、移動することも可能であることを確認している。

米国政府からの回答とあわせて、このような調査結果も参考にする必要があると考えている。

また、資料6は、燃料の特性についてである。

これはどちらかというと、内部事象にかかわるところであるが、このファクトシートでは、燃料は固体金属であるということが明記されており、この固体金属燃料は頑健に設計されているということで、核分裂生成物は一次冷却水の中に放出されないということである。

一方で、横須賀市の市民団体から意見書をいただいております。原子炉の出力を急激に変化させるという原子力艦の運転特性が燃料や原子炉容器の劣化を進ませるのではないだろうか。また、冷却が十分でないで燃料の温度が上昇を続けることになり、商用燃料に比べて、固体金属の燃料は、早い段階で破損する可能性があるのではないかと指摘がなされている。これについては、燃料が御専門の委員に後ほどコメントをいただければと考えている。

また、資料5については、防衛省、規制庁から後ほど補足で発言をいただきたい。

○座長 それでは、補足説明をお願いしたい。順番に資料5の関係から、まず防衛省、次に規制庁から説明をお願いします。

○防衛省 非常用電源については、自衛隊の護衛艦等にも搭載されている。

稼働中の発電機が電力喪失した場合には、予備の電源が発電をするようになっている。

資料5に書いてある、2.の船舶用エンジンのように燃料とか潤滑油、冷却装置の準備が整っていれば、自衛隊の船においても同等の能力を有している。

3番目も同じように、2.の条件がそろっていればということになるが、出港するとなるとエンジンの稼働だけではなくて、乗組員がそこにそろっているのかとか、船体を引き出すタグボートや係留ロープを放すための作業員の到着状況についても考えることが必要である。

○原子力規制庁 資料5の別紙に記載があるとおりの、法令上定められている基準を満たすように、事業者が設備を設定している。

今、防衛省からもお話があったが、準備が整っていれば非常用発電機が短時間で電圧を確立できるということで、そもそもそういう前提がきちんと確保されて、そういった機能が発揮できるようにということを、事業者から提出された内容を見て審査を行っている。

単に設備だけではなくて、全体として必要な電力を供給できるかという視点で審査を行っている。以上である。

○座長 それでは、資料6の関連で、委員からコメントをお願いしたい。

○委員 資料7ということで、先ほど事務局から説明があった資料6「原子力艦の原子炉の燃料について」に関するコメントをさせていただく。ポイントは2つあり、1つはファクトシート、もう一つは意見書へのコメントである。

最初にファクトシートへのコメントを第1ページ目に書いている。このファクトシートの一番中心となる記述は、いわゆる燃料の中の核分裂生成物は、冷却材中には原子力艦の場合には出ないが、商業炉では出ると書いている。この部分について技術的にわかっていない部分もあるとの前提のもとに私の考えをまとめた。

原子力艦の原子炉で使用している燃料は、ジルカロイを被覆管としているジルコニウム・ウラン合金と仮定する。これを金属燃料という。一方、商業炉のほうでは、同じくジルカロイを被覆管とするUO₂である。これをセラミックス燃料と呼んでいる。これが運転中の被覆管が破損したときにおける核分裂生成物（FP）の放出挙動にどういう特徴を持つのかについて、4点にまとめた。

第1点目は、金属燃料は熱伝導度がセラミックス燃料より10倍ぐらい大きいため、燃料の中心温度が非常に低く、冷却材の温度よりも50℃ぐらい高い400℃ぐらいというところが大きなポイントである。

この様子を図2に書いている。左側がウラン・ジルコニウム金属燃料、右側がUO₂燃料だが、運転時の温度は左の金属燃料では427℃程度である。一方、セラミックス燃料では1200℃程度が平均温度である。

本文に戻っていただいて、このため、セラミックス燃料は、燃料中心がかなり高い温度になっていて、1,750℃ぐらいで、表面と温度差がある。したがって、温度勾配がついており、セシウムなどいわゆる揮発性FPは熱拡散によって燃料のミートと被覆管の間にあるギャップというところに蓄積する。

4ページの図で、セラミックス燃料の、商業炉の典型的な燃料の構造を示している。図に示すように、斜線の入っている被覆管と燃料の焼結ペレットの間にすき間（ギャップ）がある。ここにFPが、特に長半減期FPが出てくるという特徴がある。

このために、（2）の後半部であるが、今、申し上げたセラミックス燃料の特徴に対して、金属燃料の場合は燃料のスラグ（これはペレットとは言わないで、普通、スラグと言う）温度分布が非常に小さいので、固体状のFPの大部分は、この燃料の中にとどまっているのではないかと考えられる。

（3）であるが、こういった状況で被覆管が何らかの原因で壊れたという状況になると、セラミックス燃料ではギャップに蓄積されたFPの一部が出てくるのでファ

クトシートの指摘のようなことになる。一方、金属燃料ではFPが全然出ないわけではなくて、出る量が相対的に、特に固体状のFPについては相当程度少ないと言えると思う。

ただし、ファクトシートに書いていないことであるが、ゼノンとかクリプトンとか、いわゆる希ガスFPについては、両燃料とも同じように、燃料棒の中のガスプレナムという空間のところに出てくる。このために、被覆管が壊れれば冷却材中にこういった希ガスFPが出てくることは考えられることで、両者で余り変わらないと考えられる。

2番目に、意見書へのコメントをまとめている。

意見書には、先ほど事務局が説明したように、2つあり、前半部が熱応力に関するもので、燃料や原子炉容器の構造に、出力の変動時に大きな熱応力で材質が劣化して、安全上問題があるのではないかという指摘がある。

まず燃料だが、金属燃料では、運転中には熱伝導度が大きいので、運転時の燃料温度が低いので、出力が大幅に変動した場合の温度変化が小さい。熱伝導度が大きくて温度が低いので、燃料中に熱エネルギーが発生しても速やかに冷却水中に出るという性質がある。このため、燃料スラグと被覆管との間の相互作用、PCMIというが、これがセラミックス燃料に比べて非常に小さくなり燃料自身は壊れにくくなる。いわゆる、負荷追従性が大きいということである。空母とか潜水艦もそうだが、世界的に見ると、例えば砕氷船のような出力を上げ下げして氷を割ろうといったタイプの原子炉に金属燃料が使われているのは、負荷追従性が大きいことが大きな原因ではないかと思う。

一方、原子炉容器の構造であるが、原子力艦はPWR、加圧水型原子炉であるという情報がある。もしそうだとすると、原子炉出力がゼロから100%に変動した場合であっても、PWRは基本的に流量で熱をとるタイプの原子炉であるので、炉心の低温側から高温側の温度変化幅は約290℃から320℃程度までという、約30℃ぐらい変動するにすぎない。したがって、事故ではなく、いわゆる通常運転ということであれば、原子炉容器に対して熱衝撃が過剰に大きくなる可能性はないと考えられる。

最後に、意見書の2番目のコメントである。被覆管の温度が、事故のときに1,000℃を超えるあたりで被覆管がぼろぼろになる。そういった条件で、金属燃料は融点が低いので、セラミックス燃料が2,800℃、金属燃料は1,000℃近傍で壊れて、被覆管だけではなくて燃料そのものが破損して、放射能が出るのではないか。こういった指摘である。

これについては、事故のタイプによるが、以下のように考えられる。

ここでは、議論になっている全電源喪失などの冷却機能喪失型のシビアアクシデントを前提として議論を進める。こういった条件では、炉心の水位が低下することで炉心の燃料が露出して燃料が壊れ始める。そうすると、セラミックス燃料であっても金属燃料であっても、被覆管がジルカロイでできているということであるので、被覆管の温度が約1,000℃に到達するという局面では、単相の水ではなくて水蒸気に

よる酸化反応によって被覆管が腐食し、貫通する。

それで、先ほど言ったことと関係するが、被覆管が損傷した場合、セラミックス燃料では希ガスが出るし、ギャップ中のFPが原子炉容器内に出る。これは、ギャップ放出という普通の商業炉では基本的なFPの放出モードである。残りの不揮発性、例えばストロンチウム等の不揮発性FPは燃料ペレット内に残留する。

一方、金属燃料の場合は、同じように希ガスFPは全量が原子炉容器内に出るが、ギャップの放出は、先ほど言ったように、まずは発生しない。したがって、3ページになるが、被覆管破損直後の原子炉容器内のFPの放出割合は金属燃料が小さいのではないかと考えられる。

ところが、事故がこの段階にとどまらずに進展すると、温度が急速に上昇し、金属燃料では約1,200°C、セラミックス燃料では、いろいろな反応が起こった局面によって違うが、2,500~2,800°Cぐらいで燃料溶融が始まる。両方の燃料ともに、燃料が溶けてしまうと、セシウムとかヨウ素とか揮発性FPの大部分は原子炉容器の中に移行し、不揮発性のFPは燃料の中にとどまると考えられる。

このように、冷却機能喪失型のシビアアクシデントが起こると、融点が違っていても、最終的に燃料溶融という局面になったならば、原子炉容器内へのFP移行の挙動という点で見ると、(2)と(3)で申し上げたように、大きな差はないと考えられる。

先ほど冒頭に、事故のタイプによるという話をしたが、(5)に1点補足しておきたい。ATWSというスクラム失敗型の事故、商業炉では典型的なシビアアクシデントであり、炉停止機能喪失型の事故というが、金属燃料とセラミックス燃料の違いは顕在化する。

金属燃料では、先ほどの温度が低いということで、燃料の中の保有エネルギーはセラミックスの10分の1ぐらいで、非常に小さい。更に、燃料溶融までの温度裕度は、金属燃料の融点が低いも拘わらず、両燃料で同程度である。4ページ目の図の赤いところを見ていただくと、燃料溶融温度と燃料最高温度との差異は金属燃料の1053°Cに対して、UO₂は1063°Cぐらいで、10°Cぐらい高いが、両者でほとんど変わらない。

そういうことで、本文の最後の部分であるが、燃料の融点までの裕度はほとんど両炉心で同じである。こういった性質から、スクラム失敗事故が起こったときに、具体的には給水流量喪失型のスクラム失敗事故の例になるが、燃料の膨張とかドブプラ反応度という負の反応度メカニズムが作用するために、金属燃料では炉心損傷に至るまでの時間が非常に遅くなる。場合によっては炉心損傷を回避できるということもある。こういったことがかなり研究として公開されている。以上である。

○座長 委員からも資料が提出されている。福島事故の際に、事故発生から炉心損傷までどれくらい時間がかかったのかということについて、御説明いただきたい。

○委員 1枚紙を皆さんにお配りしている。これは福島第一原子力発電所1号機のプラントのパラメーターをあらわした図であるが、これについては後ほど御説明する。

ある異常な事態が発生してから炉心損傷に至るまで、どれくらい時間がかかるかということであるが、福島の話をするならば、これは号機によってかなり違うということをもっと申し上げる。1号機の場合では、津波が到達した時点で全て、交流電源、直流電源を喪失して、冷却機能を喪失してしまった。一方、2号機と3号機については、原子炉隔離時冷却系とか高圧注入系といった、これは交流電源を必要としないタービン駆動で動く安全設備であるが、それが比較的長期にわたって作動していた。その間は炉心が十分に冷却されていた。

そこで、福島全体の話というよりも、最も事故の進展が早かった1号機について、本日は説明したいと思う。

その1号機で、炉心損傷が津波が到達してからいつ生じたかというのは、これは正確には当然わからないというのが正直なところである。ただ、大体の概算はできる。重要なのは、原子炉が停止した後に発生する崩壊熱のレベルと、原子炉の中にどれだけ水があるか。それがまず重要なファクターだと思う。

崩壊熱は停止した後、急激に下がり、1時間ぐらいたつと運転時の出力の1%くらいまで下がってくる。その程度の崩壊熱で、原子炉容器の中の水を崩壊熱で全て蒸発させるためにどれくらいの時間がかかるかを計算すると、5時間くらいと思われるが、この全ての水が炉心の冷却に寄与しているわけではなくて、例えば下部プレナムという、炉心の下端よりも下にある空間。ここにある水というのは炉心の冷却に寄与していない。それを差し引いて、炉心下端よりも上にある水だけで考えると、1時間から2時間程度短くなると思われる。これが大体、概算になる。

ただ、実際の現象では、先ほど委員からもお話があったが、徐々に炉心の水位が下がって燃料が露出してくるので、ある程度、炉心の水位が下がってしまうと蒸気発生量自体が少なくなる。ある程度、水位を保っていることができれば蒸気がかなり発生するので、蒸気で冷却することが可能である。よって、相当水位が下がらないと炉心の温度は上がってこない。

一旦上がり始めると、これも委員から話があったが、ジルカロイと水蒸気の反応が顕著になって、ジルカロイの酸化は相当な発熱反応であるので、その発熱量で炉心の損傷に至り、さらに事故が進展するということになる。

こういった現象を考えている解析コードが世の中にあって、我々もある程度、解析をやっている。そうすると、1号機の場合では、大体3時間ぐらいで炉心の損傷が開始される。炉心の損傷が始まると核分裂生成物、揮発性の高い希ガスやヨウ素といったものが燃料から原子炉容器に放出されるということになる。

燃料から放出された核分裂生成物がすぐ環境中に出てくるかということ、そういうことではない。燃料から出てきた放射性物質は、まず原子炉容器の中に出てくる。それがいろいろな経路で格納容器の中に出てくる。BWRの場合では、サプレッションチャンバーというものがあり、そこに水が入っている。構造上、大部分の放射性物質はその水をくぐるようになっていて、そこでかなり多くの放射性物質が水に取り込まれるという特徴がある。

ただ、冷却機能が失われると水の温度も上がってきてしまうので、そこで発生した水蒸気を凝縮させるというサプレッションチャンバーの機能が喪失して、格納容器の圧力がどんどん上がっていく。かつ炉心の損傷が進展すると、先ほどジルコニウムと水蒸気の反応と申し上げたが、これは発熱反応という重要性だけではなくて、水素ガスが発生するので、その水素ガスによっても格納容器の圧力が上がっていくというようになる。

そこで、先ほど御説明した1号機のプラントパラメーターという図を御覧いただきたい。上の図が格納容器の圧力である。下の図は、福島ときには電源がなかったので、モニタリングポストのデータは初期にはなかったが、モニタリングカーをいろいろ動かして、測定したデータである。

上の図の青い線を御覧いただきたい。これが格納容器の圧力とだけ思えば良い。大体、3月11日の14時46分に地震が起きて自動停止した。その40分から50分後に津波が到達して、3月11日の15時40分ぐらいに電源喪失に至ったということである。その後、先ほど説明したような現象が起きて、どんどん格納容器の圧力が上がっていく。

ここで、最大の圧力800kPa、これで約8気圧である。その後、7.5気圧くらいで一定になっているという特徴が見られる。ここで圧力が平坦化するというのは何を意味しているかということ、これはリークしている。格納容器から何らかの原因でガスが漏れているということの意味している。

格納容器が完全にリークタイトであれば、崩壊熱により圧力が上がり続ける。ところが、ここで一定になっているということは、格納容器の中のガスがどこから漏れて、原子炉建屋のほうに流れていっているということが読み取れる。

下の図を御覧いただきたい。3月12日の15時36分に1号機の原子炉建屋で水素燃焼、水素爆発が生じている。これも格納容器からガスが漏れているということの意味している。炉心で発生した水素が格納容器から建屋のほうに漏れ出て、そこは空気なので、そこに何らかの点火に作用するような現象が起きれば水素が燃焼することになる。

下の図がモニタリングカーの測定値である。赤い線が正門付近のデータであるが、これが最初に曲がっていくような形なのだが、3月12日の朝4時ぐらいから上がり始める。それで、5 μ Sv/hくらいになるのがたしか、この地点では3月12日の朝6時ぐらいである。

この時間帯というのは2号機と3号機は、先ほど申したように注水されているので、2号機と3号機から放射性物質が出てきているということはずない。これは1号機由来ということが言えると思う。かつ上の圧力との物理的な整合性を考えると、1号機の格納容器が高圧になって、その閉じ込め機能が劣化した。それによって、放射性物質が外部に放出されたということが言えるかと思う。

私の説明は以上であるが、大体、炉心損傷まで数時間、3時間から4時間程度であると考えられる。これは福島第一の1号機の場合はこうであったということしか

言えないが、この場合では10時間ぐらい後に環境中に出てくる。ただ、これは風向きなどによっても当然違うので、例えば海側のほうに風が吹いていたとか、そういう状態でまずモニタリングにひっかからないということももちろん考えられるが、この圧力の図との相関を見ると、この時点で有意な漏えいがあったと判断していいのではないかと思う。以上である。

○座長 それでは、少し説明事項が多くなったが、全体について御質問・御意見をいただきたい。

○委員 資料5について、基本的にディーゼルエンジンとしては多分、秒の単位で準備はできると理解した。ただ、体制や乗組員の問題など、津波警報が出てから少し時間がかかる。以前は1時間ぐらいで出る、準備できるということを聞いたが。1時間ぐらいで津波が到着する場合、出港にかかる時間とぶつかってしまうという感じがした。

○事務局 そこは全く民間のタンカーとか、そういう大型船と同様であるということなので、エンジンとしてはそういうもので、それを実際に動かすということになると、先ほど防衛省からも説明があったが、さらにそれ以外の要素も必要になるということである。

○委員 1点確認であるが、資料4の外部電源の喪失のところで、理解ができなかった。原子炉が停止しているときは当然、崩壊熱が出ているので、その崩壊熱を除去する必要がある。その崩壊熱を除去するシステムというのは、外部から電源を使っているわけではなくて、原子力艦が持っている電力を必要としないシステムを使って冷却しているということか。

○事務局 仮に電力はなくても冷却は可能であるということであった。

○委員 ということは、港から電源は使っている。仮に電源がなくなったとしても、この電力を必要としないシステムがどういうものかわからないが、それに切りかえれば崩壊熱を除去できる。

○事務局 はい。水自身の自然対流で冷やすことはできるということである。

○委員 あと、外部事象のところで、先ほど防衛省のパンフレット4ページで緊急事態の場合に火災と艦内の浸水というものが入っている。火災については乗組員の訓練を通じてスキルアップをしている。艦内浸水についても同様に、何らかの訓練、対策をしていると考えていいか。

○事務局 緊急事態、いろいろな事象が考えられるが、外部事象、自然災害、火災ももちろん含まれていて、こちらの防衛省の資料にあるとおり、こういうものに対して相当、練度を上げているという説明があった。

○委員 資料7についてお聞きしたいが、原子力艦で使われていると思われる金属燃料と商業炉のセラミックス燃料の違いということで、結論的には3ページの(4)に、通常、冷却機能の喪失の事故シナリオでは、FP挙動という観点から大きな差異がない。ギャップリリースの違いがあるけれども、それほど大きい違いはないのはよくわかった。一方、その下のATWSみたいな、いわゆるスクラム失敗。こういう事

象自身はPRA的に言えば確率事象としては非常に低い確率だと思うが、こういう結構シビアで、早期放出が考えられるようなシナリオであっても、燃料の観点から言うと、その違いが最後のところであって、炉心損傷に至るまでの時間が金属燃料の場合には遅延する。そういう意味で、そこであるアクションをとって回避できる可能性がある。それは結構大きい違いであると思うが。

- 委員 そのとおり。委員が言われるように、確率は小さくてもハザードが大きいということを考えると、両燃料の差が大きいのではないかと思う。
- 委員 御説明いただいた福島の実例で、実際に1号機を対象に、全交流電源喪失が起こってから放出があったとされるタイミングまでの変化について、少なくとも10時間とか12時間とか、環境へ放出するまでの時間があったというお話であったと思う。これはBWRであるが、今回対象にしている原子力艦はPWRで、原子力艦で採用されているPWRが商業炉と格納容器の大きさとか、そういうものがどう違うのか、私もよくわからないが、一般論としてPWRの場合にこういう炉心損傷から環境への放出までのシナリオであり得るような冷却機能の喪失みたいな、比較的、シビアアクシデントの中でも発生確率が高いと想定されるような事象においては、事故発生から環境への放出までのタイミングというものはどのように考えられるか、このBWRに比べてどうかという点についてお伺いしたい。
- 委員 商業用の発電炉の場合では、PWRの格納容器は非常に大きくて、炉心損傷が発生しても格納容器の圧力はそんなに上がらないということで、格納容器から環境中に出てくるまでの時間的余裕というものもそれなりに長いと思われる。一方、この原子力艦のPWRが、熱出力に対する格納容器の体積がどの程度かわからないと、これはなかなかはっきり申し上げられない。

ただ、熱出力に対する格納容器の体積としては、商業用のPWRよりも多分、BWRに近いのではないかと。なぜかと言えば、当然、原子力艦に設置するということになれば、そのスペースの問題もあるので、格納容器の体積は商業炉みたいに非常に大きいということはないだろうと思う。ただ、詳細がわからないので、そうとは言い切れないところもある。

あと、圧力を抑制する機能がついているかどうかというのもポイントになってくる。BWRで言うとサブプレッションチャンバーというものがあり、そこで水蒸気を凝縮させる。それで圧力が上がるのを防ぐ機能を持っているが、原子力艦のPWRがそういった機能を持っているかどうかというところもポイントになってくる。
- 委員 私も、この原子力艦に搭載されているPWRが格納容器の大きさと出力に比べて商業炉とどういう違いがあるか、よくわからない。そこは平成14年度の調査報告の際に、搭載されているPWRについて商業炉と比較して、何か議論はあったか。
- 委員 商業炉では、水をかけることによって外部にヨウ素が出る量が減るとか、いろいろ機能があるが、そこは逆にそういったものが仮定できないからどんどん出ていくのだという議論に近かったと思う。
- 委員 十分な情報がなかったと理解した。

○委員 原子力艦のPWRの格納容器が小さいということがどのような状況をもたらすのか。そういう御質問に対して、私もPWRの研究をしているので、そういう観点から申し上げたい。

空間の制約上、こういった原子力艦艇は格納容器が小さい。このような場合、普通の設計のセンスではどうするかと言うと、そのコンテインメントが損傷しないような対策を打つ。PWRでいろいろ研究されているのは、典型的なものはコンテインメントスプレーという、じょうろみたいなものがコンテインメントの中にあり、それで水を緊急時には放散させて、先ほどのBWRにおけるサプレッションチャンバーと同じように水蒸気などを凝縮させる。これが非常に重要な機能として備わっているわけだが、当然、同じようなものがついているのだろうと思う。

炉心損傷に至る確率がそもそも相当程度小さい。さらに加えて、先ほどのコンテインメントスプレーも1系統ではなくて何系統かあると思うけれども、そういうものは全滅するというようなことであれば、これは格納容器からの大規模漏えいという議論になってくるとは思う。しかし、炉心が壊れたということに対応して、コンテインメント破損防止対策が何種類かあるということを考えると、格納容器のボリュームが非常に小さいということが果たして、どのくらいデメリットになっているかというのは、単純に直結させるべきではないのではないかと思う。

○委員 委員のおっしゃるとおりだと思うが、もう一つ、原子力艦の特徴は、これは私の推定だが、周りに海水がたっぷりあるので、いざとなったら、ファクトシートにも書いてあったような記憶があるが、海水を使って冷却する。それがいわばBWRのサプレッションチャンバーの水の役割を果たすような機能をするのではないか。ファクトシートなので、それが多分事実なのだろうと私は理解している。

特にPWRであるので、一次系と二次系というものがあって、二次系に水が入れられれば一次系の冷却ができるので、二次系に海水を注水するとか、格納容器の中に直接、水を入れるとか、ファクトシートではそこまでは書いていないが、技術者としてはそういう対策を考えるのではないかなと推定はできるが、この辺もまた確認がひよっとしたら必要になるのかもしれない。

○委員 私がお聞きしたかったのは、そういう商業炉に比べて、PWR自身は格納容器がBWRより大きくて、シビアアクシデントに至った後の挙動として、放射性物質が環境中、格納容器から漏れ出すような時間的余裕がどれくらいあるかである。それが商業炉に比べて格納容器の大きさが小さいから、それが早まるのかどうかというところがちょっとポイントかと思った。それに対して委員のほうからは、いわゆるスプレー除去みたいな、ある種の別な安全系を備えていて、そういう事象、手だてが仮にあるとするならば、時間的余裕に大きな差が出得るのか。通常、商業炉でやっているようなPRA的なアプローチで言われるような時間的余裕と、そう大きい違いが生じないのかなという印象を少し持った。

○委員 実際にPRAをやってみると、PRAでは、例えば先ほどの炉心が壊れたという局面で、コンテインメントの破損防止対策は働くか、働かないか。そういう2分岐で

話を検討する。では、それは要するに完全に働けばコンテインメントは壊れていないし、全くだめならばコンテインメントは壊れる。

このように、PRAでは、非常に極端な状況を次々と追跡する。しかし、実際に炉心が壊れた局面で何が起こるかという、コンテインメント破損防止対策が全く働かない場合も、中間的、部分的に働く場合もある。その働き具合も、スプレーの流量が足りないとか足りるとか、いろいろな状況があるのが実際の姿だと思う。

そういった観点から見たときに、コンテインメントスプレーなどで格納容器に水を入れて水蒸気を凝縮させる能力というものは非常に重要であり、スプレイポンプの容量などで格納容器破損防止能力が決まる。原子力艦でそれがどのぐらいかを把握することが本当のシーケンス（原子力艦の事象推移）を理解するキーポイントだと思う。

残念ながら、原子力艦のスプレイ流量が何L/m(分)とかはわからないから、コンテインメント破損防止対策としてこれが完全にいいかどうか、わからない。しかし、原子力艦では、この様な格納容器破損防止対策を当然考え、例えば設計流量が出なくても、次の手段、もうちょっと容量のないポンプで対応するとか、日本のPWRでもやっているような4段階ぐらいのバックアップを当然やってほしい。実際、商業炉のコンテインメント破損防止対策の計算をしてみると効果が大きいので、原子力艦においても相当の効果があるのは間違いないと思う。

○事務局 事務局のほうで、今いただいた議論を整理をさせていただきたい。

○海上保安庁 要因についてだが、停泊中には余り起こらないが、事故というものは入らないのか。船がぶつかったり、座礁したりというのは、東京湾航行中の場合は、一般の船としてはあり得るかなと思うが、今まで軍艦とかがダメージを食らった例はないので、結局、大丈夫という結論にはなると思うが、自分としてはあり得るのかなと思う。

○委員 先ほど水素のデフラグレーションとかデトネーションというお話があったが、仮に金属燃料を使っている場合は、金属燃料を使っていないセラミック燃料に比べれば水素の出る局面は当然あるわけだから、そういった局面になったときの水素量は金属燃料が多いので、水素に対しての対策をちゃんとやってほしい。それを私は強く思う。

水素はいろいろと漏えいして、先ほど4重の壁だとパンフレットに書いてあるが、その4層目の普通の区画の中に進むのは当然だなと。そうすると、こういった原子力事故ではないいろいろな事故が水素の爆発等が起こっているから、そういうものに対する対策はちゃんとやっているかもしれないが、福島事故の経験から我々が思うのは、万全の対策を、原子炉容器の中ではなくて外に水素がたまるのかとか、それを排出できるのかということところはちゃんとやってほしいと思う。

○座長 今、いろいろな意見、また御質問をいただいたが、事務局のほうで少し、次回までに整理して、内容をまとめてみたいと思うので、お時間をいただきたい。

議題（3）に移っていきたい。資料8として新しい資料が出てきているが、まず

事務局から、前回の作業委員会での議論を踏まえて、試算の前提条件の考え方について説明をお願いします。

○事務局 前回の議論も踏まえて、原子炉、施設の潜在的な危険性を評価するのにスケーリング、炉内蓄積量をもとに比較する方法がすぐれた方法であろうということで、その試算を行ってみてはと考えた。

比較対象については、横須賀の市民団体から、原子力空母、一番大きな潜在的な危険性ということで、600MWの原子炉を2基搭載しているということもあり、それが相次いで事故を起こすという2基同時事故、複数基事故を想定した。

それと比較するものとしては、福島事故も共通の津波という要因で1号機から3号機が事故を起こした事例であり、これをもとに規制委員会のほうで現在の原子力災害対策の重点区域、PAZとUPZを決めていることもあるので、福島の教訓を踏まえるという意味では、この福島事故を比較対象として評価をすることがいいだろうと考えた。

一方で、この福島事故については、実際に前回の議論でも、前回は出力比で御議論いただいたが、炉内蓄積量についてはしっかり見ていく必要があるという御意見もいただいたので、実際の福島の1号機から3号機の炉内蓄積量、また、原子力艦については運転履歴が重要になってくるが、前回、平均出力15%25年間というのは、ファクトシートで明記をされている数字であるので、これをベースに考えた。ただ、より安全サイドで考えるべきであるということで、単純にそれだけではなくて、特に直近の運転履歴を考慮した。その場合に、平成15年の調査報告で用いた、直前4日間で100%運転を6時間行う。実際にはどういふケースかわからないが、より安全サイドでの仮定ということで、こういう直前4日間100%運転があったという想定をしてはどうかと考えている。直前4日間6時間で運転をして、最後、入港前には100%出力では入ってこないのので、6時間の100%運転の後、18時間は15%で港に入ってくる。港に入ったと同時に放出が行われるということで、その際の炉内蓄積量を用いてはどうかと考えた。先ほど、事故から放出まで一定の時間があるのではないかという議論もあったが、この試算では特段、それを考えないという前提である。

大気安定度については、一番厳しい条件であるF、風速1mで考えてはどうかということである。これについては、委員に御協力をお願いしたところである。

○座長 それでは、委員からお願いしたい。

○委員 まず資料8の3ページ目を見ていただきたい。

最初に御紹介いただいた要請書を見ても、議論して出力のことをかなり意識されている御指摘もあった。そして、このスケーリングでは基本的に炉の出力ではなく炉内蓄積量が本質的なパラメーターであるので、今回は炉内蓄積量で比較した。また、試算に際し運転履歴を考慮している。そして、空母2基同時の事故を想定した。

4ページ目をみていただきたい。スケーリングの特徴として、何と比べるかが非常に重要になってくる。

前回の試算では、例えば電気出力100万kW相当のものを考える。そういったことをやってみたが、空母の600MW 2基同時事故というのであれば、それは近いものとして福島1～3号機。そして、規制委員会が示している目安が、福島での事象を参考としているということもあり、この空母に搭載されている2基と福島1～3号機のを比べた。

5ページでは、これは前回も示した式であるが、スケーリングの基本的な相対濃度で、このような関係式になる地点を求めた。そこへ書いたとおり、5,000mを30kmにすれば、UPZに対応するものとなる。

結果は空母で避難を実施する範囲が約650m。屋内退避を実施する範囲が2,900m近くになった。原子力潜水艦は195mぐらいで、屋内退避に関しては765mとなった。

再度2点申し上げるが、1つは炉内蓄積量で計算する比較が本質的であるということ。それと、何と比較するかが非常に重要であるということ。結果として、距離が小さくなるように見えるが、その点、スケーリングの特徴というのがあることを御了解いただければと思う。

参考資料6に関して、要請文に関していろいろな参考資料がつけてあるが、通し番号で、12～13ページを見ていただきたい。これは規制委員会が示した福島1～3号機のケースと浜岡のケースを使っているが、これは本質的にスケーリングの考え方を使っている。

それと「空母のケース」と書いているが、一見したところ、出力だけで計算しているが、実質的には100%をずっと何年間も続けてきた直後に事故を起こすという形になっているので、その違いがこのような結果に出ている。以上である。

○座長 今回、試算していただいた応急対応範囲に関して御意見、御質問をいただきたい。

○委員 資料8の最後のまとめの5ページにコメントしたいが「(2)スケーリングの結果」の表現の仕方について、避難を実施する範囲、あるいは屋内退避を実施する範囲と書かれているが、これは私の印象では適切ではない。つまり、今は現在ある応急対応範囲の距離について議論しているが、そもそも応急対応範囲というこれまでの定義でいいのかというものがまずあると思う。

よって、このスケーリングでやっているのは、あくまでも商業炉におけるPAZ 5 km、UPZ 30 kmに対応するものを、炉内蓄積量の違いを潜在的な危険性の違いとして導出した距離であるから、あくまでもこれはPAZに対応する範囲、あるいはUPZに対応する範囲と書かれたほうが今のところは正確であると、まず指摘したい。

次に、参考資料6について、コメントしたい。今日これを拝見して、最初の2ページに(1)で、この試算1で「直前の稼働状態を無視して」と書かれているが、これは事実誤認であるということをもっと指摘したい。

つまり、14年度の報告書をベースにして、試算1はあくまでもクライテリアの違いを評価しただけであるから、平成14年と同じように直前の出力の放出量をベースに計算しているのだから、これは事実誤認である。

もう一度資料8に戻るが、この前の議論であったように、シビアアクシデントの予想というものが、原潜の中の安全系の設備その他が十分よくわからないという状況の中で、このスケーリングのアプローチというものはそういう意味ではわかりやすいし、事故シナリオに依存しないという意味で、ある目安を十分提供してくれるものだと私も考える。

それで今回は、前回と違い、出力ではなく炉内の内蔵量でやっていただいたということで、その内蔵量も、3ページにあるように、平均出力のほうは15%ということだが、いわゆる追加的な100%出力での運転の履歴も加味した蓄積量と、それから、複数炉という意味で福島の場合の蓄積量を比較して、スケーリングの考え方で導出してみた。

ポイントとしては、5 km、30kmというものが、国際基準が示したPAZ、UPZの目安に加えて規制委員会の中での議論で福島の場合の教訓も反映したという意味で、対象とするものを福島の場合をベースとして考えたというのは適切ではないかというのがまず1点。

次に、主要な核種としてヨウ素を考えて、ヨウ素131から135として、その違いを炉内蓄積量上、核種の違いを甲状腺の吸収線量の変換係数で重みをつけて、ヨウ素131だけではなくて、ほかの半減期のヨウ素についても考慮して、蓄積量を修正して評価していくという点で、そういう意味では適切な扱いだと思う。では、ほかの核種の影響はどうかという観点から見ると、実際はほかの核種、例えばセシウムとか、揮発性で外に出るような核種はほかにもあるが、それも基本的にはここでいうスケーリングのベースになっている相対濃度 χ/Q に比例する形である。もちろん、その効果を、例えばこの中に、セシウムの寄与も評価して入れたらどうかということは、アプローチとしてはできないことはないと思うが、それが大きく効くとは私は思わない。

なぜならば、それは試算1のときに示したように、実効線量で見るとセシウムが効いてくる部分はあるが、応急対応範囲を最も安全側に広く見ているのはまさしく、このヨウ素の甲状腺で、そこが律速になっているという観点から言えば、これを見ておけば十分であると思う。

もう一点は、確かに福島の際にもセシウムが沈着して、長期的に現在も地表面からの外部被曝は寄与するが、応急対応範囲の現在の定義は早急に避難あるいは屋内退避をとるという定義であるが、このように影響の観点から見ると、対策上、昔で言うとEPZという概念というものは、早期にある種の対策をとるときに定めておくべき着目する範囲であって、セシウムのような超半減期の核種が地表面に沈着して、それ以後の長期的な影響というものはもちろん、そういう事故が起こった場合は重要であるが、それが定義上、この範囲を律速するものではない。

ある種の、早期の対策をとるための範囲であって、御存じのように、それが今まで10kmであったものが福島でそれよりも超えて、商業炉で長期的に移転をせざるを得ない状況が起こったわけであるが、今の必要なこの応急対応範囲というものは、

実際に起こる影響という観点とまた別で、早期の対策を打つ。これは議論すべき重要な観点だと思うが、この応急対応範囲の定義そのものであるが、私はそのように理解したいと思っている。

もう一つは、この試算条件の中で、 χ/Q を導出するために安定度Fと風速1mという条件でやっているが、これを別の大気安定度にしたらどうかという議論が生じ得るわけだが、具体的に言うと、これよりも相対比としては安定度が、例えば中立に近いような状況を仮定すると、スケーリングの観点から言えば、 σ_z という鉛直方向の拡散係数が距離によって大きくなるから、安定度Fに比べてその差が広がるということはある。ただ、影響の観点から言うと、大気安定度Fで地上放出で風速1mというものは、ある意味、最も安全側の評価をしていると思ってい。

実際、先ほど参考資料のほうで商業炉のPAZ、UPZを議論するときに拡散シミュレーションをやったケースはあるが、そのときはサイトの依存性を考えている。サイトの気象条件を用いてやっている。例えば、それは許認可で使う相対濃度97%というアプローチがあるが、仮に横須賀の気象データを入手してそういうアプローチでやると、このF、1mのほう地域特性を反映した気象データを使うよりもはるかに安全側の評価になる。つまり、応急対応範囲を広くとるようなアプローチであるということ、もう一つつけ加えたいと思う。以上である。

○委員 資料8の「スケーリングの結果」の表について、例えば2,846.5mとか、細かい数字にはなっているが、そもそも5km、30kmという概念は、5,000.0mというものではないから、そこは概略の数字とかで表現したほうがこういった議論には適切ではないかなと思う。

もう一つは、 χ/Q の物理的特性上、数値の小さいところは、誤差の影響が当然出てくるから、それも加味して、丸めた数字を書いたほうがいいのではないかなと思う。

○委員 これは計算結果をそのまま示したので、どう丸めるか。例えば5ページの空母で「避難を実施する範囲」と書いてあるところの644.9mを650mと書くのか、あるいは700mと書くのか。この作業委員会での結論として、その判断も必要であるので、そこは皆さんの御意見を含めた形で決めていただければ。

○委員 今の観点でそもそも蓄積量の、これは有効桁数が幾らかという問題もあるし、これを蓄積量4桁にとるとか、もう、そのところで判断があるから、スケーリング自体は1桁とか2桁、せいぜい2桁ぐらいの意味合いしか持っていないと思う。

ただ、本来はこういう結果だけで何か応急対応範囲が、きちんとした距離が決まるという認識を持たれることはよくないと思う。つまり、判断として委員が何桁か示されて、これを丸めたときに、その距離とする。つまり、これは計算の一つのアプローチを示した。

1回目のときにも言ったが、これはある種の準備をすとか対策をとるための目安の距離であって、それは防災対策上、もちろん、そういうものが一つの目安として必要だからそうしているのであって、ただ、実際の事故が起こればそれより小さいこともあるし、それを十分超えるような事態だって想定しなければいけないから、

防災対策というものは当然、超えるものについても何らかの配慮をする必要がある。

だから、こういう計算で出てきた数字をすごく厳密に議論するということは、私は避けるべきだと思う。

○座長 ほかに御意見はよろしいか。それでは、議題（3）も含めて、本日の議論については以上としたい。引き続き応急対応範囲及び艦の移動に伴う影響については議論をしていきたい。

最後に、事務局から連絡事項をお願いする。

○事務局 本日の議事については、毎回同様に議事概要を作成し、御確認いただいた上で公表させていただく。

また、本日の議論についても、この後、記者の皆様にはブリーフィングさせていただく。本日はありがとうございました。（閉会）