

第 87 回原子力安全専門委員会
議事概要

1. 日 時 : 平成 28 年 11 月 2 日 (水) 14 : 30 ~ 17 : 00

2. 場 所 : 福井県庁 6 階大会議室

3. 出席者 :

(委員)

中川委員長、三島委員、田島委員、西本委員、山本委員、泉委員、大堀委員、
望月委員、田岡委員、近藤委員、釜江委員

(原子力規制庁)

地域原子力規制総括調整官 (福井担当) 小山田 巧
安全規制管理官 (地震・津波安全対策担当) 付 安全管理調査官 御田 俊一郎

(関西電力 原子力事業本部)

副事業本部長 大塚 茂樹
原子力安全部長 吉原 健介
原子力土木建築センター 所長 堀江 正人
シビアアクシデント対策プロジェクトチーム チーフマネジャー 爾見 豊
高経年対策グループ チーフマネジャー 南 安彦
高経年対策グループ マネジャー 高井 秀之
安全技術グループ マネジャー 田中 裕久

(事務局：福井県)

清水安全環境部部長、木村安全環境部危機対策監、坪川安全環境部企画幹、
野路原子力安全対策課課長

4. 会議次第 :

- ・ 美浜発電所 3 号機の新規制基準適合性に係る原子炉設置変更許可および工事計画認可について
- ・ 美浜発電所 3 号機の運転期間延長認可申請の概要について
- ・ 福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策の実施状況について

5. 配付資料 :

- ・ 会議次第
- ・ 出席者および説明者
- ・ 資料 No. 1

美浜発電所 3 号機の設置許可および工事計画認可に関する審査の概要

[原子力規制庁]

・ 資料 No. 2

美浜発電所 3 号機の運転期間延長認可申請の概要について（高経年化技術評価書
（40 年目）の概要） [関西電力株]

・ 資料 No. 3

福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策の実施状況について

[関西電力株]

6. 概要

○原子力規制庁より、資料 No. 1「美浜発電所 3 号機の設置許可および工事計画認可に関する審査の概要」を説明

（釜江委員）

- ・ 敷地内破碎帯に関する審査では、（地質構造等の）データが少ないことや、それらの信頼性について、専門家の意見が分かれることがあると理解している。
- ・ 美浜発電所の敷地内破碎帯については、最終的に、「活断層に該当しない」という結論が出されており、根拠が書かれているが、この結論に関して、「敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合」の中で意見が統一されたのか。また、他のサイトと（結論を出すまでのプロセスが）違うのかどうか。
- ・ 資料 No. 1 の 11 ページに記載されているように、美浜発電所の周辺には多くの断層がある。このため、美浜発電所の基準地震動に関しては、これらの断層の連動や不確かさを考慮して、評価されていると思う。
- ・ 地震発生層の上端深さについては、大飯発電所の審査会合を拝見し、事業者から出されたデータ等を見たが、地震発生層の上端深さを決めることは非常に難しい話であると考えている。
- ・ 敦賀半島は、大飯発電所周辺より、もう少し観測が行われており、データ等があったように記憶しているが、地震発生層の上端深さを 4 km から 3 km に見直した点について、美浜発電所では、大飯発電所と同様に、安全性向上の観点や科学的データ、例えば、上端深さが 4 km ということの説明に加えて、不確かさを考慮して決定したのか。今回の 993 ガルという値も、大飯発電所の議論と同じような経緯で出てきている可能性があるため、それらについて教えていただきたい。
- ・ 資料 No. 1 の 12 ページに、多くの基準地震動が出されている。最終的に最大加速度を 993 ガルとしており、これは断層モデルを用いた手法から出されたものと記載されているが、この資料では具体的にわからない。この 993 ガルの根拠となる断層がどのようなシナリオで出てきたのか、不確かさの評価を含めてご説明いただきたい。
- ・ また、今回、新たな設計として、使用済燃料ピットラック（をフリースタンディングラックにすること）について、転倒するよりスライドする方が安全かもしれないが、地震に対する変位、すべり量が重要になると思う。
- ・ その点について、評価が行われたと思うが、地震発生時に、（ラックが）まわりのピット壁に衝突することがあるのか。その場合、何か緩衝材のようなものがあるのか。

(原子力規制庁：御田 安全管理調査官)

- ・敷地内破砕帯の評価においては、新規制基準適合性審査の前に、「原子力発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合」による評価を行っている。これは美浜発電所だけではなく、全国で6つの発電所※について、破砕帯の活動性に関して評価が行われた。
※：東通発電所（東北電力）、志賀発電所（北陸電力）、敦賀発電所（日本原電）、美浜発電所、大飯発電所（関西電力）、高速増殖原型炉もんじゅ（原子力機構）
- ・美浜発電所については、有識者会合の結論は、はっきり「○」「×」という評価にはなっておらず、適合性審査の中で、我々が評価することとなった。その後、事業者が行った、薄片観察や粘度鉱物脈が最新面を横断しているか等の追加調査のデータを元に、敷地内破砕帯は活断層として考慮するものではないと判断したということである。
- ・地震発生層について、事業者は、断層上端深さを4kmとする資料を提出してきたが、調査結果を安全側にとらえると、必ずしも4kmとはいえないということ、評価の仕方としては、大飯と同じような評価になっているということである。
- ・また、最大加速度が993ガルとなる地震動は、資料No. 1の12ページに記載しているSs-3であり、C断層において、短周期の地震動1.5倍ケースで、破壊開始点が2の場合に、0.02秒のところまで最大となるものである。

(原子力規制庁：小山田 地域原子力規制総括調整官)

- ・フリースタANDINGラックに関する対策、すべり、あるいは壁に当たることが懸念されるということだが、その点についても評価を行っている。
- ・まず、壁に当たるようなことにはならないという評価を行ったうえで、仮に最大速度で衝突した場合でも、(設備に) 損傷による影響がないことを確認している。

(釜江委員)

- ・破砕帯の件は、有識者会合の中で議論されたが、その後、新たなデータが事業者から提示されて、それをもとに審査を行ったということか。
- ・有識者会合の中で出てこなかったデータを踏まえて審査されたと理解してよろしいか。

(原子力規制庁：御田 安全管理調査官)

- ・まさにその通りである。
- ・有識者会合では判断できなかった部分があるので、事業者は、さらに追加調査を行い、新規制基準適合性審査の中で調査結果を示した。我々は、その内容について確認し、評価をしたということである。

(三島委員)

- ・フリースタANDINGラックの解析において、流体力が働くことになるが、例えば、ピットの場合だとスロッシング等が起こる。地震の揺れは3次元的に振動することになると思うが、そういうことも含めて解析されているのか。
- ・先ほどの説明では、流体力は変位を抑制する方向に作用すると説明されていたと思うが、スロッシングが起こると、ラックを流体力で押す方向にも作用することになると思う。そのあたりは考慮されているのか。

(原子力規制庁：小山田 地域原子力規制総括調整官)

- ・ ご指摘の点に関して、本庁に確認させていただきたい。

(中川委員長)

- ・ 今の議論は、力のかかり方だけではなく、ラックとピット壁との相対座標を考える必要がある。
- ・ また、三島委員の質問に関連して、地震発生時には、水平方向の運動だけではなく、垂直方向の運動もあると思う。フリースタンディングラックは、垂直方向の支えはないということか。

(原子力規制庁：小山田 地域原子力規制総括調整官)

- ・ 転倒については評価を行っているので、そういう意味では、それを含めた評価ということになると思う。

(中川委員長)

- ・ 浮き上がるというケースもあり得るのか。

(原子力規制庁：小山田 地域原子力規制総括調整官)

- ・ 浮き上がりに関する評価については、一度、本庁に確認させていただきたい。

(中川委員長)

- ・ 何らかの固定というのは考えていないのか。

(関西電力：爾見 シビアアクシデント対策プロジェクトチームチーフマネジャー)

- ・ スロッシングも考慮した評価を行っており、水の抵抗を考えるとときに、水の動きとラックの動きを考慮し、抵抗も含めて減速を考慮した解析を行い、評価している。

(三島委員)

- ・ その場合、ラックが3次的に揺れることになる。その場合、垂直方向の重量が減った(少ない)状態だと摩擦が減ることになる。その状態でスロッシングが働いたらどうなるか。その辺も含めて解析はされているのか。

(関西電力：爾見 シビアアクシデント対策プロジェクトチームチーフマネジャー)

- ・ 詳細な部分は存じ上げないが、当然、重量や上下動に対しては、耐震性の解析は行っていて、水平方向の変位評価をするときに、それを考慮しないと誤差が大きくなる場合は考慮するものと考えている。
- ・ 基本的には、床の摩擦があり、その動摩擦の誤差を考慮しないといけない場合は考慮していると思う。保守的な評価になるようにしている。

(中川委員長)

- ・ 今の答えの中で、浮き上がりはどうなっているのか。

(関西電力：爾見 シビアアクシデント対策プロジェクトチームチーフマネジャー)

- ・ 浮き上がった時の摩擦をどのようなモデルで評価しているかはわからないが、上下方向の揺れに関して、耐震性に問題ないということを確認している点は間違いない。

(中川委員長)

- ・ 上下方向の振動に対して、ラックがピットに対して浮き上がるということがあり得ると思うが、その時は摩擦力もゼロになる。そういうケースはしっかり評価しているのか。

(関西電力：爾見 シビアアクシデント対策プロジェクトチームチーフマネジャー)

- ・ しっかりやっているというのが答えだが、詳細な評価方法は存じ上げていない。
- ・ 浮き上がった時に摩擦力がゼロになるというモデルを組んでいるのか、ある摩擦力を与える場合、どの程度にすれば保守的とみなせるのか、上下方向の（変位の影響を）含めて、水平方向の摩擦力が保守的になるよう、水による減速も含めて保守的に評価している。

(中川委員長)

- ・ シミュレーションでは様々な計算をされていると思うが、浮き上がることがないという評価が、シミュレーション上で得られていればよいが、浮き上がってしまった場合、今後は、横揺れに対しても、当然、影響があると思うので、またご説明いただきたい。

(関西電力：大塚 副事業本部長)

- ・ フリースタANDINGの使用済燃料ピットは国内初の設備になるので、シミュレーションだけでなく、平成 23 年に、兵庫県三木市にある 3 次元の振動台（Eーディフェンス）により、大型水槽と実機大のラックを用いた実証試験を行い、健全性を確認している。
- ・ また、基準地震動で評価した結果、（水平方向の）変位量として 10cm くらい動くという結果が得られている。ピットとピット壁面との間は、一番狭いところで約 90cm 程度あるが、先ほどの衝突に対する評価についても、十分に余裕を持った結果が得られている。

(田島委員)

- ・ 資料 No. 1 の 20 ページの記載について、原子炉停止時に、制御棒が入らなかった場合というのは、制御棒全数が、完全に、挿入されないことを想定しているのか。
- ・ 以前、何本くらいだったら（入らなくても）問題ないということで、私は理解していたが、全数が挿入されなくても、ほう酸注入や他の手段により、原子炉を停止状態にできるという機能を確保しているということか。
- ・ また、制御棒が挿入されない場合、原子炉を停止するまでの時間がどの程度長くなるのか。

(中川委員長)

- ・ 今の質問に関して、制御棒が実際に入らない場合の手順を含めて、関西電力から説明していただいた方がよい。

(関西電力：田中 安全技術グループマネジャー)

- ・ 1点目の、制御棒が完全に入らない場合を想定しているのか、という点については、ご指摘のとおり、完全に入らないことを想定している。出力運転中に、何らかの外乱があり、本来であれば制御棒が入る状態だが、入らないという状況を想定している。
- ・ この場合、蒸気発生器の水位がどんどん減っていくため、水位が減ったことを検出し、主蒸気の隔離を行う。これにより、蒸気の逃げ道がなくなるため、蒸気発生器による除熱ができない状態になり、1次冷却材の温度が上がる。このため、負の反応度フィードバックがかかることにより、あるところで、原子炉が完全に止まるのではなく、低出力の状態に静定するということである。
- ・ したがって、炉心の損傷は免れるということである。

(中川委員長)

- ・ 資料 No. 1 の 21 ページに解析結果が掲載されているが、100 秒～200 秒の間で原子炉出力が減っているところは、先ほど説明いただいた温度上昇によるものと考えてよいか。

(関西電力：田中 安全技術グループマネジャー)

- ・ その通りである。

(中川委員長)

- ・ その後はどのような対応を行うのか。

(関西電力：田中 安全技術グループマネジャー)

- ・ その後、長期的には、1次冷却材の温度をさらに下げたいので、反応度を補償するために、ほう酸注入などを行った後に、温度を下げていくことになる。

(田島委員)

- ・ もう一点、水素爆発について、私もパブリックコメントは読んだが、(水とジルコニウムの反応量が)なぜ 75%なのかについては、燃料有効長として、75%としている。その理由がよくわからない。
- ・ それでも、質量に比例すると思うので、100%にすると、75%のときで格納容器内の水素濃度は10%であれば、0.75で割ると13%になる。要するに100%にすると限界になる。
- ・ 私が前回の委員会で申し上げたのは、危険になるからイグナイタを設置しているのだと。しかし、イグナイタでどのように緩和していくのかを確認したいということである。
- ・ 水とジルコニウムの反応量で議論してもだめで、中には均一に拡散しない、滞留する箇所もあると思う。そういうことを考慮しているのか教えていただきたい。

(中川委員長)

- ・ 今のご質問について、規制庁の方に2点。1点目は、なぜ水とジルコニウムの反応量が75%であるのかということ。もう1点は、水素が均一に拡散せずどこかに溜まるということが起こるのではないかという質問である。

(原子力規制庁：小山田 地域原子力規制総括調整官)

- ・ まず、75%の根拠についてだが、規制基準を策定する際の検討資料があり、これは平成25年2月の検討チームにおける会合で、例えば、米国 TMI の事故の炉心溶融の状況などを勘案した様々な試験、これは (PHEBUS-FP 試験における実炉の代表的条件である) FPT-1 試験により、炉内のジルコニウムの反応割合が、大体、60%~70%という結果が得られている
- ・ このため、75%という設定であれば、十分カバーできるのではないかという根拠になっている。
- ・ 水素が均一に拡散しないのではないかということだが、その点については確認させていただきたい。

(田島委員)

- ・ イグナイタをどのように使うのかについて説明していただきたい。

(関西電力：田中 安全技術グループマネジャー)

- ・ イグナイタはグロープラグ式というものである。要するに、車のシガーライターのような形で、事故のときは、通電により常に発熱している状態になる。
- ・ 大体、水素濃度4%くらいになると、そこで火がついて、水素が燃えるという仕組みである。
- ・ また、イグナイタの設置場所の考え方は、基本的には LOCA が起こって、その破断口から水素が出てくることになるので、いわゆるループ室、1次系ループの近傍や、加圧器室の上部に設置している。
- ・ また、先ほど滞留という話もあったが水素は軽いので、格納容器の一番上に行くことになるため、上部で滞留し、成層化することが危惧されるが、格納容器の最上部にも1個、予備も1個、合計2個のイグナイタを付けており、そこで水素が溜まったとしても、処理できる設計となっている。

(中川委員長)

- ・ 格納容器の中は、酸素濃度が5%以下に抑えているのか。

(関西電力：田中 安全技術グループマネジャー)

- ・ 基本的には水素濃度でコントロールする。酸素も入ってくる余地がないので、それほど高くはなっていないと思うが、水素濃度でコントロールするということである。

(中川委員長)

- ・ 窒素置換はされていないのか。

(関西電力：田中 安全技術グループマネジャー)

- ・ PWRでは窒素置換をしていない。

(中川委員長)

- ・ つまり、イグナイタはそれなりに効果を発揮するということか。審査の中では、イグナ

イタの効力は考慮しないことになっていたと理解しているが。

(関西電力：田中 安全技術グループマネジャー)

- ・ 75%の条件で評価した結果、格納容器内の水素濃度の最高値は 10.3%という結果が得られている。
- ・ この評価は、イグナイタを考慮せずに行ったものである。従って、静的触媒式の水素再結合装置の効果だけを考慮したものである。
- ・ この内容は申請書には記載があるが、イグナイタを期待した場合にはさらに効果があるということである。

(三島委員)

- ・ 水素の処理に関連して、以前聞いた話では、静的触媒再結合装置は、例えば配管破断などで水蒸気が漏れてきた場合に、再結合の効率が落ちるという話を聞いたが、そのあたりはどのようにしているのか。

(関西電力：南 高経年対策グループチーフマネジャー)

- ・ 水素再結合装置の周辺が水蒸気的环境となった場合の再結合の精度に関して、実証試験等も行っており、試験容器の中で、事故時の格納容器内に水蒸気があるような環境を作って、効果があるということを確認している。
- ・ これは、国際的なプロジェクトとして、OECD/NEAのTHAI(Thermal-hydraulics, Hydrogen, Aerosols, Iodine Project)という、ヨーロッパ等において水素再結合装置を導入する各国が参加して行ったプロジェクトの中で試験されており、三島委員が指摘されたような、水蒸気濃度を変えたような状況での試験も行われており、我々が考えている事故環境下では効果が発揮できることを確認されていると考えている。

(山本委員)

- ・ 先ほど、フリースタンディングラックのご説明をいただいたが、現在のラックからフリースタンディングラックにどのような形で移行するのか。移行の間の状態についての議論はなされているのか。

(原子力規制庁：小山田 地域原子力規制総括調整官)

- ・ 審査の過程で、どのような工法でやるか、クレーン等で落下してきた場合も考慮しないといけないので、そういったことを含めて審査を行っているということである。

(山本委員)

- ・ 現在、使用済燃料ラックの中に燃料が入っており、これを部分的に置き換えていくような形になると想像している。
- ・ このフリースタンディングラックは、基本的に、全体をバイディングして振動を抑制する構造になっているが、工事中にどのような条件になるのかが、いまひとつイメージできない。その点について補足説明していただきたい。

(中川委員長)

- ・ 現在入っている燃料をどうするかを含めてご説明いただきたい。

(関西電力：爾見 シビアアクシデント対策プロジェクトチームチーフマネジャー)

- ・ 現在、使用済燃料が 550 体ほどあり、そのうち 150 体を 1、2号の方に持っていく。これでかなりのスペースが空く。貯蔵容量は 809 体分あるが、そのうち 412 体、大体半分が残ることになる。
- ・ その段階でブロックをいくつかに分け、1 ブロックずつ撤去して、新しいブロックを入れていくことになる。
- ・ その間、必要に応じてバインディングしていくということで、一定の体数を考慮しながら、順番に入れ替えていくという手順になっている。

(中川委員長)

- ・ その移行期間はどれくらいか。その間の安全性については。

(関西電力：爾見 シビアアクシデント対策プロジェクトチームチーフマネジャー)

- ・ 美浜 3 号機は、工事は全部で 3 年くらいかかる。ただし、この箇所については製作がほとんどで、はっきりした計画はわからないが、1 年オーダーの工事期間があり、そこで中身を入れ替えていくことになる。
- ・ ただ、(工事の輻輳により) 現場の工事工程に影響が出るため、はっきりと何ヶ月間、どういう状態になるのかについては、現時点では確定していない。

(中川委員長)

- ・ 何ヶ月間かはかかるということか。

(関西電力：吉原 原子力安全部長)

- ・ その通りである。
- ・ その期間中の安全性に関しては、既存のラックを外して、フラットプレートを敷いて、上に新しいラックを載せるのだが、その時も、既存のラックと新しいラックとの間の離隔距離をとることで、もし地震が発生しても、既存のラックにフリースタンディングラックが当たることがない、そういった措置を考えた上で、取替工事をやっていくということである。

(大堀委員)

- ・ 津波対策に関連してお伺いする。13 ページの資料を見ていただきたい。
- ・ 海底地すべりの位置を 2 箇所考慮されているようだが、この位置を設定するにあたっての根拠や、地すべりの量、体積、ボリューム感をどのように与えるのか。
- ・ こういった海底地すべりでは、おそらく発電所に近くなるほど、津波への寄与も大きくなると思うが、美浜発電所により近いところには、こういった海底地すべりのリスクはないのか。

(原子力規制庁：小山田 地域原子力規制総括調整官)

- ・海底地すべりについて、基準津波を策定する際に考慮している。1つは地震に伴うもの、もう1つは海底地すべりを用いたものということで、文献調査の結果で、地震以外を要因とする日本海における津波の記録として、火山現象による山体崩壊を要因とする1741年の津波があるものの、その他に海上地すべり、陸上地すべり、火山現象等地震以外の要因による津波の記録は認められなかったということである。
- ・海底地すべりについては、隠岐トラフ付近に分布する海底地すべり、こういったものを用いて、既往の海上音波探査記録の解析を行って、検討対象の地すべりを抽出したという評価になっている。
- ・具体的には、審査書の38ページに、そのあたりについての記述がある。

(大堀委員)

- ・2007年の能登半島沖の地震の際にも、富山湾で海底地すべり性の津波が発生して、プレジャーボートが転覆するということがあった。
- ・2009年の駿河湾沖の地震でも、海底地すべりが発生して、焼津に通っている海洋深層水の取水管が持って行かれた。
- ・また、2011年の東日本大震災の際にも、海底地すべりは沖合の方で発生しており、それを考慮したことによる津波への寄与はそれほどではないという話も伺っているが、このあたりも、今後、整理していただき、基準津波の作成の際のガイドラインにしていただければと思う。

(中川委員長)

- ・海底調査の結果も踏まえて、地すべりが起こるところを特定して、一番大きなものを抽出しているということではないのか。

(関西電力：堀江 原子力土木建築センター 所長)

- ・津波の評価にあたり、既存の文献等により、海域地形を調査している。
- ・基本的に、この海域においては、沖合にむかって傾斜が緩くなっているが、地すべりを考慮している付近では、崖的に落ち込んでいるところもある。
- ・その辺りの地形を詳細に調査すると、過去に地すべりを起こしているようなことを確認できるということがあり、このところに関しては、地震が起きたときに地すべりが起きる可能性があるということで、今回、評価を行っている。
- ・発電所の近くは、沖合に向けて傾斜が緩く、大きな地すべりで津波を起こすようなものではないと判断している。

(釜江委員)

- ・フリースタANDINGラック工事の施行中における耐震評価の計算はどのようになっているのか。
- ・先ほども少し議論があったが、8体のブロックを一体とした状態では、当然、重さなど様々な状況が関わるわけだが、工事期間中、(ラックブロックが)2つとか3つとかという場合には、当然、軽くなる。
- ・工事中の耐震性というのをどのように考えるかということにも関係すると思うが、計

算として、様々なケースを考えられているのか。この8体の時に大丈夫ということなのか。あるいは、今後、実際に工事をする際に、プラスアルファの検討をされるのか。

(関西電力：吉原 原子力安全部長)

- ・ 評価については、1体ずつ、どのくらい動くのかを評価しており、その上で、どの程度離隔を持たせればいいのかを検討している。
- ・ 当然、大きいブロックにした方が動きが少ないということで、最終的には、8体をつないだ形で、より動きを抑えるということを考えている。

(中川委員長)

- ・ 工事中も基準地震動に対しては、十分に耐えられることを確認しているということか。

(関西電力：吉原 原子力安全部長)

- ・ その通りである。

○関西電力より、資料 No. 2「美浜発電所3号機の運転期間延長認可申請の概要について(高経年化技術評価書(40年目)の概要)」を説明

(西本委員)

- ・ 美浜3号機は40年越えということで、高経年化、劣化事象に対する評価は重要だと思う。
- ・ 美浜3号機は、(平成16年8月に)2次系配管の破損事故があり、そこで約2年、また、福島第一原子力発電所事故以来、約6年の休止期間がある。この計約8年におよぶ休止期間の算定を、この評価の中に入れられているのか。もしくは、それはマージンとしてみられているのか。

(関西電力：南 高経年対策グループチーフマネジャー)

- ・ 基本的には、運転開始から60年時点の機器・設備の状態を評価しているが、評価対象によって運転停止期間の考慮に異なる点がある。
- ・ 例えば、ケーブルの絶縁低下に関する評価については、ご指摘いただいた停止期間や、通常の定期検査により停止している間など、(格納容器内をはじめケーブル)周辺の環境温度が上昇していない期間があるが、評価ではそれらの停止期間は考慮せず、100%の稼働率で通常運転時と同様の温度等の条件が継続する前提とした評価を行っている。
- ・ 一方で、中性子照射脆化や疲労割れの評価に関しては、運転実績に加え、福島第一原子力発電所事故以降の再稼働までの一定期間の停止期間を考慮している。
- ・ 早くとも3年程度後であるが、保守的に更に早い時期に再稼働するという前提で、運転過渡回数を設定している。
- ・ 西本委員からご指摘いただいた約6年の停止期間を(すべての評価に)考慮してということではない。

(西本委員)

- ・実際の停止期間を考慮せず、オーバーオールに運転していたとして40年越えという評価をしているという理解でよいか。

(関西電力：南 高経年対策グループチーフマネジャー)

- ・その通りである。

(西本委員)

- ・中性子照射脆化について、原子炉容器の表層から10mmの潜在亀裂を仮定した上で緊急停止時の脆性的な破壊は起こらないと評価されているとのことに関して、表層から5mmまではUT（超音波探傷検査）で検出可能ということだが、表層にはステンレス鋼の肉盛層があるので、その下部の深さ5mmまでの内部欠陥がないということが分かるという理解でよいか。

(関西電力：南 高経年対策グループチーフマネジャー)

- ・今回行った超音波探傷検査だが、これは表面近傍の欠陥を検出できる超音波探傷検査を行っている。例えば、ステンレスクラッドがある状況であっても、表層から3.8mmの亀裂がわかる、ステンレスクラッドの下にアンダークラッド・クラッキングがあった時にも5mm程度の亀裂がわかるという精度の検査を実施している。
- ・加圧熱衝撃評価について、実際はクラッドがあるにもかかわらず、クラッドは構造部材ではないという想定をした上で、検出限界（の欠陥が）わかるという前提で、5mmの欠陥を入れて、（事故時の注水により）そこが冷却されるという、厳しい条件を仮定した評価を行っている。

(三島委員)

- ・11ページの加圧熱衝撃の解析について、それぞれの（想定事故）事象は、どのような解析条件で行われたのか。
- ・例えば、安全解析を行われているが、その条件で解析されたのか。あるいは、実際ベースの条件で解析されたのか。
- ・実際ベースで解析するとかなり低くなる、安全解析だと厳しくなる等、様々な条件によって違うと思うが。

(関西電力：南 高経年対策グループチーフマネジャー)

- ・想定する事故時の事象について、どのような操作に伴う進展をするか、どのような（圧力・温度の）変化が起こるかについては、小LOCA等の事故解析結果を踏まえて評価している。
- ・実際に応力評価により K_{Ic} の曲線を作る段階で、例えば大LOCAの場合、約300°Cから約30°Cに、ステップ状に冷水が注入されるという条件にしている。実際にはミキシングされながら温度が下がることになるが、応力拡大係数の評価では、このようにステップ状に原子炉容器内面が冷却されるという評価により、応力が非常に高くなるという過渡において、応力拡大係数の過渡変化を解析で求めている。その意味では保守的な評価を行っていると考えている。

(三島委員)

- ・安全解析では、冷たい水を注水しても、炉内に入るまでに温まると思うが、この場合はそうではなく、急激に冷たい水が炉内に到達するという解析か。

(関西電力：南 高経年対策グループチーフマネジャー)

- ・そうである。原子炉容器の胴部の炉壁そのものの温度変化をみるときに、内面に一気にステップ状に30°Cに冷却されるという前提で評価している。

(中川委員長)

- ・前回、水蒸気爆発について質問があり、関西電力からも回答をいただくことになっていたが、規制庁のパブリックコメントのところで、かなり詳しい説明があった。
- ・これに関して、関西電力から何か説明はあるか。

(関西電力：田中 安全技術グループマネジャー)

- ・1点だけ補足をさせていただきたい。前回の委員会において議論となった水蒸気爆発の条件を中心に、メカニズム的なところを説明させていただきたい。
- ・実機の原子炉において、水蒸気爆発が考えられる状況はどのようなものかという点について説明すると、まず、炉心損傷が起こり、その後、原子炉容器が破損するという状況になった時に、破損口から溶融炉心が原子炉下部キャビティに溜まっている水の中に落ちるといった状況が起こる。
- ・その場合に、溶融炉心が水との抗力により、溶融炉心の一部が水との混合状態になる。それが図の一番左側の1の黒い部分であり、分散した溶融炉心の外側を、それぞれ蒸気膜が覆っているという状況が存在する。
- ・その蒸気膜が何らかの原因により、局所的に崩壊すると、中の液体状の溶融炉心が、水と直接接触する、いわゆる「液-液直接接触」が起こり、急激に水への伝熱が行われる。
- ・これにより、急激に蒸発、膨張する力が発生し、溶融炉心がさらに細かい形で微粒化する。微粒化により表面積が大きくなったものが、さらに液-液直接接触を起こす、こういったことが、系全体に拡大することにより、最終的に、非常に大きな機械的エネルギーが発生する。これが、考えられる水蒸気爆発のメカニズムである。
- ・一方で、実機でそういったことが起きるかどうかという点について、資料に「発生の可能性」について記載しているが、水蒸気爆発が起こるためには、溶融炉心と水の液-液直接接触が起きる必要がある。発生の可能性を考えると、分散した溶融炉心が、いかに溶融状態を保つかということと、表面にできる蒸気膜がこういった形で崩壊するかということが条件になる。
- ・これまでに、二酸化ウランとジルコニウムを使った様々な実験が行われているが、水蒸気爆発が見られているケースというのは、「過熱度」という「溶融物の温度から融点を引いたもの」、どれだけ固化するまでに距離があるかということだが、それが極めて高い状態、あるいは、実験では、高圧のガスを噴き出させたり、少量の爆薬を用いて無理やり蒸気膜を剥離させたりということを行い、人為的に水蒸気爆発を起こしているということである。
- ・同じような状況が実機において現れるかどうかということになると、それは考え固いと

いうところでもって、我々は、水蒸気爆発に至る可能性は極めて低いと判断している。

(中川委員長)

- ・つまり、そのような高温のものが、水中で存在しないだろうと、つまり融点よりかなり高温の燃料が存在しないだろうということか。

(関西電力：田中 安全技術グループマネジャー)

- ・当然、溶融状態なので、過熱状態になっているが、溶融物は UO_2 （二酸化ウラン）が単体で存在するわけではなく、崩壊熱により熱せられて、まわりの構造材を溶かしながら、巻き込みながら溶融物ができあがるため、過剰に異常な状態まで過熱度があがることはない。
- ・過去の解析の結果を見ると、たかだか 300K 程度だといわれている。それに対して、実験で行われているのは、600K あるいは 900K という、過熱度が非常に高い状態で実験が行われて、水蒸気爆発が起こっているということである。

(三島委員)

- ・水蒸気爆発の条件は、高温の溶融物だけではなく、水の温度も関係していると思う。例えば、水の温度が沸点に近いときは水蒸気爆発が起こりにくく、サブクール度が大きいときは条件として起こりやすい。
- ・その辺は、実際に考えられる実機条件ではどのような状況になっているのか。

(関西電力：田中 安全技術グループマネジャー)

- ・サブクール度が大きいほど、まわりにできる蒸気が不安定になり、液-液直接接触が起こりやすく、水蒸気爆発が起こりやすい傾向にあるというのは事実である。
- ・しかしながら、過去の実験を見ると、過熱度や外乱の有無に対する依存性に比べて、サブクール度への依存性はあまり大きくない。
- ・それに対し、実機はどうかということだが、今回、対象になっている美浜3号機および高浜1、2号機の場合が、最もサブクール度が大きくなる。その理由は、原子炉下部注水ポンプにより、温められていない水がそのまま入ることになるので、サブクール度は若干大きくなるが、過熱度がそれほど大きくないということと、トリガリングという蒸気膜が剥がれるような外乱が起こり難いということにより、サブクール度が大きくても、水蒸気爆発は起こらないだろうと判断している。

(中川委員長)

- ・格納容器の下部キャビティに、溶融炉心を受ける水槽を設置する形になっているが、それが有効に働くためには、水蒸気爆発の危険性がないということが実証されることが必要だと思う。
- ・過熱度という観点から、確率としては非常に小さいということか。

(関西電力：田中 安全技術グループマネジャー)

- ・そうである。過熱度の観点と、蒸気膜が剥がれるような外乱が起こらないという2点をもって、確率は低いと考えている。

(中川委員長)

- ・ 議題に戻るが、運転期間延長認可申請については、現在審査中であり、この審査が終わった段階で、規制庁から説明を受けることになると考えている。

○関西電力より、資料 No. 3「福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策の実施状況について」を説明

(山本委員)

- ・ 2点質問する。1点目は、新規制基準に対応したプラントがこれまでいくつか再稼働しており、例えば川内発電所ではかなり運転実績が出てきている状態で、そのようなプラントの実績を取り込み、グッドプラクティスなど良かった点を反映していただく必要がある。
- ・ 例えば、多様性拡張設備など自主的に行っているところについて、この設備はメンテナンスが難しいといった情報が出てきていると思うので、今後、知見を取り入れて、安全対策に反映していただきたい。また、そのための情報交換を積極的に行っていただきたい。
- ・ 2点目は、先日、志賀2号機で雨水が流入した件があったが、止水がきちんと行われているかは当然確認していると思うが、このような事象は、実際の現場を見ないとわからないことも多いと思う。発電所の状況を確認するウォークダウンは、一般的に気象条件の良い時に行うものだが、非常に気象条件の悪い時にプラントウォークダウンを行ってもよいのかと思う。
- ・ 実際に行うのは大変かと思うが、例えば豪雨時や積雪の多い時など、様々な知見を得るための取り組みの一つとして考えられるかもしれないため、今後、必要に応じて検討いただきたい。

(中川委員長)

- ・ 川内原子力発電所などが順調に運転している実績を、どのように関西電力の各発電所に対して（水平）展開していくかについて何か考えているのか。また、情報収集しているかということが一つ。
- ・ 加えて、志賀の原子炉建屋への雨水侵入について、まず止水対策を行っているのかということと、対策を行っているといっても見落としがあると思うため、検査体制等を改めて作っていった方がいいのではないかとということだが、この点に関して何かあるか。

(関西電力：大塚 副事業本部長)

- ・ 川内発電所の良好事例を高浜にも（展開してはどうか）という話だが、実際に再稼働するにあたり、事業者として、過去のトラブルやメーカーのレコメンドを踏まえてアクションプランを作成している。
- ・ その中の一つに、他電力からの情報を反映するというので、我々も高浜3、4号機の立ち上げの際には、川内発電所に実際に行き、様々な取り組みを教えて頂いた。
- ・ 例えば、屋外の機器で長期間止まっていたものについては、川内発電所では、特に電気

系を含めて作動試験を行っており、それは非常に良いことだということで、高浜3、4号機においても同様に、屋外の電気品でリミットスイッチが正常に動作するか等の確認を行った。

- ・我々の高浜3、4号機を再稼働する際には、その知見を伊方発電所や泊発電所に伝えるということで、今年の2月に30名近くの方を高浜発電所へ呼び、2日間、我々の取組みを説明して、更に我々の知見を次のプラントへ引き継ぐという活動をしている。
- ・2点目の志賀発電所の管理区域に雨水が流入した件だが、規制庁から10月24日に、このようなハード上の問題がないか調査するように指示が出ており、11月7日までに、我々報告することとしている。
- ・一般的に、我々は、今回の様な溢水や津波対策において、水密扉を設けたり、貫通部にシール施工を行うことで、志賀発電所のようなことは無いと思っている。現在、現状確認中ではあるが、現時点では、志賀発電所と同様に原子炉建屋に（雨水が）流入するようなリークパスのような問題はまだ見つかっていないということである。

(中川委員長)

- ・貫通穴等は止水されているという理解でよいか。

(関西電力：大塚 副事業本部長)

- ・そうである。
- ・また、ウォークダウンの話があったが、ウォークダウンとは違うが、夜間や雨が降ったり雪が降ったりする様々な気象の中で、可搬のSA機器がきちんと操作できるかという訓練も行っている。
- ・更に、様々な召集要員に期待するところがあるので、アクセスルートが雪の中でも歩いて行けるかどうかを、積雪時に発電所員が歩いてみるということは行っている。
- ・先生のご指摘のように、悪条件下でのウォークダウンというものも今後考慮して是非やってみたいと思っている。

(三島委員)

- ・今の質疑と関連するが、ハードを揃えただけではうまくいかないということで、組織体制の充実のため人員を増やしたということだが、この人員は、例えば重大事故が起こった場合に期待されるような対応能力を備えた人が要すると思うが、そのため当然訓練計画に従って訓練を行い、必要な能力を備えるように計画されていると思う。
- ・いろいろな安全対策に対する訓練だけではなく、特定重大事故等対処施設についても何か訓練をされるのか。

(関西電力 大塚 副事業本部長)

- ・まず、初動対応要員や召集要員については、参考資料の3、4ページに記載している。
- ・当然、適切なタイミングで適切な操作が出来なければ何にもならないため、協力会社を含めた合計600～700名の初動対応要員や召集要員がいるが、その要員に対して適切な教育を行っている。
- ・また、瓦礫を撤去するようなことも期待しており、そのような操作が確実にできるように、参考資料4ページにあるように様々な大型重機の資格等を取得させて、重機の適切

な取り扱いができるような対応を図っている。

(三島委員)

- ・ 特定重大事故等対処施設に関しては、安全対策の観点で訓練するのは当然だと思うが、セキュリティの観点からの訓練も必要だと思う。そのあたりの計画はされているのか。

(関西電力 大塚 副事業本部長)

- ・ 設置変更許可があり、これから設置工事に取りかかっているところであるが、当然、設備を使う前には、その従事者に適切なシミュレータ訓練のようなものも含めて実施していきたいと考えている。

(泉委員)

- ・ 山本委員の方から、ウォークダウンや訓練に関する質問があり、それに対する回答の中で、アクセスルートに関する説明があった。
- ・ 我々が美浜発電所に行く際には、毎回、丹生大橋を渡っているが、それ以外のアクセスルートの整備状況についてお伺いしたい。

(関西電力：大塚 副事業本部長)

- ・ 資料 No. 3 の 6 ページ目の左上の図で、湾の中に 1 本の線が入っており、これが美浜発電所に通じる丹生大橋である。
- ・ 橋は、地震により崩落することがあるが、丹生大橋を期待しない場合でも、湾は地続きになっており道がある。そこを歩いて発電所に駆けつけるというルートがある。

(泉委員)

- ・ そのようなアクセスルートを活用した場合にも、時間的に問題がないことを確認しているということか。
- ・ また、訓練に関する説明は、そのルートを使う場合を前提にしているとの理解でよいか。

(関西電力：大塚 副事業本部長)

- ・ その通りである。
- ・ 美浜発電所は、比較的参集方法に恵まれたところであり、丹生大橋の袂（たもと）のところに、発電所長を含めた社員寮があるため、地続きのルートを通った場合でも、1 時間以内に参集が可能である。
- ・ クレジットとしては 6 時間以内と設定しており、全く問題ないと思っている。また、実際に迂回したルートを通る訓練も行っている。

(泉委員)

- ・ 資料の 16 ページ以降に、緊急時対策所、免震事務棟、特定重大事故等対処施設の説明があり、これから工事を行われるということだが、(事故が起こった場合には、) それぞれの施設を行き来することになると思う。
- ・ 屋外の空間線量が上がっている場合、当然、作業員の被ばくや、施設内への放射性物質の持ち込みが起こり得る。

- ・それぞれの施設にはチェンジングエリアが設置されると理解しているが、それ以外の対策として、事故発生時にはビニールで覆った仮設の通路を設置することや、地下トンネルでそれぞれの施設を接続することが考えられる。そのあたりはどのようにお考えか。

(関西電力：大塚 副事業本部長)

- ・高浜発電所を例に説明させていただくと、緊急時対策所と免震事務棟は、建屋間の直線距離は約100mだが、高低差があるため、迂回する形で行き来することを考えていたが、専門委員会のご指摘を踏まえ、地震後にも使用できる階段を設置し、建屋間の移動をできるだけ短縮すること、また、複数ルートあれば、より確実に建屋間の移動ができるということで、現在、直線の階段を設置することを検討している。

(泉委員)

- ・階段により移動時間を短縮した場合でも、外を通れば汚染は発生する。その点については、チェンジングエリアで管理するというお考えか。

(関西電力：大塚 副事業本部長)

- ・その通りである。

(中川委員長)

- ・緊急時対策所や免震事務棟の工事は進んでいるのか。

(関西電力：大塚 副事業本部長)

- ・緊急時対策所については、平成30年の設置を予定している。
- ・大飯発電所の場合、緊急時対策所を設置するまでの間は、大飯1、2号機の中央制御室まわりのスペースに代替の緊急時対策所を設けて、そこで対応することとしており、現在、(設置変更許可の)審査を受けているところである。

(田島委員)

- ・ここに紹介された耐震工事はほとんど原子炉まわりや原子炉容器などであるが、地震に一番弱いのは配管だと思う。
- ・配管に関しては、蒸気発生器と原子炉をつなぐ配管などが弱いのではないかと思うが、それらに対する対策が資料には一つも出てないが、耐震対策をする必要がないということか。
- ・美浜発電所では993ガル、あるいは高浜では700ガルになっても、耐えられるのか。配管は多いと思うが、それらに対する耐震工事を実施しているかどうか。必要がないとすれば、なぜ必要がないのか教えていただきたい。

(関西電力：大塚 副事業本部長)

- ・資料には記載していないが、配管の耐震補強のためにサポートの設置工事があり、件数は承知していないが、高浜3、4号機においても800箇所以上の配管の耐震補強をしており、おそらく美浜3号機は1000箇所を超えるオーダーの耐震補強工事を実施する。
- ・具体的な数字は確認するが、たくさんのサポートの補強工事を実施することを理解いた

だきたい。

(田島委員)

- ・ 原子炉容器と蒸気発生器の間（1次系冷却材ループ）に対しても実施するのか。

(関西電力：大塚 副事業本部長)

- ・ 蒸気発生器の支持部のサポート強化を行う。

(田島委員)

- ・ 1次系の配管についてはどうか。

(関西電力：大塚 副事業本部長)

- ・ 当然、耐震評価をしており、補強をする必要がないということで1次冷却材の配管は対象にはなっていない。

(中川委員長)

- ・ 詳細な評価は行われているのか。

(関西電力：大塚 副事業本部長)

- ・ 行っている。

(釜江委員)

- ・ 資料3の11ページの建物の補強工事の説明はイメージ図であり、詳細な部分はわからないが、美浜3号機と高浜3、4号機では少し違いがある。
- ・ トップドームの部分とは別に外部遮蔽壁の部分について、美浜3号機の外部遮蔽壁は下部のところに高浜1、2号機と同じように少し壁厚がついているが、鉄筋の追加というのはどのようなイメージか。

(関西電力：堀江 原子力土木建築センター 所長)

- ・ 工事としては、実際に壁をはつり、鉄筋を出すことになる、必要な鉄筋量は計算で出てくるため、不足分だけ追加で鉄筋を入れて、定着させ壁を再度作り直す。

(釜江委員)

- ・ コンクリートをとって、鉄筋をむき出しにするということか。

(関西電力：堀江 原子力土木建築センター 所長)

- ・ そうである。一回、はつりだして鉄筋を入れる。

(中川委員長)

- ・ 今日は様々な意見が出てきた。最後にお聞きしたいが、高浜3号と高浜4号はどちらも停止しているが、状況が異なる。安全性確保、点検の状況も含め、どのようになっているのか。

- ・また、大飯3、4号は、平成24年に一度再稼働しているが、その時に当委員会でも様々な調査、検証等を行ってきた。それ以後、定期検査に入り停止が継続しており、追加工事等を実施していると思うが、どのようになっているのか。簡単に紹介いただきたい。

(関西電力：大塚 副事業本部長)

- ・高浜3、4号機については、今年8月に4号機、9月に3号機の燃料を原子炉から使用済燃料ピットに移送をしている。設備点検を本格化させるということから10月から4号機の点検を行っており、海水ポンプ、非常用ディーゼル発電機の点検を実施しているところである。3号機については、その点検のための準備を進めているところである。

(中川委員長)

- ・高浜3号機は点検に入れるのか。

(関西電力：大塚 副事業本部長)

- ・3号機については、今年の3月から営業運転に入っており、点検をする際には、国に対して定期検査の申請を行った上で、点検に入ることになると思っている。
- ・大飯3、4号機については、(福島第一原子力発電所事故後)一度再稼働しており、その時と現状で、一番違うところは地震動評価である。
- ・現状評価をまとめた時には、2連動、また、地震発生層上端深さ4kmでの地震動で考えていたが、その後、規制庁との議論の中で、3連動、上端深さ3kmということで基準地震動が上がったので、それに伴う耐震の補強対策が、当時と今とで一番違うところであり、そのための工事を進めている。

(中川委員長)

- ・耐震工事が主か。

(関西電力：大塚 副事業本部長)

- ・竜巻対策も当時はなかった。内部溢水などの対策工事も実施している。

(中川委員長)

- ・今日は原子力規制庁から、美浜3号機の新規性基準適合性に係る設置変更許可や工事計画認可について、詳しい説明を受けた。また、関西電力からは美浜3号機の運転期間延長認可申請に係る報告や福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策の状況について説明いただいた。

・委員からは

- 美浜3号機におけるフリースタANDINGラックの設置
- 前回の委員会で議論になった、水蒸気爆発や水素爆発の危険性
- 美浜3号機の40年超運転の評価における停止期間の取り扱いや、中性子照射脆化に対する考え方

に関する意見が出された。これらについて、規制庁および関西電力から、十分な説明が得られたと思っている。

- ・ また、川内原子力発電所を初めとした良好事例、志賀原子力発電所の原子炉建屋への雨水流入、あるいは福井県内の発電所で起こっている様々な情報を参照すべきという意見が出された。
- ・ これに関して、関西電力の説明では、そういった情報・知識の交換が進められているということである。
- ・ その他、以下のような意見が出された
 - 組織体制の充実という観点から、今後も、訓練をしっかりと行っていただきたい。また、特定重大事故等対処施設を作っていく中で、それを使った訓練を考えていく必要がある。
 - 耐震に対する対応は、原子炉本体から2次系に至るまで、全ての面で実施されていると思うが、そのあたりで対応の抜けやミスがないよう、十分に注意して進めていただきたい。
- ・ 本委員会としては、引き続き、美浜3号機の運転期間延長認可に関する審査結果をはじめ、県内発電所の安全性向上対策の実施状況を確認していきたいと思っている。
- ・ 今日は、長時間にわたりありがとうございました。

以 上