

核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合

第435回

令和4年3月31日（木）

原子力規制委員会

核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合

第435回 議事録

1. 日時

令和4年3月31日(木) 14:30～17:02

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室A

3. 出席者

担当委員

山中 伸介 原子力規制委員会委員

原子力規制庁

小野 祐二 原子力規制部 新基準適合性審査チーム チーム長代理

志間 正和 原子力規制部 新基準適合性審査チーム チーム長補佐

菅原 洋行 原子力規制部 新基準適合性審査チーム員

有吉 昌彦 原子力規制部 新基準適合性審査チーム員

小舞 正文 原子力規制部 新基準適合性審査チーム員

片野 孝幸 原子力規制部 新基準適合性審査チーム員

守谷 謙一 原子力規制部 原子力規制企画課火災対策室長

羽賀 一男 技術参与

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

吉田 昌宏 大洗研究所 高速実験炉部 部長

高松 操 大洗研究所 高速実験炉部 高速炉技術課 課長

山本 雅也 大洗研究所 高速実験炉部 高速炉技術課 主幹

前田 茂貴 大洗研究所 高速実験炉部 高速炉照射課 課長

小林 哲彦 大洗研究所 主幹

齋藤 拓人 大洗研究所 高速実験炉部 高速炉技術課 主査

権代 陽嗣 大洗研究所 高速実験炉部 高速炉技術課 主査

岡野 靖 大洗研究所 高速炉解析評価技術開発部 安全解析評価 G r

グループリーダー

内堀 昭寛 大洗研究所 高速炉解析評価技術開発部 安全解析評価 G r
マネージャー

青柳 光裕 大洗研究所 高速炉解析評価技術開発部 安全解析評価 G r

4. 議題

- (1) 日本原子力研究開発機構大洗研究所の試験研究用等原子炉施設（高速実験炉原子炉施設（常陽））に対する新規制基準の適合性について

5. 配付資料

資料 1 第 8 条（火災による損傷の防止）に係る説明書「ナトリウムが漏えいした場合に生じるナトリウム燃焼への対策」

資料 2 第 8 条（火災による損傷の防止）に係る説明書「2 次冷却材漏えい時の燃焼影響評価に係る計算コード（S P H I N C S）」

資料 3 第 5 3 条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大防止）に係る説明書（多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象への対応）

資料 4 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）第 8 条（火災による損傷の防止）に係る説明書

資料 5 S P H I N C S のモデル及び妥当性確認について

参考（1） 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構「常陽」質問管理表

6. 議事録

○山中委員 定刻になりましたので、ただいまから第435回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合を開催します。

議題は、お手元にお配りの議事次第に記載のとおりです。

本日の会合は、新型コロナウイルス感染症拡大防止対策への対応を踏まえまして、申請者はテレビ会議システムを利用して参加しております。

本日の会合の注意点ですが、資料の説明においては、資料番号とページ数を明確にして説明をお願いします。発言に際して不明瞭な点がありましたら、その都度、その旨をお伝えいただき、説明、指摘をもう一度繰り返していただくようお願いいたします。会合中に機

材のトラブル等が発生しましたら、一旦議事を中断し、機材の調整を行いますのでよろしくをお願いします。

議事に入ります。

最初の議題は、議題(1)日本原子力研究開発機構大洗研究所の試験研究用等原子炉施設（高速実験炉原子炉施設（常陽））に対する新規規制基準の適合性についてです。

今回の審査会合では、第8条内部火災に関してナトリウムの燃焼への対策及び、燃焼影響評価に適応する解析コード、多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象への対応の3件について、それぞれ説明をいただきます。

JAEAから、ナトリウム燃焼への対策について、資料1の説明をお願いいたします。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） 原子力機構、権代です。

それでは、資料1に基づきまして、第8条（火災による損傷の防止）のうち、ナトリウム漏えいが発生した場合のナトリウム燃焼への対策と影響評価について、説明させていただきます。

本日の説明につきましては、昨年7月の第408回の審査会合にて、ナトリウム燃焼に関する要求事項のほうをお示しいただいておりまして、これまでに第381回と、第403回の審査会合にて、一部のほうは説明させていただいておりますが、本日は昨年7月にお示しいただいたところに沿って、一通りの説明をさせていただきます。

また、説明のほうは2回に分けさせていただきます。

まず、資料1の1ページをお願いいたします。こちら目次となっておりますが、本資料の構成を記載しております。こちらに記載のとおり、本資料はナトリウム燃焼に対する基本的な考え方、要求事項と対応の概要、ナトリウム燃焼の特徴の後に、八つの要求事項に対する対応を整理したものとなっております。

まず、基本的な考え方からナトリウム燃焼の感知までのところを説明させていただき、そこで一旦区切らせていただいて、その後、残りの部分の説明をさせていただきます。

資料の2ページをお願いいたします。こちらにはナトリウム燃焼に対する基本的な考え方を記載しております。基本的な考え方といたしましては、漏えいが生じて、それを検知した場合には、運転員が原子炉を手動スクラムにより停止する。一系統の単一の機器の破損によるナトリウム漏えいのほうを想定しまして、それによるナトリウム燃焼が発生したとしても原子炉の停止、放射性物質の閉じ込め機能の維持、また、停止状態にある場合は、引き続き、その状態を維持できるものとする事となっております。

失礼いたしました。

火災防護対象機器の選定と選定の結果につきましては次回以降に説明をさせていただきますが、選定した火災防護対象機器に対して、ナトリウム漏えいの防止、ナトリウム漏えいの検知、燃焼の感知、ナトリウム燃焼の消火、影響軽減の三方策の措置を講じることとしてございます。

次に、3ページをお願いいたします。3ページ～8ページのほうには、八つの要求事項と、それに対する対応の概要を記載しております。対応の概要につきましては、説明をしているページにも記載をしておりますので、こちらでは各要求事項について説明をさせていただきます。

まず、(1)のナトリウム漏えいの防止の要求事項につきましては、ナトリウムを含む配管・機器、耐震重要度分類がB、Cクラスのものについては、設計上の裕度を考慮することなどによって、基準地震動による地震力によって破損が生じないように設計をすることとなっております。

次に、(2)のナトリウム漏えいの検知の要求事項につきましては、ナトリウム漏えいを検知できる検知器を設けること。その設置に当たって、誤作動を防止するための方策を講じること。外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保すること。中央制御室で必要な監視ができるようにすることとなっております。

次に、4ページをお願いいたします。(3)のナトリウム漏えい発生時の燃焼抑制の要求事項につきましては、配管などを二重構造として、その間隙で漏えいをしたナトリウムを保持すること。ナトリウムを含む配管機器を配置するエリアを不活性雰囲気とすること。緊急ドレンによってナトリウム漏えい量を低減することなどによって、空気雰囲気下でのナトリウム燃焼を抑制できるようにすることとなっております。

○菅原チーム員 すみません。ちょっとそちらのマイクの調子がおかしいのか、ところどころ声が途切れるようなんですけれども。例えば、もう少し口に近づけてしゃべっていただくとかしていただくと、改善するかもしれないんですけど。それで説明していただけますか。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） 失礼しました。今、マイクのほうも取り替えさせていただきましたので、これで少し様子を見させていただければと思います。

では、説明のほうを続けさせていただきます。(4)のところからになります。

(4)のナトリウム燃焼の感知の要求事項につきましては、火災防護基準の火災感知設備

の要求を満たしたナトリウム燃焼を感知できる設計、設備を設けることとなっております。

次に、5ページをお願いいたします。(5)のナトリウム燃焼の消火の要求事項につきましては、火災防護基準の水を用いるもの以外で消火施設の要求事項に適合する消火設備を設置すること。要員による消火活動に期待する場合については、ナトリウム燃焼の特徴を踏まえて必要な資機材を配備することとなっております。

次に、6ページをお願いいたします。(6)のナトリウム漏えい時の燃焼影響評価の要求事項につきましては、①～⑤に記載しておりますとおり、破損の想定、規模、対策等を考慮して、ナトリウム燃焼の影響を評価することとなっております。

次に、7ページをお願いいたします。(7)のナトリウム燃焼の影響軽減の要求事項につきましては、ナトリウム燃焼の影響評価を踏まえるとともに、火災防護基準の影響軽減の要求を満たす、影響軽減の対策を講じることとなっております。

次に、8ページをお願いいたします。(8)のナトリウムと構造材との反応の防止の要求事項につきましては、高温のナトリウムとコンクリートが接触すると、ナトリウムとコンクリートの反応が生じることから、鋼製のライナや受樋を設けてこれを防止すること。また、その設計に当たっては、ナトリウム燃焼環境下において、鋼製材料の腐食が生じることをご考慮することとなっております。

次に、9ページをお願いいたします。9ページと10ページには、ナトリウム燃焼の主な特徴のほうを記載しております。個々の対策等の説明の前に、ここでナトリウム燃焼の主な特徴について説明させていただきます。

まず、(1)に記載のとおり、固体状のナトリウムにつきましては、空気中の酸素などと反応して酸化ナトリウムとなる右の図に示すような表面被膜をつくりまして、その表面被膜で中の未反応のナトリウムが空気から隔離されますので、常温であれば急激な反応が生じるようなことはないものとなっております。一方で、何らかの原因でその表面被膜が除去されますと、反応に伴ってナトリウムの温度が上昇して、再度、着火、燃焼に至る可能性があるものとなっております。

次に(2)に記載のとおり、ナトリウムは基本的に高温の液体状態で使用しております、配管などからナトリウムが空気雰囲気中に漏えいしますと、その落下の過程、落下してプール状に堆積したところで空気と反応して、反応熱と、右下の図のようなナトリウムエアロゾルという反応生成物の白煙が生じることになりますが、ナトリウムは窒素と反応いたしませんので、窒素雰囲気とすることによって、その反応熱とナトリウムエアロゾルの発

生を防止することが可能なものとなっております。

次に、(3)に記載のとおり、高温のナトリウムとコンクリートが接触しますと、ナトリウムとコンクリートの成分や、その中の水分との反応が生じますので、それを防止するためには鋼製のライナや受樋を設ける必要があること。その設計に当たっては、ナトリウム燃焼環境下において、鋼製材料に腐食が生じますので、その腐食を考慮する必要があるものとなっております。

次に、10ページをお願いいたします。(4)に記載のとおり、ナトリウムは一般的に火災の消火に用いられますABC消火器の消火剤と反応してしまいますので、ナトリウム燃焼の消火には、左下の図のような特殊な化学消火剤で対応する必要があるものとなっております。

次に、(5)に記載のとおり、ナトリウムが直接皮膚に接触すると、アルカリ火傷を生じること、ナトリウムエアロゾルは、刺激臭を有して人体に有害ですので、消火活動を行う際には、右上の図に示すような防護服や空気呼吸器で装備して対応する必要があるものとなっております。

次に、(6)に記載のとおり、ナトリウムの燃焼後に残る燃焼残渣の中には、未反応のナトリウムが残っていることがありますので、表面を覆っている燃焼生成物のほうを除去した場合には、再度着火・燃焼に至る可能性がありますので、燃焼したナトリウムの回収作業の際には、適宜、特殊化学消火剤を散布するなど、再度、着火・燃焼に至ることがないように留意する必要があるものとなっております。ナトリウム燃焼に対する対策につきましては、ここで説明させていただいた特徴として講じるものとしております。

次に、11ページをお願いいたします。11ページ～12ページのほうに、ナトリウム漏えいの防止の設計のほうを記載しております。まず、ナトリウム漏えいの防止につきましては、(1)に記載のとおり、ナトリウムを含む配管、機器の設計、製作は、関連する規格、基準に準拠するとともに、品質管理や工程管理を十分に行うこと。

(2)に記載のとおり、ナトリウムを含む配管は、エルボのほうを引き廻して、十分な撓性を備えたものとする。

(3)に記載のとおり、耐震重要度分類がSクラス以外のナトリウムを含む配管・機器、ナトリウムが固化することによって漏えいの防止措置を講じるか、もしくはその損傷により漏えいが生じても、その漏えい量が少ないものを除きまして、基準地震動による地震力に対して、ナトリウムが漏えいすることがないように設計すること。

そのうち、2次冷却材ダンプタンクのほうにつきましては、2次冷却材の漏えいが生じて、緊急ドレンを実施しますけれども、その緊急ドレンを実施した後、長期間、そこでナトリウムを放置することを考慮しまして、弾性設計用地震動による地震力に対して、概ね弾性状態にとどまる範囲で耐えるように設計すること。

(4)に記載のとおり、冷却材の純度を管理することによって、ナトリウムを含む配管・機器の腐食を防止するとともに、肉厚管理を適切に行っていくものとしております。

次に、12ページをお願いいたします。ナトリウムを含む配管、機器の耐震設計につきましては、耐震重要度分類がSクラス以外のものにつきましても、ナトリウムを固化するか、もしくは配管・機器の破損を想定しています漏えい量が少ないものを除きましては、基準地震動による地震力に対してもナトリウムが漏えいすることがないように設定するものとしております。

こちらには、そのうち内包するナトリウムを固化するか、もしくは配管、機器の破損を想定しての、その漏えい量が少ないものとして対象としているものを表に記載しております。表に記載のとおり、ナトリウムが固化するということにつきましては、1次ナトリウム純化系、1次ナトリウム充填・ドレン系、2次ナトリウム純化系の一部を。

漏えい量が少ないものにつきましては、1次ナトリウム充填・ドレン系の一部と、各系統の圧力計の導圧管を対象としております。

詳細につきましては、13ページと14ページの系統図のほうに耐震設計の概要を示しておりますので、そちらで説明させていただきます。

13ページをお願いいたします。こちらには、1次系の耐震設計の概要を示しております。こちらの図の朱書きの部分が、耐震重要度分類がSクラスに該当するところで、青書きの部分がSクラス以外のところとなっております。青書きのうち、黄色でハンチングしている部分が、ナトリウムを固化することにより対応するところ。紫でハンチングしている部分が、想定される漏えい量が少ないところを示しております。

固化するところとしましては保守のために、原子炉停止後に1次冷却材をドレンする際に用います、1次ナトリウム充填・ドレン系の配管や容器や、1次冷却材のサンプリングのために用いるサンプリング装置などを対象としてございます。

漏えい量が少ないところとしましては、圧力系の導圧管のほうにナトリウム、カリウム合金を用いておりまして、その導圧管部と原子炉容器の右上のベーパートラップとか、1次オーバフロータンクの部分になりますが、ここにつきましては、捕獲されたナトリウムミ

ストが数キログラム溜まると、定期的に1次オーバフロータンクのほうに排出するためのラインとなっておりまして、ベーパーラップ、1次オーバフロータンクまでのライン対象としてございます。

次に、14ページをお願いいたします。こちらには2次系の耐震設計の概要を示しております。こちらの図の朱書きと緑書きの部分が、耐震重要度分類でSクラスに該当する部分で、青書きの部分がSクラス以外のものとなっております。

先ほどの1次系と同じく、青書きのうち黄色でハンチングしている部分がナトリウムを固化することにより対応すると。紫でハンチングしている部分が、想定される漏えい量が少ないところを示しております。

固化するところとしましては、2次冷却材のサンプリングのために用いるサンプリング装置のところを対象としております。漏えい量が少ないところとしましては、圧力計の導圧管部を対象としております。

次に、15ページをお願いいたします。15ページから17ページのほうには、冷却材のバウンダリの肉厚管理の考え方を記載しております。

まず、冷却材バウンダリの減肉の要因としましては、ナトリウム環境における腐食、流動による腐食、大気環境における腐食がありまして、このうちナトリウム環境における腐食が要因となっております。これにつきましては、下の対象部位の簡易図に示しておりますとおあり、腐食代を確保すること、ナトリウム中の溶存酸素濃度を十分に低く維持しまして、腐食環境を排除することによって管理しております。

具体的には、原子炉施設保安規程のほうで、設計上考慮した酸素濃度を下回る濃度で管理することを定めて、それによって設計上の腐食代を超えないように管理しております。

また、1次系のほうにつきましては配管のエルボ部を代表点として、2次系のほうにつきましては主冷却器の伝熱管を代表点として、定期的に外観を目視で確認しております。

また、主冷却器の伝熱管のほうにつきましては、大気と直接接触する構造となっていることに鑑みまして、大気環境における腐食も考慮して、定期的に肉厚を測定しております。

次に、16ページをお願いいたします。こちらには、1次系の外観確認の場所と結果の一例を示しております。1次冷却系の外観確認の場所につきましては、左の図の赤丸で示しております、1次主冷却系のコールドレグとホットレグを対象として、左下の図の検査孔からチューブを取り付けて、定期検査ごとに外観を確認するものとしております。

次に、17ページのほうをお願いいたします。こちらには、2次系の外観確認の場所と結

果の一例のほうを示しております。2次冷却系の外観確認の場所につきましては、主冷却系の冷熱管を対象としております。加えて、主冷却器の冷熱管につきましては、右上の図の白丸で示した部分の測定箇所から、肉厚測定を行うものとしております。

外観確認と肉厚の測定は、定期検査ごとに行うものとしておりまして。右下の図に、肉厚の測定結果の一例を示しておりますが、必要な肉厚0.4mmを有しているということを確認しております。

次に、18ページをお願いいたします。18ページ～24ページのほうには、ナトリウム漏えいの検知について記載しております。

まず、一つ目の記載のとおり、ナトリウム漏えいの検知には、ナトリウム漏えい検出器を用いまして、ナトリウム漏えい検出器として主冷却器、冷却器、補助冷却器以外は通電式のものを。主冷却器と補助冷却器につきましては、その構造を利用して光学式のものを用いております。

二つ目のポチには、誤作動の防止の方策のほうを記載しておりますが、こちらの説明の前に、各漏えい検出器の構造を、次のページで説明させていただきます。

19ページのほうをお願いいたします。こちらには、通電式の漏えい検出器の構造等を示しております。通電式の検出器のほうは2種類ありまして、一つは左側のプラグ型のものでして、検出器の先端と電極、シース保護管の間に直流電圧を印加してありまして、検出器にナトリウムのほうが達すると、電極とシース保護管が短絡されることを利用したものとなっております。こちらにつきましては、1次冷却系と2次冷却系のベローズ等の一部に設置しております。

もう一つは、右側のリボン型のものでして、二つの電極を絶縁物を間にして平行に配置して、電極とアースの間に直流電圧を印加してありまして、検出器にナトリウムが達すると短絡されることを利用したものとなっております。こちらにつきましては、2次冷却系の配管に設置しております。

次に、20ページをお願いします。こちらには光学式の漏えい検出器の構造等を示しております。光学式の検出器は、左の図のように冷却器の出口ダクト部に設置してありまして、冷却器等の中でナトリウムが漏えい、燃焼して生じたナトリウムエアロゾルによって光の透過率が減少することを利用したものとなっております。こちらにつきましては、主冷却器と補助冷却器におのこの設置しております。

再度、18ページをお願いいたします。二つ目のポチの誤作動の防止になりますが、誤作

動の防止につきましては、先ほど説明させていただいた漏えい検出器の構造や動作原理を考慮しまして、通電式の漏えい検出器では、誤作動の要因として金属片などの異物が混入することが考えられますので、検出器の件数を二重構造の間隙や金属製シートの間に設けることによって対応することとしております。これにつきましては、設計、製作の際には洗浄管理などによって異物の混入に留意した対応をさせていただきます。

次に光学式の検出器のほうになりますが、光学式の検出器では誤作動の要因として、ほこりや電氣的ノイズに応答する、してしまうことが考えられますので、それに応答することがないような回路とすることによって対応します。

また、これらの方策を講じたにもかかわらず、単一の漏えい検出器が誤作動した場合には、同様の判断を同じエリアの火災感知器の作動、現場の確認などを併せて行うことで対応することとしております。

次に、三つ目のポチに、検出に係る設備の電源について記載しておりまして、漏えいの検知に用いる設備につきましては、外部電源を喪失した場合にも機能を喪失することがないように主要電源設備から電源を供給するものとしております。

次に、四つ目のポチに、漏えい検出器が作動した場合の中央制御室での確認について記載しておりまして、詳細は次のページ以降で説明させていただきますが、漏えい検出器が作動した場合には、中央制御室に警報を発し、かつ漏えい場所を特定できるようなものにします。また、原子炉運転中に窒素雰囲気維持します格納容器の床下を除いて、2次冷却材を含む配管・機器を設置する場所のほうには、監視用ITVを設置して中央制御室のモニタで状況を確認できるようにします。

次に、21ページをお願いします。こちらには漏えい検出器の配置の考え方のほうを記載しております。基本方針に記載しておりますとおり、漏えい検出器はナトリウムを含む配管、機器の構造などを考慮して、適切に配置するということをしております。

まず、1次系のうち、原子炉冷却材バウンダリに則する構造になりますが、原子炉冷却材バウンダリに該当するところは二重構造としておりまして、プラグ型の通電式の漏えい検出器を、相対的に漏えいの発生する可能性の高い配管のエルボ部ですとか、ベローズ構造を有する弁に配置することとしております。

また、原子炉冷却材バウンダリ以外の1次系につきましては、配管などの外側に金属製のシートを敷設しておりまして、プラグ型の通電式の漏えい検出器を、配管と金属製シートの間に全体をカバーできるように考慮して配置することとしております。

次に、22ページをお願いします。次に、主冷却器と補助冷却器を除く2次系についてになりますが、リボン型の通電式の漏えい検出器を相対的に漏えいの発生する可能性の高い配管のエルボ部の配置を考慮しまして全体をカバーできるように、また、そのベローズ構造を有する弁部については、プラグ型の通電式のものを配置することとしております。

主冷却器と補助冷却器のほうにつきましては、その機能上、外気と直接接触することになりますので、それを考慮して出口ダクトに光学式の検出器を配置することとしております。

次に、23ページをお願いします。こちらには、1次系の漏えいが発生した際の、中央制御室への確認方法を示しております。まず、漏えい検出器が作動すると、中央制御室の1次制御盤に警報が発せられて、そこでどの系統の漏えい検出器が作動したかを確認できるものとなっております。

また、漏えい検出器単位での作動状況につきましては、原子炉附属建物の1階の部屋で確認することも可能なものとなっております。

次に、24ページをお願いします。こちらには、2次系の漏えいが発生した際の中央制御室での確認方法を示しております。基本的には1次系と同様になりますが、漏えい検出器が作動すると中央制御室の2次制御盤のほうに警報が発せられて、中央制御室内の漏えい警報盤のほうで、検出器が作動した場所を部屋単位で確認することができるものとなっております。

後ほど説明させていただきますが、緊急ドレン等の照査を行うため、現場へ移動する際には、ここで漏えいの発生している部屋を確認して、アクセスルートのほうを判断して移動することになります。

次に、25ページをお願いします。こちらにはナトリウム燃焼の感知について記載しております。一つ目と二つ目のポチに記載のとおり、燃焼の感知のほうはナトリウム漏えいの検知を起点として、漏えい検出器で兼用することとしております。

漏えい検出器のほうにつきましては、先ほど説明させていただいたとおり、誤作動、電源や中央制御室での監視について考慮した設計としておりますので、火災防護基準の火災を感知する要求に適合するものとなっております。

三つ目のポチに記載しておりますが、火災防護対象機器を配置する火災区域、もしくは火災区画のほうには、火災防護基準に適合する一般火災に対応するための煙の感知器や、熱感知器の感知器を設置しますが、その動作原理からナトリウム燃焼にも適用できるもの

となっております。

煙感知器や熱感知器の配置につきましては、次回以降の審査会合で火災防護対象機器の選定、配置などに併せて御説明させていただきます。

ここで一旦、説明を区切らせていただきます。

○山中委員 ここまでで質疑に移ってよろしいですか。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） はい。よろしくお願いいたします。

○山中委員 じゃあ、ここまでの説明に関しての質問、コメント、ございますか。

どうぞ。

○片野チーム員 原子力規制庁の片野でございます。

御説明ありがとうございました。まずは漏えい対策のところを確認をさせていただきたいと思います。

ページで言うところの11ページになります。まず、要求事項として書いてあることとしては、ナトリウム漏えいをさせないでくださいと。なので、地震による頑健性を確保するというので、耐震Sクラス、またはSs機能維持の設計としてくださいということであったと思います。

基本そういうことだと理解はするんですけども、ここの(3)のところですね。一部そうではないところがありますという説明がありまして、この部分は、ナトリウムが固化するところと、それから漏えい量が少ないところと言っている。

ナトリウムが固化するところであれば、まあ、そうかなというふうにも思うんですけど、これ漏えい量の話で言うと、ただ少ないからということで、Ss機能維持ができない、しないというのは、すぐには分かったとは言えないところなんですけど、ここを、漏えい量が少ないから除くという考え方を、もう少し解説してもらえませんか。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） 原子力機構、権代です。

ここで漏えい量が少ないものとしているところになりますが、量としては数kg程度になるようなところを考えておりまして、具体的にどういった考えかといいますと、例えばそういうところで、そういう量の漏えいが発生しても、その漏えいに伴います雰囲気温度上昇等は小さいことですか、また、ナトリウムとコンクリートの反応の防止の観点で、ライナや受樋を設置してございますが、仮にそれがないと仮定してコンクリートと反応するようなことを考えても、水素の発生量は少ないといったようなところは対象に考えておりまして、そういったところを踏まえて、火災による損傷防止の観点で、火災源として

考慮することが不要なものと考えて、今回、そういったものを追加しております。

○片野チーム員 原子力規制庁の片野でございます。

考え方として、そういうことを述べるのは分かるとしても、ただ、やっぱり設計として、この耐震SクラスまたはSs機能維持で頑健に造ってくださいというところで、いや、これは影響が少ないから壊れてもいいんですというのは、設計の考え方としてはあまり受け入れにくいなと思っているんですね。

ここは、やっぱり耐震的に強化するのは非常に難しいとか、何かそういった実態もあるということなんでしょうか。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） 原子力機構、権代です。

そうですね、やはりこういった部分、耐震でSs機能維持、Sクラス、基準地震動によるというところで、十分な健全性を持たせるというところが厳しい部分にもなっております、そういったところもございます。

○片野チーム員 原子力規制庁の片野でございます。

ここ、そういうことであれば、どのぐらいというのものもあるんで、まず、その耐震として、頑健性をもたせることが現実的にできるかできないかという話もあって、その辺の検討もした上で、量が少ないということだけではなくて、区画がどのぐらいのところに漏れているとか、影響範囲がどうかというのは、今、口頭では御説明があったんですけども、その点も説明を聞いた上で、ここは判断していきたいと思っています。

実際、13ページとかを見ますと、ピンクというか紫のハッチングの系統ですよ。それなりのラインがありますということで、長さがそれなりにあるところなんで、これどういう区画にわたっての配管なのかというのを、まだ、今の時点では分からないので、その区画にある機器ですとか、その影響というのを、皆さんとしては、ないということで今、言っておられるんですけど、そういうのを確認した上でということになりますので、まず、ここは漏れたときの影響がどんなものかとか、耐震性の向上は可能かということも含めて、今後御説明をいただきたいと思っています。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） 原子力機構、権代です。

承知しました。今、御指摘いただいたところを踏まえて、ここの詳細な部分、どういったところになっているのかですとか、漏れいした場合にどこに漏れてとか、影響はどの程度かというところを詳細にまとめて、次回以降、審査会合で御説明させていただければと思います。

○有吉チーム員 すみません。原子力規制庁、有吉です。

権代さん、今のこの13ページで、ちょっと違和感があるのは、今、片野さんが言った、ベーパートラップから下に落ちているところですね。ここは、要するにカバーガス等へのバウンダリになりませんか。1次アルゴンガス系を通るところでしょう。

○日本原子力研究開発機構（高松課長） 原子力機構の高松です。

この紫の、13ページの紫のラインは、通常はその上、アルゴンガス系のベーパートラップとありますけども、ベーパートラップにたまったナトリウムを流す配管になっています。

なので、いつもナトリウムがたまっているわけではないんですけども、ベーパートラップにナトリウムトラップされて落ちてくる。で、ある程度たまると下のダンプタンクに流すんですけども。その間についてもナトリウムがたまっている状況になっているときがあるというふうな形になります。

以上です。

○有吉チーム員 いや、質問はね、カバーガス等のバウンダリですかというのが質問なんです。イエスかノー、どちらですか。

○日本原子力研究開発機構（高松課長） そうですね。カバーガスのバウンダリにも該当する形になるかと思えます。

○有吉チーム員 だから、バウンダリの一部、カバーガス等のバウンダリの一部になるわけでしょう。

○日本原子力研究開発機構（高松課長） そうですね。はい。

○有吉チーム員 そうすると、ナトリウムが漏えいしないからというだけで、ここはSs機能を維持しませんという理屈は通じないんじゃないでしょうか。

1次アルゴンガス系がSs機能を維持するというんだったら、ここも、それを考えないと。あるいは、万一のときに備えて隔離できるようにしておかないと、漏えい量だけでこれは、判断するのはおかしいんじゃないですかというのが趣旨なんです。

○日本原子力研究開発機構（高松課長） はい、承知しました。そうですね。BDBA資機材としてのSs機能維持のときの対応をどうするんだという御指摘と理解しました。検討させていただきます。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

どうぞ。

○片野チーム員 原子力規制庁の片野です。

続けて、今、ちょうど13ページ、出していただいていますので、その関係でもお聞きしたいと思います。

やっぱりその、Ss機能維持しないというところになってくると、やっぱりこちらとしても細かく、どういう考えかというのをお聞きする必要があって、続けてお聞きするんですけども、この、今、配管の話がありました、右側のほう、圧力計ですね。あと、14ページも圧力計のところは弱いということです、維持しないということでは言っているんですけど、これも、この圧力計というのが、漏れたときの影響は少ないということもあるのかもしれませんが、そもそもこれ運転とかに使っているものじゃないんですかということ、こういう圧力計ですとか、ほかにこういう計測器があるのかというのが、ここでは見えてこないんですけども。

漏えいという観点もあるんですけど、それだけじゃなくて必要な計器として、これあるんじゃないかということから言うと、これ単に漏れていいということにはならないようにも思うんですけども。これ計器の重要性とかからも考えて、地震に対してですね、維持する必要はあるかどうかというのは、御説明をいただきたいと思っています。

○日本原子力研究開発機構（高松課長） 原子力機構の高松です。

承知しました。整理して御提示したいというふうに考えますけれども、以前、計測制御系統施設で御説明させていただきましたけれども、重要なものというような形でいくと、原子炉出入口温度等々の温度関係がメインになってございます。

今回、維持しないとしたものについては、基本的に圧力計というような形になっていまして、その点の取扱いについて整理させていただければというふうに思っています。

以上です。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

どうぞ。

○小舞チーム員 すみません。原子力規制庁の小舞です。

私のほうから漏えい対策について、3点ばかりございます。

まず、1点目なんですけども、冷却材のナトリウムのバウンダリの減肉としては、このナトリウム環境での腐食と。ナトリウム環境の腐食は、ナトリウムの純度管理を行えば、十分低減できるということは我々も理解しているんですけども、16ページを開けていただきたいんですが。ありがとうございます。

この16ページは、1次冷却系のエルボ部の配管のところに観察の窓があって、ここで外観目視検査をするということの説明でしたけれども、この外観による確認だと内側の腐食というのは分からないだろうということで、肉厚管理というのはしないのかと、その辺を確認したいと思うんですが、いかがでしょう。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） すみません。原子力機構の山本ですけれども、こちらの検査は外観検査ですので、こういった疲労破損が起りやすい箇所、相対的に起りやすい箇所について、そういった、ひび割れ等がないかを外観で確認しているという位置づけの検査になります。

今、御指摘をいただきました肉厚の検査については、当該場所は通常の検査では行っていないというのが現状の運用でございます。

○小舞チーム員 はい。すぐ分かりましたとは言いづらいところはあるんですけれども、その考え方をちょっと次回以降、説明いただきたいと思います。大丈夫でしょうか。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） 承知いたしました。考え方を整理して、次回以降の審査会合で御説明をいたします。

○小舞チーム員 はい。ありがとうございます。

引き続き2点目、ございます。19ページを開けていただきたいんですけど。ありがとうございます。こちらの19ページ目に、ナトリウム漏えいの検出器について御説明いただきました。このナトリウム漏えい、特にこの19ページに書いてあるような種類のものは、ナトリウムが非常に電気をよく通すという特徴を使ったものであって、非常にシンプルなものであるというもので理解はしております。ただ、この検出器の点検とか保守管理というものは、どういうふうに行われているのかというのを次回以降、御説明いただきたいと思います。

その中に、これまで検出器は、単純な構造ではあるんですけれども、故障によって交換した例があるのか。あるいは、検出器が故障したら、故障したことを検知できるようになっているのかといったようなこと。

それから、この故障をした場合に中央制御室で、ここが故障したんだと分かるのかといったようなところを次回以降、御説明いただきたいと思います。この点、いかがでしょうか。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） 原子力機構、権代です。

承知しました。今、御指摘いただいた点、まとめて整理して、次回以降の審査会合で御

説明させていただければと思います。

○小舞チーム員 ありがとうございます。

引き続きまして、3点目なんですけど、23ページを開けていただきたいんですけども。ありがとうございます。ここ、赤枠が多いところで恐縮なんですけれども、ここは中央制御室で、どこのナトリウム漏えい検出器が反応したのかというのが、ここで分かるようになっていてという説明のページなんですけれども。この中央制御室は、これで分かると、検知の場所が分かるというのは理解したんですけども、この現場でも、こういうのが確認できるようになっているのかというところを確認したいので、これは次回以降、御説明を追加していただけたらと思います。いかがでしょう。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） 原子力機構、権代です。

現場での確認のほうになるんですけども、こちらのページの下方の※のところにも書かせていただいているんですけども、原子炉附属建物の1階のほうで、個別の漏えい検出器、どこが作動したかというのを確認できるようにもなっております。

この点につきましては、もう少し詳細を整理して、次回以降の審査会合で御説明させていただければと思います。

○小舞チーム員 ありがとうございます。

引き続きまして、もう一点だけございます。今まで、漏えい対策という観点で、3点ばかりお話ししたんですが、次は、実際に漏えいが起きた後の作業ということで、確認させていただきたいと思います。

私からは以上です。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

それでは、引き続き、資料の説明をお願いできますでしょうか。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） 原子力機構、権代です。

それでは、残りの部分の説明をさせていただきます。26ページからをお願いします。

すみません。26ページと27ページのほうには、ナトリウム漏えいが発生した際のナトリウム燃焼の抑制の対策について記載をしております。

本ページには、燃焼の抑制対策のほうを記載しておりますけれども、こちらにつきましては27ページの概念図のほうと併せて説明させていただきます。27ページをお願いいたします。こちらの概念図につきましては、ナトリウムを含む配管・機器を設置しております建物と、それらの配管・機器の配置を示したものとなっております。

まず、図の格納容器のところになるんですけれども、格納容器の床下のほうには1次系の冷却材を含む配管・機器と、2次冷却材を含む配管・機器の一部の部分を設置しております。このうち、図の中ほどの原子炉容器を含む原子炉冷却材バウンダリにつきましては、二重構造となっております、その間隙を窒素雰囲気にて維持しております。二重構造の内側に破損が生じた際には、漏えいしたナトリウムをこの間隙で保持することによって、ナトリウム燃焼を抑制できるようにします。

次に、格納容器の床下に配置します原子炉冷却材バウンダリに該当するところ以外での漏えいになるんですけれども、そこで漏えいが発生した場合につきましては、原子炉の運転中は格納容器の床下を窒素雰囲気にて維持することによって、漏えいしたナトリウムの燃焼を抑制できるようにします。

次に、2次冷却材を含む配管・機器等のほうを設置しております主冷却機建物と、原子炉附属建物で、2次冷却材の漏えいが発生した場合になりますが、こちらは空気雰囲気となっておりますので、こちらで2次冷却材の漏えいが発生した際には、漏えいの発生した系統の冷却材を、2次冷却材ダンプタンクへ緊急ドレンして、漏えい量を低減することによって漏えいしたナトリウムの燃焼を抑制できるようにします。

次に、28ページをお願いします。28ページと29ページに、ナトリウム燃焼の消火の対策について記載しております。ナトリウム燃焼の消火につきましては、一つ目のポチに記載しておりますとおり、左側の図に示しております特殊化学消火剤を装填した可搬式の消火器を用いて行うこととしております。この消火活動の際には、ナトリウム燃焼の特徴のほうで説明をさせていただいたナトリウムのナトリウムエアロゾルは、人体に有害であるというものですので、右上の図に示しております防護服や空気呼吸器等の防護具を装備して行うものとしております。

これらの資機材の配置につきましては、次のページのほうで説明をさせていただきますが、特殊化学消火剤の配備量のほうにつきましては、三つ目のポチに記載しておりますとおり、十分な用量を備えることにしております、具体的にはナトリウムを含む配管、機器を設置するエリアの向上を考慮しまして、原子炉施設内で1トン以上を保有するものとしてございます。

また、二つ目のポチに記載しておりますが、消火器や防護服などの資機材の習熟度の向上を図るために、原子炉施設保安規定にて、緊急作業従事者を対象に年1回以上訓練を行うものとしております。

また、下部規定のほうで、この訓練につきましてはナトリウムを取り扱う全ての者まで対象を広げて行うものとしております。

次に、29ページをお願いします。まず、消火器の配置につきましては、上段に記載しておりますが、ナトリウムを含む配管・機器を設置するエリアに1～2本程度を分散して配置するとともに、これに加えてナトリウムを含む配管・機器を設置するエリアに至る経路にも、防護具とともに配置をして、必要に応じて持参できるようにしております。

また、ナトリウムを含む配管・機器を設置するエリアのうち、格納容器の床下のほうにつきましては、原子炉停止後に保守のため、窒素から空気雰囲気へ置換した際に配備するものとしております。

こちらにつきましては、置換の際に漏えいが発生した際に置換を停止するとともに、可能な限り酸素濃度を低下させることによって対応するものとしております。

また、特殊化学消火剤の消火器が破損した際の影響について、下段に記載しておりますが、消火器が配置場所で破損しても、消火剤の成分のほうは物理的・化学的に安定なものとなっておりますので、機器等に影響を及ぼすことがないものとなっております。

次に、30ページをお願いします。30ページ～37ページのほうには、ナトリウム燃焼の影響軽減の対策について記載しております。

まず、こちら、格納容器の床下で漏えいが発生した際の対策についてになりますが、先ほど説明させていただいた燃焼の抑制の対策に加えて、耐火能力を有する壁で分離すること。床面が鋼製のライナに堰を設けて漏えいの広がりを抑制、反応面積を低減することができるようにします。

次に、31ページをお願いします。こちらのほうには、格納容器の床下で1次冷却材の漏えいが発生した際の、主な対応を記載しております。主な対応としましては、漏えいの判断、漏えい警報のほうを起点としまして、オーバフロータンクの液位低下、もしくは複数の漏えい検出器の作動から行います。

漏えいと判断して、条件によっては自動でスクラムする場合もございますが、原子炉手動スクラムによって停止して、停止した後の冷却系の状態を監視します。

また、漏えいしたナトリウムが格納容器の床下のほうで保持される状態と、格納容器内の温度等が原子炉保護系のアイソレーションの作動設定値に達した際には、格納容器が自動で隔離されるということを確認・監視していきます。

最後、最終的に漏えいしたナトリウムの回収作業のほうにつきましては、④のほうに記

載しておりますが、回収作業は作業員が格納容器の床下に入域して行うこととなりますので、漏えいしたナトリウムの温度が十分に低下してから徐々に空気を導入して、格納容器の床下を窒素から空気雰囲気置換して、その後、被ばく防止の措置を講じた上で防護具を装備した作業員が、格納容器の床下に入って、漏えいしたナトリウムを金属製の容器に封入して、格納容器の床下から搬出していきます。

この作業の際には、ナトリウム燃焼の特徴のほうで説明させていただきましたが、表面の被膜を除去することなどによって、再度、着火、燃焼する可能性がございますので、特殊化学消火剤のほうを適宜散布することによって、そのようなことがないように作業を進めます。搬出したナトリウムにつきましては、メンテナンス建物の方に、ナトリウムを処理する設備を有しておりますので、そこで安定化処理のほうをします。

ナトリウムの回収作業につきましては、これまでに2次冷却材にもなりますけれども、もんじゅの2次冷却材漏えい事故時に床に堆積した漏えいナトリウムの回収作業ですとか、常陽のMK-Ⅲの改造工事の際に、1次冷却系の配管を切断して、そこに残留していたナトリウムを除去したといったような実績を有してございます。

次に、32ページをお願いいたします。32ページから37ページには、主冷却機建物や原子炉附属建物のほうで2次冷却材の漏えいが発生した際の、影響軽減の対策について記載しております。

主冷却建物や原子炉附属建物で2次冷却材の漏えいが発生した際には、先ほど説明させていただいた燃焼の抑制対策のほうに加えて、耐火能力を有する耐火壁などによって分離すること。

あと、床面の鋼製ライナに堰を設けて、ナトリウムの広がりを抑制、反応面積を低減できるようにすること。漏えいしたナトリウムはナトリウム溜で保持できるようにすること。水素の蓄積するおそれがある場所については、窒素ガスのほうを供給して、燃焼を抑制して、水素の蓄積のほうを抑制できるようにすること。あと、換気空調設備の停止、防煙ダンパの閉止によって、ナトリウムエアロゾルの拡散が防止できるようにすることとしております。これら影響軽減のうち、緊急ドレン、ナトリウム溜での保持、窒素ガス供給と換気空調設備の停止、防煙ダンパの閉止につきましては、次以降のページで説明させていただきます。

次に、33ページをお願いいたします。こちらには、緊急ドレンについて記載しております。緊急ドレンは2次冷却材の漏えいが発生した際に漏えい量を低減するために行うもの

となっております。緊急ドレンの操作につきましては、図の丸の破線で囲んでおりますドレン弁とベント弁を、現場で運転員が手動で開けることによって行います。この操作に要する時間につきましては、現場への移動時間や操作時間を考慮して、30分程度となっております。

また、ドレン弁とベント弁は、フレキシブルシャフトを用いて、ナトリウムを含む配管機器から離れた位置で操作できるようにするとともに、中央制御室から操作場所のほうへ移動する際の接続のほうは多重化してございます。

また、緊急ドレンについて、下方のように記載しておりますが、その四角の破線で囲んでいる主中間熱交換器などの一部につきましては、その配管の関係から、緊急ドレンの際に、その部分の冷却材のほうは、ドレンできずに残存することになりますが、主冷却機建物に原子炉附属建物に漏えいするナトリウムを低減する観点には影響がなくて、また、その部分は格納容器に、床下に位置しておりますので、仮にそこで破損が生じたとしても漏えいしたナトリウムの燃焼を抑制できるようになっております。

次に、34ページをお願いします。こちらには、ナトリウム溜について記載しております。ナトリウム溜につきましては、主冷却建物にループごとに設置しております。主冷却機建物で漏えいしたナトリウムを受樋ライナから連通管を介して、そこで保守できるようにしております。ナトリウム溜の用量につきましては、約58m³となっております。一方で、ループ辺りのナトリウムインベントリは約30m³となっておりますので、漏えいしたナトリウムを十分に保持できるようになっております。

また、受樋からナトリウム溜へ輸送する際について、貫通クラックのような大きな漏えいを想定した場合には、液深のほうは約5cm程度となりますので、受樋の深さはこれ以上となるように、例えば既設の受樋では45cm以上の深さとしておりまして、その過程で受樋からナトリウムがあふれることがないものとしております。

次に、35ページをお願いします。こちらには、窒素ガス供給について記載しております。ナトリウムを含む配管・機器を有するエリアのうち、図に示しております主冷却機建物の配管室などにつきましては、配管機器の配置の関係から、その漏えいの継続時間が長くなることや、部屋の体積が小さいことと相まって、その漏えいが発生した際に水素が可燃限界濃度まで蓄積するおそれがあると評価しておりまして、水素の蓄積を制するためにこの部屋で漏えいが発生した際には、緊急ドレン操作を行った後、窒素ガスのほうを供給して、燃焼を抑制すると。それによって、水素の蓄積のほうも抑制するというようにしております。

す。

次に、36ページをお願いします。こちらには、ナトリウムエアロゾルの拡散を防止するための対策について、記載しております。ナトリウムエアロゾルの拡散につきましては、漏えいが発生した際に、漏えいが発生したエリアの換気空調設備を停止するとともに、防煙ダンパを閉止することによって抑制できるようにします。これらの動作につきましては、火災感知器と連動して、自動で能動させるものとし、仮に自動で動作しなかったとしても、手動で停止できるようにしております。

また、下段に記載しておりますが、エアロゾルによる防煙ダンパの腐食につきましては、腐食の速度は非常に遅く、それによって防煙ダンパが損傷することはないものとなっております。

次に、37ページをお願いします。こちらには、主冷却機建物や原子炉附属建物で、2次冷却材の漏えいが発生した際の今後の対応を記載しております。主な対応としましては、漏えいの判断を漏えいの警報を起点とし、火災感知器の作動、監視ITVによる確認、2次冷却材ダンプタンクの液位低下、もしくは複数の漏えい検出器の作動の確認から行い、漏えいと判断して、条件によっては自動でスクラムする場合がございますが、原子炉を手動スクラムによって停止して、原子炉が停止した後の冷却系の状態を監視すると。

これに並行して、ナトリウム燃焼の影響軽減について行っていますが、影響の軽減としては漏えいが発生したエリアの換気空調設備が自動で停止すること、防煙ダンパが閉止することを確認します。

また、現場のエリアで緊急ドレンを行うために必要な弁の照射を行って、緊急ドレンを始めて、その後、漏えいが発生したエリアが配管してある場合には、窒素ガスの供給を行います。

最後、漏えいナトリウムの回収作業になりますが、基本的には格納容器、床下での対応と同様に、作業員が金属製の容器に漏えいしたナトリウムを回収、搬出して、メンテナンス建物のほうで安定化处理することになります。

次に、38ページをお願いいたします。こちらには、ナトリウムと構造材に反応防止するための受樋、ライナの概要を記載しております。漏えいしたナトリウムとコンクリートの接触につきましては、次に示しております受樋、またはその床ライナによって防止するものとしております。

影響評価の中では評価しておりますが、受樋、ライナの設計につきましては、ナトリウ

ム燃焼環境下での腐食を考慮したものとしております。

次に、39ページをお願いします。39ページ以降に、燃焼影響評価について記載しております。まず、評価の基本方針になりますが、こちら①～⑤の記載のとおりでして、①としてほかの系統は機器が健全なものと仮定して、一系統の単一の破損を想定する。

②として二重構造の配管・機器につきましては、漏えいをしたナトリウムは、その外管により保持されることを考慮すると。

③として、窒素雰囲気維持する格納容器の床下につきましては、窒素雰囲気によって燃焼を抑制できるために、空気置換した際の影響を評価すると。

④として、漏えい口の大きさとして、貫通クラックを想定すると。

⑤として、漏えい停止機能を考慮することとしております。

これらのうち、②と③のほうにつきましては、13条の運転時の異常な過渡変化と設計基準事故の拡大の防止の項におきまして、設計基準事故の一つとして想定しております1次冷却材漏えい事故のほうで評価しておりますので、本資料では2次冷却材の漏えいを想定した場合の影響評価について、記載しております。

次に、40ページをお願いいたします。こちらには、2次冷却材漏えい時の評価の際の判断基準について記載しております。2次冷却材の漏えいにつきましては、一系統で発生した漏えいによって、健全な系統へ影響を及ぼさないことを確認することとして、(i)の水素濃度が可燃限界濃度に達しないこと。具体的には4%を超えないこと。

(ii)のライナまたは受樋が腐食後、損傷しないこと。具体的には、その腐食、減肉量が、それぞれの厚みを超えないこと。

(iii)のコンクリートを損傷しないこと。具体的には、コンクリートの温度のほうは、200℃を超えないことを判断基準としております。

次に、41ページをお願いいたします。影響評価につきましては、2次冷却材を含む配管・機器を有する部屋がございますが、その代表的な例を想定して、評価を行うこととしておりまして、こちらには評価の対象とした部屋について考え方を記載しております。

評価の対象とした部屋につきましては、低所に配置する配管・機器が破損しますと、相対的に漏えい量と漏えい継続時間のほうが長くなること。漏えいの発生した部屋の体積が小さいほうが、発生した数値の濃度が高くなること。配管破損の特徴として、エルボ部に代表される応力集中部での疲労破損が相対的に注意すべきところとなっていること。

ナトリウムとコンクリートの接触を防止するために、受樋、またはライナを用いること

を考慮しまして、主冷却機建物内の前室と配管室と呼びます部屋を対象として、それぞれ評価のほうを行っております。

次に、42ページをお願いします。42ページから46ページに、配管室の評価について記載しております。配管室で漏えいが生じた際の、主な手順をこちらに記載しておりますが、先ほどの影響軽減で説明させていただいた内容のおりとなっております、手順としては、漏えいを判断して原子炉停止、換気空調設備の停止、防煙ダンパの閉止を確認。緊急ドレンの開始、その後、窒素ガスの供給を開始することになります。

これらの手順として、所要時間と対応に必要な要員数を、下の表に記載しております。

次に、43ページをお願いします。こちらには、評価に用いた計算コードと、解析体系の概要を記載しております。本評価のほうにつきましては、計算コード、SPHINCSにより行っております。解析体系につきましては、配管室、ナトリウム溜、外気で模擬しております。換気空調設備の停止や窒素ガス供給を考慮することができるものとしております。

次に、44ページをお願いします。こちらには主な解析条件を記載しております。解析条件のうち、漏えい率につきましては、貫通クラックを想定するとともに、伸び率は小さいほうが漏えい継続時間のほうが長くなりまして、その結果、ライナが高温状態となる時間も長くなって、腐食の観点で厳しい結果を与えることとなりますので、こちらでは小漏えいについての影響を評価しております。

また、緊急ドレンや窒素ガス供給についても考慮することとしておりますが、緊急ドレンのほうにつきましては、貫通クラックのほうで想定しますと、緊急ドレンを開始するまでに、破損位置より上側の冷却材のほうが全て系統外に想定することで、漏えいが停止する結果となっております。

次に、45ページをお願いします。こちらには、主な解析結果として、雰囲気の方の水素の濃度、コンクリート温度のほうを記載しております。左側は、貫通クラックを想定した場合で、右側が小漏えいの結果となっております。

貫通クラックの場合ですと、破損位置より上方の冷却材が全て系統外に漏えいする約23分後まで漏えいが継続して、その際の漏えい量は約17トンとなっております。

この際の水蒸気濃度の最大値は約2.3%で、コンクリートの最大温度は約120℃となっております。

一方で、小漏えいの場合ですと、緊急ドレンにより漏えいが停止する約270分後まで漏えいが継続して、その際の漏えい量は約50kgとなっております。

小漏えいのほうは、熱的な影響のほうは小さくて、水蒸気濃度の最大値はコンクリート温度の上昇はわずかなものとなっております。

次に、46ページをお願いします。

こちらには床ライナ温度と、それに基づく床ライナの腐食減肉量の評価結果を記載しております。腐食減肉量の評価についてになりますが、腐食機構として、ナトリウム鉄複合酸化型腐食と熔融塩型腐食の二種類がございまして、こちら、熔融塩型腐食につきましては、もんじゅの2次冷却材漏えい事故の原因究明のために実施した実験で確認されたものでして、その実験では燃焼面に外気を直接吹きつけたこと等から、雰囲気条件となったことによつて、熔融塩型腐食の要因となります水酸化ナトリウム等の反応生成物が多量に発生したことが原因となっております、そのような状況にはならないように、漏えいが発生した際には換気空調設備を停止する対策を講じることにしておりますので、ここでの評価については、もんじゅの2次冷却材漏えい事故ですとか、そのほかに行った実験で確認されておりますナトリウム鉄複合酸化型腐食を想定しております。

腐食減肉量につきましては、漏えいの継続時間、床ライナが高温となる時間の長い、小漏えいのほうが大きくなりますが、その場合でもライナの厚み6mmに対して約1.7mm程度となっております。これらの結果から、配管室で漏えいが発生しても、健全な系統に影響を及ぼすことはないものと評価しております。

次に、47ページをお願いします。47ページ以降は、前室の評価になっております。主な手順になりますが、窒素ガスを供給することを除きまして、配管室と同様の手順になってございます。

次に、48ページをお願いします。解析体系につきましても、前室で受樋を対象としていることや、窒素ガスの供給を行わないということ以外は、配管室と同様なものとなっております。

次に、49ページをお願いします。主な解析条件につきましても、破損位置の相違などによつて漏えい率の値が異なることすとか、窒素ガス供給以外のところでは配管室同様となっております。

次に、50ページをお願いします。こちら、前室での評価結果になりますが、貫通クラックを想定した場合は、破損位置の情報の系統内の冷却材の全てが漏えいする、約19分後に漏えいが停止して、漏えい量は約12トンとなっております。一方、小漏えいにつきましては、緊急ドレンによる漏えいが停止する約120分後に、漏えいのほうが停止して、漏えい

量は約15kgとなっております。

配管室と同様に、貫通クラックを想定した場合のほうは、水蒸気濃度とコンクリート温度のほうは高くなっておりまして、それぞれ約0.58%、約64℃となっております。

次に、51ページをお願いします。受樋の減肉量になりますが、配管室同様に小漏えいのほうが大きくて、受樋の厚み3.2mmに対して約0.62mmの減肉に至る結果となっております。これらは、前室についても漏えいが発生しても、健全な系統に影響を及ぼすことがないものと評価しております。

本資料の説明は以上となります。

○山中委員 それでは質疑に移ります。質問、コメントはございますか。

○小舞チーム員 すみません。原子力規制庁の小舞です。

今、御説明いただいた、漏えいして燃焼が起きた後の、話なんですけれども。28ページを開けていただけますか。先ほど言いかけてしまったんですけれども、ここの28ページのところに、いろんな、どういう作業の、作業するときの格好とかも示していただいています。

実際、こういった作業服を着て、ボンベを背負いながら、最終的にナトリウムを金属の容器の中に入れて回収するということだったんですけれども、こういった作業をする際に、こういったエアロゾルとかも出てくると思うので、空気ボンベとかも使うということで、こういったものを、空気ボンベの持続時間とか、交換、空気ボンベを替えていくといったような作業も含めて、作業手順というのを今後説明して行っていただきたいと思います。よろしくをお願いします。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） 原子力機構、権代です。

今、御指摘いただきました回収、漏えいナトリウムの回収作業等で空気呼吸器の用量につきましては整理して、次回以降の審査会合で御説明させていただければと思います。

○片野チーム員 原子力規制庁の片野でございます。

ちょうど今、消火の話が出ていますので、この関係で二つ確認をさせていただきたいと思います。

まず、今の28ページの下のところ*2というところで、消火剤の量ということで、1トン以上を有するというふうに書かれております。消火剤の量をどのぐらい用意するのかというのは、多分想定する火災などにもよると思うんですけど、例えば軽水炉とかで、その消火に必要な水の量というのは、基準の中に何リットル用意しろというのはあるんですけ

ど、ナトリウムの場合だと、火災によってどのぐらい用意すればいいのかというので言うと、1トン以上というのが適切かということがあるんですけど、これはどういう考え方で決めているのかというのがあるか、ここは御説明をいただきたいと思います。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） 原子力機構、権代です。

こちらに記載の2条についてになりますが、こちら、特殊化学消火剤を充填した消火器によるナトリウム燃焼の消火につきましては、プール状に漏えいしたナトリウムのところに消火剤のほうを散布して、消火することになります。

といったところを踏まえまして、あとはナトリウムを内包する配管及び機器を設置しているエリア、部屋になるんですけども、その床面積から考えまして、必要な用量を計算して1トン以上というところにしてございます。

○片野チーム員 ありがとうございます。そうしますと、その漏えい区画の面積で、ナトリウムを漏えいした床を覆うというような考え方から決めているということだと思いますので、ここは今、まだ火災区画の話ですとか、防護対象の話は、また次回以降ということだったので、実際、どのぐらいの量が必要かというのは、多分ここで包絡される量になるんでしょうから、その辺の御説明もいただきたいと思います。

あわせて、この消火の考え方なんですけど、28ページ、29ページで、一般的に消火はこういうふうにやりますということで書かれているんですが、一方で、常陽では自動消火はありませんというのが18ページで述べられていたと思います。

要員が消しに行くということを考えたときに、消火の話が系統分離に効いてくる場合もあって、実用炉とかでやっている火災基準の考え方というのと、系統分離の場合、3時間耐火でやるということが基本ですけど、そのほかにも、例えば1時間耐火プラス自動消火というものもあったりして、系統分離をするときに消火に期待するという考え方もあったりするんですね。

常陽の場合は、この消火を使った系統分離というのが、まず、あるのかないのかというのを、一つ確認しておきたいのと、あるのであれば、例えば時間とかでどういうふうにかかっているのかということも、御説明いただきたいと思います。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） 原子力機構、権代です。

今、系統分離、消火の話で御指摘いただいた点についてになりますが、こちら、今いただいた御指摘を踏まえて検討、整理して、次回以降の審査会合で回答のほうをさせていただきたいと考えております。

○片野チーム員 分かりました。では、その部分は、区画ですとか機器にもよるのかもしれませんが、どういう系統分離になっているのかというのは、ぜひ、御説明いただきたいと思いますので、よろしくお願いします。

○山中委員 そのほか、何かございますか。

○菅原チーム員 規制庁、菅原です。

41ページ以降に、ナトリウム漏えい時の燃焼影響評価の説明をいただいています。ここでは、主冷却機建物の前室と配管室を対象に評価いただいた、その説明をいただいていますけれども、これはあくまでも代表でやっていただいたものの説明というふうに理解していますので、今後、一般火災との関係も踏まえて、防護対象機器を選定して、ナトリウム燃焼に対する具体的な防護対象機器に対しての影響の評価の説明というのをお願いしたいと思います。

以上です。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） 原子力機構、権代です。

承知しました。火災防護対象機器の選定、その配置等と併せて、説明のほうはさせていただきますと考えます。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。よろしいですか。

それでは、引き続き、2次系冷却材漏えい時の燃焼影響評価に係る計算コードについての説明をお願いいたします。

○日本原子力研究開発機構（内堀マネージャー） 原子力研究開発機構の内堀と申します。

私のほうから、今、画面で映しております資料2に基づきまして、2次冷却材漏えい時の燃焼影響評価に係る計算コード（SPHINCS）の説明をさせていただきます。

それでは、資料の1ページをお願いいたします。こちら、計算コードSPHINCSの概要を示してございます。SPHINCSは、一つ目のポツですけれども、ナトリウム燃焼時に生じる様々な現象を解析し、構造物への熱影響や水素の発生量等を評価する計算コードであるということでございます。

ここで言うっております様々な現象というのを、この下のポンチ絵のほうに記載してございます。ポンチ絵を御覧いただきますと、左下の丸の中に、配管が破損した場合にナトリウムが漏えいして生じるスプレイ燃焼、それから漏えいしたナトリウムが床の上にプール状に堆積して発生するプール燃焼、この二つが、まず解析評価の対象となっております。

ポンチ絵を右に見ていただいきまして、これは断面の図になっておりますけれども、

床の上にナトリウムのプールが形成された場合に、その上に燃焼フレイムが形成されておりまして、ここでプール燃焼としては化学反応とか、エアロゾルの挙動が評価の対象となっております。

また、雰囲気について見ていきますと、この雲状のマークの中に、 N_2 、 O_2 、 H_2O 、 H_2 、こういった成分の移行挙動だったり、あるいは化学反応によって生じますエアロゾル、この挙動が解析評価の対象となります。

さらに右に見ていただきまして、壁等の構造物を記載してございますが、こういった構造物への伝熱、これも、この計算コードの評価対象となっております。

それから、上の二つ目のポツになりますが、SPHINCSでは解析体系をセルと呼ぶ単位に分割しまして、それぞれのセルの物理量、すなわち圧力、ガス温度・成分及びエアロゾル濃度等、こういったものを平均値で計算するような解析コードとなっております。

2ページ目をお願いします。こちらは、ナトリウム燃焼の事象推移における重要現象評価指標と、それに対して関連する物理現象が、どういう重要度を持っているかといったリンクを整理した表となっております。

箇条書になっているところでございますが、このナトリウム燃焼事象におきまして、評価指標としては、コンクリート温度、ライナ温度、水素濃度及びエアロゾル濃度、これを評価指標としてございまして、PIRTの作成プロセスにおいて広く行われておりますシステムの階層的分類に基づきまして、関連する物理現象を過不足なく抽出いたしました。

抽出した物理現象が、この表の中の縦軸となっております。

一番左側に、大分類としてスプレイ燃焼、プール燃焼、それから雰囲気・構造物への熱移行、質量・運動量移行、その他ナトリウム特有の物理現象、さらに、それぞれの分類の中で(1)番～(15)番までの詳細な物理現象をリストアップしてございます。

箇条書の二つ目のポツになりますが、この表の中の評価指標としては、建屋健全性と機器健全性という二つの観点で記載してございまして、これらの評価指標に対して、先ほどの物理現象がどういう重要度を持っているかといったことを、H、M、Lというランクで表しまして、その中でHやMとなる現象を重要現象としまして、SPHINCSの検証及び常陽解析への適用性を検討する対象といたしました。

こういった評価の結果から、この表の中に示す(1)番～(15)番を重要現象として抽出したといった結果でございます。

3ページ目をお願いいたします。こちらは、重要現象に、先ほどリストアップした重要

現象に対して、どのようにして妥当性確認を行えばよいのかといったことをまとめた表で
ございます。

表としましては、一番左の列に分類、その右の列に重要現象と書いてございまして、こ
れは先ほどと同様ですが、その右側に、その重要現象に対応する必要な解析モデルをリス
トアップしてございます。

さらにそれを右に見ていただくと、スプレー燃焼、プール燃焼、マルチセル燃焼、
総合実験で、FD以降、これが試験名となってございますが、この解析モデルのそれぞれの
妥当性を確認するために必要な試験を右に並べて行って、この試験を解析すればこの解析
モデルの妥当性が確認できるといったことを、このような星取表の形で整理したものでご
ざいます。

ここにリストアップしている試験としましては、上の3行のところに概要を記載してご
ざいます。左から、表では左から右の方向になりますけれども、単一液滴燃焼実験(FD)、
スプレー燃焼実験(RUN-E1)、プール燃焼実験(RUN-D1)、同じプール燃焼実験ですが漏えい
量が小規模である(RUN-F7)、それからマルチセルプール燃焼実験(RUN-D3)、及びナトリウ
ム漏えい燃焼実験-II(RUN-D4)というものを総合実験として、検証解析の対象としてご
ざいます。

次の4ページをお願いします。このページから、妥当性確認として試験解析を行った結
果を御説明いたします。まず、こちらのページは、単一液滴燃焼実験(FD)と呼ぶものの解
析結果となっております。

まず、試験の概要でございまして、右側のほうにポンチ絵を記載しております。この試
験は、こういった長い直方体の中で、空気雰囲気内を自由落下するナトリウム単一液滴の
燃焼挙動を調べた実験でございまして、実験条件としまして、ナトリウム漏えい温度、漏え
い高さ、液滴直径等はここに記載しているとおりでございます。測定項目も同様に、液滴
質量、変化、液滴落下速度を記載してございまして、それに対する解析結果と実験結果の
比較を、このスライドの中ほどグラフに示してございます。

まず、左側のグラフは、液滴が落下する間の燃焼量を縦軸に示したものでございまして。
この中の凡例の解説を、このグラフの上に記載してございまして、まず、Na2O2/Na2Oとい
うことにつきましては、化学反応の生成割合を、この解析コードの中で入力として指定す
ることができまして、これを1.0、0.5、0.0と振ったものでございます。

一方、太線でお示ししているBISHOPにつきましては、これはそういう入力値を使うので

はなく、反応量論比モデルを使って解析を行った結果でございます。それから、白丸が実験ということになっております。

また、右側が、液滴の落下速度を実験結果と比較したものでございまして、その下にある箇条書にありますとおり、SPHINCSにおける反応量論比モデル、BISHOPによる液滴燃焼量や、液滴落下速度は実験結果をばらつき、もしくは誤差の範囲内で再現していることを確認いたしました。

これ以降の解析では、反応量論比モデルを使用してございます。

以上より、単一液滴としてのスプレイ燃焼解析の妥当性を確認いたしました。

次の5ページをお願いいたします。続きまして、こちらはスプレイ燃焼実験(RUN-E1)と呼んでいるものでございますが、その解析結果となっております。グラフ中に試験装置の図を記載してございますが、この試験では、密閉鋼製容器内での大規模、長時間スプレイ燃焼実験を調べたものでございます。

実験条件として、ナトリウム漏えい温度等は、この矢羽根のところに記載しているとおりでございます。測定項目、容器内温度、圧力、酸素濃度等がございまして。そのほか、この試験の特徴としまして、落下したナトリウムは、この試験装置の内部にある下端面の傾斜によって、その下端面より下にある燃焼抑制室に漏えいしたナトリウムを流入させることによって、プール燃焼の影響を除外しているといったことは、この試験の特徴となっております。

グラフのほうに、試験結果と実験結果を比較してございます。

その下に、それらをまとめて箇条書にしてございますが、ガス温度につきましては一番左のグラフです。解析体系での平均値として結果が出てきますので、スプレイの内部とか、高温化した気体の上昇流の通過点にある測定点での実験結果と比べると低くなってございますが、真ん中のグラフにありますとおり、圧力としては概ね実験結果を再現していることを確認してございます。

また、一番右側にありますように、酸素濃度についても全体としての減少傾向が実験と概ね整合していることを確認しまして、スプレイ燃焼解析の妥当性を確認いたしました。

続いて、6ページをお願いいたします。こちらはプール燃焼実験(RUN-D1)と呼ぶものでございます。試験としましては、右側の青い枠でお示ししておりますように、このような直方体の単一区画、部屋の中で、1.5m四方のナトリウム燃焼皿を置きまして、この中にナトリウムプールを置きまして、そのプール燃焼を調べた実験でございます。

実験条件、ナトリウム供給温度等は、先ほどと同様に矢羽根のところに示してごさいます。

実験結果と解析結果を比較したグラフを、三つほどの中ほどにお示ししてごさいます。左からガス温度のグラフ、真ん中が床ライナ温度のグラフですが、こちらにありますように概ね実験結果を再現していることを確認しております。

また、酸素濃度につきましても、一番右側のグラフですが、全体としての減少傾向は概ね実験と整合していることを確認いたしまして、プール燃焼解析の基礎的な妥当性を確認してごさいます。

続いて7ページをお願いします。こちらは、同じプール燃焼実験ですが、漏えいの規模が少なく、小規模の場合の燃焼実験となっております。試験としましては、右側の図にごさいますとおり、容器の中でノズルから流出したナトリウムが、下にある燃焼、ナトリウムの受皿のほうにプールを形成して、このプールが時間とともに徐々に拡大するような、そのようなプール面積拡大を伴うプール燃焼実験となっております。実験条件や測定項目は、こちらにあるとおりでごさいます。

解析結果と実験結果の比較、二つのグラフを示してごさいますが、ガス温度と床ライナ温度、それぞれ解析結果は実験結果よりも高く、保守的な傾向となっております。

また、試験では、プール表面に反応生成物が付着しまして、燃焼が抑制されたことが考えられております。解析で、その燃焼抑制を考慮した場合の結果が、グラフ中の一点鎖線になっておりますけれども、このように、これを考慮すると概ね実験結果と整合するようになりますが、括弧内にありますとおり、ただし、先ほど、権代のほうから御説明した有効性評価の中では、保守性の観点から、このような燃焼抑制効果は考慮していないという状況になってごさいます。

以上より、プール拡大を含むプール燃焼解析の妥当性を確認いたしました。

続きまして、8ページをお願いいたします。

こちらは、マルチセルプール燃焼実験となっております。右上にある実験装置の図のとおり、これは一つのセルの真ん中を仕切板で区切りまして、手前を燃焼室、奥側を連通室としておりまして、仕切板の途中に、幅0.2mの開口部がございまして、両部屋が、この開口部によってつながっていると、そういう状況になってごさいます。

実験条件、測定項目は同様に、こちらのスライドにごさいますとおりです。

まず、燃焼室のほうから見ますと、実験結果ではプール付近で計測された温度、白抜き

の丸や白抜き三角ですけども、これが比較的高温になっておりますけれども、なっております。

それから、連通室のほうを見ますと、開口部より下方にある温度、白抜きの三角でございますが、これが温度成層化のために比較的低温になっておりますけれども、こういったところを除きまして隣接室と、燃焼室と連通室ともにガスの温度は概ね実験と整合しているというところを確認してございます。

以上より、連通室との通気を含むプール燃焼解析の妥当性を確認いたしました。

続きまして、妥当性確認の最後となります。9ページをお願いいたします。ナトリウム漏えい燃焼実験-II (RUN-D4)と呼んでいるものです。こちら、試験の概要としては、もんじゅナトリウム火災を模擬した総合的な燃焼実験となっておりまして、図にございまして、実際の配管を模擬しまして、その配管から、赤い丸と矢印で示しておりますように、ナトリウムをもんじゅの条件と整合させるように漏えいさせたという実験でございまして。

次の10ページに、解析結果を示してございます。こちら実験結果との比較となっておりますが、左上から見ていきますと、左上が雰囲気温度になりますけれども、箇条書のところに記載してございまして、測定点は燃焼影響が比較的大きい箇所に配置されております。また、この実験では、視界確保のために強制対流により空気が供給されまして、プール燃焼が促進された可能性がございまして。

また、これに加えましてガス温度は、解析体系での平均値として出てきますので、そういったことを踏まえて、実験結果に比べて低めの評価となっている状況でございまして。

また、右側のほうのグラフにありますとおり、水蒸気濃度は計測系での吸湿を補正した値と概ね整合してございまして、水素濃度も、右下の水素濃度についても、実験値を包絡しているような形となっております。

以上から、SPHINCSの総合的な妥当性を確認してございます。

11ページをお願いします。こういった妥当性確認の中で、不確かさを評価して、その結果を表にまとめてございます。例えば、この表の一番左側のスプレイ燃焼というところの2行目を見ていただくと、こちらの不確かさの列にありますように、スプレイ燃焼の不確かさは、入力値の設定によって生じるものという意味で、入力値に含まれるといった記載をしてございまして、その一番右側に、例えば着火温度をこのように変動させると、燃焼量に対してこのような影響があるといったような形で、いろんな感度評価結果をまと

めてございます。

最後に12ページをお願いします。ここまでの妥当性確認結果をまとめてございます。ナトリウム燃焼に係る重要現象に関するSPHINCSの解析モデルは、各試験の結果と比較して妥当であることを確認するとともに、解析モデルの不確かさを把握しました。

こういった不確かさを考慮することによってSPHINCSではナトリウム燃焼の影響を適切に評価することができます。

最後に、参考として記載してございますCONTAIN-LMRコードというコードがございまして、こちら、ナトリウム燃焼を同じく解析する機能がございしますが、それとSPHINCSの関係を簡単にまとめてございます。

一つ目のポツですが、CONTAIN-LMRは、ナトリウム燃焼や、そのほかナトリウムコンクリート反応等といった、こういったものを含めた格納容器応答を評価するようなことが目的のコードでございます。

一方でSPHINCSは、ナトリウム燃焼に特化したコードでありまして、各部屋の雰囲気や構造物の温度とか、そういったものを評価することが目的になってございます。

さらに、SPHINCSの特徴を最後のポツに記載してございまして、幅広いナトリウム漏えい条件に対応するために、漏えい規模が比較的小さい場合ですけれども、プールが時間とともに拡大するモデルだったり、あるいは経験則を可能な限り排除した機構論的なプール燃焼モデルを有しているという点が、CONTAIN-LMRコードとは異なる点ということで、参考として記載させていただいております。

説明は以上でございます。

○山中委員 それでは質疑に移ります。質問、コメント、ございますか。

○有吉チーム員 規制庁、有吉です。

説明ありがとうございました。

資料2で1ページを見ていますと、各セルの物理量は平均値で計算と、これは、圧力、ガス温度、成分、エアロゾルと書いていますけど、ナトリウムのプールの温度は平均、これも平均なんですか。

○日本原子力研究開発機構（内堀マネージャー） 雰囲気の圧力・温度等は、御指摘のとおり平均値でございますけれども、プールにつきましては、メッシュを、詳細な分割をしておいてございまして、そのメッシュ上で温度が詳細に出てくると、そういったモデルとなっております。

○有吉チーム員 そうすると、資料1で、46ページ辺りに判断基準に関わるのところとして、床ライナ温度から腐食減肉量という数字が出てきますけれど、これはそのプールの中で、最も厳しいところをちゃんと評価していると、そういう理解でよろしいんですか。

○日本原子力研究開発機構（内堀マネージャー） はい、その御理解で結構でございます。

○有吉チーム員 そうすると、もう少し、あれですね。原理的にといますか、こういうプール燃焼で、どこがどう厳しくなるかという説明を、少し説明していただけると理解がしやすいのかなとは思っております。

○日本原子力研究開発機構（内堀マネージャー） 原子力機構の内堀です。

承知いたしました。今の原理的な部分も含めまして、詳細なところを整理して、次回以降の審査会合で説明させていただければと思います。

○有吉チーム員 それから、資料1を見ていると、スプレイ燃焼の効果とプール燃焼の効果、両方考慮しているとなっているんですが、スプレイ燃焼がどのくらい効いているかというのは少し読みづらい。それを考えても妥当な想定になっているかというのが少し理解しづらいところがあります。

資料2で言えば、4ページを見ていると、これは液滴直径約3.8mm、例えば単一液滴燃焼試験（FD）ですね。これを説明資料を読んでいくと、ナトリウムの供給量から真球に換算して、3.8という数字を出したというふうに読み取れました。

同じく5ページも平均液滴直径2mmというのが、やっぱりこういう中の根拠をもって与えていると。

これを見ると、資料1でDt/4の820mm²といった開口面積がありますけど、その開口面積に応じた液滴がちゃんと設定されているのかというのがよく分からないんです。この辺りはいかがでしょうか。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） 原子力機構、権代です。

資料1のほうの評価におきまして、液滴径につきましては、資料4の技術資料のほうに少し詳しく書かせていただいているんですけども、具体的にいきますと65ページになります。

65ページの下のほうの③というところに資料1の評価で設定した液滴径の説明をしてございまして、具体的にいきますと、液滴径として4.6mm、資料1の評価ではしてございます。この値につきましては、配管等の漏えいしたナトリウムについてなんですけれども、配管の周囲のほうには構造材、保温材ですとか、金属製のシートを有してございますので、そ

ちらに衝突するものということ considering、別のナトリウム試験により得られた値のほうから設定したものとなってございます。

○有吉チーム員 規制庁、有吉です。

すみません。後半の考え方は分かるんですけど、この後半の考え方からなぜ4.6になるのかというのは改めて説明をお願いしたいんですが。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） 原子力機構、権代です。

4.6mmを設定した根拠となる実験的な知見のところについては、別途資料のほうに整理して、次回以降の審査会合で説明させていただければと思います。

○有吉チーム員 それで、資料5ですね。SPHINCSの妥当性確認についてという説明資料を出されているので、読んでおりますと、試験装置のスケーリングというので、実験では約2.7mの落下高さというのが、5.2項の(1)の単一液滴燃焼実験といったところに書かれていましたので、実機で大体どのぐらいの高さから落下しているんだろうと思って、やっと分かったのがここだったんですね。

だから、実機の条件をもう少し丁寧に書いていただいて、スプレーとプールの影響が二つ考えても、これが妥当であるという説明をしていただきたいと思いますと思うんですが、それは可能でしょうか。

○日本原子力研究開発機構（権代主査） 原子力機構、権代です

承知しました。今いただいた御指摘の内容を踏まえまして、液滴径のところについては、高さも含めて、別途説明資料にまとめて回答させていただければと思います。

○有吉チーム員 はい。よろしく申し上げます。

○山中委員 そのほか、いかがですか。よろしいですか。

それでは、BDBAを超える事象への対応ということで、資料3の説明をお願いいたします。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） 原子力機構の山本でございます。

第53条の（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大防止）に係る（多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象への対応）について、資料3に基づき、御説明をいたします。

資料を1枚進めていただきまして、右側通しページの1ページに多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象に係る想定及び対応の概要を示しております。

表の左側の列には、令和3年7月26日の審査会合でお示しをいただきました要求事項を記載しており、その右側の列に当方の事象の想定及び当該事象への対応の概要を示しており

ます。

左の列の赤枠部は故意による大型航空機の衝突に関するものでして、核物質防護情報が含まれておりますので、画面共有は実施しませんので、お手元の資料の確認をお願いいたします。

大型航空機がこちらの資料に記載の建物に衝突し、大型航空機から漏えいした燃料油の大規模な火災及び衝突を受けた建物に内包する設備から漏えいしたナトリウムの大規模な火災に至る状態を想定いたします。

本事象に対しては、火災に対する消火活動として特殊化学消火剤を散布し、油火災及びナトリウム火災の影響を緩和するとともに、放射性物質の放出抑制対策として、放水設備からの放水等により放射性物質の放出を抑制いたします。

次に、その右の地震等の大規模な自然災害による事象としましては、常陽がナトリウム冷却炉であることを踏まえ、大規模なナトリウム火災を考えています。

○菅原チーム員 すみません。またちょっとマイクの音がよく聞こえないんですけれども。先ほどまでは、資料2の説明のときとかはよく聞こえたんですけど、今またよく聞こえなくなってしまったので、対応していただけますか。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） 今、マイクを取り替えましたので、こちらで一度試させていただきます。

○菅原チーム員 今は大丈夫そうです。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） それでは、続きまして御説明いたします。

左の列が格納容器（床上）での大規模ナトリウム火災になります。原子炉容器の上部から格納容器（床上）に噴出したナトリウムにより、大規模なナトリウム火災に至る状態を仮想することとし、具体的には、想定といたしまして、回転プラグが浮き上がり、回転プラグの間隙から漏えいしたナトリウムがプール状に堆積して燃焼することを考えます。

本事象に対するナトリウム火災の消火活動と、放射性物質の放出抑制措置をその下の欄に記載しております。消火活動としましては、アルゴンガス送気設備により、アルゴンガスを格納容器（床上）に送気して、ナトリウムプールの表面を覆い、空気との反応を抑制して、ナトリウム燃焼の影響を緩和します。また、可能な場合には、特殊化学消火剤による消火に努めます。

次に、放射性物質の放出抑制措置としましては、可能な場合には、格納容器等の放射性物質の放出低減、閉じ込め機能を有する設備・機器を使用し、放出を抑制します。また、

仮設放水設備からの放水、仮設カバーシートの敷設、または目張り措置により、放射性物質の放出を抑制いたします。

格納容器（床上）の右の列が格納容器（床下）における大規模ナトリウム火災です。格納容器（床下）に位置する冷却材を内包する設備が破損し、漏えいしたナトリウムにより大規模なナトリウム火災に至る状態を仮想することとし、具体的な想定として、原子炉運転中に保有するナトリウム量及びフラジリティに鑑み、オーバフロータンクが破損して、ナトリウムが漏えいするとともに、格納容器（床上）と（床下）のバウンダリに間隙が生じて、格納容器（床下）に空気が流入し、窒素雰囲気による不活性化が維持されず、ナトリウムが燃焼することを考えます。

本事象に対するナトリウム火災の消火活動と放射性物質の放出抑制措置をその下の欄に記載しております。消火活動としましては、アルゴンガス送気設備により、アルゴンガスを格納容器（床上）と（床下）のバウンダリ近傍に送気し、格納容器（床下）への空気の流入を抑制することにより、ナトリウム燃焼の影響を緩和します。また、可能な場合には、格納容器（床上）と（床下）のバウンダリに生じた間隙の目張り等に努めます。本事象に対する放射性物質の放出抑制措置は、左の列の格納容器（床上）の事象に対するものと同じになります。

右の列が主冷却機建物における大規模ナトリウム火災です。主冷却機建物に位置する2次冷却材を内包する設備が破損し、主冷却機建物に漏えいしたナトリウムにより大規模なナトリウム火災に至る状態を仮想することとし、具体的な想定として、原子炉運転中に保有するナトリウム量及びフラジリティに鑑み、2次冷却材ダンプタンクが破損し、ナトリウムが漏えい、燃焼することを考えます。

本事象に対するナトリウム火災の消火活動をその下の欄に記載しております。消火活動は、アルゴンガス送気設備により、アルゴンガスを2次冷却材ダンプタンク室に送気して、ナトリウムプールの表面を覆い、空気との反応を抑制して、ナトリウム燃焼の影響を緩和します。また、可能な場合には、特殊化学消火剤による消火に努めます。

2ページには、多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象に対する基本的な考え方を示しております。

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象として、地震等の大規模な自然災害、または故意による大型航空機の衝突、その他のテロリズム等の発生を仮想的に想定します。また、大規模な自然災害にあつては、ナトリウム冷却炉の特徴を踏まえ、大規模なナトリ

ウム火災を考えます。

前のページでも説明しました3段落目から5段落目までの想定事象に対して、最後の段落に記載のとおり、事故の状況に応じて、大規模な火災の消火活動及び事業所外への放射性物質の放出抑制措置を適切に組み合わせて講じることを基本方針としております。

3ページは事象の想定です。1ページの説明と重複しますが、1.の大型航空機の衝突による油火災及び大規模なナトリウム火災及び2.の大規模な自然災害による大規模なナトリウム火災を想定します。

このうち、2.の大規模なナトリウム火災は、(1)の格納容器（床上）におけるナトリウム火災、(2)の格納容器（床下）におけるナトリウム火災、(3)の主冷却機建物におけるナトリウム火災を想定いたします。

4ページは、大型航空機の衝突により発生することを仮想する火災の想定です。こちらは核物質防護情報が含まれておりますので、お手元の資料の4ページをお願いいたします。

大型航空機の衝突は左の写真に黄色で示しました大型航空機の衝突に関して、右の文章の上の最初のポツに示した衝突を想定しております。

右の文章の上から二つ目のポツ及び三つ目のポツに示した箇所、すなわち右上の図の①、②及び③の箇所には直接衝突しないと評価をしております。航空機の衝突想定範囲は左の写真のピンクで示した範囲であり、衝突の影響は、右の文章の上から四つ目及び五つ目のポツに示した影響を想定いたします。

大型航空機の衝突への対策としては、五つ目のポツの最後に示しましたとおり、地震等の大規模な自然災害による火災への対策として配備した設備を活用して対策することとしております。

5ページ、大型航空機の衝突により発生することを仮想する火災の具体的な想定です。こちらにも核物質防護情報が含まれておりますため、お手元の資料の確認をお願いいたします。

航空機の衝突想定範囲は4ページと同じ左の写真のピンクで示した範囲であり、これらへの衝突を想定した場合の具体的なプラントの状態の想定を右側の表に整理しております。表の上に想定のお考え方を示してありまして、航空機の衝突により物理的に損傷する範囲、燃料油が燃焼する範囲、ナトリウムが大規模に燃焼する範囲の設定のお考え方をこちらに記載しております。

表にはそれぞれの衝突箇所ごとに衝突による損傷箇所、油火災の範囲、ナトリウム火災

の範囲を記載しておりまして、これらの状態を想定して対策を講じることとしております。

6ページに格納容器（床上）における大規模なナトリウム火災の想定を示しております。ナトリウムの噴出経路としましては、ULOFの格納容器破損防止措置の有効性評価と同様に、原子炉容器上部に設置しております回転プラグの浮き上がりにより、漏えい経路の形成を想定しております。

具体的な想定箇所は、回転プラグの構造概要図の左側の赤色部①の炉心上部機構と小回転プラグの間隙、中央の赤色部の②の小回転プラグと大回転プラグの間隙、右側の赤色部の③の大回転プラグと原子炉容器の間隙が想定されます。

7ページは、6ページの①の炉心上部機構と小回転プラグの間隙からナトリウムが漏えいした場合のナトリウムの堆積場所の想定です。

炉心上部機構は右上の写真のとおり、小回転プラグに据え付けており、据付時には据付ボルトで固定した上で、下の写真のとおりシールリングで閉止をしております。このため、当該流路に係る事象推移としましては、左の文章のとおり、炉心上部機構と小回転プラグの間隙にナトリウムが流入し、間隙から流出したナトリウムはシールリングにより水平方向に漏えいし、漏えいしたナトリウムは、小回転プラグ上に堆積して燃焼することとなります。

8ページは、②の小回転プラグと大回転プラグの間隙からナトリウムが漏えいした場合のナトリウムの堆積場所の想定です。小回転プラグは大回転プラグに据え付けており、右の概要図のとおり、鉛直方向への移動は駆動フランジ及びボルトで制限される構造です。このため、当該流路に係る事象推移としましては、左の文章のとおり、小回転プラグと大回転プラグの間隙にナトリウムが流入し、間隙に流入したナトリウムは、右の図の赤い矢印の経路を通じて、最終的には駆動フランジ部から水平方向に漏えいし、漏えいしたナトリウムは大回転プラグ上に堆積して燃焼することとなります。

9ページは、③の大回転プラグと原子炉容器の間隙からナトリウムが漏えいした場合のナトリウムの堆積場所の想定です。

大回転プラグは右の概要図のとおり、鉛直方向への移動は駆動フランジ及びボルトで制限される構造です。このため、当該流路に係る事象推移としましては、左の文章のとおり、大回転プラグと原子炉容器の間隙にナトリウムが流入し、間隙に流入したナトリウムは、右の図の赤い矢印の経路を通じて、最終的には軸受部から水平方向に漏えいし、漏えいしたナトリウムは、炉上部ピット上に堆積して燃焼することとなります。

10ページをお願いします。7ページ～9ページで整理しました原子炉容器の上部から格納容器（床上）にナトリウムの漏えいが想定される経路について、全ての漏えい経路からの漏えいは水平方向となります。

また、漏えい量の相対関係としては表に記載のとおり、大回転プラグと原子炉容器の間隙が相対的に漏えい量が最も多くなります。このため、漏えい箇所は大回転プラグと原子炉容器の間隙を想定し、右下の図に記載のとおり、炉上部ピット内の回転プラグと外周部にナトリウムが堆積して燃焼することを想定します。

なお、炉上部ピットの床面積は約90m²、高さ約3mで、多量のナトリウムの漏えいを仮想しても、ナトリウムプールの燃焼は炉上部ピット内に収まるものとなります。

次の11ページですが、格納容器（床下）における大規模なナトリウム火災の想定です。格納容器（床下）に位置する冷却材を内包する設備のうち、設備の原子炉運転中のナトリウムの保有量及びフラジリティを考慮して、ナトリウムの大規模漏えい箇所を選定しております。表に主な機器・設備のナトリウム保有量及びフラジリティの概略評価を示しております。

本評価結果から、ナトリウム保有量が相対的に多く、かつ耐震重要度分類がBクラス、耐震裕度が相対的に小さいオーバフロー系をナトリウムの大規模漏えい箇所を選定しました。具体的な事象の想定としましては、オーバフロータンクが破損し、多量のナトリウムが漏えいしてプール状に堆積して燃焼することを想定いたします。

12ページは、格納容器（床下）の窒素雰囲気維持されない状態の想定です。通常運転時は、格納容器（床下）は窒素ガスに置換して不活性雰囲気を維持しておりますので、仮にナトリウムの漏えいを想定しても、ナトリウムの大規模な燃焼は生じませんが、多量の放射性物質を放出する事故を超える事象の想定では、下の写真に一例として示しました格納容器（床上）と（床下）のバウンダリを構成する箇所に間隙が生じ、格納容器（床上）の空気が格納容器（床下）に流入し、格納容器（床下）の不活性雰囲気が維持されず、ナトリウムが大規模に燃焼することを想定いたします。

13ページは、原子炉建物の隣に位置しており、主に2次冷却系を設置している主冷却機建物における大規模なナトリウム火災の想定です。破損を想定する設備は、格納容器（床下）と同様に、2次冷却材を内包する設備のうち、設備の原子炉運転中のナトリウムの保有量及びフラジリティを考慮して、ナトリウムの大規模漏えい箇所を選定しております。

表に主な機器・設備のナトリウム保有量、フラジリティの概略評価を示しております。

本評価結果から、ナトリウム保有量が相対的に多く、かつ耐震重要度分類がBクラス、耐震裕度が相対的に小さい2次ナトリウム充填・ドレン系をナトリウムの大規模漏えい箇所を選定いたしました。

具体的な事象の想定といたしましては、2次冷却材ダンプタンクが破損し、多量のナトリウムが漏えいして、プール状に堆積して燃焼することを想定いたします。

14ページからは対策についての説明です。大型航空機の衝突により発生することを仮想する火災の消火活動について、大型航空機が原子炉施設に衝突し、大型航空機から漏えいした燃料油及び衝突を受けた建物に内包する設備から漏えいしたナトリウムが燃焼することを想定し、油火災とナトリウム火災に共用できる特殊化学消火剤を散布する対策を講じます。

特殊化学消火剤は、コンテナ等に収納し、原子炉建物及び附属建物から100m以上の離隔距離を確保して保管いたします。また、火災発生箇所にアクセスできる場合には、可搬式消火器を用いて消火活動を行い、火災発生箇所にアクセスできない場合には、特殊化学消火剤を散布いたします。

なお、当該措置の実施に当たりましては、中央の写真に示しました防護服及び空気呼吸器を着用し、内部被ばく等を低減できるものといたします。

15ページは、格納容器（床上）における大規模なナトリウム火災の消火活動です。大規模なナトリウム火災の想定は、下の図に示しました格納容器（床上）の炉上ピット部における大規模なナトリウム火災です。

消火活動は、図の右上に緑で記載しましたアルゴンガス送気設備により、比重の大きいアルゴンガスを送気し、炉上部ピット上にプール状に堆積した範囲をアルゴンガスで覆い、ナトリウムプールと空気の反応を抑制することにより、ナトリウム燃焼の影響を抑制します。

また、可能な場合には、特殊化学消火剤を用いた消火活動を行います。当該措置の実施に当たっては、作業員の被ばく管理を行い、緊急作業時の線量限度を超えないものとするとともに、防護服及び空気呼吸器を着用し、内部被ばく等を低減できるものといたします。

16ページは、アルゴンガス送気設備による消火活動です。アルゴンガスの送気には、左下の図に記載のタンクローリ、可搬式気化器及びフレキシブルホースを用います。タンクローリは外部調達といたしまして、24時間以内に調達できるものとします。また、複数の契約業者及び輸送経路を確保するため、北側と南側双方からの輸送が可能な調達先を確保

いたします。

事象発生時の対応は、タンクローリ及び可搬式気化器とフレキシブルホースにより、左の図の建物内に破線で示しました接続口に接続し、右下の図の青色の矢印の経路を通じて炉上部ピットにアルゴンガスを送気いたします。

炉上部ピットにおいて、ナトリウムが堆積する床の面積の約90m²に対して、高さ1mまでアルゴンガスで覆うために必要なアルゴンガスの量は約100m³であり、アルゴンガスの送気流量を50m³/hとした場合、約2時間程度で燃焼の抑制が可能となります。

17ページは、格納容器（床下）における大規模なナトリウム火災の消火活動です。想定は、格納容器（床下）における大規模なナトリウム火災です。

消火活動は、アルゴンガス送気設備より、格納容器（床上）と（床下）のバウンダリを形成する床に比重の大きいアルゴンガスを送気し、格納容器（床上）の空気の格納容器（床下）への流入を抑制することにより、ナトリウム燃焼の影響を抑制します。

また、可能な場合には、格納容器（床上）と（床下）のバウンダリの開口部を調査し、目張り等を行います。本措置の実施に当たっては、格納容器（床上）での大規模ナトリウム火災と同様に、作業員に対してはこちらに記載の防護措置を実施いたします。

18ページは、アルゴンガス送気設備による消火活動です。アルゴンガス送気設備は、格納容器（床上）における大規模なナトリウム火災の消火活動に用いるものと同じであり、タンクローリ及び可搬式気化器等を使用して、格納容器（床上）と（床下）のバウンダリの近傍にアルゴンガスを送気し、図の右側に記載の状態のように、格納容器（床上）と（床下）のバウンダリを形成する床をアルゴンガスで覆います。このために必要なアルゴンガスの量は約2,000m³であり、アルゴンガスの送気流量を50m³/hとした場合には、約40時間程度で空気の流入の抑制が可能となります。

19ページ、主冷却機建物における大規模なナトリウム火災の消火活動です。事象の想定は、主冷却機建物において、2次冷却材ダンプタンクが破損し、漏えいしたナトリウムの大規模な燃焼です。

消火活動では、アルゴンガス送気設備より、2次冷却材ダンプタンクの位置する部屋に比重の大きいアルゴンガスを送気し、プール状に堆積したナトリウムをアルゴンガスで覆い、ナトリウムプールと空気の反応を抑制することにより、ナトリウム燃焼の影響を抑制します。また、可能な場合には、特殊化学消火剤を用いた消火活動を行います。

20ページは、アルゴンガス送気設備による消火活動です。アルゴンガス送気設備は、格

納容器での消火活動に用いるものと同じであり、タンクローリ及び可搬式気化器をフレキシブルホースにより右の図の建物内の接続口のマンホールに接続し、2次冷却材ダンプタンク室にアルゴンガスを送気します。

当該室のナトリウムが堆積する床の面積の約130m²に対して、高さ1mまで覆うのに必要な量は約130m³であり、アルゴンガスの送気流量を50m³/hとした場合には、約3時間程度で燃焼の抑制が可能となります。

資料3の前半の説明は以上でございますので、説明を一旦ここで区切らせていただきまして、ここまでの範囲について御審査をお願い申し上げます。

○山中委員 ただいまJAEAから説明のあった大型航空機の衝突に関わる想定について、具体的な議論をする場合には、常陽施設に関わるテロ等の想定、施設の使用、あるいは配置場所など、具体的な内容に触れる必要があります。

これらの情報について公開することによって、テロ等の人の生命、身体、財産等への不法な侵害等の実行を容易にするおそれがございますので、原子力規制委員会の業務運営の透明性の確保のための方針、これに即しまして、本情報を公開しないこととして、本件についての議論については、別途非公開の会合を設けて行うこととしたいと思いますが、JAEA側もそのような趣旨で進めることでよろしいでしょうか。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） 原子力機構の山本でございます。

非公開での審査会合での審査、拝承いたしました。引き続き非公開での審査をよろしくお願いいたします。

○山中委員 それでは、本件に関わる議論は、別途非公開の会合で行いたいと思います。事務局のほう、よろしくお願いいたします。

それでは、大型航空機の衝突に関わる想定以外の部分について、説明のあった箇所について質疑に移りたいと思います。質問、コメントはございますか。

○片野チーム員 原子力規制庁の片野でございます。

御説明ありがとうございました。ということで、大型航空機のところ以外で確認をさせていただきたいと思ひまして、まず、ページでいう10ページでございます。ここで炉上部ピット内での火災というのを考えて評価をされているということなんですけれども、Beyond DBAのときは、230キロという数字がありまして、それが放出されたときの燃焼影響というのを見ていたわけなんですけど。今回、ここは具体的に何キロというのはないんですけれども、どのぐらいの放出というのを考えておられるのかというのをまずは説明いた

だけですか。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） 原子力機構の山本でございます。

こちらの10ページの下に書いてございますとおり、大規模なナトリウム火災を仮想してもというところで、先ほど片野様からありました、ULOFの格納容器破損防止措置の有効性評価では230kgを想定しておりますので、それを超える規模のナトリウムの漏えいを想定するというふうに考えてございます。そういった規模ですので、数百kgを超える規模でトンオーダーの漏えいを考えるということと考えております。

○片野チーム員 分かりました。そうすると、具体的な数字というのはなかなか申し上げることが難しいということでしたので、ここは非公開の場で少し確認とか、考え方というのを聞いていきたいと思っておりますけれども。

その上で、ここで評価の結果は示されておまして、量はさておきと、ここでナトリウムの燃焼があったとすると、格納容器の鋼壁の温度は200度というふうに書かれておまして、内圧は1kg/cm²ということを書いてあります。

この鋼壁の温度の200度という考え方なんですけど、一方で、格納容器の設計温度というのと、これよりは低かったと思っています。たしか設置許可の申請書に書かれている数字はこれではなかったと思うんですけども、そうしたときに、これは200度で健全ですというのはどういう考え方でこうされたのかということも、可能な範囲でお答えはいただきたいんですけど、もし内容が公開の場で話すのが難しいようであれば、またここは非公開で確認ということにさせていただきたいと思っておりますが、いかがでしょうか。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） 原子力機構の山本でございます。

今、片野さんがおっしゃられたとおり、設計温度は150度でして、設計温度は超えているという状況でございます。

ただ、一方で、この設計温度というのは、こういった想定される事故から定めている温度でございますので、この温度に達した際に健全性を喪失するという温度ではございませんで、その限界温度というのはさらに高いところがございます。

詳細については、次回以降の審査会合で御説明させていただきたいというふうに考えてございますけれども、格納容器の鋼壁の材料につきましては、こういった150度、200度のような温度で強度が有意に低下するというような材料ではございませんので、ここでは200度においても健全であるというふうに評価をしたというものでございます。詳細については別途御説明させていただきます。

○片野チーム員 分かりました。ここは実用炉のほうでも限界温度というのは最高使用温度とは別に設定している考え方がありますので、それに準じたというか、そういう考え方であるということは理解しましたので、ここはおいおい説明をいただきたいと思っています。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

○小舞チーム員 原子力規制庁の小舞です。

アルゴンガスを送気と、送り出すことによる対策についてコメント、確認があります。16ページを開けていただきたいんですが。ありがとうございます。ここにアルゴンガスというのは空気より重いというもので、それを送って窒息させようということなんですけれども、この16ページの中央の下ぐらいのところに、接続予定の配管が記載されています。

この接続部を使ってアルゴンガスを送り込むという御説明だったんですけれども、想定を超えるような地震があった場合に、どれぐらい頑健性を期待できそうなのかというところを、今後御説明いただきたいんですが、まずこれが1点目です。いかがでしょうか。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） 原子力機構の山本でございます。

想定を超える地震が来た際に、この接続口が使用できるのかという御指摘だと理解しました。現時点で、まだ詳細な設計をしているわけではございませんので、どれぐらいの耐震性があるのかというのは今説明できないんですけれども、今後この措置が固まりまして、想定や措置が妥当ということになった上で、そういった具体的な詳細設計、それから、今いただいた指摘への回答、こういったものをしていというふうに考えております。

○小舞チーム員 ありがとうございます。

詳細な耐震の計算というのは大変だと思うんですが、我々が聞きたいのは、どれぐらい期待ができそうなのか。全然駄目じゃないよねというところを確認したいというのがありますので、そういった趣旨に沿って御回答いただければと思います。

続いて、同じくアルゴンガスの送り出す送気についてなんですけれども、この同じページの左側のところにタンクローリがあって、その横に可搬式のガスを気化させるものがあるんですけれども、ここについてなんですけど、こういった可搬式の気化器というのが、例えば一応想像するに、普通の通常の室内というんですかね。普通の熱で気化していくんだらうと。特殊な動力は要らないんだらうとは思いますが、そういった電源とか外部の動力とかが必要ないのか、どうなのかといったところも御説明を追加していただきたいと思っています。その点はいかがでしょう。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） 原子力機構の山本です。

承知いたしました。現時点では不要になるものを整備する計画でございますけれども、これについても詳細検討を進めましたら、別途御説明させていただきます。

○小舞チーム員 ありがとうございます。

そして、もう一点だけあるんですけども、20ページを開けていただきたいんですが。ここの20ページのところの2次系の主冷却建屋でナトリウム漏えいがあったときということ、真ん中の下のほうのマンホールからガスを入れていくというのがあるんですけども、ここは、マンホールで上からなかなかアクセスが難しいところかもしれませんが、特殊化学消火剤を上から投入とか、そういった対応策も、もしかしたらあるんじゃないのかなというふうに我々も考えていまして、もし検討できるようだったらお願いしたいと思っています。いかがでしょうか。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） 原子力機構の山本でございます。

今、アルゴンガスの送気を主な対策としておりますけれども、可能な場合には、今、小舞様から御指摘いただきましたとおり、特殊化学消火剤を散布するという対策も取れるというふうに考えてございますので、あまりその状態ですとか、措置を限定することなく、柔軟にできるように手順、資機材、体制を整備して、今御指摘いただいた内容を踏まえて十分検討したいというふうに考えております。

○小舞チーム員 よろしく願いいたします。

私からは以上です。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

どうぞ。

○片野チーム員 原子力規制庁の片野でございます。

今ちょうど20ページのところで、対策手順というのは柔軟に考えていかれるということで話があったんですけど、その関係でいいますと、大規模な地震、基準地震動を超えるような地震を想定した場合というのは、幾つか分類で説明いただいたわけですね。この床上の場合ですとか床下の場合、それから、2次主冷却機建物の話ということで、それぞれ御説明はいただいたんですけど、実際に地震が起きたと考えると、共通要因での損壊ということは考えられるので、それぞれ個別ではなくて、多分同時というのもし考えないといけないと思うんですね。

そういった場合でも、ここで個別に考えている対策手順というのは、同時並行的に実施

可能なものかとか、それは被害の程度によっては優先順位をつけるという考え方もあるとは思いますが、その辺りも想定を超えた地震という場合は、同時ということも考えられますので、そういった手順というのにも御検討いただきたいと思っています。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） 原子力機構の山本でございます。

御指摘、承知いたしました。想定を超える地震ですので、その規模によっては様々な損壊状態が想定されますので、その状態をあらかじめ設定した手順とはせずに、先ほど申し上げたような、どのような過酷な損壊状態に対しても柔軟に措置を組み合わせるべくして対策できるように手順、資機材、体制を準備したいというふうに考えてございます。

こちらについては、検討した結果については、また別途審査会合で御説明させていただきます。

○片野チーム員 ありがとうございます。その一環ということでもあるんですけど、さっきのアルゴンガスの送気については、24時間以内に外部調達をして、最短だったら5時間という話もありましたけど、そういった大規模な地震を考えますと、いろんな調達が難しかったりというのはあると思うんですね。今、24時間ということの一つ考えておられるんですけど、それまでの間に多分できることというのはあるんだろうと思うんです。まず、状況の把握だったり、要因の参集だったり、消火も可能なところからやっていくというのはあり得ると思いますので。

24時間、アルゴンの送気までの時間というのは、何らか手だてが取れるということもあるでしょうから、そういったこともどういった手順を考えるのかということも含めて御検討いただきたいと思います。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） 原子力機構の山本です。

承知いたしました。本日の後半部分の説明でも一部手順等がございますけれども、今いただきました御指摘を踏まえて、反映した資料を次回以降の審査会合で御説明をさせていただきます。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。よろしいですか。

それでは、引き続き資料の説明をお願いいたします。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） 原子力機構の山本でございます。

引き続きまして、資料3の21ページから御説明をいたします。

21ページからは、事業所外への放射性物質の放出抑制措置です。放出抑制措置といたしまして、多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象を想定した場合に、事業所外へ

の放射性物質の放出抑制措置として、こちらのa～fの措置を講じます。

まず、a及びbですが、当該事象が発生した際に、格納容器による閉じ込め機能やアニュラス部排気設備等の放射性物質の放出低減機能、閉じ込め機能を有する設備・機器について、その使用が可能な場合には、これらを使用して放射性物質の放出を抑制いたします。

d～fが多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象に対する特有の対策です。

dは、目張りによる放出抑制措置に関するものであり、格納容器の破損が想定される場合には、格納容器の漏えい箇所を調査し、目張り等の措置を実施することとしています。

なお、これらの作業に当たっては、先ほどの消火活動と同様に、作業員に対して、こちらに記載の防護措置を実施いたします。

eは、放水による放射性物質の放出抑制に関するものであり、原子炉施設における放射性物質の濃度及び放射線量、並びに周辺監視区域の境界付近における放射線量を監視及び測定するための放射線管理施設による情報収集により、多量の放射性物質等が放出されているおそれがあると判断した場合には、格納容器の漏えい箇所から事業所外への放射性物質の拡散を抑制するため、仮設放水設備により、原子炉施設周辺に放水し、放射性物質の放出抑制に努めます。

fは仮設カバーシートの敷設に関するものであり、多量の放射性物質等が放出されているおそれがあると判断した場合には、格納容器の漏えい箇所から事業所外への放射性物質の拡散を抑制するため、移動式揚重設備を用いて仮設カバーシートを敷設し、放射性物質の放出抑制に努めます。

22ページは、措置の組合せを示しております。多量の放射性物質等が放出されているおそれがあると判断した場合において、火災がない場合は左のフローに従い、仮設カバーシートの敷設、または目張り措置により、格納容器からの放射性物質の放出を抑制するとともに、仮設放水設備からの放水により、事業所外への放射性物質の放出の抑制対策を講じます。

なお、火災を伴っている場合は右のフローに従い、対策として、まず、アルゴンガス送気設備等による消火と、仮設放水設備からの放水による事業所外への放射性物質の放出の抑制対策を講じ、火災の消火後に左側のフローに移行し、仮設カバーシートの敷設等により格納容器からの放出を抑制いたします。

なお、下の※印の欄に、発電炉の大規模損壊対策との比較を示しており、発電炉は原子炉建屋の直接放水により、こちらに記載の①の格納容器からの放出抑制、②の事業所外へ

の放出抑制、③の消火の効果を期待していると認識しておりまして、「常陽」では、①に相当する措置は仮設カバーシートの敷設、②は仮設放水設備による放水、③はアルゴンガス送気設備が相当するものとして整備をいたします。

23ページは、仮設放水設備の概要です。仮設放水設備により原子炉施設周辺に放水し、放射性物質の放散抑制に努める措置であり、仮設放水設備である水中ポンプ1基、ポンプ駆動エンジン1基、放水ホース2式は、格納容器上部の地上約28mより高い地上30m以上の放水高さを有するものを整備いたします。

24ページをお願いいたします。仮設放水設備による放水は、放射性物質の放出経路を考慮し、風向に合わせて格納容器への被水を避けて運用いたします。具体的には、右の写真に示しておりますとおり、風向きに応じて適宜放水位置及び方向を調整します。また、放水中は風速・風向、被水の状況等を監視し、放水位置が風下となり、格納容器等に過度に被水しないように調整する手順を整備いたします。水源には原子炉施設の西側に隣接する夏海湖を使用いたします。

25ページには仮設カバーシートの敷設の概要を示しております。左の写真に格納容器上部への仮設カバーシートの敷設イメージ、右の図に仮設カバーシートの敷設作業のイメージを示しております。本対策は、右の図にありますように、移動式揚重設備を使用し、仮設カバーシートを敷設するものであります。なお、仮設カバーシートの材料には、密封性、耐久性を有しているものを選定いたします。

26ページに、大規模ナトリウム火災時の消火活動及び事業所外への放射性物質の放出抑制手順のタイムチャートを示しております。

事象発生から約30分で災害対策を総括する大洗研究所の現地対策本部及び大規模ナトリウム火災に対応する高速実験炉部の現場指揮所が設置されます。事象発生時の原子炉の管理は引き続き運転当直が実施し、事象発生から約1時間後には、ナトリウム火災の消火活動や放射性物質の放出抑制措置に従事する常陽の現場対応班の準備を実施し、その準備が整い次第、現場対応班長の指示により、消火活動及び放射性物質の放出抑制措置を開始いたします。

27ページは資機材の保管及び運搬について示しております。資機材は、右の写真の黄色塗りの資機材保管場所に原子炉建物等から100m以上の離隔距離を確保して保管いたします。

運搬経路は、右の写真の①及び②の二つのルートからのアクセスが可能となるように整備し、運搬経路に瓦礫等が散乱している場合に使用するホイールローダ及びショベルカーを

所内に準備いたします。資機材保管場所には、こちらの左側に記載の仮設カバーシート、仮設放水設備、アルゴンガス送気設備、移動式揚重設備、防護機材、特殊化学消火剤等を保管することとしております。

28ページからが、多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象に係る手順書及び体制の整備です。多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象について、これまでに説明しました想定事象及び火災の影響緩和措置、放射性物質の放出抑制措置を表に整理しております。

これらの措置に必要な手順書を適切に整備するとともに、当該手順書に従って、活動を行うための体制及び資機材を適切に整備いたします。

29ページは、多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象における火災の消火活動及び事業所外への放射性物質の放出抑制措置のフローを示しております。

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象に関しては、施設の損壊状態に応じて柔軟に対策を組み合わせることにより対応することとしており、主なフローとしては、まず、プラントの状態の確認といたしまして、原子炉の停止、中央制御室の状態、建物の損壊状況、安全機能の状態、プラントパラメータの監視及び監視機能の状態、火災発生の状態、資機材の状態、アクセスルートの状態、通信連絡設備の状態、これらを確認いたします。

これらの情報を集約したプラント状態及びその時点におけるリソースから、最大限の努力により得られる結果を想定しまして、目標を「火災の消火活動」及び「事業所外への放射性物質の放出抑制」といたしまして、対策の優先順位を決定し、措置を遂行することとしております。

30ページは、多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象発生時の機構大での対応体制です。

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象への直接の対応は、黒の破線内に示しました高速実験炉部の現場対応班が現場対応班長の指揮の下に措置を実施いたします。現場対応班には、右側の枠に記載の原子炉運転班、連絡・警戒班、消火班等を常設しており、多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象が発生した場合には、これらの班の構成に基づいて矢印の左側に示した活動を実施します。

具体的な活動としましては、原子炉運転班は中央制御室の状態及び建物の損壊状況等の確認、連絡・警戒班は連絡、周辺の警戒、消火班は火災対応、搬出班は資機材の状態の確

認、アクセスルートの状態の確認、放管班は緊急作業従事者の被ばく管理、放射線防護の管理、応急措置班は応急措置、これらの対応を実施いたします。

その下の青の破線内に大洗研究所に設置する現地対策本部の体制を記載してございます。原子力防災管理者を本部長としまして、原子力災害対策活動を総括いたします。具体的な活動としましては、大洗研究所は常陽以外の研究施設も立地しており、敷地内に外部研究者及び見学者等が滞在しているというサイトの特徴もございますので、見学者等の避難誘導を実施できる体制手順を整備しております。

その下の緑の破線内の対策本部は理事長を本部長とし、大洗研究所が行う原子力災害対策活動を支援いたします。具体的な活動といたしましては、外部への情報提供、支援対応等を実施いたします。

31ページは、「常陽」現場対応班の体制及び手順です。右の文章ですが、事故が発生した場合には、緊急作業従事者40名、現場対応班約170名は、休日夜間を含めて招集され、約1時間後には現場対応班長の下で、事故の影響緩和策を講じることができる体制を整備しております。

本体制の要員は、必要な力量を確保するため、原子炉施設保安規定に基づき、教育及び訓練を定期的に年に1回以上実施することを計画してありまして、訓練に関する具体的な内容を保安規定の審査において御説明をいたします。

先ほど機構全体の体制でも説明しましたが、多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象に係る現場での措置は「常陽」現場対応班が実施し、大洗研究所現地対策本部及び原子力機構機構対策本部は、措置の支援に係る役割を担う体制としております。

(2)の見学者の避難につきましては、原子炉施設に立ち入る見学者等には、職員等が立ち会うこととしており、異常発生時には一斉放送を行い、職員の誘導の下、避難させます。なお、大洗研究所からの避難誘導は大洗研究所の現地対策本部が実施いたします。

(3)の緊急作業従事者の被ばく管理については、原子炉施設保安規定等に基づき被ばく管理を行います。作業は、現場のサーベイ結果を基に実施するものとし、放射線作業用に施設で保有している空気呼吸器、それから防護服等の保護具、線量計を着用して作業を実施いたします。

32ページは、大洗研究所の原子力防災組織の体制です。右の文章ですが、事故・災害等が発生した場合は、本部長を責任者とする現地対策本部が設置されます。ここでは外部研究者及び見学者等の避難に係る具体的な手順を記載してありまして、避難指示に関して、

発災現場の状況、放射性物質の放出状況等の情報を収集、判断しまして、構内放送等により避難指示を行います。

避難までの流れとしましては、屋内退避を指示し、施設ごとに人員の把握を行い、その後、事象進展・状況に応じて、構内の適切な避難場所及び避難方法を決定し、現地対策本部の構成班により、構内避難場所へ誘導し、スクリーニング等を実施した後に、事業所外への避難となる手順を整備しております。

33ページは、機構の原子力防災組織の体制です。事故、災害が発生した場合は、本部長を責任者とする機構対策本部が設置され、右の表の主な業務に記載の対応を実施いたします。

資料3の説明は以上でございますので、御審査をお願い申し上げます。

○山中委員 それでは、質問、コメントはございますか。

○守谷室長 原子力規制庁の守谷でございます。

質問事項としては、27ページのところでございますけれども、必要な資機材を確保するということですが、例えばボンベについても、空気が充填された状態の100本のボンベを管理するというのは、かなり手間がかかる話かと思うんですけれども、そういった資機材の維持管理の体制について御説明いただくことはできますでしょうか。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） 原子力機構の山本でございます。

こちらは左に書いてございますとおり、100本以上の空気ボンベを維持管理するということで、これは活動に必要な本数として確保するということになってございます。その維持管理につきましては、保安規定におきまして、資機材の管理について定めまして、定期検査ごとの点検ですとか、そういったものを定めて適切に管理するという方針でございます。

具体的な管理の内容、点検の内容等につきましては、また保安規定の審査等において御説明させていただきます。

○守谷室長 よろしく願いいたします。

○山中委員 そのほか、ございますか。

○片野チーム員 原子力規制庁の片野でございます。

今回、航空機の話もあり、大規模な地震の話もありということで、Beyond DBAを超えた事象への対策を幾つか整理して説明いただいたわけなんですけど、一方で、Beyond DBAのときに事象選定をやっていただいたと思っているんですが、その結果、故障想定とかをいろいろ考えたところ、BDBAのシーケンスとして事故シーケンスグループとしては七つ抽出

されていると。

そのときにあったのが、炉心損傷防止が困難なものというのがもしある場合には、これは大規模損壊で対応しますというふうな話があったと思うんですけども、今回対策として整備されたものというのは、そういった事象グループの中から外れたものも対策可能だというふうに理解してよろしいですか。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） 原子力機構の山本でございます。

深層防護の説明におきまして、その事象選定において外れた複数の安全機能喪失については大規模損壊対策、こちらの対策で対応するということを説明してございます。

そういった事象が生じた場合には、炉心の損傷ですとか、格納容器の破損、こういったものを想定いたしまして、これに対して放射性物質の放出の抑制として、今回説明をさせていただいたような対策を講じて放出を抑制するという考えでございます。

○片野チーム員 分かりました。そういった考え方で、これも活用することで、手順を活用することで対策できるということで理解しましたので、この辺も今後の手順の中でいろいろ説明を聞いていきたいと思えます。

○山中委員 そのほかいかがでしょうか。よろしいですか。

本日、長丁場になりましたけれども、審査チームから幾つか指摘事項がございました。

また、航空機の衝突に関するような議論については非公開の場で今後議論をさせていただくということで、指摘事項については、JAEAにおかれましては、適切に御対応いただければと思います。よろしく申し上げます。

何かございますでしょうか。

○日本原子力研究開発機構（山本主幹） 原子力機構の山本でございます。

指摘事項については、本日いただきました内容を十分に踏まえまして対応をいたします。

また、本日マイクの不調がございまして、御迷惑をおかけして申し訳ございませんでした。

以上でございます。

○山中委員 規制庁側から何かございますか。よろしいですか。

私も試験研究炉の審査を担当させていただいて3年になりますけれども、常陽は試験研究炉でございますけれども、ナトリウムを用いた炉であるということで、かなり慎重に審査をさせていただいております。委員会の御意見なども聞きながら、できる限り慎重に進めさせていただいた次第です。

伺っているところによりますと、吉田部長は本日をもって御退職ということで、これまで現地調査、あるいは審査の直接指揮をしてきていただきました。今後の審査に向けて、何か一言いただければと思いますが、いかがでしょうか。

○日本原子力研究開発機構（吉田部長） 原子力機構の吉田です。

どうも温かいお言葉をありがとうございます。本当に丁寧に審査をいただきまして、それに応えるべくやらせていただきました。私が言うのも何ですが、常陽は日本で最初のナトリウム冷却型の高速炉として建設させていただきましたが、非常に綿密な設計をもって、この審査でもポイントとなりましたが、例えば、安全容器であるとか、それに対する冷却系を備えた点であるとか、非常に安全に特化した、本当に慎重に、日本で最初の高速炉のプロジェクトを止めさせまいとして、非常に先人が知恵を絞って設計して、さらにそれを建設し、40年にわたって我々も運用させてきていただきました。

いろんなことがございましたが、本当に我々、この常陽を通じて学んだものもございません。そういったいろんな経験も踏まえて審査、対応させていただいたつもりでございます。それで何とか今後の、まずは合格いただいて、常陽をこの先、利活用していくというものために、我々は一丸となって審査にも対応させていただきました。本当にありがとうございます。

まだ終わってございませんので、これから先も我々、真摯に対応させていただきたいと思っておりますので、今後ともよろしくお願いいたします。

どうもいろいろありがとうございます。

○山中委員 どうもお疲れさまでした。

規制庁側もまた少しメンバーが入れ替わりますので、4月以降、新たな体制で引き続き慎重に審査をさせていただきたいと思えます。

本日、予定していた議題は以上でございます。

以上をもちまして、第435回審査会合を終了いたしたいと思えます。お疲れさまでした。