

美浜発電所、高浜発電所及び大飯発電所
原子炉設置変更許可申請
【有毒ガスに関する規則改正のうち
指摘事項の回答及び
基準規則適合性について】

令和元年10月15日
関西電力株式会社

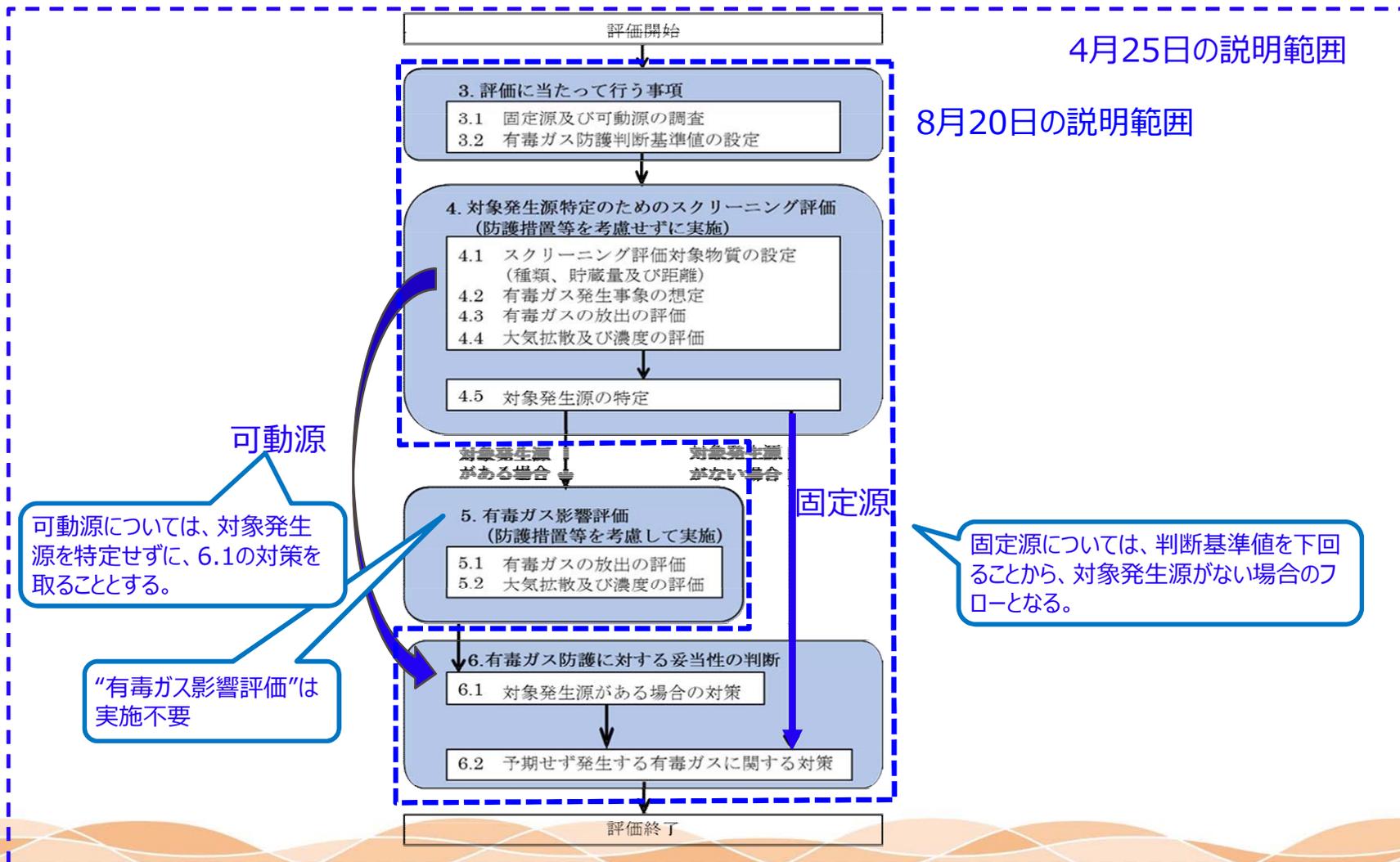


1. 今回の説明方針について

3月14日審査会合では、申請概要についてご説明し、4月25日の審査会合では、ガイド対応状況についてご説明した。その後、6月13日及び7月30日において、伊方3号炉を代表としてガイド対応状況を再整理し、8月20日においては、伊方3号炉との差分を中心に説明し、指摘事項に回答した。

また、9月5日には8月20日の審査会合での指摘事項に1件回答した。

今回は、残りの指摘事項について回答し、改正となった基準規則への適合性を説明する。



1. 今回の説明方針について

3月14日審査会合における指摘事項反映箇所について

No.	指摘事項	回答状況
1-1	敷地内固定源の特定の考え方について説明すること。	4月25日 回答
1-2	可動源に対する防護対策（連絡設備、防護具、手順）の詳細について説明すること	4月25日 回答
1-3	立会人は既許可の人員が担うのか、新たな人員を設定するのかを示すこと。	8月20日 回答
1-4	廃止措置の除染で使用する薬液について評価対象としなくて良いか説明すること。	8月20日 回答
1-5	美浜敷地外固定源として、原電敦賀・もんじゅ・ふげんの所有する薬品を推定したものを資料に反映すること。 （関西固有）	8月20日 回答

1. 今回の説明方針について

4月25日審査会合における指摘事項反映箇所について

No.	指摘事項	回答状況
2-1	発電所内にある全ての有毒化学物質を示した上で調査結果を示すこと。	8月20日 回答
2-2	屋内の風量が小さいことを示すこと。	8月20日 回答
2-3	ボンベの保管方法も含めて再整理して示すこと。	8月20日 回答
2-4	堰周辺の状況を示すこと。	8月20日 回答
2-5	建屋内・ボンベの解説4の適用にあたっては、説明を定量的に示すこと。	8月20日 回答
2-6	蓋内・中和槽等へ流下するまで経過途中の考え方を示すこと。	8月20日 回答
2-7	近傍におけるガウスプルームモデル適用の妥当性を示すこと。	8月20日 回答

1. 今回の説明方針について

6月13日審査会合における指摘事項反映箇所について

No.	指摘事項	回答状況
3-1	横置きプロパンボンベからの漏えいについて説明すること。	8月20日 回答
3-2	屋内タンクの中和槽の状況を説明すること（建屋内の拡散効果）	8月20日 回答
3-3	開閉所から拡散する六フッ化硫黄が中制室等に影響しないことを詳細に示すこと。	8月20日 回答

1. 今回の説明方針について

7月30日審査会合における指摘事項反映箇所について

No.	指摘事項	回答状況
4-1	可動源の終息活動を行う要員についても、有毒ガスの種類に応じて防護具を配備することを補足説明資料に記載すること。	8月20日 回答
4-2	屋内タンクの特定にあたり、格納容器内についても補足説明資料に記載すること。	8月20日 回答
4-3	堰内外の状況（中和槽の配管径、漏洩時の拡大範囲等）を踏まえ、有毒ガスの発生量を説明すること。	本日回答 P8～12
4-4	大気拡散において、建屋巻き込みをどのように考慮しているか詳細を説明すること。	本日回答 P13

1. 今回の説明方針について

8月20日審査会合における指摘事項反映箇所について

No.	指摘事項	回答状況
5-1	固定源の選定方法の詳細について補足説明資料に反映すること。(計量タンク・ガソリン・フロン・屋内の六フッ化硫黄の扱い)	9月5日 回答
5-2	六フッ化硫黄漏えい時の評価について、物性を踏まえ見直すこと。	本日回答 P14,15
5-3	覆いの開口部からの蒸発量の算定方法について、補足説明資料に詳細を記載すること。(高浜、大飯)	本日回答 補足説明資料 別紙7 2.(3)
5-4	中和槽の容量設定根拠について補足説明資料に記載すること。(高浜)	本日回答 補足説明資料 別紙7 1.
5-5	補足説明資料p.143の図に凡例を追加すること。(美浜)	本日回答 補足説明資料 別紙7 3.
5-6	中和槽を見込んでいないことに対して過度な保守性を持たせていないことを説明すること。(大飯)	本日回答 P16
5-7	重要操作地点について網羅性について説明すること。	本日回答 補足説明資料 別紙6

2. 審査会合における指摘事項の回答

コメントNo. 4-3

堰内外の状況（中和槽の配管径、漏洩時の拡大範囲等）を踏まえ、有毒ガスの発生量を説明すること。

【回答】

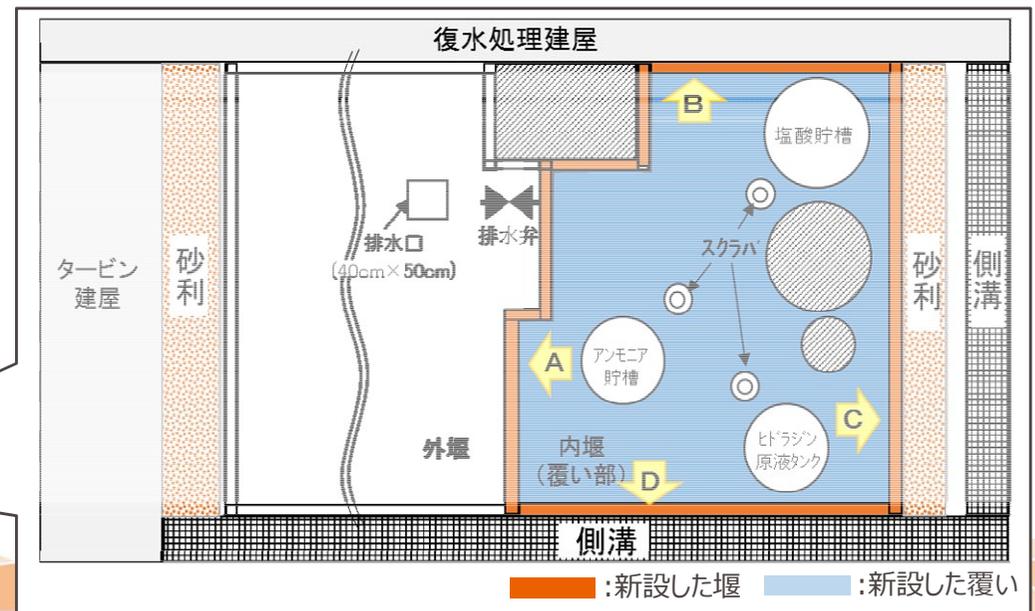
敷地内固定源に対して設置されている堰は、鉄筋コンクリート及び鉄板からなる堅牢な構造物であり、大きく損壊することは考えにくい。仮に損傷して薬品が堰外へ漏えいした場合でも、堰周辺への漏えいが拡大することなく、有毒ガスの発生量が変わらないことについて、以下のとおり説明する。

なお、中和槽等へ流下する構造の堰については、堰が損傷したとしても堰外へ薬品が流出する可能性は低いため対象外とした。

- 調査対象である高浜3号炉 塩酸貯槽、アンモニア貯槽、ヒドラジン原液タンクが設置されている内堰には中和槽への排水口はなく、単一のタンク漏えい時には全量堰内に留まることとなる。
- 複数タンクからの同時漏えいにより、堰容量を超過した場合には、外堰に面した堰が他の面と比較して低くなっているため、下図A方向へのみ流下し、外堰内の排水口より廃液中和槽に流下する。
- また、これら堰は、鉄筋コンクリート及び鉄板からなる堅牢な構造物であり、大きく損壊することはないとされるが、仮に堰外に漏えいしたとしても、堰周辺に設けた側溝に流下する。
- 以上のことから、堰外に漏えいした場合においても、薬品が広範囲に広がることはない。
- なお、高浜4号炉 塩酸貯槽、アンモニア貯槽、ヒドラジン原液タンクの堰内外の状況は3号炉と同じである。



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開できません。



(補足説明資料 別紙7 参照)

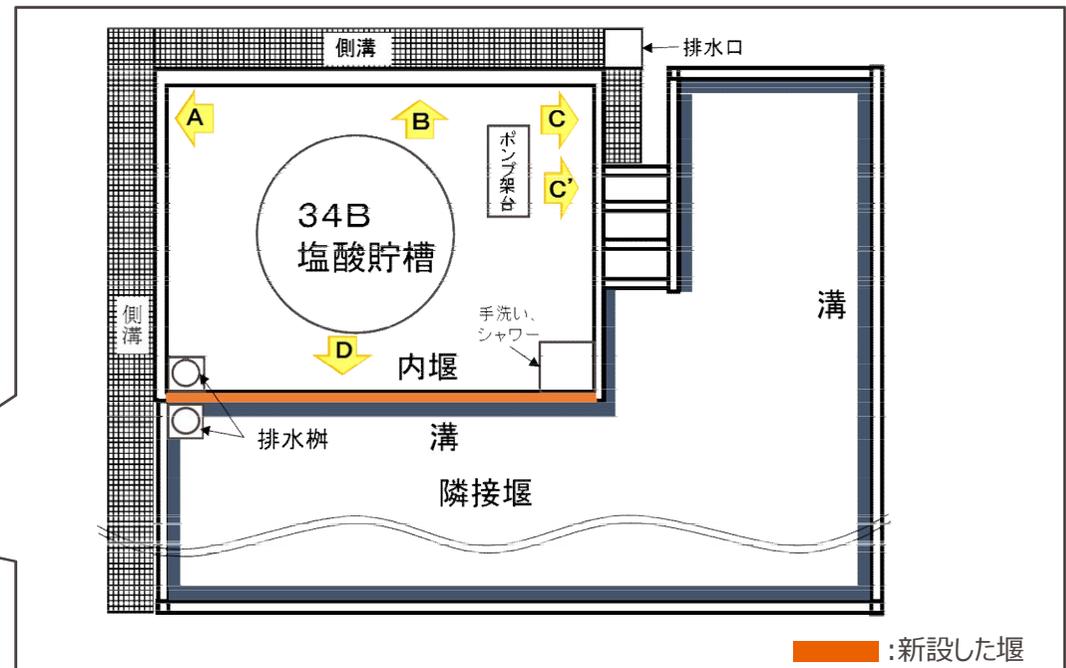
2. 審査会合における指摘事項の回答

コメントNo. 4-3

堰内外の状況（中和槽の配管径、漏洩時の拡大範囲等）を踏まえ、有毒ガスの発生量を説明すること。

【回答】

- 調査対象である大飯3, 4号機 B-構内排水処理装置 塩酸貯槽が設置されている内堰には、中和槽はなく、漏えい時には全量堰内に留まることとなる。
- これら堰は、鉄筋コンクリート及び鉄板からなる堅牢な構造物であり、大きく損壊することはない、ひび割れなどが発生したとしても多量に漏えいすることはないと考えられる。
- 仮に、堰外に漏えいしたとしても、堰周囲の側溝又は隣接堰に流入するため、薬品が広範囲に広がることはない。
- なお、塩酸貯槽は平底タンクであり、堰面積としてはタンク断面積を除くことも可能であるが、評価にあたっては簡略化のため、一律開口部の全面積を設定している。（タンク断面積を除いた場合、塩酸の低減効果は約10%となる。）



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開できません。

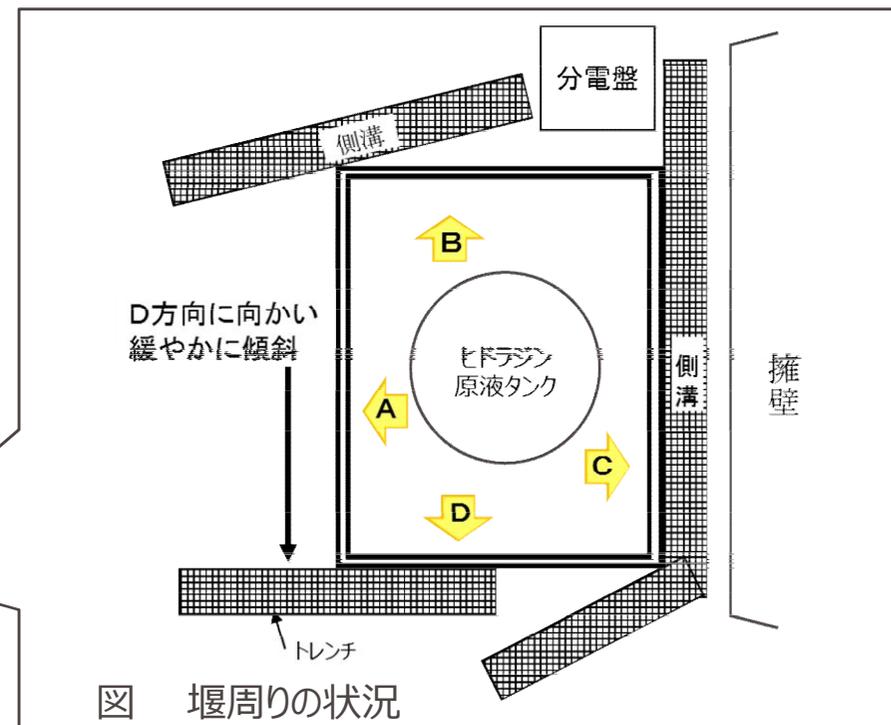
(補足説明資料 別紙7 参照)

コメントNo. 4-3

堰内外の状況（中和槽の配管径、漏洩時の拡大範囲等）を踏まえ、有毒ガスの発生量を説明すること。

【回答】

- 調査対象である大飯1号機 ヒドラジン原液タンクには、中和槽はなく、漏えい時には全量堰内に留まることとなる。
- これら堰は、鉄筋コンクリート製の堅牢な構造物であり、大きく損壊することはない、ひび割れなどが発生したとしても多量に漏えいすることはないと考えられる。
- 仮に、堰外に漏えいしたとしても、堰周囲の側溝又はトレンチに流下するため、薬品が広範囲に広がることはない。



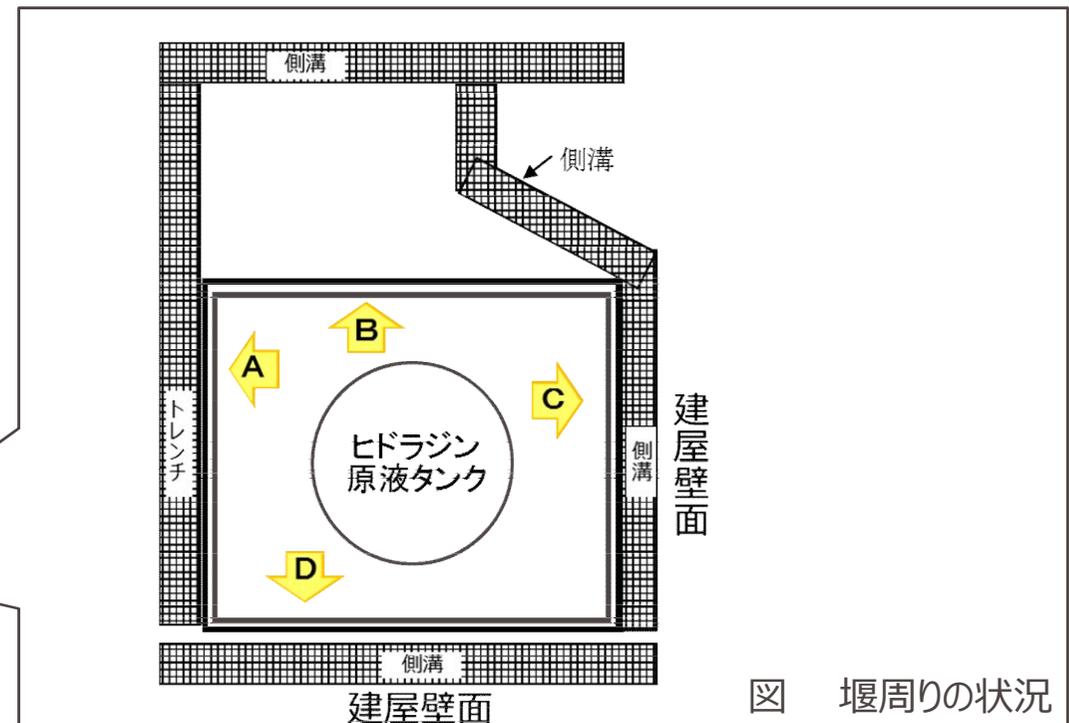
(補足説明資料 別紙7参照)

コメントNo. 4-3

堰内外の状況（中和槽の配管径、漏洩時の拡大範囲等）を踏まえ、有毒ガスの発生量を説明すること。

【回答】

- 調査対象である大飯2号機 ヒドラジン原液タンクには、中和槽はなく、漏えい時には全量堰内に留まることとなる。
- これら堰は、鉄筋コンクリート製の堅牢な構造物であり、大きく損壊することはない、ひび割れなどが発生したとしても多量に漏えいすることはないと考えられる。
- 仮に、堰外に漏えいしたとしても、堰周囲の側溝又はトレンチに流下するため、薬品が広範囲に広がることはない。



(補足説明資料 別紙7参照)

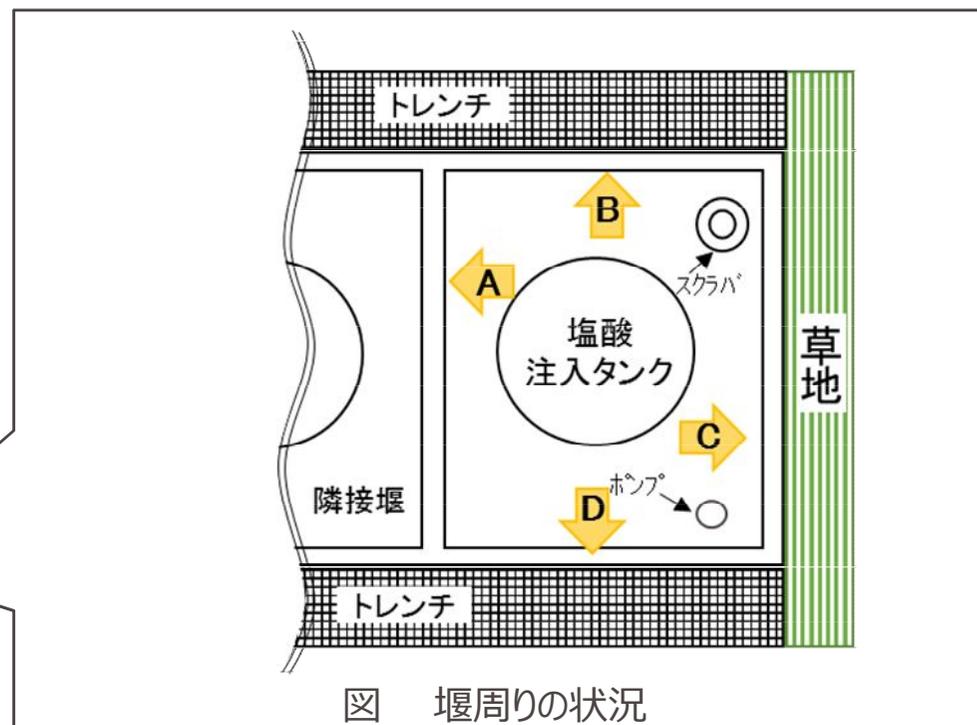
2. 審査会合における指摘事項の回答

コメントNo. 4-3

堰内外の状況（中和槽の配管径、漏洩時の拡大範囲等）を踏まえ、有毒ガスの発生量を説明すること。

【回答】

- 調査対象である美浜発電所 構内排水塩酸注入タンクには、中和槽はなく、漏えい時には全量堰内に留まることとなる。
- 堰は、鉄筋コンクリート製の堅牢な構造物であり、大きく損壊することはないと、ひび割れなどが発生したとしても多量に漏えいすることはないと考えられる。
- 仮に、堰外に漏えいしたとしても、堰周囲は下図のとおりとなっており、B及びD方向はトレンチへ流下する。また、C方向は草地のため地中に浸透する。A方向は隣接堰へ流入するため、薬品が広範囲に広がることはない。



(補足説明資料 別紙7 参照)

2. 審査会合における指摘事項の回答

コメントNo. 4-4

大気拡散において、建屋巻き込みをどのように考慮しているか詳細を説明すること。

【回答】

建屋巻き込みによる影響は、被ばく評価手法（内規）※1に示される手法を用いて評価を実施している。

この内規は、中央制御室から比較的近距離で放射性物質が放出された場合を想定した評価手法であり、評価の前提となる評価点と放出点の位置関係などは有毒ガス評価においても相違ない。

被ばく評価手法（内規）では、右図のフローに従い、条件が全て該当した場合に、建屋影響を考慮することとしている。

放出源と評価点の位置関係から、高浜発電所ではタービン建屋を、大飯発電所ではタービン建屋又は原子炉格納容器を代表建屋と選定し、建屋影響の有無を評価している。

建屋影響ありと判定された場合には、被ばく評価手法（内規）に示すとおり、建屋影響を考慮する各方位に対して、建屋投影面積を算定し、大気拡散評価を実施している。

なお、美浜発電所については、建屋影響を考慮しなくても有毒ガス濃度の評価値が防護判断基準値を十分に下回ることから、建屋影響は考慮していない。

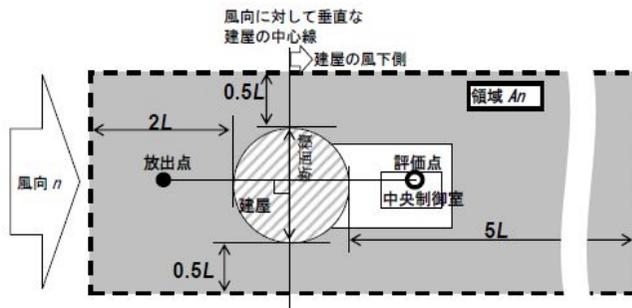


図 建屋影響を考慮する条件（水平断面）

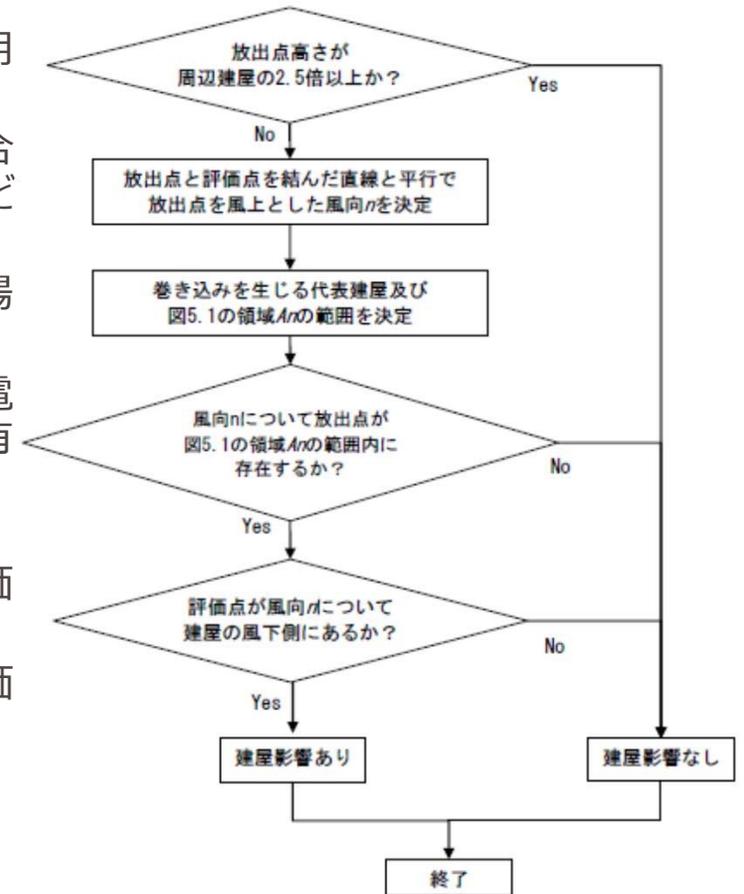


図 建屋影響の有無の判断フロー

注：L 建屋又は建屋群の風向に垂直な面での高さ又は幅の小さい方

（詳細は、補足説明資料 別紙10-2 参照）

※1 原子力発電所中央制御室の居住性に係る被ばく評価手法について（内規）（平成21・07・27原院第1号（平成21年8月12日原子力安全・保安院制定））

コメントNo. 5-2

六フッ化硫黄漏えい時の評価について、物性を踏まえ見直すこと。

【回答】

○高密度ガスの拡散について

六フッ化硫黄は、空気より分子量が大きい高密度ガスである。

高密度ガスが瞬時に大量に漏えいした際には、

(a) 拡散するガスの前面で鉛直方向に空気を巻き込みながら水平方向に進行

(b) 水平方向（地表付近）に非常に安定な成層を形成

(c) 時間の経過に伴い、周囲からの入熱、風等の影響で鉛直方向にも拡散することが一般論として示されている。（右図参照）

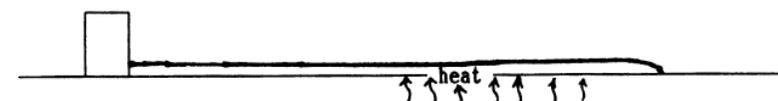
放出点からある程度距離が離れた地点において、最も漏えいガスが高濃度となるのは、(b)の漏えいから暫く時間が経過した段階における、地表付近に非常に安定な成層を形成した状態と考えられる。

そこで、屋外開閉所の六フッ化硫黄が漏えいし、(b)の状態を形成すると仮定し、その影響を評価した。

(a) immediately after spill..... effect of gravity flow is large.
entrainment of ambient air is effective.



(b) a few time later after very flat heavy gas cloud
the spill
very strong stratification
effect of entrainment is small.
effect of heat transfer from
ground is large.
turbulence damping is important.



(c) enough time later after approaching the behavior of
the spill
trace gas dispersion

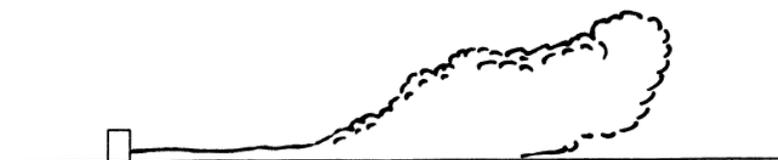


Fig. 3. Dispersion of vapor cloud of the cryogenic liquefied gas

図 高密度ガスの拡散について

出典：高密度ガスの拡散予測について（大気汚染学会誌 第27巻 第1号 P.12-22（1992））

No. 5-2

六フッ化硫黄漏えい時の評価について、物性を踏まえ見直すこと。

【回答】

○評価条件（高浜発電所の例）

➤ 屋外開閉所に設置されている機器（母線、ブスタイ等）に内包されている六フッ化硫黄（約71,800kg）の全量漏えいを想定（気体の状態方程式に基づき換算すると、六フッ化硫黄の体積は約12,000m³）

○気体の状態方程式

$$pV = \frac{w}{M} RT$$

（評価条件）

p : 圧力(=1atm)

V : 体積

w : 質量(=71,800kg)

M : モル質量(=146g/mol)

R : モル気体定数

(=0.082L・atm/(K・mol))

T : 温度(=25℃)

➤ 保守的に六フッ化硫黄が評価点までの距離の範囲内で広がり、成層を形成した場合を想定
 評価距離は屋外開閉所エリア中心から最も近い重要操作地点まで距離約200mとし、円柱状に広がったと想定

➤ 対処要員の口元相当である高さ1.5mにおける六フッ化硫黄の濃度を評価

○評価結果

対処要員の口元相当である高さにおける六フッ化硫黄の濃度は約6.4%となり、防護判断基準値の22%を下回ることを確認した。
さらに、濃度100%で成層を形成したと想定した場合の到達高さも約9.6cmであり、実際には対処要員の活動に支障を与えることはないと考えられる。

なお、実際には上記想定のように評価点の範囲内で成層状にとどまり続けることはなく、周囲からの入熱や風等の影響で鉛直方向にも拡散、希釈されると考えられ、対処要員への影響はさらに低減するものと考えられる。

高浜発電所 屋外開閉所



図 六フッ化硫黄と評価地点の関係

No. 5-6

中和槽を見込んでいないことに対して過度な保守性を持たせていないことを説明すること。

【回答】

大飯発電所の復水処理装置用薬品タンクの堰には下部に中和槽があるため、薬品が漏えいした場合には、堰床面の排水口より中和槽に流下するが、評価においては、この中和槽の機能には期待せず、漏えい薬品が堰内に留まることを想定した。

これは、想定し得る最も厳しい条件として、タンクが保有する薬品全量が漏えいすることを想定し、一定時間、堰全体に薬品が広がるものとして評価しているものである。

従って、中和槽の有無は事象の継続時間に影響するものであり、濃度評価において過度な保守性は見込んでいない。

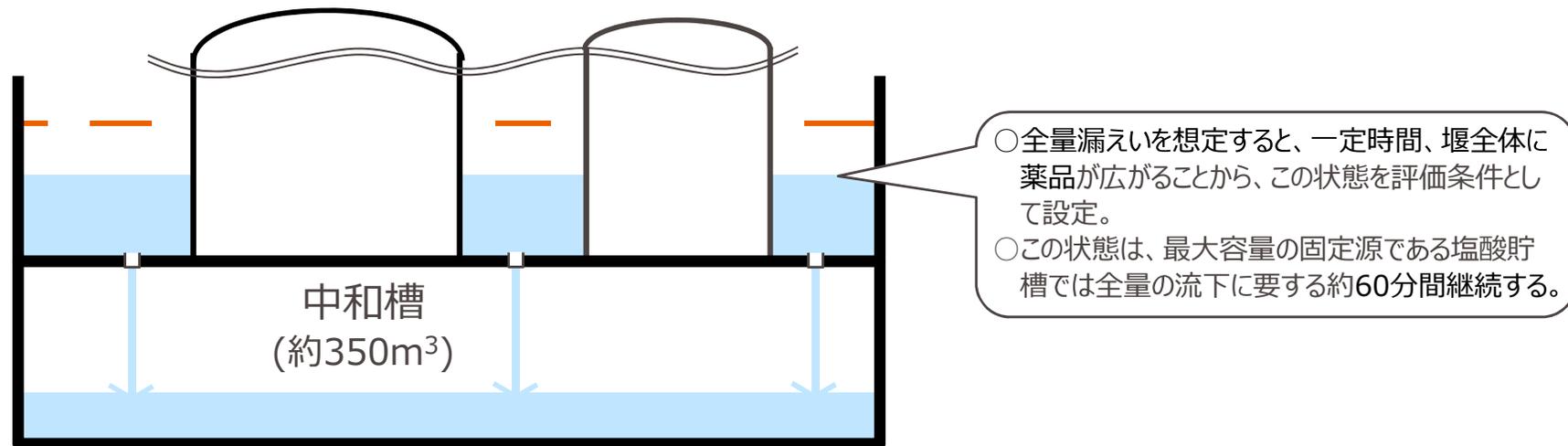


図 評価における中和槽の取扱いイメージ

— 覆い
□ 排水口

3. 基準規則への適合性について

平成29年4月5日の第1回原子力規制委員会にて、以下に示す規則等の改正及び「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」（以下「有毒ガス影響評価ガイド」という。）が決定され、5月1日に施行された。規則等改正は、原子炉制御室、緊急時対策所、緊急時制御室、技術的能力審査基準で規定する手順書の整備に関するものである。

- ・設置許可基準規則*¹第二十六条、同規則解釈*²第26条
- ・設置許可基準規則第三十四条、同規則解釈第34条
- ・設置許可基準規則解釈42条
- ・技術的能力審査基準*³ 要求事項の解釈（1.0 共通事項）

今回の規則等改正においては、有毒ガスが発生した場合に、必要な地点にとどまり対処する要員の事故対処能力を確保する目的で、有毒ガス対応に必要な手順の整備や、要員の吸気中の有毒ガス濃度が防護判断基準値を超えるような場合に、検出装置や警報装置を設置することが求められた。

次ページ以降に、今回の改正規則への適合性について説明する。

なお、緊急時制御室に係る内容は、別資料にて説明する。

* 1 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則

* 2 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈

* 3 実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準

3. 基準規則への適合性について

“設置許可基準規則第二十六条、同規則解釈 第26条”に対する適合性

	改正後の規則（下線部が改正箇所）	設計方針（高浜3号炉の例）
設置許可基準規則	<p>(原子炉制御室等) 第二十六条 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、原子炉制御室（安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。 (省略) 3 一次冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊又は故障その他の異常が発生した場合に発電用原子炉の運転の停止その他の発電用原子炉施設の安全性を確保するための措置をとるため、従事者が支障なく原子炉制御室に入り、又は一定期間とどまり、かつ、当該措置をとるための操作を行うことができるよう、次の各号に掲げる場所の区分に応じ、当該各号に定める設備を設けなければならない。 一 原子炉制御室及びその近傍並びに有毒ガスの発生源の近傍 <u>工場等内における有毒ガスの発生を検出するための装置及び当該装置が有毒ガスの発生を検出した場合に原子炉制御室において自動的に警報するための装置</u> 二 原子炉制御室及びこれに連絡する通路並びに運転員その他の従事者が原子炉制御室に出入りするための区域 <u>遮蔽壁その他の適切に放射線から防護するための設備、気体状の放射性物質及び原子炉制御室外の火災により発生する燃焼ガスに対し換気設備を隔離するための設備その他の適切に防護するための設備</u></p>	<div data-bbox="1249 531 2018 691" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>【設計方針（設置変更許可申請書（本文五号）抜粋）】 中央制御室は、有毒ガスが運転員に及ぼす影響により、運転員の対処能力が著しく低下し、安全施設の安全機能が損なわれることがない設計とする。</p> </div> <p>「有毒ガス影響評価ガイド」を参照した評価を実施した結果、敷地内外の固定源に対しては、運転員の吸気中の有毒ガス濃度が、最大方位であっても有毒ガス濃度の防護判断基準値に対する割合の和が1を下回り、第3項第1号に規定する「有毒ガスの発生源」がないことを確認した。また、敷地内の可動源に対しては、防護措置により運転員を防護することとした。</p>
設置許可基準規則解釈	<p>1～4（省略）</p> <p>5 第3項に規定する「従事者が支障なく原子炉制御室に入り、又は一定期間とどまり」とは、事故発生後、事故対策操作をすべき従事者が原子炉制御室に接近できるよう通路が確保されていること、及び従事者が原子炉制御室に適切な期間滞在できること、並びに従事者の交替等のため接近する場合においては、放射線レベルの減衰及び時間経過とともに可能となる被ばく防護策が採り得ることをいう。 <u>「当該措置をとるための操作を行うことができる」には、有毒ガスの発生に関して、有毒ガスが原子炉制御室の運転員に及ぼす影響により、運転員の対処能力が著しく低下し、安全施設の安全機能が損なわれることがないことを含む。</u></p> <p>6 第3項第1号に規定する「有毒ガスの発生源」とは、有毒ガスの発生時において、運転員の対処能力が損なわれるおそれがあるものをいう。「工場等内における有毒ガスの発生」とは、有毒ガスの発生源から有毒ガスが発生することをいう。</p>	<p>上述のとおり、検出装置や警報装置は設置しなくとも、有毒ガスが運転員に及ぼす影響により、運転員の対処能力が著しく低下し、安全施設の安全機能が損なわれることがない設計としており、改正規則に適合する。</p>

3. 基準規則への適合性について

“設置許可基準規則第三十四条、同規則解釈 第34条”に対する適合性

	改正後の規則（下線部が改正箇所）	設計方針（高浜3号炉の例）
設置許可基準規則	<p>（緊急時対策所） 第三十四条 工場等には、一次冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊その他の異常が発生した場合に適切な措置をとるため、緊急時対策所を原子炉制御室以外の場所に設けなければならない。 <u>2 緊急時対策所及びその近傍並びに有毒ガスの発生源の近傍には、有毒ガスが発生した場合に適切な措置をとるため、工場等内における有毒ガスの発生を検出するための装置及び当該装置が有毒ガスの発生を検出した場合に緊急時対策所において自動的に警報するための装置その他の適切に防護するための設備を設けなければならない。</u></p>	<p>【設計方針（設置変更許可申請書（本文五号）抜粋）】 緊急時対策所（緊急時対策所建屋内）は、有毒ガスが重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員に及ぼす影響により、重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員の対処能力が著しく低下し、安全施設の安全機能が損なわれることがない設計とする。</p> <p>「有毒ガス影響評価ガイド」を参照した評価を実施した結果、敷地内外の固定源に対しては、当該要員の吸気中の有毒ガス濃度が、最大方位であっても有毒ガス濃度の防護判断基準値に対する割合の和が1を下回り、第2項に規定する「有毒ガスの発生源」がないことを確認した。また、敷地内の可動源に対しては、防護措置により当該要員を防護することとした。</p>
設置許可基準規則解釈	<p><u>1 第2項に規定する「有毒ガスの発生源」とは、有毒ガスの発生時において、指示要員の対処能力が損なわれるおそれがあるものをいう。「有毒ガスが発生した場合」とは、有毒ガスが緊急時対策所の指示要員に及ぼす影響により、指示要員の対処能力が著しく低下し、安全施設の安全機能が損なわれるおそれがあることをいう。</u></p>	<p>上述のとおり、検出装置や警報装置を設置しなくとも、有毒ガスが重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員に及ぼす影響により、当該要員の対処能力が著しく低下し、安全施設の安全機能が損なわれることがない設計としており、改正規則に適合する。</p>

3. 基準規則への適合性について

技術的能力審査基準要求事項の解釈に関する方針

	改正後の規則（下線部が改正箇所）	対応方針（高浜3号炉の例）
技術的能力審査基準要求事項の解釈	<p>1 手順書の整備は、以下によること。 a) ～ f) （略） <u>g) 有毒ガス発生時の原子炉制御室及び緊急時制御室の運転員、緊急時対策所において重大事故等に対処するために必要な要員並びに重大事故等対処上特に重要な操作（常設設備と接続する屋外に設けられた可搬型重大事故等対処設備（原子炉建屋の外から水又は電力を供給するものに限る。）の接続をいう。）を行う要員（以下「運転・対処要員」という。）の防護に関し、次の①から③に掲げる措置を講じることが定められていること。</u></p> <p>① <u>運転・対処要員の吸気中の有毒ガス濃度を有毒ガス防護のための判断基準値以下とするための手順と体制を整備すること。</u></p> <p>② <u>予期せぬ有毒ガスの発生に対応するため、原子炉制御室及び緊急時制御室の運転員並びに緊急時対策所において重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員のうち初動対応を行う者に対する防護具の配備、着用等運用面の対策を行うこと。</u></p> <p>③ <u>設置許可基準規則第6 2条等に規定する通信連絡設備により、有毒ガスの発生を原子炉制御室又は緊急時制御室の運転員から、当該運転員以外の運転・対処要員に知らせること。</u></p> <p>2・3 （略）</p>	<p>【設置変更許可申請書（本文十号）抜粋】 (a-7) 有毒ガス発生時に、事故対策に必要な各種の指示・操作を行うことができるよう、運転員（当直員）、緊急時対策本部要員及び緊急安全対策要員の吸気中の有毒ガス濃度を有毒ガス防護のための判断基準値以下とするための手順と体制を整備する。</p> <p>予期せぬ有毒ガスの発生においても、運転員（当直員）及び緊急時対策本部要員に対して防護具を配備し、事故対策に必要な各種の操作を行うことができるよう手順を整備する。</p> <p>有毒ガスの発生による異常を検知した場合、通信連絡設備により、有毒ガスの発生を発電所内の必要な要員に周知する手順を整備する。</p> <p>上述のとおり、有毒ガス防護に係る手順と体制を整備することとしており、改正規則に適合する。</p>