

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

発電用原子炉設置変更許可申請

【有毒ガス防護に関する規則改正
のうち指摘事項の回答】

TEPCO

2020年2月4日

東京電力ホールディングス株式会社

枠囲みの範囲は機密に係わる事項ですので公開することはできません。

1. 指摘事項について

12月5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	ガス化するかの判断が定量的に説明できるものについてはその妥当性も含めて説明すること。	P3~4
1 - 2	エアロゾル化の判断基準等, 説明が足りていない部分について, まとめ資料を充実すること。	P5
1 - 3	窒素, 水素等の物質は有毒化学物質ではないとして, 固定源及び可動源の調査対象から除外しているが, ICSC等によるデータも踏まえて説明すること。	P6~11
1 - 4	それぞれの物質に対する風向ごとの評価結果を示し, 最も高い濃度が示されていることを説明すること。	P12~15
1 - 5	蒸発率の評価に用いる入力パラメータを示し, その妥当性を説明すること。(パラメータ入力値に関する説明を充実させること。)	P16~18
1 - 6	現状設置されている設備に対する漏洩検知にあたっては, 通常時のパトロール者や重大事故時のアクセスルートを通過する者への影響等も踏まえて説明すること。その際, 外気取入口での濃度が防護判断基準値を超えている点も考慮すること。	P19

1. 指摘事項について

12月5日審査会合における指摘事項反映箇所について

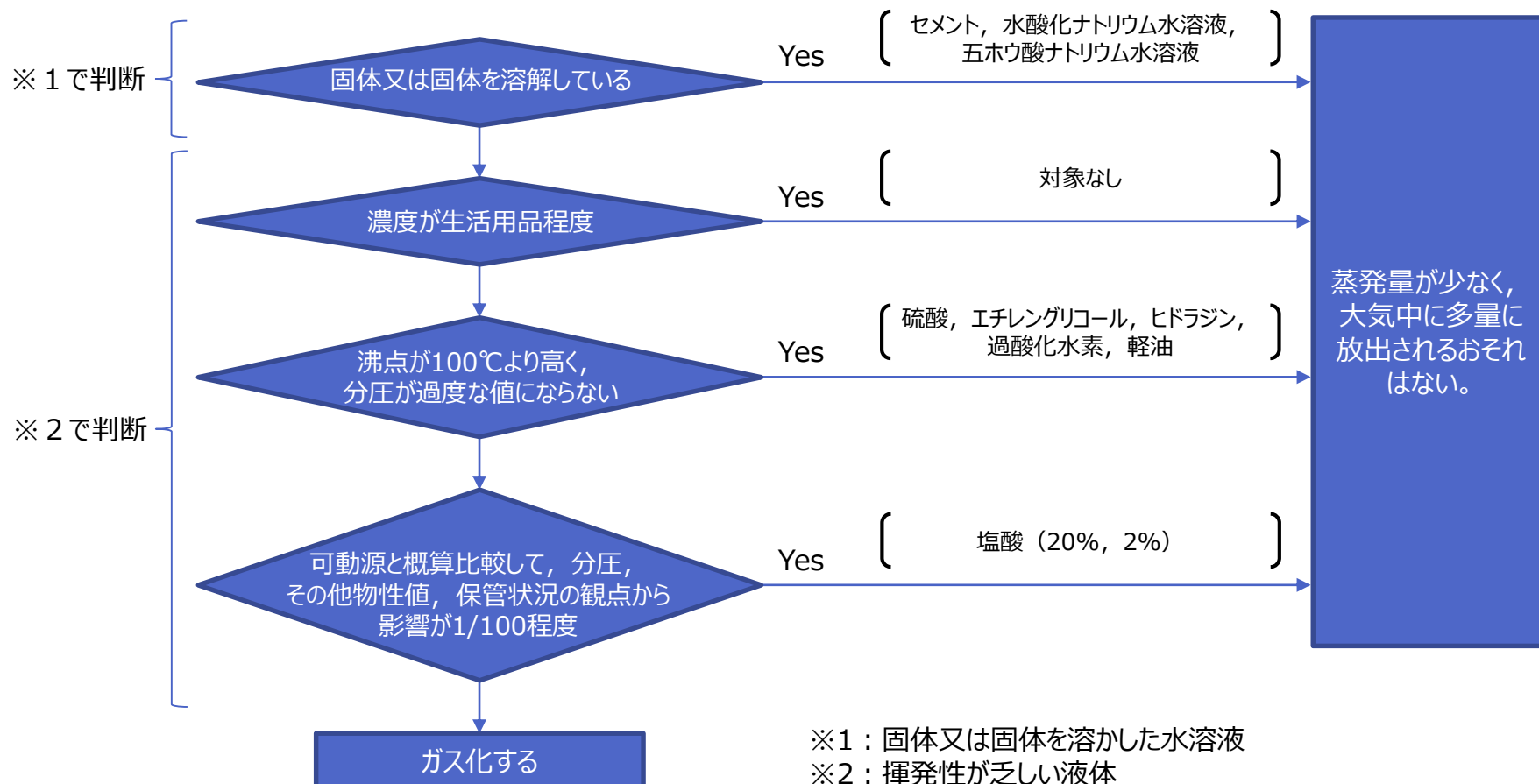
No.	指摘事項	回答状況
1 - 7	可動源の輸送ルートについて、保安規定等に定めて管理するという設計方針を示し、再度説明すること。（柏崎刈羽固有）	P20
1 - 8	評価点（中央制御室外気取入口等）と可動源との高度差について、どのような考えに基づき0mが保守的であると判断したのか説明すること。（柏崎刈羽固有）	P21
1 - 9	可動源（塩酸）の想定する液だまり厚さを5mmに設定するにあたって、ソフトウェア「ALPHA」を利用しているが、文献のみならず、他業界での評価方法の有無も踏まえて説明すること。（柏崎刈羽固有）	P22,23
1 - 10	SF6漏洩時の影響評価にあたっては、重要操作地点で行う作業の実態を踏まえ、適切な高さでの濃度評価を行うこと。（柏崎刈羽固有）	P24~26
1 - 11	メタノール及び亜酸化窒素の急性ばく露のデータについて、化学プラントの基準等も含めて可能な限り調査し、再度説明すること。（柏崎刈羽固有）	P27,28
1 - 12	敷地内可動源の放出継続時間が実効放出継続時間の1時間より短くなっているため、非保守的な評価となっていないか説明すること。（柏崎刈羽固有）	P29

2. 審査会合における指摘事項の回答

コメントNo. 1-1

ガス化するかの判断が定量的に説明できるものについてはその妥当性も含めて説明すること。

固体又は揮発性の乏しい液体は、蒸発量が少ないことから、気体状の有毒化学物質が大気中に多量に放出されることはないとしている。該当する物質については以下のフローに基づき抽出している。



2. 審査会合における指摘事項の回答

塩酸及び“沸点が100℃より高い物質”として除外した物質の沸点等の物性値は以下の通り。

- 塩酸（100％）の沸点は100℃以下であることから、個別に分圧を確認。
- 塩酸以外の物質の沸点は100℃より高く、分圧は過度に高い物質ではない。

物質名	100%濃度における沸点	100%濃度における分圧	低濃度における分圧
エチレングリコール (4%, 5%, 30%)	197℃※1	6.5Pa (20℃) ※1	—
ヒドラジン (1%)	114℃※1	2,100Pa (20℃) ※1	—
塩酸 (2%, 20%, 35%)	-85.1℃※1 約108℃(約20%濃度)※2	約8.05MPa (50℃) ※3	14,065Pa (36%濃度, 20℃) ※4 27.3Pa (20%濃度, 20℃) ※4
過酸化水素 (35%)	141℃(90%濃度)※1	200Pa(90%濃度, 20℃)※1	—
硫酸 (35%, 98%)	340℃ (分解) (100%未満)※1	<10Pa(100%未満, 20℃)※1	—
軽油 (100%)	160～360℃※3	280～350Pa (21℃) ※3	—

※1：国際化学物質安全性カード

※2：安全データシート (<http://www.daiwa-yakuhin.com/pic/syouhin/SDS-HCl.pdf>)

※3：安全データシート (モデルSDS)

※4：Perry's Chemical Engineers' Handbook

コメントNo. 1 - 2

エアロゾル化の判断基準等、説明が足りていない部分について、まとめ資料を充実すること。

以下の通り、複数の文献からエアロゾルの生成過程を抽出している

参考文献	概要
大気圏エアロゾルの化学組成と発生機構、発生源（笠原（1996））	<ul style="list-style-type: none"> エアロゾル粒子の生成過程は、粒子として直接大気中に放出される<u>1次粒子</u>と、ガス状物質から生成される<u>2次粒子</u>に大別される。 土壌粒子は、空中に舞い上げられることによって生成する。【飛散】 海塩粒子は、海面に生じた泡が破裂するとき生成される。【飛沫同伴】 大気中のガスは自己凝縮により微小粒子を生成する。【大気中のガスの凝集】
テスト用エアロゾルの発生（金岡（1982））	<ul style="list-style-type: none"> エアロゾルを実験的に発生させるため、噴霧法が用いられる。【噴霧】
大気中のSO _x 及びNO _x の有害性の本質（北川（1977））	<ul style="list-style-type: none"> 硫酸中の気泡が液面で破れるとき、飛沫が同伴されて、ミストが生じる。【飛沫同伴】 大気中に排出された硫酸化合物が酸化することによって、硫酸が生じる。【化学的生成】 硫酸を高温に加熱するとき、硫酸が蒸発したのち、冷却によって凝集し、硫酸のミストが生じる。【高温加熱による蒸発後の凝集】

また、液体を圧力によって微粒化するために用いる代表的な噴霧装置とその圧力条件について以下の通り提示されており、微粒化するためには、最低でも0.2MPa程度の差圧が必要とされている。

液体の圧力による微粒化(条件)

単一噴孔ノズル	$p=15\sim 100$	(MPa)
衝突型噴射弁	$p<5$	(MPa)
ファンスプレーノズル	$p=0.2\sim 1.7$	(MPa)
渦巻き噴射弁	$p=0.2\sim 7$	(MPa)

- ・ 噴射圧力 大 & 液膜の広がり 大 ⇒ 噴霧粒径 小
- ・ 粘度の高い液体の微粒化には不向き

鈴木『液体微粒化の基礎』

: http://www.ilass-japan.gr.jp/activity/other/12th_suzuki.pdf

2. 審査会合における指摘事項の回答

コメントNo. 1-3

窒素、水素等の物質は有毒化学物質ではないとして、固定源及び可動源の調査対象から除外しているが、ICSC等によるデータも踏まえて説明すること。

■ 調査対象とする有毒化学物質について（第806回審査会合資料（KK67-001）再掲）

ガイド3.1(1)では、調査対象とする有毒化学物質を示すことが求められている。一方、ガイド3.1(2)では、有毒化学物質を調査対象外とする場合に、その根拠の説明を求めているため、ガイド3.1における調査対象とする有毒化学物質を定義する必要がある。

ガイド3.1における調査対象とする有毒化学物質は、ガイド1.3の有毒化学物質の定義に基づき、人に対する悪影響を考慮した上で、参照する情報源を整理し、以下の通り定義し、調査を行った。

有毒化学物質：国際化学安全性カード等において、人に対する悪影響が示されている物質
(ガイド1.3抜粋)

人に対する悪影響

ガイドの定義や防護判断基準として参照が求められているIDLH等の内容（下記）から判断し、ガイドにおける有毒化学物質の対象は、中枢神経影響等の急性毒性影響を有する有毒化学物質を主体に調査した。

- ・有毒ガスの急性ばく露に関し、中枢神経等への影響（運転・対象要員の対処能力に支障を来さないこと）を考慮したものであること。（ガイド1.3(13)）
- ・IDLH：米国NIOSHが定める急性の毒性限度（ガイド1.3(1)）
- ・最大許容濃度：短時間で発現する刺激、中枢神経抑制等の生体影響を主とすることから勧告されている値。（ガイド脚注12）

⇒対処能力を損なう要因として、中枢神経影響だけでなく急性の致死影響及び呼吸障害（呼吸器への影響）も考慮した。

参照する情報源

- ・国際化学安全性カード（ICSC）による情報を主たる情報源とした。
- ・ICSCにない有毒化学物質を補完するために、以下の2種類の情報源を追加し、網羅性を確保した。
 - ・急性毒性の観点で国内法令で規制されている物質
 - ・化学物質の有害性評価等の世界標準システム（GHS）で作成されたデータベース

2. 審査会合における指摘事項の回答

窒素及び水素は、表3-1のとおりICSC及びGHSのデータベースにおいて、いずれも急性毒性に関する記載はない。また、ICSCの吸入の危険性において、“窒息”の記載はあるが、閉ざされた場所に限定されていることから、開放空間において設備・機器類等に貯蔵されている窒息性ガスは固定源及び可動源の対象外とする。

表3-1 ICSC及びGHSにおける窒素及び水素の記載

	ICSC	GHS
窒素（気体）	【吸入の危険性】 容器を開放すると、閉ざされた場所では空気中の酸素濃度が低下して、窒息を起こすことがある。 【短期ばく露の影響】 記載無し。	・急性毒性（吸入）：区分外 ・呼吸器感作性：データなし ・特定標的臓器・全身毒性（単回ばく露）：データなし ・吸引性呼吸器有害性：分類対象外
窒素（液化）	【吸入の危険性】 容器を開放すると、閉ざされた場所では窒息の危険を生じる。 【短期ばく露の影響】 液体は、凍傷を引き起こすことがある。	
水素	【吸入の危険性】 容器を開放すると、閉ざされた場所では空気中の酸素濃度が低下して、窒息を起こすことがある。 【短期ばく露の影響】 窒息。冷ガスに曝露すると、凍傷を引き起こすことがある。	

2. 審査会合における指摘事項の回答

■ 固定源・可動源特定フローの全体像（その1）（第806回審査会合資料（KK67-001）加筆・修正）

固定源及び可動源の調査では、ガイド3. 1のとおり、敷地内に保管、輸送される全ての有毒化学物質を調査対象とする必要があることから、以下のフローにより、調査を行い柏崎刈羽原子力発電所内で使用される全ての有毒化学物質を抽出した。

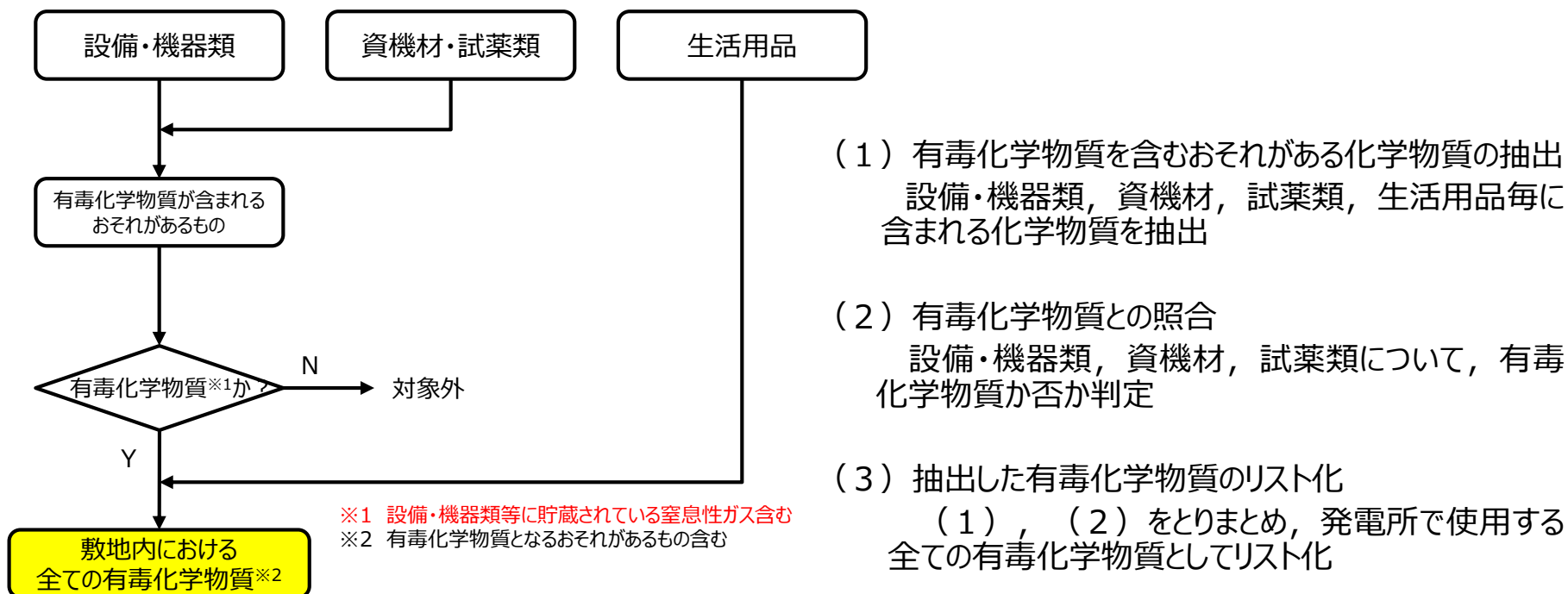
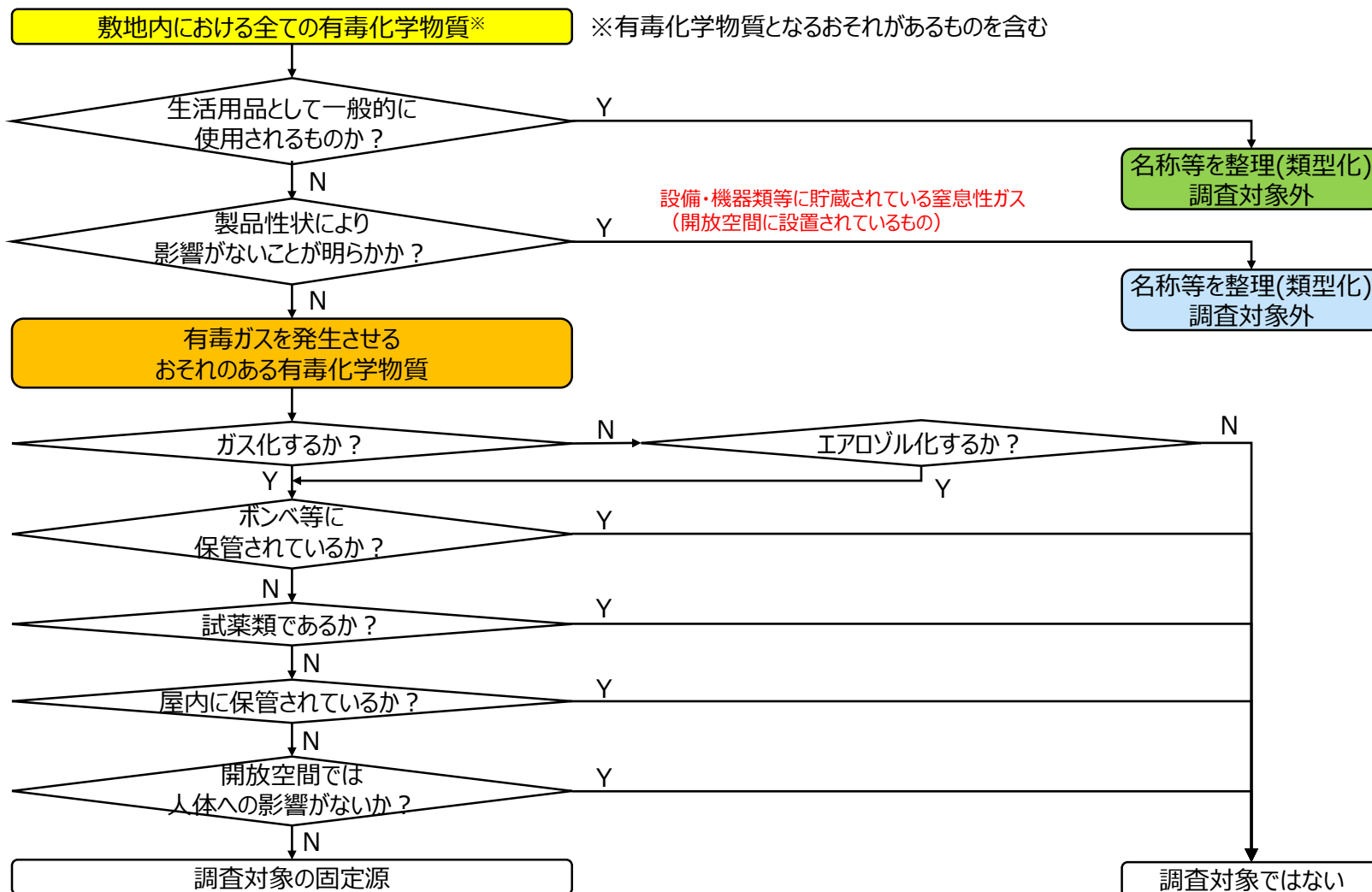


図 有毒化学物質の抽出フロー

2. 審査会合における指摘事項の回答

■ 調査対象の固定源特定フロー（第806回審査会合資料（KK67-001）加筆・修正）



2. 審査会合における指摘事項の回答

■ 有毒化学物質の分類イメージ（第806回審査会合資料（KK67-001）加筆・修正）

敷地内における全ての有毒化学物質（有毒化学物質となるおそれがあるものを含む）

有毒ガスを発生させるおそれのある有毒化学物質

- 薬品タンク，軽油タンク，分析用ポンプ，チラーの冷媒，遮断器の絶縁ガス，試薬類，薬品タンク，消火設備用ポンプ，薬品タンクローリー

【製品性状により影響がないことが明らか（類型化）】

- セメント固化したドラム缶，バッテリー，潤滑油，絶縁油，酸素呼吸器，**設備・機器類等に貯蔵されている窒息性ガス（開放空間に設置されているもの）**

【生活用品であり，運転員の対処能力に影響を与える観点で考慮不要（類型化）】

- 洗剤，エアコンの冷媒，殺虫剤，自販機，調味料，車，電池，消毒薬，消火器，飲料（コーヒー），融雪剤，スプレー缶，作業用品

固定源と可動源の定義

○固定源

敷地内外において貯蔵施設（例えば、貯蔵タンク、配管ライン等）に保管されている、有毒ガスを発生させるおそれのある有毒化学物質をいう。
(ガイド1. 3を抜粋)

○可動源

敷地内において輸送手段（例えば、タンクローリー等）の輸送容器に保管されている、有毒ガスを発生させるおそれのある有毒化学物質をいう。
(ガイド1. 3を抜粋)

2. 審査会合における指摘事項の回答

■ 敷地内有毒化学物質リスト（抜粋）（第806回審査会合資料（KK67-001）加筆・修正）

有毒化学物質		保管場所	貯蔵量	
敷地内における全ての有毒化学物質※	タンク類	塩酸	水処理建屋	5.9m ³
		軽油	7号炉 軽油タンク(A)	565m ³
	ポンベ類	二酸化炭素	7号炉ポンベ建屋	30kg/本×17本
		プロパン	焼却炉建屋（荒浜側）	500kg/本×8本
		アセチレン	技能訓練施設技能訓練棟	3.6L/本×1本
	機器（冷媒）	HCFC-22	7号炉原子炉建屋	0.3kg
		HCFC-123	6号及び7号炉サービス建屋	300kg
	機器（遮断器）	六フッ化硫黄	7号炉 主変圧器	825kg
	試薬類	塩酸	6号及び7号炉サービス建屋	500mL/本×2本
		水酸化ナトリウム	6号及び7号炉サービス建屋	500mL/本×2本
		硝酸	6号及び7号炉サービス建屋	500mL/本×2本
	その他	潤滑油	各機器	—
		バッテリー（硫酸）	各機器	—
		設備・機器類等に貯蔵されている窒息性ガス（開放空間に設置されているもの）	液化窒素貯槽，水素ポンベ，窒素ポンベ，アルゴンポンベ，一部の消火用ポンベ	—
その他（参考）	生活用品	—	—	

※ 有毒化学物質となるおそれがあるもの含む

（詳細は、補足説明資料 別紙4-7-1,2参照）

2. 審査会合における指摘事項の回答

コメントNo. 1-4

それぞれの物質に対する風向ごとの評価結果を示し、最も高い濃度が示されていることを説明すること。

表4-1～表4-6に示す通り、固定源及び可動源に対する各評価点において風向ごとに各物質の濃度を算出し、最も高い濃度を示している。

表4-1 6号炉中央制御室外気取入口における評価結果

表4-2 7号炉中央制御室外気取入口における評価結果

敷地外固定源	着目方位	当該方位における判断基準値との比	隣接方位を含めた判断基準値との比	評価
-	N	-	-	-
-	NNE	-	-	-
-	NE	-	-	-
アンモニア	ENE	2.2×10^{-3}	2.2×10^{-3}	影響なし
-	E	-	-	-
-	ESE	-	-	-
-	SE	-	-	-
アンモニア, 塩酸, メタノール	SSE	1.0×10^{-1}	1.0×10^{-1}	影響なし
アンモニア, 亜酸化窒素	S	2.0×10^{-3}	1.0×10^{-1}	影響なし
亜酸化窒素	SSW	3.8×10^{-5}	2.1×10^{-3}	影響なし
-	SW	-	-	-
-	WSW	-	-	-
-	W	-	-	-
-	WNW	-	-	-
-	NW	-	-	-
-	NNW	-	-	-

敷地外固定源	着目方位	当該方位における判断基準値との比	隣接方位を含めた判断基準値との比	評価
-	N	-	-	-
-	NNE	-	-	-
-	NE	-	-	-
アンモニア	ENE	2.2×10^{-3}	2.2×10^{-3}	影響なし
-	E	-	-	-
-	ESE	-	-	-
-	SE	-	-	-
アンモニア, 塩酸, メタノール	SSE	1.0×10^{-1}	1.0×10^{-1}	影響なし
アンモニア, 亜酸化窒素	S	2.0×10^{-3}	1.0×10^{-1}	影響なし
亜酸化窒素	SSW	3.8×10^{-5}	2.1×10^{-3}	影響なし
-	SW	-	-	-
-	WSW	-	-	-
-	W	-	-	-
-	WNW	-	-	-
-	NW	-	-	-
-	NNW	-	-	-

※敷地外固定源がない着目方位に“-”を記載。

2. 審査会合における指摘事項の回答

表4-3 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所外気取入口における評価結果

敷地外固定源	着目方位	当該方位における判断基準値との比	隣接方位を含めた判断基準値との比	評価
-	N	-	-	-
-	NNE	-	-	-
-	NE	-	-	-
-	ENE	-	-	-
アンモニア	E	1.5×10^{-2}	1.5×10^{-2}	影響なし
-	ESE	-	-	-
-	SE	-	-	-
アンモニア, 塩酸, メタノール	SSE	9.9×10^{-2}	1.0×10^{-1}	影響なし
アンモニア, 亜酸化窒素	S	2.0×10^{-3}	1.0×10^{-1}	影響なし
亜酸化窒素	SSW	3.7×10^{-5}	2.0×10^{-3}	影響なし
-	SW	-	-	-
-	WSW	-	-	-
-	W	-	-	-
-	WNW	-	-	-
-	NW	-	-	-
-	NNW	-	-	-

※敷地外固定源がない着目方位に“-”を記載。

2. 審査会合における指摘事項の回答

表4-4 6号炉中央制御室における評価結果

敷地内 可動源	着目 方位	評価結果			
		外気取入口濃度 (ppm)	屋内濃度 (ppm)	判断基準値 との比	評価
塩酸	N	-※1	-※1	-※1	-※1
	NNE	-※1	-※1	-※1	-※1
	NE	-※1	-※1	-※1	-※1
	ENE	-※1	-※1	-※1	-※1
	E	-※1	-※1	-※1	-※1
	ESE	-※1	-※1	-※1	-※1
	SE	-※1	-※1	-※1	-※1
	SSE	91	27	0.54	影響なし
	S	2.5	-※2	0.05	影響なし
	SSW	1.1	-※2	0.02	影響なし
	SW	-※1	-※1	-※1	-※1
	WSW	-※1	-※1	-※1	-※1
	W	-※1	-※1	-※1	-※1
	WNW	-※1	-※1	-※1	-※1
NW	-※1	-※1	-※1	-※1	
NNW	-※1	-※1	-※1	-※1	

表4-5 7号炉中央制御室における評価結果

敷地内 可動源	着目 方位	評価結果			
		外気取入口濃度 (ppm)	屋内濃度 (ppm)	判断基準値 との比	評価
塩酸	N	-※1	-※1	-※1	-※1
	NNE	-※1	-※1	-※1	-※1
	NE	-※1	-※1	-※1	-※1
	ENE	-※1	-※1	-※1	-※1
	E	-※1	-※1	-※1	-※1
	ESE	-※1	-※1	-※1	-※1
	SE	-※1	-※1	-※1	-※1
	SSE	95	28	0.56	影響なし
	S	2.9	-※2	0.06	影響なし
	SSW	1.1	-※2	0.02	影響なし
	SW	-※1	-※1	-※1	-※1
	WSW	-※1	-※1	-※1	-※1
	W	-※1	-※1	-※1	-※1
	WNW	-※1	-※1	-※1	-※1
NW	-※1	-※1	-※1	-※1	
NNW	-※1	-※1	-※1	-※1	

※1可動源の輸送ルートではない着目方位に“-※1”を記載。

※2外気取入口の濃度が防護判断基準値（50ppm）以下になることから、屋内濃度の評価は実施していない。

2. 審査会合における指摘事項の回答

表4-6 5号炉原子炉建屋内緊急時対策所における評価結果

敷地内 可動源	着目 方位	評価結果			
		外気取入口濃度 (ppm)	屋内濃度 (ppm)	判断基準値 との比	評価
塩酸	N	-※1	-※1	-※1	-※1
	NNE	-※1	-※1	-※1	-※1
	NE	-※1	-※1	-※1	-※1
	ENE	-※1	-※1	-※1	-※1
	E	-※1	-※1	-※1	-※1
	ESE	-※1	-※1	-※1	-※1
	SE	-※1	-※1	-※1	-※1
	SSE	62	18	0.37	影響なし
	S	1.0	-※2	0.02	影響なし
	SSW	1.0	-※2	0.02	影響なし
	SW	-※1	-※1	-※1	-※1
	WSW	-※1	-※1	-※1	-※1
	W	-※1	-※1	-※1	-※1
	WNW	-※1	-※1	-※1	-※1
	NW	-※1	-※1	-※1	-※1
NNW	-※1	-※1	-※1	-※1	

※1可動源の輸送ルートではない着目方位に“-※1”を記載。

※2外気取入口の濃度が防護判断基準値（50ppm）以下になることから、屋内濃度の評価は実施していない。

2. 審査会合における指摘事項の回答

コメントNo. 1 - 5

蒸発率の評価に用いる入力パラメータを示し、その妥当性を説明すること。（パラメータ入力値に関する説明を充実させること。）

文献を参照し、下記の式にて化学物質の蒸発率を導出した。使用するパラメータとその根拠は表5-1のとおりであり、化学工学の分野において一般的に用いられるパラメータを使用している。

・蒸発率 E ¹⁾

$$E = A \times K_M \times \left(\frac{M_w \times P_v}{R \times T} \right) \text{ (kg/s)} \quad \dots(4-1)$$

・物質移動係数 K_M ¹⁾

$$K_M = 0.0048 \times U^{\frac{7}{9}} \times Z^{-\frac{1}{9}} \times S_c^{-\frac{2}{3}} \text{ (m/s)} \quad \dots(4-2)$$

$$S_c = \frac{v}{D_M} \quad \dots(4-3)$$

$$D_M = D_{H_2O} \times \sqrt{\frac{M_{WH_2O}}{M_{Wm}}} \text{ (m}^2\text{/s)} \quad \dots(4-4)$$

$$D_{H_2O} = D_0 \times \left(\frac{T}{273.15} \right)^{1.75} \text{ (m}^2\text{/s)} \quad \dots(4-5) \quad ^2)$$

・蒸発率補正 E_C ¹⁾

$$E_C = - \left(\frac{P_a}{P_v} \right) \ln \left(1 - \frac{P_v}{P_a} \right) \times E \text{ (kg/s)} \quad \dots(4-6)$$

- <参考文献> 1) Modeling Hydrochloric Acid Evaporation in ALOHA
2) 伝熱工学資料 改訂第5版 日本機械学会

2. 審査会合における指摘事項の回答

表5-1 蒸発率算出のためのパラメータとその根拠

記号	単位	記号の意味	数値	代入値または算出式の根拠
K_M	m/s	化学物質の物質移動係数	-	式(4-2)により算出
$M_w, M_{w,m}$	g/mol	化学物質の分子量	-	物性値
P_a	Pa	大気圧	101,325	標準気圧 文献：Modeling Hydrochloric Acid Evaporation in ALOHA
P_v	Pa	化学物質の分圧	-	物性値（Tと化学物質濃度に依存する）
R	J/(kmol・K)	ガス定数	8314	定数 文献：Modeling Hydrochloric Acid Evaporation in ALOHA
T	K	温度	298.15	標準環境温度 （柏崎刈羽原子力発電所の平均気温12.7℃に対して、保守的な値）
U	m/s	風速	-	気象データ
A	m ²	拡がり面積	-	可動源から漏えいした際の拡がり面積
Z	m	直径	1	拡がり面積から直径を算出すると約28mとなるが保守的に1mと設定
S_c	-	化学物質のシュミット数	-	式(4-3)により算出
ν	m ² /s	空気の動粘性係数	1.5×10^{-5}	物性値 文献：Modeling Hydrochloric Acid Evaporation in ALOHA
D_M	m ² /s	化学物質の分子拡散係数	-	式(4-4)により算出
D_0	m ² /s	水の拡散係数	2.2×10^{-5}	物性値 文献：伝熱工学資料 改訂第5版 日本機械学会
D_{H_2O}	m ² /s	水の分子拡散係数	2.4×10^{-5}	物性値 文献：Modeling Hydrochloric Acid Evaporation in ALOHA
M_{wH_2O}	g/mol	水の分子量	18	物性値 文献：Modeling Hydrochloric Acid Evaporation in ALOHA

※スクリーニング評価に用いた有毒化学物質の物性値については別紙10参照。

2. 審査会合における指摘事項の回答

標準環境温度（25℃）※を用いて算出した濃度，及び，評価に用いる風向・風速データと同時刻に観測されている温度（気象データ）を用いて算出した濃度を，小さい方から累積し，その累積出現頻度が97%に当たる値を表5-2-1～6に示す。

標準環境温度（25℃）を用いて評価した結果は，気象データを用いて評価した結果と比較し，厳しい値となっており，温度を標準環境温度と設定することは保守的であると考える。

※：気体の標準状態を示す温度・圧力の基準は，「標準環境温度と圧力（SATP）」又は「標準温度と圧力（STP）」で一般的に定義されている。周囲の温度を考慮する必要がある場合は，SATPの標準環境温度（25℃）が用いられている。

表5-2-1 6号炉中央制御室における評価結果（温度25℃固定）

着目方位	外気取入口濃度 (ppm)	屋内濃度 (ppm)	防護判断基準値との比
SSE	91	27	0.54
S	2.5	-	0.05
SSW	1.1	-	0.02



表5-2-2 6号炉中央制御室における評価結果（気象データ）

着目方位	外気取入口濃度 (ppm)	屋内濃度 (ppm)	防護判断基準値との比
SSE	49	25	0.49
S	0.8	-	0.02
SSW	0.4	-	0.01

表5-2-3 7号炉中央制御室における評価結果（温度25℃固定）

着目方位	外気取入口濃度 (ppm)	屋内濃度 (ppm)	防護判断基準値との比
SSE	95	28	0.56
S	2.9	-	0.06
SSW	1.1	-	0.02



表5-2-4 7号炉中央制御室における評価結果（気象データ）

着目方位	外気取入口濃度 (ppm)	屋内濃度 (ppm)	防護判断基準値との比
SSE	52	26	0.52
S	1.0	-	0.02
SSW	0.4	-	0.01

表5-2-5 5号炉緊急時対策所における評価結果（温度25℃固定）

着目方位	外気取入口濃度 (ppm)	屋内濃度 (ppm)	防護判断基準値との比
SSE	62	18	0.37
S	1.0	-	0.02
SSW	1.0	-	0.02



表5-2-6 5号炉緊急時対策所における評価結果（気象データ）

着目方位	外気取入口濃度 (ppm)	屋内濃度 (ppm)	防護判断基準値との比
SSE	34	17	0.34
S	0.3	-	0.01
SSW	0.3	-	0.01

2. 審査会合における指摘事項の回答

コメントNo. 1-6

現状設置されている設備に対する漏洩検知にあたっては、通常時のパトロール者や重大事故時のアクセスルートを通過する者への影響等も踏まえて説明すること。その際、外気取入口での濃度が防護判断基準値を超えている点も考慮すること。

- 敷地内可動源の塩酸は、その臭い（刺激臭）のしきい値が $1-5\text{ppm}^{-1}$ であり、防護判断基準値(50ppm)と比較して十分に低い濃度の段階でパトロール者を含む所員は塩酸の漏えいを認知し、退避することができる。また、漏えいの発見者は直ちに当直長へ連絡し、連絡を受けた当直長はページングにより所内周知することで、所員への影響を防ぐことができる。
<参考文献> 1) 危険物ハンドブック（ギンター・ホンメル編，1991）
- 可動源からの漏えいによって、外気取入口での濃度が防護判断基準値を超えているという評価結果を得ているが、以下の観点で、重大事故等時に可動源の事故による漏えいは想定し難いことから、重大事故等時のアクセスルートへの影響はない。
 - SA事象が生じているときには、可動源である塩酸タンクローリを搬入することはない。
 - 敷地内の塩酸タンクローリの事故により内容物を放出している間に、SA事象が発生する確率（SA事象の発生確率並びに敷地内の塩酸タンクローリの事故発生確率及びその放出継続時間の積）は、組合せを考慮する判断目安より低い。

組合せを考慮する判断目安	重大事故等の発生確率	敷地内の塩酸タンクローリの事故発生確率	塩酸タンクローリから漏えいした際の放出継続時間
10^{-8} /炉年以上※1	10^{-4} /炉年※2	10^{-1} /年未満※3	10^{-3} 年未満※4

※1：設計基準対象施設の設計のスクリーニング基準である 10^{-7} /炉年に保守性を見込んで設定

※2：原子力安全委員会「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について」に記載されている炉心損傷頻度の性能目標値を踏まえ、重大事故等の発生確率として 10^{-4} /炉年とした

※3：柏崎刈羽原子力発電所において、運開以降、可動源である塩酸タンクローリが事故による漏えいを生じさせていないことから、その発生確率を 10^{-1} /年未満と設定

※4：想定している塩酸タンクローリから漏えいした際の放出継続時間は1時間(= 1.1×10^{-4} 年) 以下であることを踏まえ設定

- 仮に、重大事故等時に可動源からの漏えいが発生した場合においても、アクセスルートは短時間で通過することができる。塩酸の防護判断基準値の根拠であるIDLH値は、「人間が30分間ばく露された場合、その物質が生命及び健康に対して危険な影響を即時に与える、又は避難能力を妨げるばく露レベルの濃度限度値」であることから、短時間通過する者への影響はない。万が一漏えいによる影響の恐れがある場合は、迂回ルートの使用又は既許可のセルフエアセット等の装備により対応する。

2. 審査会合における指摘事項の回答

コメントNo. 1-7

可動源の輸送ルートについて、保安規定等に定めて管理するという設計方針を示し、再度説明すること。

可動源の放出点は、慣例的に輸送に使用しているルートのうち、影響評価結果が最も厳しくなる地点を選定し、漏えいした際の有毒ガス濃度が評価点において防護判断基準値以下であることを確認している。

今後、別の輸送ルートを通行することも想定されるが、その場合においては、可動源から漏えいする有毒ガスによって、評価点の濃度が防護判断基準値を超えることがないよう、評価点に対する離隔距離が十分確保されていること等を確認する旨を、保安規定に紐づく社内マニュアルに定めることとする。



図 中央制御室等と可動源の輸送ルートとの位置関係

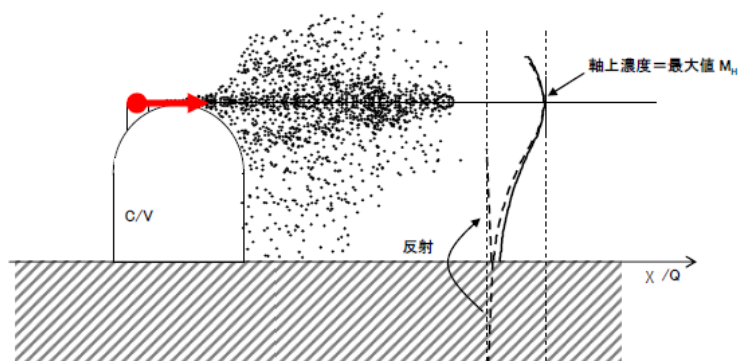
防護上の観点又は機密に係る事項を含むため、公開できません。

2. 審査会合における指摘事項の回答

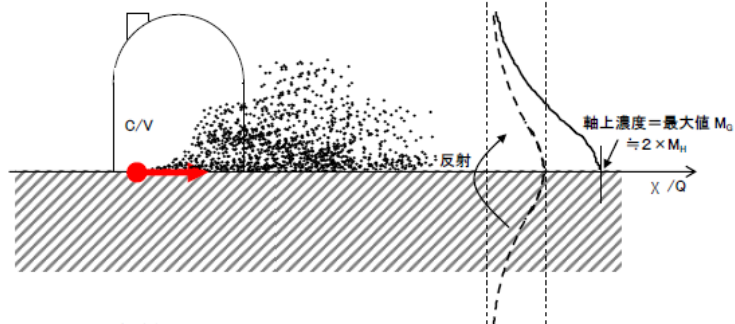
コメントNo. 1-8

評価点（中央制御室外気取入口等）と可動源との高度差について、どのような考えに基づき0mが保守的であると判断したのか説明すること。

(1) 放出源の高さから放出された場合



(2) 地上面の高さから放出された場合



C/V: 原子炉格納容器

解説図 5.4.1. 原子炉施設周辺の濃度分布

図 放出高さ毎の濃度分布イメージ※1

左図の通り、放出高さ毎の濃度分布には以下の特徴がある。

- 放出点と評価点の高度差が少ないほど、濃度が高くなる。
- 地上面の高さから放出された場合は、地面による反射により濃度分布が約2倍になる。

一方、実際の放出点と評価点の高さの関係は以下の通り。

- 評価が最も厳しくなる方位（SSE）においては、放出点（可動源のルート）と評価点（中央制御室の外気取入口等）には高度差がある。
- 地上面に液だまりを形成し、放出するため、放出高さは地上面である。

ケース	放出点	評価点
評価ケース	地上面	放出点と同じ高さとして想定
実際のケース	地上面	放出点と評価点の高さは異なる

実際は、放出点と評価点の高度に差があるが、評価においては、評価結果が厳しくなるよう、放出点と評価点を同じ高さ（地上面）としていることから、評価は保守的になると判断した。

2. 審査会合における指摘事項の回答

コメントNo. 1-9

可動源（塩酸）の想定する液だまり厚さを5mmに設定するにあたって、ソフトウェア「ALOHA」を利用しているが、文献のみならず、他業界での評価方法の有無も踏まえて説明すること。

解析ソフトウェア「ALOHA」だけでなく、他業界での評価方法について複数の文献を調査した。

- 複数の解析ソフトウェアにおいて、液だまりは、層厚が5mm又は10mmになるまで拡散すると設定されている。
- また、層厚10mmと設定した方が、より実験データとの一致が見られるとした文献を確認した。
- 以上を踏まえ、蒸発率が大きく評価が厳しくなるよう、可動源（塩酸）の想定する液だまり層厚を5mmと設定する。

関連文献	解析ソフトウェア・評価方法等	記載概要
ALOHA® (AREAL LOCATIONS OF HAZARDOUS ATMOSPHERES) 5.4.4 Technical Documentation (NOAA (2013.11))	解析ソフトウェア「ALOHA」は、米国環境保護庁（EPA）及び米国海洋大気庁（NOAA）が開発した有毒化学物質の漏えい・放出を評価するための解析ソフトウェアである。	形成されるプールの拡がり速度は、 $\frac{dr_p}{dt} = \sqrt{2gd_p}$ で表され、層厚 $d_p = 5\text{mm}$ となった時点で、プールの拡がり止まると設定されている。
Computer Codes for Evaluation of Control Room Habitability (HABIT) (NUREG/CR-6210)	解析ソフトウェア「HABIT」は、放出した有毒化学物質による中央制御室の居住性評価をするため、NRCが用いている解析ソフトウェアである。	形成されるプールの拡がり面積は、厚さを10mmとした場合の面積が最大拡がり面積となるよう設定されている。
Modelling spreading, vaporization and dissolution of multi-component pools	解析ソフトウェア「GASP」は、英国安全衛生庁（HSE）が開発した地上や水上へ放出された流体の拡散及び蒸発を評価するための解析ソフトウェアである。	GASPモデルにおいて、コンクリートのような地表面でのプールの拡がり（LNG）を想定する場合、層厚＝粗度長（地表面粗さ）ではなく、層厚＝10mmと設定した方が、実験データとの一致が見られる。
Methods for the calculation of physical effects	当該文献は、オランダ応用科学研究機構（TNO）が発行しており、有毒化学物質放出事故の物理的影響の評価方法を記載している。	形成されるプールは、その厚さが地表面の粗度長と等しくなるまで拡がり、最低粗度長として、5mm（コンクリートや工業用地の粗さ）を提案している。

2. 審査会合における指摘事項の回答

評価結果が最も厳しい7号炉中央制御室に対して、可動源（塩酸）の液だまりの層厚を変化させた場合の評価結果を示す。なお、評価点における濃度の層厚依存性を確認するため、評価に当たっては、気象条件等その他のパラメータは層厚5mm（ベースケース）と同じくした。

外気取入口の濃度は、蒸発率に比例するため、層厚に対して反比例的に増加する。一方、蒸発率が増加することで放出継続時間は短くなるため、屋内濃度に対する層厚の寄与は比較的小さい。

表 可動源（塩酸）漏えい時の7号炉中操制御室の濃度評価結果（層厚依存性）

層厚(mm)	拡がり面積 A(m ²)	蒸発率E(kg/s)	放出継続時間 t(h)	外気取入口濃度 C _{ppm(out)}	屋内濃度C _{ppm(in)}
10	300	4.8×10 ⁻¹	7.2×10 ⁻¹	48	24
5 (ベース)	600	9.6×10 ⁻¹	3.6×10 ⁻¹	95	28
1	3000	4.8×10 ⁰	7.2×10 ⁻²	477	32

コメントNo. 1-10

SF6漏洩時の影響評価にあたっては、重要操作地点で行う作業の実態を踏まえ、適切な高さでの濃度評価を行うこと。

□ 六フッ化硫黄の毒性について

- ✓ 産業中毒便覧においては、「ラットを80%六フッ化硫黄ガス（=800,000ppm）と、20%酸素の混合ガスに16～24時間曝露したが、何ら特異的な生体影響はない。六フッ化硫黄ガスは薬理学的に不活性ガスと考えられる。」と記載されており、六フッ化硫黄に有毒性はない。
 - ✓ 主たる情報源である国際化学安全性カードにIDLH値がなく急性毒性影響は示されていない物質である。
 - ✓ 化学物質の有害性評価等の世界標準システム（GHS）で作成されたデータベースにおいては、毒性影響はないとしているものの、「当該物質には麻酔作用があることを示す記述があり、極めて高濃度での弱い麻酔作用以外は不活性のガスであるとの記述もあり、区分3（麻酔作用）とした」と記載されている。
 - ✓ OECD SIDs文書において、「20人の若年成人に79%のSF6（21%のO₂）を約10分間曝露した結果、55%以上のSF6に曝露した被験者は、鎮静作用、眠気および深みのある声質を認めた。4人の被験者はわずかに呼吸困難を感じた。最初の麻酔効果は22%SF6で経験された。」と記載されている。
- 六フッ化硫黄の防護判断基準値は、保守的に22%を採用した。

2. 審査会合における指摘事項の回答

□ 六フッ化硫黄漏えい時の影響評価（第806回審査会合資料（KK67-001）再掲）

○評価条件（柏崎刈羽原子力発電所の例）

➤ 7号炉主変圧器に内包されている六フッ化硫黄（825kg）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138m³）

○気体の状態方程式

（評価条件）

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

p : 圧力(=1atm)

M : モル質量(=146g/mol)

V : 体積

R : モル気体定数(=0.082L・atm/(K・mol))

w : 質量(=825kg)

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

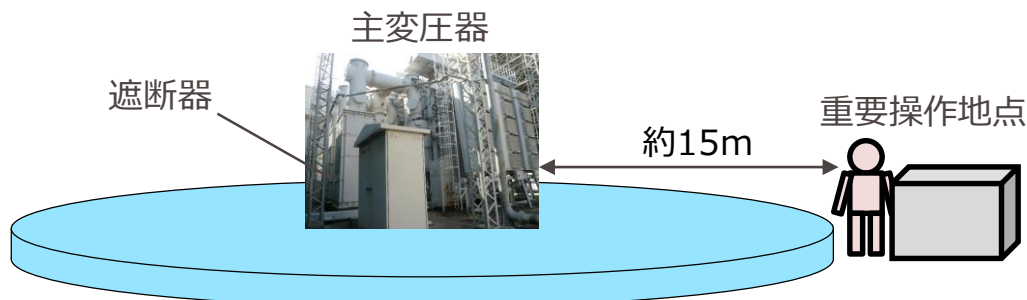
評価距離は屋外主変圧器エリア中心から最も近い重要操作地点まで距離約15mとし、円柱状に広がったと想定

➤ 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13%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19cm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。



2. 審査会合における指摘事項の回答

□ 重要操作地点での作業手順を踏まえた影響検討

「六フッ化硫黄漏えい時の影響評価」では7号炉主変圧器の中心から最も近い重要操作地点での対処要員の口元相当である高さ1.5mにおける濃度を約13%と評価したが、防護判断基準値（22%）に対して余裕がないことから、重要操作地点における作業を踏まえて、対処要員の対処能力が損なわれないように以下のとおり対応する。

当該重要操作地点（7号炉原子炉建屋南側ケーブル貫通口）での作業は、電源車から原子炉建屋内に位置するAM用動力変圧器を経由しAM用MCCへ給電するために、屋外から原子炉建屋内への高圧ケーブル通線を実施するもので、以下の屋外での作業がある。

- ① ケーブル貫通口の蓋の鍵を外し、貫通口を開放
- ② 高圧ケーブルを、電源車のケーブルドラムより引き出す
- ③ 高圧ケーブルを、ケーブル貫通口から建屋内に通線する

➤ 上記作業はいずれも、屋外の開放空間での作業である。※1

➤ ケーブル貫通口の高さは約3mであり、①の作業は六フッ化硫黄の影響を受けるものではない。②及び③の作業は、ケーブルを敷設するため一時的に低姿勢での作業が必要となるが、作業時間は積算で5～10分である。

以上を踏まえて、7号炉主変圧器が損傷し、六フッ化硫黄が放出されている可能性がある場合には、重要操作地点での対処要員の対処能力が損なわれないように以下の通り留意する。

- ケーブル敷設における低姿勢での連続作業時間は10分以内とする。※1
- 作業中に六フッ化硫黄の症状（眠気、深みのある声）が現れていないか確認する。

なお、主変圧器の取り扱い説明書において、六フッ化硫黄の漏えいが開放空間で想定される場合の作業上の注意事項の記載はないが、万全を期すために上記対応を実施するものである。

※1：六フッ化硫黄の防護判断基準値はOECD SIDs文書に基づく濃度79%での10分間ばく露の結果から設定しており、濃度が22%であっても、低姿勢での連続作業時間が10分以内であれば影響はない。

2. 審査会合における指摘事項の回答

コメントNo. 1-11

メタノール及び亜酸化窒素の急性ばく露のデータについて、化学プラントの基準等も含めて可能な限り調査し、再度説明すること。

石油コンビナートを含む化学プラントに係る保安法令は、「高圧ガス保安法」「消防法」「労働安全衛生法」及び「石油コンビナート等災害防止法」の4種類である。そのうち、有毒化学物質の観点で規制を実施しているものは、「高圧ガス保安法」「消防法」及び「労働安全衛生法」の3種類である。^{※1}

※1：石油コンビナート等災害防止法は、災害防止のための自衛組織や防災設備等を規定したもので、有毒ガスの毒性に関する法令ではない。

関連法令	有毒ガスに関する記載	メタノール	亜酸化窒素
高圧ガス保安法	高圧ガス保安法第二条第2項に毒性ガスが定義されており、アクリルニトリル以下33物質及びガスであって毒物及び劇物取締法で規定される毒物とされている。	対象外	対象外
消防法	消防法第9条の3において規定されている『消防活動阻害物質』は火災や消防活動によって熱や有毒ガスの発生等により消防活動を阻害する物質を規制するもので、対象物質は圧縮アセチレンガス等の4物質以外に、毒物劇物取締法で規定する毒物又は劇物から120物質余りが選定されている。	対象外	対象外
労働安全衛生法	労働者の安全衛生の確保のため、安全衛生に関する規程が定められ、化学物質の作業環境の管理濃度及び作業環境測定の実施等が定められている。対象物質は、100物質程で管理濃度等が定められている。	対象 (許容濃度 ^{※2} ： 200 ppm)	対象外

※2：許容濃度とは1日8時間、週40時間程度の平均濃度であり、IDLHの30分程度の曝露を想定したものではない

2. 審査会合における指摘事項の回答

防護判断基準値設定に当たっては、IDLH値及び最大許容濃度を確認し、該当する値がない場合には、有毒ガス影響評価ガイド3.2 6)に示されている文献に加え、GHS対応モデルラベル・モデルSDS及び米国HSDB(Hazardous Substances Data Bank)を確認している。

上記以外の情報源として、医薬品食品衛生研究所の『個々の化学物質の情報検索 (Web ガイド)』に記載されている、以下のデータベースについて、亜酸化窒素又はメタノールに関して、有毒性情報の有無の整理を行った。

データベース	概要	有害性情報の有無	対象物質数	亜酸化窒素	メタノール
環境保健クライテリア(EHC)の抄録和訳	主に環境中濃度としての毒性（主に慢性毒性）情報の集約資料	○	243	×	○（吸引による急性毒性の基準値に関する情報なし）
国際簡潔評価文書(CICAD)和訳（全訳）	信頼性のある化学物質の評価文書として地球サミット後に作成された	○	78	×	×
既存化学物質毒性データベース(JECDB)	化審法で審査済みの物質の安全性情報の集約	○	451	×	×
安衛法名称公表化学物質等	安衛法の対象化学物質名のリスト	×	約1,000	×	○
化学物質の環境リスク初期評価関連	化学物質の環境リスク（慢性毒性）のリスク評価書	○	369	×	×
化学物質の生態影響初期試験関連について	化学物質の生態毒性影響のデータ集。人健康影響は含まない。	×	約700	×	×
化学物質と環境	既存化学物質の環境中濃度のデータ集。（主に水質。）	×	約1,000	×	○
化学物質データベース(WebKis-Plus)	物質の名称や物性、法規制、分析方法等の情報集。（有害性情報は含まない。）	×	約10,000	○	○
OECD:高生産量物質初期評価プロファイルの公開について SIAP（日本語訳）JETOC	OECDが作成する化学物質の有害性評価書	○	913	×	○

- 亜酸化窒素に対する吸引による急性毒性に関する追加の情報はなかった。
- メタノールの吸引による急性毒性に関する記載内容は以下の通り、防護判断基準値を変更する必要はないことを確認した。

データベース	記載内容（急性毒性に関する記載）
OECD:高生産量物質初期評価プロファイルの公開について SIAP（日本語訳）JETOC	<ul style="list-style-type: none"> ・4時間にわたる0.26mg/Lメタノールへのばく露は、ヒトボランティアにおいて、有意な生理学的影響はなかった。 ・ラットにおいて、LC₅₀値は、（ばく露）4時間後にて83.2及び128.8mg/Lになると算出された。

(0.26mg/L≒200 ppm)
(83.2mg/L≒64000 ppm, 128.8mg/L≒99000 ppm)

2. 審査会合における指摘事項の回答

コメントNo. 1-12

敷地内可動源の放出継続時間が実効放出継続時間の1時間より短くなっているため、非保守的な評価となっていないか説明すること。

- 蒸発率 E は、拡がり面積、化学物質の分圧等から算出しており、放出継続時間 T は、貯蔵量 M を蒸発率 E で除した値であり ($T = M \div E$)、可動源の塩酸タンクローリの放出継続時間 $T = 3.6 \times 10^{-1}$ (h)である。
- 外気濃度 C は、蒸発率 E に相対濃度 x/q を乗じて算出する ($C = E \times x/q$)。なお、実効放出継続時間を1時間とした場合の相対濃度 x/q の値は、蒸発が1時間継続することを想定した値である。
- 可動源の塩酸タンクローリの放出継続時間 $T = 3.6 \times 10^{-1}$ (h)の放出率 E に実効放出継続時間が1時間の相対濃度 x/q を乗じて、評価点の濃度評価を行っていることから、非保守的な評価になっていない。

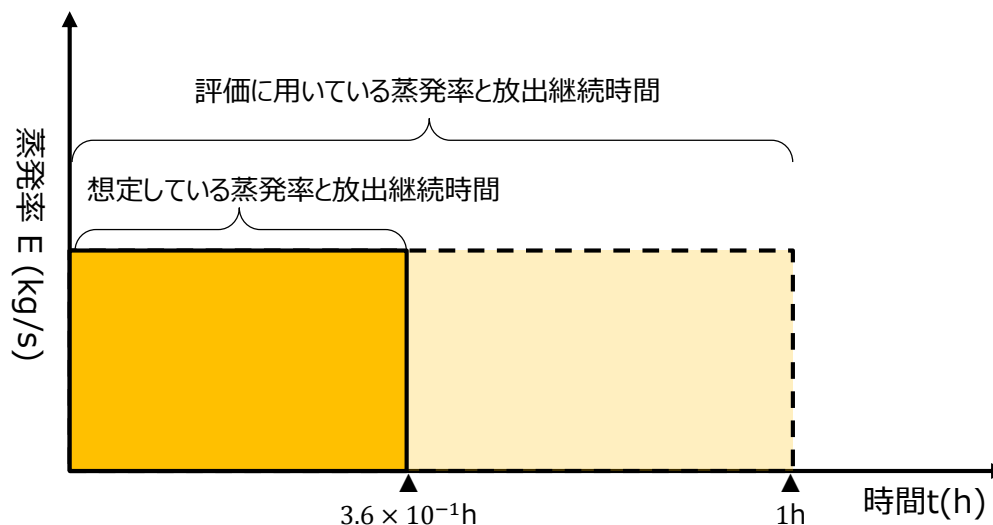


図 蒸発率と放出継続時間の関係

3. 原子力事業者の技術的能力に関する審査指針への適合性について

項目	関連する審査指針	適合性
組織	指針1 設計及び工事のための組織 指針5 運転及び保守のための組織	<ul style="list-style-type: none"> ・本変更に係る設計及び工事の業務について、設計方針については、本社の原子力設備管理部が実施し、現地における具体的な設計及び工事の業務は、柏崎刈羽原子力発電所において実施する。 ・本変更に係る運転及び保守の業務については、柏崎刈羽原子力発電所において実施する。
技術者の確保	指針2 設計及び工事に係る技術者の確保 指針6 運転及び保守に係る技術者の確保	<ul style="list-style-type: none"> ・現在確保している技術者数にて本変更に係る設計及び運転等の対応が可能である。今後とも採用を通じ技術者を確保し、必要な教育・訓練を行うことにより継続的に技術者と有資格者を育成し配置する。
経験	指針3 設計及び工事の経験 指針7 運転及び保守の経験	<ul style="list-style-type: none"> ・当社は、昭和30年以来、原子力発電に関する諸調査、諸準備等を進めるとともに、技術者を国内及び国外の原子力関係施設へ多数派遣し、技術的能力の蓄積に努めている。 ・昭和46年3月に福島第一原子力発電所1号炉の営業運転を開始して以来、種々の技術的課題に挑戦し問題を解決しながら、安全性・信頼性の面で優れた原子力発電プラントの実現のため、それまでの建設・運転・保守の経験と最新の技術を設計に適宜取り入れながら絶えず改良を続けてきた。これまで計17プラントの建設工事を行うとともに、約45年にわたる原子力発電プラントの運転及び保守の実績を蓄積しており、設計及び運転等について十分な経験を有している。
品質保証活動	指針4 設計及び工事に係る品質保証活動 指針8 運転及び保守に係る品質保証活動	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力発電所における安全のための品質保証規程（JEAC4111-2009）に基づき、「保安規定第3条（品質保証計画）」を含んだ「原子力品質保証規定」を定め、品質マネジメントシステムを確立し、実施し、評価確認し、継続的に改善している。 ・「実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の設計及び工事に係る品質管理の方法及びその検査のための組織の技術基準に関する規則」で求められた安全文化を醸成するための活動、関係法令の遵守に係る活動などの要求事項についても、品質保証規程に反映してQMSを確立し、実施し、評価確認し、継続的に改善している。
教育・訓練	指針9 技術者に対する教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・専門知識及び技術・技能を維持・向上させるため、計画を策定し、必要な教育・訓練を実施している。 ・業務に従事する技術者、事務系社員及び協力会社社員に対して、各役割に応じた自然災害等発生時、重大事故等発生時の対応に必要な技能の維持と知識の向上を図るため、重大事故等の内容、原子力災害対策活動等に関する教育を行うとともに、重大事故等対策に係る訓練を計画的かつ継続的に実施する。
有資格者等の選任・配置	指針10 有資格者等の専任・配置	<ul style="list-style-type: none"> ・発電用原子炉主任技術者等の有資格者の選任及び配置について、適切に実施している。