

泊発電所 3号炉  
有毒ガス防護について

第二十六条 / 第三十四条 / 技能1.0

令和5年3月16日  
北海道電力株式会社

1. 有毒ガス防護に係る規制の概要
2. 有毒ガス防護に係る妥当性確認の流れと結果概要
3. 評価に当たって行う事項
4. 対象発生源特定のためのスクリーニング評価・対策
5. 有毒ガス防護に対する妥当性の判断
6. まとめ

# 1. 有毒ガス防護に係る規制の概要①

平成29年4月5日、原子力規制委員会にて、以下に示す規則等が改正されるとともに、「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」が制定され、同年5月1日に施行された。規則等の改正は、原子炉制御室、緊急時対策所、緊急時制御室及び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。

## 【規則等改正箇所】

- ・設置許可基準規則第二十六条，同規則解釈第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第42条
- ・SA技術的能力審査基準1.0解釈

 今回説明範囲

当該の規則改正においては、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と体制の整備や、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。

有毒ガス防護対象者は、設計基準事故時および重大事故時（大規模損壊時を含む）に有毒ガスから防護される必要がある。

有毒ガスに対する防護の妥当性の判断については、「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」を参照し、判断することとした。次ページ以降に、今回の改正規則等の要求への対応状況を説明する。

なお、設置許可基準規則解釈第42条への適合性については、特定重大事故等対処施設に係る審査の中で説明する。

# 1. 有毒ガス防護に係る規制の概要②

## ▶原子炉制御室等に関する改正（設置許可基準規則第二十六条，同規則解釈第26条）

	改正後	改正法令に係る適合方針
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。</p> <p>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。</p> <p>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 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</p> <p>二 (省略)</p>	<p>万一事故が発生した際には、中央制御室内の運転員に対し、有毒ガスの発生に関して、有毒ガスが中央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ないよう、運転員が中央制御室内にとどまり、事故対策に必要な各種の操作を行うことができる設計とする。</p> <p>想定される有毒ガスの発生において、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。そのために、敷地内外において貯蔵施設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（以下「固定源」という。）及び敷地内において輸送手段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（以下「可動源」という。）それぞれに対して有毒ガスが発生した場合の影響評価（以下「有毒ガス防護に係る影響評価」という。）を実施する。固定源に対しては、運転員の吸気中の有毒ガス濃度の評価結果が、有毒ガス防護のための判断基準値を下回ることにより、運転員を防護できる設計とする。可動源に対しては、中央制御室空調装置の隔離等の対策により、運転員を防護できる設計とする。</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。「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。</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>	

下線部：改正箇所

# 1. 有毒ガス防護に係る規制の概要③

## ➤緊急時対策所に関する改正（設置許可基準規則第三十四条，同規則解釈第34条）

	改正後	改正法令に係る適合方針
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。</p> <p><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>緊急時対策所は、有毒ガスが緊急時対策所の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ないよう、当該要員が緊急時対策所内にとどまり、事故対策に必要な各種の指示・操作を行うことができる設計とする。</p> <p>想定される有毒ガスの発生において、有毒ガスが当該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する。そのために、有毒ガス防護に係る影響評価を実施する。固定源に対しては、当該要員の吸気中の有毒ガス濃度の評価結果が、有毒ガス防護のための判断基準値を下回ることにより、当該要員を防護できる設計とする。また、可動源に対しては、緊急時対策所換気設備の隔離等の対策により、当該要員を防護できる設計とする。</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>	

下線部：改正箇所

# 1. 有毒ガス防護に係る規制の概要④

## ▶技術的能力審査基準要求事項の解釈に関する改正

	改正後	改正法令に係る適合方針
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) (省略)                      g) <u>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までに掲げる措置を講じることを定める方針であること。</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62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 (省略)</p> <p>3 体制の整備は、以下によること。                      a) ~ k) (省略)</p> <p>1) <u>運転・対処要員の防護に関し、次の①及び②に掲げる措置を講じることを定める方針であること。</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等を行うこと。</u></p> <p>下線部：改正箇所</p>	<p>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、運転員及び発電所災害対策要員（運転員を除く。）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を整備する。固定源に対しては、運転員及び発電所災害対策要員（運転員を除く。）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を下回るようにする。可動源に対しては、換気空調設備の隔離等により、運転員及び発電所災害対策要員（運転員を除く。）のうち重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員が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にする。</p> <p>予期せぬ有毒ガスの発生においても、運転員及び発電所災害対策要員（運転員を除く。）のうち初動対応を行う要員が防護具を着用することにより、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、発電所内の必要な要員に有毒ガスの発生を周知する手順を整備する。</p> <p>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、運転員及び発電所災害対策要員（運転員を除く。）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体制を整備する。固定源に対しては、運転員及び発電所災害対策要員（運転員を除く。）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を下回るようにする。可動源に対しては、換気空調設備の隔離等により、運転員及び発電所災害対策要員（運転員を除く。）のうち重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員が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にする。</p> <p>予期せぬ有毒ガスの発生においても、運転員及び発電所災害対策要員（運転員を除く。）のうち初動対応を行う要員に対して防護具を配備することにより、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体制を整備する。</p>

## 2. 有毒ガス防護に係る妥当性確認の流れと結果概要

- ◆ 「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」(以下「ガイド」という)では右のフローに基づき、固定源※<sup>1</sup>及び可動源※<sup>2</sup>の調査や防護判断基準値の設定を行い、防護判断基準値を超えているか否かを確認するスクリーニング評価※<sup>3</sup>を実施し、対象発生源※<sup>4</sup>を特定したうえで影響評価と必要な防護対策を行うことが求められている。  
(ガイド2.のとおり)

- ◆ 泊発電所の敷地内外の固定源及び敷地内の可動源の調査を行った結果、敷地内外の固定源についてはスクリーニング評価対象がないことを確認した。敷地内の可動源に対してはスクリーニング評価を行わず、対象発生源として対策を取ることとした。

	原子炉制御室	緊急時対策所	重要操作地点
敷地内固定源	○	○	△
敷地外固定源	△	△	×
敷地内可動源	△	△	×

### 【凡例】

○：スクリーニング評価が必要

△：スクリーニング評価を行わず、対象発生源として対策を行ってもよい。

×：スクリーニング評価は不要

□ (赤枠)：ガイド3.1に基づき調査した結果、スクリーニング評価対象となる敷地内外の固定源がないことを確認したことから、スクリーニング評価を実施していない

□ (青枠)：スクリーニング評価を実施せず、対象発生源として対策を講じる

(ガイド3.,4.への対応)

- ◆ さらに、予期せず発生する有毒ガスに関する対策として、防護具等の配備等を実施することとした。

(ガイド6.2への対応)

※ 1：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。

※ 2：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。

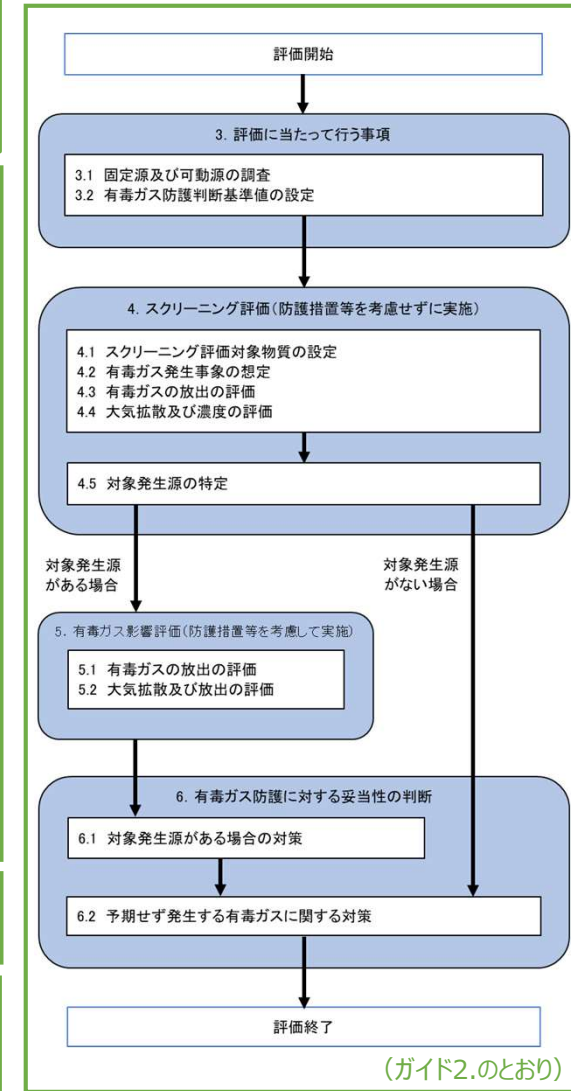
(ガイド1.3のとおり)

※ 3：対象発生源を特定するために行う、原子炉制御室等の運転員等の吸気中の有毒ガス濃度の評価  
(防護措置を考慮しない)

(ガイド2., 3.1 (解説-5) のとおり)

※ 4：有毒ガス防護対象者の吸気中の有毒ガス濃度の評価値が、有毒ガス防護判断基準値を超える発生源

(ガイド2.のとおり)



#### ■ 調査対象とする有毒化学物質について

(ガイド3.1への対応)

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値として参照が求められているIDLH値等の内容（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、中枢神経影響等への影響（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値：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）

⇒運転・対象要員の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

•国際化学物質安全性カード（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記載されている物質

•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

(詳細は、補足説明資料 別紙2を参照)



参照する各情報源において、『人に対する悪影響』（急性毒性影響）のある有毒化学物質として、急性毒性（致死）影響物質，中枢神経影響物質，呼吸器障害の原因となるおそれがある物質を，図1のように網羅的に抽出し，調査の対象とした。

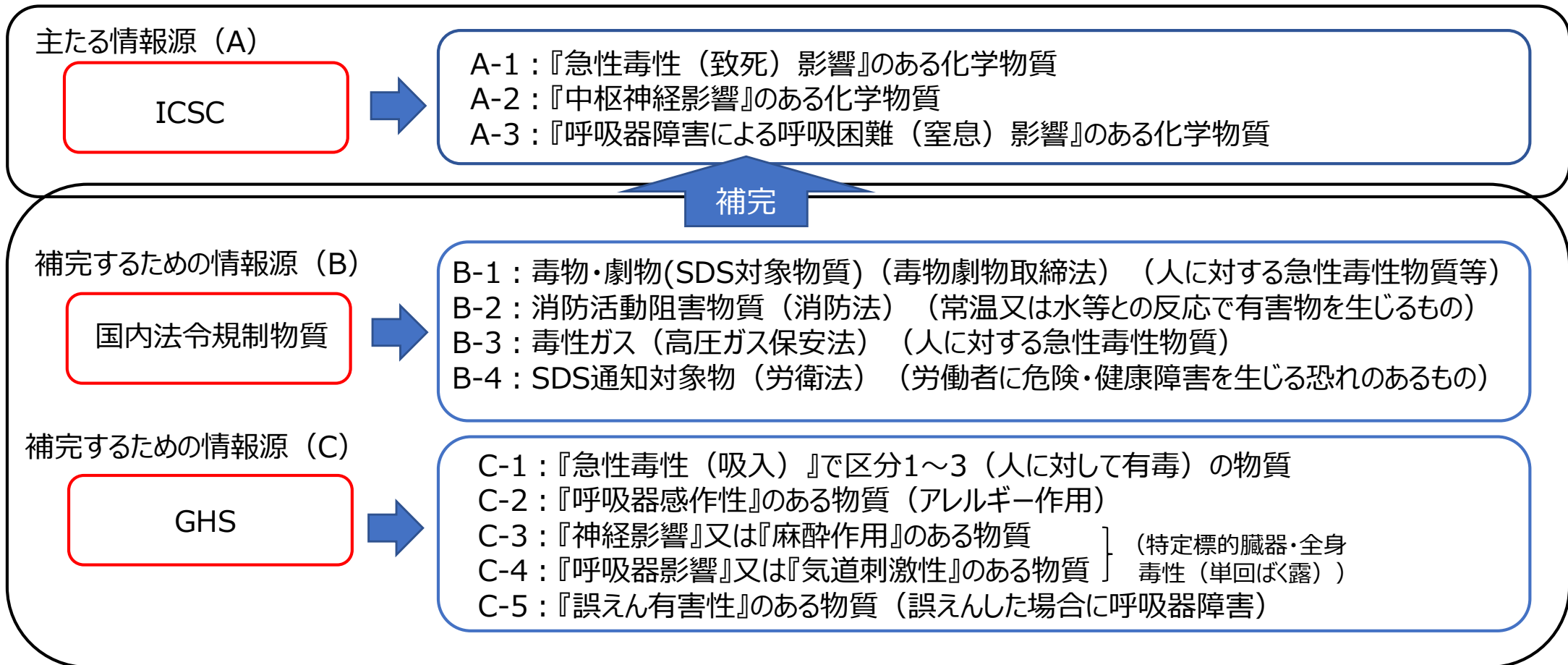


図1 各情報源における急性毒性影響

#### ■ 敷地内固定源及び可動源の調査

敷地内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、図2のフローにより調査を行い、泊発電所内で使用される全ての有毒化学物質を抽出した。

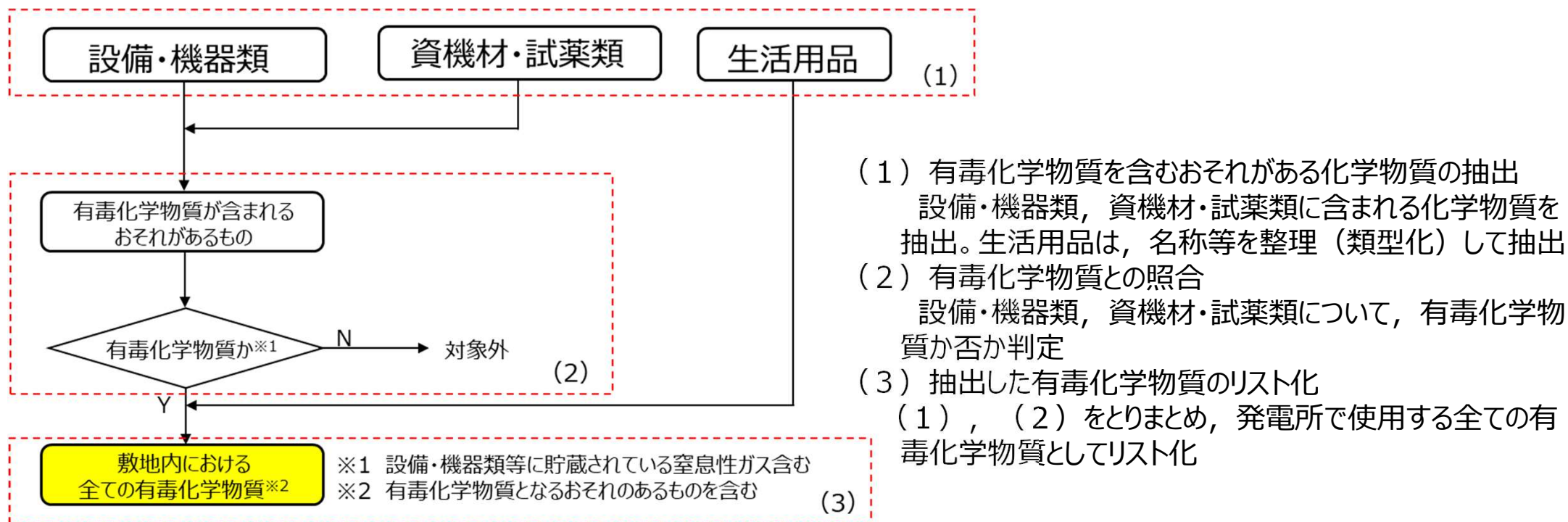


図2 有毒化学物質の抽出フロー

(詳細は、補足説明資料 別紙2，別紙4-7-1，別紙4-7-2を参照)

## ■ 敷地外固定源の調査

敷地外固定源については、地域防災計画のみではなく、貯蔵量等に係る届出義務のある法律を対象に、届出情報の開示請求を実施することで調査した。具体的には「毒物及び劇物取締法」、「消防法」及び「高圧ガス保安法」を対象に調査を実施した。

表1 届出情報の開示請求を実施する法律の選定結果

法律名	貯蔵量等に係る届出義務	開示請求の対象選定	法律名	貯蔵量等に係る届出義務	開示請求の対象選定
化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律	×	×	地球温暖化対策の推進に関する法律	×	×
特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律	×	×	食品衛生法	×	×
<b>毒物及び劇物取締法</b>	<b>○</b>	<b>○</b>	水道法	×	×
環境基本法	×	×	医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律	×	×
大気汚染防止法	×	×	建築基準法	×	×
水質汚濁防止法	×	×	有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律	×	×
土壌汚染対策法	×	×	労働安全衛生法	×	×
農薬取締法	×	×	肥料の品質の確保等に関する法律	×	×
悪臭防止法	×	×	麻薬及び向精神薬取締法	○	×※1
廃棄物の処理及び清掃に関する法律	×	×	覚醒剤取締法	○	×※1
下水道法	×	×	<b>消防法</b>	<b>○</b>	<b>○</b>
海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律	×	×	飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律	×	×
ダイオキシン類対策特別措置法	×	×	放射性同位元素等の規制に関する法律	○	×※2
ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法	×	×	<b>高圧ガス保安法</b>	<b>○</b>	<b>○</b>
特定物質等の規制等によるオゾン層の保護に関する法律	×	×	液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律	○	×※3
フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律	×	×	ガス事業法	○	×※4
			石油コンビナート等災害防止法	○	×※5

※1 貯蔵量の届出義務はあるが、化学物質の使用禁止を目的とした法令であり、主に医療用、研究用などに限定され、取扱量は少量と想定されるため対象外とした。

※2 貯蔵量の届出義務はあるが、放射性同位元素の放射能であることから対象外とした。

※3 貯蔵量の届出義務はあるが、人の健康の保護を目的とした法令ではなく、急性毒性に係る情報もないことから対象外とした。

※4 都市ガスに係る法律。発電所の最寄りの都市ガス供給エリアは小樽地区であり、敷地外固定源に係る調査対象範囲（発電所から10km圏内）に都市ガスはないため対象外とした。

※5 発電所の最寄りの石油コンビナート等特別防災区域は石狩地区であるが、敷地外固定源に係る調査対象範囲（発電所から半径10km圏内）外であることから対象外とした。

15ページ 図7参照

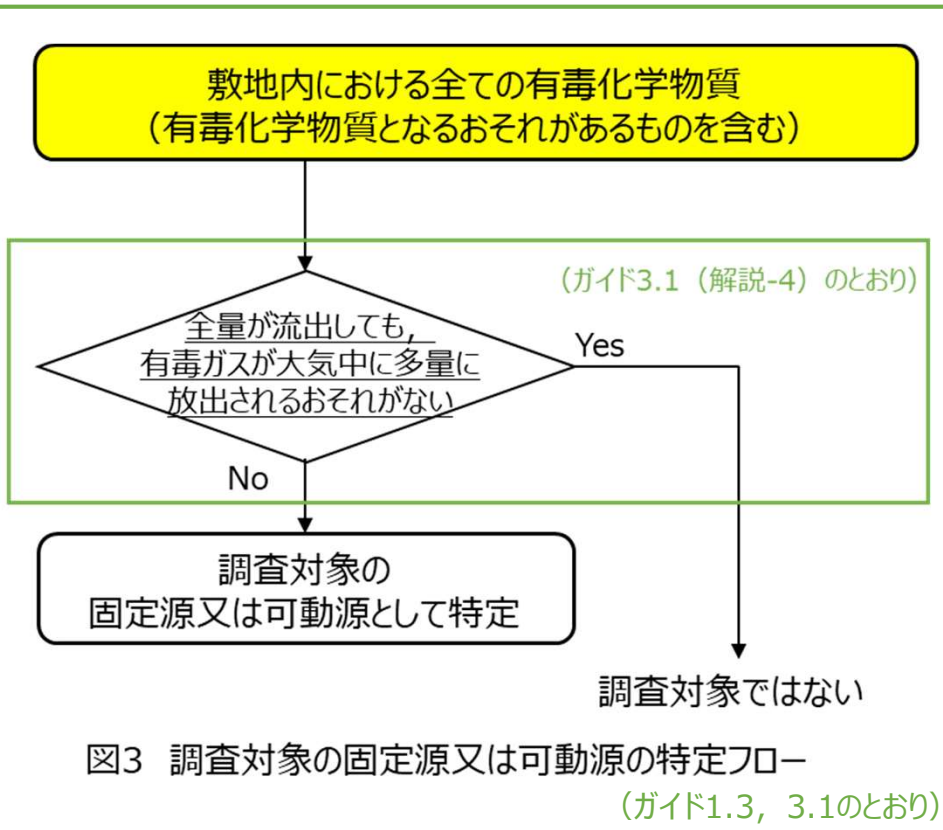
（詳細は、補足説明資料 別紙3、別紙4-7-1を参照）

#### ■ 調査対象の固定源及び可動源の特定

抽出した固定源及び可動源について、図3のフローに基づき調査対象（＝スクリーニング評価対象）とする固定源及び可動源を特定した。

調査対象とする固定源及び可動源の特定に当たっては、ガイド「（解説－4）調査対象外とする場合」を考慮し、調査対象外とする固定源及び可動源を(1)～(5)のとおり整理した。

また、生活用品として一般に使用されるもの及び製品性状により影響がないことが明らかなものについては、運転・対処要員に影響を与える観点で考慮不要と考えられることから調査対象外とした。調査対象とする固定源及び可動源の特定フローを次ページに示す。



ガイド3.1(解説-4) 調査対象外とする場合  
 貯蔵容器が損傷し、容器に貯蔵されている有毒化学物質の全量が流出しても、  
 有毒ガスが大気中に多量に放出されるおそれがないと説明できる場合。  
 (例えば、使用場所が限定されていて貯蔵量及び使用量が少ない試薬等)

(ガイド3.1(解説-4)の抜粋)

#### 【調査対象外とする固定源及び可動源】

- (1) 固体あるいは揮発性が乏しい液体でエアロゾル化しない物質であること  
 (25, 26ページ参照)  
 ・固体あるいは揮発性が乏しい液体(水酸化ナトリウム, 硫酸等)で, 常温・常圧で保管されている物質
- (2) ボンベ等に保管された有毒化学物質 (27~31ページ参照)  
 ・容器は, 高圧ガス保安法等に基づき設計されており, 漏えいしたとしても少量ずつでの漏えいが想定されるもの(ボンベ等に保管された物質)
- (3) 試薬類であること  
 使用場所が限定され, 少量である試薬等 (ガイド3.1(解説-4)のとおり)
- (4) 建屋内保管される薬品タンク (32~38ページ参照)  
 ・屋内に保管される薬品タンクであり, 漏えいしたとしても, 建屋内から屋外への漏えいは少量ずつと想定されるもの
- (5) 開放空間では人体への影響がないもの (39~41ページ参照)  
 防護判断基準値が高く, 人体への影響は密閉空間に限定されるもの

■ 調査対象の固定源特定フロー

調査対象とする固定源は、図4のフローに基づき特定した。

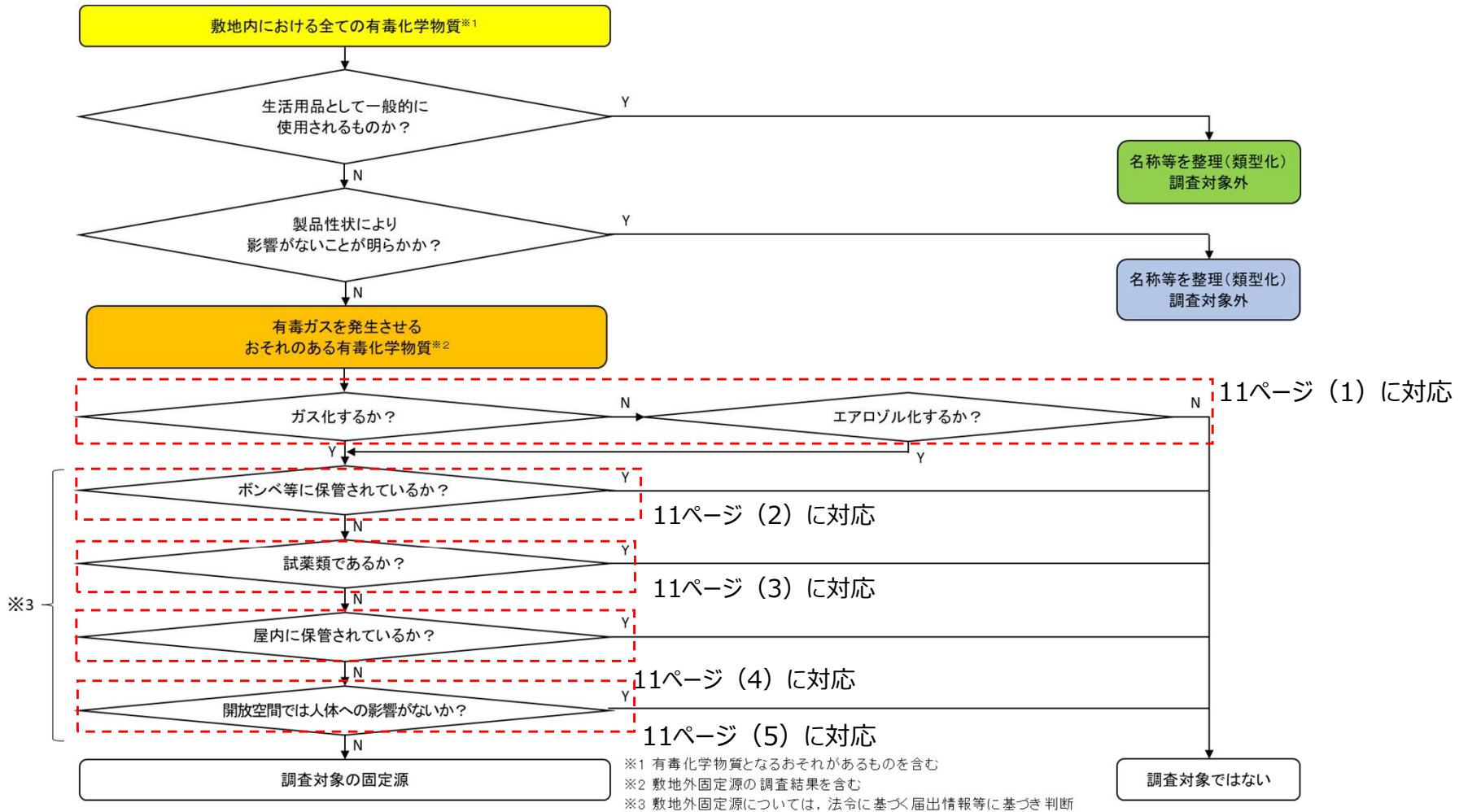


図4 固定源の特定フロー

(詳細は、補足説明資料 別添3.1を参照)

## ■ 調査対象の可動源特定フロー

調査対象とする可動源は、図5のフローに基づき特定した。

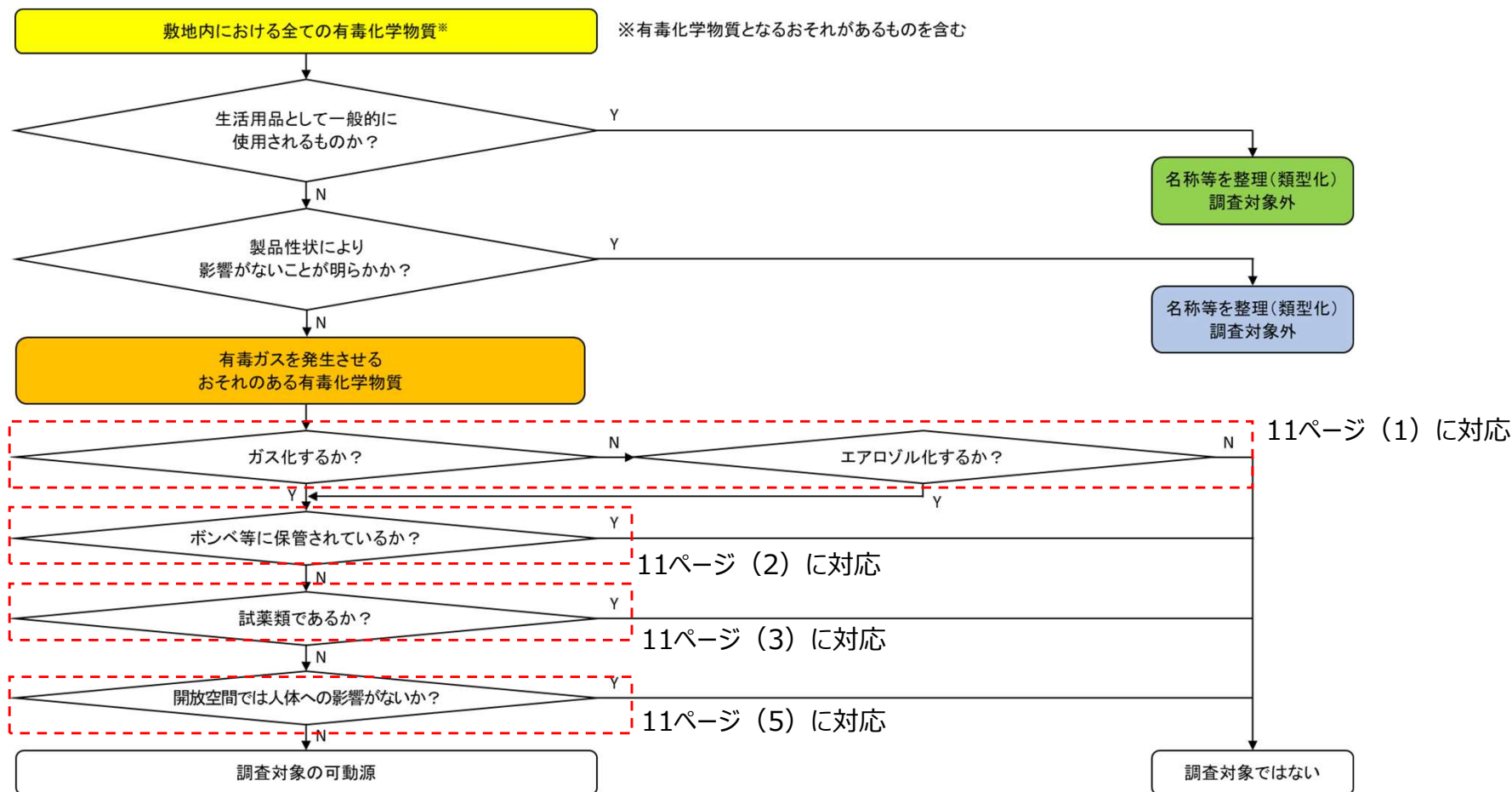


図5 可動源の特定フロー

(詳細は、補足説明資料 別添3.1を参照)

#### ■ 固定源及び可動源の調査結果

固定源及び可動源の調査対象特定フローに基づき調査した結果、泊発電所において調査対象として特定した敷地内及び敷地外固定源並びに敷地内可動源は表2、表3のとおりとなった。

表2 敷地内及び敷地外固定源の調査結果

	有毒化学物質	濃度(%)	貯蔵量(m <sup>3</sup> )	貯蔵方法	堰の有無
敷地内固定源	調査対象の固定源特定フローに基づき調査した結果、スクリーニング評価対象の固定源なし				
敷地外固定源					

表3 敷地内可動源の調査結果

	有毒化学物質	濃度(%)	輸送量(m <sup>3</sup> )	荷姿	主な用途
敷地内可動源	アンモニア	25	11	タンクローリー等	2次系系統に注入しpHを調整することにより、配管の腐食を抑制する
	塩酸	35	8.3	タンクローリー等	復水脱塩装置等で使用する樹脂の再生剤として使用
	ヒドラジン	32	10	タンクローリー等	2次系系統に注入し、系統水中に含まれる酸素を除去し、配管の腐食を抑制する

(詳細は、補足説明資料 別添3.1, 別紙4-7-1, 別紙4-7-2を参照)

#### ■ スクリーニング評価対象外とした敷地外固定源の調査結果について

敷地外固定源を調査するために選定した「地域防災計画」、「毒物及び劇物取締法」、「消防法」及び「高圧ガス保安法」に基づく届出情報より、泊発電所 中央制御室から半径10km以内にある有毒化学物質を抽出した。抽出した有毒化学物質と泊発電所の位置関係を図6に示す。ガイドに基づき設定した固定源の特定フローに基づき調査した結果、いずれの固定源も有毒化学物質の性状や貯蔵状況等により、スクリーニング評価対象外となることを確認した。「ガス事業法」及び「石油コンビナート等災害防止法」については、図7に示す通り、最寄りの都市ガス供給エリア（小樽地区）と石油コンビナート等特別防災区域（石狩地区）はいずれも泊発電所中央制御室から半径10km圏外であることから、法令に基づく届出情報の調査対象外とした。

また、中央制御室から半径10kmより遠方で、中央制御室から半径10km近傍には有毒化学物質を多量に保有している化学工場はないことを確認した。



図6 届出情報から抽出した泊発電所から半径10km以内にある有毒化学物質

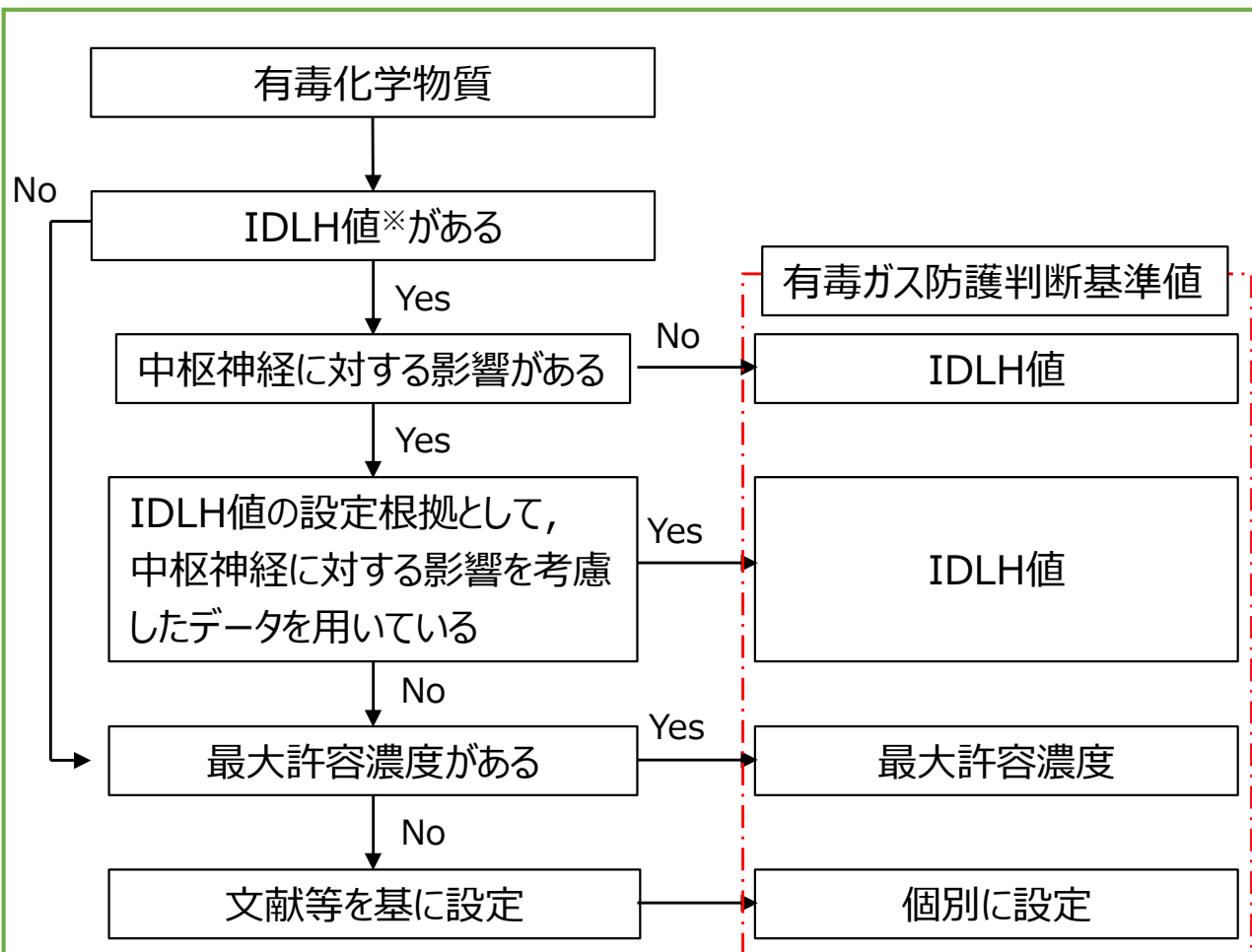


図7 泊発電所から最寄りの都市ガス供給エリア（小樽地区）及び石油コンビナート等特別防災区域（石狩地区）  
（詳細は、補足説明資料 別紙3、別紙4-7-1 を参照）



#### ■ 防護判断基準値の設定について

泊発電所において，調査対象として特定された有毒化学物質に対し，図8のフローに基づき，有毒ガス防護判断基準値を設定した。設定した有毒ガス防護判断基準値を表4に示す。



(ガイド3.2のとおり)

図8 有毒ガス防護判断基準値設定の考え方

表4 有毒ガス防護判断基準値

有毒化学物質	防護判断基準値(ppm)	設定根拠
アンモニア	300	IDLH値※
塩酸	50	IDLH値※
ヒドラジン	10	文献等を基に個別に設定

※米国国立労働安全衛生研究所（NIOSH）で定められている急性の毒性限度（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）をいう。

(詳細は，補足説明資料 別添3.2を参照)

## 4. 対象発生源特定のためのスクリーニング評価・対策

### ■ スクリーニング評価要否の整理と判断

調査対象とする固定源及び可動源の特定結果並びにガイドにおける「場所、対象発生源及びスクリーニング評価の要否に関する対応」（表5）に基づき、表6のとおり固定源、可動源ごとにスクリーニング評価の要否を整理した。

泊発電所は、スクリーニング評価対象の固定源はなく、可動源に対してはスクリーニング評価を行わず、対策を実施することとした。

表5 場所、対象発生源及びスクリーニング評価の要否に関する対応

場所	敷地内固定源	敷地外固定源	敷地内可動源
原子炉制御室	○	△	△
緊急時対策所	○	△	△
重要操作地点	△	×	×

【凡例】

○：スクリーニング評価が必要

△：スクリーニング評価を行わず、対象発生源として対策を行ってもよい。

×：スクリーニング評価は不要

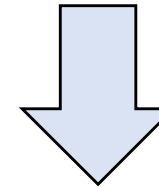


表6 スクリーニング評価の要否の判断結果

場所	敷地内固定源	敷地外固定源	敷地内可動源
原子炉制御室	スクリーニング評価対象なし	スクリーニング評価対象なし	スクリーニング評価を行わず、対策実施
緊急時対策所	スクリーニング評価対象なし	スクリーニング評価対象なし	スクリーニング評価を行わず、対策実施
重要操作地点	スクリーニング評価対象なし	スクリーニング評価は不要	スクリーニング評価は不要

(ガイド4.への対応)

(詳細は、補足説明資料 別添4.を参照)

### ■ 敷地内可動源に対する防護対策

敷地内可動源に対しては、一定の状況を想定することも可能ではあるが柔軟な対応手段を講じておくことを念頭に、スクリーニング評価を実施せず、防護対策を講じる。

- ①発電所員（担当課（室）員）による異常の検知・発電課長（当直）への連絡体制の整備
- ②事象発生時には、発電所員（担当課（室）員）から発電課長（当直）へ連絡
- ③通信連絡設備等を使用し、発電課長（当直）から連絡責任者等へ異常発生を連絡
- ④換気設備の隔離（外気取込み停止）、全面マスク着用の防護対策の実施
- ⑤敷地内可動源からの漏えいに対し、終息活動の実施による有毒ガス発生の低減

これらの防護措置のうち、①は敷地内可動源の入構に当たって実施し、②～⑤は、異常の発生（有毒化学物質の漏えい、異臭の発生、同一エリアでの複数の体調不良者の発生）を検知し、有毒ガスによる影響が考えられる場合に実施する。

#### ○可動源の入構に当たっての対応

特定した敷地内可動源が、発電所構内に入構する場合は、発電所員（担当課（室）員）が防護具を携行の上、図9のように、発電所入構内から薬品タンクへの受入完了まで随行・立会することで、速やかな有毒ガスの発生の検知及び連絡を可能とする。



図9 有毒ガス発生の検出のための実施体制

（詳細は、補足説明資料 別紙7-1、別紙7-2を参照）

## ■ 敷地内可動源からの異常の発生を確認した場合の対応

- 発電所員（担当課（室）員）が異常の発生を検知（①）し，発電課長（当直）に連絡（②）する。
- 発電課長（当直）は，連絡責任者等へ異常の発生を連絡（③）するとともに，運転員等に対して換気設備の隔離等（④）を，担当課（室）長に対して終息活動を指示する。
- 担当課（室）長は，終息活動要員に終息活動（⑤）を指示し，終了後に終息活動要員から連絡を受ける。また，担当課（室）長は，終息したことを発電課長（当直）に連絡する。

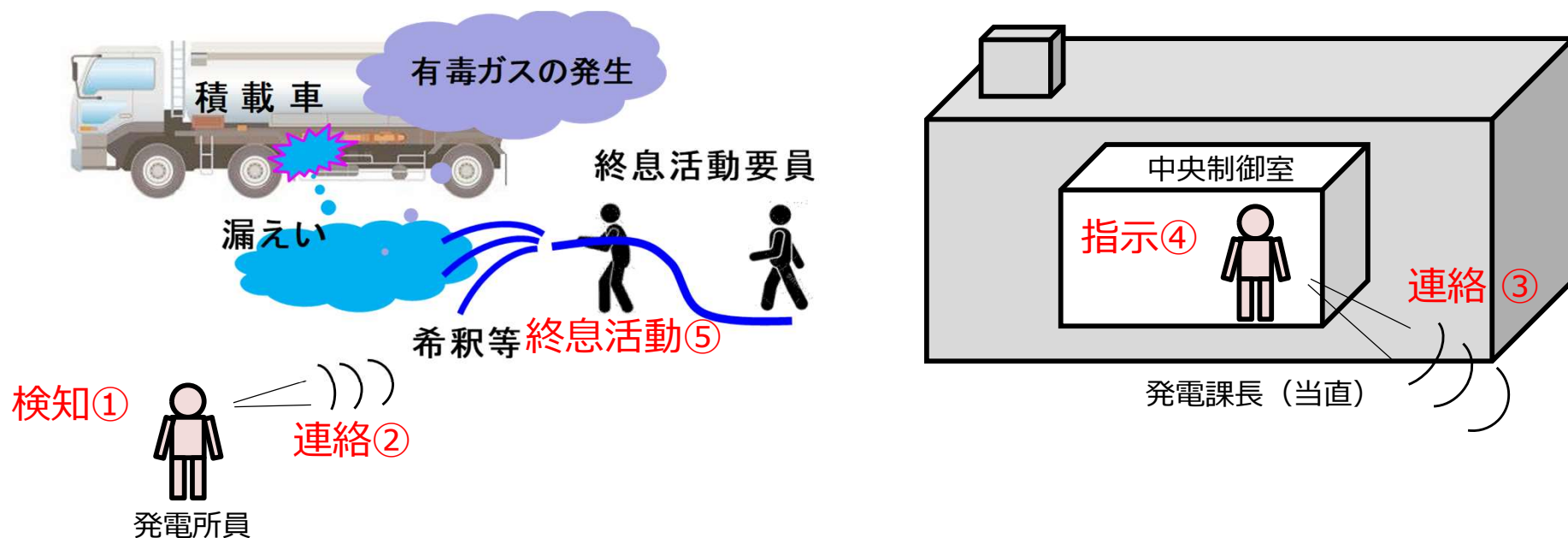


図10 可動源からの漏えい時の防護対策の流れ

(詳細は，補足説明資料 別紙7-2を参照)

### ■ 予期せぬ有毒ガス発生に対する対応

#### ➤ 防護具等の配備等

- 予期せぬ有毒ガス※<sup>1</sup>の発生に対して、酸素呼吸器を配備するとともに、一定量のボンベ（6時間分）を確保する。
- 予期せぬ有毒ガスの発生を検出した場合に、酸素呼吸器を装着する手順及び体制を整備する。

#### ➤ 通信連絡設備による伝達

- 通信連絡設備による連絡手段の設備として、予期せぬ有毒ガスの発生を含む異臭等の異常が確認された場合の通信連絡の手段及び体制を整備する。通信連絡設備は、現在申請中の新規制基準適合性審査における方針に従い、設計、設置するもの（設置許可基準規則第35条、第62条）を使用する。

#### ➤ 敷地外からの連絡

- 敷地外での有毒ガスが発生した場合の通信連絡の手順及び体制を整備する。

※1 例えば、敷地外可動源から発生する有毒ガス、敷地内固定源及び可動源において予定されていた中和等の終息作業が出来なかった場合に発生する有毒ガス等

（詳細は、補足説明資料 別紙8-1を参照）

## ■ バックアップ供給体制の整備

▶ 予期せず発生する有毒ガスに対し，継続的な対応が可能となるよう，バックアップの供給体制として発電所敷地外からの酸素ポンベの供給体制を整備する。敷地外からの酸素ポンベ供給体制を図11，バックアップの共有イメージを図12に示す。

- 予期せぬ有毒ガスが発生した場合，担当課（室）長は，高圧ガス事業者に酸素ポンベの運搬を依頼する。
- 依頼を受けた高圧ガス事業者は，酸素ポンベを運搬し，発電所入口等の発電所敷地外の受渡し場所にて，発電所員（担当課（室）員）との受け渡しを行う。
- 発電所員（担当課（室）員）は，発電所敷地外の受渡し場所から発電所敷地内へ運搬し，運転員等に引き渡す。

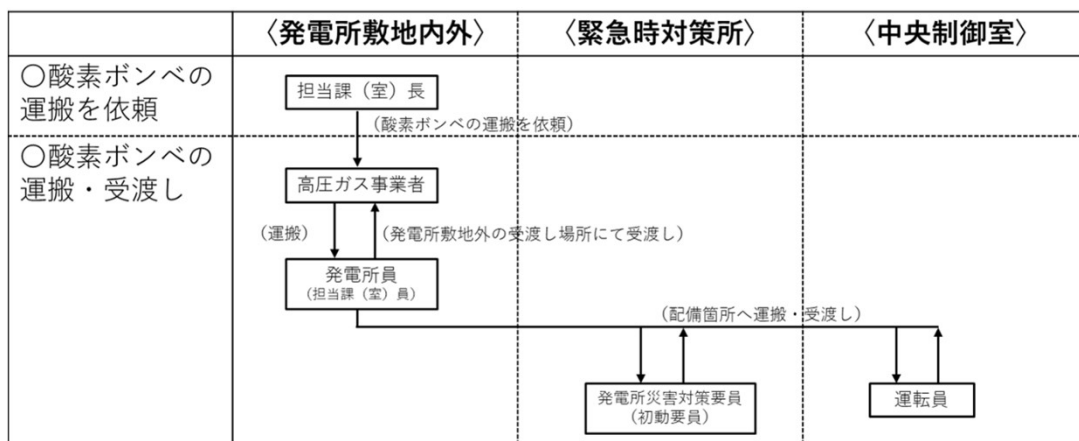


図11 発電所敷地外からの酸素ポンベの供給体制

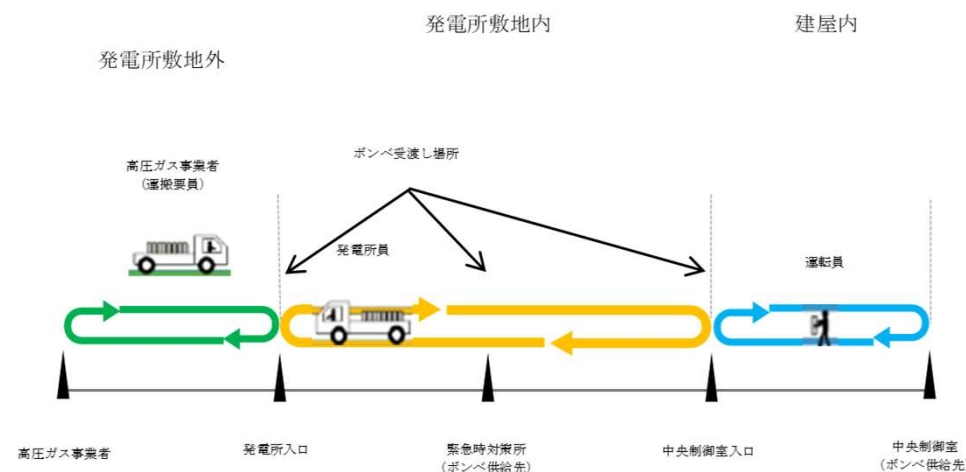


図12 バックアップの供給イメージ

(詳細は，補足説明資料 別紙8-2を参照)

## ■ 対象発生源特定のための調査

- ガイドに基づき設定した調査対象の特定フローに基づき、敷地内外の固定源及び敷地内の可動源を調査した。
- その結果、スクリーニング評価対象となる敷地内外の固定源はないことを確認した。
- 敷地内可動源として、タンクローリー等で輸送するアンモニア、塩酸、ヒドラジンを特定した。

## ■ 敷地内可動源に対するスクリーニング評価の判断

- 特定された敷地内可動源に対しては、スクリーニング評価を実施せずに防護対策を実施することとした。

## ■ 有毒ガス防護に係る妥当性の判断

- 上記の結果から、敷地内外の固定源に対しては、防護対策は不要であることを確認した。
- 特定された敷地内の可動源に対しては、発電所入構から薬品タンクへの受入完了まで随行・立会を行う発電所員（担当課（室）員）の確保、換気設備の隔離、連絡体制の確保および中央制御室等への全面マスクの配備・着用手順の整備による防護措置を実施することで、運転員等の対処能力が損なわれるおそれがないことを確認した。
- 予期せぬ有毒ガスの発生に対しては、酸素呼吸器及び酸素ポンペを配備し、通信連絡体制及び酸素ポンペ供給のバックアップ体制を整備する。

## ■ 有毒化学物質の分類イメージ

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・設備用ポンプ、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・アスファル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)

(詳細は，補足説明資料 別紙4-1を参照)



■ 敷地内固定源（例）

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	アンモニア	3号機タービン建屋	10m <sup>3</sup>
		塩酸	3号機給排水処理建屋	10m <sup>3</sup>
		ヒドラジン	3号機タービン建屋	1.5m <sup>3</sup>
		テトラクロロエチレン	放射性廃棄物処理建屋	0.7m <sup>3</sup>
	ボンベ類	二酸化炭素	3号機発電機ガスボンベ貯蔵庫	50kg×24本
		プロパン	1,2号機プロパンガスボンベ庫	500kg×4本
		ハロン1301	1,2号機出入管理建屋ハロンガス庫	30kg×5本
	機器（冷媒）	HCFC-22	1,2号機出入管理建屋	16kg
		HFC-134a	3号機原子炉建屋	290kg
	機器（遮断器）	六フッ化硫黄	275kV開閉所	8,570kg
	試薬類	塩酸	管理事務所 一般分析室	500ml×13本
		水酸化ナトリウム		500g×14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）		各ボンベ庫等に保管している窒素ボンベ、液化窒素、水素ボンベ、アルゴンボンベ		
その他（参考）	生活用品	事務所等	—	

※ 有毒化学物質となるおそれがあるものを含む

（詳細は、補足説明資料 別紙4-7-1を参照）

■ 固体あるいは揮発性が乏しい液体の取り扱い ①

抽出された有毒化学物質のうち、固体あるいは揮発性の乏しい液体については、図13のフローに基づき、ガス化して大気中に多量に放出されるものを抽出している。

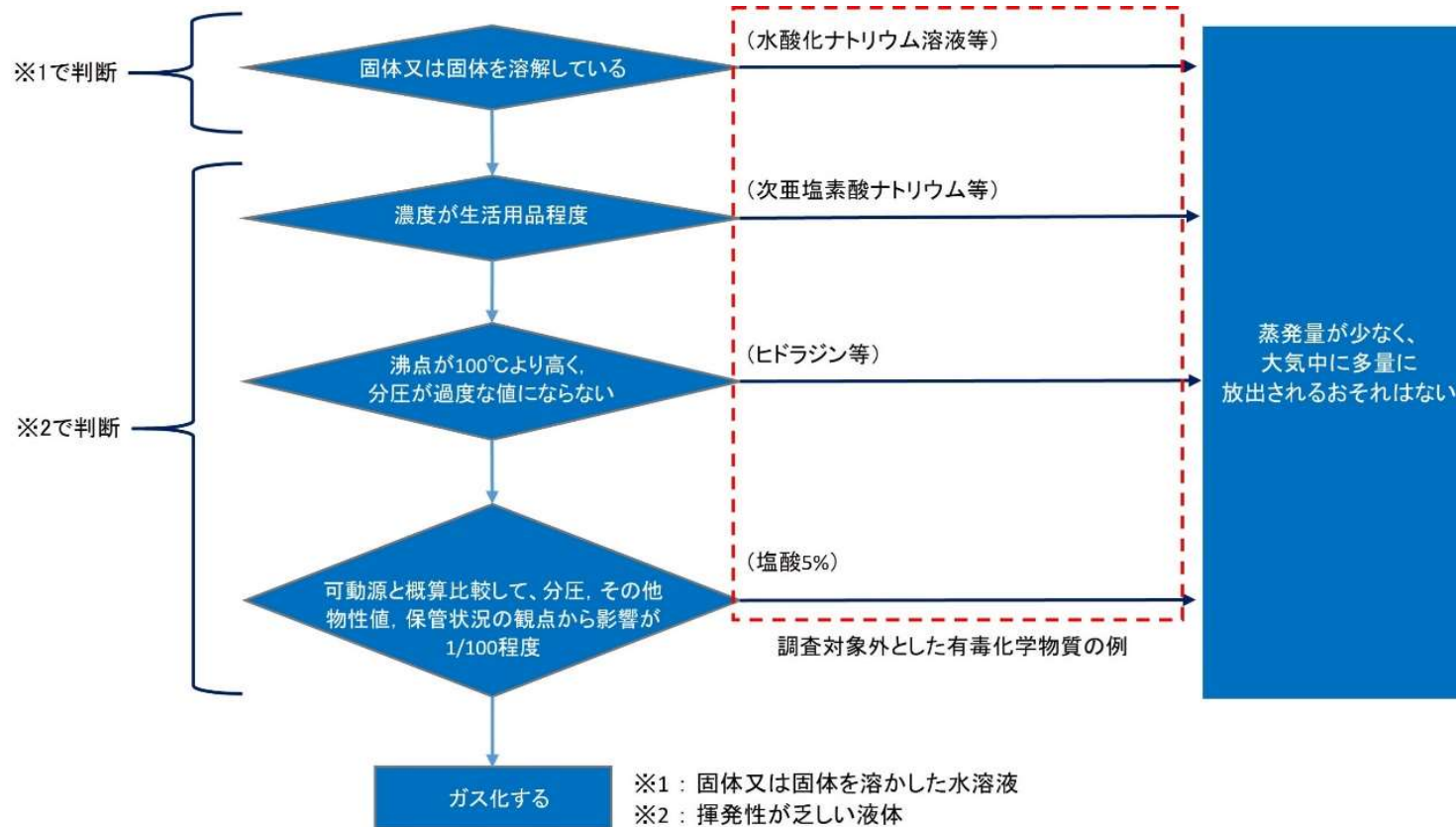


図13 固体又は揮発性が乏しい液体の判断フロー

(ガイド3.1 (解説-4) に基づき調査対象外と整理)

(詳細は、補足説明資料 別紙4-2を参照)

## ■ 固体あるいは揮発性が乏しい液体の取り扱い ②

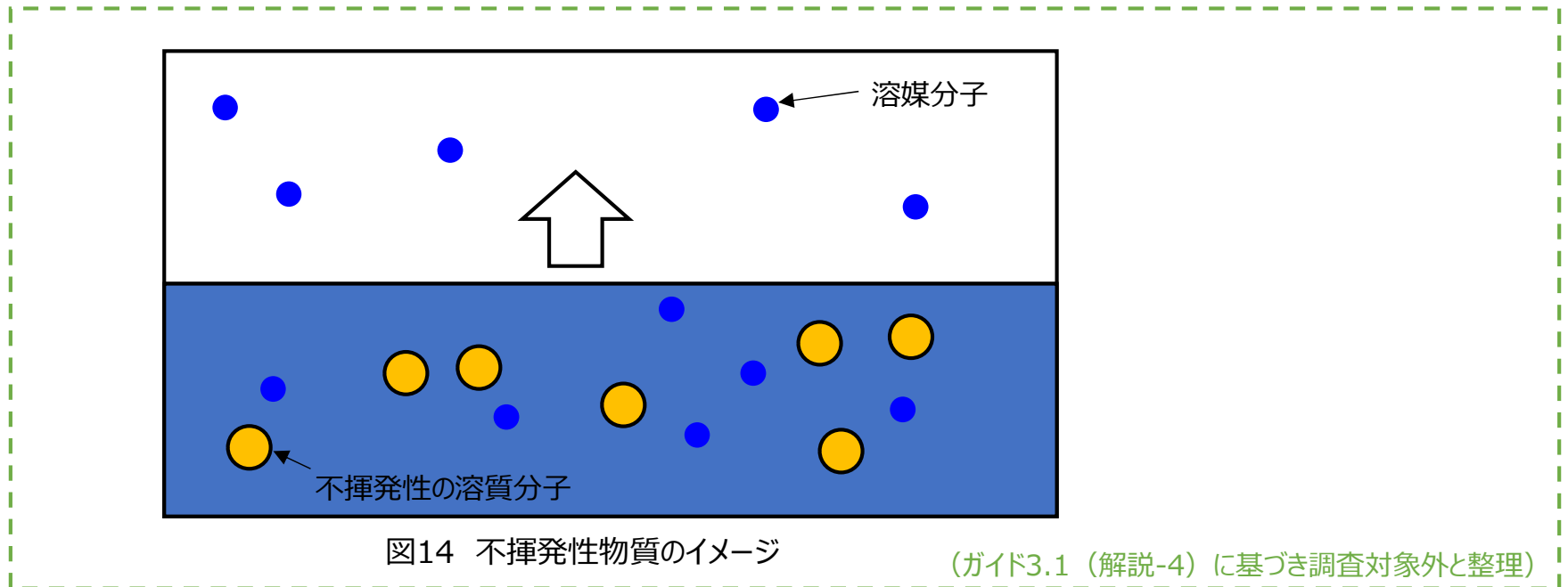
抽出した有毒化学物質のうち、固体あるいは揮発性が乏しい有毒化学物質については、保管状況を確認し、エアロゾル化の観点から大気中に多量に放出されるものを抽出している。

不揮発性物質のイメージを図14に示す。

【エアロゾル化の条件】

- ・0.3MPa以上の圧力で保管されている。
- ・高温状態で保管されている。

泊発電所には、これらに該当する有毒化学物質の貯蔵施設は、蓄圧タンクしかなく、原子炉格納容器の内部に設置されていることから、詳細な検討は不要である。



## ■ ボンベ等に保管された有毒化学物質①

高圧ガス保安法で規定された高圧容器で保管されている有毒化学物質は、高圧ガス保安法によって、耐圧試験、気密試験等を行い、合格した容器に保管されている。

容器からのガスの漏えい形態としては、配管等からの少量漏えいが想定され、有毒ガスが大気中に多量に放出されるおそれはない。ボンベ配管からの漏えいイメージを図15に示す。

ボンベ等に保管されていることから調査対象外とした有毒化学物質の例を表7に示す。



図15 ボンベ配管からの漏えい

表7 調査対象外とした有毒化学物質の例

名称	貯蔵場所
プロパン	1,2号機プロパンガスボンベ庫
ハロン 1301	1,2号機出入管理建屋ハロンガス庫
二酸化炭素	1号機発電機ガスボンベ貯蔵庫
	1,2号機1次系窒素ボンベ室
	3-発電機ガスボンベ貯蔵庫

(ガイド3.1 (解説-4) に基づき調査対象外と整理)

(詳細は、補足説明資料 別紙4-3, 別紙4-4を参照)

## ■ ポンプ等に保管された有毒化学物質②

### ➤ ガスボンベでの被災状況について

- 高圧ガス保安法で規定された高圧容器で保管されている有毒化学物質について、プロパンを例として事故事例を整理したところ、火災・爆発の事故事例は見られるものの、プロパン自体での中毒事故は記録がない。
- 災害時の事故事例を確認しても、ポンプ本体が損傷している事例はない。(図16参照)
- さらに、図17に示すように、敷地内では耐震重要度分類に対応した架台に設置され、高圧ガス保安法の規則に則り固縛されており、何らかの外力がかかったとしても、ポンプ自体が損傷することは考えにくい。



図16 東日本大震災でのLPガスボンベの被災状況※

※ 出典 自然災害対策について（平成29年11月 関東液化石油ガス協議会業務主任者・管理者研修会資料）より抜粋

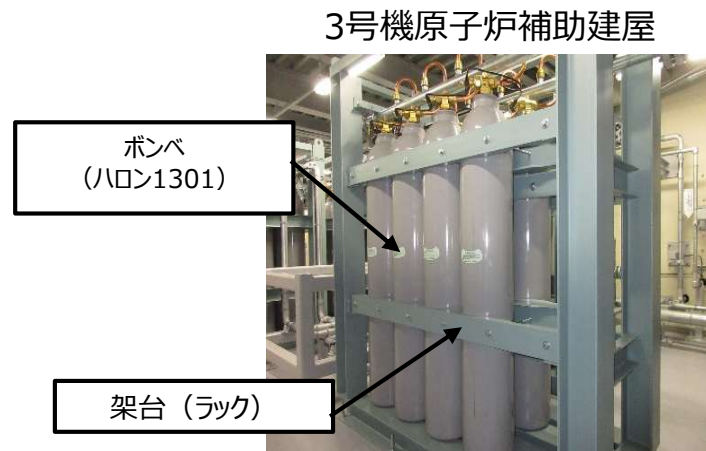


図17 発電所におけるポンベの設置状況

(詳細は、補足説明資料 別紙4-3, 別紙4-4を参照)

## ■ ポンペ等に保管された有毒化学物質③

### ➤ 漏えい時の放出率

高圧ガス容器は、容器単体としては健全性が保たれていることから、高圧ガス容器からの漏えい形態としては、接続配管からの少量の漏えいを想定した。

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」における災害現象解析モデル式に基づき、図18に示すプロパンポンペを例に、配管からの気体放出及び液体放出による漏えい率を評価した。

なお、プロパンポンペから焼却炉へとプロパンを供給する配管の気体配管の長さは、気体・液体配管の長さの約3倍であり、気体配管からの気体放出が発生しやすいことが想定される。

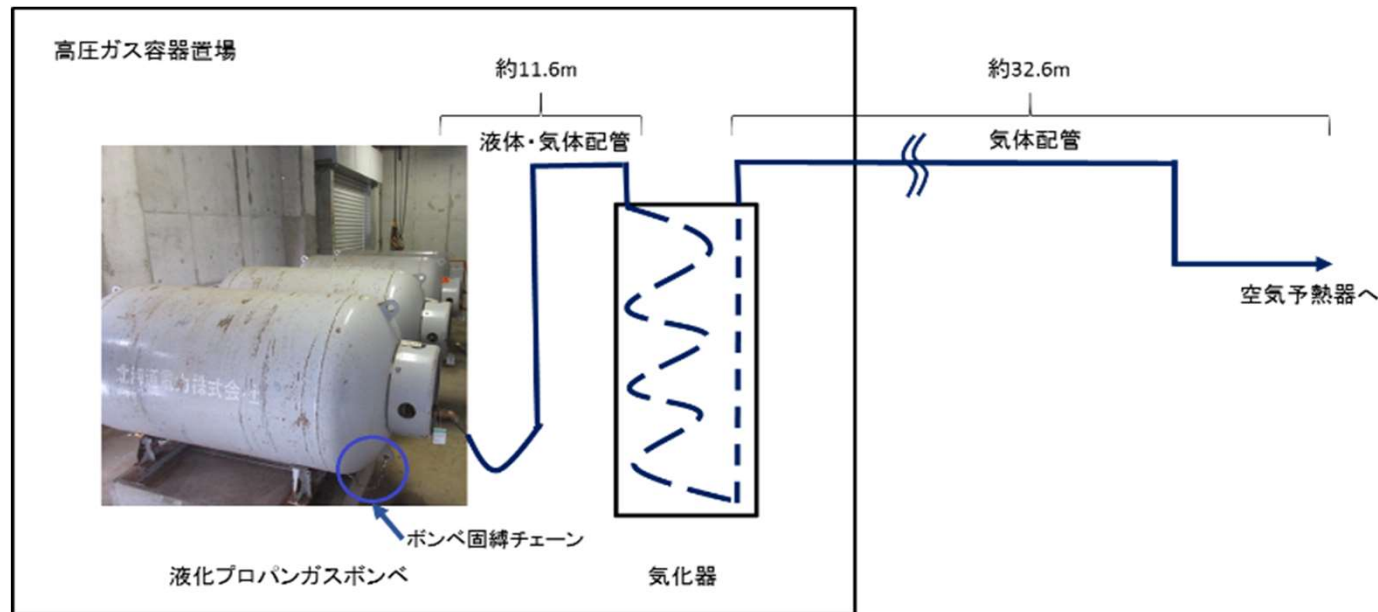


図18 雑固体焼却炉のプロパンガス概略系統図

(詳細は、補足説明資料 別紙4-3を参照)

■ ボンベ等に保管された有毒化学物質④

➤ 漏えい時の放出率（気体放出）

プロパンボンベからの放出率は約 $5.2 \times 10^{-2} \text{kg/s}$ であり、比較対象として設定したアンモニアと比較して 1/12 以下である。さらに、プロパンの防護判断基準値はアンモニアの防護判断基準値より78倍以上高いことを考慮すると、プロパンの影響は小さい。放出率の評価条件を表8に示す。また、評価結果を表9に示す。

・気体放出（流速が音速以上 ( $p_0/p \leq \gamma c$ ) の場合)

$$q_G = ca p \sqrt{\frac{M}{ZRT} \gamma \left(\frac{2}{\gamma + 1}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}} \quad \text{ただし, } \gamma c = \left(\frac{2}{\gamma + 1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

- $q_G$  : 気体流出率(kg/s)
- $c$  : 流出係数（不明の場合は0.5とする）
- $a$  : 流出孔面積(m<sup>2</sup>)
- $p$  : 容器内圧力(Pa)
- $p_0$  : 大気圧力 (= 0.101MPa =  $0.101 \times 10^6 \text{Pa}$ )
- $M$  : 気体のモル重量(kg/mol)
- $T$  : 容器内温度(K)
- $\gamma$  : 気体の比熱比
- $R$  : 気体定数(=8.314J/mol・K)
- $Z$  : ガスの圧縮係数(=1.0 : 理想気体)

表8 評価条件（気体放出）

パラメータ	設定値	備考
流出孔面積 (m <sup>2</sup> )	$2.2 \times 10^{-5}$	接続配管径：52.7mm 配管断面積の1/100 (少量漏えい)
容器内温度(K)	323.15K	最高使用温度 (50℃)
容器内圧力(Pa)	$1.8 \times 10^6$	最高使用圧力
気体のモル重量(kg/mol)	0.044096	機械工学便覧
気体の比熱比	1.143	機械工学便覧

表9 放出率評価結果（気体放出）

	焼却炉 プロパンボンベ	(参考) 3 - アンモニア原液タンク
放出率 (kg/s)	$5.2 \times 10^{-2}$	$6.7 \times 10^{-1}$
防護判断基準値 (ppm)	23,500	300

※ 流速は音速以上 ( $p_0/p \leq \gamma c$ )

(詳細は、補足説明資料 別紙4-3を参照)

■ ボンベ等に保管された有毒化学物質⑤

➤ 漏えい時の放出率（液体放出）

配管から液体として漏えいするとした場合のプロパンの放出率は約 $1.4 \times 10^{-1} \text{kg/s}$ であり、比較対象として設定したアンモニアの放出率と比較して約 1 / 4 以下となる。さらに、プロパンの防護判断基準値はアンモニアの防護判断基準値より78倍以上であることから影響は小さい。

なお、プロパンボンベには過流防止弁が設置されており、気体・液体配管からの多量放出は想定されない。放出率の評価条件を表10に示す。また、評価結果を表11に示す。

・液体放出

表10 評価条件（液体放出）

(評価式)

$$q_L = ca \sqrt{2gh + \frac{2(p - p_0)}{\rho}}$$

$$q_G = q_L f \rho$$

$q_L$  : 液体流出率( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$c$  : 流出係数

$a$  : 流出孔面積( $\text{m}^2$ )

$p$  : 容器内圧力(Pa)

$p_0$  : 大気圧力

( $=0.101\text{MPa}=0.101 \times 10^6\text{Pa}$ )

$\rho$  : 液密度( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$g$  : 重力加速度( $=9.8$ )( $\text{m}/\text{s}^2$ )

$h$  : 液位(m) (液面と流出孔の高さの差)

$q_G$  : 有毒ガスの重量放出率( $\text{kg}/\text{s}$ )

$f$  : フラッシュ率

パラメータ	設定値	備考
流出係数	1	石油コンビナートの防災アセスメント指針には、不明の場合0.5としているものの、保守的に1と設定した
流出孔面積 ( $\text{m}^2$ )	$3.6 \times 10^{-6}$	配管面積の1/100 (少量漏えい)
容器内圧力 (Pa)	$1.8 \times 10^6$	最高使用圧力
液密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	446.8	Perry's Chemical Engineers' Handbook
液面と流出孔の高さの差 (m)	0	
フラッシュ率	1	全量気化する

表11 放出率評価結果（液体）

	焼却炉プロパンボンベ	(参考) 3 - アンモニア原液タンク
放出率 ( $\text{kg}/\text{s}$ )	$1.4 \times 10^{-1}$	$6.7 \times 10^{-1}$
防護判断基準値 (ppm)	23,500	300

※ 流速は音速以上 ( $p_0/p \leq \gamma_c$ )

(詳細は、補足説明資料 別紙4-3を参照)



■ 建屋内保管の薬品タンクについて①

建屋内は風量が小さく、蒸発量が屋外に比べて小さい。また、発生した有毒ガスは建屋内で拡散し、大気への放出経路が限定されることから、有毒ガスが建屋外の大気中に多量に放出されるおそれはない。

建屋内保管のタンクのイメージを図19に示す。また、泊発電所において建屋内に薬品が保管されている貯蔵場所等を表12に示す。

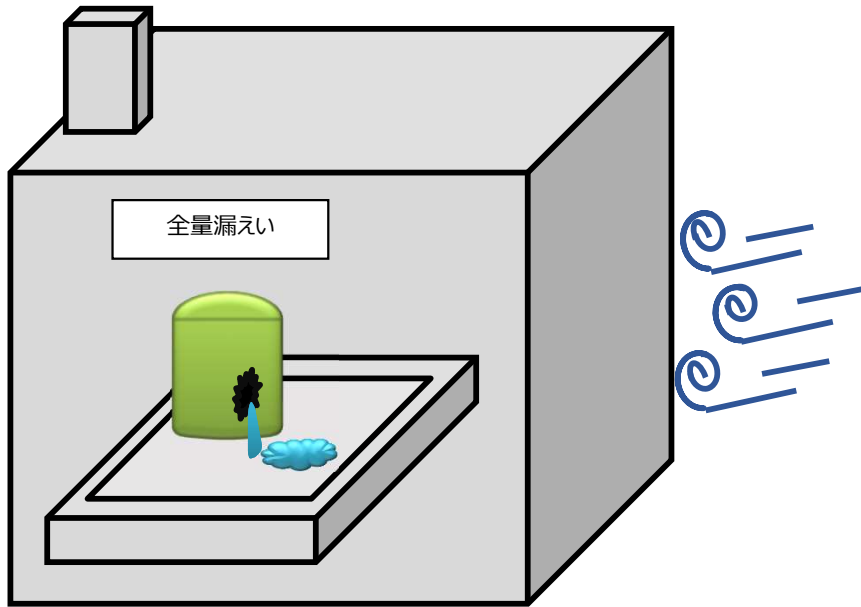


図19 建屋内保管タンクイメージ

表12 調査対象外とした有毒化学物質の例

貯蔵場所	名称	貯蔵量
3号炉 タービン建屋	アンモニア※	10m <sup>3</sup>
	ヒドラジン※	12m <sup>3</sup>
3号炉 タービン建屋 (コンデミ薬品エリア)	塩酸※	35m <sup>3</sup>
3号炉 原子炉補助建屋	ヒドラジン	2.5m <sup>3</sup>
3号炉 給排水処理建屋	塩酸※	10m <sup>3</sup>
1, 2号炉 給排水処理建屋	塩酸※	15m <sup>3</sup>
3号炉 海水淡水化装置建屋	塩酸	10m <sup>3</sup>
放射性廃棄物処理建屋	テトラクロロエチレン	0.7m <sup>3</sup>

※ 他のPWRプラントでは、多くの場合屋外に保管されている

(ガイド3. 1 (解説-4) に基づき調査対象外と整理)

(詳細は、補足説明資料 別紙4-5を参照)

## ■ 建屋内保管の薬品タンクについて②

### ➤ 建屋内風速

建屋内の薬品保管エリアにて風速測定を実施し、建屋内風速が屋外風速に対して十分に小さいことを確認した。

建屋内風速の測定状況を図20に示す。また、測定結果を表13に示す。

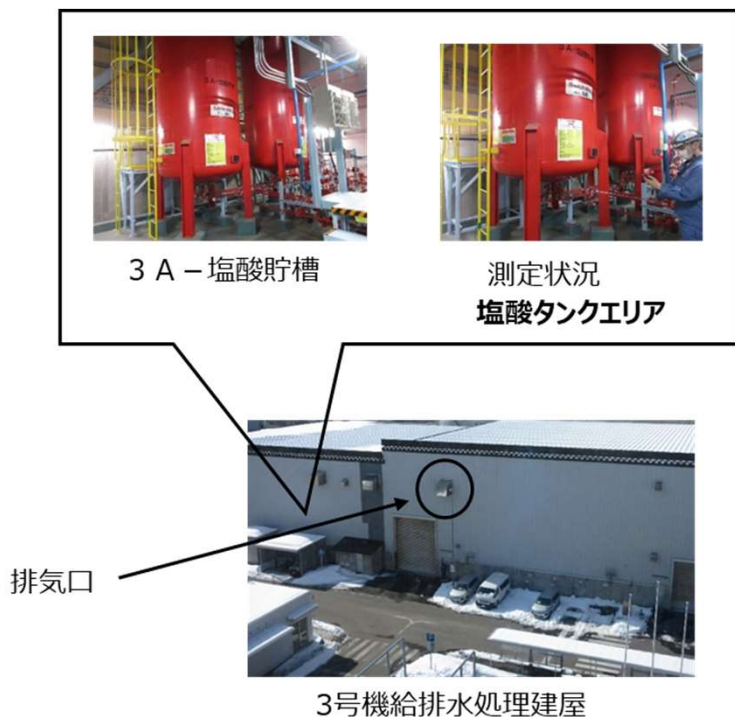


表13 建屋内における風速測定結果の例

薬品タンク	建屋	風速※1	(参考) 屋外風速※2
3 - アンモニア原液タンク	3号炉 タービン建屋	0.03 m/s	5.1 m/s
3 - よう素除去薬品タンク	3号炉 原子炉補助建屋	0.01 m/s	
3 A-塩酸計量槽	3号炉 給排水処理建屋	0.04 m/s	
塩酸貯槽	1, 2号炉 給排水処理建屋	0.05 m/s	
3 A-塩酸貯槽	3号炉 海水淡水化装置建屋	0.03 m/s	
固化装置溶剤タンク	放射性廃棄物処理建屋	0.01 m/s	

※1 測定器の検出下限は0.01m/sである。測定は複数点実施し、検出下限未満の場合は、0.01m/sとして平均値を算定した。

※2 屋外風速は、地上風を代表する観測点（EL20m）における観測風速の年間平均を示す。

図20 建屋内における風速測定結果の例

(詳細は、補足説明資料 別紙4-5を参照)

## ■ 建屋内保管の薬品タンクについて③

### ▶ 建屋内温度

薬品保管エリアは、温度を測定していないことから、建屋内における外気温との気温差を把握するため温度計を設置し、3号炉給排水処理建屋のデータを調査した。

建屋内温度の測定状況を図21に示す。また、測定結果を表14に示す。

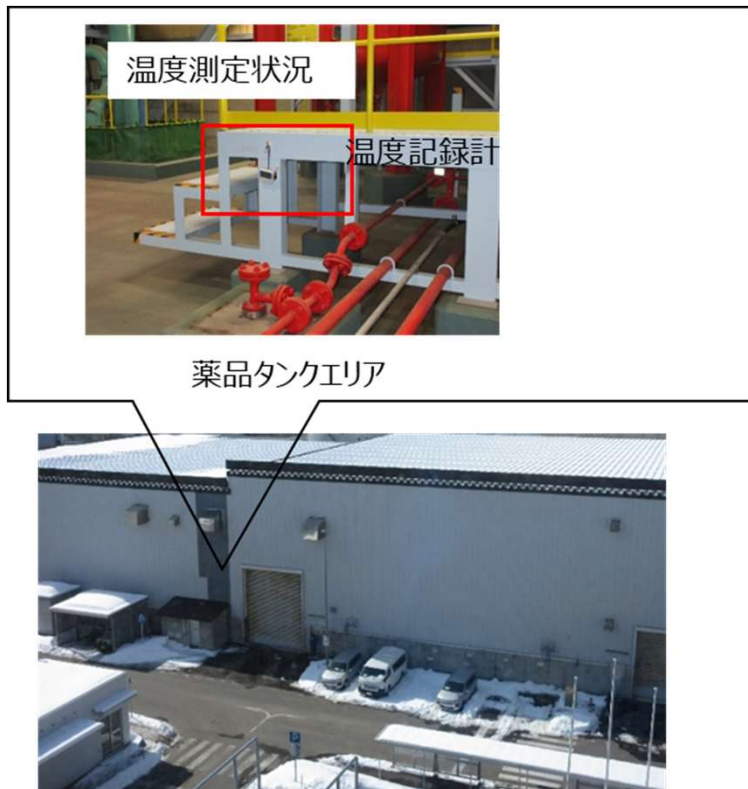


図21 建屋内温度の測定状況

表14 夏場（7月～8月）における建屋内温度測定結果（令和2年度）

	3号炉給排水処理建屋(℃)	(参考) 外気温 (℃) ※1
温度	24.3	20.7

※1 敷地内露場における観測温度。同時期の外気の平均気温。

■ 建屋内保管の薬品タンクについて④

➤ 漏えい時の蒸発率

蒸発率は、文献「Modeling Hydrochloric Acid Evaporation in ALOHA」に従い、下記の式で評価する。

【評価式】（蒸発率）

・ 蒸発率  $E$

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

・ 物質移動係数  $K_M$

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

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

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

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

・ 補正後の蒸発率  $E_c$

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

$E$	: 蒸発率(kg/s)
$E_c$	: 補正後の蒸発率(kg/s)
$K_M$	: 化学物質の物質移動係数(m/s)
$M_w, M_{Wm}$	: 化学物質のモル質量(kg/kmol)
$P_a$	: 大気圧 (Pa)
$P_v$	: 化学物質の分圧(Pa)
$R$	: 気体定数(J/kmol・K)
$T$	: 温度(K)
$U$	: 風速(m/s)
$A$	: 堰面積(m <sup>2</sup> )
$Z$	: 堰直径(m)
$S_c$	: 化学物質のシュミット数
$\nu$	: 空気の動粘性係数(m <sup>2</sup> /s)
$D_M$	: 化学物質の分子拡散係数(m <sup>2</sup> /s)
$D_0$	: 水の物質拡散係数(=2.2×10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> /s)
$D_{H_2O}$	: 温度 $T$ (K), 大気圧 $P_a$ (Pa)における水の物質拡散係数(m <sup>2</sup> /s)
$M_{WH_2O}$	: 水のモル質量(kg/kmol)

(詳細は、補足説明資料 別紙4-5を参照)

## ■ 建屋内保管の薬品タンクについて⑤

### ➤ 建屋内風速の蒸発率への影響

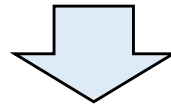
- ・風速は、物質移動係数 $K_M$ の $U$ 項に該当し、蒸発率は、 $U^7$ に比例する。  
屋内風速0.05m/sの場合、 $U^7=0.1$ 、屋外風速5.1m/sの場合、 $U^7=3.6$ となる。

⇒したがって、建屋内の蒸発率は、屋外に対して1/30以下となる。

### ➤ 建屋内温度の蒸発率への影響

- ・温度は、蒸発率 $E$ の $T$ 項に該当するとともに、分圧 $P_v$ 、動粘性係数 $\nu$ も温度の影響を受ける。  
これらのパラメータから塩酸を例に評価すると、蒸発率は $T^{\frac{1}{6}} \times e^{0.056(T-273.15)}$ に比例する。  
室内温度24.3℃ (297.45K) の場合、 $T^{\frac{1}{6}} \times e^{0.056(T-273.15)} = 10.1$ 、外気温度20.7℃ (293.85K) では、 $T^{\frac{1}{6}} \times e^{0.056(T-273.15)} = 8.2$ となる。

⇒したがって、気温が高い夏場でも建屋内の蒸発率は、屋外に対して約1.23倍であり、蒸発率に及ぼす影響は、風速と比較し小さい。



その上で、漏えい時には、建屋内で拡散し、放出経路も限定されることから、大気中に多量に放出されるおそれはなく、建屋効果を見込むことが可能であると考えられる。

■ 建屋内保管の薬品タンクについて⑥

➤ 建屋内の拡散効果

薬品漏えい時における建屋内の拡散効果については、建屋規模、換気の有無、設置状況等で影響を受ける。そのため、図22の特定フローに従い、建屋内における薬品の保管状況に応じ、漏えい時の影響を評価した。なお、建屋内の薬品保管エリアから漏えいが発生しても、大気への放出口が限定され、放出時には建屋の巻き込み効果も発生し拡散が促進されることから、実際の評価地点における濃度は、評価値よりも低いものになる。

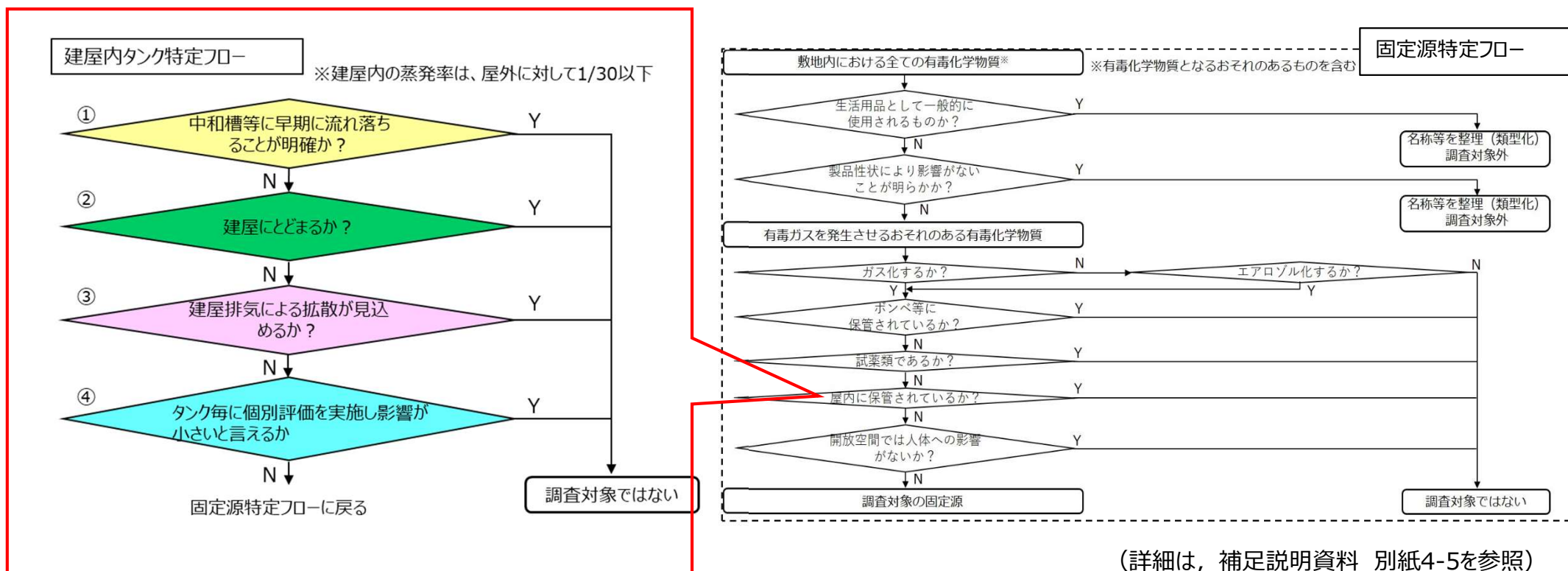


図22 建屋内タンク特定フロー

■ 建屋内保管の薬品タンクについて⑦

➤ 漏えい時の影響評価

評価結果は、表15に示す通りであり、いずれの建屋においても、抑制効果が期待できる。

建屋内における漏えい時の蒸発率が、屋外に対し1/30以下となることに加え、表15の抑制効果を併せると建屋内タンクから多量に放出されるおそれはない。

表15 建屋内タンク漏えい時の影響評価結果の例

建屋	薬品タンク	容量	フローでの分岐	評価結果
3号炉 給排水処理建屋	3 A, B - 塩酸貯槽	各10m <sup>3</sup>	③Y	3号炉給排水処理建屋は、排気ファンにより換気(1,020m <sup>3</sup> /min)され、漏えい時には排気ファンにより希釈され、建屋外に放出される。排気ファンによる希釈効果としては、1/15以下となる。
3号炉タービン建屋	3 - ヒドラジン原液タンク	12m <sup>3</sup>	③Y	3号炉タービン建屋は、自然換気されており、漏えい時には、建屋内拡散後、自然換気により希釈され、建屋外に放出される。自然換気による希釈効果としては、少なくとも1/60以下となる。
	3 - アンモニア原液タンク	10m <sup>3</sup>	③Y	
3号炉 原子炉補助建屋	3 - よう素除去薬品タンク	2.5m <sup>3</sup>	③Y	3号炉原子炉補助建屋については、常時排気ファンにより換気(6,000 m <sup>3</sup> /min)され、漏えい時には排気ファンにより希釈され、建屋外に放出される。排気ファンによる希釈効果としては、1/100以下となる。さらに、排気筒放出のため高所放出となり、拡散が促進される。
放射性廃棄物処理建屋	固化装置溶剤タンク	0.7m <sup>3</sup>	③Y	放射性廃棄物処理建屋については、常時排気ファンにより換気(2,130 m <sup>3</sup> /min)され、漏えい時には排気ファンにより希釈され、建屋外に放出される。排気ファンによる希釈効果としては、1/35以下となる。さらに、排気筒放出のため高所放出となり、拡散が促進される。

(詳細は、補足説明資料 別紙4-5を参照)

## ■ 開放空間では人体に影響がない物質①

六フッ化硫黄は、防護判断基準値が高く（220,000ppm）人体に影響を与えるのは、密閉空間に限定され、開放空間では人体に影響がないと考えられるが、高密度ガスであることから、その振る舞いを踏まえた検討を行う。

### ○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

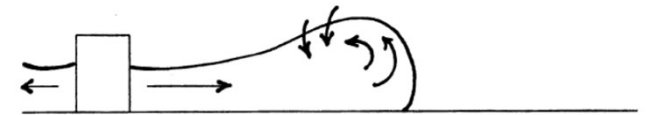
(b) 水平方向（地表付近）に非常に安定な成層を形成

(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。（図23参照）

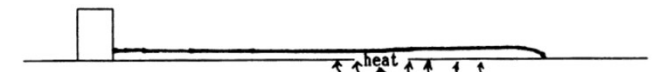
放出点からある程度距離が離れた地点において、最も漏えいガスが高濃度となるのは、(b)の漏えいから暫く時間が経過した段階における、地表付近に非常に安定な成層を形成した状態と考えられる。

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.



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

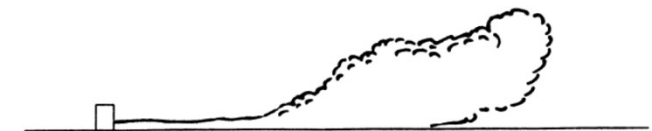


Fig. 3. Dispersion of vapor cloud of the cryogenic liquefied gas

図23 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））

（詳細は、補足説明資料 別紙4-6を参照）



## ■ 開放空間では人体に影響がない物質②

### ➤ 六フッ化硫黄漏えい時の影響評価

#### ○評価条件

- 屋外にある開閉所等に内包されている六フッ化硫黄（約9,200kg）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1,550m<sup>3</sup>）

#### ○気体の状態方程式（評価条件）

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

$p$ ：圧力(=1atm)

$V$ ：体積 (m<sup>3</sup>)

$w$ ：質量(=9,200kg)

$M$ ：モル質量(=146g/mol)

$R$ ：モル気体定数(=0.082L・atm/(K・mol))

$T$ ：温度(=298.15K (25℃))

- 屋外の複数箇所に保管されている六フッ化硫黄全量が、保管場所の中で最も重要操作地点に近い66kV開閉所に全量貯蔵されていると保守的に想定
- 評価距離は66kV開閉所エリア中心から最も近い重要操作地点までの距離である360mとし、成層を形成し円柱状に広がった場合を想定
- 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(1.5m)における六フッ化硫黄の濃度は約0.3%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0.4cmであり、対処要員に対して影響はない。

なお、実際には評価地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ることから、対処要員への影響はさらに低減するものと考えられる。六フッ化硫黄と評価地点の位置関係を図24、図25に示す。

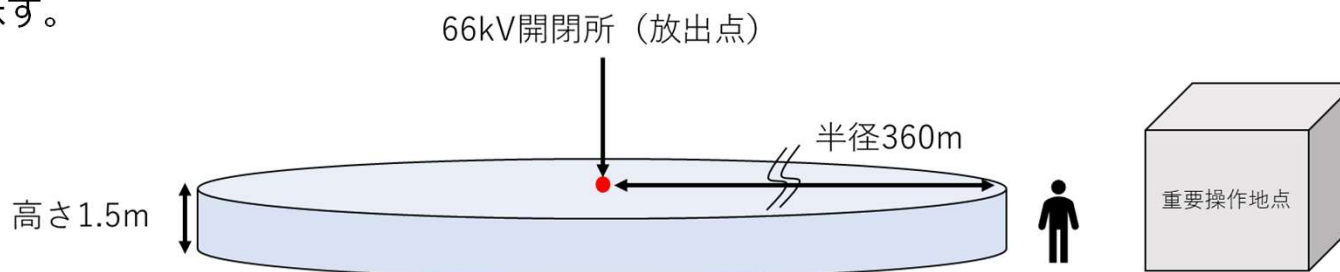


図24 六フッ化硫黄と評価地点の位置関係（イメージ図）

（詳細は、補足説明資料 別紙4-6、別紙6を参照）

■ 開放空間では人体に影響がない物質③

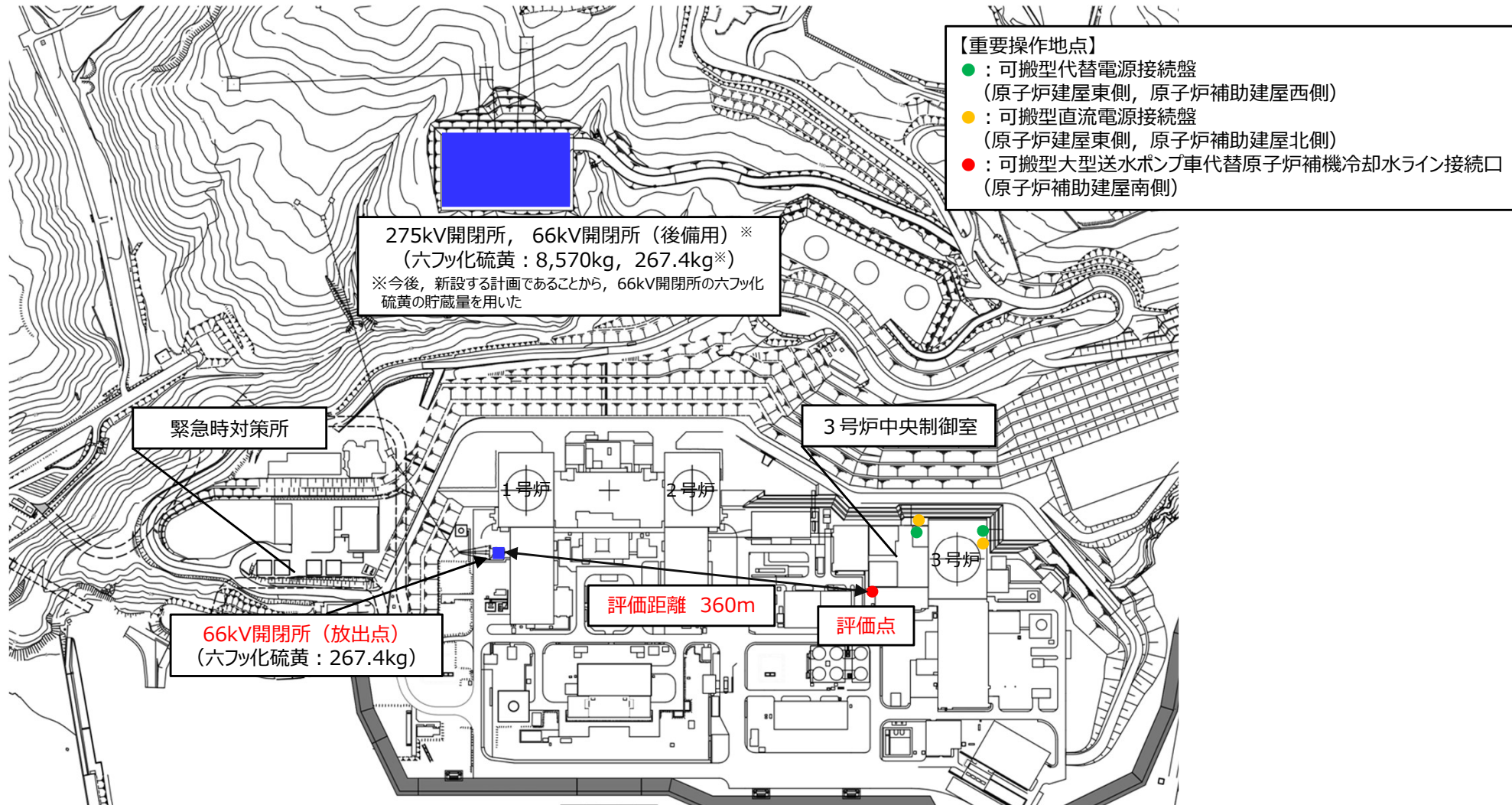


図25 屋外に保管されている六フッ化硫黄と重要操作地点の位置関係