

女川原子力発電所2号炉 発電用原子炉設置変更許可申請の概要 【有毒ガス防護について】

2022年3月3日
東北電力株式会社

1. 有毒ガス防護に係る規制の概要
2. 今回の申請における変更内容
3. 有毒ガス防護に係る妥当性確認の流れ
4. 評価に当たって行う事項
5. スクリーニング評価
6. 有毒ガス防護に対する妥当性の判断
7. 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、以下に示す規則等の改正及び「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」が決定され、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

今回申請範囲

- 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。
- 有毒ガスに対する防護の妥当性の判断については、平成29年4月5日に制定された「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」を一例とすることになった。
- 有毒ガス防護対象者は、設計基準事故時及び重大事故時(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。
- 次頁以降に、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の設置変更許可申請の中で説明する。

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。 (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 <u>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</u> 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。固定源及び可動源に対しては、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。</p>
設置許可基準規則解釈	<p>1～4 (省略) 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な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</u>」には、<u>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> 6 第3項第1号に規定する「<u>有毒ガスの発生源</u>」とは、<u>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。</u></p>	

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（省略） 2 <u>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。固定源及び可動源に対しては、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。</p>
設置許可基準規則解釈	<p>1 <u>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>	

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。 (省略)</p> <p>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が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 (略)</p> <p>3 体制の整備は、以下によること。 (省略)</p> <p>l) <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が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>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、運転員及び重大事故等対策要員(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。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。)に対しては、運転員及び重大事故等対策要員(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。</p> <p>予期せぬ有毒ガスの発生においても、運転員及び重大事故等対策要員(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、発電課長等に連絡し、発電課長等は連絡責任者を經由して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、運転員及び重大事故等対策要員(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。固定源及び可動源に対しては、運転員及び重大事故等対策要員(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。</p> <p>予期せぬ有毒ガスの発生においても、運転員及び重大事故等対策要員(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. 今回の申請における変更内容

- 女川2号炉について、有毒ガス防護に係る規則改正を踏まえた今回の発電用原子炉設置変更許可申請の内容は以下のとおり。

変更箇所	変更内容
本文五号	中央制御室及び緊急時対策所について、有毒ガス防護に係る設計方針を「ロ 発電用原子炉施設の一般構造」、「ヘ 計測制御系統施設の構造及び設備」及び「ヌ その他発電用原子炉の附属施設の構造及び設備」に追加
本文十号	有毒ガス発生時・予期せぬ有毒ガス発生時における各要員の対応等に係る手順・体制の整備に係る方針を「ハ 重大事故に至るおそれがある事故又は重大事故 事故に対処するために必要な施設及び体制並びに発生すると想定される事故の程度及び影響の評価を行うために設定した条件及びその評価の結果」に追加

【変更する添付書類】

変更箇所	変更内容
添付書類四	核燃料物質の取得計画について、最新の計画を踏まえた記載に更新
添付書類五	技術的能力に関する説明について、組織体制、技術者数等を最新の状況に更新（技術的能力審査指針への適合性については40,41頁参照）
添付書類八	有毒ガス防護に係る規則改正を踏まえた設計方針等について記載を追加
添付書類十	有毒ガス防護に係る規則改正を踏まえた手順書・体制の整備に関する記載を追加
添付書類十一	「原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則」（品管規則）施行を踏まえ追加

また、原子炉等規制法第43条の3の6第1項第1号（平和目的）への適合に係る状況については、既許可からの変更はない。

3. 有毒ガス防護に係る妥当性確認の流れ

➤ 「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」(以下「ガイド」という)に示された妥当性確認の流れ(図1)に基づき、運転・対処要員を対象とした有毒ガス防護に係る影響評価の実施、及び必要な防護対策の検討を実施した。具体的な対応事項は以下のとおり。

✓ 女川原子力発電所の敷地内外において、調査対象となる固定源※¹及び可動源※²を特定した。
(ガイド3. への対応)

✓ 調査対象として特定された固定源及び可動源を対象にスクリーニング評価※³を実施し、対象発生源※⁴の特定及び有毒ガス影響評価(ガイド5.への対応)の要否について検討した。

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
 : 当社がスクリーニング評価を実施した項目

(ガイド4. への対応)

✓ スクリーニング評価の結果を踏まえ、“対象発生源がある場合の対策”の要否を検討した。
 ✓ 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. 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、中央制御室等の運転員の吸気中の有毒ガス濃度の評価(防護措置を実施しない)

(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)

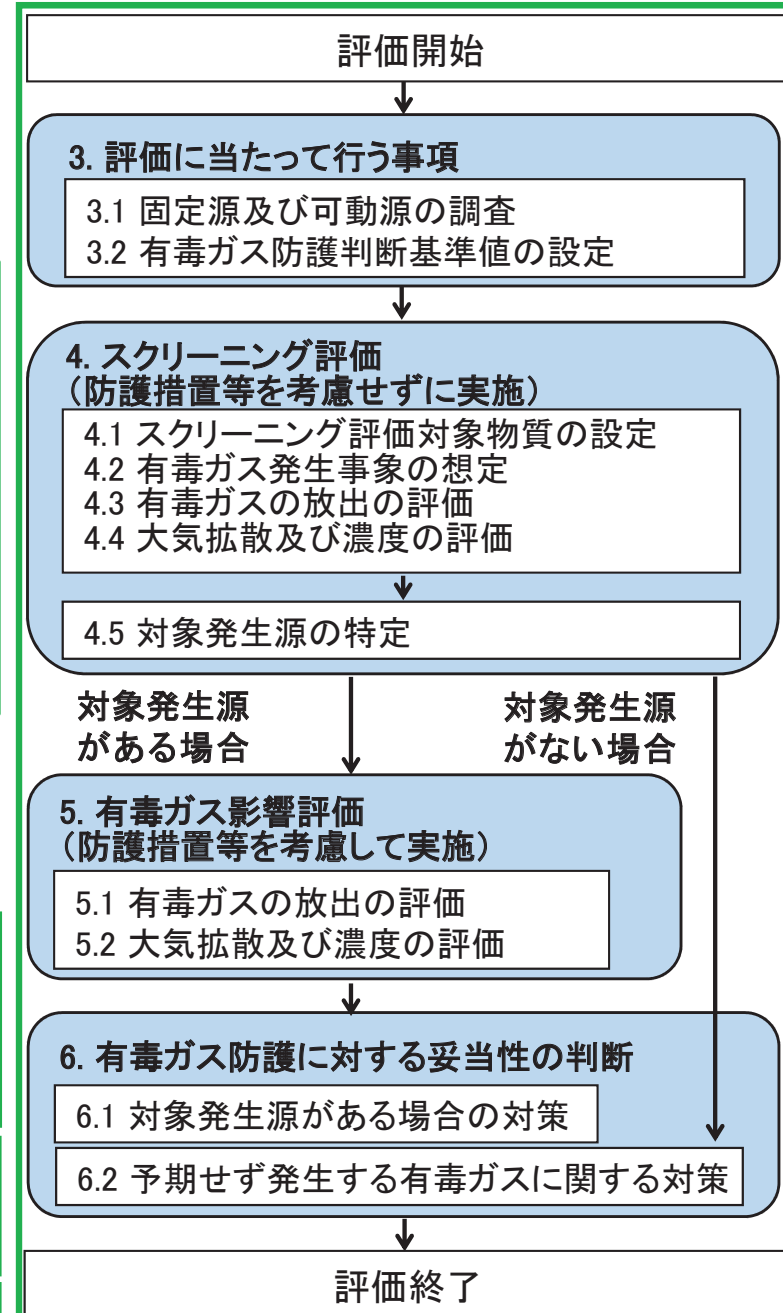


図1 有毒ガス防護に係る妥当性確認の流れ
(ガイド2.のとおり)

4. 評価に当たって行う事項（固定源及び可動源の調査）①

➤ 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。一方で、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、以下のとおり定義し、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(下記参照)から判断し、ガイドにおける有毒化学物質の対象として、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・対処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態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・対処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。
 - 急性毒性の観点から、国内法令で規制されている物質
 - 化学物質の有毒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

4. 評価に当たって行う事項(固定源及び可動源の調査)②

➤ 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網羅的に抽出し、調査の対象とした。(図2)

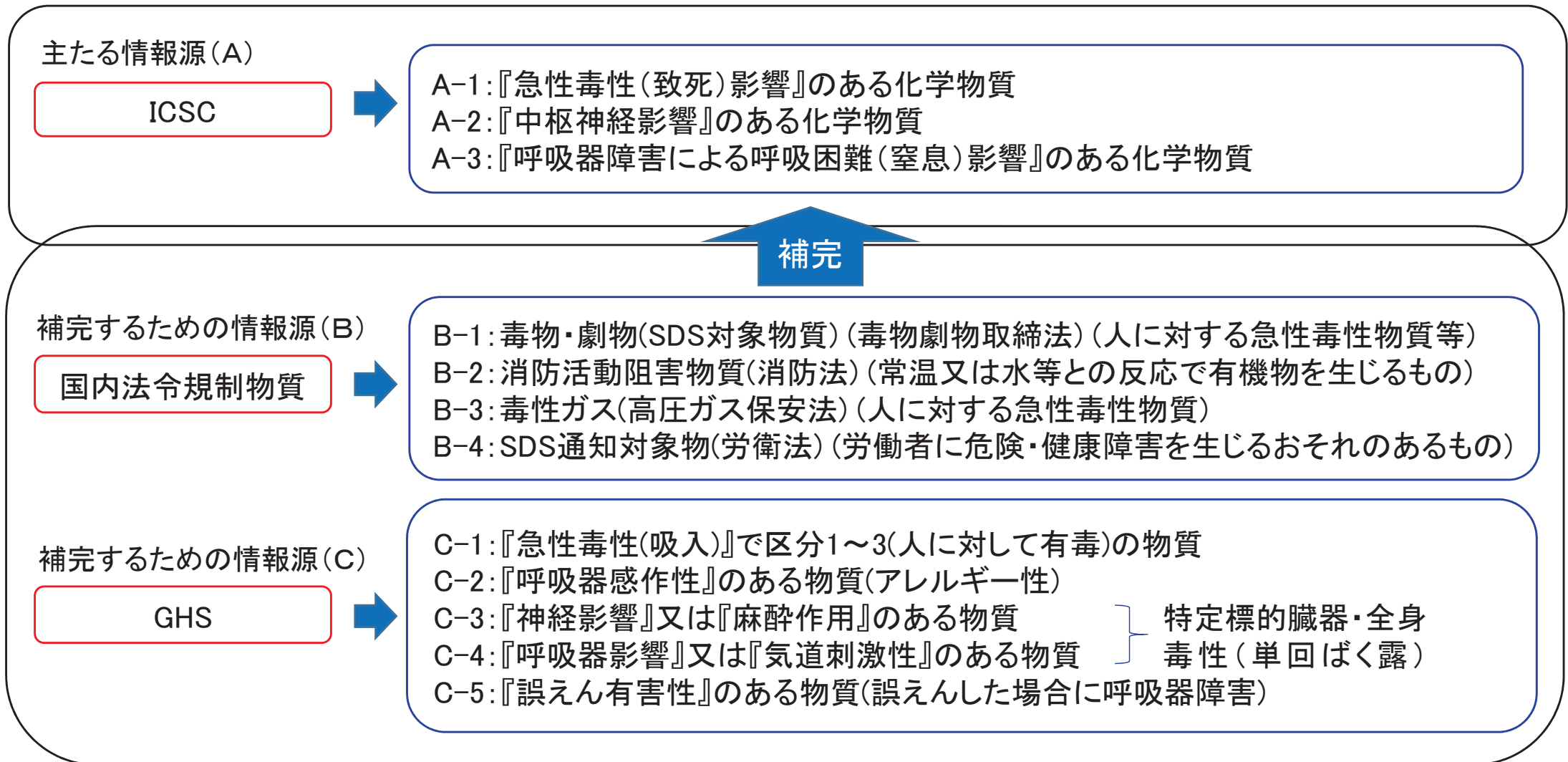


図2 各情報源における急性毒性影響

(ガイド3.1への対応)

(詳細は、資料1-2 別紙2を参照)

4. 評価に当たって行う事項(固定源及び可動源の調査)③

➤ 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、敷地内に保管又は敷地内で輸送される全ての有毒化学物質を対象とする必要があることから、図3のフローにより調査を行い、女川原子力発電所内で使用される全ての有毒化学物質を敷地内固定源又は可動源として抽出した。

(1) 有毒化学物質を含むおそれがある化学物質の抽出

設備・機器類, 資機材, 試薬類に含まれる化学物質を抽出。生活用品は名称等を整理(類型化)して抽出

(2) 有毒化学物質との照合

設備・機器類, 資機材, 試薬類について、有毒化学物質か否か判定

(3) 抽出した有毒化学物質のリスト化

(1), (2)をとりまとめ、発電所で使用する全ての有毒化学物質としてのリスト化

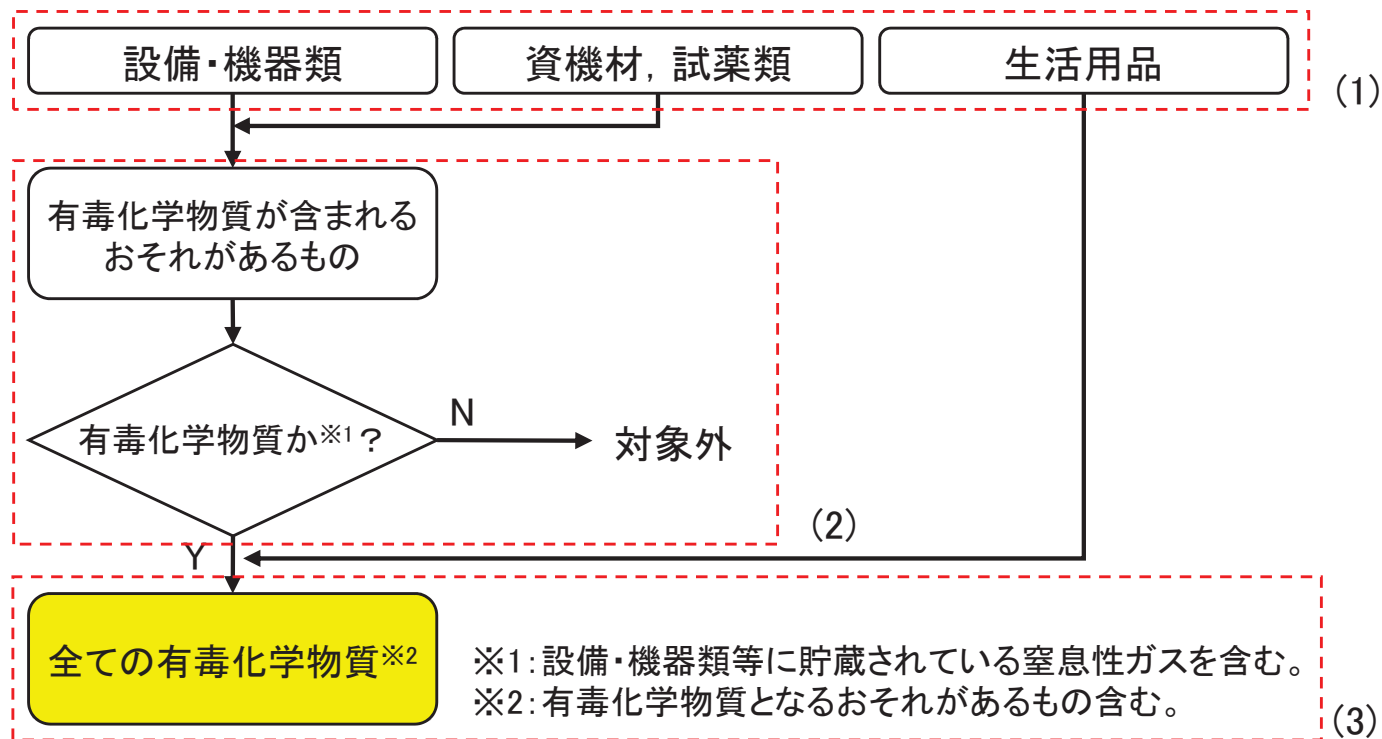


図3 有毒化学物質の抽出フロー

(詳細は、資料1-2 別紙2, 4-7-1, 4-7-2を参照)

4. 評価に当たって行う事項(固定源及び可動源の調査)④

➤ 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」、「高圧ガス保安法」及び「ガス事業法」を対象に調査し、敷地外固定源として抽出した。(表1)

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
化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律	×	×
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	×	×
毒物及び劇物取締法	○	○
環境基本法	×	×
大気汚染防止法	×	×
水質汚濁防止法	×	×
土壌汚染対策法	×	×
農業取締法	×	×
悪臭防止法	×	×
廃棄物の処理及び清掃に関する法律	×	×
下水道法	×	×
海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律	×	×
ダイオキシン類対策特別措置法	×	×
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	×	×
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	×	×
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	×	×

法律名	貯蔵量等に係る届出義務	開示請求の対象選定
地球温暖化対策の推進に関する法律	×	×
食品衛生法	×	×
水道法	×	×
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	×	×
建築基準法	×	×
有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律	×	×
労働安全衛生法	×	×
肥料の品質の確保等に関する法律	×	×
麻薬及び向精神薬取締法	○	×※1
覚醒剤取締法	○	×※1
消防法	○	○
飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律	×	×
放射性同位元素等の規制に関する法律	○	×※2
高圧ガス保安法	○	○
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
ガス事業法	○	○
石油コンビナート等災害防止法	○	×※4

※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、対象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 発電所に最寄りの石油コンビナート等特別防災区域は塩釜地区及び仙台地区であるが、敷地外固定源に係る調査対象範囲外であることから対象外とした。

(詳細は、資料1-2 別紙3, 4-7-1を参照)

4. 評価に当たって行う事項(固定源及び可動源の調査)⑤

➤ 調査対象の固定源及び可動源の特定

抽出された固定源及び可動源について、図4のフローに基づき調査対象の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であるものについては、運転・対処要員の対処能力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頁に示す。

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) 抜粋)

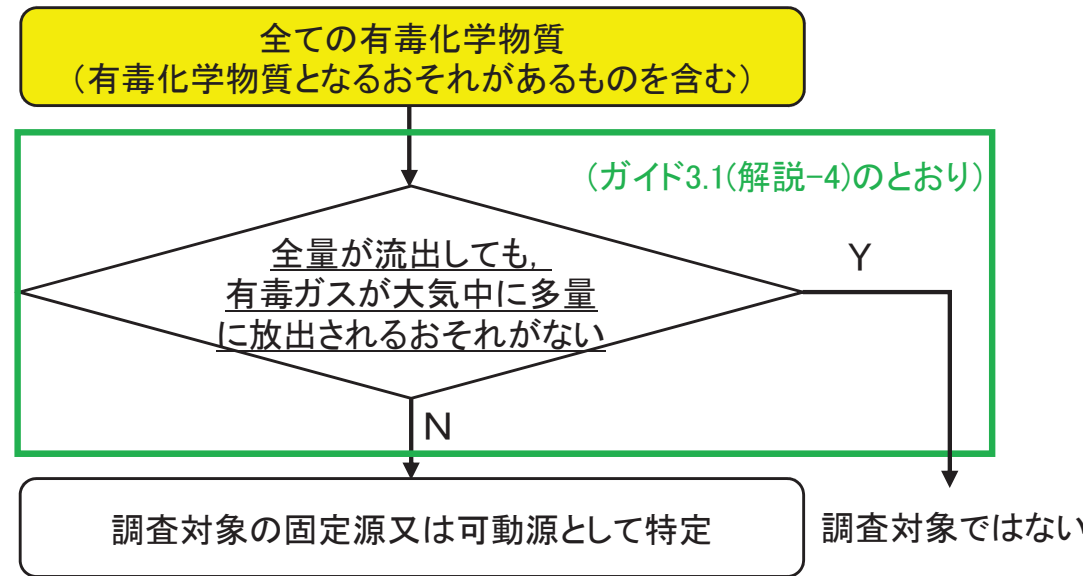


図4 調査対象の固定源又は可動源の特定フロー

(ガイド1.3, 3.1のとおり)

【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頁参照)
固体あるいは揮発性が乏しい液体(硫酸, 水酸化ナトリウム等)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頁参照)
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
- (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) 屋内に保管される薬品タンク(32~37頁参照)
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(38, 39頁参照)
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

4. 評価に当たって行う事項(固定源及び可動源の調査)⑥

➤ 調査対象の固定源の特定フロー
 調査対象とする固定源は、図5のフローに基づき特定した。

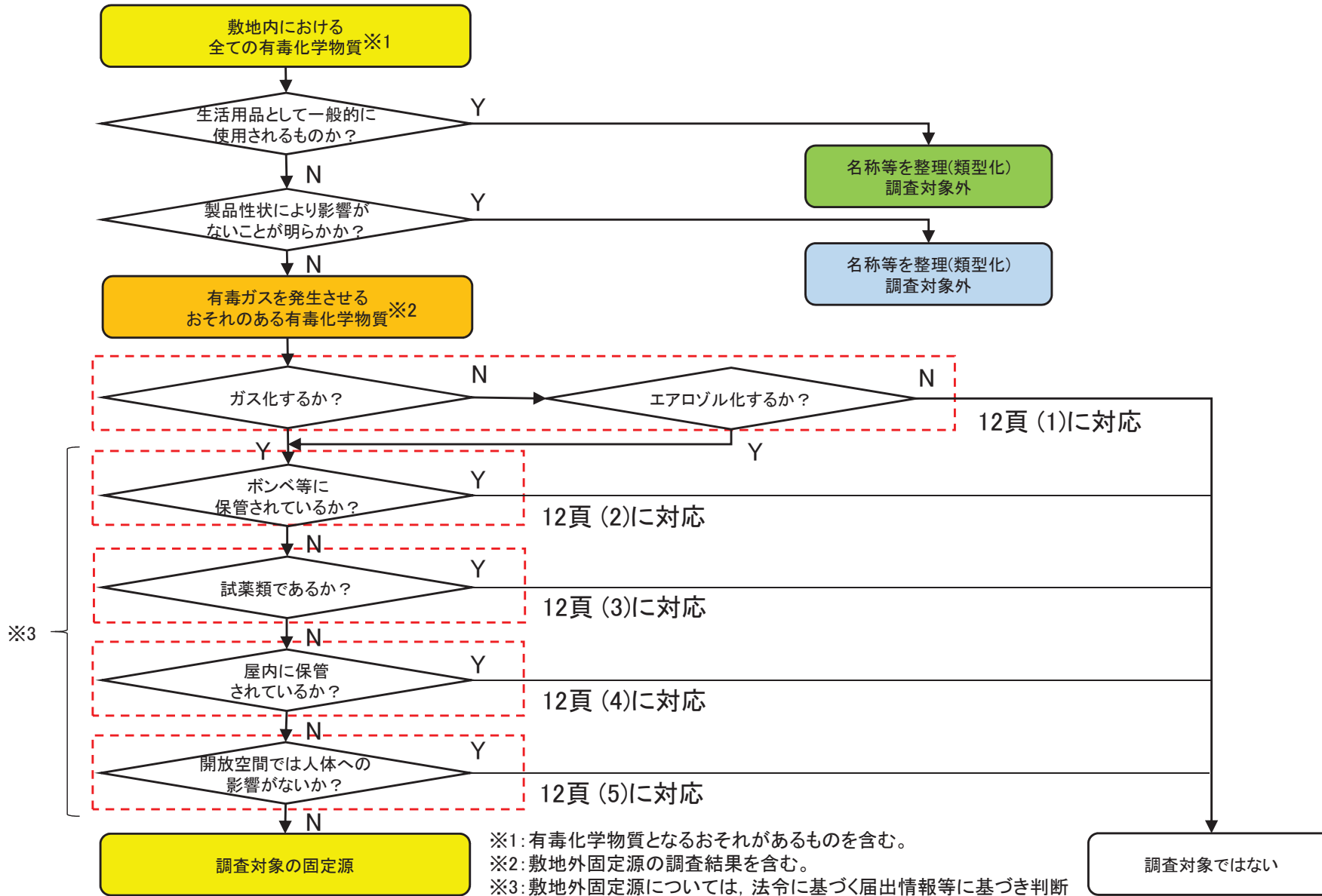


図5 固定源の特定フロー

(詳細は、資料1-2 3.1を参照)

4. 評価に当たって行う事項(固定源及び可動源の調査)⑦

➤ 調査対象の可動源の特定フロー
調査対象とする可動源は、図6のフローに基づき特定した。

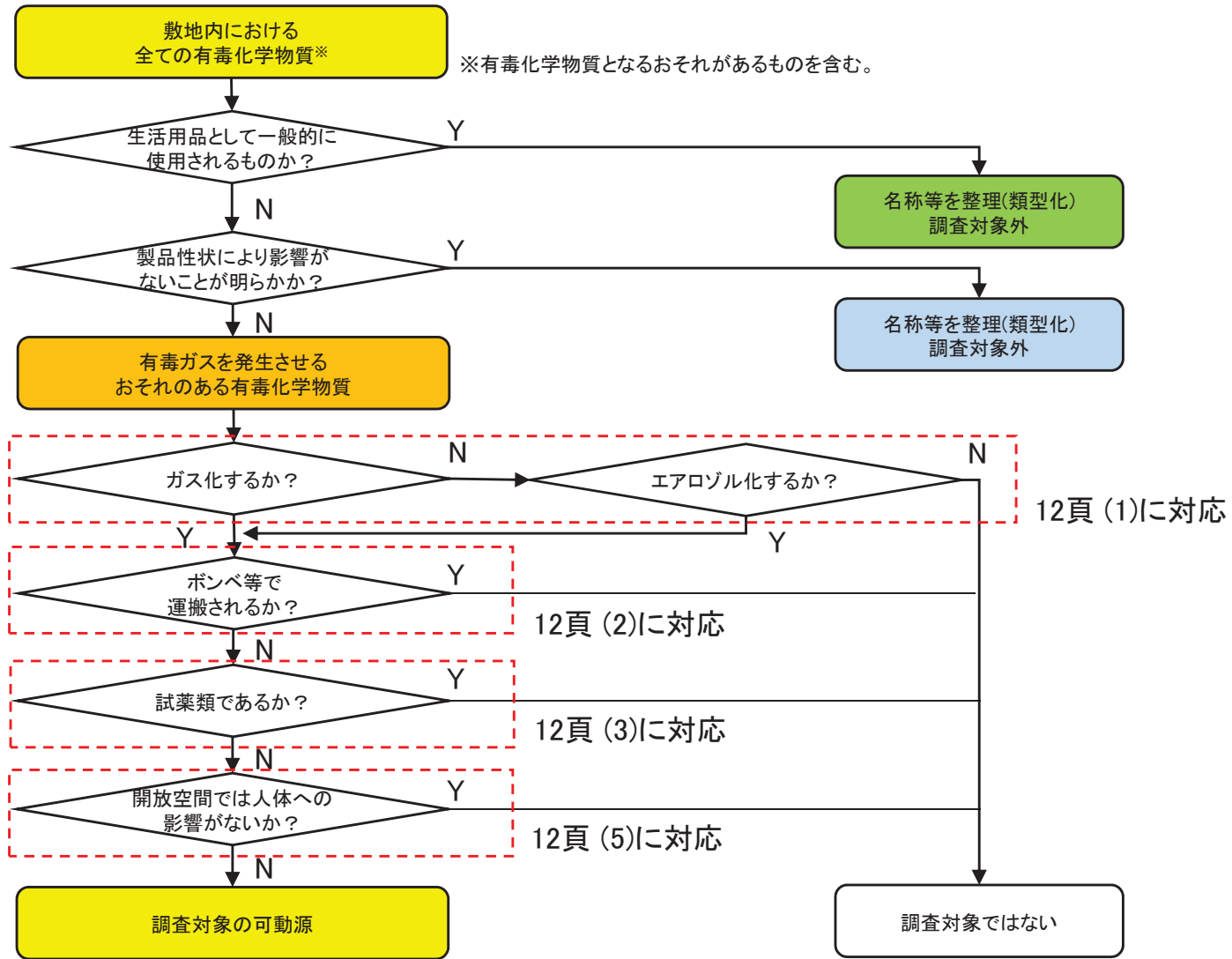


図6 可動源の特定フロー

(詳細は、資料1-2 3.1を参照)

4. 評価に当たって行う事項（固定源及び可動源の調査）⑧

➤ 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、女川原子力発電所において調査対象として特定されたのは、敷地外固定源(アンモニア)である。(表2, 図7)

表2 調査対象とする固定源及び可動源の特定結果

	有毒化学物質	薬品濃度 (%)	合計貯蔵量 (kg)	貯蔵方法	堰	その他※1
敷地内固定源	対象なし	—	—	—	—	—
敷地外固定源	アンモニア①	—※2	1500	容器※3	—※2	—※2
	アンモニア②	—※2	1500	容器※3	—※2	—※2
	アンモニア③	—※2	200	容器※3	—※2	—※2
	アンモニア④	—※2	200	容器※3	—※2	—※2

※1 電源、人的操作等を必要とせず、有毒ガス発生抑制等の効果が見込める設備（例えば、堰内のフロート等）

※2 届出情報の開示請求を行ったが情報が得られなかったため“—”と記載

※3 高圧ガス保安法に基づく容器

	有毒化学物質	薬品濃度 (%)	最大輸送量 (kg)	荷姿
可動源	対象なし	—	—	—



図7 特定された敷地外固定源 (アンモニア)

(詳細は、資料1-2 3.1を参照)

柏崎刈羽と同じ考え方

➤ 有毒ガス防護判断基準値の設定

女川原子力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であるアンモニアに対し、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。設定した防護判断基準値を表3に示す。

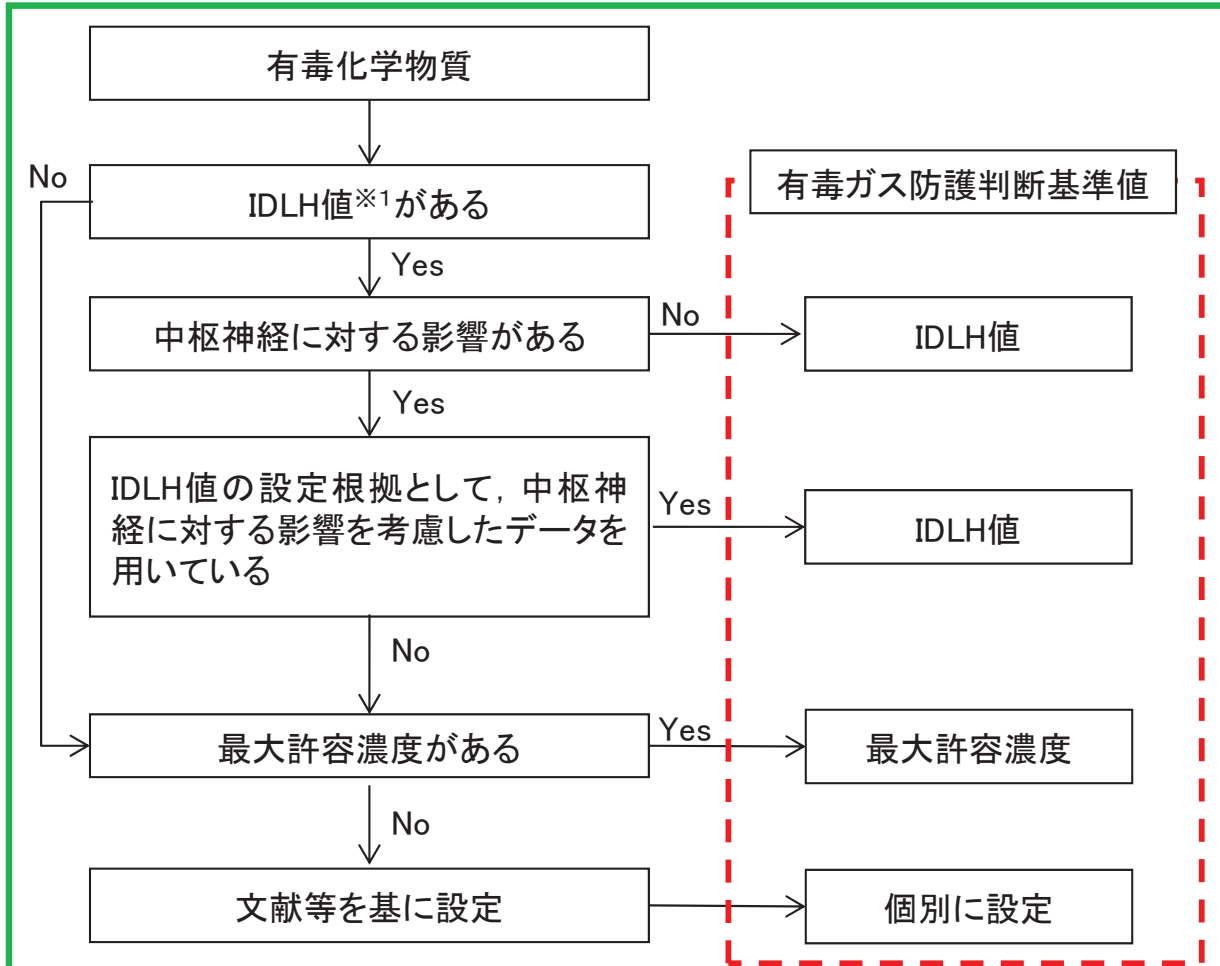


図8 有毒ガス防護判断基準値設定の考え方

(ガイド3.2のとおり)

表3 有毒ガス防護判断基準値

有毒化学物質	有毒ガス防護判断基準値	設定根拠
アンモニア	300ppm	IDLH値

※1 米国国立労働安全衛生研究所(NIOSH)で定められる急性の毒性限度(人が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及ぼす、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、資料1-2 3.2を参照)

5. スクリーニング評価①

➤ スクリーニング評価対象の整理

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4)に基づき、表5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。

なお、女川原子力発電所には、スクリーニング評価対象となる敷地内固定源は存在しないことから、重要操作地点に対する評価は実施していない。

表4 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5 スクリーニング評価対象の整理

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	対象なし	評価実施	対象なし
緊急時対策所	対象なし	評価実施	対象なし
重要操作地点	対象なし	評価不要	評価不要

(ガイド4. への対応)

(詳細は、資料1-2 4.を参照)

5. スクリーニング評価②

➤ スクリーニング評価方法(固定源)

特定した固定源の有毒化学物質に対しスクリーニング評価を実施する。主な評価上の想定は以下のとおり。
固定源を対象としたスクリーニング評価のイメージを図9に示す。

○ 評価方法

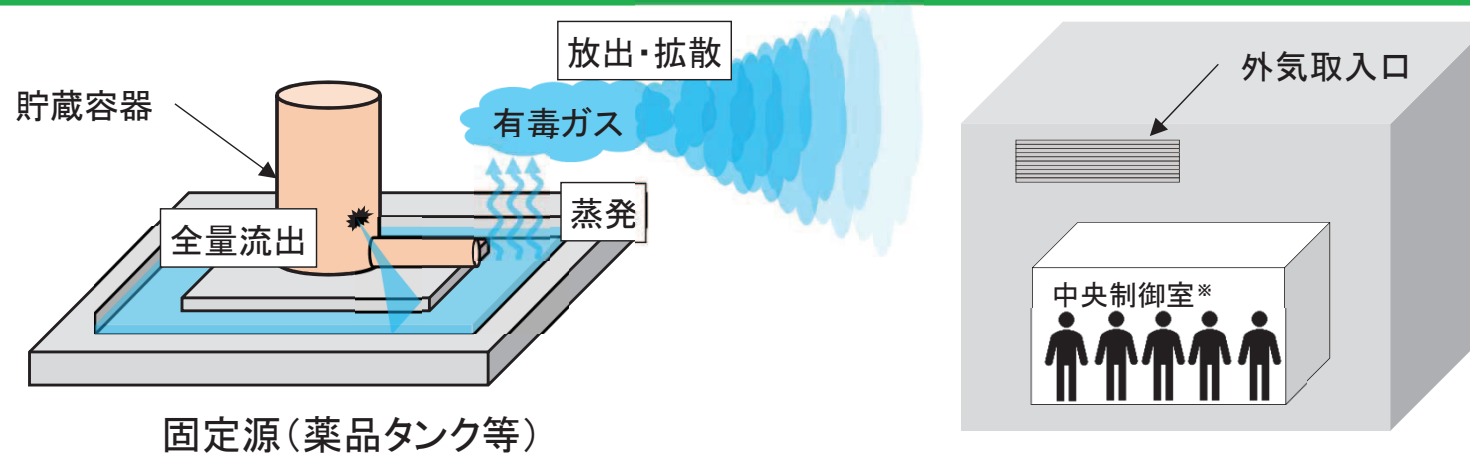
- 同時に全ての貯蔵容器が損傷し、貯蔵された有毒化学物質の全量流出により発生する有毒ガスの放出を想定。
- 固定源ごとに、有毒化学物質の性状及び保管状態から放出形態を想定し、有毒ガスの単位時間当たりの大気中への放出量及びその継続時間を評価し、放出された有毒ガスが評価点まで拡散するものとして濃度を評価する。

(ガイド4.2, 4.3のとおり)

○ 評価上の考慮事項

- 大気拡散評価モデルは、地形等の影響を受けず遠方での濃度影響を評価することができ、実気象を用いて、短時間放出の拡散を評価できることから、被ばく評価における放射性物質の大気拡散評価で使用しているものと同様の「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」の大気拡散の評価式(ガウスプルームモデル)とし、放出源から評価点までの相対濃度を評価する。評価点における濃度は、年間毎時刻での外気濃度の累積出現頻度が、小さい方から累積して97%に当たるものを値として採用する。
- 評価点から見て、評価点と固定源とを結んだ直線が含まれる風上側の1方位及びその隣接方位に固定源が複数ある場合、個々の固定源からの中心軸上の濃度の計算結果を合算する。
- 空気中に複数種類の有毒ガスがある場合、各有毒ガスの濃度の、それぞれの有毒ガス防護判断基準値に対する割合の和を算出する。

(ガイド3.2, 4.4.2, 4.4.3への対応)



※ 緊急時対策所も同様に評価

図9 スクリーニング評価のイメージ(固定源)

(詳細は、資料1-2 4.2, 4.3, 4.4を参照)

➤ スクリーニング評価結果

図10のように、隣接方位を含めた有毒ガス濃度の合算値が最大となる方位であっても、評価点におけるアンモニア濃度がアンモニアの有毒ガス防護判断基準値(300ppm)を超えないことから、運転員等の対処能力が著しく損なわれることがないことを確認した。スクリーニング評価の結果を表6に示す。

➤ 対象発生源の特定

スクリーニング評価の結果、女川原子力発電所2号炉に対しては、運転・対処要員の対処能力が著しく損なわれるおそれのある有毒ガスの対象発生源はないことを確認した。

したがって、ガイド「5. 有毒ガス影響評価(防護措置等を考慮して実施)」は実施していない。

表6 スクリーニング評価結果

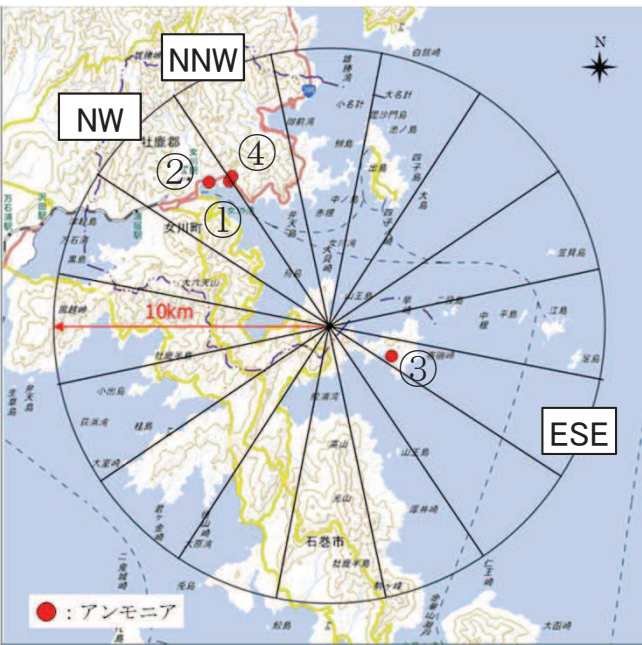


図10 評価点から発生源を見た方位

評価点	評価点から発生源を見た方位	敷地外固定源	評価点における有毒ガス濃度 (ppm)		隣接方位を含めた有毒ガス濃度の合計 (ppm)	有毒ガス防護判断基準値 (ppm)	評価
中央制御室	NW	アンモニア①	1.1×10^1	2.1×10^1 ※1	2.2×10^1	300	影響なし
		アンモニア②	9.6×10^0				
	NNW	アンモニア④	3.3×10^{-1}				
	ESE	アンモニア③	2.2×10^{-1}				
緊急時対策所	NW	アンモニア②	1.1×10^1	1.5×10^1	300	影響なし	
	NNW	アンモニア①	2.8×10^0				3.2×10^0 ※2
		アンモニア④	3.6×10^{-1}				
	ESE	アンモニア③	1.2×10^{-1}	1.2×10^{-1}	300	影響なし	

※1 アンモニア①, ②を合算し, 方位NWの値として切り上げ処理
 ※2 アンモニア①, ④を合算し, 方位NNWの値として切り上げ処理

 : 影響が最大となる方位

(詳細は、資料1-2 4.4, 4.5を参照)

6. 有毒ガス防護に対する妥当性の判断①

➤ 予期せぬ有毒ガス発生に対する対応

スクリーニング評価の結果より、女川原子力発電所2号炉に対しては対象発生源がないことから、予期せず発生する有毒ガスに関する対策として以下を実施する。なお、本対策の実施においては、特定の発生地点は想定していない。

○ 防護具等の配備等

- 予期せぬ有毒ガス※の発生に対して、自給式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、自給式呼吸器を装着する手順及び体制を整備する。
※ 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できなかった場合に発生する有毒ガス等

○ 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整備として、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、既存のもの(設置許可基準規則第三十五条及び第六十二条)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。

6. 有毒ガス防護に対する妥当性の判断②

➤ バックアップの供給体制の整備

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の供給体制を図11に、バックアップの供給イメージを図12に示す。

- 予期せず有毒ガスが発生した場合、連絡責任者は、高圧ガス事業者に酸素ポンベの運搬を依頼する。
- 連絡を受けた高圧ガス事業者は、発電所正門等まで酸素ポンベを運搬し、発電所員との受け渡しを行う。
- 発電所員は、受け取った酸素ポンベを運搬し、運転員及び発電所対策本部要員(初動要員)に引き渡す。

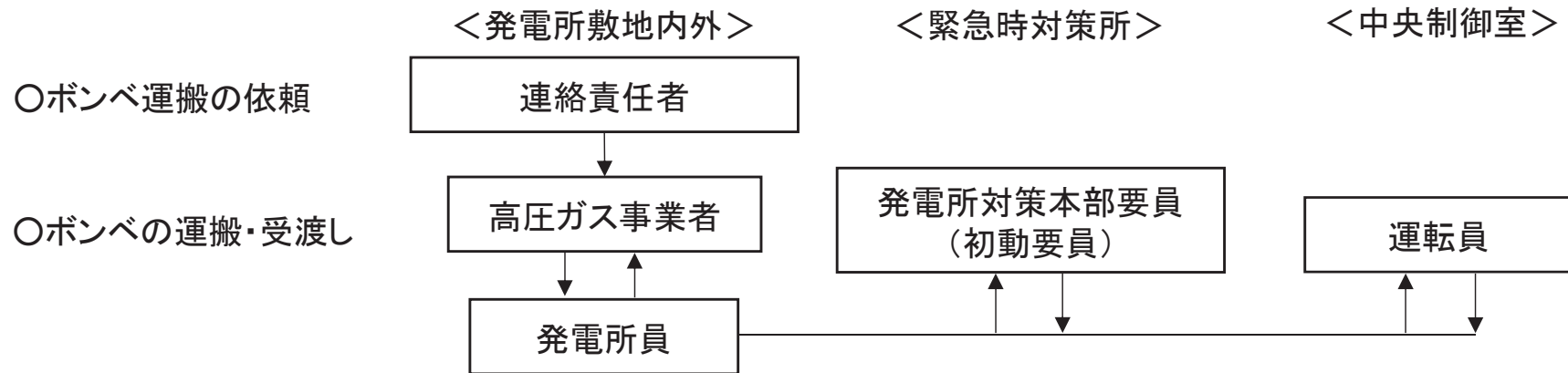


図11 発電所敷地外からの酸素ポンベの供給体制

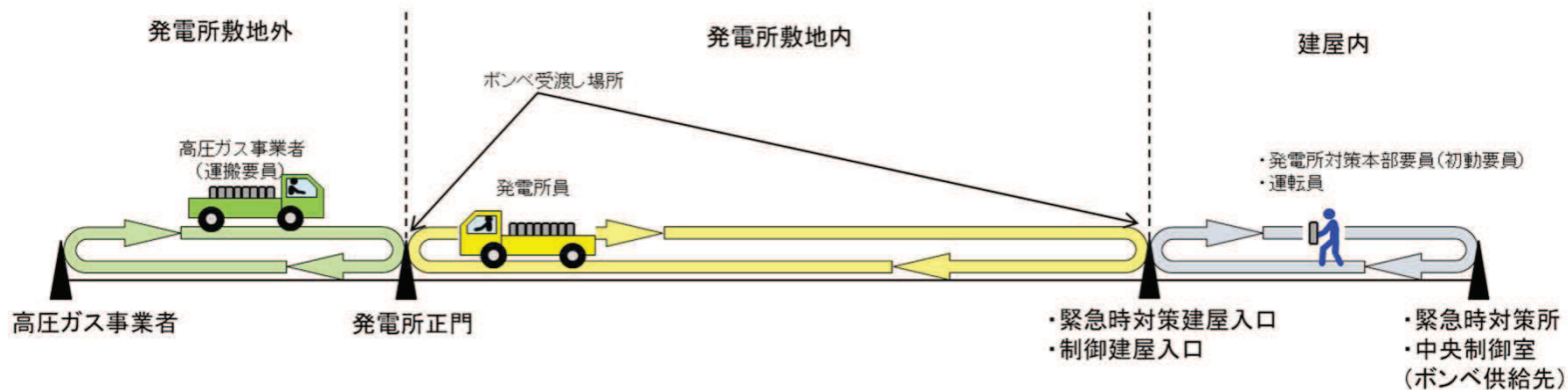


図12 バックアップの供給イメージ

(詳細は、資料1-2 5.2を参照)

➤ スクリーニング評価の結果

- 調査対象の抽出フローに基づき特定した敷地外固定源(アンモニア)を対象に、防護措置を考慮しない濃度評価(スクリーニング評価)を実施した。
- 評価の結果、特定された敷地外固定源(アンモニア)について、有毒ガス防護判断基準値を超えるものはなく、防護措置がなくとも、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。

➤ 有毒ガス防護に係る対策

- スクリーニング評価の結果から、特定された敷地外固定源(アンモニア)に対して、対象発生源がある場合の対策は不要であることを確認した。
- 予期せぬ有毒ガスの発生に対しては、自給式呼吸器・酸素ポンペを配備し、通信連絡体制及び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, 設備用ボンベ, 分析用ボンベ, 冷凍機, 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なもの】(類型化)

- 潤滑油, 絶縁油, バッテリー, 放射性固体廃棄物(セメント固化体, 充てん固化体), 自給式呼吸器, 設備・機器類に貯蔵されている窒息性ガス

【生活用品として一般的に使用されるもの】(類型化)

- 洗剤, エアコンの冷媒, 殺虫剤, 自動販売機, 調味料, 車, 電池, 消毒薬, 消火器, 飲料, 融雪剤, スプレー缶, 作業用品

➤ 固定源及び可動源の定義

● 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)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抜粋)

(詳細は, 資料1-2 別紙4-1を参照)

【参考】有毒化学物質の分類イメージ②

➤ 敷地内の有毒化学物質として、敷地内固定源の代表例を以下に示す。

	分類	有毒化学物質	保管場所	貯蔵施設	貯蔵量
敷地内における全ての有毒化学物質※	タンク類	硫酸	屋外	硫酸貯槽	7.5m ³
		水酸化ナトリウム	2号炉タービン建屋	苛性ソーダ計量槽	1.3m ³
		軽油	軽油タンク室	2号炉軽油タンク(A)	330kL
	ボンベ類	ハロン1301	2号炉原子炉建屋	ガスボンベ	75kg/本 × 17本
		プロパン	焼却炉建屋付属棟	バルク貯槽	2846kg × 1基
		アセチレン	ガスボンベ庫(化学分析用)	ガスボンベ	7kg × 1本
	機器【冷媒】	HCFC-22	2号炉タービン建屋	排ガス乾燥器冷凍機(A)	8kg
		R-407C	1号炉原子炉建屋	ドライウェル除湿用水冷チラー	17kg
	機器【遮断器】	六フッ化硫黄	1・2号炉開閉所	遮断器	6468kg
	試薬類	塩酸	1号炉制御建屋	ガラス瓶	500ml/本 × 2本
		水酸化ナトリウム	1号炉制御建屋	ポリ瓶	500g/本 × 7本
		硝酸	1号炉制御建屋	ガラス瓶	500ml/本 × 2本
	製品性状により影響がないことが明らかなもの	潤滑油	各機器, 第一油脂倉庫等	機器	—
		バッテリー(硫酸)	各機器	容器	—
	生活用品として一般的に使用されるもの	洗剤等	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、資料1-2 別紙4-7-1を参照)

➤ 「ガス化」の検討

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。

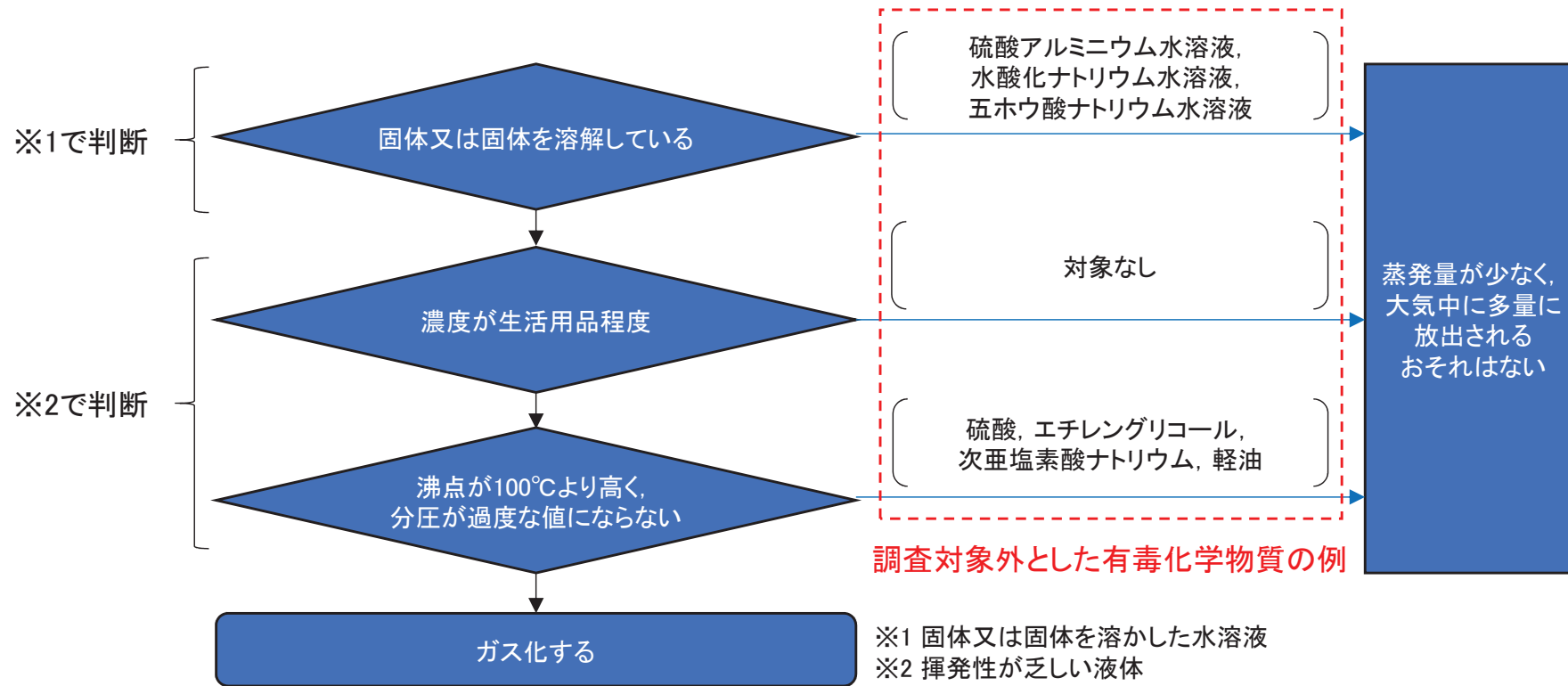


図13 固体あるいは揮発性が乏しい液体の判断フロー

➤ 「エアロゾル化」の検討

抽出され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。

女川原子力発電所には、該当する有毒化学物質の貯蔵施設がないことを確認している。

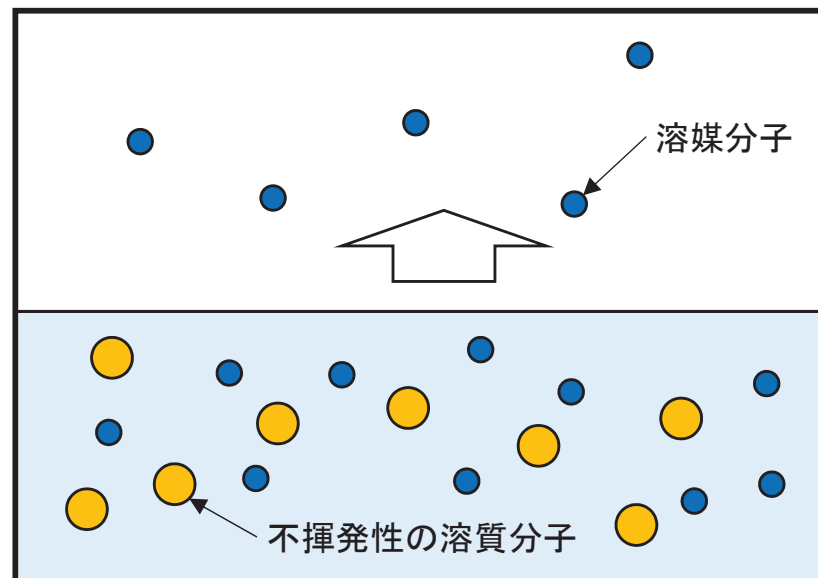


図14 不揮発性物質のイメージ

➤ 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、高圧ガス保安法に基づく耐圧試験、気密試験等に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のイメージを図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。

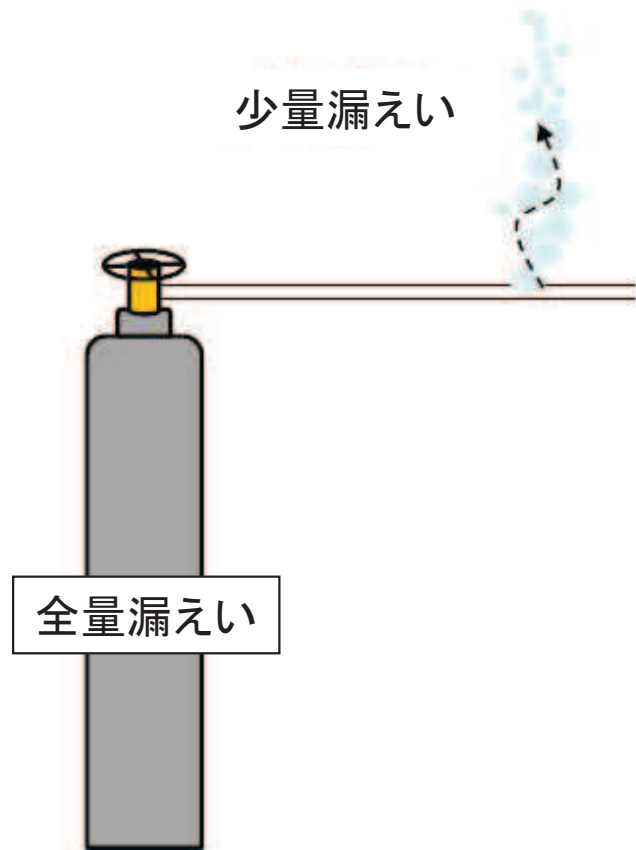


表7 調査対象外とした有毒化学物質(例)

有毒化学物質	保管場所
ハロン1301	2号炉原子炉建屋 等
プロパン	焼却炉建屋付属棟
二酸化炭素	2号炉ガスボンベ庫 等
アセチレン	ガスボンベ庫(化学分析用) 等
六フッ化硫黄	構内変圧器室 等

図15 ボンベ配管からの漏えい

(詳細は、資料1-2 別紙4-3, 4-4を参照)

➤ ボンベ等に保管された有毒化学物質②

■ ガスボンベ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、ボンベ本体が損傷している事例はない。(図16)

さらに、図17に示すように、発電所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、ボンベ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

(引用)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

2号炉制御建屋



ガスボンベ庫(化学分析用)



図17 発電所におけるボンベの設置状況

➤ ボンベ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に示すプロパンのバルク貯槽を例に、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、バルク貯槽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、液体・気体配管の長さの約9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。

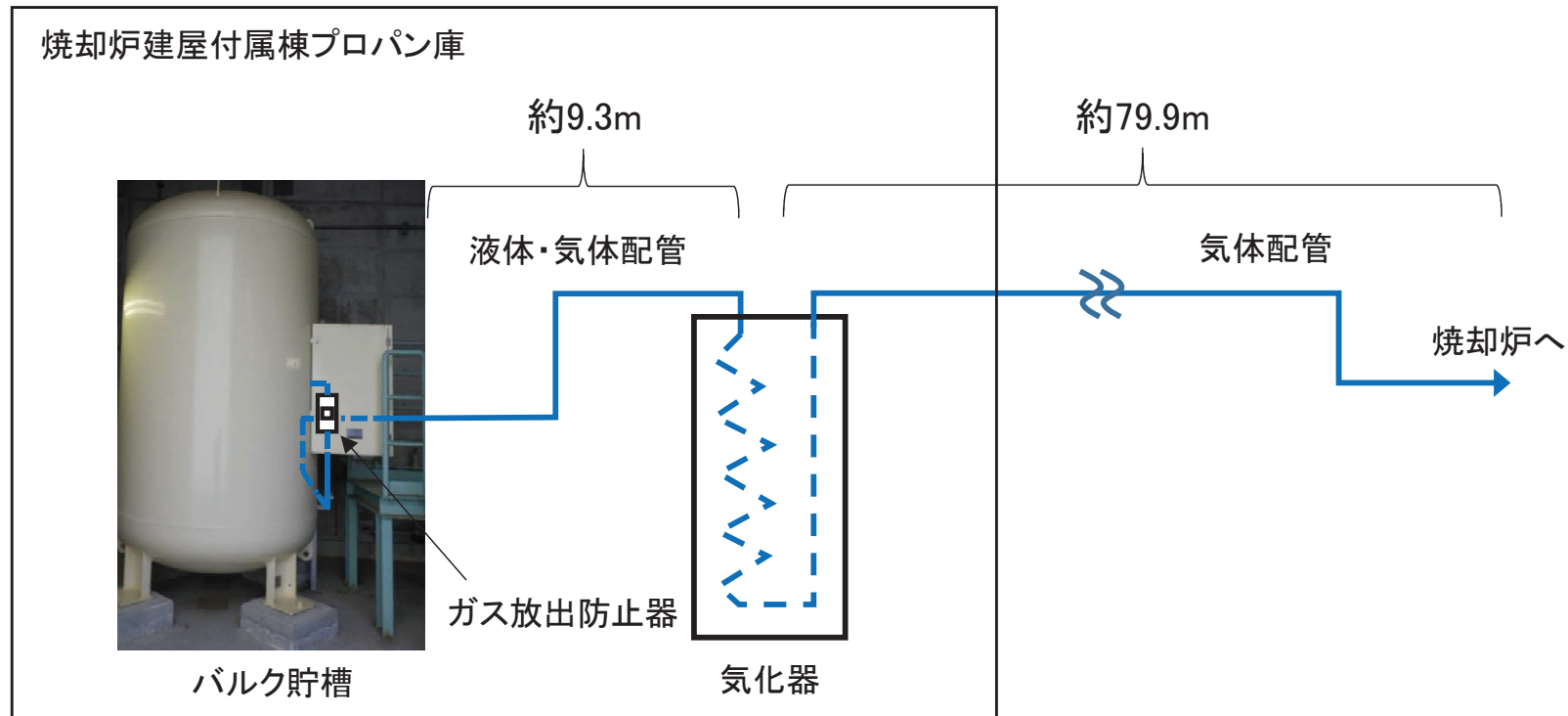


図18 廃棄物焼却設備のプロパンガス概略系統図

(詳細は、資料1-2 別紙4-3を参照)

➤ ボンベ等に保管された有毒化学物質④

■ 漏えい時の放出率の評価結果(気体放出の影響)

バルク貯槽からの放出率は約 $3.4 \times 10^{-3} \text{kg/s}$ であり、評価対象の敷地外固定源(アンモニア)の放出率と比較して1/122以下である。更に、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、評価結果を表9に示す。

【評価式】(気体放出)

- 流速が音速未満 ($p_0/p > \gamma_c$) の場合

$$q_G = c a \sqrt{\frac{2M}{ZRT} \frac{\gamma}{\gamma-1} \left\{ \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right\}} \quad \text{ただし, } \gamma_c = \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

- 流速が音速以上 ($p_0/p \leq \gamma_c$) の場合

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

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(m²)

p : 容器内圧力(Pa)

p_0 : 大気圧力(=0.101MPa=0.101 × 10⁶Pa)

M : 気体のモル重量(kg/mol)

T : 容器内温度(K)

γ : 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 放出率の評価条件(気体放出)

パラメータ	設定値	備考
流出孔面積(m ²)	2.2×10 ⁻⁵	配管断面積の1/100(少量漏えい)
配管内温度(°C)	25	標準環境温度
配管内圧力(MPa)	0.13	設計圧力+大気圧
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 放出率の評価結果(気体放出)

	バルク貯槽	(参考)アンモニア (敷地外固定源)
放出率(kg/s)	<u>3.4×10⁻³</u>	4.2×10 ⁻¹
防護判断基準値(ppm)	23,500	300

(詳細は、資料1-2 別紙4-3を参照)

➤ ボンベ等に保管された有毒化学物質⑤

■ 漏えい時の放出率の評価結果(液体放出)

液体放出するとして評価した場合のプロパンの放出率は約 $1.5 \times 10^{-1} \text{kg/s}$ であり、評価対象の敷地外固定源(アンモニア)の1/3以下であり、防護判断基準値が78倍以上であることから影響は小さい。

なお、バルク貯槽にはガス放出防止器が設置されており、液体・気体配管からの多量流出は想定されない。放出率の評価条件を表10に、評価結果を表11に示す。

【評価式】(液体放出)

$$q_L = c_a a \sqrt{2gh + \frac{2(p - p_0)}{\rho_L}}$$

$$q_G = q_L f \rho_L$$

- q_L : 液体流出率 (m^3/s)
- c_a : 流出係数
- a : 流出孔面積 (m^2)
- p : 容器内圧力 (Pa)
- p_0 : 大気圧力 ($=0.101\text{MPa}=0.101 \times 10^6\text{Pa}$)
- ρ_L : 液密度 (kg/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 (kg/s)
- f : フラッシュ率

表10 放出率の評価条件(液体放出)

パラメータ	設定値	備考
流出係数	1	保守的に1と設定した
流出孔面積 (m^2)	3.6×10^{-6}	配管断面積の1/100(少量漏えい)
配管内圧力 (MPa)	1.9	設計圧力+大気圧
液密度 (kg/m^3)	492.8	日本LPガス協会HP
液位 (m)	0	液面と流出孔の高さの差
フラッシュ率	1	全量気化する

表11 放出率の評価結果(液体放出)

	バルク貯槽	(参考)アンモニア (敷地外固定源)
放出率 (kg/s)	1.5×10^{-1}	4.2×10^{-1}
防護判断基準値 (ppm)	23,500	300

(詳細は、資料1-2 別紙4-3を参照)

➤ 屋内に保管された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、大気への放出経路も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。

なお、女川原子力発電所には、建屋内保管を理由に調査対象外とした有毒化学物質はない。(表12)

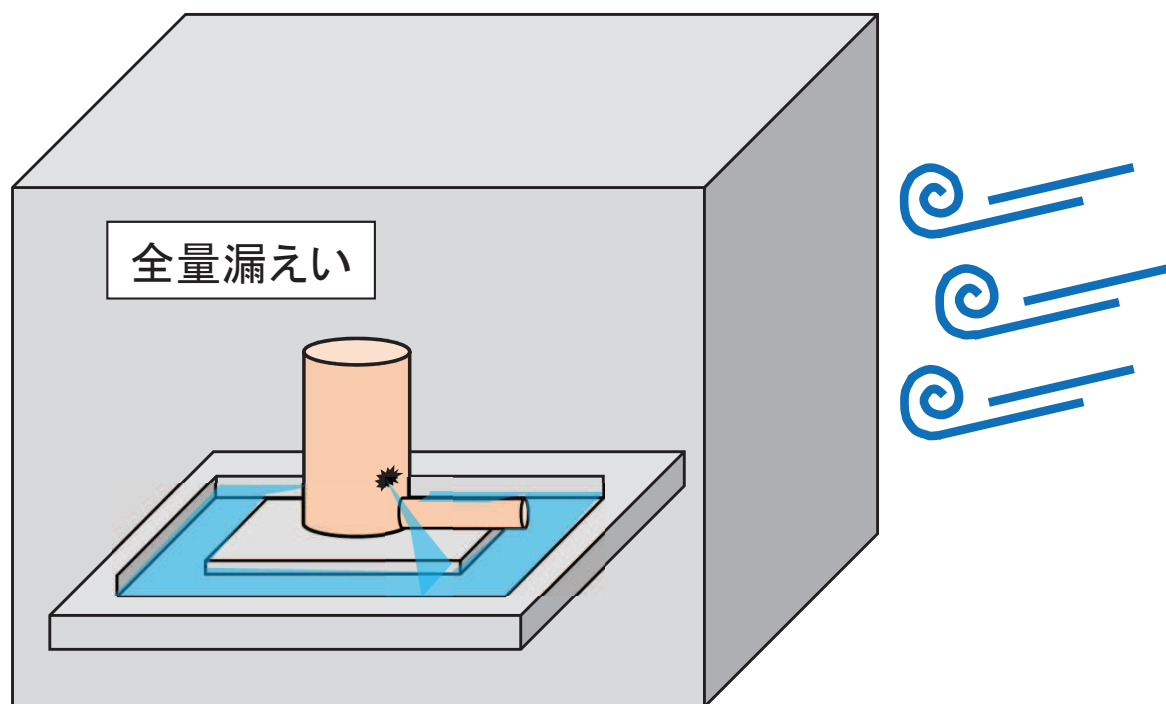


表12 調査対象外とした有毒化学物質

有毒化学物質	保管場所
なし	

図19 建屋内保管タンクイメージ

➤ 屋内に保管された薬品タンクについて②

■ 建屋内風速

建屋内タンクの保管場所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、測定結果を表13に示す。

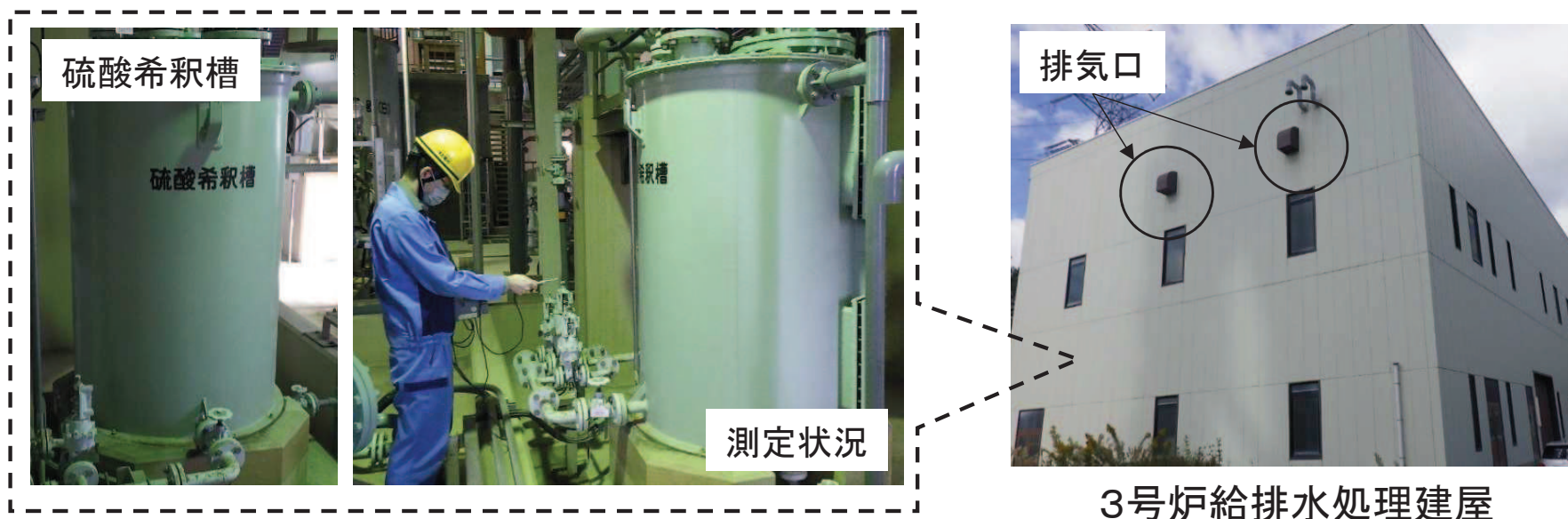


図20 建屋内風速の測定状況

表13 建屋内風速の測定結果

薬品タンク	建屋	風速(m/s) ^{※1}	(参考)年間平均風速 ^{※2}
硫酸希釈槽	3号炉給排水処理建屋	0.14	1.87

※1 測定器の検出下限値は0.01m/sである。測定は複数点行い、風速の算定に当たっては平均値を算出

※2 年間平均風速は、地上風を代表する観測点(標高70m)における観測風速の年間平均を示す。

➤ 屋内に保管された薬品タンクについて③

■ 建屋内温度

薬品タンク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、定期的に温度測定を実施している固体廃棄物貯蔵所のデータを調査した。

建屋内温度の測定状況を図21に、測定結果を表14に示す。

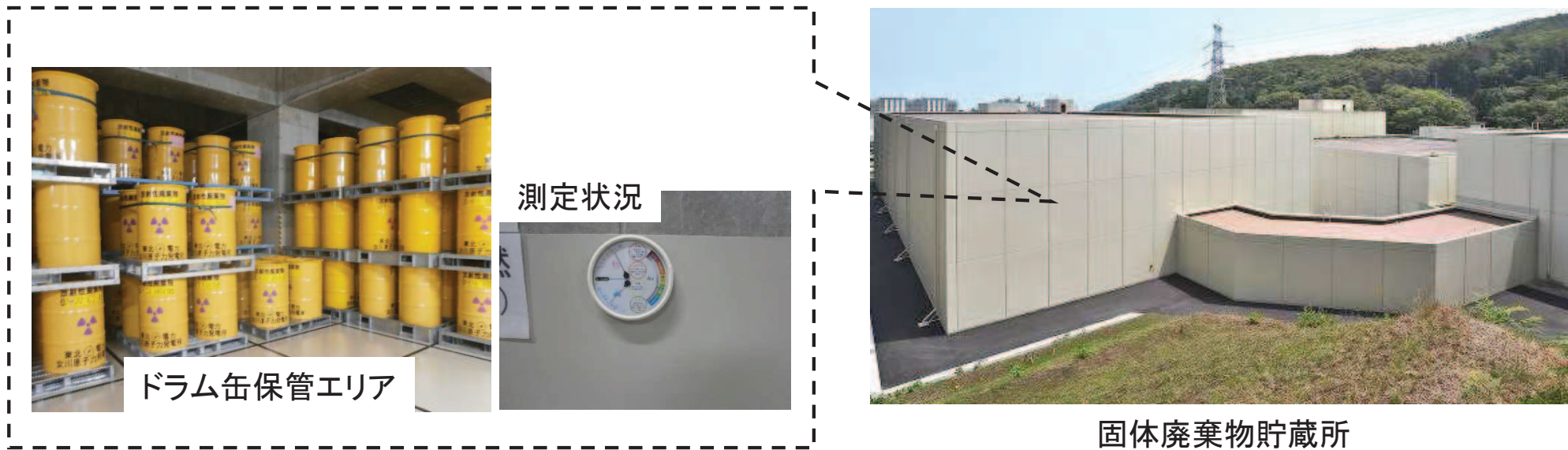


図21 建屋内温度の測定状況

表14 夏場(7~8月)における建屋内温度測定結果

	固体廃棄物貯蔵所※1	(参考)外気温※2
温度	26.8°C	24.8°C

※1 巡視点検における採取記録。夏場における平均温度

※2 敷地内露場における観測温度。巡視点検と同日(日中)における外気の平均気温

(詳細は、資料1-2 別紙4-5を参照)

➤ 屋内に保管された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

$$E = A \times K_M \times \left(\frac{M_W \times P_v}{R \times T} \right)$$

・物質移動係数 K_M

$$K_M = 0.0048 \times U^{\frac{7}{9}} \times Z^{-\frac{1}{9}} \times S_C^{-\frac{2}{3}}$$

$$S_C = \frac{\nu}{D_M}$$

$$D_M = D_{H_2O} \times \sqrt{\frac{M_{W_{H_2O}}}{M_{W_m}}}$$

$$D_{H_2O} = D_0 \times \left(\frac{T}{273.15} \right)^{1.75}$$

・補正蒸発率 E_c

$$E_c = - \left(\frac{P_a}{P_v} \right) \ln \left(1 - \frac{P_v}{P_a} \right) \times E$$

E	: 蒸発率 (kg/s)
E_c	: 補正蒸発率 (kg/s)
A	: 堰面積 (m ²)
K_M	: 化学物質の物質移動係数 (m/s)
M_W	: 化学物質の分子量 (kg/kmol)
P_a	: 大気圧 (Pa)
P_v	: 化学物質の分圧 (Pa)
R	: ガス定数 (J/mol・K)
T	: 温度 (K)
U	: 風速 (m/s)
Z	: 堰直径 (m)
S_C	: 化学物質のシュミット数
ν	: 動粘性係数 (m ² /s)
D_M	: 化学物質の分子拡散係数 (m ² /s)
D_{H_2O}	: 温度 T (K), 圧力 P_v (Pa)における水の分子拡散係数 (m ² /s)
$M_{W_{H_2O}}$: 化学物質の分子量 (kg/kmol)
M_{W_m}	: 化学物質の分子量 (kg/kmol)
D_0	: 水の拡散係数 (= 2.2×10^{-5} m ² /s)

(詳細は、資料1-2 別紙4-5を参照)

➤ 屋内に保管された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 $U^{\frac{7}{9}}$ に比例する。

屋内風速 0.14m/s の場合、 $U^{\frac{7}{9}}=0.22$ 、屋外風速 1.84m/s の場合、 $U^{\frac{7}{9}}=1.63$ であることから、建屋内の蒸発率は、屋外に対して1/7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 ν 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。

建屋内温度 26.8°C の場合、 $T^{\frac{1}{6}} \times e^{0.056(T-273.15)}=11.6$ 、外気温 24.8°C の場合 $T^{\frac{1}{6}} \times e^{0.056(T-273.15)}=10.4$ であることから、気温が高い夏場でも、建屋内の蒸発率は屋外に対して約1.12倍であり、建屋内温度が蒸発率に及ぼす影響は建屋内風速と比較して小さい。



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、建屋内で発生した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。

➤ 屋内に保管された薬品タンクについて⑥

■ 建屋内の拡散効果

薬品タンク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。一方、固定源として抽出される建屋内のタンクは数が限定される。

そのため、図22のフローに基づき、建屋内における薬品タンクの保管状況に応じ、漏えい時の影響を評価した。

なお、建屋内のタンク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。

※建屋内の蒸発率は、屋外に対して1/7以下

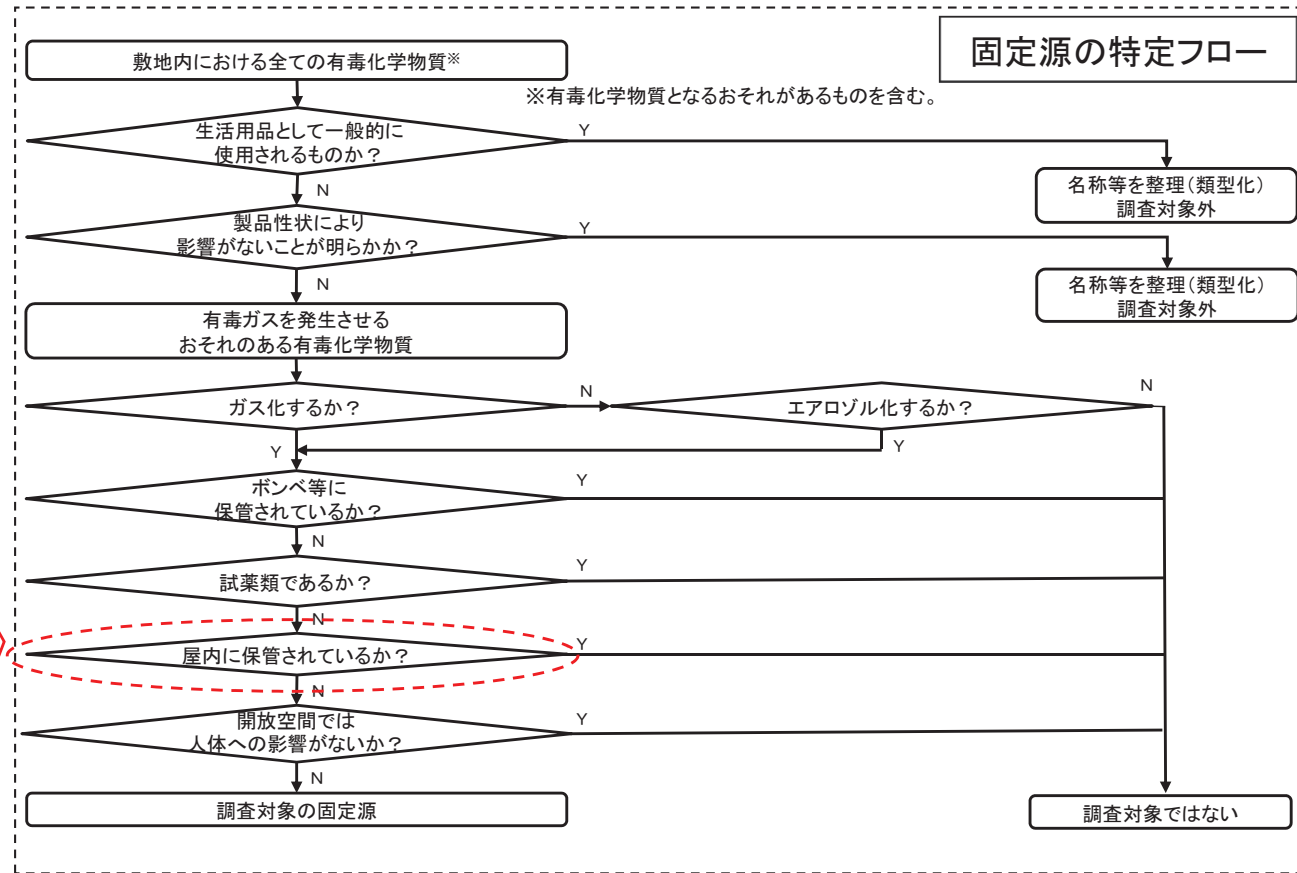
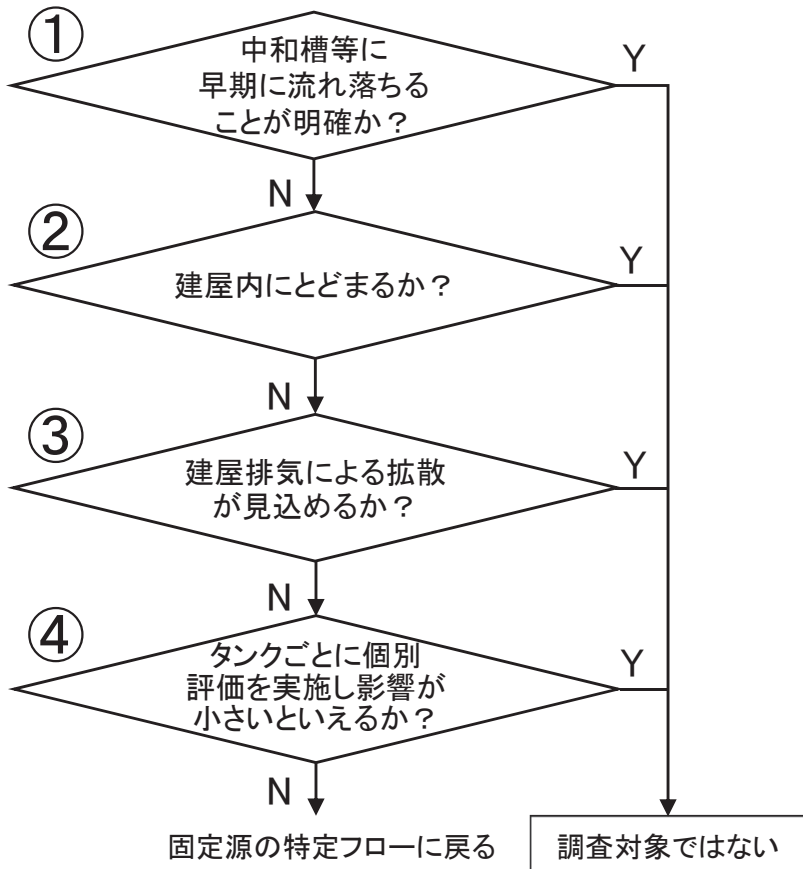


図22 建屋内タンク特定フロー

(詳細は、資料1-2 別紙4-5を参照)

➤ 開放空間では人体への影響がない物質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、

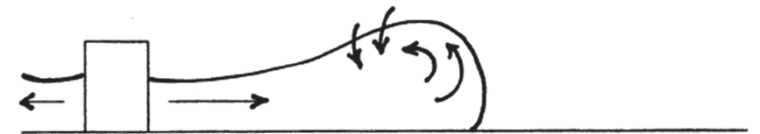
- (a) 拡散するガスの前面で鉛直方向に空気を巻き込みながら水平方向に進行
- (b) 水平方向(地表付近)に非常に安定な成層を形成
- (c) 時間の経過に伴い、周囲からの入熱、風等の影響で鉛直方向にも拡散

することが一般論として示されている。(図23参照)

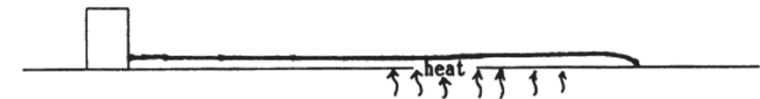
放出点からある程度距離が離れた地点において、最も漏えいガスが高濃度となるのは、(b)の漏えいから暫く時間が経過した段階における、地表付近に非常に安定な成層を形成した状態と考えられる。

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.



(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(1992))

(詳細は、資料1-2 別紙4-6を参照)

➤ 開放空間では人体への影響がない物質②

■ 六フッ化硫黄漏えい時の影響評価

○評価条件

- 1, 2号炉開閉所に設置されている機器に内包された六フッ化硫黄(約6468kg)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1083m³)

○気体の状態方程式

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

(評価条件)

- | | |
|-----------------|----------------------------------|
| 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 (6468kg) | T : 温度 (=25°C) |

- 保守的に六フッ化硫黄が評価点までの距離(約172m)の範囲内で広がり, 成層を形成した場合を想定
- 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0.78%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1.2cmであるため, 対処要員に対して影響はない。

なお, 実際には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ることから, 対処要員への影響はさらに小さくなると考えられる。六フッ化硫黄と評価地点の関係を図24に示す。

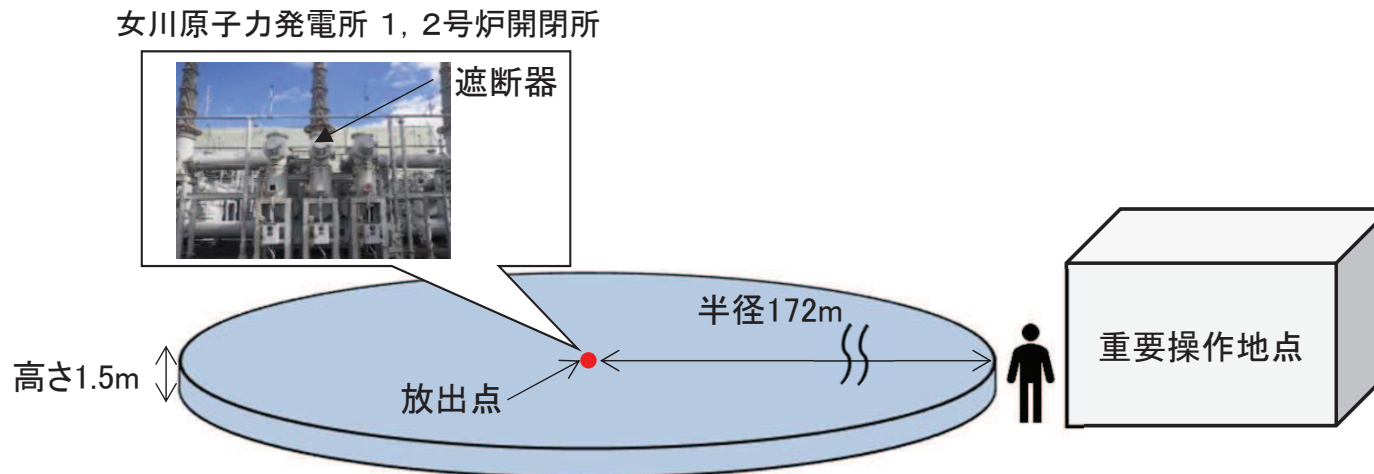


図24 六フッ化硫黄と評価地点の関係

(詳細は, 資料1-2 別紙4-6を参照)

【参考】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①

- 技術的能力審査指針への適合性については以下のとおり。なお、今回の申請にあたり、添付書類五については、令和3年10月時点における最新の状況を踏まえた記載に更新している。

項目	関連する審査指針	適合性	既許可からの主な変更点
組織	指針1 設計及び工事のための組織	<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は、設計方針の策定を本店の原子力部が実施し、現地における具体的な設計及び工事の業務は女川原子力発電所が実施する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発電所における女川原子力発電所1号炉の廃止措置に係る業務を行う廃止措置管理グループの設置等の組織整備を反映している。 本店における人財育成に係るグループの組織名称変更及び一部組織の統廃合の組織整備を反映している。
	指針5 運転及び保守のための組織	<ul style="list-style-type: none"> 本変更に係る運転及び保守の業務については、運転管理及び施設管理に関する基本的な方針を本店の原子力部にて定め、現地における具体的な運転及び保守の業務は女川原子力発電所が実施する。 	
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。 今後とも設計及び運転等を適切に行い、採用を通じ技術者を確保し、必要な教育及び訓練を行い継続的に育成し、必要な技術者及び有資格者を配置する。 	<ul style="list-style-type: none"> 令和元年7月時点における技術者数及び有資格者数の記載から、最新の状況として令和3年10月時点の技術者数及び有資格者数の記載に更新している。
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31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諸施設へ多数派遣し、技術的能力の蓄積に努めてきた。 昭和59年6月に女川原子力発電所1号炉の営業運転を開始以来、計4基の原子力発電所において、約37年に及ぶ運転を行っており、十分な経験を有している。 	<ul style="list-style-type: none"> 令和2年3月の女川原子力発電所1号炉の廃止措置を踏まえた状況に更新している。

➤ 技術的能力審査指針への適合性については以下のとおり。なお、今回の申請にあたり、添付書類五については、令和3年10月時点における最新の状況を踏まえた記載に更新している。

項目	関連する審査指針	適合性	既許可からの主な変更点
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"> 当社における品質保証活動は、品管規則に従い、健全な安全文化を育成し及び維持するための活動、関係法令及び保安規定の遵守に対する意識の向上を図るための活動を含めた品質マニュアルを定め、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。 	<ul style="list-style-type: none"> 令和2年4月1日の品管規則適用に伴う用語の変更を反映している。
教育・訓練	指針9 技術者に対する教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> 技術者、事務系社員及び協力会社社員に対しては、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となる技能の維持と知識の向上を図るため、計画的、かつ継続的に教育・訓練を実施する。 	<ul style="list-style-type: none"> 重大事故等対策に使用する資機材及び手順書を用いた訓練の実施について、記載を追加している。
有資格者等の選任・配置	指針10 有資格者等の選任・配置	<ul style="list-style-type: none"> 運転に際して必要となる有資格者等については、その職務が適切に遂行できる者の中から選定し、配置している。 	<ul style="list-style-type: none"> 先行プラントの最新の記載との差異として確認された、有資格者等の選任・配置の考え方についての記載を追加している。

【参考】有毒ガス防護に係る女川2号炉における取扱いの経緯

- 女川2号炉においては、有毒ガス防護に係る適合方針について、新規制基準適合性に係る過去の審査会合において説明した経緯がある※¹。
 ※1 第569回審査会合(2018年5月10日)及び第688回審査会合(2019年2月19日)
- その後、2019年7月30日の審査会合において、新規制基準適合性に係る審査と切り離し、審査会合での指摘を踏まえた内容で、別途、設置変更許可申請を行う旨の説明を行った。
- 女川2号炉の有毒ガス防護に係る基準適合性については、過去の審査会合における指摘内容について、これまでの先行炉での審査実績も踏まえた、確認及び評価を行い、2021年12月16日に原子炉設置変更許可申請を行った。

過去の審査会合における指摘事項

指摘事項	今回の申請における取扱い
有毒ガス防護に関する規制要求の考え方を踏まえ、有毒ガス防護に係る影響評価ガイド(以下「ガイド」という。)の各規定を満足するか否かを網羅的に整理した上で、ガイドと相違する場合は、考え方を示し、その妥当性を提示すること。	有毒ガス防護に係る影響評価のプロセス及び方法については、先行炉の審査において、ガイドとの整合性が整理されている。 女川2号炉においても、先行炉の審査実績を踏まえ、貯蔵形態によらず調査対象とする固定源及び可動源の選定を行っていたものを、12頁に示すとおり、貯蔵形態や性状を踏まえて選定を行うプロセスに見直している。(詳細は、資料1-2 別紙1を参照)
固定源及び可動源の調査において調査対象外とする場合には、ガイドにおける考え方を踏まえた上で、その妥当性を提示すること。	ガイドの考え方を踏まえた固定源及び可動源の調査において調査対象外とする場合の考え方については、先行炉の審査において、調査対象外とする5つの観点で整理されている。 女川2号炉においても、先行炉の審査実績を踏まえた同様の整理をしており、12頁に示すとおり、固定源及び可動源の特定フローに基づき、調査対象を特定している。例えば、高圧ガス容器は、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、大気中に多量に放出されるおそれがないことから、ボンベ等の高圧ガス容器に保管された有毒化学物質は、調査対象外に見直している。(詳細は、資料1-2 別紙4-2～4-8を参照)
空気中に数種類の有毒ガスがある場合における有毒ガス防護判断基準値に対する割合の和の評価の考え方について、ガイドにおける考え方を踏まえた上で、その妥当性を提示すること。	空気中に数種類の有毒ガスがある場合は、先行炉の審査において、それらの有毒ガスの濃度の、それぞれの有毒ガス防護判断基準値に対する割合の和が1より小さいことを確認すると整理されている。 女川2号炉においても、先行炉の審査実績を踏まえ、それぞれの有毒ガス防護判断基準値に対する割合の和が1より小さいことを確認するというガイドの3.2項の考え方と整合した評価に見直している。(詳細は、資料1-2 4.4.3を参照)
予期せず発生する有毒ガス対策における発生地点の想定について、考え方を整理して提示すること。	予期せず発生する有毒ガスに関する対策については、先行炉の審査において、発生地点を想定せずに防護対策を実施するという考え方が整理されている。 女川2号炉においても、先行炉の審査実績及び従来の考え方を踏襲し、20頁に示すとおり、発生地点を想定せずに防護対策を実施することとしている。(詳細は、資料1-2 5.2を参照)
有毒ガスの拡散評価について、各評価モデルにおける評価条件の詳細を示した上で、選定した評価モデルの妥当性を提示すること。	有毒ガスの拡散評価に適用する評価モデルについて、先行炉の審査において、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に示されたガウスプルームモデルの適用性が整理されている。 女川2号炉においても、先行炉の審査実績及び従来の考え方を踏襲し、地形等の影響を受けず遠方での濃度影響を評価することができ、実気象を用いて、短時間放出の拡散を評価できることから、18頁に示すとおり、被ばく評価における放射性物質の大気拡散評価で使用しているガウスプルームモデルを有毒ガスの拡散評価に適用している。(詳細は、資料1-2 別紙8-1を参照)