

技術資料 No. 001

原子力発電所の有毒ガス防護に 関する技術資料

2024年6月

一般社団法人

 日本電気協会

原子力規格委員会

安全設計分科会

本書は、原子力プラントにおける有毒ガス防護に係る影響評価の実施に資することを目的とし、「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」（平成 29 年 4 月 原子力規制委員会）を基に、安全審査の実績や審査の過程で得られた知見を集約・補強し、一般社団法人 日本電気協会が技術資料として発刊するものである。

「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」（原子力規制委員会）

(<https://www.nra.go.jp/data/000396180.pdf>) を編集・加工して作成。

制定及び改定の経緯

制 定 2024 年 6 月 4 日

（最新版の情報は(一社)日本電気協会のホームページで確認できます。）

「原子力発電所の有毒ガス防護に関する技術資料」について

原子力発電所の原子炉制御室等の要員が対処する場所は、敷地内外の有毒化学物質から有毒ガスが発生した場合に、その内部や操作地点にとどまり、安全に各種の操作を行えるように要員の居住性に配慮した設計である必要があります。この設計については、「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」（平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定、一部改正令和 4 年 9 月 14 日）において要求事項が、「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」（平成 29 年 4 月 5 日原子力規制委員会決定、一部改正令和 4 年 7 月 19 日）において考え方が示されております。

（一社）日本電気協会原子力規格委員会の下部組織である安全設計分科会の安全設計指針検討会では、原子力発電所の有毒ガス防護に対して、「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」をより具体化し、実際の設計及び評価を実施する上で考慮すべき事項を明確化することを目的に、国内でこれまで実施されてきた評価手法の他、米国 Regulatory Guide, 欧州や IAEA 等の国外基準類も確認し、本資料にとりまとめました。

資料化にあたっては、前述のとおり「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」において考え方は示されているものの、原子力発電所の原子炉制御室等の設計を担当するメーカーにおいて、設計方針の決定を助けるものとして使用される他、電力会社においても、有毒ガス防護の妥当性の確認のために使用されることを目的として、安全審査実績などによる補強を行いました。このため、電気技術規程（JEAC）、電気技術指針（JEAG）とは異なる種類の資料であることから、技術資料として制定することといたしました。

本技術資料の制定にあたって、電力会社、メーカー及び委員の方々に絶大なご助力を賜りました。ここに関係各位に深く感謝する次第であります。

2024 年 6 月

原子力規格委員会
安全設計分科会

免責事項

この技術資料は、審査の公正、中立、透明性を確保することを基本方針とした原子力規格委員会規約に従って、所属業種のバランスに配慮して選出された委員で構成された安全設計分科会にて、専門知識及び関心を有する人々が参加できるように配慮しながら審議され、制定されました。

安全設計分科会は、この技術資料に関する説明責任を有しますが、この技術資料に基づく設備の建設、維持、廃止等の活動に起因する損害に対しては責任を有しません。また、この技術資料に関連して主張される特許権及び著作権等の知的財産権の有効性を判断する責任も、それらの利用によって生じた知的財産権の侵害に係る損害賠償請求に応ずる責任もありません。そうした責任はすべてこの技術資料の利用者にあります。

なお、この技術資料の審議に産業界の関係者が参加していますが、このことはこの技術資料が産業界によって承認されたことを意味するものではありません。

著作権

文書による出版者の事前了解なしに、この技術資料のいかなる形の複写・転載も行っ
てはなりません。

この技術資料の著作権は、すべて一般社団法人日本電気協会に帰属します。

Disclaimer

This technical document was developed and approved by the Subcommittee on Safety Design of JEA in accordance with the Standards Committee Rules, which assure fairness, impartiality and transparency in the process of deliberating on a technical document. The Subcommittee was composed of individuals competent and interested in the subject and elected, maintaining the balance of the organizations to which they belong as specified in the Rules, although any interested person was provided the opportunity to participate in the deliberation.

The Subcommittee on Safety Design of JEA accepts responsibility for interpreting this technical document but does not accept responsibility for detriment caused by any actions based on this technical document during construction, operation or decommissioning of facilities. The Subcommittee on Safety Design does not endorse or approve any item, construction, device or activity based on this technical document. In addition, the Subcommittee on Safety Design neither takes any position with respect to the validity of any intellectual property rights such as patent rights or copyrights asserted in relation to any items mentioned in this document, nor assumes any liability for any infringement of intellectual property rights resulting from the use of this technical document. All such liabilities lie with the user.

Participation by industry-affiliated representative(s) or person(s), is not be interpreted as industry endorsement of this technical document.

Copyright

No part of this document may be reproduced in any form, without the prior written permission of the publisher. Copyright © 2024 Japan Electric Association All Rights Reserved.

本技術資料制定に参加した委員等の氏名(敬称略, 審議当時の所属)

安全設計分科会

| | | | | | |
|------|--------|-----------------|----|--------|--------------------|
| 分科会長 | 高田 孝 | 東京大学 | 委員 | 杉本 純 元 | 京都大学 |
| 幹事 | 沼田 健 | 関西電力(株) | 〃 | 鈴木 徹 | 東京都市大学 |
| 委員 | 青野伸幸 | 四国電力(株) | 〃 | 高橋浩之 | 東京大学 |
| 〃 | 網谷宏和 | 北陸電力(株) | 〃 | 滝井太一 | 日立GEニュークリア・エナジー(株) |
| 〃 | 井口哲夫 | 名古屋大学 | 〃 | 竹内裕行 | 東芝エネルギーシステムズ(株) |
| 〃 | 泉 祐志 | 中部電力(株) | 〃 | 立松明芳 | (一財)電力中央研究所 |
| 〃 | 今井俊一 | 東京電力ホールディングス(株) | 〃 | 寺門 剛 | 日本原子力発電(株) |
| 〃 | 内山康志 | (株)原子力安全システム研究所 | 〃 | 南保光秀 | 北海道電力(株) |
| 〃 | 内海正文 | 三菱重工業(株) | 〃 | 西 義久 | (一財)電力中央研究所 |
| 〃 | 宇根崎博信 | 京都大学 | 〃 | 乗安和宣 | 中国電力(株) |
| 〃 | 大木義路 | 早稲田大学 | 〃 | 萩原 到 | 三菱電機(株) |
| 〃 | 大友恒人 | 東北電力(株) | 〃 | 古田一雄 | 東京大学 |
| 〃 | 小倉信治 | ウツエバルブサービス(株) | 〃 | 丸山久徳 | (株)TVE |
| 〃 | 熊谷征則 | 九州電力(株) | 〃 | 村上健太 | 東京大学 |
| 〃 | 此村 守 元 | 福井大学 | 〃 | 守田幸路 | 九州大学 |
| 〃 | 五福明夫 | 岡山県立大学 | 〃 | 山田尚徳 | 電気事業連合会 |
| 〃 | 定廣大輔 | 富士電機(株) | 〃 | 山野秀将 | (国研)日本原子力研究開発機構 |
| 〃 | 塩田 啓 | 電源開発(株) | 〃 | 吉川 榮和 | 京都大学 |
| 〃 | 洪 鋏賢一 | (株)IHI | | | |

安全設計指針検討会

| | | | | | |
|-------|-------|--------------------|-----|-------|-----------------|
| 主査 | 板東謙一 | 東京電力ホールディングス(株) | | | |
| 副主査 | 山本孝司 | 北海道電力(株) | | | |
| 委員 | 伊藤秀一 | 日立GEニュークリア・エナジー(株) | 委員 | 田澤勇次郎 | 富士電機(株) |
| | 井上美和 | 中部電力(株) | | 田添慎二 | 九州電力(株) |
| | 猪股一正 | 東北電力(株) | | 仁井田啓志 | 四国電力(株) |
| | 大口裕平 | 電源開発(株) | | 平野良太 | 三菱重工業(株) |
| | 大鋸谷将樹 | 関西電力(株) | | 二神敏 | (国研)日本原子力研究開発機構 |
| | 日下純 | 日本原子力発電(株) | | 二見恭介 | 中国電力(株) |
| | 佐藤寿樹 | 東芝エネキーンシステムズ(株) | | 森本英光 | 北陸電力(株) |
| 常時参加者 | 今野眞樹 | 三菱重工業(株) | | | |
| 旧委員 | 泉祐志 | 中部電力(株) | 旧委員 | 佐野智広 | 九州電力(株) |
| | 井原芳樹 | 四国電力(株) | | 瀧川浩主 | 日本原子力発電(株) |
| | 荻野隆史 | 三菱重工業(株) | | 田中晃 | 東北電力(株) |
| | 織田伸吾 | 日立GEニュークリア・エナジー(株) | | 西紋健太 | 四国電力(株) |
| | 片上雄介 | 四国電力(株) | | 早坂克彦 | 日本原子力発電(株) |
| | 鎌田信也 | (一社)原子力安全推進協会 | | 益田真之介 | 東北電力(株) |
| | 神崎直也 | 中国電力(株) | | 山崎智英 | 九州電力(株) |
| | 木村賢之 | 関西電力(株) | | | |

事 務 局((一社)日本電気協会 技術部)

| | | | | | |
|------|------|--------------|------|-------|--------------|
| 事務局 | 奥村智之 | (総括) | 事務局 | 高柳英彰 | (原子力規格委員会担当) |
| " | 浅見康行 | (原子力規格委員会担当) | " | 田邊重忠 | (原子力規格委員会担当) |
| " | 上野誠治 | (原子力規格委員会担当) | " | 中山志敏 | (原子力規格委員会担当) |
| " | 梅津 創 | (原子力規格委員会担当) | " | 原 昭浩 | (原子力規格委員会担当) |
| " | 景浦 潔 | (原子力規格委員会担当) | " | 米津晋太郎 | (原子力規格委員会担当) |
| " | 佐藤英雄 | (原子力規格委員会担当) | | | |
| 旧事務局 | 末光康則 | (原子力規格委員会担当) | 旧事務局 | 平野隆久 | (原子力規格委員会担当) |

目 次

| | |
|----------------------------------|----|
| 1. 目 的 | 1 |
| 2. 適用範囲 | 2 |
| 3. 適用法規・規格 | 4 |
| 4. 用語の定義 | 5 |
| 5. 有毒ガス防護に関わる妥当性確認の流れ | 7 |
| 6. 評価に当たって行う事項 | 9 |
| 6.1 固定源及び可動源の調査 | 9 |
| 6.2 有毒化学物質の抽出 | 10 |
| 6.3 有毒ガス防護判断基準値の設定 | 10 |
| 7. スクリーニング評価（防護措置等を考慮せずに実施する評価） | 12 |
| 7.1 スクリーニング評価対象物質の設定（種類，貯蔵量及び距離） | 12 |
| 7.2 有毒ガスの発生事象の想定 | 12 |
| 7.3 有毒ガスの放出の評価 | 12 |
| 7.4 大気拡散及び濃度の評価 | 13 |
| 7.4.1 原子炉制御室等外評価点 | 13 |
| 7.4.2 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度評価 | 13 |
| 7.4.3 運転・対処要員の吸気中の濃度評価 | 14 |
| 7.5 対象発生源の特定 | 14 |
| 8. 有毒ガス影響評価（防護措置等を考慮して実施する評価） | 15 |
| 8.1 有毒ガスの放出の評価 | 15 |
| 8.2 大気拡散及び濃度の評価 | 15 |
| 8.2.1 原子炉制御室等外評価点 | 15 |
| 8.2.2 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度評価 | 16 |
| 8.2.3 運転・対処要員の吸気中の濃度評価 | 16 |
| 9. 有毒ガス防護に関わる対策 | 18 |
| 9.1 対象発生源がある場合の対策 | 18 |
| 9.1.1 運転・対処要員の吸気中の有毒ガスの最大濃度 | 18 |
| 9.1.2 スクリーニング評価結果を踏まえて行う対策 | 18 |
| 9.2 予期せず発生する有毒ガスに関する対策 | 21 |
| 解 説 | 23 |
| 参 考 | 83 |

1. 目 的

本技術資料は、発電用原子炉施設の敷地内外（以下、「敷地内外」という。）において貯蔵又は輸送されている有毒化学物質から有毒ガスの発生時に、原子炉制御室、緊急時制御室及び緊急時対策所（以下、「原子炉制御室等」という。）内並びに重大事故等対処上特に重要な操作を行う地点（以下、「重要操作地点」という。）にとどまり対処する必要のある要員に対する有毒ガス防護に関わる一般的な考え方を示すことを目的とする。【解説 1.1】

2. 適用範囲

本技術資料の適用範囲は、発電用原子炉施設の有毒ガス防護対象者の有毒ガス防護を対象とする。なお、火災・爆発による原子炉制御室等の影響評価は、本技術資料の適用範囲外とする。【解説 2.1】

また、有毒ガス防護に関わる適用範囲に関して、有毒ガス防護対象者を表 1 に、有毒ガス防護に対する対象発生源特定のためのスクリーニング評価（以下、単に「スクリーニング評価」という。）の可否の関係を表 2 に示す。

スクリーニング評価に際しては、敷地内外固定源及び敷地内可動源からの有毒ガスの発生を想定し、原子炉制御室等及び重要操作地点ごとに、防護措置を考慮せずに有毒ガス濃度の評価を実施する。なお、スクリーニング評価が必要な敷地内固定源が存在しない場合は、その他の対象発生源の有無に関係なく重要操作地点に対する評価は不要である。さらに、敷地外固定源及び敷地内可動源については有毒ガス濃度の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。【解説 2.2】【解説 2.3】

表1 有毒ガス防護対象者

| 場所 | 有毒ガス防護対象者 | | 本技術資料 での略称* | | |
|--------|-------------------------|---|----------------|-------------|-------------|
| | 原子炉制御室 緊急時制御室 | 運転員 | | 運転・ 初動要員 | 運転・ 指示要員 |
| 緊急時対策所 | 指示要員のうち初動対応を行う者【解説 2.2】 | | | | |
| | | 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【解説 2.2】 | | | |
| | | 重大事故等に対処するために必要な指示を行 う要員 | | | |
| 重要操作地点 | 重大事故等対処上特に重要な操作を行う要員 | | | | |

* 以下、これらの有毒ガス防護対象者をそれぞれ「運転・初動要員」「運転・指示要員」「運転・対処要員」という。

表2 場所, 対象発生源別のスクリーニング評価の要否整理表

| 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 | ○ | △ | △ |
| 緊急時制御室 | ○ | △ | △ |
| 重要操作地点 | △ | × | × |

○：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及び対象発生源として対策も不要

3. 適用法規・規格

本技術資料の関連法規，規格として次のものがある。

- (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(平成 25 年 6 月 19 日 原子力規制委員会決定，一部改正令和 5 年 2 月 22 日)
- (2) 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則(平成 25 年 6 月 19 日 原子力規制委員会決定，一部改正令和 5 年 10 月 11 日)
- (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(平成 25 年 6 月 19 日 原子力規制委員会決定，一部改正令和 5 年 2 月 22 日)
- (4) 有毒ガス防護に係る影響評価ガイド(平成 29 年 4 月 5 日 原子力規制委員会決定，一部改正令和 4 年 7 月 19 日)
- (5) 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)
- (6) 実用発電用原子炉に係る重大事故時の制御室及び緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価に関する審査ガイド(平成 25 年 6 月 19 日 原子力規制委員会決定，一部改正令和 3 年 6 月 23 日)
- (7) 日本電気協会電気技術規程 JEAC4622-2009「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程」
- (8) 「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」(昭和 57 年 1 月 28 日原子力安全委員会決定，一部改正平成 13 年 3 月 29 日)

4. 用語の定義

(1) IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health) 値

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)。

(2) インリーク

換気空調設備のフィルタを経由しないで原子炉制御室等内に流入する空気, 又は空気が流入する現象。

(3) インリーク率

「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)」の別添資料「原子力発電所の中央制御室の空気流入率測定試験手法」において定められた空気流入率で, 換気空調設備のフィルタを経由しないで原子炉制御室等内に流入する単位時間当たりの空気量と原子炉制御室等バウンダリ内の体積との比。

(4) 可動源

敷地内において輸送手段 (例えば, タンクローリ) 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。

(5) 緊急時制御室

「**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**」(以下, 「設置許可基準規則」という。) 第 42 条等に規定する特定重大事故等対処施設の緊急時制御室。

(6) 緊急時対策所

「**設置許可基準規則**」第 34 条等に規定する緊急時対策所。

(7) 空気呼吸具

高圧空気容器 (高圧酸素容器を含む。以下, 「空気ボンベ」という。) から減圧弁等を通して, 空気等を面体に供給する器具のうち顔全体を覆う自給式のプレッシャデマンド型のもの。【解説 4.1】

(8) 原子炉制御室

「**設置許可基準規則**」第 26 条等に規定する原子炉制御室。

(9) 原子炉制御室等バウンダリ

有毒ガスの発生時に, 原子炉制御室等の換気空調設備によって, 給・排気される区画の境界によって取り囲まれている空間全体。【解説 4.1】

(10) 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) 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。

(11) 重要操作地点

重大事故等対処上, 要員が一定期間とどまり特に重要な操作を行う屋外の地点のことで, 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。) の接続を行う地点。

(12) 対象発生源

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。

(13) 有毒ガス

気体状の有毒化学物質（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）及び有毒化学物質のエアロゾル（有毒化学物質から発生するもの及び化学反応によって発生する有毒化学物質を含む）。

(14) 有毒ガス防護判断基準値

「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下、「技術基準規則」という。）の解釈」第 38 条 13、第 46 条 2 及び第 53 条 3 等に規定する「有毒ガス防護のための判断基準値」であって、有毒ガスの急性ばく露に関し、中枢神経等への影響を考慮し、運転・対処要員の対処能力（情報を収集発信する能力、判断する能力、操作する能力等）に支障を来しないと想定される濃度限度値。

5. 有毒ガス防護に関わる妥当性確認の流れ

敷地内の固定源及び可動源並びに敷地外の固定源の流出に対して、運転・対処要員に対する有毒ガス防護に関わる妥当性確認の流れを図1に示す。【解説 5.1】

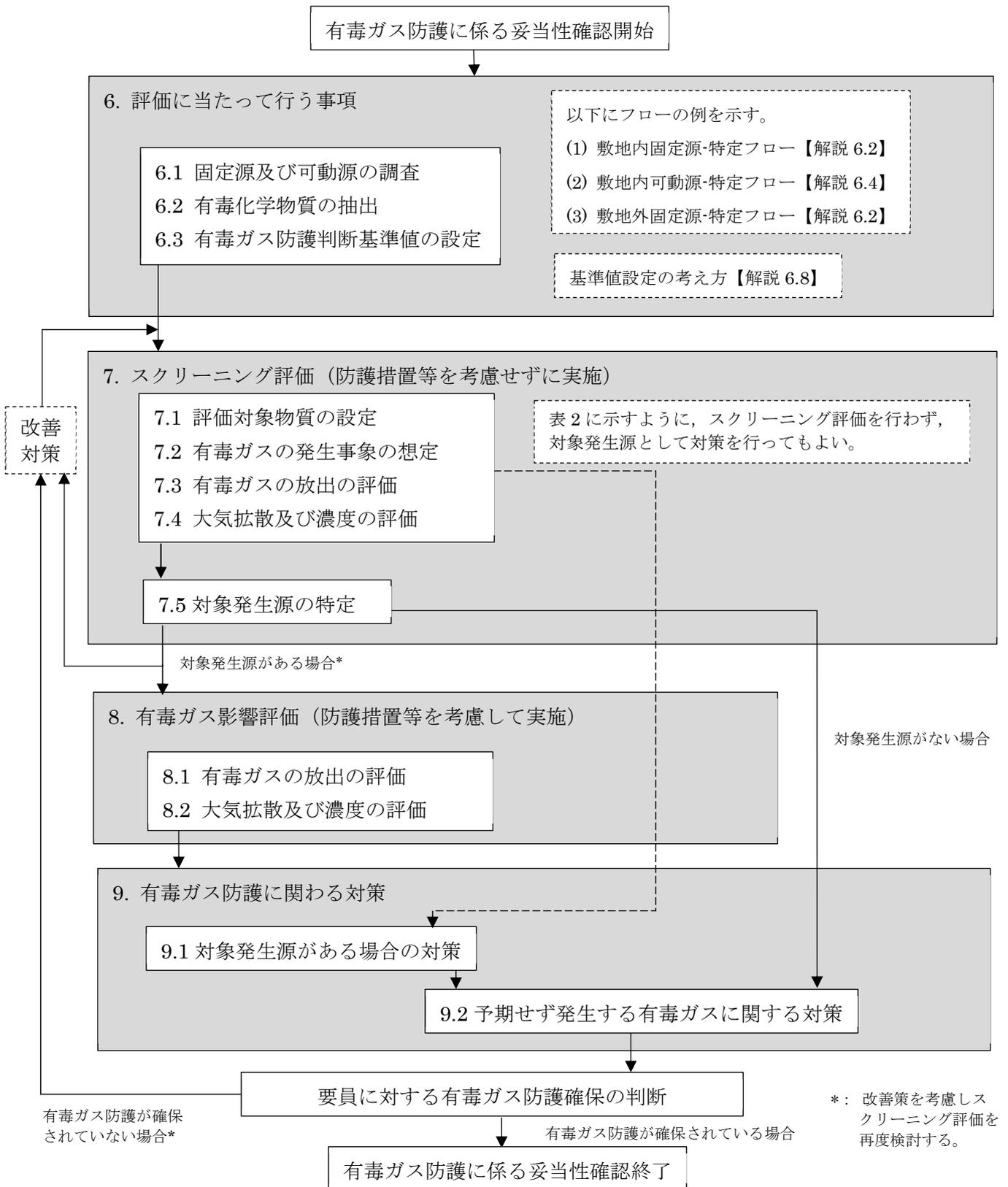


図1 妥当性確認の全体の流れ

6. 評価に当たって行う事項

6.1 固定源及び可動源の調査

(1) 敷地内の固定源及び可動源並びに原子炉制御室から半径 10km 以内にある敷地外の固定源を調査対象とする。【解説 6.1】

(a) 固定源【解説 6.2】

- ① 敷地内に保管されている全ての有毒化学物質
- ② 敷地外に保管されている有毒化学物質のうち、運転・対処要員の有毒ガス防護の観点から、種類及び量によって影響があるおそれのある有毒化学物質

【解説 6.3】

- ・ 原子炉制御室から半径 10 km 以遠であっても、半径 10km 近傍に立地する化学工場において多量に保有されている有毒化学物質
- ・ 地方公共団体が定めた地域防災計画等の情報

(b) 可動源【解説 6.4】【解説 6.5】

敷地内で輸送される全ての有毒化学物質

(2) 敷地内の固定源及び可動源が以下に該当する場合は、調査対象外とすることができる。【解説 6.6】

- ・ 固体又は揮発性が乏しい液体
- ・ ボンベ等に保管された有毒化学物質
- ・ 試薬類
- ・ 建屋内の薬品タンク等に保管されるもの
- ・ 開放空間では人体への影響がないもの（密閉空間においてのみ人体に影響を与える性状のもの）

(3) 調査対象としている固定源及び可動源に対して、次の項目を確認する。

- ・ 有毒化学物質の名称
- ・ 有毒化学物質の貯蔵量（又は濃度）
- ・ 有毒化学物質の貯蔵方法
- ・ 原子炉制御室等及び重要操作地点と有毒ガスの発生源との位置関係（距離、高さ、方位を含む）
- ・ 防液堤の有無（防液堤がある場合は、防液堤までの最短距離、防液堤の内面積及び廃液処理槽の有無）【解説 6.7】
- ・ 電源、人的操作等を必要とせず、有毒ガス発生の抑制等の効果が見込める設備【解説 6.7】

6.2 有毒化学物質の抽出

有毒化学物質として、「国際化学物質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」を対象とする。この「人に対する悪影響」とは、以下のようなものから抽出する。

- ・ 中枢神経影響物質
- ・ 急性毒性（致死）影響物質
- ・ 呼吸器障害の原因になる恐れがある物質

6.3 有毒ガス防護判断基準値の設定

(1)～(6)の考え方及び図 2 のフローに基づき、有毒ガス防護判断基準値を設定する。

【解説 6.8】

- (1) 6.1 で調査した化学物質が有毒化学物質であるかを確認する。
- (2) 当該有毒化学物質に IDLH 値があるかを確認する。
- (3) IDLH 値を有する当該有毒化学物質に中枢神経に対する影響があるかを確認する。
- (4) (3)に相当する場合、IDLH 値の設定根拠として、中枢神経に対する影響も考慮したデータを用いているかを確認する。
- (5) IDLH 値がない場合及び(4)に相当しない場合、日本産業衛生学会の定める最大許容濃度があるか確認する。
- (6) 最大許容濃度がない場合、文献等を基に、有毒ガス防護判断基準値を適切に設定する。

設定に当たっては、次の複数の文献等に基づき、物質ごとに、運転・対処要員の対処能力に支障を来さないと想定される限界濃度を、有毒ガス防護判断基準値として適切に設定する。【解説 6.9】

- ・ 化学物質総合情報提供システム Chemical Risk Information Platform (CHRIP)
- ・ 産業中毒便覧
- ・ 有害性評価書
- ・ 許容濃度等の提案理由、許容濃度の暫定値の提案理由
- ・ 化学物質安全性（ハザード）評価シート

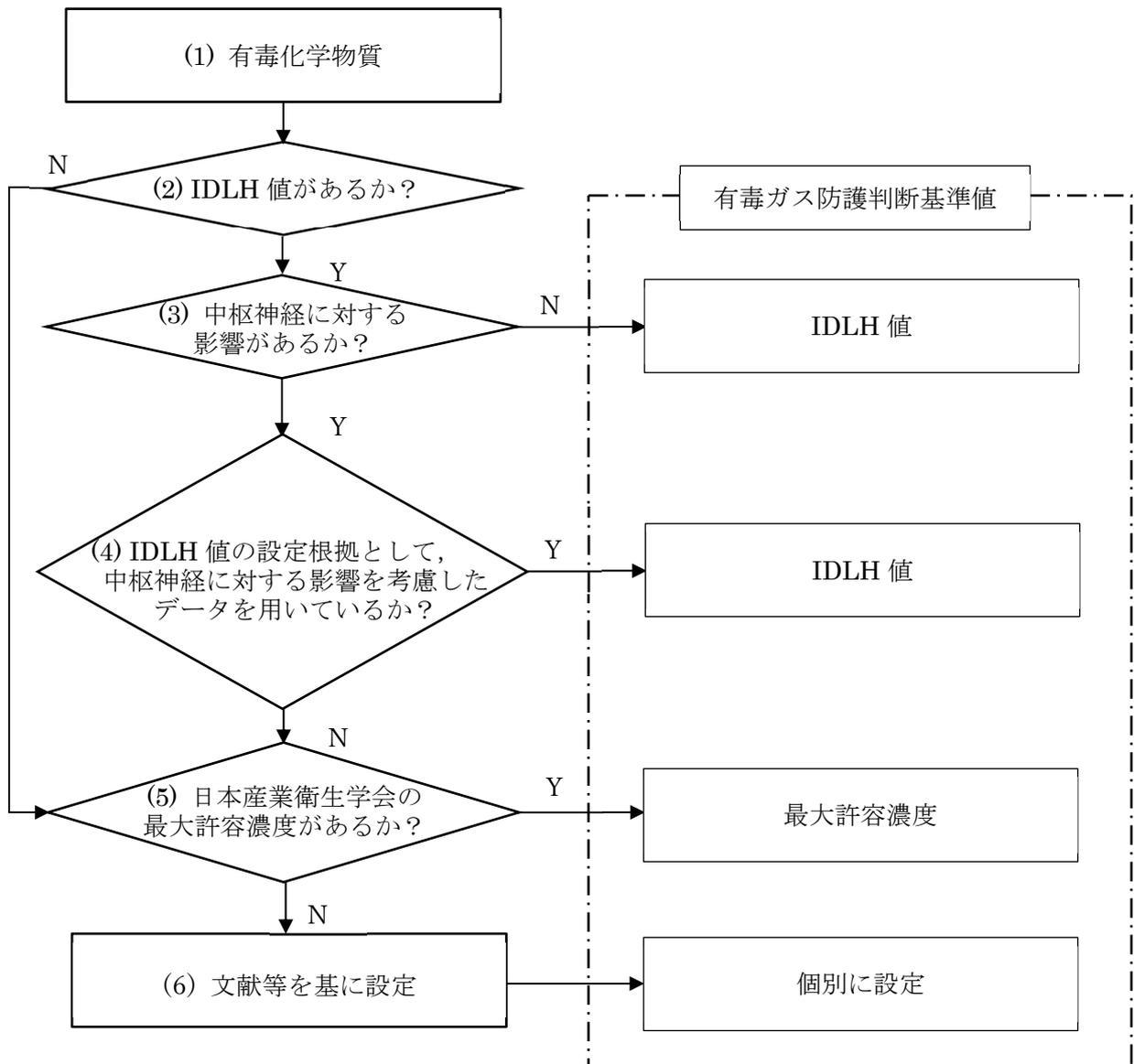


図 2 有毒ガス防護判断基準値設定の考え方

7. スクリーニング評価(防護措置等を考慮せずに実施する評価)

敷地内の固定源及び可動源並びに敷地外の固定源から有毒ガスが発生した場合、防護措置を考慮せずに、原子炉制御室等及び重要操作地点ごとにスクリーニング評価を行い、対象発生源を特定する。

場所と対象発生源ごとのスクリーニング評価の要否に係る考え方は、表 2 のとおり。

7.1～7.5 にスクリーニング評価の手順を示す。

7.1 スクリーニング評価対象物質の設定(種類, 貯蔵量及び距離)

6.1 を基に、スクリーニング評価対象となった有毒化学物質の全てについて、貯蔵されている有毒化学物質の種類、貯蔵量及び距離を設定する。

7.2 有毒ガスの発生事象の想定

有毒ガスの発生事象として、(1)及び(2)をそれぞれ想定する。

- (1) 敷地内外の固定源については、敷地内外の貯蔵容器全てが同時に損傷し、当該全ての容器に貯蔵されている有毒化学物質の全量流出によって発生した有毒ガスが大気中に放出される事象
- (2) 敷地内の可動源については、敷地内可動源の中で影響の最も大きな輸送容器 1 基が損傷し、容器に貯蔵されている有毒化学物質の全量流出によって発生した有毒ガスが大気中に放出される事象

評価対象地点の想定は次のとおりとする。

(a) 敷地内外の固定源

- 1) 原子炉制御室、緊急時制御室、緊急時対策所及び重要操作地点を評価対象とする。

(b) 敷地内の可動源

- 1) 原子炉制御室、緊急時制御室及び緊急時対策所を評価対象とする。
- 2) 有毒ガスの発生事故の発生地点は、敷地内の実際の輸送ルート全てを考慮して決める。

7.3 有毒ガスの放出の評価

固定源及び可動源ごとに、有毒ガスの単位時間当たりの大気中への放出量(以下、「放出流量」という。)及びその継続時間を評価する。ただし、同じ種類の有毒化学物質が同一防液堤内に複数ある場合には、一つの固定源と見なしてもよい。有毒ガスの放出の評価は次のとおりとする。

- (1) 有毒ガスの大気中への放出形態は、貯蔵されている有毒化学物質の性状に応じたものとする。【解説 7.1】
- (2) 貯蔵されている有毒化学物質が液体で放出される場合、受動的に機能を発揮する設備の効果も踏まえ、液体が広がる面積を適切に設定する。【解説 7.2】
- (3) 有毒ガスの放出流量評価モデルは、下記項目を踏まえ、有毒ガスの性状、放出形

態に応じて、適切なものを用いる。

- ・ 有毒化学物質の漏えい量
- ・ 有毒化学物質及び有毒ガスの物性値
- ・ 有毒ガスの放出率【解説 7.3】

- (4) 他の有毒化学物質等との化学反応によって有毒ガスが発生する可能性のある場合には、それを考慮する。
- (5) 放出継続時間については、終息活動が行われないものと仮定し、有毒ガスの発生が自然に終息するまでの時間を計算する。

7.4 大気拡散及び濃度の評価

原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度の評価を行い、運転・対処要員の吸気中の濃度を評価する。その際に、原子炉制御室等外評価点での濃度の有毒ガスが原子炉制御室等の換気空調設備の通常運転モードで、原子炉制御室等内に取り込まれると仮定する。なお、原子炉制御室等内における運転・対処要員の吸気中の濃度を、原子炉制御室等外評価点での濃度で代替してもよい。

7.4.1 原子炉制御室等外評価点

原子炉制御室等の外気取入口が設置されている位置を原子炉制御室等外評価点とする。【解説 7.4】

7.4.2 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度評価

大気中へ放出された有毒ガスの原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度を評価する。濃度評価は次のとおりとする。

- (1) 適切な大気拡散条件を評価に用いる。気象条件に関しては、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」(昭和 57 年 1 月 28 日原子力安全委員会決定)を参考に設定する。
 - ・ 気象データ(年間の風向、風速、大気安定度)は評価対象とする地理的範囲を代表したものとする。
 - ・ 評価に用いる観測年は異常年でないものとする。
- (2) 有毒ガスの性状、放出形態に応じて、適切な大気拡散モデルを用いる。ここで、大気拡散の解析モデルは、検証されたものを、適用範囲内で用いる。【解説 7.5】
- (3) 地形、建屋等の影響を考慮する場合には、妥当性を有するモデルを用いる。【解説 7.6】
- (4) 敷地内外に関わらず、複数の固定源から大気中へ放出された有毒ガスの重ね合わせを考慮する。【解説 7.7】
- (5) 有毒ガスの発生が自然に終息し、原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での有毒ガスの濃度がおおむね発生前の濃度となるまで計算する。なお、

定常放出を仮定して有毒ガス発生中の最大濃度を計算してもよい。

- (6) 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度は、年間の気象条件を用いて計算したもののうち、厳しい値（例えば、毎時刻の濃度を年間について小さい方から累積した場合、その累積出現頻度が 97%に当たる値等）を評価に用いる。

7.4.3 運転・対処要員の吸気中の濃度評価

運転・対処要員の吸気中の濃度として、原子炉制御室等については室内の濃度を、重要操作地点については 7.4.2 の濃度を、それぞれ評価する。なお、原子炉制御室等内における運転・対処要員の吸気中の濃度を、7.4.2 の濃度で代替してもよい。原子炉制御室等内及び重要操作地点の運転・対処要員の吸気中の濃度評価は次のとおりとする。

- (1) 原子炉制御室等外評価点の空気に含まれる有毒ガスが、原子炉制御室等の換気空調設備の通常運転モードによって原子炉制御室等内に取り込まれると仮定する。
- (2) 敷地内の可動源の場合は、有毒化学物質ごとに想定された輸送ルート上で有毒ガス濃度を評価した結果の中で、最も高い濃度を選定する。【解説 7.8】

7.5 対象発生源の特定

基本的にスクリーニング評価の結果に基づき、対象発生源を特定する。改善対策としてタンクの移設等を行う場合には、再度スクリーニング評価を実施し、同様に対象発生源を特定する。

スクリーニング評価の結果、原子炉制御室等又は重要操作地点における運転・対処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場合は、対象発生源とする。なお、空気中に n 種類の有毒ガスがある場合の判断基準は、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 より小さいこととする。

$$I < 1$$

$$I = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_i}{T_i} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

C_i : 有毒ガス i の濃度(ppm)

T_i : 有毒ガス i の有毒ガス防護判断基準値(ppm)

I : 有毒ガス防護判断基準値に対する割合の和

8. 有毒ガス影響評価(防護措置等を考慮して実施する評価)

スクリーニング評価の結果，特定された対象発生源を対象に，防護措置等（9.1.2 に示す，スクリーニング評価結果を踏まえて行う対策を含む）を考慮した有毒ガス影響評価を行う。8.1 及び 8.2 に有毒ガス影響評価の手順を示す。

8.1 有毒ガスの放出の評価

特定した対象発生源ごとに，有毒ガスの放出流量及びその継続時間を評価する。ただし，同じ種類の有毒化学物質が同一防液堤内に複数ある場合には，一つの固定源と見なしてもよい。

有毒ガスの放出流量評価は次のとおりとする。

- (1) 有毒ガスの大気中への放出形態は，貯蔵されている有毒化学物質の性状に応じたものとする。
- (2) 貯蔵されている有毒化学物質が液体で放出される場合，受動的に機能を発揮する設備の効果も踏まえ，液体が広がる面積を適切に設定する。
- (3) 有毒ガスの放出流量評価モデルは，下記項目を踏まえ，有毒ガスの性状，放出形態に応じて，適切なものを用いる。
 - ・ 有毒化学物質の漏えい量
 - ・ 有毒化学物質及び有毒ガスの物性値
 - ・ 有毒ガスの放出率
- (4) 他の有毒化学物質等との化学反応によって有毒ガスが発生する場合には，それを考慮する。
- (5) 放出継続時間については，中和等の終息活動を行わない場合は，有毒ガスの発生が自然に終息するまでの時間を計算する。終息活動を行う場合は，有毒ガスの発生が終息するまでの時間としてもよい。

8.2 大気拡散及び濃度の評価

原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度の評価を行い，運転・対処要員の吸気中の濃度を評価する。その際に，原子炉制御室等外評価点での濃度の有毒ガスが原子炉制御室等の換気空調設備の運転モードに応じて，原子炉制御室等内に取り込まれると仮定する。

8.2.1 原子炉制御室等外評価点

原子炉制御室等外評価点の設定において，原子炉制御室等の換気空調設備の隔離を考慮する場合は次のとおりとする。【解説 8.1】

- (1) 外気取入口から外気を取り入れている間は，外気取入口が設置されている位置を評価点とする。
- (2) 外気を遮断している間は，発生源から最も近い原子炉制御室等バウンダリ位置を評価点とする。

8.2.2 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度評価

大気中へ放出された有毒ガスの原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度を評価する。濃度評価は次のとおりとする。

- (1) 適切な大気拡散条件を評価に用いる。気象条件に関しては、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」(昭和 57 年 1 月 28 日原子力安全委員会決定)を参考に設定する。
 - ・ 気象データ(年間の風向, 風速, 大気安定度)は評価対象とする地理的範囲を代表したものとする。
 - ・ 評価に用いる観測年は異常年でないものとする。
- (2) 有毒ガスの性状, 放出形態に応じて, 適切な大気拡散モデルを用いる。ここで, 大気拡散の解析モデルは, 検証されたものを, 適用範囲内で用いる。
- (3) 地形, 建屋等の影響を考慮する場合には, 妥当性を有するモデルを用いる。
- (4) 敷地内外に関わらず, 複数の固定源から大気中へ放出された有毒ガスの重ね合わせを考慮する。
- (5) 原子炉制御室等外評価点及び重要操作地点での濃度は, 年間の気象条件を用いて計算したもののうち, 厳しい値(例えば, 毎時刻の濃度を年間について小さい方から累積した場合, その累積出現頻度が 97%に当たる値等)を評価に用いる。

8.2.3 運転・対処要員の吸気中の濃度評価

運転・対処要員の吸気中の濃度として, 原子炉制御室等については室内の濃度を, 重要操作地点については 8.2.2 の濃度を, それぞれ評価する。原子炉制御室等内及び重要操作地点の運転・対処要員の吸気中の濃度評価は次のとおりとする。

- (1) 有毒ガスの発生時に, 原子炉制御室等の換気空調設備の隔離を想定している場合には, 外気を遮断した後は, インリークを考慮する。また, 評価に用いるインリーク率の設定根拠(設計漏えい率, 試験結果等)を明確にする。【解説 8.2】
- (2) 原子炉制御室等内及び重要操作地点の濃度が最大となるまで計算する。
- (3) 原子炉制御室等内及び重要操作地点の濃度が有毒ガス防護判断基準値を超える場合には, 有毒ガス防護判断基準値への到達時間を計算する。
- (4) 敷地内の可動源の場合, 有毒化学物質ごとに想定された輸送ルート上で有毒ガス濃度を評価した結果の中で, 最も高い濃度を選定する。
- (5) 次に例示するような, 敷地内の有毒化学物質の漏えい等の検出から対応までの適切な所要時間を考慮する。
 - ・ 原子炉制御室等の換気空調設備の隔離を想定している場合は, 換気空調設備の隔離完了までの所要時間
 - ・ 原子炉制御室等の正圧化を想定している場合は, 正圧化までの所要時間

- ・ 空気呼吸具若しくは同等品（酸素呼吸器等）又は防毒マスク（以下「空気呼吸具等」という。）の着用を想定している場合は，着用までの所要時間

9. 有毒ガス防護に関わる対策

運転・対処要員に対する有毒ガス防護に当たり、9.1及び9.2を実施する。

9.1 対象発生源がある場合の対策

9.1.1 運転・対処要員の吸気中の有毒ガスの最大濃度

有毒ガス影響評価の結果、原子炉制御室等内及び重要操作地点の運転・対処要員の吸気中の有毒ガスの最大濃度が、有毒ガス防護判断基準値を下回るようにする。なお、表2において△で示したケースについて、スクリーニング評価を行わず対象発生源とした場合は、9.1.2の対策を行う。

9.1.2 スクリーニング評価結果を踏まえて行う対策

(1) 敷地内の対象発生源への対応

(a) 有毒ガスの発生及び到達の検出

有毒ガスの発生及び到達の検出について、1)及び2)に係る対策を行う。【解説9.1】

1) 有毒ガスの発生の検出

次の項目を踏まえ、敷地内の対象発生源（固定源）の近傍において、有毒ガスの発生又は発生の兆候を検出する装置を設置する。

- ・ 有毒ガスの発生又は発生の兆候を確実に検出できること。
- ・ 検出までの応答時間が各種対策の履行に支障を来さないものであること。

2) 有毒ガスの到達の検出

次の項目を踏まえ、原子炉制御室等の換気空調設備等において、有毒ガスの到達を検出するための装置を設置する。

- ・ 有毒ガスの到達を確実に検出できること。
- ・ 発生が想定される有毒ガスについて有毒ガス防護判断基準値レベルよりも十分低い濃度レベルで検出できること。
- ・ 検出までの応答時間が各種対策の履行に支障を来さないものであること。

(b) 有毒ガスの警報

有毒ガスの警報について、1)～4)に係る対策を行う。【解説9.1】

1) 原子炉制御室及び緊急時制御室に、前項(a)1)及び2)の検出装置からの信号を受信して自動的に警報する装置を設置する。

2) 緊急時対策所については、前項(a)2)の検出装置からの信号を受信して自動的に警報する装置を設置する。

3) 「警報する装置」は、表示ランプ点灯だけでなく同時にブザー鳴動等を行うものとする。

4) 有毒ガスの警報は、原子炉制御室等の運転・対処要員が適切に確認できる

場所に設置する。

(c) 通信連絡設備による伝達

通信連絡設備による伝達について、1)及び2)に係る対策を行う。

- 1) 既存の通信連絡設備により、有毒ガスの発生又は到達を検知（又は認知）した運転員から、当該運転員以外の運転・対処要員に有毒ガスの発生を知らせるための手順及び実施体制を整備する。
- 2) 敷地内で異臭等の異常が確認された場合には、これらの異常の内容を原子炉制御室又は緊急時制御室の運転員に知らせ、運転員から、当該運転員以外の運転・対処要員に知らせるための手順及び実施体制を整備する。

(d) 防護措置

原子炉制御室等内及び重要操作地点において、運転・対処要員の吸気中の有毒ガスの濃度が有毒ガス防護判断基準値を超えないよう、スクリーニング評価結果を踏まえ、必要に応じて以下の1)～5)の防護措置を講じる。

1) 換気空調設備の隔離

防護措置として換気空調設備の隔離を講じる場合、①及び②を確認する。

- ① 対象発生源から発生した有毒ガスを原子炉制御室等の換気空調設備によって取り入れないように外気との連絡口を遮断可能な構造とする。
- ② 隔離時の酸欠防止等を考慮して外気取り入れの再開が可能な構造とする。

2) 原子炉制御室等の正圧化

防護措置として原子炉制御室等の正圧化を講じる場合は、①～④を確認する。

- ① 加圧ポンベによって原子炉制御室等を正圧化する場合、有毒ガスの放出継続時間を考慮して、加圧に必要な期間に対して十分な容量の加圧ポンベを配備する。また、加圧ポンベの容量は、有毒ガスの発生時用に確保する。
- ② 中和作業の所要時間を考慮して、加圧ポンベの容量を確保してもよい。その場合は、有毒化学物質の広がりを適切に想定する。
- ③ 原子炉制御室等内の正圧が保たれているかどうか確認できる測定器を配備する。
- ④ 原子炉制御室等を正圧化するための手順及び実施体制を整備する。

3) 空気呼吸具等の配備

防護措置として空気呼吸具等及び防護服の配備を講じる場合は、①～④を確認する。なお、対象発生源の場合、有毒ガスが特定できるため、防毒マスクを配備してもよい。

- ① 空気呼吸具等及び防護服を着用する場合、運転操作に悪影響を与えないものとする。空気呼吸具等及び防護服は、原子炉制御室等内及び重要操作地点にとどまる人数に対して十分な数を配備する。

- ② 空気呼吸具等を使用する場合、有毒ガスの放出継続時間を考慮して、空気呼吸具等を着用している時間に対して十分な容量の空気ポンベ又は吸収缶（以下、「空気ポンベ等」という。）を原子炉制御室等内又は重要操作地点近傍に適切に配備する。

なお、原子炉制御室等内又は重要操作地点近傍に全て配備できない場合には、継続的に供給できる手順及び実施体制を整備する。

空気ポンベ等の容量については、次の項目を確認する。

- ・ 有毒ガス影響評価を基に、有毒ガスの放出継続時間に対して、容量を確保する。
 - ・ 有毒ガス影響評価を行わない場合は、対象発生源の有毒化学物質保有量等から有毒ガスの放出継続時間を想定し、容量を確保してもよい。
 - ・ 中和作業の所要時間を考慮して、空気ポンベ等の容量を確保してもよい。その場合は、有毒化学物質の広がりも適切に想定する。
 - ・ 空気ポンベ等の容量は、放射性物質の放出時用等と兼用することなく、有毒ガスの発生時用に確保する。ただし、面体を含む空気ポンベ以外の器具は兼用してもよい。
- ③ 原子炉制御室等内及び重要操作地点の有毒ガス防護対象者の吸気中の有毒ガスの濃度が有毒ガス防護判断基準値以下となるように、運転・対処要員が空気呼吸具等の使用を開始する。【解説 9.2】
- ④ 空気呼吸具等を使用するための手順及び実施体制を整備する。

4) 敷地内の有毒化学物質の中和等の措置

防護措置として敷地内の有毒化学物質の中和等の措置を講じる場合、有毒ガスの発生を終息させるための活動を速やかに行うための手順及び実施体制を整備する。【解説 9.3】

5) その他

- ① 空気浄化装置を利用する場合には、その性能が確認されたものを用いる。
- ② インリーク率の低減のための設備（加圧設備以外）を利用する場合、設備設置後のインリーク率を示す。
- ③ その他の防護具等を考慮する場合は、その性能が確認されたものを用いる。

(2) 敷地外の対象発生源への対応

(a) 敷地外からの連絡

敷地外で有毒ガスが発生した場合、その発生を原子炉制御室又は緊急時制御室内の運転員に知らせる仕組みを整備する。情報源としては、例えば以下のものが挙げられる。

- ・ 消防、警察、海上保安庁、自衛隊
- ・ 地方公共団体（例えば、防災有線放送、防災行政無線、防災メール、防

災ラジオ)

- ・ 報道（例えば、ニュース速報）
- ・ その他有毒ガスの発生事故に係る情報源

(b) 通信連絡設備による伝達

- ① 敷地外からの連絡があった場合には、既存の通信連絡設備により、運転・対処要員に有毒ガスの発生を知らせるための手順及び実施体制を整備する。
- ② 敷地外からの連絡がなくても、敷地内で異臭がする等の異常が確認された場合には、これらの異常の内容を原子炉制御室又は緊急時制御室の運転員に知らせ、運転員から、当該運転員以外の運転・対処要員に知らせるための手順及び実施体制を整備する。

(c) 防護措置

原子炉制御室等内及び重要操作地点において、運転・対処要員の吸気中の有毒ガスの濃度が有毒ガス防護判断基準値を超えないよう、スクリーニング評価結果を基に、有毒ガス影響評価において、必要に応じて防護措置を講じる。講じる防護措置は、9.1.2(1)(d)と同じとする。【解説 9.4】

9.2 予期せず発生する有毒ガスに関する対策

対象発生源が特定されない場合においても、予期せぬ有毒ガスの発生を考慮し、原子炉制御室等に対し、最低限の対策として、(1)～(3)を実施する。【解説 9.5】

(1) 防護具等の配備等

- ① 運転・初動要員に対して、必要人数分の防護具等を配備するとともに、防護のための手順及び実施体制を整備する。少なくとも、次のものを配備する。
 - ・ 敷地内における必要人数分の空気呼吸具又は同等品（酸素呼吸器等。ただし、有毒ガスの種類が特定できないことから、防毒マスクは同等品に当たらない。）（着用のための手順及び実施体制を含む。）
 - ・ 一定量の空気ボンベ（例えば6時間分。なお、9.1.2(1)(d)3)において配備する空気ボンベの容量と兼用してもよい。）【解説 9.6】
- ② 敷地内固定源及び可動源において中和等の終息作業を考慮する場合については、予定されていた中和等の終息作業ができなかった場合を考慮し、スクリーニング評価（中和等の終息作業を仮定せずに実施。）の結果有毒ガスの放出継続時間が6時間を超える場合は、①に加え、当該放出継続時間まで空気呼吸具又は同等品（酸素呼吸器等）の継続的な利用ができることを考慮し、空気ボンベ等を配備する。
- ③ バックアップとして、供給体制を用意する。【解説 9.7】
- ④ ①において配備した防護具等については、必要に応じて有毒ガスばく露下で作業予定の要員が使用できるよう、手順及び実施体制（防護具等の追加を含む。）を整備する。【解説 9.3】

(2) 通信連絡設備による伝達

- ① 敷地外からの連絡があった場合には、既存の通信連絡設備により、原子炉制御室等の運転・対処要員に有毒ガスの発生を知らせるための手順及び実施体制を整備する。
 - ② 敷地内で異臭等の異常が確認された場合には、これらの異常の内容を原子炉制御室又は緊急時制御室の運転員に知らせ、運転員から、当該運転員以外の運転・対処要員に知らせるための手順及び実施体制を整備する。
- (3) 敷地外からの連絡
- 有毒ガスが発生した場合、その発生を原子炉制御室又は緊急時制御室内の運転員に知らせる仕組みを整備する。情報源としては、例えば以下のものが挙げられる。
- ・ 消防、警察、海上保安庁、自衛隊
 - ・ 地方公共団体（例えば、防災有線放送、防災行政無線、防災メール、防災ラジオ）
 - ・ 報道（例えば、ニュース速報）
 - ・ その他有毒ガスの発生事故に係る情報源

解 説

- 〔解説 1.1〕 本技術資料の目的
- 〔解説 2.1〕 適用範囲
- 〔解説 2.2〕 有毒ガス防護対象者
- 〔解説 2.3〕 有毒ガス防護対象者と対象発生源の関係
- 〔解説 4.1〕 用語の定義
- 〔解説 5.1〕 リスク評価について
- 〔解説 6.1〕 固定源及び可動源の調査について
- 〔解説 6.2〕 固定源の特定フロー
- 〔解説 6.3〕 敷地外の固定源の調査
- 〔解説 6.4〕 可動源の特定フロー
- 〔解説 6.5〕 敷地外可動源
- 〔解説 6.6〕 調査対象外とすることができる物質の例
- 〔解説 6.7〕 対象発生源特定のためスクリーニング評価の際に考慮してもよい設備の例
- 〔解説 6.8〕 有毒ガス防護判断基準値の考え方及び化学物質の毒性限界の例
- 〔解説 6.9〕 文献等に基づく有毒ガス防護判断基準値設定の例
- 〔解説 7.1〕 破断口からの漏えい，プール形成，蒸発等の評価の例
- 〔解説 7.2〕 広がり面積（液だまり厚さ）の評価の例
- 〔解説 7.3〕 有毒ガスの放出の評価
- 〔解説 7.4〕 原子炉制御室等外評価点の選定
- 〔解説 7.5〕 大気拡散モデルについて
- 〔解説 7.6〕 原子炉施設周辺の建屋影響による拡散
- 〔解説 7.7〕 敷地内外の複数の固定源からの有毒ガスの重ね合わせ
- 〔解説 7.8〕 敷地内可動源からの有毒ガス発生想定地点の例
- 〔解説 8.1〕 外気遮断時の原子炉制御室等外評価点の選定
- 〔解説 8.2〕 空気流入率測定試験
- 〔解説 9.1〕 有毒ガスの発生及び到達を検出し警報する装置
- 〔解説 9.2〕 米国における IDLH と空気呼吸具の使用の考え方
- 〔解説 9.3〕 有毒ガスばく露下で作業を行う要員の装備
- 〔解説 9.4〕 敷地外において発生する有毒ガスの認知
- 〔解説 9.5〕 予期せず発生する有毒ガスの検知
- 〔解説 9.6〕 空気ボンベの容量
- 〔解説 9.7〕 空気ボンベのバックアップ

〔解説 1.1〕本技術資料の目的

本技術資料は、規制要件の解釈及びより具体的な評価・実装の考え方等について、関連法規への適合性確認を通じて認識の一致が得られている事項を整理し、今後の円滑な対応及び発電所の安全確保に資するために制定したものである。

本技術資料を作成するに当たり、「**有毒ガス防護に係る影響評価ガイド**」(令和 4 年 7 月 **原子力規制委員会**)を引用した。引用箇所の詳細は、〔参考 1.1〕に示す。

なお、原子力施設へのテロリズムによる有毒ガスの散布等への対策については、セキュリティに係る方策として物理的防護や脅威者への対処(運用管理を含む)等を行うため、本技術資料の対象外とする。

〔解説 2.1〕適用範囲

本技術資料は発電用軽水型原子炉を対象としたものであるが、他の原子力関連施設に対しても、その設備設計の特徴を踏まえた上で、有毒ガス防護に係る検討の参考にすることができる。

〔解説 2.2〕有毒ガス防護対象者

有毒ガス防護対象者及び関連する法令を以下に示す。

- ・ 運転員
発電用原子炉の運転に必要な知識を有する者（「**実用炉規則**」第 87 条第 1 号）
- ・ 指示要員
異常時に、緊急時対策所において、対応の指示を行う者（「**設置許可基準規則の解釈**」第 34 条 1）
- ・ 初動対応を行う者
設計基準事故等の発生初期に、緊急時対策所において、緊急時組織の指揮、通報連絡及び要員招集を行う者であり、指揮、通報連絡及び要員召集のため、夜間及び休日も敷地内に常駐する者（「**有毒ガス防護に係る影響評価ガイド**」解説-1）
- ・ 重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員
重大事故等時に、緊急時対策所において、必要な指示を行う者（「**設置許可基準規則**」第 61 条第 1 項第 1 号）
- ・ 重大事故等に対処するために必要な要員
重大事故等時に、緊急時対策所において、必要な対応（指示及び放射性物質の拡散抑制対策を含む。）を行う者（「**設置許可基準規則**」第 61 条第 2 項）
- ・ 重大事故等対処上特に重要な操作を行う要員
重大事故等時に、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。）の接続を行う者（「**技術的能力に係る審査基準**」要求事項の解釈）

〔解説 2.3〕有毒ガス防護対象者と対象発生源の関係

- ① 原子炉制御室及び緊急時制御室の運転員
原子炉制御室及び緊急時制御室の運転員については、対象発生源の有無に関わらず、有毒ガスに対する防護が求められる。
 - ② 対象発生源から発生する有毒ガス及び予期せず発生する有毒ガス（対象発生源がない場合を含む。）に係る有毒ガス防護対象者
- ・ 対象発生源から発生する有毒ガスに係る有毒ガス防護対象者
敷地内外の固定源については、特定されたハザードがあるため、設計基準事故時及び重大事故等時（大規模損壊時を含む。）に有毒ガスが発生する可能性を考慮し、運転・

対処要員を有毒ガス防護対象者とする。

ただし、ブルーム通過中及び重大事故等対処上特に重要な操作中において、敷地内に可動源が存在する（有毒化学物質の補給を行う。）ことが想定し難いことから、当該可動源に対しては、運転・指示要員以外については有毒ガス防護対象者としなくてもよい。

- 予期せず発生する有毒ガス（対象発生源がない場合を含む。）に係る有毒ガス防護対象者

特定されたハザードがない場合でも、通常運転時に有毒ガスが発生する可能性を考慮し、運転・初動要員を有毒ガス防護対象者とする。

また、当該有毒ガス防護対象者は、設計基準事故時及び重大事故等時（大規模損壊時を含む。）にも、通常運転時と同様に防護される必要がある。解説表 2.3-1 に有毒ガス防護対象者と対象発生源の関係を示す。

解説表 2.3-1 有毒ガス防護対象者と対象発生源の関係

| 場所 | 有毒ガス防護対象者 | 対象発生源がある場合 | | | 予期せず発生する有毒ガス (対象発生源がない場合を含む) [*1] |
|------------------|--|----------------------------|---|---|--------------------------------------|
| | | 敷地内 | | 敷地外 | |
| | | 固定源 | 可動源 | 固定源 | |
| 原子炉制御室 緊急時制御室 | 運転・初動要員 [*2] 運転・指示要員 運転・対処要員 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 緊急時対策所 | | ○ | ○ | ○ | — |
| 重要操作地点 | | ○ | — | ○ | — |
| 備考 | 対象とする地理的範囲 | — | — | 原子炉制御室から半径 10 km以内 | — |
| | 対象貯蔵施設 | 全施設、ただし液体の場合、同一堰内の代表施設を考慮。 | 全施設。ただし有毒化学物質ごとに想定された輸送ルート上で最も高い有毒ガス濃度の施設を考慮。 | 敷地外調査により抽出された施設を対象とする。ただし液体の場合、同一堰内の代表施設を考慮してもよい。 | 対象施設を考慮しない、もしくは、ガスの種類が特定できない |
| | 有毒ガス影響評価の実施 [*3] | 必要に応じて実施 [*4] | 必要に応じて実施 [*4] | 必要に応じて実施 [*4] | 必要に応じて実施 [*5] |

*1： 敷地外可動源の有毒ガスの種類が特定されない場合の代替とする。

*2： 設計基準事故及び重大事故等の発生初期に、緊急時対策所において、緊急時組織の指揮、通報連絡及び要員招集を行う者であり、指揮、通報連絡及び要員召集のため、夜間及び休日も敷地内に常駐する要員

*3： 本文 8. に示す「有毒ガス影響評価」を指す。

*4： 原子炉制御室等又は重要操作地点における運転・対処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場合となった「対象発生源」に対して、影響評価を実施する。

*5： 「米国規制ガイド(R.G. 1.78 Rev.2)」では、原子力発電所から半径 5 マイル以内にある場合に、輸送頻度を考慮した上で、スクリーニング基準を満たさない数量で有害化学物質が放出される場合は、制御室の居住性について詳細な解析を行う必要がある、としている。

〔解説 4.1〕用語の定義

(7) 空気呼吸具

「空気ボンベ」は、高圧酸素容器を含む高圧空気容器を指し、「空気ボンベ等」は、空気ボンベ又は吸収缶を指す。また、「空気呼吸具等」は、空気呼吸具若しくは同等品（酸素呼吸器等）又は防毒マスクを指す。

空気呼吸具は、少なくとも運転・初動要員のために十分な数量を用意する必要がある。

なお、空気ボンベは、発電所外から追加の空気ボンベを輸送するのに十分な時間を確保できる容量を発電所内に配備する。（解説 9.6）また、発電所外からのバックアップは、長期間に渡り継続的に供給が可能であることが望ましい。（解説 9.7）

(9) 原子炉制御室等バウンダリ

原子炉制御室等バウンダリは、区画の境界によって取り囲まれ、有毒ガスの発生時に居住性を維持するために原子炉制御室等の換気空調設備で給・排気される。また、このバウンダリには原子炉制御室等以外に、事故時に要員の頻繁なアクセス及び継続的な占有は必要としない他の領域を含む場合がある。

〔解説 5.1〕リスク評価について

国内における有毒ガス防護は決定論的な考え方に基づいているが、海外ではリスク評価に基づくスクリーニングを取り込んでいる例もある。米国の有毒ガス防護におけるリスク評価の事例について〔参考 5.1〕に示す。

〔解説 6.1〕固定源及び可動源の調査について

固定源及び可動源の調査について、敷地外において調査対象とする地理的範囲に関し、**「米国規制ガイド(R.G. 1.78 Rev.2)」**の調査範囲の考え方を示す。また、類似の例として外部火災の影響範囲の考え方も示す。また、調査頻度については、安全性向上評価ガイドの外部事象の評価の記載は、5年に1回程度を求めている。

以上の事例から、原子炉制御室等から半径 10km を、敷地外において調査対象とする地理的範囲とすることは妥当と判断できる。また、敷地外固定源の調査頻度については、5年に1回程度が望ましい。なお、発電所内の発生源については、運用管理において継続的に確認を行うことが望ましい。

(1) 「米国規制ガイド(R.G. 1.78 Rev.2)」

プラントから 5 マイル(約 8km)以上離れた場所に保管又は配置された化学物質は、放出が発生しても、大気拡散で希釈され、有害の限界に達しないため、若しくは制御室の運転員が適切な措置を講じるのに十分な時間があるため、考慮する必要はない。加えて、プルームが特定の区域内に長期間留まる可能性はごく僅かである。

(2) 「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」

発電所敷地外の 10km 以内を発火点とした森林火災が発電所に迫った場合でも、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。(解説-1)

(解説-1) 発火点の設定について

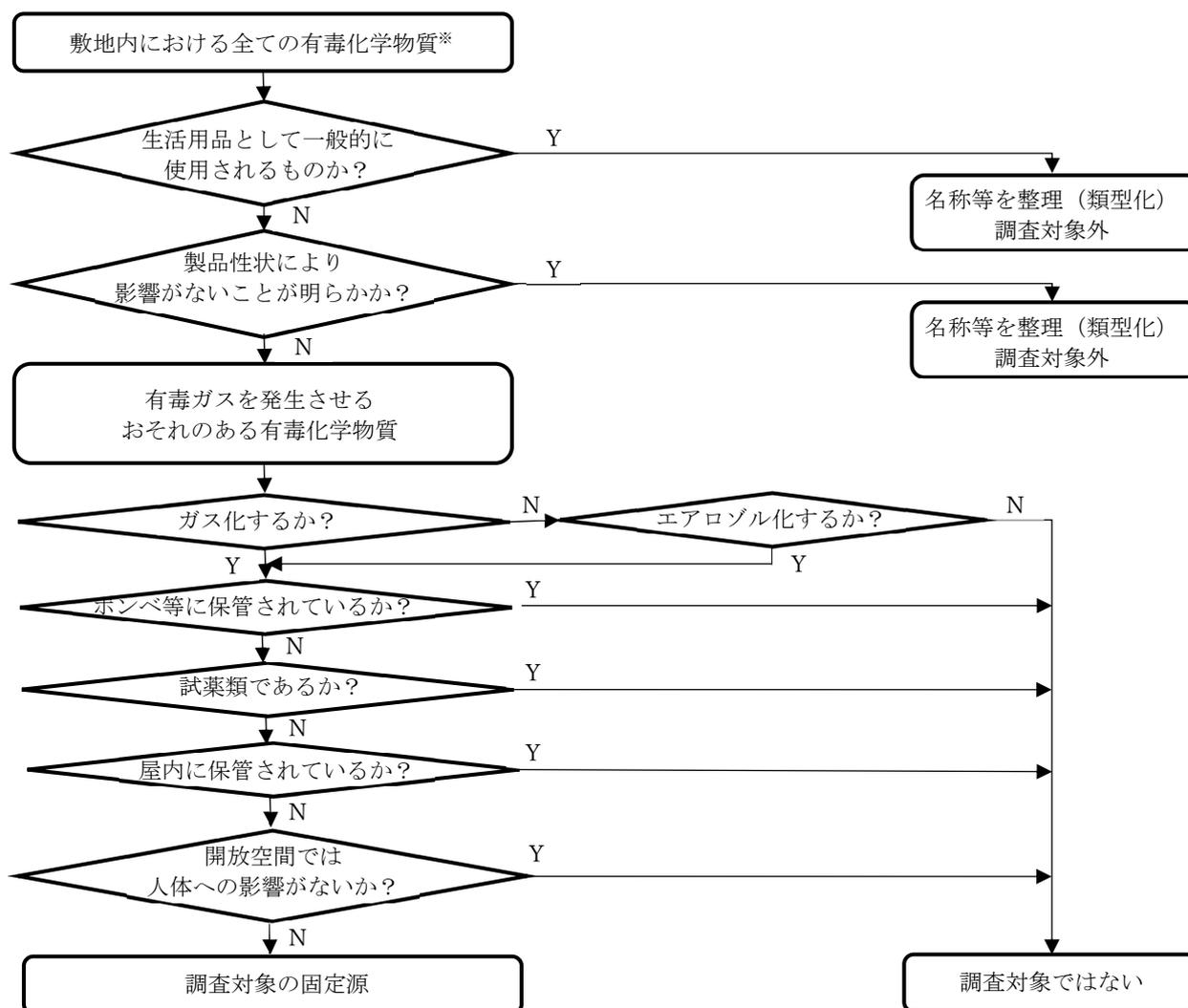
「米国外部火災基準」(NUREG-1407)において、発電所から 5 マイル以内の火災の影響を評価するとしていることを参考として設定。

(3) 「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」

安全性向上評価の継続的な充実として、外部事象に係る評価について原則として 5 年ごとに改訂することを求めている。

〔解説 6.2〕固定源の特定フロー

固定源は、敷地内に保管されている全ての有毒化学物質、及び敷地外に保管されている有毒化学物質のうち、運転・対処要員の有毒ガス防護の観点から影響があるおそれのある有毒化学物質が調査対象となる。これらの調査対象から固定源を特定するためのフローが用いられる。解説図 6.2-1 に固定源の特定フローの例を示す。敷地外固定源についても「有毒ガスを発生させるおそれのある有毒化学物質」を抽出した後の調査対象の選定基準は同一であり本フローを用いて。敷地外固定源の特定にあたっては、法令に基づく届出情報の開示請求等により、敷地外の貯蔵施設に貯蔵された有毒化学物質を調査する〔解説 6.3〕。調査で得られた情報に基づき敷地内固定源と同様の基準で判断する。



※ 有毒化学物質となるおそれがあるものを含む

解説図 6.2-1 固定源の特定フロー(例)

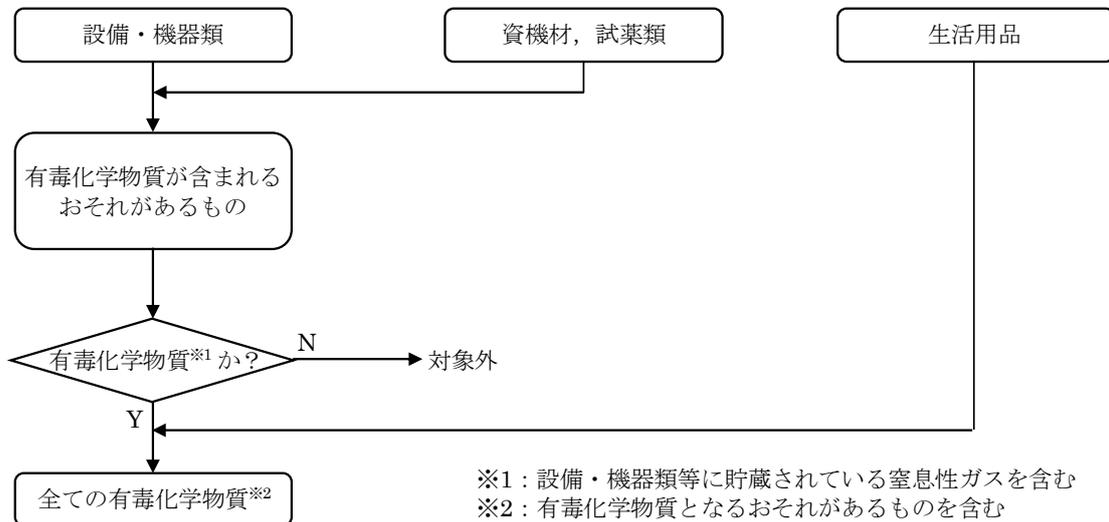
既存の実績で固定源として調査対象とされた物質は、以下のとおり。

BWR：アンモニア，塩酸，メタノール，亜酸化窒素，硝酸，ガソリン，硫化水素

PWR：アンモニア，塩酸，ヒドラジン，メタノール，亜酸化窒素

なお，屋内保管については，施設の特徴を踏まえた上で発生源の判断を行う。

参考に，解説図 6.2-2 に有毒化学物質の抽出フロー（例）を示す。本フローから抽出された物質を全ての有毒化学物質として先の（敷地内）固定源の特定フローから調査対象の固定源を特定する。なお，本フローは，固定源のみではなく可動源の有毒化学物質の抽出についても適用できる。



解説図 6.2-2 有毒化学物質の抽出フロー(例)

〔解説 6.3〕敷地外の固定源の調査

敷地外固定源の特定にあたっては、法令に基づく届出情報の開示請求等により、敷地外の貯蔵施設に貯蔵された有毒化学物質を調査する。

対象とする法令は、環境省の「化学物質情報検索支援システム」にて、化学物質の管理に係る主要な法律として示された法律及び「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律 逐条解説」に示された化学物質に関連する法律の内容を調査し、化学物質の貯蔵を規制している法律を選定する。

また、多量の化学物質を貯蔵する施設として化学工場等の産業施設が想定されることから、経済産業省に関連する法律のうち、特にガスの貯蔵を規制する法律についても選定する。

具体的には、上記の法律のうち貯蔵量等に係る届出義務のある法律を対象として開示請求する。届出情報の開示請求を実施する法律の選定例を解説表 6.3-1 に示す。

解説表 6.3-1 届出情報の開示請求を実施する法律の選定例(1/2)

| 法律名 | 貯蔵量等に係る 届出義務 (○:あり, ×:なし) | 開示請求の 対象選定 (○:対象, ×:対象外) |
|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 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 | × | × |
| 土壤汚染対策法 | × | × |
| 農薬取締法 | × | × |
| 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 | × | × |
| 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 | × | × |

解説表 6.3-1 届出情報の開示請求を実施する法律の選定例(2/2)

| 法律名 | 貯蔵量等に係る 届出義務 (○:あり, ×:なし) | 開示請求の 対象選定 (○:対象, ×:対象外) |
|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 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 | ○ | ×※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する。

※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する。

※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する。

※4：貯蔵量の届出義務はあるが、混合物としての都市ガス（13A）に有毒性はないことから対象外とする。組成として、メタンが主成分（約 89%）で、その他にエタン、プロパン、ブタンを若干量含む都市ガス（13A）の有毒性は以下のように評価される。

- ・ ICSC カード^[1]及びモデル SDS^[2]には、都市ガスは含まれていない。
- ・ GHS 分類^[3]では、主成分であるメタンについての有毒性は認められていない。
- ・ GHS 分類では、エタン、プロパン、ブタンについては、それぞれ単体では一時的な中枢神経影響（麻酔性）があると分類されている。
- ・ GHS 分類の混合物評価マニュアル^[4]では、濃度の合計が 20%以上であれば分類に該当するものとしているが、都市ガス（13A）の組成ではメタン以外の成分の合計は約 11%であり、有毒性はないと判断される。

[1] International Chemical Safety Cards, ILO

[2] モデル SDS 情報, 厚生労働省

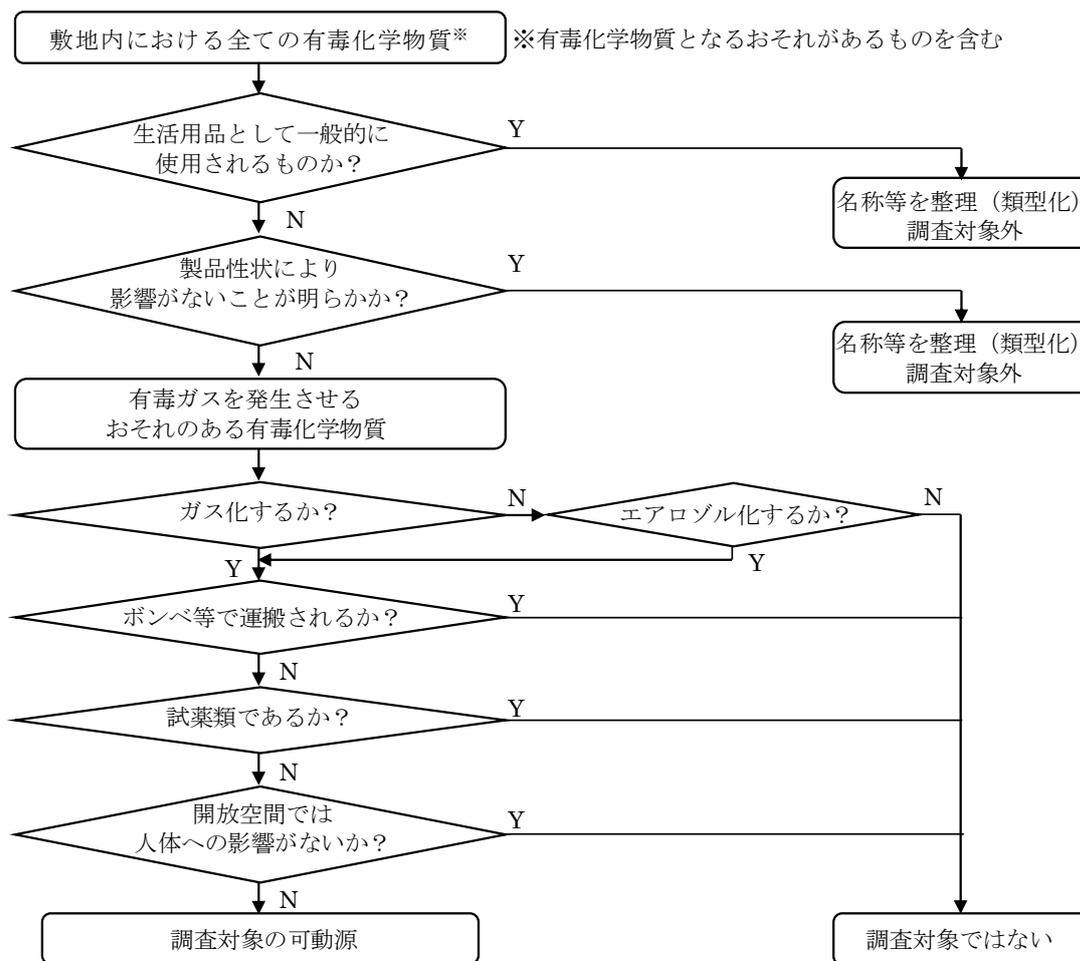
[3] Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, UN

[4] 「GHS 混合物分類判定システム」分類方法に関する補足事項, Ver.6.0, 経済産業省

※5：地域防災計画等により発生源情報が確認可能な場合は，法令に基づく届出情報の調査対象外とする。

〔解説 6.4〕可動源の特定フロー

可動源は、敷地内の全ての有毒化学物質のうち、運転・対処要員の有毒ガス防護の観点から影響があるおそれのある有毒化学物質が調査対象となる。これらの調査対象から可動源を特定するためのフローが用いられる。特定フローの例を解説図 6.4-1 に示す。



解説図 6.4-1 可動源の特定フロー(例)

〔解説 6.5〕敷地外可動源

敷地外可動源に対する防護に係る海外及び国内での扱いの関係性について〔参考 6.1〕に示す。

〔解説 6.6〕調査対象外とすることができる物質の例

敷地外の固定源、敷地内の固定源又は敷地内の可動源の貯蔵容器が損傷し、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場合は調査対象外とすることができる。具体的には、以下のものは調査対象外とすることができる。

- ・大気中に多量に放出されるおそれのないもの（固体又は揮発性が乏しい液体、エアロゾル化しないもの等）
- ・ボンベ等で保管され、小漏えいのみが想定されるもの
- ・少量で使用場所が限られ、防護対象者に影響のないもの
- ・建屋内に保管されており、屋外に多量に放出されないもの
- ・開放空間では人体への影響がないもの

以下に、上記各項目に該当するかどうかの評価の考え方の例を示し、調査対象外とすることができる物質の例を解説表 6.6-1 に示す。

(1) 大気中に多量に放出されるおそれのないもの

固体又は揮発性が乏しい液体の判断フローの例を解説図 6.6-1 に示す。

なお、エアロゾルの生成メカニズムとしては、液体からの生成（飛散、噴霧化、飛まつ同伴）、若しくはガス状物質からの生成（化学反応、凝縮と凝集）が考えられるが、保管状態、物質の性状等を踏まえて大気中にエアロゾルとして多量に放出され得るかどうかを確認する。

(2) ボンベ等で保管され、小漏えいのみが想定されるもの

試験等により十分な設計強度を有することが確認されており、架台設置、固縛等により容器が倒壊する可能性も低く、仮に漏えいが生じたとしても配管又は接続機器からの小漏えい程度であることが想定されるものが該当する。具体的な漏えい量の評価には〔解説 7.1〕の評価式が適用できる。

(3) 少量で使用場所が限られ、防護対象者に影響のないもの

薬品庫で少量保管され、局所排気装置を有する分析室で使用される試薬類等が該当する。

(4) 建屋内に保管されており、屋外に多量に放出されないもの

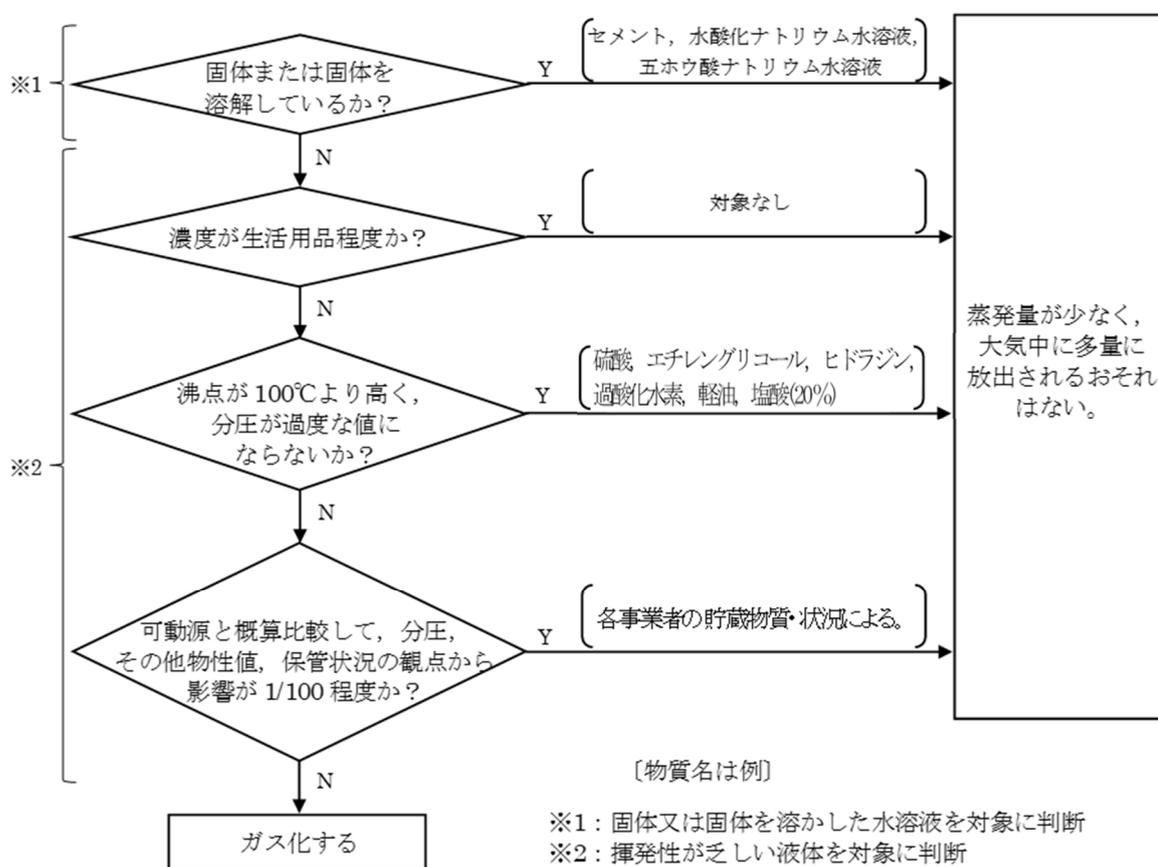
建屋内保管物質の判断フローの例を解説図 6.6-2 に示す。

流出が生じてもサンプ、中和槽内等に留まり、また、建屋内は風量が小さいため液面からの蒸発量も少なく、建屋内での滞留又は希釈による屋外への放出抑制効果が期待できるものが該当する。具体的な移行量の評価には〔解説 7.1〕の評価式が適用できる。

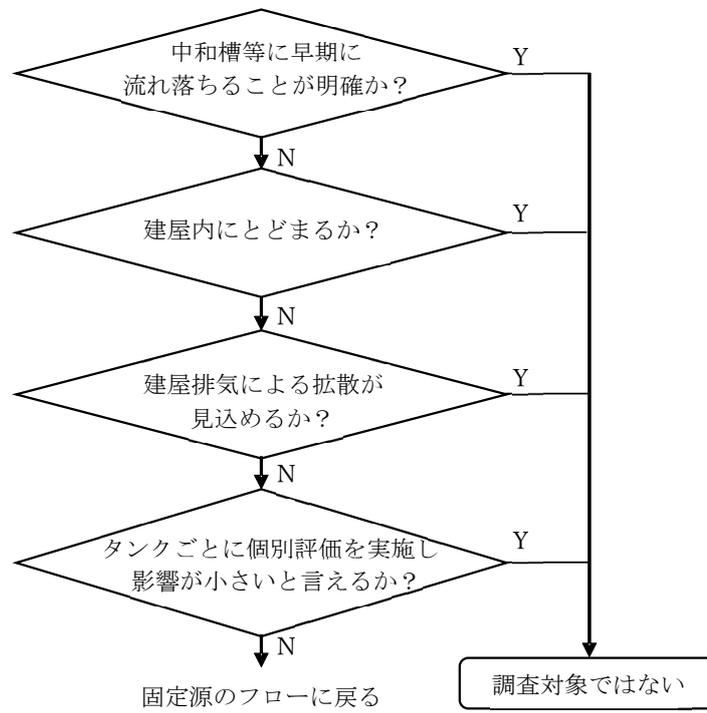
(5) 開放空間では人体への影響がないもの

想定される放出率に比べて防護判断基準値が高く、若しくは毒性のない窒息性ガスなど、人体に影響を与えるのは密閉空間で放出される場合に限定されるものが該当する。

なお、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については、内包量が大きいことから、六フッ化硫黄の挙動を考慮して、防護対象者の配置状況を踏まえ防護対象者に対する影響の有無を確認することが望ましい。



解説図 6.6-1 固体又は揮発性が乏しい液体の判断フロー(例)



解説図 6.6-2 建屋内保管物質の判断フロー(例)

解説表 6.6-1 調査対象外とすることができる物質の例

| 項目 | 説明 | 物質の例 |
|-------------------------------------|--|----------------------------|
| 固体又は揮発性が乏しい液体 | 揮発性がないことから、有毒ガスとしての影響を考慮しなくてよい。 | 硫酸, 水酸化ナトリウム, 低濃度薬品等 |
| エアロゾル化の可能性がないもの | 保管、物質の性状から、加圧状態での液体噴霧、又は加熱（化学反応を含む。）による蒸発後の凝集等のおそれがない。 | — |
| ボンベ等に保管された有機化学物質 | 保管容器は高圧ガス保安法等に基づいて設計されているため、小漏えいのみが想定される。 | プロパン, ブタン, 二酸化炭素等 |
| 試薬類 | 少量で使用場所が限定され、防護対象者に影響がない。 | 分析用薬品 |
| 建屋内に保管される薬品タンク | 屋外に多量に放出されない。 | 屋内のタンク |
| 開放空間では人体への影響がないもの（密閉空間で人体に影響を与える性状） | 人体に影響を与えるのは、密閉空間に限定されると考えられており、評価地点との関係が密閉空間でない。 | 六フッ化硫黄 |

〔解説 6.7〕対象発生源特定のためスクリーニング評価の際に考慮してもよい設備の例

有毒ガスが発生した際に、受動的に機能を発揮する設備については、考慮してもよいこととする。例えば、防液堤は、防液堤が破損する可能性があったとしても、更地となるような壊れ方はせず、堰としての機能を発揮すると考えられる。また、防液堤内のフロート、電源、人的操作等を必要としない中和槽等の設備は、有毒ガス発生の抑制等の機能が恒常的に見込めると考えられる。このことから、対象発生源特定のためのスクリーニング評価においても、これらの設備は評価上考慮してもよい。

具体的な例として、「**毒物及び劇物取締法**」における流出防止対策の要件を示す。「**毒物及び劇物取締法**」において、屋内外タンクには漏えいした毒物又は劇物を安全に収容できる施設又は除害、回収等の施設を設け、貯蔵場所外へ流出等しないような措置を講ずることが要求されている。流出時安全施設の保持容量は、解説表 6.7-1 に示すとおりであり、原則タンク容量の 100%相当とし、堰を共有するタンクについては、最大タンクの容量の 100%以上の容量を有することとされる。

解説表 6.7-1 毒物及び劇物取締法における流出時安全施設の保持容量

| 法令等 | 流出時安全施設の保持容量 |
|----------------------------------|--|
| 毒物及び劇物取締法（毒物及び劇物の貯蔵に関する構造・設備等基準） | 原則としてタンク容量の 100%相当とし、2ヶ以上のタンクが存在する場合には、最大タンクの容量の 100%相当以上とし、止むを得ず 100%に満たない場合は、除外回収等の施設の処理能力を考慮することができる。 |

また、対象発生源特定のためスクリーニング評価において、受動的に機能を発揮する設備の評価例として、堰及び中和槽等を考慮した場合の評価事例を解説表 6.7-2 及び解説表 6.7-3 に示す。

なお、解説表 6.7-2 は、堰内に一つのタンクが設置されている場合と複数のタンクが設置されている場合の評価事例について示す。

解説表 6.7-2 受動的に機能を発揮する設備の評価例(堰)

| 設備名称 | 貯蔵量 (m ³) | 堰容量 (m ³) | 評価結果 |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| 〇〇〇用 塩酸タンク | 0.3 | 0.9 | 薬品が堰内で漏えいしても、薬品タンクが保有している薬品を全量貯留できる容量を有する堰がある。 |
| 〇〇〇用 アンモニア タンク | 1 | 4 | 堰を共有する薬品が堰内で漏えいしても、薬品タンクが保有している薬品を全量貯留できる容量を有する堰がある。 |
| 〇〇〇用 苛性ソーダ タンク※ | 2 | | |

※ 特定された固定源でないタンク

解説表 6.7-3 受動的に機能を発揮する設備の評価例(堰及び中和槽)

| 設備名称 | 貯蔵量 (m ³) | 堰容量 (m ³) | 中和槽等 容量 (m ³) | 評価結果 |
|---------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|---|
| 〇〇〇用 塩酸タンク | 8 | 6.3 | 100 | 薬品が堰内で漏えいした場合は、薬品タンクが保有している薬品を、全量貯留できる容量を有している廃液中和槽に流下する構造となっている。 |

さらに、受動的に機能を発揮する設備の評価例として、薬品タンクに設けられている堰覆いを考慮した場合の評価事例を解説表 6.7-4 に示す。

解説表 6.7-4 受動的に機能を発揮する設備の評価例(覆いを設置している堰の評価面積)

| 設備名称 | 元の堰面積 (m ²) | 覆い設置後の 開口部面積 (m ²) | 評価面積 (m ²) | 評価結果 |
|------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--|
| 〇〇処理 設備 | 141 | 29 | 38 | 覆いの開口部面積に保守性を見積もった上で、評価面積を設定している。覆いの設置により覆い内の空気が滞留することで、覆い内の温度が高くなり、蒸発が促進される可能性がある。ここで、開口部面積に 9m ² の余裕を見込んでおり、これは温度 4℃上昇分に相当する。覆い内外の温度を実測した結果、その温度差は盛夏時でも最大で 1℃程度であり、覆い内外の温度差がほとんどないこと及び保守性の範囲 (+4℃) 内に含まれることを確認した。 |

〔解説 6.8〕有毒ガス防護判断基準値の考え方及び化学物質の毒性限界の例

6.3 に示す、有毒ガス防護判断基準値の考え方の例を、解説表 6.8-1 に示す。この中で、IDLH 値については、「**米国規制ガイド(R.G. 1.78 Rev.2)**」において、毒性限界として以下のような考え方が示されている。また、「原子炉制御室の居住性に係る有毒ガス影響評価に関する検討会」における毒性限界の検討概要を示す。

(1) 「**米国規制ガイド(R.G. 1.78 Rev.2)**」の毒性限界

解説表 6.8-1 は、化学物質の毒性限界（体積比 ppm 及び mg/m³）一覧表である。化学物質とその毒性限界の詳細な一覧表は、NUREG/CR-6624^[1]に記載されている。これらの制限は、米国国立労働安全衛生研究所（NIOSH）によって作成された生命及び健康に直ちに危険を及ぼすばく露限界値（IDLH）の概念に基づいている。IDLH 値又は制限は、30 分間のばく露濃度に基づき、30 分以内に防護されない場合に、死亡又は急性又は晩発の恒久的な健康への悪影響を引き起こす可能性があるものと定義される。どの化学物質の IDLH 値も、平均的な要員の対応能力に支障を来たす状態（例えば、激しい咳、眼熱傷、又は重篤な皮膚炎症）にならずに 2 分間は耐えられる。したがって、IDLH 限界での 2 分間のばく露は、制御室運転員を防護するのに十分な安全余裕を与えるので、これらの限界が推奨されている。制御室運転員は、検出後 2 分以内（空気呼吸具を着用するための妥当な時間）に防護措置を講じ、IDLH 濃度レベルで長時間ばく露させない。*

放出化学物質の毒性限界がなく、制御室の有害化学物質検出機器が利用できない場合は、臭気閾値などの人間が検出可能な閾値を使用する。

*：「**【解説 9.2】** 米国における IDLH と空気呼吸具の使用の考え方」も参照

(2) 国内における化学物質の毒性限界の検討

我が国の原子力規制委員会における「原子炉制御室の居住性に係る有毒ガス影響評価に関する検討会」にて、NRA ガイドを検討する上で化学物質の毒性限界について審議されている。検討会では、化学物質の毒性限界として IDLH 値を用いる妥当性及び中枢神経に作用する物質の取扱いが審議され、国内における化学物質の毒性限界に反映されている。

(a) IDLH 値を用いる妥当性

検討会において、IDLH 値を判断基準として用いることについては以下のような見解が示されている。

- ① IDLH を設定する具体的根拠が明確になっており、保守的に設定されていることが確認された。

- ② AEGLs 又は ERPGs と比べても、IDLH は同等である。(解説表 6.8-2 参照)
- ③ 国内外において、規制等に適用されている。
- ④ IDLH は掲載された化学物質数が最も多い。
- ⑤ 30 分間のばく露における毒性濃度である。

(1)に示すように、米国規制ガイドにおける有毒ガス影響評価の判断基準として IDLH が使用されている。米国規制ガイドの改定にあたって、IDLH を判断基準として使用するためのレビューが行われ (ERPGs との比較も実施)、NUREG/CR-6624 に検討結果が示されている。これによれば、IDLH は、元々、呼吸具及び防護服の選択基準として設定されており、IDLH を判断基準として使用することは、呼吸具及び防護服の着用に適切な時間を提供する合理的な限度であり、運転員の防護に対する安全余裕を持っていると判断されている。また、国内においては、「石油コンビナートの防災アセスメント指針」²⁾において、IDLH 値は事故時の毒性ガスの基準として使用されている。

(b) 中枢神経に作用する物質の取扱い

検討会では、中央制御室居住性確保の判断基準に用いる毒性限度の考え方として、中枢神経に作用する物質の取扱いが指摘された。IDLH 値を判断基準とするが、IDLH 値の設定の根拠を確認すると、解説表 6.8-3 に示すように中枢神経に対する影響を考慮している物質と、そうでない物質がある。IDLH 値の設定において、中枢神経に対する影響が考慮されていない場合には、日本産業衛生学会の「許容濃度等の勧告」における「最大許容濃度」を用いるのが妥当と考えられる。「許容濃度等の勧告」において、最大許容濃度が設定されていない場合には、「文献等」を参考に、人の中枢神経に対する影響に関するデータに基づき、物質ごとに「運転員の判断能力等に支障を来さないと推定される濃度」を毒性限度値として設定することが妥当と考えられるとした。この「文献等」は、6.3(6)に示すものである。

参考文献

- [1] NUREG/CR-6624 “Recommendations for Revision of Regulatory Guide 1.78”, November 1999
- [2] 消防庁特殊災害室「石油コンビナートの防災アセスメント指針」(平成 25 年 3 月)

解説表 6.8-1 化学的毒物に対する毒性限界(R.G. 1.78 Rev.2)

| 化学物質 | 濃度限界 | | 化学物質 | 濃度限界 | |
|----------|-------|-------------------|----------|-------|-------------------|
| | ppm | mg/m ³ | | ppm | mg/m ³ |
| アセトアルデヒド | 2000 | 3600 | フッ素 | 25 | 50 |
| アセトン | 2500 | 6000 | ホルムアルデヒド | 20 | 24 |
| アクリルニトリル | 85 | 149 | ハロン 1211 | 20000 | |
| 無水アンモニア | 300 | 210 | ハロン 1301 | 50000 | |
| アニリン | 100 | 380 | ヘリウム | | 窒息性 |
| ベンゼン | 500 | 1600 | シアン化水素 | 50 | 55 |
| ブタジエン | 2000 | 4400 | 硫化水素 | 100 | 150 |
| ブテン | | 窒息性 | メチルアルコール | 6000 | 7800 |
| 二酸化炭素 | 40000 | 7360 | 窒素（加圧又は液 | | |
| 一酸化炭素 | 1200 | 1320 | 化) | | 窒息性 |
| 塩素 | 10 | 30 | 酸化ナトリウム | | 2 |
| エチルクロライド | 3800 | 9880 | 二酸化硫黄 | 100 | 520 |
| エチルエーテル | 1900 | 5700 | 硫酸 | | 15 |
| 二塩化エチレン | 50 | 200 | 塩化ビニル | 1000 | 2600 |
| 酸化エチレン | 800 | 720 | キシレン | 900 | 3915 |

解説表 6.8-2 代表的な急性毒性限度

| 急性の 毒性限度 | 作成機関 | 定 義 | 掲載 物質数 |
|---|---|--|----------------------------|
| IDLH (30分) | NIOSH 労働安全衛生研究所 | <ul style="list-style-type: none"> • 生命を脅かす又は回復不能な健康への影響を生じる可能性が高い、あるいは避難の能力を妨げる濃度 • 脱出を妨げる目及び呼吸器への刺激の予防も考慮されている | 383 |
| AEGL-2 (10分,30分, 1時間,4時間, 8時間) | EPA United States Environmental Protection Agency 米国環境保護庁 | <ul style="list-style-type: none"> • 回復不能又は重篤な健康影響が長期間持続する、あるいは避難の能力が低下する濃度 • 視覚及び呼吸器系への刺激も考慮したデータが用いられている | 176 (最終 AEGL* のみ) |
| AEGL-3 (10分,30分, 1時間,4時間, 8時間) | | <ul style="list-style-type: none"> • 生命を脅かす健康影響を生じる、又は死亡に至る濃度 | |
| ERPG-2 (1時間) | AIHA American Industrial Hygiene Association 米国工業衛生協会 | <ul style="list-style-type: none"> • 防護措置を取るための能力を低下させる重篤又は回復不能な健康影響及び症状を生じない最大限度濃度 • 視覚及び呼吸器系への刺激も考慮したデータが用いられている | 146 |
| ERPG-3 (1時間) | | <ul style="list-style-type: none"> • 生命を脅かす健康影響を生じない最大限度濃度 | |

注：IDLHは労働者の防護、AEGL及びERPGは一般公衆の防護を目的としている。

AEGL：Acute Exposure Guideline Levels EPRG：Emergency Response Planning Guidelines

*：最終AEGL；米国顧問委員会で承認されたもの

解説表 6.8-3 IDLH 値における中枢神経に対する影響の考慮

| | エタノールアミン | ヒドラジン | テトラクロロエチレン (発電所で保有) | トルエン (敷地外での保有を想定) | |
|--------------|--|---|--|--|---|
| 国際化学物質安全性カード | 蒸気は眼、皮膚及び気道を刺激する。中枢神経系に影響を与えることがある。意識が低下することがある。 | 吸入すると眼及び気道に腐食の影響が現われてから、肺水腫を引き起こすことがある。肝臓、中枢神経系に影響を与えることがある。ばく露すると、死に至ることがある。 | 眼、皮膚および気道を刺激する。中枢神経系に影響を与えることがある。高濃度でばく露すると、意識喪失を起こす場合がある。 | 眼および気道を刺激する。中枢神経系に影響を与えることがある高濃度でばく露すると、不整脈および意識喪失を引き起こすことがある。 | |
| IDLH | 基準値 | 30ppm | 50ppm | 150ppm | 500ppm |
| | 致死 (LC) データ | 1 時間の LC ₆₇ 値 (モルモット) が 233ppm 等 | 4 時間の LC ₅₀ 値 (マウス) が 252ppm 等 | 4 時間の LC ₅₀ 値 (ラット) が 4000ppm 等 [Carpenter et al. 1949] | 1 時間の LC ₅₀ 値 (ラット) が 26700ppm 超過等 [Benignus 1981] |
| | 人体のデータ | なし | なし | 20-30 分間の 206-235ppm ばく露によって、眼の刺激、鼻腔の鬱血、眩暈、眠気。106ppm ばく露では、軽微な眼の刺激のみ。 [Negherbon 1959] 等 | 3 時間 600ppm ばく露により、極度の疲労、精神錯乱、興奮、吐き気、頭痛、めまいが発生。 [von Oettingen et al. 1942] 等 |

中枢神経に対する影響を考慮なし

中枢神経に対する影響を考慮

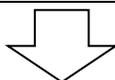
〔解説 6.9〕文献等に基づく有毒ガス防護判断基準値設定の例

図 2 に従い、有毒ガス防護判断基準値を設定した例として、〔解説 6.2〕で挙げた物質のうち、5 物質について設定例を解説表 6.9-1 に示す。なお同じ化学物質でも防護、判断の考え方により設定する値が異なる場合がある。メタノール、亜酸化窒素について設定例 2 件を示す。基準値設定の根拠としている参考文献 [2]～[6]の記載から、設定例 (4/7)、(6/7) は保守的に慢性的影響として捉え、一方、設定例 (5/7)、(7/7) では急性影響として捉えた基準値を設定している。

解説表 6.9-1 有毒ガス防護判断基準値の設定例(1/7)

(アンモニア)

| | | 記載内容 |
|--|-------------|--|
| 国際化学物質安全性カード ^[1] (短期ばく露の影響) (ICSC : 0414, 10月 2013) | | この液体が急速に気化すると、凍傷を引き起こすことがある。本物質は、眼、皮膚及び気道に対して、腐食性を示す。ばく露すると、のどが腫れ、窒息を引き起こすことがある。吸入すると、眼及び気道に腐食の影響が現れてから肺水腫を引き起こすことがある。 |
| IDLH (1994) | 基準値 | 300 ppm |
| | 致死 (LC) データ | 1時間の LC ₅₀ 値 (マウス) が 4230ppm 等 [Kapeghian et al., 1982] |
| | 人体のデータ | IDLH 値 300ppm はヒトの急性吸入毒性データに基づいている。 [Henderson and Haggard 1943; Silverman et al., 1946] 最大短時間ばく露許容値は 0.5-1 時間で 300-500ppm であると報告されている。 [Henderson and Haggard 1943] 500ppm に 30 分間ばく露された 7 人の被験者において呼吸数の変化及び中等度から重度の刺激が報告されている。 [Silverman et al., 1946] |
| | | IDLH 値があるが中枢神経に対する影響が明示されていない。 |



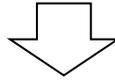
IDLH 値の 300ppm を有毒ガス防護判断基準値とする

〔 〕 : 有毒ガス防護判断基準値設定の直接的根拠

解説表 6.9-1 有毒ガス防護判断基準値の設定例(2/7)

(塩酸)

| | | |
|--|-------------|--|
| 国際化学物質安全性カード ^[1] (短期ばく露の影響) (ICSC : 0163, 11月 2016) | | 記載内容 |
| | | この液体が急速に気化すると、凍傷を引き起こすことがある。本物質は、眼、皮膚及び気道に対して、腐食性を示す。本ガスを吸入すると、喘息様反応 (RADS) を引き起こすことがある。ばく露すると、のどが腫れ、窒息を引き起こすことがある。高濃度で吸入すると、眼及び上気道に腐食の影響が現れてから、肺水腫を引き起こすことがある。高濃度を吸入すると、肺炎を引き起こすことがある。肺水腫の症状は、2～3時間経過するまで現れない場合が多く、安静を保たないと悪化する。従って、安静と経過観察が不可欠である。 |
| IDLH (1994) | 基準値 | 50 ppm |
| | 致死 (LC) データ | 1時間の LC ₅₀ 値 (マウス) 1108ppm 等 [Wohlslagel et al., 1976] |
| | 人体のデータ | IDLH 値 50ppm はヒトの急性吸入毒性データに基づいている。 [Flury and Zernik 1931; Henderson and Haggard 1943; Tab Biol Per 1933] |
| | | IDLH 値があるが中枢神経に対する影響が明示されていない。 |



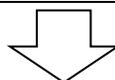
IDLH 値の 50ppm を有毒ガス防護判断基準値とする

 : 有毒ガス防護判断基準値設定の直接的根拠

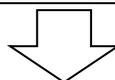
解説表 6.9-1 有毒ガス防護判断基準値の設定例(3/7)

(ヒドラジン)

| | | 記載内容 |
|--|-------------|--|
| 国際化学物質安全性カード ^[1] (短期ばく露の影響) (ICSC : 0281, 11月 2009) | | 本物質は、眼、皮膚および気道に対して、腐食性を示す。吸入すると、眼や気道に腐食の影響が現われてから肺水腫を引き起こすことがある。経口摂取すると、腐食性を示す。肝臓および中枢神経系に影響を与えることがある。ばく露すると、死を引き起こすことがある。 |
| IDLH (1994) | 基準値 | 50 ppm |
| | 致死 (LC) データ | 4時間のLC ₅₀ 値 (マウス) 252ppm等 [Comstock et al., 1954], [Jacobson et al., 1995] |
| | 人体のデータ | なし 中枢神経に対する影響を考慮していない。 |



| 出典 | | 記載内容 |
|--|--------|---|
| NIOSH | IDLH | 50ppm : 哺乳動物の急性吸入毒性データに基づく設定 |
| 日本産業衛生学会 | 最大許容濃度 | なし |
| 産業中毒便覧 ^[3] | | 人体に対する影響についての記載無し |
| 有害性評価書 ^[4] | | 対象 : 作業員 427 人 (6 か月以上作業従事者) ばく露期間 : 1945 - 1971 年 再現ばく露濃度 : 78 人 : 1 - 10ppm (時々100ppm), 残り : 1ppm 以下 発がんリスクの増加なし。肺がん, 他のタイプのがん, その他の原因による死亡率いずれも期待値の以内 (喫煙者数の調査実施は不明) [Wald et al., 1984, Henschler, 1985] |
| 許容濃度の提案理由 ^[5] (産衛誌 40 巻, 1998) | | ばく露期間 : 1945 - 1971 年 環境濃度 : 1 - 10ppm (時々100ppm) 427 人の作業員をばく露濃度別使用期間別に分け, 1971 年から 1982 年まで追跡調査したところ, ばく露に由来すると思われる発癌率の上昇あるいは癌以外の死亡においても非ばく露集団とのあいだに差はみとめられなかった。 [Wald et al., 1984] この研究は 1 - 10ppm 程度のばく露では健康影響が認められない事を示唆している。 |
| 化学物質安全性 (ハザード) 評価シート | | なし |



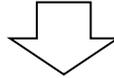
10ppm を有毒ガス防護判断基準値とする

 : 有毒ガス防護判断基準値設定の直接的根拠

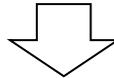
解説表 6.9-1 有毒ガス防護判断基準値の設定例(4/7)

(メタノール：慢性的影響の防護判断基準値)

| | | 記載内容 |
|---|-------------|--|
| 国際化学物質安全性カード ^[1] (短期ばく露の影響) (ICSC : 0057, 5月 2018) | | 本物質は、眼、皮膚および気道を刺激する。中枢神経系に影響を与えることがある。意識喪失を生じることがある。曝露すると、失明および死を引き起こすことがある。これらの影響は、遅れて現われることがある。医学的な経過観察が必要である。 |
| IDLH (1994) | 基準値 | 6000 ppm |
| | 致死 (LC) データ | 2時間の LC ₅₀ 値 (マウス) 37594ppm 等 [Izmerov et al., 1982] |
| | 人体のデータ | なし 中枢神経に対する影響を考慮していない。 |



| 出典 | | 記載内容 |
|--|------------------------------------|--|
| NIOSH | IDLH | 6000ppm : 哺乳動物の急性吸入毒性データを基に設定 |
| 日本産業衛生学会 | 最大許容濃度 | なし |
| 産業中毒便覧 (増補版) ^[3] (7月 1992) | | メチルアルコールガスに繰り返しばく露して生じる慢性中毒症状は、結膜炎、頭痛、眩暈、不眠、胃腸障害、視力障害などである。気中濃度が 200ppm 以下であれば、産業現場における中毒はほとんど起こらない。 |
| | 有害性評価書 ^[4] | なし |
| | 許容濃度の提案理由 ^[5] (1963) | アメリカ (ACGIH), 英国 (ICI), 独逸, イタリアでは 200ppm の数値をあげている。この数値を訂正すべき資料がないので、当分の間これを採用することとする。 |
| | 化学物質安全性 (ハザード) 評価シート | なし |



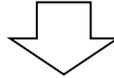
200ppm を有毒ガス防護判断基準値とする

[] : 有毒ガス防護判断基準値設定の直接的根拠

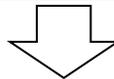
解説表 6.9-1 有毒ガス防護判断基準値の設定例(5/7)

(メタノール：急性的影響の防護判断基準値)

| | | 記載内容 |
|---|-------------|--|
| 国際化学物質安全性カード ^[1] (短期ばく露の影響) (ICSC : 0057, 5月 2018) | | 本物質は、眼、皮膚および気道を刺激する。中枢神経系に影響を与えることがある。意識喪失を生じることがある。曝露すると、失明および死を引き起こすことがある。これらの影響は、遅れて現われることがある。医学的な経過観察が必要である。 |
| IDLH (1994) | 基準値 | 6000 ppm |
| | 致死 (LC) データ | 2時間の LC ₅₀ 値 (マウス) 37594ppm 等 [Izmerov et al., 1982] |
| | 人体のデータ | なし 中枢神経に対する影響を考慮していない。 |



| 出典 | | 記載内容 |
|--|--------|---|
| NIOSH | IDLH | 6000ppm : 哺乳動物の急性吸入毒性データを基に設定 |
| 日本産業衛生学会 | 最大許容濃度 | なし |
| 産業中毒便覧 (増補版) ^[3] (7月 1992) | | メチルアルコールガスに繰り返しばく露して生じる慢性中毒症状は、結膜炎、頭痛、眩暈、不眠、胃腸障害、視力障害などである。気中濃度が 200ppm 以下であれば、産業現場における中毒はほとんど起こらない。 動物の中枢神経影響に係る吸入毒性情報としては、8時間×8800ppm が最小の影響濃度 (軽い麻痺作用) とされている。当該情報から時間換算係数及び UF (不確実係数) を考慮すると IDLH 相当値は 2200ppm となる。 ^{*1} |
| 有害性評価書 ^[4] | | なし |
| 許容濃度の提案理由 ^[5] (1963) | | アメリカ (ACGIH), 英国 (ICI), 独乙, イタリアでは 200ppm の数値をあげている。 |
| 化学物質安全性 (ハザード) 評価シート | | なし |



2200ppm を有毒ガス防護判断基準値とする

動物の中枢神経影響に係る吸入毒性情報としては、8時間×8800ppm が最小の影響濃度 (軽い麻痺作用) とされている。当該情報から時間換算係数及び UF (不確実係数) を考慮すると IDLH 相当値は 2200ppm となる。^{*1} : 有毒ガス防護判断基準値設定の直接的根拠

※1 : IDLH の算出方法については、「Derivation of Immediately Dangerous to Life or Health (IDLH) Values, NIOSH (米国国立労働安全衛生研究所)」に詳細が記載されており、以下の式で求めることとしている。また、各係数の算出方法についても記載されている。

$$\begin{aligned}\text{IDLH Value} &= \text{POD} \div \text{UF (不確実係数)} \times \text{時間換算係数} \\ &= 8800(\text{ppm}) \div 10 \times 2.5 = 2200\text{ppm}\end{aligned}$$

・ POD :

動物試験及びヒトの疫学調査などから得られた用量－反応評価の結果において、毒性反応曲線の基準となる出発点の値 (8800ppm)

・ UF (不確実係数) :

動物試験及びその他の情報に基づいて設定する不確実係数 (10)

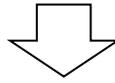
・ 時間換算係数 :

30 分の毒性値に換算する際に用いる係数で、濃度のばく露時間の関係式 (濃度の 3 乗×時間＝一定) から算出 $(480 \text{ 分} / 30 \text{ 分})^{1/3} \doteq 2.5$

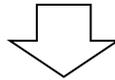
解説表 6.9-1 有毒ガス防護判断基準値の設定例(6/7)

(亜酸化窒素：慢性的影響の防護判断基準値)

| | | |
|---|------------------------------|--|
| 国際化学物質安全性カード ^[1] (短期ばく露の影響) (ICSC : 0067, 6月 2015) | | 記載内容 液体は、凍傷を引き起こすことがある。中枢神経系に影響を与えることがある。意識低下を生じることがある。 |
| ばく露 限界値 | IDLH | なし |
| | 日本産業衛生学会 最大許容濃度 | なし |
| | TLV-TWA(8時間の時間荷重平均の作業環境許容濃度) | 50ppm |



| 出典 | 記載内容 |
|--|---|
| 人体に対する影響 Hazardous Substances Data Bank (HSDB) (U.S. National Library of Medicine "TOXNET DATABASE"2016) ^[6] | ・亜酸化二窒素は無害であり、気道に刺激を与えないが、50ppm を超える濃度では、機敏性、認知性、運動及び視聴覚機能が低下する。 ・8時間の時間荷重平均 (TWA) : 50ppm ・職業的ばく露限界の推奨値：TLV-TWA*を超えない場合でも、1日の合計30分以内で TLV-TWA の3倍(150ppm)を超えてはならず、TLV-TWA の5倍を超える状況があってはならない。 ※：慢性毒性の基準 |



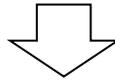
50ppm を有毒ガス防護判断基準値とする

 : 有毒ガス防護判断基準値設定の直接的根拠

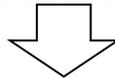
解説表 6.9-1 有毒ガス防護判断基準値の設定例(7/7)

(亜酸化窒素：急性的影響の防護判断基準値)

| | | |
|---|------------------------------|--|
| 国際化学物質安全性カード ^[1] (短期ばく露の影響) (ICSC：0067, 6月 2015) | | 記載内容 液体は、凍傷を引き起こすことがある。中枢神経系に影響を与えることがある。意識低下を生じることがある。 |
| ばく露 限界値 | IDLH | なし |
| | 日本産業衛生学会 最大許容濃度 | なし |
| | TLV-TWA(8時間の時間荷重平均の作業環境許容濃度) | 50ppm |



| | |
|--|--|
| 出典 | 記載内容 |
| 産業中毒便覧(増補版) (7月 1992) | 90%以上のガスで深麻酔を起こさせる。 |
| 人体に対する影響 Hazardous Substances Data Bank (HSDB) (U.S. National Library of Medicine "TOXNET DATABASE"2016) ^[6] | <ul style="list-style-type: none"> ・亜酸化二窒素は無害であり、気道に刺激を与えないが、50ppmを超える濃度では、機敏性、認知性、運動及び視聴覚機能が低下する。 ・8時間の時間荷重平均(TWA)：50ppm ・職業的ばく露限界の推奨値：TLV-TWA※を超えない場合でも、1日の合計30分以内でTLV-TWAの3倍(150ppm)を超えてはならず、TLV-TWAの5倍を超える状況があってはならない。 ※：慢性毒性の基準 |



150ppm を有毒ガス防護判断基準値とする

 : 有毒ガス防護判断基準値設定の直接的根拠

参考文献

- [1] International Chemical Safety Cards, ILO
- [2] Documentation for Immediately Dangerous To Life or Health Concentrations (IDLHs), NIOSH, (1994)
- [3] 産業中毒便覧（増補版）（1992）
- [4] 有害性評価書，化学物質評価研究機構
- [5] 許容濃度の提案理由，産業衛生学雑誌
- [6] Hazardous Substances Data Bank (HSDB), U.S. National Library of Medicine “TOXNET DATABASE” (2016).

〔解説 7.1〕破断口からの漏えい、プール形成、蒸発等の評価の例

有毒ガスの大気中への放出形態は、貯蔵されている有毒化学物質の性状に応じて評価できる（例えば、液体で保管されている場合、液体で放出されプールを形成し蒸発する等）。また、規格基準に準拠して製作・試験が行われ、固縛等により保管されている容器であれば、容器自体の大規模な破損は考え難い。全量放出を想定した場合でも、現実的な放出形態は接続配管の損傷等による漏えいとなる可能性が高い。このような破断口からの漏えい流量は、以下の式で評価できる。[1]

気体放出（流速が音速以上 ($p_o/p \leq \gamma_c$) の場合）

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

気体放出（流速が音速未満 ($p_o/p > \gamma_c$) の場合）

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

- 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_o : 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)

液体放出

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

$$q_G = q_L f \rho_L$$

- q_L : 液体流出率(m³/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_o : 大気圧力(=0.101MPa=0.101×10⁶Pa)
- ρ_L : 液密度(kg/m³)
- g : 重力加速度(=9.8m/s²)
- 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

液体については、形成されるプールの広がり面積、温度等に応じた蒸発率で蒸発するものとし、固定源の場合は防液堤の形状等(例えば、防液堤の容積及び材質、排液口の有無)、可動源の場合(防液堤がない場合)は解説 7.3 等を参考に、想定する液だまりの厚さを設定し、広がり面積を算出する。

プールからの蒸発率は、以下の式で評価できる。^[2]

蒸発率 E

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

物質移動係数 K_M

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

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

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

$$D_{H_2O} = D_o \times \left(\frac{T}{273.15} \right)^{1.75} \quad (\text{m}^2/\text{s})$$

補正蒸発率 E_c

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

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/kmol·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) |
| $M_{W_{H_2O}}$ | : 水の分子量(kg/kmol) |
| M_{W_m} | : 化学物質の分子量(kg/kmol) |
| D_o | : 水の拡散係数(=2.2×10 ⁻⁵ m ² /s) |

なお、物性値については、文献[3],[4]等が参考にできる。

参考文献

- [1] 石油コンビナートの防災アセスメント指針, 消防庁 (2013)
- [2] Evans, M., Modeling Hydrochloric Acid Evaporation in ALOHA, NOAA, HMRAD 93-3 (1993)
- [3] International Chemical Safety Cards, ILO
- [4] Perry's Chemical Engineers' Handbook, 9th ed. McGraw-Hill (2018)

〔解説 7.2〕広がり面積(液だまり厚さ)の評価の例

液体状の有毒化学物質が漏えいする事象で堰がない場合の広がり挙動(液だまり厚さ)については、解析コードにおける設定の検討、試験との比較が行われている。評価例を解説表 7.2-1 に示す。[1]-[4]

液だまり厚さは 5 mm～10 mm と設定されている例が多い。広がり面積に比例する蒸発率が大きく評価結果が厳しくなる液だまり厚さとしては、上記のような知見の範囲で小さい値(例えば 5 mm)とすることが考えられる。なお、蒸発率が大きいと放出継続時間は短くなるため、評価結果に対する液だまり厚さの総合的な感度は比較的小さい。

解説表 7.2-1 液だまり厚さの評価例

| 文献 | 内容 | 液だまり厚さの扱い |
|-----|-----------------------------------|--------------------------------------|
| [1] | 有毒化学物質放出事故時の影響 評価コード ALOHA の説明 | 厚さが 5 mm となった時点で、プールの広がりが止まると想定している |
| [2] | 中央制御室の居住性評価コード HABIT の説明 | 厚さを 10 mm とした場合を、プールの最大広がり面積と想定している |
| [3] | 液状化学物質放出時の挙動評価 コード GASP の検証 | 実験との比較では、厚さを 10 mm と想定した場合によい一致がみられた |
| [4] | 有毒化学物質放出事故時の影響 評価方法 | 実用的な評価で想定する最小厚さとして 5 mm を提示している |

参考文献

- [1] Jones, R. et al., ALOHA 5.4.4 Technical Documentation, NOS OR&R 43, National Oceanic and Atmospheric Administration (2013)
- [2] Tomon, J. J. et al., HABIT 2.2 Description of Models and Methods, NUREG-2244, USNRC (2021)
- [3] Webber, D., and Jones, S., A Model of Spreading Vaporising Pools, International Conference on Vapour Cloud Modeling (1987)
- [4] The Netherlands Organization of Applied Scientific Research (TNO), Methods for the Calculation of Physical Effects - due to Releases of Hazardous Materials (Liquids and Gases) - (2005)

〔解説 7.3〕有毒ガスの放出の評価

単位時間当たりの流量は少ないが長時間に渡るような放出の態様に係る海外及び国内での扱いの関係性について〔参考 7.1〕に示す。

〔解説 7.4〕原子炉制御室等外評価点の選定

原子炉制御室等外評価点は、原子炉制御室、緊急時制御室及び緊急時対策所の外気取入口が設置されている点を選定する。

有毒ガスの発生時に外気を取り入れている場合には主に外気取入口を介して、原子炉制御室等の属する建屋外から原子炉制御室等内に有毒ガスが取り込まれることが考えられる。

外気を取り込んでいる時の影響評価は、原子炉制御室等の換気空調設備の運転モードは、通常運転モードによって原子炉制御室内等に取り込まれると仮定し保守的に評価してもよい。

さらに敷地内の可動源の場合は、有毒化学物質ごとに想定された輸送ルート上で有毒ガス濃度を評価した結果の中で、最も高い濃度を設定する。

〔解説 7.5〕大気拡散モデルについて

有毒ガスの性状、放出形態に応じて、大気拡散モデルが適切に用いられることが求められている。この有毒化学物質の大気拡散評価は、大気中に放出された物質が大気拡散される現象であり、放射性物質の大気拡散評価と同様と考えられることから、「**発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針**」及び「**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))**」に示されるガウスプルームモデルがよく用いられている。

また、諸外国では有毒化学物質に対する漏えい・放出に対する影響を評価するコードとして、(1)～(3)に示す HABIT、ALOHA、GASP 等の解析ソフトウェアがある。これらの解析ソフトウェアでは、有毒ガスの性状、放出形態等に応じてモデルを選択できるものが多い。そこで、一般に多く用いられているガウスプルームモデルと他の解析ソフトウェアのモデルにおいて、実際の事故事例の解析を比較^[1]している。このような比較結果では、ガウスプルームモデルが一般に保守的な評価傾向を示している。また、米国 NRC が開発した HABIT について、NUREG/CR-6210^[2]では、ガウスプルームモデルとパフモデルが選択でき、ガウスプルームモデルは許認可、パフモデルは緊急時対応で用いることが記載されている。

(1) HABIT^[2] [3]

解析ソフトウェア「HABIT (Computer Codes for Evaluation of Control Room Habitability)」は、事故時に放出した有毒化学物質及び放射性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。

HABIT1.1 は、事故時に放出した有毒化学物質の中央制御室の居住性評価をするため、2つの計算モジュールを用いている。

- ・ EXTRAN (external transport computer code) は、貯蔵タンクの破損又は漏えいによる化学物質の放出率を定め、中央制御室へ吸入口に達するまでの大気拡散を評価する。
- ・ CHEM (CR chemical computer code) は、EXTRAN より求めた化学物質濃度が中央制御室内の流れによる拡散をモデル化し、中央制御室員に対する化学物質へのばく露を評価する。

HABIT1.2 は、計算機の使用条件、ユーザーインターフェースの改良版である。HABIT1.2 について、NRC スタッフは、ACRS から高密度ガスの挙動評価について継続的に指摘を受け、HABIT2.0 に反映した。HABIT2.0 には、DEGADIS と SLAB モジュールが組み込まれている。DEGADIS は、米国環境保護庁 (EPA : Environmental Protection Agency) の DEGADIS (DENSE GAs DISPERSION Model) コードであり、米国エネルギー省の高密度ガスに関する大気拡散モデルコード(SLAB)に対応している。現在、インターフェイスを改良した最新版が、HABIT2.2 である。

(2) ALOHA^[4]

解析ソフトウェア「ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres)」は、米国環境保護庁 (EPA) 及び米国海洋大気庁 (NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration) 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。

当初の目的は、化学物質の漏えいによる共通ハザードについて、空間的な影響範囲の予測を救急救命士のために準備したものである。ALOHA の開発チームは、ALOHA がトレーニング及び災害対策のために適用できるツールであることを認識し、ユーザはこの当初の目的を意識すべきである。ALOHA は、揮発性で可燃性の化学物質の短期の放出事故によるハザードの空間的な影響範囲を予測することができる。また、ALOHA は、有毒化学物質の蒸気の吸入、化学火災による熱輻射、爆発による衝撃波の影響から、特に人間の健康に及ぼすハザードに対応している。

(3) GASP^[5]

解析ソフトウェア「GASP (Gas Accumulation over Spreading Pools)」は、英国安全衛生庁 (HSE : Health and Safety Executive) が開発した地上、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 モデルは、

TNO Yellow Book^{[6]*}で推奨されており、地上、水面の平らな下層面の液体プールから蒸発率が予測できる。GASP モデルは、LNG (liquefied natural gas) 漏えいモデルのベースとなっている。

*：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手法を記載している。

参考文献

- [1] Hanna, S. et al., Comparison of Six Widely-Used Dense Gas Dispersion Models for Three Recent Chlorine Railcar Accidents, January 2008
- [2] NUREG/CR-6210 “Computer Codes for Evaluation of Control Room Habitability (HABIT)”, June 1996
- [3] NUREG-2244 “HABIT 2.2 Description of Models and Methods”, May 2021
- [4] ALOHA® (AREAL LOCATIONS OF HAZARDOUS ATMOSPHERES) 5.4.4, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), November 2013
- [5] Modelling of liquid hydrogen spills, The Health and Safety Executive (HSE), 2014
- [6] Methods for the calculation of physical effects –due to releases of hazardous materials (liquids and gases)- ‘Yellow Book’, TNO The Netherlands Organization of Applied Scientific Research, Third edition Second revised print 2005

〔解説 7.6〕原子炉施設周辺の建屋影響による拡散

放出点から比較的近距离の場所では、建屋の風下側における風の巻き込みによる影響が顕著となると考えられ、放出点と巻き込みを生じる建屋及び評価点との位置関係によっては、建屋の影響を考慮して大気拡散の計算をする必要がある。

参考文献[1]、[2]は、LOCA 時の排気筒、SGTR 時の大気放出弁（BWR では「主蒸気管破断時の地上放出」）という中央制御室から比較的近距离の放出点からの放射性物質の放出を想定した場合での中央制御室の居住性を評価するための評価手法等を定めたものであり、評価の前提となる評価点と放出点の位置関係など有毒ガスの大気拡散の評価においても相違ないため、適用できる。

中央制御室等の有毒ガス評価においては、放出点と巻き込みを生じる建屋及び評価点との位置関係について、以下に示す条件すべてに該当した場合、放出点から放出された有毒ガスは建屋の風下側で巻き込みの影響を受け拡散し、評価点に到達するものとする。放出点から評価点までの距離は、保守的な評価となるように水平距離を用いる。

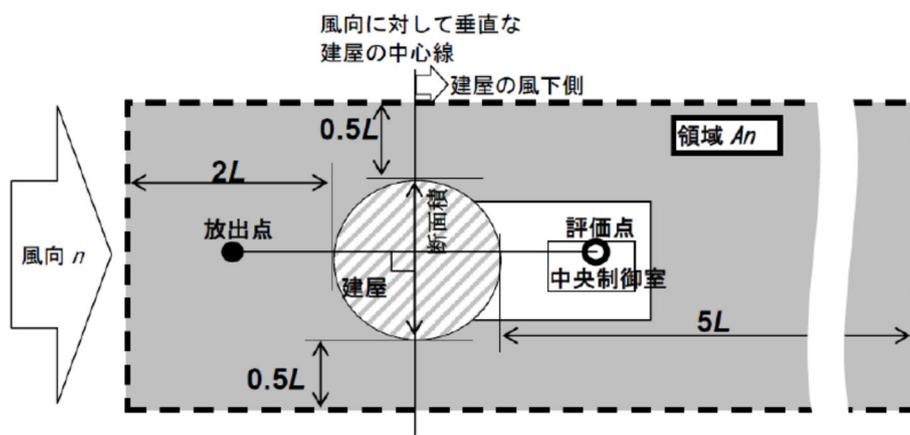
- 1) 放出点の高さが建屋の高さの 2.5 倍に満たない場合
- 2) 放出点と評価点を結んだ直線と平行で放出点を風上とした風向 n について、放出点の位置が風向 n と建屋の投影形状に応じて定まる一定の範囲（解説図 7.6-1 の領域 A_n ）の中にある場合

3) 評価点が、巻き込みを生じる建屋の風下側にある場合

上記の三つの条件のうちの一つでも該当しない場合には、建屋の影響はないものとして大気拡散評価を行うものとする。

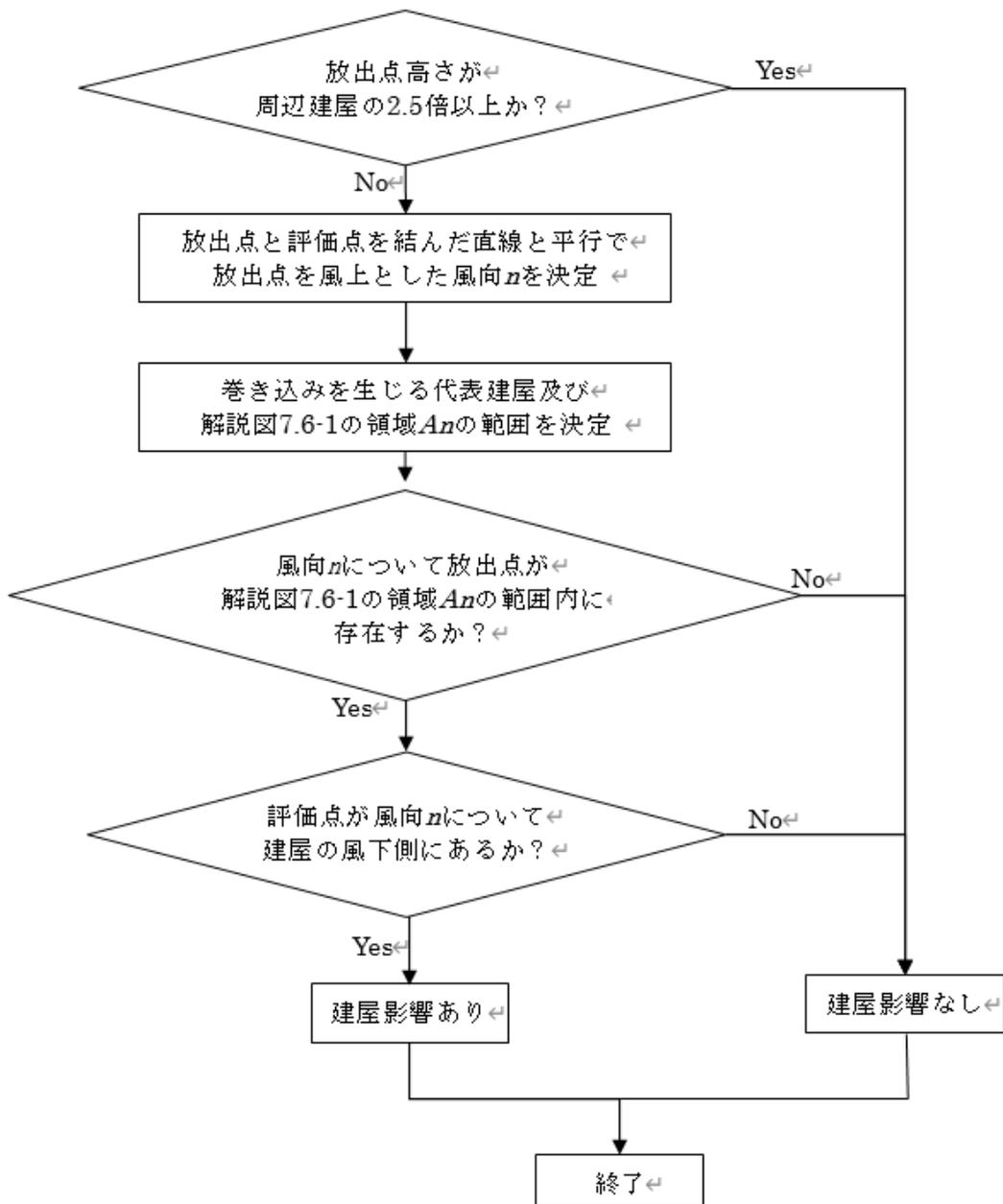
建屋の影響の有無の判断手順を解説図 7.6-2 に示す。

また、建屋巻き込みを生じる建屋として、放出源の近隣に存在するすべての建屋が対象となるが、巻き込みの影響が最も大きいと考えられる一つの建屋を代表として選定する。



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

解説図 7.6-1 建屋影響を考慮する条件(水平断面での位置関係)



解説図 7.6-2 建屋影響の有無の判断フロー

参考文献

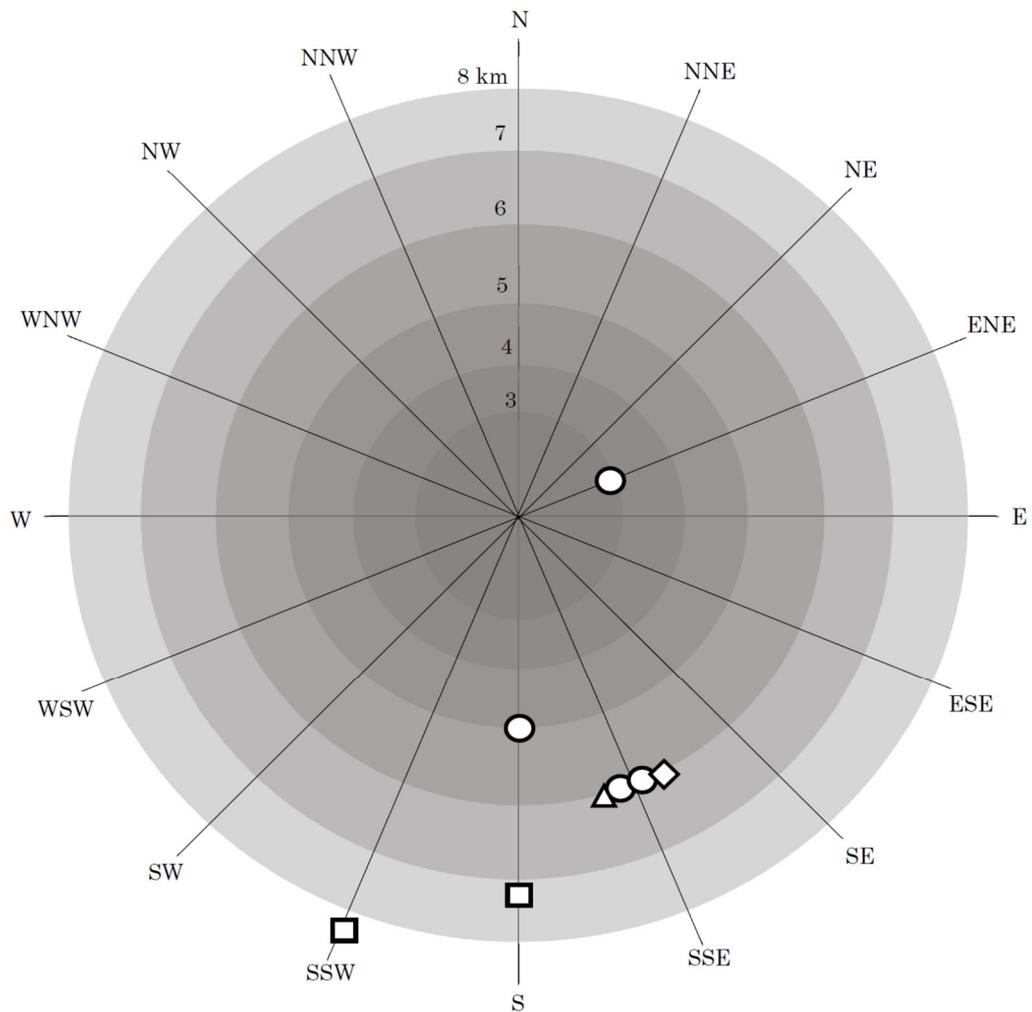
- [1] 原子力発電所中央制御室の居住性に係る被ばく評価手法について(内規)平成 21・07・27
原院第1号(平成 21 年 8 月 12 日 原子力安全・保安院)
- [2] 日本電気協会電気技術規程 JEAC4622-2009「原子力発電所中央制御室運転員の事故時
被ばくに関する規程」

〔解説 7.7〕敷地内外の複数の固定源からの有毒ガスの重ね合わせ

有毒ガスの発生事象としては、固定源の同時損傷の可能性は極めて低いと考えられるが、複数固定源からの同時損傷を想定し、有毒ガスの重ね合わせを評価する。

ガウスプルームモデルを用いた評価において、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（16 方位のうちの）1 方位及びその隣接方位に敷地内外の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ことは保守的な結果を与えると考えられる。評価点と個々の固定源の位置関係、風向等を考慮した、より現実的な濃度の重ね合わせ評価を実施する場合には、その評価手法が妥当性を有したものであることを確認する。なお、敷地内可動源については、敷地内外の固定源との重ね合わせは考慮しなくてもよい。

評価事例として、解説図 7.7-1 に示すような評価条件において、解説表 7.7-1 に示すように各固定源による有毒ガス影響評価結果が得られた。この場合、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と解説表 7.7-2 の結果となる。



| 有毒化学物質 | 貯蔵量 (kg) | 着目方位 | 距離 (km) |
|---------|----------|------|---------|
| ○ アンモニア | 500 | SSE | 6.0 |
| | 500 | ENE | 3.0 |
| | 8000 | S | 5.0 |
| | 7580 | SSE | 6.0 |
| △ 塩酸 | 300 | SSE | 6.0 |
| ◇ メタノール | 64 | SSE | 6.0 |
| □ 亜酸化窒素 | 240 | SSW | 8.4 |
| | 150 | S | 7.2 |

* : 評価点から発生源を見た方位

解説図 7.7-1 固定源による有毒ガス影響評価条件の例

解説表 7.7-1 固定源による有毒ガス影響評価結果の例

| 固定源 | 着目方位 | 評価結果 | |
|-------|------|------------------------|------------------------|
| | | 外気取入口濃度 (ppm) | 判断基準値との比 |
| アンモニア | SSE | 1.7 | 5.7×10^{-3} |
| | ENE | (6.5×10^{-1}) | (2.2×10^{-3}) |
| | S | 6.0×10^{-1} | 2.0×10^{-3} |
| | SSE | 4.8×10^{-1} | 8.6×10^{-2} |
| 塩酸 | SSE | 2.6×10^{-1} | 9.5×10^{-3} |
| メタノール | SSE | 1.2×10^{-1} | 5.3×10^{-5} |
| 亜酸化窒素 | SSW | 5.6×10^{-3} | 3.8×10^{-5} |
| | S | 3.1×10^{-3} | 2.1×10^{-5} |

注：影響が最大となる着目方位（SSE, S, SSW）の評価結果，（ ）は着目方位外

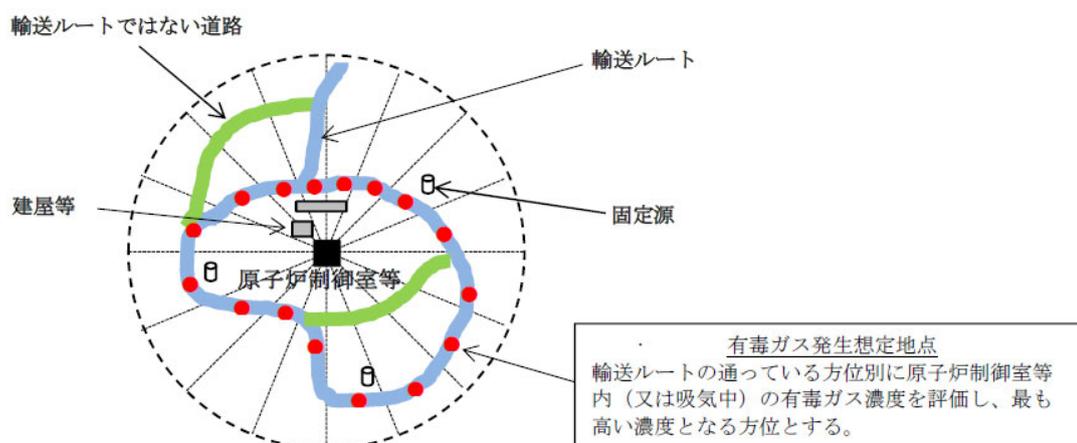
解説表 7.7-2 複数の固定源からの有毒ガスの重ね合わせ結果の例

| 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の合計 | 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 | — | — | — |

注：固定源のない着目方位に「—」を記載

〔解説 7.8〕敷地内可動源からの有毒ガス発生想定地点の例

原子炉制御室等の評価点を中心とした 16 方位のうち可動源の輸送ルートを通る方位を確認する。各方位において評価点からの距離が最短となる地点において、最も大きな輸送容器が損傷し、容器に貯蔵された有毒化学物質の全量放出により発生する有毒ガスの放出を想定する。評価点における有毒ガス濃度評価を実施し、防護判断基準値を下回ることを確認する。有毒ガス発生想定地点の例を解説図 7.8-1 に示す。



解説図 7.8-1 敷地内可動源からの有毒ガス発生想定地点の例(有毒ガス防護に係る影響評価ガイド(平成 29 年 4 月 5 日 原子力規制委員会決定, 一部改正令和 4 年 7 月 19 日))

〔解説 8.1〕外気遮断時の原子炉制御室等外評価点の選定

原子炉制御室等外評価点は、外気取入時はスクリーニング評価時と同様に原子炉制御室、緊急時制御室及び緊急時対策所の外気取入口が設置されている点を選定するが、外気遮断時は、特定された発生源（固定源及び可動源）から最も近い原子炉制御室等バウンダリ位置を評価点として選定する。

なお、外気遮断時の評価においては、インリークによって、原子炉制御室等の属する建屋外から原子炉制御室等内に有毒ガスが取り込まれることを考慮する必要がある。原子炉制御室等の換気空調設備の運転モードに応じて、インリーク^{*}により原子炉制御室等に有毒ガスが取り込まれることを想定し、外気を遮断する前に原子炉制御室等に取り込まれたガスと合わせて室内の運転・対処要員の吸気中の濃度を評価する。

※ 原子炉制御室の場合であれば、解説 8.2 に記載の空気流入率試験の結果を踏まえ設定されたインリーク率による。

さらに有毒ガス発生想定地点が敷地内可動源の場合は、スクリーニング評価時と同様に有毒化学物質ごとに想定された輸送ルート上で有毒ガス濃度を評価した結果の中で、最も高い濃度を設定し、運転・対処要員の吸気中の濃度を評価する。

〔解説 8.2〕空気流入率測定試験

空気流入率測定試験については、「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 年 8 月 12 日」の別添資料「原子力発電所の中央制御室の空気流入率測定試験手法」、及び JEAC4622-2009「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規定」の附属書(規定)「中央制御室運転員の事故時被ばく評価方法及び空気流入率測定試験手順」に示されている方法が適用できる。

〔解説 9.1〕有毒ガスの発生及び到達を検出し警報する装置

技術基準規則の解釈の別記-9 では、以下が要求されている。また、本技術資料を具体的に適用するための助けとなることを意図し、別記-9 の別表「技術基準規則の規定と要求事項との対応関係」を参考として解説表 9.1-1 に示す。

(1) 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

- ① 工場等内における有毒ガスの発生源（固定されているものに限る。）の近傍に、有毒ガスの発生又は発生の兆候を検出する検出装置を設置すること。
- ② 有毒ガスの到達を検出するために、原子炉制御室近傍に検出装置を設置すること。
- ③ 有毒ガスの到達を検出するために、緊急時対策所近傍に検出装置を設置すること。
- ④ 有毒ガスの到達を検出するために、緊急時制御室近傍に検出装置を設置すること。

(2) 当該装置が有毒ガスの発生を検出した場合に自動的に警報するための装置

- ① 原子炉制御室には、(1)①から④に掲げる検出装置からの信号を受信して原子炉制御室で自動的に警報する警報装置を設置すること。
- ② 緊急時対策所には、(1)③に掲げる検出装置からの信号を受信して緊急時対策所で自動的に警報する警報装置を設置すること。
- ③ 緊急時制御室には、(1)①から④に掲げる検出装置からの信号を受信して緊急時制御室で自動的に警報する警報装置を設置すること。

有毒ガスの発生を検出する装置については、必ずしも有毒ガスの発生そのものではなく、有毒ガスの発生の兆候を検出することとしてもよい。例えば、検出装置として貯蔵タンクの液位計を用いており、当該液位計の故障等によって原子炉制御室及び緊急時制御室への信号が途絶えた場合、その信号の途絶を貯蔵タンクの損傷とみなし、有毒ガスの発生の兆候を検出したとしてもよい。

有毒ガスの到達を検出するための装置については、検出装置の応答時間を考慮し、防護措置のための時間的余裕が見込める場合は、可搬型でもよい。また、当該装置に警報機能がある場合は、その機能をもって有毒ガスの到達を警報する装置としてもよい。

敷地内可動源については、人による認知が期待できることから、発生及び到達を検出する装置の設置は求めない。

有毒ガスが検出装置に到達してから、検出装置が応答し警報装置に信号を送るまでの時間は、その後の対応等に要する時間を考慮しても、必要な時間までに換気空調設備の隔離が行えるものとする。

なお、スクリーニング評価の結果、敷地内の対象となる発生源（固定源）がない場合には、検出装置及び警報装置の設置は不要とすることができる。

解説表 9.1-1 「技術基準規則」に記載されている警報に関わる要求事項

| | 以下の場所に検出装置を設置すること。 | | | | 以下の場所に設置した検出装置からの信号を受信し、警報する装置を設置すること。 | | | |
|---|--------------------|----------|----------|----------|--|----------|----------|----------|
| | 発生源の近傍 | 原子炉制御室近傍 | 緊急時対策所近傍 | 緊急時制御室近傍 | 発生源の近傍 | 原子炉制御室近傍 | 緊急時対策所近傍 | 緊急時制御室近傍 |
| (原子炉制御室等) 第三十八条 5 (前略) 次の各号に掲げる場所の区分に応じ、当該各号に定める防護措置を講じなければならない。 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 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の設置 二 (略) | ○ | ○ | — | — | ○ | ○ | ○ | ○ |
| (緊急時対策所) 第四十六条 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の設置その他の適切な防護措置を講じなければならない。 | ○ | — | ○ | — | — | — | ○ | — |
| (特定重大事故等対処施設) 第五十三条 二 原子炉格納容器の破損を防止するために必要な設備を有すること。(※) | ○ | — | — | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

凡例

- ：それぞれの条文において要求するもの
- ：それぞれの条文において要求しないもの
- ※ 緊急時制御室の要求事項に限る。

〔解説 9.2〕米国における IDLH と空気呼吸具の使用の考え方

「米国規制ガイド(R.G. 1.78 Rev.2)」で示されている空気呼吸具の使用開始までの目標時間（2分以内）は、IDLH 値が 30 分間のばく露を想定したものであることから、仮にこの濃度の有毒ガスにばく露した場合でも速やかに空気呼吸具の使用を開始すれば十分な安全余裕が確保できる（平均的な人間は身体に支障をきたさずに IDLH 値濃度で 2 分間は耐えられる。）ことを意味している。

なお、実際の装着までに要する時間を評価する場合には、以下を考慮する必要がある。

- ① 有毒ガス検出場所と居住性評価点までの到達時間
- ② 空気呼吸具等の保管場所から装着場所までの運搬時間
- ③ 空気呼吸具等の着用時間

〔解説 9.3〕有毒ガスばく露下で作業を行う要員の装備

有毒ガスの発生時に有毒ガスばく露下での作業（漏えいした有毒化学物質の中和等）を行う予定の要員についても、手順及び実施体制を整備すべき対象に含まれることから、空気呼吸具等及び必要な作業時間分の空気ボンベ等の容量が配備されていることを確認する。

〔解説 9.4〕敷地外において発生する有毒ガスの認知

敷地外の対象発生源で、有毒ガスの種類が特定できるものについて、有毒ガス影響評価において、有毒ガスの到達と敷地外からの連絡に見込まれる時間の関係などにより、防護措置の一部として、当該発生源からの有毒ガスの到達を検出するための設備等を前提としている場合には、妥当性の判断において、講じられた防護措置を確認する。

〔解説 9.5〕予期せず発生する有毒ガスの検知

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など、予期せず発生する有毒ガスが及ぼす影響により、原子炉制御室、緊急時制御室の運転員及び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のうち初動対応を行う要員の対処能力が著しく損なわれることがないように、対策する。

予期せず発生する有毒ガスの検知については、有毒ガスの種類と量が特定できないものもあり、その場合、検出装置の設置は困難なことから、人による異常の認知（例えば、臭気での検出、動植物等の異常の発見等）によるものとする。

〔解説 9.6〕空気ポンベの容量

原子炉制御室，緊急時制御室の運転員及び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のうち初動対応を行う要員に対して，必要人数分の空気呼吸具等を配備し，防護のための実施体制及び手順を整備する。

さらには，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を整備する。

各拠点の要員数に応じ，予期せず発生する有毒ガスから，一定期間防護が可能となるよう，必要となる空気ポンベの数量を確保し，所定の場所に配備する。また，通常の業務に支障がなく，かつ緊急時に迅速な装着を可能にする，各拠点付近の保管空間の確保が必要である。

以下に，防護のための実施手順及び空気呼吸具，空気ポンベの必要配備数量の計算例を示す。

○実施手順（例）

- (1) 臭気等により異常を認知した場合，発見者は予期せぬ有毒ガスが発生したことを当直長へ連絡する。また，敷地外からの有毒ガス発生に関する情報を入手した場合，情報入手者は予期せぬ有毒ガス発生を当直長へ連絡する。
- (2) 当直長は，臭気等により異常を検知した場合，又は予期せぬ有毒ガス発生との連絡を受けた場合，原子炉制御室の運転員に空気呼吸具の着用を指示する。
- (3) 当直長は，緊急時対策所[※]の指示者に予期せぬ有毒ガスが発生したことを通信連絡設備等により連絡する。
- (4) 当直長は，緊急時対策所[※]に緊急時対策本部が設置されている場合は，緊急時対策所[※]の指示者に予期せぬ有毒ガスが発生したことを通信連絡設備等により連絡する。
- (5) 緊急時対策所[※]の指示者は，臭気等により異常を検知した場合，又は予期せぬ有毒ガス発生との連絡を受けた場合，緊急時対策所[※]の本部要員・初動要員に空気呼吸具の着用を指示する。
- (6) 緊急時対策所[※]の本部要員・初動要員は，緊急時対策所[※]の指示者の指示により，定められた手順に従い空気呼吸具を着用する。

※：緊急時制御室の場合は，「緊急時対策所」を「緊急時制御室」に，「緊急事態対策所の本部要員・初動要員」を「緊急時制御室の運転員」に読み替える。

○空気呼吸具，空気ポンベの必要配備数量について

以下のとおり，必要配備数量を算出する。

- (1) 原子炉制御室の運転員及び緊急時対策所の本部要員・初動要員における必要要員数等から、防護対象者となる人数を設定する。解説表 9.6-1 及び 9.6-2 に人数、ポンペ本数の例を示す。

解説表 9.6-1 原子炉制御室及び緊急時対策所の必要要員数の例

| | 原子炉制御室 (運転員) | 緊急時対策所 (本部・初動要員) |
|---------|-----------------|---------------------|
| 必要要員数 人 | 10 人 | 3 人 |

- (2) 空気呼吸具の仕様から、一人当たりの空気ポンペの必要数量を算定し、全要員に対する配備数量を設定する。ここでは、空気ポンペは一般的な仕様を想定する。

解説表 9.6-2 原子炉制御室及び緊急時対策所の空気ポンペの必要数量の例

| | 原子炉制御室 (運転員) | 緊急時対策所 (本部・初動要員) |
|----------------------------|---|---------------------|
| 種類 | 空気呼吸具 | |
| 仕様 | 公称使用時間：360 分／本 | |
| 空気ポンペ 必要数量 本 (一人当たり) | ① 呼吸具の利用可能時間／空気ポンペ等 1 本： 360 分／空気ポンペ等 1 本 ② 6 時間使用※1 の必要ポンペ数： 6 時間／人×60 分／時間÷360 分／本 = 1 本／人 | |
| 空気ポンペ 必要数量 本 (全要員分) | 1 本／人×10 人 =10 本 | 1 本／人×3 人 =3 本 |

※1：「**米国規制ガイド(R.G. 1.78 Rev.2)**」では、4.3 章に以下の記載がある。日本国内においても、国内のタンクローリによる有毒化学物質輸送事故等の事例を踏まえ、中和、改修等の作業の所要時間を考慮して、要員 1 人当たり 6 時間分を用意することとしている。

4.3 Protection System (防護システム)

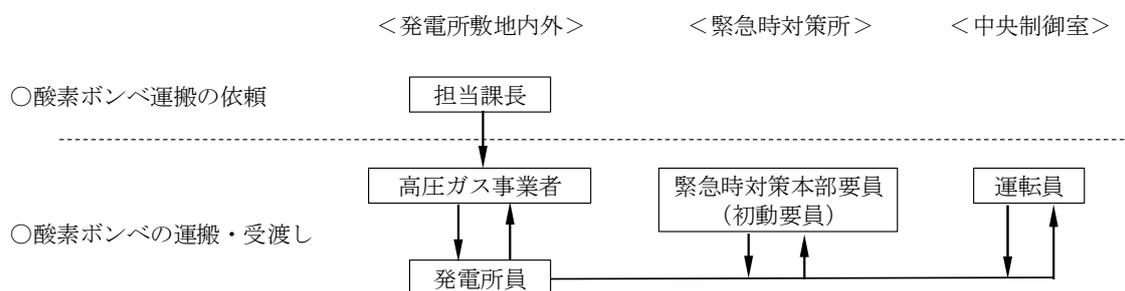
有害化学物質が起因の可能性のある事故評価により、制御室で適用する毒性限界を超える可能性がある場合、制御室運転員を適切に防護する対策を講じる。全面型自給式空気呼吸具（又は同等のもの）と防護服の使用を検討する。オフサイトから追加の空気ポンペを輸送する十分な時間を確保できるように、空気呼吸具に十分な空気容量

(少なくとも 6 時間) を所内ですぐに利用可能にする。所外からの供給は、数百時間分の空気ポンベの供給能力が必要である。緊急時要員のために十分な数量の空気呼吸具を用意する必要がある。

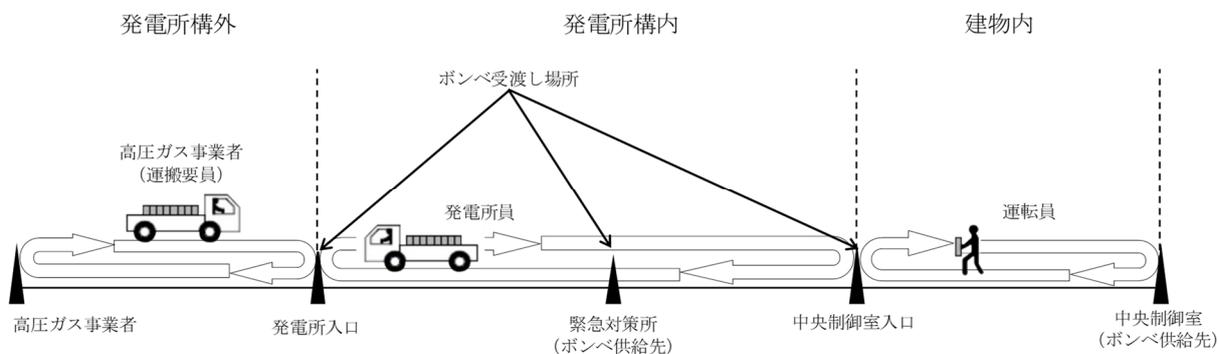
〔解説 9.7〕空気ポンベのバックアップ

バックアップについては、敷地内外からの空気の供給体制（例えば、空気圧縮機による使用済空気ポンベへの清浄な空気の再充填、離れた場所からの空気ポンベの供給等）により、継続的に供給されることが望ましい。

供給体制の例を解説図 9.7-1 に、バックアップの供給イメージを解説図 9.7-2 に示す。また、発電所に保管する予備ポンベの数量は、供給者からのバックアップに必要な時間を考慮して設定し、発電所内に配備する。



解説図 9.7-1 発電所敷地外からの酸素ポンベの供給体制(例)



解説図 9.7-2 バックアップの供給イメージ

参 考

- 〔参考 1.1〕 「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」から追加又は明確化した事項
- 〔参考 5.1〕 リスク評価について
- 〔参考 6.1〕 敷地外可動源
- 〔参考 7.1〕 有毒ガスの放出の評価

〔参考 1.1〕「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」から追加又は明確化した事項

本技術資料は参照する際の利便性を考慮し、「**有毒ガス防護に係る影響評価ガイド**」(原子力規制委員会)に概ね対応した構成とし、要件も規制基準に沿ったものとしている。

ただし、「有毒ガス防護に関わる影響評価ガイド」は有毒ガス防護の妥当性を審査官が判断する際に用いるのに対して、本技術資料は発電所の設計又は運転を行う者が防護対策を検討する際に用いるものであることから、本文全般に渡り、要件の表現を使用目的に沿って適切なものとしている(「...していることを確認する」→「...とする」等)。

また、本文の各節では規制基準への適合性審査実績等に基づいて次のような明確化を図っている。

「4. 用語の定義」では、インリークとは流入する空気又は流入する現象のいずれかをいうこと、空気呼吸具の高圧空気容器(空気ボンベ)には酸素容器を含むことを明確化した。

「5. 有毒ガス防護に係る妥当性確認の流れ」の図 1 では、有毒ガス防護対策を策定するプロセスの中で改善対策をフィードバックする場合があること、スクリーニングによらず対策を行う場合があることを明確化した。また、「6.2 有毒化学物質の抽出」として、調査結果に基づいて有毒ガスを発生し得る物質を抽出するステップを明確化した。複数の有毒ガスが存在する場合の総和の扱いは、実際には基本的な防護判断基準値の設定より後段のスクリーニング評価において行われるものと考えて「7.5 対象発生源の特定」の節へ記載場所を移動した。

「6.1 固定源及び可動源の調査」では、調査の対象外とすることができる物質の考え方を要件として追加した。

「7.3 有毒ガスの放出の評価」及び「8.1 有毒ガスの放出の評価」では、放出の評価において受動的に機能を発揮する設備を考慮できることを明確化した。

「7.2 有毒ガスの発生事象の想定」では、発生事象の想定(全量放出)と評価対象地点の想定に記載に重複がないように整理した。

「9.1 対象発生源がある場合の対策」では、防護具等の兼用の可否を、「9.2 予期せず発生する有毒ガスに関する対策」では、空気呼吸具又は同等品の扱いを明確化した。

さらに、解説では規制基準への適合性審査の過程で得られた知見(調査対象外とすることができる物質の例、有毒ガスの放出の評価方法、防護具等の必要配備数量の計算例 等)の例示を充実させ、今後の有毒ガス防護の検討における活用に資するものとした。

参考表 1.2-1 に原子力発電所の有毒ガス防護に関する技術資料において追加又は明確化した事項を示す。

参考表 1.2-1 原子力発電所の有毒ガス防護に関する技術資料において追加又は明確化した事項

| NRA ガイド | 技術資料 | 追加/明確化した事項 |
|--|---|---|
| <p>1. 総則</p> <p>1.1 目的</p> <p>1.2 適用範囲</p> <p>1.3 用語の定義</p> | <p>1. 目的</p> <p>2. 適用範囲</p> <p>3. 適用法規, 規格</p> <p>4. 用語の定義</p> | <p>インリーク (本文 4.(2)), 空気呼吸具の酸素容器 (解説 4.1(7)) 等の明確化</p> |
| <p>2. 有毒ガス防護に係る妥当性確認の流れ</p> | <p>5. 有毒ガス防護に係る妥当性確認の流れ</p> | <p>改善対策, スクリーニングによらず対策を行う場合等の明確化 (本文 5. 図 1)</p> <p>有毒ガス防護対象者と対象発生源の関係を記載 (解説 2.3)</p> |
| <p>3. 評価に当たって行う事項</p> <p>3.1 固定源及び可動源の調査</p> <p>3.2 有毒ガス防護判断基準値の設定</p> | <p>6. 評価に当たって行う事項</p> <p>6.1 固定源及び可動源の調査</p> <p>6.2 有毒化学物質の抽出</p> <p>6.3 有毒ガス防護判断基準値の設定</p> | <p>敷地内固定源及び可動源の特定フローを記載 (解説 6.2 及び解説 6.4)</p> <p>調査対象外とすることができる物質の考え方を記載 (本文 6.1(2))</p> <p>調査対象外とすることができる物質の例を記載 (解説 6.6)</p> <p>有毒ガスを発生し得る物質の抽出 (本文 6.2)</p> <p>総和の考え方はスクリーニング評価の節 (本文 7.5) へ移動</p> |

| NRA ガイド | 技術資料 | 追加/明確化した事項 |
|---|---|---|
| <p>4. スクリーニング評価</p> <p>4.1 スクリーニング評価対象物質の設定</p> <p>4.2 有毒ガスの発生事象の想定</p> <p>4.3 有毒ガスの放出の評価</p> <p>4.4 大気拡散及び濃度の評価</p> <p>4.5 対象発生源の特定</p> | <p>7. スクリーニング評価</p> <p>7.1 スクリーニング評価対象物質の設定</p> <p>7.2 有毒ガスの発生事象の想定</p> <p>7.3 有毒ガスの放出の評価</p> <p>7.4 大気拡散及び濃度の評価</p> <p>7.5 対象発生源の特定</p> | <p>全量放出の記載整理（本文 7.2）</p> <p>破断口からの漏えい、プール形成、蒸発等の例を記載（解説 7.1）</p> <p>室外評価点、定常放出等の簡易的扱い明確化（解説 7.4）</p> <p>重ね合わせの考慮について記載（解説 7.7）</p> <p>[総和の考え方を記載（本文 7.5）]</p> |
| <p>5. 有毒ガス影響評価</p> <p>5.1 有毒ガスの放出の評価</p> <p>5.2 大気拡散及び濃度の評価</p> | <p>8. 有毒ガス影響評価</p> <p>8.1 有毒ガスの放出の評価</p> <p>8.2 大気拡散及び濃度の評価</p> | <p>受動的に機能発揮する設備の考慮追記（本文 8.1）</p> <p>外気遮断時にインリークによって、原子炉制御室等に有毒ガスが取り込まれる場合の評価について記載（解説 8.1）</p> |
| <p>6. 有毒ガス防護に対する妥当性の判断</p> <p>6.1 対象発生源がある場合の対策</p> | <p>9. 有毒ガス防護に関わる対策</p> <p>9.1 対象発生源がある場合の対策</p> | <p>有毒ガスの発生の検出及び警報において、「技術基準規則」に記載されている警報に関わる要求事項との対応関係を記載（解説 9.1）</p> <p>防護具等の兼用の可否明確化（本文 9.1.2(d)3 ②）</p> |

| NRA ガイド | 技術資料 | 追加/明確化した事項 |
|------------------------|------------------------|---|
| 6.2 予期せず発生する有毒ガスに関する対策 | 9.2 予期せず発生する有毒ガスに関する対策 | <p>空気呼吸具又は同等品の明確化（本文 9.2(1)①）</p> <p>防護のための実施手順例，空気呼吸具，空気ポンベの必要配備数量の計算例を記載（解説 9.6）</p> <p>空気ポンベのバックアップ供給体制の例を記載（解説 9.7）</p> |

〔参考 5.1〕リスク評価について

「米国規制ガイド(R.G. 1.78 Rev.2)」では、有毒ガスの影響についてリスク評価を実施することも認められている。具体的には、有毒ガスの影響の事例として、敷地外の可動源について、NUREG/CR-6624^[1]においてリスク評価が実施されている。NUREG/CR-6624 では、米国の輸送事故の発生頻度が参考表 5.1-1 のように評価されている。

参考表 5.1-1 にある WASH-1238^[2]では、トラック事故について Federal Highway Administration (FHA)が 1969 年の事故を統計処理したもので、また、鉄道事故は、Federal Railroad Administration (FRA)が 1969 年における train-miles 当たりの事故頻度を評価したものである。train-miles は、車両編成(train)当たり平均 70 車両としている。船舶事故は、1970 年における U.S. Coast Guard の統計値である。また、条件付き流出確率は、事故時に積荷が深刻な損傷を受ける割合で、トラック事故が 18%、鉄道事故で 10%、船舶事故で 2.5%であった。NUREG-0170^[3]は、放射性物質の輸送実績を考慮したものである。SLA-74-0001^[4]は、Type B の放射性物質の輸送容器の 1970 年代後半の実績を考慮したものである。NUREG/CR-4829^[5]は、使用済核燃料の移送容器の評価のために、輸送時の事故発生頻度を評価したものである。1970 年代後半から 1980 年代初期に Pacific Northwest Laboratory (PNL)における化学物質の移送時におけるハザードを評価^[6] ^[7] ^[8]したものである。FEMA/DOT/EPA Handbook^[9]は、軍事施設及び輸送機関からのハザードを評価するためのものである。

参考表 5.1-1 米国の輸送事故の発生頻度等

| | WASH-1238 | NUREG-0170 | SLA-74-0001 | NUREG/CR-4829 | PNL Risk Studies | FMEA/DOT/EPA Handbook |
|------------------|-----------|------------|-------------|---------------|------------------|-----------------------|
| 単位 事故発生頻度 (／マイル) | | | | | | |
| トラック | 1.69E-6 | 1.69E-6 | 2.5E-5 | 6.4E-6 | 2.5E-6 | 2E-6 |
| 鉄道*1 | 8.0E-7 | 1.5E-6 | 1.5E-6 | 1.7E-6 | 1.4E-6 | 6E-7 |
| 船舶 | 1.8E-6 | 9.8E-6 | — | — | — | 1.5E-6*2 |
| 単位 条件付き流出確率 (—) | | | | | | |
| トラック | 0.18 | 0.09 | 0.023 | 0.0383 | 0.012-0.025 | 0.08 |
| 鉄道 | 0.10 | 0.2 | 0.10 | 0.0537 | 0.008-0.067 | 0.075 |
| 船舶 | 0.025 | 0.023 | — | — | — | 0.03-0.1 |

*1 : railcar-mi 当たりの事故 *2 : 湖, 河川, 沿岸の水路の衝突, 座礁

また、米国の運輸省輸送統計局（Department of Transportation -Bureau of Transportation Statistics）の1998年の輸送統計年報と参考表 5.1-1 のデータを比較すると、参考表 5.1-1 のデータは大型の重量物輸送事故に絞ったデータである。輸送統計年報のデータは、WASH-1238 に示すデータに対して、事故発生頻度の年間の傾向を示唆している。トラック事故及び鉄道事故はともに、年ごとに減少する傾向を示しており、これは船舶輸送事故においても同様である。これらの分析から、「**米国規制ガイド(R.G. 1.78 Rev.2)**」にてスクリーニング基準として、輸送事故の発生頻度を用いることを推奨している。

次に、この輸送事故の発生頻度データから、例えばトラック輸送事故が発生する頻度に気象条件を考慮した起回事象発生頻度を評価すると以下のような評価となる。

$$\begin{aligned} \text{起回事象発生頻度} &= \lambda_a \times P1 \times L \times \lambda_t \times P2 \\ &= 1.69\text{E-}6 \times 0.18 \times 10 \times 10 \times 0.05 \\ &= 1.5\text{E-}6 \text{ (／炉年)} \end{aligned}$$

| | |
|-----------------------------------|------------------------|
| λ_a : トラック輸送事故発生頻度 (／マイル) | 1.69E-6 accidents/mile |
| P1 : 条件付き流出確率 | 0.18 |
| L : サイト近傍の輸送道路距離 (マイル) | 10 mile |
| λ_t : 年当たりの有毒物の輸送回数 (／年) | 10/year |
| P2 : 炉年当たり気象条件付き確率 (年／炉年) | 0.05 |

炉心損傷頻度は、輸送事故により放出された有毒ガスが原子力発電プラントの制御室の給気口から制御室に取り込まれ運転員の操作能力が低下した状況において、非常用炉心冷却系等の自動起動に失敗して炉心損傷に至る事象が発生する頻度となるため、この起回事象発生頻度 1.5E-6 (／炉年) より十分小さくなる。

したがって、炉心損傷頻度に対する影響は十分に小さいと考えられ、この輸送事故による公衆リスクは小さい結果となる。

参考文献

- [1] NUREG/CR-6624 "Recommendations for Revision of Regulatory Guide 1.78", November 1999
- [2] AEC (U.S. Atomic Energy Commission). Environmental Survey of Transportation of Radioactive Materials To and From Nuclear Power Plants. USAEC, WASH-1238, Washington, D.C. (1972).
- [3] NRC (U. S. Nuclear Regulatory Commission). Final Environmental Statement on the Transportation of Radioactive Material by Air and Other Modes. NUREG-0170. Washington, D.C. (1977).
- [4] Clarke, R. K., J. T. Foley, W. F. Hartman, and D. W. Larson. Severities of Transportation Accidents. SLA-74-0001. Sandia National Laboratory, Albuquerque, New Mexico. (1976).
- [5] Fischer, L.F. et al. Shipping Container Response to Severe Highway and Railway Accident Conditions. NUREG/CR-4829. Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, California. (1987).
- [6] Andrews, W. B. et al. An Assessment of the Risk of Transporting Liquid Chlorine by Rail. PNL-3376. Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington. (1980).
- [7] Geffen, C. A. et al. An Assessment of the Risk of Transporting Propane by Truck and Train. PNL-3308. Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington. (1980).
- [8] Rhoads, R. E. et al. An Assessment of the Risk of Transporting Gasoline by Truck. PNL-2133. Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington. (1978).
- [9] FEMA/DOT/EPA (Federal Emergency Management Agency, U.S. Department of Transportation, and Environmental Protection Agency), Handbook of Chemical Hazard Analysis Procedures. Washington, D.C. (1988).

〔参考 6.1〕敷地外可動源

「米国規制ガイド(R.G. 1.78 Rev.2)」では、〔参考 5.1〕に示したようにリスク評価に基づいて防護措置の要否を判断することが認められており、敷地外可動源について統計データを参照してスクリーニングを行っているプラントがあるが、予期せず発生する有毒ガスに関する要件はない。

国内では、リスク評価に基づく防護措置の要否判断に関する枠組みはなく、また、敷地外可動源に関する情報取得も困難な現状では体制等の整備が有効であるとの議論^[1]を踏まえ、予期せず発生する有毒ガスへの対応装備や体制整備に含めて考慮している。

このように、日米の要件は、敷地外可動源に係る情報の入手容易性の差により、

- ・発電所近傍の運搬実績データに基づく評価又は防護措置
- ・一定の対応装備及び体制の整備

のいずれかが求められていると解釈することができ、敷地外可動源を検討対象に含め、スクリーニングが可能でなければ必要に応じ防護措置または装備・体制の整備により対応するという意味で両者は同等と考えられる。

参考文献

- [1] 原子力規制庁，原子炉制御室の居住性に係る有毒ガス影響評価に関する検討会，第 2 回及び第 3 回会合（2016）

〔参考 7.1〕有毒ガスの放出の評価

「米国規制ガイド(R.G. 1.78 Rev.2)」では、有毒ガス放出の態様として、最大濃度事故（maximum concentration accident）のほかに、最大濃度持続事故（maximum concentration-duration accident, Regulatory Guide 1.78 Rev.2 では名称を平均濃度持続事故 average concentration-duration accident に変更）を考慮することとしている。

日米の要件は、想定される放出率の範囲を踏まえて、

- ・評価対象点における最大濃度が防護判断基準値を下回るか、又は必要な防護措置がとられていることの確認
- ・長時間に渡る有毒ガス放出が生じた場合の対応要員数に必要な装備数量、及び事象収束までの確実な補給手段の確保

の両者が求められていると解釈することができ、両者は同等と考えられる。

原子力発電所の有毒ガス防護に関する技術資料
Technical Document on Toxic Gas Protection For Nuclear Power Plants

2024 年 6 月 4 日 初版 発行

編集 原子力規格委員会

一般社団法人

発行  日本電気協会

東京都千代田区有楽町 1-7-1

電話 03-3216-0558 (技術部)

