

# 原子炉制御室の居住性に係る有毒ガス 影響評価ガイド策定に当たっての考え方 (第1回検討会 資料1-5)

平成28年1月6日  
原子力規制庁

# 本日の内容

## 1. イントロダクション

- 1-1. 原子炉制御室に求められる機能
- 1-2. 原子炉制御室の居住性に対する規制要求
- 1-3. 国内外における化学災害の例
- 1-4. 国内の原子炉施設における有毒化学物質の保管状況
- 1-5. 国内の原子炉施設で使用されている主な化学物質に関する毒性情報
- 1-6. 海外における原子炉制御室の居住性に対する規制

## 2. 主要な論点

- 2-1. 有毒ガス影響評価ガイド案のポイント
- 2-2. 有毒ガスへのばく露における考慮
- 2-3. 【主な論点①】居住性確保の判断基準に用いる毒性限度の考え方
- 2-4. 【主な論点②】居住性確保の判断の考え方

# 1. イントロダクション

# 1-1. 原子炉制御室に求められる機能 (1/4)

## (1) 規則<sup>(注1)</sup>における要求事項

- 発電用原子炉施設には、原子炉制御室を設けなければいけないとされている。
  - ✓ 施設の健全性を確認するために必要なパラメーターを監視できる。
  - ✓ 施設の外の状況を把握できる設備を有する。
  - ✓ 施設の安全性を確保するために、必要な操作を手動により行える。
- 以下の設備を誤操作することなく適切に運転操作することができるよう、施設しなければならないとされている。
  - ✓ 反応度制御系統及び原子炉停止系統に係る設備を操作する装置
  - ✓ 非常用炉心冷却設備その他の非常時に発電用原子炉の安全を確保するための設備を操作する装置
  - ✓ 発電用原子炉及び一次冷却系統に係る主要な機械又は器具の動作状態を表示する装置
  - ✓ 主要計測装置の計測結果を表示する装置
  - ✓ その他の発電用原子炉を安全に運転するための主要な装置

### 【参考】原子炉制御室の例



アナログ式の計器、制御装置を用いたシステム



CRT上に系統図、パラメータのデジタル表示、トレンド表示などプラントの運転状態をより理解しやすいようなインターフェース機能を導入



デジタル技術適用範囲を拡大 タッチ操作、大型スクリーンを採用

注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  
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

【写真出典】 ABWR型中央制御盤－第三世代制御盤の開発 東京電力パンフレット

## 1-1. 原子炉制御室に求められる機能 (2/4)

### (2) 事業者による運転員体制及び災害発生時の対応(例)

#### 1) 通常の運転員体制

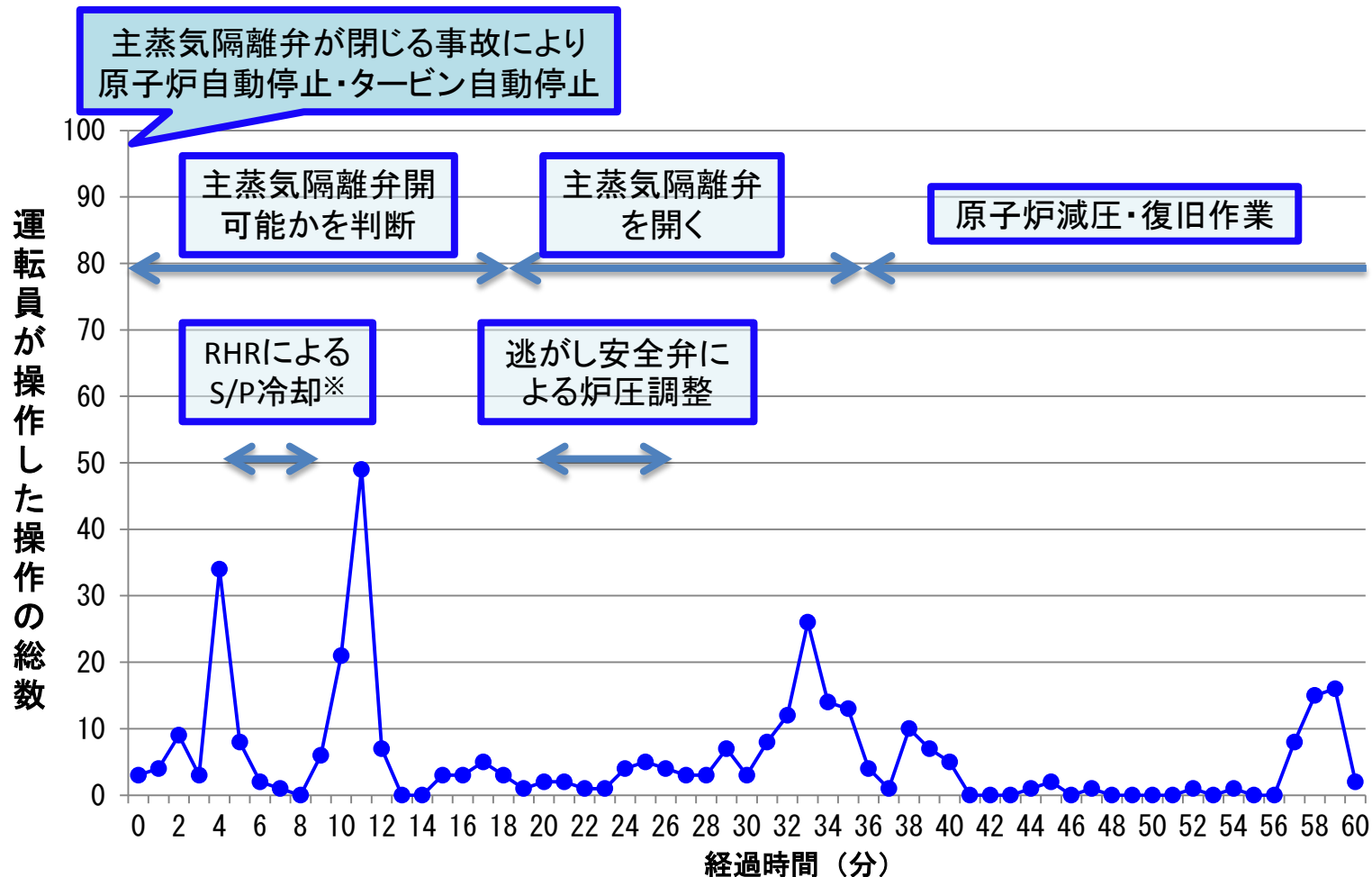
- 事業者によって異なるが、一般的に1プラント6名から8名程度で構成
  - ✓ 当直長(運転責任者): 運転員の統括
  - ✓ 当直副長: 当直長の補佐
  - ✓ 主任: 操作員への指示
  - ✓ 操作員(数名): 原子炉系、タービン系の操作
  - ✓ 副主任: 補機員の統括
  - ✓ 補機員(数名): 現場パトロール、現場の機器操作

#### 2) 災害(例えば想定される最大地震)発生時の対応の例

- 中央制御盤の原子炉自動停止警報を確認
  - ✓ 制御棒全数挿入確認
  - ✓ 核計装の指示で原子炉停止を確認
- 自動停止した第一要因の確認
- 現場の状況確認
  - ✓ 津波情報の確認
  - ✓ 海水位等津波の影響の確認
  - ✓ 水密扉等の閉鎖状況の確認
  - ✓ 避難指示
- 原子炉自動停止後の対応操作(次頁参照)

# 1-1. 原子炉制御室に求められる機能(3/4)

## (3) 運転訓練シミュレーターによる事故時の操作(例)

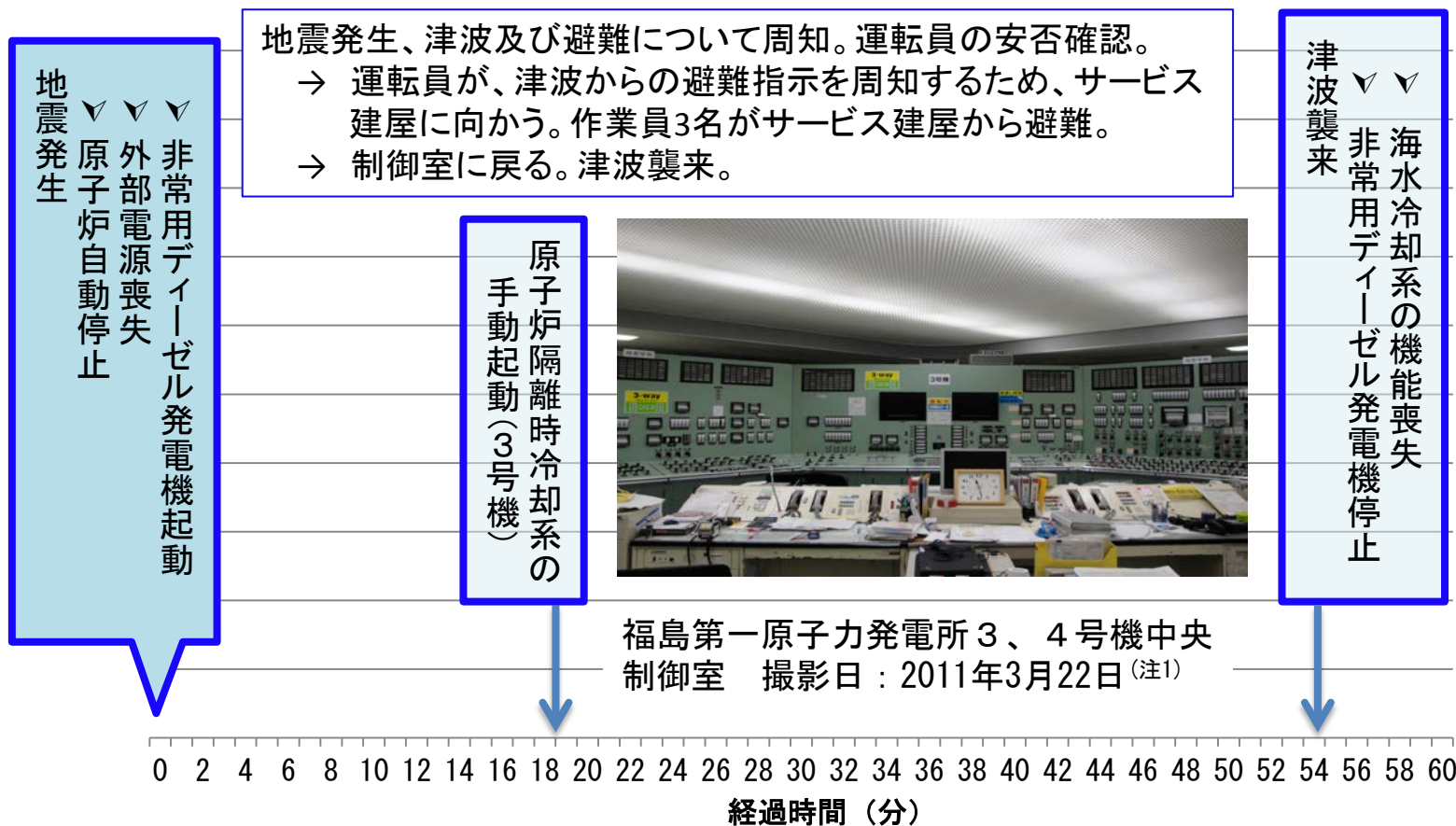


※RHR: 残留熱除去系、S/P: サプレッションプール

# 1-1. 原子炉制御室に求められる機能(4/4)

## 【参考】福島第一原子力発電所3、4号機の事故進展

運転員(3、4号中央制御室) 当直9名、作業管理グループ8名、定検チーム12名 合計29名



## 1-2. 原子炉制御室の居住性に対する規制要求(1/2)

### (1) 設置許可基準<sup>(注1)</sup>における要求

- 原子炉制御室には、異常が発生した場合に運転の停止等の措置をとるため、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に、以下の要求事項が設けられている。
  - ✓ 遮蔽その他の適切な放射線防護措置
  - ✓ 気体状の放射性物質及び原子炉制御室外の火災により発生する燃焼ガスに対する換気設備の隔離
  - ✓ その他の適切に防護するための設備

#### ①放射性物質に対する要求

- ✓ 一人当たりの被ばく経路ごとの実効線量の合算値が、100mSvを超えないこと(設計基準事故時は30日間<sup>(注2)</sup>、重大事故時は7日間<sup>(注3)</sup>)
- ✓ 従事者の交替等のため接近する場合、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<sup>(注4)</sup>

#### ②火災により発生する有毒ガスに対する要求

- ✓ 原子炉制御室外の火災等により発生した有毒ガスを原子炉制御室換気設備によって取り入れないように、外気との連絡口は遮断可能であること<sup>(注3)</sup>
- ✓ 隔離時の酸欠防止を考慮して外気取入れ等の再開が可能であること<sup>(注3)</sup>

#### ③漏えいにより発生する有毒ガスに対する要求

- ✓ 明示されていない

注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

注2: 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)

注3: 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈

注4: 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の解釈



## 1-2. 原子炉制御室の居住性に対する規制要求(2/2)

### (2) 運転員に求められる状態

- 有毒化学物質の漏えい事故発生時に、原子力発電所の運転の停止等の措置をとるための操作を行うことができるためには、運転員が以下の状態を維持していることが必要と考えられる。
- 規則の要求である「誤操作することなく適切に運転操作することができる」とは、具体的には、
  - ✓ 有毒ガスにばく露している間、運転員は不快な状況ではあっても、原子力発電所の運転に必要な、情報収集・発信する能力(視力、聴力、話す能力等)、判断する能力、操作する能力(室内移動、操作等)を保持していること。

## 1-3. 国内外における化学災害の例(1/7)

### (1) 国内の毒劇物等による災害発生件数の推移

平成22～26年において、毒劇物等(毒物及び劇物取締法第2条に規定されている物質並びに一般高圧ガス保安規則第2条に定める毒性ガス)による災害で消防機関が出動したものの件数を下表に示す。

区分		平成22年	平成23年	平成24年	平成25年	平成26年
災害件数 (件)	火災	6	6	7	4	9
	漏えい	52	54	59	49	52
	その他	72	58	44	38	27
	合計	130	118	110	91	88
死傷者 (人)	死者	9	8	3	3	1
	負傷者	126	78	144	46	90
	合計	135	86	147	49	91

【出典】消防庁危険物保安室

「平成 23年中の都市ガス、液化石油ガス及び毒劇物等による事故関する統計表」(平成 24年7月)

「平成 24年中の都市ガス、液化石油ガス及び毒劇物等による事故関する統計表」(平成 25年7月)

「平成 25年中の都市ガス、液化石油ガス及び毒劇物等による事故関する統計表」(平成 26年8月)

「平成 26年中の都市ガス、液化石油ガス及び毒劇物等による事故関する統計表」(平成 27年7月)

## 1-3. 国内外における化学災害の例(2/7)

### (2) 国内の平成26年の毒劇物等による漏えい事故の内訳

物質名	件数(件)	割合(%)
アンモニア	10	19
塩素	8	15
塩酸	6	12
硫酸	6	12
硫化水素	5	9
液化水素	2	4
その他	15	29
合計	52	100

【出典】消防庁危険物保安室

「平成26年中の都市ガス、液化石油ガス及び毒劇物等による事故に関する統計表」(平成27年7月)

## 1-3. 国内外における化学災害の例(3/7)

### (3) 国内の平成26年の化学物質の漏えい事故事例

物質名	事故原因及び概要	負傷者数(人)
塩素	工場内にて重機により浄化槽を解体作業中、地中に埋設してあった液化塩素ガスボンベの配管を誤って破壊したため、ガスが漏えい。その後、異臭が発生し隣接する建物の従業員が体調不良を訴えた。	10
塩素	工場作業場内で塩素貯蔵タンクの点検作業中、に噴出した塩素ガスを吸入し受傷。	4
液体塩素	ボンベの処分依頼を受けた業者が作業中にボンベを重機で挟んだところ、ボンベからガスが漏えい。	2
塩素	金属の溶解再生工場にて塩素ガスを使用していたが、塩素の供給配管を溶解炉から引き抜く時に作業手順を誤り、塩素のボンベは閉鎖したものの、消費バルブを閉め忘れたため、配管内の残留塩素が漏えいし、作業員2名が受傷。	2
アンモニア	休止となっているアンモニア冷凍設備工場(製氷施設)にて、配管の老朽化によりアンモニアガスが漏えい。	2

【出典】消防庁危険物保安室

「平成26年中の都市ガス、液化石油ガス及び毒劇物等による事故関する統計表」(平成27年7月)

# 1-3. 国内外における化学災害の例(4/7)

## (4) 欧州における化学物質の漏えい事件事例

物質名	発生日	放出量	概要
塩化水素	2000/3/8	200-500 kg	腐食による配管破損により、塩酸の蒸気雲が居住区まで拡散。周囲の主要道路は閉鎖され、住民は2時間以上室内に待機。約10人が目の痛みで病院にかかったが、深刻な症状には至らなかった。
塩化水素	2004/5/14	20 tons	タンクから漏えいしたデカン酸クロリドと、防液堤内の雨水及び有機物との反応により塩化水素の蒸気雲が発生。放水及び有機溶剤を用いた物質の安定化により、蒸気雲の拡散を抑制。
塩酸	2005/2/12	2100 kg	塩素処理容器内の塩化ホスホリルが漏えい。救急隊員3人が負傷。
硫酸 (塩化水素)	2005/2/4	16300 tons (96%水溶液)	タンクが破損し、防液堤の容量を上回った硫酸が海に流出した。海水との発熱反応により蒸気雲を形成し拡散するとともに、塩化水素も追加発生した。塩化水素の空気中最大濃度は推定で最初の数分は局所的に6000mg/m <sup>3</sup> 、10分後に600mg/m <sup>3</sup> に達したが、蒸気雲が海側に移動したこともあり、屋内退避していた周辺住民約7000人への影響はなかった。
アンモニア	2007/4/27	6000 kg	尿素製造装置の起動時に、蒸留棟の充填物が欠損していたことによりアンモニアと二酸化炭素が漏えいした。人への影響なし。
ヒドラジン	2010/10/28	550 kg (64%水溶液)	荷下ろし中に、昇降台へ容器を積み重ねた際に、容器が破損し漏えいした。作業員4名が受診したが、異常なし。

【出典】eMARS; The Major Accident Reporting System

欧州連合の執行機関の一つ、欧州委員会の科学部局(Joint Research Centre)が運営する統計情報。化学事故の教訓を共有し、事故の予防と影響低減を促進することが目的。本表では、原子力発電所での使用が多い化学物質が漏えいした事故に絞って掲載。

# 1-3. 国内外における化学災害の例(5/7)

## (5) 米国における化学物質の漏えい事故事例

物質名	発生日	放出量	概要
アンモニア	2010/10/23	> 14500 kg	温度変化に伴う液圧衝撃により配管が破損し、漏えい。蒸気雲は400m程度拡散した。143人がばく露し、32人が受診し、4人が集中治療を受けた。
塩化メチル 発煙硫酸 ホスゲン	2010/1/22 2010/1/23 2010/1/23	> 900 kg 10 kg 1kg	同一プラントにおける連続事故。いずれも、配管破損による放出。塩化メチル及びホスゲンの放出では症状発症者なし。発煙硫酸の放出では、ばく露者なし。
発煙硫酸	2008/10/11	不明	移替え中のタンクから発煙硫酸があふれ出たことで、硫酸の蒸気雲が発生。地域住民約2500人が避難。硫酸の吸入により、事故対応者1名が軽度の傷害。
塩素	2002/8/14	22000 kg	配管の破損による放出。周辺住民数百人が避難し、63人が呼吸困難のため受診。
塩素	2003/11/17	< 870 kg	塩素の詰め替え施設での放出。1.5平方マイル(約5.8km <sup>2</sup> )内の居住者7200人が避難対象となった。塩素ばく露による症状が、警官11名と地域住民5名に確認された。
塩素 五塩化リン フッ化水素	2003/7/20 2003/7/29 2003/8/13	< 6500 kg 不明 不明	同一プラントにおける連続事故。塩素の漏えいでは半径0.5マイル内の住民が避難。10名が頭痛と喉の痛みを訴えた。五塩化リンの漏えいでは従業員1名が死亡。フッ化水素の漏えいでは従業員2名が受診。

【出典】U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Boardの化学工場事故調査情報

米国の独立機関の一つ。工業用化学物質による事故の調査結果が報告されている。労働安全衛生局(OSHA)や環境保護局(EPA)などの政府機関、工場、産業界等に対して、調査結果を基にした改善勧告をおこなう。本表では、化学物質が漏えいした事故に絞って掲載。

## 1-3. 国内外における化学災害の例(6/7)

### (6) 米国原子力規制当局による注意喚起(1/2)

- 平成24年4月に、有毒ガス漏えいに起因する原子力発電所の運転に対する影響についての注意喚起を行った<sup>(注1)</sup>。
  - ✓ Prairie Island(2012年1月5日)
    - スクリーン室近傍にある塩素室の2台の次亜塩素酸ナトリウムタンクのうち1台からの漏えい
      - 次亜塩素酸ナトリウムポンプを停止し、当該エリアを換気して制御室に通報
    - 03:53 EAL(Emergency Action Level ; 緊急時活動レベル) ガイドラインに従い、警戒態勢(EAL(4段階)の下から二番目)を宣言
    - 06:30頃 タンクの周りにある溜め堰へ流出物を清掃(サイト外の化学物質処理チームによる)
    - 同日中に警戒態勢解除
  - ✓ Dresden(2011年7月15日)
    - 2/3号機の取水建屋付近で化学物質の臭気を報告
      - 次亜塩素酸ナトリウムポンプ1台の排気管に接続された逃し弁が損傷し、当該タンク周りの溜め堰内への次亜塩素酸ナトリウム流出を発見
      - 取水建屋を含む当該エリアへの立入りを制限
    - 10:16 EALガイドラインに従い、警戒態勢を宣言
      - 次亜塩素酸ナトリウムの漏えいを隔離し、臭気が消失した後、取水建屋への立入り制限を解除
    - 15:20 警戒態勢解除

(注1) Information Notice 2012-04 Impacts On Normal Plant Operations Due To Leaks Or Spills Of Chemicals

## 1-3. 国内外における化学災害の例(7/7)

### (6) 米国規制当局による注意喚起(2/2)

- ✓ Susquehanna(2010年8月10日)

1号機の原子炉建屋チラーからフロン12の漏えいを確認

→ EALガイドラインに従って、1号機原子炉建屋において有毒ガスが発生しているため、1号機原子炉建屋から職員避難

09:11 警戒態勢宣言。数時間後、全フロンを1A原子炉建屋チラーから貯蔵容器に移動

→ 当該事象の再発の可能性がないことを確認

23:35 警戒態勢解除

- ✓ Quad Cities(2010年5月19日)

13:15 プラントへのアクセス施設(通常の入口及び出口)で弁からのフロン冷却剤漏えいを発見

→ 現場大気モニタが警報を発令

→ 発見者はプラントセキュリティ及び運転員に通報

→ アクセス施設への出入り制限

→ 運転員は当該建屋から避難

13:30 有毒ガスが通常プラント運転に影響する可能性があるためEALガイドラインに従って異常事象(EALの一番下)を宣言

→ フロンが完全に冷却ユニットから放出され、居住可能な大気環境となった後、異常事象を解除



# 1-4. 国内の原子炉施設における有毒化学物質の保管状況

## 加圧水型原子力発電所における保管状況の例

	濃度 (%)	貯蔵タンク容量 (m <sup>3</sup> )	制御室までの距離 (m)	制御室と貯蔵タンクの標高差 (m)	堰の面積 (m <sup>2</sup> )	プラント
塩酸	35	45	70	18	330	高浜
ヒドラジン	38	12	70	7	57	川内
アンモニア	28	12	100	0	40	敦賀2号機
エタノールアミン	50	9	90	7	15	伊方

## 沸騰水型原子力発電所における保管状況の例

	濃度 (%)	貯蔵タンク容量 (m <sup>3</sup> )	制御室までの距離 (m)	制御室と貯蔵タンクの標高差 (m)	堰の面積 (m <sup>2</sup> )	プラント
塩酸	35	2	160	2	8	島根
アンモニア	25	1	140	10	13	東海第二

面談資料より抜粋 (平成27年07月16日 件名 有毒化学物質の漏えいに対する制御室居住性の現状確認について 被規制者電気事業連合会)

## 1-5. 国内の原子炉施設で使用されている主な化学物質に関する毒性情報(1/2)

・それぞれの化学物質(濃度100%の場合)についての毒性情報を下表に示す。

物質名	物理的状态、 外観等	化学的危険性	体内への 吸収経路	吸入しやすさ	短期ばく露の影響
エタノール アミン	<ul style="list-style-type: none"> <li>特徴的な臭気のある、無色、粘稠性の吸湿性液体。</li> <li>給水処理薬品</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>加熱や燃焼により分解し、有毒で腐食性の気体(窒素酸化物など)を生じる。</li> <li>中程度の強さの塩基である。硝酸セルロースと反応し、火災や爆発の危険をもたらす。</li> <li>強酸、強酸化剤と激しく反応する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>吸入</li> <li>経口摂取</li> <li>経皮</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>20℃で気化すると、空気が汚染されてやや遅く有害濃度に達する</li> <li>噴霧あるいは拡散すると、はるかに速く有害濃度に達する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>皮膚、眼に対して腐食性を示す。</li> <li>経口摂取すると、腐食性を示す。</li> <li>蒸気は眼、皮膚及び気道を刺激する。</li> <li>中枢神経系に影響を与えることがある。</li> <li>意識が低下することがある。</li> </ul>
ヒドラジン	<ul style="list-style-type: none"> <li>刺激臭のある、無色、発煙性、油状かつ吸湿性の液体。</li> <li>給水処理薬品等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>分解すると、アンモニア、水素及び窒素酸化物を生じ、火災及び爆発の危険をもたらす。</li> <li>酸や多くの金属、金属の酸化物、多孔性物質と激しく反応し、火災及び爆発の危険をもたらす。</li> <li>空気や酸素がなくても分解する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>吸入</li> <li>経口摂取</li> <li>経皮 (全てのばく露経路で局所への重度の影響)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>20℃で気化すると、空気が汚染されてきわめて急速に有害濃度に達することがある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>眼、皮膚及び気道に対して腐食性を示す。</li> <li>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。</li> <li>経口摂取すると、腐食性を示す。</li> <li>肝臓、中枢神経系に影響を与えることがある。</li> <li>ばく露すると、死に至ることがある。</li> </ul>

## 1-5. 国内の原子炉施設で使用されている主な化学物質に関する毒性情報(2/2)

物質名	物理的状態、外観等	化学的危険性	体内への吸収経路	吸入しやすさ	短期ばく露の影響
アンモニア	<ul style="list-style-type: none"> <li>刺激臭のある無色の気体または圧縮液化ガス。</li> <li>空気より軽い。</li> <li>給水処理薬品(通常、水溶液として保有)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強塩基であり、酸と激しく反応し腐食性を示す。</li> <li>水に溶解すると熱を放出する。</li> <li>大部分の有機化合物、無機化合物と反応し、火災及び爆発の危険をもたらす。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>吸入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>容器を開放すると、空気中でこの気体はきわめて急速に有害濃度に達する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>眼、皮膚及び気道に対して腐食性を示す。</li> <li>ばく露するとのが腫れ、窒息することがある。</li> <li>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起こす場合がある。</li> </ul>
硫酸	<ul style="list-style-type: none"> <li>無臭、無色、油状の吸湿性液体。</li> <li>イオン交換樹脂の再生等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強酸であり、塩基と激しく反応し、ほとんどの普通金属に対して腐食性を示して引火性/爆発性気体(水素)を生成する</li> <li>水、有機物と激しく反応して熱を放出する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エアロゾルの吸入</li> <li>経口摂取</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>20℃ではほとんど気化しない。</li> <li>噴霧すると浮遊粒子が急速に有害濃度に達することがある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>腐食性。</li> <li>眼、皮膚及び気道に対して強い腐食性を示す。</li> <li>経口摂取すると、腐食性を示す。</li> <li>エアロゾルを吸入すると、肺水腫を引き起こすことがある。</li> </ul>
塩化水素	<ul style="list-style-type: none"> <li>刺激臭のある無色の圧縮液化ガス。</li> <li>空気より重い。</li> <li>イオン交換樹脂の再生(塩酸として保有)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水溶液は強酸であり、塩基と激しく反応し、腐食性を示す。</li> <li>酸化剤と激しく反応し、有毒なガス(塩素)を生成する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>吸入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>容器を開放すると、空気中でこの気体はきわめて急速に有害濃度に達する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>眼、皮膚及び気道に対して腐食性を示す。</li> <li>高濃度の気体を吸入すると、肺炎、肺水腫を引き起こし、反応性気道機能不全症候群(RADS)を生じることがある。</li> </ul>

## 1-6. 海外における原子炉制御室の居住性に対する規制 (1/6)

### (1) 米国における規制

#### 1) 規制要求

- 米国の原子力規制当局<sup>(注1)</sup>は連邦法<sup>(注2)</sup>において、以下のように要求している。
  - 要件4 (Environmental and Dynamic Effects Design Basis)  
原子炉施設の安全にとって重要な構造物、系統及び機器は、通常運転、保守、試験及び想定事故時の環境条件に対応して、またこれらに適応しうるよう設計すること
  - 要件19 (Control room)  
制御室は通常状態においては原子力機器を安全に運転する措置をとることができ、事故状態においては安全な状態を維持するための措置をとることができるよう設けられること  
✓ 制御室の居住性に関する審査ガイド<sup>(注3)</sup>を定めている。
- さらに、規制ガイド<sup>(注4)</sup>では、敷地内外に設置又は移動型の施設からの有毒化学物質の放出に伴う、制御室の居住性の評価に関する手法を定めている。

(注1) Nuclear Regulatory Committee

(注2) Code of Federal Regulation Title 10 Part 50 Appendix A Generic Design Criteria for Nuclear Power Plants

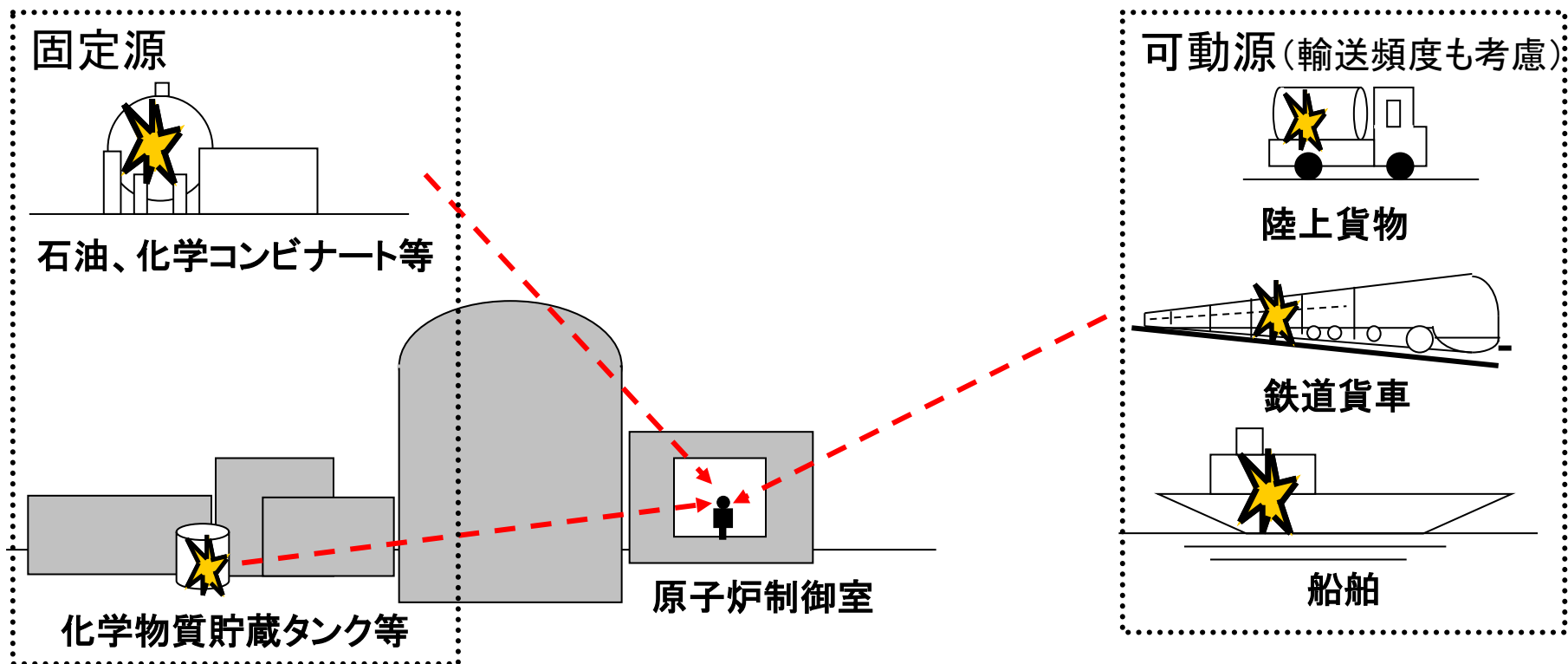
(注3) Standard Review Plan 6.4 Control Room Habitability System

(注4) Regulatory Guide 1.78 rev.1 Evaluating the Habitability of a Nuclear Power Plant Control Room During a Postulated Hazardous Chemical Release

# 1-6. 海外における原子炉制御室の居住性に対する規制 (2/6)

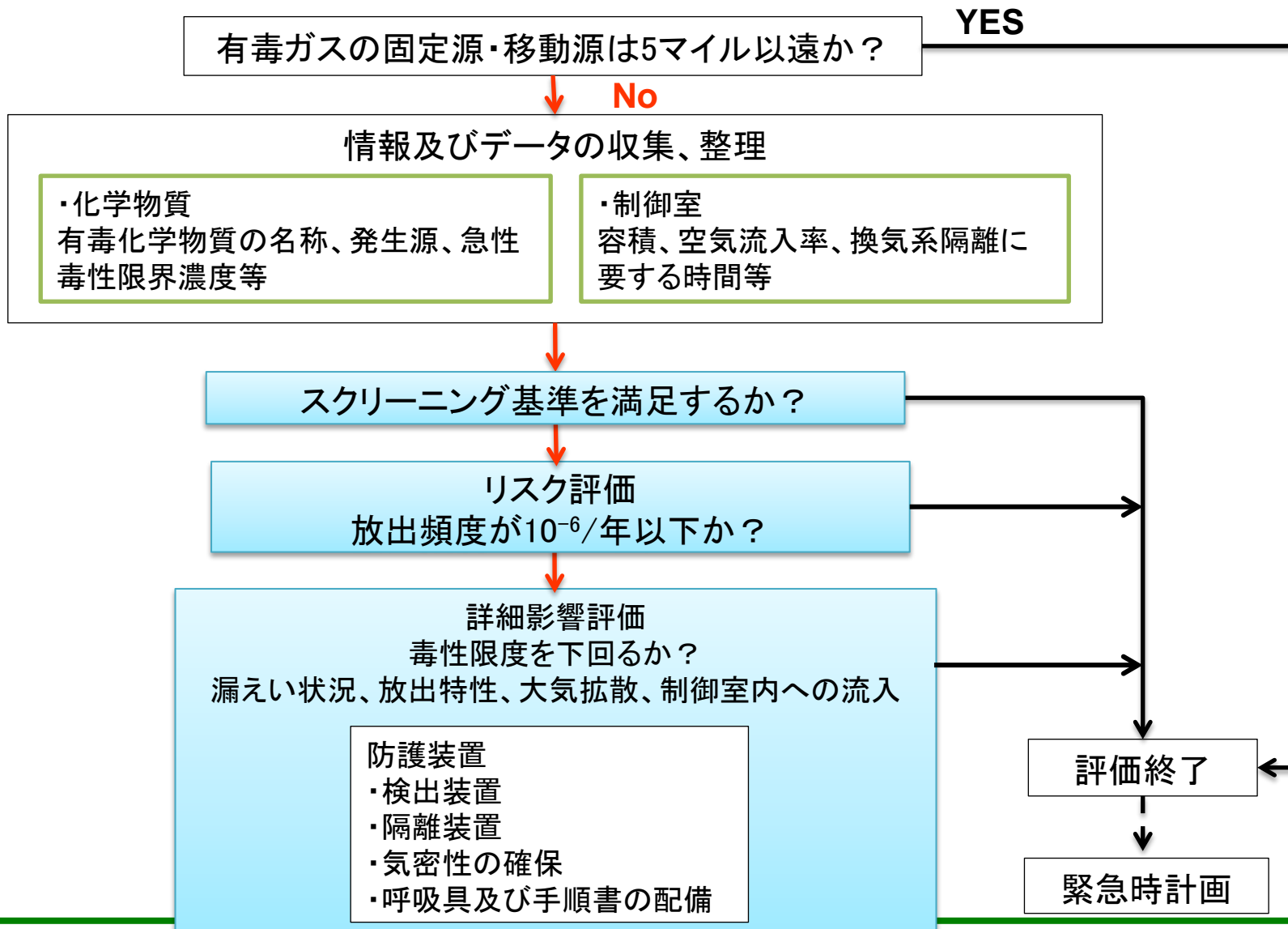
## 2) 米国の規制ガイドの概要

- 原子炉施設から半径5マイル(約8 km)以内にある固定源及び可動源に貯蔵している全有毒化学物質に対してスクリーニング。
- スクリーンアウトされなかった物質について、詳細評価。



# 1-6. 海外における原子炉制御室の居住性に対する規制 (3/6)

## 3) 米国の規制ガイドにおける有毒ガス影響評価手法 (1/2)



# 1-6. 海外における原子炉制御室の居住性に対する規制 (4/6)

## 3) 米国の規制ガイドにおける有毒ガス影響評価手法 (2/2)

- 詳細影響評価を行う場合の評価

大部分が破損により  
放出  
(最大濃度事故)

長期間、低放出率で  
放出  
(濃度持続事故)



制御室内の濃度等  
を計算機コード  
(HABIT<sup>(注1)</sup>他)で計  
算



制御室内の濃度が毒性限界  
(IDLH<sup>(注2)</sup>)濃度を超えないこ  
とを確認

TOXICITY LIMITS (IDLH LIMITS) FOR SOME HAZARDOUS CHEMICALS

Chemical	Toxicity Limit <sup>a</sup>		Chemical	Toxicity Limit <sup>a</sup>	
	ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3</sup>		ppm <sup>b</sup>	mg/m <sup>3</sup>
Acetaldehyde	2000	3600	Fluorine	25	50
Acetone	2500	6000	Formaldehyde	20	24
Acrylonitrile	85	149	Halon 1211	20000	
Anhydrous ammonia	300	210	Halon 1301	50000	
Aniline	100	380	Helium		asphyxiant
Benzene	500	1600	Hydrogen cyanide	50	55
Butadiene	2000	4400	Hydrogen sulfide	100	150
Carbon dioxide	40000	7360	Methyl alcohol	6000	7800
Carbon monoxide	1200	1320	Nitrogen (compressed or liquified)		asphyxiant
Chlorine	10	30	Sodium oxide		2
Ethyl chloride	3800	9880	Sulfur dioxide	100	520
Ethyl ether	1900	5700	Sulfuric acid		15
Ethylene dichloride	50	200	Vinyl chloride	1000	2600
Ethylene oxide	800	720	Xylene	900	3915

(注1) U.S.NRC, Computer Codes for Evaluation of Control Room Habitability (HABIT), NUREG/CR-6210 (1996)

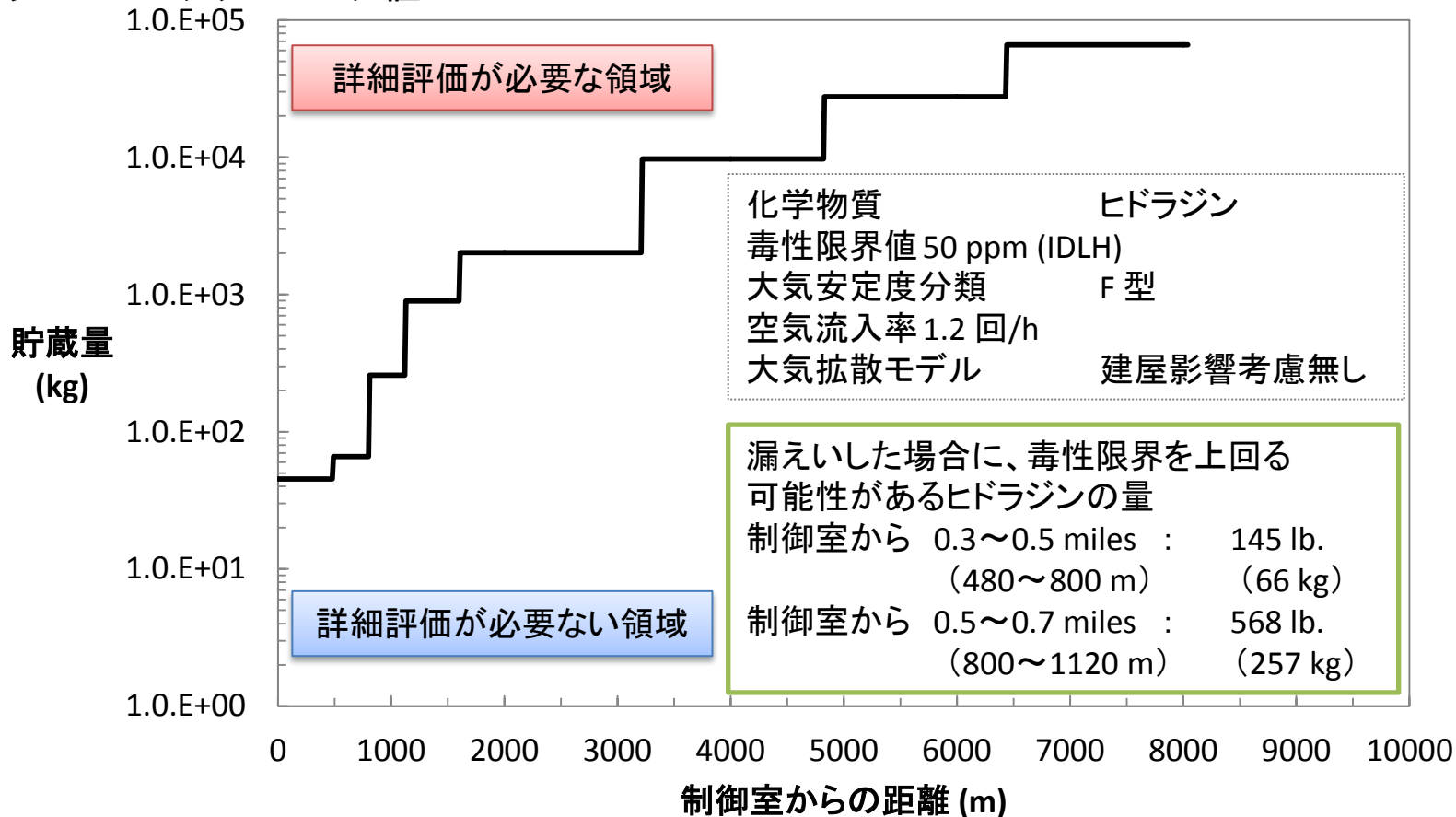
(注2) Immediately Dangerous to Life or Health

# 1-6. 海外における原子炉制御室の居住性に対する規制 (5/6)

## 4) 米国の規制ガイドにおけるスクリーニング値の設定

- 米国の規制ガイドにおいて、有毒ガスの影響評価の必要性を判断するスクリーニング値を算出する際に、放出形態として全量が瞬時に気体として放出されることを想定していると考えられる。

### <ヒドラジンのスクリーニング値>





## 1-6. 海外における原子炉制御室の居住性に対する規制 (6/6)

### (2) IAEA安全基準

- IAEA<sup>(注1)</sup>は安全基準<sup>(注2)</sup>において、以下のように規定している。

- 要件65 (Control room)

原子力発電所では、すべての運転状態において発電所が自動又は手動で安全に運転できるように、並びに予期される運転時の事象及び事故状態が発生した後に、発電所を安全な状態に維持するか又は安全な状態に復旧するための対策が取れるように、制御室を設けられなければならない。

6.39 原子力発電所の制御室と外部環境との間の障壁の設置も含めて、適切な対策が講じられなければならない。また、事故状態に起因する高い放射線レベル、放射性物質の放出、火災又は爆発性ガス若しくは**有毒ガス**などの危険性から制御室に居る人を守るために、十分な情報が提供されなければならない。

6.40 制御室の内外を問わず、制御室での継続した運転操作に脅威となるような事象を特定することに特別な注意を払われなければならない。また、こうした事象による影響を最小にするために、設計は、合理的に実施可能な方策を講じなければならない。

(注1) International Atomic Energy Agency

(注2) Safety Standards, No.SSR-2/1, Specific Safety Requirements, Safety of Nuclear Power Plants; Design

## 2. 主要な論点

## 2-1. 有毒ガス影響評価ガイド案のポイント(1/3)

### 1 評価対象とする有毒化学物質の種類及び発生源

- 原子炉制御室から半径10km以内に貯蔵/輸送されている有毒化学物質を対象としているか？
- 原子炉制御室から半径10kmを超えて立地している原子炉施設近郊の化学工場も考慮しているか？
- 評価対象外とする場合の理由は妥当か？

### 2

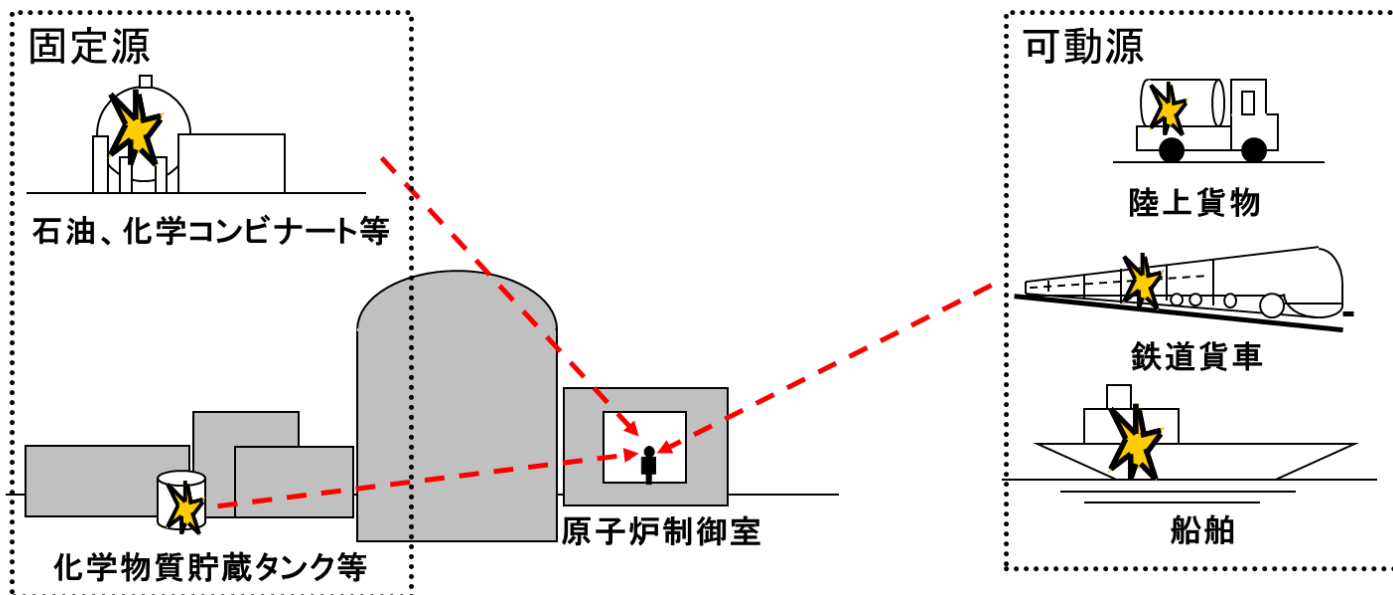
### 漏えい事故の想定事象

(固定源)

- 耐震Sクラス以外の貯蔵容器については、地震により同時に全ての貯蔵容器が損傷し、全量が流出すると仮定しているか？
- 制御室からみて同一方位及び隣接方位に有毒化学物質の貯蔵容器が複数ある場合は、それによる影響も合わせて考慮しているか？
- 化学物質等との混合によって発生する有毒ガスを考慮しているか？

(可動源)

- 走行ルートの中で、原子炉制御室に最も近い地点で事故が発生したと仮定しているか？



## 2-1. 有毒ガス影響評価ガイド案のポイント(2/3)

### 3 有毒ガスの放出量の評価

- 大気中への有毒ガスの放出形態が妥当か※？
- 放出形態に応じた評価方法を取っているか？
- 堰が無い場合、液体が広がる面積は妥当か？

※ 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

### 4 大気拡散の評価

- 有毒ガスの性状、放出形態に応じた大気拡散モデルか？
- 評価に用いる大気拡散条件は妥当か？
- 複数タンク同時損傷の場合、制御室風上側にある固定源からの重ね合わせを考慮しているか？

### 5 原子炉制御室内等<sup>(注)</sup>の濃度評価

- 原子炉制御室を隔離するまでの遅れ時間を考慮しているか？
- 隔離後のインリーク率は適切に考慮しているか？
- 漏えい事故が終息するまで評価しているか？

瞬時気化

漏えい

貯蔵容器

蒸発

堰

放出源

大気拡散

インリーク

制御室

### 6 居住性確保の判断

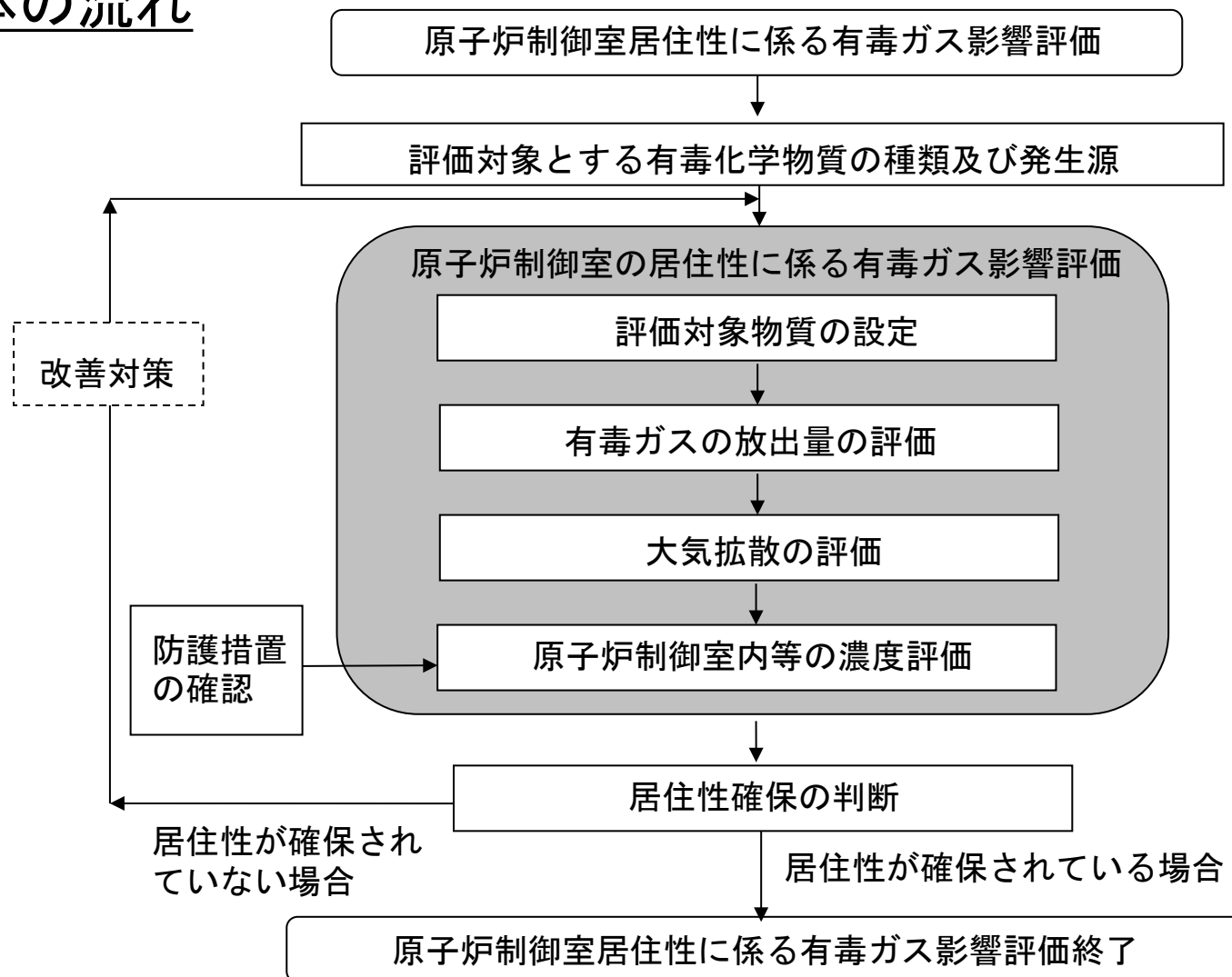
【主な論点①】  
居住性確保の判断基準に用いる毒性限度の考え方

【主な論点②】  
居住性確保の判断の考え方

(注) 制御室内の有毒ガス濃度、又は、空気呼吸具を使用する場合は 原子炉内の運転員の吸気に含まれる有毒ガス濃度

## 2-1. 有毒ガス影響評価ガイド案のポイント(3/3)

### 評価全体の流れ



## 2-2. 有毒ガスへのばく露における考慮

- 運転員の情報収集・発信する能力(視力、聴力、話す能力等)、判断する能力、操作する能力(室内移動、操作等)を保持できるような、有毒ガスの限界値(濃度、総ばく露量)が必要。
- 30分間は放出源に対する対応が何もできず、有毒ガスにばく露されることを想定。

- 有毒化学物質が漏えいした際に、中和等の終息作業が開始されるまでの時間として、以下を考慮すると、漏えいから30分間は有毒ガスの発生量を抑制させることは困難と判断される。
  - ✓ 作業員が現地への移動を開始するまでの時間的余裕として10分
    - 原子炉施設の安全性評価に関する指針には、手動操作を開始するまでには、少なくとも10分間は時間的余裕を見込んだ評価を行う必要がある、とされている<sup>(注1)</sup>。
  - ✓ 作業員が現地に到着するまでの時間を10分
    - 原子力発電所では、災害時に作業員が現場に到着するのに10分程度必要である(火災時における24時間常駐の自衛消防隊の場合)。
  - ✓ 到着後、中和等の終息作業を開始するまでの時間を10分

- 呼吸具等を使用した場合においても、制御室内の有毒ガスの濃度が呼吸具等を外せる状況に下げる必要がある。

(注1) 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針

## 2-3. 【主な論点①】居住性確保の判断基準に用いる毒性限度の考え方(1/12)

### (1) 急性毒性限度の考え方

- 急性の毒性限度は使用目的(定義)が異なっており、使用目的に応じて値が設定されている。
- 国際的に知られている急性の毒性限度としては、IDLH、AEGLs<sup>(注1)</sup>、ERPGs<sup>(注2)</sup>等があり、これらのうち、IDLH、AEGLsについては、毒性データを元にten Bergeらの関係式(1986)<sup>(注3)</sup>から計算している。

#### 【ten Bergeらの関係式】

急性吸入の実験値から回帰分析し、濃度とばく露時間の関係を設定した式  
 $c^n \times t = k$  ( $c$ ; 濃度、 $n$ ; 定数、 $t$ ; ばく露時間、 $k$ ; 実験値から決定する定数)

- ERPGsについては、ten Bergeらの関係式を用いず、毒性データの包括的レビューにより決められている。

(注1) Acute Exposure Guideline Levels

(注2) Emergency Response Planning Guidelines

(注3) W.F. ten Berge et al, Concentration-time mortality response relationship of irritant and systemically acting vapours and gases, Journal of Hazardous Materials, 13, 301-309 (1986)

## 2-3. 【主な論点①】居住性確保の判断基準に用いる毒性限度の考え方(2/12)

- IDLHの場合、実験値を用いて決定する。上位のデータが得られない場合には、下位のデータを用いて決定する。(例:A分類のデータがない場合に、B分類のデータを使用する。)

分類	データ	データの使用方法
A	ヒトの急性毒性データ	30分間のばく露では死亡又は回復不能な健康影響が生じず、避難能力を妨げない濃度の使用に限定される。
B	哺乳動物 <sup>(注1)</sup> の急性致死濃度(LC) <sup>(注2)</sup> データ	最も小さいLC <sub>50</sub> (50パーセント致死濃度)データを使用する。30分間のデータがない場合には、ten Bergeら(1986年)の方法で調整する。30分間のLC値又は30分間に調整したLC値を、安全係数(基本的に10)で除して決定する。
C	哺乳動物の致死投与量(LD) <sup>(注2)</sup> データ	最も小さい経口LD <sub>50</sub> (50パーセント致死投与量)データを使用する。投与量から空气中濃度を計算し、重量補正をおこない、安全係数(基本的に10)で除して決定する。
D	慢性毒性データ	急性毒性データが欠けている場合に、慢性毒性データ(職業ばく露による健康影響データ等)を使用する。急性毒性との違いを考慮して決定する。
E	作用が類似している化学物質のデータ	特定の化学物質のデータが欠けている場合に、同様の急性毒性作用をもつ物質のデータを参考に設定する。

(注1) ラット, マウス, モルモット, ハムスターが中心

(注2) 致死濃度;ばく露した生物が死亡する濃度 致死投与量;投与した生物が死亡する用量

【出典】CDCホームページ(<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/idlhintr.html>)



## 2-3. 【主な論点①】居住性確保の判断基準に用いる毒性限度の考え方(3/12)

- なお、許容濃度限度については、週40時間の労働環境における濃度限度であるため除外した。代表的な許容濃度限度を下表に示す。

### 【参考】代表的な許容濃度限度

許容濃度限度	作成機関	概要
PEL Permissible Exposure Limits	OSHA Occupational Safety and Health Administration 労働安全衛生局	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 人体への影響が定義されていない。(人体への影響が出ない濃度。)</li> <li>• 週40時間の労働環境における時間加重平均許容濃度限度。(職業ばく露限度)</li> <li>• 15分間の短期ばく露限度(ST)または最大許容濃度(可能な限り短い時間での許容濃度限度)(C)が示されている化学物質もある。</li> </ul>
PEL (California)	Cal/OSHA Division of Occupational Safety and Health, Department of Industrial Relations, State of California カリフォルニア州	
REL Recommended Exposure Limits	NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health 労働安全衛生研究所	
TLV Threshold Limit Values	ACGIH American Conference of Governmental Industrial Hygienists 米国産業衛生専門家会議	
許容濃度	日本産業衛生学会	
管理濃度	厚生労働省	

## 2-3. 【主な論点①】居住性確保の判断基準に用いる毒性限度の考え方(4/12)

### (2) 代表的な急性毒性限度

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

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"> <li>• 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</li> <li>• 脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている</li> </ul>	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"> <li>• 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</li> <li>• 視覚や呼吸器系への刺激も考慮したデータが用いられている</li> </ul>	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"> <li>• 生命を脅かす健康影響を生じる、又は死亡に至る濃度</li> </ul>	
ERPG-2 (1時間)	AIHA American Industrial Hygiene Association 米国工業衛生協会	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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</li> <li>• 視覚や呼吸器系への刺激も考慮したデータが用いられている</li> </ul>	146
ERPG-3 (1時間)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 生命を脅かす健康影響を生じない最大限度濃度</li> </ul>	

## 2-3. 【主な論点①】居住性確保の判断基準に用いる毒性限度の考え方(5/12)

【参考】毒性限度等の比較（原子炉施設で使用されている主な物質）

急性の毒性限度	エタノールアミン (ppm)	塩化水素 (ppm)	ヒドラジン (ppm)	アンモニア (ppm)	硫酸 [mg/m <sup>3</sup> ]
IDLH(30分)	30	50	50	300	15
AEGL-2(30分/1h)	-	43/22	16/13	220/160	-
AEGL-3(30分/1h)	-	210/100	45/35	1600/1100	-
ERPG-2(1h)	-	20	5	150	10
ERPG-3(1h)	-	150	30	1500	120

許容濃度限度	エタノールアミン (ppm)	塩化水素 (ppm)	ヒドラジン (ppm)	アンモニア (ppm)	硫酸 [mg/m <sup>3</sup> ]
PEL	3	(C)5	1	50	1
PEL (California)	3 (ST)6	(C)5	0.01	25 (ST)35	0.1 (ST)3
REL	3 (ST)6	(C)5	(C)0.03 [2 hrs.]	25 (ST)35	1
TLV	3 (ST)6	(C)2	0.01	25 (ST)35	0.2
許容濃度	3	(C)2	0.1	-	1
管理濃度	-	-	-	-	-

(C): 可能な限り短時間での許容濃度限度; Ceiling limit

(ST): 15分間またはそれ以下の時間での許容濃度限度; Short Term exposure limit

[時間]: 括弧内の時間における制限濃度

## 2-3. 【主な論点①】居住性確保の判断基準に用いる毒性限度の考え方(6/12)

【参考】各基準の毒性限度決定に用いたデータ(原子炉施設で使用されている主な物質)(1/5)

物質	基準	値 (ppm)	適用に使用した主要なデータ
アンモニア	IDLH <sup>(注1)</sup>	300	<ul style="list-style-type: none"> <li>【ヒト】0.5～1時間の300～500ppmばく露は、我慢できる最大濃度。[Henderson and Haggard 1943]</li> <li>【ヒト】30分の500ppmばく露で、呼吸率が変化し不快感が著しく上昇した。[Silverman et al. 1946]</li> </ul>
	AEGL-2 <sup>(注2)</sup> (30分/1時間)	220 /160	<ul style="list-style-type: none"> <li>【ヒト】2時間の110ppmばく露で悪臭を明確に感じる。目、鼻、喉、胸への刺激はないが、せきが増加し、不快感を感じる。[Verberk 1977]               <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 30分値及び1時間値は関係式(<math>n = 2</math>)から計算し、それぞれ220ppm及び160ppmに設定。</li> </ul> </li> </ul>
	AEGL-3 <sup>(注2)</sup> (30分/1時間)	1600 /1100	<ul style="list-style-type: none"> <li>【マウス】1時間のLCデータ。[MacEwen and Vernot 1972, Kapeghian et al. 1982]               <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ LCデータから外挿して1時間のLC<sub>01</sub>値(1パーセント致死濃度)を決定(2文献について、それぞれ3374ppm及び3317ppm)。不確実係数を個体差に3設定。係数で濃度を除して、1時間の1100ppmを基本の限度濃度とした。30分値は関係式(<math>n = 2</math>)から計算し、1600ppmに設定。</li> </ul> </li> </ul>
	ERPG-2 <sup>(注3)</sup>	150	<ul style="list-style-type: none"> <li>【ヒト】30分間の140ppmばく露で目、鼻、喉、胸への耐えがたい刺激。2時間の140ppmばく露で、呼吸機能への影響なし。[Verberk 1977]</li> </ul>
	ERPG-3 <sup>(注3)</sup>	1500	<ul style="list-style-type: none"> <li>【ラット】1時間の6210ppmばく露は死に至らない。[Silver and McGrath 1948]また、計算により求められた最大のLC<sub>01</sub>値は6991ppm。[Pauluhn 2013]               <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ LC<sub>01</sub>値を3で除した値が、敏感な人も含めて死に至らない濃度。</li> </ul> </li> </ul>

(注1) URL: <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/7664417.html>

(注2) Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals Volume 6, National Research Council, 2007

(注3) 2014 ERPG Update Set, American Industrial Hygiene Association, 2014

## 2-3. 【主な論点①】居住性確保の判断基準に用いる毒性限度の考え方(7/12)

【参考】各基準の毒性限度決定に用いたデータ(原子炉施設で使用されている主な物質)(2/5)

物質	基準	値 (ppm)	適用に使用した主要なデータ
エタ ノール アミン	IDLH <sup>(注1)</sup>	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>【モルモット】LCデータ(1時間のLC<sub>67</sub>値(モルモット)が233ppm等) [Treon et al. 1957]</li> </ul>
	AEGL-2 (30分/1時間)	なし	—
	AEGL-3 (30分/1時間)		
	ERPG-2	なし	—
	ERPG-3		

(注1) URL: <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/141435.html>

## 2-3. 【主な論点①】居住性確保の判断基準に用いる毒性限度の考え方(8/12)

【参考】各基準の毒性限度決定に用いたデータ(原子炉施設で使用されている主な物質)(3/5)

物質	基準	値 (ppm)	適用に使用した主要なデータ
塩化水素	IDLH <sup>(注1)</sup>	50	<ul style="list-style-type: none"> <li>【ヒト】1時間の50～100ppmばく露は、辛うじて我慢できる程度。35ppmばく露は喉に刺激がある程度。[Henderson and Haggard 1943]</li> <li>【ヒト】50～100ppmでは、業務は不可能。10～50ppmでは、業務は難しいが可能。[Flury and Zernik 1931]</li> </ul>
	AEGL-2 <sup>(注2)</sup> (30分/1時間)	43 /22	<ul style="list-style-type: none"> <li>【ラット】30分の1300ppmばく露で肺や鼻に重度の影響。[Stavert et al. 1991]               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 不確実係数を種の違いに3、個体差に3(種と個体差で<math>3 \times 3 \div 10</math>)設定。またAEGL-2レベルの効果に限定したデータが少なく、ばく露の影響がAEGL-2レベルとしては厳しい結果だったことから3の調整係数を設定。掛け合わせた係数で濃度を除して、30分の43ppmを基本の限度濃度とした。1時間値は関係式(<math>n = 1</math>)から計算し、22ppmに設定。</li> </ul> </li> </ul>
	AEGL-3 <sup>(注2)</sup> (30分/1時間)	210 /100	<ul style="list-style-type: none"> <li>【ラット】1時間のLCデータ。[Wholslagel et al. 1976, Vernot et al. 1977]               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ LCデータより、<math>LC_{50}</math>値を3124ppmと設定。<math>LC_{50}</math>値を3で除した濃度を致死閾値に設定。不確実係数を種の違いに3、個体差に3(種と個体差で<math>3 \times 3 \div 10</math>)設定。掛け合わせた係数で濃度を除して、1時間の100ppmを基本の限度濃度とした。30分値は関係式(<math>n = 1</math>)から計算し、210ppmに設定。</li> </ul> </li> </ul>
	ERPG-2 <sup>(注3)</sup>	20	<ul style="list-style-type: none"> <li>【モルモット】30分の140ppmばく露で行動不能。30分の107ppmばく露では影響なし等。[Malek and Alarie 1989, ほか2文献]</li> </ul>
	ERPG-3 <sup>(注3)</sup>	150	<ul style="list-style-type: none"> <li>【モルモット】586ppmばく露で30分以内に死亡。1時間の140, 162ppmばく露で死亡なし等。[Malek and Alarie 1985, ほか12文献]</li> </ul>

(注1) URL: <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/7647010.html>

(注2) Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals Volume 4, National Research Council, 2004

(注3) 2007 ERPGs Complete Set, American Industrial Hygiene Association, 2007

## 2-3. 【主な論点①】居住性確保の判断基準に用いる毒性限度の考え方(9/12)

【参考】各基準の毒性限度決定に用いたデータ(原子炉施設で使用されている主な物質)(4/5)

物質	基準	値 (ppm)	適用に使用した主要なデータ
ヒドラジン	IDLH <sup>(注1)</sup>	50	<ul style="list-style-type: none"> <li>【ラット, マウス】LCデータ(4時間のLC<sub>50</sub>値(マウス)が252ppm等)。[Comstock et al. 1954], [Jacobson et al. 1955]</li> </ul>
	AEGL-2 <sup>(注2)</sup> (30分/1時間)	16/13	<ul style="list-style-type: none"> <li>【ラット, ハムスター】1時間の750ppmばく露で鼻に障害が発生。障害は小さな炎症等で、ばく露終了後回復する程度。[Latendresse et al. 1995]</li> <li>➢ 不確実係数を種の違いに3、個体差に3(種と個体差で3×3≒10)設定。またAEGL-2レベルの効果に限定したデータが不十分であることに2、ばく露濃度の不確実性に3の調整係数を設定。掛け合わせた係数60で濃度を除して、1時間値13ppmを基本の限度濃度とした。30分値は関係式(<math>n = 3</math>)から計算し、16ppmに設定。</li> </ul>
	AEGL-3 <sup>(注2)</sup> (30分/1時間)	45/35	<ul style="list-style-type: none"> <li>【ラット】1時間のLC<sub>50</sub>値が3192ppm。[Huntingdon Research Centre 1993]</li> <li>➢ LC<sub>50</sub>値を3で除した濃度を致死閾値に設定。不確実係数を種の違いに3、個体差に3設定。またばく露濃度の不確実性に3の調整係数を設定。掛け合わせた係数30で致死閾値を除して、1時間値35ppmを基本の限度濃度とした。30分値は関係式(<math>n = 3</math>)から計算し、45ppmに設定。</li> </ul>
	ERPG-2 <sup>(注3)</sup>	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>【サル】26週間のばく露(5ppm, 5日/週, 6時間/日)で、目へのごく僅かな刺激。[Haun and Kinkead 1973]</li> </ul>
	ERPG-3 <sup>(注3)</sup>	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>【ラット】4時間のLC<sub>50</sub>値が570ppm等。[Jacobson et al. 1955, ほか4文献]</li> </ul>

(注1) URL: <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/302012.html>

(注2) Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals Volume 8, National Research Council, 2010

(注3) 2013 ERPG Update Set, American Industrial Hygiene Association, 2013

## 2-3. 【主な論点①】居住性確保の判断基準に用いる毒性限度の考え方(10/12)

【参考】各基準の毒性限度決定に用いたデータ(原子炉施設で使用されている主な物質)(5/5)

物質	基準	値 (mg/m <sup>3</sup> )	適用に使用した主要なデータ
硫酸	IDLH(注1)	15	<ul style="list-style-type: none"> <li>【ヒト】5～15分間の5mg/m<sup>3</sup>ばく露で、若干名が不快感を感じた。[Amdur et al. 1952]</li> <li>【モルモット】8時間のLC<sub>50</sub>値が50mg/m<sup>3</sup>等。[Amdur et al. 1952], [Treon et al. 1950]</li> </ul>
	AEGL-2 (30分/1時間)	検討中	—
	AEGL-3 (30分/1時間)		
	ERPG-2(注2)	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>【ラット】2年間の10mg/m<sup>3</sup>ばく露で悪影響が見られなかった。[Cavender and Cockrell 1970]</li> <li>【ヒト】20mg/m<sup>3</sup>以上のばく露で重度の咳等の症状が発症する。[Sim and Pattle 1957]</li> </ul>
	ERPG-3(注2)	120	<ul style="list-style-type: none"> <li>【ラット】3.5時間の718mg/m<sup>3</sup>ばく露で死亡なし。[Treon et al. 1950]</li> <li>【モルモット】1時間の121mg/m<sup>3</sup>ばく露で死亡なし。[Treon et al. 1950]</li> <li>【ラット】1時間のLC50値が3600mg/m<sup>3</sup> [Zwart 1984]</li> </ul>

(注1) URL: <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/7664939.html>

(注2) 2010 ERPG Update Set, American Industrial Hygiene Association, 2010



## 2-3. 【主な論点①】居住性確保の判断基準に用いる毒性限度の考え方(11/12)

### (3) 有毒ガスへのばく露が続いた場合の人体への影響

- 有毒ガスの濃度がIDLH値に達しなかった場合においても、有毒ガスの人体への影響を考えた場合、以下の考慮が必要。
  - ✓ 有毒ガスへのばく露が続いた場合、短期的であっても影響が残る場合がある(下表参照)。
  - ✓ 影響が残らない場合であっても、体調不良による運転員の判断能力等の低下が懸念される。

物質名	体内への吸収経路	短期ばく露の影響
エタノール アミン	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 吸入</li> <li>• 経口摂取</li> <li>• 経皮</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 皮膚、眼に対して腐食性を示す。</li> <li>• 経口摂取すると、腐食性を示す。</li> <li>• 中枢神経系に影響を与えることがある。</li> </ul>
ヒドラジン	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 吸入</li> <li>• 経口摂取</li> <li>• 経皮</li> </ul> (全てのばく露経路で局所への重度の影響)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 眼、皮膚及び気道に対して腐食性を示す。</li> <li>• 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。</li> <li>• 経口摂取すると、腐食性を示す。</li> <li>• 肝臓、中枢神経系に影響を与えることがある。</li> </ul>
アンモニア	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 吸入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 眼、皮膚及び気道に対して腐食性を示す。</li> <li>• ばく露するとのどが腫れ、窒息することがある。</li> <li>• 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起こす場合がある。</li> </ul>
硫酸	<ul style="list-style-type: none"> <li>• エアロゾルの吸入</li> <li>• 経口摂取</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 眼、皮膚及び気道に対して強い腐食性を示す。</li> <li>• 経口摂取すると、腐食性を示す。</li> <li>• エアロゾルを吸入すると、肺水腫を引き起こすことがある。</li> </ul>
塩化水素	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 吸入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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。</li> <li>• 眼、皮膚及び気道に対して腐食性を示す。</li> <li>• 高濃度の気体を吸入すると、肺炎、肺水腫を引き起こし、反応性気道機能不全症候群(RADS)を生じることがある。</li> </ul>

## 2-3. 【主な論点①】居住性確保の判断基準に用いる毒性限度の考え方(12/12)

### (4) IDLHを判断基準として用いることについて

- 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やERPGsと比べても、IDLHは同等である。
- ③ 国内外において、規制等に適用されている。

#### 【適用実績; 米国】

- 規制ガイド<sup>(注1)</sup>における有毒ガス影響評価の判断基準として使用されている。規制ガイドの改定に対して、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、呼吸具や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、呼吸具や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。

#### 【適用実績; 日本】

- 「石油コンビナートの防災アセスメント指針」<sup>(注2)</sup>において、事故時の毒性ガスの基準として使用されている。
- IDLHについては発行当初から、事故時の毒性の基準値として適用されており、AEGLsについては、平成25年3月改訂の際に追加された。

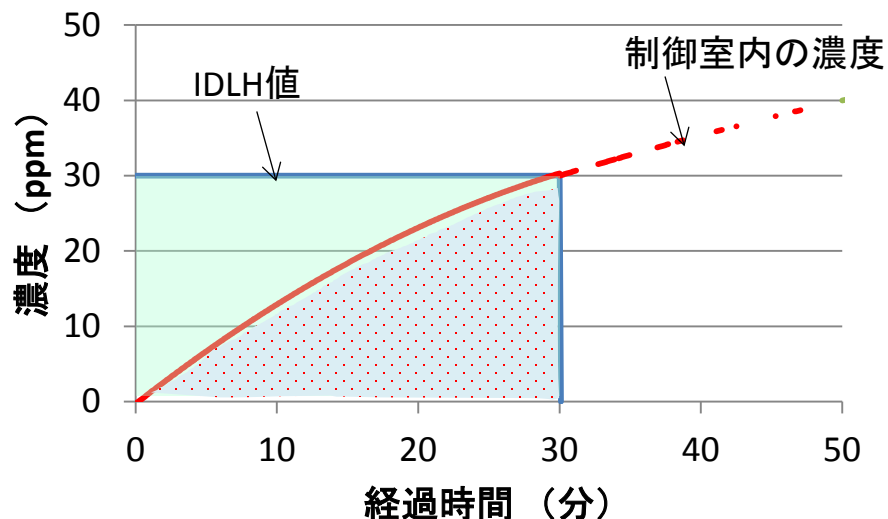
- ④ IDLHは掲載された化学物質数が最も多い。
- ⑤ 30分間のばく露における毒性濃度である。

(注1) Regulatory Guide 1.78 rev.1 Evaluating the Habitability of a Nuclear Power Plant Control Room During a Postulated Hazardous Chemical Release

(注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)

## 2-4. 【主な論点②】居住性確保の判断の考え方 (1/4)

- (1) 30分以内の制御室内(又は吸気)の有毒ガス最大濃度が、IDLH値を下回ること。
- 有毒化学物質の漏えいによる有毒ガスが発生した場合、初期の有毒ガス濃度が0であり、時間の経過に伴い原子炉制御室の濃度が上昇する(下図の赤線)。
  - したがって、30分後に制御室内の有毒ガスがIDLH値となった場合の総ばく露量(下図赤のドット部分)は、IDLH値が30分間続いた場合の総ばく露量(下図水色部分)より小さくなり、十分に保守的であると考えられる。

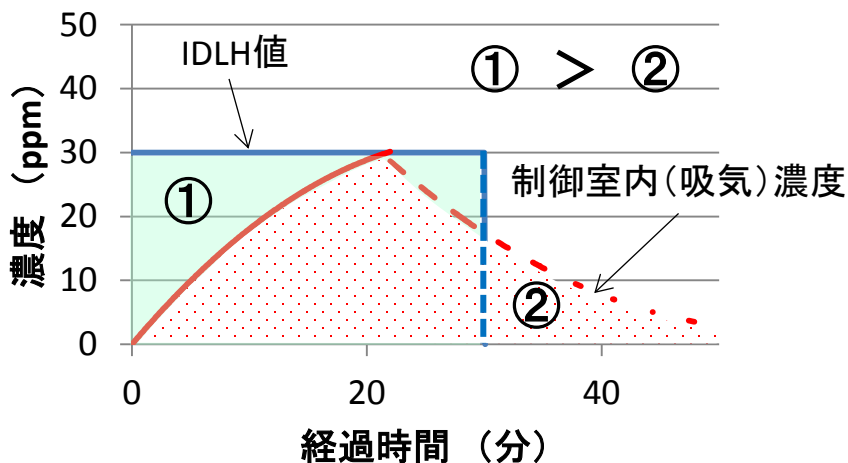


エタノールアミンの例

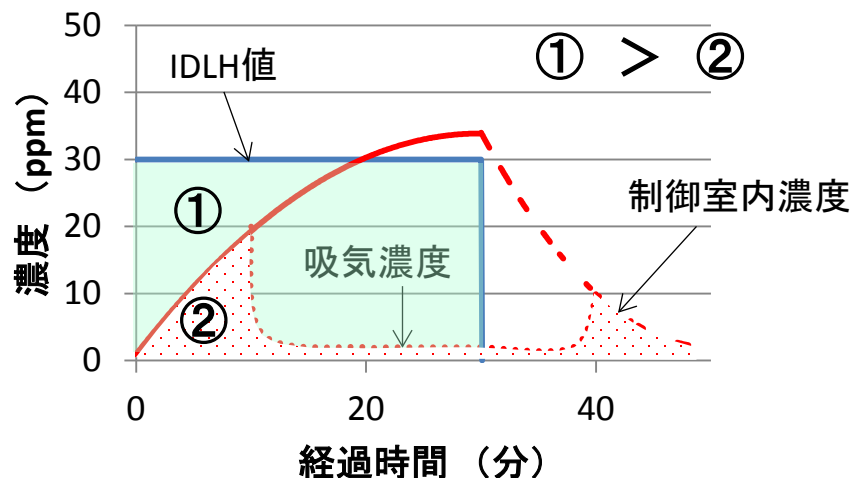
## 2-4. 【主な論点②】居住性確保の判断の考え方 (2/4)

(2) 有毒ガスへのばく露が続いた場合の人体への影響を考慮し、吸気濃度を用いた総ばく露量は、IDLH値が30分間続いた場合の総ばく露量を下回ること。

- 有毒ガスの発生が続いた場合、IDLH値が30分間続いた場合の総ばく露量を超える可能性がある。
- IDLH値が30分間続いた場合の総ばく露量(下図水色部分:①)を、漏えい事故が終息し、制御室内の有毒ガスの濃度が漏えい事故前の濃度となるまでの総ばく露量(下図赤のドット部分:②)が超えないことを求める。



エタノールアミンの例



＜呼吸具を使用する場合＞

- 呼吸具の装着に必要な時間を考慮すること。
- 呼吸具の利用可能時間を考慮して、必要な時間までに制御室の有毒ガスが(2)を満足するように、放出源における発生対策(終息作業)を行うこと。

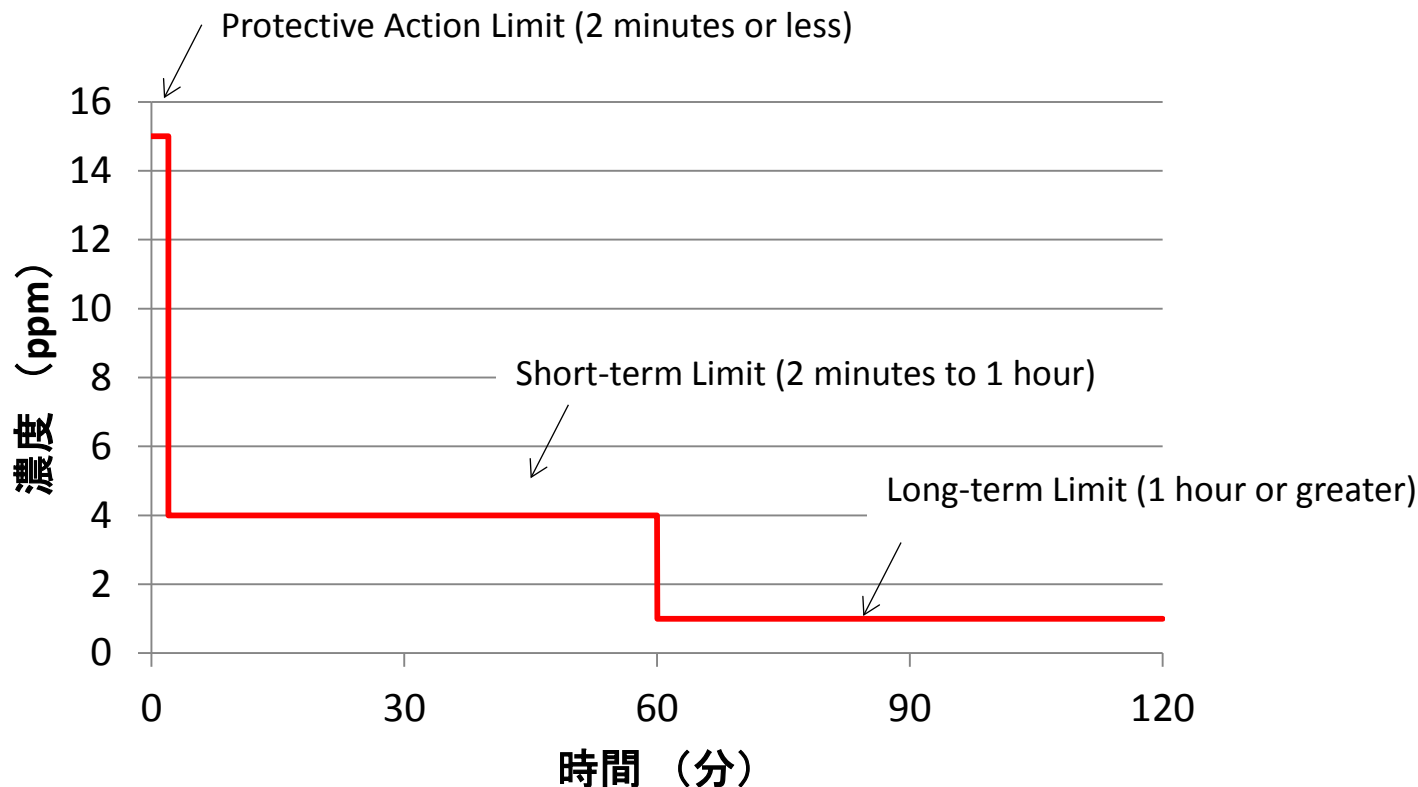
## 2-4. 【主な論点②】居住性確保の判断の考え方 (3/4)

### (3) まとめ

- 以下の2点を満足することとする。
  - ① 吸気の有毒ガスの最大濃度が、IDLH値を下回ること。
  - ② 有毒ガスへのばく露が続いた場合の人体への影響を考慮し、吸気濃度を用いた総ばく露量は、IDLH値が30分間続いた場合の総ばく露量を下回ること。
- なお、呼吸具を使用する場合には、呼吸具の利用可能時間を考慮して、必要な時間までに制御室の有毒ガスが②を満足するように、放出源における発生対策(終息作業)を行うこと。

## 2-4. 【主な論点②】居住性確保の判断の考え方 (4/4)

【参考】米国における例<sup>(注1)</sup>



※Protective Action Limit; 制御室内濃度

上記以外; 呼吸具装着時の吸気濃度又は防護具無しでも隔離が十分になされている場合の制御室内濃度

(注1) Standard Review Plan 6.4 Control Room Habitability System 記載されている濃度の例は塩素であるが、値自体はRegulatory Guideに IDLH値を採用する前に設定されたもの