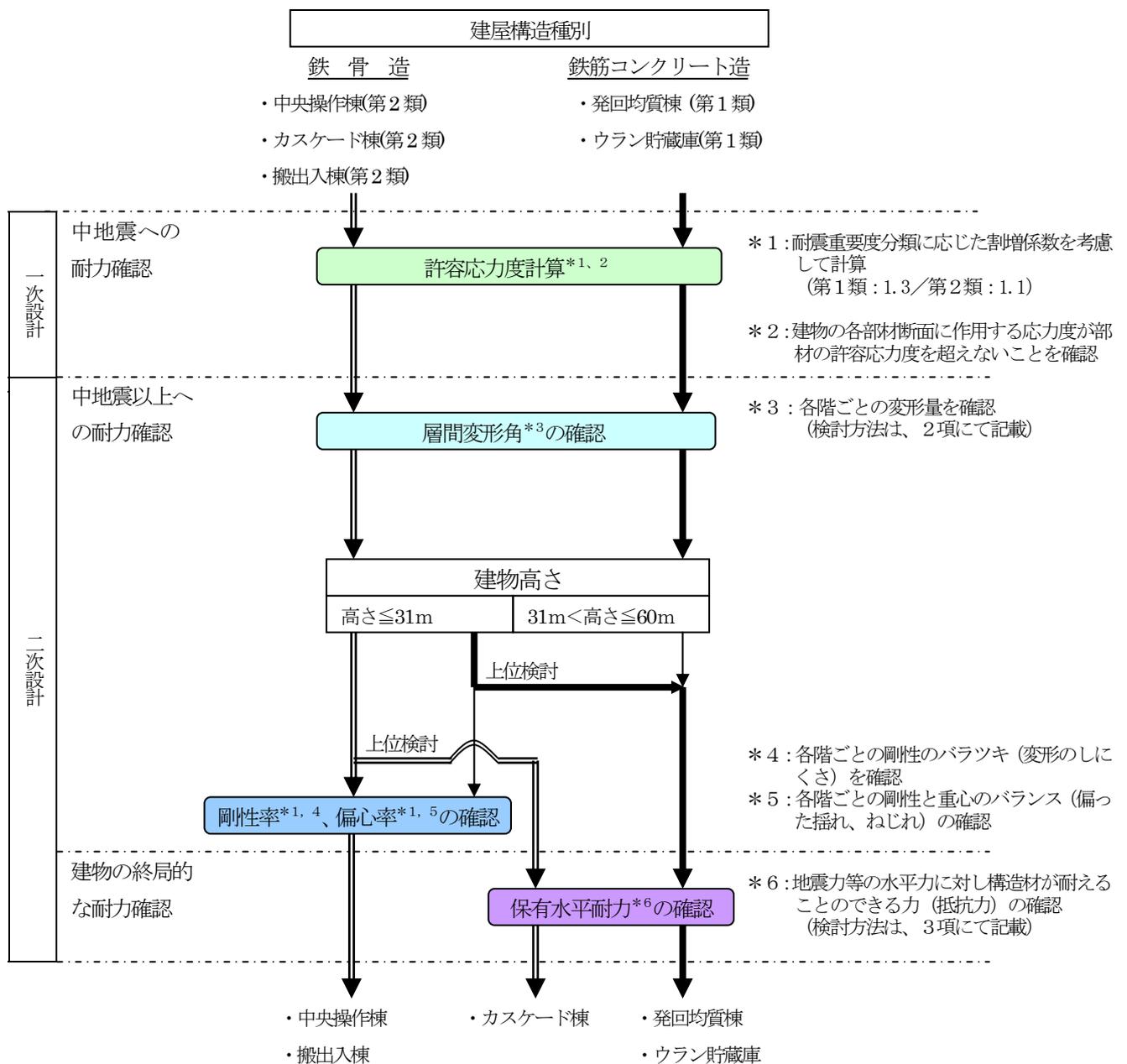


建屋の耐震性評価について

1. 建屋の耐震設計の概要

六ヶ所ウラン濃縮工場の建屋は、建築基準法に基づき、各建屋の構造種別から判断した所定の設計ルートに従い、「ウラン加工施設安全審査指針」等に定められている耐震重要度分類別の割り増し係数を用いて耐震設計が行われている。(一般的な建屋設計の検証手順：『設計ルート1 許容応力度計算による検証』⇒設計ルート2 層間変形角、剛性、偏心率の検証⇒層間変形角、保有水平耐力の検証)

以下に代表的な建屋の耐震設計手順を示す。



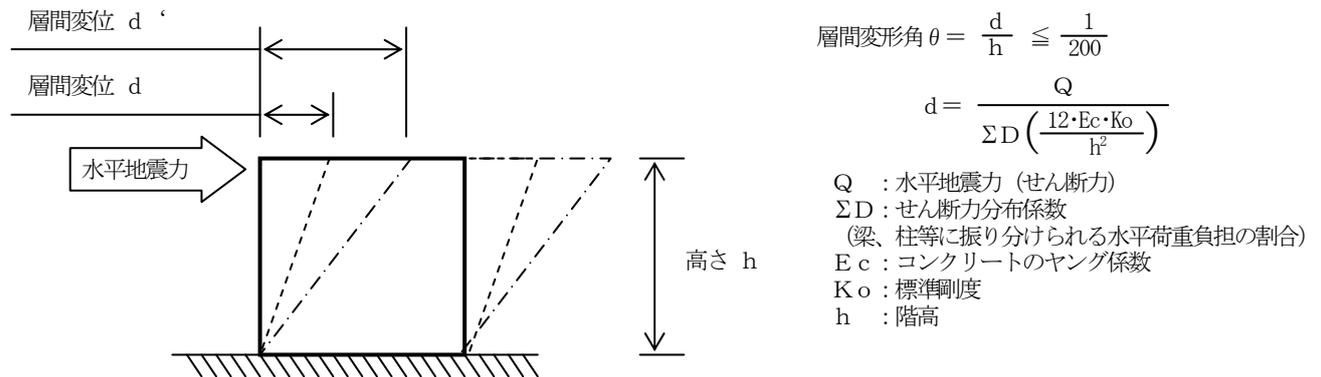
2. 層間変形角による耐力の検討

建物に水平方向の地震力が作用すると、各階層に働く地震力と耐力に応じ、横方向に傾いた変形を起こす。

建物自体の強度は十分にあるが、この変形量が大きいと、内外装材の剥がれ落ちや設備・機器に損傷が発生する可能性がある。

これより、建屋の層間変形角が、制限値以内である 1/200（又は 1/120）であることを確認し、内外装材の落下等による設備・機器の損傷可能性を検討する。

層間変形角の算出方法を以下に示す。



(参考1: 2号発回均質室の場合 $d=0.3 \text{ mm}$) $\theta = \frac{0.3 \text{ mm}}{8150 \text{ mm}} = \frac{1}{26100} \leq \frac{1}{200}$

(参考2: 層間位相角の制限値となる変位量 d') $\theta = \frac{40.75 \text{ mm}}{8150 \text{ mm}} \doteq \frac{1}{200}$

周辺環境へ及ぼす影響の観点からみて、内蔵ウラン量の大きい第1類の建屋（鉄筋コンクリート造の発回均質棟、ウラン貯蔵庫、ウラン貯蔵・廃棄物庫）の層間変形角は、添付-9-2に示すとおり、いずれも 1×10^{-4} オーダーのレベルにあり、内外装材の剥離や設備・機器の損傷を起こす可能性は小さいと考えられる。

また、建屋に作用する地震力が大きくなるにつれて、コンクリート壁等にはせん断ひび割れが生じると考えられるが、制限値 (1/200 又は 1/120) に対する裕度や次項に示す保有水平耐力比等から考えて、大きな開口が生じることは無く、万一、建屋内でウランの漏えいが発生したとしても、 UF_6 は比重が空気の約 12 倍と重く、水和性があるために速やかに大気中の水分と反応して UO_2F_2 のエアロゾルとなり、壁や床に大半が沈着するため、建屋外への UF_6 の移行率は小さいと考えられる。

鉄骨造のカスケード棟、中央操作棟等については、制限値 (1/200 又は 1/120) を満足しているが、耐震重要度分類は第2類であり、第1類の発回均質棟等に比べて耐力的に劣るため、設計想定を大幅に上回る地震力が働けば、外壁の PC 板（プレストレストコンクリート板）が損傷するものと考えられる。

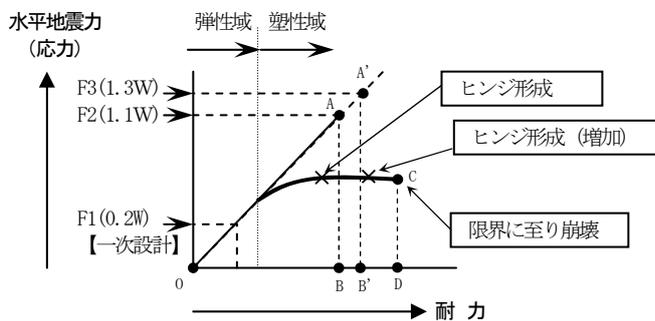
3. 保有水平耐力比による耐力の検討

鉄筋コンクリート造や鉄骨造の鉄骨などの鋼材は、靱性に富んだ材料であり、鋼材の最大強度は弾性域ではなく塑性域で発生する。

これらの建屋に作用する水平地震力が大きくなっていくと、構造部材が荷重に耐え切れなくなり「塑性ヒンジ」が形成される。更に水平地震力が増大すると、塑性ヒンジの数が多くなり、限界を超えると建屋が崩壊する。

これより、六ヶ所ウラン濃縮工場の各建屋の保有水平耐力比（ Q_u ：保有水平耐力/ Q_{un} ：必要保有水平耐力）により、建屋の耐震性能を評価する。必要保有水平耐力は、第1類の水平地震力 $1.3W$ により算出する。

保有水平耐力比の算出方法を以下に示す。



【崩壊に至る過程 (0点～C点まで)】
各構造部材に作用する応力で材料の応力度を超えない (材料の弾性域での耐力 (一次設計))
↓
応力の増加により材料の弾性域を超え塑性域となる
↓
塑性域となり、塑性ヒンジが形成
↓
塑性ヒンジが増加して変形限界に至り崩壊

①必要保有水平耐力 (Q_{un}) の算出

建物が受ける水平地震力の増加 ($F1 \Rightarrow F2$) に伴い、各階層の塑性化が同程度に進行して最大応力に達するまでの耐力 (面積 OAB に相当)

$$Q_{un} = n \cdot D_s \cdot E_{es} \cdot Q_{ud}$$

Q_{un} : 必要保有水平耐力

n : 割増係数 (第1類は1.3、第2類は1.1)

D_s : 各層の構造特性係数

E_{es} : 各層の形状係数

Q_{ud} : 各層に生じる水平力

②保有水平耐力 (Q_u) の算出

建物が受ける水平地震力の増加 ($F1 \Rightarrow F2$) に伴い、建物の構造部材 (柱、梁等の耐力)、外装材 (耐震壁の耐力) が変形限界 (構造部材の塑性限界) に達するまでの耐力 (面積 OCD に相当) (建物の終局的な耐力)

③保有水平耐力比 (Q_u/Q_{un}) の算出

$$\frac{\text{② 保有水平耐力}}{\text{① 必要保有水平耐力}} = \frac{\text{面積 OAB}}{\text{面積 OCD}} = \frac{Q_u}{Q_{un}} = \text{安全余裕}$$

計算例：カスケード棟 (第2類)

$$\begin{aligned} \frac{\text{② 保有水平耐力}}{\text{① 必要保有水平耐力}} &= \frac{11.84}{9.27} = 1.3 \text{ 倍} \\ &\quad \text{1類の割増係数にて算出} \downarrow \\ &= \frac{11.84}{9.27 \times (1.3/1.1)} = 1.1 \text{ 倍} \end{aligned}$$

層間変形角の検討と同様に、周辺環境へ及ぼす影響の観点からみて、内蔵ウラン量の大きい第1類の建屋 (鉄筋コンクリート造の発回均質棟、ウラン貯蔵庫、ウラン貯蔵・廃棄物庫) の保有水平耐力比をみると、添付-9-2に示すとおり、発回均質棟の最小値が2.0、ウラン貯蔵・廃棄物建屋 (ウラン貯蔵・廃棄物建庫) の最小値が1.2となっている。

これより、発回均質棟は $1.3W \times 2.0 = 2.6W$ 、ウラン貯蔵・廃棄物建庫は $1.3W \times 1.2 = 1.56W$ の水平地震力が限界耐力となる。大地震の発生時にも、その機能維持が要求される官庁施設の耐震基準は、特級： $1.5W$ 以上、上級： $1.25W$ と規定されており、発回均質棟及びウラン貯蔵・廃棄物建庫は、いずれもこれを上回る耐力を有している。

過去に発生している大地震 (東日本大震災等) による被害状況からすると、1981年 (建築基準法改正) 以降に建設された鉄筋コンクリート造の建屋には、構造上の大きな被害は認められていないことから、一般建築の建屋よりも十分に大きな耐力を有する発回均質棟及びウラン・貯蔵建庫は、同クラスの地震に対しても大破、崩壊する可能性はないと考えられる。

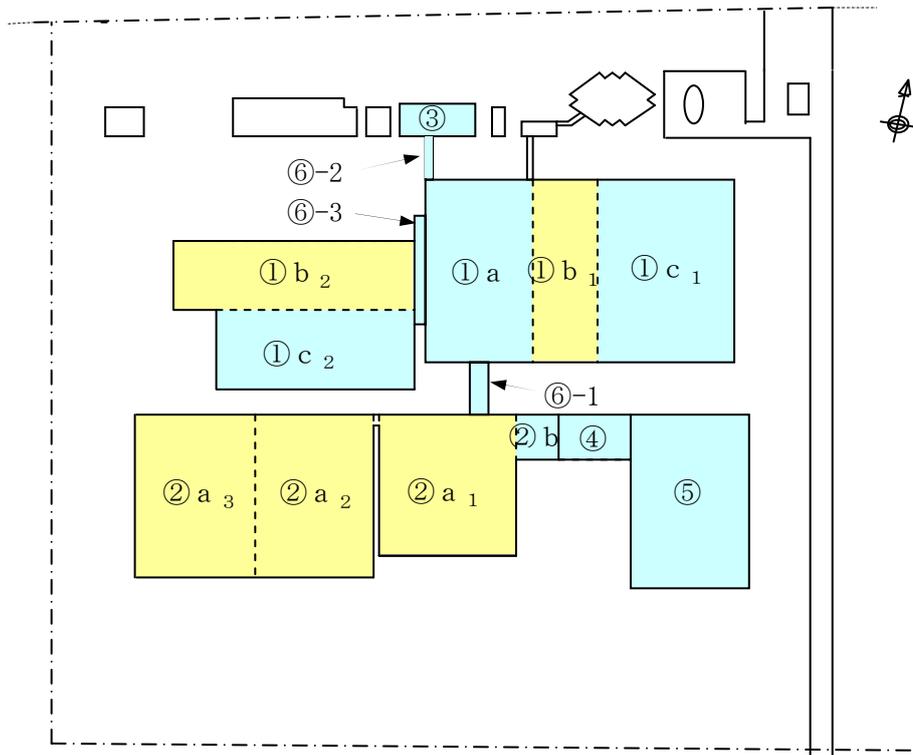
カスケード設備を収納している鉄骨造のカスケード棟については、保有水平耐力比の最小値が 1.1 となっており、 $1.3W \times 1.1 = 1.43W$ の水平地震力が限界耐力となる。これは、官庁施設の耐震基準の上級と特級の間の実力を有していることになる。一般建築の建屋に比べれば、十分な耐力を有していると言えるが、第 1 類の鉄筋コンクリート造の建屋に比べれば耐力的に劣り、地震力の増大にともない、 UF_6 機器を内包する建屋の中では最初に崩壊する可能性がある。ただし、カスケード設備は、高真空の条件で気体状の UF_6 を取扱い、インベントリ量も、と少ないため、建屋の崩壊によりカスケード設備が損傷したとしても、周辺公衆へ与える影響は小さい。

その他の建屋としては、非常用ディーゼル発電機を収納している補助建屋及び非常電源系の機器に給電するための電気ケーブルが設置されている補助建屋とウラン濃縮建屋をつなぐ中空の渡り廊下等がある。

補助建屋は、 $1.3W \times 2.3 = 2.99W$ と十分な耐力を有するが、これと比較して中空の渡り廊下の耐力は、 $1.3W \times 1.2 = 1.56W$ となっている。

中空の渡り廊下も、一般建築の建屋に比べれば、十分大きな耐力を有しているため、倒壊のおそれはないと判断できるが、相対的な比較上は、地震力の増大にともない補助建屋よりも先に損傷、倒壊する可能性がある。この場合、排風機や排気用モニタが機能を喪失する可能性がある。しかし、 UF_6 を大量に収納している発回均質棟が建屋の機能を維持しているため、万一室内に UF_6 が漏えいした場合でも、排風機の停止は安全側の動作になるとともに、排気用モニタが機能を停止しても、モニタリングカー等による周辺モニタリングによって機能を代替できる。

以 上



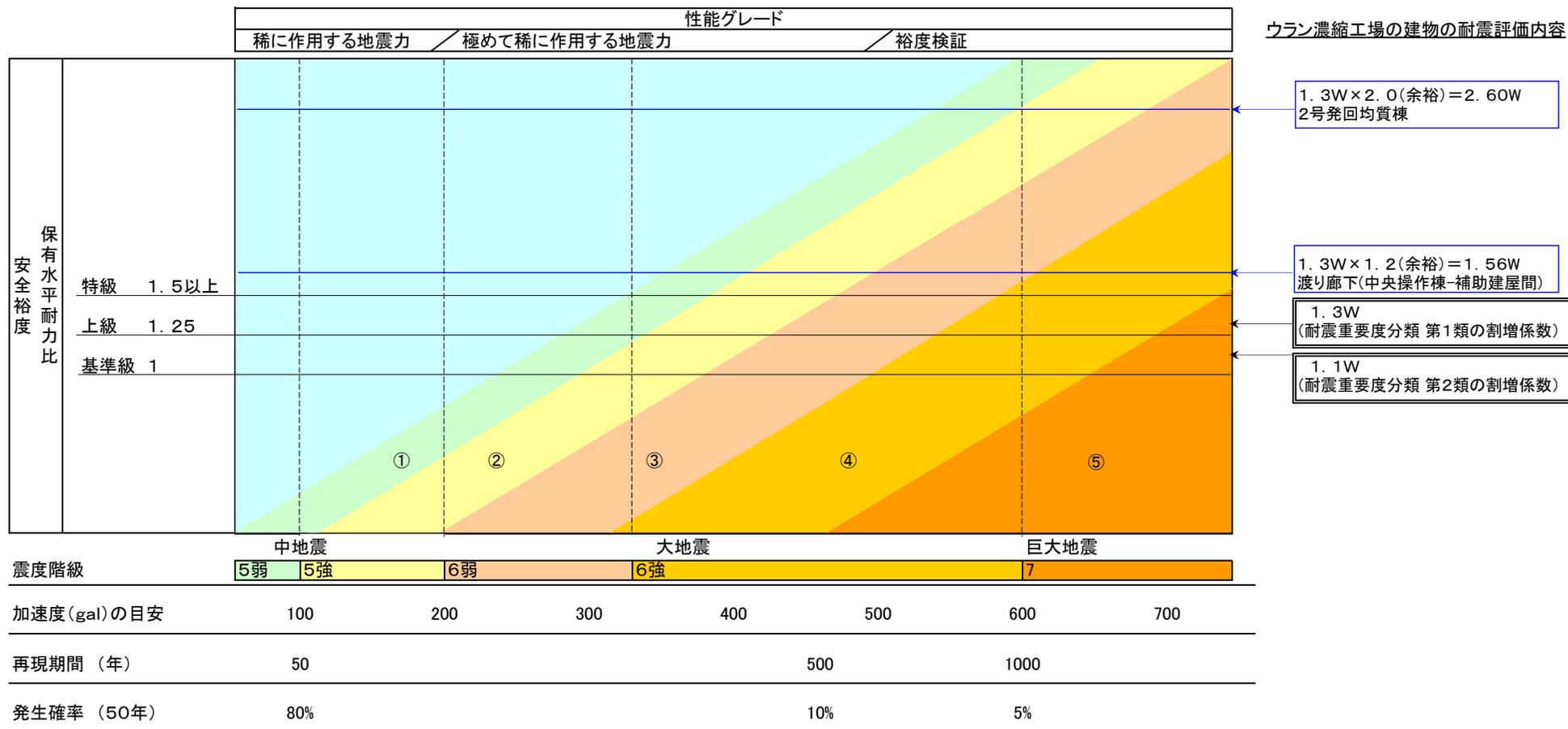
番号	建物名	耐震分類	層間変形角 ^{*1}		保有水平耐力比 ^{*2}				
			設計値	判定基準	設計値 ^{*3}		評価値 ^{*3}		
					MIN	MAX	MIN	MAX	
①	ウラン濃縮建屋	a 中央操作棟	第2類	1/198	1/120	—		—	
		b ₁ 1号発回均質棟	第1類	1/17900	1/200	2.1	4.6	同左	
		b ₂ 2号発回均質棟	第1類	1/26100		2.0	4.6	同左	
		c ₁ 1号カスケード棟	第2類	1/133	1/120	1.3	2.5	1.1	2.1
		c ₂ 2号カスケード棟	第2類	1/201		1.3	2.4	1.1	2.0
②	ウラン貯蔵・廃棄物建屋	a ₁ Aウラン貯蔵庫	第1類	1/17100	1/200	2.1	4.2	同左	
		a ₂ Bウラン貯蔵庫	第1類	1/12800		1.3	2.0	同左	
		a ₃ ウラン貯蔵・廃棄物庫	第1類	1/13300		1.2	1.6	同左	
		b 搬出入棟	第2類	1/379	—		—		
③	補助建屋	第2類	1/290	1/120	2.7	2.7	2.3	2.3	
④	ウラン濃縮廃棄物建屋	第2類	1/525		—		—		
⑤	使用済遠心機保管建屋	第2類	1/393	1/200	1.5	2.5	1.3	2.1	
⑥-1	渡り廊下 (中央操作棟-ウラン貯蔵・廃棄物建屋間)	第2類	1/349	1/120	—		—		
⑥-2	渡り廊下 (中央操作棟-補助建屋間)	第2類	1/173		1.4	3.1	1.2	2.6	
⑥-3	渡り廊下 (中央操作棟-2号発回均質棟間)	第2類	1/320		1.8	3.8	1.5	3.2	

*1: 層間変形角の値が大きい(分母が小)ほど、建屋内の内外装材等が地震によって脱落・崩壊する恐れが高いことを示す。判定基準は、規定値 1/200以下であるが、内外装材、設備等に相応の措置が講じられている場合に限って、1/120以下まで緩和が認められる。

*2: 保有水平耐力は、地震力や風圧力などの水平力に対して、建屋の構造材が耐えることの出来る力(抵抗力)を示すもので、建屋構造材が支える重量等から求まる必要保有水平耐力と保有水平耐力の比率が大きいほど、耐力余裕があることを示す。各建物の階層及び建屋方向(長辺寸法、短辺寸法)をパラメータに評価を行っており、評価結果のMIN,MAXを記載している。

*3: 設計値は、第1類及び第2類の各水平地震力に対する保有水平耐力比であり、評価値は、耐震分類の第2類の建屋について、第1類の割増係数(1.3)を乗じた場合の必要保有水平耐力を算出し裕度評価を実施した。

建屋の耐震性能のめやす



ウラン濃縮工場の建物の耐震評価内容

1. 3W x 2. 0(余裕) = 2. 60W
2号発回均質棟

1. 3W x 1. 2(余裕) = 1. 56W
渡り廊下(中央操作棟-補助建屋間)

1. 3W
(耐震重要度分類 第1類の割増係数)

1. 1W
(耐震重要度分類 第2類の割増係数)

【官庁施設の耐震基準】

- 基準級: 建築基準法による安全裕度 = 1. 0 (1. 0W)
(安全裕度 = Q_u : 保有水平耐力 / Q_{un} : 必要保有水平耐力)
- 上級: 安全裕度 x 1. 25
- 特級: 安全裕度 x 1. 5以上

【参考文献】

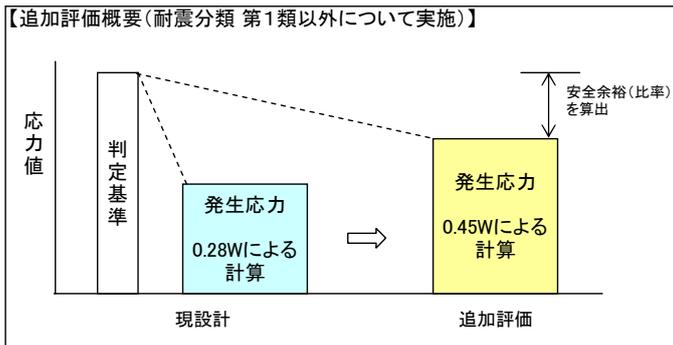
- JSCAパンフレット: 「JSCA性能メニュー-安心できる建物を目指して」(社)日本建築構造技術者協会2001
- 「1978年宮城県沖地震被害調査報告」日本建築学会

①軽微被害	柱・耐力壁・二次壁の損傷が軽微か若しくは殆ど損傷がないもの
②小破・小損	柱・耐力壁の損傷は軽微であるが、RC二次壁・階段室まわりに、せん断ひび割れが見られるもの
③中破・中損	柱に典型的なせん断ひび割れ・曲げひび割れ、耐力壁にひび割れが見られ、RC二次壁・非構造体に大きな損傷が見られるもの
④大破・大損	柱のせん断ひび割れ、曲げひび割れによって鉄筋が座屈し、耐力壁に大きなせん断ひび割れが生じて耐力に著しい低下が認められるもの
⑤崩壊	柱・耐力壁が大破壊し、建物全体または建物の一部が崩壊に至ったもの

設備・機器の耐震性評価結果

設備名	種別	機器名 *1	耐震分類	ID	評価部位	安全余裕比率		備考	安全余裕分布			ID	
						設計値	追加評価		2以下	5以下	5以上		
カスケード設備	機器	遠心機(金属胴)	第2類	1	基礎ボルト	8.72	2.92					1	
		遠心機(新型)	第2類	2	基礎ボルト	14.18	1.88		1.88			2	
				3	据付ボルト	16.98	9.44			9.44		3	
	配管	プロセス配管	第2類	4	曲げ応力	1.77	1.10		1.10			4	
	架構	プロセス配管架構	第2類	5	基礎ボルト(床)	2.53	1.57		1.57			5	
UF6処理設備	機器	発生槽	第1類	6	基礎ボルト	2.03	-			2.03		6	
				7	据付ボルト	11.22	-				11.22		7
				8	子台車ストツパ	1.95	-		製品回収槽、廃品回収槽の評価結果も同等値	1.95			8
				9	子台車転倒	1.19	-			1.19			9
	配管	プロセス配管	第1類	10	曲げ応力	8.32	-			8.32		10	
架構	プロセス配管架構	第2類*2	11	構造部材	2.56	-			2.56		11		
均質・ブレンディング設備	機器	均質槽	第1類	12	基礎ボルト	3.87	-			3.87		12	
				13	脚部	3.55	-			3.55		13	
				14	子台車ストツパ	1.28	-		製品シリンダ槽、廃品シリンダ槽の評価結果も同等値	1.28			14
				15	子台車転倒	1.32	-			1.32			15
	配管	プロセス配管	第2類	16	曲げ応力	6.96	4.33			4.33		16	
配管	プロセス配管(配管カバー内)	第2類	17	曲げ応力	8.40	5.23				5.23	17		
架構	プロセス配管架構	第1類	18	構造部材	7.06	-				7.06	18		
貯蔵搬送設備	機器	原料シリンダ置台	第1類	19	基礎ボルト	1.61	-		製品シリンダ置台、廃品シリンダ置台も同等値	1.61		19	
		天井走行クレーンA~D(ホイスト)	第1類	20	転倒	1.40	-			1.40		20	
				21	走行方向転倒	5.34	-				5.34	21	
		22	横行方向転倒	1.78	-			1.78			22		
		天井走行クレーンA~D(クレーン)	第1類	23	走行方向転倒	3.91	-			3.91		23	
24	横行方向転倒	1.77	-			1.77			24				
搬出入台車	第1類	25	転倒(原料置台+本体)	1.41	-			1.41			25		
管理廃水処理設備	機器	洗缶廃水貯槽	第2類	26	基礎ボルト	29.83	18.56				18.56	26	
				27	据付ボルト	96.96	60.33				60.33	27	
	28	脚部	12.16	7.67				7.67		28			
配管	プロセス配管	第3類	29	曲げ応力	1.54	0.96		0.96			29		
放射線監視測定設備	機器	排気用(α)モニタ	第2類	30	基礎ボルト	4.26	2.59			2.59		30	
				31	据付ボルト	13.53	8.12				8.12	31	
非常用設備	機器	非常用DG	第2類	32	機関据付ボルト	51.58	32.10				32.10	32	
				33	発電機据付ボルト	12.06	7.51				7.51	33	
				34	機関+発電機基礎ボルト	30.20	18.79				18.79	34	
		2号無停電電源装置	第2類	35	据付ボルト	7.02	4.28			4.28		35	
		2号直流電源装置	第2類	36	蓄電池盤	2.58	1.72			1.72		36	
37	充電器盤			5.57	3.71				3.71	37			
換気空調設備	機器	2号発回均質棟系排風機	第2類	38	基礎ボルト	25.43	15.82				15.82	38	
		2号発回均質棟系フィルタユニット	第2類	39	基礎ボルト	36.35	22.62				22.62	39	
	ダクト	角ダクト	第3類*3	40	本体(SGC340)	1.03	0.91			0.91		40	
				41	本体(SS400)	2.43	2.14				2.14	41	
				42	本体(STGP)	12.82	12.32				12.32	42	
丸ダクト	第3類*3	43	本体(SGC340)	21.28	20.37				20.37	43			
		44	本体(SS400)	6.45	4.22				4.22	44			

- *1: 各設備の機器類等の評価結果より代表記載(安全余裕率の小さい機器など)
- *2: 第2類機器であるが、上位波及の観点から、評価は第1類の地震力にて評価
- *3: 第3類機器であるが、上位波及の観点から、評価は第2類の地震力にて評価



建屋の積雪荷重・風荷重に対する耐力について

ウラン濃縮工場の各建屋は、建築基準法に基づく設計を行っており、建屋に作用する荷重として、以下を考慮している。

(1) 地震時に考慮する鉛直荷重

地震時に考慮する鉛直荷重は、以下を考慮している。

- ①固定荷重：建屋の自重
- ②積載荷重：建屋に設置される機器、配管、人員等の荷重
- ③積雪荷重： $3.0\text{kgf/m}^2/\text{cm} \times 190\text{cm}$ （過去の最高積雪深） $\times 0.5 = 285\text{kgf/m}^2$

(2) 地震荷重

地震時に作用する水平荷重は、次式により算出した地震層せん断力による。

$$Q_i = n \times C_i \times W_i$$

$$C_i = Z \times R_t \times A_i \times C_0$$

Q_i ：地震層せん断力

n ：安全審査指針に基づく割り増し係数

C_i ：地震層せん断力係数

W_i ：当該部分が支える荷重

Z ：地震地域係数（=1.0）

R_t ：振動特性係数（=1.0）

A_i ：地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数（=1.0）

C_0 ：標準せん断力係数（=0.2）

(3) 風荷重

建屋に作用する風荷重は、建築基準法施行令第87条による。

表1. 建屋の風荷重の例

単位 [tf]

建 屋		南北方向	東西方向
2号発回均質棟(第1類)	1階	142	65
2号カスケード棟(第2類)	2階	126	11
	1階	295	78

(4) 保有水平耐力

建屋の保有水平耐力の算定は、鉄筋コンクリート造については「構造計算指針・同解説」に基づき、鉄骨造については「建築耐震設計における保有耐力と変形性能」に準拠して行っている。

①鉄筋コンクリート造（発回均質棟等）

$$Q_{WSU} = \left[\frac{0.068Pte^{0.23}(Fc+180)}{(M/(QD)+0.12)^{1/2}} + 2.7(\sigma_{wh}P_{wh})^{1/2} + 0.1\sigma_0 \right] bej$$

- Q_{WSU} : せん断強度
 Pte : 等価引張鉄筋比
 Fc : コンクリートの設計基準強度
 $M/(QD)$: せん断スパン比
 σ_{wh} : 水平せん断補強筋の材料強度
 P_{wh} : 水平せん断補強筋比
 σ_0 : 全断面積に対する平均軸方向応力度
 be : 等価長方形断面の幅
 j : $(7/8)d$ ($d=0.95D$ D は耐力壁の全長)

②鉄骨造（カスケード棟等）

保有水平耐力の算定は、筋かいの水平耐力と架構の水平耐力を加え合わせたものとする。

大はり及び柱の曲げ耐力は全塑性モーメントとする。強軸まわりに曲げを受けるH形断面及び箱形断面の全塑性モーメントは、次式により算定する。

$$\begin{aligned} N/N_\gamma \leq Aw/A \text{ のとき} \\ M_{PN}/M_P = 1 - A^2/((4Af+Aw)Aw) \cdot (N/N_\gamma)^2 \\ N/N_\gamma > Aw/A \text{ のとき} \\ M_{PN}/M_P = 2A/(4Af+Aw) \cdot (1 - N/N_\gamma) \end{aligned}$$

- N : 柱軸力 ($=N_s+N_Q$ N_s は鉛直荷重による柱軸力、 N_Q は保有水平耐力算定時におけるはりせん断力及び筋かい力による付加軸力を示す。)
 N_γ : 柱の降伏軸力 ($=FA$ F は鋼材の基準強度を示す。)
 A : 断面積
 M_{PN} : 全塑性モーメント
 M_P : 軸力がない場合の全塑性モーメント
($=FZ_p$ Z_p は塑性断面係数を示す。)
 Af : 片側フランジの断面積

1対の筋かいの水平耐力 BQ_{γ} は、引張側のみ有効とし次式により算定する。

$$BQ_{\gamma} = F A_b \cos \theta$$

F : 鋼材の基準強度

A_b : 筋かいの断面積

θ : 筋かいの水平面となす角度

表2. 建屋の保有水平耐力の算定例

単位 [tf]

建 屋		南北方向	東西方向
2号発回均質棟(第1類)	1階	56.04×10^3	87.04×10^3
2号カスケード棟(第2類)	2階	13.19×10^2	19.70×10^2
	1階	40.38×10^2	37.06×10^2

以上のように、積雪荷重及び風荷重の値は、地震荷重に比べて小さいため、保有水平耐力比の検討に包含される。

以 上

UF₆の放出により敷地周辺へ与える影響の評価

目 次

1. はじめに	3
2. 影響評価の対象とする建屋及び設備・機器	3
3. 建屋及び設備・機器の損傷による影響評価	4
(1) 大気圧未満の系統の機器損傷による影響	5
①計算モデル	5
②評価結果	6
(2) 大気圧以上の系統の機器損傷による影響	6
①計算モデル	6
②加熱が停止した場合の漏えい量及び漏えい継続時間の計算	7
イ. 大気圧までの漏えい量	7
ロ. UF ₆ 漏えい継続時間	8
ハ. 漏えい速度の算出	8
ニ. 漏えい時間の算出	9
③加熱が継続した場合の漏えい量及び漏えい時間	9
(3) 建屋損傷時の影響	10

1. はじめに

六ヶ所ウラン濃縮工場において、設計想定を上回る大地震等により、設備・機器の損傷が発生したと仮定した場合の一般公衆への影響について以下に示す。

2. 影響評価の対象とする建屋及び設備・機器

本施設において取扱うウランは未照射ウランであり、化学形態は UF_6 である。その比放射能の大きさから考えて^(注)、一般公衆に影響を与える潜在的危険性のあるものは、ウランを大量に取扱う設備・機器である。

(注) 5%濃縮ウランの比放射能： $1.2 \times 10^5 Bq/gU$

施設の内蔵放射能量：原子炉（炉心） $10^{20} Bq$ に対して六ヶ所ウラン濃縮工場は $10^{11} Bq$ （貯蔵しているウランが対象）

UF_6 を大量（500kgU 以上）に取扱う設備・機器を収納している建屋として、カスケード設備への UF_6 供給や回収を行う UF_6 処理設備や均質・ブレンディング設備があるウラン濃縮建屋の1号発回均質棟及び2号発回均質棟、原料 UF_6 や製品 UF_6 、廃品 UF_6 を充填した UF_6 シリンダを貯蔵しているウラン貯蔵・廃棄物建屋のAウラン貯蔵庫、Bウラン貯蔵庫、ウラン貯蔵・廃棄物庫がある。

これ以外には、カスケード設備（遠心分離機）がある1号カスケード棟及び2号カスケード棟、放射性物質による汚染又は汚染のおそれのある廃棄物を保管しているウラン濃縮廃棄物建屋、第1種管理区域で発生した廃水の処理を行う管理廃水処理設備や分析設備等のごく少量のウランを取り扱う中央操作棟がウランを取扱う施設である。

これらの建屋及び設備・機器が損傷し、 UF_6 が漏えいした場合の影響を評価する。

3. 建屋及び設備・機器の損傷による影響評価

ウラン濃縮建屋及びウラン貯蔵・廃棄物建屋は、「ウラン加工施設安全審査指針」等(以下「安全審査指針」という。)に基づく耐震重要度分類第1類の建屋であり、建築基準法施行令第88条の地震力に所定の割増係数1.3(耐震重要度分類第1類)を乗じた地震力に対しても十分耐える構造としている。

これに対して、ウラン濃縮建屋(1号発回均質棟及び2号発回均質棟)及びウラン貯蔵・廃棄物建屋(Aウラン貯蔵庫、Bウラン貯蔵庫、ウラン貯蔵・廃棄物庫)は、第1類の地震力の1.2~4.6倍の地震力に耐える実力を有している。(添付-9-2参照)

一方、設備・機器は、安全審査指針に基づき、重要度に応じて第1類~第3類に分類し、所定の割増係数を乗じた地震力に対して十分に耐える構造としている。

【耐震重要度分類に基づく割増係数】

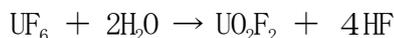
耐震重要度分類	割増係数
第1類	1.5×1.5以上
第2類	1.4以上
第3類	1.2以上

原則的に設備・機器は、剛構造となることを基本とし、第1類の機器であれば、約450Galの設計地震力が付加されても転倒等は起きない設計としており、均質槽等の重要な機器は、1.3~3.8倍の地震力に耐える実力を有している。

以上のように、建屋及び設備・機器の実力を考慮すると、震度6~震度7の大地震に対しても十分な健全性を確保している。

ここでは、大地震により、液化運転中の均質槽(中間製品容器)又はこれに付帯する高圧配管部が破損した場合を想定して評価する。

六ヶ所ウラン濃縮工場の設備・機器は、大気圧未満の真空系統と大気圧以上の二つの系統に分類できる。大気圧未満の系統でバウンダリを喪失した場合には、系内に大気が流入し、系の内外が大気圧になった後、拡散による漏えいが発生する。UF₆は、大気中の水分と下式の化学反応を起こし、UO₂F₂のエアロゾルに変わる。



漏えいしたUF₆は、比重が空気の約12倍と大きいため、空気とほとんど混合せずに重力沈降し、漏えい箇所周辺に留まる。

一方、大気圧以上でUF₆を取扱う均質槽(中間製品容器)のバウンダリを喪失した場合には、液体UF₆が昇華して大量に漏えいする。

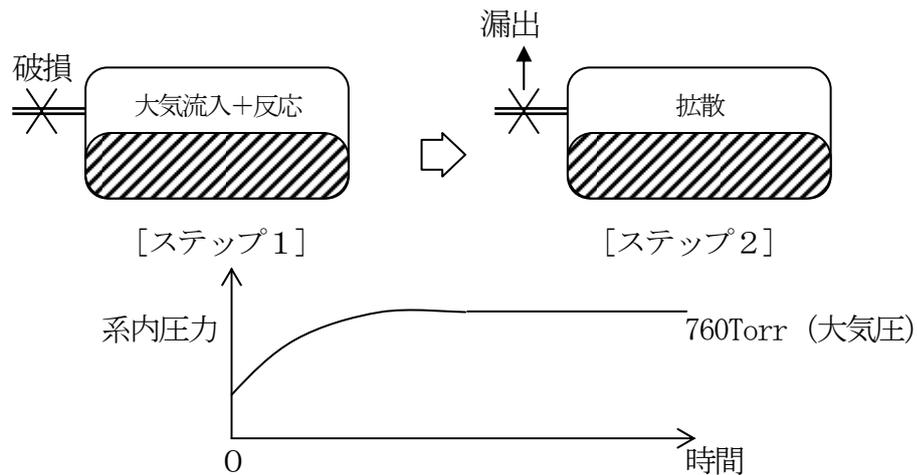
これより、UF₆の漏えいによる影響の評価は、大気圧未満の系統と大気圧以上の系統に分けて評価する。

(1) 大気圧未満の系統の機器損傷による影響

①計算モデル

大気圧未満の系統の配管等が破損した場合、系内に大気が流入し、系内圧力が大気圧になるまで上昇する。(ステップ1)

系内及び系外圧力が大気圧の状態ではUF₆が拡散漏えいする。



[評価式]

$$\text{漏洩速度 } G = \rho D \cdot \frac{\pi}{4} D^2 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{P_{\text{UF}_6}}{P_t} \cdot \frac{1}{L} \text{ g/s}$$

(出典: W.M.ROHSENOW.H.Y.CHOI, "Heat, Mass and Momentum Transfer", Prentice-Hall, INC.1961, P.398)

ρD : UF₆ 拡散係数 (g/cm·s) = $1.117T^{0.925} \times 10^{-6}$

D : 破損部直径 (mm)

P_{UF_6} : 系内UF₆分圧 (Torr)

P_t : 系内全圧 (Torr)

L : 拡散距離 (cm)

T : UF₆ の絶対温度 (K)

②評価結果

①の評価式により、ウラン濃縮工場内の UF₆ 処理設備及び均質・ブレンドング設備の各槽の接続管部からの漏えい速度を計算した結果は、下表のとおりである。

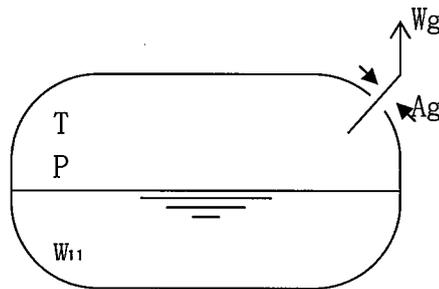
	T	ρ	D ²	PUF ₆	1/P t	1/L	G
発生槽接続配管	326.15	0.000236	28	623.8	760	10.2	1.20E-04
製品CTまわり配管	326.15	0.000236	208.3	623.8	760	10.2	6.50E-03
製品回収槽接続管	280.15	0.0002051	28	30.5	760	10.2	5.00E-06
廃品回収槽接続管	280.15	0.0002051	28	30.5	760	10.2	5.00E-06
一般パージCTまわり配管	326.15	0.000236	54.9	623.8	760	10.2	4.50E-04
原料シリンダ槽接続管	322.15	0.0002333	28	497	760	10.2	9.20E-05
製品シリンダ槽接続管	280.15	0.0002051	28	30.5	760	10.2	5.00E-06

(2) 大気圧以上の系統の機器損傷による影響

①計算モデル

液化中の中間製品容器の接続配管、均質槽外配管（高圧配管）が破損する場合の漏えい量を求める。

過度に保守的な評価となることがないように、評価条件は現実的に設定するものとし、加熱が停止した場合と加熱が継続された場合の両者を評価する。



- T1 ; 初期 UF₆ 温度 (液体)
- T2 ; UF₆ 固化温度 (液体、固体)
- T3 ; 終期 UF₆ 温度 (固体)
- P1 ; 初期 UF₆ 圧力
- P2 ; 終期 UF₆ 圧力
- Wu ; 中間製品容器内 UF₆ 量
- Wg ; UF₆ 漏えい量
- Ws ; 中間製品容器重量
- Ag ; 破口面積
- Cps ; 中間製品容器 比熱
- Cpu ; UF₆ 比熱 (液体)
- UF₆ 比熱 (固体)

- 0.11kcal/kg°C
- 0.13kcal/kg°C
- 0.12 kcal/kg°C

ΔH_v ; UF ₆ 蒸発熱	20kcal/kg
ΔH_g ; UF ₆ 昇華熱	34kcal/kg
ΔH_f ; UF ₆ 凝固熱	13kcal/kg

②加熱が停止した場合の漏えい量及び漏えい継続時間の計算

イ. 大気圧までの漏えい量

通常の液化運転時の条件、加熱温度 { } から UF₆ ガスが蒸発して破口から中間製品容器外へ漏れ出ることにより、蒸発潜熱を奪われ、残った UF₆ が大気圧 (760Torr) となる飽和温度 (56°C) になるまでの UF₆ 漏えい量は、熱収支から以下のとおりとなる。

a. { } の時の漏えい量 Wg1

UF₆ の蒸発により奪われる熱量 Q1

= 中間製品容器及び内包 UF₆ の温度低下分の熱量 Q2

$$\rightarrow Wg1 \times \Delta H_v = (W_s \times C_{ps} + W_u \times C_{pu}) \times (T_1 - T_2)$$

$$\rightarrow Wg1 = (W_s \times C_{ps} + W_u \times C_{pu}) \times (T_1 - T_2) / \Delta H_v$$

$$= \{ \}$$

$$= 729 \text{ kg UF}_6$$

b. { } の時の漏えい量 Wg2

{ } の状態では、液体から固体への相変化があるため、固体に相変化した UF₆ は昇華する。

UF₆ の液体からの蒸発及び固体からの昇華により奪われる熱量 Q3

= 内包 UF₆ の全量が液体から固体に相変化する際の熱量 Q4

$$\rightarrow Wg2 \times ((\Delta H_v + \Delta H_g) / 2) = (W_u - Wg1) \times \Delta H_f$$

$$\rightarrow Wg2 = (W_u - Wg1) \times \Delta H_f / ((\Delta H_v + \Delta H_g) / 2)$$

$$= \{ \}$$

$$= 1671 \text{ kg UF}_6$$

c. { } の時の漏えい量 Wg3

固体 UF₆ の昇華による熱量分だけ中間製品容器及び内包 UF₆ の温度が低下する。

UF₆ の昇華により奪われる熱量 Q5

= 中間製品容器及び内包 UF₆ の温度低下分の熱量 Q6

$$\rightarrow Wg3 \times \Delta H_g = (W_s \times C_{ps} + (W_u - Wg1 - Wg2) \times C_{pu}) \times (T_2 - T_3)$$

$$\rightarrow Wg3 = (W_s \times C_{ps} + (W_u - Wg1 - Wg2) \times C_{pu}) \times (T_2 - T_3) / \Delta H_g$$

$$= \{ \}$$

$$= 86 \text{ kg UF}_6$$

以上より、全漏えい量 Wg は、

$$Wg = Wg1 + Wg2 + Wg3 = 729 + 1671 + 86 = 2486 \text{ kg UF}_6$$

ロ. UF₆漏えい継続時間

UF₆ガスの漏えい速度は次式で表される。(機械工学便覧 新版 A6-69)

漏えい速度 ; $G_m = K \cdot A_g \cdot P \cdot ((g \cdot M) / (R \cdot T))^{1/2}$

クリティカル ; $K = (\kappa \cdot (2 / (\kappa + 1))^{(\kappa + 1) / (\kappa - 1)})^{1/2} (=0.621)$

ノンクリティカル ; $K = ((2 \kappa / (\kappa - 1)) \cdot \{ (P_0/P)^{2/\kappa} - (P_0/P)^{(\kappa + 1) / \kappa} \})^{1/2}$

G_m : 漏えい速度 kg/s

A_g : 破口面積 m²

P₀ : 大気圧 kg/m²

P : 中間製品容器の圧力 kg/m²

g : 重力加速度 9.80665m/s²

R : 気体定数 847.82kg · m/kmol · K

T : UF₆の絶対温度 K

κ : 比熱比=1.065

M : UF₆分子量 352kg/kmol

クリティカル条件 : $(P_0/P) \leq \{ (2 / (\kappa + 1))^{(\kappa / (\kappa - 1))} \} (=0.592)$

ノンクリティカル条件 : $(P_0/P) > \{ (2 / (\kappa + 1))^{(\kappa / (\kappa - 1))} \} (=0.592)$

漏えい量 W_g と漏えい速度 G_m 及び漏えい時間 d t は、以下の関係式で表される。

$G_m \cdot d t = W_g$

$\rightarrow d t = W_g / G_m$

ハ. 漏えい速度の算出

漏えい速度 G_m は、圧力及び温度により異なる。大気圧 760Torr (=P₀) に対するクリティカル条件 (中間製品容器内圧 P) は、

従って、UF₆ガスの漏えい速度は、クリティカル条件の式、

各漏えい速度の計算に当たっては、各温度の二乗平均値とする。

a.

	=7.19E-02kg/s
【クリティカル】	
温度 T	
圧力 P kg/m ² (圧力 P Torr)	
P ₀ /P	
漏えい速度 G _m kg/s	

b.

Gm =

【ノンクリティカル】

温度 T
圧力 P kg/m ² (圧力 P Torr)
P0/P
漏えい速度 Gm kg/s

二. 漏えい時間の算出

a.

$$Wg1 = Gm \cdot dt = (Ws \times Cps + Wu \times Cpu) \times dT / \Delta Hv$$

$$\rightarrow dt = (Ws \times Cps + Wu \times Cpu) \times dT / (\Delta Hv \times Gm)$$

=

= 8210s = 137min

b.

dt =

= 2327s = 39min

c.

dt = = 33690s = 561min

d.

dt = = 1734s = 29min

漏えい時間は、a+b+c+dより約766min (=12.8時間)となる。

③加熱が継続した場合の漏えい量及び漏えい時間

加熱が継続している状態では、UF₆の蒸発が継続するため、「①計算モデル」にて示したクリティカル条件 により、一定速度でUF₆が噴出し続けるものとする。この時の漏えい速度は、9.12E-02kg/sとなる。

漏えい量は、インベントリ 4500kg UF₆全量が放出されるものとする、漏えい時間は、
 $4500\text{kgUF}_6 \div 9.12\text{E-}02\text{kg/s} = 13.7\text{時間}$
 となる。

(3) 建屋損傷時の影響

比較的大量のウランを取扱う発回均質棟、ウラン貯蔵・廃棄物建屋及びカスケード棟は、それぞれ、第1類の地震力の2.0倍(2.6W)、1.2倍(1.56W)及び1.1倍(1.43W)の地震力に耐える実力を有している。(添付-9-2参照)

これより、各建屋は、震度6から7の大地震に対しても倒壊のおそれはないと判断でき、仮に発回均質棟及びウラン貯蔵・廃棄物建屋内で UF_6 が漏えいした場合でも、大半の UF_6 は建屋内に留まる。

ただし、鉄骨造のカスケード棟では、震度6強程度になるとPC板(プレストレストコンクリート板)の損傷、落下が想定され、収納しているカスケード設備(遠心分離機及び配管・弁)を損傷させることが考えられる。

カスケード設備は、気体 UF_6 を高真空の条件下で取扱っていることから、遠心分離機や配管が損傷した場合には、瞬時に系内に大気が入る。系内の気体 UF_6 は UO_2F_2 に変わって遠心分離機等の内面に付着し、大半が系内に留まる。また、カスケード設備のインベントリ量から考えて、万一、カスケード設備が損傷しても、周辺公衆へ与える影響は小さい。

以 上

「均質槽(中間製品容器)からのUF₆漏えい」の概要(1/4)

1. 評価の概要

- ・喪失を想定する安全機能: 均質槽(中間製品容器)の閉じ込め機能
- ・評価の目的: UF₆漏えい量の低減

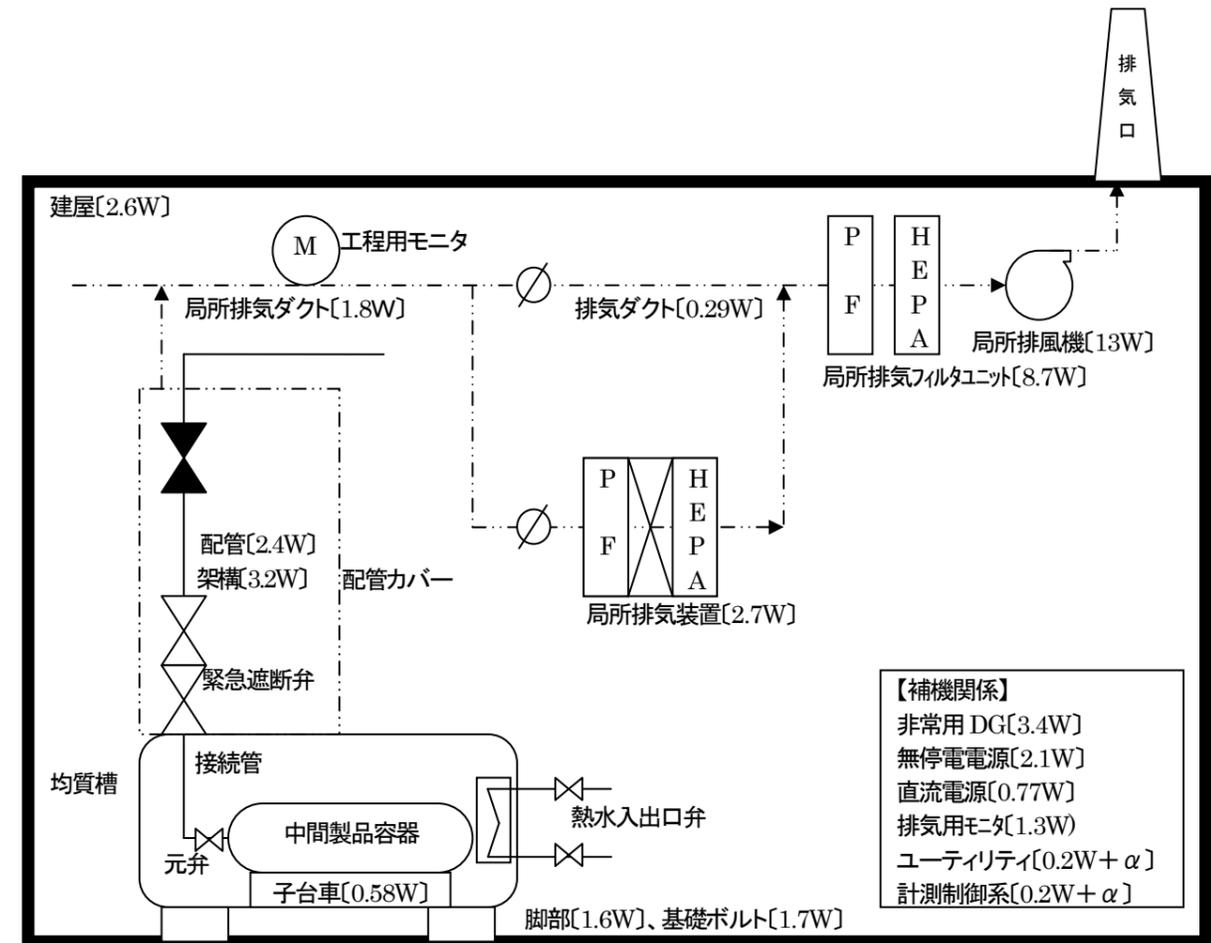
2. 既存の設計内容

建屋及び設備・機器	主要設計仕様
発回均質棟	鉄筋コンクリート造(天井:94cm、壁 94cm) 耐火建築物 耐震重要度分類: 第1類
均質槽及び中間製品容器	【均質槽】 安全機能: 耐圧気密構造、緊急遮断弁、工程用モニタ(HF 検知) インターロック: 漏えい拡大防止インターロック(圧力・温度・重量に係るインターロック) 【中間製品容器】 安全機能: 耐圧気密構造
気体廃棄設備	【局所排気設備】 局所排気装置(HF 吸着器、HEPA フィルタ)、局所排気フィルタ、局所排風機、局所排気ダクト 【気体廃棄物の廃棄設備】 排風機、排気フィルタ(プレフィルタ、HEPA フィルタ)、排気ダクト
放射線監視・測定設備	排気用(α)モニタ 排気用 HF モニタ 換気用 HF モニタ
非常用設備	非常用ディーゼル発電機(排気用モニタ、排風機、計測制御系等への給電) 無停電電源装置(計測制御系) 直流電源設備(遮断器等の操作電源)

3. ストレストテストの結果

表1. 耐震性能一覧表

第1グループ 第1類の地震力0.45Wの~2倍	第2グループ 第1類地震力0.45Wの2~5倍	第3グループ 第1類地震力0.45Wの5倍~
均質槽子台車ストップ: 0.58W 主要排気ダクト(角ダクト): 0.29W ユーティリティ(電気・計装含む): 0.20W+α 直流電源設備(蓄電池盤): 0.77W	均質槽(本体): 1.6W UF ₆ 主要配管(第2類): 1.9W 無停電電源装置: 2.1W 渡り廊下(非常用DG給電ケーブル): 1.6W 局所排気ダクト: 1.8W 排気用(α)モニタ: 1.3W 直流電源設備(充電器盤): 1.7W	配管カバー内 UF ₆ 配管: 2.4W 非常用ディーゼル発電機: 3.4W UF ₆ 主要配管(第1類): 2.9W 配管架構: 3.2W 排気フィルタ: 10W 排風機: 7.1W 局所排気装置: 2.7W 局所排気フィルタ: 8.7W 局所排風機: 13W
・外部電源/ユーティリティの喪失により均質槽加熱停止 ・中間製品容器の液化均質処理中の地震発生により、均質槽子台車が脱落・移動し、接続管脱着部の気密性が破れ、UF ₆ が均質槽内に漏えいする可能性があるが、均質槽は健全性(耐圧気密性)を維持しており、槽外へ漏えいするおそれはない。 ・直流電源設備(蓄電池盤)が破損するが非常用電源(DG)により給電継続。	・外部電源/ユーティリティの喪失により均質槽加熱停止 ・非常用電源の喪失により排風機停止 ・均質槽本体の転倒により、均質槽外へUF ₆ が漏えい。 ・渡り廊下DGケーブルの切断により、非常用電源の供給が断たれ、プラント監視機能が喪失するため、モニタリングカー等により周辺モニタリング。	・配管カバー内 UF ₆ 配管の損傷によりUF ₆ が漏えい。

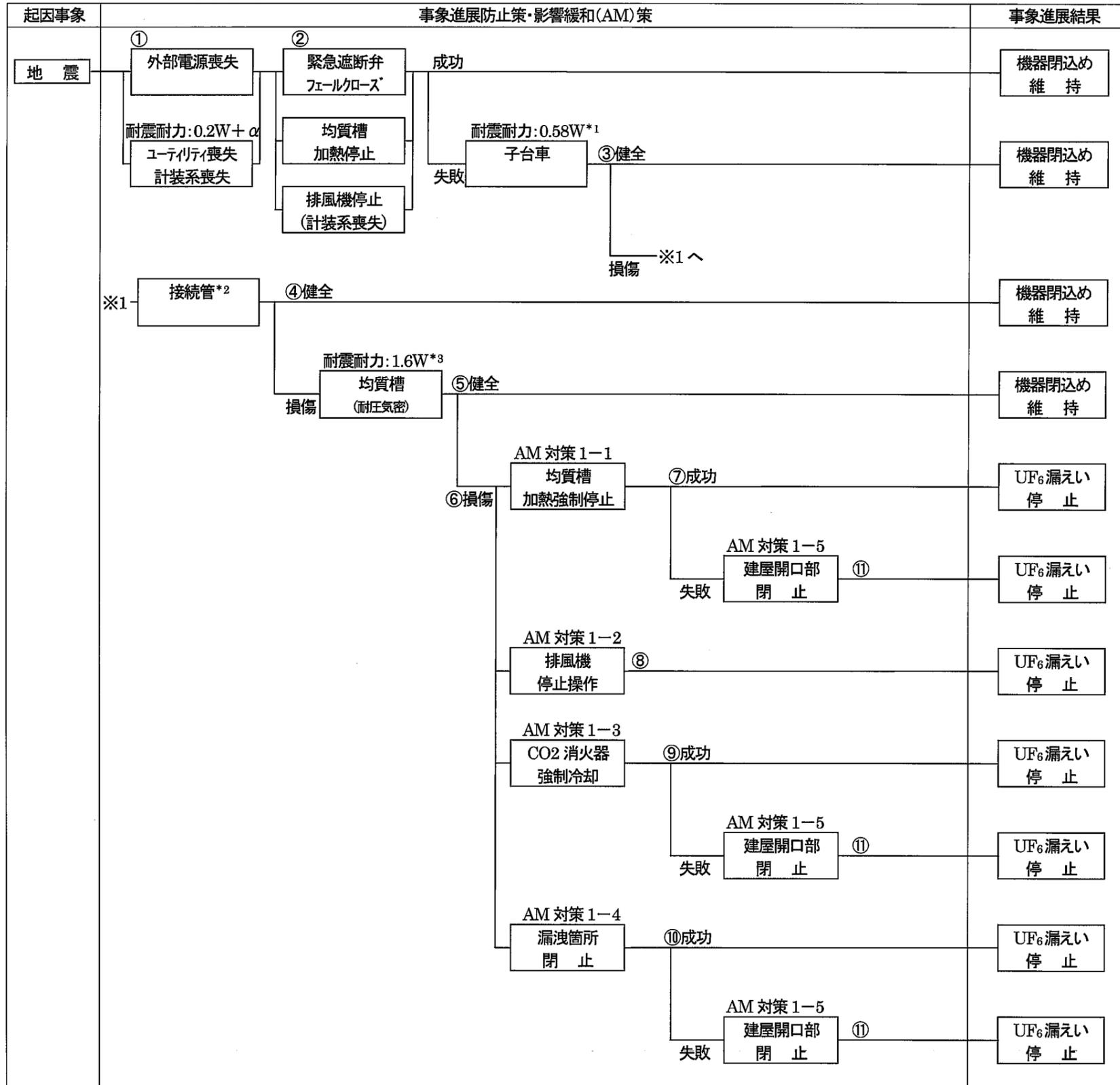


設計基準: 第1類建屋 1.3W 第1類設備・機器: 0.45W (W: 自重)
建築基準法に基づく地震力は 0.2W 及び建屋二次設計(保有水平耐力): 1.0W

図1. 均質槽(中間製品容器)関連系統 耐震性能概略図

「均質槽(中間製品容器)からの UF₆漏えい」の概要(2/4)

(1) イベントツリー(1/2) 均質槽損傷による UF₆漏えい



【事象進展シナリオ】

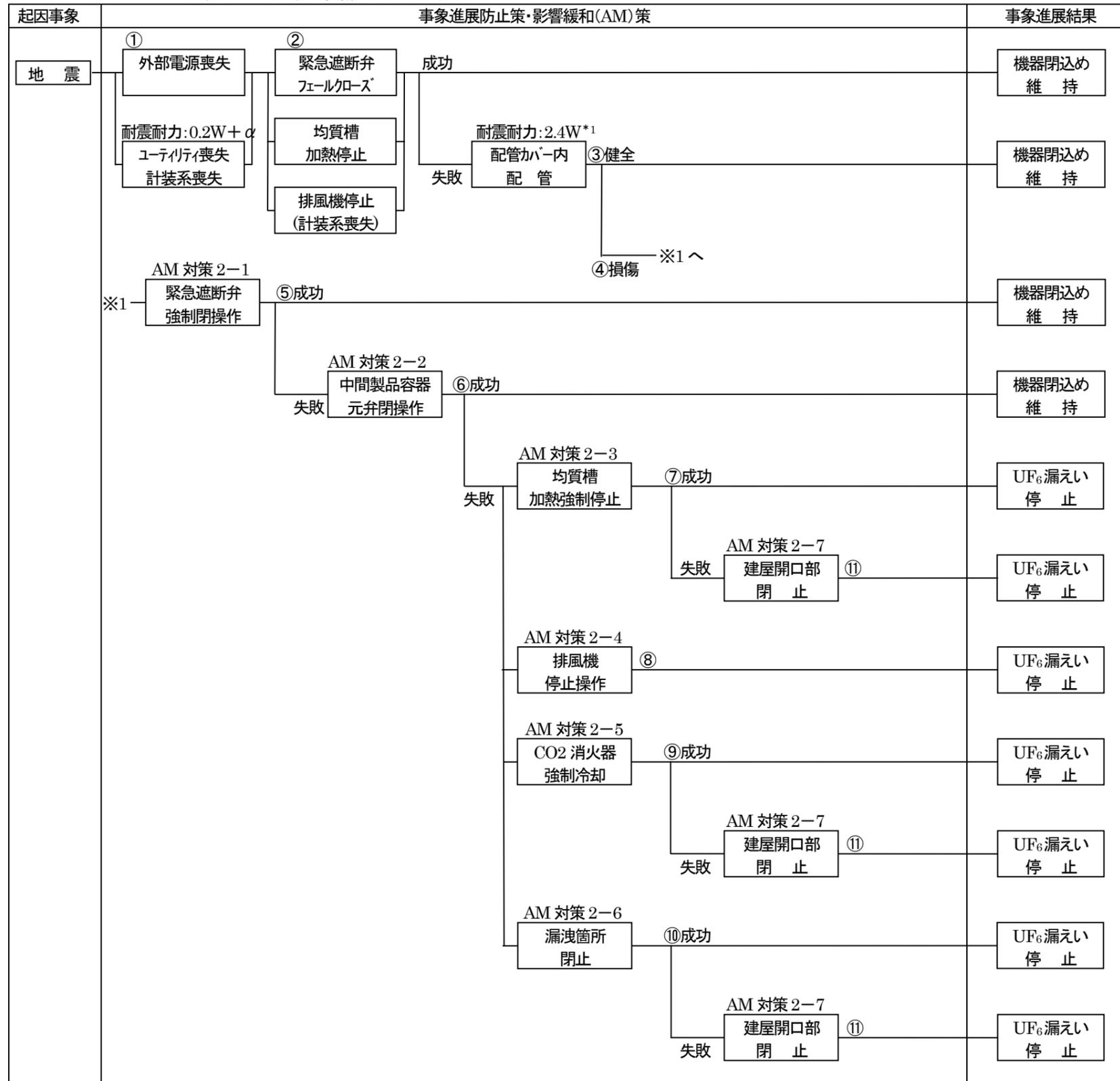
- ① 建築基準法ベースの耐震耐力: 0.2Wを超えると、外部電源または汎用設計のユーティリティ系や計装系が最初に機能を喪失する。
- ② ユーティリティ系や計装系が機能を喪失すると、緊急遮断弁がフェールクロス(FC)により「閉」となり、熱水系の停止により均質槽の加熱が停止する他、排風機が停止する。
- ③ 仮に、緊急遮断弁の FC 動作の失敗や、均質槽の加熱停止の失敗を想定しても、0.2W 程度の地震力に対して、子台車は健全性を維持しているため、中間製品容器および配管系統の閉じ込め性は維持されている。
- ④ 更に地震力が大きくなり、子台車の耐力 0.58W を超えると、中間製品容器を載せた子台車が脱落し、接続管が外れる可能性があるが、接続管はフレキシブルホースのため、容易に外れることはなく、中間製品容器および配管系統の閉じ込め性は維持されている。
- ⑤ 仮に、接続管が外れた場合でも、耐圧気密性を有する均質槽が健全であれば、UF₆の閉じ込め性は確保されている。
- ⑥ 更に地震力が大きくなり、均質槽の耐力 1.6W を超えると、均質槽が転倒、損傷し、室内に UF₆が漏えいする。
- ⑦ フェールクロスに失敗した熱水出入口弁の強制閉操作や熱水設備(ボイラ、ポンプ、弁)を停止することで均質槽の加熱が停止し、UF₆の漏えいは停止する。(AM 対策 1-1)
- ⑧ また、排風機は計装系の喪失により停止していると考えられるが、仮に運転を継続している場合でも、これを停止することにより、室内に漏れ出た UF₆が建屋外へ出て行くことを防止できる。(AM 対策 1-2)
- ⑨ これ以外に、現場で二酸化炭素消火器を用いて漏えい箇所を冷却することにより、UF₆が固化して漏えいは停止する。(AM 対策 1-3)
- ⑩ また、漏えい箇所を木栓やビニルシート等によって塞ぐことにより、UF₆の漏えいは停止する。(AM 対策 1-4)
- ⑪ 以上の AM 対策 1-1~1-4 のいずれか一つが成功すれば、UF₆漏えいは停止するが、仮にこれらが全て失敗した場合でも、建屋の開口部をビニルシート等で覆うことにより、UF₆の施設外への漏えいを防止できる。(AM 対策 1-5)

【耐震耐力評価】

- * 1: 子台車は、第1類設計地震力 0.45W の 1.28 倍(≒0.58W)の耐力があり、容易に転倒・脱落することはない。
- * 2: 接続管はフレキシブルタイプであり、中間製品容器とはフランジにより堅固に接続されているため、地震による子台車の脱落によって中間製品容器が所定の位置からずれても、容易に外れることはない。
- * 3: 均質槽で地震により発生する応力が大きくなる部位は、脚部と基礎ボルト部であり、脚部は第1類設計地震力 0.45W の 3.55 倍(≒1.6W)、基礎ボルト部は第1類設計地震力 0.45W の 3.87 倍(≒1.7W)の耐力があり、容易に転倒することはない。また、均質槽は「ある鋼製容器であるため」脚部等が損傷しても、大破することはない。

「均質槽(中間製品容器)からのUF₆漏えい」の概要(3/4)

(2) イベントツリー(2/2) 配管カバー内配管の損傷によるUF₆漏えい



【事象進展シナリオ】

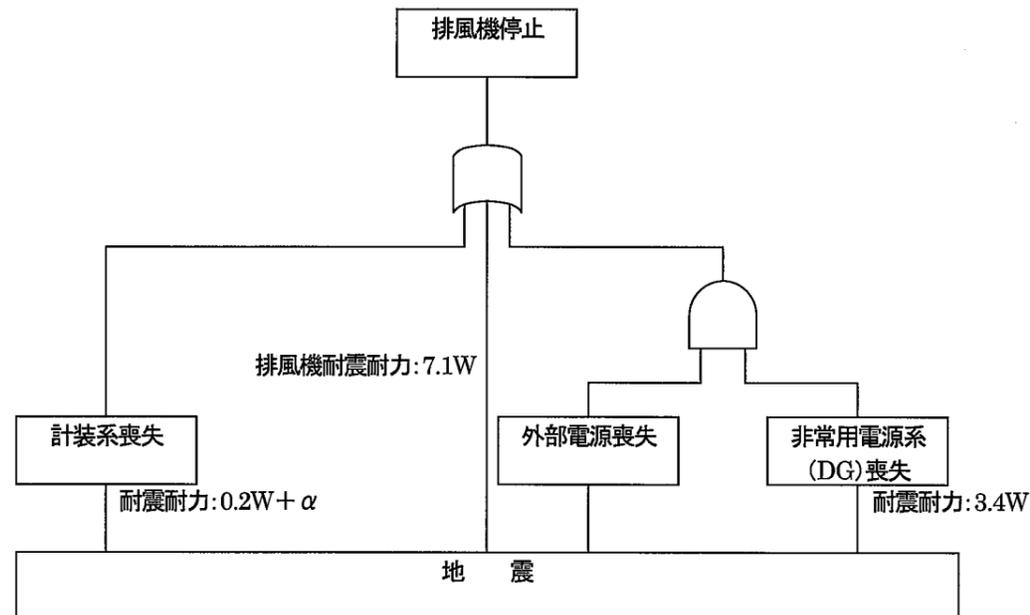
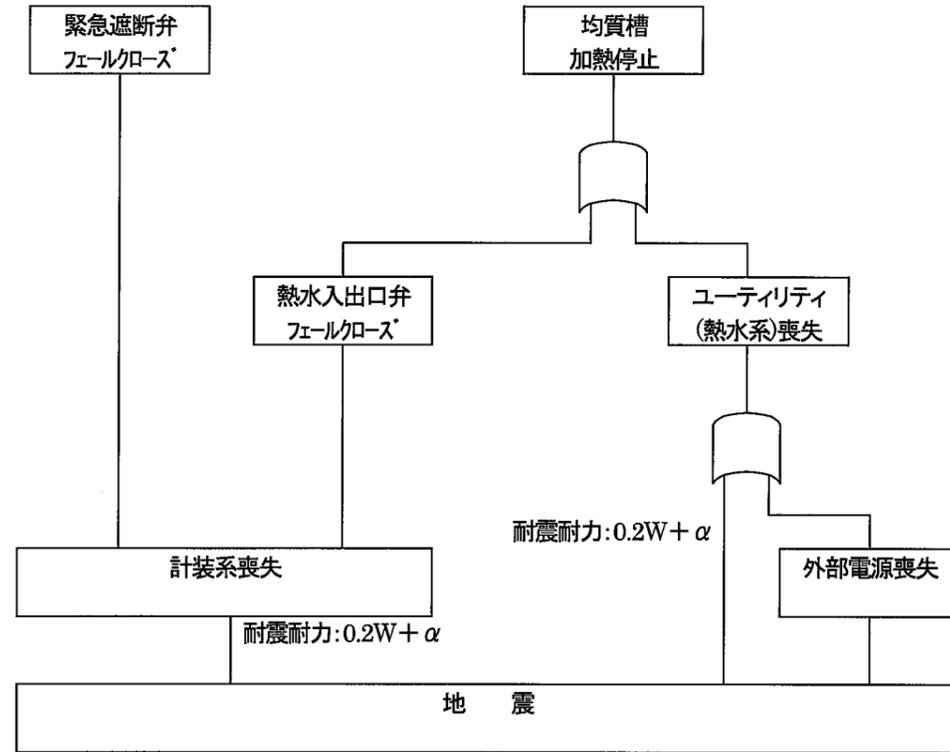
- ① 建築基準法ベースの耐震耐力:0.2Wを超えると、外部電源または汎用設計のユーティリティ系や計装系が最初に機能を喪失する。
- ② ユーティリティ系や計装系が機能を喪失すると、緊急遮断弁がフェールクローズ(FC)により「閉」となり、熱水系の停止により均質槽の加熱が停止する他、排風機が停止する。
- ③ 仮に、緊急遮断弁のFC動作の失敗や、均質槽の加熱停止の失敗を想定しても、0.2W程度の地震力に対して配管カバー内配管は健全性を維持しているため、中間製品容器および配管系統の閉じ込め性は維持されている。
- ④ 更に地震力が大きくなり、配管カバー内配管の耐力2.4Wを超えると、配管カバー内配管が損傷する。
- ⑤ フェールクローズに失敗した緊急遮断弁を強制閉操作することで損傷した配管カバー内配管と中間製品容器が隔離されるため、UF₆の閉じ込め性は維持される。(AM対策2-1)
- ⑥ 緊急遮断弁の強制閉が不可能(弁の固着等が考えられる)であれば、現場で中間製品容器の元弁を「閉」とすることにより、損傷した配管カバー内配管と中間製品容器が隔離されるため、UF₆の閉じ込め性は維持される。(AM対策2-2)
- ⑦ 中間製品容器の元弁「閉」にも失敗した場合には、中間製品容器内から配管カバー内配管の損傷部分を介して室内にUF₆が漏えいするが、フェールクローズに失敗した熱水出入口弁の強制閉操作や熱水設備(ボイラ、ポンプ、弁)を停止することで均質槽の加熱が停止し、UF₆の漏えいは停止する。(AM対策2-3)
- ⑧ また、排風機は計装系の喪失により停止していると考えられるが、仮に運転を継続している場合でも、これを停止することにより、室内に漏れ出たUF₆が建屋外へ出て行くことを防止できる。(AM対策2-4)
- ⑨ これ以外に、現場で二酸化炭素消火器を用いて漏えい箇所を冷却することにより、UF₆が固化して漏えいは停止する。(AM対策2-5)
- ⑩ また、漏えい箇所を木栓やビニルシート等によって塞ぐことにより、UF₆の漏えいは停止する。(AM対策2-6)
- ⑪ 以上のAM対策2-1~2-6のいずれか一つが成功すれば、UF₆漏えいは停止するが、仮にこれらが全て失敗した場合でも、建屋の開口部をビニルシート等で覆うことにより、UF₆の施設外への漏えいを防止できる。(AM対策2-7)

【耐震耐力評価】

*1: 配管カバー内配管は、第1類設計地震力0.45Wの5.23倍(≒2.4W)の耐力があり、容易に破損することはない。

「均質槽(中間製品容器)からの UF₆漏えい」の概要(4/4)

(3)地震発生時のプラント挙動(緊急遮断弁の FC 動作等)



(4)UF₆漏えい挙動

- ・液化中の中間製品容器内は、大気圧を超えているため、閉じ込め性を損なうと、UF₆が系外へ放出
- ・外部電源の喪失及びユーティリティ(計装系・加熱用熱水系)の喪失により均質槽の加熱は停止するため、加熱源が無くなった状態では、UF₆が固化し、系内が大気と同圧になるまでUF₆の放出が継続
- ・UF₆が固化し、UF₆の放出が自然停止するまでに、中間製品容器1基から約12時間程度をかけて約2500kgUF₆のUF₆が漏えい

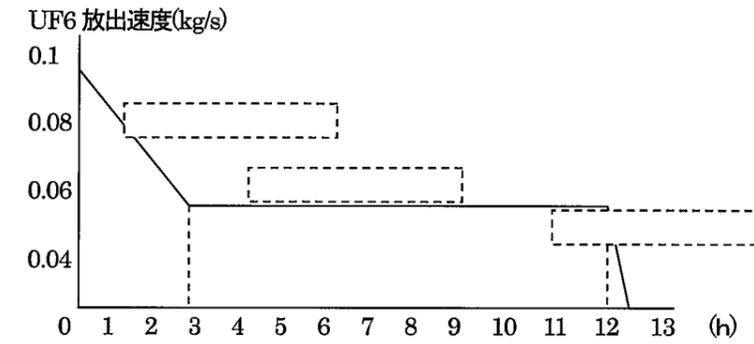


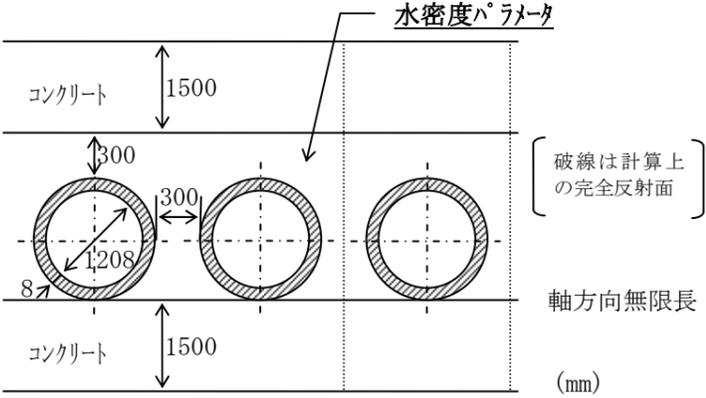
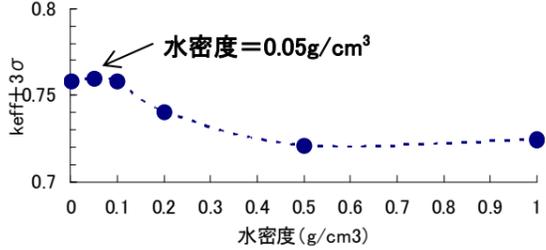
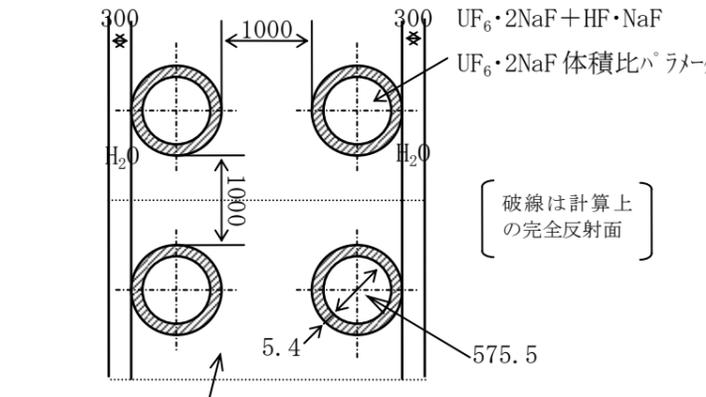
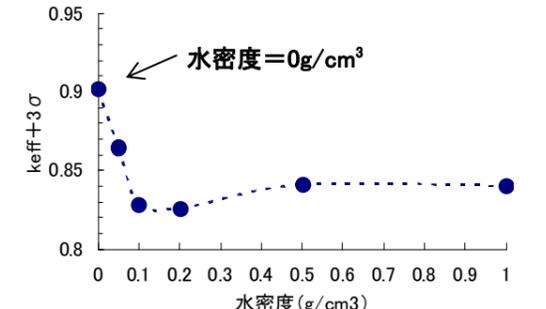
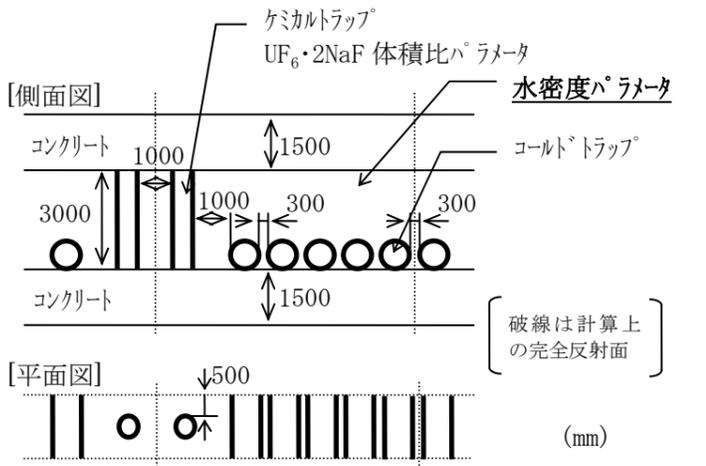
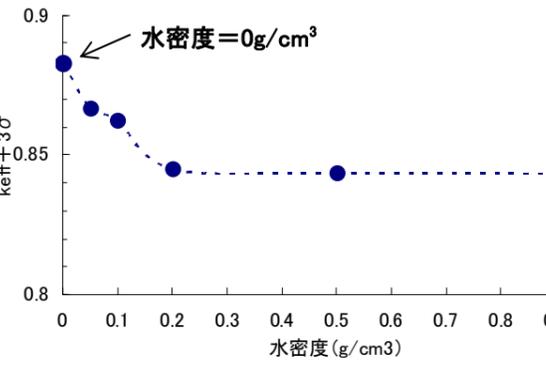
図3. UF₆の放出が自然停止するまでの放出速度の時間変化

経過時間	UF ₆ 漏えい量	
	漏えい量	累積漏えい量
～3時間	約730kg UF ₆	約730kg UF ₆
3時間～6時間	約560kg UF ₆	約1290kg UF ₆
6時間～9時間	約560kg UF ₆	約1850kg UF ₆
9時間～12時間	約560kg UF ₆	約2410kg UF ₆
12時間～	約90kg UF ₆	約2500kg UF ₆

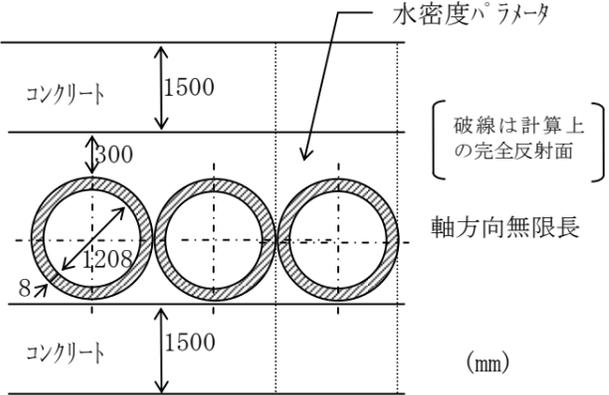
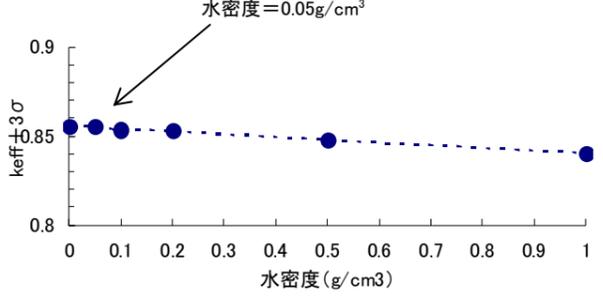
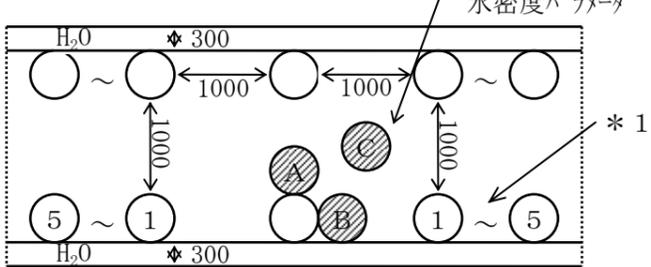
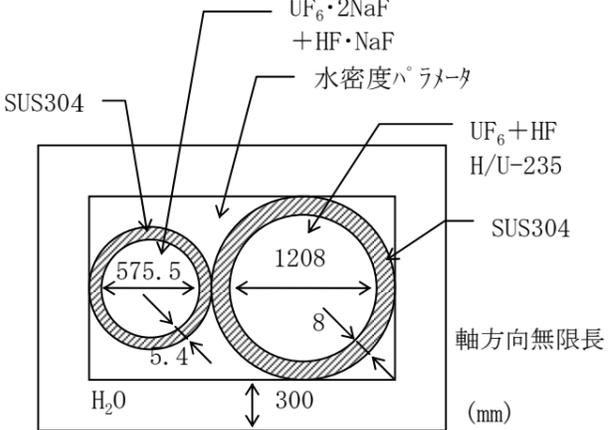
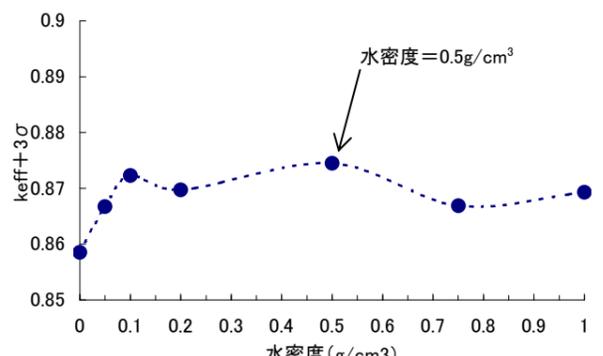
以上

機器の接触及び外部水密度パラメータ（水没） 臨界計算結果

1. 複数ユニット・異種ユニットモデル（外部水密度パラメータ（水没）） 臨界計算結果

対象機器	臨界計算モデル	計算条件・計算結果
<p>コールドトラップ等</p> <ul style="list-style-type: none"> ・製品コールドトラップ ・一般パージ系コールドトラップ ・均質パージ系コールドトラップ ・回収系混合カソードコールドトラップ ・回収系 IF₇コールドトラップ ・パージ系 IF₇コールドトラップ ・製品シリンダ ・中間製品容器 ・減圧槽 ・付着ウラン回収容器 	<p>代表モデル：製品コールドトラップ</p>  <p>水密度パラメータ</p> <p>破線は計算上の完全反射面</p> <p>軸方向無限長</p> <p>(mm)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・濃縮度 : 5% ・解析コード : KENO-IV/S ・反射条件 : コンクリート反射 ・表面間距離 : 30cm ・内部減速条件 : UF₆ 完全充填 H/U235=1.7 ・外部雰囲気 : 水密度 0.05g/cm³ (最適条件)  <p>中性子実効増倍率 (Keff+3σ)</p> <p>0.760</p>
<p>ケミカルトラップ(NaF)等</p> <ul style="list-style-type: none"> ・捕集排気系ケミカルトラップ (NaF) ・一般パージ系ケミカルトラップ (NaF) ・均質パージ系ケミカルトラップ (NaF) ・回収系ケミカルトラップ (NaF) ・排気系ケミカルトラップ (NaF) ・パージ系ケミカルトラップ (NaF) ・NaF 処理槽 	<p>代表モデル：ケミカルトラップ(NaF)</p>  <p>UF₆・2NaF+HF・NaF</p> <p>UF₆・2NaF 体積比パラメータ</p> <p>破線は計算上の完全反射面</p> <p>軸方向無限長</p> <p>(mm)</p> <p>水密度パラメータ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・濃縮度 : 5% ・解析コード : KENO-IV/S ・反射条件 : 30cm 水反射 ・表面間距離 : 1.0m ・内部減速条件 : UF₆・2NaF+HF・NaF 系 UF₆・2NaF 体積比 0.3 (最適条件) ・外部雰囲気 : 水密度 0g/cm³ (最適条件)  <p>中性子実効増倍率 (Keff+3σ)</p> <p>0.903</p>
<p>コールドトラップ等とケミカルトラップ(NaF)等</p>	<p>代表モデル：ケミカルトラップ(NaF) + 製品コールドトラップ</p>  <p>ケミカルトラップ</p> <p>UF₆・2NaF 体積比パラメータ</p> <p>水密度パラメータ</p> <p>コールドトラップ</p> <p>破線は計算上の完全反射面</p> <p>(mm)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・濃縮度 : 5% ・解析コード : KENO-IV/S ・反射条件 : コンクリート反射 ・表面間距離 : コールドトラップ 30cm ケミカルトラップ 100cm ・内部減速条件 : コールドトラップ ; UF₆ 完全充填 H/U-235=10 ケミカルトラップ ; UF₆・2NaF+HF・NaF 系 UF₆・2NaF 体積比 0.3 (最適条件) ・外部雰囲気 : 水密度 0g/cm³ (最適条件)  <p>中性子実効増倍率 (Keff+3σ)</p> <p>0.883</p>

2. 機器接触モデル (外部水密度パラメータ (水没)) 臨界計算結果

接触機器	臨界計算モデル	計算条件・計算結果								
<p>コールドトラップ等の接触</p> <p>(下記の同一の機器接触または相互の機器接触)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・製品コールドトラップ ・一般パージ系コールドトラップ ・均質パージ系コールドトラップ ・回収系混合ガスコールドトラップ ・回収系 IF₇コールドトラップ ・パージ系 IF₇コールドトラップ ・製品シリンダ ・中間製品容器 ・減圧槽 ・付着ウラン回収容器 	<p>代表モデル : 製品コールドトラップ</p> 	<p>濃縮度 : 5%</p> <p>内部減速条件 : UF₆ 完全充填 H/U-235=10</p> <p>外部雰囲気 : 水密度 0.05g/cm³ (最適条件)</p> <p>表面間距離 : 0cm</p> <p>解析コード : KENO-V.a</p>  <table border="1" data-bbox="1459 934 1858 1032"> <tr> <td colspan="2">中性子実効増倍率 (Keff+3σ)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">0.856</td> </tr> </table>	中性子実効増倍率 (Keff+3σ)		0.856					
中性子実効増倍率 (Keff+3σ)										
0.856										
<p>ケミカルトラップ(NaF)等の接触</p> <p>(下記の同一の機器接触または相互の機器接触)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・捕集排气系ケミカルトラップ ・一般パージ系ケミカルトラップ (NaF) ・均質パージ系ケミカルトラップ (NaF) ・回収系ケミカルトラップ (NaF) ・排气系ケミカルトラップ (NaF) ・パージ系ケミカルトラップ (NaF) ・NaF 処理槽 	 <p>* 1 : ケミカルトラップ (NaF) 5 本配列を示す。</p>	<p>濃縮度 : 5%</p> <p>内部減速条件 : UF₆・2NaF+HF・NaF UF₆・2NaF 体積比 0.3</p> <p>外部雰囲気 : 空気 (水密度 0 g/cm³)</p> <p>反射条件 : 30cm 水反射</p> <p>配列 : 無限配列, 表面間距離 1.0m</p> <p>解析コード : KENO-IV/S</p> <table border="1" data-bbox="1423 1394 1900 1587"> <tr> <td colspan="2">中性子実効増倍率 (Keff+3σ)</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>0.918</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>0.914</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>0.911</td> </tr> </table>	中性子実効増倍率 (Keff+3σ)		A	0.918	B	0.914	C	0.911
中性子実効増倍率 (Keff+3σ)										
A	0.918									
B	0.914									
C	0.911									
<p>ケミカルトラップ (NaF) 等とコールドトラップ等の接触</p>		<p>濃縮度 : 5%</p> <p>内部減速条件 : コールドトラップ ; H/U-235=10 ケミカルトラップ ; UF₆・2NaF 体積比 0.3</p> <p>外部雰囲気 : 水密度 0.5g/cm³ (最適条件)</p> <p>反射条件 : 30cm 水反射</p> <p>解析コード : KENO-IV/S</p>  <table border="1" data-bbox="1480 2315 1879 2418"> <tr> <td colspan="2">中性子実効増倍率 (Keff+3σ)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">0.875</td> </tr> </table>	中性子実効増倍率 (Keff+3σ)		0.875					
中性子実効増倍率 (Keff+3σ)										
0.875										