

UF<sub>6</sub>機器損傷時の大気流入による減速度 H/U-235 の計算結果

減速度を管理するコールドトラップ、UF<sub>6</sub>シリンダ類、減圧槽は、核的制限値の H/U-235=1.7 以下に減速度を制限している。万一、水分を含んだ空気が減速度管理機器に流入し、機器の内圧が大気圧に至ったとしても UF<sub>6</sub>、不純ガスの量及び流入する水分量より H/U-235 を計算すると下表のとおりとなり、減速度の臨界安全値である H/U-235=10 以下であるため臨界となることはない。

なお、臨界安全値の H/U-235=10 は、下記文献にて UF<sub>6</sub> の H/U-235=10 における未臨界濃縮度の範囲が示されており、H/U-235=10 以下であれば、濃縮度 5% 以下の UF<sub>6</sub> は質量によらず未臨界である。

【文献】

K-1663 (1966)

HYDROGEN MODERATION-A PRIMARY NUCLEAR SAFETY CONTROL FOR HANDLING AND TRANSPORTING LOW-ENRICHMENT UF<sub>6</sub>

項目	計算式		$H/U-235 = \frac{\frac{V \cdot (P2 - P1)}{R \cdot T} \cdot \frac{2 \cdot P3}{P}}{\frac{W}{M}} + \frac{\frac{V \cdot P1}{R \cdot T}}{\frac{W}{M}}$ $P = P2 - P3 + 2P3 = P2 + P3$ $\left( H/U-235 = 0.2396 \cdot \frac{V \cdot (1013 - P1)}{T} + 1.767 \cdot \frac{V \cdot P1}{T} \right)$					V : 容積 [m <sup>3</sup> ] P1 : 内圧力 [hPa] P2 : 大気圧 [hPa] = 1013 P3 : 飽和水蒸気圧 (40°C) [hPa] = 73.7 R : ガス定数 [m <sup>3</sup> · hPa / kmol / K] = 83.14 T : 温度 [K] W : U235 の重量 [kg] = 1.6 [質量の最小臨界安全値 (二重装荷なし)] M : U235 のモル当たりの質量 [kg/kmol] = 235 (kg/kmol)	
	機器名称	コールドトラップ					UF <sub>6</sub> シリンダ類		
	製品コールドトラップ	均質パージ系コールドトラップ	一般パージ系コールドトラップ	混合ガスコールドトラップ	IF <sub>7</sub> コールドトラップ	製品シリンダ	中間製品容器	付着物回収容器	
容積 V [m <sup>3</sup> ]	4.3	0.207	1.3	1.7	0.08	0.759	1.55	0.759	6.43
平常時	内圧力 P1 [hPa]								
	温度 [k]								
異常時	内圧力 [hPa]	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013
	流入ガス温度 [k]	313	313	313	313	313	313	313	313
	H/U-235	5.1	0.3	1.7	2.3	0.2	0.82	1.5	1.0
備考						*1 : 中間製品容器内の HF がすべて製品シリンダに移動したもとの条件により求まる。 *2 : プレ使用条件の最低温度とする。	*3 : 製品コールドトラップ内の HF すべて本容器に移動したもとの条件により求まる。	*4 : 付着物回収容器は、混合ガスコールドトラップから移送される UF <sub>6</sub> を回収する。平常時の圧力は、混合ガスコールドトラップの平常時の圧力分 (全て HF と仮定) が全て付着物回収容器に移行したと仮定する。	減圧槽については、中間製品容器の UF <sub>6</sub> が真空状態にある減圧槽に流入する場合を想定しており、中間製品容器の平常時 H/U-235 (0.17) に平常時の容器内圧力に相当する空気中の水分が、流入する UF <sub>6</sub> と反応して発生する HF による H/U-235 の増加分を加えて求める。  (計算式) $H/U-235 = \frac{\frac{V \cdot P1}{R \cdot T} \cdot \frac{2 \cdot P3}{P2}}{\frac{W}{M}} + \left[ \text{中間製品容器の平常時 H/U-235} \right]$

相互影響機器（UF<sub>6</sub>機器の関連機器・周辺設置機器）の損傷による影響について

## 【損傷影響1】

## (1)電気・計装盤類の転倒による影響

## ①事象進展

汎用設計である電機・計装盤類は、耐震性の高いUF<sub>6</sub>機器より先に転倒することが想定される。UF<sub>6</sub>機器に隣接する盤類の高さと離隔距離から、一部の盤類とUF<sub>6</sub>機器（いずれもUF<sub>6</sub>シリンダ類を収納する槽類）が接触する可能性がある。

## ②影響評価

- ・盤類が転倒して槽類へ接触したとしても、槽類は[ ]の鋼製（均質槽の場合）であり、さらにUF<sub>6</sub>は槽内のUF<sub>6</sub>シリンダ内に収納されている状態であることから、盤類の転倒・接触によってUF<sub>6</sub>の漏えいに至ることはない。
- ・盤類は、配置上槽類の背面に設置されており、槽類の背面に設置された槽内ファン等の付帯機器を損傷させる可能性がある。槽内ファンの故障によりUF<sub>6</sub>の加熱・冷却ができなくなれば、生産運転に支障をきたすことになるが、安全性に影響するものではない。
- ・盤類の転倒により、盤類のもつ機能（計装機能、ライヒータ電源等）が喪失することが考えられる。これについても、前記同様、生産運転に支障をきたすことにはなるが、安全性に影響するものではない。

## (2)建屋からのコンクリート片等の落下による影響

## ①事象進展

周辺公衆に影響を及ぼす可能性のある大量のウラン(500kgU)を収納するUF<sub>6</sub>機器が設置されている建屋は、耐震重要度分類第1類であり、保有水平耐力比の検討より震度6～7の大地震による倒壊の可能性はなく、層間変形角の検討上も判定基準に対して十分な余裕がある。これより、建屋の倒壊及び内外装材の落下によってUF<sub>6</sub>機器等が波及的に損傷する可能性は小さいが、建屋のコンクリート片等がUF<sub>6</sub>機器等に落下すると仮定し、その影響を評価する。

## ②影響評価

- ・コンクリート片等が槽類に落下した場合でも、槽類は[ ]の鋼製（均質槽の場合）であり、さらにUF<sub>6</sub>は槽内のUF<sub>6</sub>シリンダ内に収納されている状態であることから、コンクリート片等の落下によってUF<sub>6</sub>の漏えいに至ることはない。
- ・コンクリート片等が落下した場合には、UF<sub>6</sub>配管が損傷する可能性があるが、大気圧以下の系統のUF<sub>6</sub>配管が損傷しても、系内に大気が入り込んで大気と同圧になった後、拡散による微小漏えいが発生するのみであり、一般公衆へ影響することはない。
- ・大気圧以上の圧力でUF<sub>6</sub>を取扱う均質槽の高圧配管部については、鋼製の配管カバー内に設置されており、配管架構等の構造物に囲まれているため、落下したコ

ンクリート片等が接触して損傷する可能性は低い。

- ・コンクリート片等の落下により、盤、計器類が損傷した場合は、その機能（計装機能、ライバク電源等）を喪失する可能性があるが、生産運転に支障をきたすだけであり、安全性に影響することはない。

### (3)配管等の落下影響

#### ①事象進展

UF<sub>6</sub>機器の上部には、配管架構及び配管架構上にUF<sub>6</sub>配管、ユーティリティ配管が設置されている。さらにその上部には、ケーブルラック、排気・給気系のダクトが設置されている。これらの中には汎用設計のものがあり、地震による損傷によってUF<sub>6</sub>機器に落下する可能性がある。

#### ②影響評価

(2)②と同様

### 【損傷影響2】

#### (1)転倒したシリンダ類の移動による影響

##### ①事象進展

貯蔵設備のシリンダ置台は、耐震重要度分類第1類の地震でも転倒・破損しない設計であるが、設計想定以上の地震力により、積載しているUF<sub>6</sub>シリンダ類が転倒した場合には、シリンダ類が移動して周辺機器等へ接触する可能性がある。

このように、ウラン貯蔵・廃棄物建屋内の貯蔵設備では、UF<sub>6</sub>シリンダ類同士の接触の可能性がある。1号均質室内及び2号発回均質室内の貯蔵設備では、周辺のサンプル小分け装置、減圧槽、均質パージ系ロータリポンプ、均質パージ系ケミカルトラップ (NaF)、盤類等に接触する可能性がある。

##### ②影響評価

- ・貯蔵中のUF<sub>6</sub>シリンダ類が転倒・移動し、UF<sub>6</sub>シリンダ類同士が接触、または他の周辺機器に接触しても、UF<sub>6</sub>シリンダ類は落下試験等により所要の強度を有していることが確認されており、損傷することはない。

万一、UF<sub>6</sub>シリンダ類が損傷したとしても、貯蔵中のUF<sub>6</sub>シリンダ類の系内は大気圧以下の圧力であり、【損傷影響1】に示したとおり、一般公衆へ影響することはない。

- ・UF<sub>6</sub>シリンダ類の転倒・移動によるUF<sub>6</sub>機器との接触のうち、大気圧を超える圧力でウランを取扱うサンプル小分け装置は、ウランの取扱量が約1kgUと少量であるため、例え損傷したとしても、一般公衆へ影響することはない。
- ・サンプル小分け装置以外の大気圧以下のUF<sub>6</sub>機器や盤類との接触による影響についても、【損傷影響1】に示したとおりである。

### 【損傷影響3】

#### (1)天井走行クレーンの落下による影響

##### ①事象進展

天井走行クレーンは、上位波及を考慮して耐震重要度分類第1類の地震力でも転倒しない設計であるが、万一、落下した場合には、複数のUF<sub>6</sub>シリンダ類を同時に損傷させる可能性がある。

##### ②影響評価

- ・貯蔵中のUF<sub>6</sub>シリンダ類に天井走行クレーンが落下した場合でも、添付-8に示すとおり、一般公衆へ影響することはない。

### 【損傷影響4】

#### (1)隣接機器の火災による影響

##### ①事象進展

六ヶ所ウラン濃縮工場に設置している機器は、実用上可能な限り難燃性、不燃性材料を使用しており、工程内では爆発性物質や可燃性物質を取扱っていないため、大規模火災や延焼、燃焼が継続するような火災の発生可能性はない。これより、火災を直接的な原因とする放射性物質の漏えいや建屋排気系(HEPAフィルタ)等の損傷が発生することはない。

ただし、コールドトラップの冷凍機、均質槽の回転装置、クレーンの巻上げ装置等で使用する機械油、電気・計装関係の盤・ケーブル類があることから、何らかの原因によりこれらが燃焼した場合に、その発熱によってUF<sub>6</sub>の液化膨張破裂事故に至る可能性があるか検討する。

##### ②影響評価

- ・添付-18に示すとおり、UF<sub>6</sub>を大量に取扱う機器(コールドトラップ)の機械油等の燃焼熱量が全てUF<sub>6</sub>に入熱したと仮定しても、UF<sub>6</sub>の液化膨張破裂事故に至ることはない。
- ・この他、管理廃水処理室および分析室において、少量の危険物等を使用、保管している。管理廃水処理室には、管理区域内で発生した廃油が保管されているが、20ドラム缶に収納し、さらに、鋼製の蓋付コンテナに収納されていることから、火気と接触する可能性がないため、火災が発生することはない。仮に、廃油の漏えいによって火災が発生したとしても、管理廃水処理室では大量のウランを取扱っていないことから、一般公衆へ影響を与えることはない。
- ・また、分析室において、使用している少量危険物(有機溶媒等)の漏えいにより火災となった場合でも、分析室内で取扱うウラン量は、16kgU以下に制限していることから、一般公衆へ影響を与えることはない。

### 【臨界影響1】：横置き機器のコールドトラップ等の転倒・接触

#### ①事象進展

1号発回均質棟及び2号発回均質棟の中間製品容器および製品シリンダを収納する槽及び製品コールドトラップは、機器の表面間距離が30cm以上となるように設置されている。

これらの機器は、建屋の柱間に1~2基設置されていることから、柱間に設置されている2基が、設計想定を超える地震力により転倒・接触する場合が想定される。

#### ②影響評価

転倒・接触が考えられる横置き機器のうち、最も径の大きい製品コールドトラップに代表されるモデルにて臨界計算を行った結果、中性子実効増倍率 ( $k_{eff}+3\sigma$ ) は0.95以下であり、機器の接触により臨界となることはない。(添付-14参照)

### 【臨界影響2】縦置き機器のケミカルトラップ (NaF) の転倒・接触

#### ①事象進展

1号発回均質棟及び2号発回均質棟のケミカルトラップ (NaF) は、機器の表面間距離が1m以上となるように設置されている。これらが設計想定以上の地震力により転倒した場合には、接触することが考えられる。

#### ②影響評価

ケミカルトラップ (NaF) の接触モデルにて臨界計算を行った結果、中性子実効増倍率 ( $k_{eff}+3\sigma$ ) は0.95以下であり、ケミカルトラップ (NaF) の接触により臨界となることはない。(添付-14参照)

### 【臨界影響3】：横置き機器と縦置き機器の転倒・接触

#### ①事象進展

地震による機器の転倒・接触により、横置き機器のコールドトラップ等と縦置き機器のケミカルトラップ (NaF) が接触する可能性が考えられるのは、機器の配置状況からみて、2号発回均質棟の一般ページ系ケミカルトラップ (NaF) と一般ページ系コールドトラップである。(別紙参照)

また、貯蔵中の中間製品容器及び付着ウラン回収容器が置台より転倒し、これらの機器に接触する可能性が想定される。

#### ②影響評価

ケミカルトラップ (NaF) とコールドトラップ等の接触について、ケミカルトラップ (NaF) と径の大きい製品コールドトラップに代表される接触モデルにて臨界計算を行った結果、中性子実効増倍率 ( $k_{eff}+3\sigma$ ) は0.95以下であり、両機器の接触により臨界となることはない。(添付-14参照)

### 【臨界影響4】：転倒した UF<sub>6</sub> シリンダ類の移動・接触

#### ①事象進展

1号発回均質棟及び2号発回均質棟の中間製品容器置場及び付着ウラン回収容器置場は、機器の表面間距離が30cm以上となるように設置されている。これらが設計想

定以上の地震力により置台上から転倒した場合には、接触することが考えられる。

また、ウラン貯蔵・廃棄物建屋の製品シリンダについても、接触する可能性が考えられる。

## ②影響評価

UF<sub>6</sub>シリンダ類について、最も径の大きい製品コールドトラップに代表される接触モデルにて臨界計算を行った結果、中性子実効増倍率 ( $k_{\text{eff}}+3\sigma$ ) は 0.95 以下であり、UF<sub>6</sub>シリンダ類の接触により臨界となることはない。(添付-14 参照)

### 【臨界影響 5】：UF<sub>6</sub>機器損傷時の大気流入

#### ①事象進展

ウランの形状及び寸法を制限することが困難な、コールドトラップ、UF<sub>6</sub>シリンダ類、減圧槽は、減速度を核的制限値の  $H/U-235=1.7$  以下に制限している。これらの機器の損傷等により、水分を含んだ大気が系内に流入した場合、減速度 ( $H/U-235$ ) が上昇して臨界となる可能性がある。

#### ②影響評価

水分を含んだ大気がコールドトラップ等の UF<sub>6</sub> 機器に流入して内圧が大気圧に至ったと仮定し、UF<sub>6</sub>、不純ガスの量及び流入する水分量をもとに  $H/U-235$  を計算した結果、減速度の臨界安全値である  $H/U-235=10$  以下であるため、臨界となることはない。(添付-14 参照)

下記文献には、UF<sub>6</sub> の  $H/U-235=10$  における未臨界濃縮度の範囲が示されており、 $H/U-235=10$  以下の条件では、濃縮度 5% の UF<sub>6</sub> は質量によらず未臨界である。

#### 【文献】

K-1663 (1966)

HYDROGEN MODERATION-A PRIMARY NUCLEAR SAFETY CONTROL FOR HANDLING AND TRANSPORTING LOW-ENRICHMENT UF<sub>6</sub>

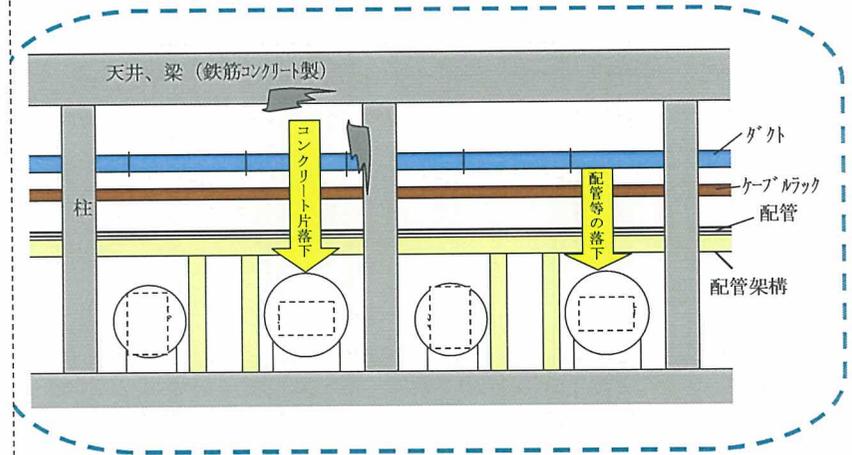


【損傷可能性】

損傷影響	想定事象	影響評価
1	(1)電気・計装盤類の転倒 (2)建屋からのコンクリート片等の落下 (3)配管等の落下	<ul style="list-style-type: none"> <li>・槽類は、鋼製の槽であり、さらにシリング(槽内)で取り扱っているため、UF<sub>6</sub>の漏えいに至る損傷はない。</li> <li>・大気圧以下の UF<sub>6</sub> 取扱機器・配管は、損傷した場合でも拡散による微小漏えいであるため一般公衆への影響はない。</li> <li>・大気圧以上の配管は、鋼製の配管が<math>\mu</math>内に設置されており、損傷の可能性は低い。</li> </ul>
2	転倒したシリング類の移動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・UF<sub>6</sub>シリング類は、落下試験等に所要の強度を有しており、損傷することはない。</li> <li>・UF<sub>6</sub>シリング類の接触により大気圧以上でUF<sub>6</sub>を取扱う物質を小分け装置が損傷した場合でもUF<sub>6</sub>取扱量が 1kgU 程度であり一般公衆への影響はない。</li> <li>・UF<sub>6</sub>シリング類との接触が考えられる他の機器は、大気圧以下の機器であり、損傷した場合でも拡散による微小漏えいであるため一般公衆への影響はない。</li> </ul>
3	天井走行ルーンの落下	<ul style="list-style-type: none"> <li>・UF<sub>6</sub>シリング類は、落下試験等に所要の強度を有しており、ルーンの落下により、損傷の可能性は低い。</li> </ul>
4	隣接機器の火災	<ul style="list-style-type: none"> <li>・UF<sub>6</sub>取扱機器で機械油等が燃焼した場合でも入熱による UF<sub>6</sub> 液化膨張破裂に至ることはない。</li> </ul>

【臨界可能性】

臨界影響	想定事象	影響評価
1	横置き機器のコードトランプ等の転倒接触による臨界	<ul style="list-style-type: none"> <li>・柱間の機器の接触は、最も径の大きい製品コードトランプに代表される接触<math>\mu</math>にて未臨界であり、臨界となることはない。</li> </ul>
2	縦置き機器のケミカルトランプ (NaF)の転倒接触による臨界	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ケミカルトランプ (NaF)の接触<math>\mu</math>にて未臨界であり、臨界となることはない。</li> </ul>
3	横置き機器と縦置き機器の転倒接触による臨界	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ケミカルトランプ (NaF)と最も径の大きい製品コードトランプに代表される接触<math>\mu</math>にて未臨界であり、臨界となることはない。</li> </ul>
4	転倒した UF <sub>6</sub> シリング類の移動接触による臨界	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最も径の大きい製品コードトランプに代表される接触<math>\mu</math>にて未臨界であり、臨界となることはない。</li> </ul>
5	UF <sub>6</sub> 機器損傷時の大気流入による臨界	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水分を含んだ空気が UF<sub>6</sub> 機器に流入し、機器の内圧が大気圧に至ったとしても減速度の臨界安全値以下であり、臨界となることはない。</li> </ul>

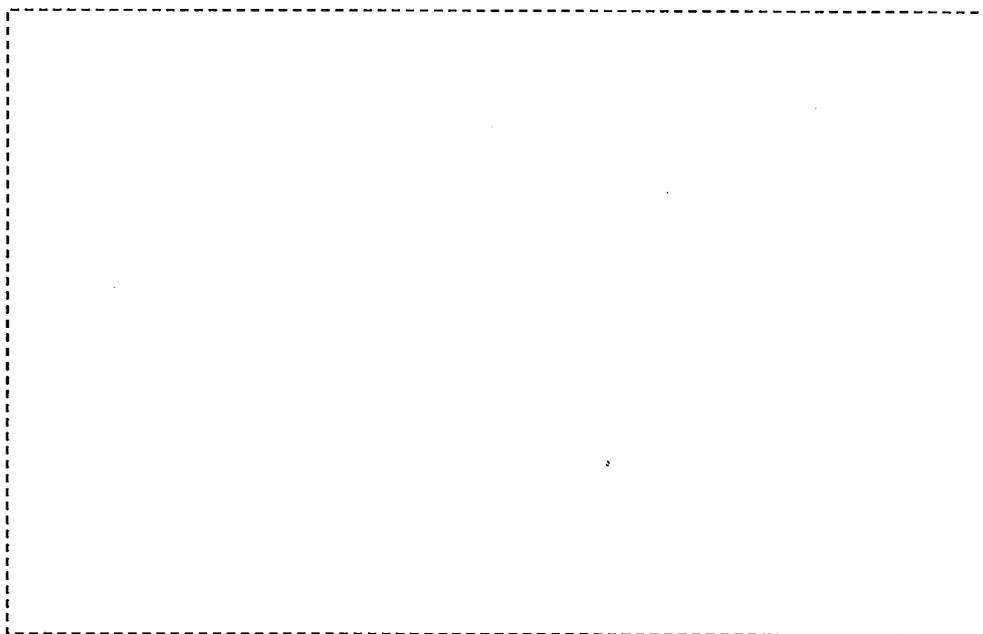


## 均質槽損傷時の臨界可能性について

## 1. 事象進展

地震により応力の高くなる均質槽の各部位の耐力から、均質槽（耐震耐力：脚部 1.6W）自体は健全な状態を維持しているが、最も耐性の低い子台車ストップ（耐震耐力：0.58W）が損傷して中間製品容器を載せた子台車が脱落・移動し、が中間製品容器の元弁から外れるとともに、中間製品容器が槽内の熱交換器（冷却器、加熱器）に接触して損傷させる可能性がある。

均質槽は、槽自体が耐圧気密性を有する容器であるため、熱交換器からの漏水と、中間製品容器からの UF<sub>6</sub> 漏えいの重畳により、臨界となる可能性が考えられる。



## 2. 影響評価

臨界が想定されるケースとしては、熱交換器から漏れ出た水が、中間製品容器元弁から容器内へ浸入するケースと、中間製品容器から均質槽内へ漏れ出た UF<sub>6</sub> と、熱交換器から漏れ出た水が、均質槽内に滞留する二つのケースが考えられる。

均質槽内に漏れ出る水の量と、中間製品容器のバルブ位置の関係等から、臨界の発生可能性を検討する。

### (1)均質槽内のバルブ位置

均質槽内における中間製品容器元弁の位置は、図2のとおり、中間製品容器装填時（通常時）は、底面から[ ]の位置にある。設計想定以上の地震力により、子台車ストッパが損傷して熱交換器を損傷させる位置まで移動した場合、元弁の位置が通常的位置からずれることが考えられる。

想定し難い状態ではあるが、子台車上の中間製品容器が回転し、元弁の位置が最下部になるものと仮定する。

通常時および脱輪時の元弁の位置は、「表1 均質槽内の中間製品容器元弁の位置」のとおりとなる。

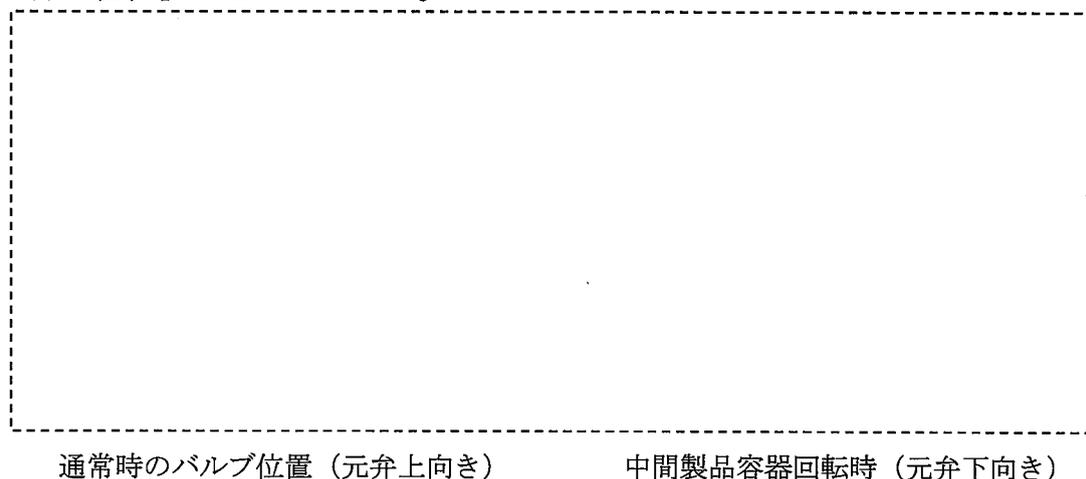


図2 均質槽内の中間製品容器の元弁位置図

表1 均質槽内の中間製品容器の元弁位置

通常時 (元弁上向き)	中間製品容器回転時 (元弁下向き)
[ ]	[ ]

### (2)熱交換器からの漏水量

均質槽等の濃縮 UF<sub>6</sub> を取扱う槽における加熱・冷却は、槽内の UF<sub>6</sub> シリンドラ類に直接散水をせず、熱交換器に熱水及び低温水を流通し、付属のファンによって加熱・冷却された空気を送風する間接加熱・間接冷却方式を採用している。

均質槽で使用しているユーティリティの水には、間接加熱用の熱水、間接冷却用の低温水、槽内ファンモータ冷却用の恒温水がある。熱交換器の損傷によって槽内に漏れいする水量を算出した結果、「表2 均質槽内の漏水量と水面高さ」のとおりとなる。

なお、汎用設計のユーティリティ（水系）機器が均質槽よりも先に損傷すること、および低温水・熱水出入口弁のフェールクローズ動作により低温水・熱水の供給が停止することから、実際に発生する均質槽内への漏水量は、熱交換器内の溜まり水程度であるが、ここでは、管理区域内のユーティリティ（水系）配管の全容積分が均質槽 1 槽に流入すると仮定して評価した。

表 2 均質槽内の漏水量と水面高さ

	漏水量	水面高さ
低温水	5.7 m <sup>3</sup>	930 mm
熱水	1.9 m <sup>3</sup>	420 mm

(注) 均質槽内の位置関係から考えて、槽内ファンモータは、移動した中間製品容器によって損傷する可能性はないことから、槽内ファンモータの恒温水漏水は考慮しない。

### (3) 臨界可能性評価

均質槽内の中間製品容器が冷却中に接続管が外れた場合には、系内が負圧となっているため、均質槽内に UF<sub>6</sub> が漏えいすることはない。中間製品容器の冷却中に熱交換器が破損し、熱交換器から漏れ出た水が均質槽内に溜まったとしても、(2)のとおり中間製品容器元弁の位置から考えて、中間製品容器内に水が浸入することはないことから、臨界の発生可能性はない。

また、中間製品容器の加熱・液化中に接続管が外れた場合には、液体状の UF<sub>6</sub> が蒸発して気体状の UF<sub>6</sub> が均質槽内に平衡蒸気圧分充滿するとともに、熱交換器内の熱水が水蒸気となって均質槽内に充滿する。この場合でも、熱交換器の容積は程度と少量であるため、臨界となることはない。

### 3. その他

前述の他、ユーティリティ（水系）機器の損傷・室内漏水と均質槽の損傷・室内 UF<sub>6</sub> 漏洩の重畳による臨界可能性も考えられるが、汎用設計のユーティリティ（水系）機器は、均質槽よりも小さな地震力で損傷するため、管理区域内への水供給は停止し、室内漏水が継続することはない。均質槽（液化中の中間製品容器）から漏れ出た UF<sub>6</sub> は、速やかに蒸発・昇華することから、漏水と UF<sub>6</sub> の特定箇所（床面等）への大量集積は起こり難く、臨界の発生可能性は低い。また、UF<sub>6</sub> 漏えいを早期に収束させるために実施する種々の対策（漏えい箇所の閉止等）及び管理区域内の漏水停止（手動）により、更に臨界抵抗性は高まることになる。

また、 $\text{UF}_6$  圧力が大気圧を超えない槽においても、槽内の子台車の脱落によって熱交換器が損傷し、槽内で漏水が発生して  $\text{UF}_6$  シリンダ類へ水が浸入することにより、臨界となる可能性も想起される。しかし、均質槽以外の槽は、耐圧気密性（水密性）がないことから、槽内に漏水が溜まることはないこと、および熱交換器と  $\text{UF}_6$  シリンダ類の位置関係（元弁位置）から考えて、 $\text{UF}_6$  シリンダ類に水が浸入することはないことから、臨界の発生可能性はない。

以 上

火災等による UF<sub>6</sub> の液化膨張破裂事故の発生可能性について

## 1. はじめに

ウラン濃縮工場内では、多量の可燃性物質、爆発性物質の取扱いはないため、大規模火災や燃焼が継続するような火災の発生は考えられない。

また、UF<sub>6</sub> は鋼製の容器等に密封された状態で取扱っているため、火災の影響を直接受けることはない。ただし、UF<sub>6</sub> は加熱すると液化して体積が膨張するため、容器等の破裂事故を起こすことがある。

これより、ウラン濃縮工場内にて発生が想定される火災により、UF<sub>6</sub> を取扱う容器等において UF<sub>6</sub> の液化膨張破裂事故が起きる可能性について検討する。

## 2. 検討条件

UF<sub>6</sub> の液化膨張破裂事故により公衆へ影響を与える可能性のある機器として、大量のウランを取扱う以下の機器がある。

建 屋	UF <sub>6</sub> 機器	取扱いウラン量
ウラン濃縮建屋	UF <sub>6</sub> シリンダ類収納槽 製品コールドトラップ 廃品コールドトラップ 中間製品容器 付着ウラン回収容器	UF <sub>6</sub> シリンダ類充填量のとおり 4000kg UF <sub>6</sub> 6000kg UF <sub>6</sub> 4500kg UF <sub>6</sub> 1960 kg (IF <sub>5</sub> 含む)
ウラン貯蔵・廃棄物建屋	UF <sub>6</sub> シリンダ 原料シリンダ 廃品シリンダ 製品シリンダ	12501kg UF <sub>6</sub> 12501kg UF <sub>6</sub> 2277kg UF <sub>6</sub>

管理区域内で発生する可能性が想定される火災としては、電気・計装関係のケーブル・盤火災がある他、冷凍機、ポンプ等の機器で使用している機械油、製品 UF<sub>6</sub> の分析に使用する有機溶媒等が燃焼可能性のある物質として存在する。

ただし、電気・計装ケーブルは難燃性のため、何らかの原因で発火したとしても、燃焼が継続することはない。また、冷凍機、ポンプ等で使用している機械油や分析用の有機溶媒も、燃焼には何らかの種火（約 200℃以上の高温条件）が必要であるため、火気の使用を制限している管理区域内において火災が発生する蓋然性は低い。

燃焼継続性の無いケーブル・盤火災では、UF<sub>6</sub> を液化膨張させるだけの熱量を継続的に発生することはできないこと及び有機溶媒は UF<sub>6</sub> 機器の無い分析室において使用するため、想定する火災は、UF<sub>6</sub> 機器近傍における機械油の燃焼を仮定するものとし、発生熱量をもとに UF<sub>6</sub> の液化膨張による容器等の破裂事故が起きる可能性を評価する。

### 3. 評価結果

#### (1) ウラン貯蔵・廃棄物建屋

ウラン貯蔵・廃棄物建屋では、UF<sub>6</sub> シリンダを大量に貯蔵している。

ウラン貯蔵・廃棄物建屋には、天井走行クレーン、秤量計程度の機器しかないため、燃焼が継続するような火災の発生可能性はない。また、UF<sub>6</sub> シリンダは、輸送容器として所定の耐火性能（800℃、30分）を有していることから考えて、UF<sub>6</sub> シリンダの貯蔵中に、火災を起因とする UF<sub>6</sub> の放出事故が発生する可能性はない。

#### (2) ウラン濃縮建屋

UF<sub>6</sub> シリンダ類を加熱・冷却する各槽は、熱交換器（熱水・低温水）により加熱・冷却を行っている。火災の発生可能性としては、UF<sub>6</sub> 固化防止用の電気ヒータの火災が考えられるが、UF<sub>6</sub> を液化膨張させるだけの熱源にはなり得ない。

コールドトラップは、フロン冷媒を使用して加熱・冷却を行うことにより、ガス移送・回収を行う機器であり、近接して設置している冷凍機において、約 10L の冷凍機油を使用している。冷凍機油の引火点は約 200℃であるため、何らかの着火源が無ければ火災に至ることはないが、冷凍機 1 基当たりの使用量が約 10L あることから、ここでは、冷凍機油の燃焼を仮定し評価する。

実際にはあり得ない条件ではあるが、冷凍機油の燃焼により発生した熱量が、全量 UF<sub>6</sub> にのみ入熱したと仮定して、UF<sub>6</sub> の液化膨張によるコールドトラップの損傷可能性を評価する。

#### 【冷凍機油の燃焼熱】

鉱物油 10L の燃焼熱は、以下のとおりである。

$$\rightarrow 44\text{kJ/g}^{\ast 1} \times 10000\text{cm}^3 \times 0.9\text{g/cm}^3 = 396000\text{kJ} \doteq 400000\text{kJ}$$

\* 1 : A.Tewarson, "Generation of Heat and Chemical Compounds in Fires", chap.3-4 in SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2d ed, by P.J.DiNenno, (Quincy, MA: National Fire Protection Association, June 1995)

#### 【製品コールドトラップ】

鉱物油 10L の燃焼熱により、製品コールドトラップ内の UF<sub>6</sub> の温度が何度まで上昇するかを概算する。

→ 鉱物油 10L の燃焼熱 = UF<sub>6</sub> 融解熱量 + 液体 UF<sub>6</sub> 昇温熱量

$$\rightarrow 400000\text{kJ} = \text{-----}$$
$$\therefore X \doteq \text{-----}$$

製品コールドトラップの捕集量  $\text{-----}$  の温度  $\text{-----}$  における体積を計算する。

$$\rightarrow \text{-----} = 1.32\text{m}^3$$

製品コールドトラップの容積が [ ] であるのに対し、UF<sub>6</sub>の液化膨張体積は 1.32m<sup>3</sup> であるため、UF<sub>6</sub>の液化膨張によって液圧が加わることはなく、製品コールドトラップが破裂事故を起こすことはない。

【廃品コールドトラップ】

鉍物油 10L の燃焼熱により、廃品コールドトラップ内の UF<sub>6</sub> の温度が何度まで上昇するかを概算する。

→ 鉍物油 10L の燃焼熱 = UF<sub>6</sub> 融解熱量 + 液体 UF<sub>6</sub> 昇温熱量

→ 400000kJ = [ ]

[ ]

∴ X = [ ]

廃品コールドトラップの捕集量 [ ] の温度 [ ] における体積を計算する。

→ [ ] = 1.73m<sup>3</sup>

廃品コールドトラップの容積が [ ] であるのに対し、UF<sub>6</sub>の液化膨張体積は 1.73m<sup>3</sup> であるため、UF<sub>6</sub>の液化膨張によって液圧が加わることはなく、廃品コールドトラップが破裂事故を起こすことはない。

以 上

## 原野・他施設の火災による影響について

六ヶ所ウラン濃縮工場の建物は、耐火建築物または準耐火建築物とし、設備・機器は不燃性または難燃性材料を主として使用している。製品の分析作業等に使用する危険物は、ウラン濃縮建屋及びウラン貯蔵・廃棄物建屋から離れた倉庫等に保管するとともに、工場内への引火性または可燃性の物品の持込み量を常時制限している。また、自動火災報知設備および消火設備を設置し、万一、火災が発生した場合でも、初期消火活動により直ちに消火が可能であり、火災が拡大することはなく、UF<sub>6</sub>の放出事故へと至ることはない。

六ヶ所ウラン濃縮工場のある事業所の西側には、廃棄物管理施設及びむつ小川原国家石油備蓄基地がある。事業所敷地に隣接し、当社再処理事業所の高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターおよび再処理工場がある。また、事業所敷地内には、低レベル放射性廃棄物埋設センター及び濃縮・埋設事業所研究開発棟がある。

これらの工場等のうち、火災影響が考えられるむつ小川原国家石油備蓄基地のタンク火災や防油堤火災等、施設外で発生した火災の影響について評価する。

## 1. むつ小川原国家石油備蓄基準の火災影響について

## (1) タンク火災

むつ小川原国家石油備蓄基地においては、防爆機器等の使用による火災予防措置が講じられている他、万一の火災発生時にも、泡消火器や化学消防車による消火活動により、火災の延焼・拡大防止が図られる。

「青森県石油コンビナート等防災計画（昭和58年9月）」によると、タンク火災が発生した場合の輻射熱の影響については、木材等の有機物の引火の限界とされる7000kcal/m<sup>3</sup>hに満たないことから、ウラン濃縮工場への影響はない。

また、「青森県石油コンビナート等防災計画（平成23年2月）」によれば、タンク火災、リング火災（浮き屋根式タンクの火災）、全面火災のいずれの場合でも、その影響は備蓄基地の敷地内に止まるか、特別防災区域外への影響は小さいと評価されている。

## (2) 防油堤内火災

タンク火災と同様に、防油堤火災についても、漏油検知器の設置等の火災予防措置の他、万一の火災発生時にも、火災の延焼・拡大防止が図られる。

「青森県石油コンビナート等防災計画（昭和58年9月）」によると、防油堤火災が発生した場合の輻射熱の影響については、輻射熱(7000kcal/m<sup>3</sup>h)が及ぼす影響範囲が380mとなっており、ウラン濃縮工場とむつ小川原国家石油備蓄基地は約4km離れていることから、ウラン濃縮工場への影響はない。

また、「青森県石油コンビナート等防災計画（平成23年2月）」によれば、流出火災の影響は、備蓄基地の敷地内に止まると評価されている。

## 2. 森林等の火災による影響

むつ小川原国家石油備蓄基地等の火災がウラン濃縮工場周辺の森林等に延焼したと想定しても、最も距離が近い敷地北側の原野（森林等）からウラン濃縮工場の建屋までの距離は、約 100m 隔たっていることから、延焼のおそれはない。

以 上

## 全交流電源喪失及び計測制御設備の機能喪失による影響について

地震や津波等の自然現象を起因とする設計想定以上の事象を検討するに当たり、設備・機器が単体若しくは複数同時に機能を喪失した場合を想定し、以下の事象について評価する。

- 全交流電源喪失
- 計測制御設備の機能喪失

## 1. 全交流電源喪失時の影響

六ヶ所ウラン濃縮工場の電源系は、東北電力㈱六ヶ所変電所より特別高圧電源系：66kV 2回線（通常時1回線受電、受電側の停電時に予備回線に切替わる）の送電線から受電しており、常用母線3母線及び非常用母線2母線から構成されている。（図1「電源系統概略図」参照）

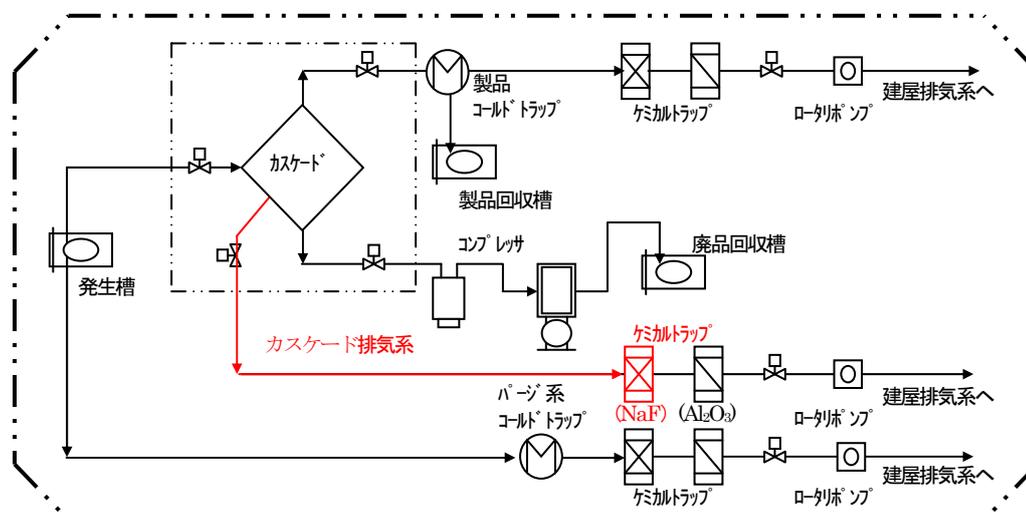
ウラン濃縮工場には、崩壊熱除去等の核的安全性を保持しておく必要がある設備・機器はなく、外部電源が喪失した場合には、生産に係わる設備・機器は停止し、安全な状態へ自然に移行する。

これより、外部電源喪失後のプラントの状態監視等を目的とし、第1種管理区域の排気設備や、放射線監視設備、自動火災報知設備、非常用照明灯等へ給電するために、ディーゼル発電機2台（冗長化）と直流電源設備及び無停電電源装置を設置している。

以下に外部電源の喪失及びこれに加えて非常用電源系の機能も喪失した場合の影響について示す。

(1) UF<sub>6</sub>の閉じ込め性

カスケード設備は、商用電源が喪失し、長時間復電が見込まれない場合には、遠心分離機を自然降速し、系内のUF<sub>6</sub>をカスケード排気系の形状寸法管理をしているケミカルトラップ（NaF）に排気回収するシステムとしている。



仮に、遠心分離機が降速途中で破損した場合でも、回転体が破壊した時に生じる衝撃力がより大きくなる定格回転数を超える条件にて実施している破損試験の結果、UF<sub>6</sub>の閉じ込め性は確保されることを確認している。

また、全交流電源の喪失により、カスケード、発生槽、製品コールドトラップ等に接続している配管の弁は、全てフェールクローズ (FC) 機構により閉となり、UF<sub>6</sub>は工程に閉じ込められる。系統内には、複数の隔離弁 (FC 弁) が設置されているため (別紙参照)、これらが全て不作動 (「閉」失敗) となることは考え難く、UF<sub>6</sub>系統が大気に開放されることはない。なお、バウンダリの喪失時に UF<sub>6</sub>の大量漏えいにつながる大気圧以上となっている均質槽内の中間製品容器は、液化時に隔離弁は閉となっているため、全交流電源の喪失による影響はない。

このように、全交流電源が喪失しても、UF<sub>6</sub>の閉じ込め性に関する影響はない。

## (2) 臨界安全性

新型遠心機カスケードの一部を除き、系統内で取扱われているウランは、最高でも5%の低濃縮ウランであり、全交流電源が喪失し、加えて弁がフェールクローズ (FC) 動作とならず、系統内に水分を含んだ大気が流入する等の条件を重ね合わせても、臨界となることはない。(添付-15 参照)

カスケード設備については、大気圧の圧力で UF<sub>6</sub>が遠心分離機内に存在し、なおかつ、遠心分離機内面に付着ウランが付いているという極めて保守的な条件<sup>(注)</sup>を仮定して臨界計算を行った結果、中性子増倍率 ( $k_{eff}+3\sigma$ ) は 0.16 と 0.95 を大きく下回り、未臨界である。

実際には、カスケード設備 (遠心分離機) 内の UF<sub>6</sub>は、真空領域のガス状で存在しているため、固体状になるほどの密度がないことから、仮に系内に UF<sub>6</sub>が滞留するようなことになっても、UF<sub>6</sub>が沈降し、固体状になって底部に溜まるようなことはなく、付着ウランの存在とともに、大気圧の UF<sub>6</sub>が存在すると仮定した上記の臨界計算モデルの条件を超えるような事象は発生しない。

(注)・実際の遠心機の運転条件は、数 Torr 程度の高真空領域の圧力であり、大気圧 760Torr の大量の UF<sub>6</sub>が遠心機に流入した場合には、遠心機が故障して濃縮ウランを生産することができない。ウランの存在密度が高いほうが、臨界が起きやすく、厳しい条件であるため、大気圧の UF<sub>6</sub>が存在するという条件は極めて保守的な条件である。

- ・付着ウランが遠心機内部の表面全体に 0.1mm の厚さで付着していると仮定しているが、これは既設金属胴遠心機のカスケードで実測している滞留ウラン量の6倍程度のウランが付着していることに相当するため、評価上十分保守的な仮定となっている。
- ・更に、新型遠心機の回転胴は、ウランの付着が発生する金属胴製ではないことから、付着するウラン量は、金属胴遠心機に比べて抑制される。
- ・また、臨界計算の濃縮度は、操業条件の5%を超えた7%を仮定した保守的な条件としている。

この他、全交流電源の喪失に加えて、隔離弁（FC 弁）が全て正常に動作しないと  
いった、起きるとは考えられない場合を仮定しても、表 1. 「全交流電源喪失時の濃縮  
工程の挙動と臨界安全性」に示すとおり、濃縮工程の各系統において臨界が発生する  
可能性はない。

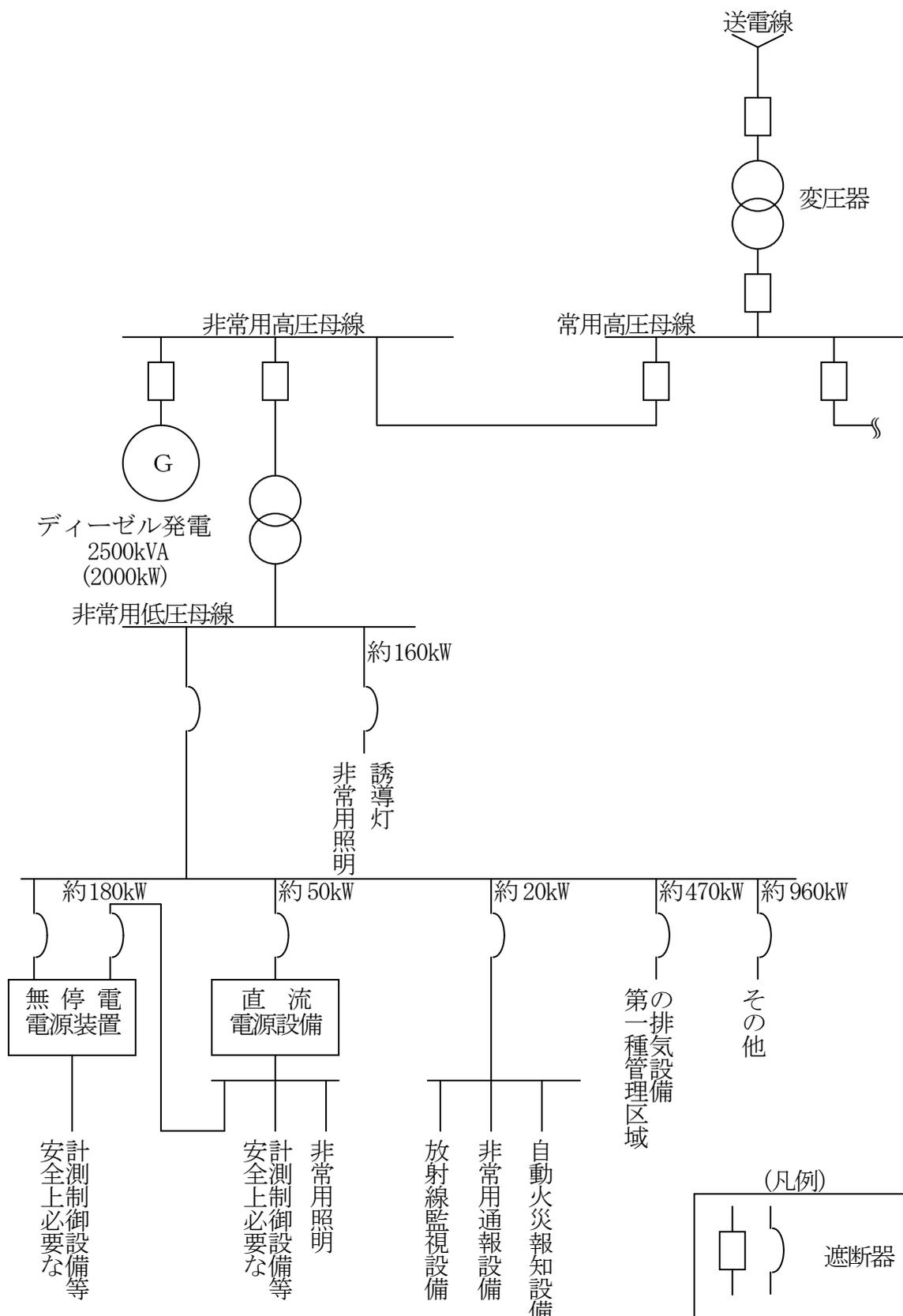


図 1. 電源系統概略図

表1. 全交流電源喪失時の濃縮工程の挙動と臨界安全性

系 統	電源喪失の挙動
【発生系】	<ul style="list-style-type: none"> <li>発生槽からカスケードへ続く配管の弁の全てが FC 動作とならなかった場合、UF<sub>6</sub> の潜熱が無くなるまで発生槽からカスケードへの UF<sub>6</sub> 供給が継続するが、最終的には発生槽からカスケードまでが平衡蒸気圧（常温 20℃ ; 80Torr）の UF<sub>6</sub> で満たされるのみであり、系内は負圧の状態では UF<sub>6</sub> は閉じ込められる。また、遠心機の駆動電源が停止しているため、UF<sub>6</sub> の濃縮は起きず、原料 UF<sub>6</sub> の濃度は 0.7wt% であるため、臨界は起きない。</li> </ul>
【製品系】	<ul style="list-style-type: none"> <li>カスケードから製品コールドトラップへ続く配管の弁が全て FC 動作とならなかった場合、冷却中の製品コールドトラップの温度が上昇すれば、UF<sub>6</sub> が固体状態から気化してカスケードへ逆流するが、最終的には系内が平衡蒸気圧（常温 20℃ ; 80Torr）の UF<sub>6</sub> で満たされるのみであり、系内は負圧の状態では閉じ込め状態となる。また、遠心機の駆動電源が停止しているため、UF<sub>6</sub> の濃縮は起きない。</li> <li>製品コールドトラップには、濃縮度 5% の UF<sub>6</sub> が大量に固体状態で集まっているが、製品コールドトラップ内に大気が入っても臨界にならない（臨界起こす H/U 条件にならない）。これより、上記のように、FC 弁が動作せず、系内が平衡蒸気圧（常温 20℃ ; 80Torr）の気体 UF<sub>6</sub> により満たされ、更に配管が損傷して大気が入る場合を想定しても、固体よりも密度の低い気体 UF<sub>6</sub> で臨界になることはない。</li> </ul>
【廃品系】	<ul style="list-style-type: none"> <li>カスケードから廃品回収槽へ続く配管の弁が全て FC 動作とならなかった場合、冷却中の廃品回収槽の温度が上昇すれば、UF<sub>6</sub> が固体状態から気化してカスケードへ逆流するが、最終的には系内が平衡蒸気圧（常温 20℃ ; 80Torr）の UF<sub>6</sub> で満たされるのみであり、系内は負圧の状態では閉じ込め状態となる。また、遠心機の駆動電源が停止しているため、UF<sub>6</sub> の濃縮は起きず、廃品 UF<sub>6</sub> の濃度は 0.2～0.3wt% であるため、臨界は起きない。</li> </ul>
【全系統】	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロータリポンプの入口弁を含む全ての弁が FC 動作とならなかった場合、系内に大気が入り、一部の UF<sub>6</sub> は UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub> と HF となるが、比重が空気の約 12 倍と重い UF<sub>6</sub> (UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>) の大半は、系内に沈降・付着して留まる。拡散（濃度差）により、UO<sub>2</sub>F<sub>2</sub> と HF が系外へ微量移行する場合には、ケミカルトラップ (NaF 及び Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) に吸着される。</li> <li>前述のとおり、濃縮度 5% の UF<sub>6</sub> が大量に固体状態で集まっている製品コールドトラップにおいて、大気が入っても臨界にならないため、全系統の FC 弁が締まらず、系統内が密度の低い気体 UF<sub>6</sub> で満たされたとしても、臨界となることはない。</li> </ul>

## 2. 計測制御設備の機能喪失時の影響

ウラン濃縮工場は、中央制御室に主盤、起動補助盤等を設置し、プラント主系統の運転操作・監視を集中的に行っている。

中央制御室の主盤等は、カスケードやUF<sub>6</sub>処理設備等の各設備に設置されている計装盤（シーケンサ）または制御盤（コントローラ）と接続している。各系統の計装盤には、現場の伝送器等の検出端からの計測信号、弁リミットスイッチ、C/C（コントロールセンタ）からの補機の状態信号等が入力され、中央制御室の主盤等に伝送ラインにより伝送される。

一方、操作信号は、中央制御室の主盤等から入出力装置に入力され、同様に伝送ラインにより計装盤へ伝送されて、計装盤でシーケンス処理を行い、操作端及びC/Cへ運転指令として出力される。

この他、UF<sub>6</sub>の過加熱防止に係るインターロック等の計測及び制御信号は、直接配線（ハードワイヤ）で伝送される。

なお、計装制御設備は、システムの導入時期によって仕様は異なるが、安全性に係わる基本的機能に変更はない。また、最初に設置したRE-1の計測制御システムは、既に設置から20年以上が経過しているため、新型遠心機の導入に合わせて新システムに更新していく計画であり、RE-1(600tSWU/y)の換気空調設備の計測制御系等は、更新作業を終えている

以下に、これらの計測制御システムが地震等により機能を喪失した場合の影響についてまとめる。

### (1) 伝送ラインの停止による影響

伝送ラインは冗長化しており、両系統の異常により機能喪失する確率は低いが、伝送ラインの両系異常が発生すると、各系統単位でシーケンサ及びコントローラが処理を継続するが、系統間の伝送はできなくなるため、中央制御室におけるプラント監視及び操作は不可能となる。

基本的には、各系統単位で制御を継続していることから、安全上直ちに問題となる状態ではない。

### (2) シーケンサの停止による影響

シーケンサが停止すると、当該系統の運転モードの選択、運転・停止、弁開閉等の監視、操作及びソフトインターロックの機能を喪失する。ループ制御はコントローラで処理を継続しているため、圧力、流量及び温度等の制御は支障のない状態であることから、安全上直ちに問題となる状態ではない。

### (3) コントローラの停止による影響

コントローラが停止すると、当該系統のループ制御機能を喪失し、圧力、流量及び温度等の制御及び指示が不可能となる。運転モードの選択、運転・停止、弁開閉等の監視及び操作機能はシーケンサで処理しているため、支障のない状態である。



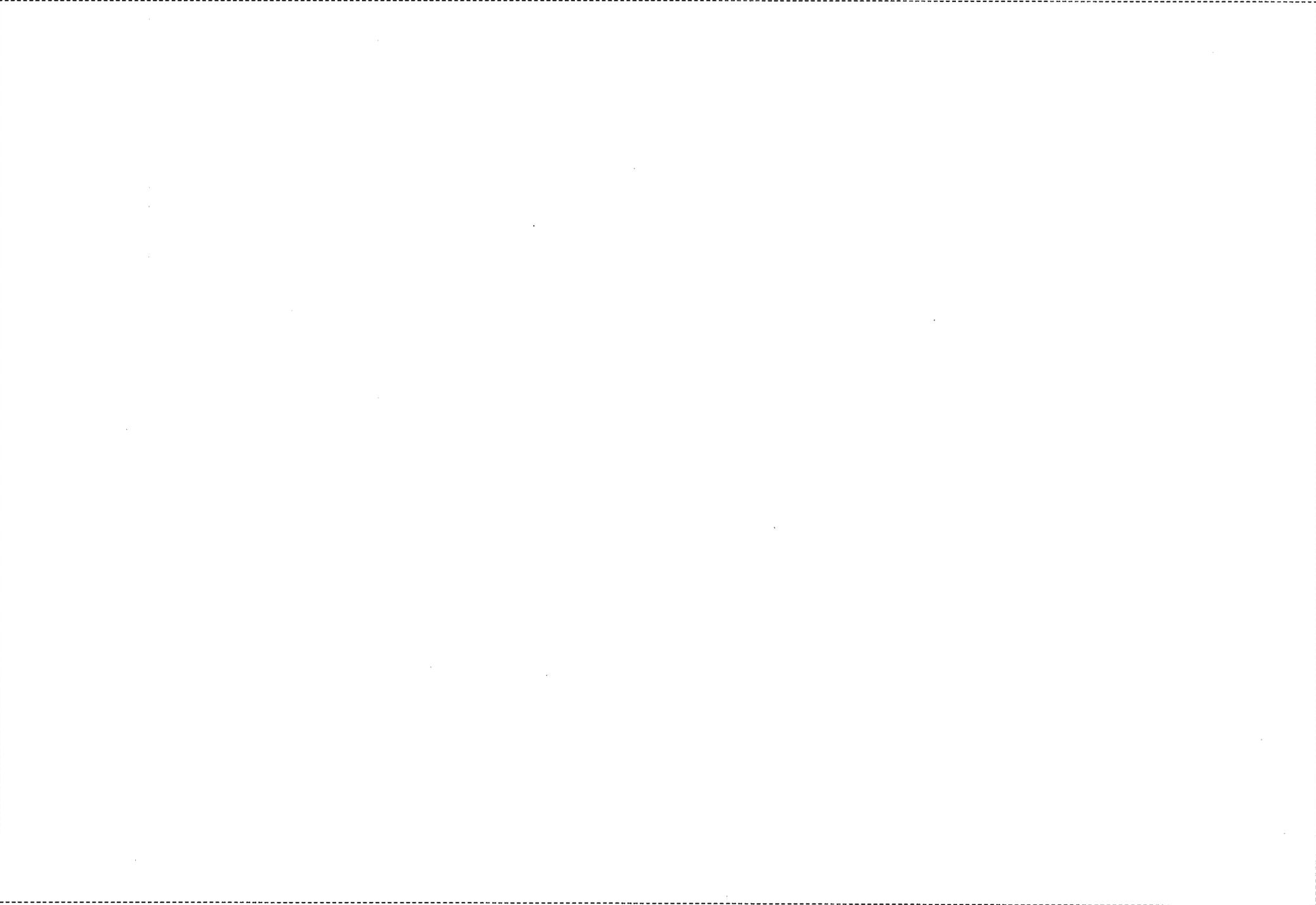


図. 概略系統図 (FC 弁配置図)

## 影響緩和策（アクシデントマネジメント策）の有効性評価について

## 1. 非常時組織体制

六ヶ所ウラン濃縮工場において事故・故障等が発生した時の対応体制については、保安規定の下位文書である「加工施設異常事象対策要領」において、表1のとおり非常時対策組織等の構成・任務、通報連絡系統、対策活動、事象収束後の原因調査・再発防止対策等を定めている。

表1. 加工施設異常事象対策要領の概要

項目	概要
第1章 総則	目的、適用範囲、異常事象等の分類、公表基準について規定
第2章 事前対策	非常時対策組織等の基本構成・任務、初期判断者・連絡責任者の職務、通報基準、社内外通報連絡系統の確立、異常時対策用資機材の点検・整備等について規定
第3章 初期消火活動のための体制整備	初期消火活動のための体制・通報設備の整備、要員確保、消防自動車等の配備等について規定
第4章 初期活動	初期対応、社内関係要員への事象発生連絡及び召集連絡、社外関係機関への通報連絡について規定
第5章 対策活動	非常時対策組織等の設置・解散について規定
第6章 異常事象収束後の措置	原因調査、再発防止策の実施について規定
第7章 埋設事業部と協力・連携	埋設事業部と協力・連携の範囲、濃縮事業部及び埋設事業部合同対策組織の基本構成・任務、共通事象発生時の対応について規定
第8章 記録	記録の作成・保存について規定

また、原子力事業者防災業務計画に基づく緊急時に備えて、緊急時の対応に関する業務は、「濃縮・埋設事業所濃縮事業部原子力事業者防災業務計画」（以下、「防災業務計画」という。）に定めており、その具体的な運用については「濃縮・埋設事業所濃縮事業部防災業務計画運用要領」（以下、「防災業務計画運用要領」という。）を定めている。

本部長	濃縮事業部長 (原子力防災管理者)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 対策活動の統括管理</li> <li>・ 事象全般の状況把握及び 拡大可能性の評価</li> <li>・ 応急、復旧計画の決定</li> <li>・ 復旧状況の把握、評価</li> <li>・ 地域防災活動への要員派遣指示</li> </ul>
副本部長	ウラン濃縮工場長	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子力災害合同対策協議会 における情報の交換及び緊急 事態応急対策についての相互 協力</li> </ul>
本部長	連絡責任者 総務部部長 濃縮計画部長 安全管理部長 濃縮運転部長 施設部長 報道部長 環境管理センター長 核燃料取扱主任者 電気主任技術者 げんねん診療所長	

班名	班長	副班長	班員	要員数
本部事務局	濃縮技術課長	濃縮技術課員	濃縮技術課員	4
・ 発生事象に対する情報の収集・整理 ・ 本部決定事項の指示及び伝達 ・ 主務大臣、関係地方公共団体の長、その他関係機関との通報調整 ・ 各対策本部との連絡調整 ・ 対策本部要員の把握 ・ 本部支援				

オフサイトセンター (合同対策協議会) への派遣要員：11名 (各班との兼務員含む)	
(合同対策協議会 機能グループ 総括班)	防災管理課員
(合同対策協議会 機能グループ プラント班)	施設部長 日勤当直員2名
(合同対策協議会 機能グループ 広報班)	地域交流グループ員 立地グループ員
(合同対策協議会 機能グループ 医療班)	安全衛生グループ員
(合同対策協議会 機能グループ 住民安全班)	総務グループ員
(合同対策協議会 機能グループ 運営支援班)	人事グループ員 労務グループ員 資材購買グループ員

班名	班長	副班長	班員	要員数	任 務
総務班	濃縮計画部 計画グループリーダー	[総務担当]総務グループ員 [警備担当]警備課員 [避難誘導担当]施設部員	濃縮計画部員	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業所内通話制限</li> <li>・ 避難誘導</li> <li>・ 事業所内警備</li> <li>・ その他庶務事項 (避難指示、立入制限 要員招集)</li> </ul>
			総務グループ員	2	
			警備課員	3	
			施設部員 運転課員 警備員	3 1 2	
厚生班	従業員サポートグループリーダー	従業員サポートグループ員	従業員サポートグループ員	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 食料、被服類の調達</li> <li>・ 宿泊関係の手配</li> </ul>
救護班	安全衛生グループリーダー	安全衛生グループ員	安全衛生グループ員	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 被災者の救護</li> <li>・ 緊急被ばく医療 (応急、除染措置) の実施</li> <li>・ 医師、病院の手配</li> </ul>
			げんねん診療所員	5	
資材班	資材管理グループリーダー	資材管理グループ員	資材管理グループ員 機器購買グループ員	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 応急資機材の調達及び輸送</li> </ul>
広報班	報道部長	報道第一グループ員	報道第一グループ員	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 報道機関対応</li> <li>・ 渉外対応</li> <li>・ 発生事象に関する広報</li> </ul>
			立地グループ員	1	
			広報グループ員	1	
			地域交流グループ員	1	
			視察グループ員	1	
設備応急班	保修課長	保修課員	保修課員	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 関係各設備の被害状況の把握</li> <li>・ 応急復旧対策の策定及び実施</li> <li>・ 復旧状況の確認</li> <li>・ 設計、許認可上の評価</li> <li>・ 放射性物質による汚染の拡大防止</li> </ul>
			運転課員	3	
			濃縮技術課員	1	
			施設部員	1	
運転管理班	運転課長	【現場対応】 運転課員 【中割対応】 運転課員	運転課員	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 災害の発生又は拡大防止に必要な運転管理 対策の策定及び実施</li> <li>・ 当直長支援</li> </ul>
			当直員		
放射線管理班	放射線管理課長	放射線管理課員	放射線管理課員	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 放射性物質の放出状況の把握・評価</li> <li>・ 環境放射線等の測定</li> <li>・ 放射線影響範囲の推定・評価</li> <li>・ 除染作業等に係る放射線管理 被ばく管理 (立入制限、線量評価等)</li> <li>・ 管理区域内避難誘導担当</li> </ul>
			環境管理センター課長	環境管理センター員 環境管理センター員	

※ ( ) 内は必要に応じて選任する。

図 1. 対策本部の組織と職務の構成

表2. 原子力防災要員の職務と配置

No	原子力防災要員の職務	原子力防災組織の班名と人員
1	特定事象が発生した場合における当該特定事象に関する情報の整理及び主務大臣、関係地方公共団体の長その他の関係者との連絡調整	事業部対策本部員 1名 本部事務局 3名
2	原子力災害合同対策協議会における原子力緊急事態に関する情報の交換及び緊急事態応急対策についての相互の協力	事業部対策本部員（オフサイトセンター派遣要員） 6名
3	特定事象が発生した場合における当該特定事象に関する広報	広報班 4名
4	原子力事業所内外の放射線量の測定その他の特定事象に関する状況の把握	放射線管理班 4名
5	原子力災害の発生又は拡大の防止のための措置の実施	運転管理班 4名
6	防災に関する施設設備の整備又は点検並びに応急の復旧	設備応急班 5名
7	放射性物質による汚染の除去	設備応急班 4名
8	被ばく者の救助その他の医療に関する措置の実施	救護班 4名
9	原子力災害の発生又は拡大の防止のために必要な資機材の調達及び輸送	資材班 4名
10	原子力事業所内の警備及び原子力事業所内における従業者等の避難誘導	総務班 4名

異常事象が発生した場合の迅速かつ的確な通報連絡・要員召集を実施するために、通常勤務時間帯及び夜間・休日の連絡責任者を定め、緊急情報伝達システムにより要員を召集できるようにしている。

また、六ヶ所村で震度5強以上の地震が発生した場合及び青森県内で大規模停電が発生した場合は、管理担当課長は召集がなくても出社するとともに、被害の有無に拘らず濃縮事業部の対策組織要員は自主的に出社することとしている。

## 2. 資機材

異常事象発生時に対処するために、表3及び表4に示す資機材を備え、常に使用可能な状態に点検・整備している。

表3. 原子力防災資機材

資機材の種類		配備数	
放射線障害防護用器具	汚染防護服	40組	
	呼吸用ボンベ付一体型防護マスク	4個	
	フィルター付き防護マスク	40個	
非常用通信機器	緊急時電話回線	13回線	
	ファクシミリ装置	3台	
	ファクシミリ装置(防災専用通報装置Fネット)	1台	
	携帯電話等	18台	
計測器等	固定式測定器	気体	2台
		液体	1台
	ガンマ線測定用サーベイメータ		4台
	中性子線測定用サーベイメータ		2台
	熱ルミネセンス線量計又は 蛍光ガラス線量計	素子	20個
		リーダー	1台
	表面汚染密度測定用サーベイメータ	アルファ線	2台
		ベータ線	4台
	可搬式ダスト測定関連機器	サンブラ	4台
		測定器	1台
	可搬式の放射性ヨウ素測定関連機器	サンブラ	2台
測定器		1台	
個人用外部被ばく線量測定器		50台	
その他資機材	ヨウ素剤	5000錠	
	担架	5台	
	除染用具	1式	
	被ばく者の輸送のために使用可能な車両	1台	
	屋外消火栓設備又は動力消防ポンプ設備	1式	
応急・復旧用工具	真空パテ、ビニルシート、ガラスクロス類、栓等	1式	

表4. その他資機材

資機材の種類		配備数
防護装備	化学防護服	12組
	エアラインスーツ	3組
初期消火装備	化学消防自動車 <sup>※</sup>	1台
	泡消火薬剤 <sup>※</sup>	1500ℓ以上
	動力ポンプ付き水槽車 <sup>※</sup>	1台
	資機材搬送車 <sup>※</sup>	1台
	空気呼吸器 <sup>※</sup>	5台以上
	耐熱服 <sup>※</sup>	4着以上
	防火服 <sup>※</sup>	5着以上
	消火用水	50m <sup>3</sup> 以上
	可搬消防ポンプ <sup>※</sup>	1台以上
	消防設備 (別紙参照)	1式

※ 再処理事業所との共用

### 3. 非常時対処手順等

冗長化等による信頼性向上や所要の強度設計等の対応により設計上は想定していないが、インターロック等の不作動や、管理区域内における漏えい、火災等が発生した場合の対処として、以下の初期対応を「異常時対処手順書」等に定めている。

#### (1) 管理区域内漏えい時の対処

管理区域内において漏えいが発生した場合には、漏えい状況等を中央制御室（モニタ）及び現場において確認し、必要な装備・資機材を準備のうえ、漏えいの状況に応じて真空パテ、ビニルシート等を使用して漏えい箇所を閉止するとともに、激しい漏えいの場合には、二酸化炭素消火器を使用してUF<sub>6</sub>を冷却・固化させる。

#### (2) インターロック等の不作動時の対処

インターロック等が所定の条件において作動しない場合には、中央制御室からのハードワイヤ等による操作や、現場における不作動自動弁の強制手動操作若しくは手動弁の操作を行い、UF<sub>6</sub>を系内に封じ込める。

#### (3) 管理区域内火災時の対処

管理区域内で火災が発生した場合には、状況に応じて直ちにUF<sub>6</sub>機器の運転停止操作を行い、UF<sub>6</sub>を系統内に閉じ込めるとともに、初期消火活動を行い、火災発生箇所の給気、還気を停止する。また、延焼防止のために、可燃物があればその搬出や、電気火災の場合には電源の断操作を行う。

火災と同時にUF<sub>6</sub>漏えいが発生した場合には、「(1) 管理区域内漏えい時の対処」に示した処置を講じるとともに、状況に応じて室の扉・シャッターを開放し、建屋全

体で管理区域内の負圧を確保し、施設外へのUF<sub>6</sub>漏えいを防ぐために目張り等の対応を行う。大量のUF<sub>6</sub>漏えいが発生した時には、UF<sub>6</sub>漏えいこともない発生したフッ化水素（HF）によりHEPAフィルタが損傷する可能性があり、フィルタ機能が低下した場合にはシステムを停止する。

表5. 非常時の基本対処手順関連規定類

発生（想定）事象	対処手順
大地震等による下記事象 <ul style="list-style-type: none"> <li>・UF<sub>6</sub>漏えい</li> <li>・全電源喪失</li> <li>・インターロック（弁）不作動</li> <li>・火災</li> <li>・計測制御系重故障</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「移動・貯蔵時シリンダからのUF<sub>6</sub>漏えい対処」</li> <li>・「均質槽内UF<sub>6</sub>漏えい時対処」</li> <li>・「均質・ブレンディング設備配管カバー内UF<sub>6</sub>漏えい時対処」</li> <li>・「全電源喪失時対処」</li> <li>・「電動弁・空気作動弁不作動時対処」</li> <li>・「火災対応マニュアル」</li> <li>・「計測制御設備 両系異常対処手順」</li> </ul>
大地震を含む自然災害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「自然災害発生時対処」</li> </ul>

#### 4. 影響緩和策（アクシデントマネジメント策）の有効性

前述の体制等のもと、UF<sub>6</sub>の漏えいを想定し、セルフエアセット・化学防護服の装着、二酸化炭素消火器の放出、漏えい箇所の閉止等の模擬訓練を行っており、事象の発生から1時間半程度で漏えい停止までの処置を行っている。

また、複数箇所から同時にUF<sub>6</sub>漏えいが発生した場合に、同時並行で漏えい停止措置を行うことが困難な場合には、建屋（扉・シャッター等の隙間、開口部）に目張り等を行うことにより、UF<sub>6</sub>の施設外への移行を防止できる。

以上より、影響緩和策（アクシデントマネジメント策）によって漏えい停止（建屋外放出停止）までの時間を短縮できれば、一般公衆への影響は、十分低いレベルで抑制・低減が可能である。

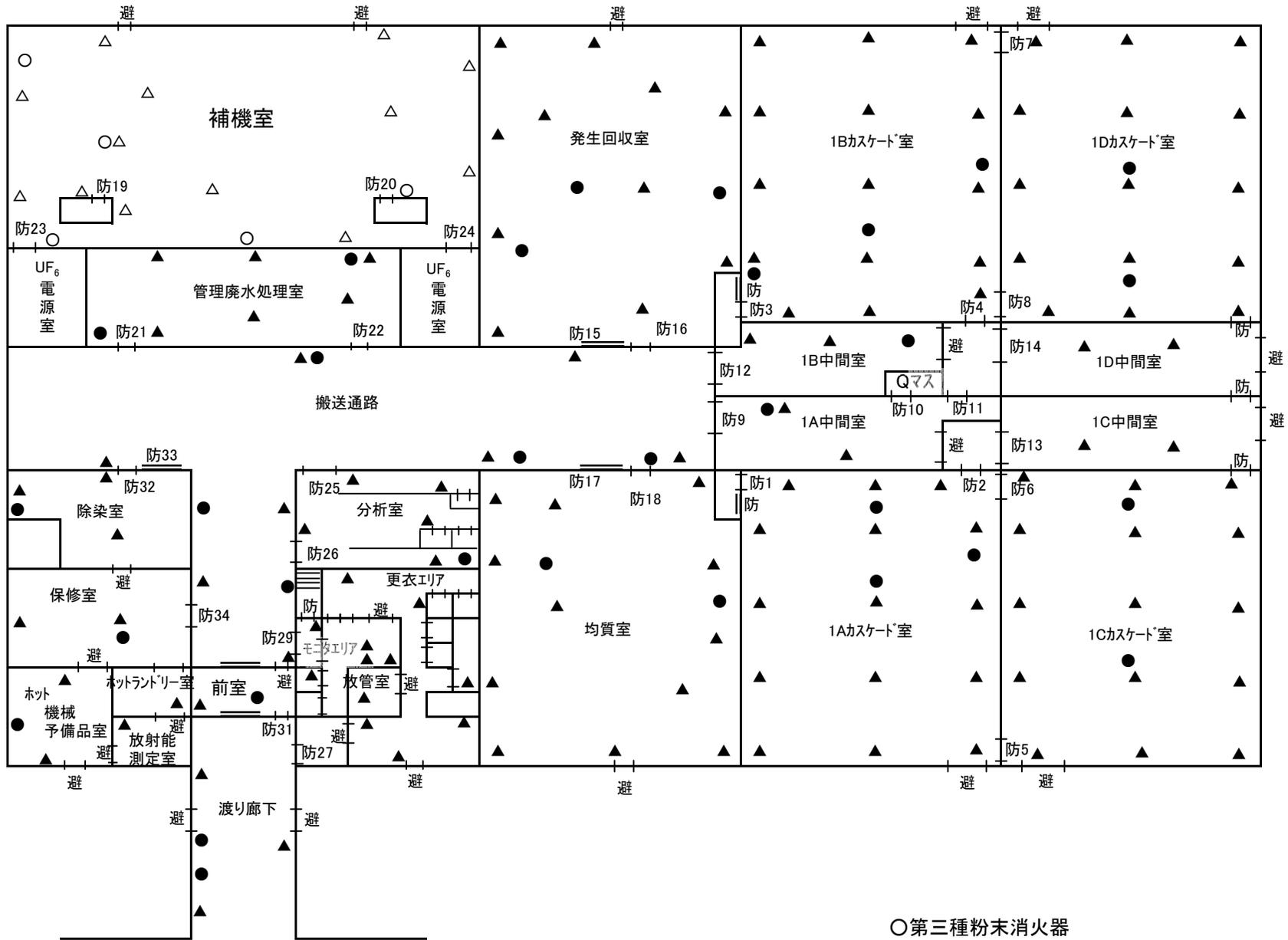
表 6. 最近の非常時訓練実績

年度	実施日	想定事象	設備対策(模擬)活動
2004	2004/12/20	六ヶ所村内において震度 6 強の地震発生。地震の影響で均質室において中間製品容器運搬中に吊具の破損により中間製品容器が落下・破損し UF <sub>6</sub> が漏えい。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CO<sub>2</sub> 消火器にて UF<sub>6</sub> を固化</li> <li>・中間製品容器破損部及び近傍に漏えいした UF<sub>6</sub> をビニルシートで覆う</li> </ul>
2005	2005/12/13	1 号均質室内において UF <sub>6</sub> が漏えいし、施設外へも放出	<ul style="list-style-type: none"> <li>・均質槽緊急遮断弁強制閉操作</li> <li>・局所排気装置への強制切替操作</li> <li>・局所排気系フィルタユニット交換</li> </ul>
2006	2006/06/28	1 号均質室において中間製品容器の移動作業中に吊具がクレーンから外れ、中間製品容器が落下。中間製品容器破損部より UF <sub>6</sub> が漏えい	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CO<sub>2</sub> 消火器にて UF<sub>6</sub> を固化</li> <li>・中間製品容器破損部及び近傍に漏えいした UF<sub>6</sub> をビニルシートで覆う</li> <li>・均質室系排気フィルタ交換</li> </ul>
2007	2007/06/28	1 号均質室において中間製品容器の搬送作業中に搬送台車がレールから脱輪し、中間製品容器が落下。中間製品容器破損部より UF <sub>6</sub> が漏えい	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CO<sub>2</sub> 消火器にて UF<sub>6</sub> を固化</li> <li>・中間製品容器破損部及び近傍に漏えいした UF<sub>6</sub> をビニルシートで覆う</li> <li>・均質室系排気フィルタ交換</li> </ul>
2008	2008/06/26	搬出入室において原料シリンダの受入れ作業中にクレーンのワイヤが切れ、シリンダが落下。シリンダ破損部より UF <sub>6</sub> が漏えい	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CO<sub>2</sub> 消火器にて UF<sub>6</sub> を固化</li> <li>・原料シリンダ破損部及び近傍に漏えいした UF<sub>6</sub> をビニルシートで覆う</li> </ul>
2009	2009/06/19	1 号均質室において中間製品容器の移動作業中にクレーンの巻上げ部分が故障し、中間製品容器が落下。中間製品容器破損部より UF <sub>6</sub> が漏えい	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CO<sub>2</sub> 消火器にて UF<sub>6</sub> を固化</li> <li>・中間製品容器破損部及び近傍に漏えいした UF<sub>6</sub> をビニルシートで覆う</li> <li>・均質室系排気フィルタ交換</li> </ul>
2010	2010/06/24	1 号均質室において中間製品容器の搬送作業中に搬送台車がレールから脱輪し、中間製品容器が落下。中間製品容器破損部より UF <sub>6</sub> が漏えい	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CO<sub>2</sub> 消火器にて UF<sub>6</sub> を固化</li> <li>・中間製品容器破損部及び近傍に漏えいした UF<sub>6</sub> をビニルシートで覆う</li> </ul>
2011	2011/04/26	六ヶ所村内において震度 6 弱の地震発生。外部電源喪失及び非常用ディーゼル発電機も機能喪失。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場状況確認、設備監視強化</li> <li>・周辺環境モニタリング</li> </ul>

表7. 事象収束（漏えい停止）までのUF<sub>6</sub>漏えい量

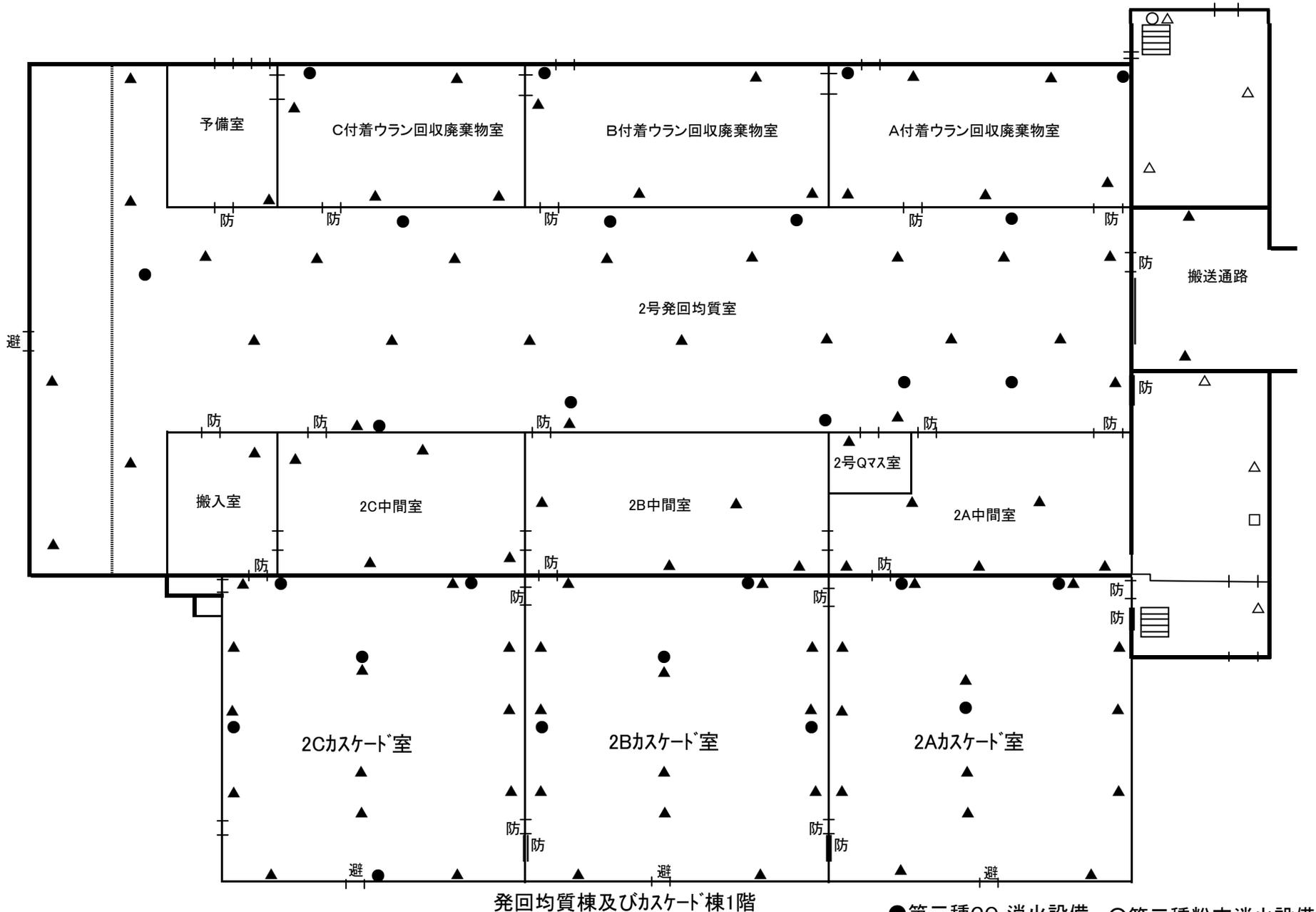
経過時間	UF <sub>6</sub> 漏えい量	
	漏えい量	累積漏えい量
～3時間	約730kg UF <sub>6</sub>	約730kg UF <sub>6</sub>
3時間～6時間	約560kg UF <sub>6</sub>	約1290kg UF <sub>6</sub>
6時間～9時間	約560kg UF <sub>6</sub>	約1850kg UF <sub>6</sub>
9時間～12時間	約560kg UF <sub>6</sub>	約2410kg UF <sub>6</sub>
12時間～	約90kg UF <sub>6</sub>	約2500kg UF <sub>6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

以 上



- 第三種粉末消火器
- △ 第五種粉末消火器
- 第三種CO<sub>2</sub>消火設備
- ▲ 第五種CO<sub>2</sub>消火器

ウラン濃縮工場 消火用設備等設置場所(1/2) (RE-1. 1階)



発回均質棟及びカスケード棟1階

- 第三種CO<sub>2</sub>消火設備
- 第三種粉末消火設備
- 第四種粉末消火器
- ▲ 第五種CO<sub>2</sub>消火設備
- △ 第五種粉末消火器

ウラン濃縮工場 消防用設備等設置場所(2/2)(RE-2. 1階)