



ご説明資料

新規制基準を踏まえた 安全対策について



2019年10月21日

原子燃料工業株式会社
東海事業所

目次

加工施設の概要	2
安全上重要な施設の有無の整理	8
新規制基準を踏まえた主な対応	16
設計基準事故による被ばく評価	35
事故時の対応	42
参考資料	54

加工施設の概要

加工施設の概要

● 東海事業所とは

- 主に沸騰水型原子炉用燃料(燃料集合体)を製造する施設
- 原子燃料サイクルにおける成型加工工場(図中の○)であり、原子力発電所に燃料集合体を納入することにより、ベース電源としての電気の安定供給に貢献。

● 今後の東海事業所

- 新規制基準に適合した施設により、今後の原子力発電所の再稼働に合わせ燃料集合体の納入を行う。
- 廃炉までの円滑な活動に協力するため、特定の原子力発電所に対し、納入済みの未燃焼燃料の返送に対応する。(燃料集合体を燃料棒、さらにペレットに解体し再利用)



図 原子燃料サイクル(原子燃料工業(株)HPより)

加工施設の概要

● 原子燃料工業株式会社東海事業所

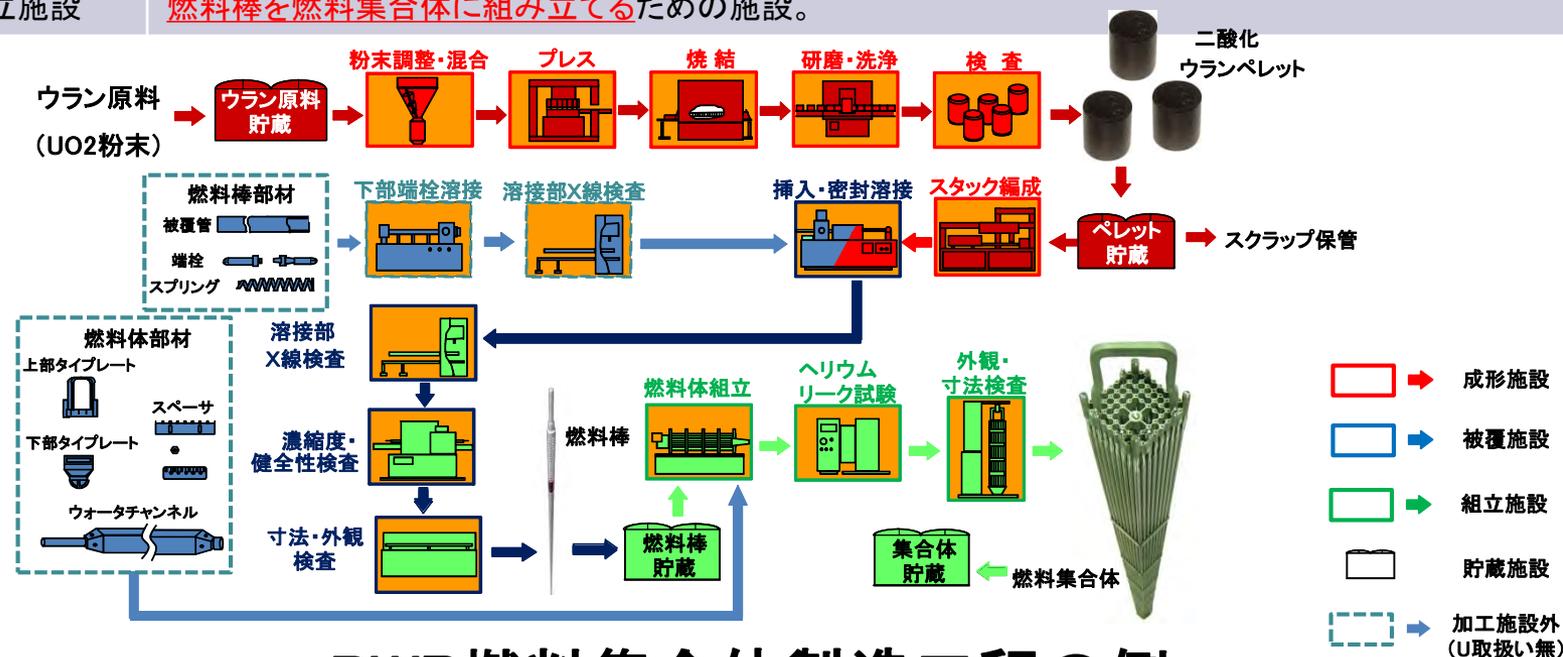
- 敷地面積は約133,500 m²(約40,500坪)。海岸から西側約3 km、海拔約30 mの台地上に位置している。北方約5 kmに久慈川、南側約100 mに川幅約2m程度の南新川が流れている。敷地の北北西約3 kmにJR常磐線東海駅があり、東側約3 kmに原子力関連施設群がある。



加工施設の概要

- 核分裂を起こすU235の割合が5%以下のウラン粉末を用い、主に燃料集合体の製造を行う施設である。
- 取り扱うウランは、燃焼前であり使用済み燃料と違い核分裂生成物が蓄積しておらず、線量が小さく、崩壊熱が発生しない。また粉末状又はペレット等の固体状である。
- 下表の施設に加え、放射性廃棄物の廃棄、放射線管理、その他の附属施設により構成されている。

主な施設	加工施設の概要
成形施設	<u>二酸化ウラン粉末を混合、圧縮成型、焼結及び研磨等を行って二酸化ウランペレットとするための施設。</u>
被覆施設	<u>二酸化ウランペレットを被覆管に挿入し、被覆管を密封して燃料棒とするための施設。</u>
組立施設	<u>燃料棒を燃料集合体に組み立てるための施設。</u>



BWR燃料集合体製造工程の例

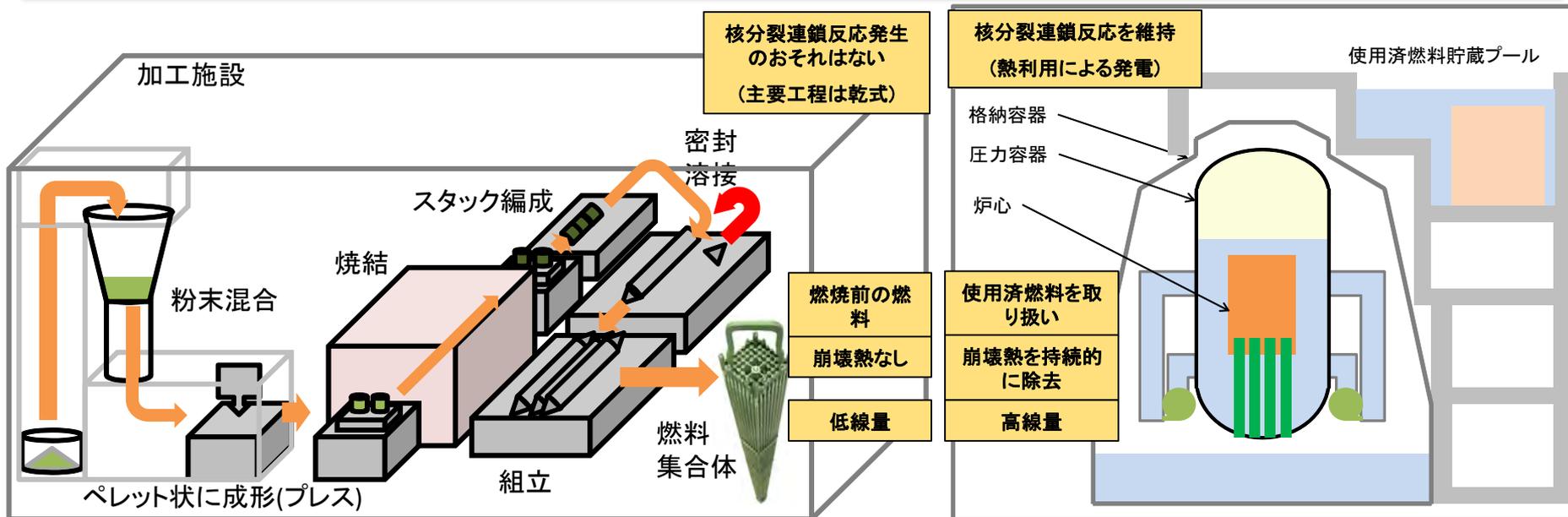
加工施設と原子力発電所の比較

● 加工施設の特徴

- 製造工程は核分裂連鎖反応(臨界)が起きるおそれがない設計とし、主要な工程は乾式※の工程としている。※核分裂を起こしやすくする中性子の減速材及び反射体となる水がない
- 燃焼前のウランのみを取り扱うため、使用済み燃料と違い核分裂生成物が蓄積しておらず、線量が小さい。また崩壊熱が発生しない。

項目	加工施設(東海事業所)	原子力発電所(BWR)
<u>施設の目的</u>	燃料集合体の製造 (<u>核分裂連鎖反応のおそれはない</u>) →能動的に未臨界にする「止める」ための設備・機器は不要	発電 (核分裂連鎖反応による熱エネルギー利用)
核燃料物質	燃焼前のウラン	燃焼後の使用済ウラン
<u>線量</u>	<u>低線量</u> →事故対策等の活動「閉じ込める」のためのアクセス制限を受けない →敷地内外問わず被ばく線量は小さい	高線量 →放射線防護に係る様々な制約あり (人の安全の確保、確定的影響の発生防止、確率的影響の発生抑制)
<u>崩壊熱</u>	<u>崩壊熱の発生なし</u> →全電源喪失時も事象の進展はなし(燃料を「冷やす」必要がない)	持続的に発生(冷却システムが必要)

加工施設と原子力発電所の比較



- 加工施設は、耐震Sクラス用の地震、竜巻、火山灰による機能喪失を想定しても、公衆の被ばくが5mSvを超えることはない。→耐震Sクラスがない施設に分類され、また安全上重要な施設はない(グレーデッドアプローチ)。

対象核種	燃料集合体1体あたりの放射能(オーダーレベル)	
	加工施設※ ¹	原子力発電所※ ²
U核種, 核分裂生成物	10 ⁻² TBq	10 ⁴ ~10 ⁵ TBq

※1: 商用原子炉級(EGU)の組成, ※2: 停止~100日までの期間

安全上重要な施設の有無の整理

安全上重要な施設の有無の整理(基本方針)

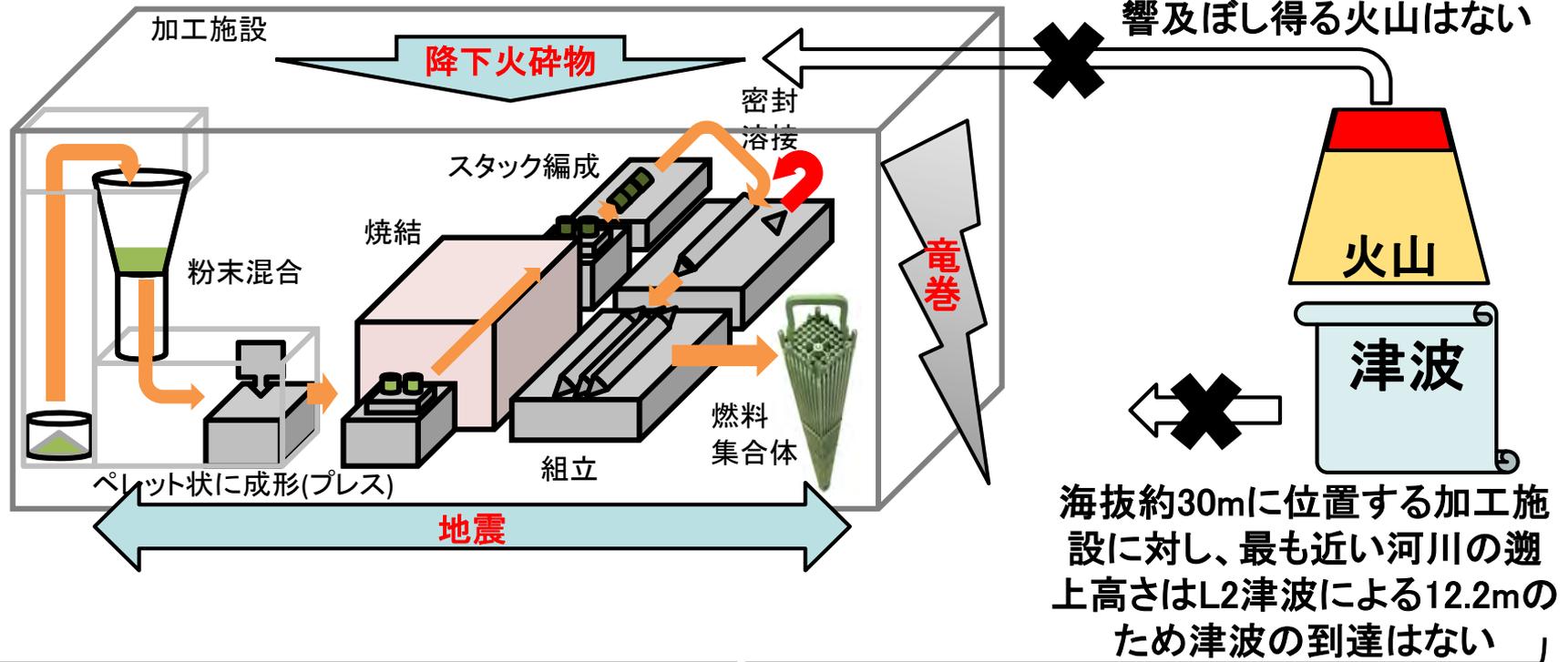
- 核燃料施設等の新規制基準等への適合性の確認に当たっては、安全上重要な施設の有無等、それぞれの核燃料施設等の特徴を踏まえ、グレーデッドアプローチ(等級別扱い)を適用する。(p.80参照)
- 安全上重要な施設の有無は、公衆への影響の観点から選定する。(p.56～p.58参照)
- 地震、津波、竜巻又はその他の外部事象(火山、積雪等)に対して、構築物、系統及び機器の「機能の喪失」を仮定しても公衆が被ばくする線量の評価値が、事故当たり5mSvを超える(「安全上重要な施設」が存在する)／超えないことを確認してグレーデッドアプローチを適用。

等級別扱い	地震	津波	竜巻	その他外部事象
5mSvを超える場合(「安全上重要な施設」が存在)	耐震クラスで設計	基準津波に対する防護設計	基準竜巻(F3)に対する防護設計	発電炉等に対して想定する荷重と同一の条件で設計
5mSvを超えない場合	耐震重要度分類第1類、第2類又は第3類で設計	敷地及びその周辺における過去の記録を踏まえた津波に対する防護設計	敷地及びその周辺における過去の記録を踏まえた竜巻に対する防護設計	敷地及びその周辺における過去の記録を踏まえた荷重により設計

当加工施設に対する要求

安全上重要な施設の有無の整理(事象の選定)

- 「基準規則解釈の別記1」を参考に、地震、津波、竜巻に加え、その他の外部からの衝撃を考慮する。その際は加工施設の立地状況を考慮する。
- 地震、竜巻及び火山(降下火砕物)をそれぞれ選定。

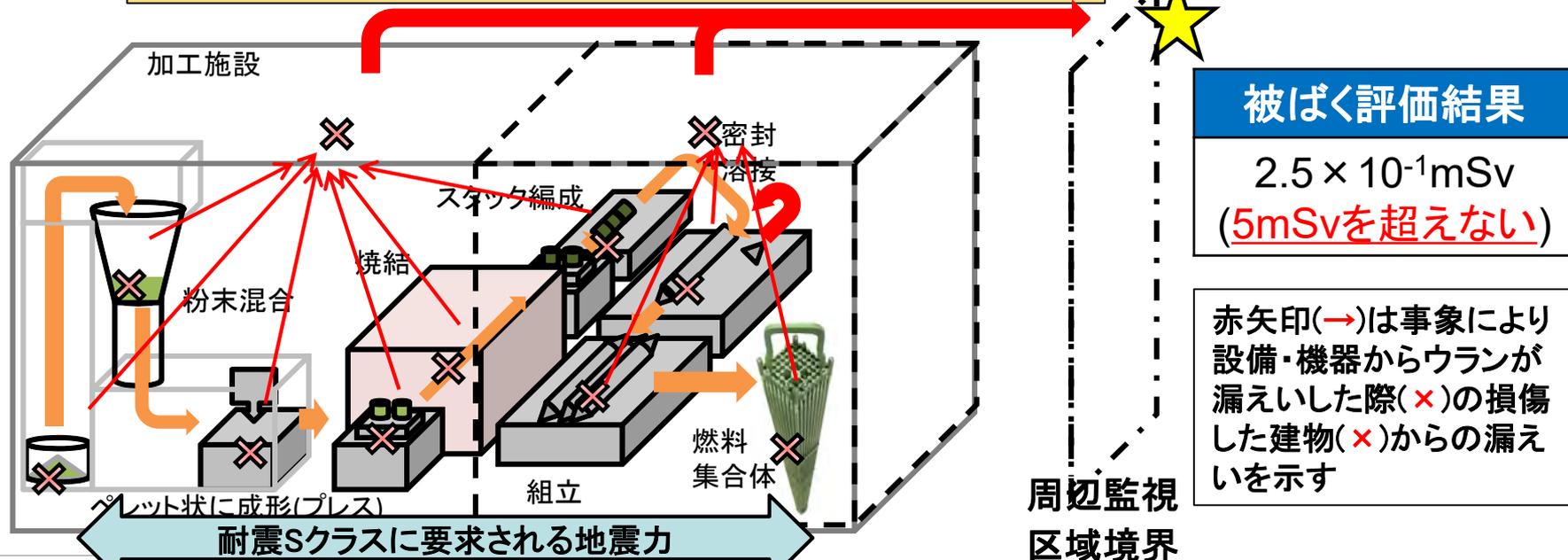


その他事象(洪水、風(台風)、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、森林火災等及び飛来物、ダムの崩壊、等)は上記の事象の検討結果に包絡される

安全上重要な施設の有無の整理(影響評価1/3)

- 地震発生時において、その規模を耐震Sクラスに要求される程度の地震力と想定し、公衆の被ばく線量を評価。
- 設備ごとに最大取扱量のウランが存在すると想定して、建物(鉄筋コンクリート造, 鉄骨造)が受ける地震の影響を評価。損傷時は内包する設備に対して耐震重要度分類及びウランの性状(粉末、ペレット等)を考慮して影響を評価。
- 上記により、建物から放出されるウランを計算し、公衆の被ばく線量を評価

建屋からの放出量及び敷地境界における公衆の被ばく線量を評価



被ばく評価結果

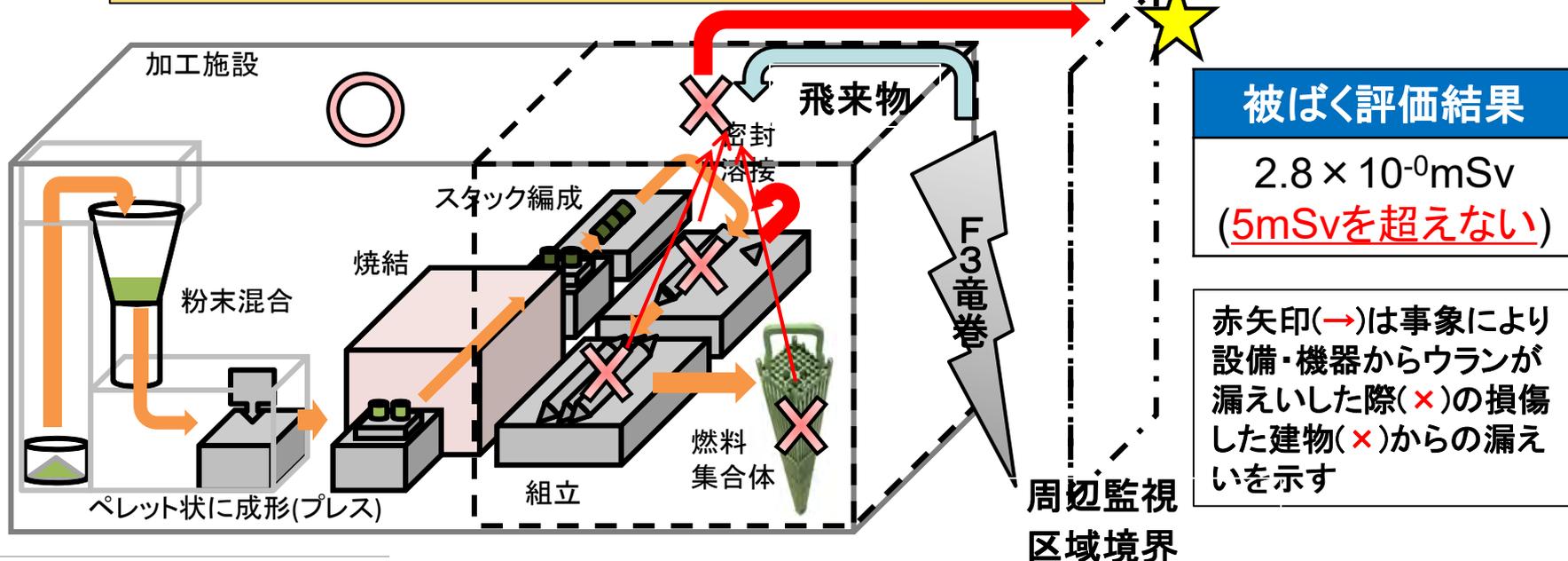
$2.5 \times 10^{-1} \text{mSv}$
(5mSvを超えない)

赤矢印(→)は事象により設備・機器からウランが漏えいした際(X)の損傷した建物(X)からの漏えいを示す

安全上重要な施設の有無の整理(影響評価2/3)

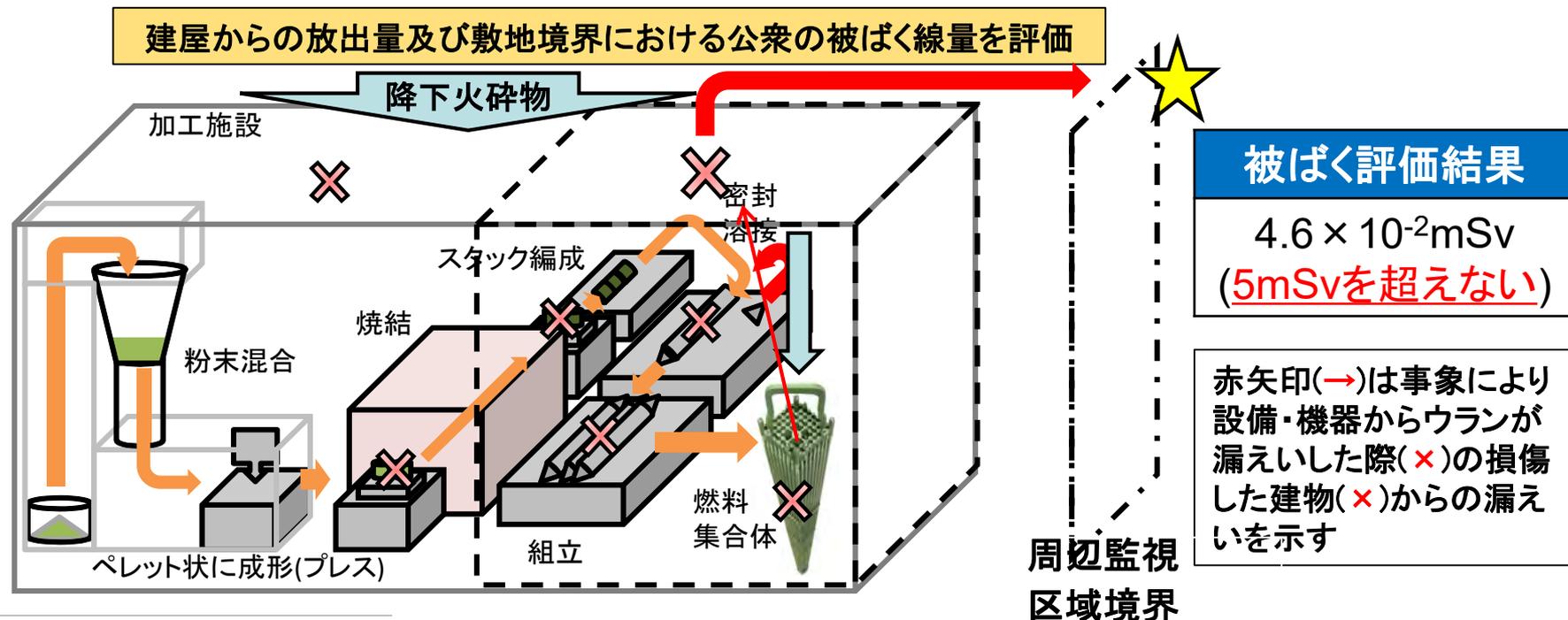
- 竜巻発生時において、その規模をフジタスケール3(最大風速92m/s)と想定し、公衆の被ばく線量を評価。
- 設備ごとに最大取扱量のウランが存在すると想定して、竜巻による風荷重及び飛来物による設備を内包する建物への影響を評価。建屋が損傷する場合は内包する設備は竜巻の影響を受けるものとする。
- 上記により、建物から放出されるウランを計算し、公衆の被ばく線量を評価

建屋からの放出量及び敷地境界における公衆の被ばく線量を評価



安全上重要な施設の有無の整理(影響評価3/3)

- 火山事象発生時において、降下火砕物が除去できない場合の堆積厚さ40cm(赤城鹿沼テフラの最大堆積厚さ)を想定し、公衆の被ばく線量を評価。
- 設備ごとに最大取扱量のウランが存在すると想定して、上記堆積物によって屋根に生じる荷重を評価。屋根が損傷する場合は損傷箇所の直下の設備は損傷による落下物の影響を受けるものとする。
- 上記により、建物から放出されるウランを計算し、公衆の被ばく線量を評価



加工施設の安全上の特徴(1/2)

- 主要な工程は乾式であり、減速材及び反射体として核分裂反応を促進する水はほぼ使用しない。臨界のおそれはない設計としている。
- また、核分裂生成物が蓄積することではなく、放射能は原子力発電所に比較すると6～7桁程度小さい。
- 燃焼前のウラン燃料を取り扱うため、崩壊熱による温度上昇がなく、冷却系がなくても、燃料棒等の健全性(核燃料物質の閉じ込め)に影響はない。
- 海拔約30mに位置する加工施設に対し、最も近い河川の遡上高さはL2津波による12.2mであり、津波の到達のおそれはない。
- Sクラス程度の地震、F3クラスの竜巻及び火山降下火砕物による影響評価により、周辺公衆に対する放射線被ばくが5mSvを超えることはないため、「安全上重要な施設」はなく、グレーデッドアプローチを適用し、防護設計を行う。

加工施設の安全上の特徴(2/2)

- 地震及び津波を除く自然現象、及び敷地内又はその周辺において想定される加工施設の安全性を損なうおそれがある事象であって人為によるもの(故意によるものを除く)(以下「その他の外的事象」と呼ぶ。)によって加工施設の安全機能が損なわれることのないように設計した。その他の外的事象の選定にあたっては、過去の記録、現地調査の結果、及び最近の文献等を参考に、想定される外的事象を網羅的に収集し、その影響を考慮した。

新規制基準を踏まえた主な対応

加工施設に対する安全要求(実用発電炉との違い)

(東海事業所)

臨界のおそれはなく、取り扱う核燃料物質の線量も低い。また「プルトニウムを取り扱う加工施設」ではないため、重大事故の発生及び拡大の防止に関する要求は不要。

評価の結果、「安全上重要な施設」は存在しない

耐震・耐津波性能
(Sクラスの設備・機器なし)

内部溢水に対する考慮

自然災害に対する考慮
(火山、竜巻、森林火災など)

火災に対する考慮

電源の信頼性

その他の設備の性能

※以下、従来の規制から追加された要求を「追加された要求事項」と示す

(実用発電炉)

重大事故

意図的な航空機衝突

放射性物質の拡散抑制対策

格納容器破損防止対策

炉心損傷防災対策

耐震・耐津波性能
(耐震重要度分類Sクラスの設備・機器は、基準地震動及び基準津波の策定が必要)

内部溢水に対する考慮

自然災害に対する考慮
(火山、竜巻、森林火災など)

火災に対する考慮

電源の信頼性

その他の設備の性能

新規制基準を踏まえた主な対応(1/6)

許可基準規則	従来の方策	新規制基準対応	追加の措置等	詳細
地震対策	耐震重要度分類第1類の建物・構築物は建築基準法で要求される基準の1.3倍で設計する	耐震重要度分類第1類の建物・構築物は建築基準法で要求される基準の 1.5倍 で設計することとし、これらの建物・構築物は 重要度分類Sクラスに求められる程度の静的地震力(0.84G) に対して、過度の変形・損傷を防止する設計を行う	・建屋の耐震補強を実施	p.24 p.25
	耐震重要度分類第1類の設備・機器は、剛構造は0.45G、また柔構造は1Gの静的地震力に対して弾性範囲に留まる設計とする。	ウランを取り扱う設備・機器のうち、その機能を失うことによる影響の大きい設備・機器は耐震重要度分類第1類とする。さらに、これらの設備・機器は 剛構造又は柔構造の区別によらず、1Gの静的地震力 に対して弾性範囲に留まる設計とする (ただし、設備・機器の設置階により静的地震力を増分する)	・設備の耐震補強を実施 ・設備・機器の一部撤去	
津波対策	追加された要求事項	本加工施設は海拔約30 m であり、L2津波による遡上波は到達しない	・追加工事なし	—
竜巻	追加された要求事項	過去の記録を踏まえた F1竜巻(最大風速49m/s)を考慮した飛来物に対し、飛散防止対策、防護フェンスの設置等 により施設の損傷を防止 更なる安全対策のため F3竜巻(最大風速92m/s)を考慮した飛来物に対し、防護ネットの設置、壁の増し打ち、作業者の避難手順の整備等 によりウランの飛散防止対策を実施	・竜巻防護対策のための補強工事を実施 ・ウラン飛散防止対策及び作業員避難のための手順を整備	p.26

新規制基準を踏まえた主な対応(2/6)

許可基準規則	従来の方策	新規制基準対応	追加の措置等	詳細
落雷	建築基準法及び消防法に基づき避雷針を設置	同左 施設の特徴を考慮し落雷により安全機能を損なうおそれがない設計であることを確認	・追加工事なし	—
極低温	<u>追加された要求事項</u>	過去の記録を踏まえ、極低温により安全機能を損なうおそれがない設計であることを確認	・追加工事なし	—
火山	<u>追加された要求事項</u>	周辺の火山を調査。施設は水を吸収した火山灰の厚さ6cmに耐える耐荷重があるが、 <u>火山灰が観測された時点で速やかにこれを除去する対策</u> を講じ、施設の損傷を防止	・除灰作業に必要な手順及び装備を整備	p.27
積雪	過去の記録(最大32cm)を考慮して建築基準法施工令で定める積雪に耐えるように設計	同左 これを超える積雪が生じるおそれがある場合は、除雪等の処置を講じる(<u>除雪は火山灰の除去対策に包含される</u>)	(火山灰の除去対策に包含)	—
生物学的事象	<u>追加された要求事項</u>	施設の特徴を考慮し生物学的事象により安全機能を損なうおそれがない設計であることを確認	・追加工事なし	—
航空機落下	<u>追加された要求事項</u>	評価を行い航空機落下確率は 10^{-7} 回/年を超えないことを確認	・追加工事なし	—
内部火災	火災の発生防止、早期検知と消火、影響軽減の3方策を適切に組み合わせて設計	同左 焼結炉は可燃性ガスの漏えいを検出した場合に、警報を発するとともに、屋外に設置された緊急遮断弁を自動的に閉止する機構を設ける。 <u>緊急遮断弁は二重化する。</u> <u>また火災区画間の火災の伝搬を防止するため防火ダンパーを設置する</u>	・可燃性ガス緊急遮断弁の二重化	p.29

新規制基準を踏まえた主な対応(3/6)

許可基準規則	従来の方策	新規制基準対応	追加の措置等	詳細
外部火災 (森林火災)	<u>追加された要求事項</u>	<u>想定火災源(森林火災)から距離を取ることで、建物の損傷を防止</u>	・草木の管理を実施 ・対象施設に駆けつけて予備的放水を実施	p.28
外部火災 (近隣工場等の火災)	<u>追加された要求事項</u>	<u>敷地内の想定火災源(車両を含む危険物施設)から距離を取ることで、建物の損傷を防止。敷地内の想定爆発源(可燃性ガスの貯蔵庫及びボンベ庫)については移設によって距離を取ることで、建物の損傷を防止。</u>	・可燃性ガスの貯蔵庫及びボンベ庫の移設	p.28
外部火災 (上記事象の二次的影響)	<u>追加された要求事項</u>	<u>二次的影響として、ばい煙が加工施設に流入するおそれが生じた場合の防止措置を講じる</u>	・ばい煙発生時の給気設備の停止	—
電磁的障害	<u>追加された要求事項</u>	電磁的障害により安全機能を損なうおそれがない設計であることを確認	・追加工事なし	—
不法な侵入防止	<u>追加された要求事項</u>	物理的障壁を設置し、また人の出入りを管理する。 情報システムは、 <u>外部と物理的に遮断する</u> 又は不正アクセスによる妨害行為を遮断する措置を講じる。	・情報セキュリティの強化	—

新規制基準を踏まえた主な対応(4/6)

許可基準規則	従来の方策	新規制基準対応	追加の措置等	詳細
内部溢水	設備の周辺部又は施設外に通じる出入口若しくは周辺部に堰を設ける。	同左 安全機能を損なうことのないよう、没水及び浸水しない設計とする。また電気・計装盤の没水や被水による焼結炉の制御機能の喪失を防止する。 更なる安全対策として、地震時に自動遮断する緊急遮断弁を冷却水系統に設置する	・消火水等による浸水を防止する対策 ・没水や被水による機能喪失の防止対策	p.30
誤操作の防止	追加された要求事項	制御盤、操作器、指示計、記録計、表示装置、警報装置等を操作員の操作性及び人間工学上の諸因子を考慮して設置するとともに、誤操作を生じにくいように留意した設計とする	・保護カバーや鍵付きスイッチの設置 ・色、形状、銘板等により識別 ・非常時、緊急時の対応手順を現場に明示	—
安全避難通路	避難用照明、誘導標識、誘導灯などを設置	停電時に備えて非常用電源設備に接続した非常用照明、誘導灯を設置する。また、非常用照明、誘導灯とは別に、事故対策のための現場作業のための可搬型照明及び専用の電源を設ける。	・誘導灯非常用照明の設置 ・可搬型照明の設置	—
貯蔵施設	貯蔵又は保管廃棄に起因する公衆の被ばく量が十分小さくなるように設備、壁の配置等を考慮した設計とする。また再生濃縮ウラン※は線量が十分低くなる位置に配置する。	同左 粉末を取り扱う貯蔵棚及び燃料棒保管棚を撤去(生産に影響のない範囲)。 ※再生濃縮ウラン:使用済燃料から核分裂するU235を回収した燃料。回収時に核分裂生成物を除いているため崩壊熱の発生はないが、線量大きい。	・一部設備を撤去	—

新規制基準を踏まえた主な対応(5/6)

許可基準規則	従来の方策	新規制基準対応	追加の措置等	詳細
廃棄施設	負圧を維持し、部屋からの排気はエアフィルタでろ過する。複数の排気系統に対しては逆流を防止する	同左 (<u>設備撤去に伴う給排気系統の見直しによる工事(生産に影響のない範囲)</u>)	・設備・機器の撤去に伴う系統の変更	—
放射線管理施設	放射線業務従事者の出入り管理、汚染管理及び除染等を行う。また管理区域内の線量及び放射性物質濃度を監視・管理する	同左	・追加工事なし	—
監視設備	定点における線量当量を測定するための線量計等を設ける。また気象観測装置を設ける。	同左 <u>有線式に加え無線による伝達方法を追加することで伝送系に多様性を持たせる設計とする。</u>	・モニタリングポストに多様性を持たせる設計	p.31
非常用電源設備	安全機能を確保するために必要な設備が作動し得るに十分な容量、機能及び信頼性のある非常用電源設備を設ける	同左 <u>予備のディーゼル式発電機を設置</u>	・非常用電源設備の設置	—
通信連絡設備	施設内、敷地内/外に必要な指示又は連絡ができるよう固定電話、構内放送システムを設置	同左 設計基準事故が発生した場合に、事業所対策本部等から事業所内の人に対して、退避等の連絡・指示ができるように、警報装置及び <u>多様性を備えた</u> 事業所内通信連絡設備を設置する	・多様性を備えた通信連絡設備の設置	—

新規制基準を踏まえた主な対応(6/6)

許可基準規則	従来の方策	新規制基準対応	追加の措置等	詳細
臨界防止	<ul style="list-style-type: none"> ・ウランを取り扱う設備・機器のうち、寸法又は容積を制限し得るものは文献値又は計算により核的制限値を設定 ・上記が困難なものはウランの質量、容積について同上の方法で誤操作も考慮した核的制限値を設定 	<p>同左(臨界防止対策についてp.32、p.33及びp.34に示す) 誤操作等を想定しても、質量の核的制限値を超えないようにするために、インターロックの二重化等を行う 更なる安全対策として、消火時の水が設備・機器に浸入した場合にも臨界に達するおそれがないように、ウラン重量を削減する</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・インターロックの二重化等 	<p>p.32 p.33 p.34</p>
放射線の遮へい	<ul style="list-style-type: none"> ・放射線業務従事者の被ばくについて測定及び記録等による管理 ・線量を、合理的に達成可能な限り低くするために、必要に応じて建物等を放射線遮へい 	<ul style="list-style-type: none"> ・同左 	<ul style="list-style-type: none"> ・追加工事なし 	<p>—</p>
核燃料物質の閉じ込め	<ul style="list-style-type: none"> ウランを非密封で扱う区域の負圧維持、ウランの飛散・漏えい防止を実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・同左 	<ul style="list-style-type: none"> ・追加工事なし 	<p>—</p>

※重金属であるUO₂の吸入に対する防護は、閉じ込めの観点から内部被ばくを防止するための対策に含まれる。また、ウランの検査等で使用する薬品については、一般施設と同様の規制を行っている。

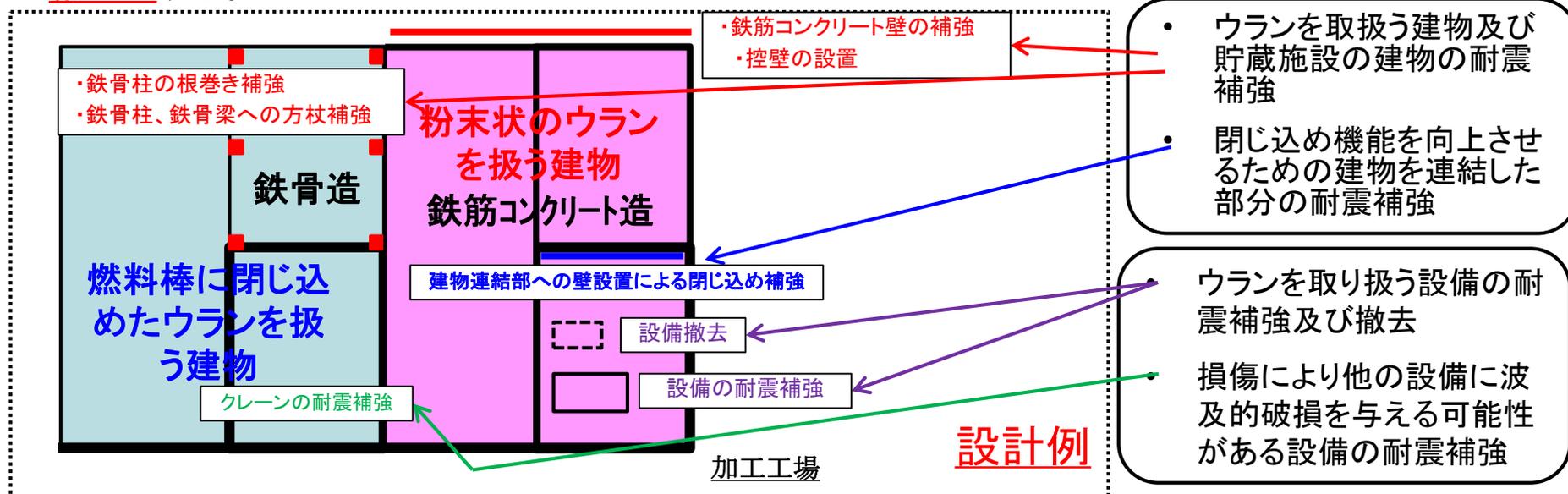
外的事象に対する防護設計の強化 耐震設計(1/2)

- ウランを取り扱う設備・機器及びそれらを内包する建物に対して耐震重要度分類に応じた耐震設計を行う
- 安全上重要な施設の有無の整理の結果、Sクラスに該当する設備・機器及び建物はな
い(p.11～p.13参照)。そのため、基準地震動の策定は要さず、想定する地震は敷地及
びその周辺における過去の記録を踏まえる(p.62参照)。
- ウランを取り扱う設備・機器及びこれらを内包する建物はその機能喪失による影響に応
じて耐震重要度分類第1類又は第2類に設定する

耐震 重要度 分類	加工施設		原子力発電所
	設備・機器	建物	
Sクラス	該当なし(地震、竜巻及び降下火砕物の影響評価により公衆の被ばくは5mSvを超えることはなく「安全上重要な施設」は存在しない)		安全施設のうち、その機能喪失により周辺の公衆に対して過度の放射線被ばくを及ぼすおそれがある設備・機器を有する施設
第1類	ウランを取り扱う設備・機器等で、その機能を失うことによる影響の大きい設備・機器	耐震重要度分類第1類の設備・機器を含む建物	Bクラス: 安全施設のうち、機能喪失した場合、Sクラス施設に比べて影響が小さい施設
第2類	ウランを取り扱う設備・機器等で、その機能を失うことによる、影響が小さいもの	耐震重要度分類第2類の設備・機器を含む建物	
第3類	上記以外の設備・機器	上記の施設以外の一般産業施設と同等の安全性が要求される施設	Cクラス: Sクラス、Bクラス以外であって、一般産業施設又は公共施設と同程度の安全性が要求される施設

外的事象に対する防護設計の強化 耐震設計(2/2)

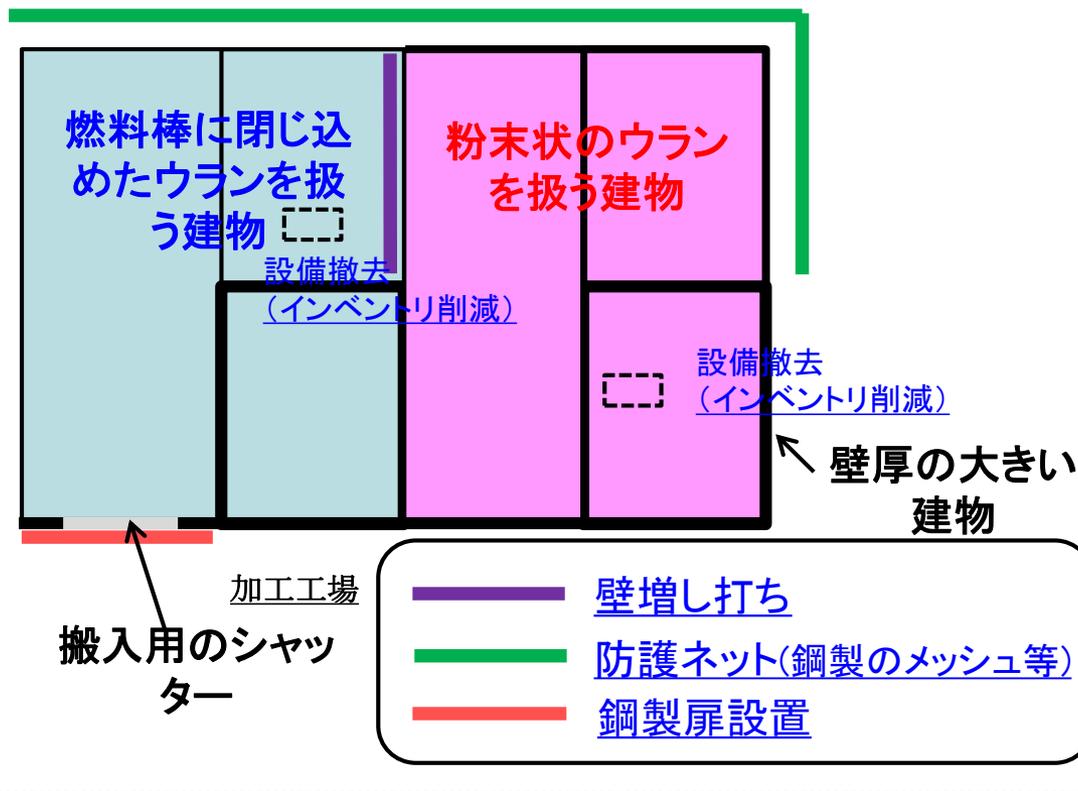
- 静的地震力は、建築基準法施行令第88条に規定する地震層せん断力係数に、耐震重要度に応じて下記に示す割り増し係数を乗じて算定し、必要保有水平耐力については、建築基準法施行令第82条に基づき計算した数値に下記に示す割り増し係数を乗じた値とする。(割り増し係数：**第1類**／1.5以上、**第2類**／1.25以上、第3類／1.0以上)
- 震度6強を想定した静的地震力(約0.55G、p.62参照)に対し更に安全裕度を確保した設計を行う。
- ウラン粉末を取り扱う建物・構築物及び貯蔵施設の建物・構築物は、耐震重要度分類を第1類とすることに加え、**耐震重要度分類Sクラスに求められる程度の静的地震力(0.84G)**に対し過度の変形・損傷を防止する設計とする。第1類の設備・機器については更なる安全裕度の確保として、**剛構造又は柔構造の区別によらず、1.0 G**に対しても弾性範囲に留まる設計とする。また、安全機能を喪失することにより第1類に波及的影響を及ぼす**第2類以下であった設備・機器を第1類へ格上げ**する。



外的事象に対する防護設計の強化 耐竜巻設計

- 敷地及び周辺の過去の記録を踏まえ藤田スケール1の竜巻によって飛来するプレハブ小屋に対し安全機能を有する施設が損傷しない設計とする。また、更なる安全性余裕を確保するため、藤田スケール3の竜巻によって飛来する自動車又は鋼製材による施設の貫通に対し核燃料物質等の施設外への飛散を防止する措置を行う。

設計例



連絡体制及び竜巻対策実施体制を整備

- ✓ 連絡・対策の手順書を整備、教育・訓練の実施、要員の配置

竜巻防護対策の実施

- ✓ 事業所内放送等による警戒態勢の指示
- ✓ 燃料棒の固縛、車両の退避等

核燃料物質の固縛措置等
周辺監視区域に防護フェンス

外的事象に対する防護設計の強化 火山対策

- 原子力発電所の火山影響評価ガイドに基づき、敷地から半径160 km の範囲の、32 の火山のうち、完新世(約1万年前から現在まで)に活動を行った13火山について火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口、地殻変動の直接的な影響を受けないことを確認
- 更に、広範囲に影響を及ぼす可能性のある火山事象として降下火砕物を選定
- 核燃料物質を内包する施設は、降雨及び積雪等により水を吸収し重くなった降下火砕物の堆積厚さに耐える耐荷重があるが、加工施設で降下火砕物が観測された時点で、速やかに除去する措置を講じることにより、その損傷を防止する。

- 作業に必要な防護具や資機材を常備
- 気象庁の降灰予想を基に除灰の準備作業をする
- 降下火砕物が観測されたら除灰する
- 必要に応じて加工設備本体及び気体廃棄設備を停止する措置を講じる

将来の活動可能性が否定できない火山

No.	名称	施設からの距離(km)
1	高原山	87
2	那須岳	93
3	男体・女峰火山群	103
4	日光白根山	114
5	赤城山	124
6	安達太良山	134
7	笹森山	135
8	磐梯山	136
9	燧ヶ岳	136
10	沼沢	142
11	子持山	142
12	吾妻山	148
13	榛名山	154

外的事象に対する防護設計の強化 外部火災対策

- 加工施設はペレットを焼結するための焼結炉に供する可燃性ガス貯蔵庫を有する
- 想定する外部火災(森林火災、近隣工場等の火災・爆発等)に対して、核燃料物質又は核燃料物質により汚染された物を取り扱う設備・機器、及びそれらを収納する建物は、火災及び爆発に対して危険限界距離以上の距離を確保する設計とする。

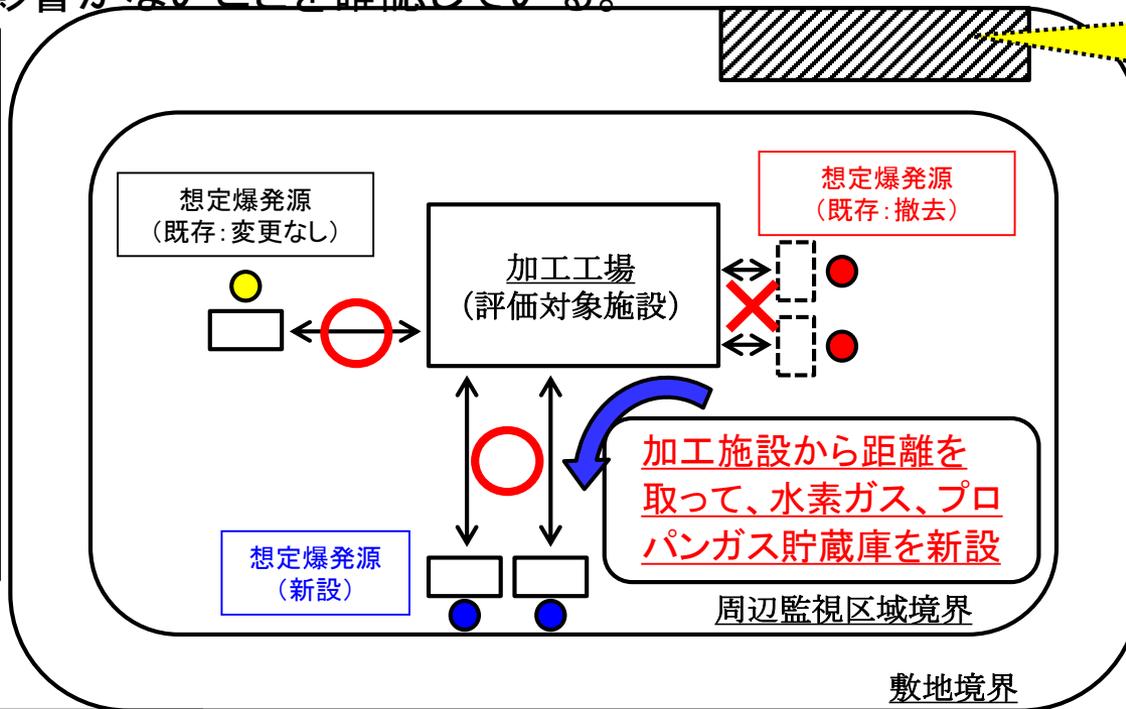
※危険限界距離: 爆発源からの爆風圧が施設に影響しない距離

- 爆発による飛来物の評価は竜巻(F3)による飛来物の評価に包含される。竜巻に対する評価の結果、水素(可燃ガス)貯蔵庫に最も近いウラン貯蔵施設(容器保管室)に飛来物による影響がないことを確認している。

○: 危険限界距離以上の確保を確認

×: 危険限界距離以上を確保できない

→: 上記の×の建物を撤去し、危険限界距離以上を確保した場所にガス貯蔵庫を新設する



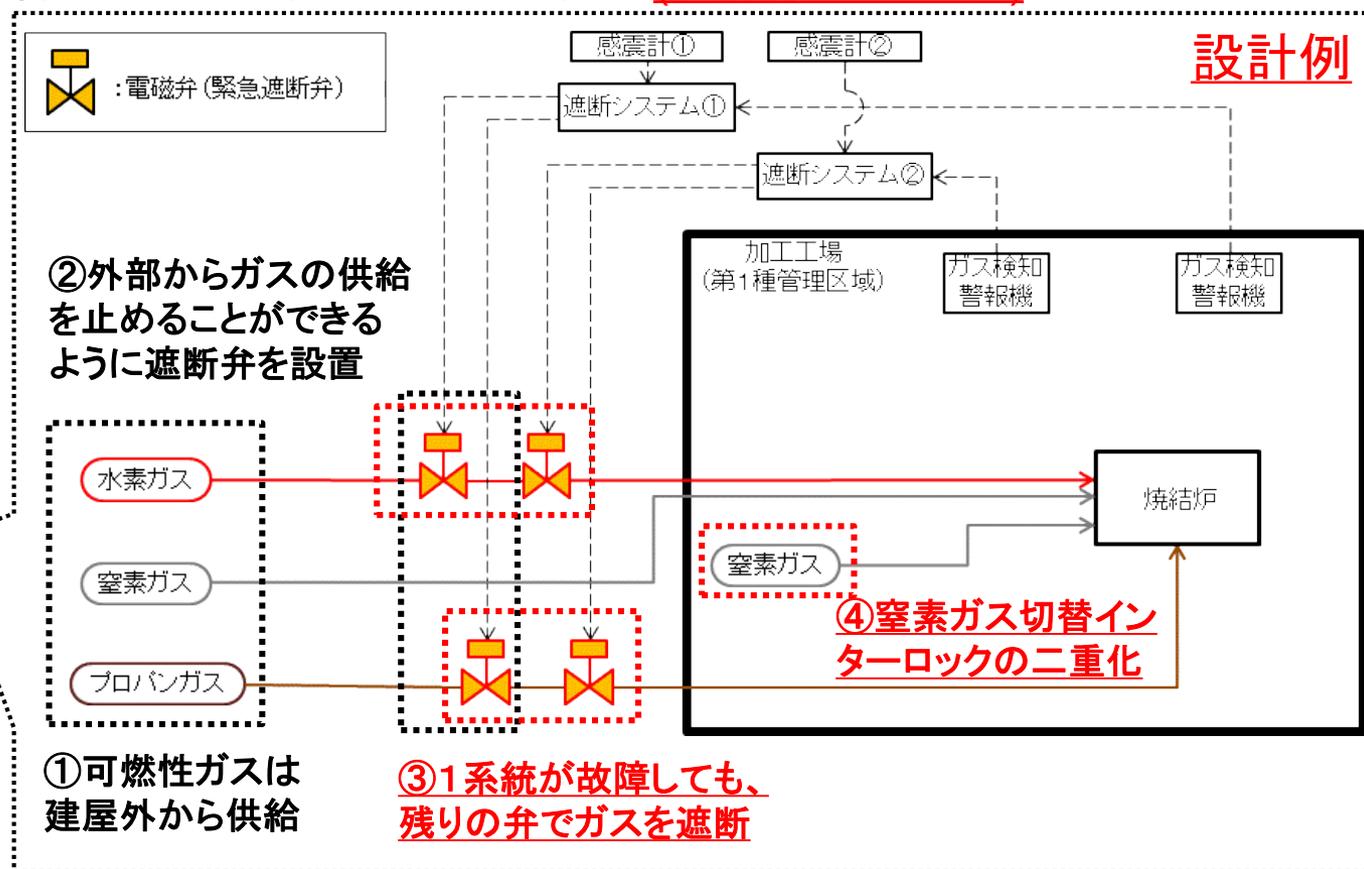
・森林境界と評価対象施設との間の敷地内の草木を伐採して管理

・火災発生時は評価対象施設に駆けつけて予備的放水を行う

設計例

内的事象に対する防護設計の強化 火災・爆発防止

- 加工施設はペレットを焼結するための可燃性ガスを取り扱う焼結炉を有する
- 火災又は爆発によりその安全性が損なわれないよう、火災及び爆発の発生を防止することができ、かつ、早期に火災発生を感知し報知する設備、及び消火を行う設備、並びに火災及び爆発の影響を軽減する機能を有する設計(遮断弁の二重化)とする。



・水素ガス及びプロパンガスの検知及び地震によって作動する緊急遮断弁を増設し、二重化

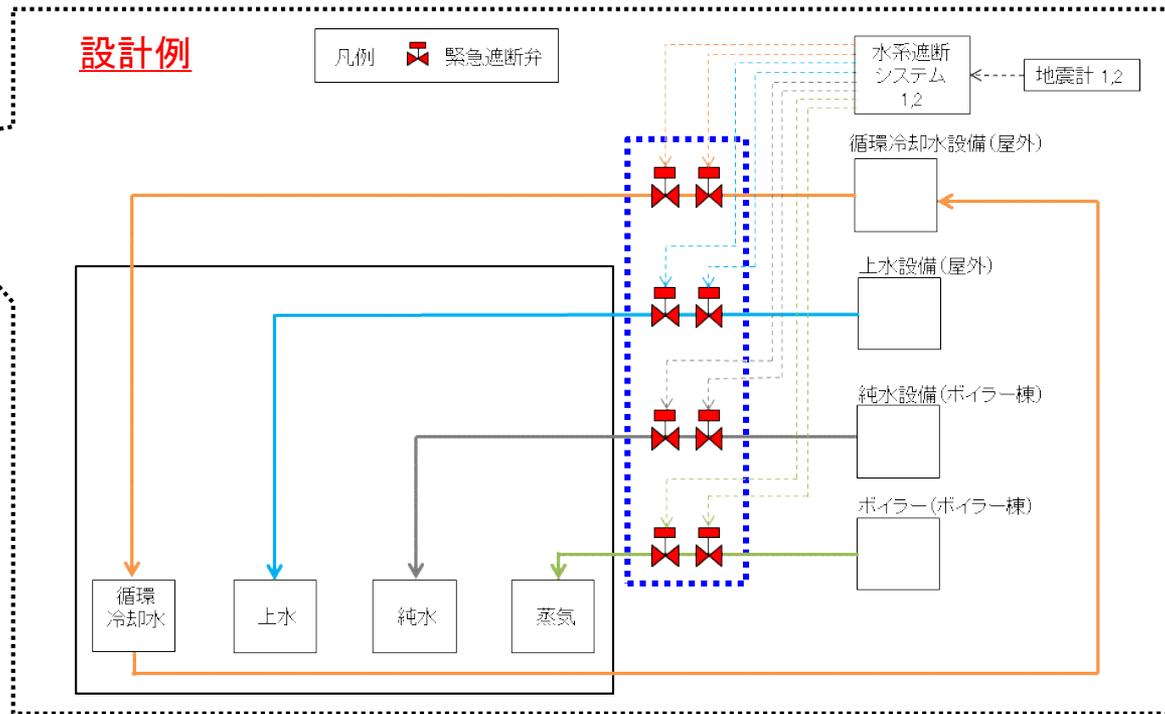
・窒素ガス切り替えインターロックの窒素ガス導入系統を増設し、二重化

・焼結炉の安全機能を耐震補強

内的事象に対する防護設計の強化 内部溢水対策

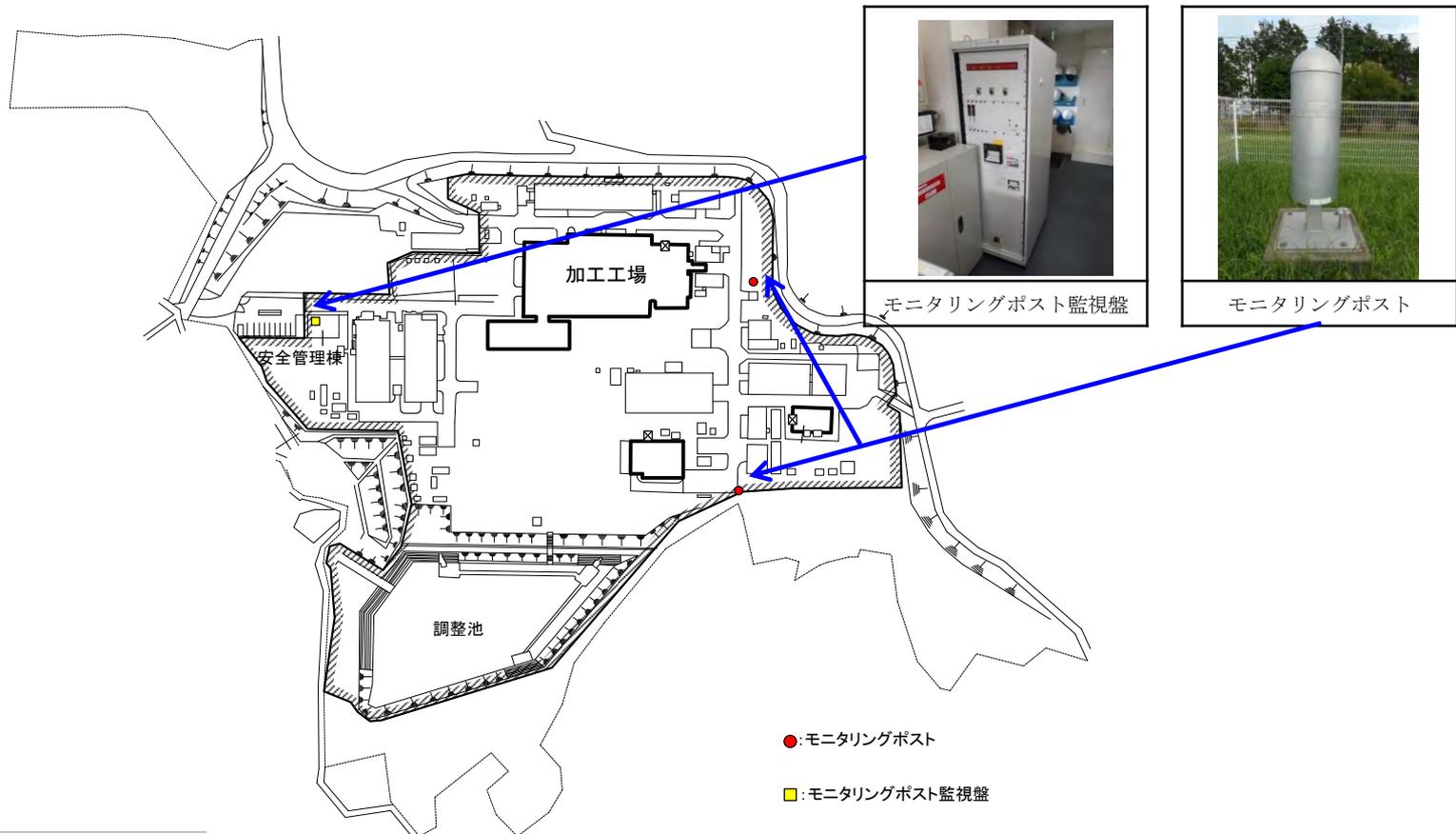
- 加工施設にはペレットを焼結するための焼結炉を冷却する冷却水系統等を有する
- 系統における単一の機器の破損等により生じる溢水、異常拡大防止のための放水による溢水、及び地震に起因する機器の破損等により生じる溢水に対しても管理区域内に核燃料物質を閉じ込めるために、地震時に自動遮断する水系統への緊急遮断弁を設置し二重化する。また、核燃料物質を内包する設備への被水防止を行う

水系統に緊急遮断弁
を新設し、二重化



その他の防護設計の強化 監視設備

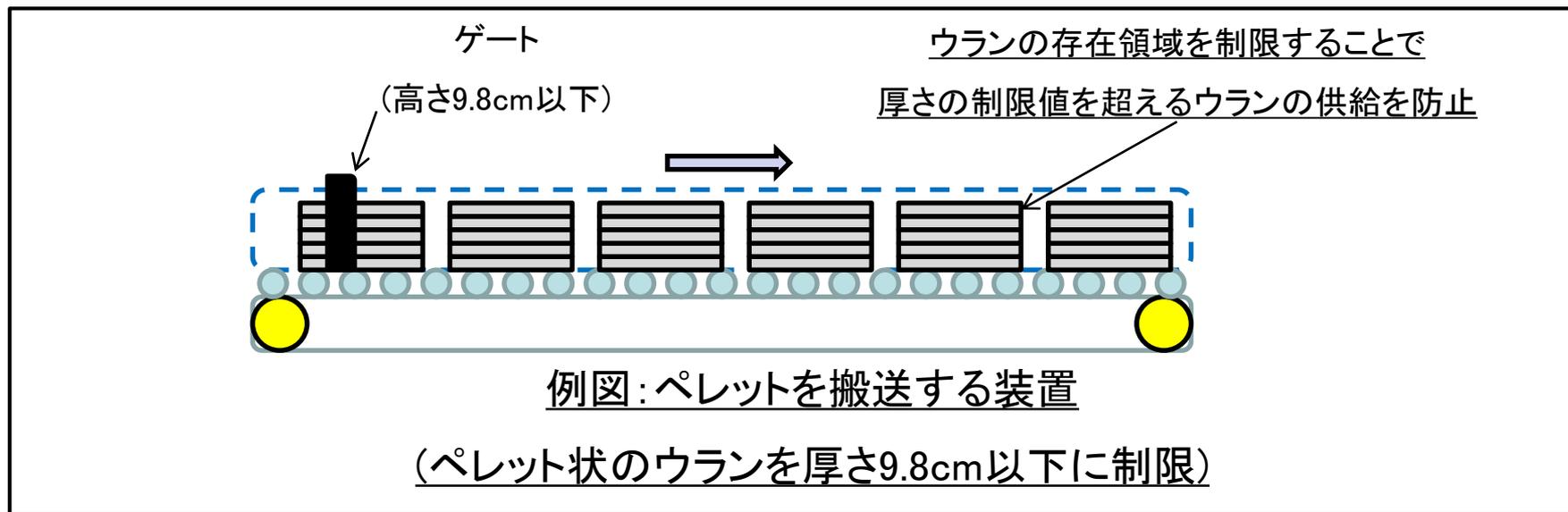
- モニタリングポストは、商用電源喪失時も非常用電源設備により給電可能であるとともに、短時間の停電時に電源を確保するため、専用の無停電電源装置を有し、有線式に加え無線による伝達方法を追加することで伝送系に多様性を持たせる設計とする。



臨界防止対策(1/3)

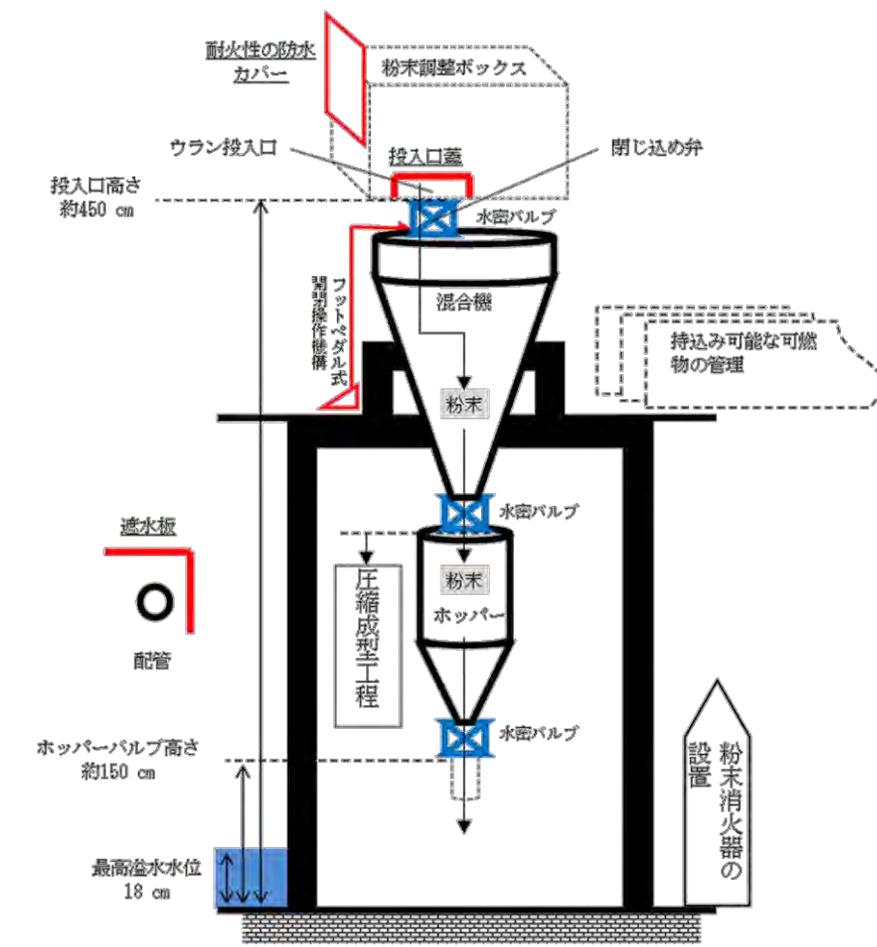
主要な工程は乾式であり、減速材及び反射体として核分裂反応を促進する水はほぼ使用しないため、臨界のおそれはない。→臨界に係わるパラメータは管理する。目視できない核分裂連鎖反応を抑制するため、ウラン燃料の形状・寸法、質量及び含水率を管理

- 少量のウランを取り扱う設備・機器は、浸水しても臨界に達するおそれがないウランの形状・寸法又は質量に制限する。



臨界防止対策(2/3)

- 一定量以上のウランを取り扱う設備・機器は、臨界に達するおそれがないように、水の浸入を防止する構造とした上で、ウランの形状・寸法又は質量を制限する。
- 更に、消火時の水が設備・機器に浸入した場合にも臨界に達するおそれがないように、ウラン重量を削減する



例図：ウラン粉末を混合する装置

(装置内への水の浸入を防止し、装置内のウラン重量を55kgU以下に制限)

臨界防止対策(3/3)

- 質量を制限する場合、誤操作等を考慮してもこの制限値を超えない対策として、信頼性の高いインターロックを設置する(主要な質量制限値を有する設備・機器はインターロックを二重化する)。

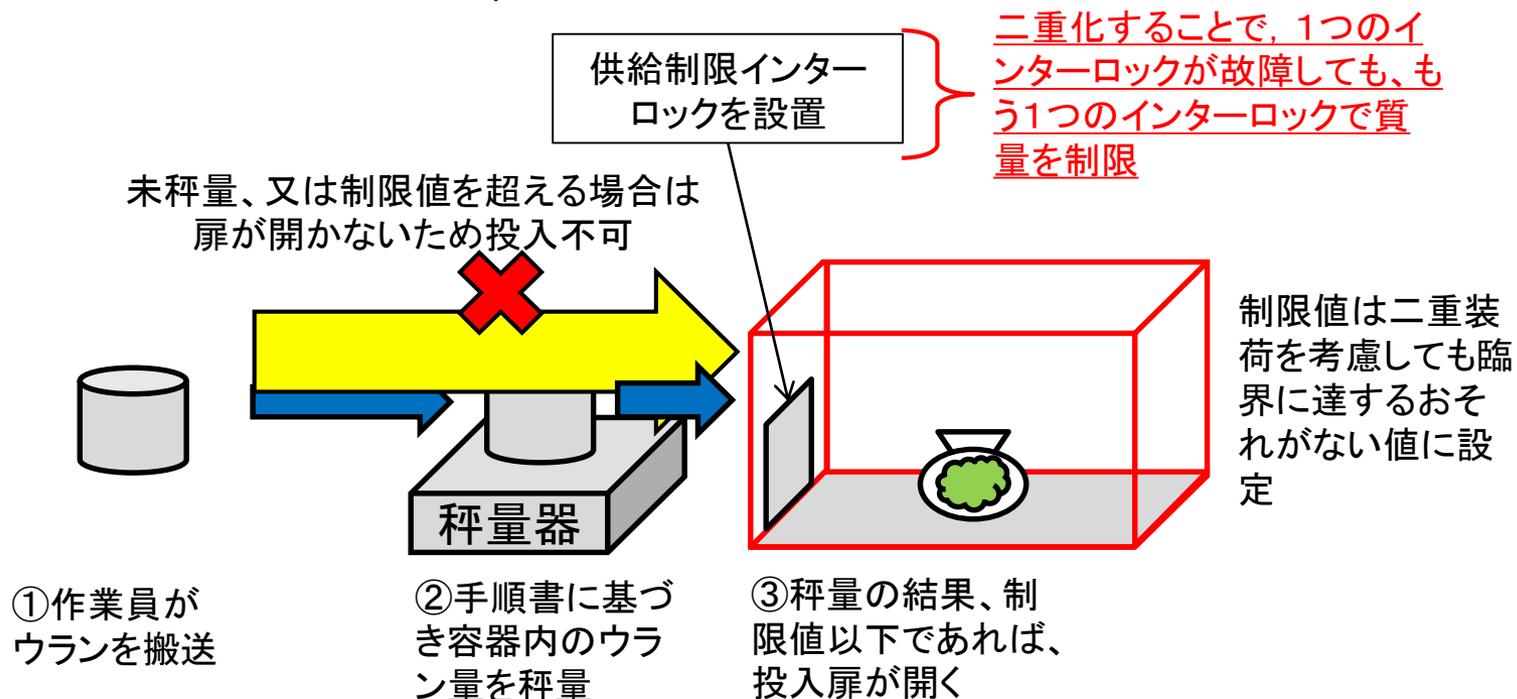
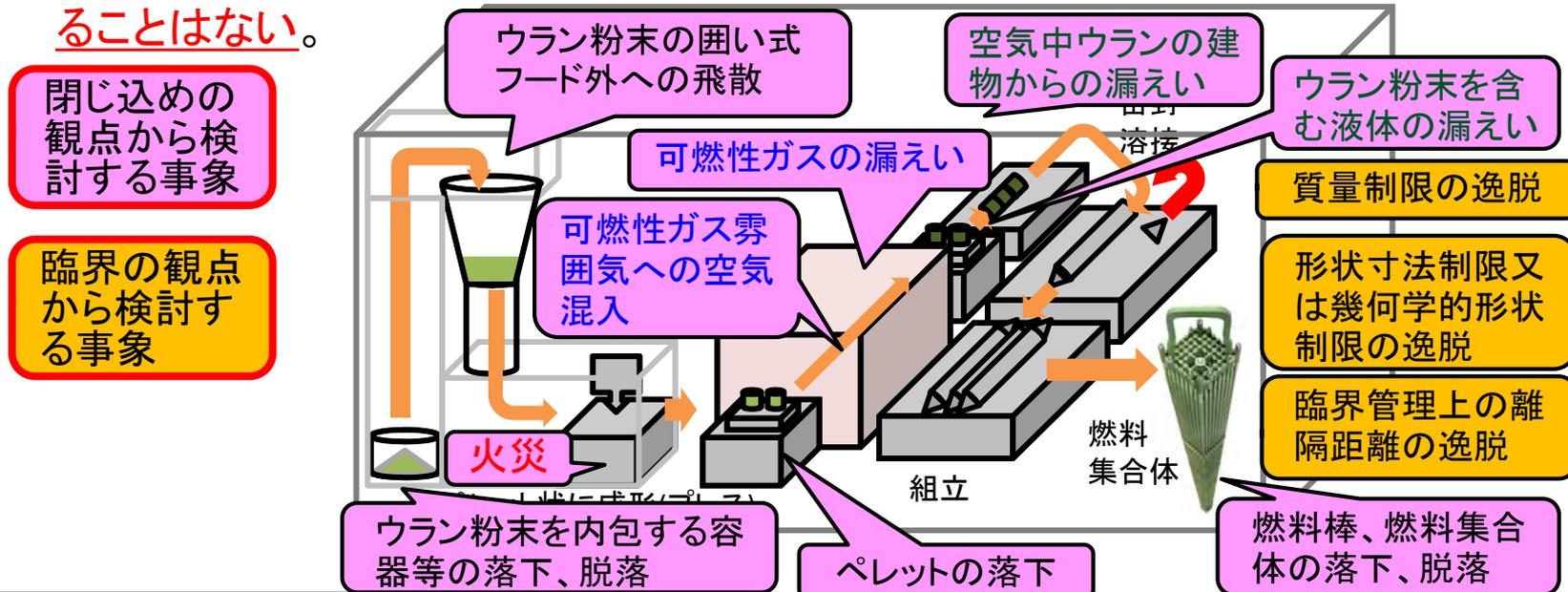


図 グローブボックスの質量の制限例

設計基準事故による被ばく評価

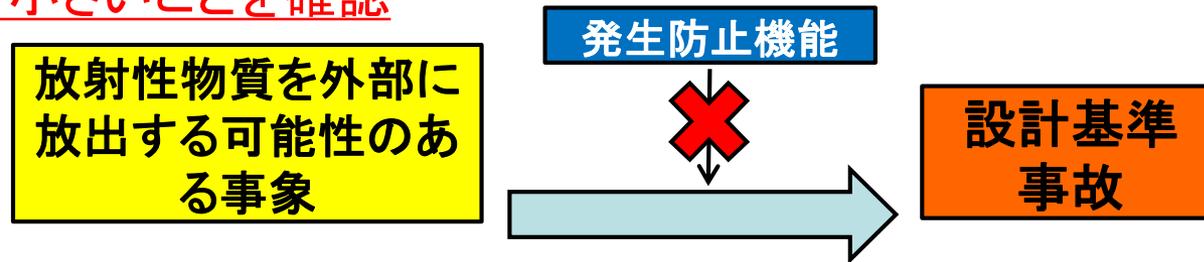
設計基準事故 事象の選定と被ばく評価結果

- 設計基準事故の発生を想定して、安全設計の妥当性を確認する観点からその事故の程度や影響について評価する。
- 加工施設の特徴で示したように外的事象は大きな事故の誘因とならないことを確認しているため、設計基準事故で想定する起因事象は内的事象とする。
- 評価は安全機能を有する施設のうち、核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物を取り扱い、又は貯蔵、保管する設備・機器を対象とし、設備・機器の破損、故障、誤動作あるいは操作員の誤操作を起因として放射性物質を外部に放出する可能性のある事象を検討。いずれの事象においても発生防止の機能により事故に進展することはない。



設計基準事故 事象の選定と被ばく評価結果

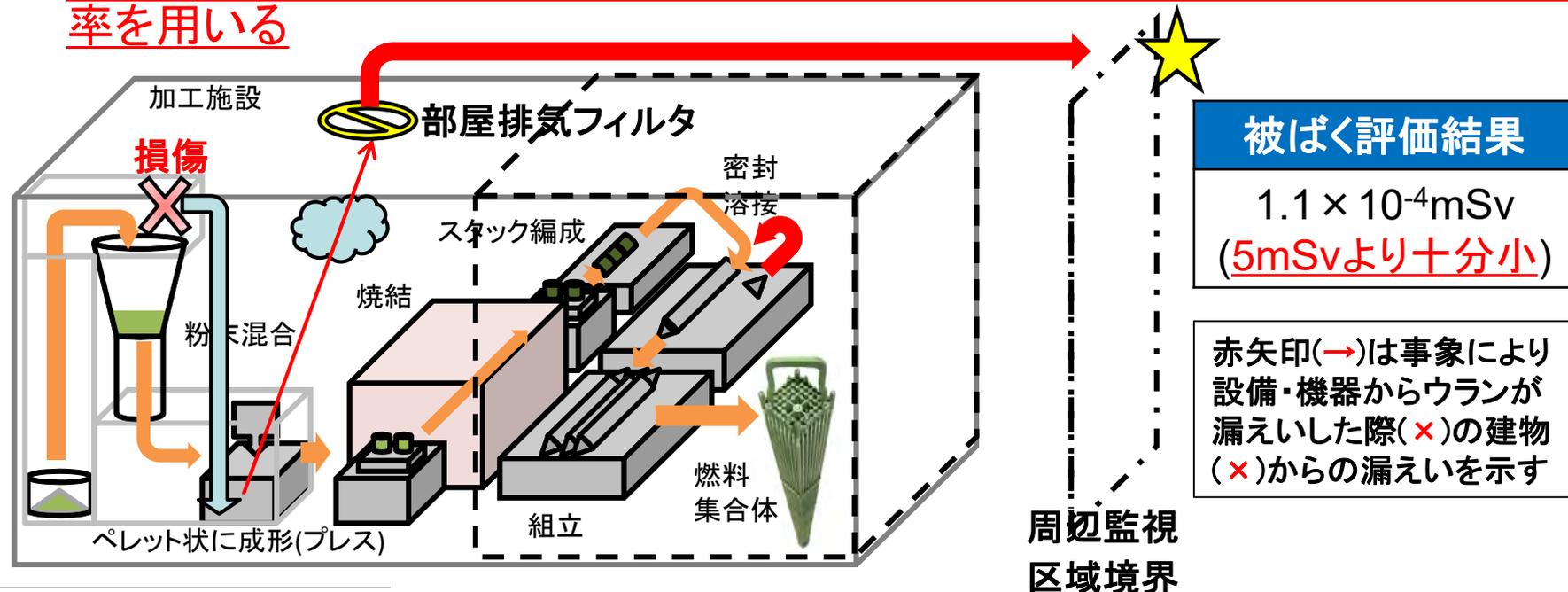
- 発生防止機能により事故への進展はないが、評価のため**発生防止機能の不全を想定**し、発生時の影響の大きさから設計基準事故として、閉じ込め機能の不全の可能性のある4事象を選定し、被ばく評価を実施。**公衆への被ばくが十分小さいことを確認**



放射性物質を外部に放出する可能性のある事象	閉じ込め機能の不全に至る要因	設計基準事故
<ul style="list-style-type: none"> ウラン粉末を内包する容器等の落下、脱落 ウラン粉末の囲い式フード外への飛散 ペレットの落下 燃料棒、燃料集合体の落下、脱落 	機械的破損	設備損傷による閉じ込め機能の不全
<ul style="list-style-type: none"> 火災 	熱的破損	火災による閉じ込め機能の不全
<ul style="list-style-type: none"> 可燃性ガス雰囲気への空気混入 	爆発による破損	爆発による閉じ込め機能の不全
<ul style="list-style-type: none"> 空气中ウランの建物からの漏えい 	負圧の異常	排気設備停止による閉じ込め機能の不全

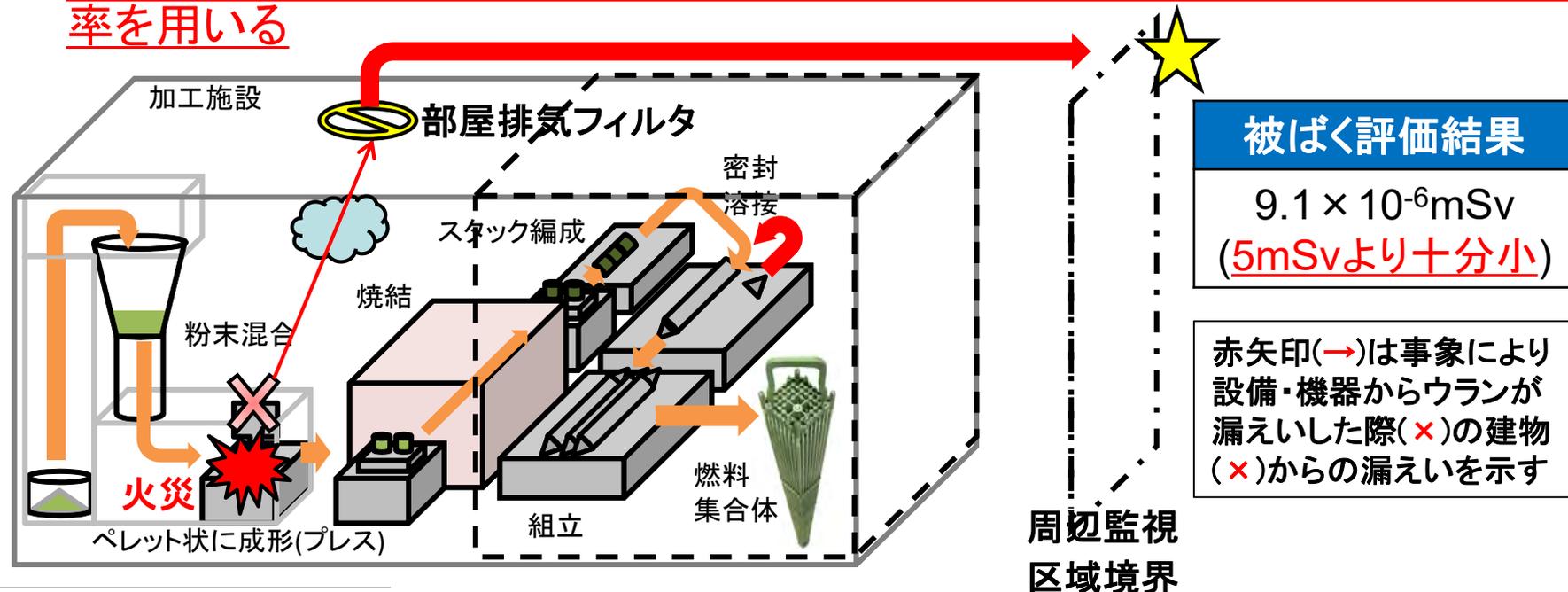
設計基準事故による被ばく評価(設備損傷による閉じ込め機能の不全)

- 粉末状のウランを取り扱い、設備における取扱量が大きく、設備の設置場所が最も高い混合工程の粉末調整ボックスから、破損箇所(グローブの損傷部)を通して工程室にウラン粉末が漏えい
- ダストモニタ、エアスニファにより漏えいを検知し、拡大防止を行うが、操作員の対応には期待せず設備のウラン全量の放出を想定
- メーカー仕様で捕集効率99.97%以上の高性能エアフィルタを部屋排気系統及び局所排気系統にそれぞれ設置している。評価では、フィルタによる建物からのウランの漏えいの影響緩和は部屋排気系統のみ、また99.9%の捕集効率を用いる



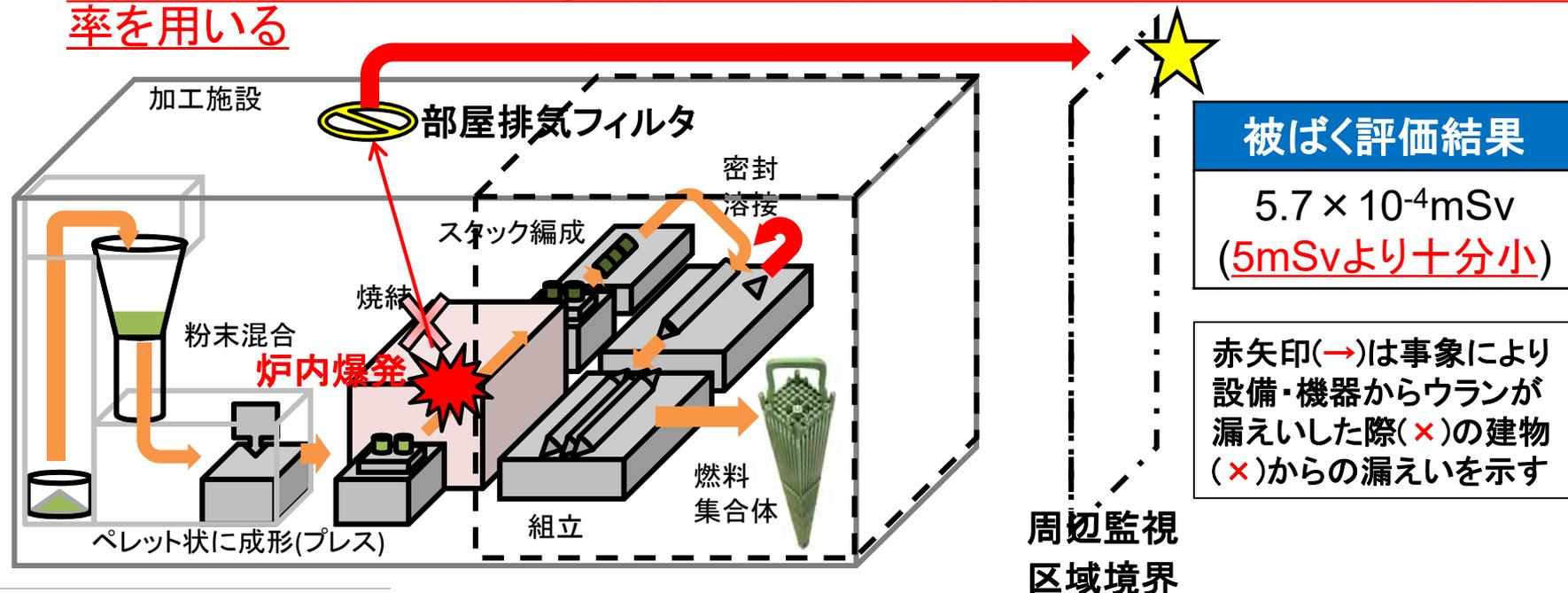
設計基準事故による被ばく評価(火災による閉じ込め機能の不全)

- 粉末状のウランを取り扱い、火災源に接し、ウラン取扱量が多い圧縮成型設備の油圧系統(プレス)の火災を想定し、これによる粉末状のウランを取り扱う設備・機器の囲い式フードの損傷を仮定
- 自動火災報知設備により火災を感知し警報を発し、初期消火により、拡大防止するが、ここでは設備のウラン全量が影響を受けることを想定
- メーカー仕様で捕集効率99.97%以上の高性能エアフィルタを部屋排気系統及び局所排気系統にそれぞれ設置している。評価では、フィルタによる建物からのウランの漏えいの影響緩和は部屋排気系統のみ、また99.9%の捕集効率を用いる



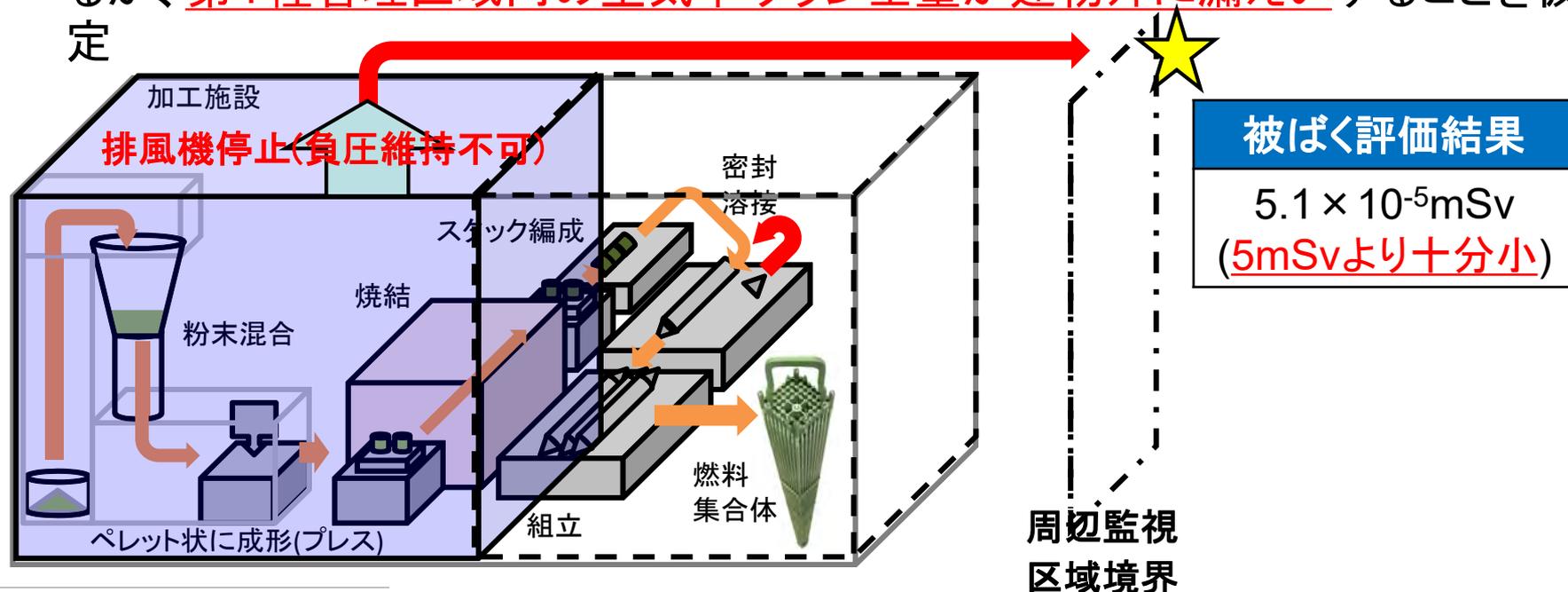
設計基準事故による被ばく評価(爆発による閉じ込め機能の不全)

- 設備内に可燃性ガスが存在しウラン取扱量が多い**焼結炉の炉内爆発**
- 炉本体の損傷を防止するため、焼結炉に圧力逃がし機構を設けることにより、爆発が発生しても焼結炉本体が破損することはないが、ここでは**飛散した焼結前のウラン全量が工程室に放出されると想定**。なお、**圧力逃がし機構から開放される圧力による周辺設備への影響はない**。
- メーカー仕様で捕集効率99.97%以上の高性能エアフィルタを部屋排気系統及び局所排気系統にそれぞれ設置している。**評価では、フィルタによる建物からのウランの漏えいの影響緩和は部屋排気系統のみ、また99.9%の捕集効率を用いる**



設計基準事故による被ばく評価(排気設備停止による閉じ込め機能の不全)

- 第1種管理区域に空气中ウラン濃度限度のウランが存在するとして、全ての排風機が停止し、空气中のウランが建物外に漏えい
- 建屋内の負圧の維持ができなくなるが、建物は漏えいの少ない構造となっており、また、防火ダンパー閉止により建物からのウランの漏えいによる影響を緩和するため、ウランの建物外への漏えいは、建物の微小な隙間からの拡散による漏えいのみである。実際には漏えいは無視し得るレベルと考えられるが、第1種管理区域内の空气中ウラン全量が建物外に漏えいすることを仮定



事故時の対応

事故時の対応 基本方針

- 設計基準事故を超える事故の拡大を防止することにより重大事故の発生を防止する。

単一故障
を仮定

設計基準事故

多重故障
等を仮定

重大事故に至るおそれがある事故(想定)



- 拡大を防止することで重大事故の発生を防止
- 放射性物質の放出量を実行可能な限り低くする

- 資機材整備、アクセスルート確保
- 体制及び手順書整備
- 訓練実施

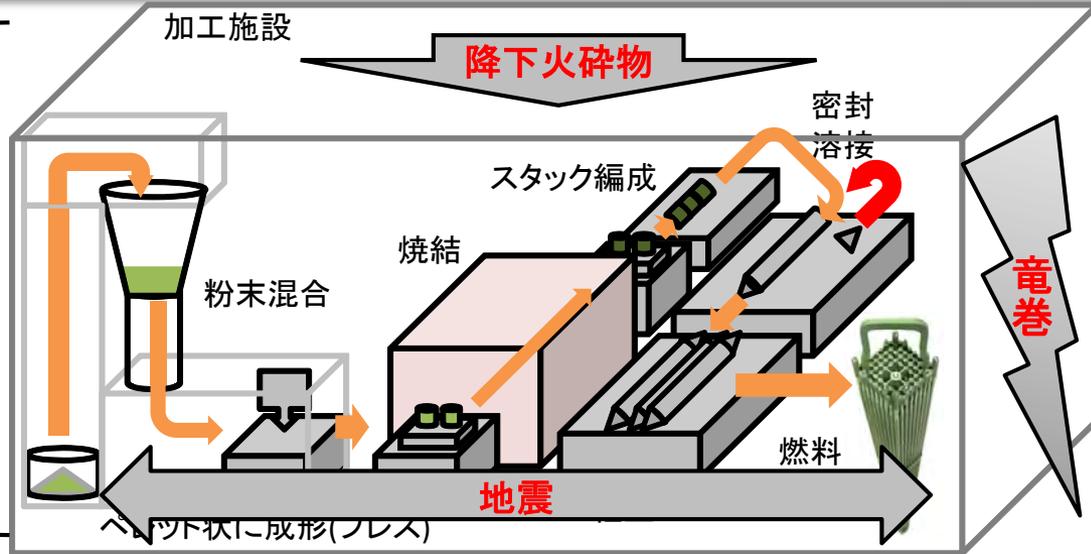
重大事故※(本加工施設では想定されない)

※設計上定める条件よりも厳しい条件下にて発生する事故。臨界及び核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失によって、放射線及び放射性物質を著しく敷地外に放出する事象のこと。

事故時の対応 対応を検討する事象の選定

【外的事象】

設計基準を超える外力を作用させても公衆への実効線量は小さいため、想定から除外

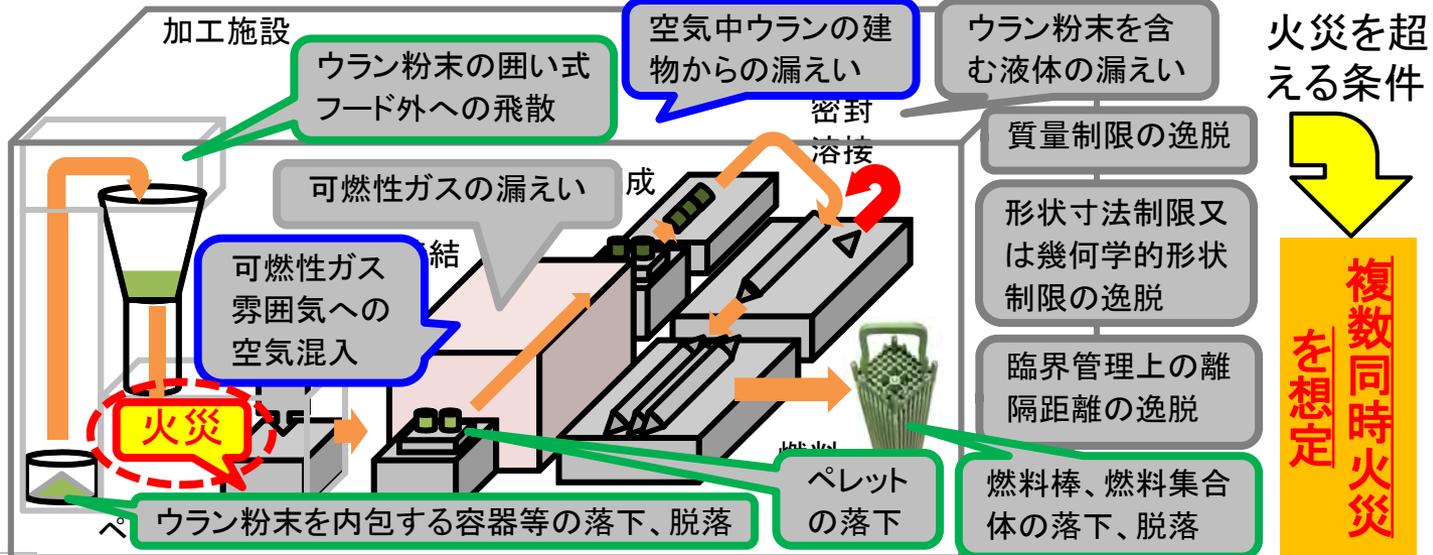


【内的事象】

灰囲い: 設計基準事故へ進展しないため 想定から除外

緑囲い: 地震の評価に包含されるため 想定から除外

青囲い: 設計基準を超える条件に至らないため 想定から除外



事故時の対応 対応の実現性検討

実施内容	火災検知からの経過時間						
	検知直後	10分	20分	30分	40分	50分	60分
要員参集までの対応							
火災検知, 消防吏員への通報(自火報吹鳴時), 所内通知, 要員招集東等	警備員(A)						
事象把握, 社外通報, 初期消火活動の指揮・命令等	当直者(B)			(本部長到着後は防災組織活動に従事)			
可燃性ガスの供給弁手動閉止 冷却水系統の供給弁手動停止	警備員(C)						
工場内の状況確認, 消防吏員への通報(現地確認時), 初期消火活動	初動対応要員(D), 警備員(E) (準備, 「状況確認」)						
焼結炉の手動による緊急停止	初動対応要員(G) (焼結炉監視)						
電源断, 給排気運転停止, 防火ダンパー閉止	当直者又は 本部長指示→	初動対応要員(F)					
可搬消防ポンプ又は屋外消火栓による水消火	当直者又は 本部長指示→	初動対応要員(D,F), 警備員(C) (準備)		放水開始			
建物外部からの放水活動(扉冷却)	当直者又は本部長指示→ (消火活動が長期化する場合)			初動対応要員(D,F), 警備員(C)			
初動対応の補助(供給弁閉止, 電源断等, 放水)	初動対応要員(F)	警備員(C)	警備員(E)				
要員取集後の対応							
放水活動					緊急消火班		
事故状況の把握, 事故拡大防止対策(建物扉の目張り)					技術係, 瀬施設管理者, 放管係等		
飛散したウランの回収, 除染							除染掛

**要員参集
までの対
応者(7名)
の常駐体
制の整備**

**手順書の
整備**

**緊急消火
班の体制**

**資機材の
整備**

事故時の対応 対応の概要

- 事故が発生した場合における当該事故等に的確かつ柔軟に対処するために必要な資機材及び対応に必要な手順書をあらかじめ整備し、訓練を行うとともに、人員を確保する等の必要な体制の整備を行う。

(1) 資機材の整備及びアクセスルート^①の確保

- 資機材を整備し、地震等の外力により損傷するおそれがないよう保管、バックアップを考慮し保管場所を多様化
- 敷地内の全ての場所にアクセスできるよう複数のルートを設置

(2) 体制及び手順書^②の整備

- 事故発生直後の初期消火活動等の初動対応に当たるために事業所内に常駐する要員を7名確保。また、常駐する要員とともに消火活動に当たる要員を、事業所の約2 km圏内の近隣居住者から優先して任命
- 想定される事故に対して有効な効果が期待できる手順書を定める

(3) 訓練^③の実施

- 事故対処に必要な資機材を用いた訓練を実施

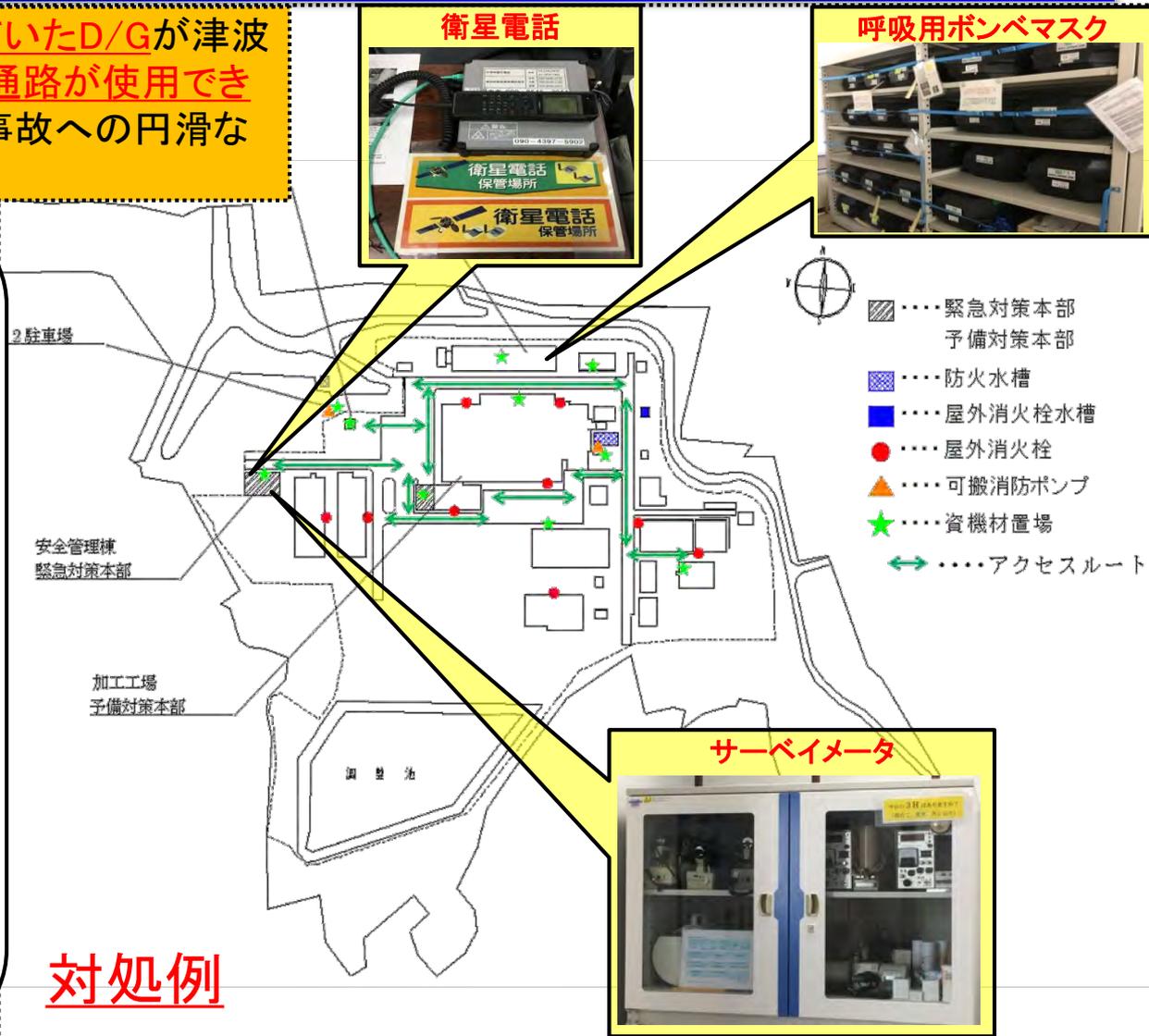
事故時の対応(1) 資機材の整備とアクセスルートの確保

福島の教訓：地下にのみ配置していたD/Gが津波で故障したこと、また線量の高い通路が使用できなかったことなどから、その後の事故への円滑な対応ができなかった

事故対応のため、非常用通信機器、放射線測定器、防護用器具や、夜間及び悪天候下等を想定した機器等の資機材を整備し、地震等の外力により損傷するおそれがないよう保管、バックアップを考慮し保管場所を多様化(ウラン粉末が飛散時の半面マスク、煙中での消火活動のための呼吸保護具や耐熱防護服)

加工施設の建物は、大地震時において、倒木等により道を塞ぐ場合においても、敷地内の全ての場所にアクセスできるように複数のルートを設置

対応例



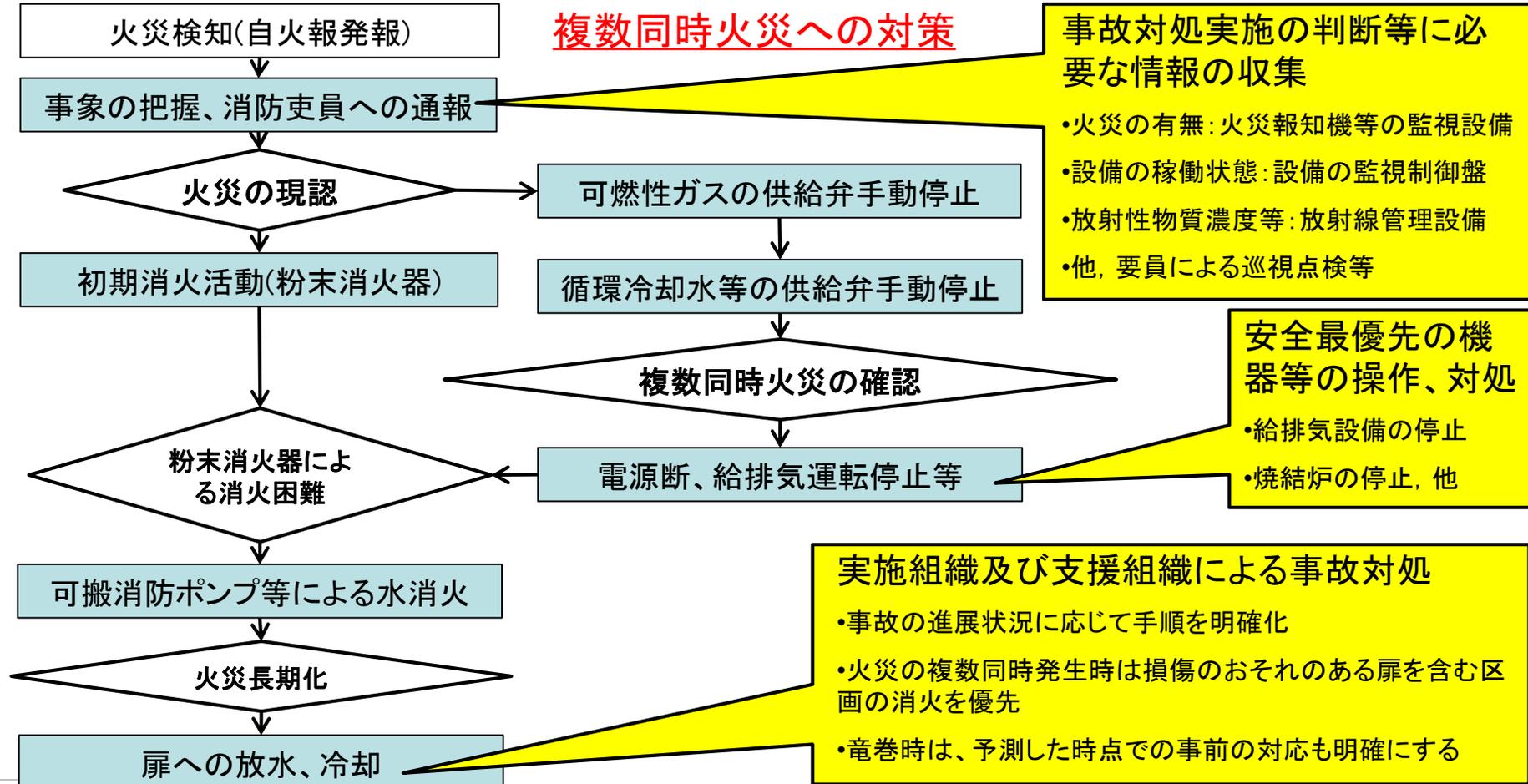
事故時の対応(2) 体制及び手順書の整備(1/2)

福島^①の教訓: 複合災害に長期間対処できる体制ではなく、活動拠点も不十分であり、指揮系統が混乱していた

- ・そのため、体制として実施組織、支援組織に必要な人員を円滑に確保でき、指揮命令系統、役割分担及び責任者等を明確化した対策組織を整備するとともに、社外の支援を受けられるような体制も整備する。
- 夜間及び休日においても、防災組織の要員が揃うまでの間、事故発生直後の初期消火活動等の初動対応に当たるために事業所内に常駐する要員を7名(焼結炉停止時は6名)確保する。
- 事故発生時に早期に事業所に参集し、事業所に常駐する要員とともに消火活動に当たる要員を、事業所の約2 km圏内の近隣居住者から優先して任命し、自衛消防隊・消火隊に属する緊急消火班として編成する。

事故時の対応(2) 体制及び手順書の整備(2/2)

- 事故が発生した場合の措置に必要な手順書では、核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失を防止するため、全交流電源喪失、計測機器による監視機能喪失まで想定し、必要な情報の種類、入手方法及び判断基準等を定める。

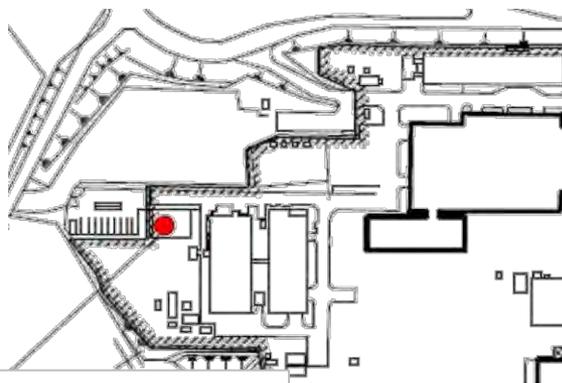


事故時の対応(3) 訓練の実施(1/2)

訓練では、ウランが飛散している状況、時間帯、天候に関する複数の環境条件を想定し、事故対処に必要な資機材を用いた訓練を実施する。訓練の実施に当たっては、対策活動を行う実施組織及び支援組織の要員を対象とした教育訓練計画を策定し、定期的に訓練を実施するものとする。

新規制基準施行以後も定期的に教育訓練を行い、訓練実績を蓄積する予定である。

下記は新規制基準施行前の総合防災訓練の実績(年1回以上実施し、緊急時の対応向上に努めてきた)



緊急対策本部

防災訓練の様子



事故時の対応(3) 訓練の実施(2/2)

● 訓練の実績

実施日	項目	参加者	主な内容
2017年 7月20日	総合防災訓練 (火災対応)	事業所対策本部 以下全係	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通報連絡 ・ 消火 ・ 警備誘導 ・ 外部通報 ・ 避難、点呼 ・ 救出救護 ・ 対策本部活動 ・ プレス対応
2018年 2月28日	総合防災訓練 (原災法対応)	事業所対策本部 以下全係	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通報連絡 ・ 救出救護 ・ 対策本部活動 ・ 外部通報 ・ 除染 ・ 避難、点呼 ・ モニタリング ・ プレス対応
2018年 7月20日	総合防災訓練 (火災対応)	事業所対策本部 以下全係	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通報連絡 ・ 消火(建物内にアクセスできない場合を想定) ・ 救出救護 ・ 警備誘導 ・ 外部通報 ・ 避難、点呼 ・ 対策本部活動 ・ プレス対応
2019年 2月15日	総合防災訓練 (原災法対応)	事業所対策本部 以下全係	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通報連絡 ・ 救出救護 ・ 対策本部活動 ・ 外部通報 ・ 除染 ・ 避難、点呼 ・ モニタリング ・ プレス対応
2019年 7月16日	総合防災訓練 (火災対応)	事業所対策本部 以下全係	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通報連絡 ・ 消火 ・ 警備誘導 ・ 外部通報 ・ 避難、点呼 ・ 救出救護 ・ 対策本部活動 ・ プレス対応

総合防災訓練前には各係ごとに個別訓練を実施しています

事故時の対応 体制の推移 赤字は従前の体制からの追加

休日・夜間を想定した初期段階		要員参集 ↓ 活動を引継ぎ、所属組織の活動に移行	東海事業所防災組織の要員参集後の段階	
要員	役割		要員	役割
当直者	要員参集までの指揮、命令 状況把握 社内外関係者への連絡等	警備誘導係の下で警備に従事	対策本部長	統括(指揮、命令)
警備員 A	消防吏員への通報 所内周知等		対策本部員	本部長の補佐、指揮
警備員 B	可燃性ガス、水系統の供給 弁停止等 水消火活動の資機材準備		支援組織	情報第1係
警備員 C	火災発生場所の状況確認 粉末消火器による初期消火活動	情報第2係		本部内の情報共有のための活動
		総務広報係		広報及びマスコミ対応等
初動対応要員 A	電源断 給排気運転停止等	調達係		資機材の調達及び輸送
		警備誘導係		所内の警備、非要員の避難誘導
初動対応要員 B	所属組織の活動に移行	実施組織	施設責任者	担当施設設備の点検、状況確認
初動対応要員 C			技術掛	事故拡大防止対策の検討
			除染係	放射性物質の汚染除去
	工務掛		施設設備の整備・点検・応急復旧	
	放管係		被ばく管理、汚染管理	
	救護・消火係 消火隊 救出救護隊 支援隊		自衛消防隊の統括 火災発生時の消火活動等 負傷者発生時の救出・救護活動 一時管理区域設定、資機材設営	

東海事業所の新規制基準対応スケジュール

- 2017年12月20日に加工事業変更の許可を取得
- 2018年から設工認申請及び新規制対応の工事を逐次開始
- 2021年下期以降に生産再開を予定

各対応の予定	2017年	2018年		2019年		2020年		2021年		2022年
	7-12月	1-6月	7-12月	1-6月	7-12月	1-6月	7-12月	1-6月	7-12月	1-6月
生産工程	新規制基準適合期限(12/17)			生産休止						
適合性審査	事業許可	▼12/20事業変更許可		<p>詳細設計</p> <p>設工認審査</p>						
新規制基準対応工事				耐震・竜巻補強工事						
保安規定				▼12/3変更認可	△申請	△申請	△申請	△申請	△申請	

参考資料

用語

● 耐震Sクラスの施設

- 基準地震動 S_s (旧指針の設計用最強地震S1及び設計用限界地震S2の統合)に対して安全機能(「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」)の保持等を要求するもの。

● フジタスケール3(F3クラス)

- 竜巻の強さを評定するための尺度。F3は重大な被害として、建て付けの良い家であっても屋根と壁の飛散、列車の脱線転覆、大半の森林木の引き抜き、ダンプカーなどの重量物の浮き上がりが想定される。

● L2津波

- 茨城沿岸津波対策検討委員会が策定した、住民避難を柱とした総合的防災対策を構築する上で想定する「最大クラスの津波」であり、発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす津波を示す。

● 放射線防護の目的

- ① 利益をもたらすことが明らかな行為が放射線被ばくを伴う場合には、その行為を不当に制限することなく人の安全を確保すること
- ② 個人の確定的影響の発生を防止すること
- ③ 確率的影響の発生を制限するためにあらゆる合理的な手段を確実にとること

「安全上重要な施設」とは

- 安全上重要な施設は「加工施設の位置、構造及び設備基準に関する規則解釈」で定義されており、設備・機器の機能が喪失した場合に公衆への実効線量の評価値が発生事故当たり5mSvを超えるものをいう

加工施設の位置、構造及び設備基準に関する規則解釈

第1条(定義)

(略)

2第2項第3号に規定する「安全機能を有する施設」とは、同項第4号に規定する「安全上重要な施設」とそれ以外の施設に分類する。さらに「安全上重要な施設」を、それが果たす安全機能の性質に応じて、以下の2種類に分類する。

一異常発生防止系(PS)(→具体的な機能は省略)

二異常影響緩和系(MS)(→具体的な機能は省略)

3第2項第4号に規定する「安全上重要な施設」とは、以下に掲げるものが含まれるものである。ただし、その機能を喪失したとしても、公衆及び従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのないことが明らかなる場合はこの限りでない。

一プルトニウムを取り扱う加工施設の「安全上重要な施設」(→当加工施設は非該当のため省略)

二ウラン加工施設の「安全上重要な施設」(→具体的な設備・機器は省略)

4上記2及び3に規定する「過度の放射線被ばくを及ぼすおそれ」とは、敷地周辺の公衆への実効線量の評価値が発生事故当たり5mSvを超えることをいう。

「安全上重要な施設」の有無の選定:事象規模

➤ 「安全上重要な施設」の有無の選定のための評価(以下「影響評価」と呼ぶ)について、事象の規模は、以下のとおりとする。

- 地震: Sクラスに属する施設に求められる1G程度の静的地震力
- 竜巻: 日本全土における既往の最大規模の竜巻であるフジタスケール3
- その他外部事象(火山): 直接的影響はない。降下火砕物として文献調査の結果から赤城鹿沼テフラの最大堆積厚さの約40cmを想定

等級別扱い	地震	津波	竜巻	その他外部事象
5mSvを超える場合 (「安全上重要な施設」が存在)	耐震Sクラスで設計	基準津波に対する防護設計	基準竜巻(F3)に対する防護設計	発電炉等に対して想定する荷重と同一の条件で設計
5mSvを超えない場合	耐震重要度分類第1類, 第2類又は第3類で設計	敷地及びその周辺における過去の記録を踏まえた津波に対する防護設計	敷地及びその周辺における過去の記録を踏まえた竜巻に対する防護設計	敷地及びその周辺における過去の記録を踏まえた荷重により設計

「安全上重要な施設」の有無の選定: 検討する事象

「基準規則解釈の別記1」の記載について

安全上重要な施設の有無の確認に当たっての実効線量の評価方法

第1条4に規定する評価方法は、以下のとおりとする。

1. 構築物、系統及び機器(以下この別記1において「SSC」という。)の機能の喪失による敷地周辺の公衆への実効線量を評価する。
2. 当該機能の喪失は、機器の故障等に加え、地震、津波その他の外部事象による加工施設の損傷も考慮することとする。
3. 外部事象による加工施設の損傷を考慮する場合のSSCの機能の喪失による敷地周辺の公衆への実効線量の評価(以下この別記1において「外部事象評価」という。)に当たっては、以下を基本とする。なお、加工施設の立地状況を考慮して、必要に応じて、自然現象の重畳についても考慮し、外部事象評価を行うこととする。

(1) 地震

・地震は、Sクラスに属する施設に求められる程度の地震力を設定することとする。(略)

(2) 津波

・津波は、基準津波相当の津波高さ及び遡上範囲を設定することとする。(略)

(3) 竜巻

・竜巻は、既往最大の竜巻(日本で過去に発生した最大級の竜巻)の規模を考慮して設定することとする。(略)

(4) その他の外部からの衝撃について

地震、津波及び竜巻以外の自然現象(洪水、風(台風)、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等)及び工場等内又はその周辺において想定される事象であって人為によるもの(飛来物、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等。ただし、故意によるものを除く。)の外部事象評価は、次のとおりとする。(略)

安全上重要な施設の有無の整理 想定した津波

- 茨城県が設置した茨城沿岸津波対策検討委員会において、地震調査研究推進本部による2011年東北地方太平洋沖地震に伴う三陸沖から房総沖の海溝寄りでの地震の見直しを反映し、茨城県津波浸水想定図が見直された。これによると、本加工施設に最も近い新川河口付近の遡上高さは12.2mである。
- 下記に示すように、L2津波に対して設定された「津波浸水想定図」を遡上高さの評価に使用した。

最大クラスの津波(L2津波)

- 津波レベル
発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす津波
- 基本的考え方
 - 住民等の生命を守ることを最優先とし、住民の避難を軸に、とりうる手段を尽くした総合的な津波対策を確立
 - 被害の最小化を主眼とする「減災」の考え方に基づき、対策を講ずることが重要である。そのため、海岸保全施設等のハード対策によって津波による被害をできるだけ軽減するとともに、それを超える津波に対しては、ハザードマップの整備など、避難することを中心とするソフト対策を実施していく。



ソフト対策を講じるため基礎資料の「津波浸水想定」を設定



(茨城県津波浸水想定図 市町村別 地域海岸10より抜粋)

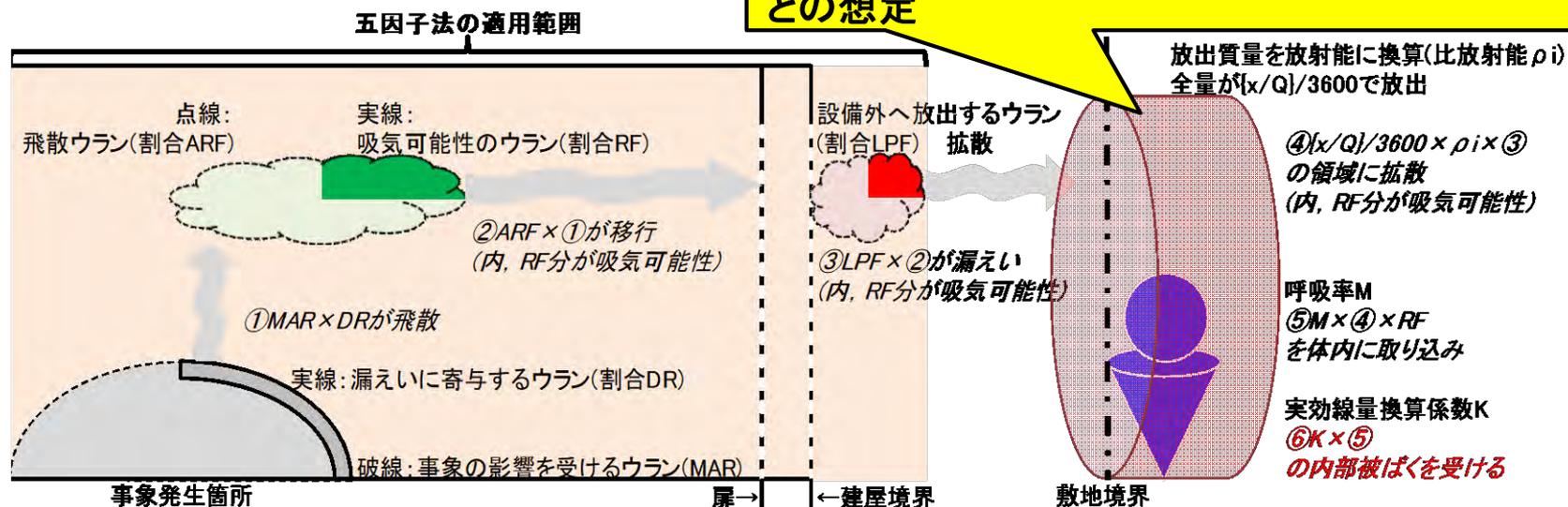
「安全上重要な施設」の有無の選定: 評価条件(1/4)

- 影響評価では、NUREG/CR-6410の五因子法に従う。設備・機器から建屋の外に漏えいするウラン量を計算し、更に公衆の被ばく線量を計算する。

$$RQ = MAR \times DR \times ARF \times RF \times LPF$$

- ① MAR: 事故によって影響を受ける可能性のある物質質量 (Bq)
- ② DR: 事故の影響を受ける割合 (-)
- ③ ARF: 事故の影響を受けたもののうち雰囲気中に舞い上がる割合 (-)
- ④ RF: 肺に吸入され得るような浮遊性の微粒子の割合 (-)
- ⑤ LPF: 環境中へ漏えいする割合 (-)

大気中に放射性物質(放射性プルーム)が拡散している間、敷地境界に人が常に滞在していたとの想定



従前の許可における指針と設計方針の関係(地震)

ウラン加工施設安全審査指針

(2) 建物・構築物の耐震設計法

ウラン加工施設における建物・構築物の耐震設計法については、各類とも原則として静的設計法を基本とし、かつ、建築基準法等関係法令によること。

ただし、第1類及び第2類の建物・構築物については、それぞれ耐震設計上の静的地震力として、建築基準法施行令第88条から定まる最小地震力に下記に掲げる割り増し係数を乗じたものを用いること。また、建築基準法施行令第82条の3第1号による場合には下記に掲げる割り増し係数を乗じ、建築基準法施行令第82条の3第2号による場合には下記に掲げる割り増し係数で除したものを用いること。

記 第1類 1.3以上 第2類 1.1以上

(3) 設備・機器の耐震設計法

設備・機器(配管、ダクト等を含む。以下同じ。)の耐震設計法については、原則として静的設計法を基本とし

① 各類ともに一次設計を行うこと。この一次設計に用いる静的地震力は、建築基準法施行令第88条により定まる最小地震力に下記に掲げる割り増し係数を乗じたもの(以下一次地震力という。)を用いること。

ここで「一次設計」とは、常時作用している荷重と一次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力を許容限界とする設計をいう。

② (略)

上記二次設計は、常時作用している荷重と、一次地震力に下記第1類の割り増し係数を乗じた地震力以上の静的地震力とを組み合わせ、その結果発生する応力に対して、降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力に基づいて地震力に応じた適切な許容限界を用いた設計により行うことができる。

記 第1類 1.5以上 第2類 1.4以上 第3類 1.2以上

従来の対策における耐震設計

(2) 建物・構築物の耐震設計

(i) 加工工場

加工工場は重要度分類の第1類として、建築基準法施行令(以下「令」という。)第88条から定まる各階の層せん断力係数(Ci)に1.3の割り増し係数を乗じた層せん断力係数を用いた耐震設計である。

(略)

(iii) 廃棄物処理棟

廃棄物処理棟は重要度分類第2類の建物とし、令第88条から定まる各階の層せん断力係数(Ci)に1.1の割り増し係数を乗じた層せん断力係数を用いた耐震設計である。

(3) 設備・機器の耐震設計

対象とする設備・機器の重要度分類を行い、重要度に応じて一次設計及び二次設計を行う。

設備・機器の重要度分類を添3第12表に示す。

(i) 一次設計

重要度分類の各類とも行う。この一次設計に用いる静的地震力(一次地震力)は、令第88条により定まる最小地震力に下記に掲げる割り増し係数を乗じる。

第1類 1.5 第2類 1.4 第3類 1.2

(略)

(ii) 二次設計

(略)、常時作用している荷重と、一次地震力に第1類の割り増し係数1.5を乗じた地震力以上の静的地震力とを組み合わせ、その結果発生する応力に対して、降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力に基づいて地震力に応じて適切な許容限界を用いた設計により行う。

外的事象に対する防護設計の強化 想定する地震

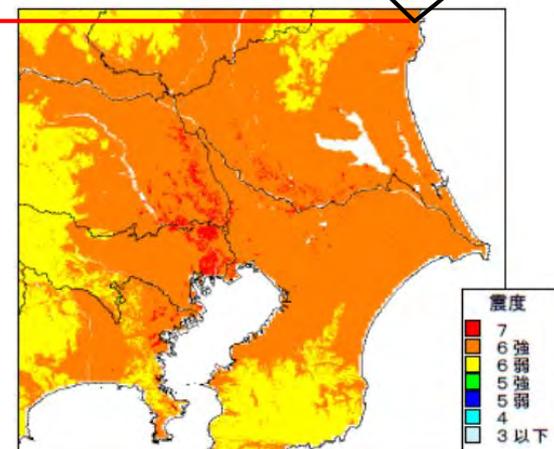
「茨城県耐震改修促進計画(平成21年5月改正)」では、地表断層が不明瞭な地殻内の地震として、各場所で最大の地震動となるようマグニチュード7クラスの地震動を重ね合わせた場合の震度分布として、**東海村は最大で震度6強との評価**を示している。

これらの評価を踏まえ、当加工施設の安全評価においては、安全側に震度6強を想定する。この震度6強を与える上記震度分布に関して、内閣府中央防災会議が提供するデータによると、当加工施設における最大計測震度が、その緯度と経度に基づき**6.42**と与えられる。気象庁告示第四号に示される次の計算式

$$I=2 \cdot \log(a)+0.94 \quad (I: \text{計測震度}, a: \text{加速度})$$

により、上記震度6強に対応する加速度が550galと求められる。

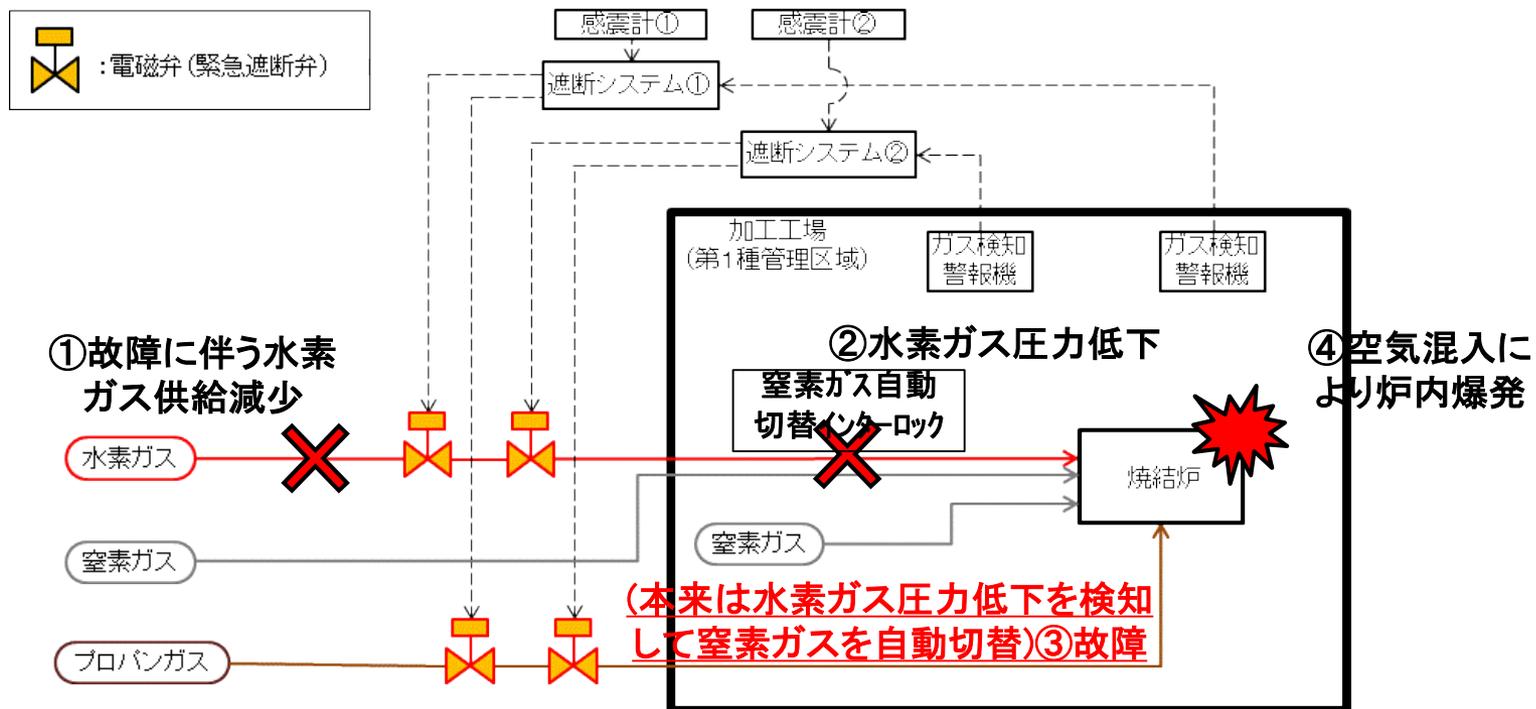
以上のとおり、当加工施設の安全設計においては、**震度6強(加速度550gal)の地震を想定**する。



地殻内に一律にMw6.8の震源を想定した場合の震度分布図

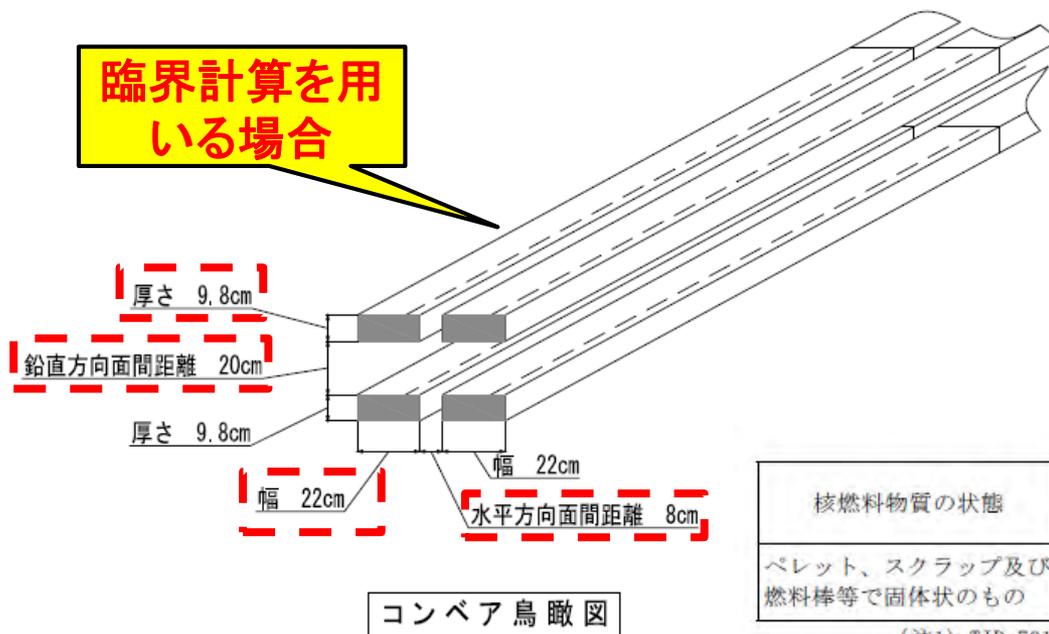
設計基準事故 焼結炉の炉内爆発のシナリオ

- 焼結炉の運転中における水素ガス供給設備の故障に伴い、焼結炉内の水素ガス圧力が低下し、かつ**圧力計の故障により、窒素ガス自動切替インターロックが作動しなかった場合**に、工程室内の空気が焼結炉内に混入し、焼結炉の炉内爆発が発生する。爆発に伴い、焼結炉内のウランが圧力逃がし機構、入口部及び出口部から工程室内に飛散することを想定した。なお、焼結炉は圧力逃がし機構を備え、爆発による炉体の損傷を防止する設計としており、爆発が発生しても炉体が破損することはない。



臨界防止対策(制限値の設定と維持・管理)(1/2)

- 臨界防止対策についての制限値を定めるに当たって臨界計算を用いる場合は、最も厳しい結果となるよう中性子の減速、吸収及び反射の条件を設定し、かつ、測定又は計算による誤差や誤操作を考慮して十分な裕度を見込む。臨界に達するおそれのない中性子実効増倍率は0.95以下とする。文献値を用いる場合は、最適な減速条件かつ水全反射条件における値を参照する。



添5ニ(イ)の表1 形状制限値

核燃料物質の状態	均質・非均質の別	減速条件	濃縮度	形状制限条件	形状制限値 (cm)	備考
ペレット、スクラップ及び燃料棒等で固体状のもの	非均質	制限なし	5%以下	厚さ	9.8	(注1)

(注1) TID-7016 Rev. 2 Fig. 2.16による。

文献値を用いる場合

臨界防止対策(制限値の設定と維持・管理)(2/2)

- 臨界防止対策についての制限値の維持・管理については以下のとおりとし、起こるとは考えられない独立した二つ以上の異常が同時に起こらない限り臨界に達しないものとする。
- ウラン粉末を受け入れる場合、受入れ前に濃縮度、化学的組成、密度及び含水率の値を確認する。
 - 形状寸法を制限値とする設備・機器は、十分な強度を有する設計とすることによって形状寸法を維持し、設備・機器の供用開始前に実施する検査により核的制限値を満足していることを確認する。
 - 含水率を管理する設備・機器は、値を安全側に設定し、十分な裕度を持って含水率を管理する。
 - 制限値を設定する設備・機器は、内部溢水に対し没水しない設計とする。また、含水率を制限する設備・機器は、火災時の消火水等が侵入しない対策を講じる。

加工施設の安全上の特徴 その他外的事象(1/4)

- p.15の調査の結果、以下は発生しない、または加工施設に影響が及ばない。もしくは、設計上考慮する事象で代表できる。

外的事象	検討結果
地盤沈下／地盤隆起／地割れ／液状化現象／砂嵐／カルスト／隕石 ／人工衛星の落下／鉱山事故による火災・爆発，化学物質放出／軍事 基地の事故による火災・爆発	発生しない又は発生頻 度が極めて小さい
地滑り／土石流／雪崩／河川の流路変更／治水構造物の破損による 洪水及び波／洪水／降水(豪雨)／静振／高潮／波浪・高波／異常潮 位／満潮／海流異変／低潮位／塩害／極高温／高海水温／低海水 温／干ばつ／海生物／海岸浸食／水面下の浸食／海水による川の閉 塞／船舶事故による油流出，化学物質流出，火災・爆発，船舶の衝突 ／湖若しくは川の水位降下／鉄道事故による火災・爆発，化学物質放 出，列車の衝突／自動車の衝突(衝撃力)／市街地の火災	加工施設に影響が及 ばない
暴風(台風)／気圧高圧／ひょう・あられ	竜巻で代表
氷晶／氷壁／氷結／霜・白霜	極低温で代表
交通事故による化学物質放出／工場事故による火災・爆発，化学物質 放出／土木・建築現場の事故による火災・爆発，化学物質放出／自動 車の衝突(火災・爆発)	近隣工場等の火災・爆 発で代表
濃霧／太陽フレア	発生時に適切に指示

加工施設の安全上の特徴 その他外的事象(2/4)

- 過去の記録、現地調査の結果、及び最近の文献等を参考に、想定される外的事象を網羅的に収集した結果、以下の事象を安全設計で考慮する。
 - 自然現象のうち、竜巻／落雷／極低温／火山活動(降下火砕物)／積雪／森林火災／生物学的事象
 - 人為事象のうち、航空機落下／近隣工場等の火災・爆発／交通事故による火災・爆発／航空機落下火災／電磁的障害
- 上記以外の事象は除外した。
 - 地盤沈下／地盤隆起／地割れ: 地下水層, 断層等はない
 - 液状化現象: 施設に影響する地盤ではない
 - 地滑り: 急傾斜地から離れている
 - 土石流／雪崩／河川の流路変更／治水構造物の破損による洪水及び波: 施設の周辺に斜面, 河川が存在しない
 - 洪水／降水(豪雨): 高台にある

加工施設の安全上の特徴 その他外的事象(3/4)

- 静振／高潮／波浪・高波／異常潮位／満潮／海流異変／低潮位／塩害：海から離れている
- 暴風（台風）／気圧高圧／ひょう・あられ：竜巻で代表する
- 砂嵐：砂れき地がない
- 極高温／高海水温／低海水温／干ばつ／海生物：影響する施設はない
- 氷晶／氷壁／氷結／霜・白霜：極低温で代表する
- 濃霧：発生時も屋外作業中止の適切な指示が可能
- 隕石／人工衛星の落下：発生頻度が極めて小さい
- 海岸浸食／水面下の浸食／海氷による川の閉塞／船舶事故による油流出，化学物質流出，火災・爆発，船舶の衝突：海岸から離れている
- カルスト：石灰岩層はない
- 湖若しくは川の水位降下：海若しくは川の水を用いる施設はない

加工施設の安全上の特徴 その他外的事象(4/4)

- **太陽フレア**: 工程停止等の適切な処置を講じる
- **鉄道事故による火災・爆発, 化学物質放出, 列車の衝突**: 線路から離れている
- **交通事故による化学物質放出／工場事故による火災・爆発, 化学物質放出／土木・建築現場の事故による火災・爆発, 化学物質放出**: 近隣工場等の火災・爆発で代表する
- **自動車の衝突**: 敷地内への乗り入れを制限また敷地境界と加工施設には距離があり周辺道路とは高低差がある。自動車事故による火災・爆発は近隣工場等の火災で代表
- **鉱山事故による火災・爆発, 化学物質放出**: 近隣に鉱山は存在しない
- **軍事基地の事故による火災・爆発**: 周辺に軍事基地は存在しない
- **市街地の火災**: 周辺に市街地は存在しない

降下火砕物発生時の対応 手順

- 降下火砕物の除去は以下の手順で行う。除雪の場合は、土嚢袋に詰めずに地上へ降ろす。 (5)降下火砕物除去の手順
 - ① 必要に応じて加工設備本体及び期待排気設備を停止する処置を講じる
 - ② 対象建屋の屋根にある排水口を、降下火砕物が入らぬよう、ブルーシートやテープで塞ぐ。
 - ③ 優先順位の高い場所から除去を開始する。
 - ④ スコップ、ほうき等を用い、降下火砕物を集めて土嚢袋に詰める。土嚢袋に詰める量は7分目までとする。 (以下略)
- (6)作業場所の安全確保
 - ① 作業従事者は落下防止対策として、加工工場屋根に親網を張る。 (以下略)
(標準「降下火砕物除去標準」より)
- 降下火砕物発生時(火砕物)及び外部火災発生時(ばい煙)に設備管理部長からの指示により、工務掛員(休日及び夜間は、初動対応要員B)は、監視を1時間ごとに行う。(略)給排気設備を停止する場合には、標準に基づき停止措置を行う必要があるが、停止措置に時間が掛かるので、工務掛員は降下火砕物発生時及び外部火災発生時に停止措置を行う。(標準「外部事象に伴う給排気設備の手動停止手順」)

設計基準事故 事象の進展の検討結果

放射性物質を外部に放出する可能性のある事象	事象進展の有無	発生防止機能
質量制限、形状寸法制限又は幾何学的形状制限の逸脱、臨界管理上の離隔距離の逸脱	なし	供給制限インターロック、構造、設備の床固定等
ウラン粉末を内包する容器等の落下、脱落、ペレットの落下、燃料棒、燃料集合体の落下、脱落、ウラン粉末の囲い式フード外への飛散	なし	停電時保持機能、落下防止ガイド、脱落防止ガイド、フード内負圧維持等
火災	なし	準耐火構築物、難燃・不燃材等
可燃性ガス雰囲気への空気混入	なし	窒素ガス置換機構等
可燃性ガス(水素、プロパンガス)の漏えい	なし	漏えい検知器、緊急遮断弁、系統の多重化、過加熱防止機構
ウラン粉末を含む液体の漏えい	なし	液面高検知器、漏水検知器等
空气中ウランの建物からの漏えい	なし	管理区域内負圧維持等

設計基準事故 発生防止機能の不全における検討

放射性物質を外部に放出する可能性のある事象	事故発生の可能性の検討
質量制限、形状寸法制限又は幾何学的形状制限の逸脱、臨界管理上の離隔距離の逸脱	溢水を想定して最も効率の良い中性子減速条件を考慮した体系で設定。水が存在しない状態で核的制限値の逸脱があっても、臨界に達するおそれはないため、対象から除外
ウラン粉末を内包する容器等の落下、脱落、ペレットの落下、燃料棒、燃料集合体の落下、脱落、ウラン粉末の囲い式フード外への飛散	発生防止機能の不全を想定した評価を行う
火災	発生防止機能の不全を想定した評価を行う
可燃性ガス雰囲気への空気混入	発生防止機能の不全を想定した評価を行う
可燃性ガス(水素、プロパンガス)の漏えい	可燃性ガスの漏えいの防止、検知、置換、蓄積の防止により事象進展の可能性が低いため、除外
ウラン粉末を含む液体の漏えい	発生する廃液中のウラン濃度が低く、発生したときの影響が小さいことから、除外
空気中ウランの建物からの漏えい	発生防止機能の不全を想定した評価を行う

事故時の対応 基本方針

- 設計基準を超える条件として機器の多重故障等を仮定し、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合を想定して、重大事故に至るおそれがある事故の拡大を防止することにより重大事故の発生を防止するとともに、重大事故に至るおそれがある事故の発生時に放射性物質の放出量を実行可能な限り低くするため、財産保護に優先して安全確保に必要な施設及び体制を整備する
- 重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合の条件等を適切に設定し、それらに対して具体的かつ実行可能な対策を用意し、想定される事故に対して有効な効果が期待できる手順書を定める。なお、本加工施設では、重大事故※の発生は想定されない。

※設計上定める条件よりも厳しい条件下にて発生する事故。臨界及び核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失によって、放射線及び放射性物質を著しく敷地外に放出する事象のこと。

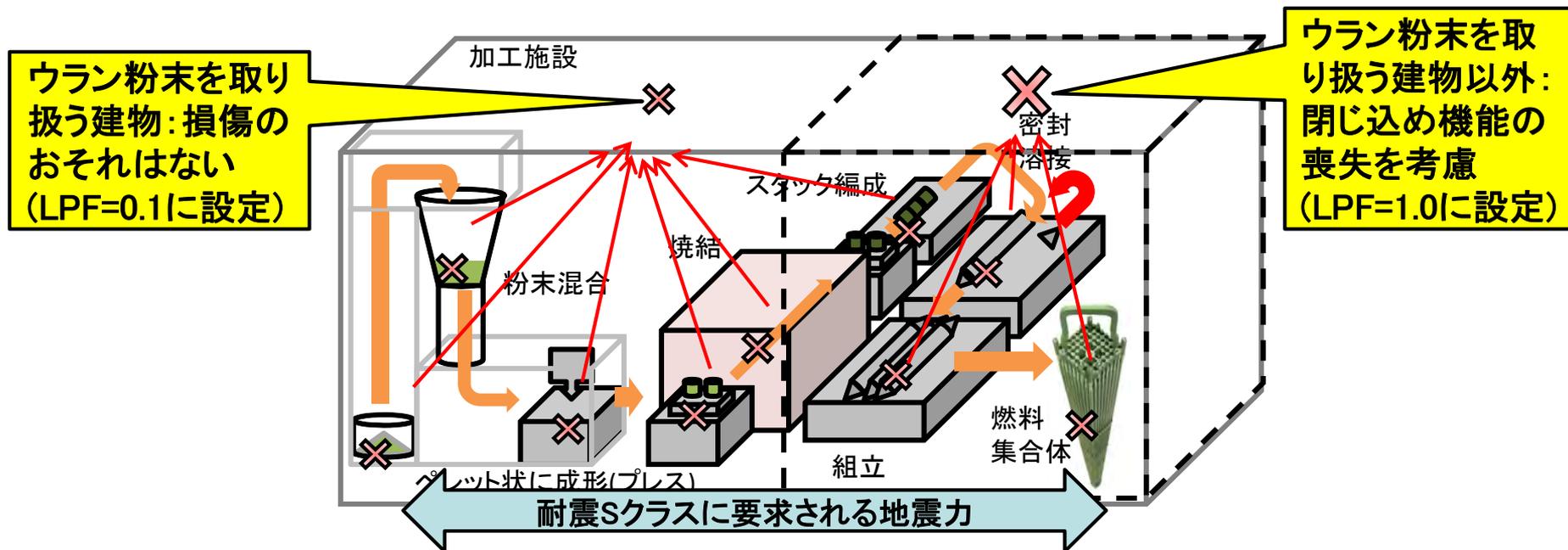
事故時の対応 対応を検討する事象の選定

- 外的事象は、地震、竜巻にそれぞれ設計基準を超える外力を作用させた際の、安全機能を有する施設の損傷の程度を考慮した評価においても、施設全体として公衆の実効線量の評価値は小さく、想定から除外する。火山は降下火砕物の除去等の措置を講じる。その他の事象についても大きな事故の誘因とならない。
- 内的事象のうち、設備損傷による閉じ込め機能の不全は、地震に対する安全上重要な施設の有無の確認結果に包含され、爆発による閉じ込め機能の不全及び排気設備停止による閉じ込め機能の不全は、設計基準を超える条件に至らない。
- よって、内的事象のうち、火災による閉じ込め機能の不全について、設計基準である単一故障の条件を超える条件として、全ての火災区画における火災の複数同時発生を想定する。

安全上重要な施設の有無の整理 地震 補足

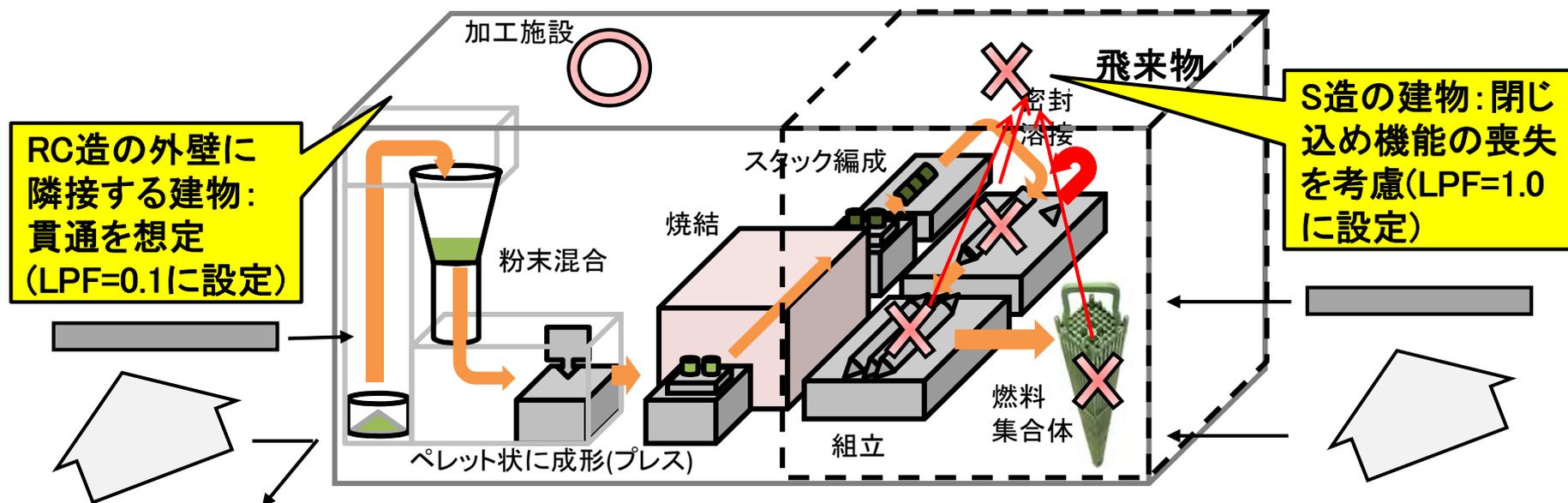
● 放出経路における漏えい率(LPF)の設定

- ウラン粉末を取り扱う耐震重要度分類第1類の建物・建築物は外壁が損傷するおそれはない(評価では保守的にLPF=0.1に設定)
- 上記以外の耐震重要度分類第1類の建物・建築物及び耐震重要度分類第1類以外の建物・建築物は閉じ込め機能が喪失する程度の損傷があるものとする(LPF=1.0に設定)



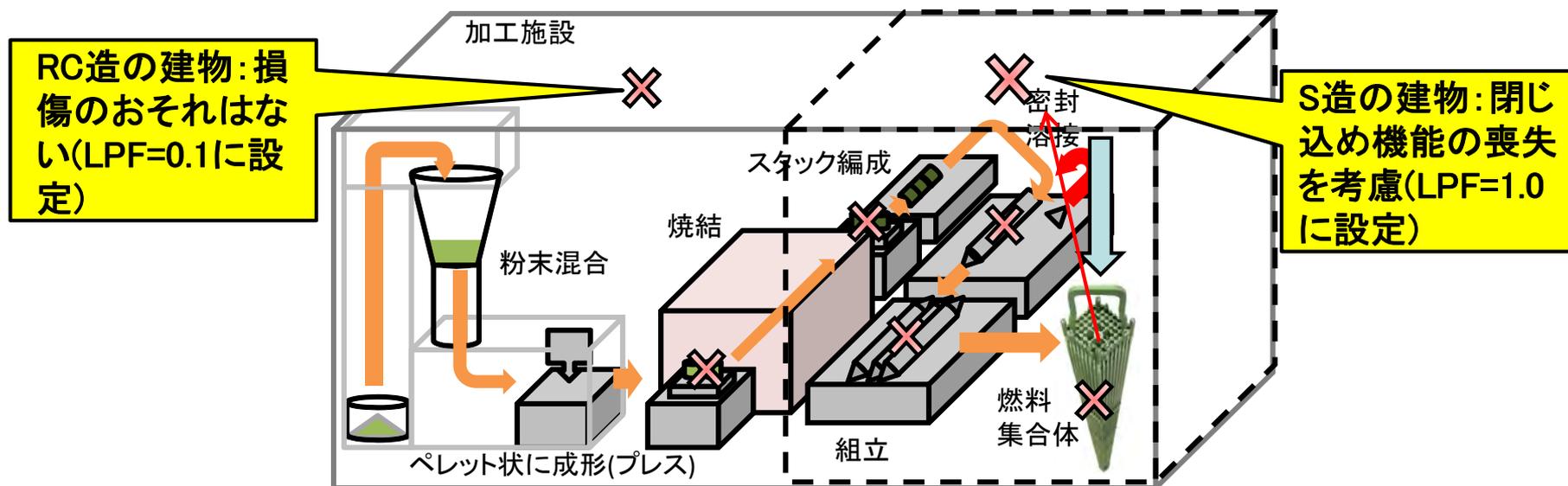
安全上重要な施設の有無の整理 竜巻 補足

- 放出経路における漏えい率(LPF)の設定
- F3竜巻による飛来物として、衝撃荷重の大きい自動車(バン)・プレハブ小屋及び貫通力の大きい鋼製材を選定
 - 鉄筋コンクリート造の建物のうち、外壁に隣接する部屋は衝撃荷重による損傷はないが、貫通による一部損傷を想定(LPF=0.1に設定)
 - 鉄骨(S)造の建物は衝撃荷重及び貫通による損傷に伴う閉じ込め機能の喪失を想定する(LPF=1.0に設定)



安全上重要な施設の有無の整理 火山 補足

- 放出経路における漏えい率(LPF)の設定
 - 鉄筋コンクリート(RC)造の建物は降下火砕物による損傷のおそれはない(保守的にLPF=0.1に設定)
 - 鉄骨(S)造の建物は降下火砕物により閉じ込め機能の喪失を想定する(LPFF=1.0に設定)



外的事象に対する防護設計の強化 火山対策

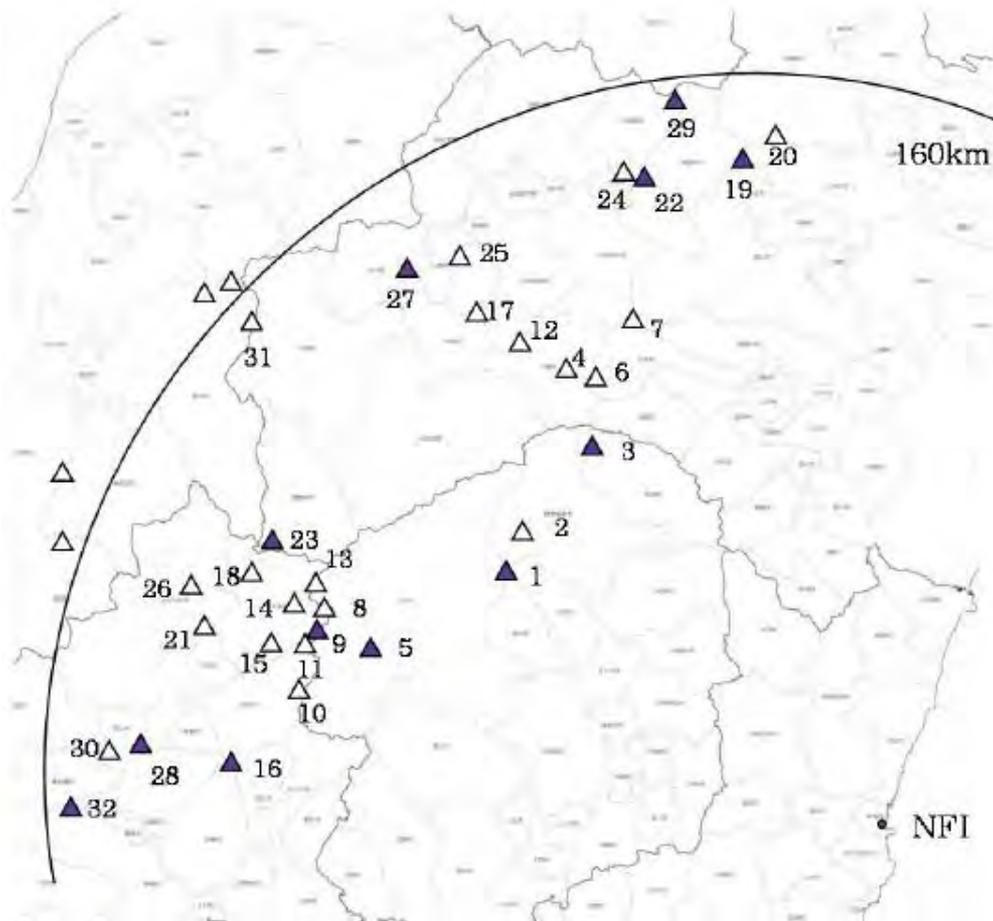


図 地理的領域内(敷地から半径160km)に位置する第四紀火山

将来の活動可能性が否定できない火山

No.※	名称	施設からの距離(km)
1(1)	高原山	87
2(3)	那須岳	93
3(5)	男体・女峰火山群	103
4(9)	日光白根山	114
5(16)	赤城山	124
6(19)	安達太良山	134
7(20)	笹森山	135
8(22)	磐梯山	136
9(23)	燧ヶ岳	136
10(27)	沼沢	142
11(28)	子持山	142
12(29)	吾妻山	148
13(32)	榛名山	154

※括弧内は左図内の番号に対応

ヒューマンエラー防止について

- 操業停止後は、長期に渡り業務従事者が通常作業を離れること、また新規制対応工事により設備が変わる可能性があることから、工場再開時の作業は3Hの「久しぶり」及び「変更」に該当する。3H作業で発生するヒューマンエラーによるトラブルを防止するため、以下の対策を実施

人間が作業を行う際、ミスや失敗を起こす状況を簡潔にまとめた標語
(H:初めて、H:変更、H:久しぶり)

- 立ち上げ時の計画に、生産再開に当たっての試運転や教育の期間を含め、安全・品質の観点でスキルを確保した上で生産を再開
- その他、内的事象に対する防護設計の強化のうち、誤操作の防止のため、盤の配置及び操作器具、弁等の操作性に関する対策を実施

- 保護カバー又は鍵付きスイッチ
- 状態の監視及び警報を集中監視
- 系統ごとに色分けして識別表示等



グレーデッドアプローチ(等級別扱い)について

- 等級別扱いの考え方は「試験研究用等原子炉施設への新規制基準の審査を踏まえたグレーデッドアプローチ対応について(案)(平成28年6月15日原子力規制委員会)」で示されている。

1. 基本的考え方

等級別扱いは、IAEA(参考1)により定義されているとおり、原子力施設の特徴、リスクの程度等に応じて、安全要件、対策等を適用することである。設置許可基準及び解釈においても、既に等級別扱いを取り入れており、出力に応じて安全要件が異なることや、個別設備に対しても安全機能の重要度に応じて必要な防護措置をとることを要求している。(略)

等級別扱い

IAEA グLOSSARY(2016年ドラフト抜粋 仮約)

1. 規制制度のような管理のためのシステムにおいて、適用される措置や条件の厳しさが、実効可能な範囲で、管理不能となる可能性やその潜在的な結果、リスクの程度に釣り合いがとれていること
2. 安全要件の適用において、施設等の特徴、被ばくの影響の程度や可能性に釣り合いがとれていること

- 核燃料施設等の新規制基準等への適合性の確認においても、同様の考え方で等級別扱いを適用することを「グレーデッドアプローチ対応等に伴う核燃料施設等の基準の解釈の一部改正及び評価ガイド(案)について(平成28年9月7日原子力規制委員会)」の中で示している。

1. 背景

- (略)平成28年6月15日に原子力規制委員会において、試験研究用等原子炉施設(KUCA、近畿大学炉)への新規制基準の審査を踏まえた外部事象等に対する等級別扱いの基本的考え方について了承した。
- 3. グレーデッドアプローチ対応等に伴う核燃料施設等の基準の解釈の一部改正及び評価ガイドの制定(案)について
原子力規制庁は、1. の等級別扱いの法令、解釈等への反映を検討した結果、加工施設、試験研究用等原子炉施設、廃棄物管理施設及び使用施設について、等級別扱い等を踏まえた解釈の一部改正と新たな評価ガイドの制定を別添のとおり行うこととする。