

# これでいいのか？再処理施設 事業変更許可申請にみる 重大事故対策の問題点



2015年6月19日

核燃サイクル阻止1万人訴訟原告団  
青森集会

川井康郎

プラント技術者の会/原子力市民委員会第4部会  
(株)K&Cプロジェクトサポート代表

# 目次

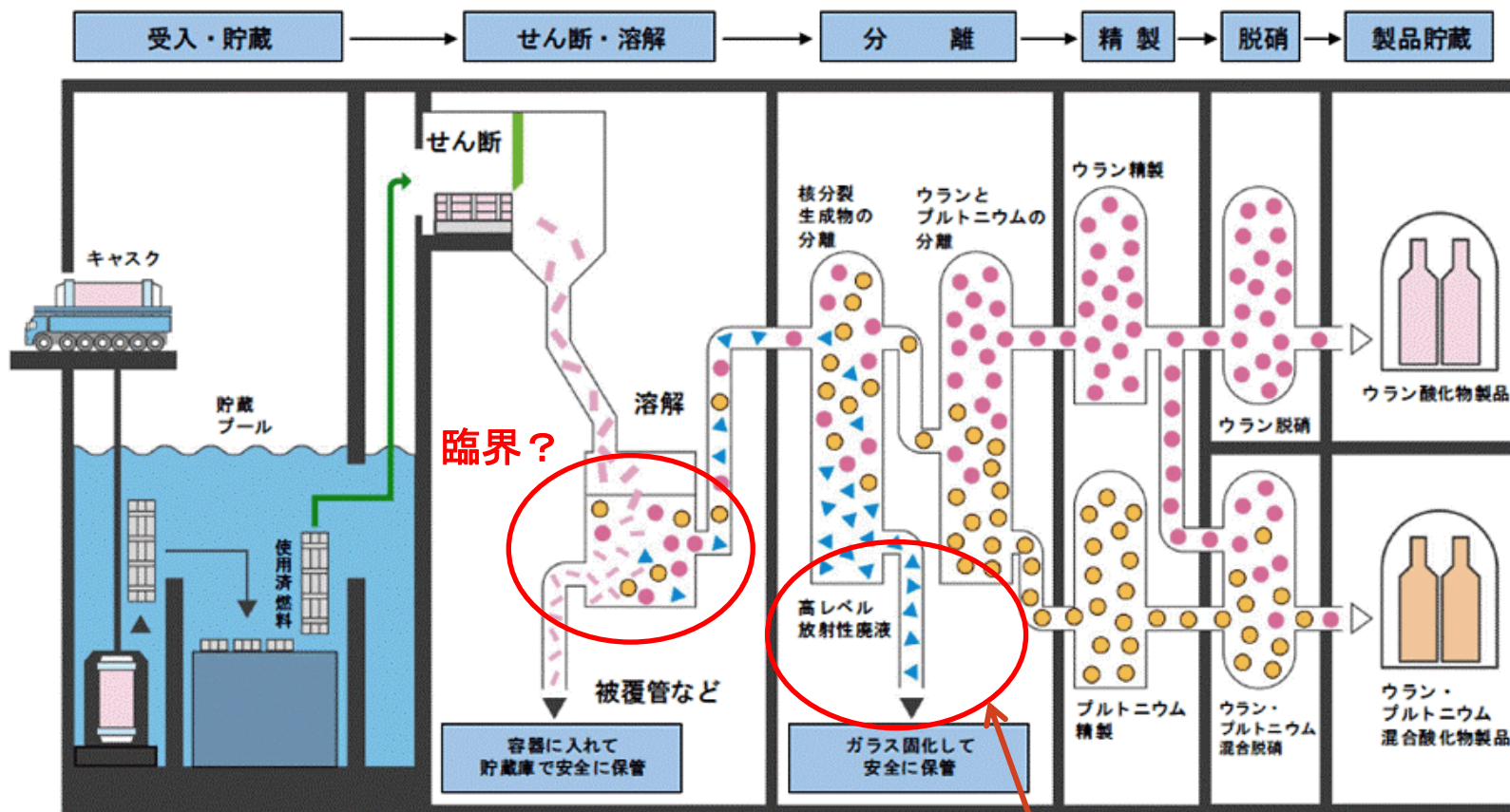
1. 再処理施設の概要
2. 事業変更許可申請の背景と概要
3. 重大事故対策の問題点 ～具体例
  - 3.1 溶解槽臨界対策の例
  - 3.2 高レベル濃縮液沸騰対策の例
  - 3.3 建屋換気の例
4. 重大事故対策の様々な欠陥

## 図表(原燃作成)の出典元

- ① H25.6.11「六ヶ所再処理施設の安全性に関する総合的評価に係わる報告」
- ② H26.1.17第1回審査会合資料1「再処理事業変更許可申請の概要」
- ③ H26.4.17第15回審査会合資料1「重大事故等への対策」
- ④ H27.1.26第42回審査会合資料2「溶解槽における臨界事故への対策」

# 1. 再処理施設の概要

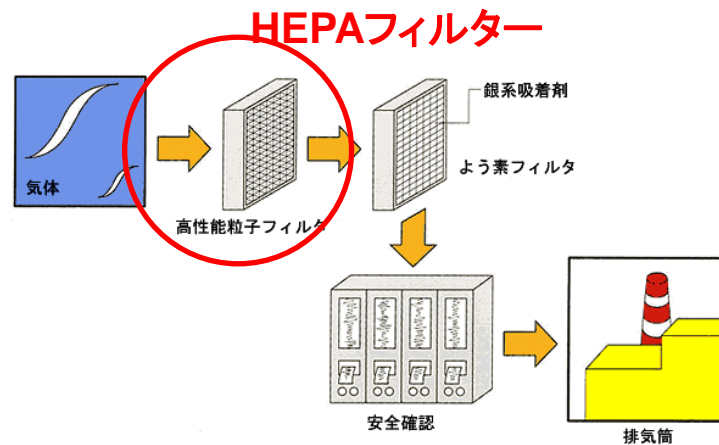
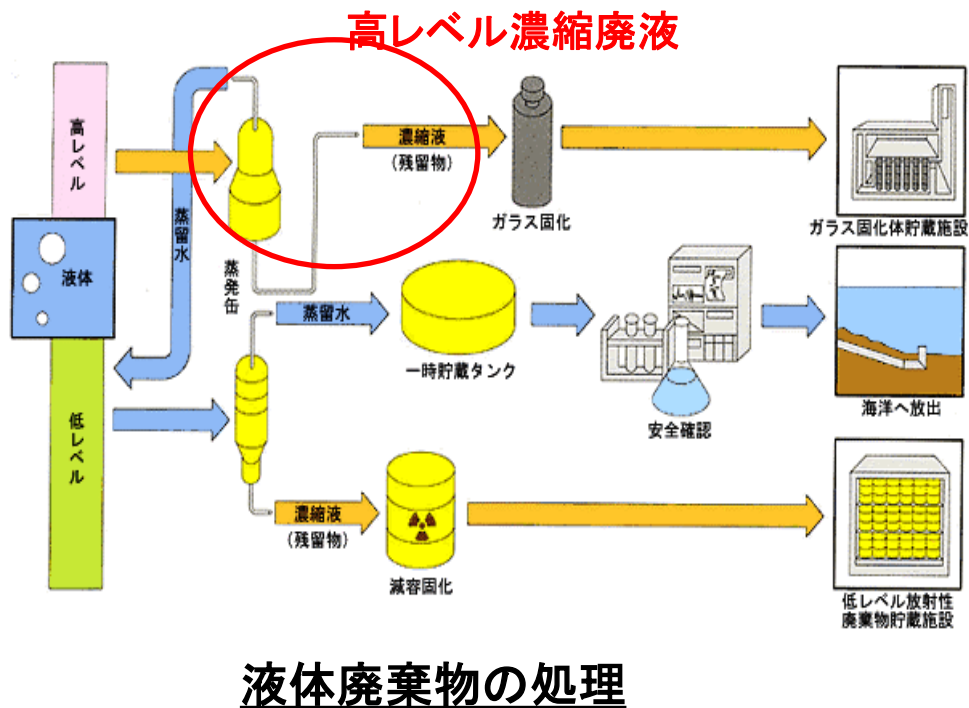
# <再処理設備の工程>



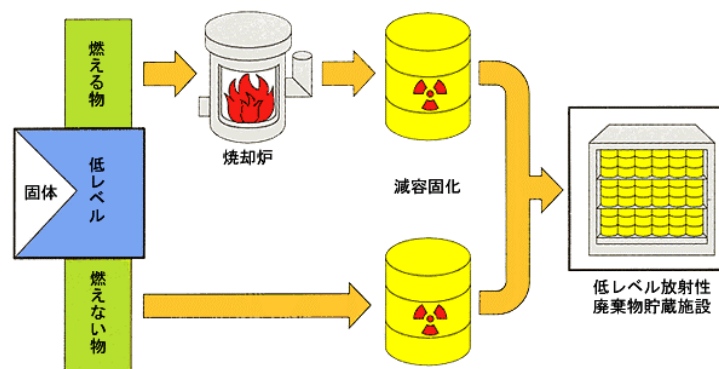
● ウラン ● プルトニウム ▲ 核分裂生成物 (高レベル放射性廃棄物) ■ 被覆管等

高レベル濃縮廃液

# <廃棄物処理工程>

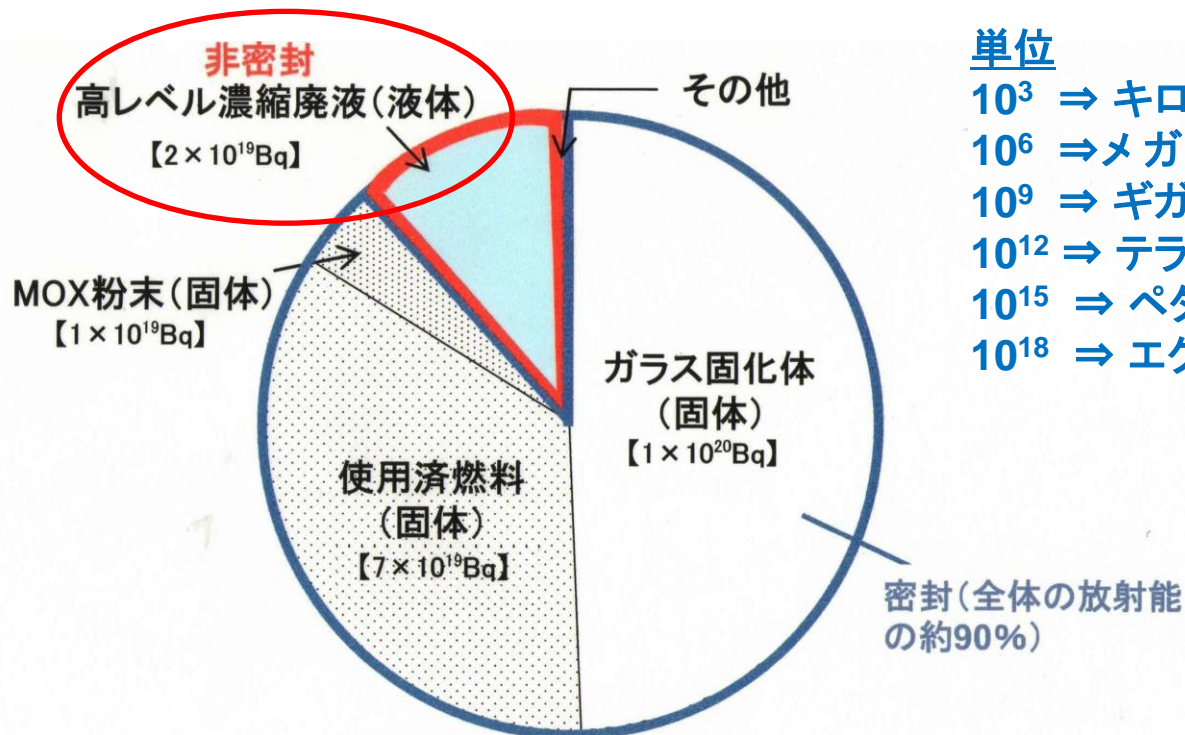


## 気体廃棄物の処理



## 固体廃棄物の処理

## <施設が保有している放射性物質の量>



### 単位

$10^3$  ⇒ キロ、千 (thousand)

$10^6$  ⇒ メガ、百万 (million)

$10^9$  ⇒ ギガ、十億 (billion)

$10^{12}$  ⇒ テラ、兆 (trillion)

$10^{15}$  ⇒ ペタ、千兆 (quadrillion)

$10^{18}$  ⇒ エクサ、百京 (quintillion)

<出典:原燃資料② P7>

- 数値は施設が最大の放射性物質を保有した場合
- フクシマ事故の大気への放射性物質放出量 (2015.4.14 高浜仮処分決定文P15より)  
90万テラベクレル =  $9 \times 10^{17}$  Bq

## 2. 事業変更許可申請の概要



## <申請の目的>

新規制基準 ～再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年12月6日原子力規制委員会規則第27号） – 略称「事業指定基準規則」の要求に基づき、明確化又は追加された以下の項目に関わる変更事項の原子力規制委員会による承認

1. 安全機能を有する施設
2. 地盤、地震、津波
3. 外部からの衝撃（火山、竜巻、外部火災）
4. 逸水、化学薬品の漏えい、不法侵入の防止
5. 重大事故等対処設備

## 経緯

- 平成26年（2014年）1月7日に「再処理事業変更許可申請書」を提出
- 2014.1.17、第1回「核燃料施設等(\*1)の新規制基準適合性審査に係わる審査会合」を開催 ⇒2015.6.5まで58回を数える（内、再処理施設関連は29回）。
- 補正書の提出 ⇒2015.2.6まで6回提出
- 併せて、規制庁担当者と事業者（原燃）との間でヒアリング会合を開催 ⇒2015.5.13まで102回開催（他施設を含む）

\*1) MOX燃料加工工場、ウラン濃縮工場、放射性廃棄物処理場、高レベル放射性廃棄物一時貯蔵施設等



## <施設・設備の定義(新基準第1条)>

### 安全機能を有する施設

- 再処理施設の安全性を確保するために必要な構築物、系統及び機器(異常な過渡変化又は設計基準事故に対応)

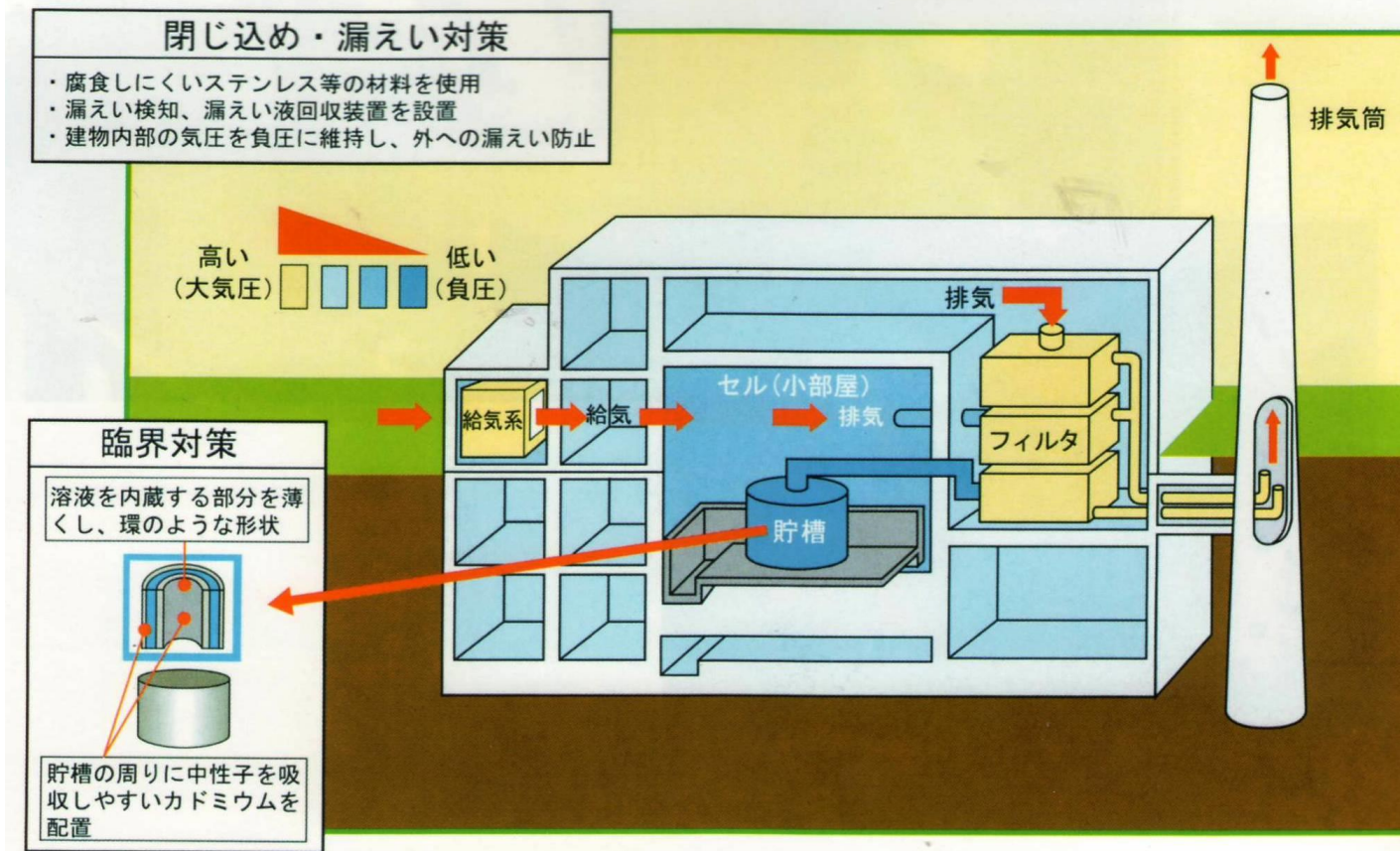
### 安全上重要な施設

- その機能喪失により、公衆又は従事者に放射能障害を及ぼすおそれのあるもの
  - ⇒「放射能被ばくを及ぼすおそれ」とは、敷地周辺の公衆の実効線量が**発生事故当たり5mSvを超えること**
- 放射性物質又は放射線が工場外へ放出されることを抑制し、又は防止する構築物、系統及び機器
  - ⇒ 各々独立した換気系を有する**一次(機器)、二次(セル等)、三次(建屋)の各閉じ込め施設**
  - ⇒ 閉じ込め機能を阻害、又はその有効性を喪失させる、**火災・爆発・臨界・冷却機能喪失等の事故発生を防止するうえで必須の施設**
  - ⇒ **耐震クラスはSとする。**

### 重大事故等対処施設・設備

- 重大事故に至るおそれのある事象、又は重大事故に対処するための機能を有する施設・設備

## <三重の閉じ込め機能>



24 ■

- 機器、セル等および建屋の三重の物理的バリアの確保
- それぞれ、浄化機能及び排気機能を有した排気設備の確保

## <重大事故等対処対象事象>

### 選定条件

- 敷地周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5mSvを超えるおそれがある事故事象
- 臨界事故

### 選定結果

項目	事象
臨界事故	①溶解槽における臨界
	②Puを含む溶液の誤移送による臨界
放射性廃棄物の冷却機能喪失	③冷却機能の喪失による蒸発乾固
水素爆発	④放射線分解により発生する水素の爆発
有機溶媒火災又は爆発	⑤Pu精製設備のセル内での有機溶媒火災
使用済み燃料の損傷	⑥燃料貯蔵プール内の使用済み燃料体損傷
放射性物質の漏えい	⑦高レベル廃液貯蔵設備配管からセルへの漏えい

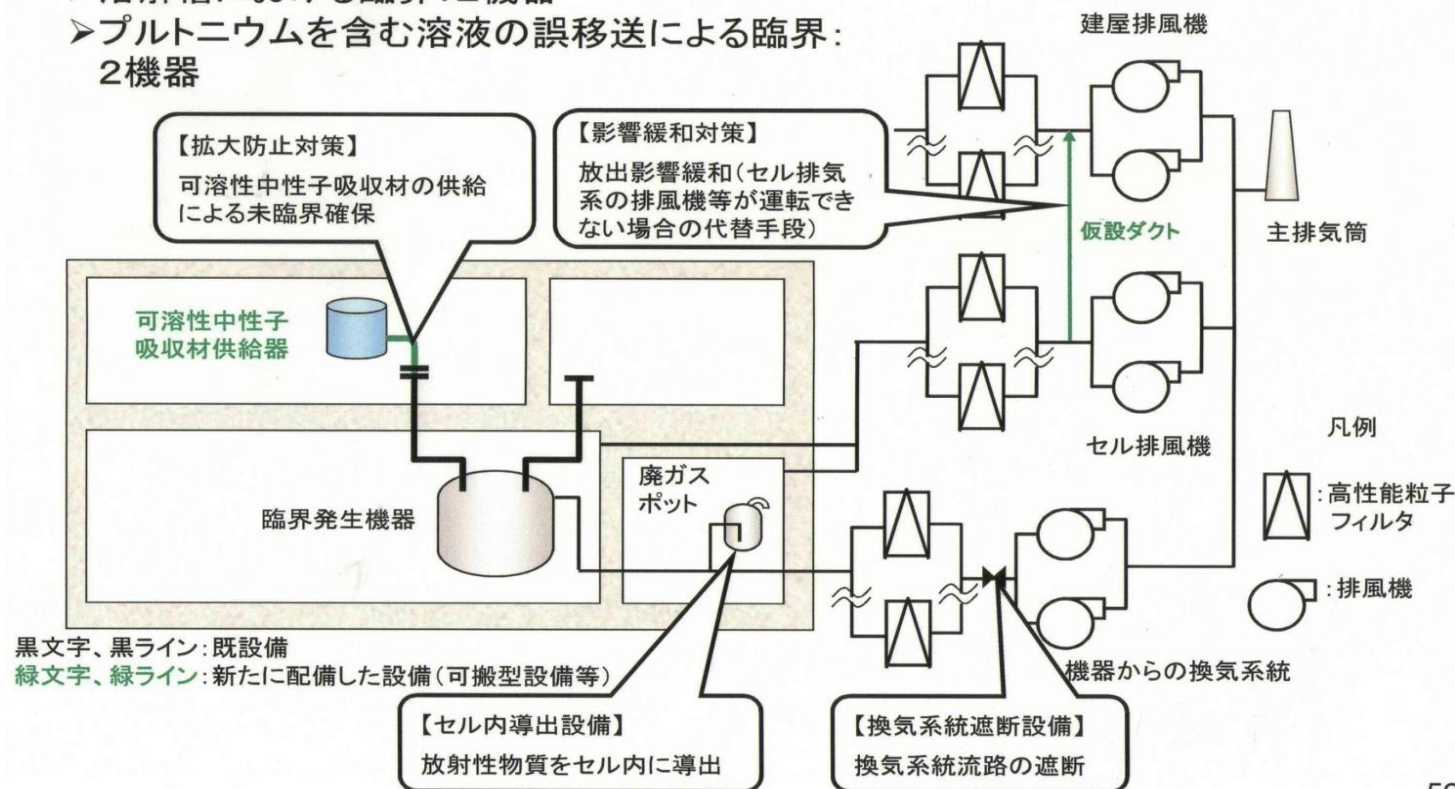
原燃： 約580件の事象を抽出し、評価・選定したと

## <重大事故等対処施設 ～臨界事故拡大防止(事象①、②)>

- (1) 未臨界確保対策 ⇒可溶性中性子吸収剤(硝酸ガドリニウム)の供給
- (2) 換気系統遮断及びセル内導出対策
- (3) 放出影響緩和対策 ⇒代替排気手段

### 【想定事象】

- 溶解槽における臨界: 2機器
- プルトニウムを含む溶液の誤移送による臨界: 2機器

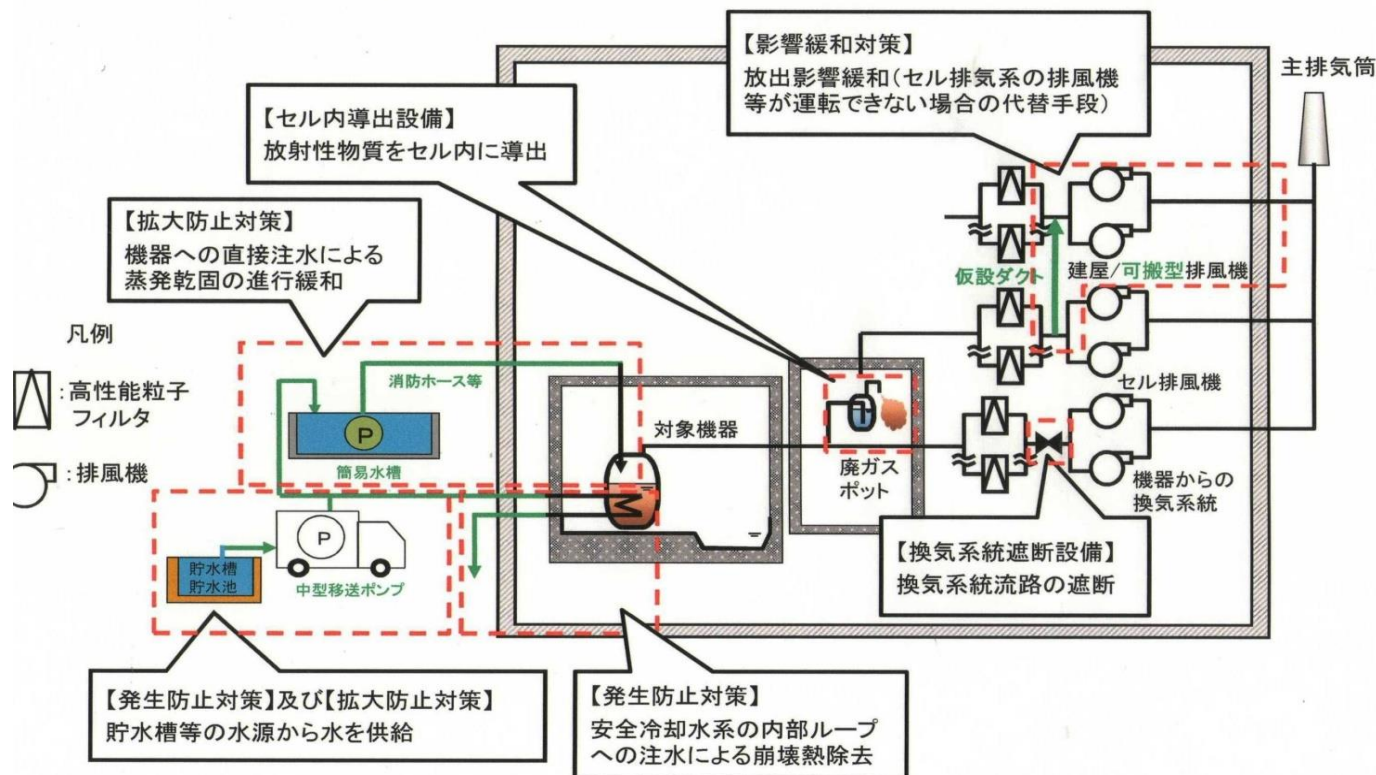


<出典:原燃資料② P56>



## <重大事故等対処施設 ～高レベル廃液蒸発乾固への対処(事象③)>

- (1) 冷却機能のバックアップ ⇒冷却管への直接注水
- (2) 換気系統遮断およびセル内導出対策
- (3) 蒸発乾固進行緩和対策 ⇒希釈剤注入  
⇒ルテニウムの乾固抑制剤(シヨ糖)の投入

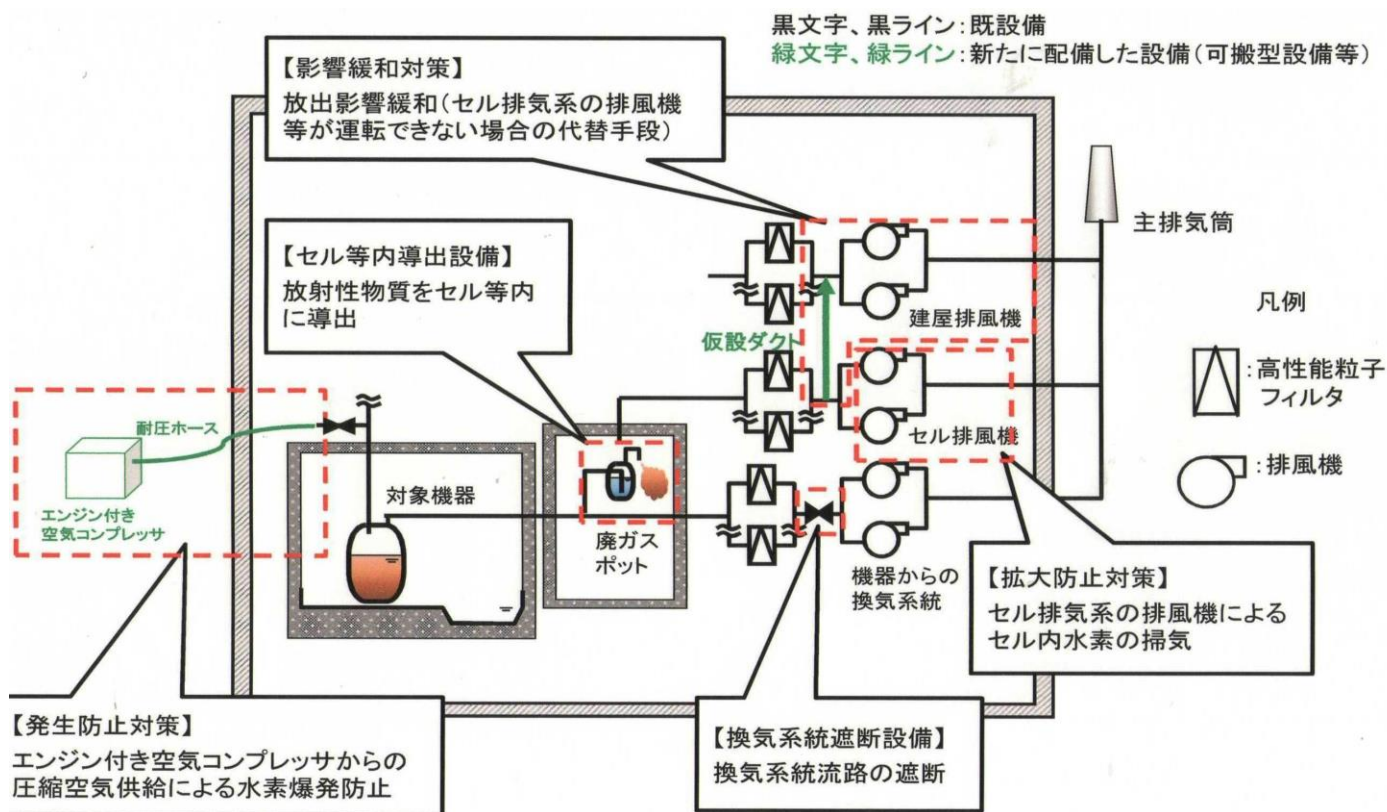


<出典:原燃資料② P59>

黒文字、黒ライン: 既設備  
緑文字、緑ライン: 新たに配備した設備(可搬型設備等) 59

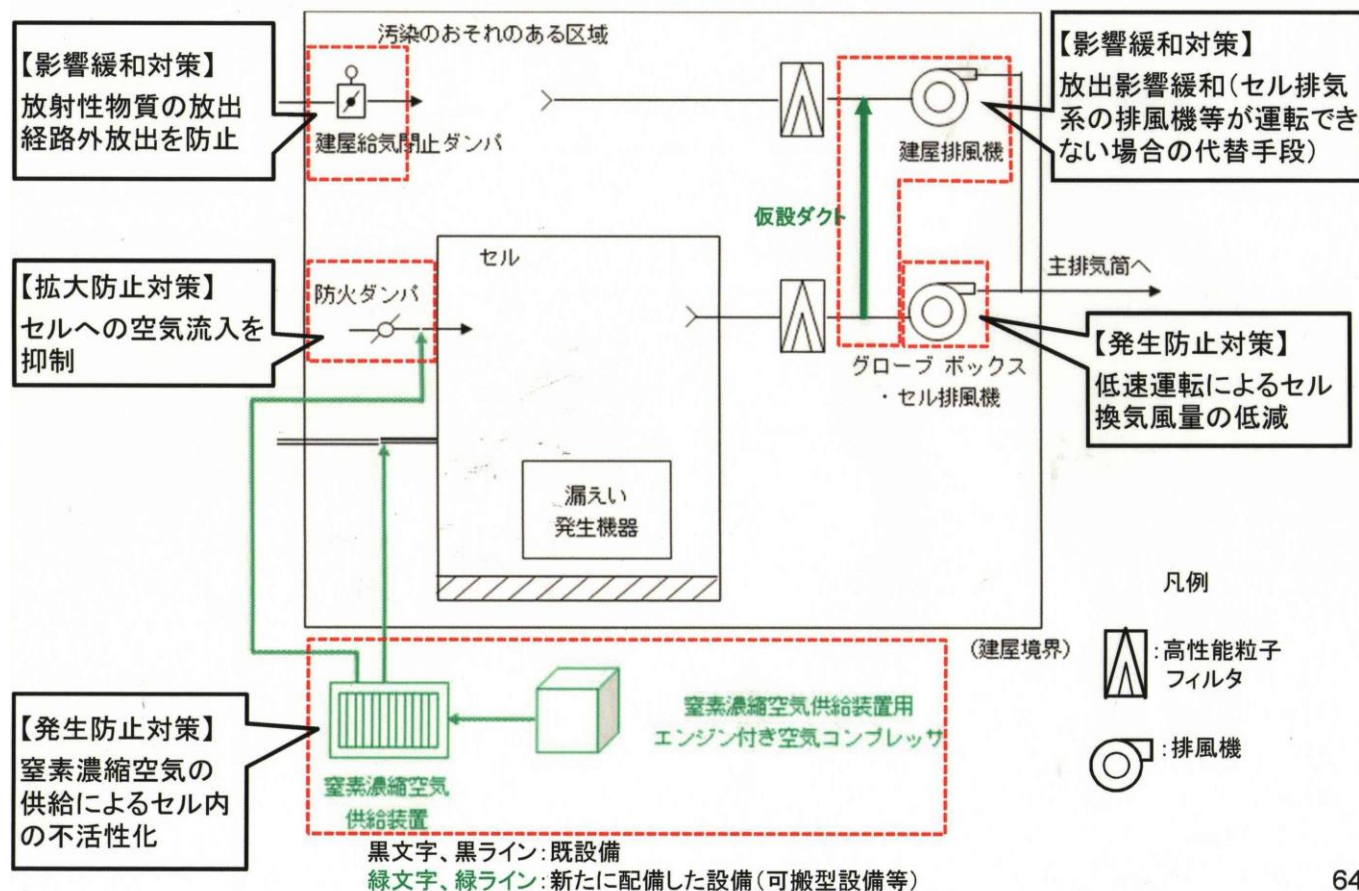
## <重大事故等対処施設 ～水素爆発への対処(事象④)>

- (1) 放射線分解による発生水素爆発未然防止策 ⇒圧縮空気による掃気
- (2) 水素爆発時における換気系統遮断及びセル内導出対策
- (3) 放出影響緩和対策 ⇒代替排気手段



## <重大事故等対処施設 ～有機溶媒火災・爆発への対処(事象⑤)>

- (1) 火災未然防止策 ⇒ 圧縮空窒素の供給
- (2) 火災収束対策 ⇒ 防火ダンパの閉止による空気流入抑制



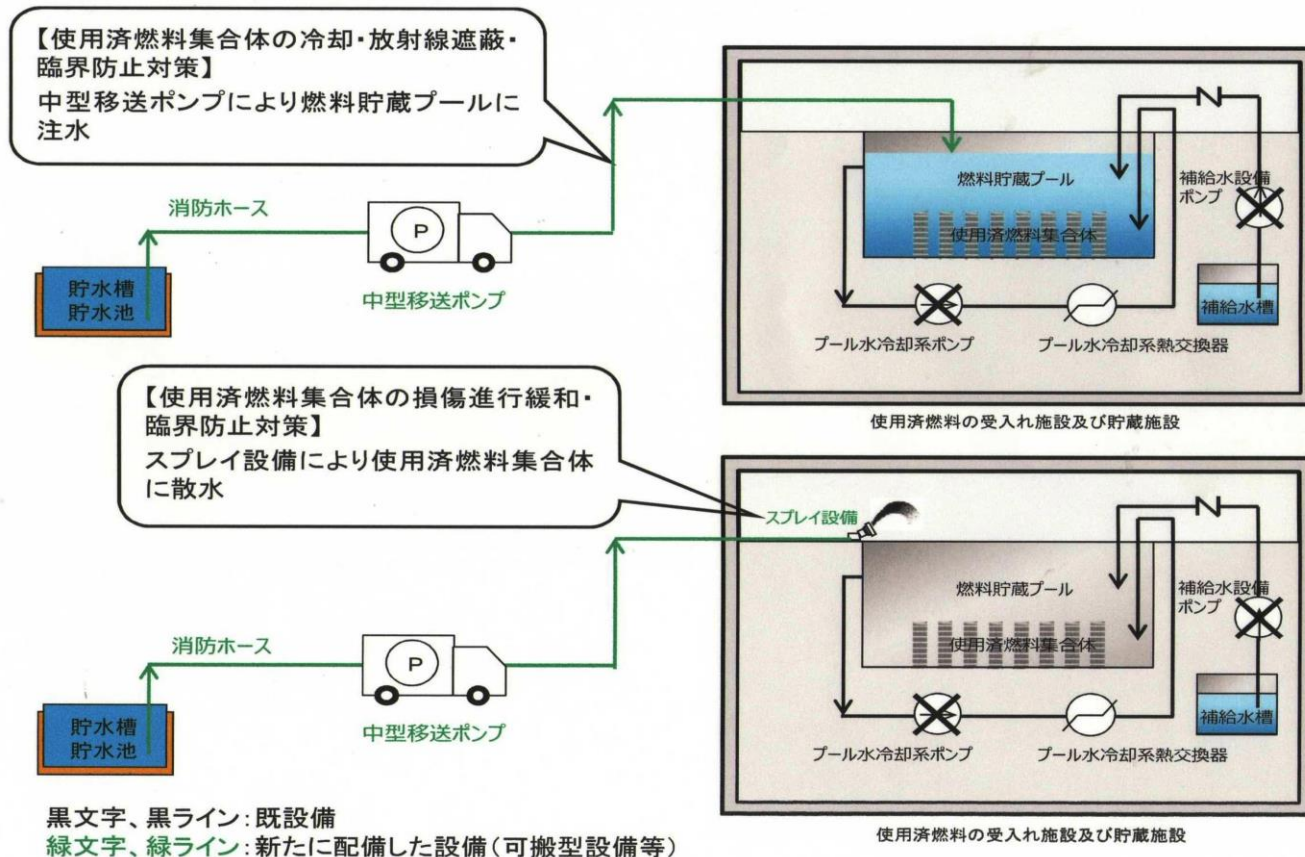


# <重大事故等対処施設 ～使用済み燃料プール冷却(事象⑥)>

(1) 冷却・遮蔽・臨界防止策 ⇒中型移送ポンプによるプールへの注水

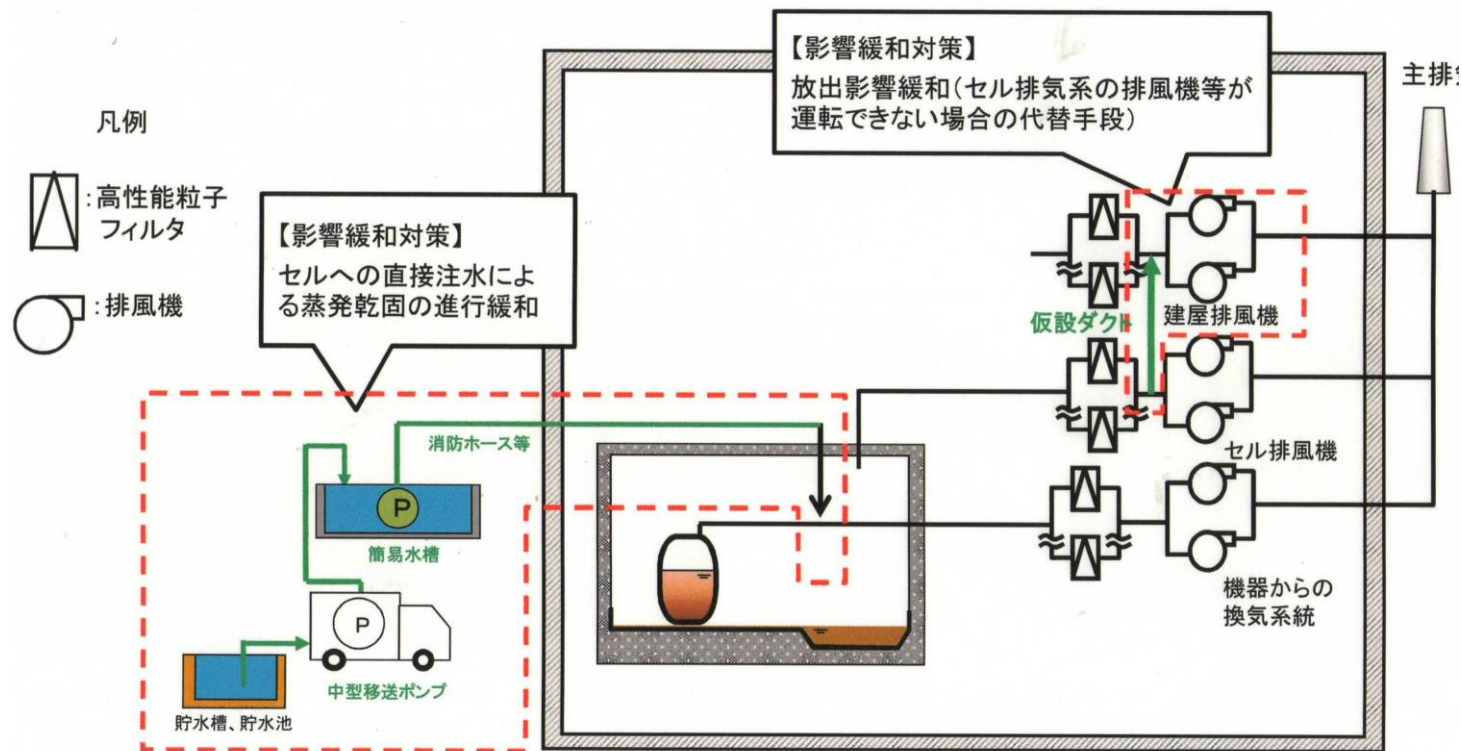
(2) 燃料集合体の損傷侵攻緩和策

⇒中型移送ポンプによる注水及びスプレイ設備による散水



## <重大事故等対処施設 ～放射性物質の漏えいへの対処事象⑦)>

- (1) 放出による影響の緩和策  
⇒ 中型移送ポンプ、水中ポンプ等による漏えいが発生したセルへの注水
- (2) 放出影響緩和対策 ⇒ 代替排気手段



<出典:原燃資料② P68>

黒文字、黒ライン: 既設備  
緑文字、緑ライン: 新たに配備した設備(可搬型設備等)

## <重大事故等対処施設 ～有効性の評価>

対策の結果としての放出放射能量

事象	放出量(TBq)
①溶解槽における臨界	$2.6 \times 10^{-1}$
②Puを含む溶液の誤移送による臨界	1.5
③冷却機能の喪失による蒸発乾固	$1.2 \times 10^{-1}$ (*)
④放射線分解により発生する水素の爆発	$3.8 \times 10^{-1}$
⑤Pu精製設備のセル内での有機溶媒火災	$4.0 \times 10^{-2}$
⑦高レベル廃液貯蔵設備配管からセルへの漏えい	$6.0 \times 10^{-1}$
長時間の全交流電源喪失等による事象の重畳	5.3

<出典:原燃資料② P73>

放出量(TBq)はCs-137換算値

(\*) 2015.2.4補正書にて1.5 TBq ⇒ 0.12 TBqに修正

原燃: いずれの事象による放出量も、判断基準である100TBqに対して十分に小さく、異常な水準の放出を防止できることを確認した。

# 3. 重大事故対策の問題点 ～具体例

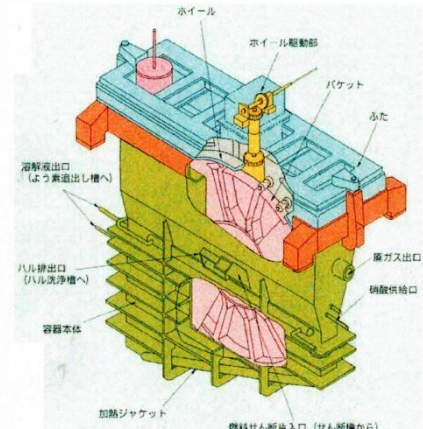
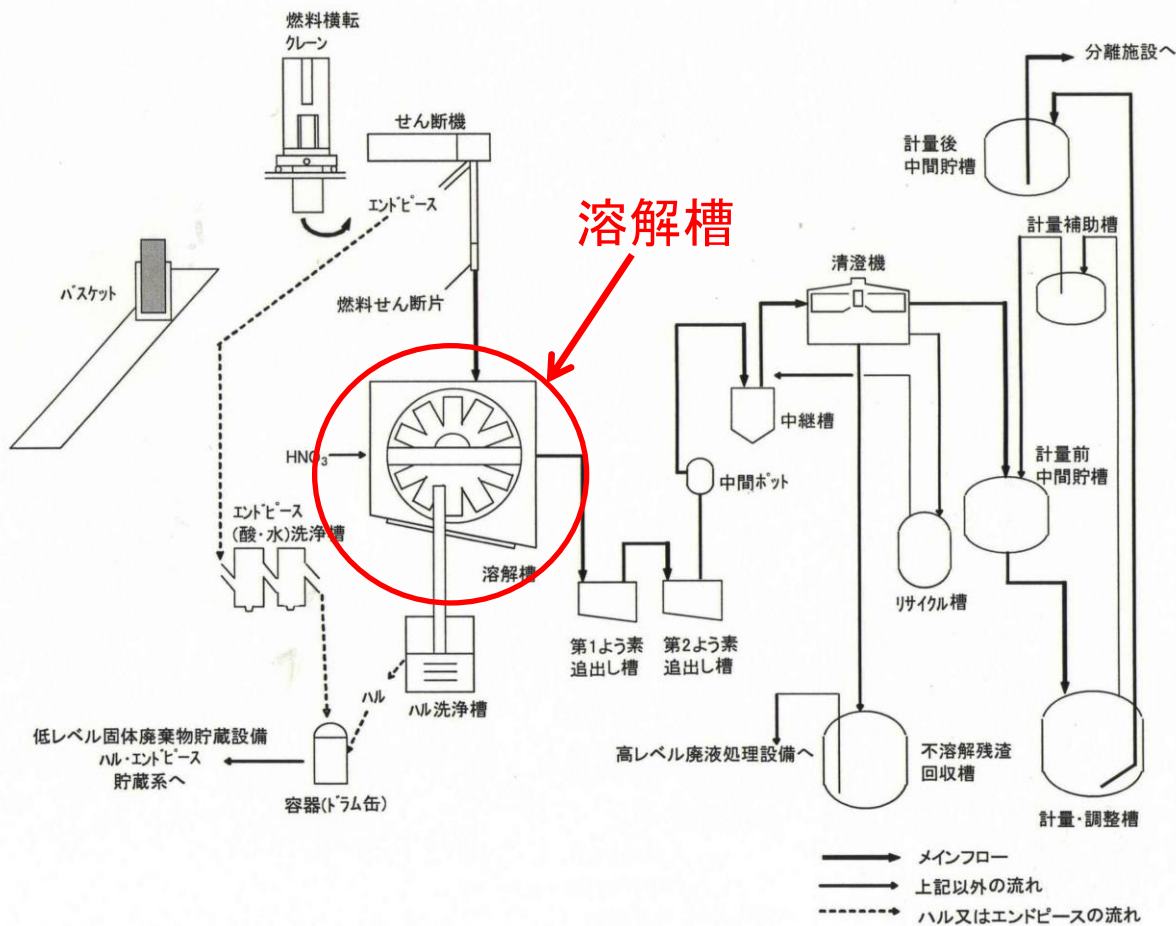
3.1 溶解槽臨界対策の例

3.2 高レベル濃縮液沸騰対策の例

3.3 建屋換気の例

### 3.1 溶解槽臨界対策の例

## <せん断・溶解工程>



溶解槽



### <JCO臨界事故を振り返る>

- 発生日時: 1999年9月30日午前10時35分頃
- 事故原因: 濃縮度18.8%のウランの硝酸に溶かす作業中、制限量を超えるウランを投入
- 臨界継続時間: 約20時間
- 被ばく被害  
死亡作業員 2名(被ばく量は16-20 Svと6-10 Sv)  
長期入院作業員 1名(1-4.5 Sv)  
搬送救急隊員等 6名(50m Sv以上)  
周辺住民 207名被ばく  
認定被ばく者総数 667名
- 避難  
500m以内 避難勧告  
10km以内 屋内退避呼びかけ

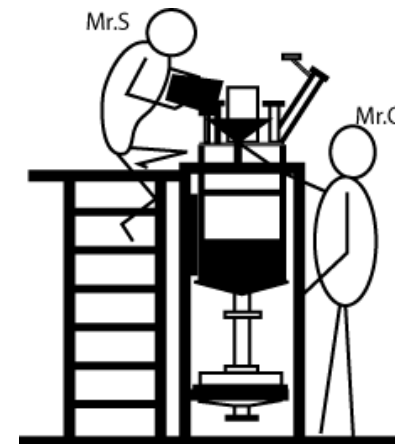


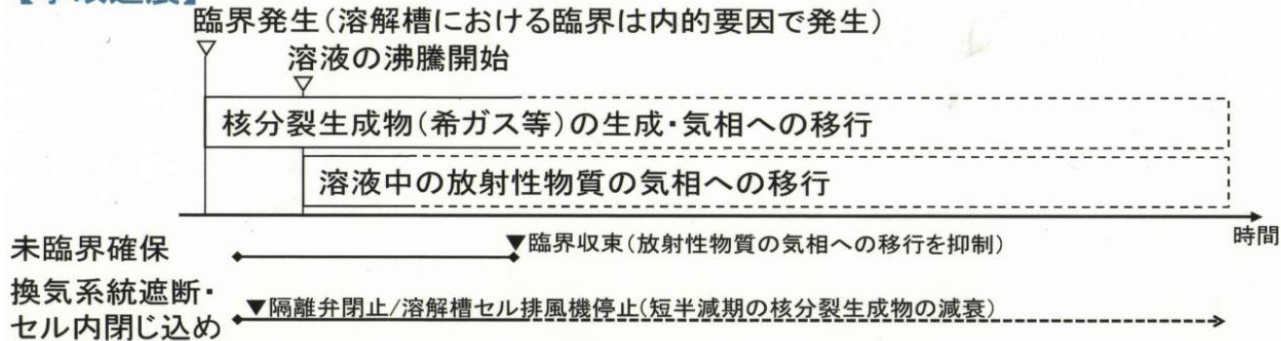
図2 事故時の作業の様子  
(「JCO臨界事故患者の  
初期治療」より)

### 3.1 溶解槽臨界対策の例

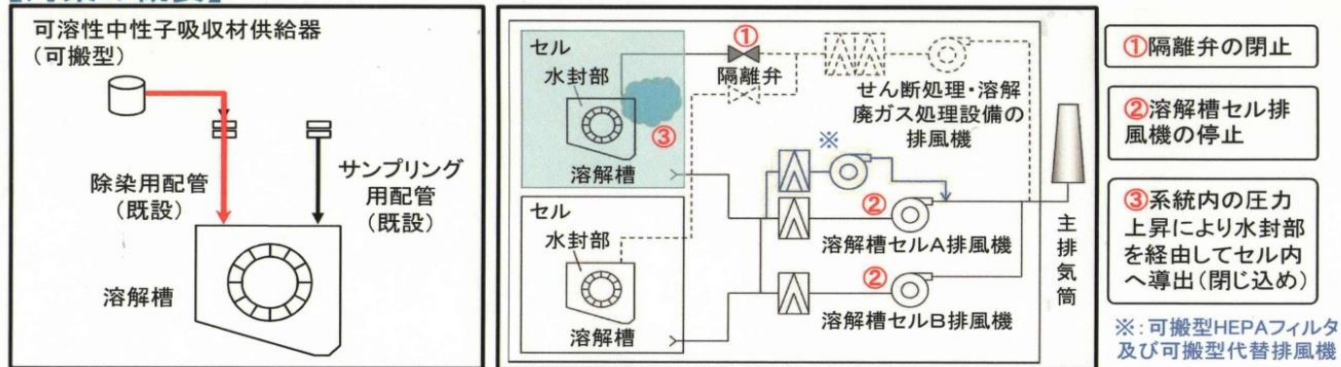
#### <事故進展と対策>

- ⇒ 可溶性中性子吸収剤による臨界の停止
- ⇒ 放射性物質(溶液中+核分裂生成)の気相への移行
- ⇒ セル内導出と閉じ込め、更には建屋内滞留
- ⇒ 施設外排気はHEPAフィルターにて可能な限り除去

#### 【事故進展】



#### 【対策の概要】



拡大防止対策(未臨界確保措置)の概要

異常な水準の放出防止対策(換気系統遮断・セル内閉じ込め)の概要



### <対策の有効性と評価>

#### 評価結果

⇒ 放出量は0.26 TBq < 100 TBq(判断基準)

#### 評価の前提

- ⇒ 臨界の発生後から35分後に、可溶性中性子吸収剤の供給により溶解槽は未臨界状態となる。
- ⇒ 全核分裂数:  $10^{20}$  (事故規模を踏まえた想定)
- ⇒ 解析コード: JACS
- ⇒ セル、排気系統、建屋内でのエアロゾル凝集・沈着効果は考慮せず
- ⇒ HEPAフィルタ除去効率: 99.9 -> 95% に低下(蒸気雰囲気を考慮)

### <疑問と問題点>

#### (1) 中性子線の影響評価は？

⇒ 臨界事故において、最優先的に評価されるべきは中性子線を含む放射線の強度と、それが敷地内従業員と近隣住民に与える影響

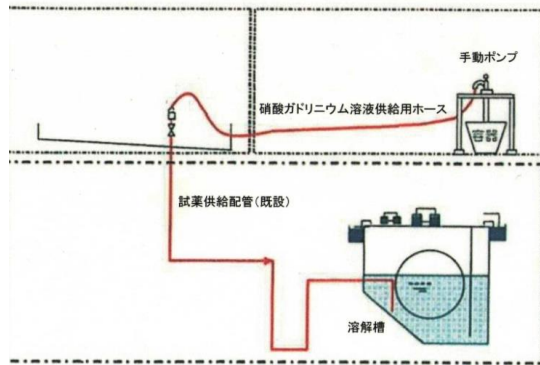
#### (2) 手動操作による臨界停止作業の困難性

⇒ 臨界環境下、別室からの手動によるポンプの接続と可溶性中性子吸収剤の供給という原始的作業への疑問(35分以内完了!?)

⇒ 放射線環境 0.01 – 11 mSv/hという評価の妥当性(P26参照)

・臨界初期(バースト部～激しい臨界)の考慮？

・臨界計算コード JACSの信頼性に疑問 (原告準備書面(72)参照)



<出典:原燃資料① P58>

(臨界非常時の手動操作)

<出典:原燃資料④ P81>

### <疑問と問題点～続き>

#### (3) 換気切替え時の作業室内環境

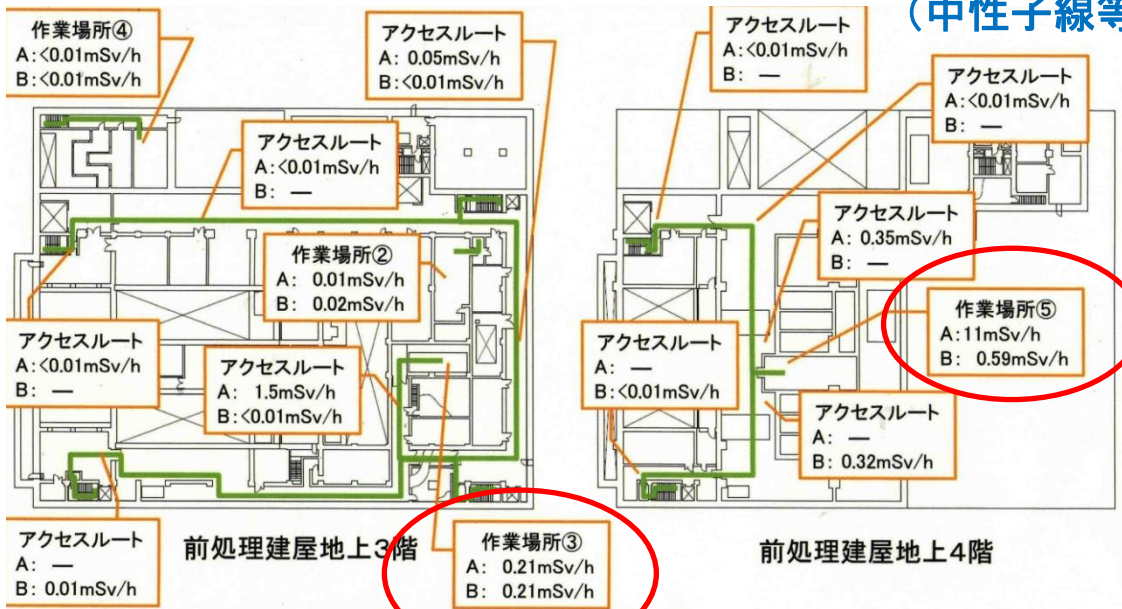
- ⇒ 換気切替えにより、作業室側への放射性ガス逆流
  - ・水シール(185mm)は通常運転時の臨界槽負圧維持が目的
  - ・臨界事故時は可溶性中性子吸収剤供給配管を通じて、作業室内に噴出した放射性物質が充満
- ⇒ 放射性物質のセル、あるいは建屋内拡散の場合、各室、廊下等の完全気密性に期待は出来ず、作業場所が汚染

### 3.1 溶解槽臨界対策の例

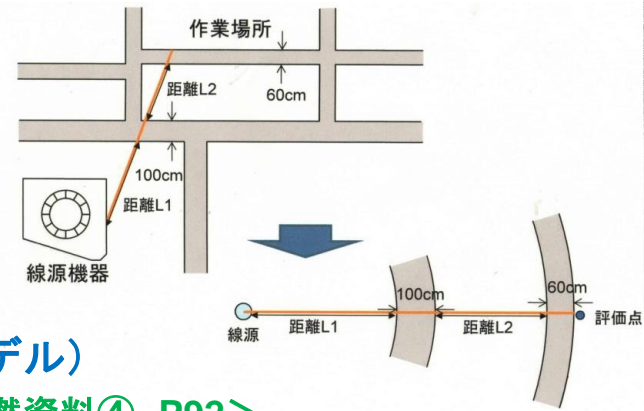
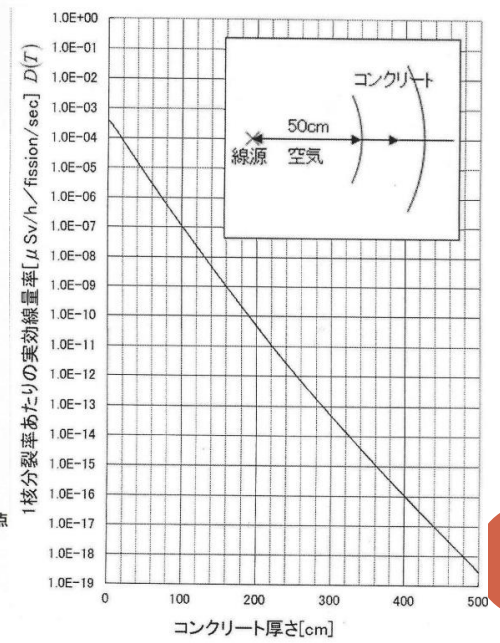
## <原燃による作業環境評価>

(中性子線等による予想空間線量)

<出典:原燃資料④ P33>



(減衰曲線)  
コンクリート厚みvs.線量率  
100cmで約1/2000  
<出典:原燃資料④ P90>

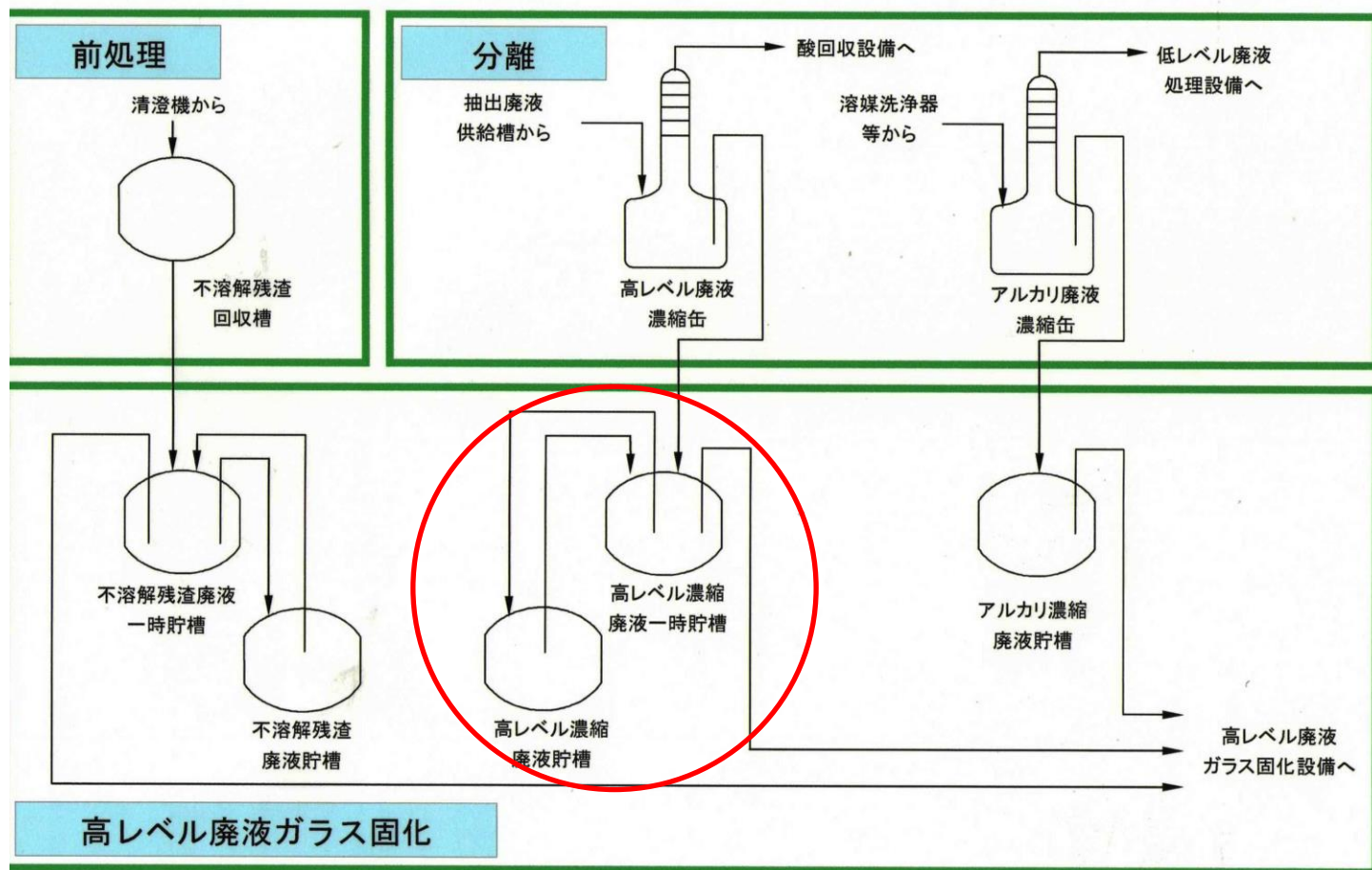


(モデル)

<出典:原燃資料④ P92>

## 3.2 高レベル濃縮液沸騰対策の例

### <高レベル廃液処理工程>

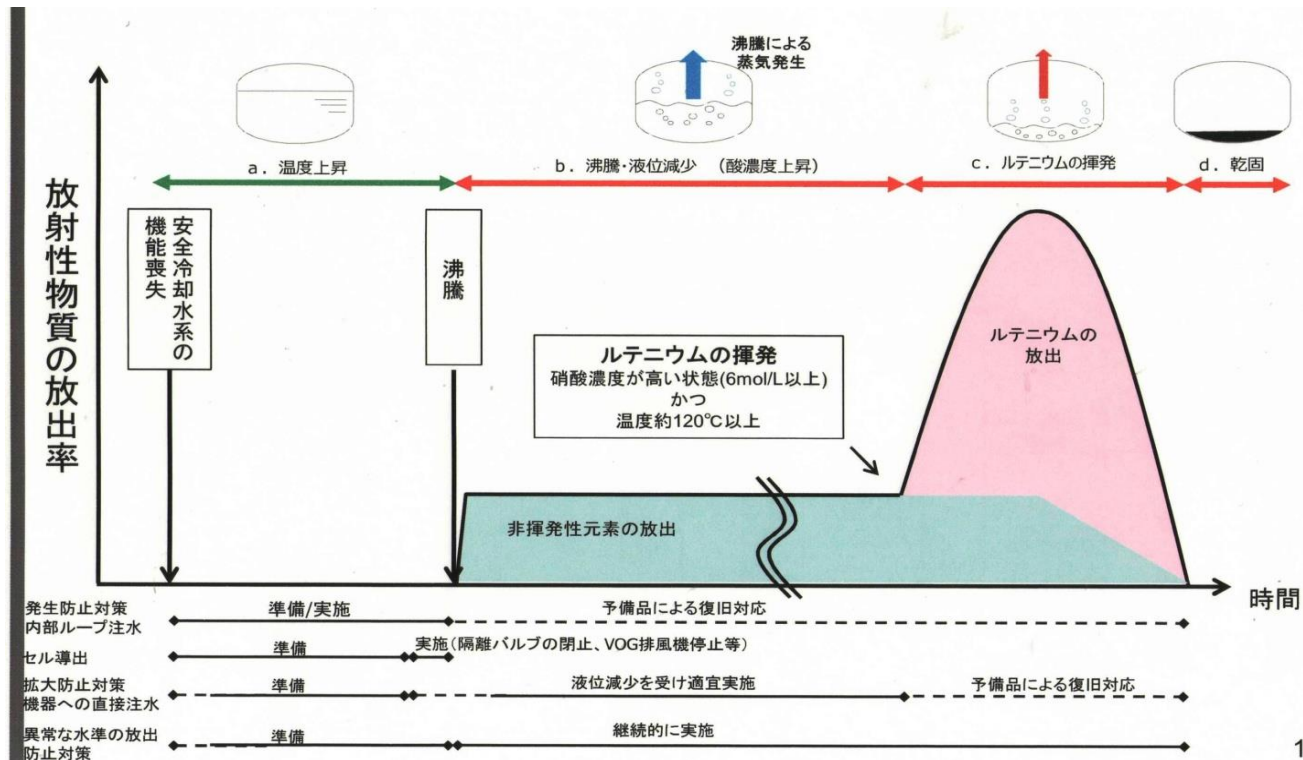




## 3.2 高レベル濃縮液沸騰対策の例

### <事故進展と対策>

- ⇒ 冷却機能の喪失による昇温と沸騰の開始、放射性物質の気相への移行
- ⇒ 換気切替えによるセルへの導出 (P13参照)、セル内凝集・沈着を図る。
- ⇒ 更に進展した場合は建屋内への拡散と建屋内排気系の利用
- ⇒ ルテニウムの揮発・放出、最終的には蒸発乾固に至る。
- ⇒ 施設外排気はHEPAフィルターにて放射性物質を可能な限り除去



<出典:原燃資料③ P17>

### <対策の有効性と評価>

#### 評価結果

⇒ 放出量は1.5 ⇒ **0.12** TBq < 100 TBq(判断基準)

#### 評価の前提

- ⇒ 冷却機能の喪失後6時間で可搬型ポンプによる注水が可能ゆえ蒸発乾固の発生防止は可能だが、**評価と対策は沸騰継続を仮定**
- ⇒ 溶解槽臨界事故と比べた条件の差異  
(数値の変更は**2015.2.4補正書**によるもの)

	溶解槽臨界	濃縮液沸騰
気相部への移行	ルテニウム 0.1% その他 0.05%	0.01% ⇒ <b>0.005%</b>
エアロゾルのセル、ダクト内沈着率	考慮せず	98% ⇒ <b>99%</b>
HEPAフィルタ除去効率	95%	99%

- ⇒ ショ糖水注入によりルテニウムの揮発を抑制し、放出量を1/100以下に低減？  
(H26.1.17「第1回審査会合」原燃資料1、P25による。しかしながら、事業許可変更申請諸添付八には記載なし。上記数値への反映は不明)



### <疑問と問題点>

#### (1) 手動操作によるシヨ糖注入(ルテニウム蒸発抑制)作業の困難性

⇒ 換気のセル内、更には建屋内への切り替え後は、アクセスルートならびに作業室内には放射性物質が拡散し、作業は困難(線量評価不明)

#### (2) 揮発性ルテニウムの補足

⇒ HEPAフィルターでの補足は不可能

⇒ フローシートには常時運転対策仕様の吸収塔、ルテニウム吸着塔は存在するが、重大事故時を想定したものではない。

⇒ 原発に要求されている水封式ベントフィルタの設置を要考慮

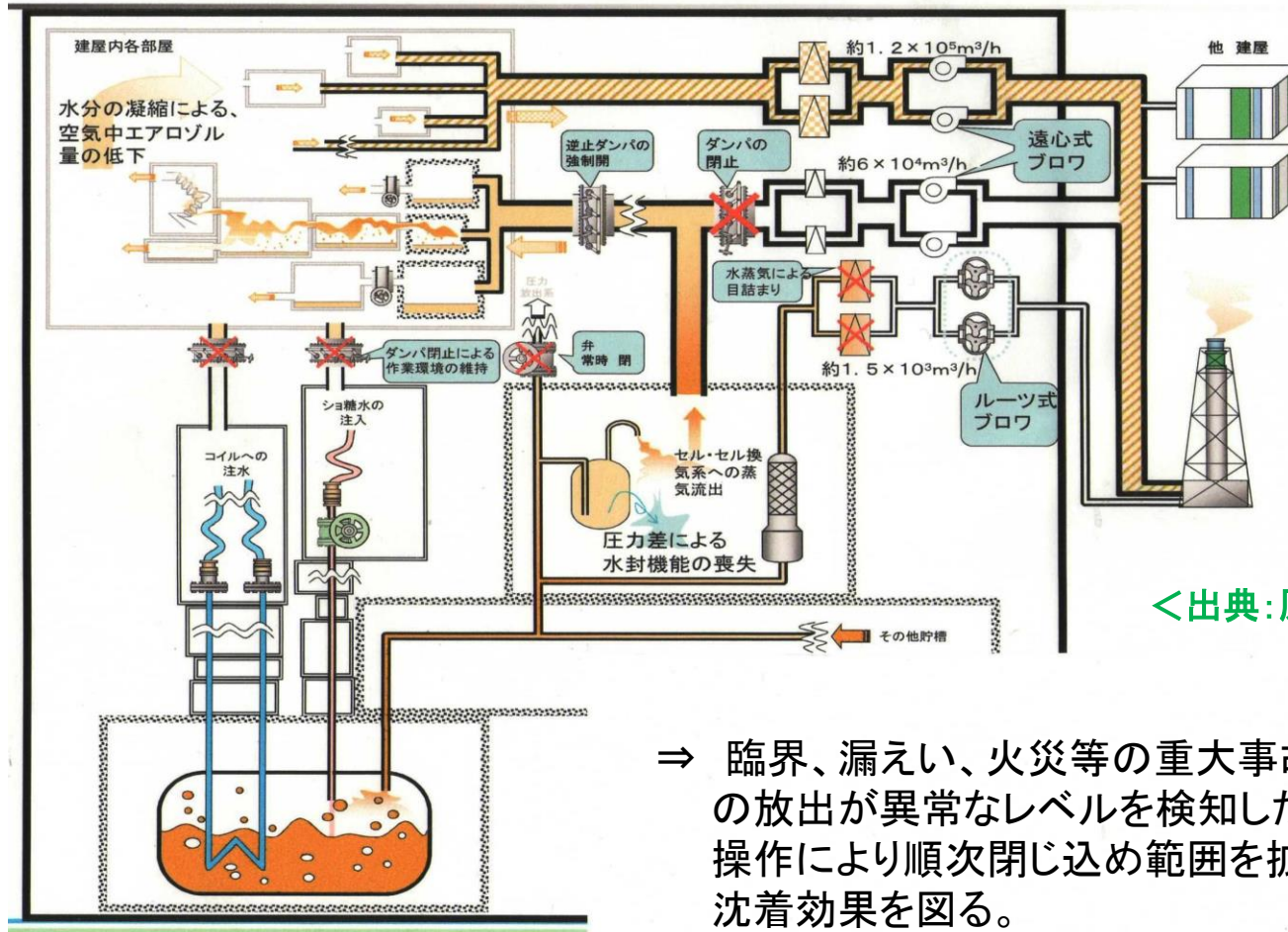
#### (3) 蒸発乾固後の評価が欠落

⇒ 乾固物の挙動は？

- ・福島第一のデブリと同様、貯蔵容器や床コンクリートが破損される懸念
- ・原燃側には予測シナリオも対策もなし

### 3.3 建屋換気の例

#### <機器・セル・建屋内換気切替えの手順>



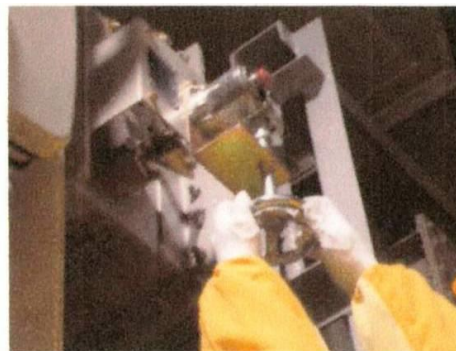
<出典:原燃資料① P38>

- ⇒ 臨界、漏えい、火災等の重大事故時、主排気塔からの放出が異常なレベルを検知した場合、換気系統の操作により順次閉じ込め範囲を拡大し、滞留、冷却、沈着効果を図る。
- ⇒ 関連機器の耐震クラスSクラスへの格上げ
- ⇒ ダンパ等の操作は**手動**

#### <疑問と問題点>

##### (1) 排気を止められた機器、セル、建屋内は正圧となる。

- ⇒ 建屋内ドア、配管、ケーブル、ダクト等貫通部のすき間を通じて建屋内各室、廊下等は著しい汚染により、作業環境が悪化
- ⇒ 建屋内は加えて、硝酸雰囲気となり、ケーブルや計器類の腐食トラブルが発生
- ⇒ やがて、放射性物質は建屋外にも拡散し、周辺の屋外作業環境が悪化
- ⇒ 主排気塔を共用する別建屋を汚染する可能性(例:福島第一、4号機SFPの水素爆発)
- ⇒ HEPAフィルタエレメントの交換作業も困難となり(ダクト内汚染と作業室内汚染)、放射性物質捕捉手段の喪失



(換気切替え時のダンパ開閉操作)

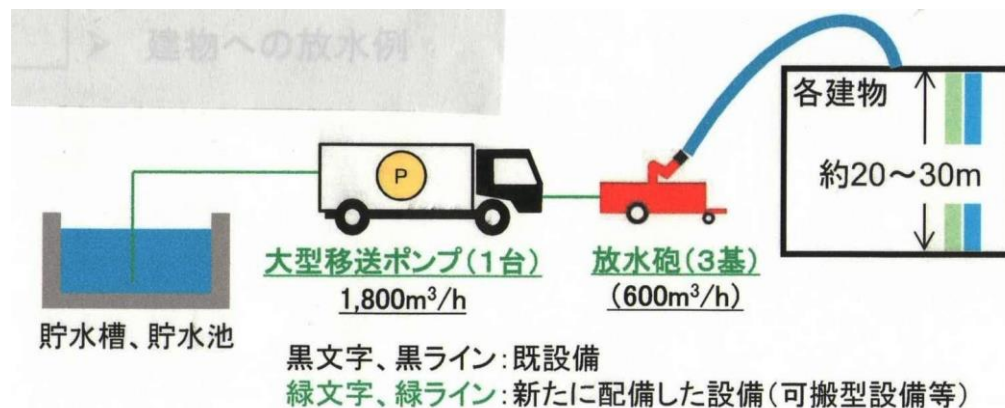
<出典:原燃資料④ P60>

## <疑問と問題点 ～続き>

### (2) 放水による対策という茶番

**原燃案**：重大事故時、建屋からの放射性物質の工場外への放出を抑制するために、建物周囲に可搬型の放水砲および可動式大型ポンプを配置（下図参照）

- ⇒ 建屋からの漏えい放射能は目視が可能か？（特に夜間）
- ⇒ 放水により大量に発生する汚染排水の処理設備が考慮されていない。
  - ・原燃は、吸水ポリマーを用意するとのこと
  - ・数千m<sup>3</sup>以上のピットが必要となるだろう
  - ・福島汚染水問題の教訓を真摯に受け取るべき



<出典：原燃資料② P74>

# 4. 重大事故対策の 様々な欠陥

## <重大事故対策 ～様々な欠陥、問題点>

### (1) 「安全」よりも「コスト」を優先

原燃の基本的な考え方(原燃資料② P3):

「今回の変更申請の最大の目的は、仮に重大事故が起こっても、公衆を放射線被ばくのリスクから守ることである。」

⇒ 実際に貫かれているのはALARA(\*1)の思想

(Ss=450 → 600ガルに引き上げ、しかし、躯体や機器の構造は不変)

(\*1) As Low as Reasonably Achievable

### (2) 食い潰された安全余裕

2012.4.27ストレステスト報告書による耐震裕度

⇒ 1.54 ~ 1.74 (溶液沸騰防止に係わる設備類)

Ss 450 x 1.54 = 693 ガル

⇒ 新Ssに引き直すと、693/600 = 1.15

**Ssのたった1.15倍の地震が襲うと重大事故に陥る**

### (3) 困難な根本的対策・改造

⇒ すでに実施されたアクティブ試験により、機器やセル内は高度に汚染されており、根本的な対策・改造は困難



#### (4) 新規制基準への評価(2015.4.14 高浜仮処分決定文より)

- ⇒ 「新規制基準に求められるべきは、基準に適合すれば深刻な災害を引き起こすおそれが万が一にもないといえるような厳格な内容を備えているべきである。」
- ⇒ 「しかるに、新規制基準は緩やかにすぎ、これに合格しても(本件原発の)安全性は確保されていない。」

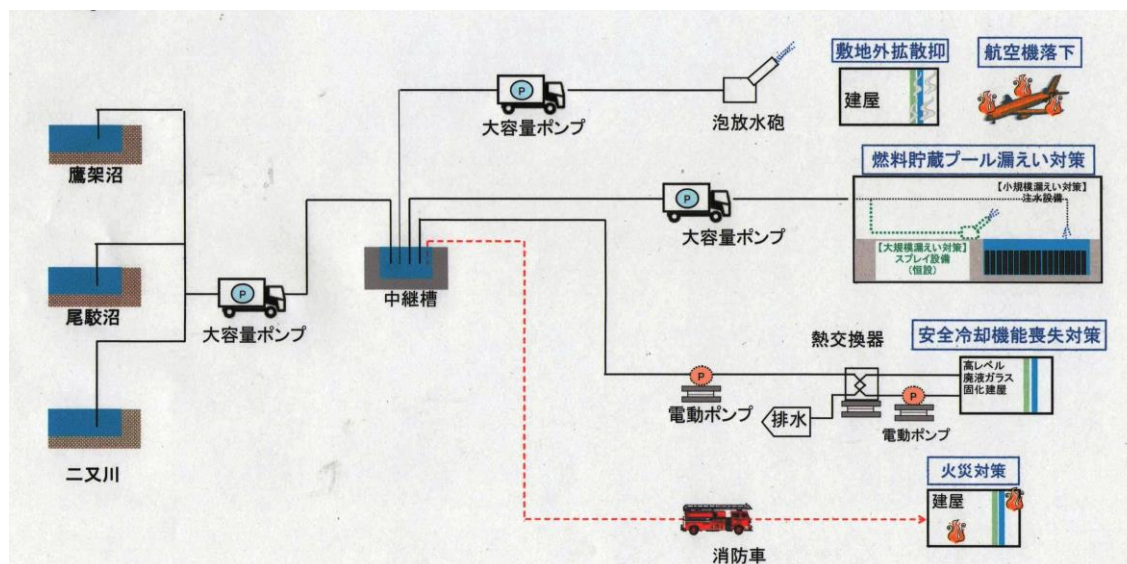
#### (5) 放射能放出量の緩和はHEPAフィルタに全面的に依存

- ⇒ 建屋内汚染時のダンパ操作、エレメント交換作業の困難性  
(作業員に被ばく労働を強制)
- ⇒ 爆発事故による圧力波には耐えられない(1997.3.11東海村アスファルト  
固化設備での火災・爆発事故で換気系ダクトとフィルタは破損)
- ⇒ 非常用の水封式ベントフィルター、ルテニウム吸着塔、巨大バッファータンク等の設置を検討をすべき。



## (6) 可搬式設備による対策の実効性

- ⇒ 自然災害(地震、豪雪、噴火等)が起因事象の場合、アクセス、機材運搬、復旧作業、要員確保、等々が困難
- ⇒ 最終ヒートシンク(尾駮沼、二俣川)からの水移送はスムーズに可能か？  
(水源～ポンプ車～消防ホース～貯水槽～消防ホース～)



<出典:原燃資料① P79>

## (7) 作業員による対策実行の困難性

- ⇒ 巨大自然災害時や夜間の指揮命令系統に不安
- ⇒ 同時進行時の事象把握が困難
- ⇒ 汚染により現場への立入りが困難、不具合とその原因把握が困難

## **(8) ぜい弱な電源**

- ⇒ 地震に弱い外部電源設備(3・11地震で福島第一外部鉄塔が倒壊)
- ⇒ ぜい弱な施設内電源設備  
原発のストレステストで判明 :  $1.6 \sim 1.8 \times S_s$ で制御盤、分電盤、  
充電器盤等が破損しクリフエッジ(炉心損傷)に至る

## **(9) 不安の残る計測機器**

- ⇒ 過酷事故の環境条件下で機能不全に陥る可能性大
  - ・福島事故では故障の続出
- ⇒ 原燃の対策: パラメーターを推定できる可搬型設備の用意
  - ・検出器側の破損には対処できない
  - ・重大事故時に計測対象近傍に接近するのは困難

- ◆ 原燃の重大事故対策は「成功パス」のみを記述
- ◆ 本当の恐ろしさはまだ隠されている？

# 再処理施設を廃止に追い込み 核燃サイクルを断念させよう！



**END**