

重大事故等への対処と設備－蒸発乾固－

Countermeasures and facilities for the severe accident
-evaporation to dryness-

日本原燃株式会社	瀬川 智史	Satoshi SEGAWA
日本原燃株式会社	川村 慎	Shin KAWAMURA
日本原燃株式会社	齋藤 義鷹	Yoshitaka SAITOU
日本原燃株式会社	有澤 潤	Jun ARISAWA
日本原燃株式会社	大橋 誠和	Akikazu OOHASHI

Abstract

The evaporation to dryness due to the loss of cooling functions is an event that leads to boiling and dryness if the cooling function to remove decay heat of solution is lost. We will prepare three type countermeasures against evaporation to dryness. The first measure is to prevent the evaporation to dryness. This is the countermeasure for restoring the cooling function and to stabilize the situation. The second measure is to prevent of escalation. This is the countermeasure to prevent solution from entering from boiling to dryness by injecting water. The third measure is to prevent a significant release of radioactive materials. This is the countermeasure to remove emitted radioactive materials as much as possible and suppress release to the outside.

In this paper, we will present an outline of these measures for the evaporation to dryness.

Keywords: reprocessing plant, sever accident, evaporation to dryness, accident management, priority classification

1. 蒸発乾固の特徴

六ヶ所再処理施設は、青森県六ヶ所村に位置している。再処理施設は、使用済燃料をせん断・溶解し、溶解液からウラン及びプルトニウムを分離・精製した後、製品となるMOX粉末を製造する工程、および、ウラン及びプルトニウム以外の核分裂生成物をガラス固化する工程から構成される（図1参照）。こうした工程の特徴から、再処理施設において扱う放射性物質は、広範な工程に分散して存在し、多種多様で、事故影響も様々な事故の発生が想定される。

使用済燃料をせん断・溶解し、MOX粉末又はガラス固化体を製造するまでの間は、放射性物質は硝酸に溶解された状態で存在し、その溶液は放射性物質が有する崩壊熱により発熱する。再処理施設では、これらの溶液を複数の貯槽に貯蔵しており、特に発熱量の大きい溶液を内包する貯槽には、溶液を冷却するための冷却コイル又は冷却ジャケットが備え付けられており、これにより常時水冷している。

連絡先: 瀬川 智史、〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所
大字尾駸字沖付4番地108、日本原燃、
E-mail: satoshi.segawa@jNFL.co.jp

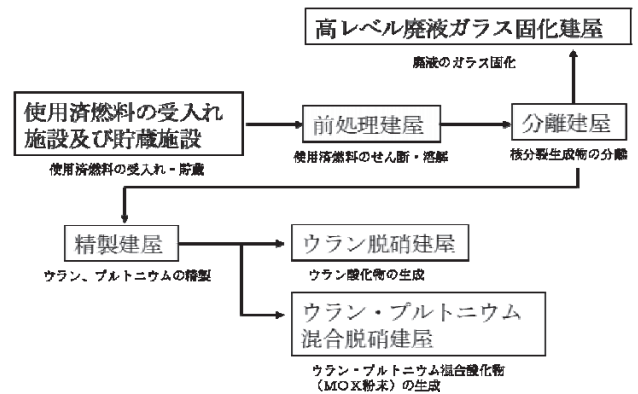


図1 再処理施設の主要な流れ図

この冷却機能が、地震、長時間の全交流動力電源の喪失又は冷却水を循環するためのポンプ等の動的機器の多重故障を原因として喪失し、代替する措置が講じられない場合には、貯槽に内包する溶液が有する崩壊熱により溶液の温度が上昇し、沸騰に至ることで、飛沫同伴により溶液に含まれる放射性物質が放射性エアロゾルとして気相中に放出される。

さらに、沸騰が継続することで溶液中の硝酸濃度が上

昇し、かつ、溶液の温度が上昇すると、溶液中に含まれる核分裂生成物のルテニウムと硝酸の反応が促進され、ルテニウムが揮発性の化合物へ変化し、溶液からの放射性物質の放出量が増大する。

本稿では、上述の事象進展を辿る事象を「蒸発乾固」と呼ぶこととする。

2. 蒸発乾固への対処の基本方針

蒸発乾固への対処は、蒸発乾固の発生が想定される貯槽毎に、冷却機能の喪失から沸騰に至るまでの時間及び蒸発乾固発生時の環境への放射性物質の放出量を指標として重要度を設定し（表1参照）、重要度に応じた対処を整備する。具体的には重要度中に分類される貯槽に対しては、蒸発乾固の発生を未然に防止するための発生防止対策を、重要度高に分類される機器に対しては、発生防止対策の他、放射性物質の発生を抑制し、蒸発乾固の進行を緩和するための拡大防止対策及び放射性物質の放出による影響を緩和するための異常な水準の放出防止対策を整備する。

表1 重要度分類

事象進展の早さ	環境影響の大きさ	
	大きい (0.01TBq以上)	小さい (0.01TBq未満)
早い (7日以内)	重要度高	重要度低 (早)
遅い (7日を超えて1年以内)	重要度中	重要度低 (遅)
極めて遅い (1年を超える)	重要度低 (極遅)	重要度低 (極遅)

これらの対策に使用する設備は、再処理施設において発生が想定される重大事故が、原子力発電所において発生が想定される重大事故に比べて事象進展が緩やかであ

り、冷却機能の喪失から沸騰に至るまでの時間が最も短い貯槽で約11時間であること、地震等の外的事象に対する信頼性を考慮し、可搬型の設備を優先して整備する。

また、恒設設備を活用する場合は、これらを多重化する等の信頼性確保のための措置を講じる。

2.1 発生防止対策

冷却機能が喪失した場合には、蒸発乾固の発生を未然に防止するため、冷却コイル又は冷却ジャケットに冷却水を供給する配管（以下、本稿では「内部ループ」という。）に建屋の外部から注水し、蒸発乾固を想定する貯槽に内包する溶液を冷却する（図2、4参照）。

さらに、内部ループへの注水が実施できなかった場合においても、冷却コイル又は冷却ジャケットに建屋の外部から直接注水することにより、蒸発乾固の発生が想定される貯槽に内包する溶液を冷却する（図3、4参照）。

建屋の外部からの冷却水の供給に使用する設備は、可搬型のポンプ及びホースとし、対処に必要な個数の他、必要な予備を整備するとともに、これらが想定されるハザードに対して同時に損傷しないよう分散して保管する。

内部ループ、冷却コイル又は冷却ジャケット、水源の貯水槽等の恒設設備は、高い耐震性を確保するとともに多重化することで同時に機能喪失しない設計とする。

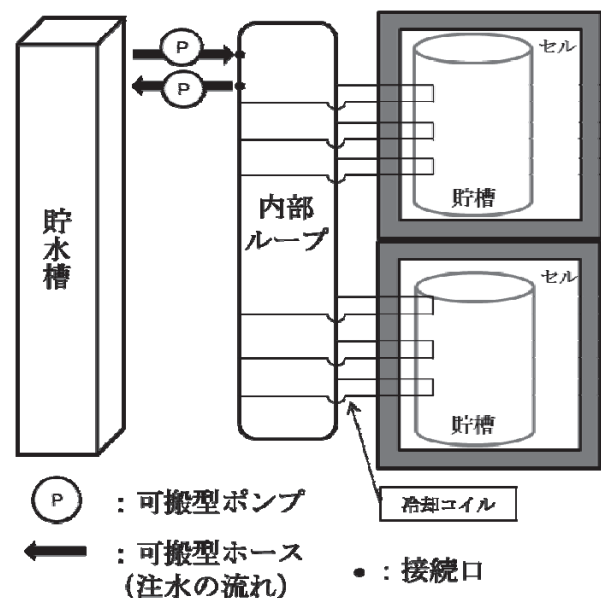


図2 発生防止対策概要図（内部ループ注水）

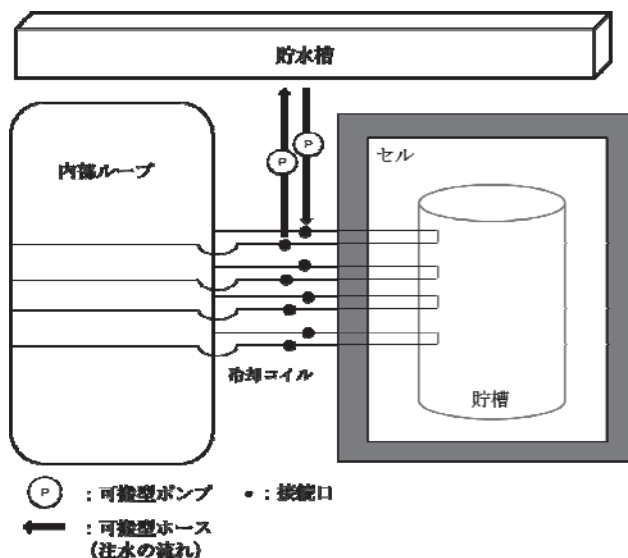


図3 発生防止対策概要図（冷却コイル注水）



温度計



可搬型ホース



流量計



接続器具

図4 発生防止対策設備イメージ

2.2 拡大防止対策

貯槽に内包する溶液が沸騰に至った場合には、貯槽の内部に建屋の外部から直接注水することにより（図5、6参照）、揮発性のルテニウムが気相中に大規模に放出されるのを抑制し、蒸発乾固の進行を緩和する。

建屋の外部からの希釈水の供給に使用する設備は、可搬型のポンプ及びホースとし、対処に必要な個数の他、必要な予備を整備するとともに、これらが想定されるハザードに対して同時に損傷しないよう分散して保管する。

機器への注水に使用する注水配管、水源の貯水槽等の恒設設備は、高い耐震性を確保するとともに多重化することで同時に機能喪失しない設計とする。

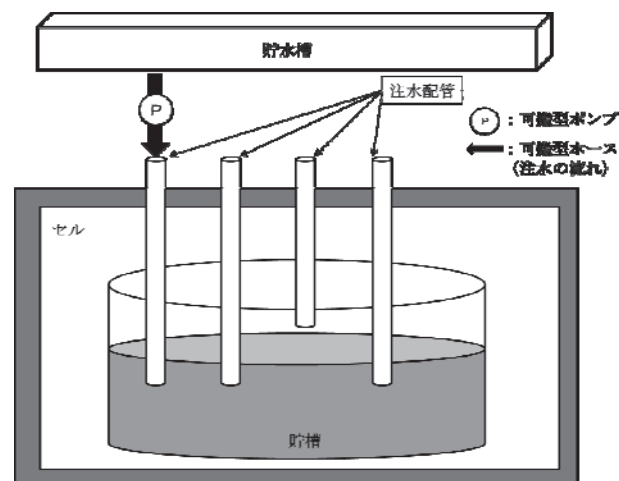
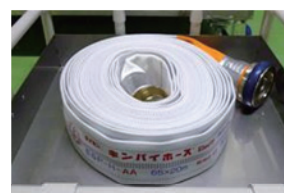


図5 拡大防止対策概要図



温度計



可搬型ホース



流量計



接続器具

図6 拡大防止対策設備イメージ

2.3 異常な水準の放出防止対策

貯槽に内包する溶液が沸騰に至った場合には、機器に接続する排気系統の配管の流路を遮断することにより、放射性物質をセルに導出し、セルに閉じ込めることで放射性エアロゾルの沈着を図る。

また、放射性物質をセルに導出する前に、導出経路上に設置されている凝縮器に注水することで、沸騰に伴い発生する蒸気を凝縮し、放射性エアロゾルを除去する。

セルの内圧が上昇し、経路外放出の可能性が高まった場合には、排風機を起動し、高性能粒子フィルタにより放射性エアロゾルを除去することで大気中へ放出される放射性物質を低減し、管理しながら放出する（図7、8参照）。

放射性エアロゾルを除去するための設備は、可搬型の排風機、高性能粒子フィルタ及びダクトとし、対処に必

要な個数の他、必要な予備を整備するとともに、これらが想定されるハザードに対して同時に損傷しないよう分散して保管する。

恒設設備の凝縮器は、高い耐震性を確保するとともに多重化することで同時に機能喪失しない設計とする。

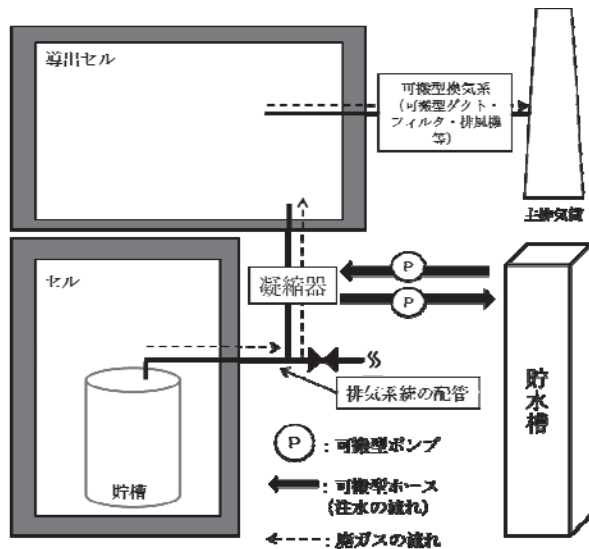


図7 異常な水準の放出防止対策概要図



可搬型ダクト



可搬型排風機



可搬型フィルタ

図8 異常な水準の放出防止対策設備イメージ

2.4 水供給

蒸発乾固への対処に必要な水は、建屋の外部にある貯水槽から、対処が必要な建屋へ供給する。

また、貯水槽の水が足りない場合は、敷地外水源（沼や川）から取水する（図9、10参照）。

水供給に使用する設備は、可搬型のポンプ、ホース及び大型移送ポンプ車とし、対処に必要な個数の他、必要な予備を整備するとともに、これらが想定されるハザードに対して同時に損傷しないよう分散して保管する。

恒設設備の貯水槽は、高い耐震性を確保するとともに多重化することで同時に機能喪失しない設計とする。

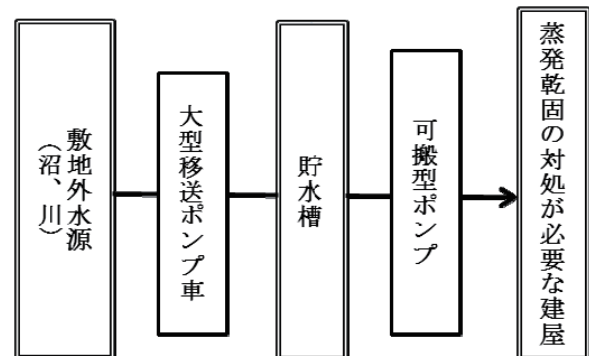
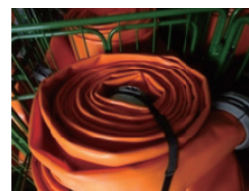


図9 水供給概要図



可搬型ホース



接続金具



大型移送ポンプ車



可搬型ポンプ

図10 水供給設備イメージ

3. 有効性評価

周辺環境が最も厳しくなると想定される地震を原因として冷却機能が喪失することを想定し、蒸発乾固への対処の有効性評価を実施した。

蒸発乾固への対処に必要な設備を上記のとおり整備することで、発生防止対策により蒸発乾固の発生を未然に防止でき、これが機能しなかったとしても拡大防止対策により放射性物質の発生を抑制し、蒸発乾固の進行を緩和できることを確認した。

また、異常な水準の放出防止対策を講ずることにより、放射性物質の放出量は平常運転時程度に抑制することができ、その放出量が基準値である 100TBq（セシウム 137 換算）を下回ることを確認した。