

福島第二原子力発電所4号機の 燃料移動について

平成24年10月17日
福島第二原子力発電所



東京電力

転載禁止 東京電力株式会社

目次

1. 4号機の主な経緯
2. 原子炉，使用済燃料プール等の配置
3. 原子炉からの燃料取出手順
4. 燃料取替機
5. 燃料集合体及び関連設備の主な仕様
6. 燃料の取出順序(1/4)
7. 燃料の取出順序(2/4)
8. 燃料の取出順序(3/4)
9. 燃料の取出順序(4/4)
10. 使用済燃料プールにおける取出先
11. 使用済燃料プールの監視(1/2)
12. 使用済燃料プールの監視(2/2)
13. 燃料移動中の冷却系統
14. 燃料移動中の冷却系統（例：FPC系故障時）
15. 燃料移動終了後の冷却系統
16. 燃料移動終了後の冷却系統（例：FPC系故障時）
17. 非常時の注水系統
18. 使用済燃料プールの未臨界性

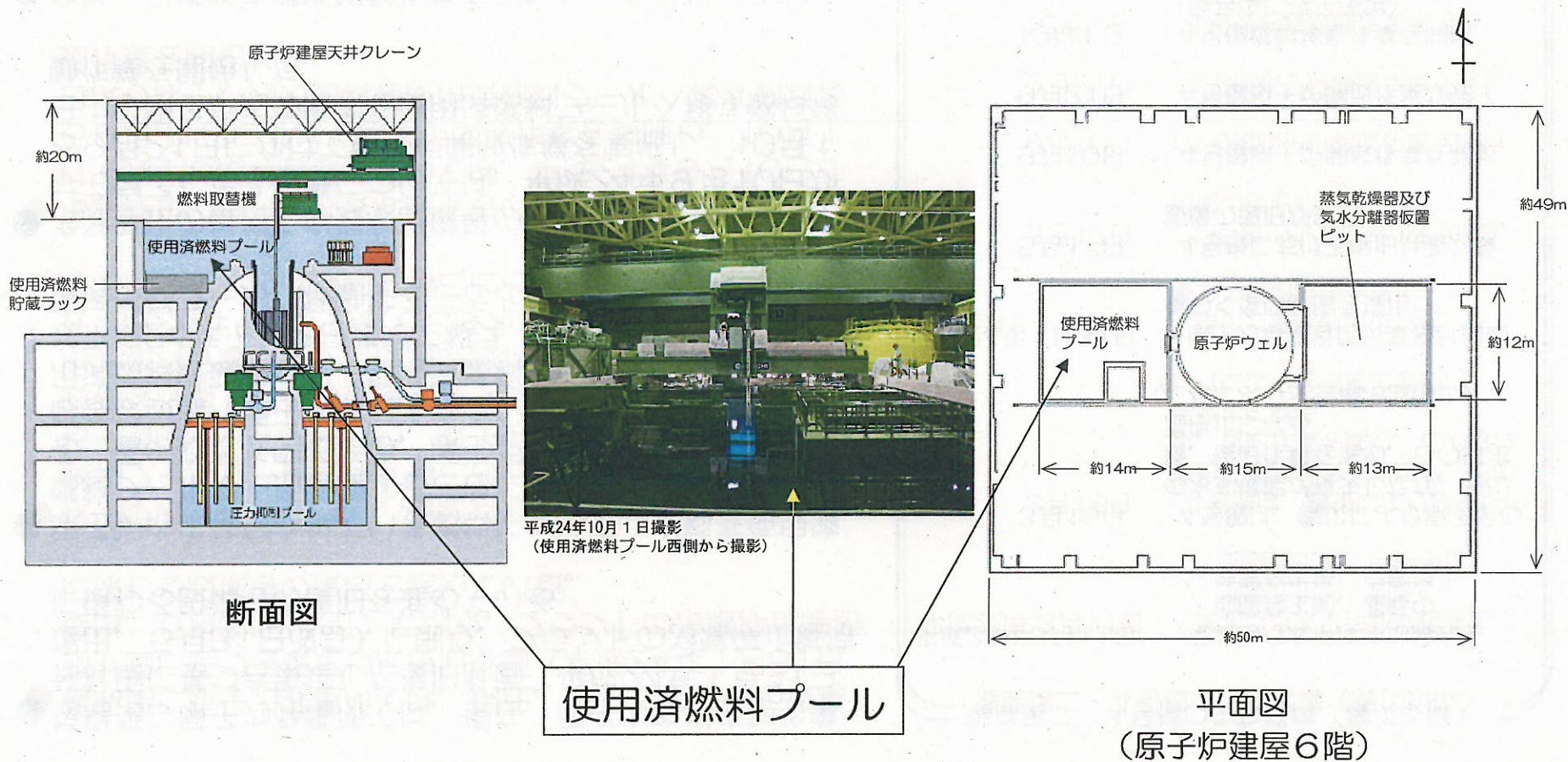
1. 4号機の主な経緯（震災以降）

- 福島第二原子力発電所では、現在、原子力事業者防災業務計画に基づき策定した復旧計画（平成24年1月31日提出、5月31日改訂）に則り、プラントの冷温停止維持に係わる設備等の復旧を進めている。
- 原子炉内に装荷されている燃料について、燃料を使用済燃料プールで一括管理することによる安全管理面における一層の向上を図るため、原子炉開放および燃料移動に必要な設備（原子炉建屋天井クレーン、燃料取替機、使用済燃料貯蔵ラック、使用済燃料プール）の健全性評価を平成24年7月2日までに終え、準備が整った時点で使用済燃料プールへ移動することとした。
- 冷温停止の維持に必要な設備等の本設化が他号機に先がけて完了した4号機については、平成24年9月10日から9月21日にかけて原子炉開放作業を実施し、10月1日より原子炉内の燃料を使用済燃料プールへ移す燃料移動作業を開始した。
- 今後、引き続き燃料移動作業を実施し、全燃料（764体）の取り出し完了後、炉内点検を実施する予定。

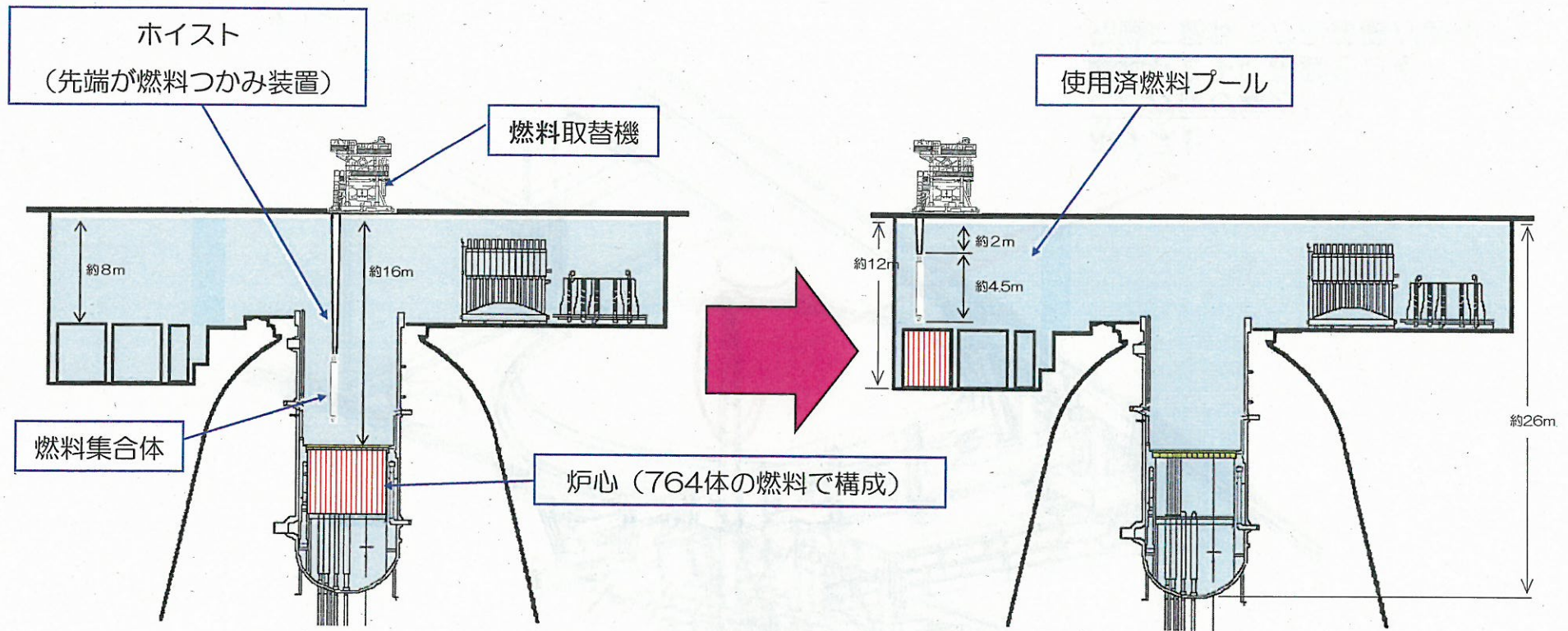
福島第二・4号機の主な経緯（震災以降）

| | |
|------------|---|
| 平成23年3月11日 | 東北地方太平洋沖地震発生 ・地震発生前：運転中 ・地震発生後：自動停止 |
| 3月15日 | 4号機は、震災により原子炉の冷却機能が喪失したが、その後、復旧作業を進め、この日冷温停止になる (これにより全号機冷温停止) |
| 平成24年1月31日 | 原子力事業者防災業務計画に基づく復旧計画を提出 |
| 5月17日 | 4号機における復旧計画対象設備の復旧が完了 |
| 9月10日 | 4号機原子炉開放作業を開始 |
| 9月21日 | 4号機原子炉開放作業が完了 |
| 10月1日 | 4号機燃料移動作業を開始 (同月中に完了予定) |
| 11月下旬～ | 4号機炉内点検を実施予定 |

2. 原子炉，使用済燃料プール等の配置



3. 原子炉からの燃料取出手順



- ①燃料取替機に装着された燃料つかみ装置を原子炉圧力容器・炉心内燃料集合体位置へ降下する。
- ②燃料つかみ装置によって、燃料集合体を吊り上げる。

- ③吊り上げた燃料集合体を、使用済燃料プールへ移送し、使用済燃料貯蔵ラック内へ吊り降ろす。

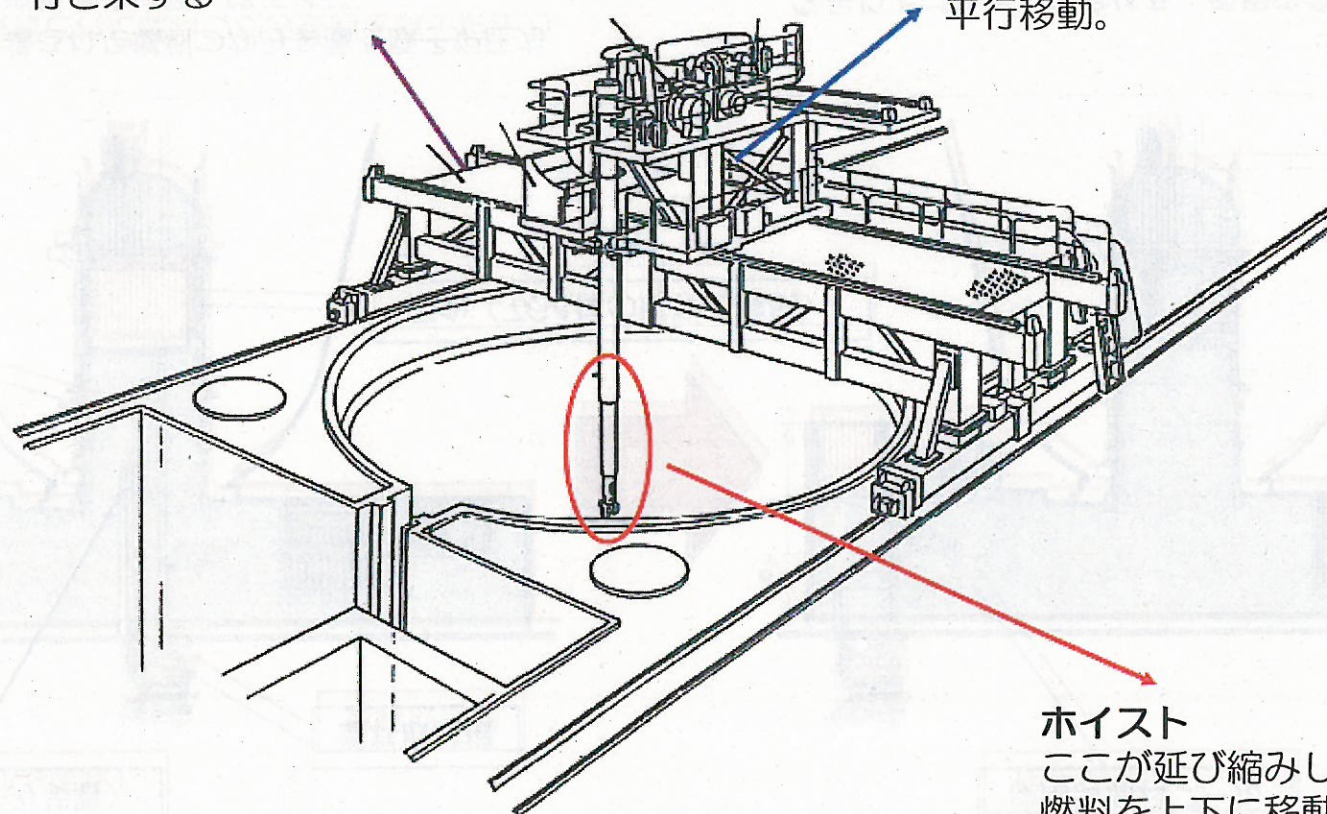
4. 燃料取替機

ブリッジ

建屋床面のレール上を移動し、装置全体がプール・炉心間を行き来する

トロリ

ブリッジ上を左右に動いて主ホイストを平行移動。



ホイスト

ここが伸び縮みして燃料を上下に移動させる。先端に燃料つかみ装置がある。

※イメージ図

5. 燃料集合体及び関連設備の主な仕様

燃料集合体および関連設備

●今回取り出す燃料集合体
4号機 764体 (=原子炉にある全ての燃料集合体)

- 燃料集合体
 - ・燃料の配列 9×9
 - ・燃料棒の本数 74本
 - ・燃料棒の外径 約11mm
 - ・全重量 約260kg
 - ・全長 約4.5m

●使用済燃料プールにおける燃料集合体の保管状況

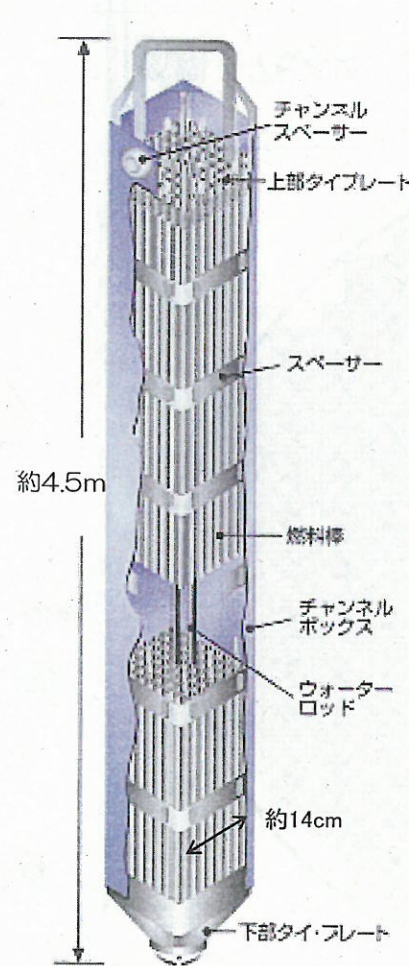
| 燃料移動前 | | 最大貯蔵可能対数[割合] |
|------------|--------------------|--------------------|
| 照射燃料 | 新燃料 | |
| 1号機 | 1570体 + 200体 | 2662体 [66%] |
| 2号機 | 1638体 + 80体 | 2769体 [62%] |
| 3号機 | 1596体 + 184体 | 2740体 [65%] |
| 4号機 | 1672体 + 80体 | 2769体 [63%] |
| 燃料移動後 | | |
| 4号機 | 2436体 + 80体 | 2769体 [91%] |

※上記割合は小数点第一位で四捨五入

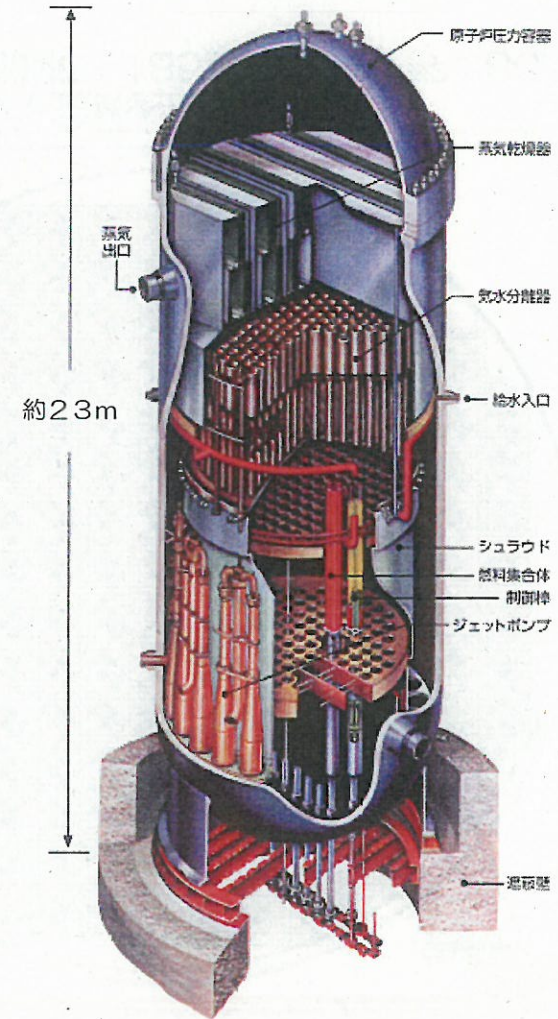
●使用済燃料プール
約12m (南北) × 約14m (東西) × 約12m (深さ)

●水面から燃料集合体頂部までの水深
原子炉内 約16m
燃料移動時 約2m
使用済燃料プール 約8m

燃料集合体



原子炉压力容器内



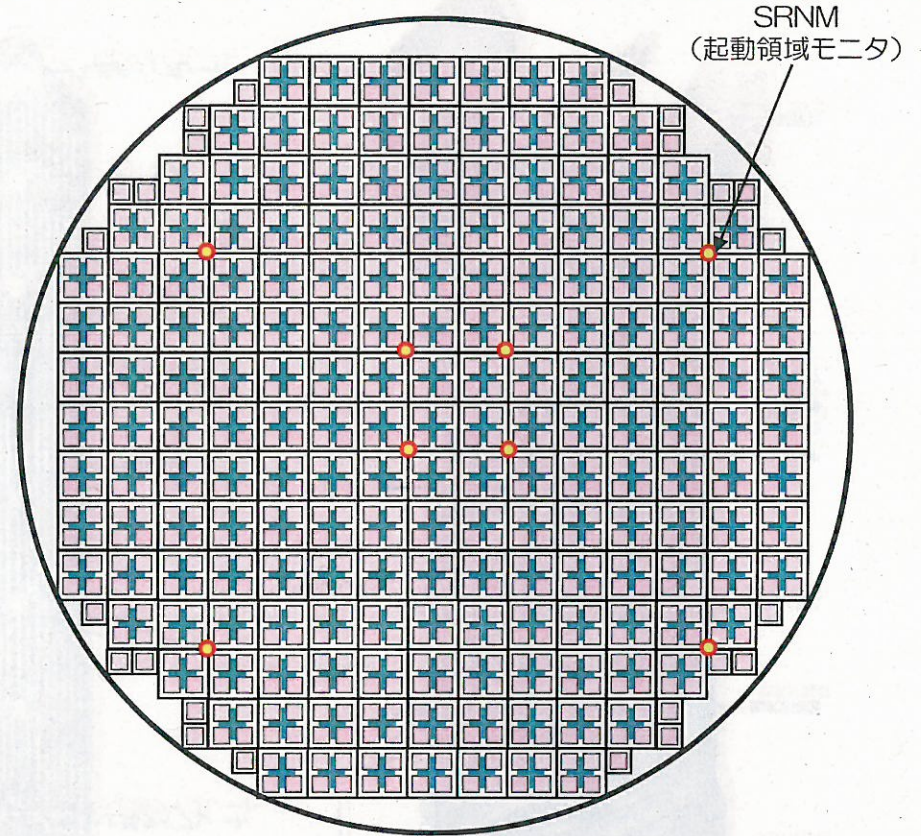
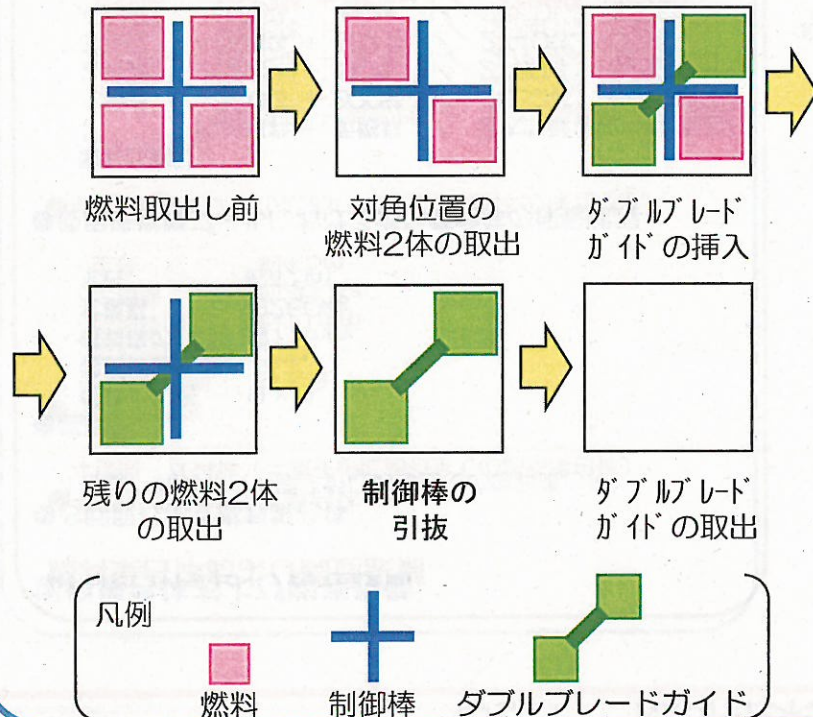
6. 燃料の取出順序(1/4)

燃料の取出順序の基本

『燃料が装荷されているセル※1は必ず制御棒が挿入されていること』

➡ **燃料取出中の
原子炉の未臨界を確実に維持。**

※1：セルは、下図のとおり4体の燃料と1体の制御棒で構成される。

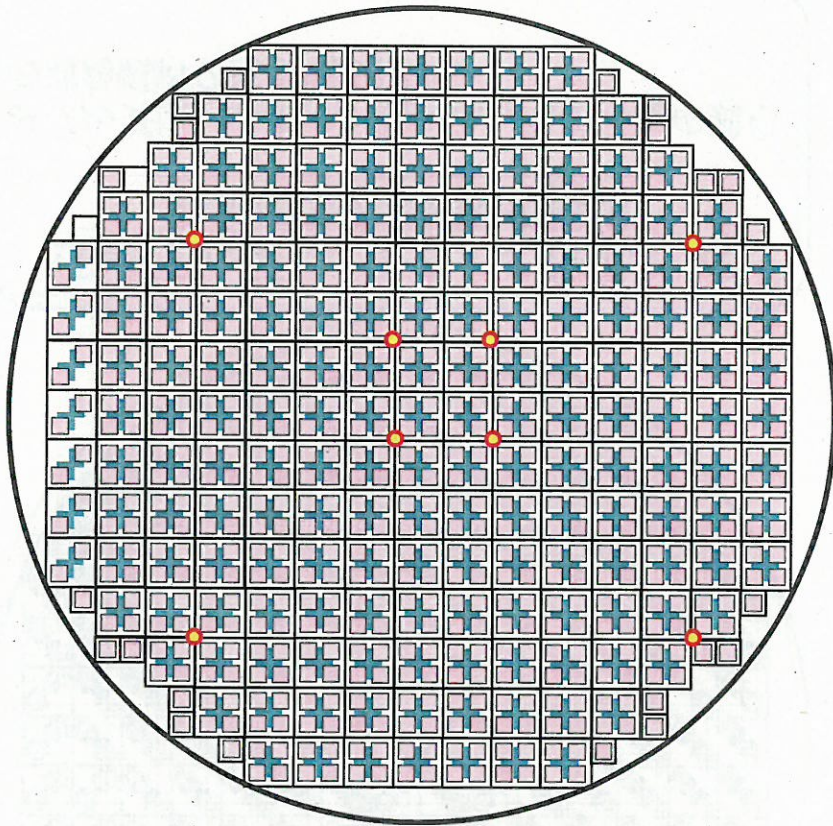


(A) 全燃料装荷状態

燃料：764体、制御棒：185本、SRNM ※2：8Ch

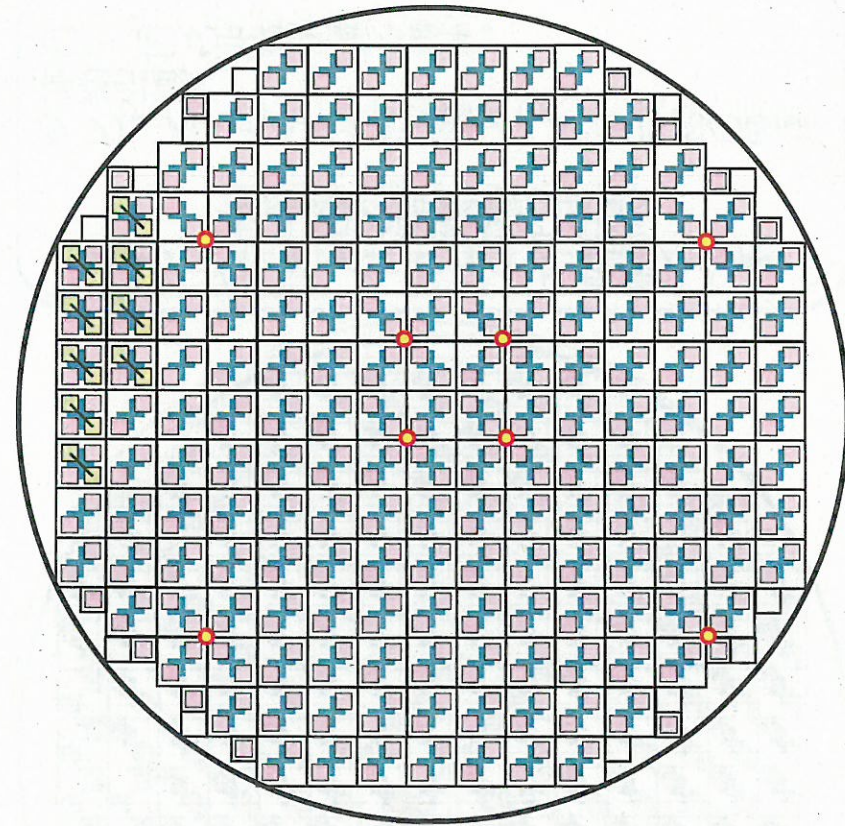
※2：原子炉内の中性子束を計測し、原子炉が未臨界であることを監視。今回、原子炉停止前の運転期間が短かったこと、原子炉停止から燃料取出までの期間が長くなったことにより、未臨界監視をより確実にするため、SRNM周りの燃料について仮置き（既に使用済燃料プールに取り出されていた使用済燃料と入替）を実施。

7. 燃料の取出順序(2/4)



(B) 対角燃料取出

各セル内の、対角燃料2体を取り出す。

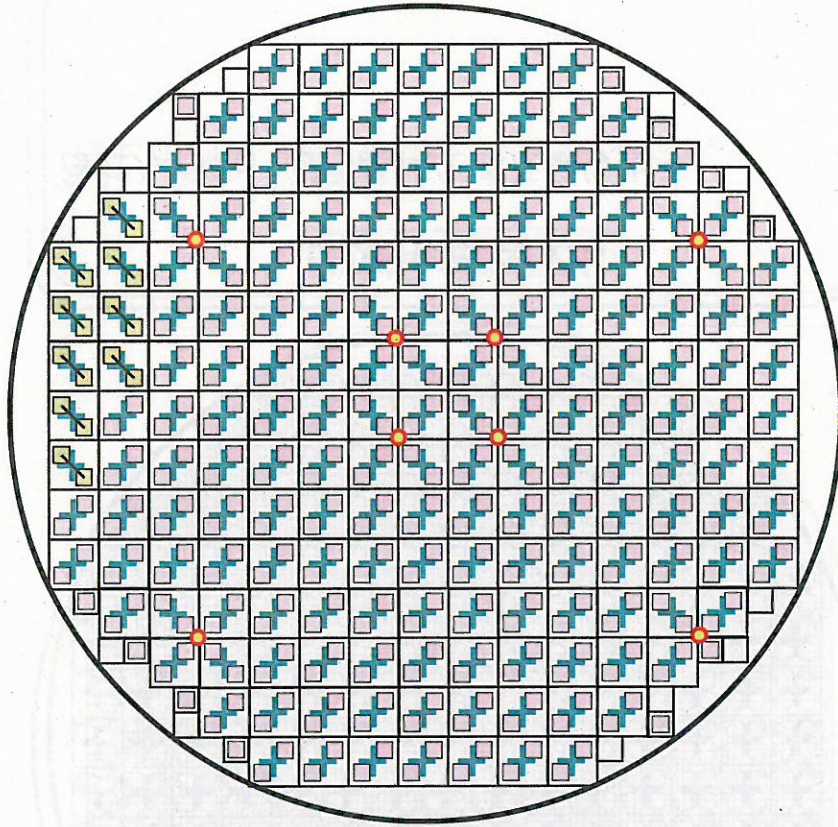


(C) ダブルブレードガイドの挿入

対角燃料2体を取り出したセルに、ダブルブレードガイド※3を挿入する。

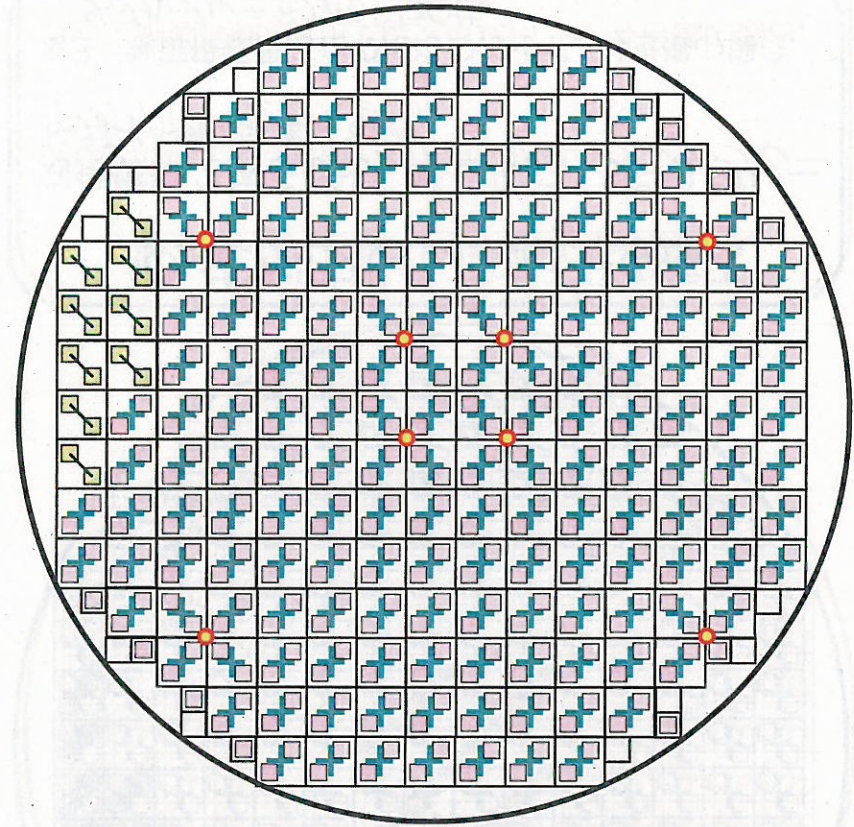
※3：制御棒転倒防止のためのガイド。4号機の場合、ダブルブレードガイドは9体。

8. 燃料の取出順序(3/4)



(D) ダブルブレードガイドを挿入したセル内の対角燃料の取出

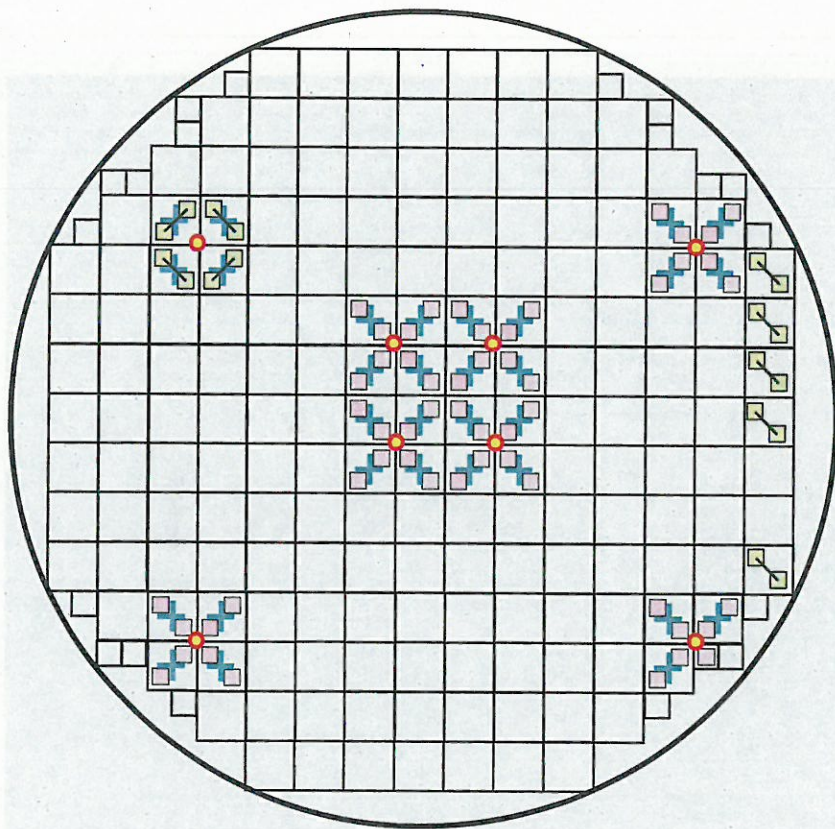
ダブルブレードガイドを挿入したセル内の残りの対角燃料2体を取り出す。



(E) ダブルブレードガイドを挿入したセル内の制御棒の引抜

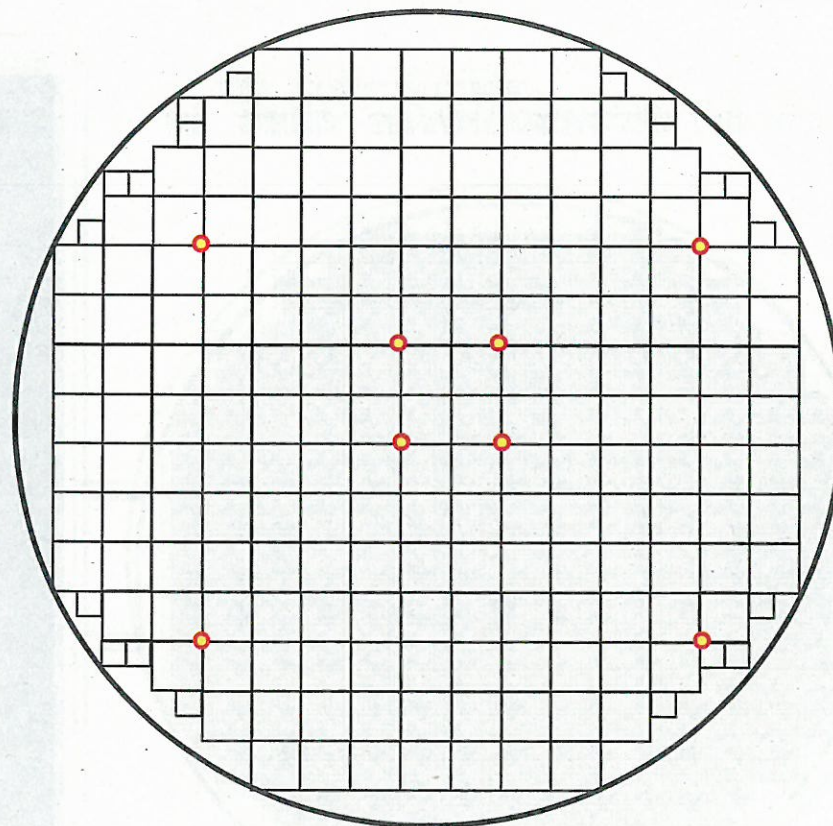
ダブルブレードガイドを挿入したセル内の制御棒を引抜く。
(C)～(E)の手順を繰り返す。

9. 燃料の取出順序(4/4)



(F) SRNM周りの燃料取出

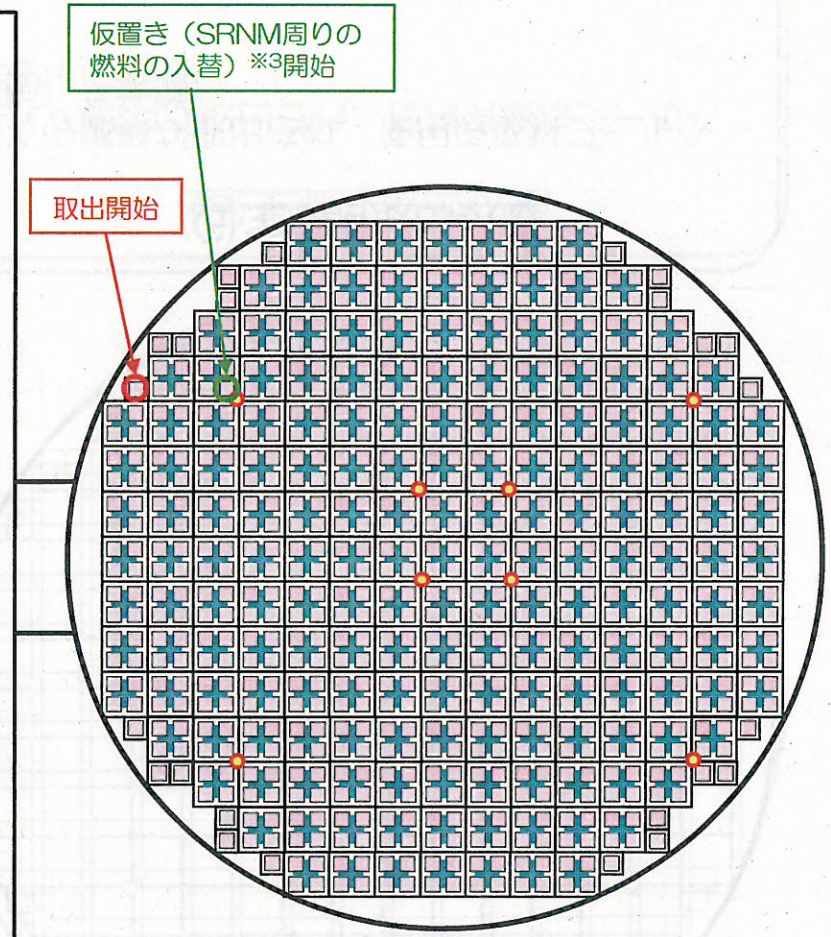
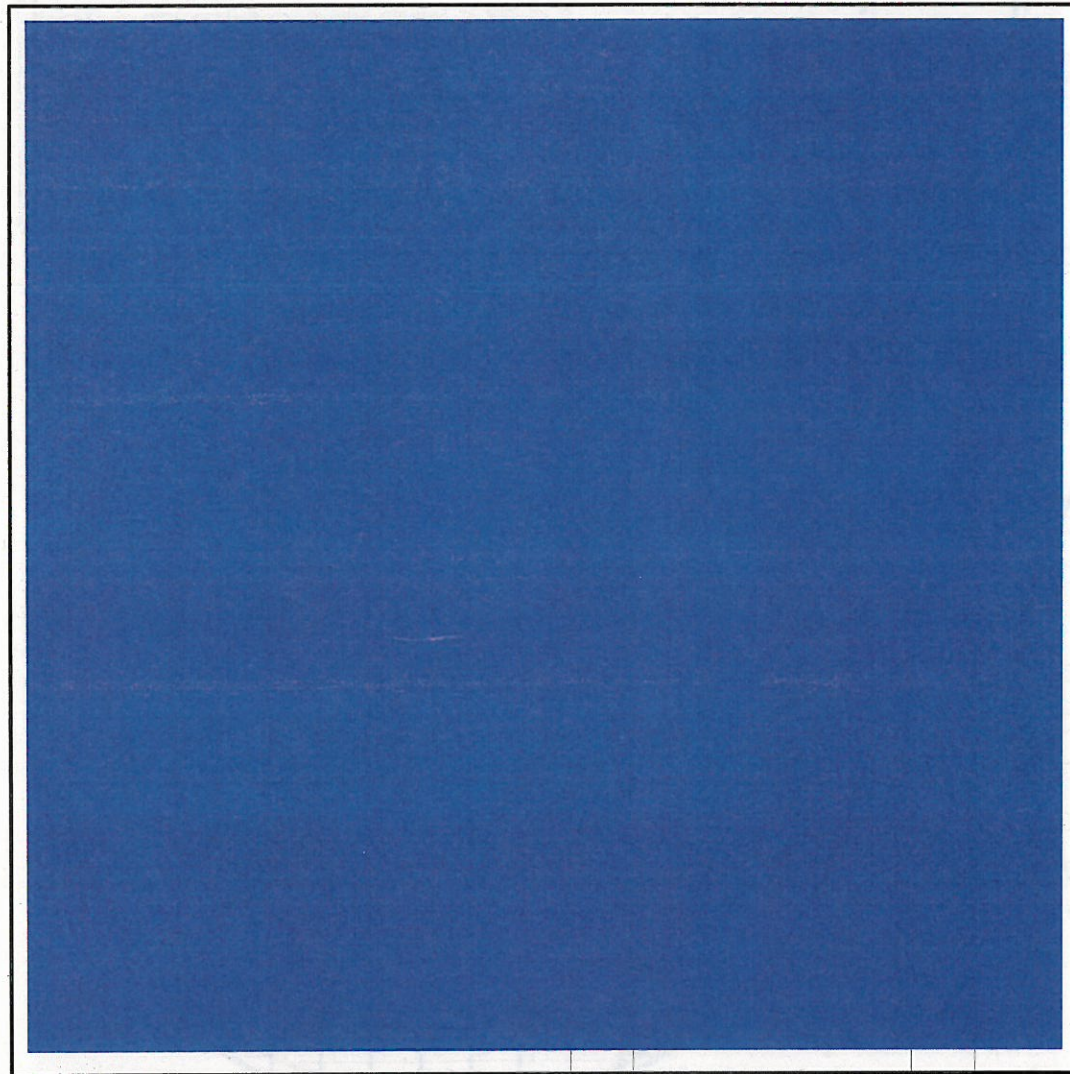
原子炉内の中性子束を監視するため、SRNM周りの燃料は最後に取り出す。
(C)～(E)と同じ手順を繰り返す。



(G) 全燃料取出状態

全ての燃料が取出され、使用済燃料プールへ移動した状態。

10. 使用済燃料プールにおける取出先

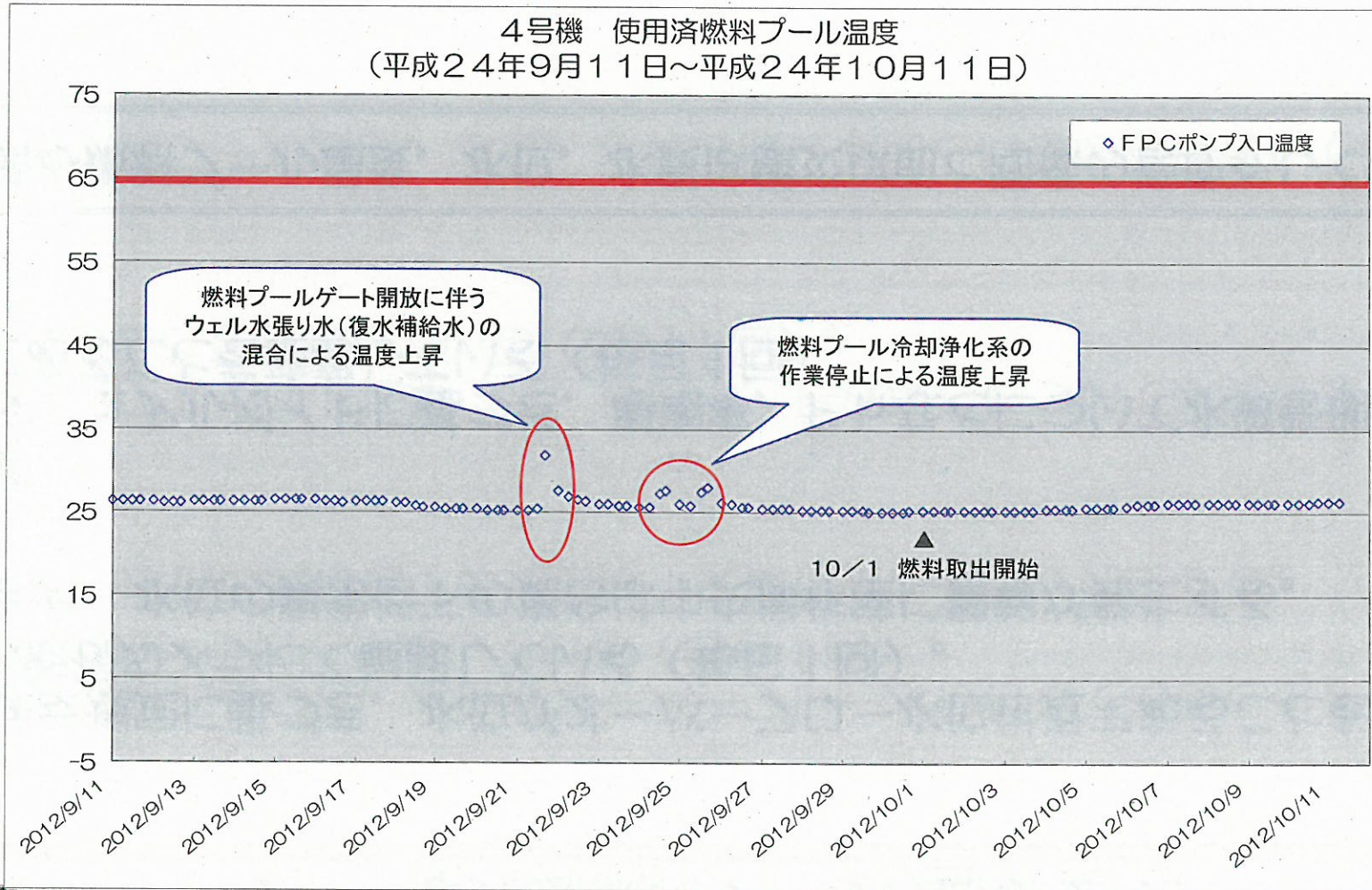


※3：仮置きは、SRNM周りの燃料全32体（4体×8Ch）の内、20体について実施。

11. 使用済燃料プールの監視(1/2)

●温度

保安規定に基づき、水温が65℃以下であることを確認している
(毎日1回)。



1 2. 使用済燃料プールの監視(2/2)

●水位

保安規定に基づき、水位がオーバーフロー水位付近であることを目視又は監視カメラにて確認している（毎日1回）。

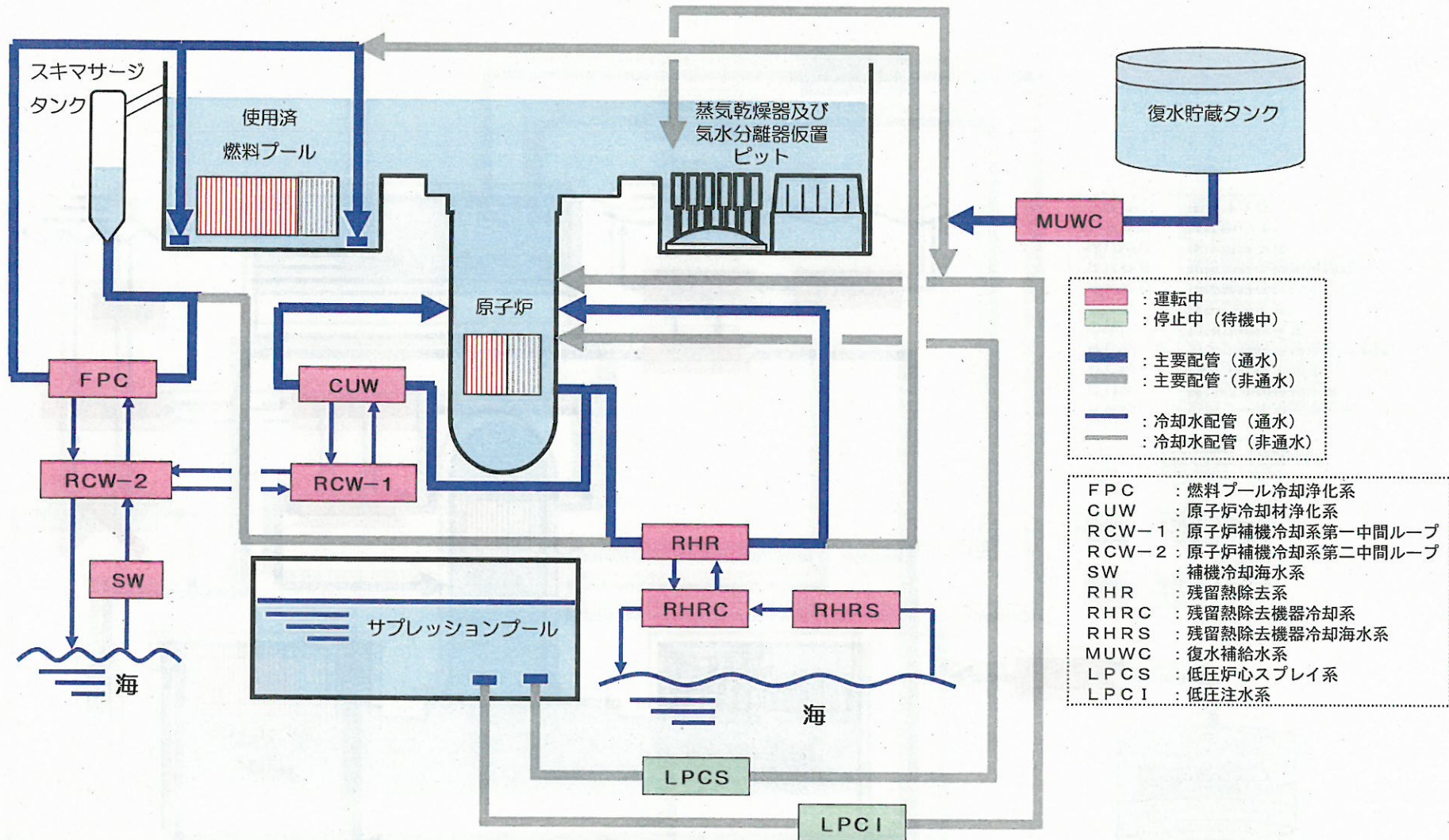
また、水位の異常低下の場合は中央操作室に警報が発生する。

●水質

マニュアルガイドに基づき、導電率、^{pH}PHなどについて水質管理値以下であることを確認している（毎月1回）。

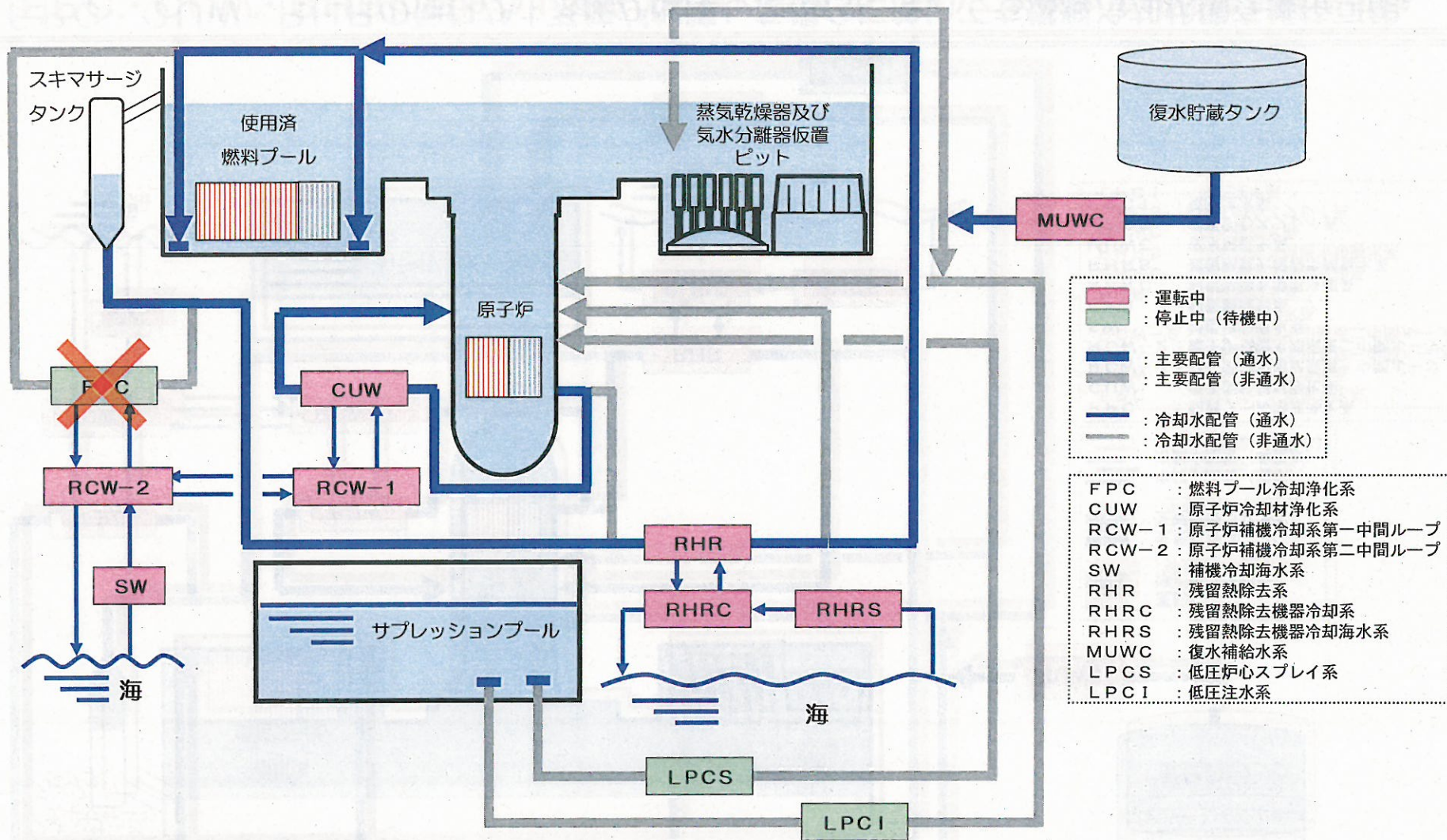
使用済み燃料プール温度、水位、水質は震災以前と同様の管理をしている。

13. 燃料移動中の冷却系統

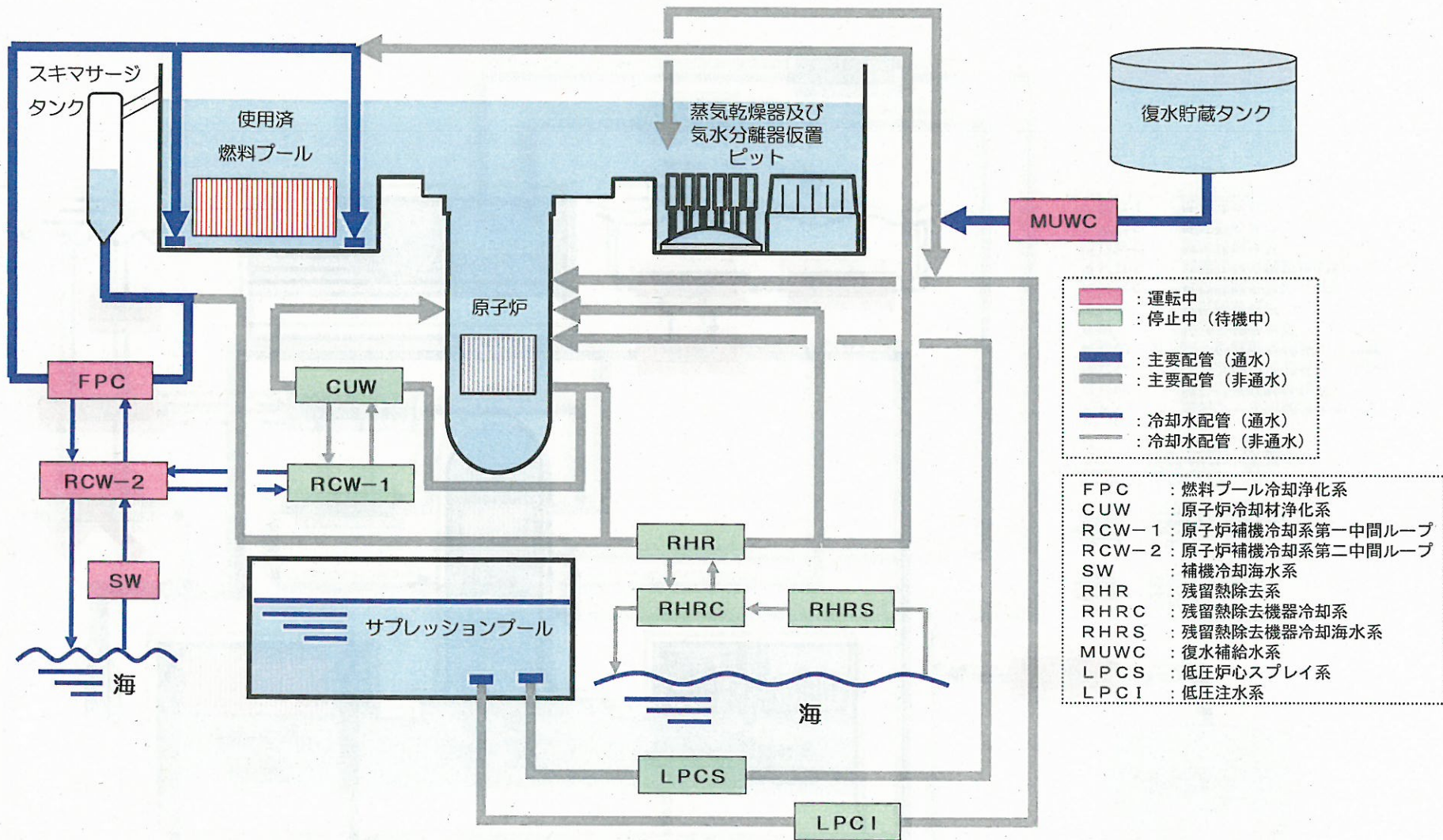


FPC・CUW・RHRの何れか1系統が故障した場合に於いても燃料冷却状態を維持可能。

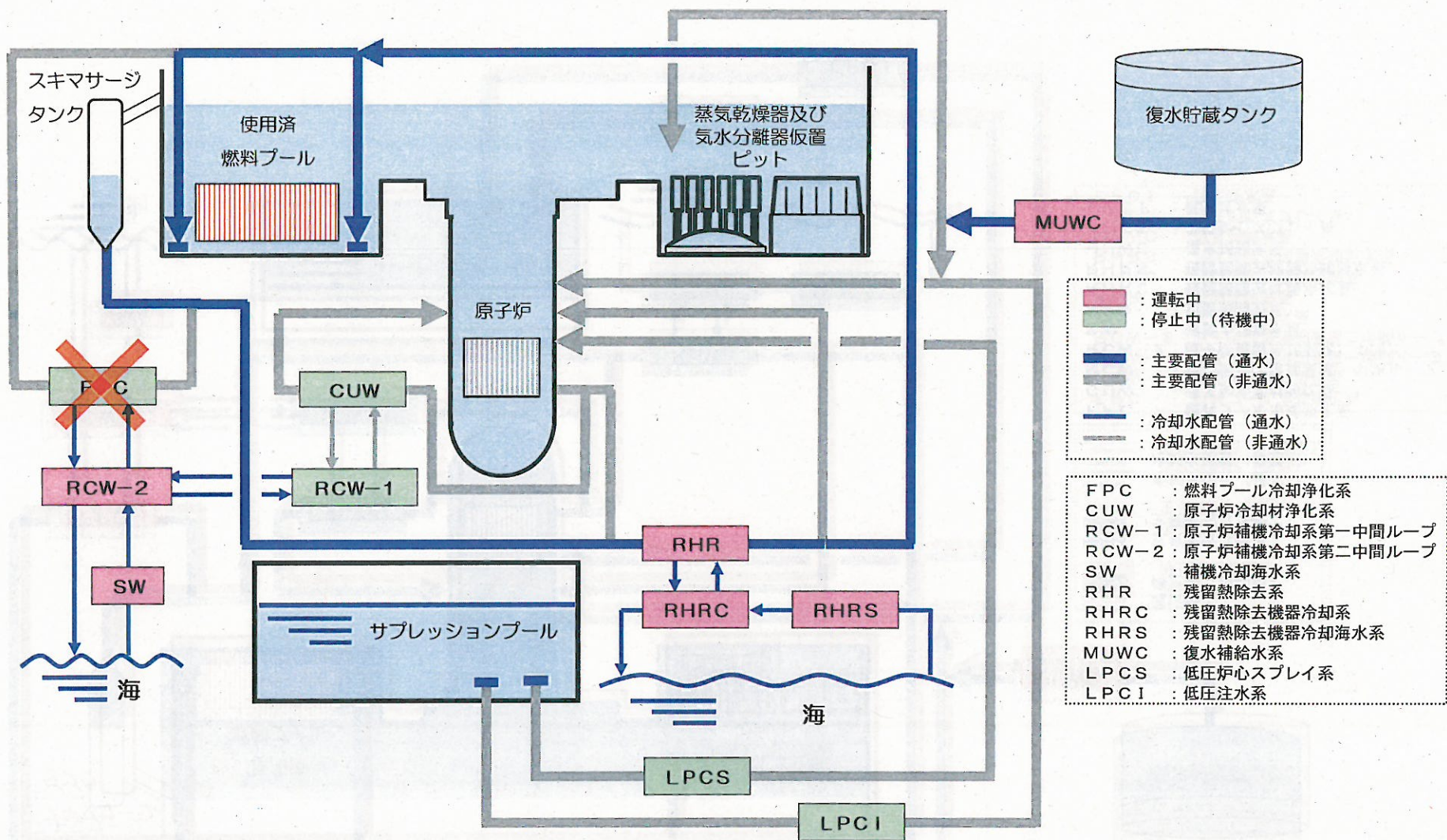
1 4. 燃料移動中の冷却系統（例：FPC系故障時）



15. 燃料移動終了後の冷却系統



16. 燃料移動終了後の冷却系統（例：FPC系故障時）



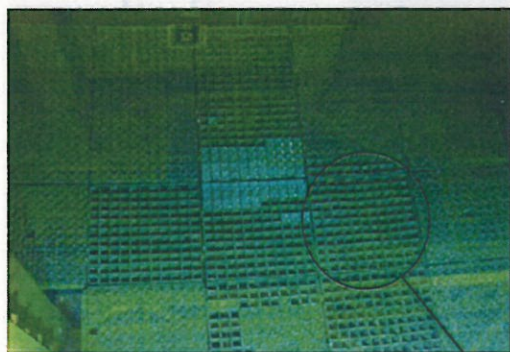
18. 使用済燃料プールの未臨界性

使用済燃料プールの中に、燃料を保管するための使用済燃料貯蔵ラックが配置され、燃料ですべてのラックが満たされたとしても、実効増倍率※が0.95以下となるように設計されている。

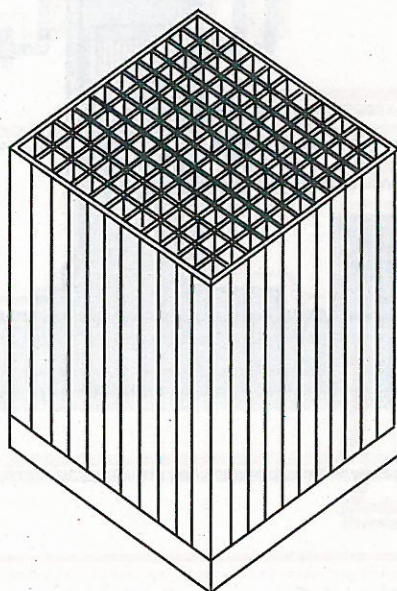
- ・適切な燃料間の距離となるような格子サイズ。
- ・中性子吸収材であるボロン入りステンレス鋼を使用。

➡ 中性子の増倍を抑制し、未臨界を確保。

※実効増倍率：中性子の増倍の程度を示すもので、この値が1.0を超えると臨界となる。

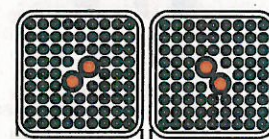


使用済燃料貯蔵ラックの
写真とイメージ図

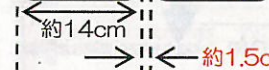


臨界にする原子炉と未臨界を確保する使用済燃料貯蔵ラックの大きな違いは、燃料間の距離である。約14cm幅の燃料を並べるときの燃料間の距離は、

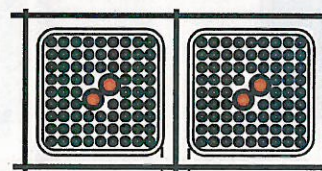
(a) 原子炉：約1.5cm



幅が狭い。



(b) 使用済燃料貯蔵ラック：約2.6cm



幅が広い。

→ ← 約2.6cm