

「国内BWRにおける漏えい燃料発生時に
適用する出力抑制法に係る運用指針」
(JBOG Guideline2009-02)
について

平成22年10月

1 指針の目的

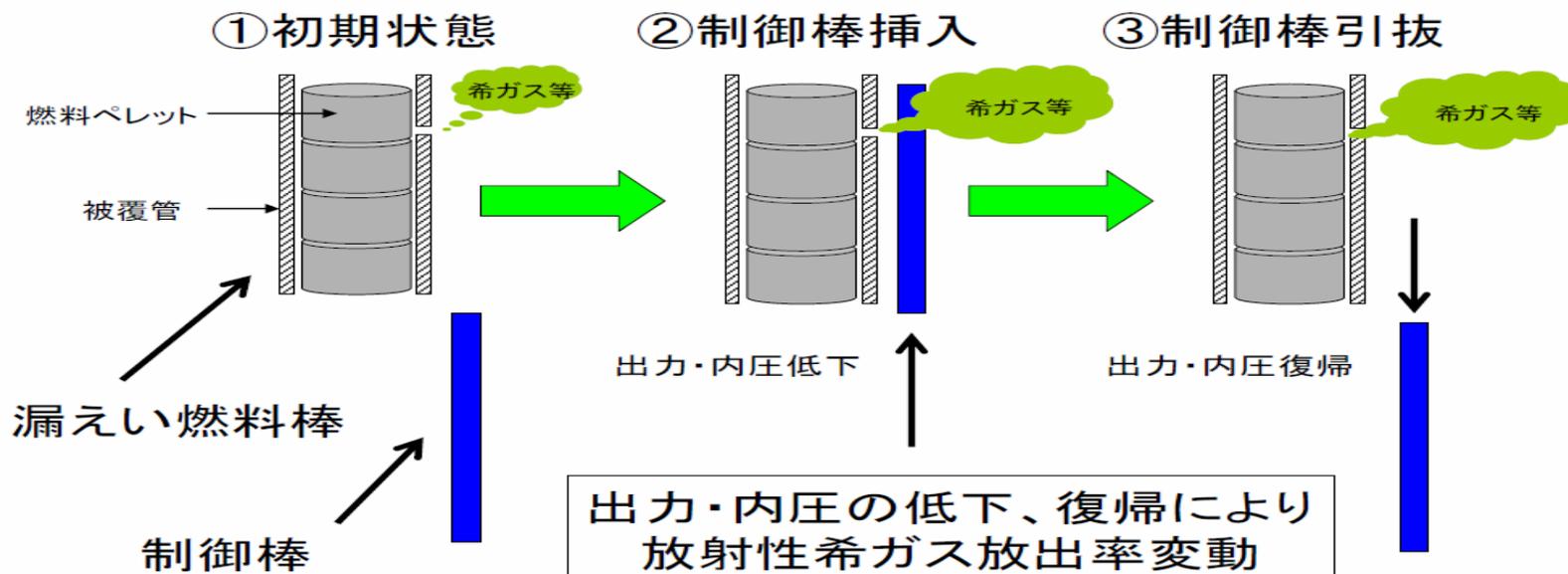
- BWRにおいて漏えい燃料が発生した際の最も大きな懸念は、漏えい穴から浸入した水により、漏えい燃料の被覆管に二次水素化が発生進展し、二次破損に至ることによって、プラントの運転継続に支障を及ぼすことが挙げられる。
- 近年、国内BWRで漏えい燃料発生時に、制御棒を挿入するなどして速やかに漏えい燃料の出力抑制(*)を行い、漏えいの拡大を抑制しつつ定格運転を継続した経験を積んできた。

(*)出力抑制法：PST (Power Suppression Test)

- この経験を通じて得られた知見や対応手順について、定めたもの。

1 (解説) PSTの概要

- 制御棒操作により漏えい燃料の出力や内圧を変動させた際の放射性希ガス放出率の変動を利用することにより漏えい燃料位置を推定する。
- 漏えい燃料の付近の制御棒を挿入し、漏えい燃料の出力を抑制して運転する。



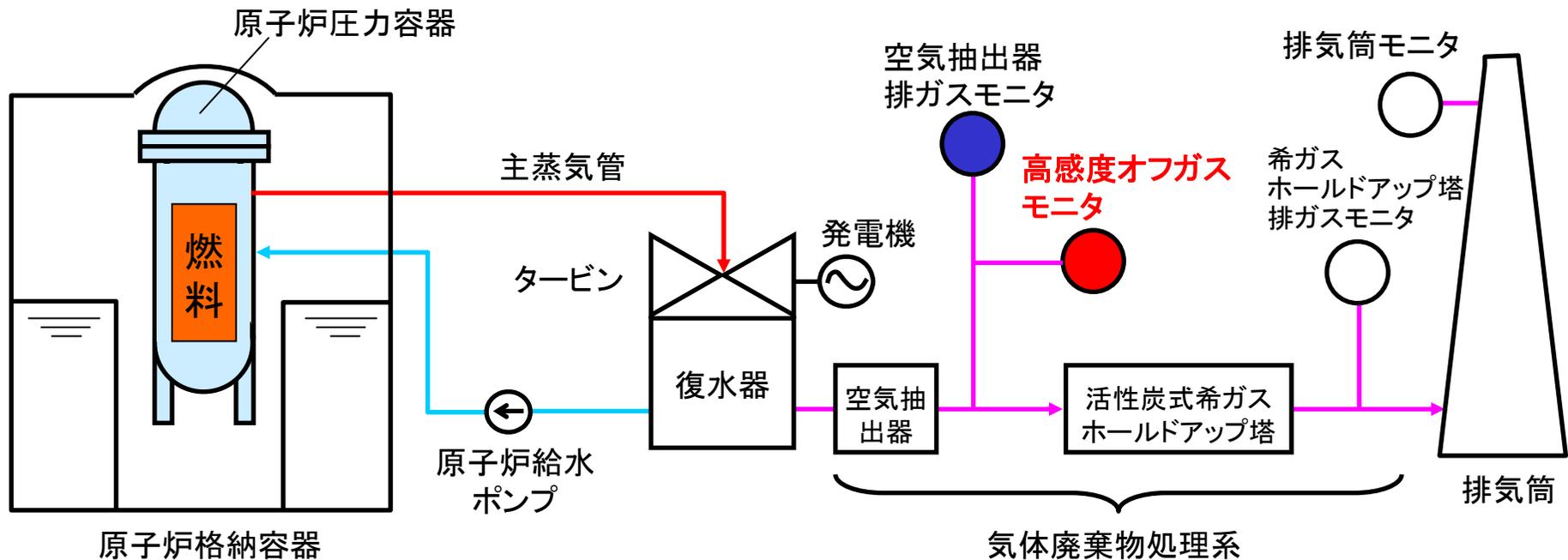
オフガス指示変動により漏えい燃料を推定
＜漏えい燃料位置推定のための制御棒操作概念図＞

2 基本事項

- 以下の各段階での標準的（全BWR電力で共有できる）な対応手順を定めている。
 1. 漏えい燃料発生までの監視時における運用
 2. 漏えい燃料発生の検知からPST開始までの運用
 3. PST実施中の運用
 4. 定格出力での運転継続
- 漏えい燃料発生の頻度は低いことを考え、実務者に手順が理解しやすいよう解説を充実している。

2.1 漏えい燃料発生までの監視時における運用

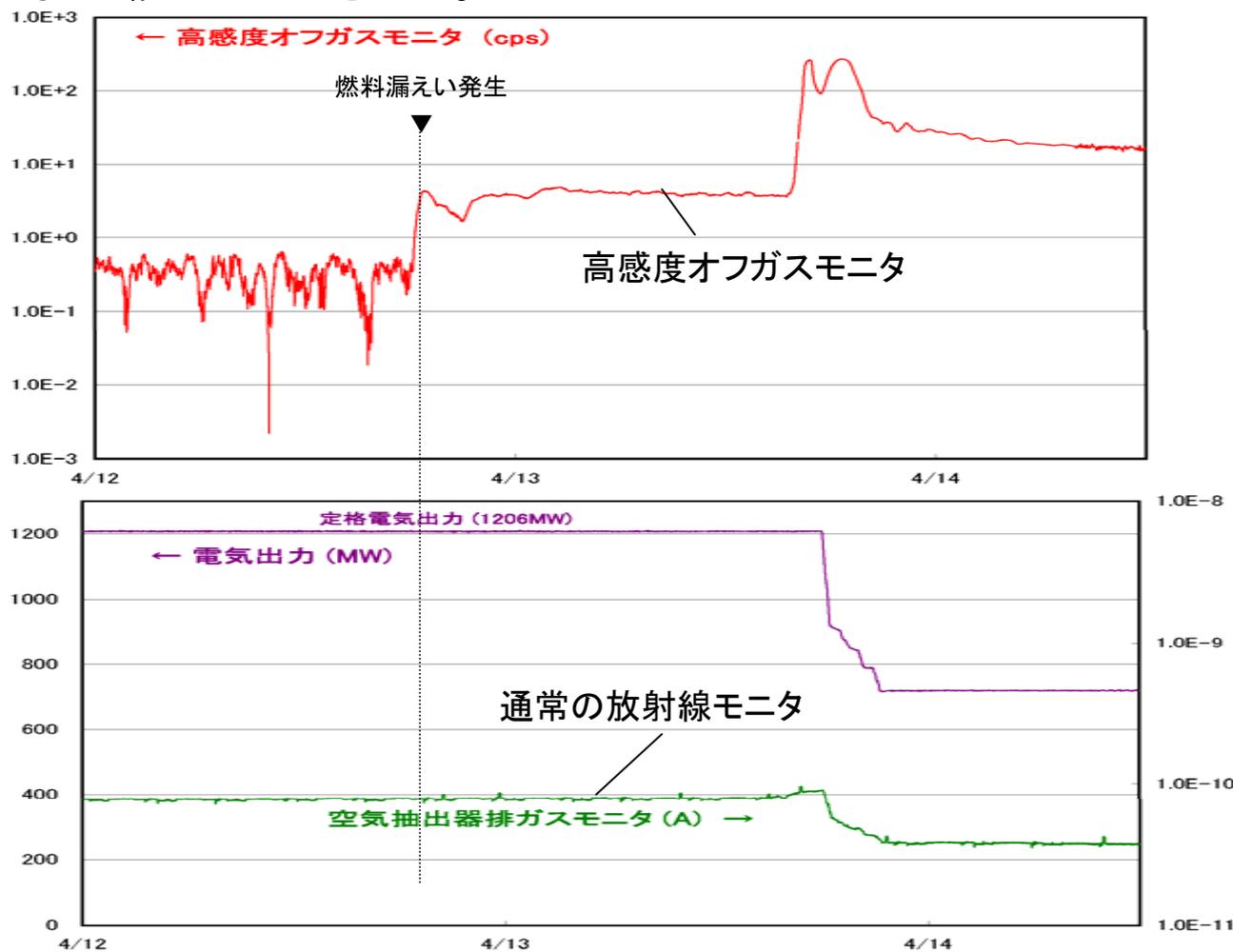
- 燃料からの放射性希ガスの推移は、気体廃棄物処理（オフガス）系の各モニタ等により監視する。
- より早期に漏えい燃料発生の徴候を検知するために高感度オフガスモニタによる監視（主な監視核種：Xe-133、135、138）が望ましい。



志賀2号機の設備構成概念図

(事例:志賀2号機)漏えい燃料の早期検知

- 通常の放射線モニタ(空気抽出器排ガスモニタ)では指示値の変動は見られなかったが、高感度オフガスモニタの指示値が上昇し早期に検知できた。



2.2 漏えい燃料発生の検知からPST開始までの運用

2.2.1 PST実施の判断

- 「Xe-133の指示値が継続して通常運転時の値（バックグラウンド）の50倍を継続して超過する状態」をPST実施の判断目安とする。

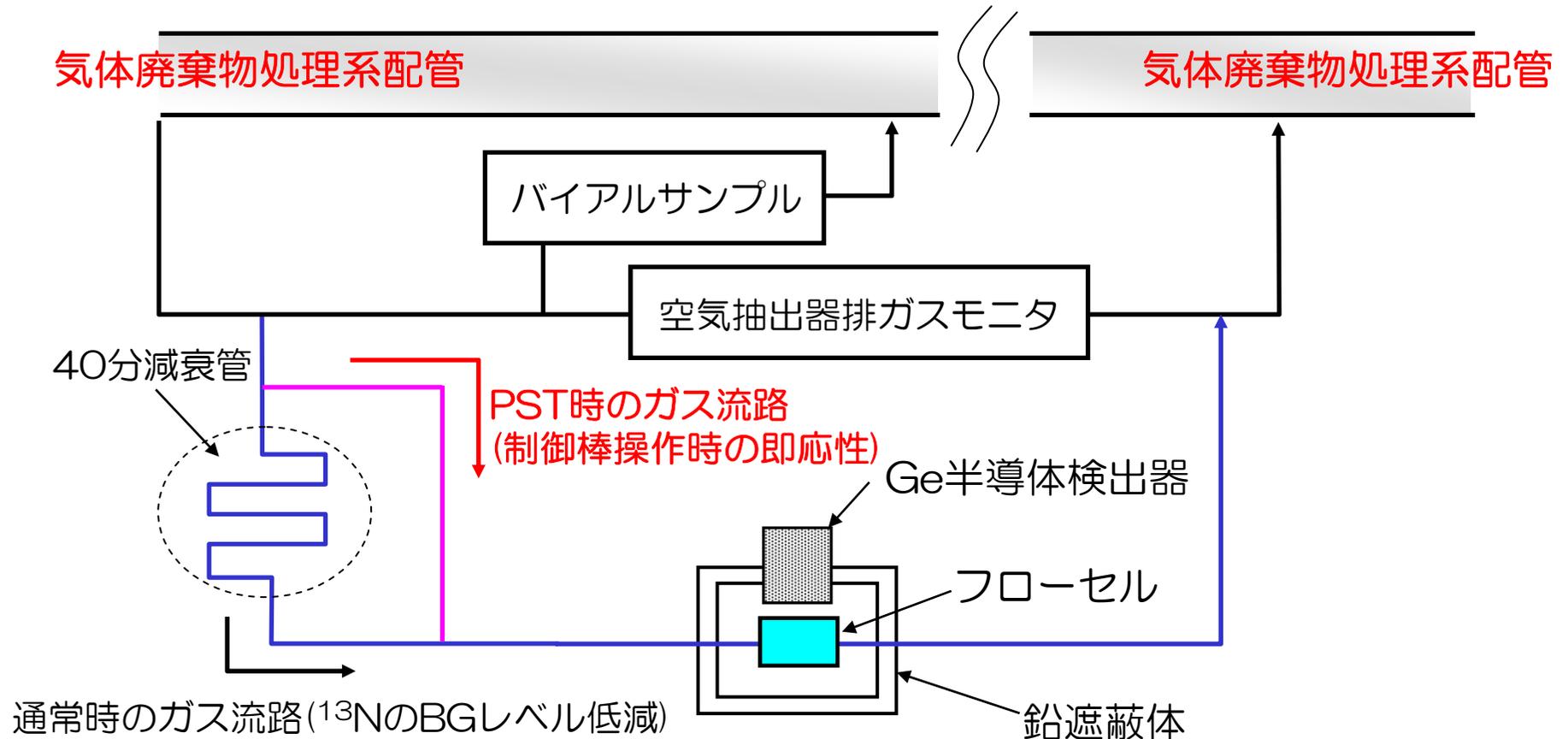
2.2.2 PST準備

- 漏えい燃料推定のための運転手順（制御棒操作含む）を作成する。
- 高感度オフガスモニタは、通常時は蒸気中の放射性物質N-13（半減期約10分）が多いため、減衰管を通してN-13の量を減衰させて、Xe-133を監視している。

PSTにあたっては、制御棒操作に伴う漏えい燃料から放出される微量なXe-133の増減を速やかに感知するため、減衰管をバイパスする。

(事例:志賀2号機) 高感度オフガスモニタについて

通常時は、40分減衰管を通してN-13（半減期約10分）の量を1/16程度に減衰させて、Xe-133から放出される低エネルギー（81keV） γ 線を高感度で監視している。



2.3 PST実施中の運用（1／4）

- 以下の各操作について、具体的な手順、留意すべき事項を記載。

2.3.1 出力降下

2.3.2 漏えい燃料推定のための制御棒操作

2.3.3 出力保持

2.3.4 漏えい燃料の出力抑制用制御棒の挿入

2.3.5 定格出力への復帰

2.3 PST実施中の運用（2/4）

2.3.1 出力降下

- 原子炉出力を所定の出力（50%～65%）まで降下させる。（炉心流量の調整で行うことを優先）

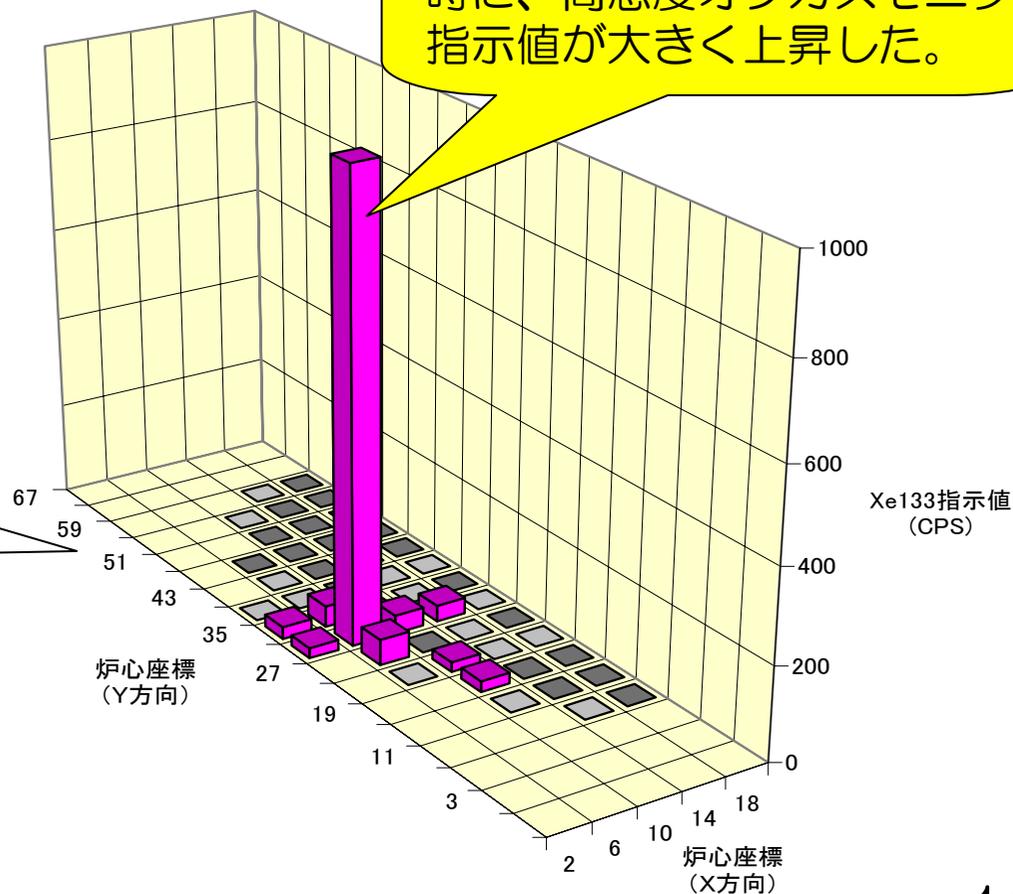
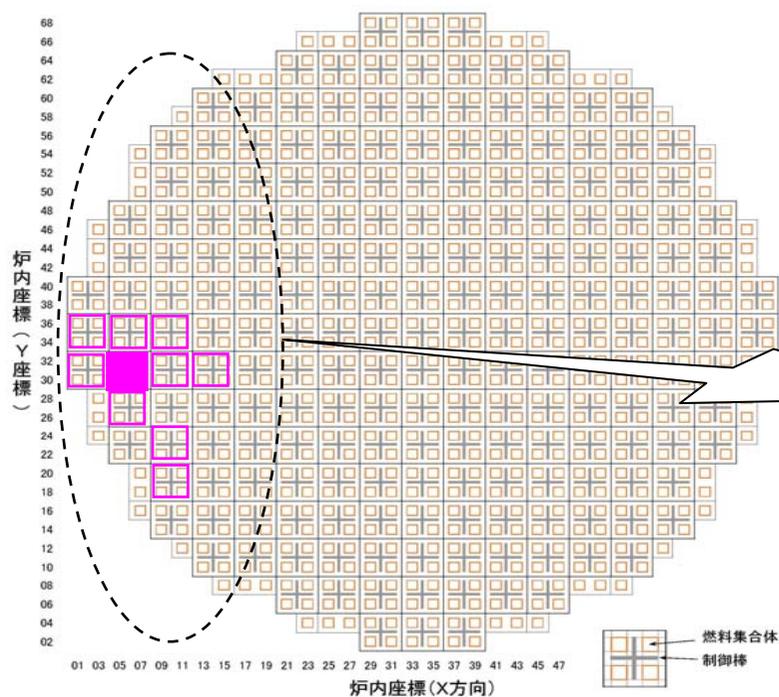
2.3.2 漏えい燃料推定のための制御棒操作

- a. 制御棒を連続で全挿入する。
- b. 全挿入した状態で 15 分程度保持する。
- c. 挿入した制御棒を連続で挿入前の位置まで引抜く。
（部分挿入制御棒については、PST実施前の挿入位置よりも引抜かない）
- d. 引抜いた状態で 15 分以上保持する。
- e. a.～d.の操作を全ての制御棒について実施する。

(事例:志賀2号機) 漏えい燃料推定作業結果

- 高感度オフガスモニタの指示値が大きかった制御棒周りに漏えい燃料が存在すると推定した。

この位置の制御棒を操作した時に、高感度オフガスモニタ指示値が大きく上昇した。



2.3 PST実施中の運用（3/4）

2.3.3 出力保持

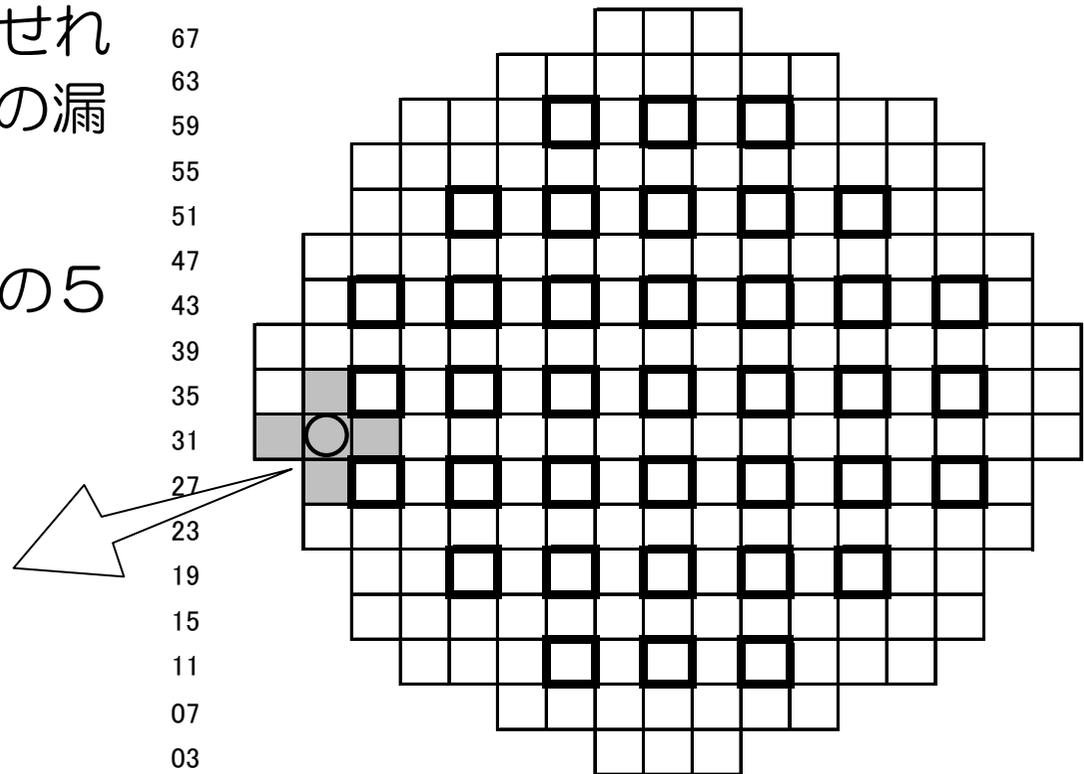
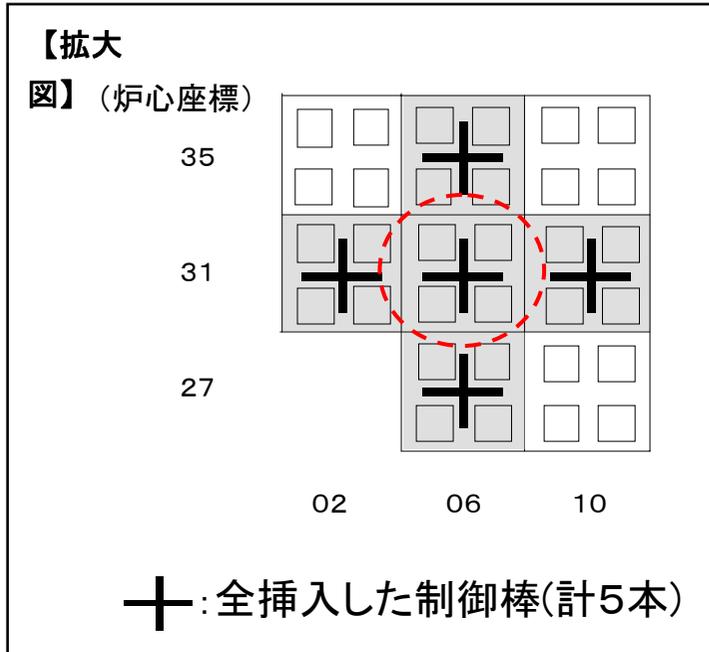
- 漏えい燃料推定のための制御棒操作中においては、Xeの過渡変化による出力変動も生じるため、出力を一定に保持する操作が必要。（原則、炉心流量操作により行う。）

2.3.4 漏えい燃料の出力抑制用制御棒の挿入

- ① 全ての制御棒について漏えい燃料推定のための制御棒操作が完了していることを確認する。
- ② 漏えい燃料の出力抑制のため、全挿入すべき制御棒（漏えい燃料周りの制御棒）を選定する。
- ③ 選定した制御棒を連続で全挿入する。

(事例:志賀2号機) 漏えい燃料の出力抑制用制御棒の挿入

- 漏えい燃料の出力を低下させれば燃料棒からの放射性ガスの漏えい量は抑制される。
- このため、漏えい燃料周りの5本の制御棒を全挿入した。



02 06 10 14 18 22 26 30 34 38 42 46 50 54 58 62 66

- 指示値が大きかった制御棒
- 運転継続に際し全挿入した制御棒
- 元々部分的に挿入されていた制御棒

2.3 PST実施中の運用（4/4）

2.3.5 定格出力への復帰

漏えい燃料の出力抑制用に挿入した制御棒以外の制御棒を引抜き、定格出力まで復帰する。

2.4 定格出力での運転継続（1/2）

- 制御棒パターン調整（制御棒の挿入／引抜）を行う場合には、極力漏えい燃料付近の制御棒を操作しないよう配慮する。
もし、漏えい燃料付近の制御棒を操作する場合には、漏えい燃料の出力に影響を及ぼさないことをあらかじめ解析により確認しておく。

2.4 定格出力での運転継続（2／2）

- PSTの際、漏えい燃料内に蓄積していた放射性希ガスが一旦放出されること及び漏えい燃料の出力を低下させて運転するため新たな放射性希ガスの生成が少ないことから、漏えい燃料から放出される放射性希ガスの量は少なく抑えられる。
- PSTのためバイパスした高感度オフガスモニタの減衰管のバイパスを解除し、通常運転時の監視に適した測定モードに切り替える。

付属書

- 過去の出力抑制法適用事例（計13例）と容易に比較できるよう、過去の事例の以下のデータを取り纏め、付属書とした。
 - ・ 原子炉水よう素131濃度
 - ・ オフガス系7核種合計発生率・キセノン133発生率
 - ・ 高感度オフガスモニタ指示値の推移