

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
大洗研究所（南地区）高速実験炉原子炉施設（「常陽」）

第 13 条（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止）
に係る説明書

2019 年 11 月 18 日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
大洗研究所高速実験炉部

目 次

今回説明範囲

1. 要求事項の整理
2. 要求事項への適合性
 - 2.1 安全評価に関する基本方針
 - 2.2 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に係る判断基準
 - 2.3 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に係る主要な解析条件
 - 2.4 運転時の異常な過渡変化
 - 2.5 設計基準事故
 - 2.6 要求事項（試験炉設置許可基準規則第 13 条）への適合性説明

(別紙)

- 別紙 1 : 「炉心の変更」に関する基本方針
- 別紙 2 : 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故における事象選定
- 別紙 3 : 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故で使用する安全施設
- 別紙 4 : 原子炉保護系に係る解析条件の設定
- 別紙 5 : 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故における原子炉スクラム時の制御棒位置
- 別紙 6 : 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故における反応度係数の組み合わせ
- 別紙 7 : 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故における崩壊熱の設定
- 別紙 8 : 各事象の評価における燃料状態の設定の考え方
- 別紙 9 : MIMIR及びSuper-COPDの解析モデル
- 別紙 10 : 「未臨界状態からの制御棒の異常な引抜き」における原子炉出力の初期値の設定
- 別紙 11 : 「未臨界状態からの制御棒の異常な引抜き」における制御棒の挿入パターン
- 別紙 12 : 「出力運転中の制御棒の異常な引抜き」の初期状態を途中出力とした場合の影響評価
- 別紙 13 : 「出力運転中の制御棒の異常な引抜き」における反応度添加率の設定の考え方

別紙 14 : 「出力運転中の制御棒の異常な引抜き」における崩壊熱除去運転移行後のプラント挙動

別紙 15 : 1 次主循環ポンプ軸固着事故時のコーストダウン

別紙 16 : 1 次冷却材漏えい事故における配管破損規模の想定

別紙 17 : 漏えいナトリウムによる熱的影響の解析における解析条件等

別紙 18 : 「冷却材流路閉塞事故」の想定

別紙 19 : 「冷却材流路閉塞事故」の事象進展及び猶予時間

別紙 20 : 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故における事象推移等の整理

別紙 21 : 設計基準事故に係る被ばく評価結果の整理

「冷却材流路閉塞事故」の事象進展及び猶予時間

EBR-II、DFR、PFR、BR-2 等で行われた 100 例を超える破損燃料継続照射（破損後最大継続照射期間：320 日）では、燃料破損発生後、破損燃料を継続使用した場合に、破損孔より浸入したナトリウムが燃料と化学的に反応し、当該破損燃料のクラックが拡大することが確認されているが、隣接する健全な燃料要素に破損が伝播した事例はない^[1]。なお、これらの試験における破損燃料の燃焼度は 0～20at%であり、「常陽」の燃料の最高燃焼度は約 10at%（90,000Mwd/t に相当）である^[2]。

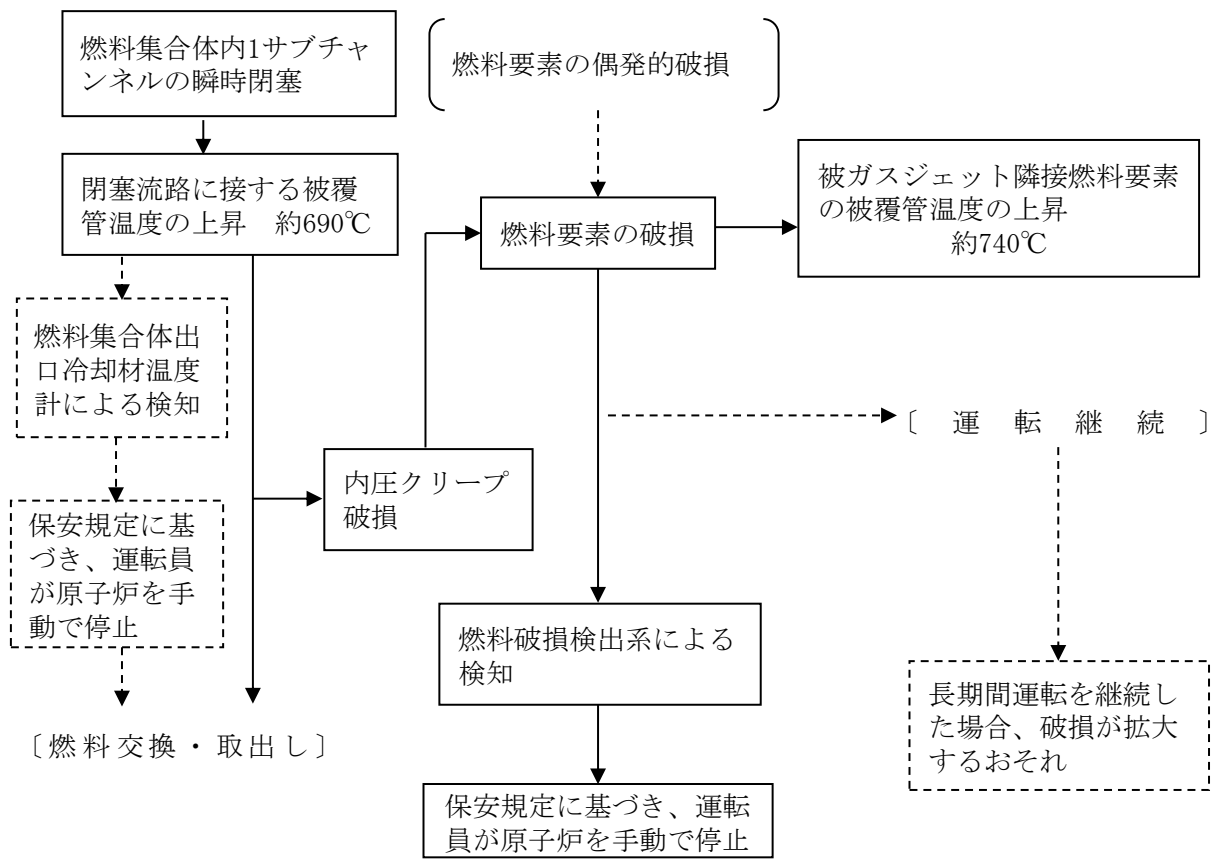
当該事例は、高速炉用燃料要素の破損後挙動の一般的な傾向を示しており、「常陽」において、一部の燃料要素に破損が生じた後、ある程度長期にわたってその集合体を継続使用した場合に、隣接する燃料要素への破損伝播が生じる可能性は極めて小さいと考えられる。

仮に、破損伝播が生じることを想定した場合であっても、短い時間で燃料破損が伝播することはなく、「長期間を要する破損伝播」が想定すべき事象となる。この場合には、急速な破損伝播が生じるものではないため、第 1 図に示すように、設計基準事故の判断基準「炉心は著しい損傷に至ることなく、かつ、十分な冷却が可能であること。」を満足するよう、運転員は原子炉を停止する等の適切な措置を講じることができる。

運転員が燃料破損検出系により燃料破損を検知した場合、燃料破損発生後に運転員が原子炉を停止するまでに要する時間は、燃料破損検出系の検出時間（別添 1 参照）及び運転員操作時間の合計の約 1 時間であり、上記の照射試験で得られている破損後の継続照射期間（最大 320 日）と比較して十分な猶予時間が確保される。なお、上記の照射試験で得られている破損面積の増加率は約 0.1cm²/日と緩やかであることから^[1]、「常陽」では燃料破損検出系の信号を安全保護動作の信号とせず、保安規定に定める値を超えた場合に、保安規定に基づき、運転員が手動で原子炉をスクラムする手順としている。

[1]：羽賀一男、「局所事故に関する研究の現状と展開」、PNC TN 2410 87-002(1987 年 3 月)

[2]：R. V. STRAIN, et al.、「STATUS OF RBCB TESTING OF LMR OXIDE FUEL IN EBR-II」、Proceedings of FR' 91



第1図 冷却材流路閉塞事故の事象進展

燃料破損検出系の検出機能

1. 概要

原子炉施設には、燃料破損検出系として、遅発中性子法燃料破損検出設備及びカバーガス法燃料破損検出設備を独立に設ける。これらのいずれかにおいて異常が検知された場合には、警報回路を作動させるものとする。

燃料破損検出系は以下の検出機能を有しており、1本の燃料要素の破損により、一次冷却系ナトリウム中の核分裂生成物の濃度が運転上の制限（遅発中性子法燃料破損検出設備及びカバーガス法燃料破損検出設備のそれぞれにおいて設定）を超えたことを速やかに検出できる。また、運転員は中央制御室の警報及び盤において、運転上の制限を超過したことを検知し、速やかに原子炉を停止することができる。原子炉施設保安規定において、遅発中性子法燃料破損検出設備かカバーガス法燃料破損検出設備のいずれか一方でも運転上の制限値を超え、又は超えるおそれがあると認めた場合の措置として、原子炉を停止することを定めている。

2. 主要設備

(1) 遅発中性子法燃料破損検出設備（第1図参照）

遅発中性子法燃料破損検出設備は、検出器及びこれを収納するグラフィトブロック並びに計測装置等から構成し、1次主冷却系配管の近傍に設置される。検出器には、BF₃比例計数管等を使用する。

(2) カバーガス法燃料破損検出設備（第1図参照）

カバーガス法燃料破損検出設備は、検出器及び計測装置等から構成し、カバーガス中の希ガス核分裂生成物の娘核種の放射能を測定する。検出器には、ヨウ化ナトリウムシンチレータを使用する。

3. 検出感度

(1) 遅発中性子法燃料破損検出設備

「常陽」でこれまでに実施した燃料破損検出技術の実証試験において、燃料要素1本で開口破損が生じれば、大洗研究所（南地区）原子炉施設保安規定に定める運転上の制限（バックグラウンドの値の5倍）を超過する検出感度を有することを確認している^[1]。

(2) カバーガス法燃料破損検出設備

「常陽」でこれまでに実施した燃料破損検出技術の実証試験において、燃焼初期の燃料要素1本に蓄積される希ガスFPの放出が生じれば、大洗研究所（南地区）原子炉施設保安規定に定める運転上の制限（バックグラウンドの値の10倍）を超過する検出感度を有することを確認している^[2]。

4. 検出時間

(1) 遅発中性子法燃料破損検出設備

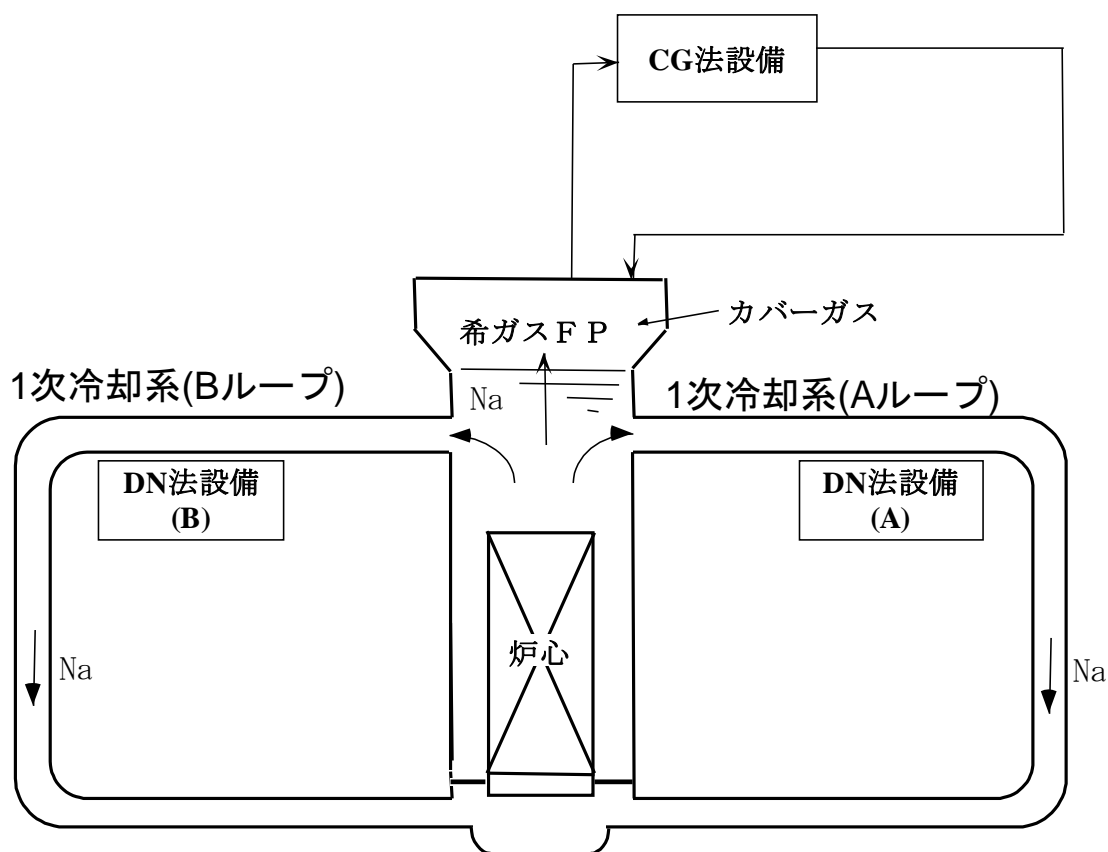
「常陽」でこれまでに実施した燃料破損検出技術の実証試験結果から、遅発中性子先行核の輸送時間遅れは約1分であり、燃料破損発生約1分後には、燃料破損を検知し、中央制御室に警報を発することが可能である。

(2) カバーガス法燃料破損検出設備

「常陽」でこれまでに実施した燃料破損検出技術の実証試験結果から、カバーガス法燃料破損検出設備の検知に要する時間は約40分であり、燃料破損発生約40分後には、燃料破損を検知し、中央制御室に警報を発することが可能である。

[1] 大戸敏弘他；「「常陽」における燃料破損検出技術の開発と実証試験」動燃技報 No. 68, p. 45-51 (1988)

[2] 伊藤主税他；「「常陽」における燃料破損模擬試験」JNC TN 9410 2005-003



CG法：カバーガス法

DN法：遅発中性子法

第1図 「常陽」の燃料破損検出系の概念図