



第19条（反応度制御系統）に係る説明書

2022年1月18日

日本原子力研究開発機構 大洗研究所
高速実験炉部

第19条（反応度制御系統）に係る要求事項と対応概要

要求事項	対応の概要
<p>1 試験研究用等原子炉施設には、次に掲げるところにより、反応度制御系統を設けなければならない。</p> <p>一 通常運転時に予想される温度変化、キセノンの濃度変化、実験物（構造材料その他の実験のために使用されるものをいう。以下同じ。）の移動その他の要因による反応度変化を制御できるものとする。</p> <p>二 制御棒を用いる場合にあっては、次に掲げるものであること。</p> <p>イ 炉心からの飛び出し、又は落下を防止するものとする。</p> <p>ロ 当該制御棒の反応度添加率は、原子炉停止系統の停止能力と併せて、想定される制御棒の異常な引き抜きが発生しても、燃料の許容設計限界を超えないものとする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 原子炉施設には、反応度制御系統及び原子炉停止系統として、制御棒及び制御棒駆動系を設ける。制御棒及び制御棒駆動系は、通常運転時に予想される温度変化、実験物の移動その他の要因による反応度変化を制御できるように設計する。 • 炉心の反応度（原子炉の出力）は、エクステンションロッドと一体となった制御棒を、制御棒駆動機構のケーシングに収納された駆動電動機（三相誘導電動機）により、減速機を介して、外側エクステンションロッドに接続されたボールナットスクリュを回転させることで、上下駆動し、制御棒の位置を調整することで制御する（ボールナットスクリュ方式）。 • 照射燃料集合体、材料照射用反射体及び照射用実験装置においては、燃料又は照射物の過度の溶解又は分解を生じないように、及び冷却材の沸騰が生じないように設計するものとしている*1。 • 原子炉運転中に試料部を案内管内で可動できるものにあつては、試料部を可動させても、炉心の核特性に有意な影響を与えないものとしている。 • 高速炉の炉心の特徴として、キセノンの濃度変化による反応度変化は無視できる程度となる。 <ul style="list-style-type: none"> • 炉心からの飛び出しを防止するために、制御棒は、ハンドリングヘッドにおいて、制御棒駆動機構上部案内管に収納されるエクステンションロッドを介して、制御棒駆動機構に吊り下げられる構造とする。なお、駆動電動機に設けられた電磁ブレーキにより、制御棒上下駆動の停止及び停止中の位置保持が行われる。 • 制御棒の反応度添加率は、その停止能力（原子炉停止系統）と併せて、想定される制御棒の異常な引き抜きが発生しても、燃料の許容設計限界を超えないものとする。制御棒による最大反応度添加率は約0.00016Δk/k/sである。 <ul style="list-style-type: none"> → 「添付書類10 2.運転時の異常な過渡変化 2.2 未臨界状態からの制御棒の異常な引抜き」及び「添付書類10 2.運転時の異常な過渡変化 2.3 出力運転中の制御棒の異常な引抜き」に示すように、制御棒の反応度添加率は、その停止能力と併せて、想定される制御棒の異常な引き抜きが発生しても、燃料の許容設計限界を超えないものとしている。

*1： 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29条（実験設備等）に係る説明書」、
「第43条（試験用燃料体）に係る説明書」で別途提示。

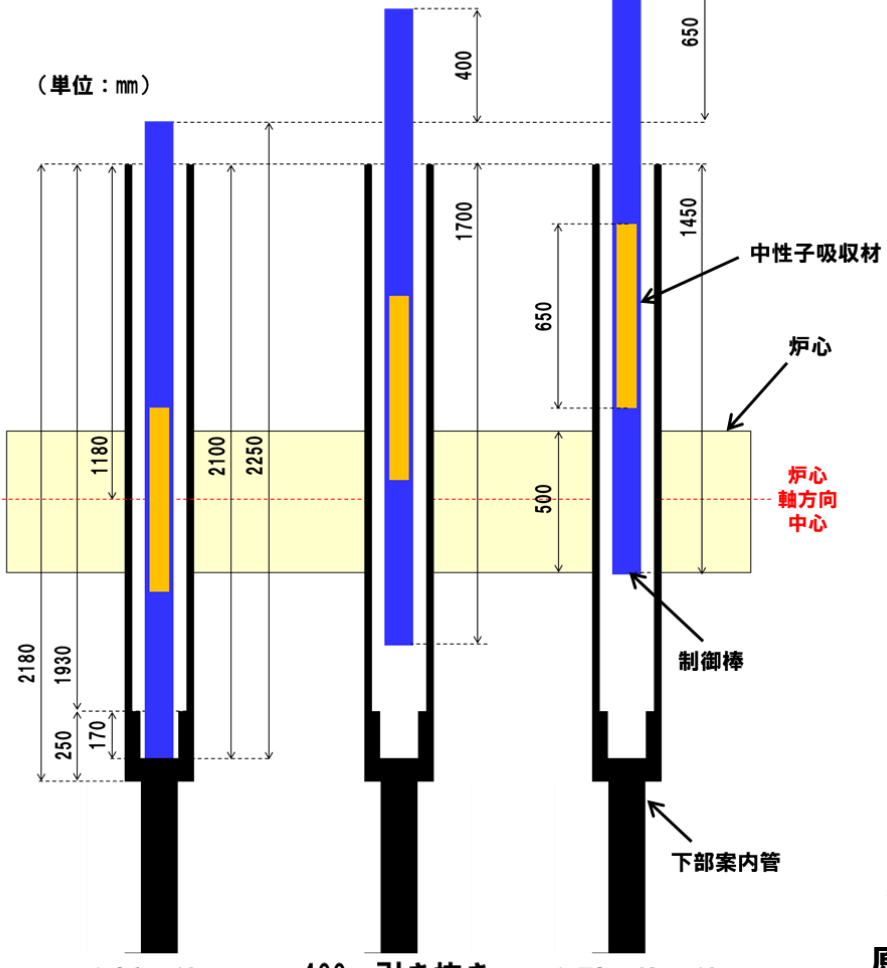
反応度制御システムの概要

- 炉心は、予想される全ての運転範囲において、反応度フィードバックが急速な固有の出力抑制効果を有するとともに、出力変動が発生した場合であっても、燃料の許容設計限界を超える状態に至らないように十分な減衰特性を持つように設計。
- 反応度制御システムは、4式の制御棒（駆動系含む。以下同様。）から構成。原子炉停止システムは、独立した4式の制御棒及び独立した2式の後備炉停止制御棒から構成。

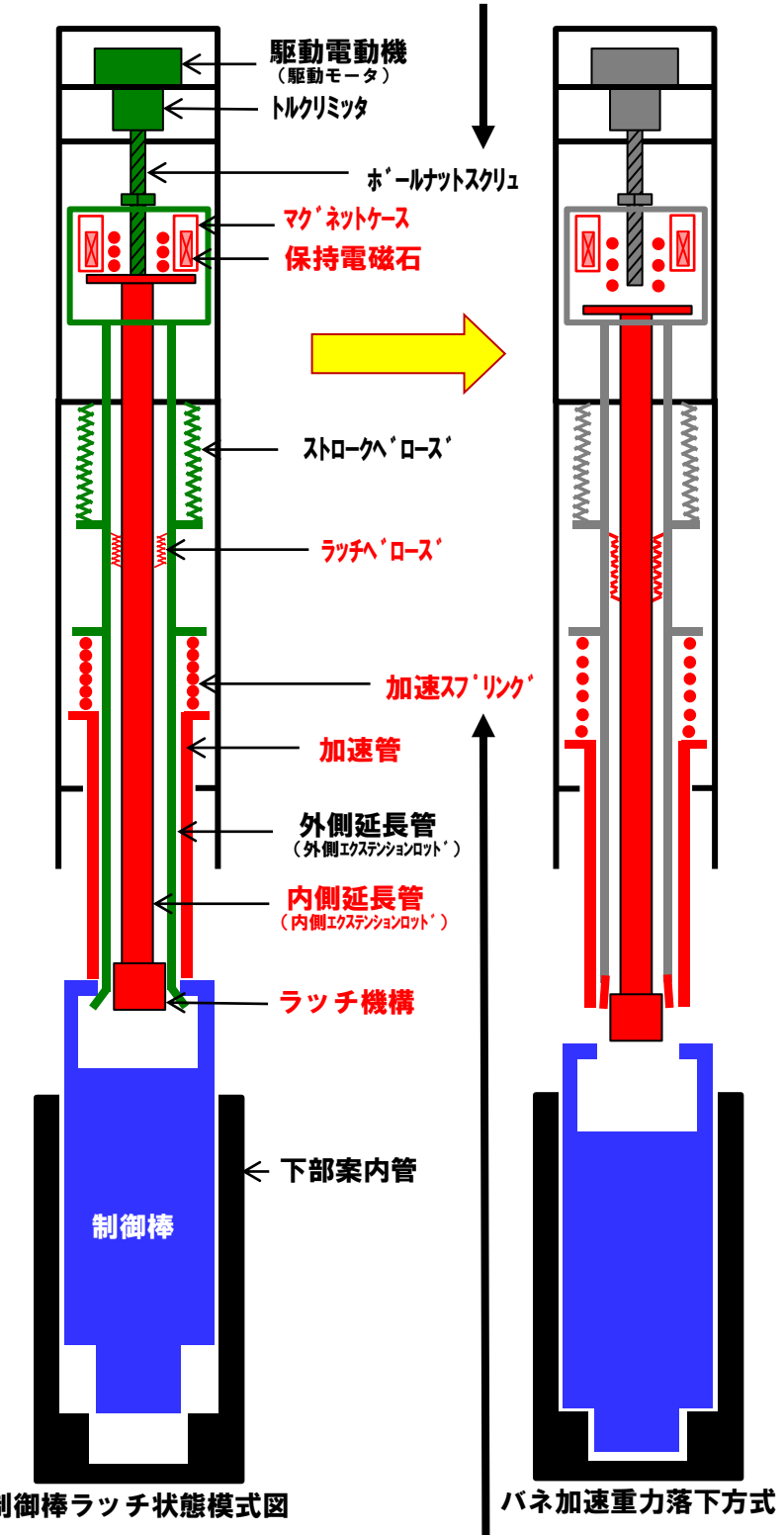
制御棒（後備炉停止制御棒含む。）が全引き抜き位置にあっても、60%以上が下部案内管内部に位置

- 他の集合体とは独立して下部案内管を設置し、制御棒の落下・挿入をガイドする。
- 制御棒の下方に、制御棒の下降を阻害するものは存在しない。

駆動ストローク：約65cm

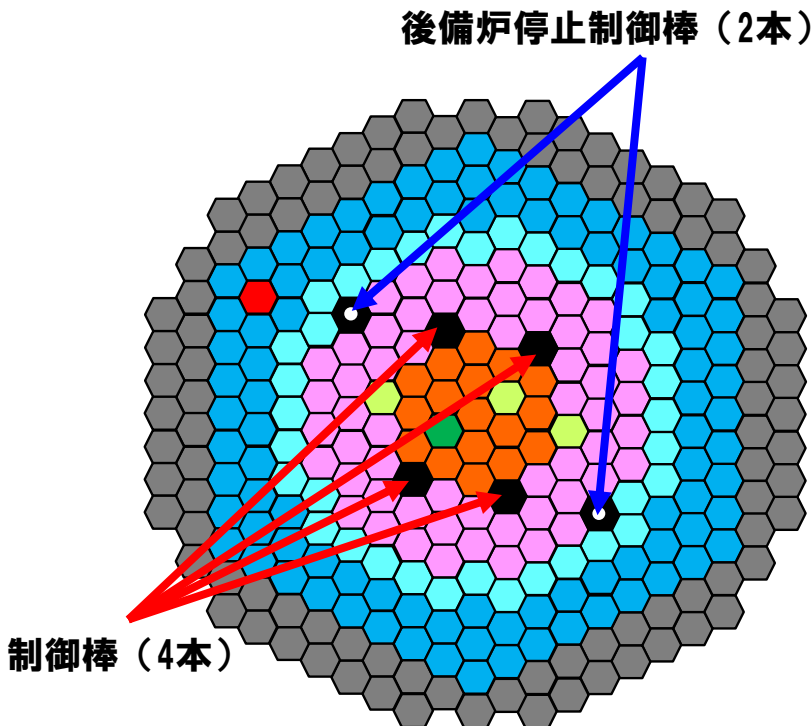


ボールナットスクリュを回転させ、制御棒の位置を調整することにより炉心の反応度（原子炉の出力）を制御（ボールナットスクリュ方式）



原子炉スクラム時には、保持電磁石の励磁断により、制御棒は、自重で落下するとともにスプリングにより加速されて炉心に落下・挿入（バネ加速重力落下方式）

制御棒及び制御棒駆動系等の概念図

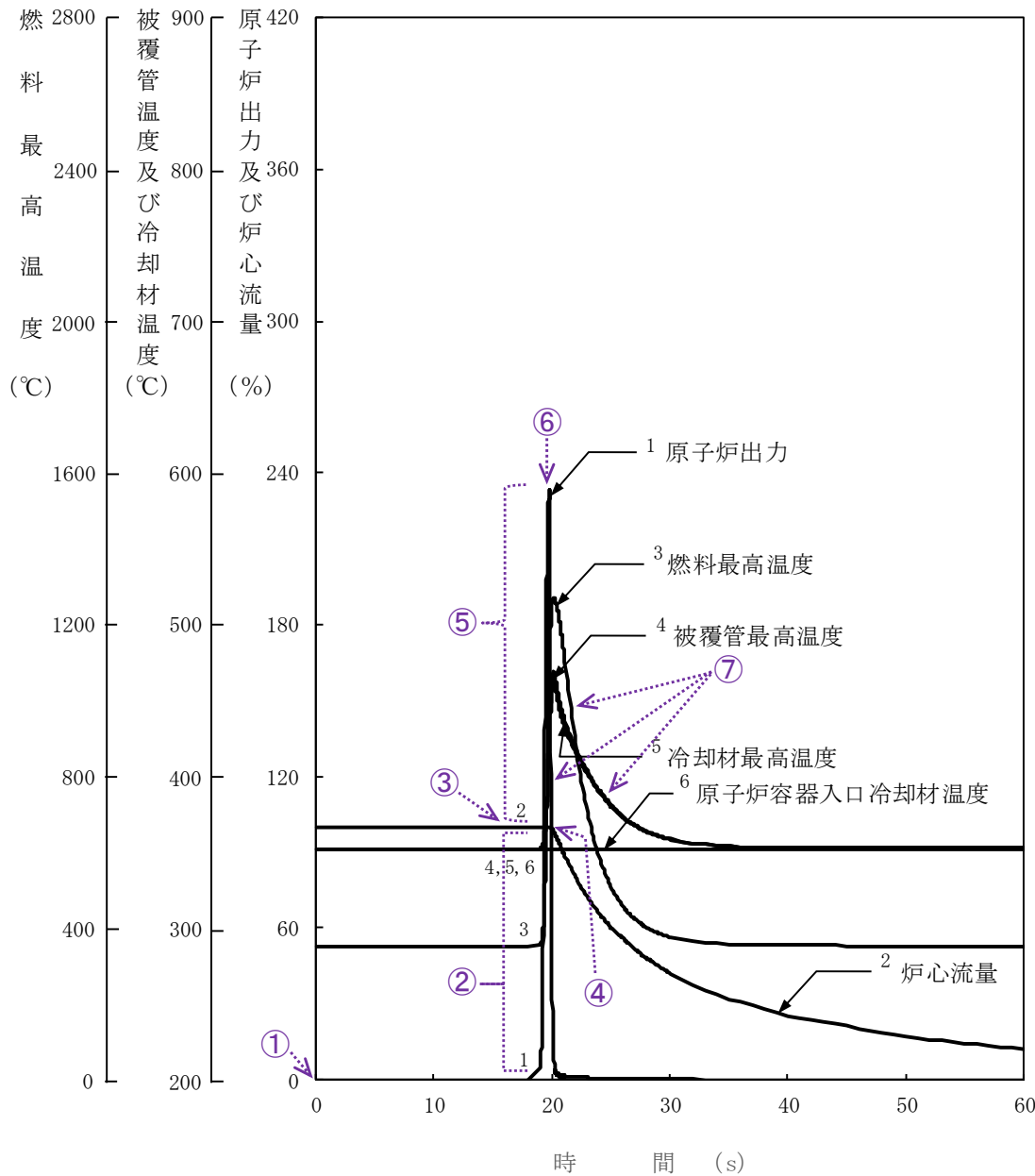


炉心構成図（MK-IV標準炉心）

制御棒の最大反応度価値及び反応度添加率の設定の妥当性

未臨界状態からの制御棒の異常な引抜き

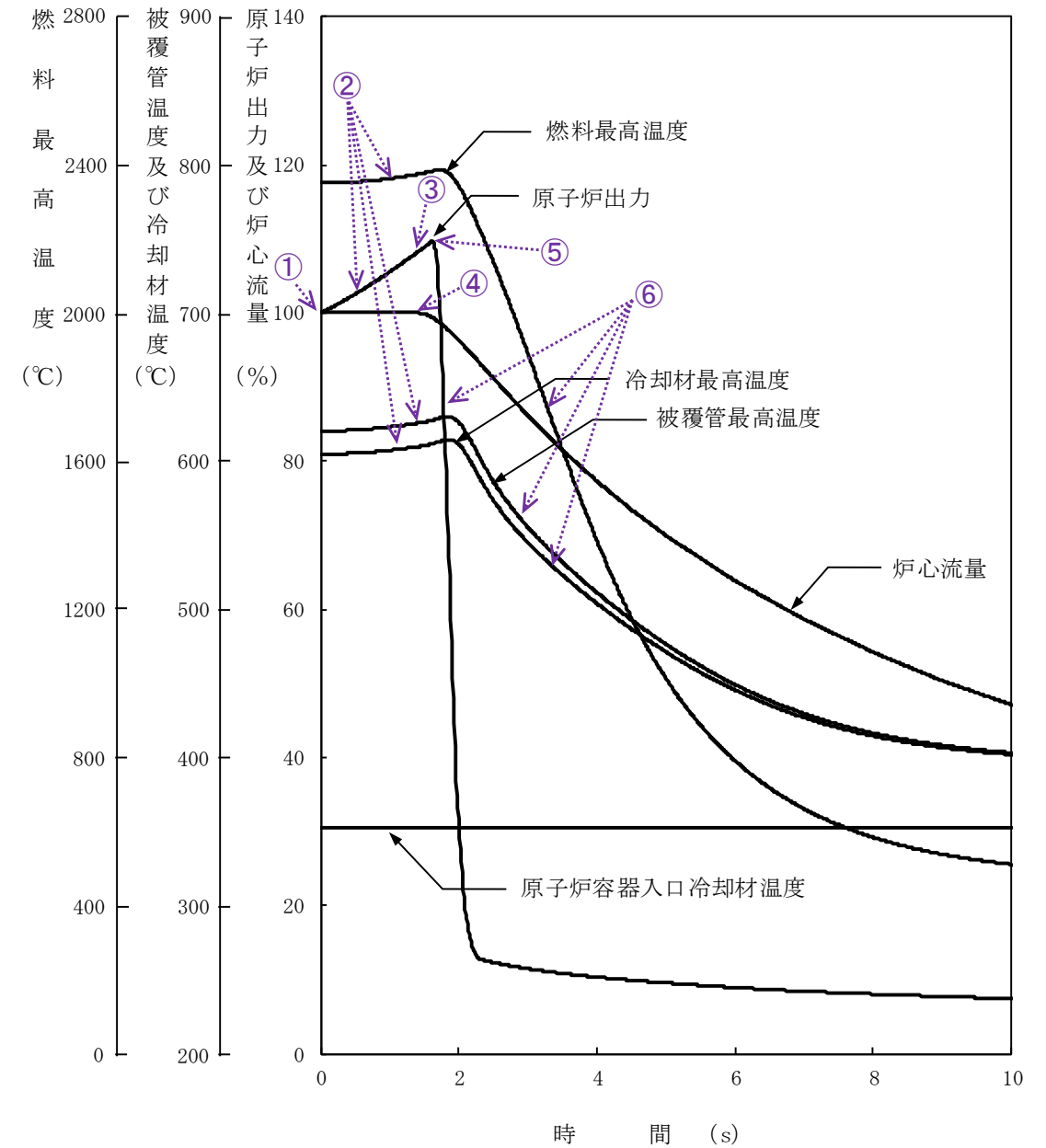
反応度添加率：5 β /s → 原子炉スクラムにより出力低下



	解析結果	熱設計基準値
燃料最高温度：	約1,270 °C	2,650 °C
燃料被覆管最高温度：	約470 °C	840 °C
冷却材最高温度：	約470 °C	910 °C

出力運転中の制御棒の異常な引抜き

反応度添加率：5 β /s → 原子炉スクラムにより出力低下



	解析結果	熱設計基準値
燃料最高温度：	約2,390 °C	2,650 °C
燃料被覆管最高温度：	約630 °C	840 °C
冷却材最高温度：	約620 °C	910 °C

・ 想定される制御棒の異常な引き抜きが発生しても、燃料の許容設計限界を超えない。

反応度制御系統における反応度変化の想定等

- 通常運転時に予想される温度変化 → 【第32条（炉心等）】において温度変化等に係る炉心動特性を評価
 - 反応度や主冷却器空気流量のステップ状の変化に起因する出力振動が発生した場合であっても、固有の出力抑制効果及び原子炉冷却材温度制御系の適切な応答動作等により、原子炉の出力、原子炉入口冷却材温度、原子炉出口冷却材温度等の主要諸変数を、十分な減衰性をもたせて安定に制御することができるため、反応度制御系統の動作を必要としない。
- キセノンの濃度変化 → キセノンの中性子吸収断面積の特性により、高速炉の炉心の特徴として、キセノンの濃度変化による反応度変化は無視できる程度となる。
- 実験物（構造材料その他の実験のために使用されるものをいう。）の移動
 - 【第29条（実験設備等）】において、実験物の移動に伴う反応度変化を制限
 - 計測線付実験装置は、試験目的に応じ、原子炉運転中に試料部を案内管内で可動できる構造とする場合がある。
 - 計測線付実験装置は、炉心の核特性に影響を与えないものとしており、その装荷にあたり制御棒の反応度制御能力が変わるものではない。また、試料部を案内管内で可動させる場合であっても、反応度添加率を制御棒より小さいものとしているため、可動に伴う反応度変化は制御棒により制御することができる。なお、炉心の核特性に影響を与えないものとしていることについては、設工認段階で確認する。
 - ※ 過去の設計実績として、自己作動型停止機構（SASS）の炉内試験を目的とした「試料部可動型実験装置」があり、設工認の核熱設計書において、試料部の落下に伴う反応度が $(-1 \sim -4) \times 10^{-4} \Delta k/k$ と小さく、また、反応度添加率も制御棒より二桁小さく、原子炉の安全性に影響するものではないことを確認している。
 - 【第43条（試験用燃料体）】において、照射燃料集合体等に起因する反応度変化を制限
 - 照射燃料集合体、材料照射用反射体及び照射用実験装置においては、燃料又は照射物の過度の溶融又は分解を生じないように、及び冷却材の沸騰が生じないように設計するものとしている