



JY-113-5

遷移過程での燃料粒子落下速度、質量、粒径の影響の説明資料

2022年2月4日

日本原子力研究開発機構 大洗研究所
高速実験炉部

第427回核燃料施設等審査会合（令和4年1月18日）における指摘

炉心損傷過程における燃料崩落後の現実的な燃料粒子径及びSIMMERにおける燃料粒子径の設定、並びに燃料粒子径の分布等が即発臨界超過に与える影響を説明すること。また、燃料粒子径が燃料の流動に与える影響についても定量的に説明すること。

炉心損傷過程における燃料の崩落の過程について、SIMMERコードでどのように扱っているのか、崩落する燃料の質量と速度等の挙動を定量的に説明すること。また、不確かさケース1、2の両者についても定量的に説明すること。

燃料の崩落による反応度挿入とスロッシングによる反応度挿入を定量的に説明すること。

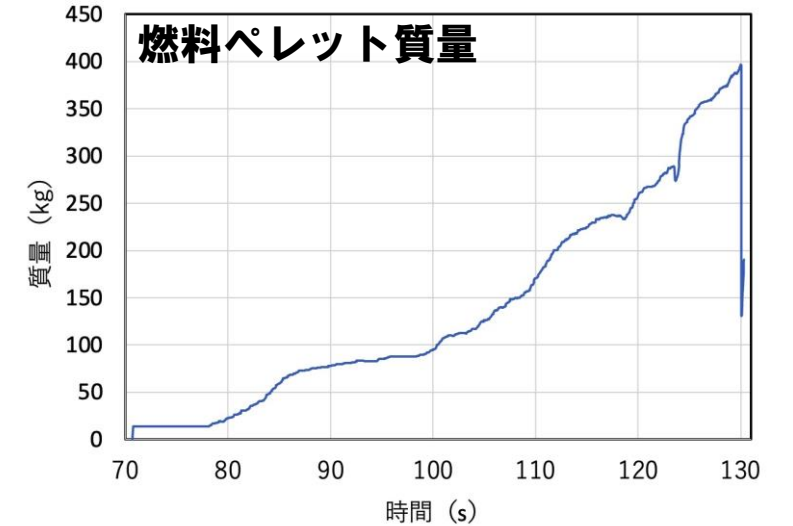
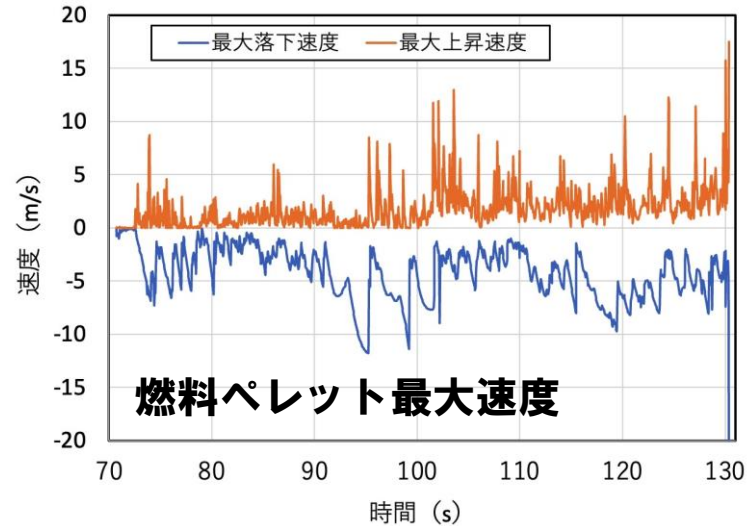
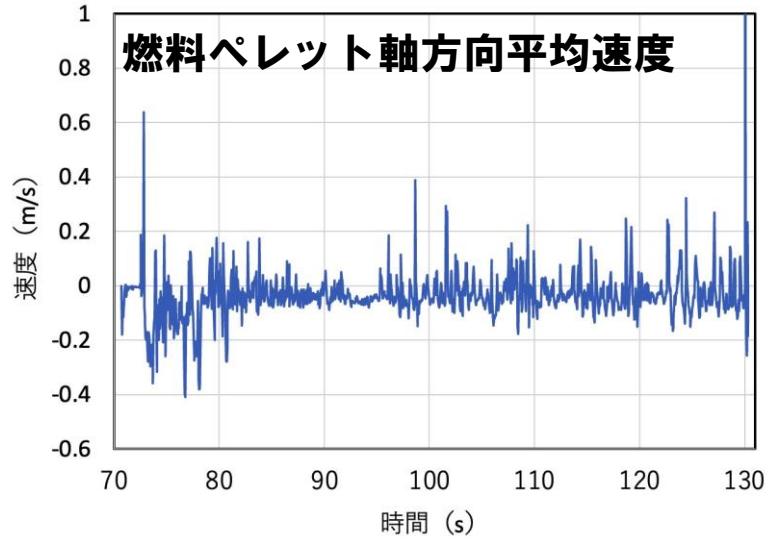
燃料粒子（ペレット）の落下挙動

- 「常陽」はほぼ全炉心でボイド反応度が負であるため、損傷領域の拡大の過程では冷却材が沸騰しても炉出力が増加せず、炉心の損傷進展が緩慢となる。
- このため、燃料の損傷は冷却材の沸騰とドライアウトに続いて被覆管が溶融した後に、燃料ペレットが落下する。流路に放出された燃料ペレットは未破損の燃料ピン束の上にデブリベッド状に堆積して、その間隙を溶融スチールが満たす。堆積するに際しての空隙率の最小値は30%としている。
- 「常陽」の遷移過程解析では出力過渡による固体クラッキングを想定し、被覆管溶融による燃料ピン破損時に燃料ペレットが直径1mmに割れるとの想定を用いている。また、燃料ペレットのほとんどは即発臨界超過による出力逸走の直前までほぼ未溶融のままである。
- 被覆管溶融によって破損した直後の燃料は、その位置の周囲の流体の流速、圧力勾配、構造との摩擦、及び重力に従って運動を始める*1。

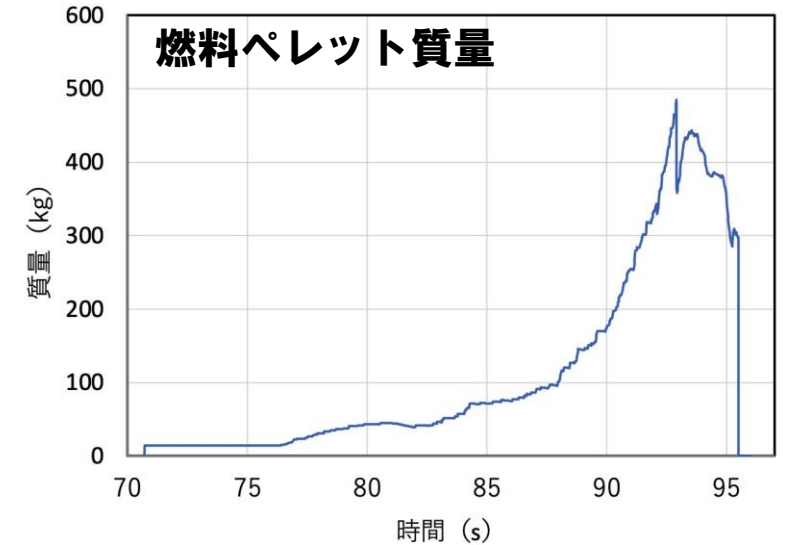
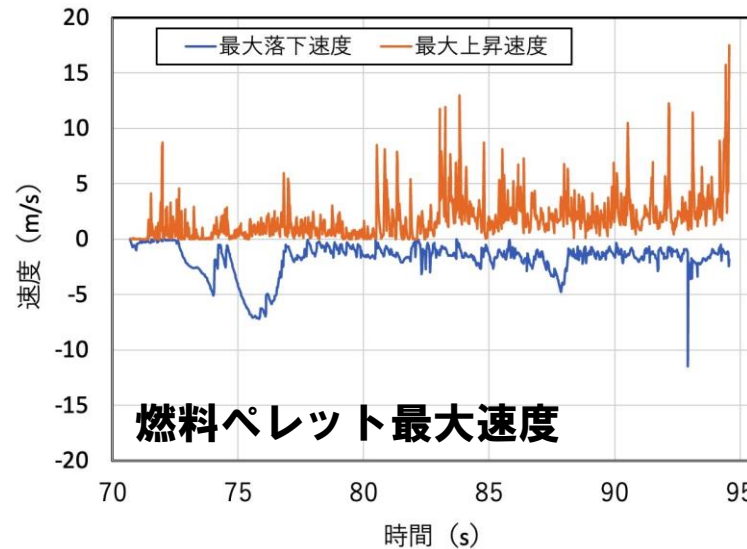
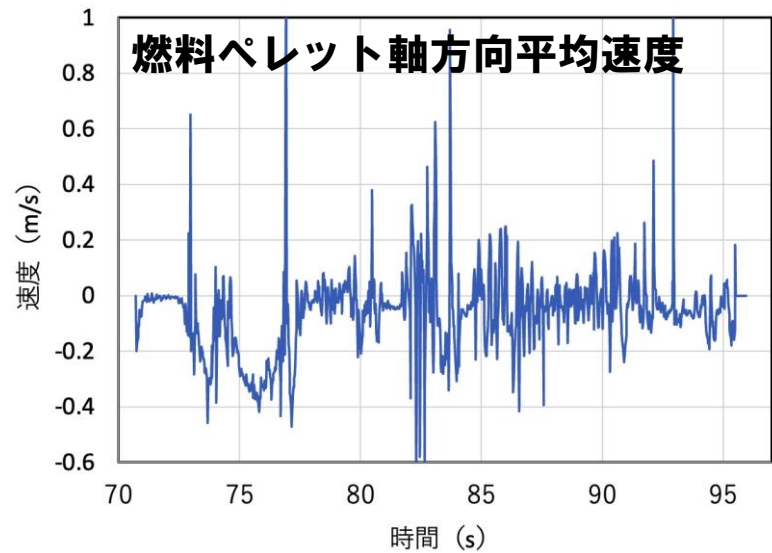
*1: 沸騰領域拡大後に燃料ピンが緩慢に崩壊する「常陽」では、沸騰拡大後の燃料崩壊前にプレナムガスが放出されてしまうため、プレナムガス圧駆動による加速は生じない。

燃料粒子（ペレット）の落下挙動

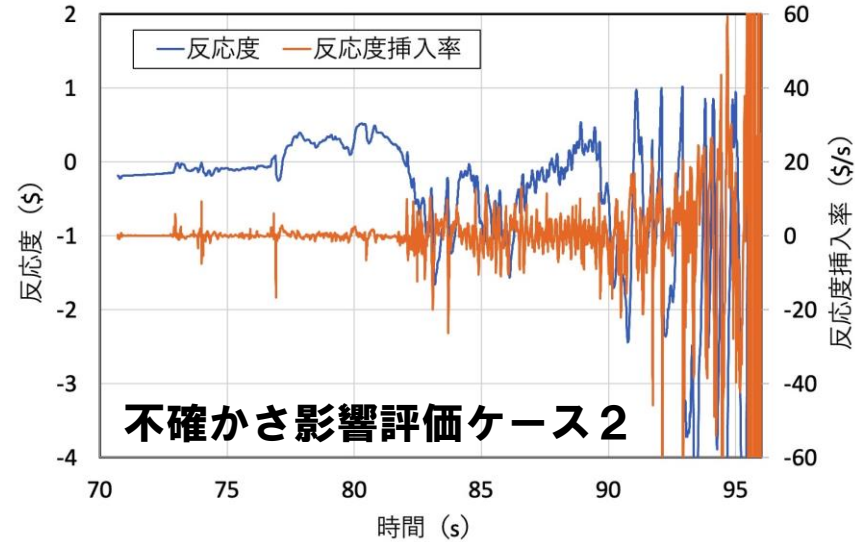
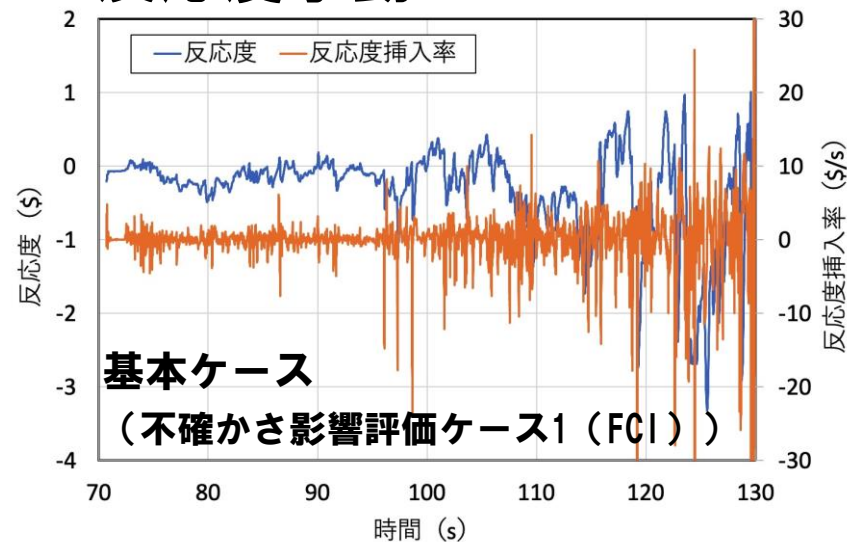
■ 基本ケース（不確かさ影響評価ケース1（FCI））



■ 不確かさ影響評価ケース2（燃料スロッシング）



■ 反応度挙動



燃料粒子（ペレット）の落下挙動の反応度変化への影響

- SIMMERコードでは、空間依存動特性モデルによって炉心全体の物質と温度の空間分布から反応度変化を求めている。個々の燃料の挙動による反応度を分離して評価することは難しい。
- 「常陽」の遷移過程において初期の数10秒間は被覆管の溶融によって破損した燃料ピンの燃料ペレットが炉心下部へ凝集する一方で、他所では局所的なFCIやFPガス圧の発生で多次元的な流動が生起されている。この過程でのこれらの燃料の動きを反映した空間依存動特性モデルによって計算された反応度挿入率は高々数 $\$/s$ 程度である。
- 一方、遷移過程における放出エネルギーは炉心物質全体のスロッシングによる燃料集中に支配される。SIMMERによる「常陽」遷移過程解析では、燃料ペレットと溶融スチールからなる炉心物質の粘性を粒径分布や粒子の体積率にかかわらずゼロとして、スロッシングによる燃料集中を保守的に解析しているため、粒径分布が炉心物質の流動性すなわちスロッシングによる放出エネルギーに与える影響は無い。