



高速増殖炉サイクルへの移行期における TRU燃料について

(独)日本原子力研究開発機構
2006年6月14日



高速増殖炉サイクルへの移行期におけるTRU燃料の開発

2050年頃の高速増殖炉サイクル実用化時期には、環境負荷低減や資源有効利用の観点からNp-Am-Cmを含むTRU燃料を実用化できるように開発を進める

(TRU燃料のMA含有量)

- 高速増殖炉平衡サイクル時期には、1%MA含有燃料となるが、高速増殖炉が導入開始され時期には、軽水炉燃料再処理から出てくるMAも高速増殖炉で燃料とすることとし、最大5%MA含有燃料を想定した。
 - FBR平衡期の低除染TRU燃料(1%MA)は約9W/kgHMの発熱量で、発熱分担が大きい核種は ^{244}Cm 及び ^{238}Pu である。
 - 一方、軽水炉から回収するTRUは含有割合は小さいが総量としては有意な量があり、冷却期間や組成によってこれらのTRUの発熱量は変化する為、MA5%含有燃料の取扱いとして設計上は20W/kgHMの発熱を想定した。

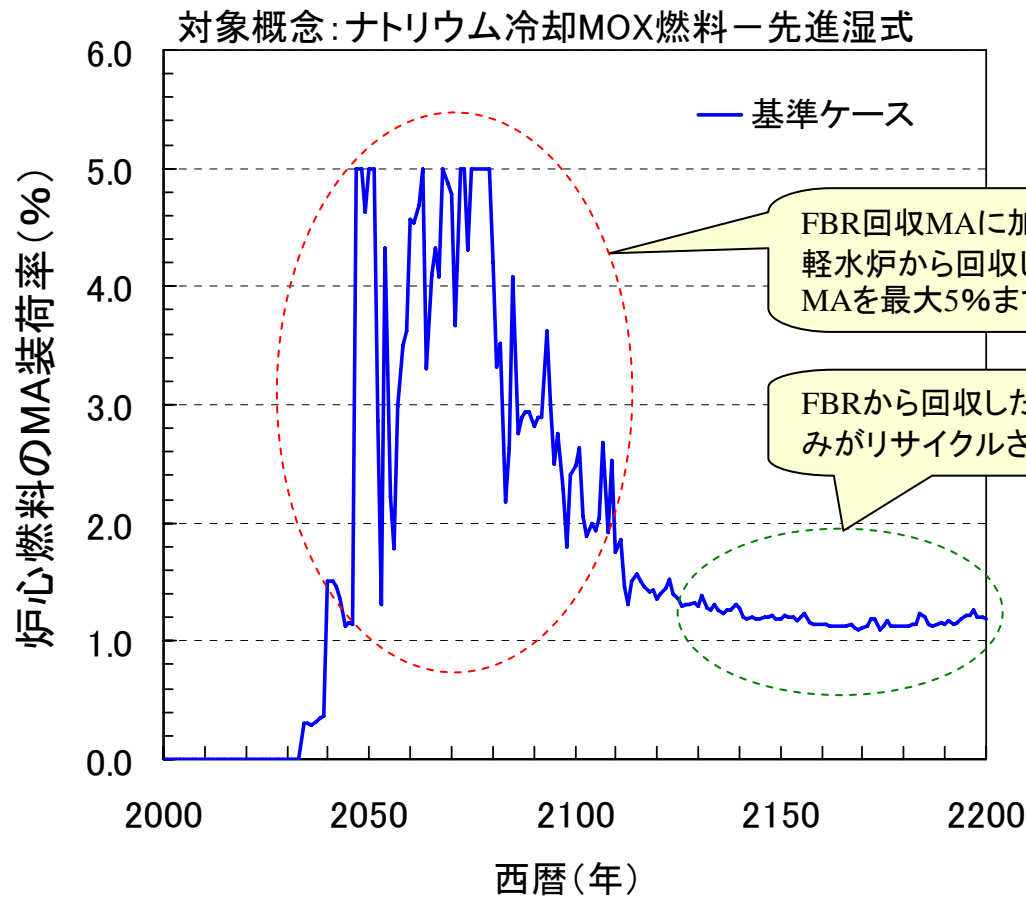
(燃料製造技術開発における留意点と今後の課題)

- 設計では多成分系への考慮や除熱対策等を講じるなどを検討したが、今後さらに工学的な検証などが課題となる。
- 今後の燃料製造技術開発に関しては、当面、東海再処理工場からのNp,Amを含むMOX原料を用いて燃料製造技術の開発を進めてプロセスの確証や機器開発を行う。
- 2020年頃からは再処理のホット工学規模の試験から供給されるMA含有原料を使って燃料製造の工学規模ホット試験施設でCmも含めた燃料製造技術の開発を進める。
- 燃料の照射性能の観点からは、比較的含有率が高くなるAmとNpについて、その影響を評価する照射試験に既に着手しており、燃料の性能への影響評価を進める計画である。この際、Cmについては、含有率が0.2%程度であり、燃料の照射性能の観点からは影響が小さいと判断し、今後の分離技術開発と製造技術開発の進展によってホット工学規模試験から照射用燃料が得られた段階で、その性能を確認する計画である。



FBR燃料中のMA装荷率

● FBR炉心燃料中のMA装荷率は、軽水炉からFBRへの移行過程で平均3~4%、移行完了後は約1%



【主な想定条件など】

- ① LWRからのMAは5%を上限にFBRに装荷する。余ったMAは次の年に装荷する。
- ② LWR再処理では、第二軽水炉再処理工場以降、MAをUやPuから分離して回収することを想定。平均的な再処理待ち時間は20年程度。
- ③ FBR再処理では、FBRとプルサーマルの使用済燃料を再処理し、MAはUやPuと共にTRU製品として回収することを想定。最初の施設からMAを回収する。
- ④ 2050~2100年過ぎまでにかけてMA装荷率が変動するのは、FBR新設炉の有無の影響である。

FBR炉心燃料のMA装荷率



簡素化ペレット法製造工程における 低除染TRU燃料に起因する主な技術課題

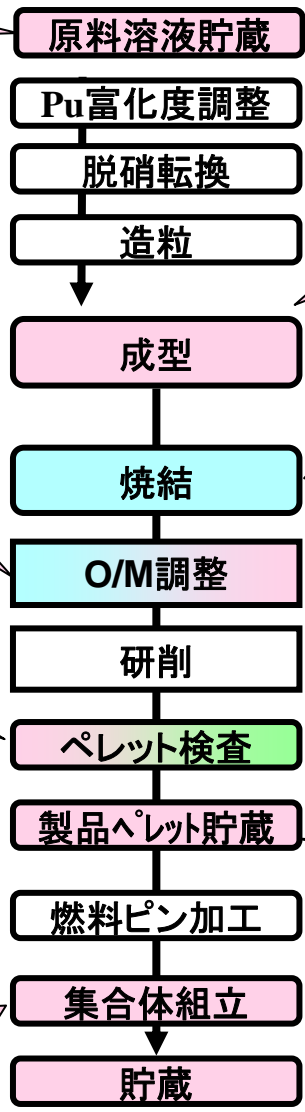
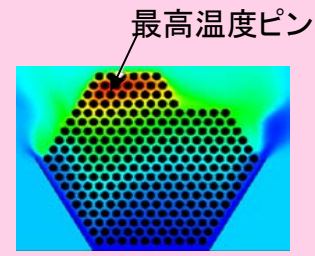
	多成分に起因
	高放射線に起因
	高発熱に起因

原料品質の安定性: 今後、設計で除熱対策

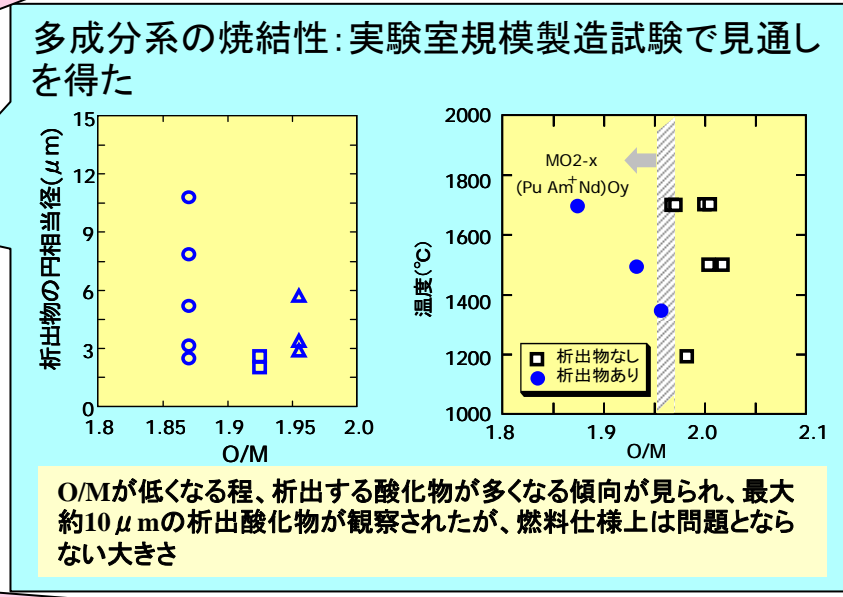
・低O/M比の実現性: 実験室規模製造試験で見通しを得た
 ・調整後O/M比の維持: 設計評価で空冷による除熱見通しを得た。

・測定精度の確保: 今後、発熱影響評価を実施
 ・部品の放射線劣化: 今後の設計で材質選定、部分遮へい対策

被覆管の酸化、ラッパ管へのピン束の挿入困難: 概略の除熱方策を検討した。今後、詳細評価



原料粉末の酸化: 今後、設計で除熱対策



O/M比の維持: 今後、設計で除熱対策

被覆管、部材の酸化: 今後、設計で除熱対策

共通: 遠隔設備化に伴う遠隔保守、補修技術: 今後の開発

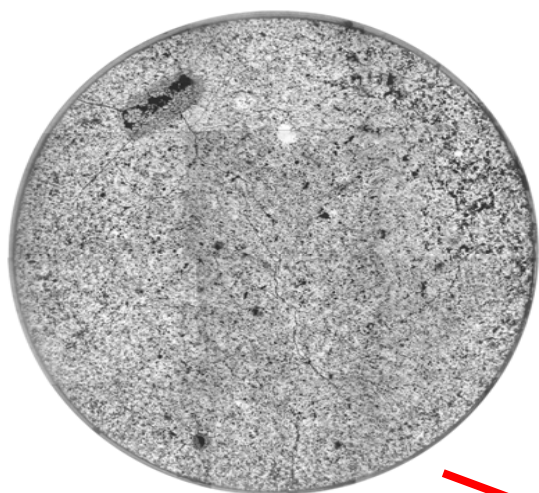


5%Am-MOXペレットの製造試験結果

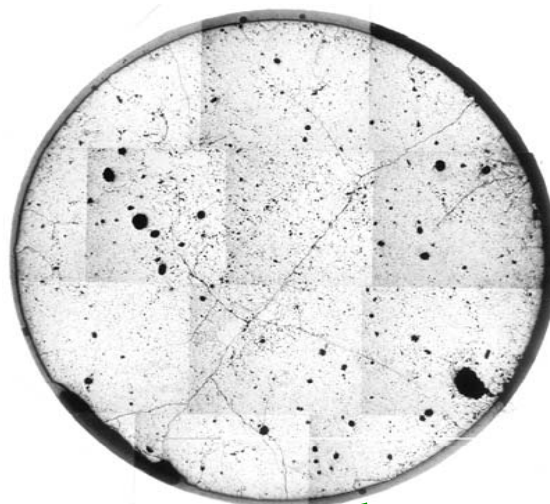
焼結開始から水分加湿
1700°C×3時間後加湿停止
昇温速度: 400°C/hr→200°C/hr
降温速度: 200°C/hr

焼結開始から終了まで水分加湿
昇温速度: 400°C/hr→200°C/hr
降温速度: 400°C/hr

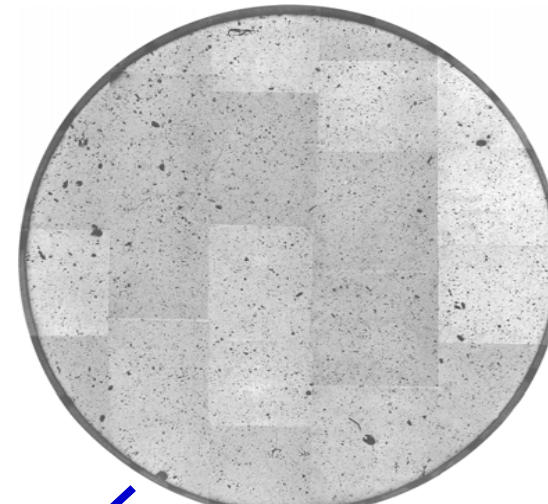
焼結開始から水分加湿
降温800°Cで加湿停止
昇温速度: 400°C/hr→200°C/hr
降温速度: 200°C/hr



91.4%T.D.

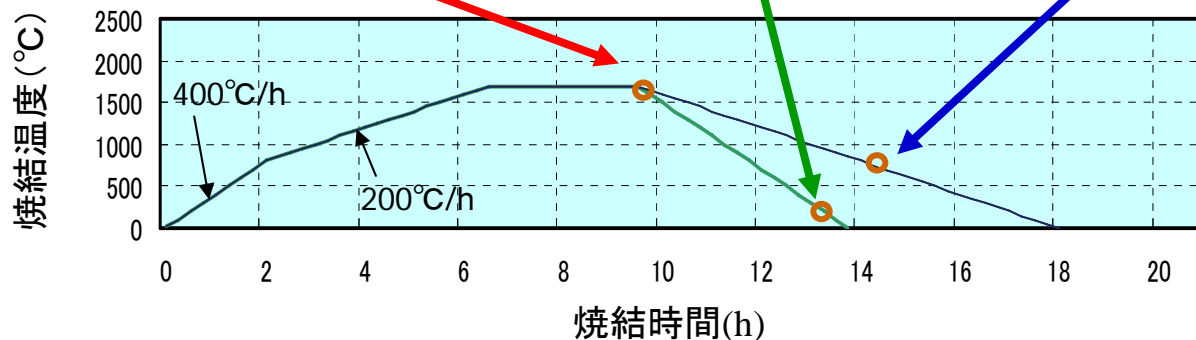


93.1%T.D.



95.8%T.D.

1mm

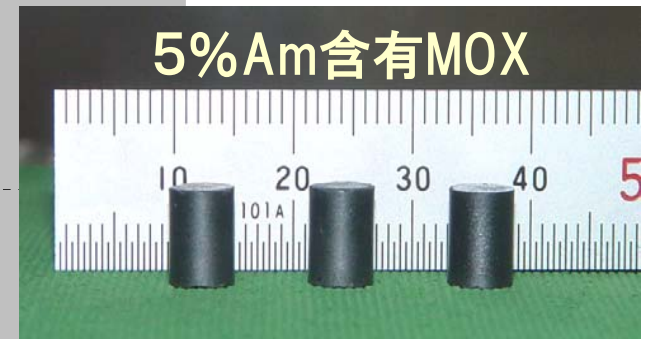
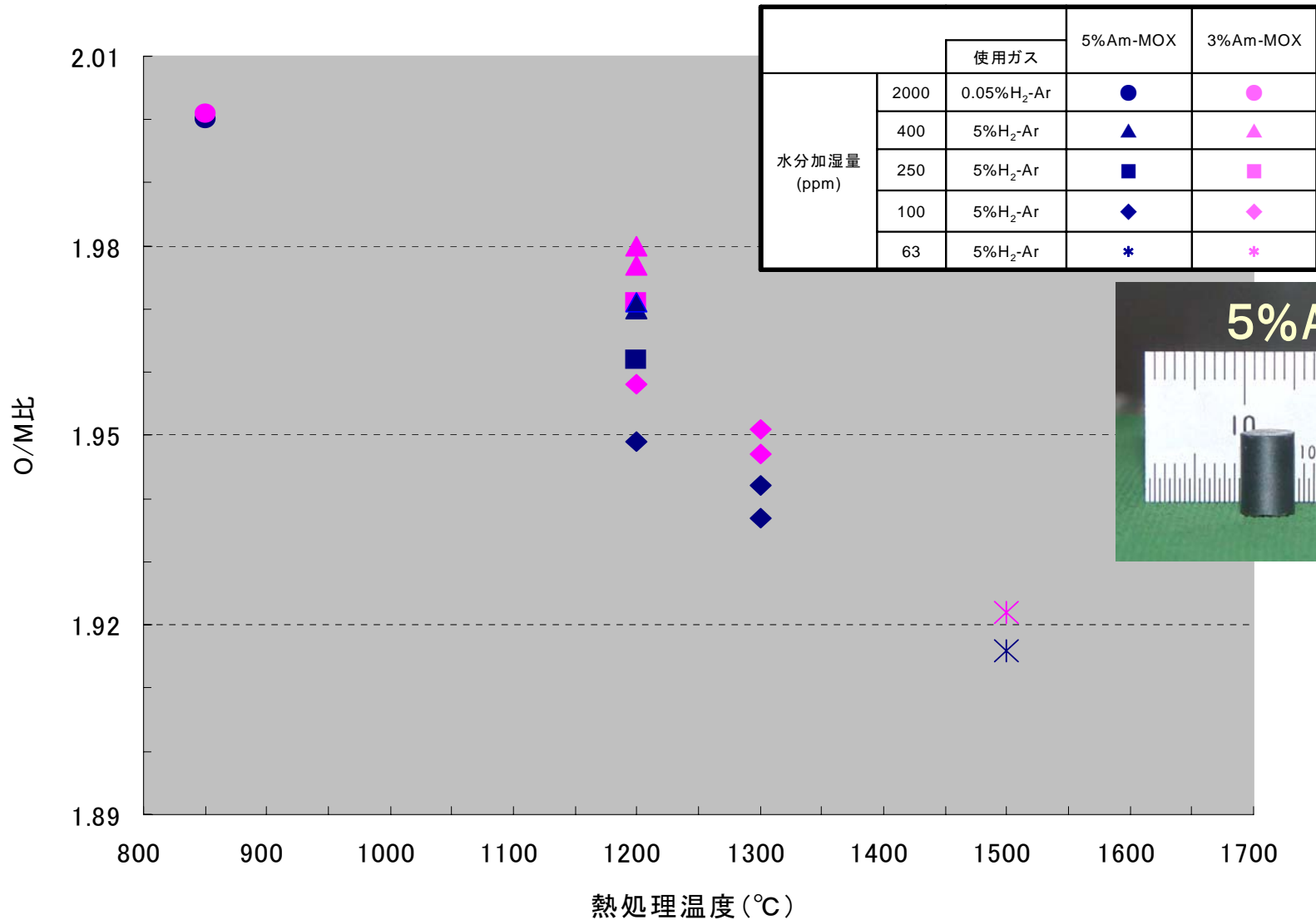


焼結温度: 1700°C
雰囲気: 5%H₂-Ar
加湿量: 約2,000ppm
(5 × 10⁻¹¹atm)



還元雰囲気中熱処理によるO/M比制御

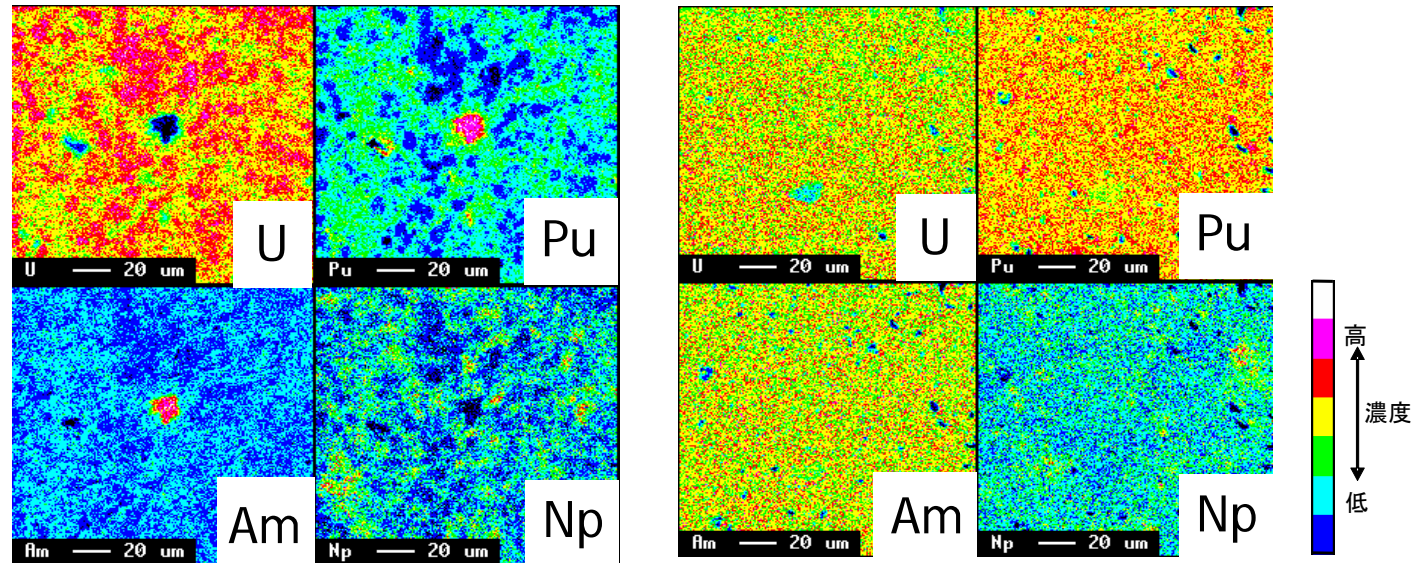
- 高濃度MA含有ペレットの低O/M比調整の見通しが得られた





焼結工程における酸素ポテンシャルの影響評価

焼結雰囲気中の酸素ポテンシャルの制御により均一性を確保できる見通しを得た。



$$\Delta G_{O_2} = -467 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_{O_2} = -364 \text{ kJ/mol}$$

低 ← 酸素ポテンシャル → 高

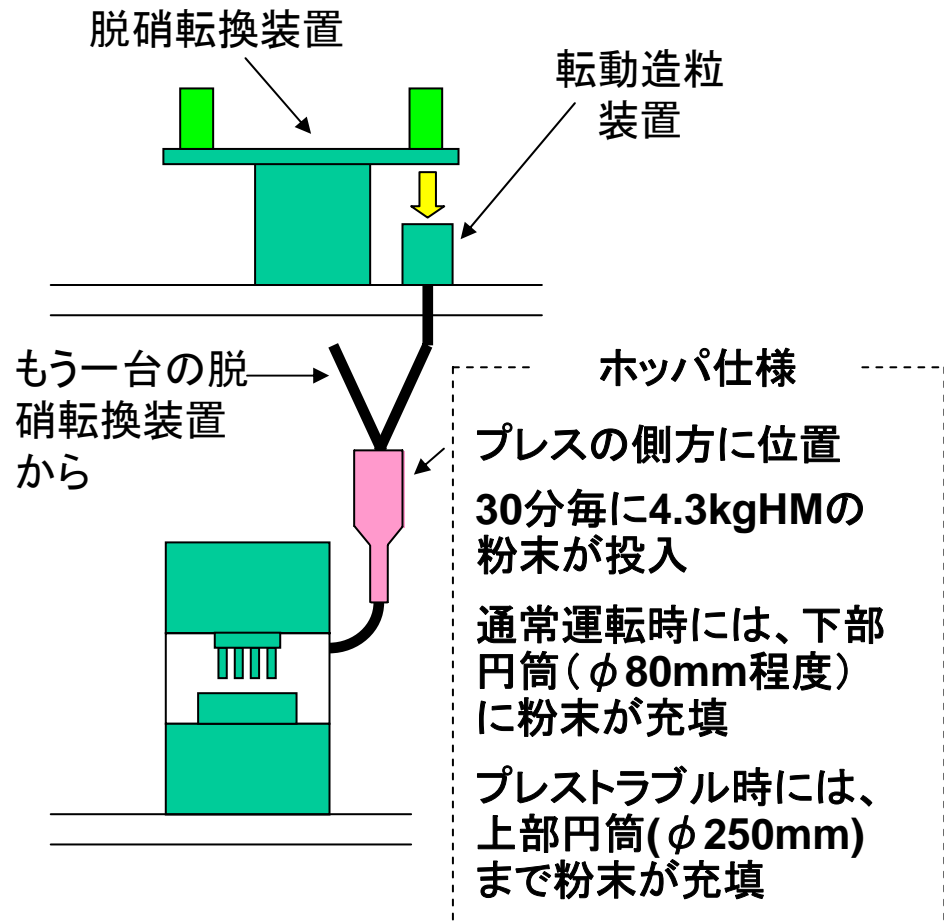
酸素ポテンシャル

1600°C焼結ペレットの EPMA による元素分布測定



—成型設備ホツパの寸法形状評価(1)—

●プレス(ホツパ)



●解析例

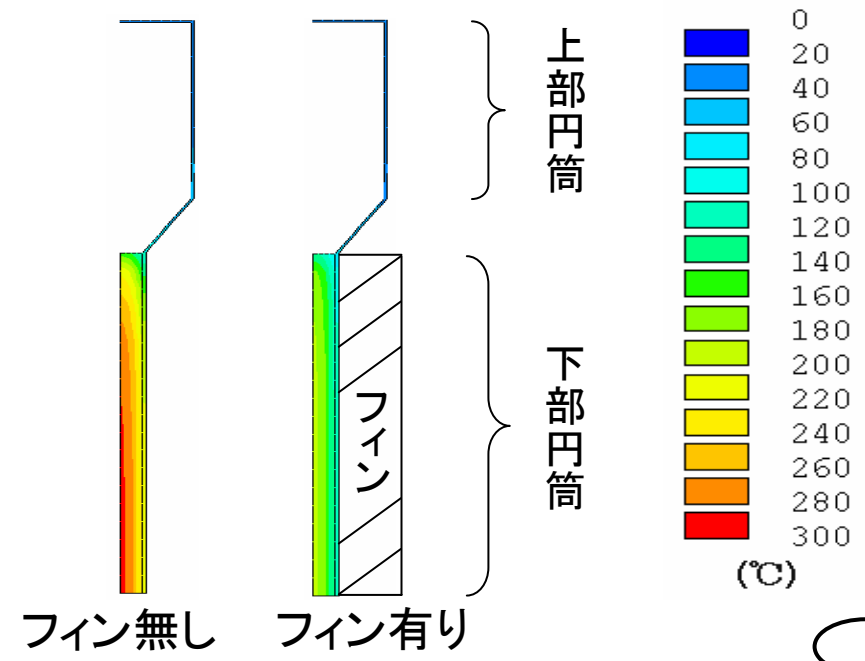
自然冷却、セル内気温:30°C

通常運転時、粉末充填密度:2.5g/cm³

下部円筒内径:80mm、ホツパ内He雰囲気
突出高さ90mm・厚さ5mmの直線フィン

有限要素法構造解析コードANSYS v6.0 使用

解析結果	フィン無し	フィン付き
燃料最高温度	286°C	185°C
ホツパ表面温度	204°C	104°C





—成型設備ホツパの寸法形状評価(2)—

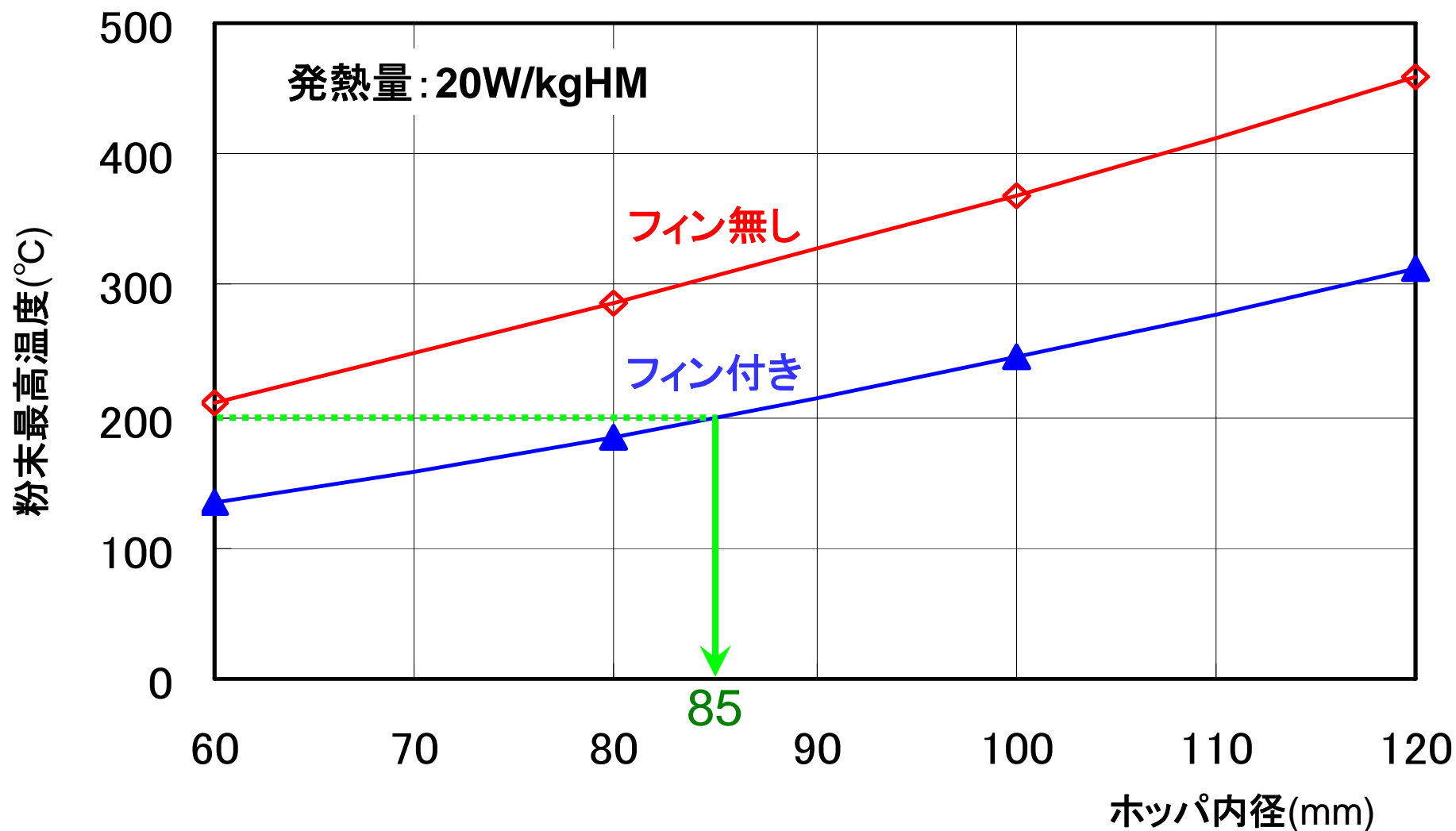
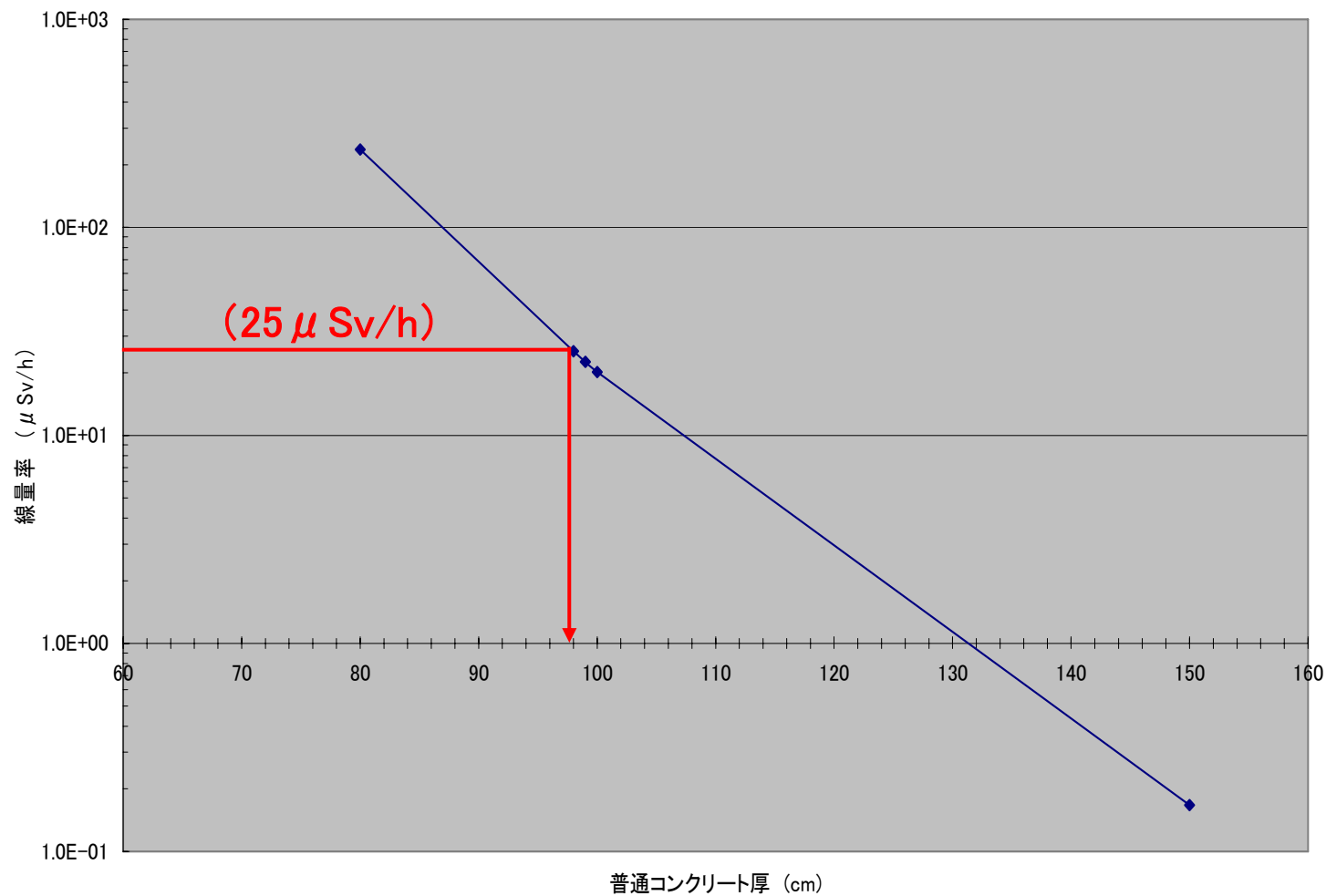


図1 ホツパ内径のサーベイ結果



5%MA低除染TRU燃料ペレット貯蔵庫の必要遮へい厚評価例

(中性子線寄与率23%、 γ 線寄与率77%)





遠隔保守検討例(脱硝転換設備)

