

**第53条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）に係る説明書
（その5：大規模損壊）**

- 大規模損壊状態の想定及び大規模なナトリウム燃焼の想定 -

2021年6月29日

**日本原子力研究開発機構 大洗研究所
高速実験炉部**

1. 大規模損壊（BDBAのうちDECを超えたもの）として想定する事故の原因

大規模な自然災害（地震等）又は故意による大型航空機の衝突その他のテロリズム等により、炉心の著しい損傷及び閉じ込め機能の損傷並びに使用済燃料の損傷に至ること（以下「大規模損壊」という。）を仮想的に想定する。

2. 大規模損壊対策の考え方

大規模損壊に至る場合において、対策に関する手順書を適切に整備するとともに、当該手順書に従って活動を行うための体制及び資機材を整備する。また、当該手順書等を活用した対策によって緩和措置を講じることができることを確認、説明する。

3. 大規模損壊対策の目標

「事業所外への放射性物質の放出抑制」を目標とする。

大規模な自然災害（地震等）又は故意による大型航空機の衝突その他のテロリズム等により、炉心の著しい損傷及び閉じ込め機能の損傷並びに使用済燃料の損傷に至ることを仮想的に想定し、以下のプラント状態等を想定する。

➤ 燃料体の損傷が想定される事故において、炉心損傷防止措置及び格納容器破損防止措置を講じたにもかかわらず、炉心の著しい損傷及び閉じ込め機能の損傷に至る事象として以下を想定

→ 複数の安全機能を喪失する事象

（炉心の著しい損傷に閉じ込め機能の損傷を重畳させ、多量の冷却材ナトリウムの漏えい、又は大規模なナトリウムの燃焼が生じ、多量の放射性物質を放出する事象）

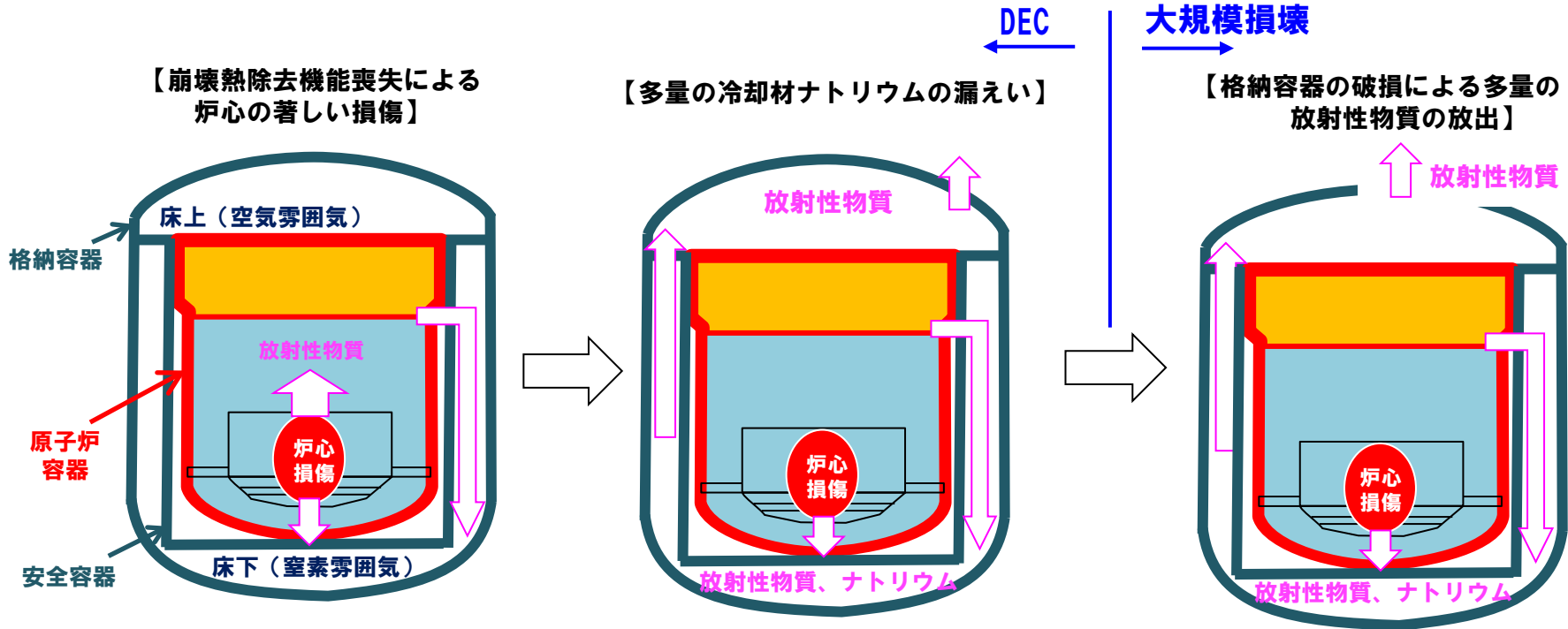
想定する状態①：LOHRSのDEC（炉心の著しい損傷時に冷却材ナトリウムが大規模に漏えい）に加えて閉じ込め機能の格納容器バウンダリが破損し、多量の放射性物質が放出される状態（3ページ）

想定する状態②：ATWSのDEC（炉心の著しい損傷時に放射性物質等を冷却材バウンダリ等内で保持）に加えて閉じ込め機能の原子炉冷却材バウンダリ等が破損し、格納容器内の炉上部ピット部（RPU）で大規模なナトリウムの燃焼が生じ、多量の放射性物質が放出される状態（4ページ）

➤ 使用済燃料の損傷が想定される事故において、使用済燃料の損傷を防止するための措置を講じたにもかかわらず、使用済燃料の損傷に至る事象として以下を想定

→ 原子炉附属建物使用済燃料貯蔵設備の水冷却池で使用済燃料の冠水が維持できなくなる事象

大規模損壊として想定する状態①



【崩壊熱除去機能喪失による炉心の著しい損傷】

- ・炉内インベントリ及び崩壊熱は発電炉より1桁以上小さい
- ・損傷炉心物質は安全容器内で閉じ込め
- ・放射性物質は1次アルゴンガス系を通じて、窒素雰囲気の格納容器（床下）に移行

【床下：窒素雰囲気であり、ナトリウムの燃焼は抑制されるが、温度・圧力が上昇するため、少量の放射性物質は、ナトリウムエアロゾルとともに床上へ移行】

- ・窒素雰囲気によりナトリウム燃焼は抑制
- ・格納容器バウンダリによる閉じ込め

【床上：空気雰囲気であり、ナトリウム及びナトリウム化合物の反応が生じる。温度・圧力が上昇するため、少量の放射性物質は格納容器外に移行】

- ・格納容器バウンダリによる閉じ込め
- ・アニュラス部排気設備等を用いた放出抑制（機能を喪失していない場合）

【格納容器が破損している場合】

- ・特殊化学消火剤を散布
※ ナトリウム等の反応抑制、エアロゾルの沈降により放射性物質の放出を抑制

【床上でナトリウム等の反応がない場合】

- ・仮設カバーシートによる放射性物質の放出抑制

【格納容器が局部的に破損している場合】

- ・破損箇所の目張りによる放出抑制

【全状態に共通の措置】

- ・仮設放水設備による事業所外への放出抑制
- ・アニュラス部排気設備等を用いた放出抑制（機能を喪失していない場合）

大規模損壊として想定する状態②

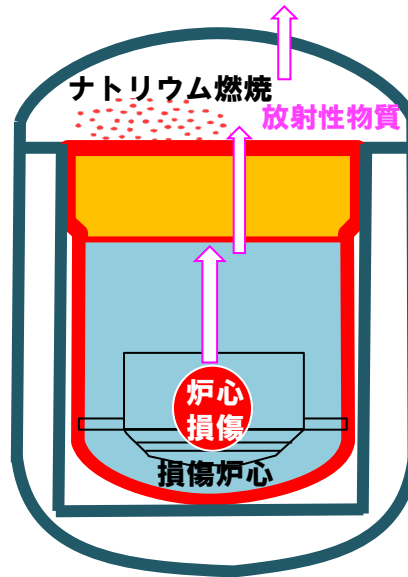
← DEC → 大規模損壊

【ATWSによる炉心の著しい損傷】



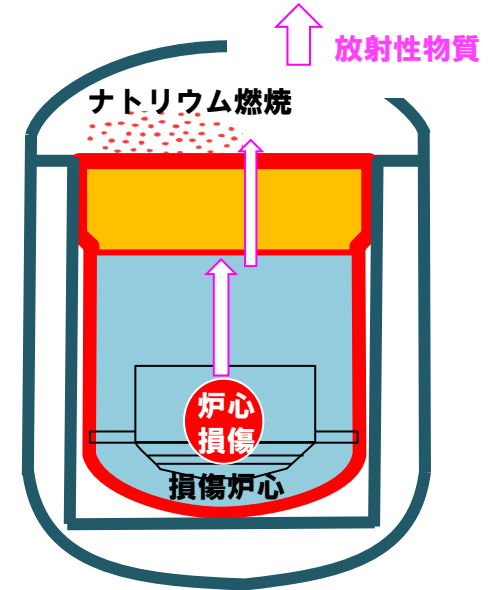
- 【ATWSによる炉心の著しい損傷】
- ・炉内インベントリ及び崩壊熱は発電炉より1桁以上小さい
 - ・損傷炉心物質及び大部分の放射性物質は原子炉冷却材バウンダリ等による閉じ込め

【大規模なナトリウムの燃焼】



- 【床上：空気雰囲気であり、ナトリウムの漏えいを仮想すると大規模な燃焼が生じる（5ページ～10ページ）。温度・圧力が上昇するため、放射性物質は格納容器外に移行】
- ・格納容器バウンダリによる閉じ込め
 - ・アニュラス部排気設備等を用いた放出抑制（機能を喪失していない場合）

【格納容器の破損による多量の放射性物質の放出】



【床上でナトリウムが大規模に燃焼しており、格納容器が大きく破損している場合】

- ・特殊化学消火剤を散布
 - ※ ナトリウム等の反応抑制、エアロゾルの沈降により放射性物質の放出を抑制

【床上でナトリウム等の反応がない場合】

- ・仮設カバーシートによる放射性物質の放出抑制

【格納容器が局部的に破損している場合】

- ・破損箇所の日張りによる放出抑制

【全状態に共通の措置】

- ・仮設放水設備による事業所外への放出抑制
- ・アニュラス部排気設備等を用いた放出抑制（機能を喪失していない場合）

格納容器（床上）における大規模なナトリウム燃焼

（1/6：解析において設定した経路）

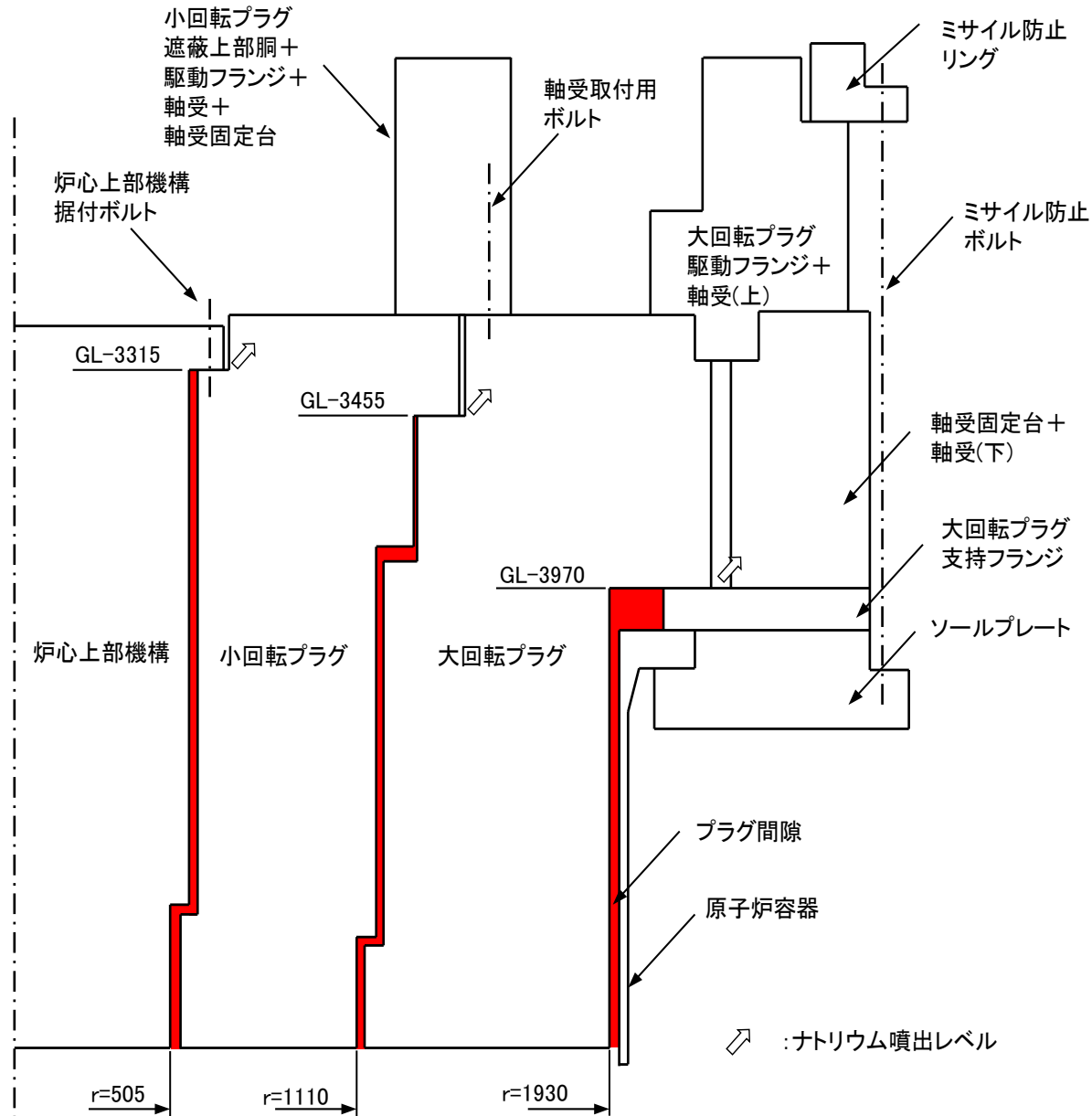
・ 格納容器（床上）へのナトリウム噴出量の評価は、右図の解析体系を使用

・ 当該解析では、以下のナトリウムの噴出経路を設定

- > 炉心上部機構と小回転プラグの間隙
- > 小回転プラグと大回転プラグの間隙
- > 大回転プラグと原子炉容器の間隙

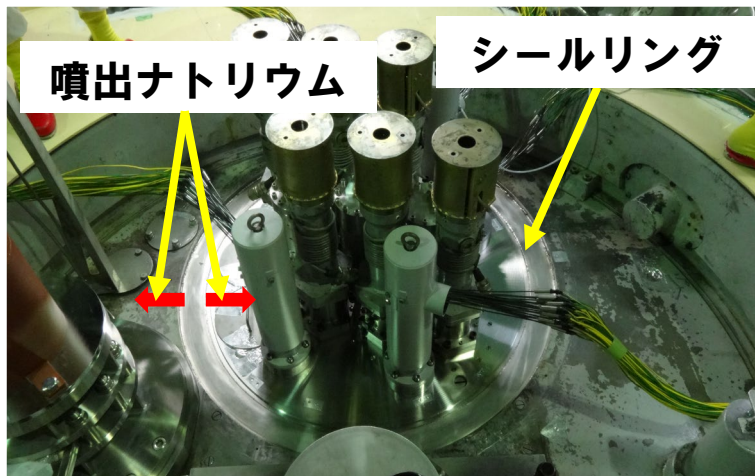
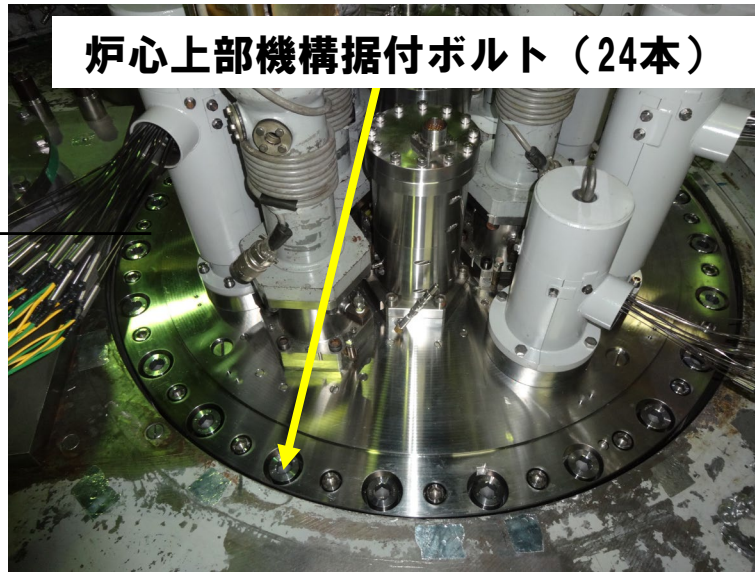
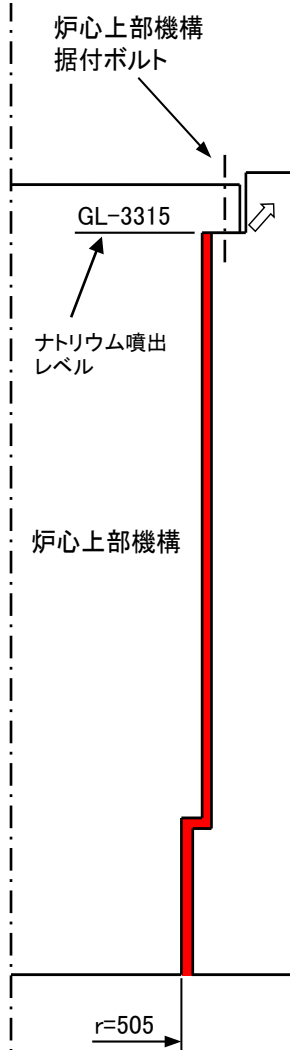


噴出経路の設定にあつては、格納容器（床上）への当該経路上に位置する構造物を保守的に無視



格納容器（床上）における大規模なナトリウム燃焼 (2/6：炉心上部機構と小回転プラグの間隙の構造等)

ULOF解析体系



【事象推移】

原子炉容器内の圧力が上昇し、炉心上部機構と小回転プラグの間隙にナトリウムが流入



【解析結果】

- ・ 間隙にナトリウムが留まり、格納容器（床上）に噴出しない（ULOF）



【解析結果を無視した場合の推移】

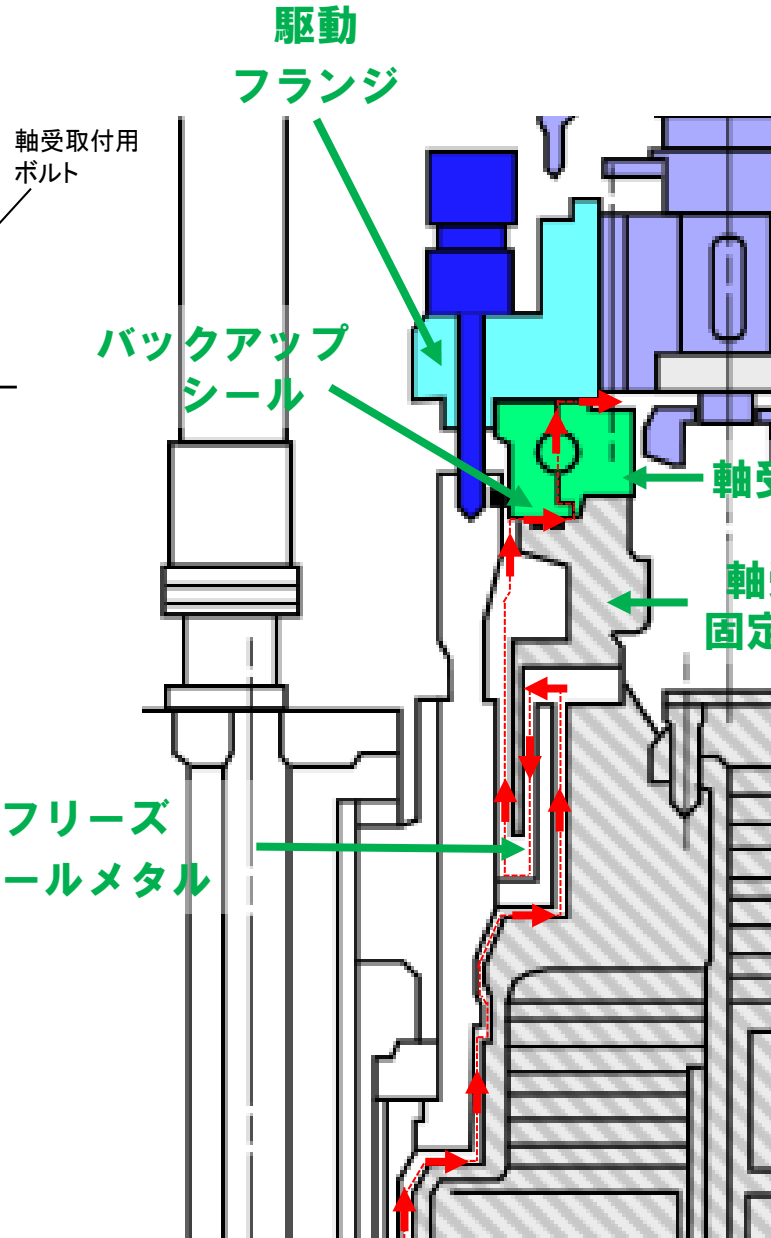
- ・ 間隙から噴出したナトリウムは、シールリングにより、水平方向に漏えい
- ・ ナトリウムは、小回転プラグ上で燃焼

格納容器（床上）における大規模なナトリウム燃焼

（3/6：小回転プラグと大回転プラグの間隙の構造等）

ULOF解析体系

小回転プラグ
遮蔽上部胴+
駆動フランジ+
軸受+
軸受固定台



【事象推移】

原子炉容器内の圧力が上昇し、小回転プラグと大回転プラグの間隙にナトリウムが流入



【解析結果】

- ・ 間隙にナトリウムが留まり、格納容器（床上）に噴出しない（ULOF）



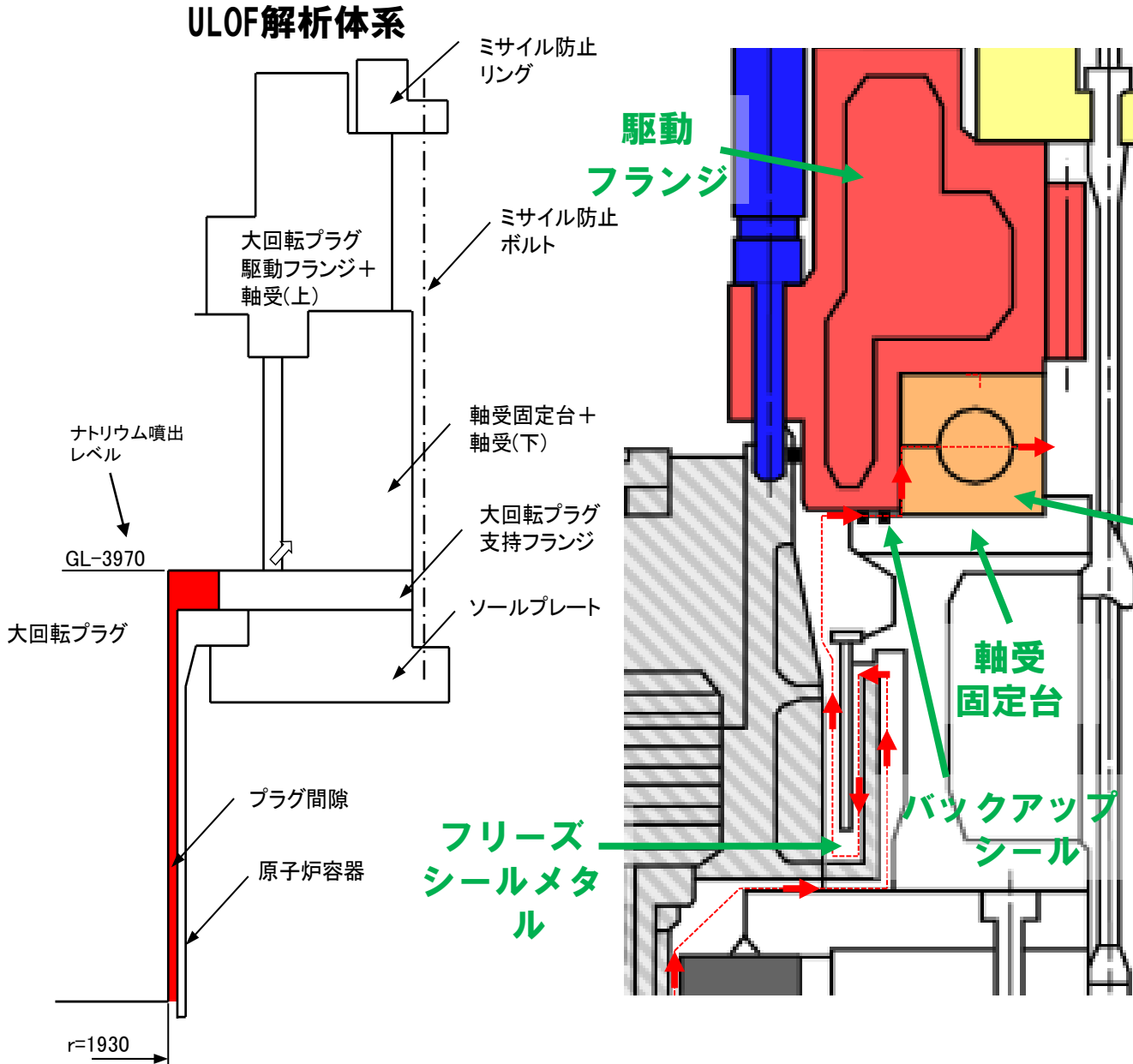
【解析結果を無視した場合の推移】

- ・ 小回転プラグの浮き上がりは僅かであり、間隙は微少
- ・ 間隙を上昇し、軸受と軸受固定台の接触部に到達、軸受内を上昇
- ・ フリーズシールメタル、バックアップシールは機能喪失を仮定
- ・ 駆動フランジにより、水平方向に漏えい
- ・ ナトリウムは、大回転プラグ上で燃焼

小回転プラグ

r=1110

格納容器（床上）における大規模なナトリウム燃焼 （4/6：大回転プラグと原子炉容器の間隙の構造等）

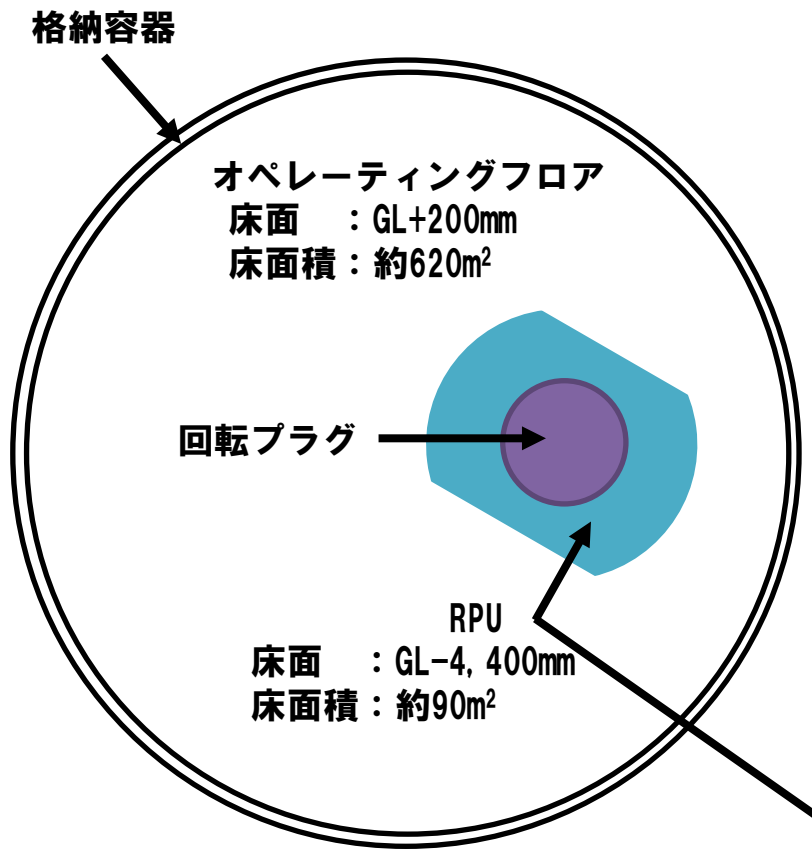


【事象推移】
原子炉容器内の圧力が上昇し、大回転プラグと原子炉容器の間隙にナトリウムが流入

【解析結果】
・ 間隙にナトリウムが留まり、格納容器（床上）に噴出しない（ULOF）

【解析結果を無視した場合の推移】
・ 大回転プラグの浮き上がりは僅かであり、間隙は微小
・ フリーズシールメタル、バックアップシールは機能喪失を仮定
・ ナトリウムが軸受と軸受固定台の接触部に到達、軸受内を通過し、水平方向に漏えい
・ ナトリウムは、RPU内で燃焼

格納容器（床上）における大規模なナトリウム燃焼 （5/6：大規模なナトリウムの燃焼を仮想する範囲）



格納容器（床上）へのナトリウムの漏えいが想定される範囲

- > 炉心上部機構と小回転プラグの間隙 漏えい位置：①小回転プラグ上面
- > 小回転プラグと大回転プラグの間隙 漏えい位置：②大回転プラグ上面
- > 大回転プラグと原子炉容器の間隙 漏えい位置：③RPU内
(漏えい位置：約GL-3, 110mm)



大回転プラグは、炉心上部機構・小回転プラグと比較して浮き上がりやすく、周方向に形成される漏えい経路の面積も大きいため、格納容器（床上）へのナトリウム漏えいを仮想する場合における経路は、大回転プラグと原子炉容器の間隙とすることが適切と判断

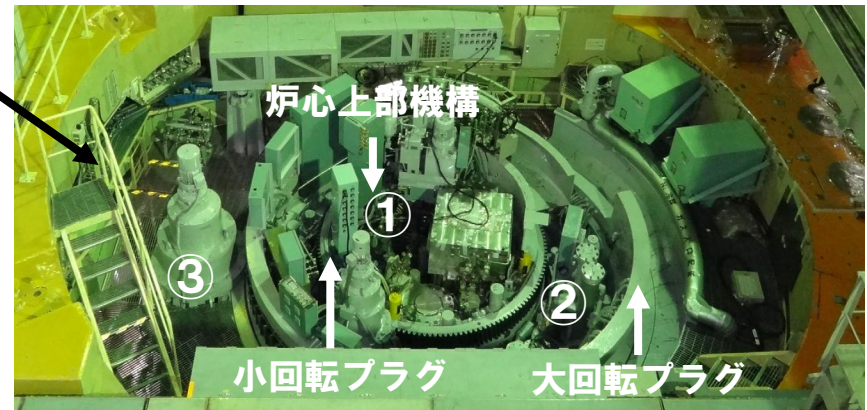
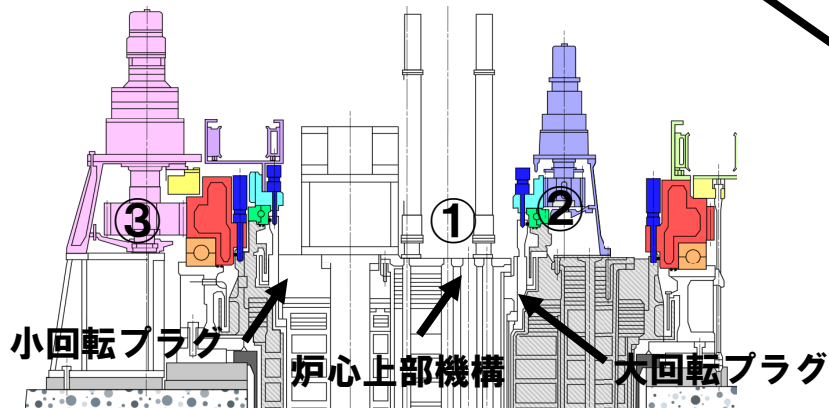
大規模なナトリウムの燃焼を仮想する範囲：RPU内

	炉心上部機構	小回転プラグ	大回転プラグ
受圧面積	小	中	大
拘束状況	大 (M33×24本)	小 (フリース・シールメタル) *1	小 (フリース・シールメタル) *1
漏えい面積	小	中	大

*1：変位量を制限するためのボルトを設置しているが、固定する機能は有しない。



炉上部ピット部の床面積は約90m²であり、多量のナトリウム（例：230kg）の漏えいを仮想しても、炉上部ピット内に収まる。



格納容器（床上）における大規模なナトリウム燃焼 (6/6：仮想した大規模なナトリウムの燃焼の消火方法)

大回転プラグと原子炉容器の間隙から漏れ出したナトリウム（位置：A）が、プールを形成し、燃焼（範囲：B）



ナトリウムプール形成エリアに対して、

粉末式固定消火設備（特殊化学消火剤を使用）又はアルゴンガス送気設備を用い、消火に対応

