



JY-134-4

**第53条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大防止）に係る説明書
（多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象への対応）**

2022年4月19日

日本原子力研究開発機構 大洗研究所

高速実験炉部

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象に係る想定及び対応の概要

要求事項 [1]

大規模な自然災害

格納容器（床上）

格納容器（床下）

主冷却機建物

(1) 想定すべき事象の選定
有効性評価で想定した機能喪失の範囲を超えた事象の発生により、多量の放射性物質等を放出するおそれのある事故に対する設備及び手順が有効に機能しなかった事態を想定し、その対策を確認する。

具体的には、原子炉格納容器床上、原子炉格納容器床下又は主冷却機建物に内包する設備の損壊により漏えいしたナトリウムに対して、大規模ナトリウム火災を想定する。

大規模ナトリウム火災の想定に当たっては、設備の脆弱性を考慮し、比較的安全余裕が少ない機器の損壊によるナトリウム漏えいを基本として想定する。原子炉格納容器床下は、機器の損壊に加え、窒素雰囲気による不活性化が維持されない場合を想定する。

(2) 想定した事象に対処するための手順
(1)で想定した大規模ナトリウム火災に対して、消火活動及び放射性物質の放出低減のために必要な手順書、体制及び資機材等を適切に整備する方針であることを確認する。その際、放射化したナトリウムによる被ばく影響やナトリウム燃焼の危険性も考慮し、作業員が実施可能な対策となっていること等を確認する。

核物質防護情報（管理情報）が含まれていないため公開できません。

- 原子炉容器の上部から格納容器（床上）に噴出したナトリウムにより大規模なナトリウム火災に至る状態を仮想する。
- 回転プラグが浮き上がり、回転プラグの間隙から漏えいしたナトリウムがプール状に堆積して燃焼することを考える。

- 【ナトリウム火災の消火活動】
- アルゴンガス送気設備により、アルゴンガスを格納容器（床上）に送気してナトリウムプールの表面を覆い、空気との反応を抑制してナトリウム燃焼の影響を緩和する。
 - 可能な場合には、特殊化学消火剤による消火に努める。
- 【放射性物質の放出抑制】
- 可能な場合には、放射性物質の放出低減、閉じ込め機能を有する設備・機器を使用し、放出を抑制する。
 - 仮設放水設備からの放水、仮設カバーシートの敷設又は目張り措置により、放射性物質の放出を抑制する。

- 格納容器（床下）に位置する冷却材を内包する設備が破損し、漏えいしたナトリウムにより大規模なナトリウム火災に至る状態を仮想する。
- 原子炉運転中に保有するナトリウム量及び脆弱性に鑑み、オーバフロータンクが破損してナトリウムが漏えいするとともに、格納容器（床上）と（床下）のバウンダリに隙が生じて格納容器（床下）に空気が流入し、窒素雰囲気による不活性化が維持されず、ナトリウムが燃焼することを考える。

- 【ナトリウム火災の消火活動】
- アルゴンガス送気設備により、アルゴンガスを格納容器（床上）と（床下）のバウンダリ近傍に送気し、格納容器（床下）への空気の流入を抑制することによりナトリウム燃焼の影響を緩和する。
 - 可能な場合には、格納容器（床上）と（床下）のバウンダリの隙の目張り等に努める。
- 【放射性物質の放出抑制】
- 可能な場合には、放射性物質の放出低減、閉じ込め機能を有する設備・機器を使用し、放出を抑制する。
 - 仮設放水設備からの放水、仮設カバーシートの敷設又は目張り措置により、放射性物質の放出を抑制する。

- 主冷却機建物に位置する2次冷却材を内包する設備が破損し、主冷却機建物に漏えいしたナトリウムにより大規模なナトリウム火災に至る状態を仮想する。
- 原子炉運転中に保有するナトリウム量及び脆弱性に鑑み、2次冷却材ダンプタンクが破損、ナトリウムが漏えいし、燃焼することを考える。

- 【ナトリウム火災の消火活動】
- アルゴンガス送気設備により、アルゴンガスを2次冷却材ダンプタンク室に送気してナトリウムプールの表面を覆い、空気との反応を抑制してナトリウム燃焼の影響を緩和する。
 - 可能な場合には、特殊化学消火剤による消火に努める。

[1] 令和3年7月26日 第408回核燃料施設等の新規規制基準適合性に関する審査会合 資料3 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」の新規制基準に係る設置変更許可申請に対する当面の審査の進め方

【基本的な考え方】

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象として、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の発生を仮想的に想定する。

ここで、大規模な自然災害にあっては、ナトリウム冷却高速中性子型炉である本原子炉施設の特徴を踏まえ、大規模なナトリウム火災を考える。

大規模なナトリウム火災に関しては、格納容器（床上）、格納容器（床下）及び主冷却機建物に内包する設備が損壊し、漏えいしたナトリウムによる大規模な火災を想定する。

また、故意による大型航空機の衝突にあっては、油火災と大規模なナトリウム火災の重畳を考える。

故意による大型航空機の衝突に関しては、大型航空機から漏えいした燃料油及び衝突を受けた建物に内包する設備が損壊し、漏えいしたナトリウムによる大規模な火災を想定する。

これらに対して、事故の状況（炉心損傷防止が困難な状態及び地震により複数の設備が同時に損壊している状態を含む。）に応じて、大規模な火災の消火活動及び事業所外への放射性物質の放出抑制措置を柔軟かつ適切に組み合わせて講じることが基本方針とする。

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象への対策の方針

大規模損壊に至る場合において、下表の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。

大規模な火災が発生した場合における消火活動は、火災発見の都度、消火活動の優先度を判定し、優先度が高く、かつ、消火活動が可能なものから、順次消火活動を実施する。

炉心の著しい損傷の緩和対策及び格納容器破損の緩和対策は、大規模損壊状態において、機能を喪失していない設備を用いて崩壊熱を除去することを基本とし、当該手順書等を活用した対策によって緩和対策を講じることができると説明する。

燃料体の損傷に係る大規模損壊の想定	大規模な火災が発生した場合の消火活動*1	炉心の著しい損傷の緩和対策	格納容器破損緩和対策	放射性物質放出抑制対策
<ul style="list-style-type: none"> 大型航空機の衝突による油火災及び大規模なナトリウム火災 	<ul style="list-style-type: none"> 原子力安全（電源、冷却機能）の確保のための消火 原子力安全（閉じ込め機能）への影響を緩和のための消火 アクセスルート・操作箇所確保のための消火 	<ul style="list-style-type: none"> 機能を喪失していない設備を用いて崩壊熱を除去し、炉心の著しい損傷を緩和 	<ul style="list-style-type: none"> 機能を喪失していない設備又は可搬型の設備を用いて崩壊熱を除去し、格納容器の破損を緩和 上記に係る運搬ルートの整地 	<ul style="list-style-type: none"> 格納容器の目張り 仮設カバーシートの敷設 仮設放水設備による原子炉施設周辺への放水 上記に係る運搬ルートの整地
<ul style="list-style-type: none"> 格納容器における大規模なナトリウム火災 				
<ul style="list-style-type: none"> 主冷却機建物における大規模なナトリウム火災 	<p>上記以外の火災は対応可能な段階になってから、可能な範囲で消火する。</p>			

*1：格納容器内及び主冷却機建物内でのナトリウムの大規模な火災に対しては、アルゴンガスを送気し、燃焼を抑制する。また、可能な場合には特殊化学消火剤を使用する。建物外等の空気雰囲気中でのナトリウム火災及び航空機燃料火災には特殊化学消火剤を使用する。状況に応じて2次冷却材の緊急ドレンや火災区域への窒素ガスの供給を実施する。上記以外の火災についてはABC消火器又は仮設放水設備等を使用する。

1. 大型航空機の衝突による油火災及び大規模なナトリウム火災

大型航空機が原子炉施設に衝突し、大型航空機から漏えいした燃料油及び衝突を受けた建物に内包する設備から漏えいしたナトリウムが燃焼することを考える。

2. 大規模な自然災害による大規模なナトリウム火災

(1) 格納容器（床上）における大規模なナトリウム火災

原子炉容器の上部から格納容器（床上）に漏えいしたナトリウムにより大規模なナトリウム火災に至る状態を仮想する。具体的には、回転プラグが浮き上がり、回転プラグの間隙から漏えいしたナトリウムがプール状に堆積して燃焼することを考える。

(2) 格納容器（床下）における大規模なナトリウム火災

格納容器（床下）に位置する冷却材を内包する設備が破損し、格納容器（床下）に漏えいしたナトリウムにより大規模なナトリウム火災に至る状態を仮想する。具体的には、設備の原子炉運転中に保有するナトリウムの量及び脆弱性に鑑み、オーバフロータンクが破損してナトリウムが漏えいし、プール状に堆積するとともに、格納容器（床上）と格納容器（床下）のバウンダリを構成するピット蓋に間隙が生じて格納容器（床上）の空気が格納容器（床下）に流入し、格納容器（床下）の窒素雰囲気による不活性雰囲気が維持されず、プール状に堆積したナトリウムが燃焼することを考える。

(3) 主冷却機建物における大規模なナトリウム火災

主冷却機建物に位置する2次冷却材を内包する設備が破損し、主冷却機建物に漏えいしたナトリウムにより大規模なナトリウム火災に至る状態を仮想する。具体的には、設備の原子炉運転中に保有するナトリウムの量及び脆弱性に鑑み、2次冷却材ダンプタンクが破損してナトリウムが漏えいして燃焼することを考える。

大型航空機の衝突により発生することを仮想する火災の想定（1/2）

核物質防護情報（管理情報）が含まれているため公開できません。

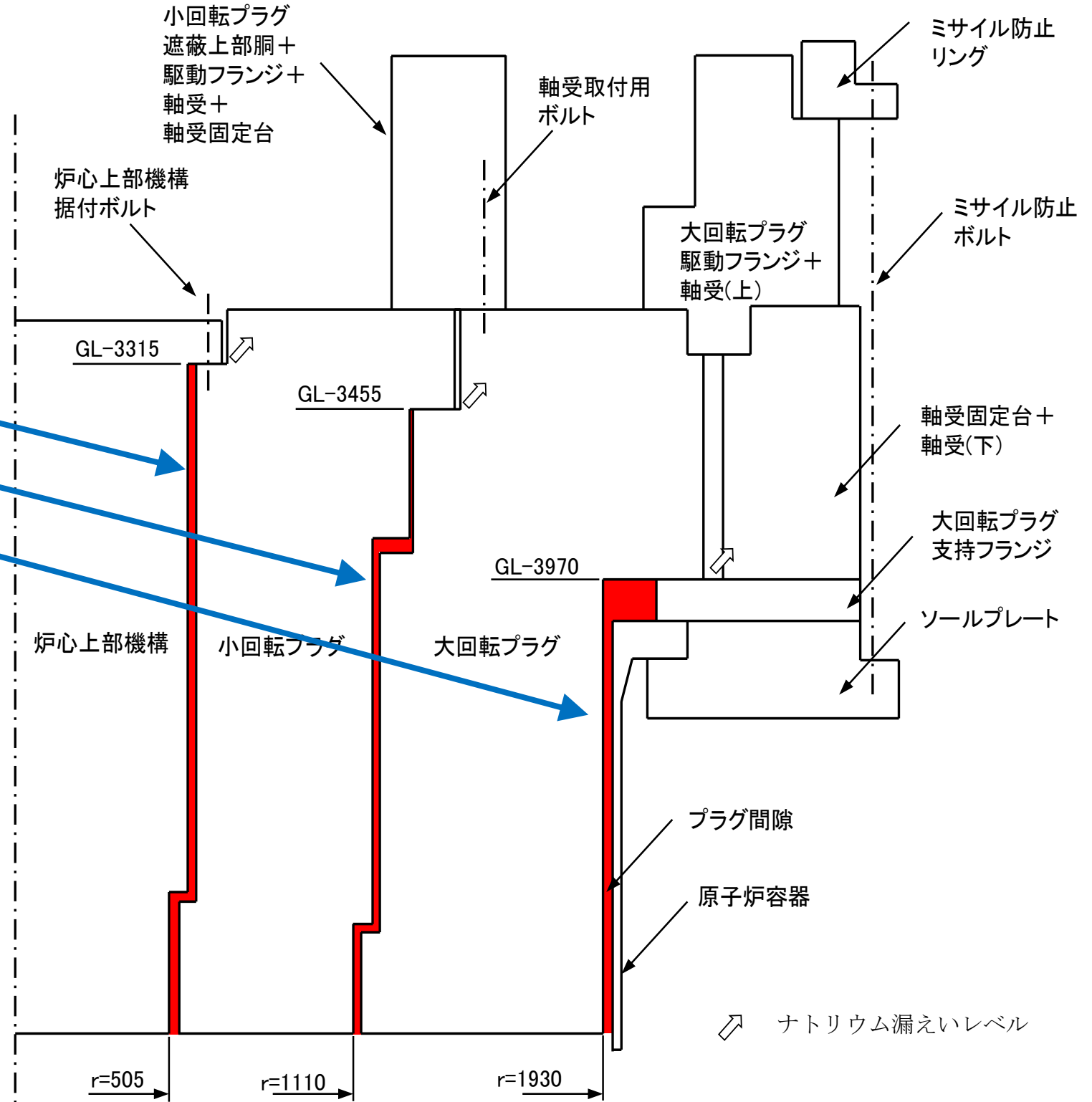
核物質防護情報（管理情報）が含まれているため公開できません。

【漏えい経路の想定】

回転プラグが浮き上がった場合、漏えい経路が形成される部位として、以下を想定

- ① 炉心上部機構と小回転プラグの間隙
- ② 小回転プラグと大回転プラグの間隙
- ③ 大回転プラグと原子炉容器の間隙

なお、漏えい経路の想定に当たり、格納容器（床上）への経路上に位置する構造物は、無視するものとする。

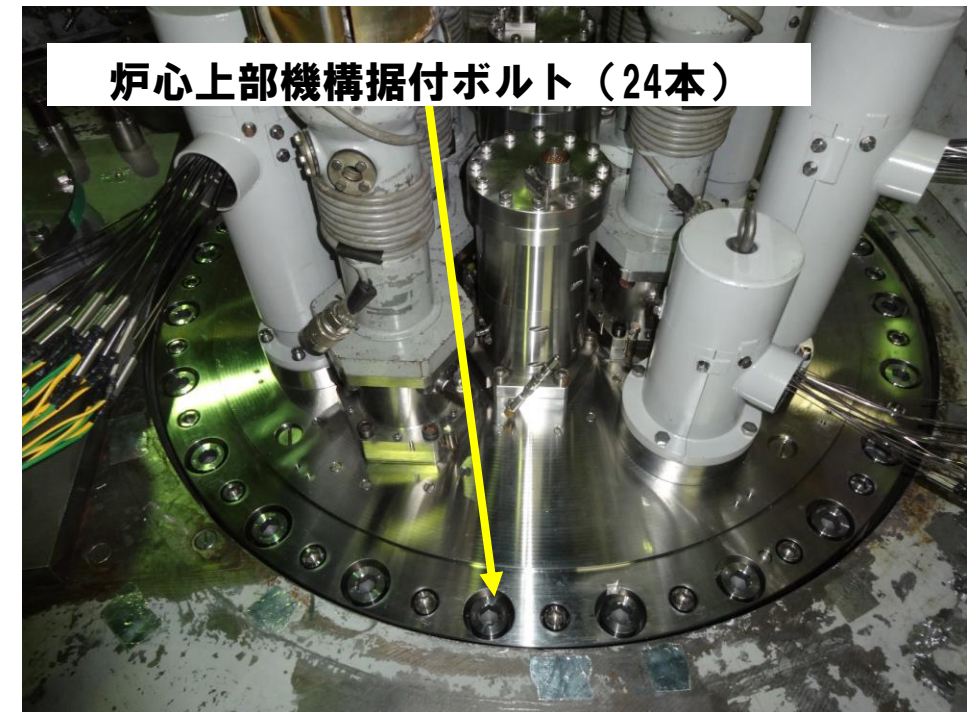
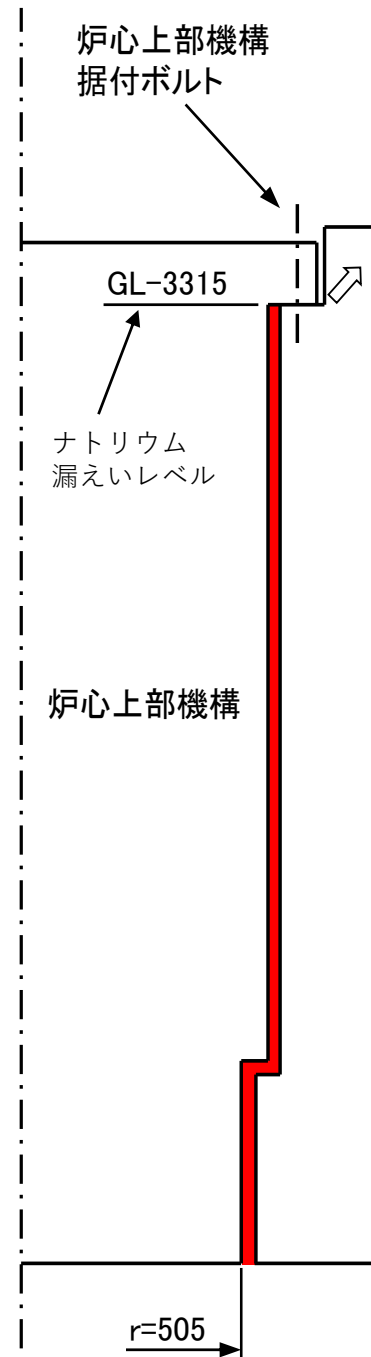


回転プラグの構造概要

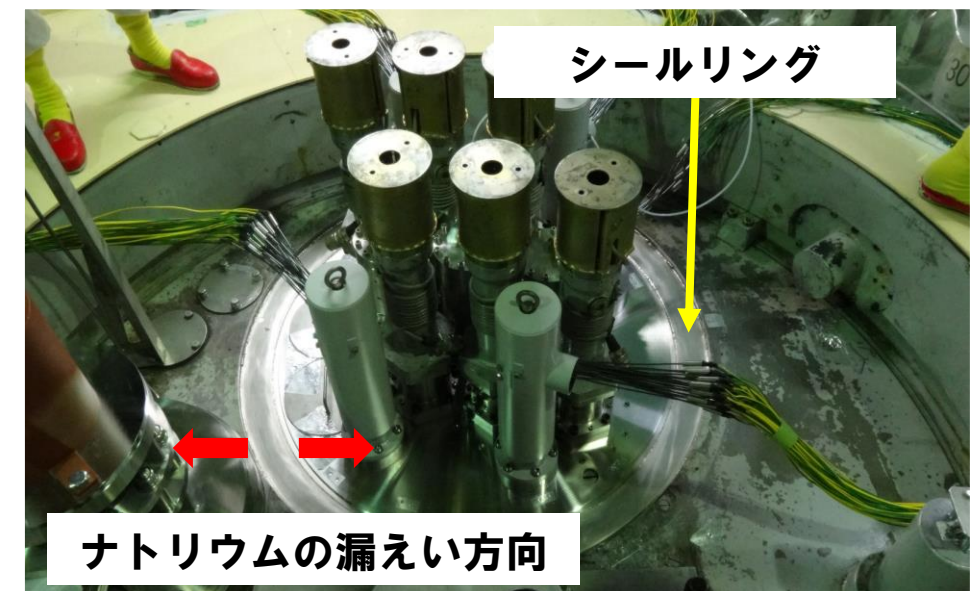
【① 炉心上部機構と小回転プラグの間隙からナトリウムが漏えいした場合のナトリウムの堆積場所の想定】

【事象推移】

- 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
- ↓
- 炉心上部機構据付ボルト取付け箇所には、シールリングを有し、間隙からナトリウムは、シールリングにより水平方向に漏えい
- 漏えいしたナトリウムは、小回転プラグ上に堆積して燃焼



（シールリングを取り外した状態）



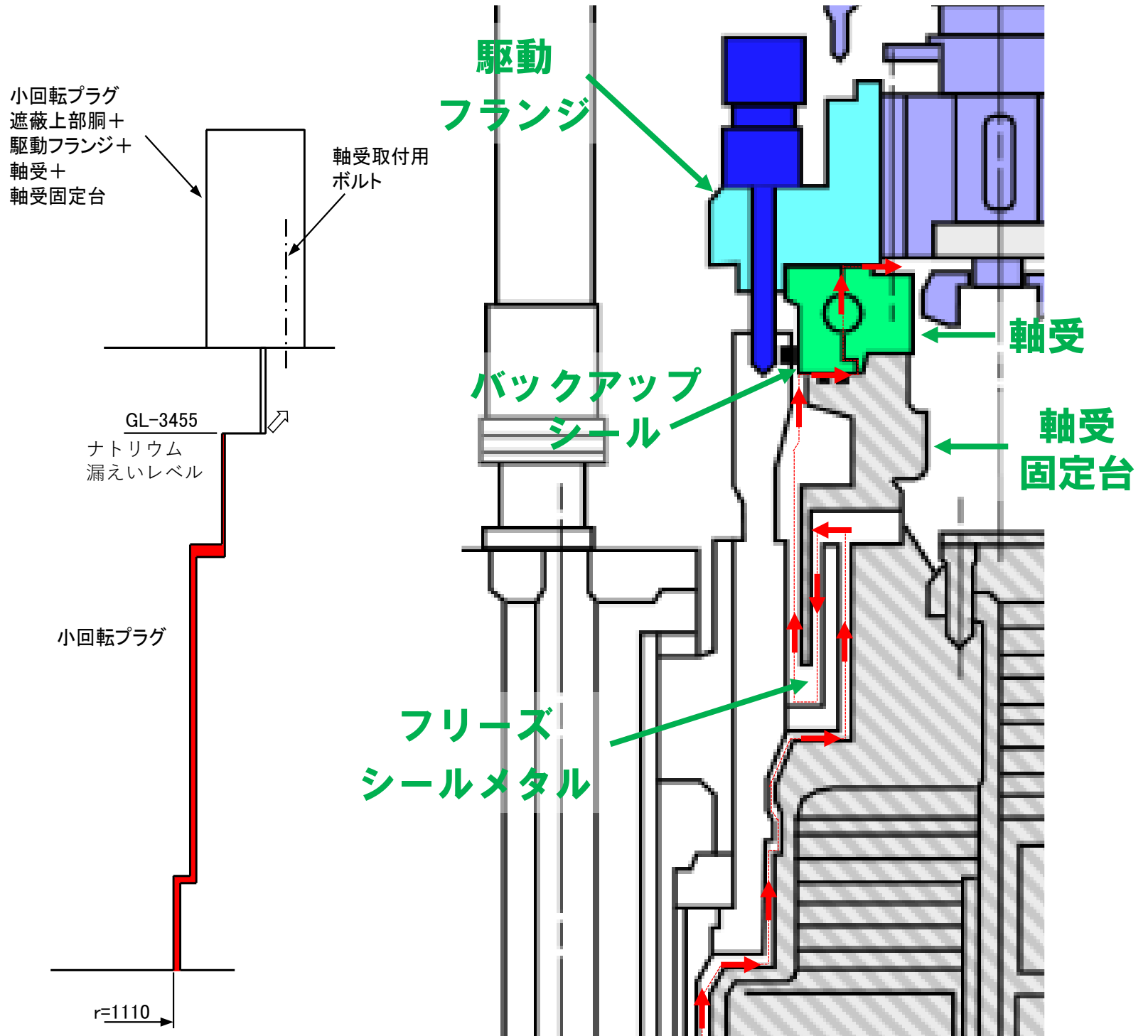
（シールリングを取り付けた状態）

炉心上部機構の構造概要

【② 小回転プラグと大回転プラグの間隙からナトリウムが漏えいした場合のナトリウムの堆積場所の想定】

【事象推移】

- 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
- ↓
- 間隙からナトリウムは、最終的に駆動フランジにより水平方向に漏えい
- ※：フリーズシールメタルやバックアップシールはないものと仮定
- 漏えいしたナトリウムは、大回転プラグ上に堆積して燃焼



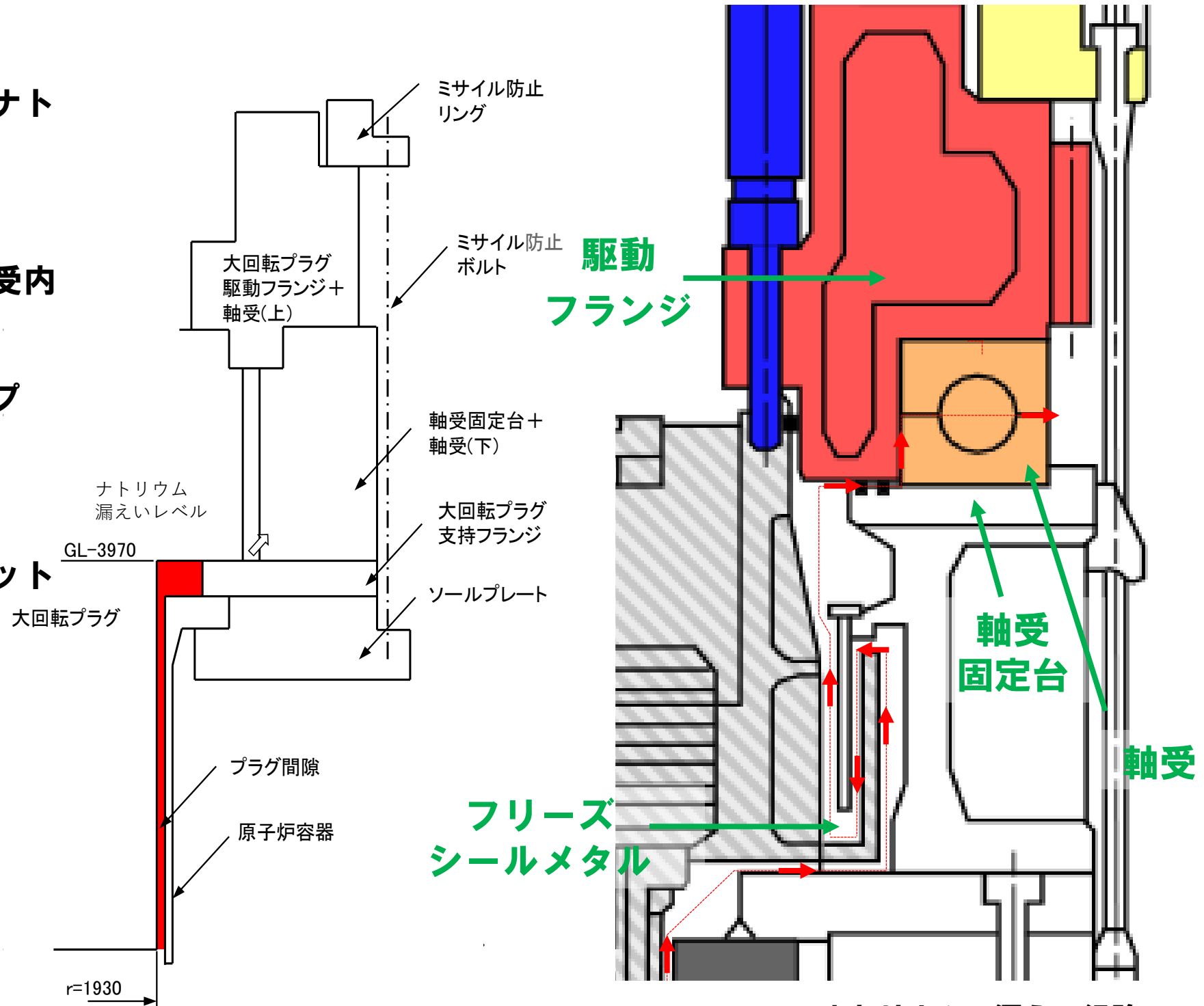
→：ナトリウムの漏えい経路

小回転プラグの構造概要

【③ 大回転プラグと原子炉容器の間隙からナトリウムが漏えいした場合のナトリウムの堆積場所の想定】

【事象推移】

- 大回転プラグと原子炉容器の間隙にナトリウムが流入
- ↓
- 間隙からナトリウムは、最終的に軸受内を通過し水平方向に漏えい
- ※：フリーズシールメタルやバックアップシールはないものと仮定
- 漏えいしたナトリウムは、炉上部ピット上に堆積し燃焼



→：ナトリウムの漏えい経路

大回転プラグの構造概要

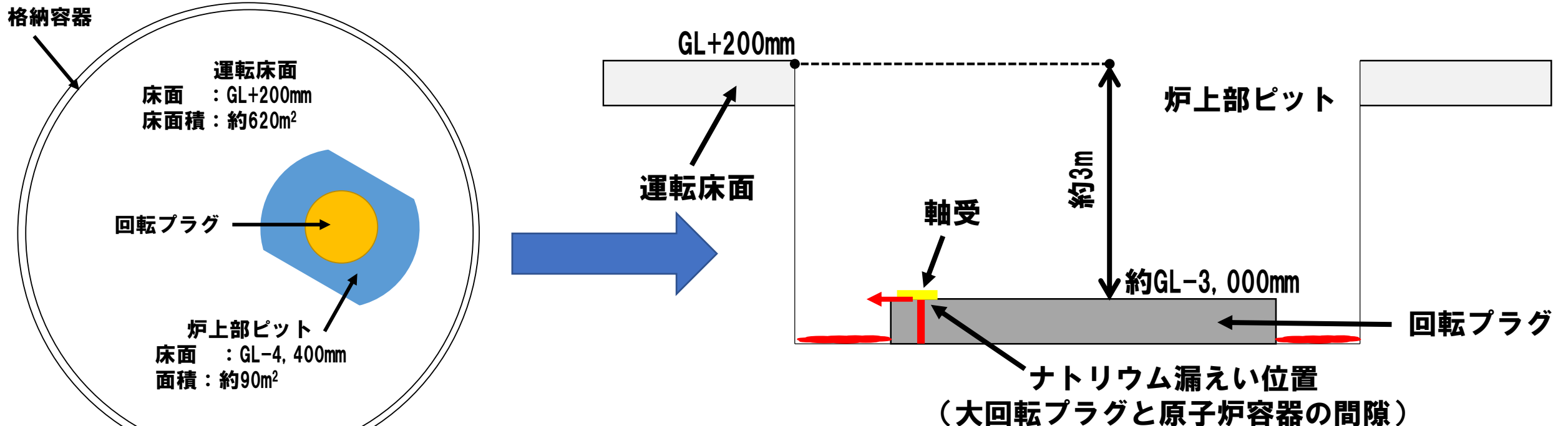
【格納容器（床上）に漏えいしたナトリウムの堆積が想定される範囲】

- 原子炉容器の上部から格納容器（床上）にナトリウムの漏えいが想定される経路は、「① 炉心上部機構と小回転プラグの間隙」、「② 小回転プラグと大回転プラグの間隙」及び「③ 大回転プラグと原子炉容器の間隙」である。構造上、ナトリウムは、これらの漏えい経路から水平方向に漏えいする。
- 大回転プラグは、炉心上部機構及び小回転プラグと比較して浮き上がり易く、また、周方向に形成される漏えい経路の面積も大きいいため、ナトリウムの漏えいが想定される経路として「③ 大回転プラグと原子炉容器の間隙」を想定する。

	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。

- 炉上部ピット内において、大回転プラグと原子炉容器の間隙から漏えいしたナトリウムは、回転プラグの外側に堆積し、燃焼するものとする。ナトリウムの漏えい位置の高さは約GL-3,000mmである。格納容器（床上）の運転床面はGL+200mmに位置し、ナトリウム漏えい位置と約3mの高低差がある。また、炉上部ピットの面積は約90m²であり多量のナトリウムの漏えいを仮想しても、炉上部ピット内に収まる。
- 回転プラグを設置している炉上部ピットには、回転プラグの動作に係るモータ等を設置しているが、多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象時に、影響を緩和できる可能性を有する崩壊熱の冷却機能及び閉じ込め機能に係る設備は設置されておらず、火災から防護が必要な設備はない。また、大規模なナトリウム火災時（**3トンのナトリウムの燃焼**）の格納容器の鋼壁温度は約200℃、格納容器内圧力は約1kg/cm² [gage] となり、大規模なナトリウム火災を仮想しても、ナトリウム火災により格納容器が破損することはない。



【破損を想定する設備の想定】

格納容器（床下）に位置する冷却材を内包する設備のうち、設備の原子炉運転中のナトリウムの保有量及び fragility に鑑み、オーバフロータンクが破損し、ナトリウムが漏えいしてプール状に堆積することを想定する。

格納容器（床下）においてナトリウムを内包する主な機器・設備	原子炉運転時のナトリウム保有量	耐震重要度分類 ^{*3}	耐震裕度 ^{*5} (1次応力の許容値/応力値)
原子炉容器 ^{*1}	大	S	1.2以上
1次主冷却系 ^{*1}	大	S	1.2以上
2次主冷却系（一部）	大	S	1.2以上
1次補助冷却系 ^{*1}	中	S	1.2以上
2次補助冷却系（一部）	中	B (Ss)	1.2以上
1次純化系	中	B (Ss)	1.2以下
オーバフロー系	大 ^{*4}	B (Ss)	1.2以下
1次ナトリウム充填・ドレン系 ^{*2}	中	B (Ss)	1.2以下

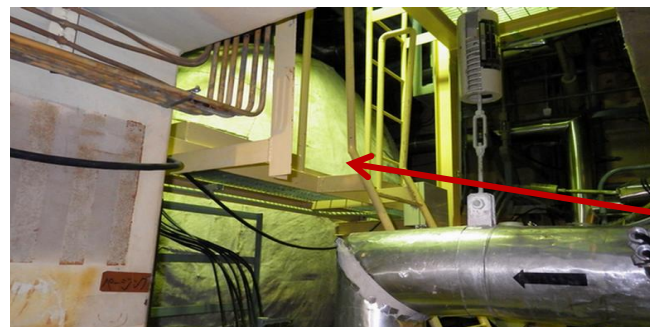
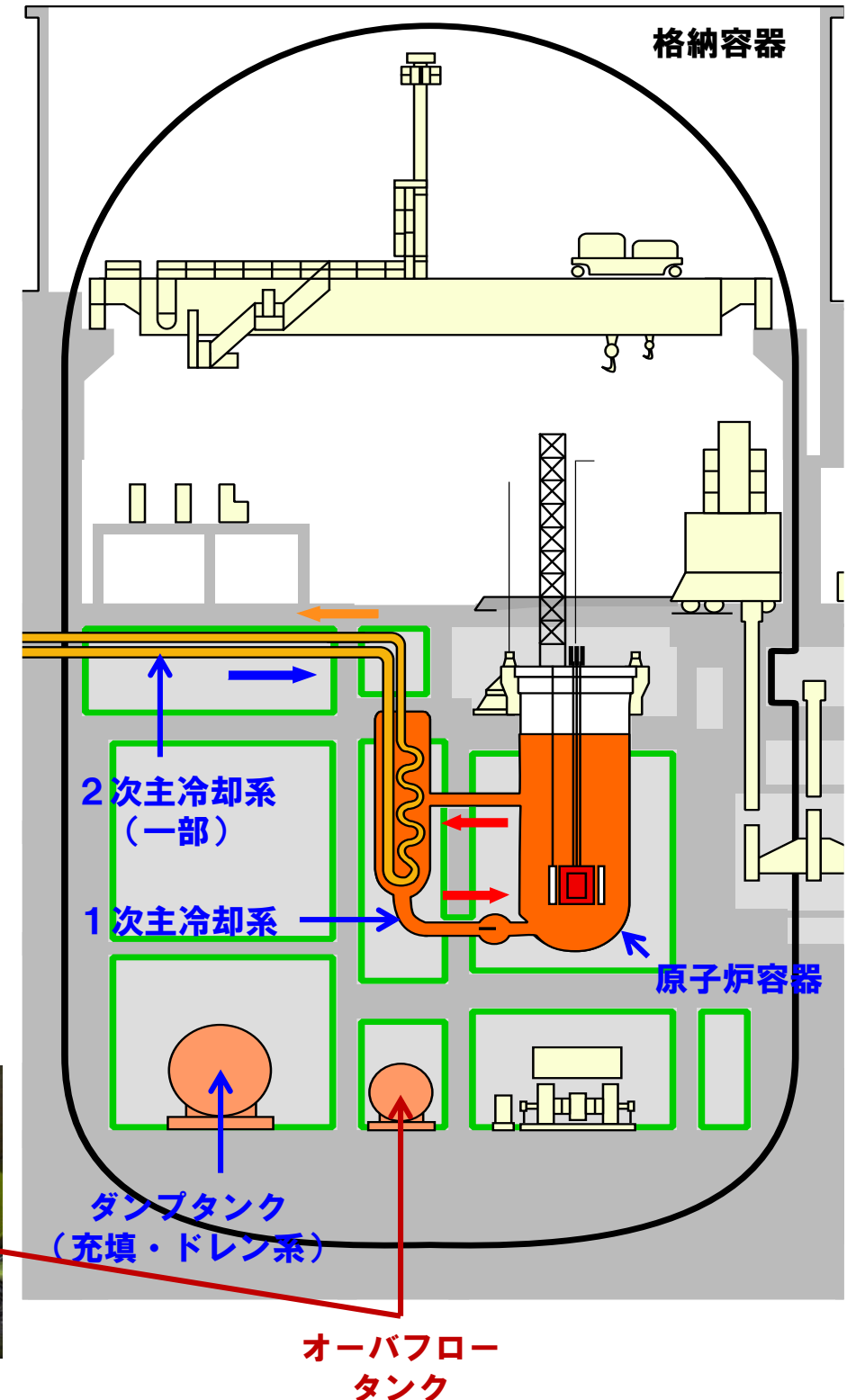
*1: 原子炉冷却材バウンダリを構成する機器・設備

*2: 原子炉運転時において、ダンプタンク及びドレン弁のナトリウムは固化

*3: ナトリウムを一定量以上内包する機器は、「第8条：火災による損傷の防止」において、基準地震動による地震力に対してナトリウムが漏えいすることがないように設計

*4: 原子炉運転時のオーバフロータンク内のナトリウム保有量は約10m³（内容積（幾何容積）：約29m³）

*5: 格納容器の耐震裕度は1.2以上



【格納容器（床下）の窒素雰囲気維持されないことの想定】

格納容器（床上）と格納容器（床下）のバウンダリを構成するピット蓋に間隙が生じ、格納容器（床上）の空気が格納容器（床下）に流入し、格納容器（床下）の不活性雰囲気が維持されないことを想定する。

格納容器（床下）に漏えいしたナトリウムは、上記の間隙から流入した空気と反応するが、雰囲気の酸素濃度が低いことから、急激な反応が生じることはない。反応により、格納容器（床下）の温度及び圧力は上昇するものの、多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象時に、影響を緩和できる可能性を有する崩壊熱の冷却機能及び閉じ込め機能を喪失させることはない。なお、格納容器の鋼壁温度及び格納容器内圧力は、格納容器（床上）における大規模なナトリウム火災事象に包絡され、格納容器（床下）における大規模なナトリウム火災を仮想しても、ナトリウム火災により格納容器が破損することはない。

核物質防護情報（管理情報）が含まれているため公開できません。

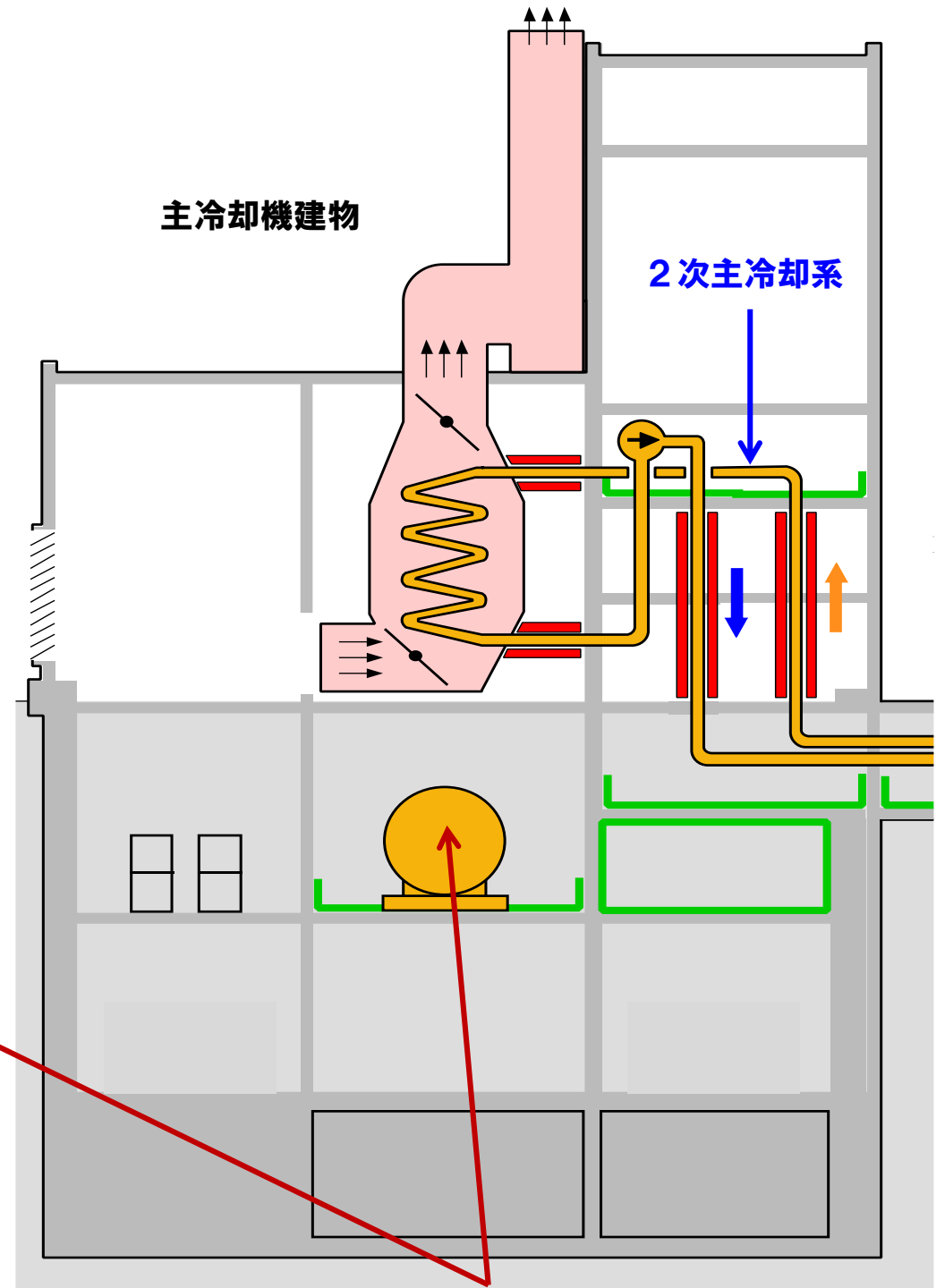
【破損を想定する設備の想定】

主冷却機建物に位置する2次冷却材を内包する設備のうち、設備の原子炉運転中のナトリウムの保有量及びフラジリティに鑑み、2次冷却材ダンプタンクが破損し、ナトリウムが漏えいして燃焼することを想定する。

主冷却機建物は放射性物質を内包しておらず、多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象時に、大規模なナトリウム火災を仮想しても、ナトリウム火災により閉じ込め機能を喪失させることはないが、事業所外への放射性物質の放出を抑制するための一つの対策として、崩壊熱の冷却機能確保のための対策を講じる。

主冷却機建物においてナトリウムを内包する主な機器・設備	原子炉運転時のナトリウム保有量	耐震重要度分類*1	耐震裕度*4 (1次応力の許容値/応力値)
2次主冷却系	大*2	S	1.2以上
2次純化系	中	B (Ss)	1.2以下
2次ナトリウム充填・ドレン系	大*3	B (Ss)	1.2以下

- *1: ナトリウムを一定量以上内包する機器は、「第8条：火災による損傷の防止」において、基準地震動による地震力に対してナトリウムが漏えいすることがないように設計
- *2: 2次主冷却系等において、ナトリウムが漏えいした場合には、漏えい量を抑制するため、緊急ドレン操作を実施し、ナトリウムをダンプタンクにドレンすることから、2次主冷却系の保有ナトリウムは低減される。また、各部屋には連通管を設置し、自重により当該部屋からナトリウムが排出され燃焼が抑制される。
- *3: 原子炉運転時の2次冷却材ダンプタンク内のナトリウム保有量は約7m³（内容積（幾何容積）：約83m³）
- *4: 主冷却機建物の耐震裕度は1.2以上



2次冷却材ダンプタンク

2次冷却材ダンプタンク
(充填・ドレン系)

- 大型航空機が原子炉施設に衝突し、大型航空機から漏えいした燃料油及び衝突を受けた建物に内包する設備から漏えいしたナトリウムが燃焼することを考える。
- この場合、油火災とナトリウム火災に共用できる特殊化学消火剤を散布する対策を講じる。特殊化学消火剤は、コンテナ等に収納し、原子炉建物（格納容器含む。）及び原子炉附属建物から100m以上の離隔距離を確保して保管する。
- 火災発生個所にアクセスできる場合には、可搬式消火器を用いて消火活動を行う。火災発生個所にアクセスできない場合には、特殊化学消火剤を散布する。なお、油火災が単独で発生した場合には、消火器で消火する場合がある。



特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器



防護服・携帯用空気ボンベ



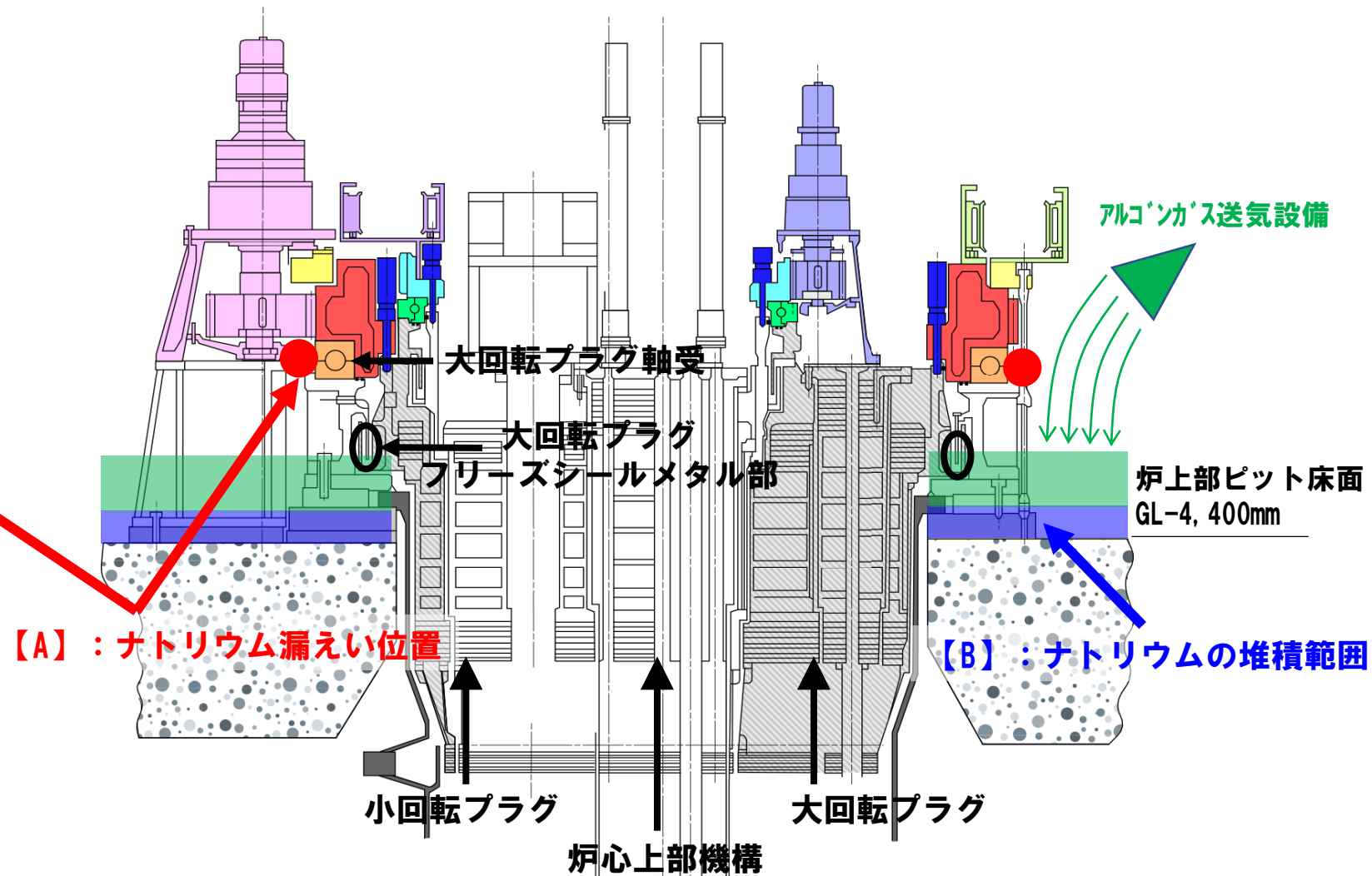
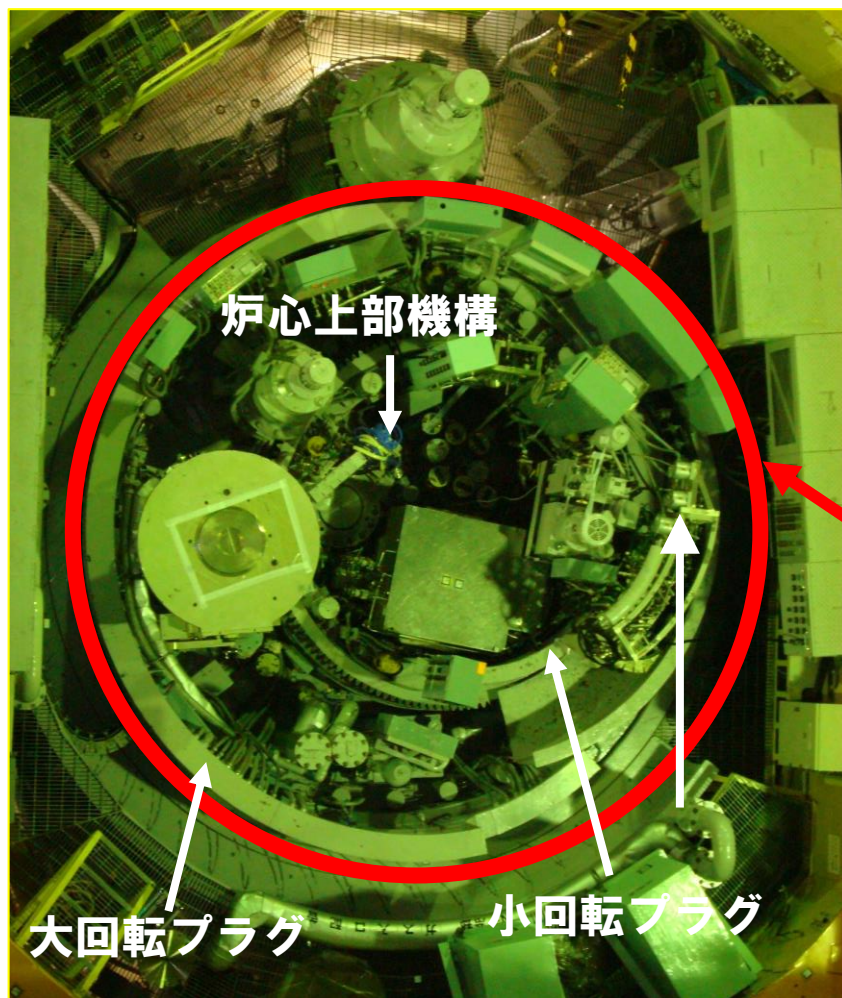
特殊化学消火剤を使用した消火の様子

【大規模なナトリウム火災の想定】

- 大回転プラグと原子炉容器の間隙から漏えいしたナトリウム（ナトリウム漏えい位置：図のA部）は、炉上部ピット上にプール状に堆積（ナトリウムの堆積範囲：図のB部）して燃焼する。

【大規模なナトリウム火災の消火活動】

- アルゴンガス送気設備により比重の大きいアルゴンガスを送気し、炉上部ピット上にプール状に堆積した範囲をアルゴンガスで覆い、ナトリウムプールと空気の反応を抑制することによりナトリウム燃焼の影響を抑制する。
- 可能な場合には、特殊化学消火剤を用いた消火活動を行う。当該措置の実施に当たっては、個人被ばくモニタリング設備（個人線量計）の着用等により、作業員の被ばく管理を行い、緊急作業時の線量限度を超えないものとする。また、防護服及び空気呼吸器を着用し、内部被ばく等を低減できるものとする。



※：ナトリウムプールの温度が十分に低下した後に空気置換して噴出したナトリウムを除去する。

【アルゴンガス送気設備による消火活動の概要】

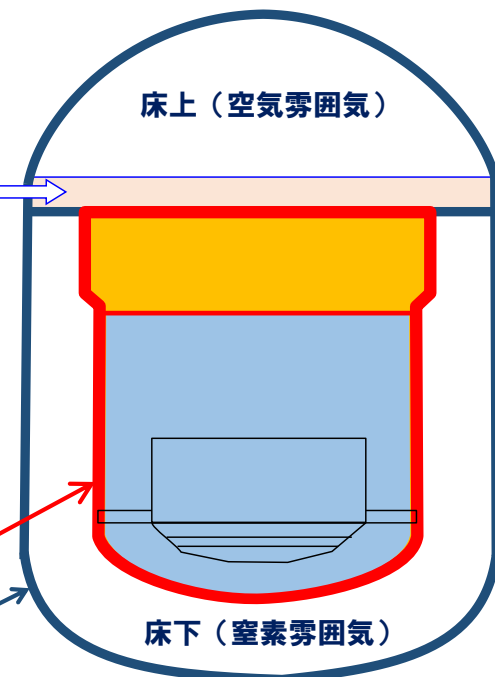
- アルゴンガス送気設備によるアルゴンガスの送気には、タンクローリ、可搬式気化器及びフレキシブルホースを用いる。タンクローリは外部調達（24時間以内で調達できるものとする（輸送状況等によっては最短で5時間程度で調達可能）。）により対応する。なお、タンクローリの調達は、複数の契約業者及び輸送経路を確保するため、北側と南側双方からの輸送が可能な調達先を確保する。タンクローリ及び可搬式気化器をフレキシブルホースにより建物内の接続口に接続し、炉上部ピットにアルゴンガスを送気する。炉上部ピットにおいて、ナトリウムが堆積する床の面積（約90m²）に対して、高さ1mまでアルゴンガスで覆うために必要なアルゴンガスの量は約100m³である（アルゴンガスの送気流量を50m³/hとした場合、2時間程度で燃焼の抑制が可能）。

核物質防護情報（管理情報）が含まれているため公開できません。

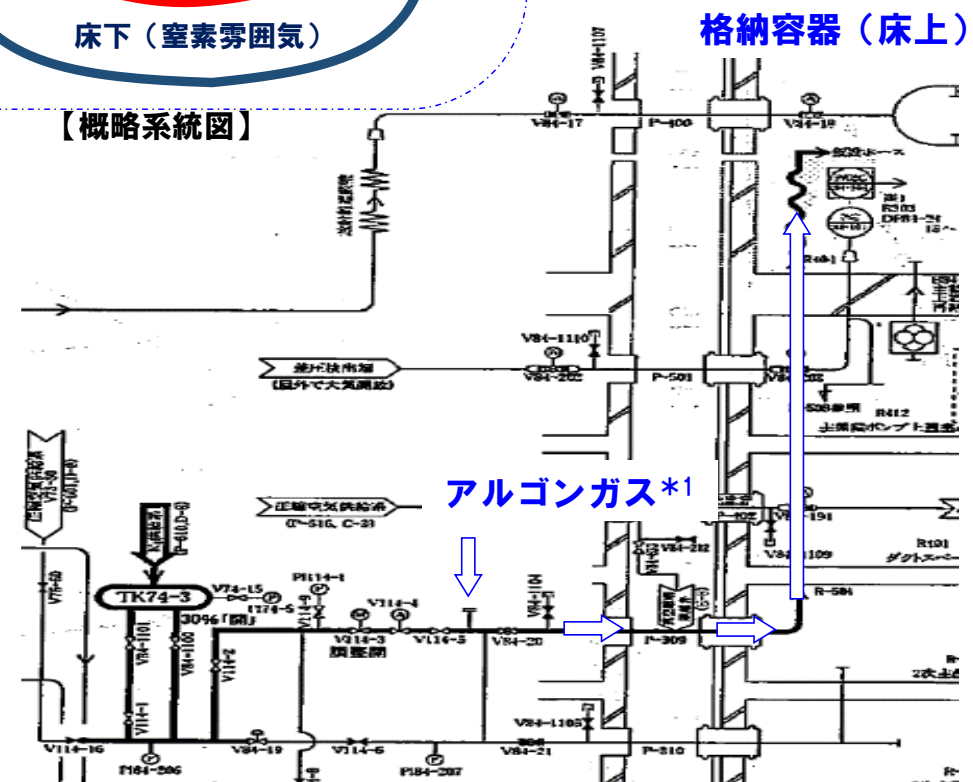
【アルゴンガス送気イメージ】

- アルゴンガスを送気
- 比重の大きいアルゴンガスは、床面に堆積
- 炉上部ピットの床面積は約90m²であり、高さ1mの範囲をアルゴンガスで覆うために必要なアルゴンガスの量は約100m³（送気開始から2時間程度で可能）

原子炉容器
格納容器



【概略系統図】



原子炉建物及び原子炉附属建物地下中1階

アルゴンガス*1

タンクローリ
（外部調達：約8t（約5,000m³）×1台）

可搬式気化器
（空気加温式蒸発器の使用を計画）

フレキシブルホース



接続（予定）部

*1：タンクローリ、可搬式気化器及びフレキシブルホースにより、アルゴンガスを供給（接続部は、新設）

【大規模なナトリウム火災の想定】

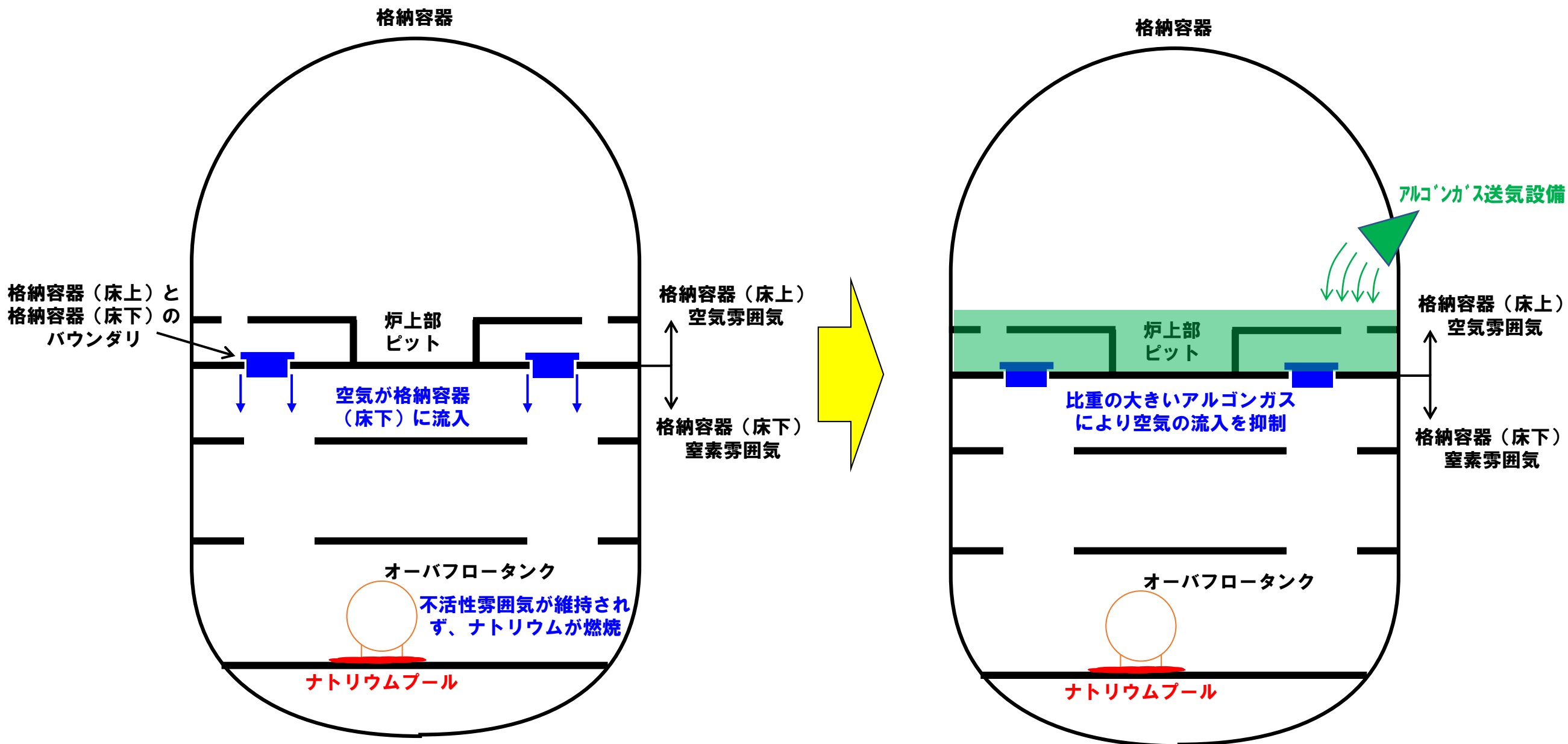
- **格納容器（床下）において、オーバフロータンクが破損しナトリウムが漏えいした状態で、格納容器（床上）と格納容器（床下）のバウンダリを構成するピット蓋に間隙が生じ、格納容器（床上）の空気が格納容器（床下）に流入し、格納容器（床下）の不活性雰囲気維持されず、漏えいしたナトリウムが燃焼する。**

【大規模なナトリウム火災の消火活動】

- **アルゴンガス送気設備より、格納容器（床上）と格納容器（床下）のバウンダリを形成する床に比重の大きいアルゴンガスを送気し、格納容器（床上）の空気が格納容器（床下）への流入を抑制し、ナトリウム燃焼の影響を抑制する。**
- **可能な場合には、格納容器（床上）と格納容器（床下）のバウンダリを調査し、目張り等を行う。当該措置の実施に当たっては、個人被ばくモニタリング設備（個人線量計）の着用等により、作業員の被ばく管理を行い、緊急作業時の線量限度を超えないものとする。また、必要に応じて、防護服及び空気呼吸器を着用し、内部被ばく等を低減できるものとする。**

【アルゴンガス送気設備による消火活動の概要】

- アルゴンガス送気設備は、格納容器（床上）における大規模なナトリウム火災の消火活動に用いるものと同じ。タンクローリ及び可搬式気化器をフレキシブルホースにより建物内の接続口に接続し、格納容器（床上）と格納容器（床下）のバウンダリの近傍にアルゴンガスを送気する。格納容器（床上）と格納容器（床下）のバウンダリを形成する床をアルゴンガスで覆うために必要なアルゴンガスの量^{*1}は約2,000m³である（アルゴンガスの送気流量を50m³/hとした場合、40時間程度で空気の流入の抑制が可能）。



※：放射性物質は、基本的に格納容器（床下）に閉じ込められる。

※：ナトリウムプールの温度が十分に低下した後に格納容器（床下）を空気置換して漏えいしたナトリウムを除去する。

*1：複数ある格納容器（床上）と格納容器（床下）のバウンダリのピット蓋からの空気の流入を抑制できる十分な量を準備

【大規模なナトリウム火災の想定】

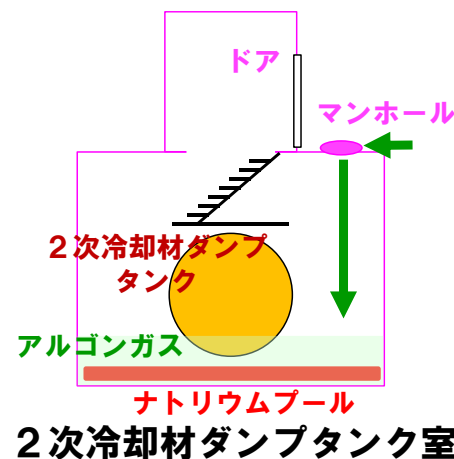
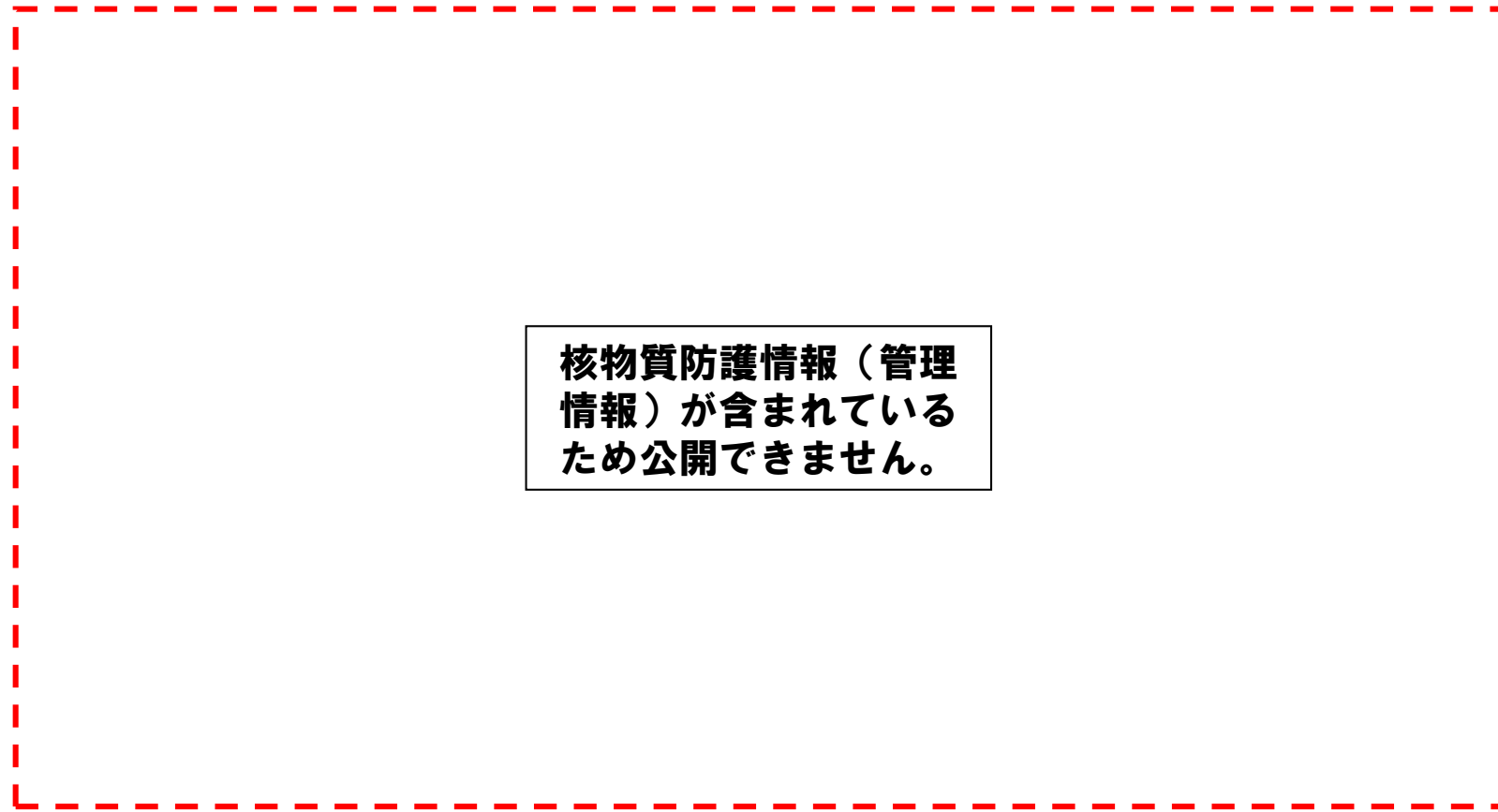
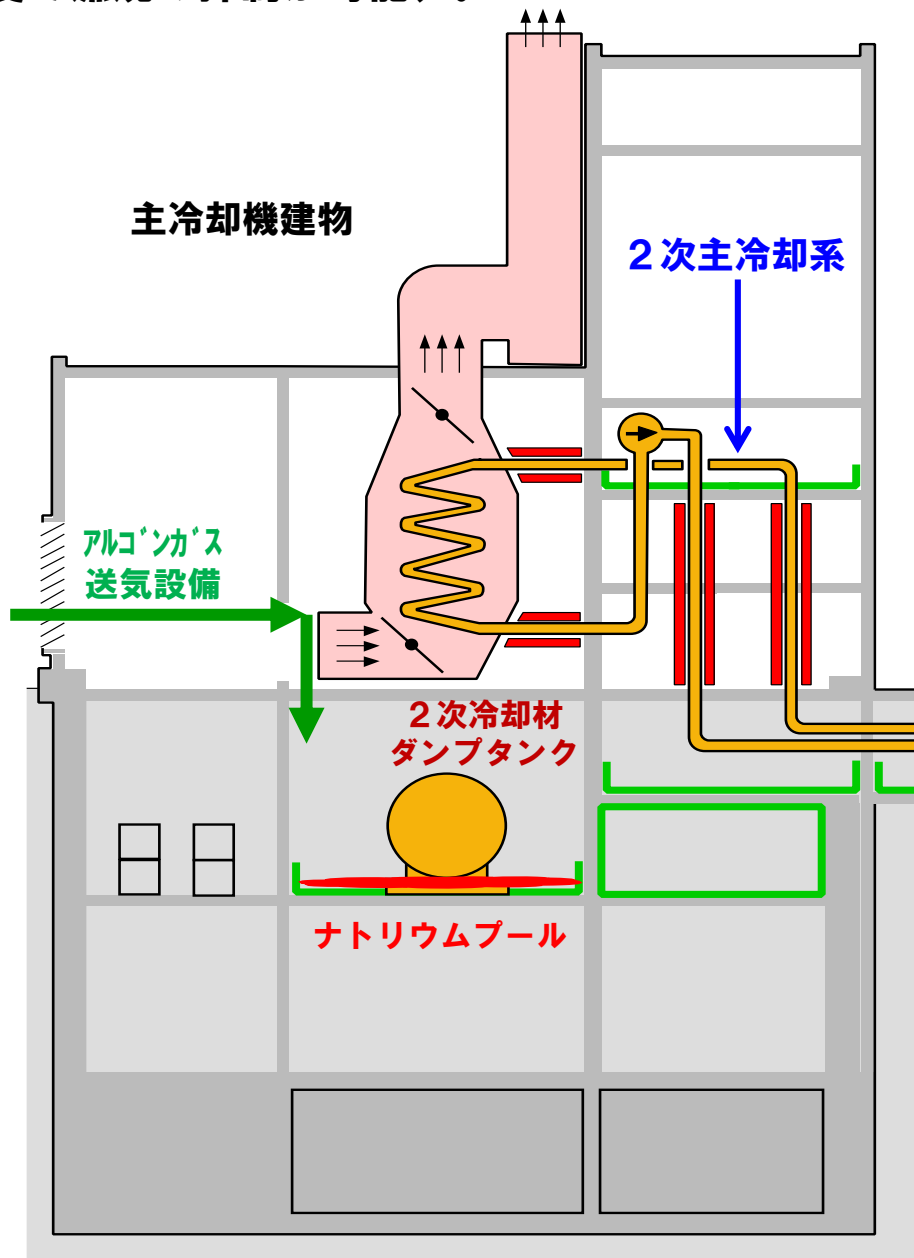
- 主冷却機建物において、2次冷却材ダンプタンクが破損し、漏えいしたナトリウムが燃焼する。

【大規模なナトリウム火災の消火活動】

- アルゴンガス送気設備より、2次冷却材ダンプタンクの位置する部屋（2次冷却材ダンプタンク室）に比重の大きいアルゴンガスを送気し、プール状に堆積したナトリウムをアルゴンガスで覆い、ナトリウムプールと空気の反応を抑制することによりナトリウム燃焼の影響を抑制する。
- 可能な場合には、特殊化学消火剤を用いた消火活動を行う。当該措置の実施に当たっては、防護服及び空気呼吸器を着用し、ナトリウムによる影響から消火活動の従事者を防護できるものとする。

【アルゴンガス送気設備による対応の概要】

- アルゴンガス送気設備は、格納容器（床上）における大規模なナトリウム火災の消火活動に用いるものと一部を共用する（タンクローリ、可搬式気化器及びフレキシブルホース（可搬式気化器及びフレキシブルホースは、主冷却機建物から100m以上の離隔距離を確保して保管する。）。タンクローリ及び可搬式気化器をフレキシブルホースにより建物内の接続口（マンホール）に接続し、2次冷却材ダンプタンク室にアルゴンガスを送気する。当該室において、ナトリウムが堆積する床の面積（約130m²）に対して、高さ1mまでアルゴンガスで覆うために必要なアルゴンガスの量は約130m³である（アルゴンガスの送気流量を50m³/hとした場合、3時間程度で燃焼の抑制が可能）。



※：ナトリウムプールの温度が十分に低下した後に空気置換して漏えいしたナトリウムを除去する。

大規模損壊状態におけるコンクリート遮へい体冷却系及び可搬型設備を用いた 格納容器破損緩和対策

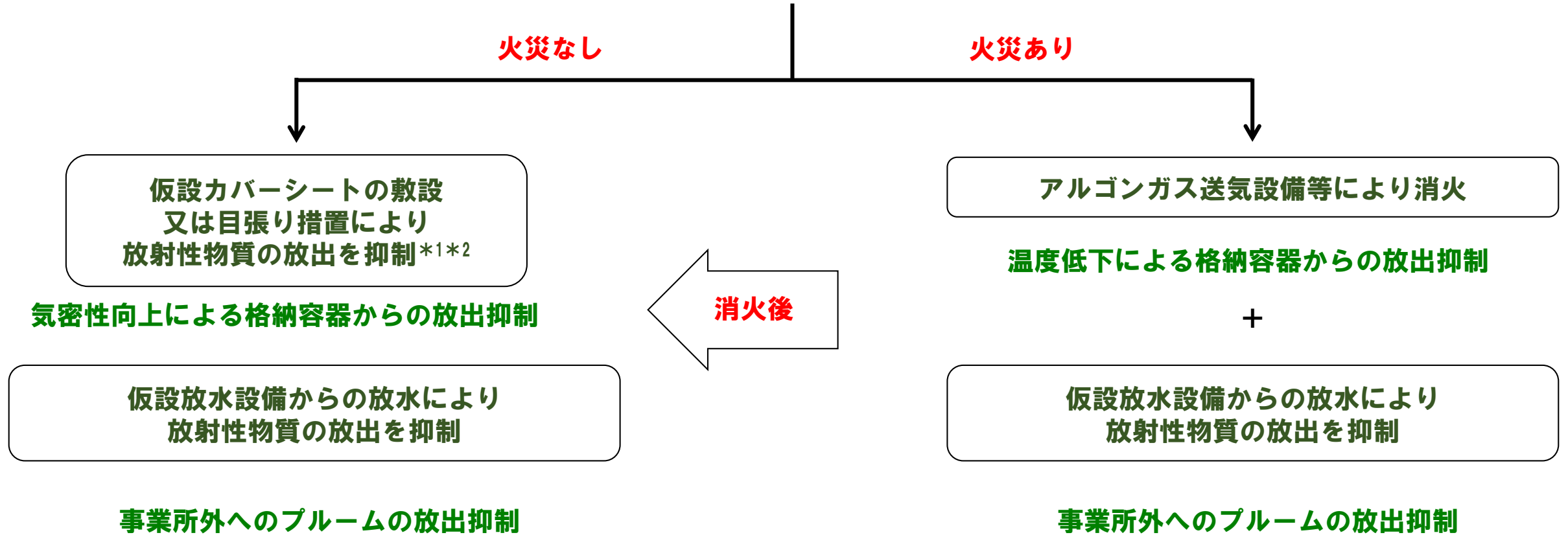
核物質防護情報（管理情報）が含まれているため公開できません。

【放射性物質の放出抑制措置の概要】

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象を想定した場合に事業所外への放射性物質の放出抑制措置として以下を講じる。

- a. 放射性物質の放出低減機能や閉じ込め機能を有する設備・機器について、その復旧が可能な場合には、当該設備・機器を復旧し、放射性物質の放出を抑制する。
- b. 格納容器内の床上放射能レベルを測定するものとし、所定の値を超過した場合には、工学的安全施設の作動により、格納容器から放出される放射性物質を低減する。なお、工学的安全施設は、手動操作によっても作動できるものとする。
- c. 格納容器の漏えい箇所から事業所外への放射性物質の拡散を抑制するため、状況に応じて、以下のd. からf. の措置を講じる。
- d. 格納容器の破損が想定される場合には、格納容器の漏えい箇所を調査し、目張り等の措置に努める。当該措置の実施に当たっては、個人被ばくモニタリング設備（個人線量計）の着用等により、作業員の被ばく管理を行い、緊急作業時の線量限度を超えないものとする。また、必要に応じて、防護服及び空気呼吸器を着用し、内部被ばくを低減できるものとする。
- e. 原子炉施設における放射性物質の濃度及び放射線量並びに周辺監視区域の境界付近における放射線量を監視及び測定するための放射線管理施設による情報収集により、多量の放射性物質等が放出されているおそれがあると判断した場合には、格納容器の漏えい箇所から事業所外への放射性物質の拡散を抑制するため、仮設放水設備により、原子炉施設周辺に放水し、放射性物質の放出抑制に努める。水源には、大洗研究所内の貯水を利用する。放水位置は、格納容器の風下として格納容器が被水することがないようにするとともに、放水状態を監視し、風向きが変化した場合に適切に対応できるよう手順を定める。
- f. 原子炉施設における放射性物質の濃度及び放射線量並びに周辺監視区域の境界付近における放射線量を監視及び測定するための放射線管理施設による情報収集により、多量の放射性物質等が放出されているおそれがあると判断した場合には、格納容器の漏えい箇所から事業所外への放射性物質の拡散を抑制するため、移動式揚重設備を用いて仮設カバーシートを敷設する。なお、格納容器（床上）でナトリウム火災が発生している場合、当該措置は、ナトリウム火災の消火を確認した後に行うものとする。

・多量の放射性物質等が放出されているおそれがあると判断した場合



*1： 放射線レベルが低い場合等においては、格納容器の漏えい箇所を調査し、目張り等の措置を実施。
 *2： 放射性物質の放出低減機能や閉じ込め機能を有する設備・機器について、その復旧が可能な場合には、当該設備・機器の復旧措置を並行して実施。また、工学的安全施設の作動により、格納容器から放出される放射性物質を低減。

※ 発電炉では、仮設放水設備により、原子炉建物への直接放水が可能であり、①格納容器からの放出抑制、②事業所外へのプルームの放出抑制、③消火の役割を担うと認識。「常陽」では、仮設カバーシート敷設が①を、仮設放水設備からの放水が②を、アルゴンガス送気設備等が③を担当。

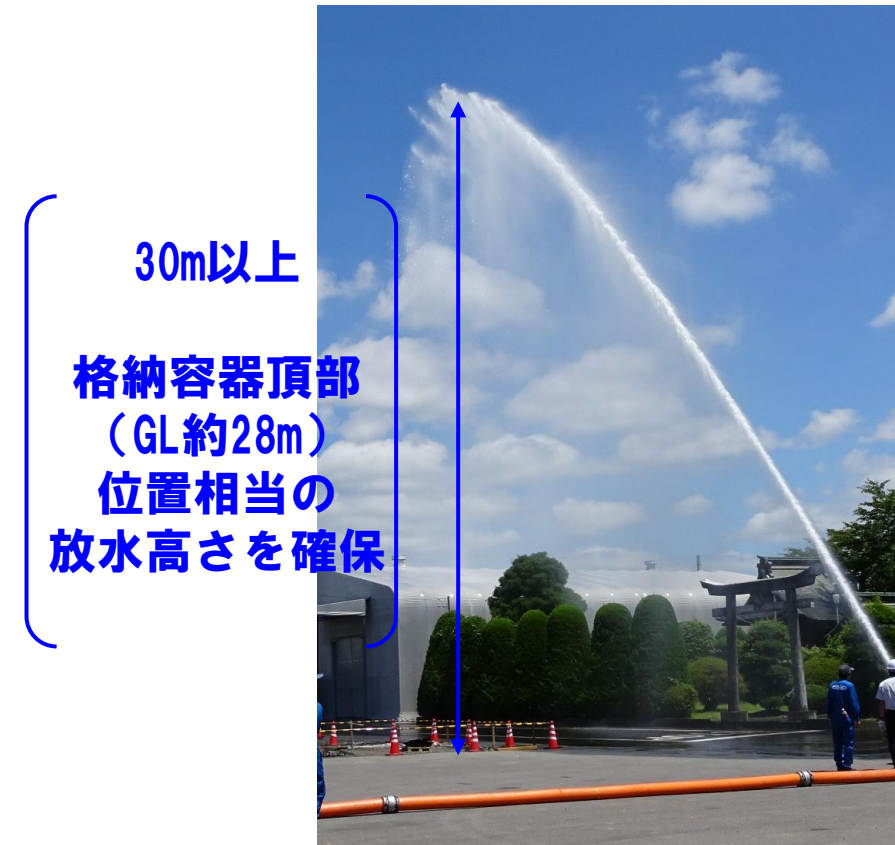
【仮設放水設備による対応の概要（1/2）】

- 仮設放水設備（水中ポンプ1基、ポンプ駆動エンジン1基、放水ホース2式）は、地上30m以上の放水高さを有するものを選定する。
- 仮設放水設備は、原子炉建物及び原子炉附属建物から100m以上の離隔距離を確保して保管する（資機材運搬車両を含む。）。

仮設放水設備使用イメージ



放水ホース



【仮設放水設備による対応の概要（2/2）】

- 仮設放水設備による放水は、放射性物質の放出経路を考慮し、風向に合わせて格納容器への被水を避けて運用する（風速・風向、被水の状況等を監視し、放水位置が風下となり、過度に被水しないように調整）。
- 水源には夏海湖を使用する。



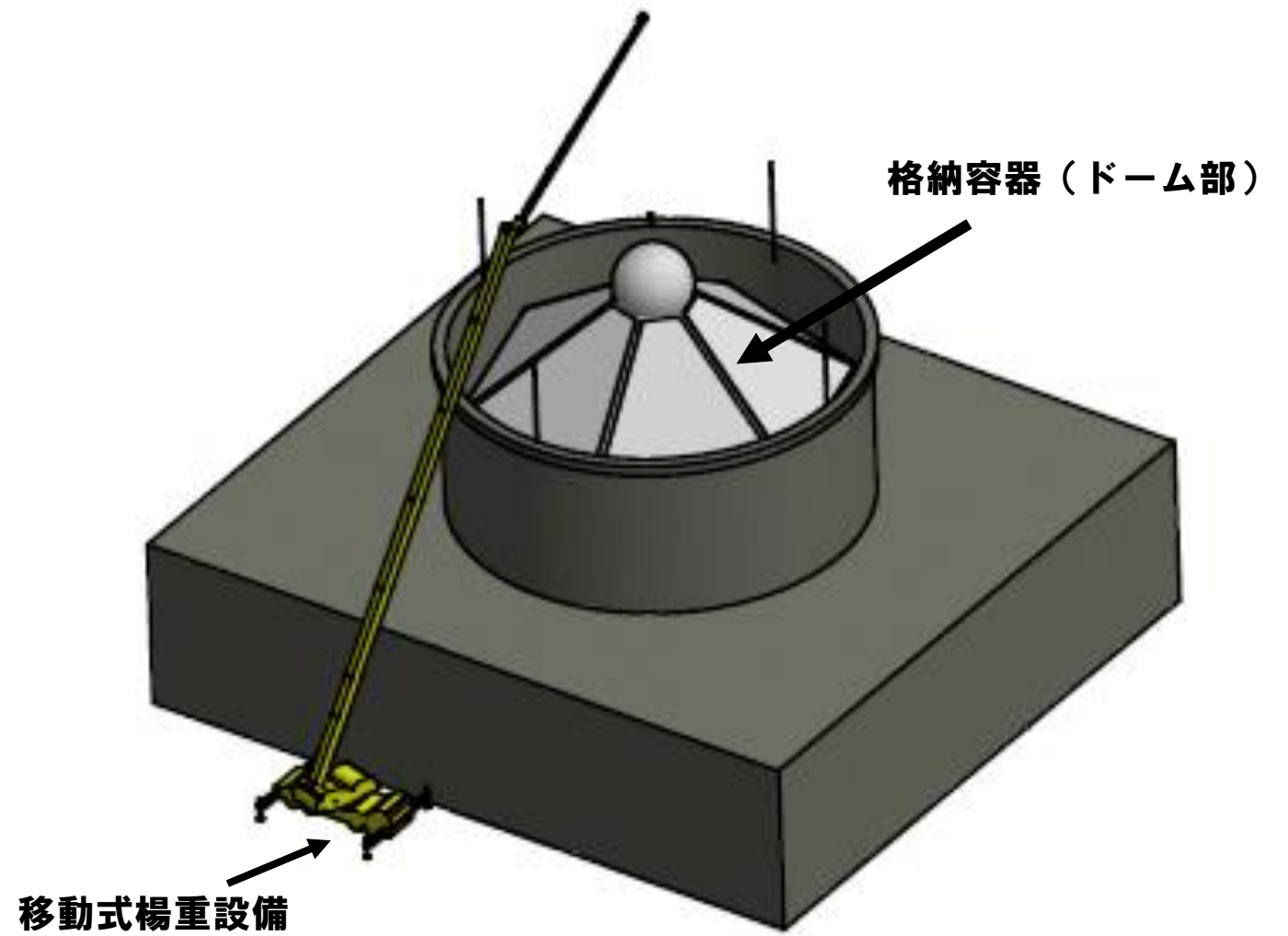
「国土地理院地図（電子国土web）」に加筆

【仮設カバーシートによる対応の概要】

- ・ 移動式揚重設備（1台）を用いて、格納容器のドーム部に仮設カバーシート（1式）を敷設する。
- ・ 仮設カバーシートには、ポリエステル製リップストップクロス（引裂き（rip）に対し、裂け目が広がることを防いだ高強力繊維）を使用する。当該材料は、飛行船及び気球の外袋（風船部）に使用できる十分な密封性・耐久性を有している。
- ・ 仮設カバーシート及び移動式揚重設備は、コンテナに収納し、原子炉建物及び原子炉附属建物から100m以上の離隔距離を確保して保管する。



仮設カバーシートの敷設イメージ
（スケールモデルを使用）



仮設カバーシートの敷設作業イメージ

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象に対する手順のタイムチャート

－ 大規模なナトリウム火災等の消火等 －

必要な要員と作業項目			経過時間（時間）									備考
			1	2	3	4	5	10	20	30		
手順の項目	要員（名） （作業に必要な要員数）	手順の内容	▽多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象の発生 ▽大規模ナトリウム燃焼発生の判断 ▽現地対策本部、現場指揮所設置									
原子力災害活動の総括	現地対策本部	－ ・見学者等の避難誘導、環境監視、外部必要箇所への通信連絡、緊急時調達等	[Timeline bar from 1 to 30]									
多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象への対応	現場指揮所	－ ・多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象への対応の総括 ・原子炉運転、消火、放射線管理、応急措置等	[Timeline bar from 1 to 30]									
原子炉の管理	中央制御室当直長	1 ・多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象の発生の確認 ・運転操作指揮	[Timeline bar from 1 to 30]									
	中央制御室運転員A、B、C	2 ・原子炉停止の確認、安全機能の状態の確認、プラントパラメータの監視	[Timeline bar from 1 to 30]									
	中央制御室運転員D、E	3 ・ナトリウム燃焼の状況の確認、格納容器の隔離	[Timeline bar from 1 to 30] ナトリウム燃焼個所の隔離									
火災への対応	資機材班※1	5 ・アクセスルートの確認、資機材の運搬	[Timeline bar from 1 to 30]									
	連絡班※1	5 ・通信連絡設備の確認、通信連絡	[Timeline bar from 1 to 30]									
	消火班	10 ・特殊化学消火剤の散布、ナトリウム燃焼個所の隔離、アルゴンガスの送気	[Timeline bar from 1 to 30] 特殊化学消火剤の散布 [Timeline bar from 1 to 30] ナトリウム燃焼個所の隔離 [Timeline bar from 1 to 30] アルゴンガスの送気									・アルゴンガスの送気は、外部調達するタンクローリの準備が整い次第実施する。 ・アルゴンガスの手配と並行して、現地対策本部及び現場指揮所の設置、プラント状態の確認、資機材・体制の準備が整った対策を実施する。また、可搬式気化器やフレキシブルホースを設置し、タンクローリが到着次第アルゴンガス送気を開始できるよう準備する。

※1：措置の遂行に応じて、各作業に必要な人員を配置する。

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象に対する手順のタイムチャート

— 格納容器破損緩和及び放射性物質の放出抑制等 —

必要な要員と作業項目			経過時間（時間）								備考
			1	2	3	4	5	10	20	30	
手順の項目	要員（名） （作業に必要な要員数）	手順の内容	▽多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象の発生 ▽大規模ナトリウム燃焼発生の判断 ▽現地対策本部、現場指揮所設置								
原子力災害活動の総括	現地対策本部	—	・見学者等の避難誘導、環境監視、外部必要箇所への通信連絡、緊急時調達等								
多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象への対応	現場指揮所	—	・多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象への対応の総括 ・原子炉運転、消火、放射線管理、応急措置等								
原子炉の管理	中央制御室当直長	1	・多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象の発生の確認 ・運転操作指揮								
	中央制御室運転員A、B、C	2	・原子炉停止の確認、安全機能の状態の確認、プラントパラメータの監視								
	中央制御室運転員D、E	3	・ナトリウム燃焼の状況の確認、格納容器の隔離 ナトリウム燃焼個所の隔離								
格納容器破損緩和対策	資機材班 ^{※1}	5	・アクセスルートの確認、資機材の運搬								
	連絡班 ^{※1}	5	・通信連絡設備の確認、通信連絡								
	応急措置班	5	・安全容器壁面への窒素ガスの供給 窒素ガスの供給								・窒素ガスの供給は、外部調達するタンクローリーの準備が整い次第実施する。
放射性物質の放出抑制（放水）	資機材班 ^{※1}	5	・アクセスルートの確認、資機材の運搬								
	連絡班 ^{※1}	5	・通信連絡設備の確認、通信連絡								
	応急措置班	5	・放水								
放射性物質の放出抑制（仮設カバーシート、目張り）	資機材班 ^{※1}	5	・アクセスルートの確認、資機材の運搬								・大規模ナトリウム燃焼が収束し、仮設カバーの設置、目張りが可能な状態となり次第実施する。
	連絡班 ^{※1}	5	・通信連絡設備の確認、通信連絡								
	応急措置班	5	・仮設カバーの設置、目張り								

※1：措置の遂行に応じて、各作業に必要な人員を配置する。

資機材の保管場所

- 資機材は、原子炉建物及び原子炉附属建物並びに主冷却機建物から100m以上の離隔距離を確保して保管する。また、原子炉施設保安規定に基づき、定期的（1回/施設定期検査）に点検を実施する。
- 運搬経路は、2方向からのアクセスが可能となるように整備する。
- 運搬経路に瓦礫等が散乱している場合に使用するホイローダ又はショベルカーを所内に準備する。
- 当該保管場所には、以下の資機材を保管する。
 - > 仮設カバーシート
 - > 仮設放水設備
 - > アルゴンガス送気設備（可搬式気化器及びフレキシブルホース）
 - > 移動式揚重設備
 - > 資機材運搬車両
 - > 防護機材（防護服及び空気呼吸器）
 - > 特殊化学消火剤
- ※：防護服及び空気呼吸器は、4人（主作業員、補助作業員、連絡員及び放射線管理員）×2交代を想定して8式以上を保管する。空気ボンベ（有毒ガスに対する対策とも共用）は、活動時間として10時間を仮定して100本*1以上を保管する。

*1：空気ボンベ内容積：8.4ℓ

空気ボンベ最高充填圧力：14.7MPa

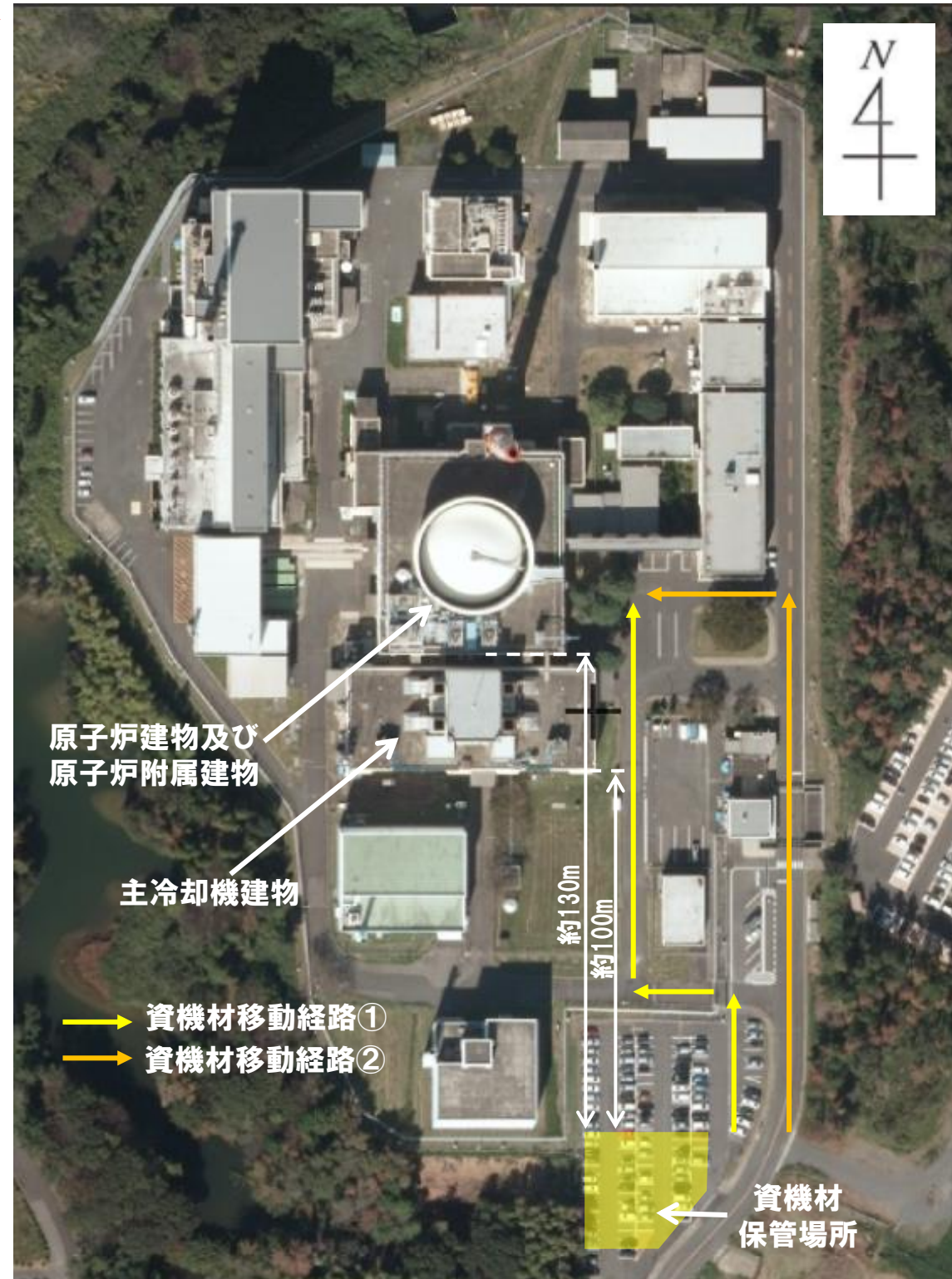
→ 空気ボンベ携行空気量：約1,260ℓ

→ 空気ボンベ圧力低警報設定値：5.5MPa及び呼吸量：24ℓ/min*2より、約30分のボンベ使用が可

→ 作業員等：4名、1名・1時間当たりのボンベ使用本数：2本及び活動時間：10時間を乗じた80本に、予備：20本を加算

*2：成人の「歩行」時の呼吸量

（出典：空気調和・衛生工学便覧）



「国土地理院地図（電子国土web）」に加筆

- 多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象について、以下の措置に必要な手順書を適切に整備する。また、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。

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象の想定	火災の影響緩和	放射性物質放出抑制
<p>(1) 故意による大型航空機の衝突による火災</p> <ul style="list-style-type: none"> 大型航空機が原子炉施設に衝突し、大型航空機から漏えいした燃料油、及び衝突を受けた建物に内包する設備から漏えいしたナトリウムにより大規模な火災に至る状態を仮想 	<ul style="list-style-type: none"> 特殊化学消火剤による消火 可搬式消火器による消火（可能な場合に実施） 	<ul style="list-style-type: none"> 放射性物質の放出低減機能や閉じ込め機能を有する設備の復旧（可能な場合に実施） 工学的安全施設の作動（手動作動を含む。） 格納容器の破損箇所が目張り（可能な場合に実施） 仮設カバーシートの敷設（可能な場合に実施） 仮設放水設備による原子炉施設周辺への放水
<p>(2) 格納容器（床上）における大規模なナトリウム火災</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉容器の上部から格納容器（床上）に漏えいしたナトリウムにより大規模な火災に至る状態を仮想 	<ul style="list-style-type: none"> アルゴンガス送気設備による炉上部ピットへのアルゴンガスの送気 特殊化学消火剤による消火（可能な場合に実施） 	<ul style="list-style-type: none"> 放射性物質の放出低減機能や閉じ込め機能を有する設備の復旧（可能な場合に実施） 工学的安全施設の作動（手動作動を含む。） 格納容器の破損箇所が目張り（可能な場合に実施） 仮設カバーシートの敷設（可能な場合に実施） 仮設放水設備による原子炉施設周辺への放水
<p>(3) 格納容器（床下）における大規模なナトリウム火災</p> <ul style="list-style-type: none"> 格納容器（床下）に位置する冷却材を内包する設備が破損し、格納容器（床下）に漏えいしたナトリウムにより大規模な火災に至る状態を仮想 	<ul style="list-style-type: none"> アルゴンガス送気設備による格納容器（床上）と格納容器（床下）バウンダリを形成する床へのアルゴンガスの送気 格納容器（床上）と格納容器（床下）のバウンダリを形成するピット蓋の目張り（可能な場合に実施） 	<ul style="list-style-type: none"> 放射性物質の放出低減機能や閉じ込め機能を有する設備の復旧（可能な場合に実施） 工学的安全施設の作動（手動作動を含む。） 格納容器の破損箇所が目張り（可能な場合に実施） 仮設カバーシートの敷設（可能な場合に実施） 仮設放水設備による原子炉施設周辺への放水
<p>(4) 主冷却機建物における大規模なナトリウム火災</p> <ul style="list-style-type: none"> 主冷却機建物に位置する2次冷却材を内包する設備が破損し、主冷却機建物に漏えいしたナトリウムにより大規模な火災に至る状態を仮想 	<ul style="list-style-type: none"> アルゴンガス送気設備による2次冷却材ダンプタンク室へのアルゴンガスの送気 特殊化学消火剤による消火（可能な場合に実施） 	<p style="text-align: center;">—</p>

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象の火災の消火活動及び事業所外への放射性物質の放出抑制措置のフロー

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象が発生

プラント状態の確認

- ・ 原子炉停止の確認
- ・ 中央制御室の状態及び建物損壊状況等の確認
- ・ 安全機能の状態の確認
- ・ プラントパラメータの監視及び監視機能の確認
- ・ 火災（ナトリウム漏えいを含む。）発生有無の確認
- ・ 資機材（電源及び水源を含む。）の状態の確認
- ・ アクセスルートの状態の確認
- ・ 通信連絡設備の状態の確認



- ・ プラント状態及びその時点におけるリソースから、最大限の努力により得られる結果を想定し、目標を「火災の消火活動」及び「事業所外への放射性物質の放出抑制」として対策の優先順位を決定する。



措置を遂行

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象発生時の機構大での対応体制



高速実験炉部（「常陽」現場対応班）

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象への対応を実施

- 「常陽」原子炉主任技術者
- 核燃料取扱主務者
- 放射線取扱主任者

- 原子炉運転班：中央制御室の状態及び建物損壊状況等の確認
- 連絡・警戒班：通信連絡設備の状態の確認、連絡、周辺の警戒
- 消火班：火災対応
- 搬出班：資機材（電源及び水源を含む）の状態の確認、アクセスルートの状態の確認
- 放管班：緊急作業従事者の被ばく管理、放射線線防護の管理
- 応急措置班：応急措置の実施

現場指揮所
(高速実験炉部)

- 現場対応班長
- 現場対応副班長
- 現場対応班付
- ◇原子炉運転班
- ◇連絡・警戒班
- ◇消火班
- ◇搬出班
- ◇放管班
- ◇応急措置班

- ・原子炉停止の確認
- ・安全機能の状態の確認
- ・プラントパラメータの監視及び監視機能の確認

現場（中央制御室）

- 当直長
- 副当直長
- ◇運転員

大洗研究所（現地対策本部）

原子力防災管理者（所長）を本部長とし、原子力災害対策活動を総括

- 環境監視グループ：周辺監視区域境界周辺における影響評価
- 放管グループ：発災施設の放射線管理
- 管理グループ：見学者等の避難誘導
- 消防グループ：消防活動、防災活動等
- 厚生医療グループ：負傷者、被ばく者の救護、病院への搬送
- 緊急時調達班：必要な資機材等の調達
- 緊急時資機材運転管理班：必要な非常用発電設備への燃料搬送
- 緊急時遠隔資機材運用班：遠隔機材の操作

現地対策本部
(安全情報交流棟)

- 支援グループ
- 緊急時調達班
- 緊急時資機材運転管理班
- 緊急時遠隔資機材運用班

原子力機構（機構対策本部）

理事長を本部長とし、大洗研究所が行う原子力災害対策活動を支援

- 情報班：情報の集約及び連絡
- 広報班：外部への情報提供
- 総務班：支援要員の派遣及び支援用資機材運搬に係る対応
- 支援班：支援対応、支援資機材等の確保及び管理、原子力災害医療の支援

機構対策本部
(機構本部)

- 情報班
- 広報班
- 総務班
- 支援班

【体制（「常陽」現場対応班）】

(1)概要

事故が発生した場合、原子炉運転班以外の事故対応要員（現場対応班約170名、このうち緊急作業従事者は約40名）は、休日夜間を含めて招集され、約1時間後には現場対応班長（高速実験炉部長）のもとで左記の体制で事故の影響緩和策をとることができる。

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象発生時において、事象の種類及び進展に応じて、的確に対処するために必要な力量を確保するため、原子炉施設保安規定に基づき、要員への教育及び訓練を定期的（年1回以上）に実施する。

多量の放射性物質等を放出する事故を超える事象に係る措置は「常陽」現場対応班が実施し、大洗研究所 現地対策本部及び原子力機構 機構対策本部は、措置の支援として内外部の通報連絡等に係る役割を担う。

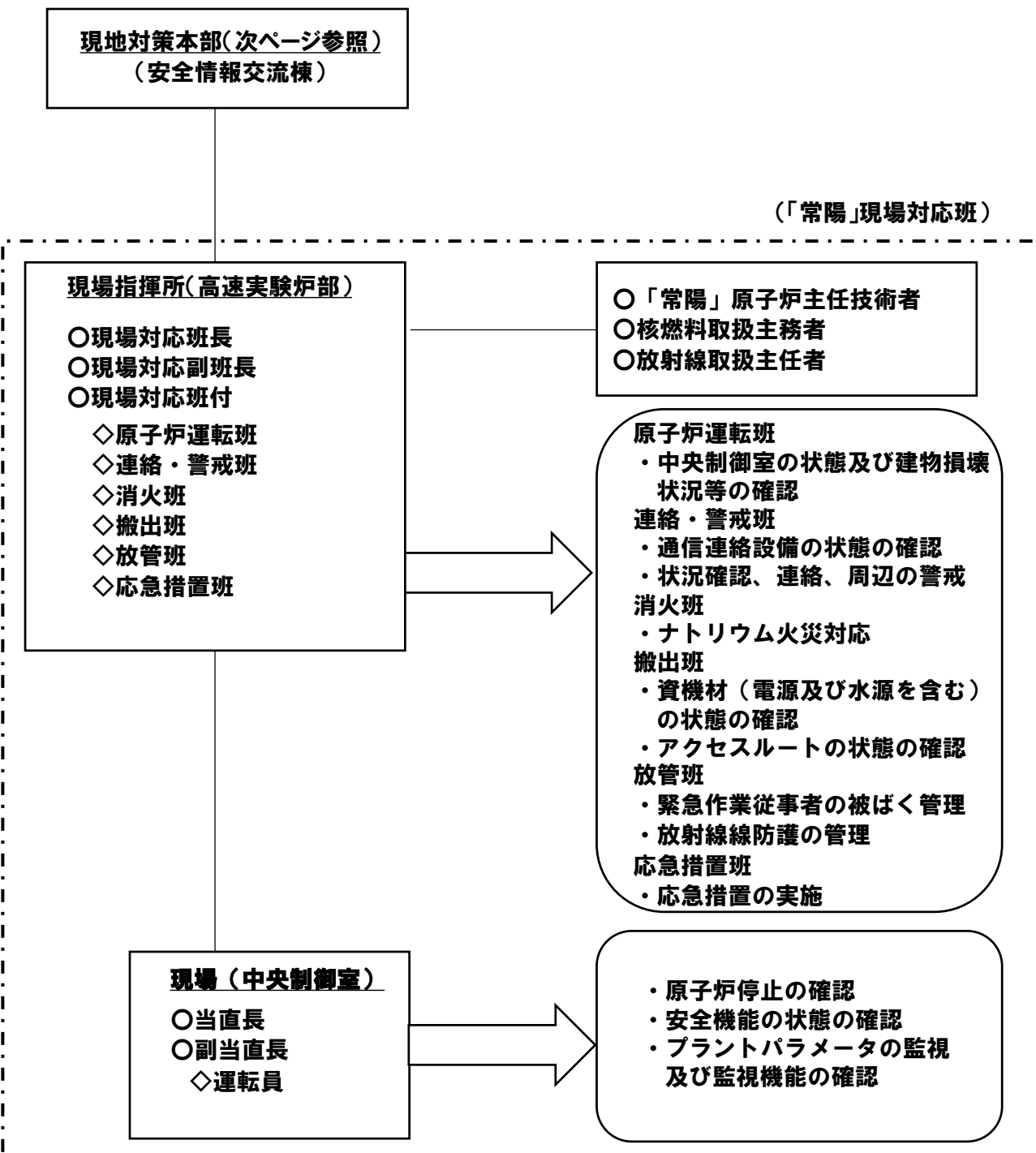
(2)見学者等の避難の手順

原子炉施設に立ち入る見学者等には、職員等が立ち会う。また、非常の事態に発展するおそれのある場合などの異常発生時は、中央制御室又は現場指揮所から一斉放送を行い、職員等の誘導のもと避難させる。

(3)緊急作業従事者の被ばく管理

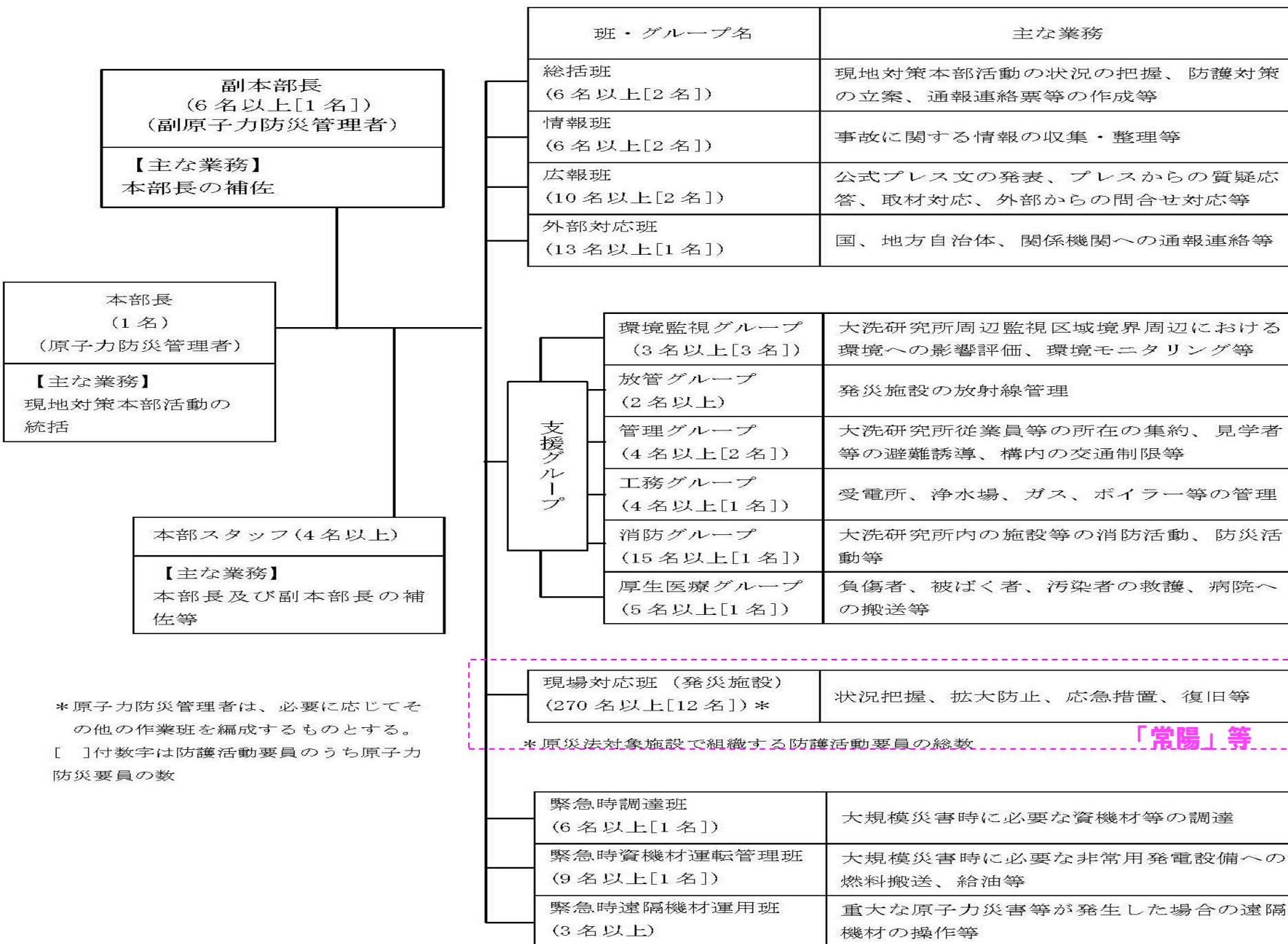
原子炉施設保安規定、大洗研究所(南地区)放射線安全取扱要領等に基づき被ばく管理を行う。作業は、現場のサーベイ結果を基に実施する。放射線作業用に施設で保有している呼吸保護具、防護服等の保護具、線量計を着用して作業を実施する。

中央制御室の居住性については、多量の放射性物質等を放出する事故の影響評価及び設置許可基準規則の第50条の原子炉制御室等への適合性で説明したとおり、中央制御室の換気設備の隔離により確保される。しかしながら、運転員の被ばく低減に努めるため、放出された放射性物質等による運転員等への被ばくから防護するために、チャコールフィルタ付の半面マスク及び全面マスク等の保護具を整備する。



「常陽」現場対応班の体制

【体制（大洗研究所の原子力防災組織（現地対策本部の体制））】



大洗研究所 現地対策本部

事故・災害等が発生した場合は、本部長（大洗研究所の所長）を責任者とする現地対策本部が設置される。避難については、事故対策規則に基づき設置される現地対策本部において、発災施設の状況や環境モニタリング等の情報を基に、本部長が判断し、同規則に定めた活動班により行われる。

具体的には、避難指示は、発災現場の状況、放射性物質の放出状況、環境モニタリングの結果等の情報を現地対策本部で収集し、判断し、構内放送等により指示を行う。

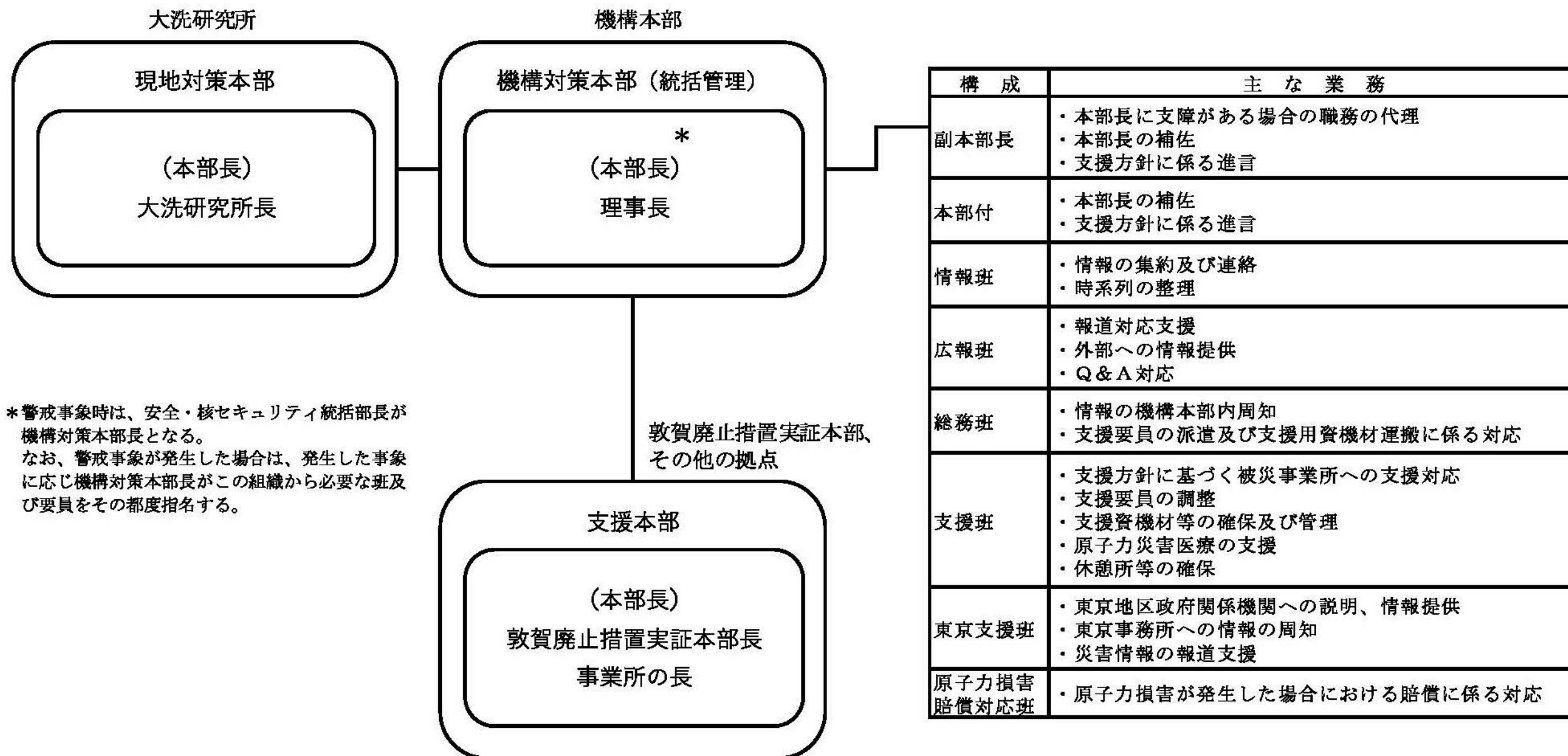
避難までの流れは、まずは、屋内退避を指示し、施設毎に人員掌握を行う。

その後、事象進展・状況に応じて、構内の適切な避難場所（北、南など）及び避難方法を決定する。

現地対策本部の構成班により、構内避難場所へ誘導し、スクリーニングの実施、避難する者の連絡先等を確認し、その後、事業所外への避難となる。

なお、通信連絡の詳細は、設置許可基準規則の第30条の通信連絡設備等に係る設計基準事故が発生した場合の対応で説明したとおりである。

【体制（日本原子力研究開発機構の原子力防災組織（機構対策本部の体制））】



*警戒事象時は、安全・核セキュリティ統括部長が機構対策本部長となる。
なお、警戒事象が発生した場合は、発生した事象に応じ機構対策本部長がこの組織から必要な班及び要員をその都度指名する。

【原子力事業者防災業務計画抜粋：令和3年3月】