



JY-92-4

## **第8条（火災による損傷の防止）に係る説明書**

**「ナトリウムが漏えいした場合に生じるナトリウムの燃焼への対策」**

**2021年10月26日**

**日本原子力研究開発機構 大洗研究所  
高速実験炉部**

**本日ご提示**

## **ナトリウム燃焼に係る要求事項及び対応概要**

**ナトリウム燃焼の特徴**

**ナトリウム漏えいの防止**

**ナトリウム漏えいの検知**

**ナトリウム漏えい発生時の燃焼抑制**

**ナトリウム燃焼の感知**

**ナトリウム燃焼の消火**

**ナトリウム漏えい時の燃焼影響評価**

**ナトリウム燃焼の影響軽減**

**ナトリウムと構造材との反応の防止**

| 要求事項 <sup>[1]</sup>   | 対応概要   |
|---|--|
| <p><b>（1）ナトリウム漏えいの防止</b><br/>                     ナトリウムを内包する配管及び機器については、耐震設計上の重要度分類Sクラス又は基準地震動による地震力によって破損を生じさせない設計であること。ここで「基準地震動による地震力によって破損を生じさせない設計」とは、耐震設計上の重要度分類B、Cクラスに分類される機器であっても、設計上の裕度を考慮することや設備の耐震補強等により、基準地震動による地震力に対して耐震性を有すると評価できるものをいう。</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ナトリウムを内包する配管・機器は、冷却材温度変化による熱応力及び設計地震力等に十分耐えるように設計する。また、ナトリウムを内包する配管・機器は、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する。なお、2次冷却材ダンプタンクにあつては、2次冷却材の漏えいに伴う緊急ドレン後に長期間ナトリウムを保有するため、弾性設計用地震動による地震力に対して、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えるように設計する。</li> <li>・ 上記の他、ナトリウムの漏えいを防止するため、以下の設計・管理等を実施する。                         <ul style="list-style-type: none"> <li>＞ ナトリウムを内包する配管・機器の設計、製作等は、関連する規格、基準に準拠するとともに、品質管理や工程管理を十分に行う。なお、1次冷却材を内包する配管・機器にあつては、高温強度とナトリウム環境効果に対する適合性が良好なステンレス鋼を、2次冷却材を内包する配管・機器にあつては、低合金鋼を使用する。</li> <li>＞ ナトリウムを内包する配管は、エルボを引き廻し、十分な撓性を備えたものとする。</li> <li>＞ ナトリウムを内包する配管・機器の腐食を防止するため、冷却材の純度を適切に管理するとともに、減肉に対する肉厚管理を適切に行う。</li> </ul> </li> </ul> |
| <p><b>（2）ナトリウム漏えいの検知</b><br/>                     ナトリウムを内包する配管及び機器の一系統における単一の機器の破損（他の系統及び機器は健全なものと仮定）を想定し、ナトリウムの漏えいを早期に検知できる検出器（以下「漏えい検出器」）を設置すること。また、その設置に当たっては、以下を含めること。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 漏えい検出器の誤作動を防止するための方策を講じること。</li> <li>② 外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保する設計であること。</li> <li>③ 中央制御室で必要な監視ができる設計であること。</li> </ol> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ナトリウム漏えいの検知には、ナトリウム漏えい検出器を用いる。原子炉冷却材バウンダリ及び冷却材バウンダリを構成する配管・機器（主冷却器及び補助冷却器を除く。）には、通電式の検出器を用いる。主冷却器及び補助冷却器には、その構造に鑑み、光学式の検出器を用いる。</li> <li>・ 通電式の検出器は、電極とシース保護管又はアースがナトリウムにより短絡されることを利用したアナログ回路と、光学式の検出器は、ナトリウムの燃焼によって生じる白煙により光の透過率が減少することを利用したアナログ回路とする。</li> <li>・ ナトリウムの漏えい検知に用いる設備は、外部電源喪失時に、その機能を喪失することがないように、非常用電源設備より電源を供給する。</li> <li>・ ナトリウム漏えい検出器が作動した場合には、中央制御室に警報を発し、かつ、ナトリウムが漏えいした場所を特定できるものとする。なお、2次冷却材を内包する配管・機器を設置する場所には、監視用ITVを設置し、中央制御室のモニタにより、その状況を確認できるものとする。</li> </ul>  |

[1] 令和3年5月26日 第10回原子力規制委員会 資料2 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」の新規制基準適合性審査の状況及び今後の審査方針案について

# ナトリウムの燃焼に係る要求事項及び対応概要（2/4）

| 要求事項 [1]  | 対応概要  |
|---|---|
| <p><b>(3) ナトリウム漏えい発生時の燃焼抑制</b><br/>           ナトリウム漏えい発生時に、空気雰囲気でのナトリウム燃焼を抑制できる設計とすること。ここで、「ナトリウム燃焼を抑制できる設計」とは、例えば、配管を二重構造にして漏えいしたナトリウムをその間隙に保持すること、ナトリウム漏えいが発生する区画を窒素雰囲気で維持する等の不活性化を行うこと、ナトリウム漏えいが発生した系統のナトリウムを緊急ドレンにより早期に排出してナトリウムの漏えい量を低減すること等の設計である。</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子炉冷却材バウンダリを構成し、1次冷却材を内包する配管・機器は、二重構造とするとともに、当該間隙を窒素雰囲気で維持し、万一、1次冷却材が漏えいした場合であっても、漏えいしたナトリウムを当該間隙で保持し、ナトリウムの燃焼を抑制する。</li> <li>・ 上記以外で1次冷却材を内包する配管・機器、及び格納容器（床下）に設置する2次冷却材を内包する配管・機器については、原子炉運転中、格納容器（床下）を窒素雰囲気で維持し、万一、当該冷却材が格納容器（床下）に漏えいした場合であっても、漏えいしたナトリウムを格納容器（床下）で保持し、ナトリウムの燃焼を抑制する。</li> <li>・ 2次冷却材を内包する配管・機器（格納容器（床下）に設置するものを除く。）において、2次冷却材が漏えいした場合、漏えいの発生した系統内のナトリウムを2次冷却材ダンプタンクへ緊急にドレンし、ナトリウムの漏えい量を低減する。</li> </ul>   |
| <p><b>(4) ナトリウム燃焼の感知</b><br/>           ナトリウムが漏えいした場合に生じるナトリウム燃焼を早期に感知できる設計とすること。ここで、「ナトリウム燃焼を早期に感知できる設計」とは、火災防護対象機器（火災防護対象ケーブルを含む。以下同じ。）を設置する火災区域又は火災区画において、「<b>实用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準</b>」（平成25年6月19日原規技発第1306195号原子力規制委員会決定。以下「<b>火災防護基準</b>」という。）の「<b>火災感知設備</b>」に要求される事項に適合する感知設備を設置することをいう。その際、当該感知設備は、(2)の漏えい検出器と兼用しても差し支えない。<br/>           また、火災防護対象機器を設置しない区画におけるナトリウム燃焼を早期に感知できるように、火災防護基準の「<b>火災感知設備</b>」を参考とした感知設備を設置すること。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ナトリウム燃焼の感知は、ナトリウム漏えいの検知を起点とするものとし、ナトリウム漏えい検出器で兼用する。</li> <li>・ ナトリウム漏えい検出器は、以下により「<b>火災防護基準</b>」に適合する。               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 平常時の状況（通電式：短絡の有無／光学式：煙の濃度）を監視し、かつ、火災現象（短絡の発生又は煙の濃度）を把握することができ、アナログ式の感知器に相当すること。</li> <li>➢ ナトリウム漏えい検出器が作動した場合には、中央制御室に警報を発し、かつ、ナトリウムが漏えいした場所を特定することができること。</li> <li>➢ 外部電源喪失時に、その機能を喪失することがないように、非常用電源設備より電源を供給すること。</li> </ul> </li> <li>・ 火災防護対象機器を設置する火災区域又は火災区画には、「<b>火災防護基準</b>」の「<b>火災感知設備</b>」に要求される事項に適合する感知設備として、一般火災に対応するための火災感知器を設置する（基本的に、光電アナログ式スポット型煙感知器及び熱アナログ式スポット型熱感知器を使用）。当該感知器の動作原理より、ナトリウム燃焼の感知にも適用できる。</li> </ul> |

[1] 令和3年5月26日 第10回原子力規制委員会 資料2 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」の新規制基準適合性審査の状況及び今後の審査方針案について

| 要求事項 [1]  | 対応概要  |
|---|---|
| <p>(5) ナトリウム燃焼の消火<br/>                     ナトリウムが漏えいした場合に生じるナトリウム燃焼を早期に消火できる設計とすること。ここで、「ナトリウム燃焼を早期に消火できる設計」とは、火災防護基準の「消火設備」に要求される事項（ただし、「消火剤に水を使用する消火設備」は除く。）に適合する設備を設置することをいう。また、要員による消火活動に期待する場合は、ナトリウム燃焼の特殊性を踏まえ、要員の安全確保に必要な防護服、防護マスク、携帯用空気ボンベ等必要な資機材の配備を行うこと。</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ナトリウム燃焼の消火には、特殊化学消火剤を使用する。原子炉施設には、特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器、防護服、防護マスクや携帯用空気ボンベ等を配備する。特殊化学消火剤を装填した可搬式消火器は、転倒防止措置を講じるものとする。</li> <li>・ 定期的に、装着訓練や消火訓練を実施し、これらの資機材の使用に係る習熟度向上を図る。</li> <li>・ 特殊化学消火剤を充填した可搬式消火器は、ナトリウムを保有する配管・機器を設置するエリアに配備し、十分な容量を備える。なお、原子炉の運転中、窒素雰囲気で維持する格納容器（床下）にあつては、当該雰囲気（床下）を空気雰囲気とした場合に、特殊化学消火剤を充填した可搬式消火器を配備する。</li> </ul>  |
| <p>(6) ナトリウム漏えい時の燃焼影響評価<br/>                     ナトリウムが漏えいした場合のナトリウムの漏えい量、及び漏えいしたナトリウム燃焼の影響を評価すること。評価に当たっては、以下によること。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 破損を想定する機器は、配管（容器の一部であつて、配管形状のものを含む。以下同じ。）とする。また、破損の想定に当たっては、一系統における単一の機器の破損（他の系統及び機器は健全なものと仮定）を想定する。</li> <li>② 常陽の冷却材であるナトリウムは、低圧でサブクール度が大きいいため、配管の破損想定は低エネルギー配管相当と考え、配管内径の1/2の長さと同程度の配管肉厚の1/2の幅を有する貫通クラックからの漏えいとする。</li> <li>③ 漏えいを検出する機能が設置され、自動又は手動操作によって、漏えいを停止させることができる場合は、漏えい停止機能を考慮することができる。この漏えい停止機能を期待する場合は、停止までの漏えい継続時間を考慮してナトリウム漏えい量を求める。</li> <li>④ 配管が二重構造である場合は、内管の損傷によるナトリウム漏えいを外管により保持する機能に期待することができる。</li> <li>⑤ ナトリウムの漏えい区画が不活性ガス雰囲気である場合はナトリウムの燃焼を防止できるが、漏えいしたナトリウムの除去の際など、当該区画の不活性化環境を解除する場合も考慮し、ナトリウム燃焼の影響を評価する。</li> </ol> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 以下によりナトリウムが漏えいした場合の漏えい量及び漏えいしたナトリウム燃焼の影響を評価する。                         <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 一系統の単一の配管の破損（他の系統及び機器は健全なものと仮定）を想定する。なお、二重構造を有する配管・機器にあつては、内管の破損により漏えいしたナトリウムは外管により保持されるため、評価の対象外とする。また、原子炉運転中に窒素雰囲気（床下）に位置する冷却材を内包する配管・機器が破損した場合にあつては、ナトリウム燃焼を抑制できるため、格納容器（床下）を空気置換した場合の影響を評価する。</li> <li>&gt; 配管直径の1/2の長さと同程度の配管肉厚の1/2の幅を有する貫通クラックからの漏えいを想定する。</li> <li>&gt; ナトリウム漏えい量の評価に当たっては、漏えい停止機能（緊急ドレン）による漏えい停止までの漏えい継続時間を考慮する。</li> </ul> </li> </ul> |

[1] 令和3年5月26日 第10回原子力規制委員会 資料2 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」の新規制基準適合性審査の状況及び今後の審査方針案について

| 要求事項 <sup>[1]</sup>   | 対応概要   |
|---|--|
| <p><b>（7）ナトリウム燃焼の影響軽減</b><br/>                     上記（6）で評価したナトリウム燃焼の影響を考慮し、火災防護対象機器を設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画におけるナトリウム燃焼の影響に対し、火災の影響を軽減するための措置を講じた設計であること。ここで、「火災の影響軽減のための措置を講じた設計」とは、火災防護基準の「火災の影響軽減」に要求される事項に適合する設計であることをいう。</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉冷却材バウンダリを構成し、1次冷却材を内包する配管・機器は、二重構造とするとともに、当該間隙を窒素雰囲気で維持し、万一、1次冷却材が漏えいした場合であっても、漏えいしたナトリウムを当該間隙で保持し、ナトリウムの燃焼を抑制する。</li> <li>上記以外で1次冷却材を内包する配管・機器、及び格納容器（床下）に設置する2次冷却材を内包する配管・機器については、原子炉運転中、格納容器（床下）を窒素雰囲気で維持し、万一、当該冷却材が格納容器（床下）に漏えいした場合であっても、漏えいしたナトリウムを格納容器（床下）で保持し、ナトリウムの燃焼を抑制する。</li> <li>2次冷却材を内包する配管・機器（格納容器（床下）に設置するものを除く。）において、2次冷却材が漏えいした場合、漏えいの発生した系統内のナトリウムを2次冷却材ダンプタンクへ緊急にドレンし、ナトリウムの漏えい量を低減する。</li> <li>ナトリウムを保有する火災区域又は火災区画については、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁（コンクリート壁厚さ：150mm以上）によって他の火災区域又は火災区画から分離する。火災の影響評価において設定した火災等価時間を1時間未満とする火災区域又は火災区画は、耐火壁、防火戸、防火ダンパ及び貫通部シール（不燃性パネル又は不燃性パテを使用）により、他の火災区域又は火災区画から分離する。耐火壁については建設省告示1399号に、防火戸及び防火ダンパについては建設省告示1369号に基づき、1時間以上の耐火時間を設定する。</li> <li>床面に設置した鋼製のライナについて、堰を設け、漏えい拡散面積を制限することで、ナトリウムと空気の接触面積を低減し、ナトリウムの燃焼の影響を軽減する。</li> <li>主冷却機建物において、常時空気雰囲気であって、かつ、ナトリウムと湿分等の反応により生成した水素が蓄積する可能性がある火災区域又は火災区画にあっては、当該火災区域又は火災区画に、窒素ガスを供給し、水素の濃度が燃焼限界濃度以下にできるものとする。</li> <li>主冷却機建物においては、漏えいしたナトリウムを受樋又は床ライナ及び連通管を經由して、ナトリウム溜に導く設計とし、ナトリウム溜で漏えいしたナトリウムを保持する。また、防煙ダンパを設け、換気空調設備の停止及び防煙ダンパの閉止により、ナトリウムエアロゾルの拡散を防止する。</li> </ul> |
| <p><b>（8）ナトリウムと構造材との反応防止</b><br/>                     高温のナトリウムとコンクリートが接触すると、当該ナトリウムとコンクリート中の水分及び反応生成物とコンクリート成分の反応が生じるため、これを防止する設計とすること。ここで、「これを防止する設計」とは、例えば、コンクリート床面に鋼製のライナを敷設することや、配管周辺に受樋を設置することにより、ナトリウムとコンクリートの接触を防止すること等の設計であることをいう。その際、鋼製ライナや受樋の設計にあっては、ナトリウム燃焼に伴い鋼製材料の腐食が生じることを考慮した厚さとする。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>耐火能力を有する鋼製のライナ又は受樋を設置し、ナトリウムとコンクリートが直接接触することを防止する。</li> <li>鋼製ライナや受樋の設計にあっては、ナトリウム燃焼に伴い鋼製材料の腐食が生じることを考慮した厚さとする。</li> </ul>  |

[1] 令和3年5月26日 第10回原子力規制委員会 資料2 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」の新規制基準適合性審査の状況及び今後の審査方針案について