

伊方発電所
原子炉施設保安規定変更認可申請について

平成30年11月6日
四国電力株式会社

申請概要

1. 火山影響等発生時の体制の整備

実用炉規則第八十四条の二および第九十二条の改正に伴い、火山影響等発生時における発電用原子炉の保全のための活動を行う体制の整備について、保安規定条文を追加するとともに、関連する保安規定条文の変更を行う。

⇒平成30年8月30日、平成30年10月4日の審査会合でご説明

2. 原子炉格納容器機器ハッチに係る運用変更

3号炉の原子炉格納容器貫通部のうち機器ハッチについて、開放することが許容される条件を見直すため、関連する保安規定条文の変更を行う。

⇒本日のご説明内容

3. 運用の明確化

重大事故等および大規模損壊対応に係る実施基準における、使用済燃料ピットの冷却等のための手順等について運用を明確化するため、関連する保安規定条文の変更を行う。

目次(原子炉格納容器機器ハッチに係る運用変更)

1. はじめに
2. 原子炉格納容器機器ハッチに係る運用変更の概要について
 - (1) 現行の保安規定に定める運転上の制限
 - (2) 運用変更の必要性
3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について
 - (1) 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る考え方
 - (2) 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る評価結果
 - (3) 本変更と既許可との関係

添付. 炉心崩壊熱が2MWt未満となる期間の評価方法について

1. はじめに

- 原子炉格納容器(以下、「C/V」という。)の機器ハッチについては、崩壊熱除去機能の喪失により1次冷却材が沸騰した場合でも環境へ放射性物質が放出されないよう、運転モード5、6において、原則「機器ハッチが全ボルトで閉じられていること」としている。ただし、運転モード5、6において、1次系の水位、系統状態等を制限したうえで、崩壊熱除去機能喪失により沸騰した1次冷却材がC/V内に放出される前に、機器ハッチを閉止できる場合に限り開放することを許容している。
- 伊方3号機では、定期検査において、原子炉容器(以下、「R/V」という。)ふたの開放作業開始前又は閉止作業完了後、R/Vふたのボルト取外/取付用工具(スタッドテンショナー)等をC/V内へ搬入又はC/V外へ搬出するため、モード5において、保安規定に定める制限事項を満足していることを確認したうえで、機器ハッチを開放する運用としている。
- 今回、機器ハッチに係る運用を変更するにあたっての考え方は、新規制基準適合性確認審査のうち保安規定審査時の考え方と変わるものではなく、プラント停止2日後程度の炉心崩壊熱を一律適用する等、過度に保守的な仮定としていた条件に対して、安全性向上の観点から、プラント状態に応じた炉心崩壊熱を考慮する等現実的な条件を用いて、機器ハッチ開放許容条件の変更及び開放許容期間の拡大について検討したものである。

2. 原子炉格納容器機器ハッチに係る運用変更の概要について

保安規定第82条の2に係る記載の変更前後比較表

変更前	変更後	備考								
<p>(原子炉格納容器貫通部 (3号炉) -モード5および6-)</p> <p>第82条の2 3号炉について、モード5および6において、原子炉格納容器貫通部は、表82の2-1で定める事項を運転上の制限とする。</p> <p>2 原子炉格納容器貫通部が前項で定める運転上の制限を満足していることを確認するため、次号を実施する。</p> <p>(1) 当直長は、原子炉格納容器内での燃料装荷および取出作業前に、原子炉格納容器貫通部の状態を確認する。</p> <p>3 当直長は、原子炉格納容器貫通部が第1項で定める運転上の制限を満足していないと判断した場合、表82の2-2の措置を講じる。</p> <p>表82の2-1</p> <table border="1" data-bbox="129 655 1016 850"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>運転上の制限</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉格納容器貫通部</td> <td>(1)機器ハッチが全ボルトで閉じられていること*¹ (2)各エアロックが1つ以上のドアで閉止可能であること*² (3)その他の貫通部のうち、隔離弁については閉止可能であること*²。隔離弁以外については閉止フランジまたは同等なものによって閉じられていること*³</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：原子炉格納容器内で燃料移動を行っていない場合は、速やかに閉止できることを条件に以下のいずれかを満足している場合に開放することが許容される。この場合、運転上の制限を満足していないとはみなさない。</p> <p>ア 1次冷却材ポンプ停止中で余熱除去系による冷却時において、加圧器安全弁が動作可能であることおよび加圧器水位が10%から<u>30%</u>の範囲内にある場合</p> <p>イ 原子炉キャビティ水位がEL 31.7m以上である場合</p> <p>※2：閉止可能であることとは、閉止状態であることを含む。</p> <p>※3：原子炉格納容器内で燃料移動を行っていない場合は、速やかに閉止できることを条件に開放することが許容される。また、原子炉格納容器内で燃料移動を行っている場合において、燃料移送管については隔離弁により閉止可能であることを条件に開放することが許容される。この場合、運転上の制限を満足していないとはみなさない。</p> <p>(以下、省略)</p>	項目	運転上の制限	原子炉格納容器貫通部	(1)機器ハッチが全ボルトで閉じられていること* ¹ (2)各エアロックが1つ以上のドアで閉止可能であること* ² (3)その他の貫通部のうち、隔離弁については閉止可能であること* ² 。隔離弁以外については閉止フランジまたは同等なものによって閉じられていること* ³	<p>(原子炉格納容器貫通部 (3号炉) -モード5および6-)</p> <p>第82条の2 3号炉について、モード5および6において、原子炉格納容器貫通部は、表82の2-1で定める事項を運転上の制限とする。</p> <p>2 原子炉格納容器貫通部が前項で定める運転上の制限を満足していることを確認するため、次号を実施する。</p> <p>(1) 当直長は、原子炉格納容器内での燃料装荷および取出作業前に、原子炉格納容器貫通部の状態を確認する。</p> <p>3 当直長は、原子炉格納容器貫通部が第1項で定める運転上の制限を満足していないと判断した場合、表82の2-2の措置を講じる。</p> <p>表82の2-1</p> <table border="1" data-bbox="1052 655 1939 850"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>運転上の制限</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉格納容器貫通部</td> <td>(1)機器ハッチが全ボルトで閉じられていること*¹ (2)各エアロックが1つ以上のドアで閉止可能であること*² (3)その他の貫通部のうち、隔離弁については閉止可能であること*²。隔離弁以外については閉止フランジまたは同等なものによって閉じられていること*³</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：原子炉格納容器内で燃料移動を行っていない場合は、速やかに閉止できることを条件に以下のいずれかを満足している場合に開放することが許容される。この場合、運転上の制限を満足していないとはみなさない。</p> <p>ア 1次冷却材ポンプ停止中で余熱除去系による冷却時において、加圧器安全弁が動作可能であることおよび加圧器水位が10%から<u>50%</u>の範囲内にある場合</p> <p>イ 原子炉キャビティ水位がEL 31.7m以上である場合</p> <p>ウ <u>1次冷却系の水位が原子炉容器フランジ面-30cm以上である場合であって、以下のいずれかを満足している場合</u></p> <p>(ア) <u>燃料取出前の原子炉容器のふたを開放してから原子炉キャビティ水張り完了までの期間において、炉心崩壊熱が2MWt未満と評価できる場合</u></p> <p>(イ) <u>燃料装荷後の原子炉キャビティ水抜き開始から1次冷却系水張り開始までの期間において、炉心崩壊熱が2MWt未満と評価できる場合</u></p> <p>※2：閉止可能であることとは、閉止状態であることを含む。</p> <p>※3：原子炉格納容器内で燃料移動を行っていない場合は、速やかに閉止できることを条件に開放することが許容される。また、原子炉格納容器内で燃料移動を行っている場合において、燃料移送管については隔離弁により閉止可能であることを条件に開放することが許容される。この場合、運転上の制限を満足していないとはみなさない。</p> <p>(以下、省略)</p>	項目	運転上の制限	原子炉格納容器貫通部	(1)機器ハッチが全ボルトで閉じられていること* ¹ (2)各エアロックが1つ以上のドアで閉止可能であること* ² (3)その他の貫通部のうち、隔離弁については閉止可能であること* ² 。隔離弁以外については閉止フランジまたは同等なものによって閉じられていること* ³	<p>機器ハッチの開放を許容する条件を追加</p>
項目	運転上の制限									
原子炉格納容器貫通部	(1)機器ハッチが全ボルトで閉じられていること* ¹ (2)各エアロックが1つ以上のドアで閉止可能であること* ² (3)その他の貫通部のうち、隔離弁については閉止可能であること* ² 。隔離弁以外については閉止フランジまたは同等なものによって閉じられていること* ³									
項目	運転上の制限									
原子炉格納容器貫通部	(1)機器ハッチが全ボルトで閉じられていること* ¹ (2)各エアロックが1つ以上のドアで閉止可能であること* ² (3)その他の貫通部のうち、隔離弁については閉止可能であること* ² 。隔離弁以外については閉止フランジまたは同等なものによって閉じられていること* ³									

2. 原子炉格納容器機器ハッチに係る運用変更の概要について

(1) 現行の保安規定に定める運転上の制限

C/Vの機器ハッチについては、崩壊熱除去機能の喪失により1次冷却材が沸騰した場合でも環境へ放射性物質が放出されないことがないよう、保安規定第82条の2において、運転上の制限として運転モード5、6において「機器ハッチが全ボルトで閉じられていること※1」を定めている。

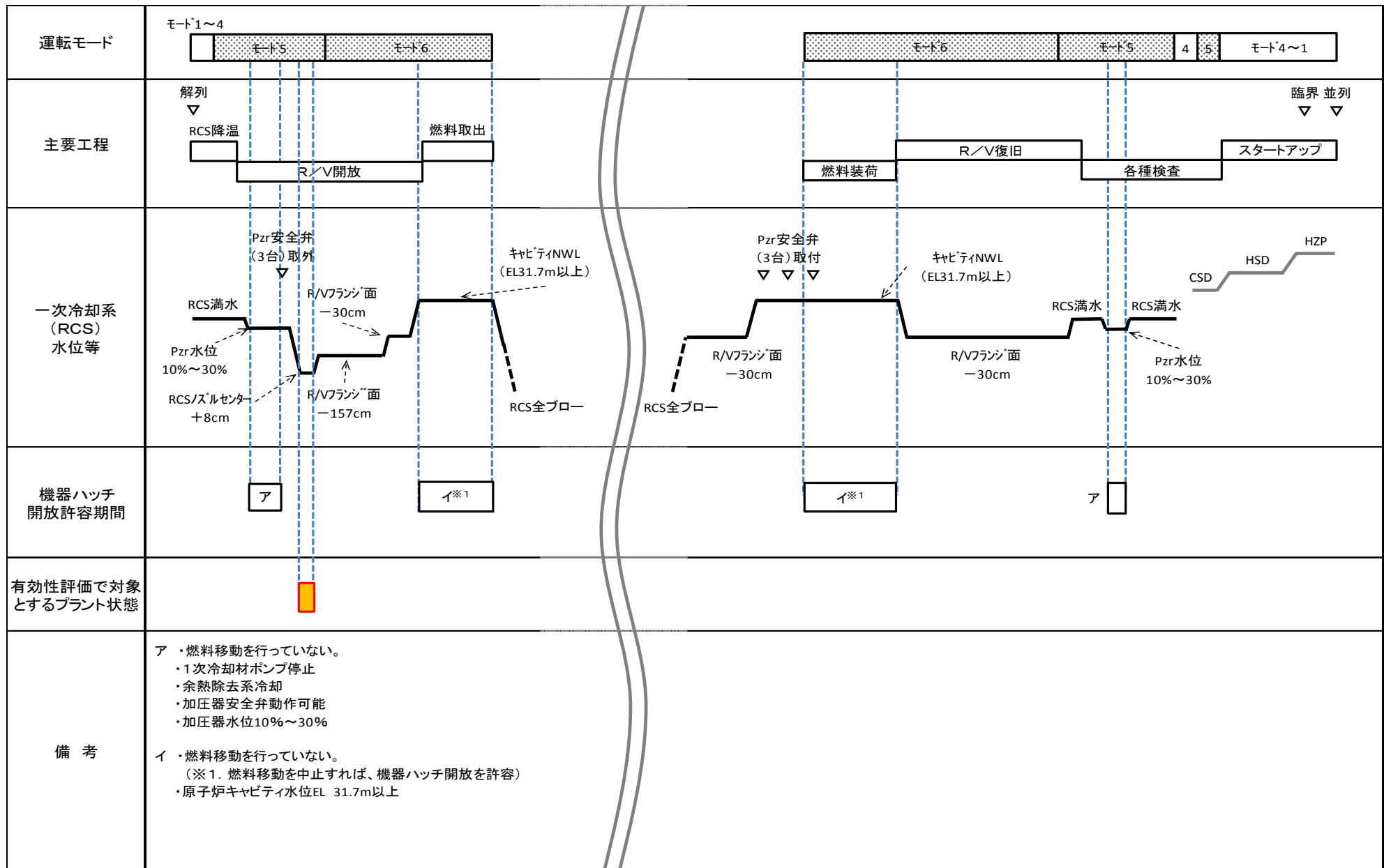
ただし、以下に示す場合に限り、機器ハッチの開放が許容されるものとしている。定期検査における主要工程との対応関係を次ページに示す。

※1:原子炉格納容器内で燃料移動を行っていない場合は、速やかに閉止できることを条件に以下のいずれかを満足している場合に開放することが許容される。この場合、運転上の制限を満足していないとはみなさない。

ア 1次冷却材ポンプ停止中で余熱除去系による冷却時において、加圧器安全弁が動作可能であることおよび加圧器水位が10%から30%の範囲内にある場合

イ 原子炉キャビティ水位がEL 31.7m以上である場合

2. 原子炉格納容器機器ハッチに係る運用変更の概要について



現行保安規定における機器ハッチの開放が許容される期間

2. 原子炉格納容器機器ハッチに係る運用変更の概要について

(2) 運用変更の必要性

a. 機器ハッチ開放許容条件の変更(「ア」における加圧器水位上限の変更)

現状では、燃料装荷後の「ア」の期間において、機器ハッチの開放が許容される条件を満足するために1次系水位を低下させており、1次系保有水量の確保及び廃棄物低減の観点から最適化が必要である。

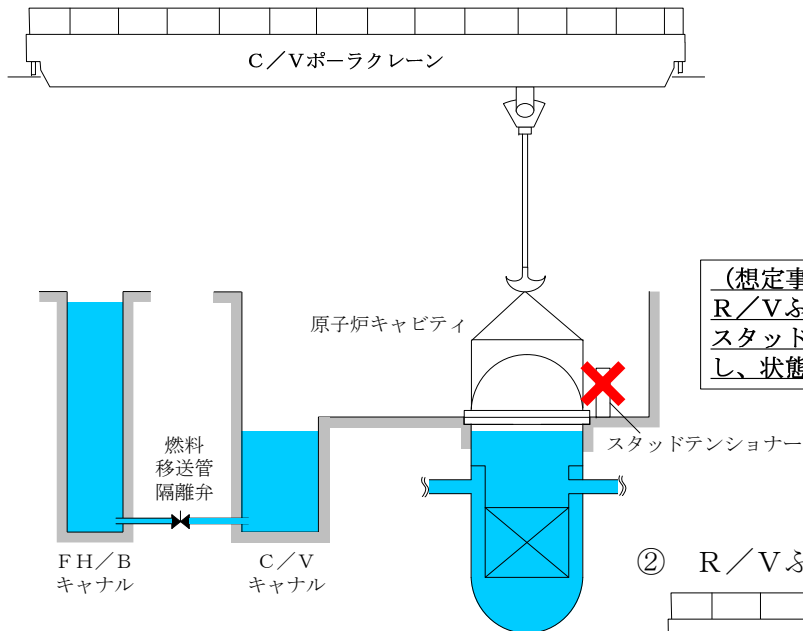
b. 機器ハッチ開放許容期間の拡大(「ア」及び「イ」に加えて「ウ」を追加設定)

現行の保安規定では、機器ハッチを開放できるプラント状態を評価するための条件として、プラント停止2日後程度の保守的な崩壊熱を一律適用する等、過度に保守的な条件を適用している。このため、現実的には機器ハッチを開放できる期間であるにもかかわらず、運転上の制限により機器ハッチを開放できないことが理由で新たな操作が必要となる場合、当該操作に伴い様々なリスクが生じることが想定される。

具体的には、次ページに示すように、燃料取出又は燃料装荷のため、原子炉キャビティの水張り又は水抜きにあわせてR/Vふたの開放又は復旧を実施している際に、C/V内の天井クレーン(C/Vポーラクレーン)が機械的に故障した場合、R/Vふたが吊り上げ又は吊り下げ中の状態で停止し、その状態を変更できなくなることが想定される。また、R/Vふたのボルト取外/取付用工具(スタッドテンショナー)が故障・停止した場合も同様に、その状態を変更できなくなることが想定される。

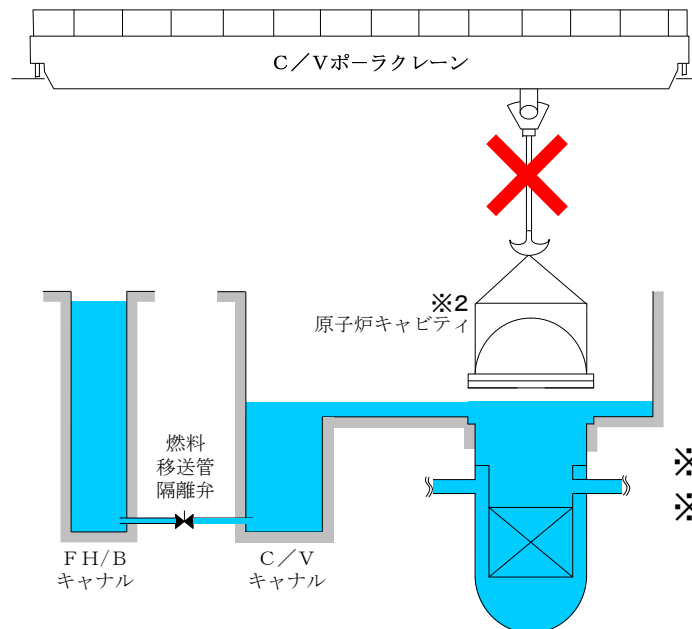
2. 原子炉格納容器機器ハッチに係る運用変更の概要について

① R/Vふた取り外し前

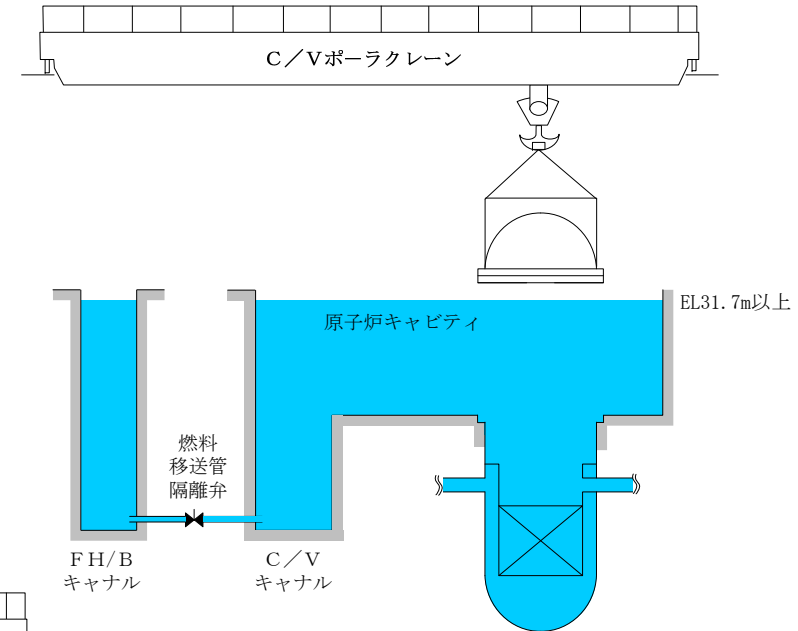


(想定事象の例)
R/Vふたのボルト取外し又は取付け中に、スタッドテンショナーが故障することで停止し、状態を変えることができない。

② R/Vふた吊り上げ開始後



③ R/Vふた吊り上げ完了後



(想定事象の例)
R/Vふた吊上げ又は吊り下げ中に、C/Vポーラクレーンが故障することで停止し、状態を変えることができない。

※1: R/Vふた復旧の場合は、③、②、①の順となる。
※2: R/Vふたと1次系の水位は、炉内からの中性子等を遮へいするために、一定の間隔を保って同時に上下する必要がある。

R/Vふた開放※1の概要と想定事象

2. 原子炉格納容器機器ハッチに係る運用変更の概要について

b. 機器ハッチ開放許容期間の拡大(つづき)

その際、何らかの方法で燃料をC/V外に移送する場合には、R/Vふたが吊り上げ又は吊り下げ中の状態並びにR/Vふたの開放又は復旧中の状態で、C/Vポーラクレーン又はスタッドテンショナーの代替措置をとる必要があり、経験のない作業に伴う新たなリスク、長期間の作業に伴う被ばく量の増加等が懸念される。

しかしながら、機器ハッチを開放し、C/Vポーラクレーン又はスタッドテンショナーの修理・復旧に必要な資機材のうち、スタッドテンショナー本体など、C/Vエアロックから搬出入できないような大型の資機材を搬出入することで早期に修理、復旧ができる場合には、その懸念は解消される。

そこで、これら予め想定される事態が発生した場合に安全性が確保できる条件を検討することにより、適切に対応できるようにしておくことは、早期にリスクを低減する行為に着手でき、安全性向上の観点から必要である。

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

(1) 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る考え方

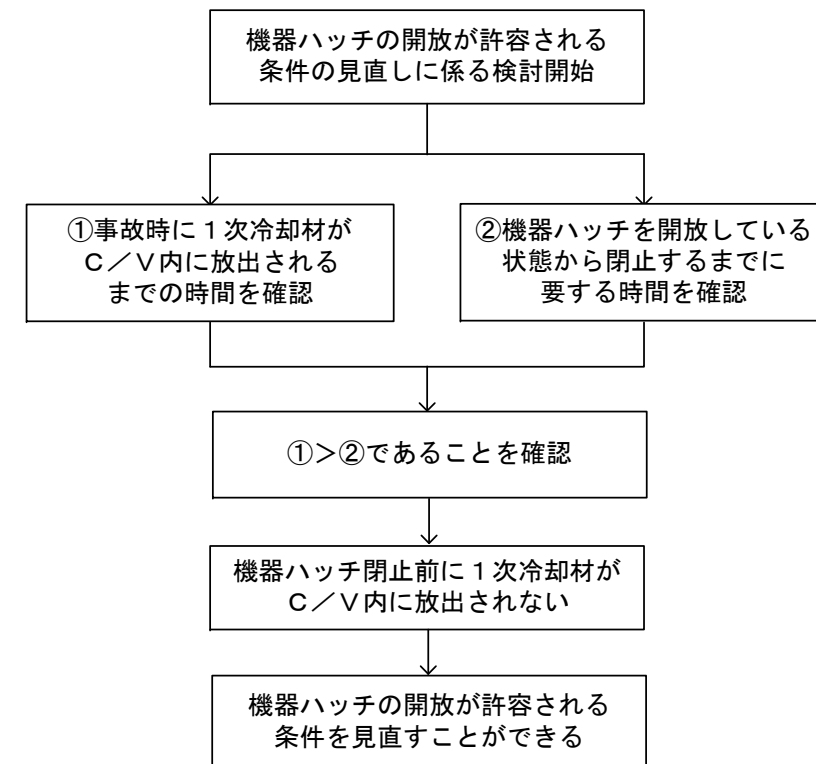
プラント停止中に、全交流動力電源喪失等の発生により炉心に装荷している燃料の崩壊熱除去機能が喪失した場合、燃料の崩壊熱により1次冷却材の温度が上昇し、最終的には1次冷却材がC/V内に放出される。

この場合でも、C/Vの安全機能である「放射性物質の閉じ込め機能」を確保するため、機器ハッチの開放が許容される条件の判断基準として、

- ①事故時に1次冷却材がC/V内に放出されるまでの時間
- ②機器ハッチを開放している状態から閉止するまでに要する時間

を比較し、②よりも①の方が長くなることを確認することとしており、安全機能が喪失している状態を許容するような変更ではない。

これは、現行の保安規定における機器ハッチの開放が許容される条件と同様の考え方であり、見直しに係る検討フローを右図に示す。



3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

(2) 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る評価結果

a. 現行保安規定における評価

現状、機器ハッチの開放が許容される条件とその評価結果は以下に示すとおりであり、解析等により1次冷却材がC/V内に放出される時間までに機器ハッチを閉止することで、C/Vの安全機能である「放射性物質の閉じ込め機能」を確保できることを確認している。

(現行保安規定における機器ハッチの開放が許容される条件)

- ア 1次冷却材ポンプ停止中で余熱除去系による冷却時において、加圧器安全弁が動作可能であることおよび加圧器水位が10%から30%の範囲内にある場合
- イ 原子炉キャビティ水位がEL 31.7m以上である場合

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

(2) 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る評価結果

a. 現行保安規定における評価(つづき)

(評価結果)

- ア 上記の状態をプラント初期状態として、1次冷却材が沸騰するまでの時間(約109分)及びC/V内に蒸気となって放出されるまでの時間(約217分)を確認し、機器ハッチ閉止に要する時間(約86分)よりも十分長いことを確認している。
- イ キャビティ保有水量と崩壊熱との関係から、キャビティ水が沸騰するまでの時間(約7.3時間)を確認し、機器ハッチ閉止に要する時間(約86分)よりも十分長いことを確認している。

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

b. 機器ハッチ開放許容条件の変更に係る評価

機器ハッチ開放許容条件の変更について検討した結果を以下に示す。

(機器ハッチ開放許容条件の変更内容)

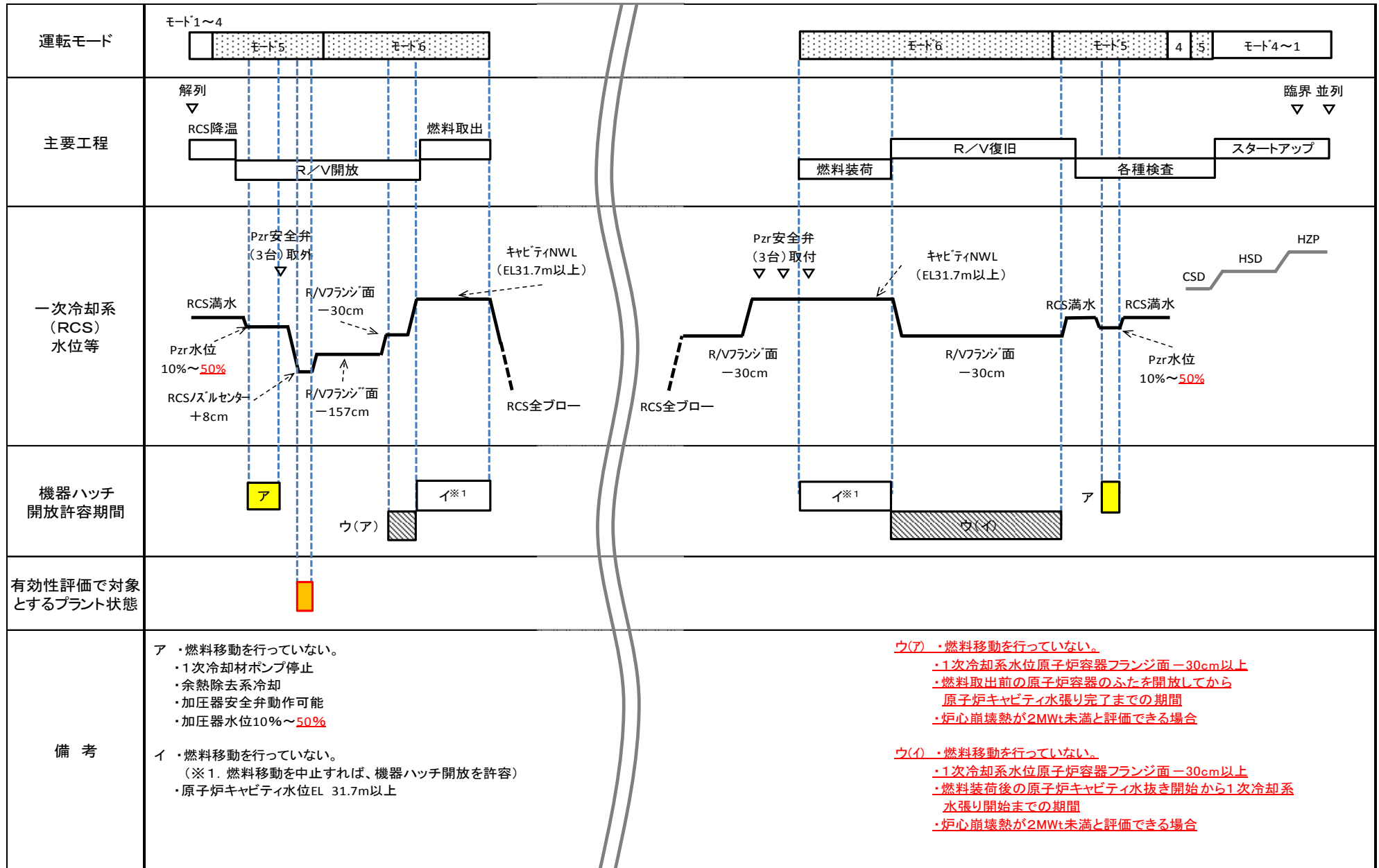
現行の条件「ア」について、加圧器水位の条件を「加圧器水位が10%から50%の範囲内にある場合」(現行は「10%から30%」)に変更する。

ここで、変更の対象とした加圧器水位に係る条件設定の考え方は、

- 加圧器水位計の指示範囲内であり、充てんラインの流量調整により容易に水位制御ができること
- 崩壊熱除去機能喪失に伴い1次冷却材の温度が上昇し、加圧器気相部が圧縮されることで、1次系圧力が上昇する。その影響で、1次冷却材が原子炉格納容器内に放出されるが、その際の時間余裕を確保するために、必要な気相部を確保すること

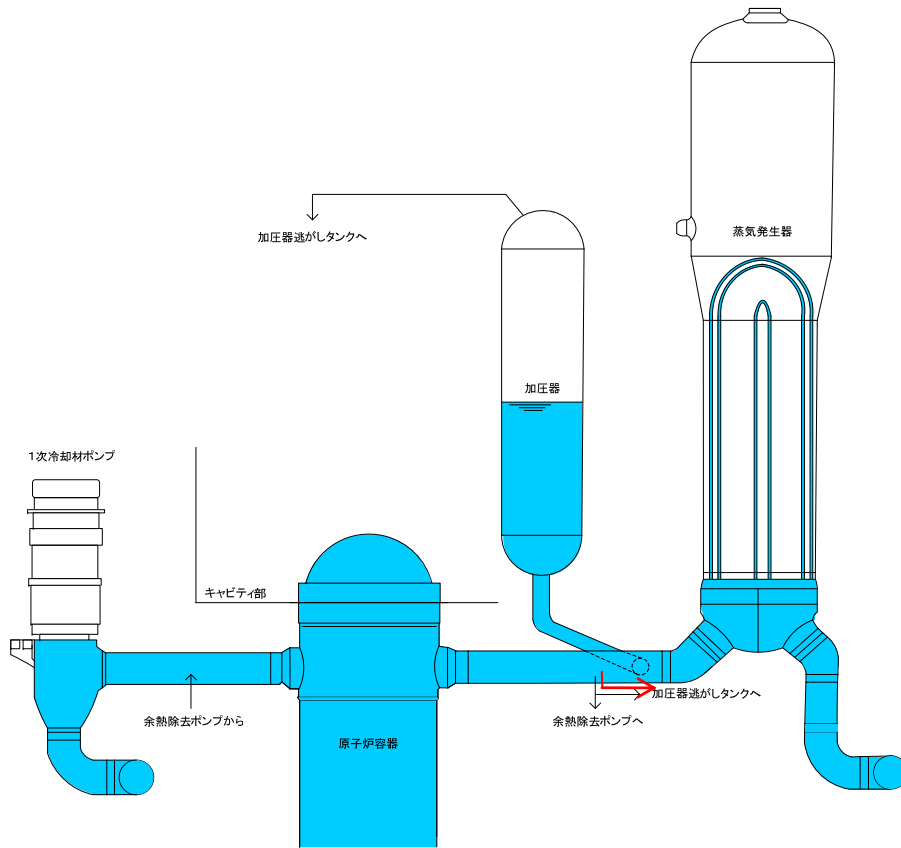
であり、30%が必須ではなく、変更後も容易に水位制御できる。

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

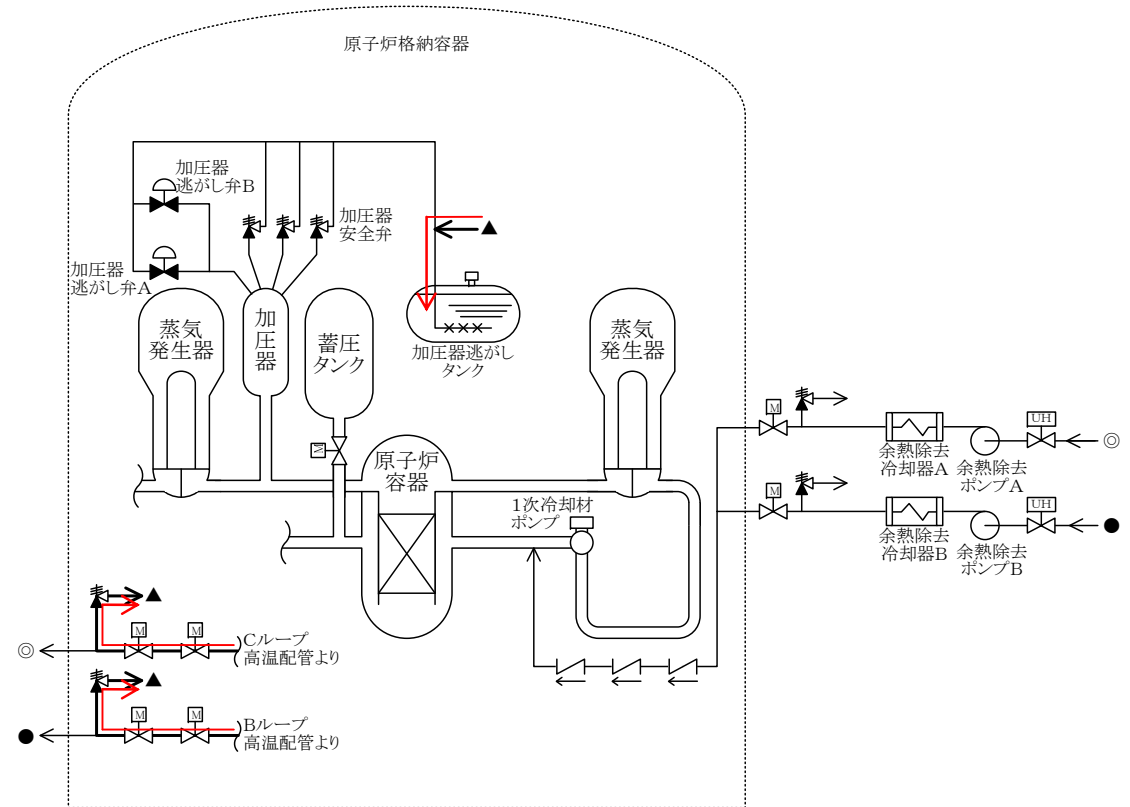


変更箇所「ア」に対応する定検期間(黄色塗りつぶし箇所)

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について



1次系内の冷却材分布(「ア」)



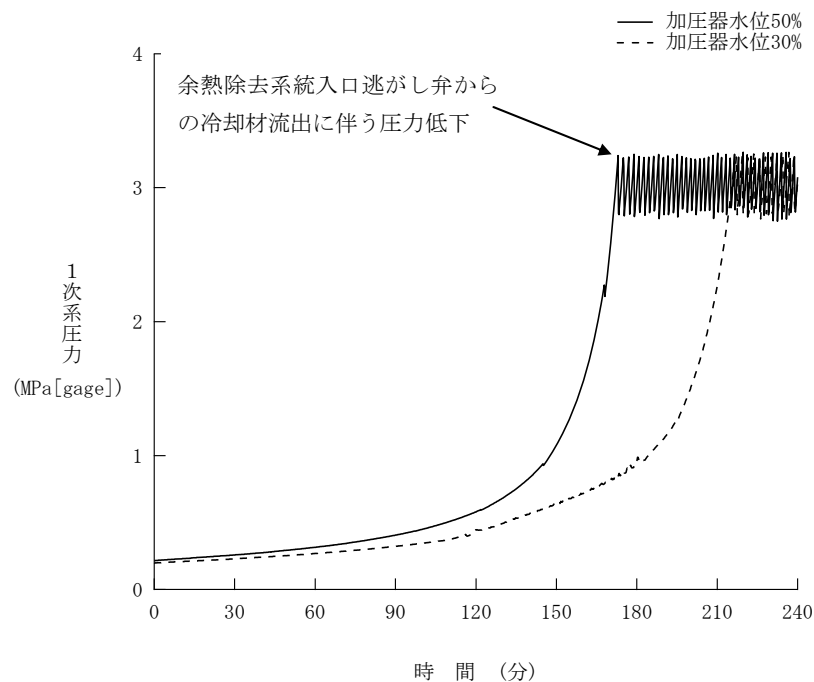
冷却材の放出経路(「ア」)

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

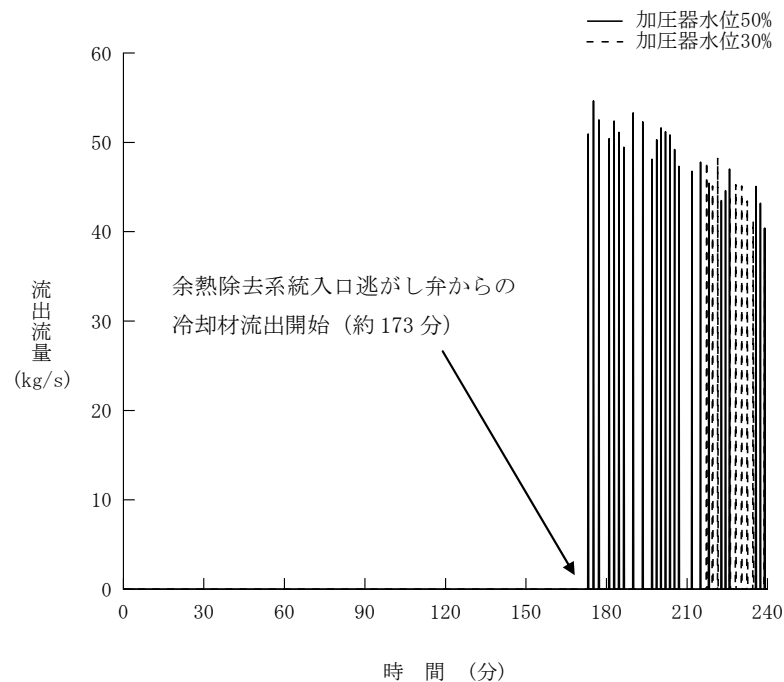
b. 機器ハッチ開放許容条件の変更に係る評価(つづき)

(評価結果)

変更後の「ア」の状態を初期状態として、1次冷却材が沸騰しC/V内に放出されるまでの時間(約173分)を確認し、機器ハッチ閉止に係る想定時間(約120分)よりも長いことを解析により確認した。よって、機器ハッチ開放許容条件の変更は可能。



1次系圧力



余熱除去系入口逃がし弁からの流出流量

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

c. 機器ハッチ開放許容期間の拡大に係る評価

機器ハッチ開放許容期間の拡大について検討した結果を以下に示す。

(機器ハッチ開放許容期間の拡大の内容)

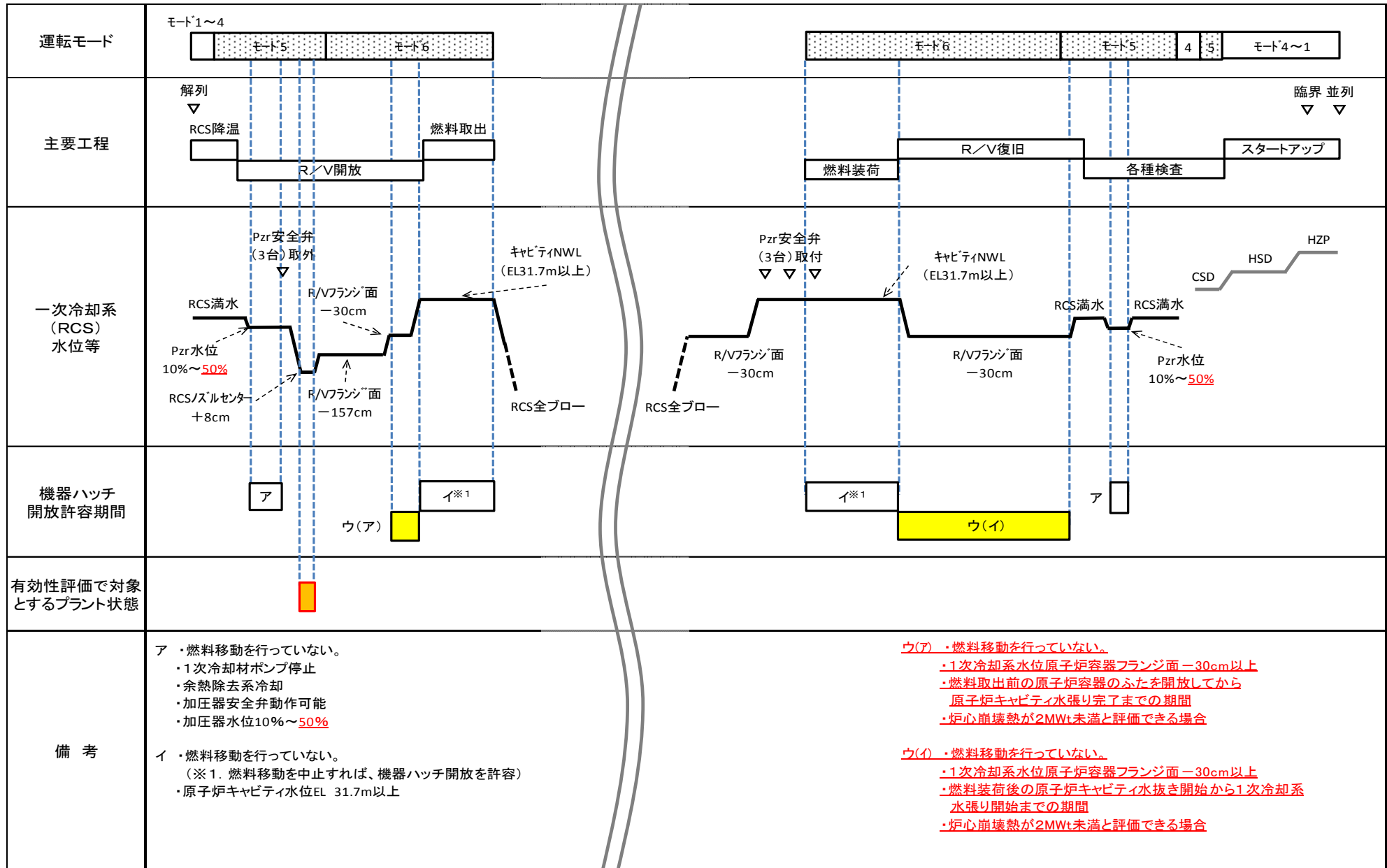
現行の条件「ア」及び「イ」に加えて、1次冷却系の水位が原子炉容器フランジ面-30cm以上かつ炉心崩壊熱を考慮した以下の条件「ウ(ア)」及び「ウ(イ)」を追加する。

ウ 1次冷却系の水位が原子炉容器フランジ面-30cm以上である場合であって、以下のいずれかを満足している場合

(ア) 燃料取出前の原子炉容器のふたを開放してから原子炉キャビティ水張り完了までの期間において、炉心崩壊熱が2MWt未満と評価できる場合

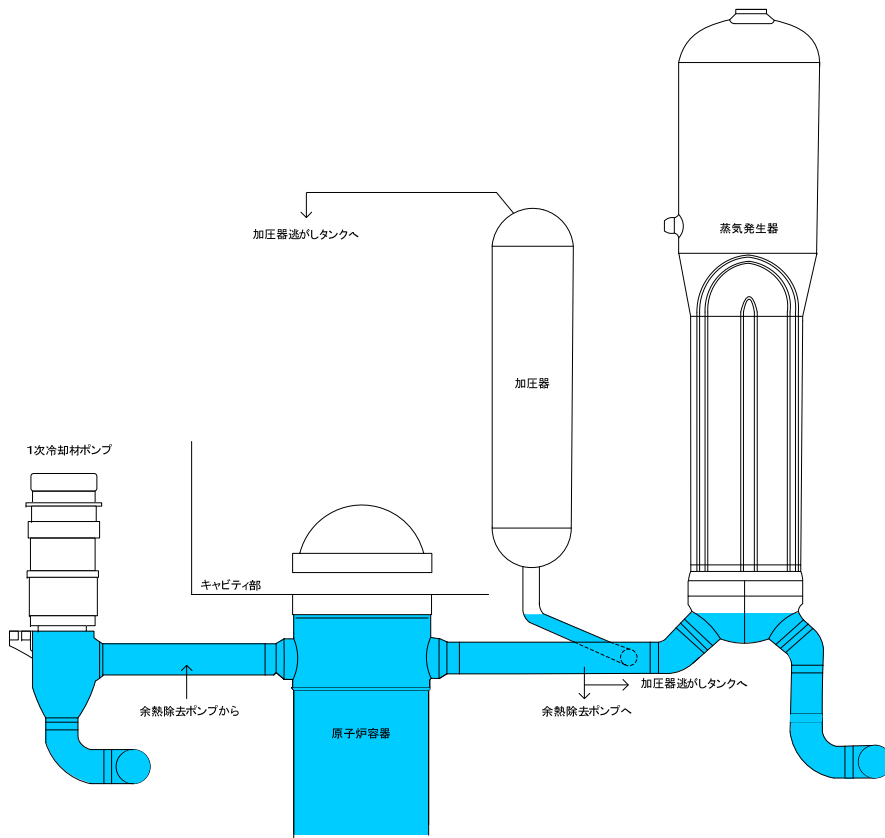
(イ) 燃料装荷後の原子炉キャビティ水抜き開始から、1次冷却系水張り開始までの期間において、炉心崩壊熱が2MWt未満と評価できる場合

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

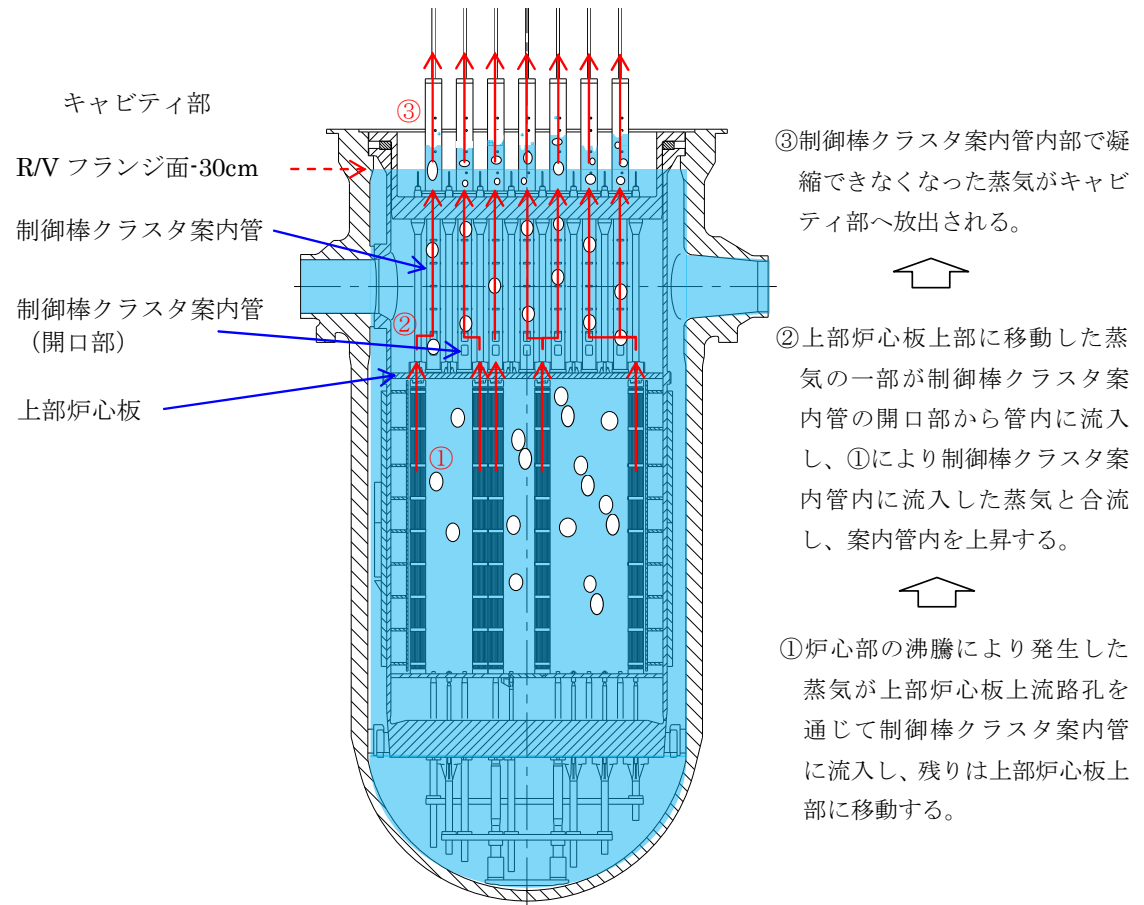


変更箇所「ウ(ア)及びウ(イ)」に対応する定検期間(黄色塗りつぶし箇所)

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

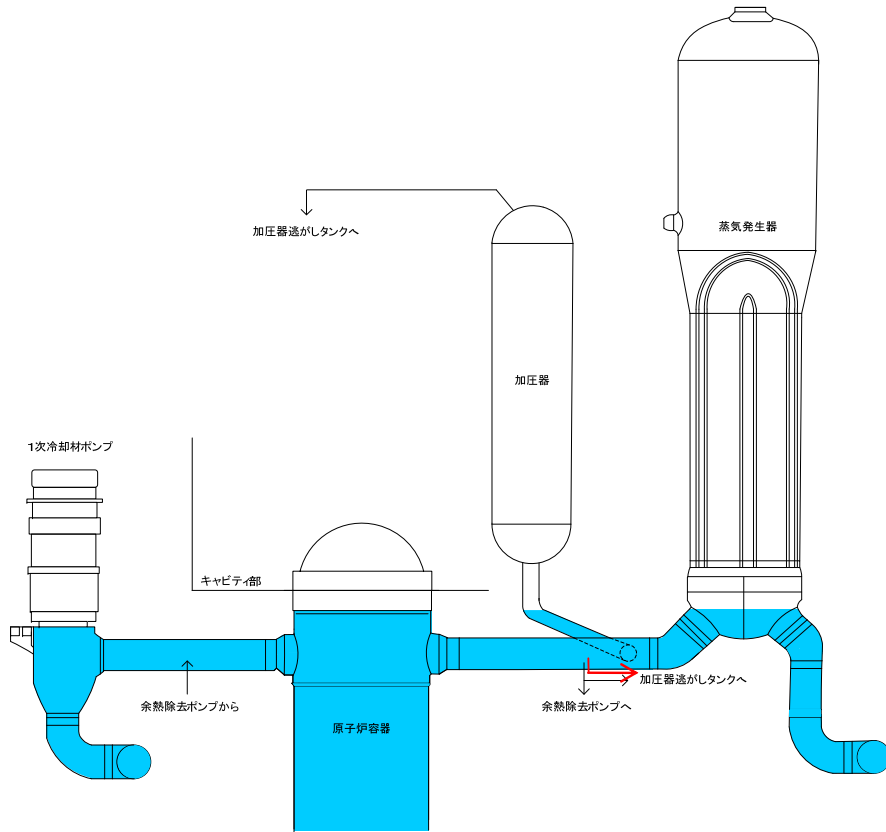


1次系内の冷却材分布(R/V開放ケース)

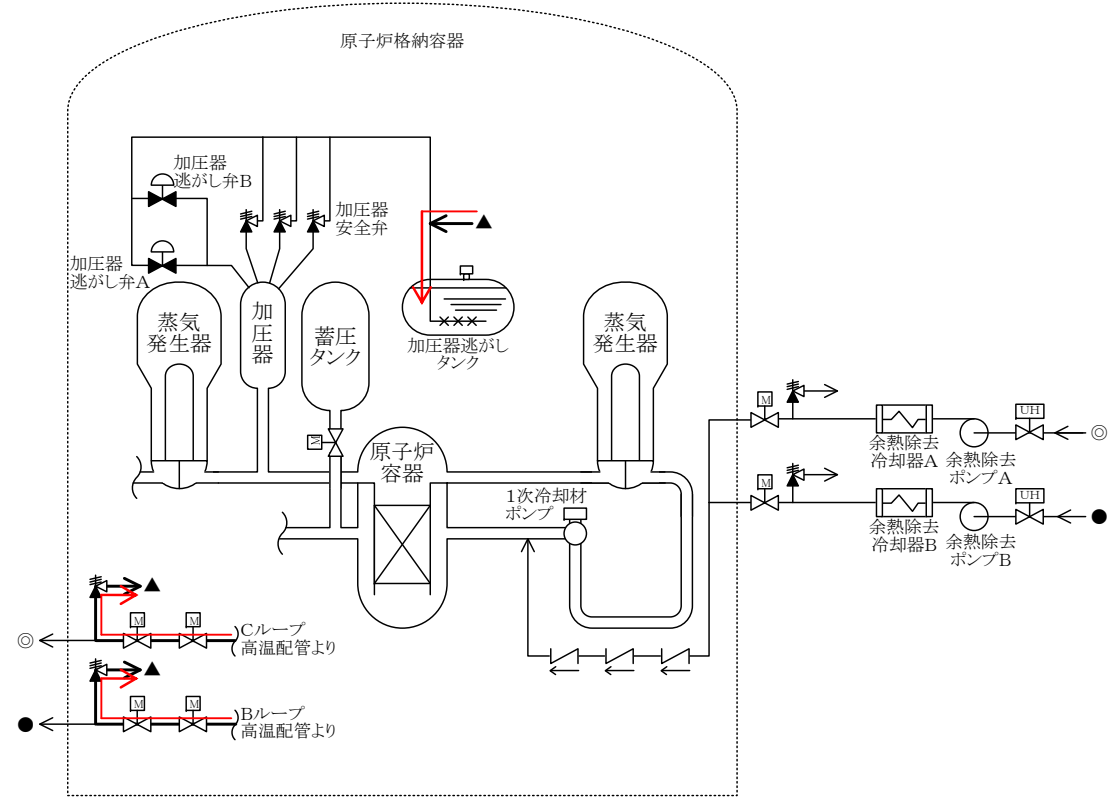


冷却材の放出経路(R/V開放ケース)

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について



1次系内の冷却材分布(R/V閉止ケース)



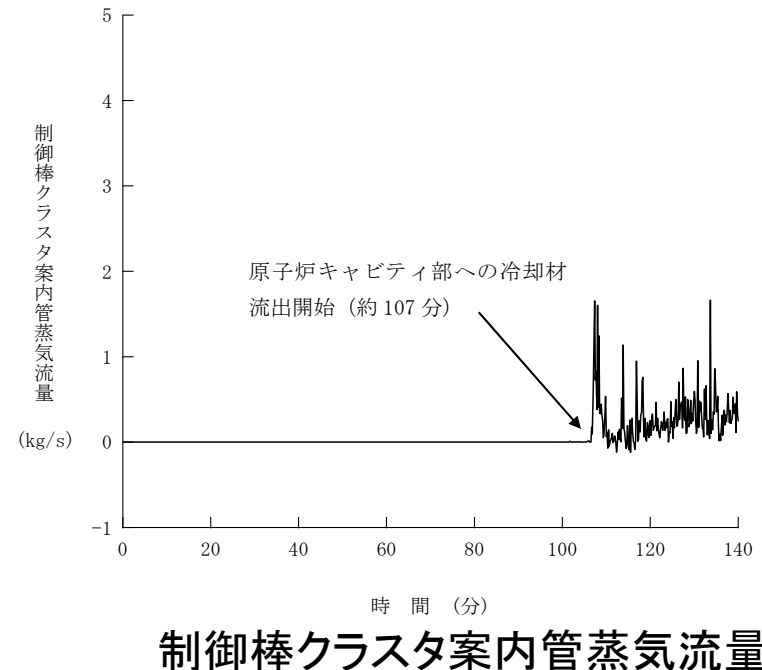
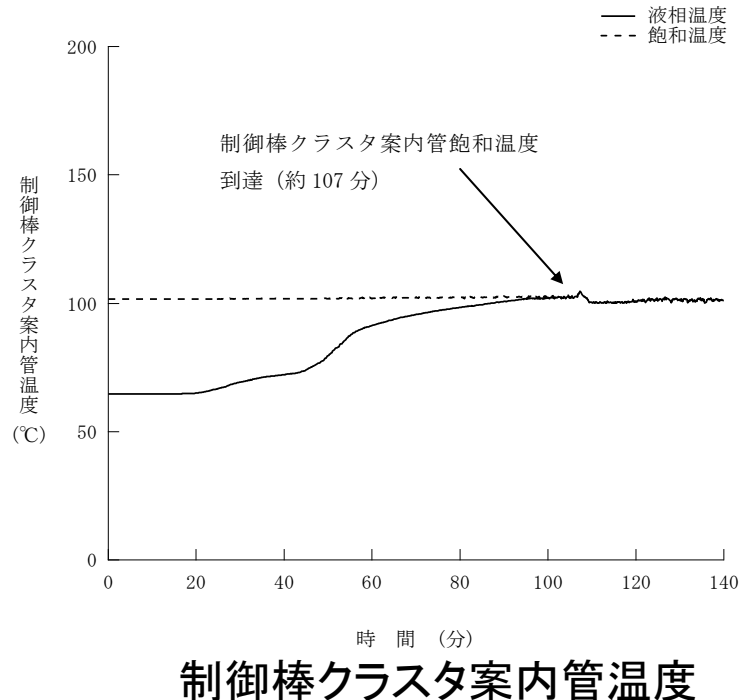
冷却材の放出経路(R/V閉止ケース)

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

c. 機器ハッチ開放許容期間の拡大に係る評価(つづき)

(評価結果: R/V開放ケース)

1次冷却系の水位がR/Vフランジ面-30cm、圧力が大気圧、温度が60°C、炉心崩壊熱が2MWtの状態では崩壊熱除去機能喪失を想定した解析を実施し、1次冷却材沸騰によるC/V内への蒸気放出時間(約107分)を確認し、機器ハッチ閉止に係る想定時間(約95分)よりも長いことを確認した。

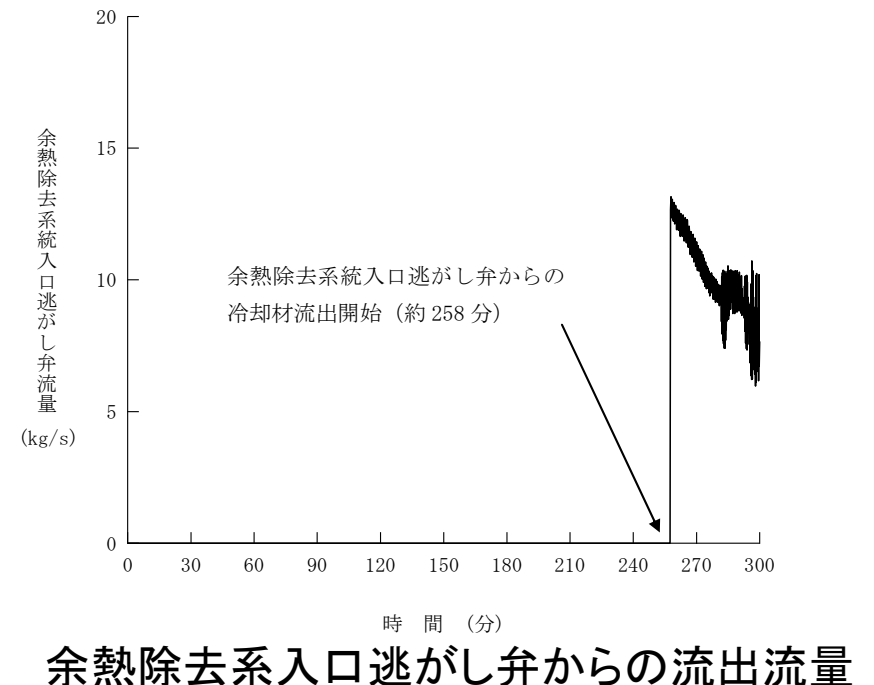
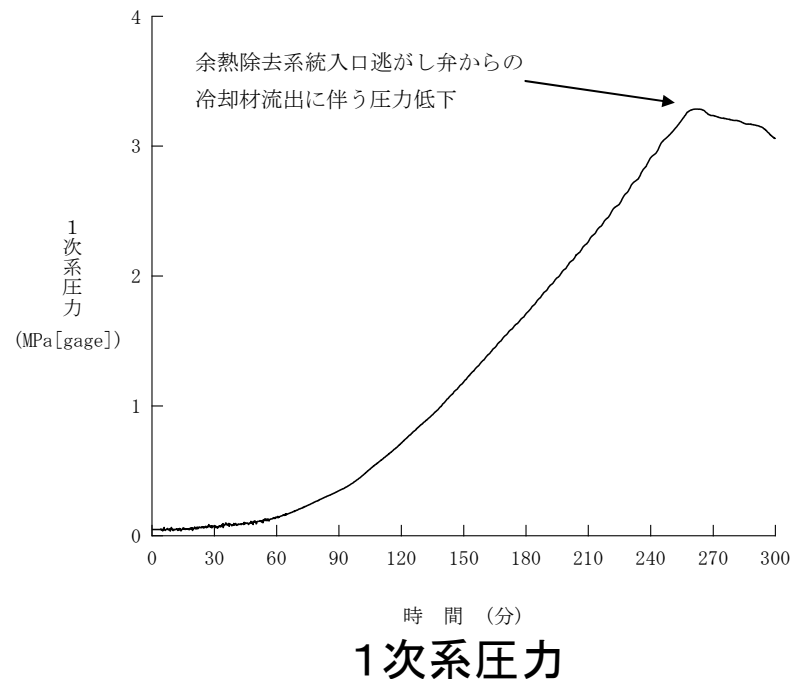


3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

c. 機器ハッチ開放許容期間の拡大に係る評価(つづき)

(評価結果: R/V閉止ケース)

1次冷却系の水位がR/Vフランジ面-30cm、圧力が大気圧、温度が60°C、炉心崩壊熱が2MWt以上の状態で崩壊熱除去機能喪失を想定した解析を実施し、1次冷却材沸騰によるC/V内への蒸気放出時間(約258分)を確認し、機器ハッチ閉止に係る想定時間(約95分)よりも長いことを確認した。



3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

c. 機器ハッチ開放許容期間の拡大に係る評価(つづき)

(評価結果: まとめ)

- R/V開放ケースの結果より、ウ(ア)及びウ(イ)のうちR/VのふたがR/Vに接触していない期間、機器ハッチの開放が許容される条件の変更が可能。
- R/V閉止ケースの結果より、ウ(イ)のうち、R/Vのふたが締め付けられている期間、機器ハッチの開放が許容される条件の変更が可能。
- ウ(イ)のうち、R/VのふたがR/Vに接触した状態から締め付けが完了するまでの期間については、
 - ・1次冷却系開口部の面積が小さくなる場合、1次冷却材温度の上昇により圧力が上昇する。
 - ・1次冷却系の圧力が上昇することにより飽和温度が高くなり、崩壊熱が同じである場合には、沸騰までの余裕が大きくなる。

ことなどから、ウ(ア)及びウ(イ)として、機器ハッチ開放許容期間の拡大は可能。

なお、ウ(イ)の期間に機器ハッチを開放する際は、1次冷却系の水位を低下させる操作を行わない。

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

d. 機器ハッチ閉止操作について

以下の(a)から(c)に示すとおり、今回の変更に伴い、手順着手の判断、定検開始直後又は定検終了直前に実施する機器ハッチ開放後の閉止とそれ以外の期間に実施する機器ハッチ開放後の閉止との差別化等の詳細な手順等を考慮し、機器ハッチ閉止に係る操作について再整理した。

また、以下の内容について、下部の社内規定(2次文書他)に定めて運用する。

(a) 手順着手の判断基準

崩壊熱除去機能喪失が発生した際に機器ハッチを開放している場合。

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

d. 機器ハッチ閉止操作について(つづき)

(b) 作業手順

機器ハッチ閉止の概略手順は以下のとおり。

- ① 当直長は、手順着手の判断基準に基づき、保修員に機器ハッチの閉止を指示する。
- ② 保修員は、機器ハッチの閉止(機器搬出入用のレール取外し、シート面の手入れ・蓋スライド、蓋閉鎖)を実施する。
(機器ハッチ開放中保修員は常時待機)
- ③ 保修員は、機器ハッチの閉止が完了すれば、C/V内から退避する。
- ④ 運転員は、保修員を含む全員がC/V内から退避したことを確認し、C/Vエアロックを閉止する。

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

(b) 作業手順(つづき)



機器搬出入用レール取外し



シート面手入れ



蓋スライド



蓋閉鎖



エアロック閉止

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

d. 機器ハッチ閉止操作について(つづき)

(c) 作業の成立性

機器ハッチ閉止操作は、定検開始直後又は定検終了直前の期間に実施する場合とそれ以外に実施する場合で実施内容が一部異なる。このため、期間「ア」を対象とした定検開始直後又は定検終了直前の期間、期間「イ」及び「ウ」を対象としたそれ以外の期間について、必要要員数及び作業時間を確認した。

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

(c) 作業の成立性(つづき)

i. 定検開始直後又は定検終了直前の期間(「ア」)

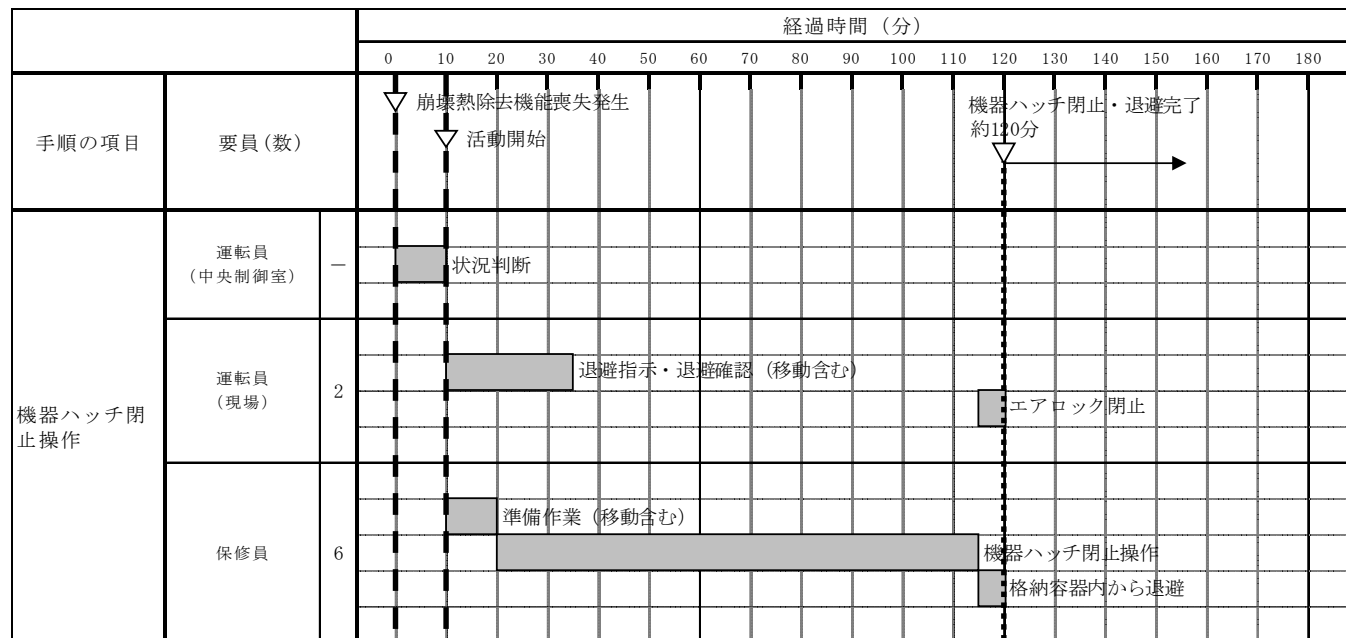
必要要員数 : 運転員2名(現場)、保修員6名

作業時間(想定): 110分

(準備作業: 10分、機器ハッチ閉止操作: 95分、C/V内からの退避確認: 25分、退避及びエアロック閉止: 5分)

作業時間(実績): 95分

(準備作業: 7分、機器ハッチ閉止操作: 86分(機器搬出入用レール取外し: 7分、シート面手入れ・蓋スライド: 34分、蓋仮閉鎖: 18分、蓋本閉鎖: 27分)、C/V内からの退避確認: 18分、退避及びエアロック閉止: 2分)



3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

(c) 作業の成立性(つづき)

ii. 定検開始直後又は定検終了直前以外の期間(「イ」及び「ウ」)

必要要員数 : 運転員2名(現場)、保修員6名

作業時間(想定): 85分

(準備作業: 10分、機器ハッチ閉止操作: 70分、C/V内からの退避確認: 25分、退避及びエアロック閉止: 5分)

作業時間(実績): 74分

(準備作業: 7分、機器ハッチ閉止操作: 65分(機器搬出入用レール取外し: 7分、シート面手入れ・蓋スライド: 13分、蓋仮閉鎖: 18分、蓋本閉鎖: 27分)、C/V内からの退避確認: 18分、退避及びエアロック閉止: 2分)

		経過時間 (分)												
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
手順の項目	要員(数)	崩壊熱除去機能喪失発生 活動開始 機器ハッチ閉止・退避完了 約95分												
機器ハッチ閉止操作	運転員 (中央制御室)	- 状況判断												
	運転員 (現場)	2 退避指示・退避確認(移動含む) エアロック閉止												
	保修員	6 準備作業(移動含む) 機器ハッチ閉止操作 格納容器内から退避												

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

(c) 作業の成立性(つづき)

iii. 各期間における機器ハッチ閉止操作内容の相違点

定検開始直後又は定検終了直前の期間に実施する場合とそれ以外に実施する場合には、機器ハッチ閉止操作のうち「シート面手入れ・蓋スライド」の実施内容の一部が異なる。

定検開始直後に実施する場合は、前回の機器ハッチ閉止から長期間経過した状態であり、機器ハッチシート面に塗布したグリスが固形化していることなどから、全シート面の洗浄やグリスの再塗布による手入れを行う必要がある。また、定検終了直前に実施する場合は、プラント起動前の最終閉鎖であることから、プラント運転中のC/Vバウンダリ機能維持に万全を期す観点で、改めて全シート面の手入れを行うこととしている。

一方、それ以外の期間では、直前に全シート面の手入れを実施していることから、目視による全シート面の確認が中心であり、必要に応じて手入れを行うこととしている。

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

(3) 本変更と既許可との関係

原子炉設置変更許可申請書添付書類十において、プラント停止中に崩壊熱除去機能が喪失した場合の燃料損傷防止対策の有効性評価（以下、「添付十停止時有効性評価」という。）を実施している。

添付十停止時有効性評価では、

- ・燃料損傷防止対策実施に対する余裕時間
- ・燃料損傷防止に必要な設備容量
- ・運転停止中事故シーケンスグループ内の代表性

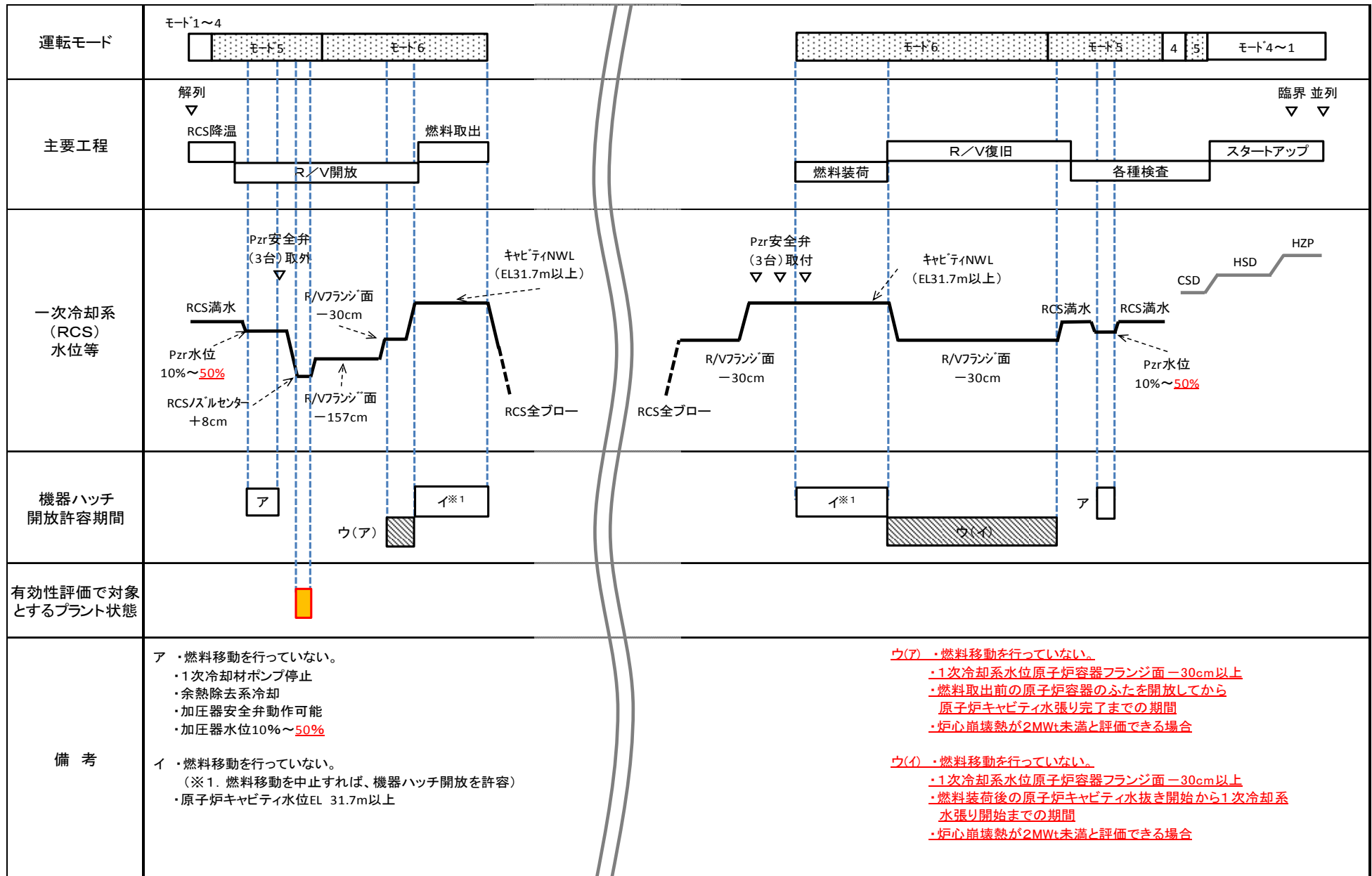
の観点からより厳しい事故シーケンスを選定しており、次ページに示すとおり、崩壊熱が大きく、1次冷却材の保有水量が少ない、「燃料取り出し前のミッドループ運転中」を初期状態としている。

一方、(2)に示すとおり、今回の機器ハッチの開放が許容される条件の変更にあたっては、

- 機器ハッチの開放が許容される期間は運転モード5又はモード6に限定していること
- 燃料取り出し前のミッドループ運転状態である、1次冷却系水位が1次冷却系配管中心高さ+8cmのプラント状態は対象外となること

から、本変更は既許可に影響するものではない。

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について



機器ハッチの開放が許容される期間と有効性評価で対象とするプラント状態

3. 機器ハッチの開放が許容される条件の見直しに係る検討について

(3) 本変更と既許可との関係(つづき)

新規制基準適合性確認審査のうち保安規定審査では、運転モード5、6の期間中において、「機器ハッチが全ボルトにより閉じられていること」を原則とし、以下の考え方により設定した「ア」及び「イ」の条件に対して、添付十停止時有効性評価で対象としたプラント状態に影響を与えないことを確認し、開放許容期間として設定している。これは、今回の変更に係る対応と同様である。

【条件「ア」】

- ・従前より、定期検査工程上必要な作業として、R/Vふたを開放又は復旧するためのスタッドテンショナー等の搬出入を実施していた。
- ・機器ハッチ開放時のプラント状態を前提とした解析等を実施し、C/V内に蒸気が放出されるまでの時間と機器ハッチ閉止に要する時間を確認した上で、機器ハッチ開放許容期間として設定。

【条件「イ」】

- ・燃料移動中は、原子炉キャビティが通常水位(満水)であり、崩壊熱除去機能喪失時の冷却材沸騰までの時間余裕が非常に大きいという知見があった。
- ・上記の知見を踏まえて、原子炉キャビティが通常水位(満水)かつ燃料の移動を実施していない期間を機器ハッチ開放許容期間として設定。

添付. 炉心崩壊熱が2MWt未満となる期間の評価方法について

1. 概要

あらかじめ、燃料タイプ(ウラン燃料、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料)ごとに、燃焼度と冷却期間をグループ化した崩壊熱データをテーブル化しておく。

定検時に炉心装荷燃料の種類と崩壊熱データを用いて炉内の燃料集合体の崩壊熱を合計した炉心崩壊熱を原子炉停止後の冷却期間ごとに算出し、それらを内挿することにより炉心崩壊熱が2MWt未満となる期間を評価する。

2. 炉心崩壊熱評価方法

(1)崩壊熱データの作成(あらかじめ実施しておく)

燃料タイプごとに、燃焼度で区切ったグループを作成し、各グループの冷却期間ごとに崩壊熱を算出することにより、あらかじめテーブル化したデータ(崩壊熱テーブル)を作成する。崩壊熱は、既設置変更許可申請書における重大事故等対策の有効性評価に用いた保守的な崩壊熱計算手法(日本原子力学会推奨のFP崩壊熱データとORIGEN2コードに基づくアクチノイド崩壊熱)により算出する。なお、炉心崩壊熱が保守的な評価となるように、各グループの崩壊熱は各グループの最大燃焼度の崩壊熱の値を設定する。

燃料タイプ	燃焼度 (GWd/t)	グループ	冷却期間				
			t_1	t_2	...	t_n	...
ウラン燃料	0	0	0	0	...	0	...
	0~10	1	Q_{1, t_1}	Q_{1, t_2}	...	Q_{1, t_n}	...

	50~55	10	Q_{10, t_1}	Q_{10, t_2}	...	Q_{10, t_n}	...
ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料	0	11	Q_{11, t_1}	Q_{11, t_2}	...	Q_{11, t_n}	...
	0~10	12	Q_{12, t_1}	Q_{12, t_2}	...	Q_{12, t_n}	...

	40~45	19	Q_{19, t_1}	Q_{19, t_2}	...	Q_{19, t_n}	...

Q: 燃料集合体1体当たりの崩壊熱

崩壊熱テーブルの概念図

添付. 炉心崩壊熱が2MWt未満となる期間の評価方法について

(2)炉心崩壊熱の評価(定検毎に実施する)

以下の手順により定検毎の炉心崩壊熱を評価する。

①炉内燃料の分類

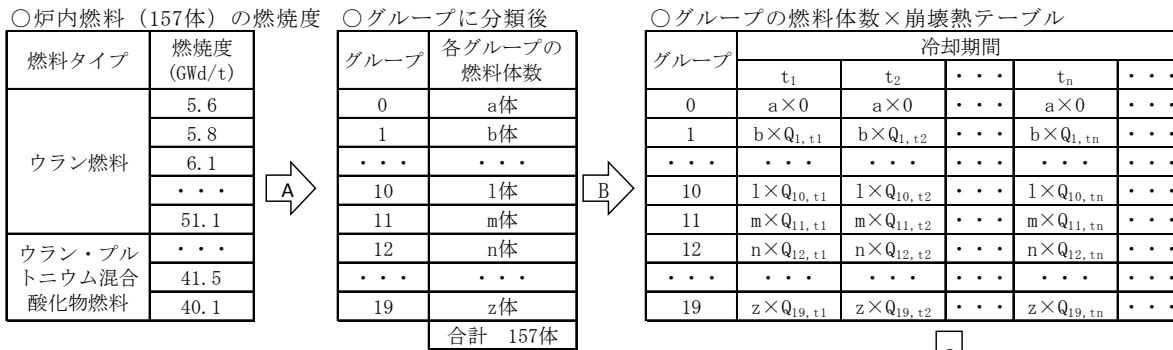
燃料取出前と燃料装荷後の各炉心に対し、炉内の燃料集合体1体ごとに、燃料タイプ、燃焼度に応じて、崩壊熱テーブルのグループに分類する。

②冷却期間ごとの炉心崩壊熱の算出

①の各グループに対し、グループに含まれる燃料体数と崩壊熱テーブルの積を計算することにより、各グループの冷却期間ごとの崩壊熱を求め、炉内の全燃料集合体について合計することにより、冷却期間ごとの炉心崩壊熱を算出する。

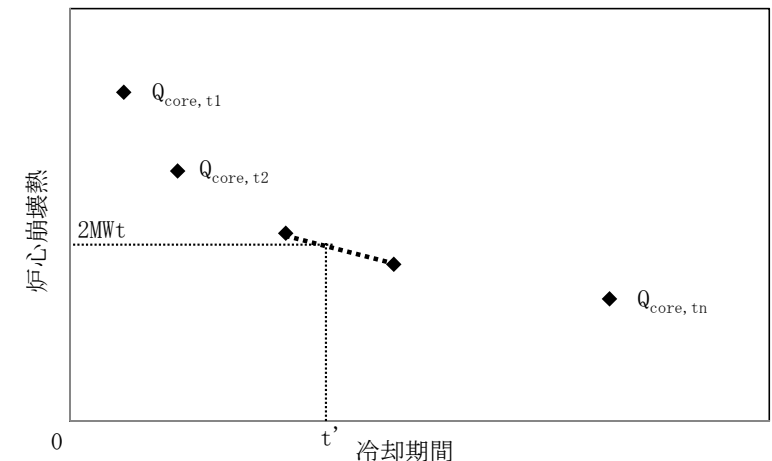
③炉心崩壊熱が2MWt未満となる期間の算出

算出した冷却期間ごとの炉心崩壊熱を直線内挿することにより炉心崩壊熱が2MWt未満となる原子炉停止後の冷却期間 t' を算出する。なお、炉心崩壊熱は冷却期間の増大とともに緩やかに低下する(下に凸に変化)ため、直線内挿により t' を算出することは保守的である。



- A : 各燃料について燃料タイプ・燃焼度に応じてグループに分類
 B : グループに含まれる燃料体数と崩壊熱テーブルの積を計算
 C : 冷却期間ごとに合計し、炉心崩壊熱を計算

炉心崩壊熱の計算例



炉心崩壊熱が2MWt未満となる期間の算出方法