

原子力発第05169号  
平成17年11月 1日

愛媛県知事  
加戸守行 殿

四国電力株式会社  
取締役社長 常盤 百樹

格納容器再循環サンプスクリーン閉塞事象に係る国からの指示について

拝啓 時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。平素は、当社事業につきまして格別のご理解を賜り、厚くお礼申し上げます。

さて、格納容器再循環サンプスクリーン閉塞事象に係る対応について、経済産業省原子力安全・保安院から平成17年10月25日付けで別添のとおり指示がありましたので、安全協定第10条第4項に基づきご報告いたします。

敬 具

# 経済産業省

平成17・10・20 原院第2号

平成17年10月25日

四国電力株式会社

取締役社長 常盤 百樹 殿

経済産業省原子力安全・保安院長 広瀬 研吉

NISA-322b-05-2

NISA-151b-05-2

NISA-161b-05-3

## 格納容器再循環サンプスクリーン閉塞事象に係る対応について

標記の件につきましては、平成17年4月22日付け平成17・04・22原院第1号「格納容器再循環サンプスクリーン閉塞事象に係る暫定対策の実施について」において、暫定対策の妥当性について改めて確認することとしている旨通知しているところですが、別添のとおり確認結果がまとまりましたので通知致します。

これを踏まえ、以下のとおり指示します。

1. 平成18年8月末までに、格納容器再循環サンプスクリーンの有効性を示すか、もしくは設備上の対策案及びその有効性評価方法について報告すること。また、この報告に向けた作業計画について、本文書発出後1ヶ月以内に提出すること。
2. 格納容器再循環サンプスクリーンの工事については、電気事業法施行規則を改正する省令平成17年経済産業省令第98号により工事計画の手続きを要することとしているが、当院において上記の格納容器再循環サンプスクリーンの有効性評価方法等に係る検討を行い、審査基準を整備した上で、別途指示することとする。
3. 平成17年4月22日付け平成17・04・22原院第1号「格納容器再循環サンプスクリーン閉塞事象に係る暫定対策の実施について」において指示している暫定対策については、引き続き維持・継続すること。

## 非常用炉心冷却系統ストレーナ及び格納容器再循環サンプスクリーン閉塞 事象に関する検討について(中間とりまとめ)

総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会  
原子炉安全小委員会安全評価ワーキンググループ

### 1. 目的

BWRプラントの非常用炉心冷却系統ストレーナ(以下「ECCSストレーナ」という。)及びPWRプラントの格納容器再循環サンプスクリーン(以下「サンプスクリーン」という。)の原子炉冷却材喪失事故(LOCA)時における閉塞事象<sup>1)</sup>に関して、電気事業者(以下「事業者」という。)が実施したECCSストレーナの性能評価や、恒久対策実施までの暫定対策の妥当性を検討するとともに、恒久対策として事業者が検討している対策の妥当性について検討を行う。また、恒久対策の検討を踏まえ、本事象に対する技術基準のあり方についても検討を行う。

### 2. 検討項目

- (1) ECCSストレーナの有効性評価の妥当性
- (2) 恒久対策実施までの暫定対策の妥当性
- (3) 恒久対策の妥当性
- (4) 本事象にかかる技術基準のあり方

なお、PWRのサンプスクリーンの閉塞事象については、評価手法が国内外において検討中であることから、今回事業者から報告のあった暫定対策の妥当性についてのみ検討した。

### 3. 検討体制

総合資源エネルギー調査会委員の中から、委員の専門分野を考慮して原子炉安全小委員会委員長が選定した委員により構成している(別紙)。

<sup>1)</sup> 原子炉冷却材喪失事故の際、緊急に炉心に水を注入するための水源に破損した保温材等の異物があるとポンプの吸い込みによりストレーナが閉塞し、炉心に水が注入できなくなる事象

#### 4. 検討の経緯

本事象については、平成16年6月25日付けで経済産業大臣から事業者に対し調査を指示し報告を求めたところであるが、本年4月22日、一部の事業者<sup>2)</sup>からこれまでの調査結果等について経済産業大臣あて報告がなされた。この報告を受け、本ワーキンググループ(WG)は、4月27日第1回会合において、事業者からの報告書(以下「報告書」という。)の内容について確認し、暫定対策の妥当性について検討を行うとともに、5月31日第2回会合においては、ECCSストレーナの有効性評価の妥当性、確率論的安全評価等について検討を行った。さらに、6月28日第3回会合においては、恒久対策に係る検討として、本事象に関する技術基準及び審査基準のあり方について検討を行った。これまでの検討内容は、以下のとおりである。

#### 5. これまでの検討内容

##### 5.1 保温材の実態調査結果とECCSストレーナの有効性評価の妥当性について

報告書では、格納容器内の保温材の設置量について、系統別に種類毎に調査した結果が示されている。それによれば、ECCSストレーナ及びサンプスクリーン<sup>3)</sup>の閉塞に大きく寄与するといわれている繊維質保温材<sup>3)</sup>は、各プラントにおいて全保温材体積の0%から52%の範囲で使用されていることが判明した。

これらを踏まえ、BWR事業者においては、米国原子力規制委員会(NRC)の規制指針に基づき米国電力会社が導入した評価手法と同じ手法を用いてECCSストレーナの性能評価を行っている。これらによれば、繊維質保温材が使用されていない柏崎刈羽4号機を除き、女川3号機、柏崎刈羽6号機及び浜岡1, 5号機では、条件によってはこうした繊維質保温材などのデブリによりECCSストレーナが閉塞しECCSストレーナの性能が確保されないという結果が得られている。

本WGでは、事業者による評価の妥当性を確認するため、①評価手法の妥当性ならびに②評価結果の妥当性、について検証した。

<sup>2)</sup> 今回報告があったプラント

東北電力株式会社	女川原子力発電所3号機
東京電力株式会社	柏崎刈羽原子力発電所4号機、6号機
中部電力株式会社	浜岡原子力発電所1号機、5号機
北海道電力株式会社	泊発電所1号機
関西電力株式会社	大飯発電所3号機、4号機
四国電力株式会社	伊方発電所1号機
九州電力株式会社	川内原子力発電所1号機、2号機

<sup>3)</sup> ロックウール(岩綿)など

## (1) 評価手法の適用について

BWR事業者が実施した評価は、経済産業大臣の指示に従い、米国規制指針 R.G.1.82Rev.3<sup>4)</sup>に沿って実施されている。その中で、保温材飛散量、サプレッションプールへの移行量、考慮する保温材以外の異物の種類及びECCSストレナへの付着量の各評価においては、米国規制指針を踏まえ米国電力会社が代替ストレナ設計のために導入した手法を採用しており、また付着による圧損上昇評価においては、上記米国電力会社の手法をもとにしつつ、国内保温材の物性値や独自の実験によって得たデータにより補正したものを用いている。

本WGにおいて、事業者が実施した評価の手法、条件等について検討した結果、評価手法については、米国電力会社が導入した手法が適切な配慮の下に用いられており、また評価条件等については、概ね保守的な設定となっていることを確認した。(図1、図2参照)

## (2) 評価結果の検証について

事業者の評価結果の妥当性を検証するため、本WGにおいては、原子力安全基盤機構(JNES)が別途実施した評価結果と比較した。事業者が実施した評価は、ECCSストレナの閉塞の可能性を最大付着量を基に評価したものであるが、JNESにおいては、NRCが開発した「Blockage コード」を用いて、事象発生前における堆積物やそれ以外の物質の存在場所を設定し、LOCA後の時間経過にともなうECCSストレナの性能の変化を評価している。

その結果、JNESの実施した評価では、事業者が実施した評価と同様の結果が得られたことから、事業者の使用している評価手法、評価条件等が保守的な結果が得られるよう設定されていることを確認した。

以上より、本WGは、BWR事業者が実施したECCSストレナの性能評価は、妥当なものと判断する。なお、事業者が有効吸込水頭(NPSH)評価に用いているサプレッションプール圧力は、必ずしも保守的な値とも言えないため、恒久対策実施時に行う評価においては、サプレッションプール圧力の設定について更に検討する必要がある。

<sup>4)</sup> 原子炉冷却材喪失事故後の長期再循環冷却に対する圧力抑制室内プールの適性を評価するため等のガイドライン

図1 ECCSストレーナの有効性評価の米国規制指針との対応

評価の流れ	Regulatory Guide 1.82 Rev.3 <sup>(1)</sup> (概要)	米国の電力会社の評価手法に基づく 評価手法
破損量評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>最大の LOCA を考慮すること                             <ul style="list-style-type: none"> <li>破損が最大となる場所を選定</li> <li>繊維質を含む箇所</li> </ul> </li> <li>ZOI(破損影響範囲)は NEDO-32686<sup>(2)</sup> 及び NUREG/CR-6224<sup>(3)</sup> は受容可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>最大の LOCA として以下を考慮                             <ul style="list-style-type: none"> <li>大口径配管 (MS, FDW, PLR) の破断を考慮</li> <li>繊維質を含む箇所</li> </ul> </li> <li>ZOI は NEDO-32686 に準拠</li> </ul>
サプレッション プールへの 移行量評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>グレーチング隙間以下のサイズの異物は全て移行すると仮定</li> <li>グレーチングの捕捉効果は考慮可</li> <li>スプレイ水による異物の微細化を考慮</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>グレーチング隙間以下のサイズの異物は全て移行すると仮定</li> <li>大破片についてはグレーチングの捕捉効果を考慮</li> <li>スプレイ水による微細化を考慮</li> <li>移行係数は NEDO-32686 の値を使用<sup>※1</sup></li> </ul>
考慮する 異物	<ul style="list-style-type: none"> <li>ストレーナを閉塞させる可能性のあるデブリ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>保温材に加えて塗料片、錆片、塵土、スラッジを考慮</li> <li>各物量は NEDO-32686 の値を使用<sup>※1</sup></li> </ul>
ストレーナへの 付着量評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>異物量は、サプレッションプールに到達したものに基づく</li> <li>ストレーナ表面積は、保守的に扱うこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>異物量は、S/P に到達したものは全てストレーナに付着すると仮定</li> <li>ストレーナ表面積は、単一故障を考慮して保守的に扱う</li> <li>NEDO-32686 のとおり<sup>※1</sup></li> </ul>
付着による圧損 上昇評価 <sup>※2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>圧損の推定は実験データベースに基づくこと</li> <li>異物ベッドによる捕捉効果を考慮すること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NUREG/CR-6224 及び NUREG/CR-6808<sup>(4)</sup> に基づき、国内保温材の物性値や、実験により補正したものを使用</li> <li>繊維質による捕捉効果(薄膜形成)を考慮</li> </ul>
有効吸込水頭 (NPSH) <sup>※3</sup> 評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>NPSH の計算は、許認可ベースと同じ条件で実施すること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NPSH の計算は、設置許可ベースの条件で実施</li> </ul>
有効性評価 <sup>※4</sup>	必要 NPSH とデブリ付着後の NPSH を比較しストレーナの有効性を評価	

※1 具体的な数値は図2参照

※2 NUREG 式以外に NRC により R.G.1.82 に適合していると認可されているものとして NEDO-32721 式<sup>(5)</sup>がある

※3 ポンプの位置における水圧と評価条件における水温の飽和蒸気圧の差を水頭で表したもの

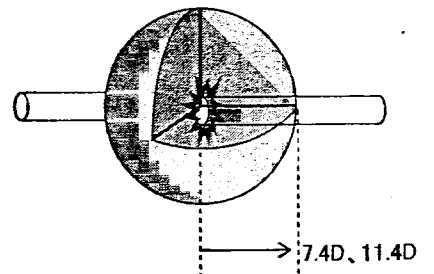
※4 ポンプの運転状態範囲において、キャビテーションによる性能低下を避けるために必要な有効吸込水頭が確保されていることを確認する

図2 ECCSストレナーの有効性評価の具体的な手順



\*: 破損影響範囲(ZOI)

配管直径 D に対し、7.4 D、11.4D の球の範囲内の保温材が破損影響範囲にあるものとする。この条件に該当する、各配管の保温材量を考慮の対象とする。



## 5.2 恒久対策実施までの暫定対策の妥当性について

報告書において、BWR事業者は、LOCA時のECCSストレナーナの閉塞可能性に対しては、恒久対策を実施するまでの間、運用管理面での対応を図ることとしており、具体的には事故時運転手順書等を改訂・整備し、万一LOCAが発生した際には当該手順書等に従って操作等を実施することとしている。

また、閉塞可能性の低減策ならびに閉塞時の対応を確実にするための対策として、①海外で発生したECCSストレナーナ閉塞事例の事故対応者への周知徹底、②改訂した事故時運転手順書に基づくシミュレータ訓練、③定期検査等における原子炉起動の際の格納容器内の清掃・点検を行うこととしている。

一方、PWR事業者は、現時点ではサンプスクリーン閉塞評価手法が国内外において確立されておらず、また必ずしも閉塞の可能性が予見されるものではないが、米国でのPWR事業者の例に鑑み、念のためにBWR事業者が対応することとしている対策と同様の暫定対策を立案し、実施することとしている。

本WGでは、これらの暫定対策の妥当性について、米国におけるNRCや電力会社の対応状況、及びJNESで実施しているECCSストレナーナの性能評価、確率論的安全評価等を参考としつつ、検討を行った。

### (1) 運転操作の時間的余裕について

事故対応に当たる運転員等は、LOCA時に保温材等の異物がECCSストレナーナやサンプスクリーンを閉塞させる可能性があることを承知した上で、それらの閉塞の兆候を速やかに検知し、適切に対処することが求められる。BWR、PWR事業者ともに事故時運転手順書等においては、①ポンプ出入口圧力等によりECCSストレナーナやサンプスクリーンの閉塞兆候を検知し、②閉塞が除去できない場合には水源を切替える等の必要な対応や操作を行うこととしている。

具体的には、BWRにあっては、

- ①ポンプの入口圧力、出口圧力及び吐出流量を継続的に監視する。
  - ②これらの数値の低下や脈動によって閉塞の兆候が確認された場合には、ポンプ流量の絞り操作やポンプ停止・再起動操作を行う。
  - ③必要に応じて逆洗操作を行うことによって閉塞状況を改善する。
- さらにこれらの操作と合わせて、
- ④水源を復水貯蔵タンクに切替え必要な冷却水流量を確保する。
- とした手順を定めている。



なお、一部のタイプのプラントにおいては、LOCA発生認知後すぐに水源切替操作に入るとしている。

またPWRにあつては、LOCA時には、当初、燃料取替用水タンクを水源とした冷却が開始され、当該タンクの水位が低下すると格納容器再循環サンプに水源が切り替わることとなっている。その後、

- ① サンプスクリーンの閉塞状況を監視する。
- ② 閉塞の兆候が確認された場合には、ECCS 流量を確保するために、格納容器スプレイポンプを全台停止させるとともに、主蒸気逃がし弁による1次系の冷却及び格納容器再循環ユニット<sup>5)</sup>による格納容器冷却を行う。
- ③ 燃料取替用水タンクに水を補給する。  
とした手順を定めている。また必要に応じて、
- ④ 燃料取替用水タンクからの注水を再開する。  
または
- ⑤ 燃料取替用水タンクへのほう酸水の補給を行う。  
こととしている。

本WGでは、これらの運用管理手順の妥当性を判断するにあたって、当該手順に従った対応が必要とされる時間内に行うことができるかについて検討した。その結果、プラントによっては弁の切替などの現場操作が必要になるなど時間的余裕に差はあるものの、対応に必要な時間は確保されていることを確認した。さらに、当該手順に従ったシミュレータ訓練を運転員に対して実施することにより、事故時の運転操作を確実に実行できるよう対応していることも併せて確認した。

## (2) 異物の再付着の可能性について

BWRの事故時運転手順書においては、閉塞の兆候が確認された場合、ポンプの停止・再起動により付着した異物を落下させ機能回復を図ることとしているが、本WGでは、落下した異物がポンプが再起動した場合にECCSストレーナに再付着する可能性について検討した。ここでは、LOCA時のブローダウン終了後のサプレッションプール内の流動挙動の解析結果や、サプレッションプール底部に沈降した異物の滞留試験結果などをレビューし、この結果、ECCSストレーナから剥がれ落ちた異物が再浮遊する可能性はほとんど考えられず、また、海外においても再浮遊したという事例はないことを確認した。

<sup>5)</sup> 格納容器内を冷却するために設置してあるクーラー

### (3) 事故時の格納容器再循環ユニットの健全性について

改訂後のPWRの事故時運転手順書においては、閉塞の兆候が確認された場合、格納容器再循環ユニットを格納容器冷却のために使用することとしている。しかし、LOCAが発生した場合、格納容器再循環ユニットの健全性が影響を受ける可能性<sup>6)</sup>が海外において指摘されている。問題となった海外プラントと我が国のプラントにおいては、格納容器再循環ユニットの起動シーケンスなどが異なるため、我が国のPWRプラントにおいて同様の事象が発生する可能性がないことを確認した。

### (4) 確率論的評価について

BWR事業者においては、大破断LOCA時にECCSストレナーナが閉塞することを仮定した確率論的安全評価を実施しており、暫定対策を考慮した場合、炉心損傷頻度は $10^{-7} \sim 10^{-8}$  / 炉年程度の極めて低い値にとどまるという結果が得られている。

また、JNESにおいても、事業者とは独立して本事象に関する確率論的安全評価を実施したが、事業者が実施した評価結果と同様な結果となっている。

以上のことから、本WGとしては、事業者において立案・実施されている暫定対策によって、LOCA時においても非常用炉心冷却システムに必要な性能は確保されると考えられることから、当該暫定対策は妥当と考える。ただし、今回、事業者が策定した手順書等では、新たな操作・対応を運転員等に求めることとなっており、当該運転員等に対する負担が増すことから、それらを考慮した適切、かつ、実効的な対策となるよう配慮することが重要である。

## 5.3 恒久対策について

### 5.3.1 恒久対策の妥当性

BWR事業者においては、恒久対策として、繊維質保温材の計画的削減及びECCSストレナーナの大型化等を今後1～3年程度かけて実施することを検討している。

これら恒久対策の有効性評価に際しては、代替ストレナーナの設計評価を行うもので

<sup>6)</sup> 1996年2月、米国パシフィック・ガス&エレクトリック(PG&E)社がディアブロキャニオン原子力発電所において、外部電源喪失下でLOCAが発生した場合、格納容器再循環ファンが冷却水ポンプよりも先に再起動することにより、冷却コイル内の停滞した冷却水がLOCA時の蒸気により加熱されることによって蒸気化し、水撃が発生する可能性があることを米国原子力規制委員会(NRC)に報告した。

あることから、米国における評価手法を踏まえつつも、評価の手法・条件を保守的に設定する必要がある。

本WGでは、BWR事業者における恒久対策の計画について聴取するとともに、その内容を検討したところ、代替ストレーナの設計には海外でも実績のある評価式を用い、かつ試験装置を用いて適切な確認試験を実施するなどしていることから、本事象に対する対応としては妥当なものと判断する。

なお、恒久対策の検討については、BWR、PWR共通の基準に関するものであることから、この章においては、BWRプラントのECCSストレーナ及びPWRプラントのサンプスクリーンの両者をまとめて「ECCSろ過装置」と記載する。

### 5.3.2 技術基準等のあり方

本WGでは、今後、事業者における検討状況を確認し、その妥当性について検討を行うとともに、併せて本事象に対応するため技術基準<sup>7)</sup>の見直し等の検討を行った。

現行の技術基準においては、LOCA時に原子炉圧力容器内で発生した熱を除去する装置としてECCSを施設すること、また、ECCSは、原子炉圧力容器内又は原子炉格納容器内の圧力及び温度につき想定される最も厳しい条件下においても正常に機能することが、求められている。

ECCSろ過装置への異物付着による影響を考慮したECCSの機能確保については現行技術基準に明確に規定されていないが、仮に閉塞する可能性がある場合においても、暫定対策として本WGで検討したとおり運転員の対応操作により安全は確保できる。

しかしながら、ECCSは、原子力発電所の重要な安全機能の一つとなる「冷やす」機能を担う設備であり、運転員の負担を軽減しその信頼性を高める観点から、ECCSろ過装置の閉塞の可能性について本事象に対して設備面での対応を求めるよう技術基準を見直す必要がある。

なお、検討に当たっては、事業者からの報告内容、暫定対策とともに、ECCSろ過装置に対する米国での規制要求を参考とし、技術基準として要求すべき事項、さらに審査基準として規定すべき具体的な評価手法等について検討した。

また、原子炉格納容器の健全性を確保する格納容器熱除去設備についてもECCSと水源を同一としており同様の条件にあることから、今回併せて検討した。

<sup>7)</sup> 発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令(通商産業省令第62号)

### 5.3.3 技術基準改正の方向

#### (1)検討対象とするECCS機器

ECCSは、LOCA時に確実に炉心の熱除去を行うため、①炉心に水を供給するための水源、②水源に存在する異物からポンプ等を保護するためのECCSろ過装置、③高圧、低圧などの複数のポンプ、④水を供給するための注入配管などで構成されている。

しかし、現行技術基準は、③のポンプに対してのみ、想定される最も厳しい条件下において正常に機能する能力を有することを要求している。ここでいう最も厳しい条件とは、有効吸込水頭が最小となる格納容器圧力・温度条件のことである。しかし、本事象の知見を踏まえれば、ECCSの性能を確保するためには、ECCS系統を構成するポンプのみならず、①水源、②ECCSろ過装置、④注入配管を含む系統全体の機能を確保する必要があることから、技術基準の改正に当たっては、現行技術基準の対象設備を「非常用炉心冷却設備のポンプ」から「非常用炉心冷却設備」に見直す必要がある。

#### (2)使用条件の明確化

前述したとおり、現行の技術基準においてはポンプを対象とし、格納容器圧力・温度について最も厳しい条件においても有効吸込水頭がポンプの正常な機能のために十分であることを要求しているが、冷却材の循環による長期炉心冷却の観点から、異物によるECCSろ過装置への影響を包含するため、冷却材中の異物を考慮した規定とする必要がある。

#### (3)格納容器熱除去設備

LOCA 時においては、ECCSによる原子炉圧力容器内の熱除去とともに、格納容器熱除去設備による格納容器内の熱除去を行うことが安全上求められる。格納容器熱除去設備の水源はECCSと同一であることから、同様に閉塞による機能低下が考えられる。

米国NRCにおいても、LOCA後長期再循環冷却水源に関する R.G.1.82Rev3 において、ECCS(GDC35)とともに、格納容器熱除去設備(GDC38及びGDC41)についても重要である旨明確化している。

したがって、格納容器熱除去設備の対象とする機器・使用条件についても、ECCS同様の規定とする必要がある。

#### 5.3.4 審査基準の方向

技術基準は性能要求を規定し、それを実現するための仕様規定については、学協会規格を技術評価した上で活用することを基本方針としている。ただし、ECCS及び格納容器熱除去設備のろ過装置に関する学協会規格は国内に存在していないことから、国において審査基準として技術基準を満たす仕様規定を策定する必要がある。

前述のように、PWRのサンプスクリーンについては、その性能を確認するための評価手法が国内外において検討中であることから、審査基準は、当面BWRが対象となる。ここでは、LOCA 時におけるECCSポンプの有効吸込水頭の評価方法に関する審査基準の整備が必要であるとともに、恒久対策においてはECCSろ過装置が大型化されるなど、構造上の大きな変更が想定されることから、構造強度要求に関しても審査基準を整備する必要がある。

##### (1)ポンプの有効吸込水頭(NPSH)評価

ポンプのNPSH評価については、報告書で用いられた手法(米国の規制指針R.G.1.82rev.3 の評価方法及びNRCで承認されている米国事業者手法:図1, 図2)を基本として、以下を考慮するものとする。

##### ①ストレーナへの異物付着量

異物付着量は、現在を含め、将来的に考えられる最大量を想定することとする。その場合、各プラントの管理実態を勘案することとする。

##### ②付着による圧損上昇評価

圧損評価式を用いる場合は NUREG/CR6224式及び NUREG/CR6808式またはそれと同等と判断されるものを使用することとする。NEDO-32721 式<sup>(5)</sup>は NRC によりRG 1.82 に適合しているとして認可されており、NUREG/CR6224式及び NUREG/CR6808式と同等と判断する。但し、国内プラントに導入する際には、国内保温材への適用性を確認することとする。

##### ③NPSH評価における温度・圧力条件

- ・ECCSポンプのNPSHを評価するときはサプレッションプールの背圧は原則考慮しないこととする。但し、許認可における温度・圧力の解析結果に基づいて保守的に設定したものであれば考慮してもよい。
- ・評価における水温は、許認可におけるサプレッションプール水温解析結果に基づき保守的に設定することとする。

## (2) 構造強度

ECCSろ過装置は工学的安全施設に属する機器であることから、第3種機器(第3種管)として構造強度が求められる。

ECCSろ過装置に特有の荷重として異物付着による重量、差圧を考慮し、荷重の組合せについては、原子力安全委員会「Mark-I(II)型格納容器圧力抑制系に加わる動荷重の評価指針」、発電用原子力設備に関する構造等の技術基準(昭和55年通商産業省告示501号)、日本電気協会電気技術指針「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601・補-1984)に示されている荷重の組み合わせ及び適用する許容応力状態に対して、それらの荷重を表1のとおり加味して評価するものとする。なお、現在の評価においては、原子力安全委員会「Mark-I(II)型格納容器圧力抑制系に加わる動荷重の評価指針」を参考に、ECCSろ過装置が十分小さいことを前提にして水力学的動荷重の多くを評価対象から除外しているが、恒久対策においては現行のものより大型のストレーナの適用が予想されるので、ベントクリア、フォールバック等の水力学的動荷重は全て評価において考慮するものとする。

また、許容応力としては、表2に示すとおり、発電用原子力設備に関する構造等の技術基準(昭和55年通商産業省告示501号)及び日本電気協会電気技術指針「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601・補-1984)に示されている第3種容器及び第3種管に対する許容応力制限に加え、異物付着による外圧として膜応力制限を設け、許容応力状態IVAでの評価は許容応力状態IAと同じ許容応力で評価するものとする。

表1 荷重の組み合わせ及び許容応力状態

運転状態	死荷重	異物荷重	差圧	通常運転温度	SRV 荷重		LOCA 後の 荷重			地震 荷重		許容応力状態
					運転時	中小破断時	プールのスウェル	蒸気凝縮 (CO)	チャギング (CH)	S1 荷重	S2 荷重	
運転状態 I	○			○								IA
運転状態 II	○			○	○							IIA
運転状態 IV(L)	○	○	○									IA
運転状態 IV(S)	○	○	○					○				IVA
運転状態 IV(S)	○	○	○			○			○			IVA
運転状態 IV(S)	○						○					IVA
運転状態 I	○									○		IIIAS
運転状態 I	○										○	IVAS
運転状態 II	○				○					○		IIIAS
運転状態 II	○				○						○	IVAS
運転状態 IV(L)	○	○	○							○		IIIAS

☐ : ストレーナ特有

- ・荷重の組み合わせは PCV 本体側の既設工認と整合をとる (Mark-II プラントでは SRV 荷重とチャギングを組み合わせない)
- ・運転状態 I … 原子炉施設の通常時の状態
- ・運転状態 II … 運転状態 I、運転状態 III、運転状態 IV 以外の状態
- ・運転状態 III … 原子炉施設の故障、異常な作動等により原子炉の停止が緊急に必要となる状態
- ・運転状態 IV … 原子炉施設の安全設計上想定される異常な事態が生じている状態
- ・運転状態 IV(L) … 運転状態 IV の状態のうち、長期間のものが作用している状態
- ・運転状態 IV(S) … 運転状態 IV の状態のうち、短期間のものが作用している状態
- ・許容応力状態 IA ~ IVA … 運転状態 I ~ IV 相当の応力評価を行う場合の許容応力状態
- ・許容応力状態 IIIAS, IVAS … 許容応力状態 IIIA, IVA を基本として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態

表2 ECCSろ過装置の許容応力

許容応力状態	1次一般膜応力	1次膜+曲げ応力	1次+2次応力 ※1
IA	S ※2	長期荷重 1.5S 短期荷重 1.8S	Sa
IIA	—		
IVA	S ※3		—
IIIAS	Syと0.6Suの小さい方。但し、オーステナイトステンレス鋼及びニッケル合金については1.2Sとしても良い。	Sy。但し、オーステナイトステンレス鋼及びニッケル合金については1.2Sとしても良い。	UF < 1 (ただし、地震動のみによる1次+2次応力の変動値が2Sy以下であれば、疲れ解析は不要)
IVAS	0.6Su	左欄の1.5倍	

☐ : ストレーナ特有

- ※1: 2次応力が発生する場合のみ考慮 ※2: 運転状態 IV(L) のみ ※3: 運転状態 IV (CO, CH) のみ
- ・ S … 許容引張応力, Sy … 設計降伏点, Su … 設計引張強さ, Sa … 許容応力, Uf … 疲れ累積係数

### (3)その他

ECCSろ過装置の網目の粗さは、ECCSスプレイノズル、ECCSポンプシール部等、下流側機器の機能を損なうことのないように設計されるものとする。

#### 5.3.5 今後の対応

事業者から報告があった暫定対策の実施状況については、保安検査等による確認の結果、一部軽微な改善事項が認められたものの、全体として適切に実施されていることが確認されており、当面は、暫定対策として運転員の対応操作により安全を確保する対応と、恒久対策として大型ストレーナを採用する設備対応のいずれも許容することとするが、設備面での対応が望ましいことから、工事計画認可・届出に係る手続きの改正とともにBWRプラントに対するECCSストレーナの性能評価及び構造強度に係る審査基準を早期に定めることが必要である。

技術基準の改正については、今後、PWRプラントのサンプスクリーンの有効性評価手法の確立及びそれに基づく恒久対策を検討した上で、実施することが望ましい。



## 参考文献

- (1) Regulatory Guide 1.82, "Water Sources For Long-Term Recirculation Cooling Following A Loss-Of-Coolant Accident" Revision 3, USNRC (U.S. Nuclear Regulatory Commission), November 2003.
- (2) NEDO-32686, "Utility Resolution Guidance for ECCS Suction Strainer Blockage," Boiling Water Reactor Owners' Group, November 1996.
- (3) NUREG/CR-6224, G. Zigler et al., "Parametric Study of the Potential for BWR ECCS Strainer Blockage Due to LOCA Generated Debris" (SEA No. 93-554-06-A:1), USNRC, October 1995.
- (4) NUREG/CR-6808, "Knowledge Base for the Effect of Debris on Pressurized Water Reactor Emergency Core Cooling Sump Performance," USNRC, February 2003.
- (5) NEDO-32721, "Licensing Topical Report Application Methodology for the General Electric Stacked Disk ECCS Suction Strainer," Revision 2, December 2001.

(別紙)

総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会原子炉安全小委員会  
安全評価ワーキンググループ(ECCSストレナ・サンプスクリーン関連)

委員名簿

	氏名	所属
主査	大橋 弘忠	東京大学大学院工学系研究科教授
	久木田 豊	名古屋大学大学院工学研究科教授
	酒井 信介	東京大学大学院工学系研究科教授
	杉山 憲一郎	北海道大学大学院工学研究科教授
	渡邊 憲夫	日本原子力研究所東海研究所原子炉安全工学部 安全評価研究室主任研究員