平成２６年（行ウ）第１５２号　大間原子力発電所建設差止等請求事件

原　告　　函　　館　　市

被　告　　国　　ほか１名

準備書面（４８）

- 漂流軽石による冷却機能喪失の検討不足 -

２０２２（令和４）年１０月１２日

東京地方裁判所民事第３部合議Ａ①係　御中

原告訴訟代理人弁護士　河　　合　　弘　　之

外

第１　はじめに 3

第２　核燃料冷却の仕組みと漂流軽石による冷却機能喪失の危険 4

１　原子炉補機冷却系の仕組み 4

２　漂流軽石の特徴と危険性.....10

３　漂流軽石による冷却機能喪失と基準適合判断との関係.....11

第３　本件における漂流軽石による危険..... 11

１　本件原発の設置許可段階における漂流軽石の評価.....11

２　専門家による批判（評価が定性的で不十分であること）.....16

⑴　原子炉安全専門部会原子炉火山部会における村上審査委員の指摘 ..16

⑵　原子力規制委員会における石渡委員の指摘.....19

⑶　村上亮「原子力発電所の火山影響評価基準が抱える課題」.....21

３　安全機能を損なわないかどうかを確認するために必要な検証等 22
⑴　敷地に到来する自然現象の定量的想定.....22
⑵　異物除去設備の機能が維持されること等の確認・検証.....22
⑶　海水ポンプの機能が維持されること等の確認・検証.....22
⑷　熱交換器伝熱管内面の磨耗・閉塞がないことの確認・検証.....23
４　まとめ.....23
第４　補機冷却海水設備の機能喪失リスクの具体例..... 24
１　冷却機能の喪失のリスク.....24
２　過去の不具合の具体例.....24
⑴　大飯発電所３号機　Ｂ－ロータリスクリーンの不具合.....25
⑵　柏崎刈羽原発４号機　原子炉補機冷却海水ポンプ（Ｃ）の不具合 ..26
⑶　女川原発３号機　原子炉補機冷却系熱交換器伝熱管の減肉.....27
⑷　女川原発３号機　原子炉補機冷却系熱交換器伝熱管の減肉.....28
３　予想される反論に対する再反論.....29

第１　はじめに

「安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項について同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。」（設置許可基準規則[1]第６条第１項）。第１項に規定する「想定される自然現象」とは、「敷地の自然環境を基に、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響、生物学的事象又は森林火災等から適用されるもの」をいう（同規則の解釈第６条第２項）。漂流軽石[2]は火山の噴火により発生するものであり、「火山の影響」に該当し、原発の安全施設は、漂流軽石に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

新火山ガイドにおいては、大きさ、形状、組成若しくは形成方法に関係なく、火山から噴出されたあらゆる種類の火山砕屑物で降下する物を「降下火砕物」と定義しており（新火山ガイド１．４項⑺）、例えば海底火山の噴火によって発生する漂流軽石が「降下火砕物」に該当するかは判然とせず、万が一、漂流軽石に関して具体的な審査基準が存在しないのだとしたら、基準自体の欠缺であり違法性は明らかである。

漂流軽石の原発に対する脅威は、原子炉補機冷却海水系の取水機能喪失をもたらし、それにより崩壊熱除去機能喪失になり、原発がメルトダウン（炉心溶融）、メルトスルー（炉心貫通）になることである。福島第一原発事故で全電源喪失によって起きた崩壊熱除去機能喪失を、別の経過でもたらすものである。

本件原発に関しては、現在行われている審査会合ではこの点についていまだ何ら議論されていないが、福島第一原発事故以前の会合において、「銭亀沢軽石流堆積物噴出源が噴火し、大量の軽石が漂流して敷地に押し寄せた場合の影響と対応方針を説明すること」というコメントがなされたことがあった。これに対して、

---

[1] 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則。
[2] 軽石とは、多孔質で密度の小さい火山砕屑物で、色が黄色～白っぽいものを特に「軽石」、暗色のものを「スコリア」と呼ぶこともある。粒径は概ね２㎜以上で、４㎜未満の微細な軽石は「パミサイト」と呼ばれる。

被告電源開発は、噴出物の量、対応機器の具体的性能を検討することなく、楽観的に定性的に答えていた（原子力安全委員会原子炉安全専門審査会第１０９部会Ｃグループ（以下、単に「１０９部会Ｃ」という。）　コメント回答　甲Ｄ１６８）。

しかし、原告準備書面（４６）で述べたような昨今の想定外の火山噴火による漂流軽石の現象を踏まえるならば、上記回答内容は、本件原発の漂流軽石の脅威に対する検討としてあまりにもおざなりで不足しているというほかなく、安全施設の安全確認がなされたと評価し得ないため、重大事故に至る具体的危険がある。

以下、具体的に述べる。

第２　核燃料冷却の仕組みと漂流軽石による冷却機能喪失の危険

１　原子炉補機冷却系の仕組み

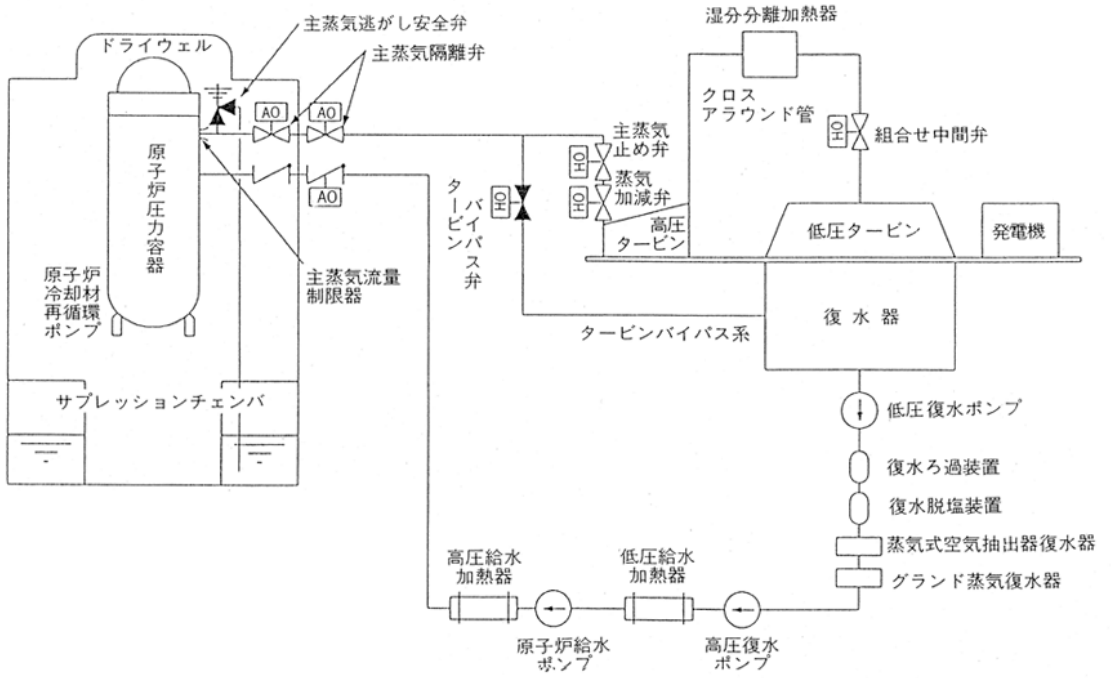


図9　ABWR原子炉冷却系統概要図

[出典](社)火力原子力発電技術協会：原子力発電所一全体計画と設備一(改訂版)、平成14年6月、p61

図表１　沸騰水型軽水炉（ＡＢＷＲ）の系統構成概念図

沸騰型軽水炉では、原子炉で水が熱せられて発生した高温の蒸気によりタービンを回して発電するものであるところ、タービンを回した蒸気は復水器を介して海水で冷却されて水に戻り、再び原子炉の給水になる。この水の循環を通して発電（通常運転）は継続される。他方、原子炉の運転を停止する場合は、制御棒を挿入して核分裂反応を抑えるとともに、蒸気をタービン側に流す経路を遮断してタービンバイパス系に導き、復水器において、蒸気を海水で冷却して水に戻し、原子炉に戻すサイクルを回し続けることで、徐々に原子炉の圧力と温度を下げていく。原子炉圧力が所定値（一例として０．７MPa[3]）まで低下すると「停止時冷却モード」に移行して、原子炉の崩壊熱はタービンバイパス系ではなく残留熱除去系と原子炉補機冷却系を介して海に放出される（図表１参照）。

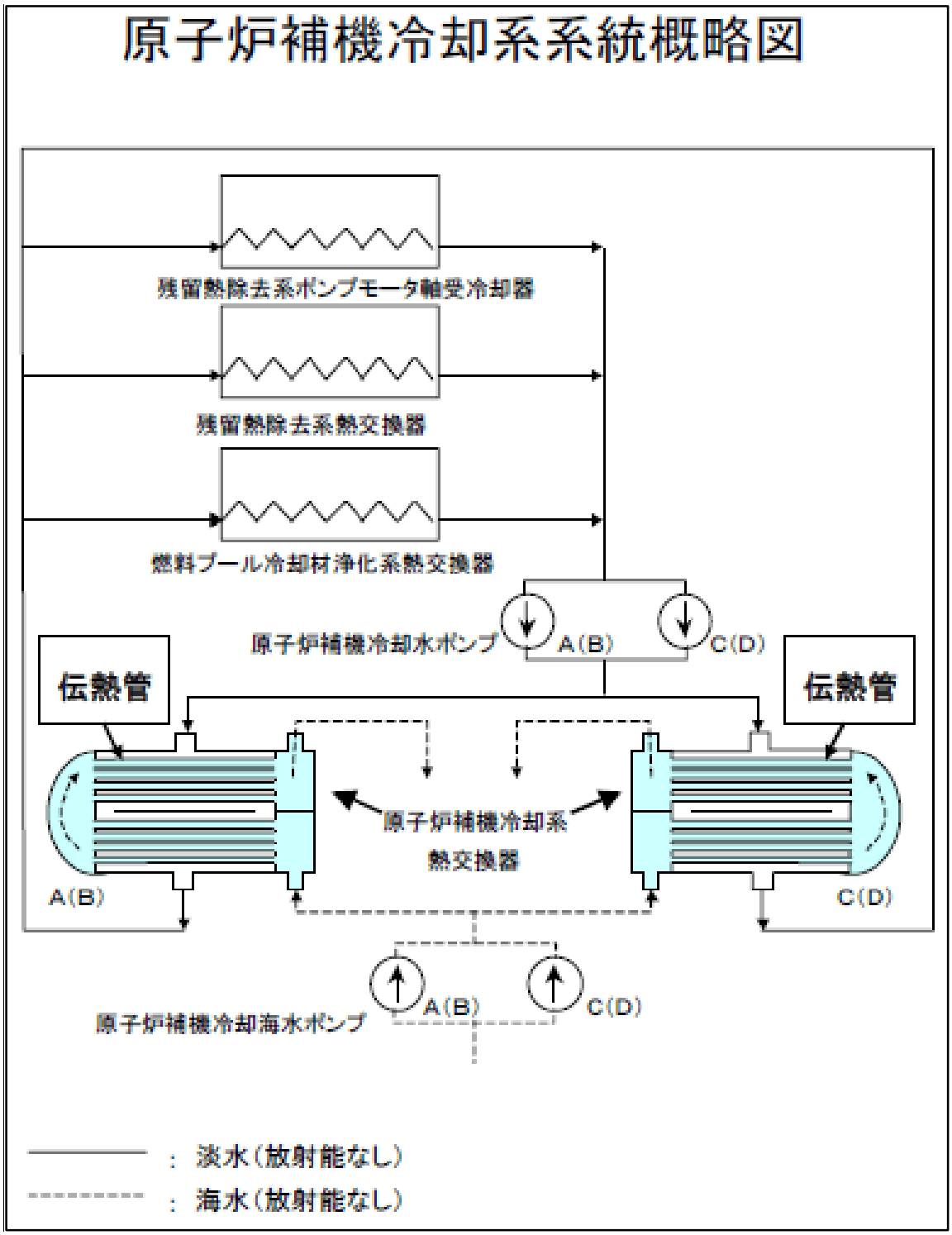
上述の復水器及び原子炉補機冷却系での崩壊熱除去機能が失われれば、通常の出力運転ができなくなることはいうまでもなく、運転停止段階でも崩壊熱を除去できずに炉心溶融、炉心損傷に至る危険がある。

いずれの場合も、除熱された熱は海に放出されるので、海が最終ヒートシンク[4]といわれる。通常運転時に海に放出される熱量は、原子炉で発生する熱量のほぼ７割を占めるので、原発は「海水温め装置」とも揶揄される。

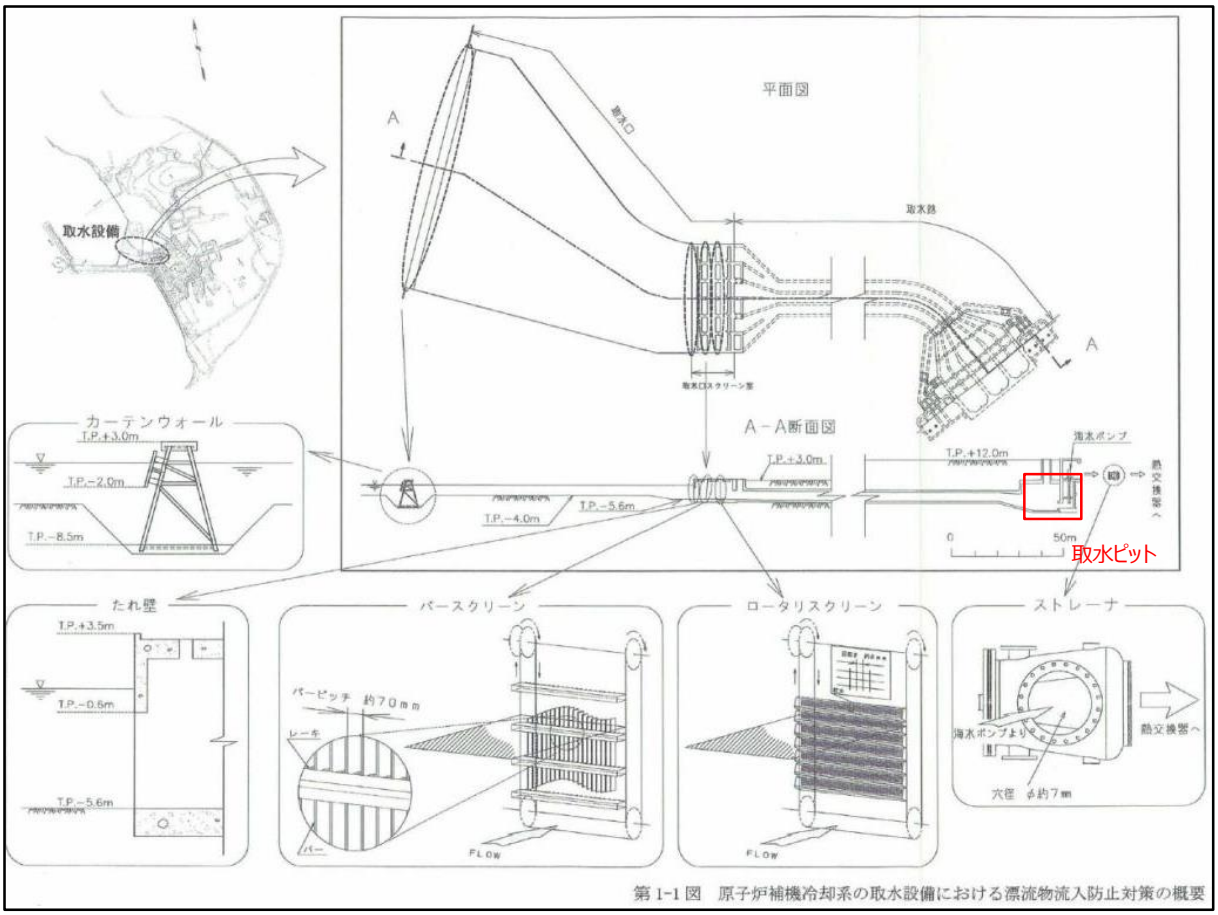
前述の原子炉補機冷却系は、非常時にも原子炉の崩壊熱除去に使用される安全上重要な設備であり、その機能維持のためには、原子炉補機冷却海水設備が必要である（図表２）。この海水設備では、海から取水路経由で導かれる海水を、取水ピット[5]において海水ポンプで汲み上げ、冷却水として、原子炉補機冷却系熱交換器に供給する（図表３）。

---

[3] １MPaは約１０気圧であり、０．７MPaは約７気圧。
[4] ヒートシンク（heat sink）とは、一般に、放熱・排熱を目的として機器に取り付けられる部品（放熱板など）を指す。
[5] ポンプを設置して海水を汲み上げるための空間をいう。図表３参照。



図表２　原子炉補機冷却系統概略図（例）



図表３　本件原発における取水と異物除去設備の状況（甲Ｄ１６８・１－１頁に加筆）

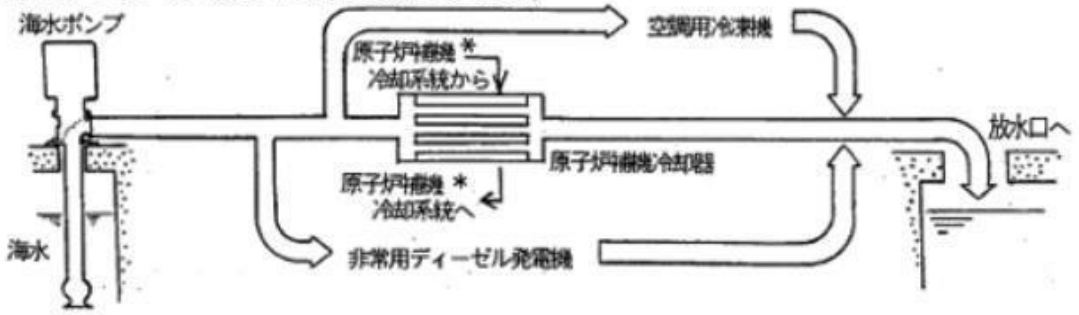
取水ピットは、図表３の赤い四角で囲んだ部分であり、取水ピットには海水ポンプが据え付けられている。

海水ポンプは、軸流型ポンプであり、軸（シャフト）の下部に取り付けた羽根車を回転させることによって海水を配管の上方に汲み上げる構造になっている（図表４及び５）。

海水ポンプによって汲み上げられた海水は、出口に接続された配管を経由して原子炉補機冷却系熱交換器内の伝熱管内側を通り、伝熱管外側を流れる補機冷却水（淡水）を冷却する。原子炉で発生する崩壊熱は、原子炉冷却水→補機冷却水→海水へと伝えられ、最終的に海に放出される（図表２及び４）。

系統概要

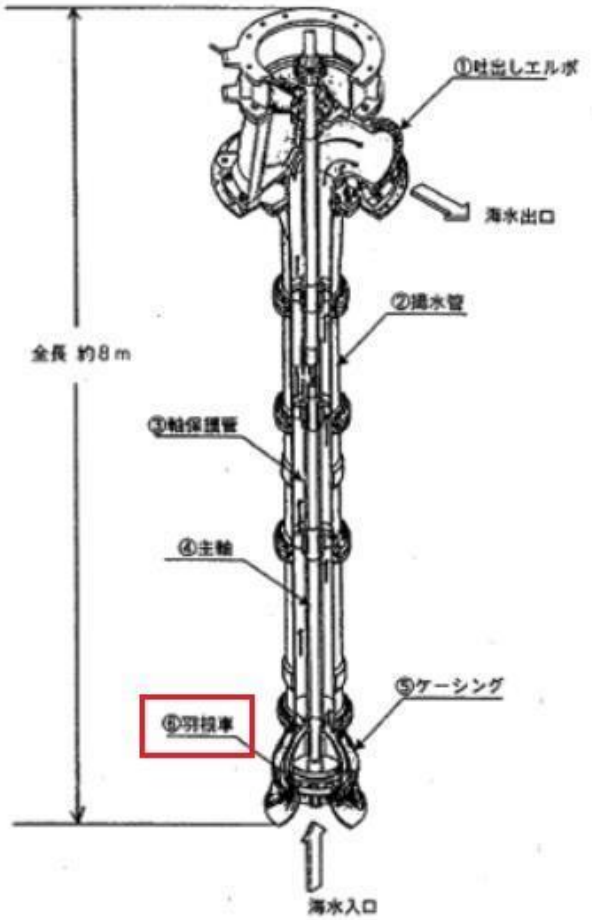
海水系統は、海水ポンプによって汲み上げた海水を冷却水として、原子炉補機冷却器、空調用冷凍機、非常用ディーゼル発電機に供給する系統であり、設置している４台のうち３台を常時運転し、定期的に切り替えを行っている。（残り１台は、予備機として待機）



外海に面した取水口に海水ポンプを設置し、各冷却器に冷却水として通水後、熱交換が行われた海水は、放水口より放出する。

＊原子炉補機冷却系統
燃料ピット冷却器および１次冷却材ポンプ等、１次系機器で発生する熱を除去し、海水と熱交換する系統である。

海水ポンプ鳥瞰図

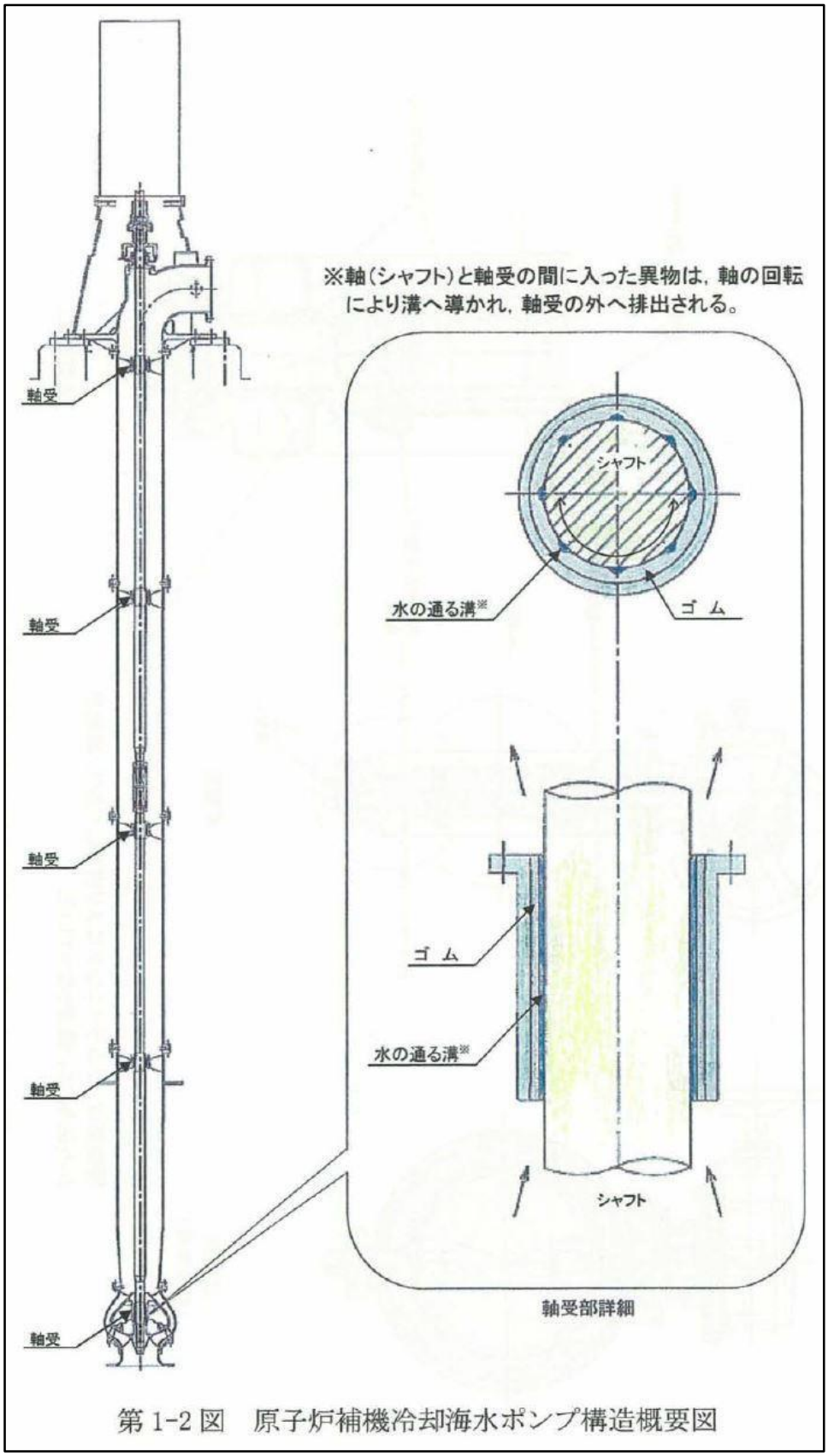


主要部品の材料比較

	取替前	取替後
①吐出しエルボ	FCHD（球状黒鉛鋳鉄）	GSCS16（耐食ステンレス鋼 鋳鋼品）
②揚水管	FCHD（球状黒鉛鋳鉄）	GSCS16（耐食ステンレス鋼 鋳鋼品）
③軸保護管	SUS304（ステンレス鋼）	GSCS16（耐食ステンレス鋼 鋳鋼品）
④主軸	SUS316（ステンレス鋼）	GSCS317J4L（耐食ステンレス鋼 鋳鋼品）
⑤ケーシング	FCHD（球状黒鉛鋳鉄）	GSCS16（耐食ステンレス鋼 鋳鋼品）
⑥羽根車	SCS14（ステンレス鋳鋼品）	GSCS16（耐食ステンレス鋼 鋳鋼品）

能力（変更なし）
・容量：3200m³／h／台
・揚程：30m

図表４　高浜原発１号機の海水ポンプ概要図



第 1-2 図　原子炉補機冷却海水ポンプ構造概要図

図表５　本件原発の原子炉補機冷却海水ポンプ構造概要図（甲Ｄ１６８・１－４頁）

２　漂流軽石の特徴と危険性

軽石の特徴については、準備書面（４６）において、甲Ｄ１５９号証ないしＤ１６６号証を引用しつつ主張したところである。

軽石は、ガスが膨張しながらマグマが固結するため、図表６に示されているように、空隙の多いスカスカの岩石（軽石）になり、この空隙のため、全体の密度は水よりも軽く、海面を漂流する。水がしみ込んで空隙を充たしたり、細かく割れて空隙が減ったりすれば沈降するが、空隙の形が複雑であり、長い期間漂流することもある（甲Ｄ１７９）。

図表６　漂流軽石の特性等（甲Ｄ１７９）

また、通常の岩石に比べて脆く砕けやすいため、これらの軽石が取水ピットに押し寄せ、そのままの状態あるいは砕けて細かくなった状態で吸い上げられると、異物として海水ポンプ内あるいは伝熱管内に侵入してしまうことが十分に想定される。

３　漂流軽石による冷却機能喪失と基準適合判断との関係

上記のとおり、軽石が取水ピット周辺に大量に押し寄せた場合、取水機能自体を低下させる可能性もあるし、海水ポンプの配管内の軸（シャフト）と軸受の間に挟まることにより軸（シャフト）の回転が支障を来して海水の吸い上げ機能が低下し、あるいは失われる可能性もある。

さらには、熱交換器の伝熱管内に異物が混入して摩耗や閉塞により海水の循環に支障を来す可能性も否定できない。

このような場合には、補機冷却水冷却機能が失われ、冷却機能を喪失して重大事故に至る可能性がある。

そのため、このような事態が万が一にも生じないよう、取水ピット周辺に到来する可能性のある軽石の量や形状等を定量的に想定し、そのような軽石の到来にも施設の安全機能を維持できるか否かが定量的に確認されなければ、安全施設について、想定される自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわない（設置許可基準規則６条１項）ことが確認できたとはいえず、基準適合判断に看過し難い過誤、欠落が存在することになる。

第３　本件における漂流軽石による危険

１　本件原発の設置許可段階における漂流軽石の評価

⑴　本件原発の設置許可処分

本件原発は、２００４（平成１６）年３月に被告電源開発によって原子炉設置許可申請がなされ、２００８（平成２０）年４月に経済産業大臣による原子炉設置許可処分がなされている（以下「本件設置許可処分」という。）。

他方、本件訴訟で争点となっているのは、この設置許可処分を前提として、２０１２（平成２４）年の原子力関連法令等改正を踏まえた新規制基準への適合性を評価するための設置変更許可処分である。

もっとも、本件設置変更許可処分においては、火山事象による影響及び漂

流軽石の影響に関する審査はまだされていない。そこで、本件設置許可段階における評価（被告電源開発から具体的な主張がない限り、これが変更されたとは認められない）を前提として、本件において、漂流軽石に対する安全機能が確保されていないことを述べる。

⑵　審査会合（１０９部会Ｃ）における被告電源開発の説明概要

ア　本件原発の設置許可段階における軽石に対する検討は、２００７（平成１９）年９月に開催された１０９部会Ｃの会合を中心に行われた（甲Ｄ１６８）。

この会合において、原子力安全・保安院から、図表７のとおり、銭亀カルデラが噴火することを前提とした軽石の影響評価を行う旨のコメントが示されている。

このうち、Ｎｏ．１が漂流軽石に関するコメントである。すなわち、銭亀沢軽石流堆積物噴出物（銭亀カルデラの噴出物を指す）が噴火し、大量の軽石が漂流して敷地に押し寄せた場合の影響と対応方針を説明せよとの点について、被告電源開発は、甲Ｄ１６８・１‐１～１‐２頁において説明をしているが、いずれも定性的かつ希望的（楽観的）な説明にとどまっている。

第109部会　Ｃグループ　コメントリスト

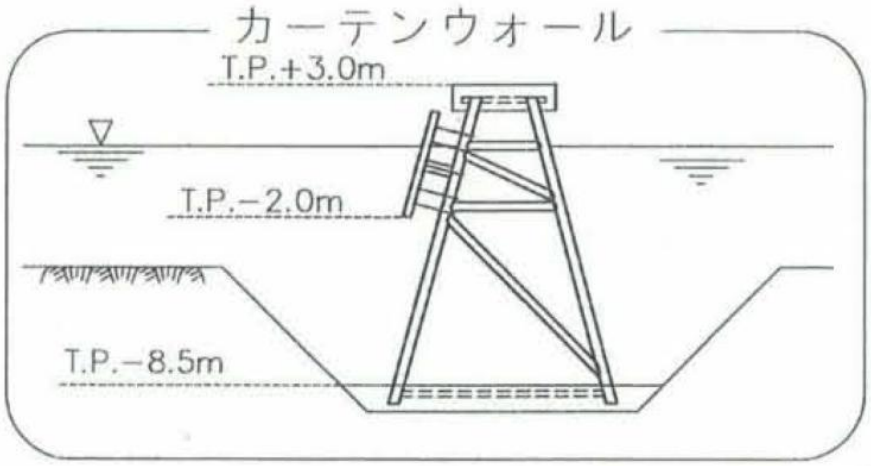
Ｎｏ．	ＷＧ	コメント内容
1	第12回ＷＧ 第21回ＷＧ	銭亀沢軽石流堆積物噴出源が噴火し，大量の軽石が漂流して敷地に押し寄せた場合の影響と対応方針を説明すること。
2	第21回ＷＧ	銭亀沢軽石流堆積物噴出源が陥没しカルデラを形成する際に発生する津波の影響について説明すること。
3	第21回ＷＧ	恵山火山の噴火に伴う爆風が発生した場合の原子力発電所への影響を検討すること。
4	第21回ＷＧ	恵山の山体崩壊による津波において，崩壊物の海域へ突入する付近の水位分布を示すこと。
5	第21回ＷＧ	下北半島の火山集合体の範囲で新火山が形成される可能性等について説明すること。
6	第21回ＷＧ	洞爺火山灰の堆積環境が，吹き寄せや削剥が生じる等の特殊な環境ではなかったことについて説明すること。
7	第21回ＷＧ	敷地及び敷地近傍における既往最大の層厚を示す広域火山灰である洞爺火山灰と同程度の規模の広域火山灰が敷地及び敷地近傍に堆積した場合に発生の可能性が考えられる火山灰による土石流の原子力発電所への影響を検討すること。
8	第21回ＷＧ	非常用ディーゼル発電機の吸気用フィルタの予備とその交換等の実際の運用について説明すること。
9	第21回ＷＧ	敷地に影響が及ぶ可能性のある火山が活動した場合の発電所の対応方針についてマニュアルを作成しておくこと。

図表７　甲Ｄ１６８・３枚目のリスト

イ　被告電源開発は、どの程度の漂流軽石が到来するかについては何らの評価も行わないまま、異物除去のための設備として、海水の流入方向から順番に、①カーテンウォール、②たれ壁、③スクリーン及び④ストレーナを設けるとしている（図表３参照）。

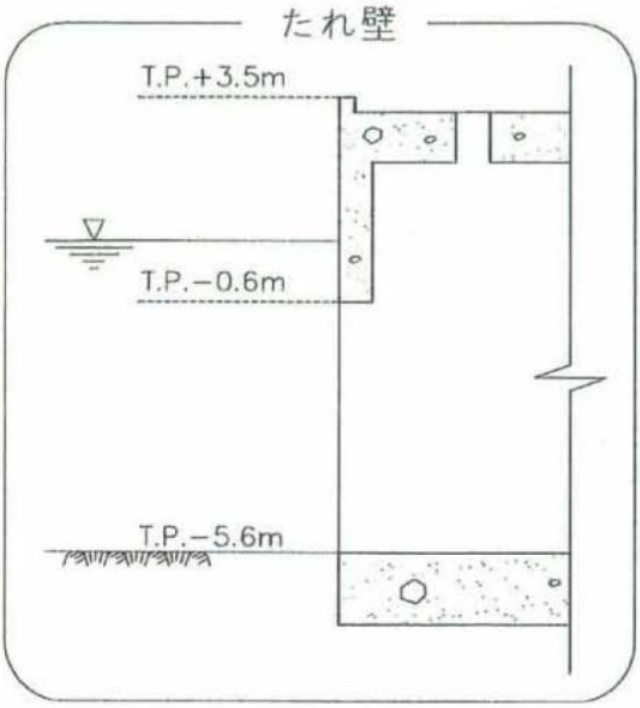
ウ　被告電源開発によれば、①カーテンウォールは、海面付近を浮遊する異物を取り込みにくいような構造となっており、その下部（水深Ｔ．Ｐ．－２．０ｍ～Ｔ．Ｐ．－８．５ｍ）[6]より海水を取得する（図表８）。

[6] Tokyo Peil の略。地表面の標高、すなわち、地表面の海面の高さを表す場合の基準となる水準面が東京湾中等潮位であって、記号として T.P.を用いる。東京湾中等潮位は、隅田川河口の霊岸島量水標で観測した結果から求めた平均潮位を T.P.±0 と定め、それを絶対的に固定する



図表８　甲Ｄ１６８・１‐３頁　①カーテンウォール部分

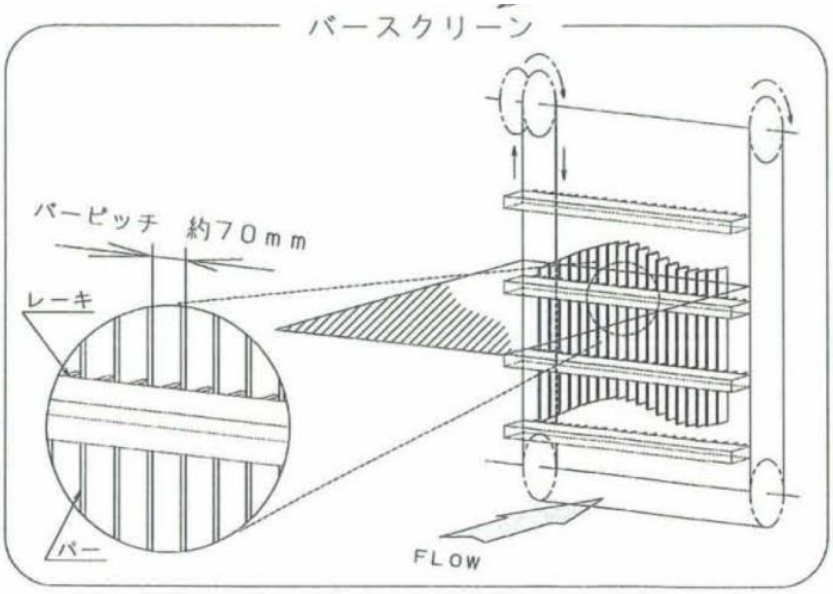
エ　また、取水口スクリーン室入口に設けられる②たれ壁にも、同様の効果が期待できるとしているが、水深はＴ．Ｐ．－０．６ｍ～Ｔ．Ｐ．－５．６ｍとなっている（図表９）。



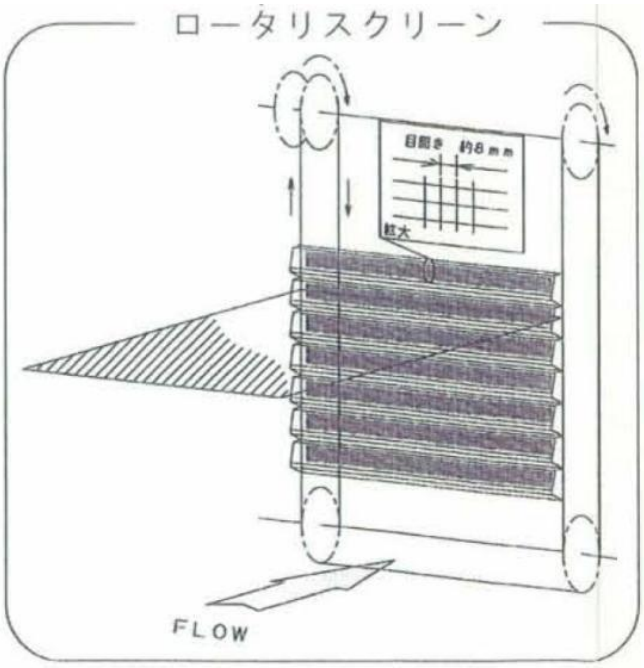
図表９　甲Ｄ１６８・１‐３頁　②たれ壁部分

ため確固不動の固定点に標したものが水準原点であって、わが国の水準測点の原点としている。Peil は、オランダ語で基準面を意味する。

オ　次に、①カーテンウォール及び②たれ壁を通過した異物等に対しては、取水口スクリーン室に設けたｉ）バースクリーン及びⅱ）ロータリスクリーンの２種類の③スクリーンによって、約１～１０㎝程度の異物の取水路への流入を防止することとしている（図表１０及び１１）。

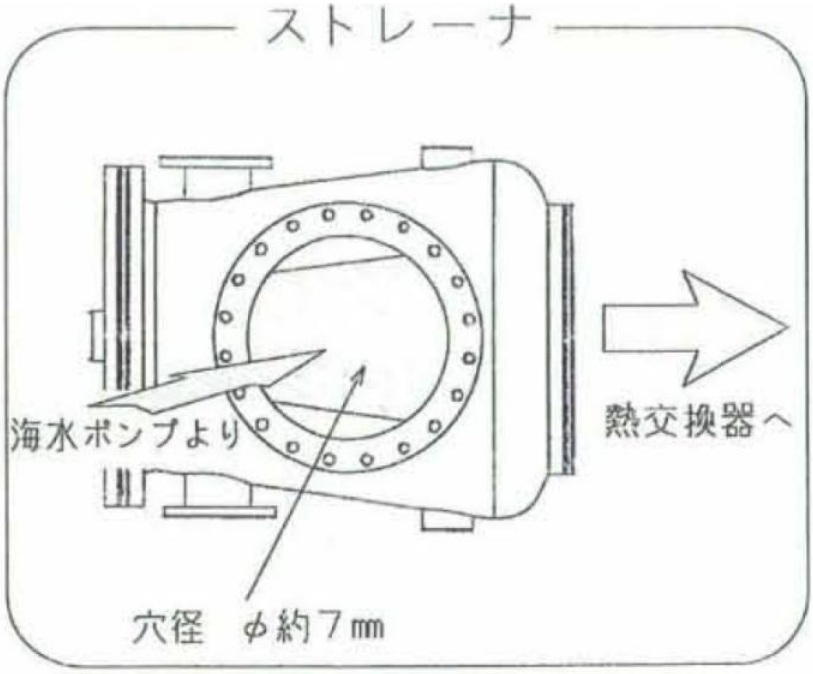


図表１０　甲Ｄ１６８・１－３頁　③ｉバースクリーン部分



図表１１　甲Ｄ１６８・１－３頁　③ⅱロータリスクリーン部分

カ　さらに、③スクリーンを通過した海水は、海水ポンプにより熱交換器に送水されるが、海水ポンプ出口には、熱交換器伝熱管直径の１／２相当（φ約７㎜）の穴を有する④ストレーナを設け、異物の熱交換器への流入を防止することとしている（図表１２）。



図表１２　甲Ｄ１６８・１－３頁　④ストレーナ部分

キ　このほか、原子炉補機冷却海水ポンプ及び弁の軸受部は、甲Ｄ１６８号証第１－２図（図表５）及び第１－３図の構造概要図に示すとおり、異物が咬み込みにくい構造になっていることから、機器が動作不良を起こすことはないと考えられるとしている。

本件設置許可段階における審査では、このような被告電源開発の説明に対して批判的な検討がされることはなく、設置許可処分がなされた。

２　専門家による批判（評価が定性的で不十分であること）

⑴　原子炉安全専門部会原子炉火山部会における村上審査委員の指摘

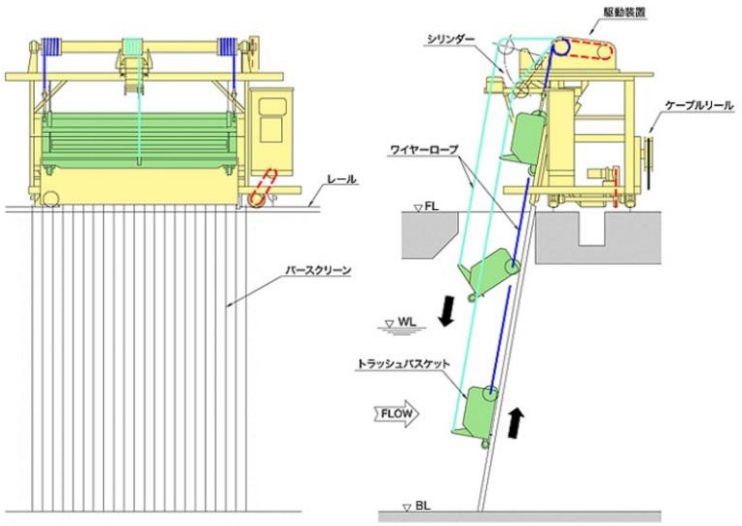
２０１９（平成３１）年３月２２日に開催された原子炉安全専門部会原子

炉火山部会（第５回会合）において、「漂流軽石に関する知見収集について」（甲Ｄ１８０）と題する資料を踏まえ、漂流軽石の影響に関する議論がなされている（甲Ｄ１８１・３９頁以下）。

この資料には、海水取水設備の異物対策が付せられ、本件でも議論されたような、③取水口スクリーン、トラッシュレイキ付きバースクリーン、ロータリスクリーン等で海水ポンプの取水機能が確保できることを確認しているとされている（トラッシュレイキ付きバースクリーン及びロータリスクリーンの概要については図表１３及び１４参照）。

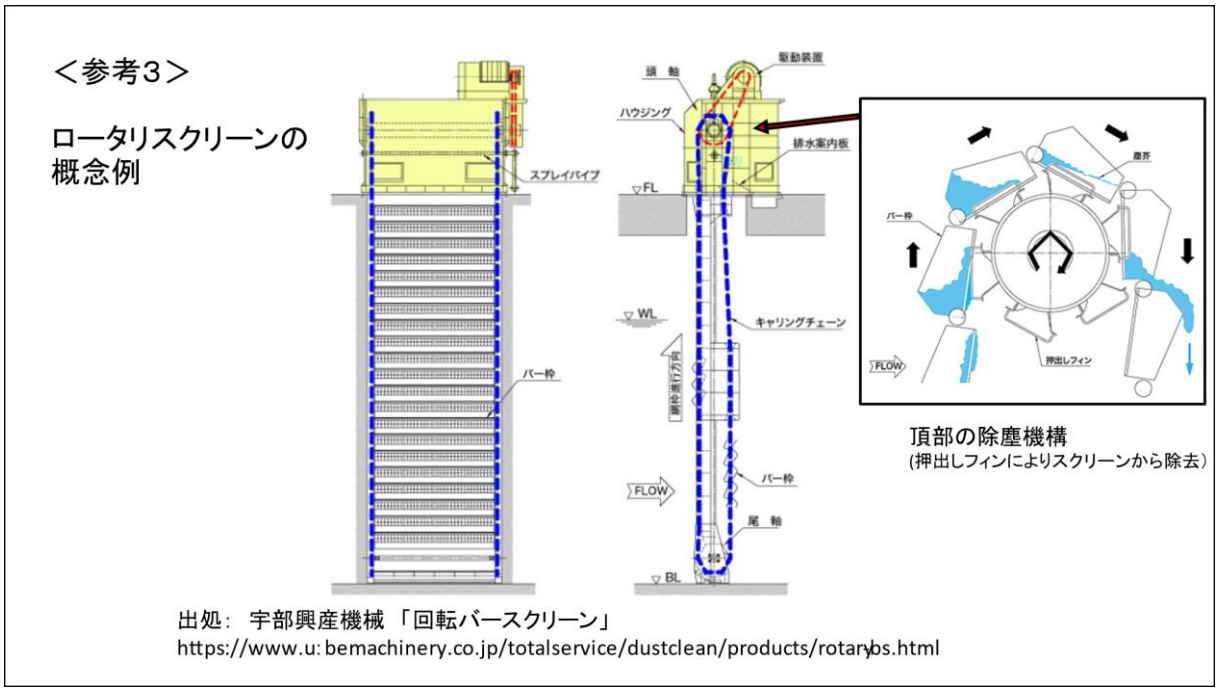
＜参考2＞

トラッシュレイキ付き
バースクリーン
の概念例



出処：宇部興産機械「トラッシュレイキ付きバースクリーン」
https://www.ubemachinery.co.jp/totalservice/dustclean/products/trashrake.html

図表１３　トラッシュレイキ付バースクリーンの概要



図表１４　ロータリスクリーンの概要

しかし、資料説明後、審査委員の村上亮・北海道大学地震火山研究観測センター特任教授から、次のとおり、定量的、具体的検討がなされていない旨の指摘がされている（図表１５）。

最後の方で御紹介があったポンプとかフィルタが用意されているので十分であるという御説明があったんですが、そうであることを望みますけれども、今の御説明は定性的な御説明だと理解いたしますので、実際に例えば90cmの厚みで数kmの幅で来たときに、本当にこういった対策で十分施設が維持できるかということについては、私が今受けた印象では直感での応答で申し訳ないですけれども、もう少し説明していただかないと、直ちにこれで大丈夫だなという合点が私はまだいっておりませんので、先ほどの一つ前の議題とも関連しますけれども、施設に対する火山ハザードの影響の受け方については、より数値的な具体的な検討をしていただいたほうがいいかなと思います。

図表１５　甲Ｄ１８１・４４頁

漂流軽石の原子炉補機冷却系に対する影響については、まさに村上教授が

指摘するように、定性的な印象論にとどまり、数値による具体的な検討がなされていないが、これはこの指摘以降も、変わっていない。

本件原発でもこの指摘のとおり、定性的評価がなされているだけである。

⑵　原子力規制委員会における石渡委員の指摘

ア　２０２１（令和３）年１０月２７日に開催された原規委の令和３年度第４１回会合において、地質学の専門家である石渡明委員から、福徳岡ノ場の海底火山噴火による軽石の漂流による原発への影響について、火山部会で議論したことが現実になったという問題提起があり、２０２１（令和３）年１１月２日の第４３回会合において、「漂流軽石に係る現在の知見と発電用原子炉施設への影響について」（２０１９（令和元）年１１月２０日開催の第３９回技術情報部会において配布された資料と同様のもの。甲Ｄ１８２）を基に議論がなされた。

この会合の中で、石渡委員は、③スクリーンの防止装置に対し、次のような疑問を呈している（図表１６）。

○石渡委員

どうもありがとうございます。

火山部会の指摘に対応する形で、技術情報検討会できちんとした調査をして、このような資料を残していただけたというのは大変結構だと思います。

九州電力の川内発電所の例が３ページ目に載っているのですけれども、スクリーンが２台直列で用意されていて、その様子が一番最後の４ページに書いてあるのですが、これは例えばクラゲが来たような場合は非常に有効な手段になるのだと思うのですが、軽石の場合にこれが有効かどうかというのはちょっと疑問もございます。例えば上のトラッシュレイキ付バースクリーンだと、下からばけつみたいなものでがーっと上の方へかき上げるわけです。軽石というのは非常にもろいものですので、こうやってばーっとかき上げるとこなれてしまって、細かな粉になってしまうものが結構あると思うのです。そうすると目を通っていってしまうということもございます。

図表１６　甲Ｄ１８３・２３頁

この石渡委員の指摘も定性的なものではあるけれども、定性的な観点からも、事業者の想定が楽観的で希望的なものであり、その実効性が疑わしいということがうかがえる。

イ　石渡委員の指摘に対し、田口原子力規制部審査グループ安全規制管理官（実用炉審査担当）は、これを定量的観点から肯定している（図表１７）。

○田口原子力規制部審査グループ安全規制管理官（実用炉審査担当） 実用炉審査部門の田口です。 我々がここで認識している範囲では、常時ではないと理解をしております。おっしゃるとおりメッシュが９㎜ですので、それより細かいものはこの中を通って、海水ポンプで吸い上げられて、熱交換器を通っていくという仕組みでございます。

図表１７　甲１８３・２３頁

ここで述べられている９㎜という数値は、ロータリスクリーンの網目の寸法と考えられる。

ウ　石渡委員は、この発言に対して、さらに次のような回答をしている（図表１８）。

○石渡委員 こういうものが用意されているというのは、それなりに効果はあるとは思うのですけれども、ただ、もし来るとなったら半端ではない量が来ますので、そういう点で、少なくとも取りあえずバースクリーンとかロータリースクリーンがあるのであれば、あらかじめそれがきちんと動作するということを確かめる必要があります。

図表１８　甲１８３・２３～２４頁

エ　このように、漂流軽石の原発への影響は、これまでのところ定性的な議論にとどまっており、定量的に評価したうえで安全機能を損なわないかどうかが議論されていない。むしろ、９㎜以下の粒径の軽石ないし火砕物については、事業者の行う異物除去対策を潜り抜けて海水ポンプ内に侵入し、あるいは７㎜以下のものはさらに④ストレーナも通過して熱交換器に侵

入することが指摘されているのであり、安全機能を損なわないことの確認はなされていないというほかない。

⑶　村上亮「原子力発電所の火山影響評価基準が抱える課題」

さらに、前述の村上教授は、２０１９（令和元）年に、「北海道地区自然災害科学資料センター報告」に、「原子力発電所の火山影響評価基準が抱える課題」と題して、現行の審査が、漂流軽石の影響を軽視していることを批判する論考を寄せている（３２号２５～３６頁。甲Ｄ１８４）。

村上教授は、２０１２（平成２４）年７月に発生した南太平洋のＨａｖｒｅカルデラという海底火山の噴火、１９２４（大正１３）年に発生した西表海底火山の噴火、そして１９２９（昭和４）年に発生した北海道駒ケ岳の噴火を例に挙げて、漂流軽石の脅威に対して、原発の冷却水の取入口への影響を懸念している。

そして、本書面の冒頭でも述べたとおり、そもそも現行の火山ガイドにおいて、漂流軽石の影響について明示的な形でその影響を評価する方法を定めていないことを問題視する。村上教授の指摘は次のとおりである（図表１９）。

> 現行の火山影響評価ガイドでは，降下火砕物の直接的影響評価として，施設の水循環系の閉塞や摩耗などを発生させないことの確認を求めているが，浮遊軽石現象についての例示は無い．あえて推測すれば，降下火砕物の中に含まれているのかもしれない．しかし，海底火山の噴火で直接軽石が噴出した後，大量の軽石が海面を長期にわたって長距離を浮遊する場合もあり，降下火砕物の中に一括して含むには大きな問題がある．実際，申請や審査においては，ここで紹介した事例のような規模で発生する浮遊軽石現象の対策の検討はなされた様子はない．その意味において，同様の事態が将来発生する可能性は全く見過ごされており，現時点では，原子力発電所への影響がどのくらい深刻なものか全く検討されていない．これは，今後早急に改善が必要な重大な欠陥であると考える．

図表１９　甲Ｄ１８４・３３～３４頁

3　安全機能を損なわないかどうかを確認するために必要な検証等

⑴　敷地に到来する自然現象の定量的想定

まず、銭亀カルデラ噴火が発生した場合に、本件原発の取水設備周辺に、どの程度の期間、どれだけの軽石、火山灰が到来するのかの定量的な評価がなされなければならない。

⑵　異物除去設備の機能が維持されること等の確認・検証

次に、これを前提として、異物除去設備である①カーテンウォール、②たれ壁、③ｉバースクリーン及び③ⅱロータリスクリーンの機能が維持できるか否かの検証、③スクリーンの清掃等に要する作業時間の算定とその間取水機能が維持できるか否かの検証は、最低限なされなければならない。

また、これらの機能が維持されるとしても、③ⅱロータリスクリーンのメッシュが９㎜と粗いことから、軽石が砕けることも考慮して、どの程度の軽石、火山灰が③スクリーンを通り抜けて海水ポンプに吸い上げられることになるのかについても、定量的な想定がされなければならない。

⑶　海水ポンプの機能が維持されること等の確認・検証

海水ポンプの回転軸（シャフト）と軸受の狭い隙間に微細化した軽石や火山灰が咬み込まれると、摩擦抵抗が増し、回転軸（シャフト）が回転困難になる危険がある。大量の軽石漂着では、長期にわたり恒常的に異物流入状態になるので、ポンプ軸受部の咬み込みが強くなることも想定できる。

この危険に対して安全が確保できるかどうかを検討するには、回転軸（シャフト）と軸受の間隔、咬み込まれる軽石の形状、量、流量等を実験によって検証する必要がある。「軸（シャフト）と軸受の間に入った異物は、軸の回転により溝に導かれ、軸受の外へ排出される」という説明は、定性的かつ楽観的な説明に過ぎないし、とりわけ、侵入する軽石、火山灰が大量になった場

合には、被告電源開発が説明するとおりにはならない可能性も大きい。実験によって、実際に、何らの影響も与えないことが検証されない限り、このような説明のみで安全が確保できるなどと判断することはできない。

また、海水ポンプの羽根車が磨耗して吸い上げ機能が低下する可能性もあるため、どの程度の軽石、火山灰の流入によって磨耗が生じるのかについても検証されなければならない。

⑷　熱交換器伝熱管内面の磨耗・閉塞がないことの確認・検証

さらに、大量の軽石の流入により、熱交換器伝熱管（内面）の摩耗のおそれが高まる。伝熱管が閉塞するおそれもある。流入する軽石の粒径、量により、どのような影響を受けるか、どのような場合に閉塞等に至るかを実験により検証することは安全確認のために不可欠である。

４　まとめ

村上教授が指摘するように、原子力の規制において、これまで漂流軽石の問題は、大量の漂流軽石が原発の取水設備周辺に押し寄せるような事態は発生しないだろうという思い込みの下、おざなりな審査しかされてこず、火山ガイドにも明記されていない。

原子炉補機冷却海水系の安全が確保されているかどうかを確認するためには、定量的評価が不可欠であり、それをせずに定性的な評価をいくらしたとしても、それは安全であろうという希望を述べているに過ぎない。

まして、本件原発は、その地形上、銭亀カルデラ及び北海道周辺の火山で比較的大規模な噴火が発生した場合に、漂流軽石が長期間とどまる可能性もあり、全国的にみても漂流軽石の危険が大きい原発である。

そのような本件原発において、この点を看過し、極めて不十分な審査しかなされてこなかった点で、少なくとも本件設置変更許可処分の前提となる本件設

置許可処分は不合理であるし、現時点において、本件原発の安全は確保されていないというほかない。

第４　補機冷却海水設備の機能喪失リスクの具体例

１　冷却機能の喪失のリスク

原子炉補機冷却海水設備の機能喪失は、崩壊熱除去機能喪失につながり、炉心損傷、さらには炉心溶融に至る危険がある。

軽石と火山灰（粒径が２㎜未満の火山砕屑物）が長期間に渡って取水設備周辺に大量流入すると、以下のような設備のリスクが高まる。

軽石の大量漂着の場合、カーテンウォール、バースクリーン及びロータリスクリーンによって、長期間にわたり大量の軽石を除去し続けられなければ、取水口や取水路が閉塞する危険、海水ポンプの回転軸（シャフト）と軸受の間に軽石がかみ込んで海水ポンプが停止する危険、伝熱管内に軽石が流入して摩耗・閉塞する危険が高まる。安全機能の維持、危険防止のためには、これらの危険がどのように起こり、それに対する防止策が果たして機能するかの検証が不可欠である。

２　過去の不具合の具体例

当然ながら、これらの設備は、全く不具合が生じない設備ではなく、実際に、過去にも以下のような不具合がニューシア[7]において公表されている。

このうち、⑷の伝熱管に海洋生物が付着して伝熱管の減肉が生じているという報告があるが、海洋生物が伝熱管に侵入することからすれば、それよりも細かな形状までも含めた軽石ないし火山灰が伝熱管に侵入する事態は想定される事態である。

---

[7] NUCIA。電力事業者が共同運営する原子力施設運転情報公開ライブラリー。
http://www.nucia.jp/

⑴　大飯発電所３号機　Ｂ－ロータリスクリーンの不具合

２００５（平成１７）年８月４日に発生した。

取水口に設置しているＢ－ロータリスクリーンの駆動用チェーンに不具合（変形、外れ）が認められた（図表２０）。

基本情報

通番	3177	報告書番号	2005-関西-S003
情報区分	S その他情報	報告書状態	最終報告
事象発生日時	2005年 08月 04日 22時 00分		
会社名	関西電力株式会社	発電所	大飯発電所3号
件名	B－ロータリースクリーンの不具合について		

事象の概要

事象の概要	大飯発電所3号機は、平成17年8月4日11時25分、定期検査の最終段階である調整運転を開始(発電機を並列)し、出力を上昇していたところ、取水口に設置しているB－ロータリースクリーンの駆動用チェーンに不具合(変形、外れ)が認められたため、2台ある循環水ポンプのうち1台を停止して、50%出力(8月5日5時10分に到達)を維持しながら、B－ロータリースクリーンの点検補修作業を実施することとした。(残り3台のロータリースクリーンを点検した結果、駆動用チェーン等に異常は認められなかった) このため、定格熱出力一定運転に到達する予定が、遅延することとなった。 変形したチェーンは、工場で成型加工して元の状態に戻し、取り付けた。 その後、当該スクリーンの試運転を行い、健全性を確認した上で、補修作業のために停止していた循環水ポンプを再起動し、8月10日の早朝に出力上昇を再開し、8月11日午前中に定格熱出力一定運転に到達した。 ↑閉じる

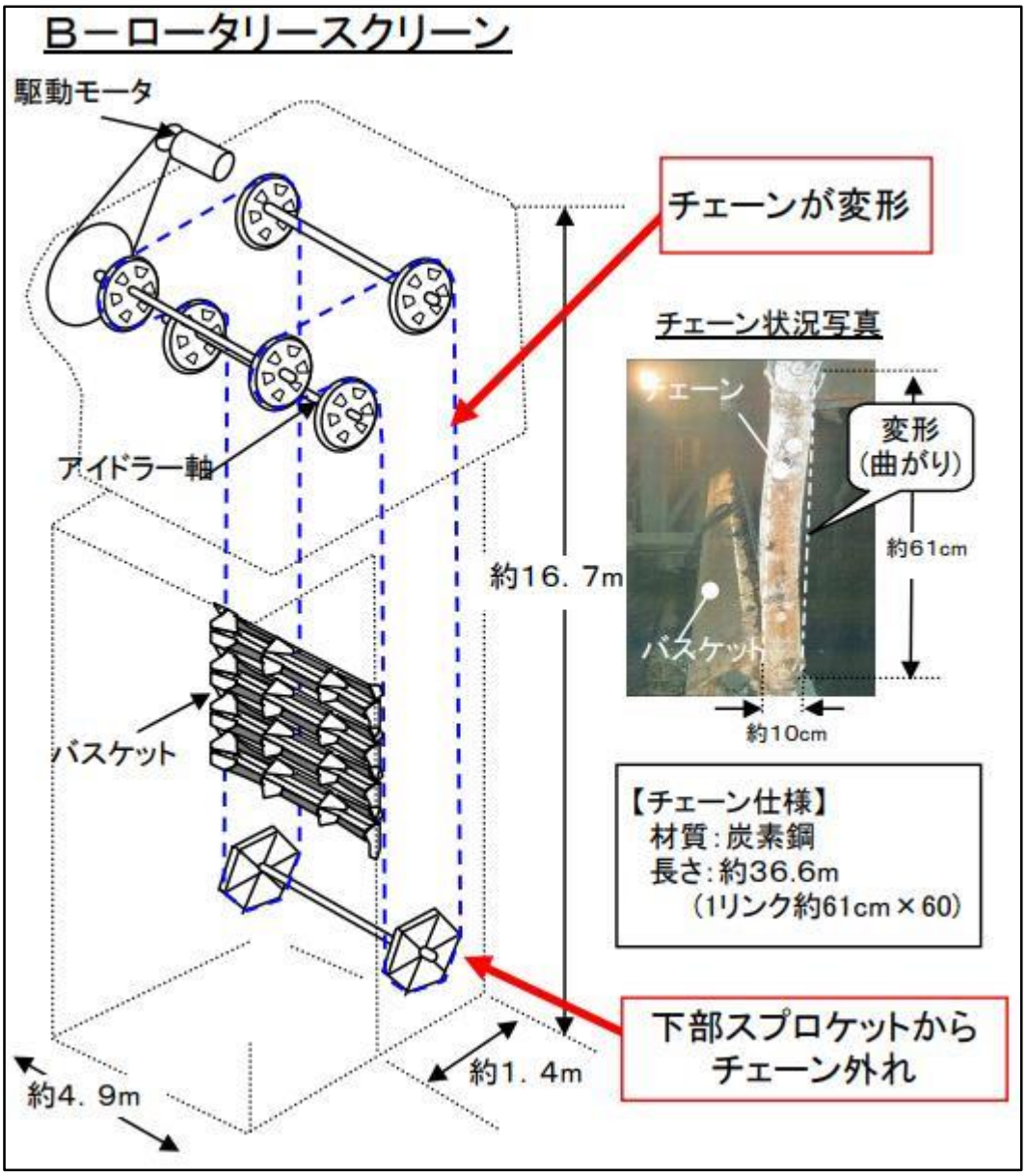
参考資料

添付資料	その他添付ファイル 3215 2 01(117KB)

図表２０　http://www.nucia.jp/nucia/kn/KnTroubleView.do?troubleId=3177

チェーンが外れた原因は、循環水ポンプを運転した状態で、アイドラー軸の軸受を交換しようとして、バスケットを取り外す作業を行ったことにより、チェーンが水流により左右に揺れて外れたものと推定された。

また、チェーンが変形した原因は、下部スプロケットにガタつきがあり、定期検査後の運転により、チェーンと歯車（下部スプロケット）のかみ合わせが悪くなり、変形したものと推定された（図表２１）。



図表２１　図表２０の添付ファイルの一部

⑵　柏崎刈羽原発４号機　原子炉補機冷却海水ポンプ（Ｃ）の不具合

２０２０（令和２）年７月２１日に発生した。

海水ポンプのグランド部（ポンプ本体と回転軸の隙間に設けられ、冷却水（海水）の漏洩を防止する機構）から白い湯気のようなものが発生し、ポンプを停止した。その後、当該ポンプを再起動するも、再び白い湯気のようなものが生じ、グランド部の温度が上昇したため、ポンプを停止した（図表２

２）。

基本情報

通番	13144	報告書番号	2020-東京-S008 Rev.1
情報区分	S その他情報	報告書状態	最終報告
事象発生日時	2020年 07月 21日 15時 55分		
会社名	東京電力株式会社	発電所	柏崎刈羽発電所4号
件名	原子炉補機冷却海水ポンプ(C)の不具合について		

事象の概要

事象の概要	■発生状況 2020年7月21日午前10時15分より、4 号機原子炉補機冷却海水系(＊1)【A系】の定例試験のために原子炉補機冷却海水ポンプ(C)を起動したところ、ポンプのグランド部(＊2)から白い湯気のようなものを確認したことから、同日午前10時31分にポンプを停止した。 その後、グランド部の状況確認のため、午後3時29分から当該ポンプを再起動したが、再度白い湯気のようなものおよびグランド部の温度上昇を確認したことから、午後3時55分にポンプを停止した。 4号機原子炉補機冷却海水ポンプ(C)は安全上重要な機器に該当するが、4号機原子炉補機冷却海水系【A系】には原子炉補機冷却海水ポンプが(A)と(C)の2台あり、そのうち(A)が運転中であることから、安全上の影響はない。 なお、今回の不具合による外部への放射能の影響はなし。 2020年7月30日、当該グランド部の部品(グランドパッキン)交換を実施し、翌7月31日に原子炉補機冷却海水ポンプ(C)の試運転を行ったところ、正常に起動することを確認した。 ＊1:原子炉補機冷却海水系 原子炉建屋内の設備(非常用ディーゼル発電機、空調機等)を冷却する原子炉補機冷却系を、熱交換器を介して海水で冷却する系統 ＊2:グランド部 ポンプ本体と回転軸の隙間に設けられ、冷却水(海水)の漏えいを防止する機構。 また、当該部は摺動により熱を持つため、ポンプで汲み上げた海水で冷却している ■原因 当該グランド部の交換により取り外したグランドパッキンの詳細調査の結果、パッキンの硬化が確認された。これにより摺動部の接触抵抗が増加し、グランド部に供給される冷却水の減少と相まってグランド部の温度が上昇したものと推定。 ■対策 当該ポンプのグランドパッキンの劣化状況を踏まえ、パッキンの交換を実施することとした。 ↑閉じる

参考資料

添付資料	発生時公表(894KB) 原因対策公表(216KB)

図表２２　http://www.nucia.jp/nucia/kn/KnTroubleView.do?troubleId=13144

原因は、グランド部のパッキンが硬化したことによって、摺動部の接触抵抗が増加し、グランド部に供給される冷却水の減少と相まってグランド部の温度が上昇したものと推定された。

⑶　女川原発３号機　原子炉補機冷却系熱交換器伝熱管の減肉

２００５（平成１７）年１０月１１日に発生した。

原子炉補機冷却系熱交換器の伝熱管１９４８本／基のうち、(B)で１１本、（C）で２本、（D）で１本に、判定基準を上回る減肉[8]が確認された（図表

[8] 高温・高圧の蒸気や水が高速で配管内を流れることなどによって、配管の肉厚が薄くなる現象。配管の破断等の原因になる。

２３）。

基本情報

通番	8272	報告書番号	2005-東北-S034
情報区分	S その他情報	報告書状態	最終報告
事象発生日時	2005年 10月 11日		
会社名	東北電力株式会社	発電所	女川発電所3号
件名	原子炉補機冷却系熱交換器伝熱管の減肉について		

事象の概要

事象の概要	・原子炉補機冷却系熱交換器(A)(B)(C)(D)において渦流探傷検査を行ったところ、熱交換器(B)の伝熱管1948本中11本、熱交換器(C)の伝熱管1948本中2本および熱交換器(D)の伝熱管1948本中1本について判定基準を超える減肉が確認された。 ・減肉が認められた14本の伝熱管については新管に取替え※を行った。 ※熱交換器(D)の伝熱管1本の取替えについては，11月1日に実施。

参考資料

添付資料	その他添付ファイル RCWHx(115KB)

図表２３　http://www.nucia.jp/nucia/kn/KnTroubleView.do?troubleId=8272

⑷　女川原発３号機　原子炉補機冷却系熱交換器伝熱管の減肉

２００８（平成２０）年１２月１５日に発生した。

原子炉補機冷却系熱交換器の伝熱管１９４８本／基のうち、（B）で６本、（C）で１本、（D）で２本、判定基準を上回る減肉が確認された（図表２４）。

基本情報

通番	10304	報告書番号	2008-東北-S068
情報区分	S その他情報	報告書状態	最終報告
事象発生日時	2008年 12月 15日		
会社名	東北電力株式会社	発電所	女川発電所3号
件名	原子炉補機冷却系熱交換器伝熱管の減肉について		

事象の概要

事象の概要	・原子炉補機冷却系熱交換器(A)～(D)の渦流探傷検査※を実施したところ、熱交換器の伝熱管(1，948本／基)のうち、(B)に6本、(C)に1本、(D)に2本、判定基準を上回る減肉が認められた(平成20年12月15日、平成21年3月12日、16日)。 ・原因は海生生物の付着等により減肉したものと推定した。 ・減肉が認められた伝熱管については、本定期検査中に新管への取替えを実施する。 ※渦流探傷検査とは非破壊検査の一種で、電気の流れを利用して細管等の小さな傷を検出する検査。

参考資料

添付資料	概略系統図 ？ 3号機器点検情報 RCW Hx【FDX】(134KB)

図表２４　http://www.nucia.jp/nucia/kn/KnTroubleView.do?troubleId=10304

原因は、海洋生物の付着等により減肉したものと推定したとされているが、具体的に、どのような海洋生物が、どの部分に、どのように付着したのかについては明らかにされていない。

３　予想される反論に対する再反論

なお、これまで述べてきた主張に対して、被告らからは、崩壊熱除去機能の喪失が重要事故シーケンスに取り入れられていることから、仮に、原子炉補機冷却海水系が機能喪失しても、常設又は車載代替最終ヒートシンクシステム[9]（ＵＨＳＳ）によって炉心冷却機能を確保するので問題ないという反論がなされることが考えられる。

しかし、この考えは、２つの重要な点で誤っている。

１つは、日本の原発における安全確保の基本方針として、深層防護の考えが採用されており、後段の対策（ここではＵＨＳＳ）が存在することを理由として、前段の対策（ここでは原子炉補機冷却海水系の機能維持対策）は不十分でもよいという考え方は、後段否定の原則に抵触し、許されない。

もう１つは、ＵＨＳＳによる除熱も、結局のところ、海水によって除熱するものであるから、原子炉補機冷却海水系と同様、軽石、火山灰の影響を受けるという点である（図表２５）。

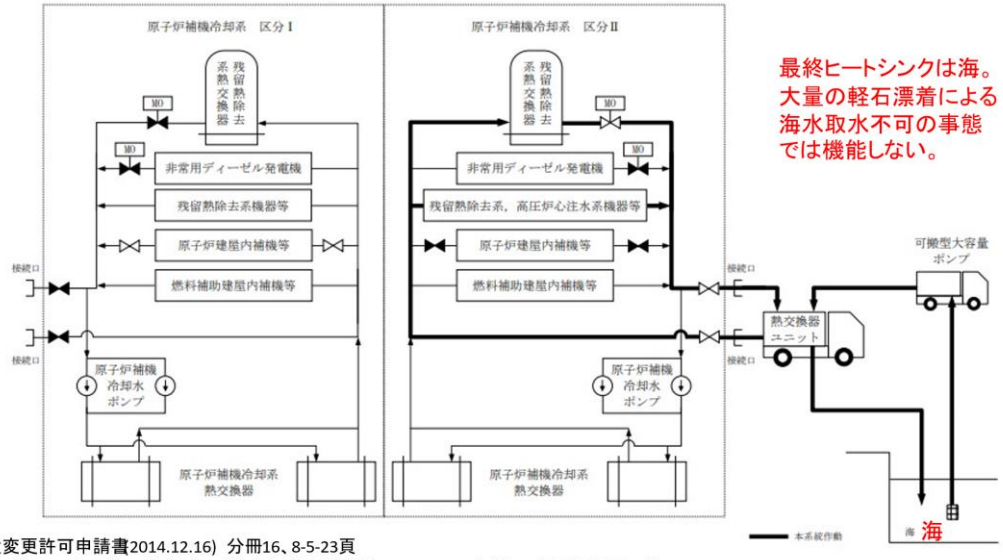
図表２５を見ると、右側の「可搬型大容量ポンプ」も、海から海水を取水することによって「熱交換器ユニット」に海水を送り、除熱を行う仕組みになっていることが分かる。

原子炉補機冷却海水系が機能喪失するにもかかわらず、この設備だけは有効に働くというのは、合理的根拠を欠く楽観的な説明というほかない。

---

[9] 最終的な熱の逃し場（最終ヒートシンク）へ熱を輸送するための系統をいう。

＜参考4＞　大間原発の代替原子炉補機冷却系系統概要図



出処：設置変更許可申請書2014.12.16)　分冊16、8-5-23頁
https//warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/10338561/www.nsr.go.jp/data/000085998.pdf

図表２５　本件原発における代替原子炉補機冷却系系統概要図

以上