

平成25年(ワ)第38号、第94号、第175号

「生業を返せ、地域を返せ！」福島原発事故原状回復等請求事件等

原告 中島 孝 外

被告 国 外1名

準 備 書 面 (1 0)

福島第一原子力発電所の非常用設備の状況及び事故経過

2013(平成25)年11月5日

福島地方裁判所 第1民事部 御中

原告ら訴訟代理人

弁護士 安 田 純 治

外

内容

はじめに	6
第1 福島第一原子力発電所の概要	7
1 設置位置.....	7
2 設置・運転開始時期.....	7
3 運転状況.....	7
4 福島第一原子力発電所の主要設備.....	8
(1) 主要設備の配置.....	8
(2) 主要設備の概要.....	9
第2 事故に対応すべき炉心冷却用の各種電源設備の概要	11
1 事故発生時に炉心損傷を回避するために必要な条件.....	11
2 通常運転時における熱の除去.....	12
3 残留熱除去系及び格納容器冷却系.....	13
4 非常用海水系ポンプ.....	13
5 非常用冷却設備	14
(1) 高圧冷却系.....	14
(2) 低圧注水系（L P C I）	15
6 外部電源及び変電所、所内受電設備.....	16
(1) 外部電源の役割	16
(2) 福島第一原子力発電所の外部電源系統.....	16

7	非常用ディーゼル発電機（非常用D／G）	16
	（1）本体	17
	（2）設置場所	17
	（3）非常用ディーゼル発電機の冷却機能	18
8	配電盤	18
	（1）配電盤の役割	18
	（2）高圧配電盤	19
	（3）低圧配電盤	19
	（4）配電盤の配置	19
9	直流電源	19
	（1）直流電気の役割	19
	（2）直流電源（バッテリー）	20
	（3）直流主母線盤の設置位置	20
10	まとめ	20
第3	東北地方太平洋沖地震発生後の事故経過	21
	1 地震の発生	21
	2 原子炉緊急停止（原子炉スクラム）	21
	3 全外部電源の喪失	22
第4	津波襲来後の事故の経過	22
	1 津波の襲来	22

2	海水ポンプの機能喪失.....	22
3	主要建屋のある敷地への浸水	23
4	主要建屋内部への浸水経路	24
5	非常用ディーゼル発電機の機能喪失.....	25
	(1) 水冷式非常用ディーゼル発電機の機能喪失	25
	(2) 空冷式非常用ディーゼル発電機の機能喪失	25
6	配電盤の喪失	26
	(1) 常用配電盤の機能喪失.....	26
	(2) 非常用配電盤の機能喪失	26
	(3) 1号機ないし5号機の全交流電源喪失	26
7	直流電源の機能喪失.....	27
	(1) 直流電源の機能喪失	27
	(2) 1号機、2号機及び4号機の全電源喪失	27
8	非常用冷却設備の機能喪失.....	27
第5	全交流電源喪失後の事故経過	28
	1 全電源喪失後の1号機	28
	2 全電源喪失後の2号機.....	29
	3 全交流電源喪失後の3号機.....	29
	4 全電源喪失後の4号機.....	30
	5 5号機及び6号機.....	30

(1) 6号機	30
(2) 5号機	31
6 まとめ.....	31

はじめに

本準備書面では、福島第一原子力発電所の非常用設備の状況及び本件原発事故の経過について主張する。訴状では本件原発事故の経過について、その概略のみを主張したが、被告東京電力及び被告国の予見義務及び結果回避義務違反の内容をより一層明らかにするために、前提として、福島第一原子力発電所の非常用設備の状況及び本件原発事故の経過について、より具体的に明らかにしておく必要があるためである。

第1「福島第一原子力発電所の概要」においては、福島第一原子力発電所の所在位置、1号機ないし6号機の運転開始時期、事故当時の運転状況、及び福島第一原子力発電所の主要設備の概要を示す。

第2「事故に対応すべき炉心冷却用の各種電源設備の概要」においては、まず、原子力発電所においての事故発生時に炉心損傷を回避するためには動力となる交流電源及び最終的なヒートシンク（熱の捨て場）が必要条件であることを明らかにする。その上で、通常運転時の熱の除去の仕組みを整理する。その後、通常停止時及び非常停止時の残留熱除去の仕組みを述べ、さらに、残留熱の除去が作動しない場合に作動すべき非常用冷却設備等の概要を整理する。

第3「東北地方太平洋沖地震後の事故経過」においては、東北地方太平洋沖地震の発生の後、原子炉が緊急停止すると同時に、地震により外部電源を全て喪失したことから、非常用ディーゼル発電機が起動した経過を明らかにする。

第4「津波襲来後の事故経過」においては、東北地方太平洋沖地震によって発生した津波が、福島第一原子力発電所に到達したことにより、1号機ないし6号機の非常用海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機、配電盤、直流電源及び非常用設備が、被水または電源喪失により機能喪

失した経過を整理する。

第5「全交流電源喪失後の事故経過」では、福島第一原子力発電所1号機ないし6号機が、全交流電源喪失または全電源喪失（全ての交流電源及び直流電源を喪失した状態）に至った後の、事故経過を整理する。

第1 福島第一原子力発電所の概要

1 設置位置

福島第一原子力発電所は、福島県双葉郡双葉町及び同郡大熊町に跨って所在しており、福島県いわき市の北約40km、同県郡山市の東約55km、福島市の南東約60kmに位置し、東は太平洋に面している。

2 設置・運転開始時期

福島第一原子力発電所においては、1967（昭和42）年9月に1号機の建設に着工して以来、順次増設が重ねられ、本件原発事故当時には、沸騰水型原子炉（BWR型）が6基あった。1971（昭和46）年3月に1号機、1974（昭和49）年7月に2号機、1976（昭和51）年3月に3号機、1978（昭和53）年10月に4号機、同年4月に5号機、1979（昭和54）年10月に6号機が、それぞれ運転を開始した。1号機は、被告東京電力にとっては初めての原子力発電所であり、本件原発事故の15日後に運転開始から40年が経過する予定であった。この中では最新の6号機でも、すでに運転開始から31年が経過していた。

3 運転状況

原子力発電所は、ウラン燃料に中性子を当てて核分裂させ、その時に発生する核分裂エネルギーによる熱を発電に利用する発電設備である。

ウラン燃料は原子炉圧力容器の中で発熱し、容器内の水を蒸発させる。発生した蒸気は、配管により蒸気タービンに送られ発電に利用される。

2011（平成23）年3月11日当時では、1号機ないし3号機は通常運転中であった。4号機は、定期検査中であったことから、原子炉内から全燃料を使用済み燃料プールに取り出され、使用済み燃料プールには燃料集合体1535体が貯蔵されていた。5号機及び6号機は、定期検査のため停止中で、原子炉に燃料を装荷した状態であった。そして、6号機は、冷温停止状態であった。

4 福島第一原子力発電所の主要設備

（1）主要設備の配置

1号機ないし4号機は大熊町、5号機及び6号機は双葉町にあり、敷地は海岸線を長軸に持つ半長円状の形状となっており、面積は約350万㎡である。敷地の中には、原子炉建屋、タービン建屋、免震重要棟などが設置されている。福島第一原子力発電所では、1号機と2号機、3号機と4号機及び5号機と6号機が、それぞれペアとなって建物などを共有している。

O. P. + 4 mの海側エリアには、後述する残留熱除去系等の非常用海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電設備冷却系海水ポンプが設置されている。

原子炉建屋やタービン建屋などがある主要建屋エリアは、1号機ないし4号機の敷地がO. P. + 10m、5号機及び6号機の敷地はO. P. + 13mであった。

福島第一原子力発電所の主要建物の配置は以下のとおりである。

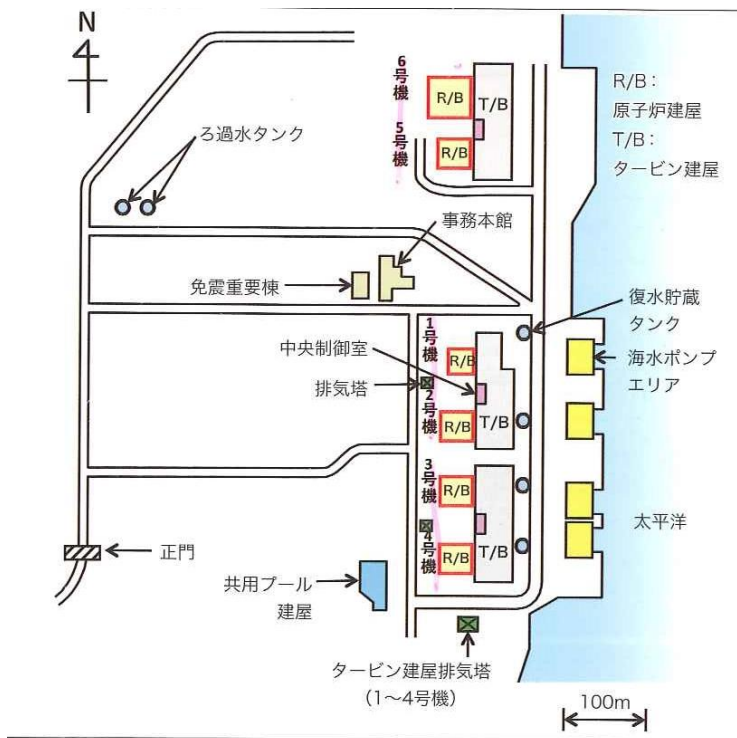
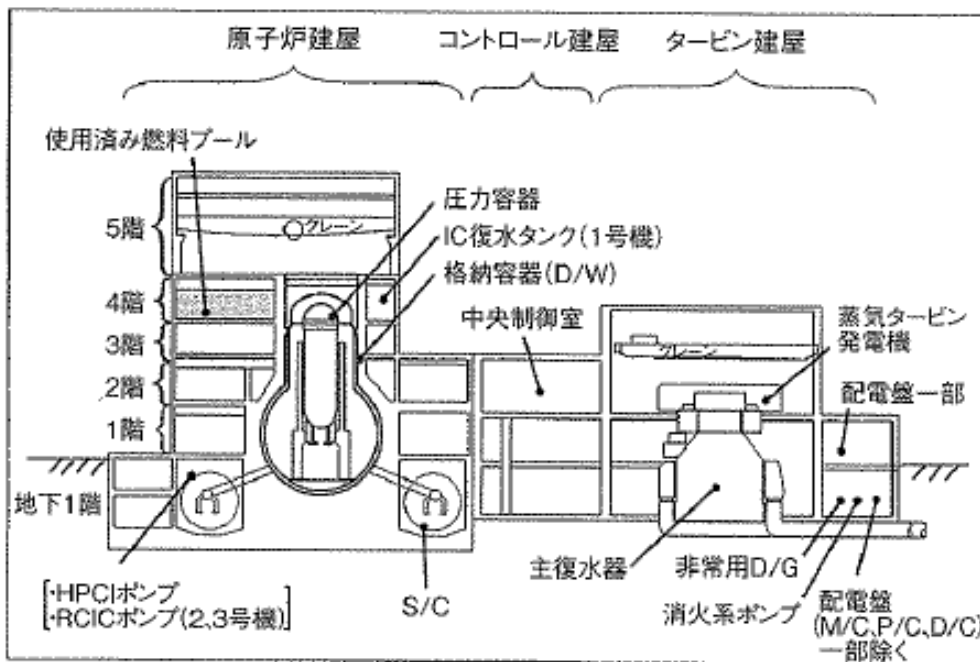


図1-2 主要部平面図

(甲B2号証19頁、図1-2)

(2) 主要設備の概要



(注) 上図では、引き出し線で主要設備の設置場所を示しているが、それらは、どの層にあるかを示しているだけであり、それ以上の意味はない。

(甲B2号証19頁、図1-4)

① タービン建屋（T/B）

タービン建屋（T/B）には、原子力発電所の通常運転時の発電に必要な設備であるタービン発電機、主復水器が配置されている。その地下1階には、後述する非常用ディーゼル発電機の多くが配置されている。また、タービン建屋の地下1階と地上1階には、後述する配電盤のほとんどが配置されている。

② 原子炉建屋（R/B）

タービン建屋より陸側には、原子炉格納容器を覆った鉄筋コンクリート製の原子炉建屋がある。原子炉建屋は、地上5階、地下1階の構造物で、高さは地上約45mある。原子炉建屋内には、圧力容器、原子炉格納容器の他に、発電に使用された後の燃料集合体を一定期間保管する使用済み燃料プールがあり、3月11日の地震発生時点にも新旧あわせて多数の燃料集合体が格納されていた。また、後述する非常用冷却設備の多くがこの建物の地下1階に配置されている。

③ 原子炉圧力容器

原子炉は、高さ約20mの圧力容器と、その外側の高さ約34mの格納容器から成り立っている。圧力容器は、厚さ約160mmもある鋼鉄製の頑丈な容器で、その内部で燃料の核分裂によって高温高圧の水蒸気を発生させている。

④ 格納容器

格納容器は、厚さ30mmの鋼鉄製の大型の容器で、放射性物質を外部に漏らさないための最後の砦の役割を果たしている。格納容器は、ドライウェル（D/W）と呼ばれるフラスコ型の容器と、「サプレッションチャンバー」（S/C）と呼ばれるドーナツ型の容器から成り立っている。両者は、ベント管と呼ばれる8本の太い管で連通していて、大きな圧力差は生じないように設計されている。ドライウェルという名称

は、サプレッションチャンバーと異なり、水が入っていないことによる。サプレッションチャンバーは大量の水を蓄えている。配管破断などの事故時や、後述の逃がし安全弁が開いて高温の蒸気が入ってきたとき、蒸気をこの水で冷やし液体の水に戻すことで、格納容器全体の圧力上昇を抑える。このため、サプレッションチャンバーは圧力抑制室とも呼ばれている。また、サプレッションチャンバー内の水は、後述する非常用冷却設備の水源としても機能する。

⑤ 逃がし安全弁

逃がし安全弁（SR弁）は、圧力容器の圧力が許容値を超えた場合に作動する減圧用の安全弁である。1基の原子炉に8個（1号機では4個）設置されている。

第2 事故に対応すべき炉心冷却用の各種電源設備の概要

1 事故発生時に炉心損傷を回避するために必要な条件

発電用原子炉が事故等によって停止した場合においても、原子炉圧力容器内においては既に発生した核燃料棒に溜まっている核分裂生成物が膨大な崩壊熱を発生させ続けることから、原子炉圧力容器の破損を回避するためには、原子炉圧力容器内を、長時間かつ継続的に冷却し続ける必要がある。そのためには、まず第1に、圧力容器内で発生する膨大な熱エネルギーを吸収して圧力容器の外に取り出す役割を果たす冷却材を、継続的に注入しかつ取り出し続け、強制的に循環させるための動力源（交流電源等）が必要となる。また、第2には、長時間かつ継続的な冷却のためには、圧力容器から熱を取り出した冷却材の膨大な熱エネルギーを、海水等の最終的なヒートシンク（熱の捨て場）に放出し続けることが必要とされる。これらの要件を欠く場合においては、圧力容器内を冷却することが不可能となり、その結果として、温度が上昇を続けた

場合には、冷却材の喪失から炉心損傷に至ることは避け難いところとなる。

以上から、地震及びこれに随伴する津波等の外的事象によって原子炉の通常運転が停止した場合においても、海水等の最終的なヒートシンクを確保したうえで、冷却材を長時間かつ継続的に循環させるための動力源としての非常用交流電源が確保されることが、炉心損傷にともなうシビアアクシデントを回避するためには絶対的に確保されなければならないものである。

以下、まず、通常運転時の熱の除去の仕組みを整理する。その後に、通常停止時及び非常停止時の残留熱除去の仕組みを述べ、さらに、残留熱の除去が作動しない場合（高度の安全性が求められる発電用原子炉において本来はあってはならない事態ではあるが）に作動すべき非常用冷却設備等の概要を整理する。

2 通常運転時における熱の除去

原子力発電所の通常運転時においては、原子炉内の核分裂反応によって膨大な熱エネルギーが発生するが、この熱エネルギーは原子炉から高温・高圧の水蒸気として取りだされ、配管を通じてタービン建屋内にある発電用タービンを回して、その熱エネルギーのうち約3分の1を電気エネルギーに転換することによって発電を行う。残りの3分の2の熱エネルギーについては、それを含んだ高温・高圧の水蒸気が、主復水器と呼ばれる装置で海水と熱交換をすることによって冷やされ、液体の水となり、再度原子炉に戻されることとなる。熱交換器において除去された熱は、海水の循環を通じて海に捨てられる。総発電量の約2倍の熱エネルギーを海に捨てるためには、膨大な量の海水を強制循環する必要がある。

3 残留熱除去系及び格納容器冷却系

原子炉圧力容器内の残留熱の除去が必要となる場合は、通常運転から計画的に原子炉の運転を停止する場合と、次に述べる、異常事態が発生した際の緊急停止の場合の、2つがある。

原子力発電所において地震発生など異常が生じた場合には、原子炉内の燃料集合体の間に制御棒を急速に差し込む方法により核分裂反応を停止させる。これを原子炉緊急停止（原子炉スクラム）という。もっとも、原子炉スクラムによって原子炉を「止める」ことができて、既に発生した核燃料棒に溜まっている核分裂生成物は崩壊し、崩壊熱を発生させるので、原子炉圧力容器を冷却し続ける必要がある。

しかし、外部電源を喪失した場合などは、主復水器につながる蒸気配管（ライン）は自動的に閉じられる。その結果、原子炉は最終ヒートシンクを失うことになる。そこで、主復水器より容量の小さい熱交換器を用いる残留熱除去系（RHR）、1号機においては格納容器冷却系（CCS）というシステムが起動し、原子炉を冷却することになる。

残留熱除去系及び格納容器冷却系は、計画的な停止及び地震等における原子炉スクラムによる緊急停止の事態を想定して設計されているものであることから、常用冷却設備に分類される。

4 非常用海水系ポンプ

残留熱除去系等には、熱交換器を除熱するために冷却水となる海水を供給する必要がある。その冷却用海水ポンプを「非常用海水系ポンプ」という。格納容器冷却系を冷却する系統は「格納容器冷却海水系」（CCSW）であり、残留熱除去系を冷却する系統は「残留熱除去海水系」（RHRS）である。いずれの非常用海水系ポンプも、駆動するためには交流電源を必要とする。

福島第一原子力発電所においては、格納容器冷却海水系及び残留熱除去海水系はそれぞれA系及びB系の2系統からなり、各系統には非常用海水系ポンプが並列に2台設置され、全て屋外の海側エリア（O. P. + 4 m）に設置されていた。

5 非常用冷却設備（甲B3号証185頁）

（1）高圧冷却系

残留熱除去系が働かなくなるなどの非常事態が発生した場合などに備えて、非常用冷却設備が用意されている。

原子炉運転停止直後の崩壊熱の冷却に際しては、発熱量が大きく原子炉容器内は高温高圧である。この段階で使用可能な非常用冷却設備として、高圧でも使用可能な非常用復水器（IC）、原子炉隔離時冷却系（RCIC）、及び高圧注水系（HPCI）がある。

① 非常用復水器（IC）

非常用復水器（IC）は、福島第一原子力発電所においては、1号機のみで使用されていた非常用冷却設備である。非常用復水器は、原子炉が高圧状態でも作動し、また動力を必要とせず、自然循環で冷却ができる。ただし、自然循環流路に4つのバルブがあり、それらが電源喪失時に何らかの方法で開かなければ、非常用復水器による受動的冷却は実現できない。

その冷却機能は、1系統あたり約100 m³の復水タンクの水の蒸発による最終ヒートシンクに依存する。よって、水の補給がない限り、全ての水の蒸発までの数時間で機能を喪失する。

② 原子炉隔離時冷却系（RCIC）

福島第一原子力発電所2号機ないし6号機には高圧冷却系炉心冷却システムである原子炉隔離時冷却系（RCIC）が設置されていた。原

子炉隔離時冷却系は、圧力容器とサブプレッションチャンバーの圧力差を利用して蒸気を流し、タービンポンプを駆動するものであり、交流電源喪失時でも作動できるが、8時間程度の運転時間しか想定されておらず、それ以上長時間の場合は機能喪失となる。

また、原子炉隔離時冷却系は、起動操作や制御に直流電源が必要であるため、直流電源を喪失した場合には制御不能となる。

なお、冷却用の水源としては、復水貯蔵タンク又はサブプレッションチャンバー内の水を利用する。しかし、最終ヒートシンクをもたないことから、駆動に伴い、駆動に必要な前記の圧力差が減少し、また水源であるサブプレッションチャンバー内の水の温度が上昇して、冷却機能を失う。

③ 高圧注水系（H P C I）

高圧注水系（H P C I）は、福島第一原子力発電所においては、1号機ないし5号機に設置されている。原子炉隔離時冷却系と同様に、圧力容器内の蒸気によりタービンポンプを駆動するものであり、交流電源喪失時においても、高圧条件下で原子炉内に冷却水を注入する非常用冷却設備である。

ただし、冷却用の水源として、復水貯蔵タンク又はサブプレッションチャンバー内の水を利用することから、原子炉隔離時冷却系（R C I C）と同様の限界がある。前記の残留熱除去系（R H R）を、「サブプレッションチャンバー冷却モード」として作動させることによって、サブプレッションチャンバーの除熱を続け、この限界を無くすことは可能であるが、その場合には、動力源としての交流電源が必要となる。

また、高圧注水系の操作には直流電源が必要である。

（2）低圧注水系（L P C I）

低圧注水系（L P C I）は、高圧注水による減圧または高圧注水系故障時の逃がし安全弁操作による減圧が行われた後の冷却に用いるもの

であり、高圧注水系に比較して大きな容量を持っている。低圧注水系は海水との熱交換器を使用し、サブプレッションチャンバー内のプール水を冷却するとともに、炉心冷却のために原子炉容器内に水を注入する。

低圧注水系は、その駆動のためには、交流動力電源が必要である。

6 外部電源及び変電所、所内受電設備

(1) 外部電源の役割

原子力発電所は、通常運転中は自身が発電している電力で諸設備を運転している。しかし、原子炉スクラムにより核分裂反応が停止されると、原子力発電所は発電機能がなくなる。そこで、諸設備を動かすための交流電源は、原子力発電所外部の変電所から送電線を使って送られてくる外部電源に切り替えられる。外部電源を使えば、残留熱除去系などを使って、原子炉を冷温停止状態にすることが可能となる。

(2) 福島第一原子力発電所の外部電源系統

ア 福島第一原子力発電所の外部交流電源は、8 kmの距離にある新福島変電所から、発電所敷地内に設置された受電設備である超高压変電所に供給されていた。なお、1号機には、東北電力株式会社の富岡変電所から東電原子力線を通じて電気が供給される予備送電線が用意されていた。

イ 原子力安全委員会が策定した「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」は、原子炉施設における設備の耐震設計上の重要度を、S、B及びCクラスに分類していた。しかし、福島第一原子力発電所の外部電源設備の耐震クラスは、ノンクラスとされ耐震対策が要求されていなかった。

7 非常用ディーゼル発電機（非常用D/G）

(1) 本体

非常用ディーゼル発電機（非常用D/G）は、外部電源を喪失した場合に、原子炉施設に交流電源を供給するための非常用電源設備であり、ディーゼルエンジンで稼働する発電機である。非常用ディーゼル発電機は、後述する非常用の高圧配電盤（M/C）に電源を供給し、外部電源が喪失した場合でも、原子炉を安全に停止するために必要な電力を供給する。

(2) 設置場所

福島第一原子力発電所においては、非常用ディーゼル発電機は、1号機ないし5号機はA系及びB系の2系統、6号機はA系、B系及びH系の3系統からなる。非常用ディーゼル発電機の設置場所は、以下のとおりである。

1号機の非常用ディーゼル発電機A系及びB系は、タービン建屋地下一階（A系がO. P. + 4. 9 m、B系がO. P. + 2 m）に設置されていた。

2号機の非常用ディーゼル発電機は、A系がタービン建屋地下1階（O. P. + 1. 9 m）に設置されていた。2号機非常用ディーゼル発電機（空冷式）B系は、共用プール建屋1階（O. P. + 10. 2 m）に設置されていた。

3号機のA系及びB系は、いずれもタービン建屋地下1階（O. P. + 1. 9 m）に設置されていた。

4号機のA系はタービン建屋地下一階（O. P. + 1. 9 m）に設置され、4号機B系は、空冷式で、共用プール建屋1階（O. P. + 10. 2 m）設置されていた。

5号機は、A系・B系いずれも、タービン建屋地下一階（O. P. + 4. 9 m）に設置されていた。

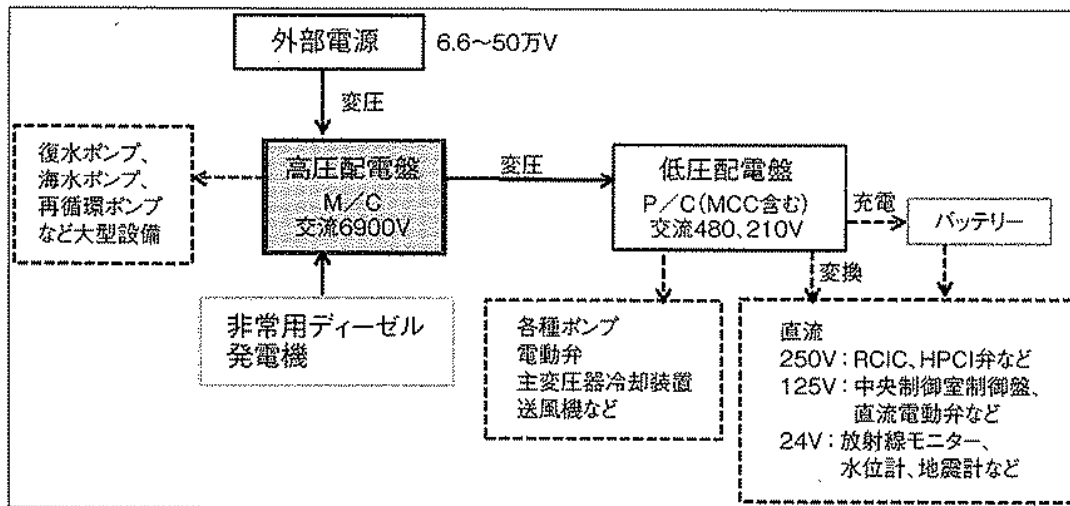
6号機は、A系・H系は、原子炉建屋地下一階（O. P. + 5. 8 m）に設置されていた。6号機の空冷式のB系は、ディーゼル発電機建屋1階（O. P. + 13. 2 m）に設置されていた。

（3）非常用ディーゼル発電機の冷却機能

非常用ディーゼル発電機は、2号機B系、4号機B系、6号機B系を除き、非常用ディーゼル発電設備冷却系海水ポンプで取り込まれる海水を利用して発電機の冷却を行う水冷式構造になっている。水冷式非常用ディーゼル発電機本体が被水しなくとも、非常用ディーゼル発電設備冷却系海水ポンプが機能喪失すると、水冷式非常用ディーゼル発電機も機能喪失する。非常用ディーゼル発電設備冷却系海水ポンプも、全て屋外の海側エリア（O. P. + 4 m）に設置されていた。

8 配電盤（甲B3号証22頁）

（1）配電盤の役割



（注）M/C、P/Cには、それぞれ常用・非常用の2系統がある。

MCCとはMotor Control Centerの略で、P/Cから受信した電力を、小型開閉器を介して小型設備に供給している。

外部電源及び非常用ディーゼル発電機の電源は、高圧配電盤（M/C）、低圧配電盤（P/C、MCCなど）を経由して、発電所内の各機器に供

給される。非常用ディーゼル発電機など電源自体が機能喪失していない場合でも、配電盤が機能喪失すれば、各機器に電源を供給できなくなることから、配電盤は電源供給の要の役割を果たしている。

(2) 高圧配電盤

高圧6900Vの交流電源配電盤のことを、M/C（メタクラ）という。高圧配電盤（M/C）は、海水ポンプ等の大型設備を稼動するとともに、下記のパワーセンターに電力を供給している。常用（通常運転時に使用される設備に接続）、共通（常用のうち、隣接号機等への給電にも用いられる系統）及び非常用（外部電源が喪失したときに非常用ディーゼル発電機からの電力が供給される系統）の3系統からなる。

(3) 低圧配電盤

ア パワーセンター（PC）

低圧480Vの交流電源配電盤を、PC（パワーセンター）という。M/Cからの電力を480Vに電圧を落として配電している。発電所内の多くの設備は、このパワーセンターから供給される電力によって駆動されている。常用、共通、及び非常用の3系統からなる。

イ MCC

MCCは低圧480V及び低圧210Vの交流電源配電盤で、パワーセンターから受電した電力を、小型開閉器を介して小型設備に供給する。

(4) 配電盤の配置

福島第一原子力発電所の配電盤は、別表1①及び②の位置に設置されていた。

9 直流電源

(1) 直流電気の役割

通常運転時は、低圧配電盤（MCC）からの交流電源を直流電気に変

換し、バッテリーの充電、制御計測用、及び直流電動弁などの電源として使用する。250V、125V、24Vの3種類がある。250Vの直流電気は原子炉隔離時冷却系(RCIC)弁、高圧注水系(HPCI)弁など、125Vの直流電気は中央制御室制御盤、直流電動弁など、24Vの直流電気は放射線モニター、地震計などに、それぞれ使用される。

(2) 直流電源 (バッテリー)

全交流電源が失われた場合に備え、原子力発電所には直流電源のバッテリーが各号機に複数台備え付けられているが、福島第一原子力発電所においては、バッテリーは短時間の使用しか想定されていない。

全交流電源喪失時においては、非常用の措置として直流電源により原子炉隔離時冷却系(RCIC)などの起動操作や制御をおこなうことは必要とされるが、結局、交流電源が復旧するまでの時間稼ぎにすぎず、最終的に原子炉を冷温停止状態に移行させるには、交流電源の復旧が不可欠である。長時間交流電源が復旧しない場合には、原子炉を冷却するための手段は尽き、炉心溶融のシビアアクシデントは避けられない。

(3) 直流主母線盤の設置位置

直流電気を使う際に必要な機器である直流主母線盤は、1号機はコントロール建屋地下1階(O.P.+4.9m)、2号機はコントロール建屋地下一階(O.P.+1.9m)、3号機はタービン建屋中地下階(O.P.+6.5m)、4号機はコントロール建屋地下一階(O.P.+1.9m)、5号機及び6号機はタービン建屋中地下一階(O.P.+9.5m)に、それぞれ設置されていた。

10 まとめ

以上、福島第一原子力発電所を前提として、原子炉の冷却機能の概要を確認したが、結論としては、地震等の外的事象によって原子炉の緊急

停止に至った場合において、炉心損傷というシビアアクシデントを回避するためには、最終的なヒートシンクを確保したうえで、冷却材を長時間かつ継続的に循環させるための動力源としての（非常用）交流電源が確保されることが絶対的に必要とされる場所である。

最終的なヒートシンクとなる非常用海水系ポンプの機能喪失、又は冷却材の長時間かつ継続的な循環のための（非常用）交流電源の喪失があった場合には、直ちに炉心冷却機能の喪失に至り、結果として炉心損傷に至る可能性が高いといえる。

第3 東北地方太平洋沖地震発生後の事故経過

1 地震の発生

2011（平成23）年3月11日14時46分、三陸沖の海底（北緯38度06.2分、東経142度51.6分、深さ24km）を震源とするマグニチュード9.0の巨大地震が発生した（東北地方太平洋沖地震）。福島第一原子力発電所との震源距離は180kmであった。

東北地方太平洋沖地震の最大震度は震度7を記録し、福島第一原子力発電所のある福島県双葉郡大熊町と双葉町では震度6強を記録した。

また、人間や建物にかかる瞬間的な力である最大加速度は、福島第一原子力発電所で最大550ガルを記録し、一部で、基準地震動Ss（原発の設計の前提となる地震の揺れ）を上回った。

2 原子炉緊急停止（原子炉スクラム）

地震発生後直ちに、通常運転中であった1号機ないし3号機の原子炉では、制御棒挿入による緊急停止（原子炉スクラム）が自動的に行われ、引き続き運転員により所内電源が外部電源に切り替えられた。

3 全外部電源の喪失

しかし、外部電源の切り替え操作とほぼ同時に、地震による遮断機の動作停止等により全回線が受電停止し、1号機ないし6号機は全外部電源を喪失するに至った。

そのため、非常用ディーゼル発電機が自動で起動することになった。

そして、常用（外部）電源喪失時のフェールセーフ機能（機械や設備で、何か問題が発生した時に自動的に「安全サイド」に動作するように工夫しておく設計の考え方）として、蒸気タービンや主復水器へ行くメインの配管を閉じる主蒸気隔離弁が自動で「閉」となった。

主復水器隔離時の代替冷却システムである1号機の非常用復水器（IC）及び、2号機、3号機の原子炉隔離時冷却系（RCIC）が起動された。

（以上「2」、「3」、につき甲B2の37頁、44頁。）

第4 津波襲来後の事故の経過

1 津波の襲来

福島第一原子力発電所の約1.5km沖合の波高計によれば、水位は、15時15分ころから上昇し、15時27分ころに約4mのピークとなった後（第一波）、いったん低下し、15時33分ころから急に上昇し、15時35分ころに測定限界であるO.P.+7.5mを超えた（第二波）。

もともと、上記は、沖合1.5km地点の到達時刻であり、福島第一原発への到達時刻ではない。

2 海水ポンプの機能喪失

前記のとおり、福島第一原子力発電所の屋外の海側エリア（O.P.

+4 m) には、非常用海水系ポンプ（格納容器冷却海水系及び残留熱除去海水系）、及び非常用ディーゼル発電設備冷却系海水ポンプが設置されていた。

これらは、いずれも津波によりポンプのモータが冠水し、機能を喪失した。

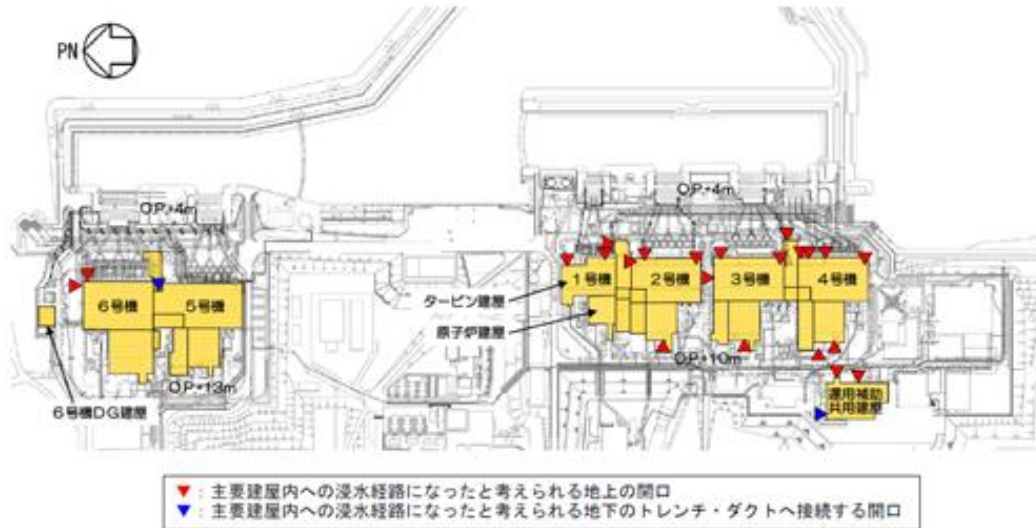
3 主要建屋のある敷地への浸水

1号機ないし4号機が設置されていたエリアの想定津波高はO. P. +6. 1 mであり、主要建屋（原子炉建屋、タービン建屋、非常用ディーゼル発電機建屋、運用補助共用施設、コントロール建屋、廃棄物処理建屋、サービス建屋及び集中廃棄物処理施設）の敷地の高さはO. P. +10 mであったが、津波はこの敷地高さを超えて浸水した。

また5号機及び6号機が設置されていたエリアの想定津波高はO. P. +6. 2 mであり、主要建屋の敷地の高さがO. P. +13 mであったが、津波はこの敷地高さを超えて浸水した。

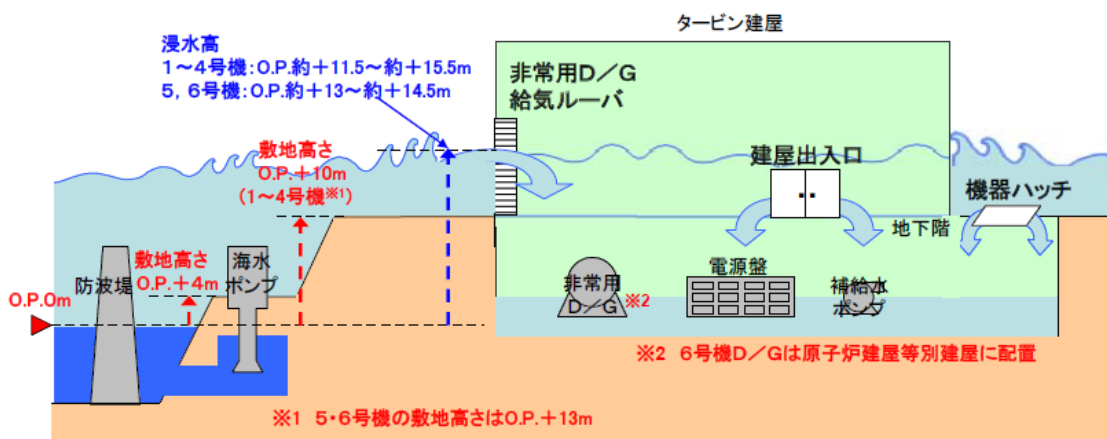
4 主要建屋内部への浸水経路

福島第一原子力発電所 主要建屋内への浸水経路になったと考えられる開口の位置



添付7-1

(東京電力「福島原子力事故調査報告書」添付資料7-1)



(東京電力「福島原子力事故調査報告書」105頁)

福島第一原子力発電所の主要建物内部への浸水経路は、①建屋の地上の開口部に取り付けられている建屋出入口②非常用ディーゼル発電機給気ルーバ③地上機器ハッチ④建屋の地下でトレンチやダクトに通じ

るケーブルである。ただし、タービン建屋において海水取水用の配管が破断した場合には、その破断面を通じて建屋内に海水が流れ込んだ可能性もある。

5 非常用ディーゼル発電機の機能喪失

(1) 水冷式非常用ディーゼル発電機の機能喪失

津波により、福島第一原子力発電所の海側エリア及び主要建屋エリア全域が津波の浸水を受けた結果、以下のとおり、非常用ディーゼル発電機の機能が喪失した。

1号機ないし4号機の水冷式非常用ディーゼル発電機は、発電機本体または非常用ディーゼル発電設備冷却系海水ポンプ等の関連機器が、津波により被水して機能喪失したことにより、停止した。

5号機及び6号機の水冷式非常用ディーゼル発電機は、本体は津波による被水を免れた。しかし、5号機は関連機器被水により機能喪失し、6号機は非常用ディーゼル発電機を冷却するための非常用ディーゼル発電設備冷却系海水ポンプが機能喪失したため、運転することができなくなった。結果として、1号機ないし6号機の水冷式の非常用ディーゼル発電機はすべて機能喪失した。

(2) 空冷式非常用ディーゼル発電機の機能喪失

2号機、4号機及び6号機には、空冷式非常用ディーゼル発電機が設置されており、非常用ディーゼル発電設備冷却系海水ポンプが機能喪失しても、水冷式非常用ディーゼル発電機と異なり、機能喪失には至らなかった。

もっとも、このうち、2号機及び4号機の空冷式非常用ディーゼル発電機は、本体に浸水被害はなかったが、後述のとおり非常用ディーゼル発電機を接続する金属閉鎖配電盤が水没して、空冷式非常用ディーゼル

発電機自体も利用不能となり、機能を喪失した。

結局、非常用ディーゼル発電機は、6号機の空冷式非常用ディーゼル発電機のみが、機能喪失を免れた。

6 配電盤の喪失 (別紙1①及び②)

(1) 常用配電盤の機能喪失

常用の高圧配電盤・低圧配電盤は、通常運転時の電源及び外部電源からの電源を使用する際に用いられるものであるが、前記のとおりこれらの電源の供給が停止されたことから、機能を喪失するに至った。

(2) 非常用配電盤の機能喪失

ア 非常用高圧配電盤 (M/C) の機能喪失

非常用高圧配電盤 (M/C) は、1号機ないし6号機に15台設置されていたが、6号機の原子炉建屋に設置されていたC系、D系及びH系を除く、全ての高圧配電盤が津波により被水し、機能を喪失した。

イ 非常用低圧配電盤 (パワーセンター) の機能喪失

非常用低圧配電盤 (パワーセンター) は、1号機ないし6号機に15台設置されていた。しかし、非常用低圧配電盤のうち、2号機タービン建屋1階に設置されていたC系及びD系、4号機タービン建屋1階に設置されていた4号機D系、6号機原子炉建屋地下2階に設置されていた6号機C系、同原子炉建屋地下1階に設置されていた6号機D系及び6号機ディーゼル発電機専用建屋地下1階に設置された6号機E系を除く、全ての非常用低圧配電盤が、津波により被水し機能を喪失した。

(3) 1号機ないし5号機の全交流電源喪失

別紙1①のとおり、高圧配電盤 (M/C) は、1号機から5号機までは、常用系、非常用系の全てが被水しており、仮に外部電源や非常用ディーゼル発電機が機能していたとしても、電力を必要とする機器に供給

することができない状態であった。低圧配電盤についても大半は被水し、高圧電源車などの接続可能な箇所は限られてしまう状況であった。

他方、6号機については、空冷式の非常用ディーゼル発電機のみならず、高圧配電盤、低圧配電盤といった配電盤も被害がなかったことから、電力供給先の機器を作動継続させることができた。

7 直流電源の機能喪失

(1) 直流電源の機能喪失

津波による被水により、比較的高所である中地下階に設置されていた3号機、5号機及び6号機の直流主母線盤以外は、全て機能喪失した。

(2) 1号機、2号機及び4号機の全電源喪失

以上のとおり、福島第一原子力発電所のうち、1号機、2号機及び4号機は、交流電源及び直流電源の全てを喪失し、全電源喪失となった。3号機及び5号機は全交流電源を喪失したが、直流電源の機能喪失は免れた。6号機は、交流電源、直流電源のいずれも一部機能喪失を免れた。

8 非常用冷却設備の機能喪失

前記のとおり、残留熱除去系等が機能喪失した場合には、以下の非常用冷却設備で原子炉を冷却することになる。しかし、以下のとおり、非常用冷却設備も津波及び津波にともなう電源喪失により、大半が機能喪失した。

① 非常用復水器（I C）

1号機の非常用復水器は、全電源喪失によりバルブの操作ができず、ほとんど機能しなかった。

② 原子炉隔離時冷却系（R C I C）

原子炉隔離時冷却系は、起動操作や制御に直流電源が必要であるため、

直流電源を喪失した場合には制御不能となる。

2号機では、直流電源を喪失していたため、制御不能状態となっていた。

3号機では、前記のとおり、配電盤が被水を免れたことから、直流電源で原子炉隔離時冷却系を操作していたが、やがて原子炉隔離時冷却系は停止した。

なお、4号機ないし6号機は、当時定期検査中であったことから、原子炉隔離時冷却系は作動しなかった。

③ 高圧注水系（H P C I）

高圧注水系の操作には直流電源が必要であり、直流電源喪失の影響を受けた。

1号機及び2号機では、津波到達後、操作に必要な直流電源を含む全電源が喪失したことから、高圧注水系もその冷却機能を喪失した。

3号機では、前記のとおり直流電源は機能喪失を免れたため、高圧注水系が自動起動したが、後述のとおり直流電源バッテリーが枯渇する直前に停止した。

第5 全交流電源喪失後の事故経過

1 全電源喪失後の1号機

1号機は、津波の襲来によって、交流電源・直流電源いずれもが喪失した（全電源喪失）。1号機は全電源喪失により、非常用復水器の弁の操作ができない状態となり、同じく直流電源で起動する高圧注水系も起動不能となった。また、この時期に1号機は、非常用海水系ポンプを用いる冷却系も機能喪失したことにより、炉心の冷却が不可能になった。

その結果、1号機の原子炉水位が急激に低下し、3月11日18時46分頃には、燃料損傷が開始した。3月12日14時30分頃には、ベ

ントが成功したが、その結果、1号機から大気中に放射性物質が放出された。

さらに、同日15時36分には、1号機原子炉建屋で水素爆発が起き、放射性物質が放出されるに至った。

2 全電源喪失後の2号機

2号機も、全交流・直流電源を喪失した。そこで、2号機においては、原子炉隔離時冷却系を起動し、原子炉への注水を開始したが、原子炉隔離時冷却系は長時間の機能維持が想定されておらず、徐々に機能が低下し、3月14日13時25分頃には機能を喪失した。そして、同日17時17分頃には、2号機の水位が燃料頂部に到達し、燃料損傷が開始した。さらに、翌15日6時14分頃には、2号機の圧力抑制室の圧力が急低下したことから、格納容器に損傷が生じたと推定される。その結果として、2号機から大量の放射性物質が放出されるに至った。

3 全交流電源喪失後の3号機

3号機では、全交流電源は喪失したものの、直流電源は一部で生き残った。この直流電源のおかげで、原子炉隔離時冷却系や、高圧注水系用の電源、計器類などに電気を供給することができ、非常用冷却設備によって原子炉を冷却することが可能であった。しかし、12日11時36分には、3号機の原子炉隔離時冷却系は停止した。そこで、3号機では、原子炉隔離時冷却系の代わりに、同日12時35分からバッテリーの直流電源を使用し高圧注水系を起動して原子炉を冷却した。しかし、翌13日2時42分には、3号機の直流電源が枯渇して全電源を喪失し、高圧注水系が停止した。これにより、3号機においては原子炉への注水手段がなくなり、原子炉水位が低下し、同日4時15分には水位が燃料頂

部に達し、同日8時から9時頃には、燃料損傷が開始した。その後、3号機原子炉に対してベント操作や淡水注水、海水注水などを行ったが、14日4時30分には、3号機の炉心は完全に露出した。さらに、同日11時01分頃には、3号機の原子炉建屋において水素爆発が発生するに至った。

4 全電源喪失後の4号機

4号機は、2010（平成22）年11月から定期検査のため運転停止中であり、全ての燃料が、原子炉内から原子炉建屋4・5階部分の使用済み燃料プールに取り出されていた。同プールには、燃料集合体1535体が貯蔵されおり、この燃料の冷却をどう維持するかが問題であった。

4号機は、全電源を喪失し、海側にあった冷却用海水ポンプも冠水・損傷して機能喪失し、使用済み燃料プールの冷却機能が失われ、燃料プールの蒸発による水位の低下が懸念されていたが、被告東京電力による調査の結果、水位が使用済み燃料の頂部到達に至るのは3月20日頃になると予想された。しかし、15日6時14分頃、3号機から4号機に水素が大量に流入し、4号機は水素爆発を起こし、原子炉建屋4階及び5階部分が損傷した。さらに、16日には、4号機の原子炉建屋3階で火災が発生した。20日からは、消防車から4号機に対して放水を開始して、以降は、燃料プールの水位が維持された。

5 5号機及び6号機

(1) 6号機

6号機は、O. P. + 13.2mの位置にあった空冷式の非常用ディーゼル発電機が高所に設置されていたため津波の浸水を免れ、かつ、空

冷式のため冷却水を海から取る必要がなかったことから海拔 4 m に設置された海水冷却ポンプ損傷の影響も受けることがなかった。さらに、6 号機は配電盤も一部機能喪失を免れたため、非常用ディーゼル発電機の機能が維持され、交流電源が維持された。また、6 号機は、直流電源も機能維持されたため、中央制御室や監視計器は無事作動しており、原子炉や使用済み燃料プールの様子を確認しながら作業が進められた。

13 日には、6 号機は、生き残った非常用ディーゼル発電機によって、復水貯蔵タンクの水源を使った復水補給水系ポンプの電源も確保されていたことから、原子炉への注水も可能となった。

20 日には、6 号機は、非常用冷却設備から、通常停止時の冷却系である残留熱除去系に移行し、6 号機の原子炉は冷温停止状態で維持されるに至った。

(2) 5 号機

5 号機は、全交流電源は喪失したが、直流電源は一部機能喪失を免れた。そこで、12 日早朝から、5 号機は、隣接プラント間の電源融通のための本設ケーブルを通じて、6 号機の非常用電源から直流電源の受電を開始し、直流電源を維持した。さらに、5 号機・6 号機間に仮設ケーブルを敷設して、13 日夜には、5 号機は、6 号機からの交流電源の融通も確保し、復旧作業に必要な機器への電源供給が可能となった。3 月 19 日には、5 号機の残留熱除去系の海水ポンプが起動し、原子炉は冷温停止状態に移行した。

6 まとめ

本件原発事故では、全電源を喪失した 1 号機及び 2 号機は炉心損傷に至った。また、3 号機は直流電源が生き残ったが、長時間の全交流電源喪失状態は回復されず、間もなく直流電源であるバッテリーの枯渇によ

り、炉心損傷に至った。

他方、6号機は、交流電源の機能が維持されたため、最終ヒートシンクを確保した上で冷温停止状態に移行することができた。そして、5号機も、6号機から交流電源の融通を受け、最終ヒートシンクを確保した上で冷温停止状態に移行することが可能となった。

以上のとおり、外的事象によって原子炉の緊急停止に至った場合において、炉心損傷というシビアアクシデントを回避するためには、最終ヒートシンクを確保したうえで、冷却材を長時間かつ継続的に循環させるための動力源としての（非常用）交流電源が確保されることが絶対的に必要とされるのである。

以上