

国会事故調

東京電力福島原子力発電所
事故調査委員会

参 考 資 料



National Diet of Japan
Fukushima Nuclear Accident
Independent Investigation Commission

目次

第1部	5
第2部	51
第3部	87
第4部	95
第5部	217
第6部	233

【参考資料2.2.3】

津波襲来と全交流電源喪失の関係について

1) 問題の所在

本事故において事故の進展を決定的に悪化させた非常用交流電源の喪失について、これまで公表された本事故に関する調査報告は全て津波による浸水が原因であるとしている。

代表的な例として政府事故調の中間報告書を引用すれば、「3月11日15時27分頃及び同日15時35分ごろの2度にわたり、福島第一原発に津波が到達し、遡上して、4m盤に設置された非常用海水系ポンプ設備が被水し、さらに、10m盤、13m盤の上まで遡上して、R/B、T/B及びその周辺施設の多くが被水した。津波到達の時点で、1号機から6号機はいずれも非常用D/Gから交流電源の供給を受けていたが、津波の影響で、水冷式の非常用D/G用の冷却用海水ポンプや多数の非常用D/G本体が被水し（2号機用の2B、4号機用の4B、6号機用の6Bを除く）、ほとんどの電源盤も被水するといった事態が発生した。このため、同日15時37分から同日15時42分にかけての頃、1号機から6号機は、6号機の空冷式D/G（6B）を除き、全ての交流電源を失った」とされている⁷。保安院が取りまとめた技術的知見も、日本政府がIAEAに提出した報告書も、東電の中間報告書も具体的な表現は別として記載されていることはほぼ同じである⁸。

全ての報告書が記載している、第1波が15時27分ごろ、第2波が15時35分ごろという津波到達時刻は、東電の報告に従ったものであるが、東電の報告の根拠は沖合1.5km地点に設置された波高計の記録上の第1波、第2波の時刻である⁹。つまりこれは津波の沖合1.5km地点への到達時刻であり福島第一原発への到達時刻ではあり得ない¹⁰。

⁷ 東電「福島原子力事故調査報告書（中間報告書）」（平成23（2011）年12月26日）第4章90～91ページ

⁸ 保安院「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の技術的知見について」（平成24（2012）年3月）4～5ページ、14～15ページ

⁹ 東電の書面回答

¹⁰ 一般的な知見では水深10m前後の海を津波が1.5km進むには2分程度を要し、上記東電回答によれば東電の再現計算でも波高計設置位置から1.5kmの津波伝播所要時間は約2分半であった。

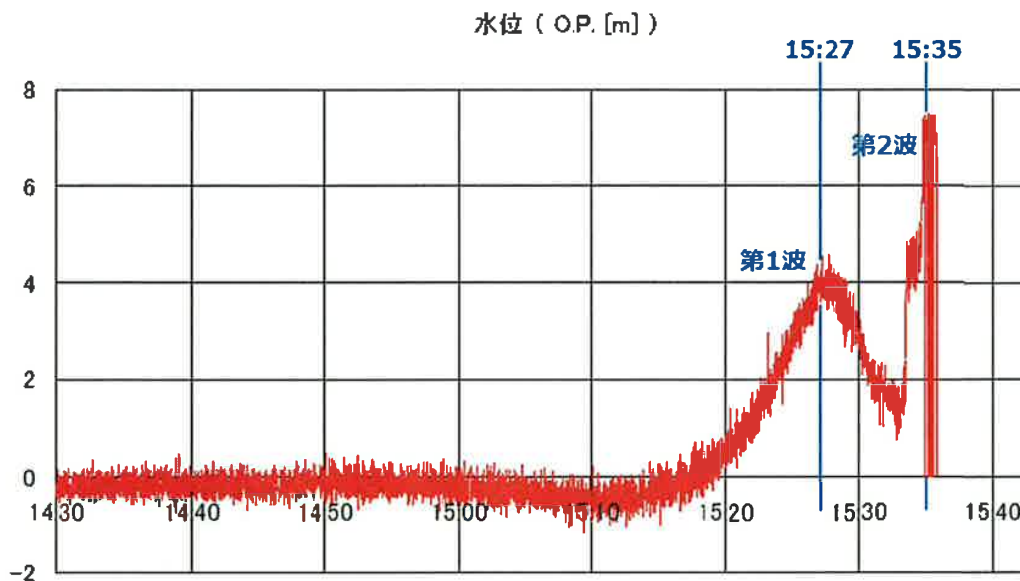


図2. 2. 3-1 福島第一原発沖合1.5kmの波高計による津波実測波形¹¹⁾

福島第一原発を襲った津波の唯一の実測値である波高計のデータを見ると、第1波は波高4m程度であり、その後大幅に波高の高い第2波が襲来したことが分かる。波高計の測定限界は±7.5mとされており、第2波の波高は不明である。

非常用電源機器を構成する非常用ディーゼル発電機 (D/G)、非常用金属閉鎖配電 (M/C)、非常用パワーセンター (P/C) 等は敷地高さ10m (1号機から4号機) か13m (5、6号機) の建屋内にあるから、波高が10mよりも大幅に低い津波では浸水しないと考えられる。しかし、D/Gを冷却する海水ポンプは、敷地高さ4mの海側エリア (4m盤) 上にあり、盤上1.6mの高さまで浸水すると被水停止する恐れがある。海水ポンプが停止するとこれにより冷却されているD/Gは停止する¹²⁾。ただし、空冷式のD/G (2号機B系、4号機B系、6号機B系) はもちろん、海水冷却のD/Gでも1号機A系は海水ポンプ停止による停止信号の設定がない¹³⁾ので海水ポンプが被水しても停止しない。

これらの条件から考えれば、1号機A系、2号機B系、4号機B系については電源喪失時刻前に津波第2波が到達していなければ、非常用交流電源喪失の直接の原因は津波ではあり得ないし、その他の非常用電源についても電源喪失時刻前に津波第2波が到達したか、第1波によって海水

¹¹⁾ 保安院「地震・津波に関する意見聴取会」第2回配付資料2-1-1の図に、津波の第1波、第2波の波高計計測時間を加筆して作成した。

¹²⁾ 海水ポンプの電動機が被水停止しても直ちにD/Gが停止するわけではなく、ポンプの吐出圧が一定値 (1号機B系、3号機A系・B系、4号機A系が0.098MPa、2号機A系、5号機A系・B系が0.0981MPa、6号機A系が0.0294MPa、6号機B系が0.049MPa) 以下に下がった状態が60秒 (3号機のみ10秒) 経過した時点でD/Gの停止信号が出る。東電書面回答

¹³⁾ 東電書面回答

ポンプが被水停止したということでない限り、非常用交流電源喪失の直接の原因は津波ではあり得ないことになる。このことについて、具体的に検証している報告書は、これまで、存在しない。

これまでの報告書は全て、津波の到達時刻について福島第一原発への到達時刻ではあり得ないものに基づいた根拠のない到達時刻を前提とし、第1波が海水ポンプを被水させたかについての実証的な検討をしないままに海水ポンプの被水による停止に言及し、さらにいえば1号機A系のD/Gは海水ポンプの停止による停止信号がないことや1号機A系のD/Gの停止時刻がコンピュータの記録上の運転日誌上も不明であることを黙殺して15時37分停止と何らの根拠なく断定して、津波により非常用電源が喪失したと断定している。

当委員会は、これまでの報告書が検討を欠いたこれらの事項について検討を加える。

2) 非常用交流電源喪失時刻

東電が公表している資料及び当委員会に提出された資料によれば、各非常用交流電源の喪失の時刻と故障、停止機器は「表2.2.3-1」のとおりである。

	運転日誌		コンピュータ記録	
	時刻	発生事実	時刻	発生事実
1号機A系	不明	不明	コンピュータ記録なし	
1号機B系	15時37分	D/Gトリップ	コンピュータ記録なし	
2号機A系	15時37分	D/Gトリップ	15時37分40秒	D/G遮断器トリップ
2号機B系	15時41分	M/C2Eトリップ	15時40分38秒	D/G遮断器トリップ
3号機A系	15時38分	所内電源喪失	15時38分11秒	3C母線電圧喪失
3号機B系	15時38分	所内電源喪失	15時38分57秒	D/Gトリップ
4号機B系	15時38分	所内電源喪失	コンピュータ記録なし	
5号機A系	15時36分	D/Gトリップ	15時40分02秒	D/G遮断器トリップ
5号機B系	15時36分	D/Gトリップ	15時40分13秒	D/G遮断器トリップ
6号機A系	15時36分	D/Gトリップ	15時40分07秒	6C母線電圧喪失
6号機H系	15時36分	D/Gトリップ	15時40分18秒	D/G遮断器トリップ

表2.2.3-1 非常用交流電源喪失時刻と停止機器の整理¹⁴⁾

非常用交流電源は、非常用ディーゼル発電機（D/G）で発電した電気を非常用金属閉鎖配電盤（M/C）（6.9kV母線）、非常用パワーセンター（P/C）を通じて機器に給電している（「図2.2.3-2」参照）。A系、例えば1号機A系のD/G1AはM/C1C、P/C1Cに、B系、例えばD/G1BはM/C1D、P/C1Dに給電している。M/C及びP/CのA、Bは通常運転用で非常用はその次の符号を振られてC、

¹⁴⁾ 東電資料を基に当委員会作成。

Dと呼ばれている。D/Gが故障等により停止するか、M/CやP/Cが故障等により機能喪失すればその系統の非常用交流電源の喪失に至る。「表2.2.3-1」では、そのタイミングの早い方を抜き出している。

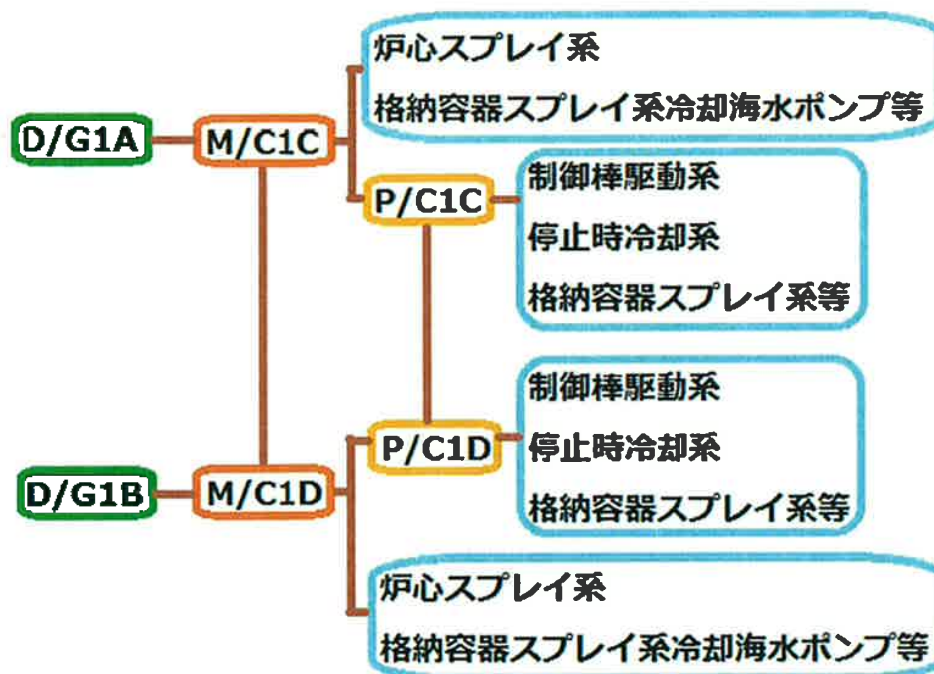


図2.2.3-2 非常用電源系統概略図 (1号機)

1号機では、コンピュータ記録は15時17分までしかなく、当直員運転日誌には「15:37 D/G1Bトリップ→SBO (A系トリップはいつ?)」と記載されている。ヒアリングによれば、1つ目のD/Gが停止して、なぜ停止したのかを調べているうちに次のD/Gも停止してSBOとなり、2つのD/Gの停止時刻の差はものの1、2分、長くて2、3分であったという¹⁵。したがって、A系のトリ

¹⁵ 当委員会は、本報告を作成するに当たり、東電に反論の機会を与える意味も含め、平成24 (2012) 年5月10日付でこの点を示した上で (後述のとおりヒアリングに東電の立会者がいたので秘匿する意味もなかった)、東電に対して1Aの非常用電源喪失時刻についてほかに認定資料があるかを質問した。これに対し、東電が再度確認したところ当該運転員を含め数人から1Aと1Bの停止時刻は「ほぼ同時」という証言が得られたとの回答がなされている (平成24 (2012) 年5月30日付回答)。

本文で指摘した証言がなされた当委員会のヒアリングは、平成24 (2012) 年4月27日にJビレッジで、本事故時に1号機中央制御室にいた運転員のうちパネル監視や機器の操作を直接担当した者4人に対して同時に行われ、東電側から別に1人が立ち会っていた。このヒアリングでの1AD/Gトリップの時刻に関するやりとりは以下のとおりであった。【運転員】1個目がこけたっていうのは聞こえて、何でこけたんだろう、って言っているうちに、もう一つがこけてSBOになったっていう、話です。【調査員】あー、そうなんですか。ただ要するにほら日誌にはどこにも1Aがいつ飛んだって話は書いてなくて、かつ、ほらわざわざこう、あの、かっこして「1Aはいつ?」って書いてあるので、たぶんじゃ皆さん分からなかったのかな、と思ってお聞きしている。【運転員】ああそれは、中央制

ップは15時35分か36分と考えられる。

4号機は定期検査中でD/G4Aは補修中のため起動せず、非常用電源はB系のみであった。4号機では定期検査中の上コンピュータの取り替え工事中であったこともありコンピュータの記録は全くないとされている。

5号機及び6号機では、コンピュータの記録上の全交流電源喪失時刻は15時39分又は15時40分であるが、運転日誌ではいずれも15時36分に全交流電源喪失とされている（記載は「所内電源喪失」）。ヒアリングによれば、運転日誌の停止時刻は、ディーゼルトリップの信号を中央制御室で確認したときに中央制御室の電波時計で時刻を確認して記録した、その際、SBOが生じて5分で原災法の宣言をすることになるので時刻を意識したとのことであった。中央制御室の運転員の認識とコンピュータの記録との間で全交流電源喪失の時刻に3分か4分ものずれがあることは、コンピュータの記録の方が誤りであればそれ自体深刻な問題であり、運転員の認識の方が誤りである場合も今後の運転管理にも関係する重大な問題があると考えられる。いずれにしても5号機及び6号機については、非常用電源喪失の時刻と経緯について疑義が残る。

3) 波高計の時刻と写真の時刻

津波の到達時刻を判断する材料としては、まず福島第一原発沖合1.5kmの海底に設置されていた波高計のデータがある。この波高計のデータでは第1波のピークは15時27分ごろに波高計

御室内では、こけてたというのは分かってました。はい。【調査員】それは、その、それからしばらくしてというのは、「しばらく」はどれくらいの時間でしょうか。【運転員】そんなに大きな時間差はないです。本当に何でだろうって言うてる、何が理由でトリップしたんだろうって言うてるうちに、止まったっていうイメージですね。ほんと、ほんとものの1、2分とかいうそういうオーダーですね、はい。【調査員】ものの1、2分くらい？【運転員】10分、20分とかいうそういう時間差はなかったですね。【調査員】逆にいえば何秒という話でもなくて、まあ1、2分ぐらいの感じ？【運転員】その時間感覚は、ちょっと、分かんないですね、はい。【調査員】もちろん、あの正確な話を今聞いているのではなくて、まあオーダーというか、それは分のオーダーですね、1分2分の。【運転員】まあ、まあ長くても2、3分かな、っていう、それ以内ですね。

このように、1、2分という数字も、そのオーダー（桁）であるということも運転員側から出された話であり、調査員側も再確認しており、この場面で話している運転員は同一人物であるが、その場にいるほかの3人の運転員からも異論や違和感を示されなかったものである。この証言から当委員会は、1AD/Gのトリップと1BD/Gのトリップの間に1、2分又は分単位の時間間隔があったというのが事故時に1号機中央制御室でパネル監視や機器操作を行っていた運転員の共通認識と判断した。また、別の機会に行われた事故時1号機中央制御室にいた別の運転員のヒアリングにおいて、運転員が1Aトリップを認識したときには（そのときにトリップしたのではなく）既にトリップしていたという判断も示されている。これらの事実から、当委員会は1AD/Gのトリップ時刻は1BD/Gよりも少なくとも1分か2分早いと判断している。

東電は、その後平成24（2012）年5月17日に再度確認したところ数人の運転員から「ほぼ同時」という証言が得られたというが、当委員会のヒアリングでも「大きな時間差はない」という内容が、1、2分、長くても2、3分ということであったから、東電の言う「ほぼ同時」も具体的な時間差を確認すれば同様であるかもしれない。そして、もし運転員が証言を覆したのだとすれば、東電の従業員に対する「再度確認」の妥当性に疑問がある（なお、東電は、当委員会が設定した回答期限を一度延ばして自ら設定した回答期限の5月24日に「現在確認中」として、回答をさらに5月30日に先延ばしした上で上記の回答をした。東電が5月17日にその主張する証言を得ていたのであれば、なぜ5月24日に回答しなかったのかという点も疑問である）。

設置位置を通過し、第2波の波高5mを超える大きな波は15時35分ごろ波高計設置位置を通過したことが分かる（「図2.2.3-1」参照）。東電をはじめ全ての報告書がこのデータを（その時刻を沖合1.5km地点のものというコメントを付することなく）津波到達時刻の根拠としているが、この波高計は東北地方太平洋沖地震当時取り替え作業中であったために時刻は校正されていないとされている¹⁶。

他方において、東電が5月19日に公表した2組の津波の襲来を撮影した写真がある¹⁷。このうち4号機南側の廃棄物集中処理建屋4階から撮影した一連の写真は、その撮影時刻が公表されており、5号機南側から撮影された一連の写真は撮影時刻が公表されていない。前者の写真の撮影時刻は15時42分以降である¹⁸から、これが正しいとすれば津波第2波の襲来は相当遅くなり、先に確認した非常用交流電源喪失はいずれも津波第2波の到達前となってしまふ。

この2つの矛盾した資料のいずれが正しいのか、あるいはいずれも間違いなのか。これが調査の出発点となった。

当委員会の調査の過程で、廃棄物集中処理建屋4階から撮影された写真は公開された11枚だけでなく非公開の33枚とともに撮影されたものであることが判明した。この非公開写真には津波の第1波が襲来した時刻に撮影されたと考えられるものが4枚含まれるとともに津波第2波の襲来を連続的に撮影したものが含まれていた。東電は当委員会の再三の要求にもかかわらず、両者の写真について撮影者情報の提供をかたく拒否し続けている¹⁹。そのため当委員会は津波の襲来を撮影した写真の撮影者へのヒアリングができなかった。

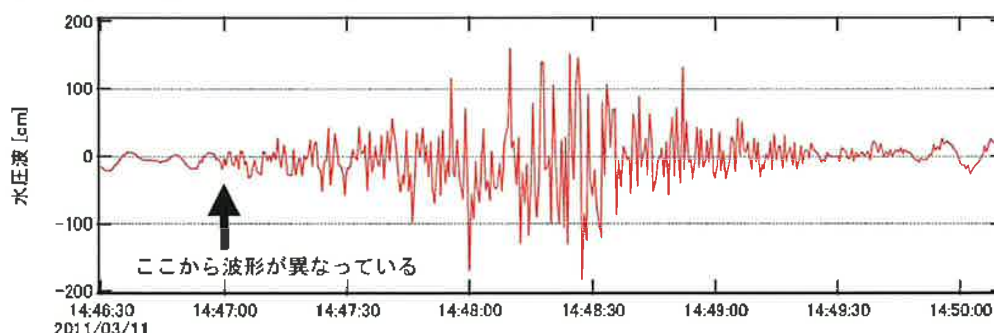


図2.2.3-3 波高計水圧波波形²⁰

他方、当委員会が提出を受けた波高計の水圧波測定データは14時47分ちょうどころから地震

¹⁶ 保安院「平成23年東北地方太平洋沖地震を考慮した原子力発電所の地震・津波の評価について（中間取りまとめ）」（平成24（2012）年2月16日）図表集1ページ

¹⁷ このほかに東電は、津波が福島第一原発に着岸して波しぶきを上げているところを撮影したと思われる動画を4月9日に公表している。

¹⁸ 東電『福島原子力事故調査報告書（中間報告書）』添付3-5

¹⁹ なお、当委員会の照会に対して東電は、公表に際して撮影時刻が付されていない5号機南側から撮影された6枚組みの写真及び津波着岸を撮影したと思われる動画については、撮影時刻情報を入手していないと回答している。

²⁰ 波高計業者資料

波を捉えたと思われる激しい振動を記録している。この水圧波の振動のどの時点からが地震波を反映したものと解釈するか、またどの地震波のどの時点を反映したものと解すべきか（P波の最初を反映したのか、ある程度の振幅に達してからのものが反映されたか、あるいはS波を反映しているのか等）により若干の差は出るが、このことから波高計の時計の時刻のずれは、大きめに見ても、進み方向では最大でも十数秒²¹、遅れ方向では1分程度までの範囲と考えられる。当委員会の現段階の判断としては、波高計の時計の時刻のずれは数秒レベルというのが最もありそうなところと考える。

以上の検討から、当委員会は、現時点では、波高計の時計の時刻はほぼ正確であり、廃棄物集中処理建屋4階から撮影された写真のカメラの内蔵時計が数分程度進んでいたと判断しており、以下、それを前提に述べる。

4) 津波の第2波の到達時刻

波高計の時刻がほぼ正しく、その結果、津波第2波の波高5mを超える部分が波高計設置位置を通過したのが15時35分ごろとして、波高10m以上と考えられる津波第2波が福島第一原発に到達した時刻を検討する。

「写真2.2.3-1」から「写真2.2.3-5」までは、「3）」で紹介した4号機南側の廃棄物集中処理建屋4階から連続的に撮影した44枚組みの写真のうち、第2波が防波堤突端に達してから4号機海側エリアに着岸するまでの写真である。



写真2.2.3-1 (exif情報上の撮影時刻は15時41分25秒) 東電より提供

²¹ 水圧波の波形変化が14時47分ちょうどから始まり、かつP波の最初の0.5Gal幅の微動を反映していると仮定した場合。水圧波の波形変化が波高計の時計上で遅い時刻に開始しているほど、反映している地震波がP波の最初であるほど波高計の時計は進んでいたと評価されるので、進んでいたと解する方向はこれが限度と考えられる。



写真2. 2. 3-2 (exif情報上の撮影時刻は15時41分36秒) 東電より提供



写真2. 2. 3-3 (exif情報上の撮影時刻は15時41分53秒) 東電より提供



写真2. 2. 3-4 (exif情報上の撮影時刻は15時41分58秒) 東電より提供



写真2. 2. 3-5 (exif情報上の撮影時刻は15時42分21秒) 東電より提供

この一連の写真から、津波第2波は、防波堤突端に達した後、東側から順次防波堤を破壊しながら防波堤を乗り越える形で東側から押し寄せ、しかし、最後はこの東側から押し寄せてきた波よりも先に、南側から来た波が南側護岸を越えて4号機の海側エリアに着岸したことが分かる。

先に述べたとおり、当委員会の現時点での判断では、この一連の写真を撮影したカメラ(exif情報によればfinepix f460)の内蔵時計は数分進んでいたものと考え、撮影時刻の間隔は正しいものと考えられる。この写真のexif情報上の撮影時刻の間隔から、津波第2波が防波堤突端に達してから4号機海側エリアに着岸するまでに56秒経過していることが分かる。

この事実をもとに、津波第2波が福島第一原発サイトの4号機海側エリアに着岸したのは15時37分ごろと考えられる。その理由は以下のとおりである。波高計の実測データから、福島第一原発沖合1.5km地点に津波第2波の波高5mを超える波が到達したのは15時35分ごろである

(「図2. 2. 3-1」参照)。沖合1.5km地点から防波堤突端までの距離は約800mであり、水深は9mから13mまでである。津波の速度は一般的に、水深(m)×重力加速度(m/s^2)の平方根とされているから、この水深に対応する津波速度は毎秒10mから11mまでと考えられる。したがって、津波が沖合1.5km地点から防波堤突端に達するまでの時間は70～80秒までと考えられ、これに防波堤突端から4号機海側エリア着岸までの56秒を足すと2分程度であり、15時35分ごろ+2分は15時37分ごろとなる。



写真2. 2. 3-6 (exif情報上の撮影時刻は15時42分58秒) 東電より提供



写真2. 2. 3-7 (exif情報上の撮影時刻は15時43分13秒) 東電より提供

さらに、南側から押し寄せた波が4号機海側エリアに着岸した後の津波第2波の様子を撮影した写真を見ると、その後東側から押し寄せてきた波は防波堤、特に南防波堤（この写真では右側）の影響を受けて真東からではなく南東方向からサイトを襲っているように見える（「写真2. 2. 3-6」と「写真2. 2. 3-7」を比較すると大津波は右奥から左手前というよりは、ほぼ右から左へ進んでいるように見える）。そうすると、4号機より北側にある1号機から3号機、特に4号機から遠い1号機を津波第2波が襲うのは4号機海側エリアへの着岸後さらに少し時間が経過した後であると考えられる。

5) 津波第1波は海水ポンプを被水停止させたか

福島第一原発の防波堤と主要建屋、海側エリア（4m盤）の位置関係及び防波堤・護岸高さは「図2. 2. 3-4」のとおりである。北側放水口付近の北側護岸（6号機側）以外の防波堤・護岸は高さ0. P. +5. 5m以上ある。本地震・津波後の東電の測定では敷地の多くの地点で本地震前より0. 6～0. 7m沈降していることを考慮しても、基本的には波高5m程度の津波に耐えられるはずである。しかし、北側護岸については、その北側が砂浜であり、北側護岸の高さが0. P. +4. 1mしかないことから、波高5m足らずの津波でも護岸を乗り越え、また砂浜を遡上した津波が6号

機側の4m壁を洗うように浸水する可能性は否定できない。

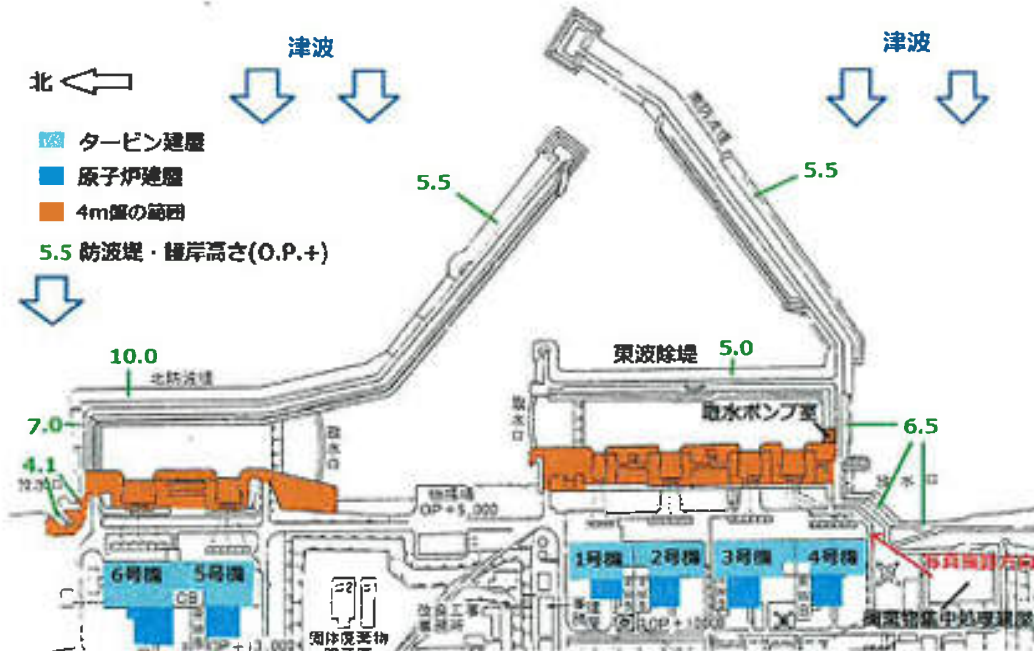


図2.2.3-4 福島第一原発位置関係図²⁾

東電から提出された一連の未公開の写真には、津波第1波が福島第一原発に到達したと考えられる時刻に撮影されたものが4枚含まれていた（撮影位置及び撮影方向は「図2.2.3-4」に記入した）。波高計の実測波形に津波第2波着岸の写真との撮影時刻の差を書き込むと「図2.2.3-5」のようになる。津波の波形に変化がない場合各写真は①から④までの第1波の最大波付近を撮影したことになる。

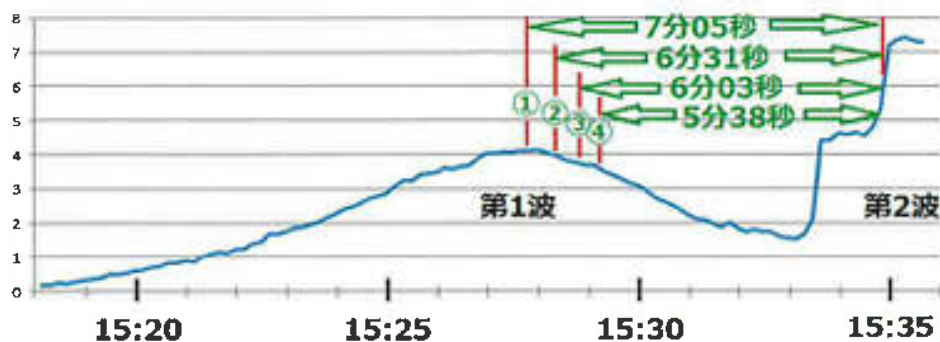


図2.2.3-5 第1波写真撮影対象説明図

²⁾ 原子炉設置許可申請書の配置図に東電提出の設計図書の数値や津波の襲来方向等を加筆して作成した。



写真2. 2. 3-8 (exif情報上の撮影時刻は15時35分16秒：図2. 2. 3-5①) 東電より提供



写真2. 2. 3-9 (exif情報上の撮影時刻は15時35分50秒：図2. 2. 3-5②) 東電より提供



写真2. 2. 3-10 (exif情報上の撮影時刻は15時36分18秒：図2. 2. 3-5③) 東電より提供



写真2. 2. 3-11 (exif情報上の撮影時刻は15時36分43秒：図2. 2. 3-5④) 東電より提供

第1波が襲来した時刻に撮影された4枚の写真ではいずれも4号機の4m盤に設置されている取水ポンプ室の建物が4m盤に接するところまで見えている。

この点について具体的にいえば、取水ポンプ室の西側部分の高さ（「図2. 2. 3-6」のb）は4.3mであり、西側部分上端から出入り口開口部上端まで（「図2. 2. 3-6」のa）は1.1mである。写真においてa部分は全部が見えていることが明らかであるから、写真中のa:bが $1.1:4.3 \div 1:4$ であれば、取水ポンプ室の最下端、すなわち4m盤の盤面が写真で見えていることになる。

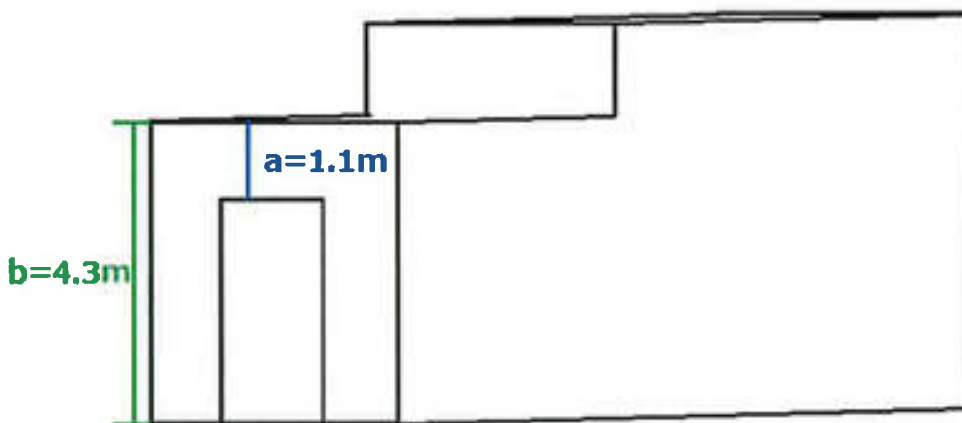


図2. 2. 3-6 取水ポンプ室概念図

第1波が押し寄せている時間帯の4枚のいずれの写真においても取水ポンプ室のa部分は2ピクセル、b部分は8ピクセルであるから、これらの写真においては取水ポンプ室の全体が写っており、4m盤の盤面まで見えていると考えられる。そしてこれらの写真では取水ポンプ室の下部が水などによって見えなくなっている様子はない。この写真の1ピクセルは取水ポンプ室西側正面では50～60cmに相当するから、写真の解像度による判別不能部分を考慮しても、4号機4m

盤の浸水はもしあったとしても数十cmにとどまると考えられる。

海水ポンプが被水により機能喪失するには4m盤の盤面から1.6mの高さを超えて津波が浸水する必要がある。しかしそのような浸水状況が写真に写っていないことはもちろん、写真の撮影されていない合間にそのような規模の浸水があったとは考え難い。というのは、津波第1波を撮影したと考えられる4枚の写真は、「図2.2.3-5」で説明したように第1波の波高のピークから波高が低下していく過程を連続して撮影したものと考えられ、波高計設置位置とサイト着付近で波形に変化があった場合でも第1波は波高計設置位置の波形からしてもかなりの長周期の波であるから30秒程度のうちに1mも上昇して下降することはとても考えられない。

したがって、第1波によって4号機の4m盤において、海水ポンプが被水するような浸水はなかったと判断できる。

そして、第1波の到達時刻頃を撮影した4枚の写真には、津波の被害を避けるために港を出て沖合に避難する途中の船舶が写っている。ヒアリングによれば、この船舶の乗員は港を出るまでに津波には遭遇していないとのことである。写真上も外側の北防波堤や南防波堤はもちろん、内側の東波除堤を乗り越えてくる波も写っていない。ヒアリングによれば3号機タービン建屋の東側を1号機方向に避難しながら第1波を目撃した者は、東波除堤を波が越えるのを見たが大きく越えるのではなく台風報道でよく見るような様子だったと述べている。このことから、津波第1波では防波堤を東側から大きく乗り越えてくる津波もなかったと判断できる。

ただし、福島第一原発北側（6号機側）については、防波堤北側を回り込んだ津波が北側放水口の護岸を越えて浸水した（東電は保安院に提出した津波再現計算ではそのように記載している）場合、上記写真の撮影範囲ではなく、また港外であるから上記船舶乗員において気がつかないこともあり得る。他方、北側放水口周辺の護岸の高さはO.P. +4.1mしかないこと、6号機では15時36分にD/G冷却用海水ポンプが停止しているのをはじめ15時37分に他の海水ポンプも停止していることを考え合わせると、北側については津波第1波が防波堤北側を回り込んで浸水して6号機の4m盤に浸水した可能性を否定できない。

6) 東電の津波再現計算について

東電は、7月8日に保安院に提出した「福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所における平成23（2011）年東北地方太平洋沖地震により発生した津波の調査結果にかかる報告（その2）」（以下「東電津波再現計算報告書」という）の一般非公開の詳細版において、津波の再現計算を行い、15時26分ごろから津波の第1波により約2分で1号機から6号機までの全ての海側エリア（4m盤）全体に浸水し、第2波が15時34分ごろに到達し、約2分で主要建屋に浸水したとしている（東電津波再現計算報告書4-1ページ）。

東電津波再現計算報告書の解析は、波源モデルとして断層モデルを設定し、そこから計算した津波の浸水高、遡上高が各地の調査結果と合うように断層モデルを調整したものである。断層モデルと最終的な浸水高、遡上高が再現されたとしても、それ故に、津波の到達時刻や各波の高さに関する計算結果である時刻歴波形が正確に再現できているとは限らない。その点は検

潮記録との対照により検証されるべきものであるところ、東電津波再現計算報告書の解析結果は最初に行った断層モデル（東電津波再現計算報告書の表現では「広域再現モデル」又はM24）による計算波形においても、波高計実測値と比較して、津波第1波の波高を5割増し（実測値4m、計算値6m）に過大評価し、波高5mを超える第2波の波高計設置位置到達時刻を約2分早く評価するものであった（東電津波再現計算報告書3-44ページ）。

第1波の波高が高くなれば、とりわけ波高が5.6mを超えれば、第1波により海水ポンプが被水したとして津波により非常用電源が喪失したとの説明をしやすくなり、第2波の到達時刻が早くなれば、とりわけ到達時刻が最も早い電源喪失時刻と見られる15時36分²³以前となれば、非常用電源の喪失が津波によることを説明しやすく、東電の計算波形の実測値との相違はどちらも非常用電源の喪失が津波によるという説明に都合のいい方向のものである。

しかも、東電は、津波の浸水高、遡上高の再現をよくするためとして、福島第一原発については上記断層モデルの滑り量を1.23倍としたモデル（東電津波再現計算報告書の表現では「福島第一原子力発電所再現モデル」又はM45）を用いつつ（東電津波再現計算報告書3-3ページ）、M45を用いた波高計設置位置の計算波形は一般非公開の詳細版においてさえ示していない。

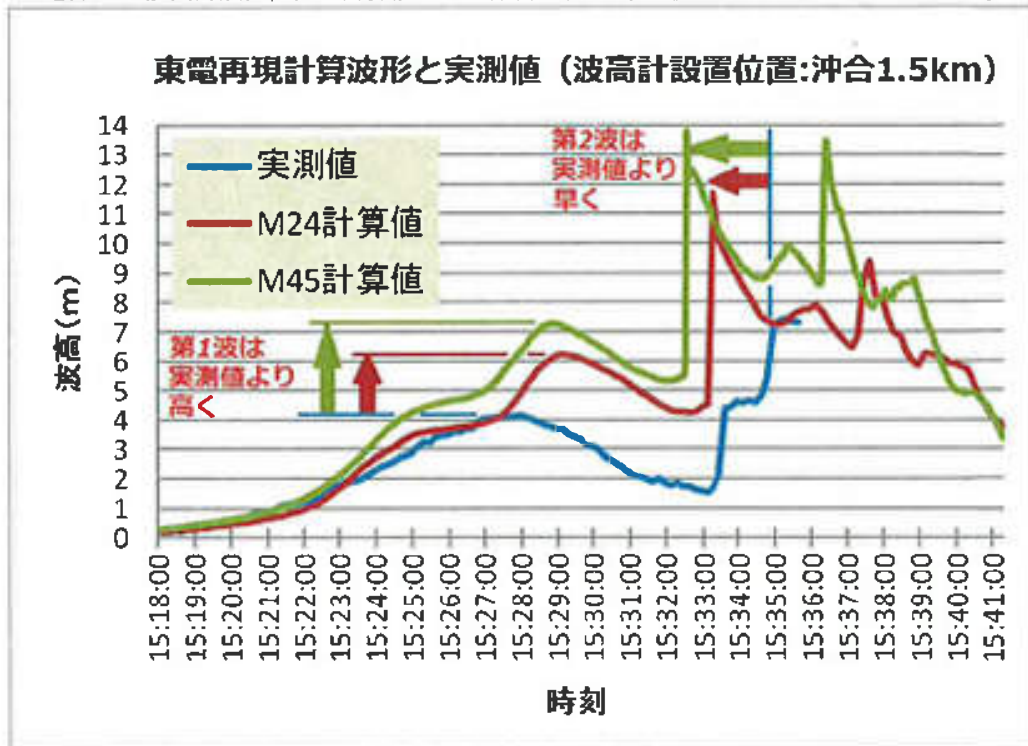


図2.2.3-7 波高計設置位置での実測波形と東電再現計算波形²⁴

²³ 東電公表資料を前提とした場合の最も早い非常用電源喪失時刻。当委員会のヒアリング結果からは1号機A系については15時35分か36分となる。

²⁴ 当委員会が東電から提出を受けたエクセルデータから作成した。

当委員会の要求に対して東電が提示した福島第一原発サイトの再現計算に用いた断層モデル（M45）による波高計設置位置での計算波形を見ると、第1波の最大波高は7.256mとなっており、第1波の波高を実測値の8割増しも過大評価するものとなっていた（「図2.2.3-7」参照）。

またその計算波形では、第2波は地震後46分13秒（15時32分31秒）時点の波高6.075mから3秒後には13.777mまで急速に立ち上がっており、実測値の5m以上部分の到達時刻を2分以上早く評価するものであった（「図2.2.3-7」参照）。

波高計設置位置での波高の過大評価がサイト直前位置での波高評価にどう影響するかを検討する。上記の波高計設置位置での実測値、M24計算値、M45計算値のグラフに、東電津波再現計算報告書のE20地点²⁵でのM24計算値、M45計算値を書き込み（「図2.2.3-8」参照）、断層モデルごとに波高計設置位置と1号機海側エリア脇の波形を比較すると、第1波の波高はほぼ同じであり、第2波の波高は1号機海側エリア脇で波高計設置位置より1m弱低くなっている。

波高計位置とE20地点(1号機前)の波形

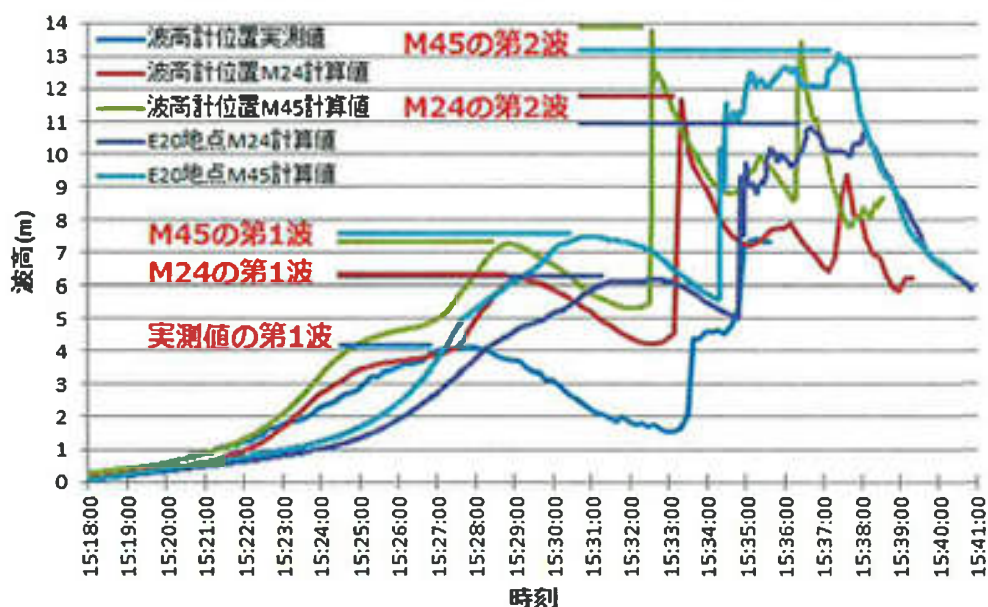


図2.2.3-8 波高計設置位置での波形と1号機海側エリア脇（E20）の波形の関係²⁶

すなわち、波高計設置位置での波高がほぼそのまま1号機海側エリア脇での波高に影響する形になっている。そうすると、波高計設置位置での波高の過大評価はサイト直前での波高の過

²⁵ 検潮所位置であり1号機海側エリア脇の位置である。東電津波再現計算報告書の公表された「概要版」ではこの地点の波形が代表として示されている。

²⁶ 当委員会が東電から提出を受けたエクセルデータから作図した。なお、各波形計算値は、見やすさと波形比較のしやすさのために第2波立ち上がりから6分まででその後を切っている。

大評価につながると考えられる。

このように、東電の再現計算は、第1波の最大波高を実測値より8割も過大評価し、第2波の波高5mを超える波の到達時刻を2分以上実測値より早めるものであったのみならず、第1波の波高に関して写真や証言から判断できる事実にも反している。したがって津波の時刻歴波形としての再現性（特に第1波の波高と第2波の到達時刻）はかなり悪く信頼性が低いといわざるを得ず、これを前提として議論することはできない。

なお、前に触れたように、当委員会が東電に対し、津波第1波による4m盤の浸水の有無、浸水の範囲、浸水の経路について東電の意見があればお聞きしたいと改めて回答を求めたところ、「津波第1波の状況について明確に確認できている情報はありません」との回答であった²⁷。また、津波到達時刻について波高計設置位置のデータを用いていることと沖合1.5km地点からサイトまでの所要時間についてどのように考えているのかについて回答を求めたところ、東電は「『15時35分ごろ』としている津波第2波の到達時刻は、波高計の測定記録です。（略）津波再現計算によると、この1.5kmの伝播所要時間は約2分半です。波高計測定記録に基づいて推定される敷地への津波到達時刻は、15時35分の約2分半後、すなわち15時37～38分ごろであったと考えられます。ただし、港湾内の検潮所の記録は取得できておりませんので、正確な時刻は把握できておりません」と回答している²⁸。さらに津波再現計算の津波到達時刻の記載について質問したことについては、東電は「津波の再現計算では、波高計で観測された時刻よりも少し早い時刻に第2波が波高計位置で現れております。保安院へ提出した報告書では『解析結果によると』と断った上で再現計算結果を報告しております。当社は、波高計の観測記録が正と考えております。再現計算の精度向上については今後の課題と考えております」と回答している²⁹。

7) 津波と全交流電源喪失の関係

これまでに述べたように、少なくとも1号機から4号機までについては、第1波による海水ポンプ被水停止という事態はなかったと考えられる。

津波第2波が非常用電源関連機器（D/G、M/C、P/C等）に達するまでには、15時37分ごろに4号機海側エリアに着岸した後、4号機海側エリアからタービン建屋の東側（海側）壁まで（4号機のタービン建屋で4m盤の海側から約150m、4m盤の陸側から約100m、ほかの号機まではさらにある）を進み、又は東側から遅れて押し寄せた津波が南側から4号機海側エリアに着岸した津波を追い抜いて進み、次いで建屋内に浸水して関連機器に達するまでの時間を要する³⁰。

²⁷ 東電書面回答

²⁸ 東電書面回答

²⁹ 東電書面回答

³⁰ 当委員会のヒアリングで、1号機北側の汐見坂下の駐車場から第2波により重油タンクが流されるのを目撃してその際に所持していたPHSで時刻を確認したところ15時39分であった、その後第2波が10m盤に遡ってきたので汐見坂を上って免震重要棟まで避難したと述べる者がいる。第2波が南側（4号機側）からサイトに襲来したことを考慮すると、第2波の10m盤遡上は、1～3号機付近、特に1号機付近では、15時37分より相当程度遅い可能性がある。

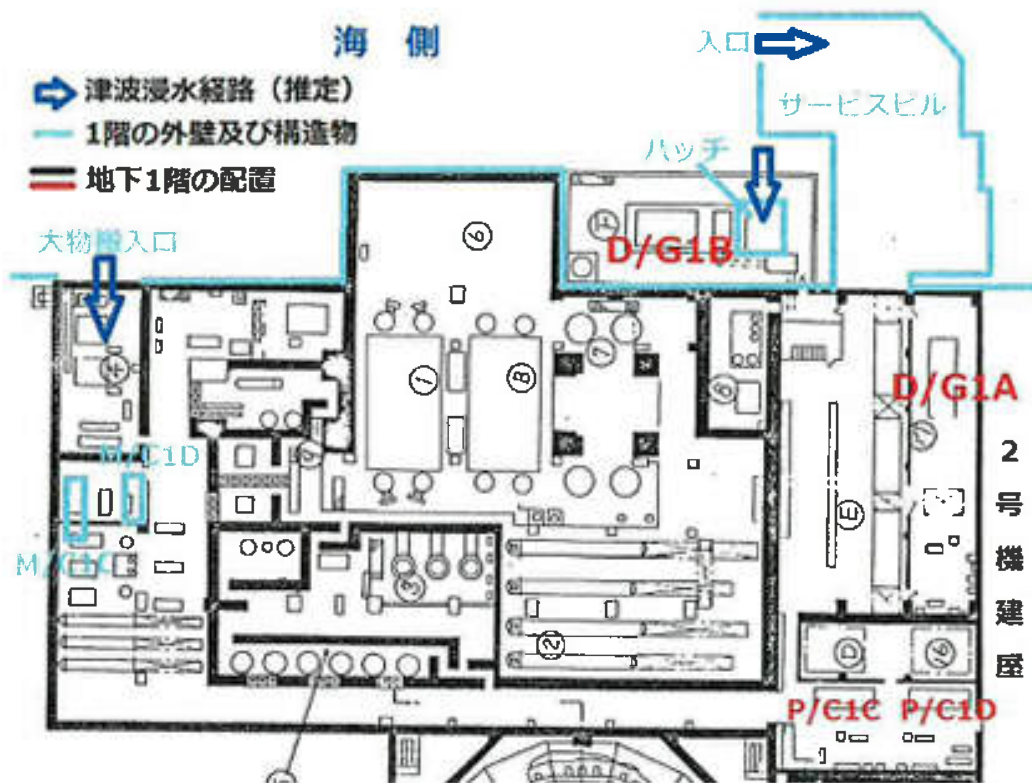
その結果、15時35分か36分停止の1号機A系の非常用交流電源喪失は津波によるものとはいえない（なお、1号機A系については、1号機B系より先に電源喪失したとA系とB系の位置関係からも津波によって電源喪失したとは考え難い）。さらに、15時37分停止の1号機B系、2号機A系、15時38分停止の3号機A系、B系についても、非常用交流電源喪失が津波によるものかは、津波第2波の4号機海側エリアへの着岸時刻と比較してもかなり微妙なタイミングとなり、1号機から3号機への津波第2波到達時刻が4号機海側エリアへの着岸より遅くなることを考慮すると疑問がある。

また5号機と6号機についても、運転員がディーゼル発電機の停止信号を中央制御室で確認した際に確認した停止時刻が15時36分という5号機A系とB系、及び6号機A系とH系について、運転員の認識の方が正しい場合には、津波第2波到達前に非常用電源が停止したことになる。海水ポンプ停止があった6号機については、少なくともH系については海水ポンプ停止前に非常用電源が喪失したことになる。このように、5号機と6号機についても、運転員の認識の方が正しい場合には津波以外の原因によることになるなど一定の疑義が残る。

8) 1号機A系の非常用電源喪失について

1号機A系の非常用電源喪失は15時35分か36分と考えられるから津波第2波の到達より前である。津波第1波は1号機から4号機までの海水ポンプを被水させることはなかったし、1号機A系のD/Gは、冷却用海水ポンプの停止を原因とする停止信号は設定されていないから、仮に海水ポンプが被水停止したとしても非常用電源喪失の原因はそれではあり得ない。

さらに、仮に津波第2波の到達時刻が15時37分より前であった場合でも、1号機A系については、津波によって電源喪失を説明することは難しい。

図2.2.3-9 1号機タービン建屋地下1階・1階配置図³¹

というのは、1号機A系のD/Gはタービン建屋地下1階に設置されているが、この部屋にはほかのディーゼル発電機室と異なり建屋外につながる給排気口が開口しておらず³²、津波の浸水はかなり後になるはずである。他方、1号機B系のD/Gはタービン建屋地下1階の海側に設置され、非常用ディーゼル発電機室天井にハッチがあり、これがタービン建屋東側（海側）の壁の外に開口しており、津波の襲来により早期に浸水することになる。

以上から、1号機A系の非常用電源喪失の原因がD/G本体の被水、水没によるとすれば、B系より1、2分早く停止するということは考え難い。

ほかに1号機A系の非常用電源の喪失の原因を津波に求めるとすれば、M/CかP/Cの被水、水没であるが、1号機A系とB系のM/C、P/Cはいずれも同じ室内に隣接して設置されており、A系だけがB系より1、2分早く被水、浸水するということは考え難い。

³¹ 原子炉設置変更許可申請書添付図面に、推定される津波の浸水経路や1階構造物等を加筆して作成。

³² 東電津波再現計算報告書には、1号機B系については1階の機器ハッチから浸水（1階にルーバも存在）、2号機A系は1階のルーバ及び機器ハッチから浸水、3号機A系・B系とも1階のルーバから浸水、4号機A系は1階の機器ハッチ、ルーバから浸水と記載されているが、1号機A系については「地下1階の浸水に伴いD/G1Aも浸水と評価」と記載されており、図面上もルーバ、ハッチ等の開口部の記載がない。最終的には東電からも1号機A系のディーゼル発電機室にはルーバ、ハッチ等の給排気開口部はないとの回答を得た（平成24（2012）年6月7日付東電書面回答）。



写真2. 2. 3-12 津波後の1号機タービン建屋1階の状況³³

「写真2. 2. 3-12」は1号機A系のM/CであるM/C1Cと1号機B系のM/CであるM/C1Dの位置関係を示したものである。両者は津波の流入口と考えられる大物搬入口との関係で同じ位置にあり、あえて差をつければむしろB系であるM/C1Dの方が津波の流入口に近い。東電の回答でも、M/C1CとM/C1Dで被水、浸水により機能停止することになる部分の高さに違いはなく、実際の被水、浸水高さも異ならないとのことである³⁴。このような位置関係で、M/C1Cだけが先に被水停止するということは考え難い。

そして1号機B系については、運転日誌の記載のみならず、ヒアリングの結果でも運転員がデューゼルトリップの信号を中央制御室で確認していることから、M/CやP/Cの被水停止よりもD/Gの停止が先であった。そうすると、M/C1Dの被水停止はD/G1Bの停止より後となり、したがって、M/C1Dと同時刻となるM/C1Cの被水停止は、D/G1Bの停止よりも後になってしまい、津波による非常用電源の喪失の原因とはならない。

つまり、1号機A系の非常用電源の喪失は、その原因を津波で説明しようとする限り、1号機B系より1、2分早く停止したという事実を説明することが困難である。

³³ 地震・津波意見聴取会配付資料2-1-1の写真に、大物搬入口やM/Cの位置説明を加筆した。

³⁴ 東電書面回答

9) 地震による非常用電源の故障の可能性

地震により非常用電源機器に異常が生じ、いったん起動はしたがその後故障停止するに至る原因としては、典型的には、非常用ディーゼル発電機の冷却用配管系統や燃料供給配管系統などに損傷が生じて時間の経過により加熱や燃料切れにより停止するというケースや、地震による変形や機器、部品の移動により軸、軸受け等のずれを生じて運転継続中に加熱、焼け付き等を起こして停止するケースが考えられる。

しかし、それ以外にも、未知の経過をたどって非常用ディーゼル発電機が停止することも想定しなければならない。実際、東北地方太平洋沖地震の際に女川原発では地震による部品の振動による電源盤の火災、短絡、地落が生じ、それに伴って非常用ディーゼル発電機の電気系統の損傷を生じている。

また、非常用ディーゼル発電機だけでなく、電源盤にも地震により不具合が生じ、その不具合による熱の発生などによって一定時間経過後に故障停止に至ることも考えられる。

非常用ディーゼル発電機の振動台による加振試験はこれまでせいぜい40秒程度の振動を加えたにすぎず³⁵、東北地方太平洋沖地震のような強い揺れが120秒にも及ぶ地震に耐えられるかについては実証されていなかった。加えて東北地方太平洋沖地震においては、本震の後全交流電源喪失に至るまでの50分程度の間にも数回の余震が起こっており、これが最初の地震により生じた異常を悪化させた可能性もある。また、加振試験では考慮されない老朽化が寄与した可能性もある。

10) 小括

非常用電源喪失の真の原因については、本来、非常用ディーゼル発電機本体及び配管系統、電気系統などを現実に点検調査して解明しなければならない。ところが、本事故における非常用電源の喪失に関しては、少なくとも1号機から3号機までについては、2号機B系（空冷式）を除いて、今なお非常用ディーゼル発電機室に入室することさえできず、非常用ディーゼル発電機本体についてさえ現状は何ら確認されていない。これらの非常用ディーゼル発電機については冷却用配管や給油配管や関連機器の検査もほとんど行われていない。また電源盤も相当数が事故後検査されていない状態にある。そのような状態で、非常用電源喪失の真の原因が分かったなどということは、到底できない。当委員会にも、それは分からない。

それにもかかわらず、東電も、そして保安院も、政府事故調も、非常用電源喪失の原因をすべて津波に帰して、それ以上に原因を調査究明しようという姿勢を示さないことは、誠に残念であるとともに不誠実と感じられる。

直流電源の喪失を含め、津波による浸水がとどめとなって全面的な電源喪失に至り回復作業を大幅に妨げたことは、当委員会も間違いないと考えるが、非常用電源喪失の直接の原因（きっかけといってもよい）が全て津波に帰せられるべきかについては、これまでに述べたように

³⁵ 財団法人原子力工学試験センターほか『原子力発電施設信頼性実証試験の現状 平成3年』77～78ページ

相当程度の疑問がある。少なくとも非常用ディーゼル発電機をはじめとする非常用電源系統全体の詳細な点検調査がなされない段階で、津波がなければ非常用電源喪失は起こらなかったという見解に基づいて行動することは慎むべきである。