

再論 福島第一原発 1 号機の全交流電源喪失は津波によるものではない

伊東良徳

いとう よしのり
元国土交通省電力局長/弁護士

1 本稿の目的及び結論

福島原発事故において事故を破局的な事故に至らせた原因である全交流電源喪失^{*1}について、日本政府と東京電力等はすべて津波によるものであるとしている。しかし、少なくとも福島第一原発 1 号機において全交流電源喪失は 2011 年 3 月 11 日 15 時 37 分かそれ以前に生じているところ、1 号機敷地への津波の遡上は 15 時 38 分以降であり、時間的前後関係からして全交流電源喪失の直接の原因は津波ではあり得ない^{*2}。

本稿は、このことを、福島第一原発を襲った津波の唯一の実測データである沖合 1.5 km 地点に設置されていた波高計による実測波形と、津波が福島第一原発を襲う過程を撮影した一連の写真という 1 次資料の分析検討により論証しようと試みるものである。

2 この問題についての論争の経緯

非常用電源関係機器の設置されている原発敷地 (10 m 盛: 高さ³⁾ O. P. + 10 m) に遡上したと考えられる津波第 2 波の敷地到達時刻について、東京電力の中間報告書^{*4}には「津波襲来」「第 2 波 15:35」と記載され^{*5}、政府事故調報告書^{*6}や日本政府が IAEA に提出した報告書^{*7}等の他の報告書はすべてこれに倣って 15 時 35 分頃到達としていた。国会事故調^{*8}の調査の過程で 15 時 35 分は福島第一原発沖合 1.5 km 地点に設置された波高計の実測時刻であり、それを敷地到達時刻とするのはおかしいのではないかと東京電力に問い合わせたところ、東京電力は 2012 年 5 月 15 日付で「15 時 35 分頃」としている津波第二波の到達時刻は、波高計の測定記録です。(略)津波再現計算によると、この 1.5 km 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、

*1—外部電源喪失後(福島原発事故では地震によって外部電源喪失に至った)。外部電源喪失に備えて設けられている複数(1 号機では A 系、B 系の 2 系統)の非常用交流電源(非常用ディーゼル発電機から電気を非常用母線に供給)がいずれも機能喪失すること。Station Blackout、略して SBO と呼ばれる。福島原発事故では全交流電源喪失が生じた結果炉心の冷却ができず炉心溶融事故に至った。

*2—筆者は、全交流電源喪失(非常用交流電源 2 系統の喪失)発生後に、さらに津波による浸水で回復不能のダメージを受けたことは、もちろん否定するものではない。最初に全交流電源喪失に至った原因が津波ではあり得ないというのが筆者の主張である。

*3—福島原発事故に関する通常の例に従い、本稿では津波の波高、敷地や防波堤などの高さはすべて小名浜港工事基準面 (Onahama Peil: 略して O. P.) を基準とする。O. P. + 0 m は東京湾平均海面 (Tokyo Peil) の下方 0.727 m すなわち海抜 -0.727 m である。

*4—「福島原子力事故調査報告書(中間報告書)」2011 年 12 月 2 日

*5—東電中間報告書 45 ページ等

*6—東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会「中間報告」2011 年 12 月 26 日 19 ページ等

*7—原子力災害対策本部「原子力安全に関する IAEA 閣僚会議に対する日本国政府の報告書—東京電力福島原子力発電所の事故について—」2011 年 6 月 111-28 ページ等

*8—正式名称は「東京電力福島原子力発電所事故調査委員会」

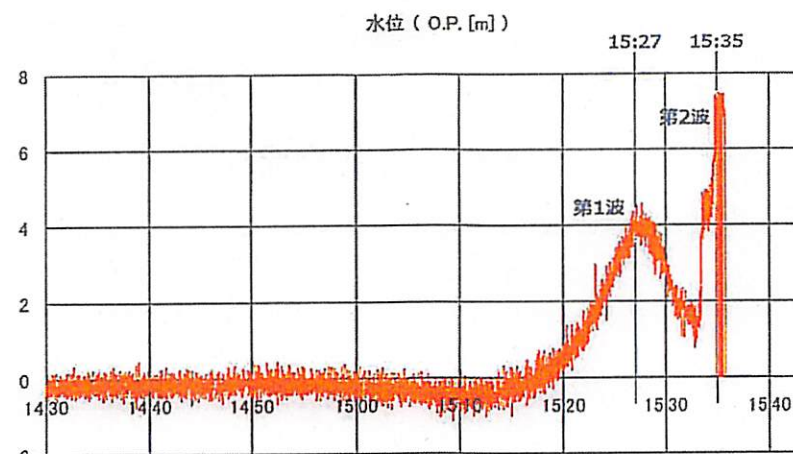


図 1-1—福島第一原発沖合 1.5 km の波高計による津波実測波形(国会事故調報告書参考資料 62 ページ)

すなわち 15 時 37～38 分頃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^{*9}、津波第 2 波の敷地到達時刻を 15 時 35 分頃とすることが誤りであることを認めた。ところが東京電力はいわゆる最終報告書^{*10}では、発電所を襲った津波の大きさの項目では中央防災会議の解析で「波高計の位置では 15 時 33 分頃、発電所自体には 15 時 35 分以降に最大波が到達している」とし、津波による設備被害の項目では「15 時 35 分の津波第 2 波の襲来」として再度 15 時 35 分到達説を主張した。

2012 年 7 月 5 日に公表された国会事故調報告書は、1 号機の非常用電源喪失時刻を B 系については運転日誌の記載から 15 時 37 分、A 系については運転員のヒアリング結果に基づき 15 時 35 分か 36 分とした上で、津波第 2 波の 4 号機海側エリア到達時刻は 15 時 37 分頃と考えられるとし、1 号機 A 系の電源喪失の原因は津波ではないと考えられる、1 号機 B 系等の電源喪失が津波によるといえるか疑問があると結論づけた^{*11}。

*9—国会事故調の 2012 年 5 月 10 日付意見照会に対する同月 15 日付東京電力回答(国会事故調報告書参考資料 77 ページ)

*10—「福島原子力事故調査報告書」2012 年 6 月 20 日 9 ページ、106 ページ

*11—国会事故調報告書本文オリジナル版では 227 ページ、徳

東京電力は、国会事故調の運転員へのヒアリングについて独自に再聴取をして供述が覆った旨主張していた^{*12}が、2013 年 5 月 10 日になり、それまで 3 月 11 日 15 時 17 分以降についてはデータがない^{*13}としていた 1 号機の過渡現象記録装置について、1 分周期のデータがあったとして 1 号機 A 系 B 系ともに 15 時 37 分(正確には 15 時 36 分 59 秒)時点で非常用ディーゼル発電機は稼働していた、A 系については 15 時 36 分(同 15 時 35 分 59 秒)と 15 時 37 分(同 15 時 36 分 59 秒)の間に非常用母線が機能喪失し、B 系については 15 時 37 分(同 15 時 36 分 59 秒)時点で非常用ディーゼル発電機の電圧は定格だが電流が定格の半分程度まで落ちていたことを発表し、「1 号機の非常用ディーゼル発電機(A)は交流母線(C)の機能喪失前に地震で機能喪失することはなかった」と主張した^{*14}。

問書店版では 215 ページ

*12—国会事故調報告書参考資料 64～65 ページ

*13—国会事故調は東京電力に対して「1 号機の過渡現象記録装置データ及び(5 月 15 日以後のデータ回収ができていれば)プロセスコンピュータデータで回収できたデータ全部」「もし不件事故当時のコンピュータデータで上記のもの以外が保管されている場合には、それも同様の形で提出してください」と資料請求していたが、東京電力からは過渡現象記録装置の 15 時 17 分 03 秒までの 100 分の 1 秒ごとのデータだけが提出され、これ以外はないと回答された。

*14—「福島第一原子力発電所 1 号機における電源喪失及び非常用復水器の調査・検討状況について」2013 年 5 月 10 日

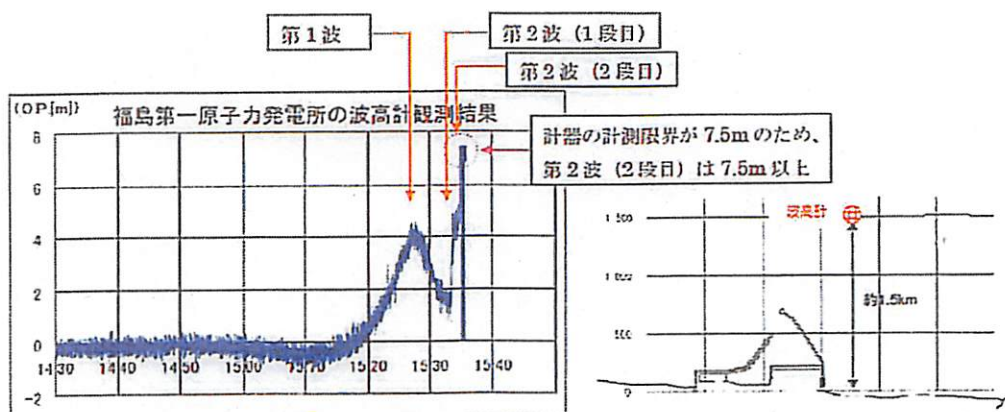


図 1-2—津波実測波形等についての東京電力の定義説明図(第 1 回進捗報告添付地震津波-1-1)

筆者は、この東京電力の発表を前提に、1号機の A 系の非常用電源喪失は 15 時 37 分以前であり B 系も電源系の異常が 15 時 37 分以前に発生しており、他方、国会事故調での検討に加えて津波の写真をよく検討すると津波第 2 波の防波堤内(港内)への波及に時間遅れがあることなどから 1 号機敷地への到達は 15 時 38 分以降おそらくは 15 時 39 分とする論考を本誌 2013 年 9 月号で発表した^{*15}。

これに対して東京電力は、基本的に筆者の検討方法と同様の手法によりつつ、それまで「第 2 波」と扱われていた大津波ではなくそれに先行する小さな津波を「第 2 波(1 段目)」と新たに名付けるとともにそれまでの「第 2 波」を「第 2 波(2 段目)」と呼び変えた上で(図 1-2 参照)、筆者がその用語法に合わせれば「第 2 波(2 段目)」であるとした津波の写真を「第 2 波(1 段目)」に当たるとして、その結果敷地に遡上したと考えられる「第 2 波(2 段目)」の敷地到達時刻を 15 時 36 分台とする主張をとりまとめ、2013 年 10 月 7 日に原子力規制委員会「東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会」(以下「規制庁事故分析検討会」という)に提出した^{*16}うえで、同年 12 月 13 日より詳細な主張を加えて発表し

た^{*17}。

本稿は、この東京電力の新たな主張が誤りであることを論じるものである。

3

現時点での東京電力と筆者の見解の差異及び本稿の論証の構成

3.1 現時点での筆者と東京電力の主張の差異の整理

2 節で紹介した経緯を経て、現時点での津波の敷地到達時刻の評価に関する筆者と東京電力の見解の差異を整理すると表 1 のようになる。なお、写真については 6 でまとめて紹介し検討する。

3.2 本稿の論証の構成

本稿では、まず次の 4 節において、福島第一原発 1 号機の非常用交流電源の喪失時刻を 15 時 37 分かそれ以前と特定した上で、5 節以降で津波の 1 号機敷地への遡上時刻が 15 時 38 分以降であることであることを論じる。

津波の遡上時刻については、まず 5 節において福島第一原発を襲った津波についての唯一の実測データである波高計の波形を紹介して考察を加え、続いて 6 節において福島第一原発を襲う津波を撮影した 44 枚組の連続写真のうち前半の 18 枚を紹介してその写真からわかること及び筆者の

*15—「科学」2013 年 9 月号 1045～1054 ページ

*16—「東京電力福島第一原子力発電所事故発電所敷地への津波到達時刻について」規制庁事故分析検討会第 4 回配布資料 2-1

*17—「福島第一原子力発電所 1～3 号機の炉心・格納容器の状況の推定と未解明問題に関する検討 第 1 回進捗報告」2013 年 12 月 13 日(以下本稿では「第 1 回進捗報告」という)

表1—津波到達時刻の評価に関する論点整理

項目	記者の主張	東京電力の主張	委員と本場での説明
①波高計の時計の正確性	ほぼ正確。ズレがあるとしても数秒	大きなズレはない。 4～10秒程度の進み	ほとんど進はない 7.1項で説明
②写真5, 6の防波堤の先に写っている波	津波第2波(1段目)	津波でない。第2波(1段目)ではない	争点 6.3項と8.2項で説明
③写真7～12に写っている津波	第2波(2段目)	第2波(1段目)	最大の争点 6.4項と8節で説明
④写真15, 16に写っている津波	第2波(3段目)	第2波(2段目)	争点 ③で自動的に決まる
⑤写真7～12に写っている津波の波高計から4号検測側エリア着岸(写真11)までの所要時間	波高計→写真7が70～80秒、 写真7→写真11が56秒。 少なめに見て合計約2分	波高計→写真8が多めに見積もって96秒、写真8→写真11が45秒。 合計2分21秒	大差ない 7節で説明
⑥写真11の撮影時刻	15時37分頃	15時35分50秒頃	争点 ③と④で決まる
⑦写真15, 16に写っている津波の進行	防波堤の影響を受け南東から北西方向	防波堤の影響なく一様に東から西	争点 6.6項, 6.8項, 9.1項で説明
⑧1号機敷地への津波到達時刻	15時38分以降	15時36分台	大きな違い(ただし上記各争点の結果)

見方を示す。その後、7節で波高計設置位置である福島第一原発沖合1.5 km地点から津波が写真に写っている地点までの、言い換えれば津波について直接の観察資料がない区間の津波の進行にかかる時間を津波の速度に関する一般式に基づいて計算して津波の着岸時刻あるいは写真の撮影時刻を特定する。

現段階では、表1にまとめたように、津波の着岸時刻あるいは写真撮影時刻の特定の方法について、筆者と東京電力の間で実質的な差異はなく、また波高計設置位置から敷地までの津波到達時間(所要時間)についての見解も大きな差はない。両者の差は実質的には、連続写真に写っている津波が第2波のどの波(何段目)かについての見解の相違に絞られてきている。8節で、この点について、東京電力の主張とその根拠を紹介した上で、それが誤りであることを論証する。その上で、9節において、その他の若干の問題を検討する。

4 非常用交流電源喪失時刻

2013年5月10日に東京電力が公表した福島第一原発1号機の過渡現象記録装置の1分周期

データによれば^{*18}、1号機A系の非常用交流電源はディーゼル発電機の停止以外によって15時35分59秒と15時36分59秒の間のいずれかの時刻、つまり15時36分台に機能喪失している。1号機B系の非常用交流電源は、15時36分59秒時点で非常用ディーゼル発電機が稼働状態であり非常用ディーゼル発電機及び非常用母線の電圧も定格値を維持しているが、非常用ディーゼル発電機の電流が15時35分59秒と15時36分59秒の間のいずれかの時刻に大幅に低下し半減している(図2参照^{*19})。このB系の非常用ディーゼル発電機の電流低下については、東京電力は格納容器冷却系(CCS)の海水ポンプ(CCSW)の停止により負荷が下がったために電流値が下がったと

*18—1号機A系非常用電源喪失時刻に関して東京電力が「国会事故調の速報ヒアリング」に対して再度聴取して供したと、国会事故調が求めたときには存在しないとしたデータを国会事故調解散後に15時37分現在A系非常用ディーゼル発電機が稼働していたという根拠として公表したという経緯を考慮すると、筆者としては東京電力の発表に余剰の信頼を置けると考えているわけではない。

*19—図2の上半分がA系、下半分がB系の非常用ディーゼル発電機の電流値の推移である。

*20—規制庁事故分析検討会第5回議事録30～31ページ

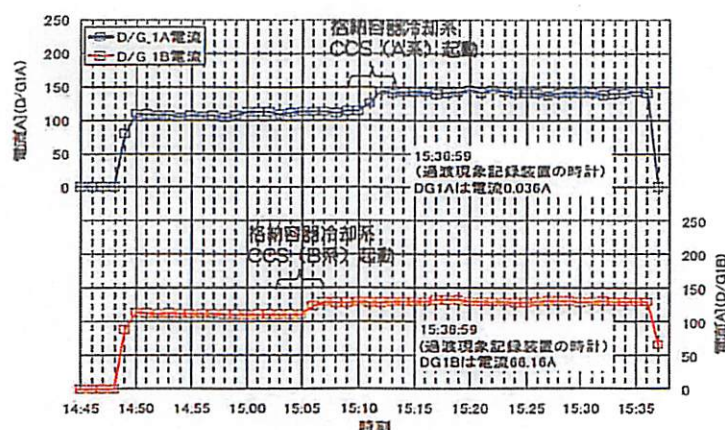


図2-1 号機 D/G 電流値の推移についての東京電力の説明(第1回進捗報告添付地震津波-1-15)

考えていると説明している^{*20}が、この電流値の低下は格納容器冷却系の起動時の上昇より遙かに大きく(図2参照)、これで説明できるかは疑問がある。

したがって、東京電力発表の過渡現象記録装置の1分間期データによれば15時36分59秒までに、1号機A系非常用電源が機能喪失したことは確実であり、1号機B系の非常用電源にも既に異常が生じていた疑いがある。また、その点を度外視しても、1号機の運転日誌上、当直員引継日誌には「D/G1Bトリップ 15:37」、当直員引継日誌には「15:37 D/G1Bトリップ→SBO(A系トリップはいつ?)」と記載されており、15時37分にはB系の非常用電源が機能喪失して(先にA系が機能喪失していた結果)、それにより全交流電源喪失となったことが明らかである。

5 波高計実測波形の検討

図1-3は、福島第一原発沖合1.5km地点(水深約13m)の海底に設置された波高計の3月11日15時10分頃以降の実測データである^{*21}。この実測波形は、波高計の測定限界が ± 7.5 mであること、

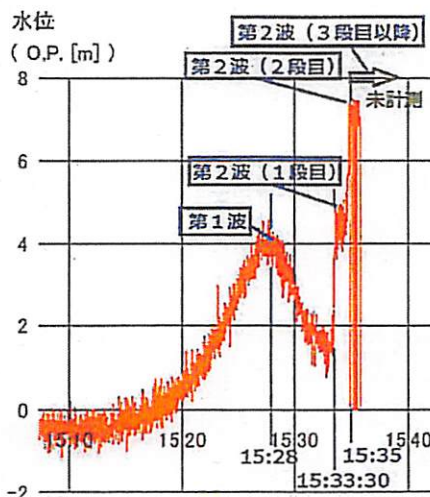


図1-3 福島第一原発を襲った津波の実測波形と波の定義

巨大な津波により波高計に異常が生じたと思われることから、波高が7.5mで打ち止めになり、また15時35分を超えたところで記録がなくなっているが、少なくとも波高が7.5mに達するまでは機能に問題はなかったと考えられている。データのうち数十cm程度のスパイク状の上下動は津波と関係なく通常時にも寄せては返している波(波浪)であり、実際の波は大きな動きの津波と小さな波浪が合成された形になっている。

福島第一原発を襲った津波は、波高計設置位置において15時28分頃にピークを迎える緩やかな上下動(かなり長周期)の「第1波」とその後の急

^{*21}図1-1、図1-2と同じものであるが、15時10分頃以降だけを切り出し、本稿で扱う波の定義とポイントになる時刻を書き込んだ。

速に立ち上がる「第2波」に分けられる。福島第一原発を襲った津波については、従前はこの2つの波が議論されていたが、2節で紹介したように東京電力が波高計設置位置において15時33分30秒頃に急速に立ち上がる波高4~5m程度の波に着目し、これを「第2波(1段目)」と呼び、それに続く波高計設置位置において15時35分頃に急速に立ち上がる波高7.5mを超える(波高計の測定限界を超える)津波を「第2波(2段目)」と呼ぶようになった(図1-2参照)ので、混乱を避けるために、本稿もこの名称を用いる^{*22}。なお、筆者は、波高計が測定機能を失った15時35分以降にさらにこれに続く大きな波(波高計によっては測定されていない波)があると考えるので、これを「第2波(3段目)」と呼ぶことにする。

第1波は、15時17~8分頃から緩やかに立ち上がり、15時28分頃にピークを迎え、最大波高は約4mである^{*23}。この波形は、図1-3で見るとはっきりとした山型に見えるが、約10分をかけて水位が約4m上昇するものであり、波高計設置位置近辺の水深約10mの海での津波の標準的な速度が約10m/秒であることを考えると、水平方向で6kmの距離に対して4m、言い換えれ

ば水平方向600mに対して40cm、水平方向60mに対して4cmの上昇であるから、肉眼で傾斜を看取することはほぼ不可能であり、見た目にはほぼ水平で、速い満ち潮ないしは高潮のような形状となる。

第2波(1段目)は、第1波のピークから約5分30秒後の15時33分30秒頃に急速に立ち上がり、波高約4~5mに達している。波高計設置位置での波形は棚状になっており、いわゆる「段波」の形状となっている。

第2波(2段目)は、第1波のピークから約7分後、第2波(1段目)から約1分30秒後の15時35分頃に急速に立ち上がり、最大波高は波高計の測定限界の7.5mを超えていることは確実であるが、どれだけの波高に至ったかは不明である。また波の形状も急速に立ち上がっていることは明らかであるが、その後棚状であるのか山型であるのかなども不明である。

6

津波の写真の検討

6.1 はじめに

東京電力は、2011年5月19日に福島第一原発4号機南側の廃棄物集中処理建屋から撮影した写真を11枚公表したが、津波が福島第一原発に至る過程の写真は公表しなかった。国会事故調が、津波を撮影したすべての写真を提出するように求めて初めて、東京電力は上記11枚を含む44枚の一連の写真を提出し、国会事故調報告書公表後の2012年7月9日になってそれらの写真を一般公開した。

国会事故調に提出された写真ファイルを見る限り、この44枚のファイルネームは連続しており、ファイルネームの加工がなければこれらの写真の間の時刻に撮影された未公表の写真はないと考えられる。そして国会事故調に提出された写真ファ

*22—津波に関する用語例では、「段波」は(山型ではなく)棚状の形態の波ということが多いが、「波状段波」というときは津波が複数の山谷間の波に分裂したものを指し示すのが通例である。本稿で1段目等の呼称を用いるのは波の形状が棚状であることを前提とするものではなく、1段目、2段目等は波の形状に関係なく用い、「段波」は棚状の波の意味で用いることにする。

*23—筆者は本誌2013年9月号では第1波のピークは15時27~28分とし、東京電力の中間報告書はピークとして特定していないが第1波の到達時刻を15時27分としている(図1-1はこれを示す意味で15時27分を書き込んである)。今回、この点について再検討してみたところ、波高計の波形で波浪を除いてみればピークは15時28分頃とみられ、東京電力から国会事故調に提出された波高計実測値のデジタルデータは地震発生(14:46:18)からの10秒ごとのものだけであったが、15時27分以降のデータを見ると15:27:08 4.04m、15:27:18 4.07m、15:27:28 4.06m、15:27:38 4.11m、15:27:48 4.10m、15:27:58 4.14m、15:28:08 4.07m、15:28:18 4.00m、15:28:28 3.90m、15:28:38 3.80m、15:28:48 3.77mとなっており15時28分頃が最大値であるとともにピークと考えるのが自然であることから、本稿では15時28分頃に波高計設置位置での第1波のピークがあるとした。

*24—デジタルカメラ撮影時に自動的に画像ファイルに記録される撮影時刻等の情報。ファイルのコピーやファイルネームの変更を行うだけでは変更されないが、編集ソフトによって加工や削除をすることは可能である。

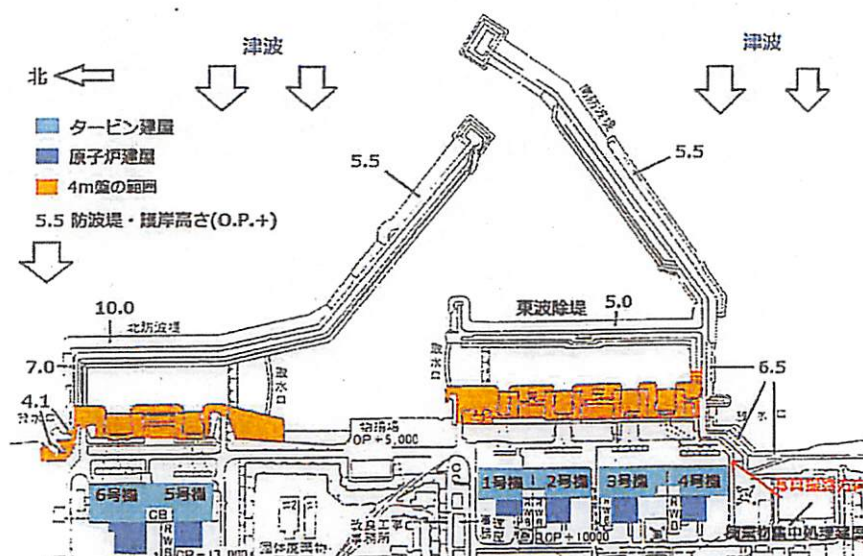


図3—福島第一原発位置関係図(国会事故調報告書参考資料71ページ)

イルには Exif 情報^{*24}が附帯しており、撮影時刻が記録されているが、カメラの内蔵時計に進み・遅れがあれば Exif 情報上の撮影時刻も正しいとはいえないこととなる。国会事故調報告書も筆者も、東京電力も、このカメラの内蔵時計の時刻は正しくないという前提で議論している。ただし、カメラの内蔵時計の時刻が不正確であっても、撮影時刻の間隔は正しいものと考えられる。このことが以下の検討の重要な前提となる。

本稿では、東京電力が2011年5月19日に公表した11枚組の写真と2012年7月9日に公表した33枚組の写真を撮影順に並べた最初から18枚を撮影順に写真1から写真18と表記して検討する^{*25}。

福島第一原発の各号機と防波堤などの配置及び写真の撮影位置等については図3を参照されたい。

*25—用いる写真及び写真番号の振り方も、筆者が従前用いていたものと異なるが、混乱を避けるため東京電力の使用写真及び写真番号に合わせるものである。なお、東京電力が公表しているカメラ内蔵時刻は、国会事故調に提出されたファイルの撮影時刻より1秒早くなっているものがある(本稿で用いる中では写真4、5、7、9、11、12、16、17、18)。結論に影響しないが、本稿では国会事故調に提出されたファイルの撮影時刻で論じる。

6.2 写真1～4:第1波の水位低下局面

写真2は写真1の34秒後、写真3は写真2の28秒後、写真4は写真3の25秒後に撮影されたものであり、写真1～4はほぼ30秒間隔で撮影されている。

写真1～4では、海面はほぼ水平で通常の波(波浪)が見られるものの津波状の上下動は見られず、南防波堤(写真手前側)、北防波堤(写真左奥)、東波除堤(港内)が露出しているが防波堤の天端部近くまで水位が上昇している様子が写っている。南防波堤及び北防波堤が高さ5.5m、東波除堤が高さ5mであること及び第1波の波形が速い満ち潮状態で波高計設置位置での最大波高が約4mであることからすれば、この写真は第1波が福島第一原発敷地直前に押し寄せているところとみるのが自然である。

この写真1～4では、津波の水位が次第に低下していることがわかる。写真1～4を並べて全体的に見てもこのことを理解することは可能であるが、よりわかりやすくするために写真1～4の南防波堤付け根部の同じ箇所(図4参照)を切り出して拡大し、津波の波浪を除いた水位を直線で示し、同じ箇所で防波堤からその水位の直線まで垂線(写真では白抜きにした)を下ろしたものを作成して並



写真1



写真2



写真3



写真4

べると、写真1-2~4-2のようになる^{*26}。東京電力も「写真1から4の1分26秒間において、徐々に水位が低下している」と評価している^{*27}。

*26—写真1(オリジナルサイズは横幅が640ピクセル、切り出し部分は高さ40ピクセル、横幅120ピクセル)を3倍に拡大し(高さ120ピクセル、横幅360ピクセル)、同じ箇所が防波堤から津波水位まで下ろした垂線の長さが、写真1-2で9ピクセル、写真2-2で11ピクセル、写真3-2で14ピクセル、写真4-2で16ピクセルとなった。防波堤の側面が傾斜しているので写真上の垂線は現場では垂線にはならないが、現実の防波堤天端と津波水位の差はこの垂線長さに比例しているはずである。

*27—第1回避難報告添付地変津波-1-4



図4—写真切り出し部位説明図



写真1-2



写真2-2

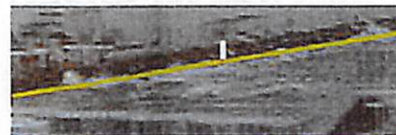


写真3-2

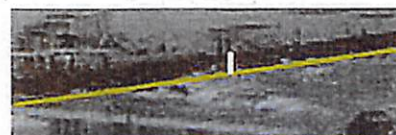


写真4-2

以上のことから、写真1~4は第1波のピーク以降の部分が福島第一原発敷地直前に到達したところを撮影したものであると判断できる。この点については、おそらく東京電力も同意見であると考えられる。そして、写真1の水位が南防波堤付け根部でも天端部に近くなっていることからすれば、写真1は第1波のピーク付近が福島第一原発敷地直前に押し寄せているところを撮影したものと考えられる。

6.3 写真5~6:筆者の見解では第2波(1段目), 東京電力はこれを否定

次に写真4の3分34秒後に撮影された写真5とその11秒後に撮影された写真6を検討する。

この2枚の写真では、2つの着目点がある。1つは南防波堤付け根部や東波除堤の部分であり、これらが相当程度露出していて、水位が相当程度下がっていることがわかる。東京電力は、これらの写真をもっぱらその観点から説明している。もう1つの着目すべき点は防波堤の先(写真5)に南防波堤の先端部分とほぼ平行に小さな津波が写っていることである。この津波は、カラー写真でも縮小サイズでは判別しにくく、モノクロ印刷ではほぼ判別できない。そのため、オリジナル写真から該当部分を切り出したものの下に、そのコントラストを強調加工した写真を参考までに示す(写真



写真5



写真6

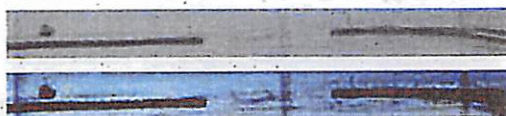


写真5-2



写真6-2

5-2. 写真6-2)。

この小さな津波の解釈は、筆者と東京電力の対立点の1つである。

写真1からカウントすると写真5は5分01秒後、写真6は5分12秒後に撮影されている。筆者は、これが第2波(1段目)であると考えている。その理由は第1波のピークから5分ないし6分後、次に写真7以降で見るように第2波(2段目)のほぼ1分前という敷地近傍への到達時刻が波高計の実測データときれいに整合することにある。

この点については8節で論じる。

6.4 写真7~12:筆者の見解では第2波(2段目), 東京電力は第2波(1段目)と主張

続いて、いよいよ防波堤を呑み込みながら福島第一原発敷地に迫る津波が撮影されている写真7~12を検討する。写真7は写真6の57秒後、写真8は写真7の11秒後、写真9は写真8の17秒後、写真10は写真9の5秒後、写真11は写真10の23秒後、写真12は写真11の4秒後に撮影されている。写真7以降はほぼ連続して撮影されたと言ってよい。

この一連の写真に写っている津波が、第2波(1段目)なのか(東京電力の主張)、第2波(2段目)なのか(筆者の主張)が、現段階では東京電力と筆者の最大の対立点である。

写真7から写真12にかけて、津波が南防波堤及び北防波堤を越流し防波堤が津波に呑み込まれて見えなくなる様子、津波が防波堤先端部から防波堤(南防波堤)付け根部へと原発敷地に迫ってくる様子に目を奪われる。

しかし、ここではさらに2つのことに注目したい。1つは、津波は南防波堤及び北防波堤を越流しているが、港内への波及はあまりなく港内中央部の海はほとんど荒れていないこと、そして港内にある東波除堤は、南防波堤や北防波堤より高さが低いにもかかわらず露出したままであることである。このことから筆者は、この津波が4号機海側エリアに着岸しても、防波堤の奥深くにあることにより守られている1号機敷地への津波



写真7



写真8



写真9



写真10

遡上には至らなかったという結論を導いた^{*28}。他方東京電力はこのことから津波の波高が低かったと主張してこの一連の写真に写っている津波は第2波(1段目)であるとしている。

このことについては8節でより詳細に論じることにして、もう1点この一連の写真で注目したいところは、この津波の形状である。東京電力は、この波を「段波状の津波」と主張してお

*28—この点については、現在は東京電力も認めるようである。
第1回進捗報告添付地震津波-1-8



写真11

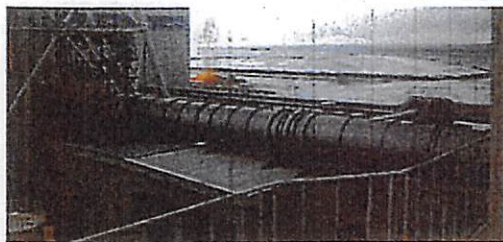


写真12

12 (07:08)

第2波
(2段目)



写真12-2



写真12-3

り^{*29}、そのこともこれが第2波(1段目)である(図1-3で第2波(1段目)の波形が段波状であることに注意)という根拠とするようであるが、これらの写真に写っている津波は棚状であろうか。

写真12-2は、東京電力が写真12に「沖合に第2波(2段目)と推定される波が認められる」と指摘して矢印を書き込んでいるものであるが、その矢印の手前で、写真7～12に写っている津波

*29—第1回進捗報告添付地震津波-1-6～7



写真 13



写真 14

が越流した南防波堤が再度露出しているのが見える。左側に目をやれば船の手前に北防波堤がもっとはっきりと露出しているのが見える(写真12-3参照)。

この写真7～12に写っている津波が棚状の「段波」であれば、津波の先端部でも後部でも棚状で波高が同じである以上、越流された防波堤はそのまま水面下のはずではないか、棚状で波高は同じなのだから写真11でも12でも越流が続いているはずではないか。写真11と写真12で、写真7～10で越流された南防波堤と北防波堤が再度露出していることは、まさしくこの写真7～12に写っている津波の形状が棚状ではなく山型であることを示している。

6.5 写真13～14:4号機南側での津波の遡上

写真13と写真14は、写真11での津波の4号機海側エリア着岸後、津波が4号機南側の敷地に遡上し始めた様子を撮影したものである。

これらの写真では10m盤の敷地に津波が遡上している様子が写っているが、写真右上隅に写っている港内部分で東波除堤が露出していることからわかるように、防波堤の外側の敷地には津波が遡上しても、この時点では防波堤の内側の10m盤には津波の遡上は開始されていないと解される。この点については東京電力も同意見である^{*30}。

*30-第1回進捗報告添付地震津波-1-8

6.6 写真15～16:筆者の見解では第2波(3段目)、東京電力は第2波(2段目)と主張

次に、津波が港内にも波及する写真15と写真16を検討する。写真15は写真11(4号機海側エリア着岸)の37秒後、写真16は写真11の52秒後に撮影された。

写真15では大津波が南防波堤をまさに越流しているところで南防波堤に沿って津波が高い波頭を見せている。写真16では津波が東波除堤を越流しているが、波の先端が写真15での南防波堤の線から大きく北側(写真では左側)に移動していることが読み取れる(写真15-2、16-2参照)。この津波の前線とその移動を地図に落とすと、津波は防波堤の影響で防波堤の内側(港内)では東から西へではなく南東から北西に向けて進行していることがわかる(図5参照)。

この写真16での大津波の波の先端は東波除堤の3号機前部分(2号機との境に近いといってもよい)と見られる(図5参照)。したがって、大津波が1号機敷地に達するのは、この写真16よりもさらに少し後ということになる。写真15と写真16の撮影時刻差が15秒であり、写真16の大津波の先端から1号機敷地までの距離が最短距離で見ても写真15から写真16までの大津波先端の移動距離の概ね倍程度と考えられる(図5-2参照)ことから、1号機敷地への大津波の遡上は早めに見ても写真16の撮影時刻より30秒程度後と、筆者は考える。



写真 15



写真 16



写真 15-2



写真 16-2

6.7 写真 17～18:4 号機南側敷地への津波遡上

写真 17 及び写真 18 では津波が 4 号機南側の敷地を遡上する様子が写っている。

東京電力は、「写真 18 の前後には、福島第一原子力発電所の全ての原子炉建屋付近に、高さ O. P.+15 m 程度の津波第 2 波(2 段目)が到達し

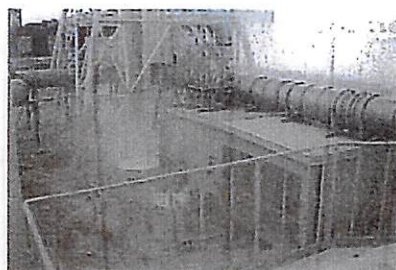


写真 17

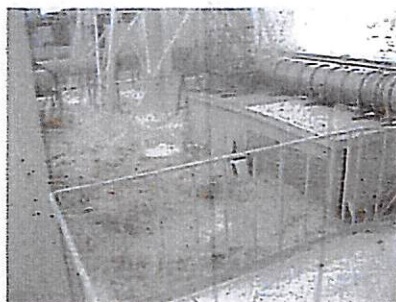


写真 18

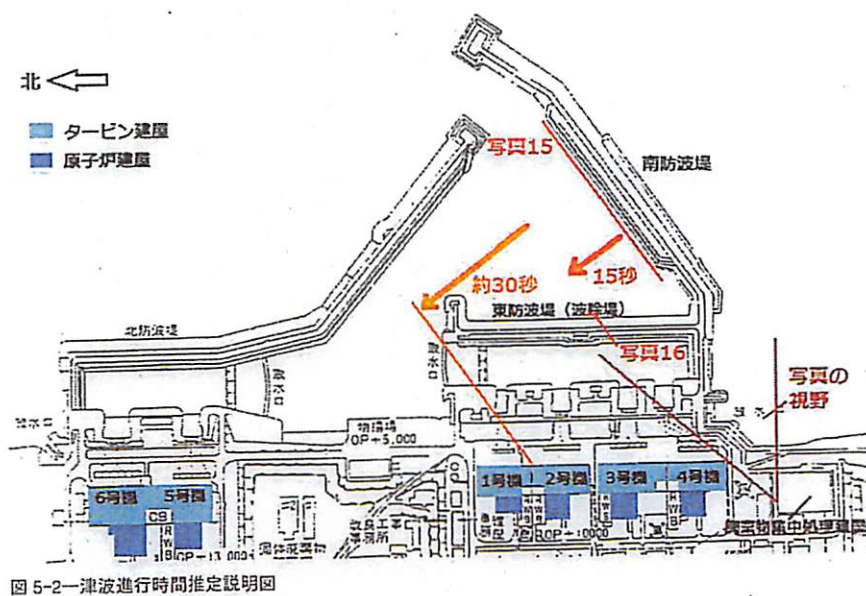
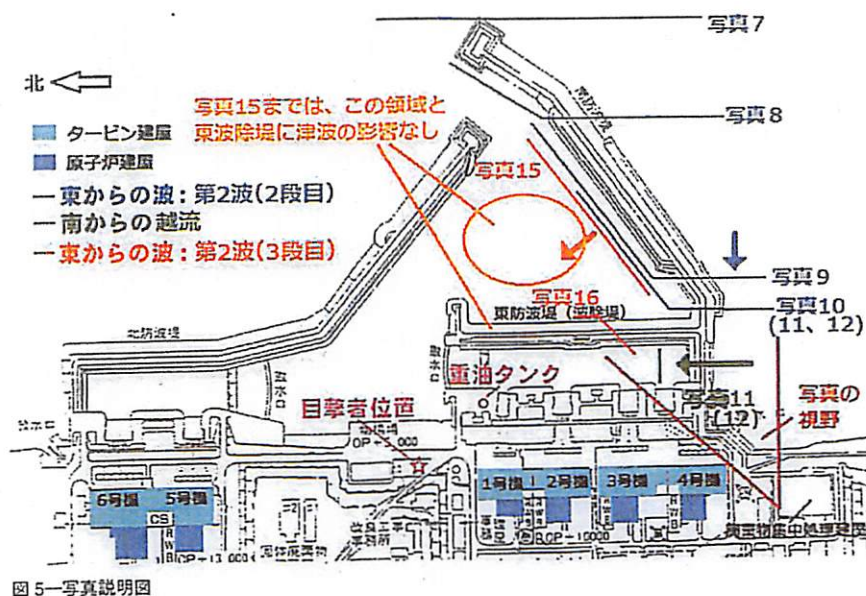
ていたものと判断される」としている^{*31}。先に述べたように、防波堤の内側と外側では津波の影響はかなり違っていたと考えるべきであり、防波堤の外側の敷地(4 号機南側)への遡上の状況から直ちに防波堤の内側の敷地の状況を論じることは正しくないと筆者は考える。

6.8 まとめ

写真 7 以降の写真のうち海側を撮影した写真について、波の先端部の位置と筆者の見方を図示すると図 5 のようになる。

以上の検討から、写真 15 までの間は、津波は防波堤内(港内)にはあまり影響を与えておらず、津波が港内に波及するのは写真 15 以降で、港内の一番奥深くに位置する 1 号機の敷地に津波が到達するのは写真 16 よりも後であることが確実である。写真 15 と写真 16 の撮影時刻差が 15 秒でありその間の津波の先端部の進行距離から考えれば、津波が 1 号機敷地に達するには最短距離で考えても写真 16 の後 30 秒程度を要すると考

*31—第 1 回進捗報告添付地空津波-1-9



えるべきである*32。

7

直接の観察資料がない間の津波の進行について

7.1 波高計の時刻の正確性について

波高計の時刻の正確性については、東京電力からは正確性に疑義を呈する見解もあった*33が、筆者が本誌2013年9月号掲載の論考において波

*32一港内を南東から北西に向かう大津波がさらに東波除堤の影響で屈折して西向きに方向を変えることも考えられるが、その場合、1号機敷地までの距離はさらに長くなり所要時間が増える。

高計の地震直後の水圧波の変動と福島第一原発敷地内の地震計の計測値を比較対照することで誤差はあっても数秒と指摘した後、東京電力も全く同じ方法により「波高計の時刻に大きなずれはない」と認めるに至り^{*34}。現在ではこれについては論じる必要がなくなった。

7.2 国会事故調査及び筆者の評価

波高計設置位置から津波が写真に写っている地点までの津波の進行所要時間について、国会事故調査報告参考資料では、写真7を基準に波高計設置位置から防波堤先端部までの距離約800mについて、津波速度(m/s) = $\sqrt{\text{水深(m)} \times \text{重力加速度(m/s}^2\text{)}}$ の一般式により計算し、水深を波高計設置位置の約13mと考えると70秒程度、平均水深を約10mとすると80秒程度となるので、70~80秒程度とした。そして写真7から4号機海側エリア着岸の写真11までの撮影時刻差が56秒であることから、波高計設置位置から4号機海側エリア着岸までの時間を約2分と評価した^{*35}。筆者の本誌2013年9月号掲載の論考でもこれを踏襲している。

7.3 東京電力の評価

東京電力は、写真8に着目し、波高計設置位置から写真8で津波が越流している「南防波堤屈曲部」までの直線距離で約1000mについて、津波の進行速度を計算している。その際、東京電力は、津波の速度について平常時の水深(静水深)

ではなく津波高さを加えた水深(全水深)によるべきであると主張し、浅海での水深の減少に伴う波高の増幅に関するグリーンの法則^{*36}に従って津波の波高が敷地に近づくにつれ増幅するという前提で計算すべきことを主張している^{*37}。なお、東京電力は、波高計設置位置から南防波堤屈曲部までの水深については、波高計設置位置の水深13mと防波堤屈曲部前の水深6mの2点間の海底勾配が一定であると仮定して比例計算している^{*38}。東京電力は上記1000mを50mごとに区分して上記の方法で計算し、全水深に基づく計算で85秒、静水深に基づく計算で106秒という結果を出し、写真8に写っている津波が第2波(1段目)であるという前提で写真8の正しい撮影時刻は第2波(1段目)が波高計設置位置を通過した15時33分30秒から85~106秒経過後の15時34分55秒~15時35分16秒であるのに、カメラ内蔵時計の撮影時刻は15時41分36秒であるから、カメラ内蔵時計は6分20秒~6分41秒進んでいたとし、その中間値を取って6分30秒進んでいたとして、全ての写真の撮影時刻を補正している^{*39}。

東京電力のこの計算結果は、言い換えれば波高計設置位置から南防波堤屈曲部までの津波の進行にかかる時間が96秒、写真8から4号機海側エリア着岸の写真11までの撮影時刻差が45秒ということであるから、結局のところ波高計設置位置から4号機海側エリア着岸までの所要時間は2分21秒といているのと同じである。したがって、波高計設置位置から敷地までの津波の到達所要時間の考え方や計算結果については、東京電力と筆者の間にほとんど差はないといってよい。

7.4 東京電力のあるべき計算

ところで、東京電力はこの計算について、距離

*33—新調査技術委員会の2012年12月14日の会合で東京電力の説明者は「更に波高計の時刻、これも時刻更正を行っておりませんのでずれがあった可能性もあります」と述べ、委員から波高計の時刻が進んでいたと考える余地はあるか、もし進んでいたと考える余地があるのなら最大限だけ進んでいた余地があるかと質問され、「波高計の時刻のずれがどれほどであったかわかっておりません」と文書回答した。同日の議事録5ページ

*34—第1回進捗報告添付地図津波-1-3

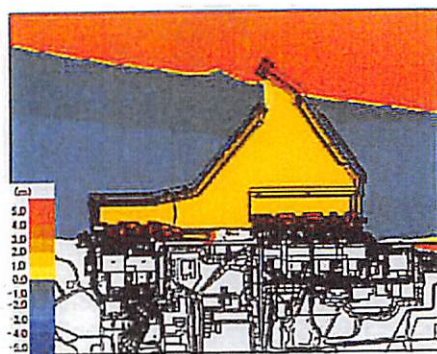
*35—同会事故調査報告参考資料のページ。なお、距離約800mは、津波が東から西に進行していることから波高計設置位置と防波堤先端部の直線距離ではなく東西方向の距離を用いた。

*36—地点1での波高を H_1 、水深を h_1 、地点2での波高を H_2 、水深を h_2 とすると、 $H_2 = H_1 \times \sqrt{h_1/h_2}$

*37—第1回進捗報告添付地図津波-1-11、同34

*38—第1回進捗報告添付地図津波-1-34

*39—第1回進捗報告添付地図津波-1-11



解析結果 (鳥瞰図)

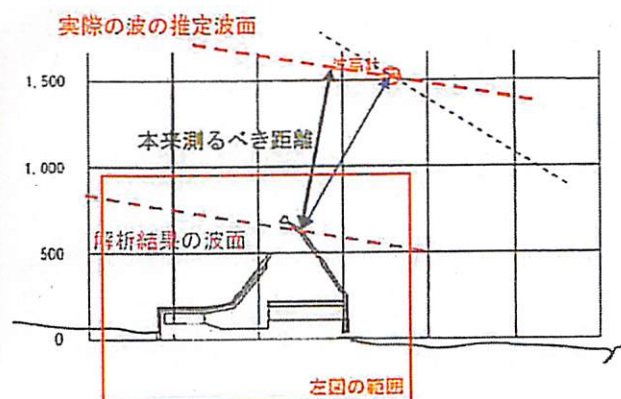


図6—東京電力主張の所要時間計算における本来測るべき距離(第1回進捗報告添付地震津波-1-33)

表2—東京電力の本来の主張による津波伝播所要時間計算

波高計からの距離(m)	静水深に基づく所要時間計算			全水深(水深+波高)に基づく所要時間計算				
	区間平均水深(m)	津波速度(m/s)	区間所要時間(s)	グリーンの法則による津波波高(m)	水深+波高(m)	津波速度(m/s)	所要時間(s)	
0	50	12.81	11.21	4.46	4.52	17.32	13.03	3.84
50	100	12.42	11.03	4.53	4.55	16.97	12.90	3.88
100	150	12.03	10.86	4.60	4.59	16.62	12.77	3.92
150	200	11.64	10.68	4.66	4.63	16.27	12.63	3.96
200	250	11.25	10.50	4.76	4.67	15.92	12.49	4.00
250	300	10.86	10.32	4.84	4.71	15.57	12.36	4.05
300	350	10.47	10.13	4.93	4.75	15.22	12.22	4.09
350	400	10.08	9.94	5.03	4.80	14.88	12.08	4.14
400	450	9.69	9.75	5.13	4.84	14.54	11.94	4.19
450	500	9.31	9.55	5.23	4.89	14.20	11.80	4.24
500	550	8.92	9.35	5.35	4.94	13.86	11.66	4.29
550	600	8.53	9.14	5.47	5.00	13.53	11.52	4.34
600	650	8.14	8.93	5.60	5.06	13.20	11.38	4.40
650	700	7.75	8.72	5.74	5.12	12.87	11.23	4.45
700	750	7.36	8.50	5.88	5.19	12.55	11.09	4.51
750	800	6.97	8.27	6.05	5.26	12.23	10.95	4.57
800	850	6.58	8.03	6.22	5.33	11.92	10.81	4.63
850	900	6.19	7.79	6.42	5.42	11.61	10.67	4.69
合計			94.92					76.15

を1000 mとすることは所要時間を多めに見積もる取り方である^{*40}とし、また全水深による計算がより実際に近いといいながら全水深による計算と静水深による計算の中間値を取っている。これらの所要時間を多めに見積もる方向に作用する部分を全て「正しい値」にするとどうなるであろうか。

*40—波高計設置位置から南防波堤屈曲部まで直線距離だと約1000 mだが、東京電力の津波再現計算による津波の推定波面(進行方向)から進行距離を推定すると図6のようになり、「本来測るべき距離」はもっと短いというのである。

波高計から南防波堤屈曲部までの距離を、東京電力主張の「本来測るべき距離」としてこの図6からの読み取りで約900 mとし、50 mごとに区分して、初期波高4.5 m(東京電力)で全水深による計算をすると、表2の通り約76秒となる。

そうすると、東京電力が考える本来の計算による「より実際の値に近いと考えられる」時間は、波高計設置位置から南防波堤屈曲部までが76秒であり、これに写真8から写真11までの撮影時刻差45秒を加えて波高計設置位置から敷地までの所要時間が2分01秒となり、筆者の意見(約2

表3—写真撮影時刻対照表

東電公表写真 番号	Exit 情報上の撮影時刻	東電公表カメラ内蔵時刻	東電主張撮影時刻	東電あるべき計算時刻	筆者主張撮影時刻
写真 1	15:35:18	15:35:16	15:28:46	15:28:26	15:29:55
写真 2	15:35:50	15:35:50	15:29:20	15:29:00	15:30:29
写真 3	15:36:18	15:36:18	15:29:48	15:29:28	15:30:57
写真 4	15:36:43	15:36:42	15:30:12	15:29:52	15:31:22
写真 5	15:40:17	15:40:16	15:33:46	15:33:26	15:34:56
写真 6	15:40:28	15:40:28	15:33:58	15:33:38	15:35:07
写真 7	15:41:25	15:41:24	15:34:54	15:34:34	15:36:04
写真 8	15:41:36	15:41:36	15:35:06	15:34:46	15:36:15
写真 9	15:41:53	15:41:52	15:35:22	15:35:02	15:36:32
写真 10	15:41:58	15:41:58	15:35:28	15:35:08	15:36:37
写真 11	15:42:21	15:42:20	15:35:50	15:35:30	15:37:00
写真 12	15:42:25	15:42:24	15:35:54	15:35:34	15:37:04
写真 13	15:42:40	15:42:40	15:36:10	15:35:50	15:37:19
写真 14	15:42:46	15:42:46	15:36:16	15:35:56	15:37:25
写真 15	15:42:58	15:42:58	15:36:28	15:36:08	15:37:37
写真 16	15:43:13	15:43:12	15:36:42	15:36:22	15:37:52
写真 17	15:43:27	15:43:26	15:36:56	15:36:36	15:38:06
写真 18	15:43:37	15:43:36	15:37:06	15:36:46	15:38:16

か)と一致することになる。

こうして、東京電力と筆者の主張の実質的な違いは、写真8を含む写真7～12の津波が第2波(1段目)か(東京電力)、第2波(2段目)か(筆者)に収斂することになるのである。

なお、東京電力の本来の主張に従った計算を適用した場合の撮影時刻は、写真8の「正しい」撮影時刻が第2波(1段目)の波高計設置位置通過時刻15時33分30秒の76秒後である15時34分46秒であるはずなのに写真8のカメラ内蔵時刻が15時41分36秒であるからカメラ内蔵時計が6分50秒進んでいるとして写真撮影時刻を補正することになる。

7.5 写真の撮影時刻についての評価結果

念のために、ここで、写真1～18について、東京電力が主張する撮影時刻、先ほど計算で示した東京電力の本来の主張に従った計算を適用した場合の撮影時刻、筆者主張の撮影時刻を表3に示しておく。

7.6 1号機敷地への津波遡上時刻についての筆者の結論

上記の写真撮影時刻についての評価に、先に

6.8項で述べた筆者の主張である1号機敷地への津波第2波(3段目)の遡上時刻は早めに見ても写真16(筆者の評価では15時37分52秒頃撮影)よりも30秒程度後ということ当てはめれば、1号機敷地への津波遡上は15時38分台かそれ以降ということになる。

なお、筆者の主張の裏付けとしては、これまでに述べたことの他に、津波第2波を1号機北側の汐見坂下の駐車場(個5の☆印)で目撃した者が、国会事故調のヒアリングに対して、重油タンクが津波により南から北へと流されるのを目撃してその時に所持していたPHSで時刻を確認したところ15時39分であった、その後津波が1号機敷地(10m程)に遡上し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ている^{*4)}こともある。

8 東京電力の主張の誤り

8.1 はじめに

さて、津波の到達時刻の判断において、東京電力の主張と筆者に主張の違いは、写真7～12に

*4)一国会事故調報告書参考資料 77 ページ

写っている津波が、東京電力は第2波(1段目)であるとし、筆者は第2波(2段目)であるとしていることにあることを説明してきたが、それぞれの根拠はどこにあるだろうか。

筆者の主張の根拠は、先に6.3項でも説明したとおり、写真1～4が第1波、写真5と写真6が第2波(1段目)、写真7～12が第2波(2段目)と解するのが津波の形状と写真の撮影間隔に照らし整合的であるということである。

これに対し、東京電力が、写真7～12に写っている津波を第2波(1段目)とする根拠は、第1波と写真7～12に写っている津波との間に敷地に押し寄せてくる津波が撮影されていないこと^{*42}、写真7～12において高さ5mの東波除堤が終始露出していることから津波の波高が数mレベルであると考えられること^{*43}の2点である。

ここでは、この東京電力の以上2点の根拠が誤りであり、また写真7～12が第2波(1段目)と評価することが明らかに不合理であることを順次論じる。

8.2 第1波の後、写真7～12の津波の前に津波がないとの主張について

先に6.3で指摘したとおり、写真5と写真6には南防波堤先端部の先(写真見、海側)に、南防波堤先端部とほぼ平行な小さな津波が写っている。

東京電力は、写真5と写真6は津波の水位が低下したところを撮影したものとか津波ではないふつうの波であると主張しているようである。しかし、写真4の後、3分34秒間撮影しなかった撮影者が、水位が下がったところを撮影しようなどと考えて撮影するか、ましてや11秒間隔で2枚続けて撮影するかは、疑問である。人間の肉眼で動くものは遠くのものでも比較的はっきり認識できるが、これをカメラで撮影すると遠くの撮影対象はほとんど判別できないということがよくある。空を飛ぶ鳥をふつうのカメラで撮影したこと

があればそのことが実感できると思う。撮影者は小さいながら津波が来たのを認識して撮影したが、遠方であり津波の規模が小さかったために結果的にはっきりしない写真となったと解するほうが自然であろう。国会事故調は写真撮影者のヒアリングを希望して東京電力に対して再三にわたり撮影者情報の開示を求めたが、東京電力がこれを頑なに拒否し続けたため、そのあたりを解明できなかった^{*44}。また、写真5と写真6を含め津波が福島第一原発に達するまでの一連の写真の焦点距離は5.80mmであり、撮影したカメラ(Finpix F460)の使用説明書によれば35mmフィルム換算で35mmレンズに相当する。つまり標準レンズと言うにはやや広角寄りのレンズ、広い意味では広角レンズに属する撮影条件で撮影したものである。そして筆者が指摘する小さな津波が写っている防波堤の先は、撮影場所から約800m離れている。広角レンズでズーム機能を使用せずに約800m先を撮影した写真で「津波ではないふつうの波」が判別できるであろうか。

筆者の主張に対して、東京電力からは、波高計設置位置で波高が約4～5mあった第2波(1段目)が敷地に近づく過程で波高が大幅に低くなることは考えがたいとか、写真5及び写真6の防波堤の先に写っているものが津波であるとすればその津波がその後敷地に近づくところが写っていない(写真5及び写真6と写真7とで南防波堤付け根部の水位に変化が見られない)のは不可解である等の批判がなされている^{*45}。

前者に関して、東京電力は、東京電力が2013年になって新たに行った津波再現計算(1.67)及び他の津波シミュレーションで波高計設置位置から防波堤近傍に至るまでの間に津波第2波(1段目)

*44—東京電力は新潟県技術委員会(仮称)の撮影者ヒアリング要請に対して「話を聞くための取り次ぎは致しかねます」と拒否している(福島事故検証課題別ディスカッションの課題と議論の整理(2014年2月6日現在)【地震動による重要機器の影響】(2014年2月11日の会合の配付資料1)に含まれる「11-1-③」)。

*45—福島事故検証課題別ディスカッションの課題と議論の整理(2014年2月6日現在)【地震動による重要機器の影響】(注4)の文書(11-2-③-④)。

*42—第1回調査報告添付資料津波-1-6

*43—「東京電力福島第一原子力発電所事故発生後敷地への津波到達時刻について」(注16の文書)7ページ

数値シミュレーションにおける各地点の第2波(1段目)の波高比較

	中野(2012)	JR(2011)	Setab(2013)	京電(1.67(2013))	京電(4.45(2011))
波高計	5.25	6.25	4.93	6.33	7.24
防波堤設置位置	6.40	9.30	5.91	7.12	出力していない

※ 防波堤設置位置からの波高比較

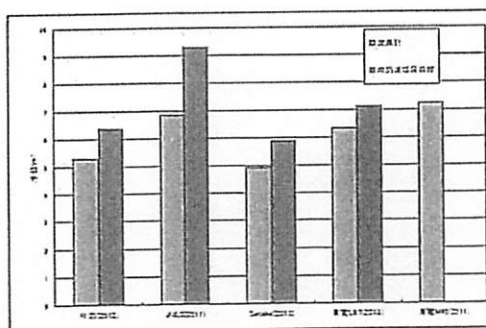


図7—津波第2波(1段目)の波高変化についての東電主張

第2波(1段目)について、波高計位置と防波堤設置位置で波高の比較を行った。その結果、出力していないM45を除き全てのモデルで、津波水位は波高計位置より防波堤設置位置の方が大きいことを確認した。

特に、第2グループ(No.5, 6)の「小さな津波」が、第2波(第1段目)だとすると、上記のとおり、防波堤設置位置では波高計位置より津波水位が高い(5m程度以上)であることから、No.6の5.6秒後に発生されたNo.7で、その波が陸地に向かって伝播している状況が想定できるはずである。しかし、No.7にはそれに対応する水位変動は一切認められず、東電の波高計位置と防波堤設置位置では、No.5及び6と同様に水位が低下したままの状態である。

したがって、第2グループ(No.5, 6)の波高に見られる「小さな津波」を第2波(1段目)に対比することは適切ではなく、防波堤が壊れきりと想定できるNo.7以降を第2波(1段目)に対比することが適切である。

の波高は増幅しており減衰していないという主張をしている(図7参照)^{*46}。

東京電力は2013年になって行った津波再現計算の条件や結果の全貌を明らかにせず都合のいい結果だけを切り出して示していると考えられるが、その点において、これらの津波再現計算は地震の地殻変動量、検潮記録、津波遡上高、浸水域面積を考慮しフィードバックを繰り返して波源モデルを推定するものであるが、実測値との照合は津波の何波目からも到達時刻も関係のない(わからない)最大遡上高と浸水域面積が重視されている。東京電力が2011年に行った津波再現計算では、北海道から千葉県までの全国の遡上高・浸水域面積(痕跡データ2820点)の再現が良好な「広域再現モデル(M24)」が福島第一原発敷地の遡上高・浸水域面積(痕跡データ19点)と整合しないので、福島第一原発敷地の遡上高・浸水域面積に合わせるために地震のすべり量を1.23倍した「発電所再現モデル(M45)」を採用している。福島第一原発敷地の痕跡データだけで波源を変えてしまうというくらい遡上高・浸水域面積が重視されたのである。このような計算で得られる津波の時刻歴波形の信

頼性はかなり低い。現に東京電力が2011年に行った再現計算(M45)では、そもそも波高計設置位置において波高数mの第2波(1段目)は再現されていない(図8-1参照)。東京電力は図7(M45は右端)ではどうも再現計算で過大に評価しすぎた第1波を第2波(1段目)と称しているようである(図7のM45の波高計設置位置での第2波(1段目)の波高が7.2m程度にされているので)。

東京電力が2013年に新たに行った再現計算(L67)でも、第2波(1段目)は4~5mではなく6~7mにも達しており(図8-2参照)、波高計設置位置での波形として十分再現されていると言いがたい。

このようにそもそも波高計設置位置で第2波(1段目)を実測データに見合うよう再現できていない再現計算が、その後の波形変化を精度よく再現しているといえるかは疑問である。

東京電力が2011年7月8日に原子力安全・保安院に提出した津波再現計算(M45)では、波高計設置位置で急速に立ち上がる津波の最初の部分は、むしろ防波堤先端部に到達するまでに波高が減衰するという結果になっていた(図9参照)。この問題があらわになった後、2013年になって行われた再現計算(L67)では違う結果となっているそうであるが、東京電力はなぜ以前とは違う結果が出て

*46—新潟県技術委員会課題別ディスカッション「地震動による重要施設の被害」第2回(参考資料2)

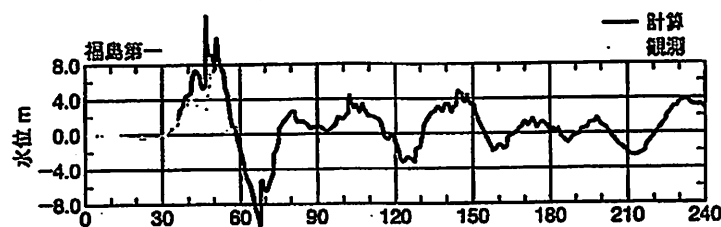


図8-1—東京電力再現計算(M45)波高計設置位置計算波形*

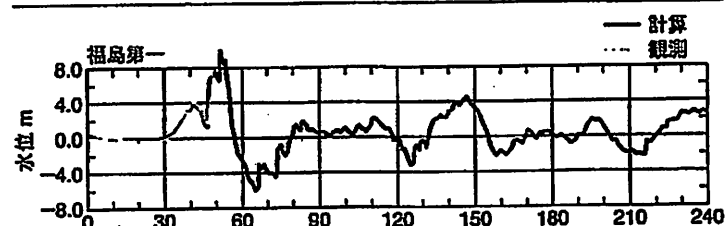


図8-2—東京電力再現計算(L67)波高計設置位置計算波形

波高計位置→防波堤先端の波形変化(M45)

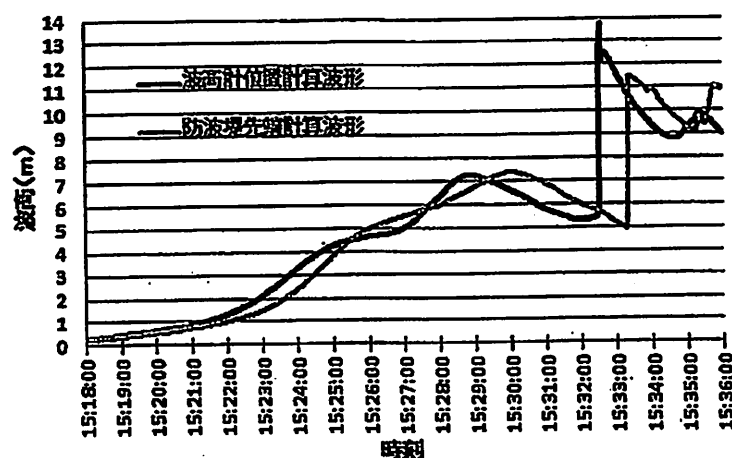


図9—東京電力津波再現計算における波高計設置位置から防波堤先端部までの波形変化

いるのかをまず説明すべきであろう。

写真7に写真5と写真6の小さな津波が近寄って来るところが写っていないという後者の指摘に関しては、筆者は現在のところ確定的な回答をもっていない。写真7の敷地付近に写真5と写真6の防波堤の先に写っている津波に相当する津波状の波が写っていないことは事実であるが、

他方、写真7の敷地付近(南防波堤の外側)の海は写真6と比較してやや荒れているようにも見える(写真の解像度が低いので断定的なことは言わない)。

筆者としては、現実に写真5及び写真6に津波が写っており、その津波は広角レンズでズーム機能を使用せずに約800 m先を写した写真でも判別でき、また撮影者が11秒間隔で2枚続けて撮影していることから到底「津波ではないふつうの波」であるとは考えられず、小さいとはいえ津波であったことは間違いないということと、写

*47—図8-1と図8-2の横軸は地震発生(14時46分18秒)からの経過時間(分)である。

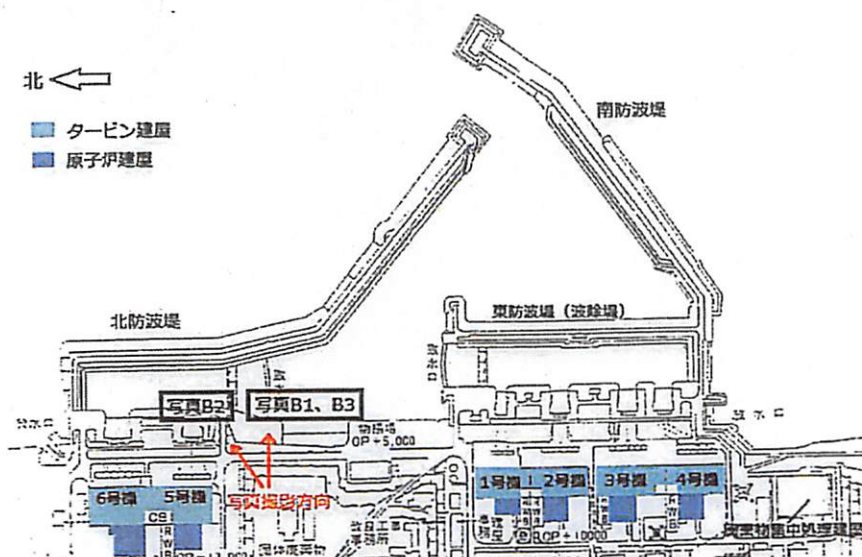


図 10—写真 B1～3 撮影説明図

真撮影の経緯(写真に写っていない時間帯に何があったかも知れない)については東京電力の拒否のために解明できなかったことが無念であることをコメントするにとどめる。

8.3 写真 7～12 の写真の波高について

東京電力は、写真 7～12 で港内にある高さ 5m の東波除堤が終始露出していることを根拠に、写真 7～12 に写っている津波の波高は数 m であるとして、波高計設置位置で波高 7.5 m を超えるような第 2 波(2 段目)ではあり得ないと主張している。

しかし、写真 7～12 に写っている津波の波高は 10 m を超えていたと考えられる。

福島第一原発を津波が襲う過程を撮影した写真は、これまでに検討してきた 4 号機南側から撮影した 44 枚組写真の他に、もう 1 組、5 号機脇の高台から撮影した 6 枚組の写真が、東京電力により公表されている(撮影場所・撮影方向は図 10 参照)。この 6 枚組の写真は、国会事故調に提出されたファイルでも Exif 情報が削除されており撮影時刻情報がなく、国会事故調が撮影者のヒアリングのため東京電力に撮影者情報の開示を求めたが東京電力が頑なに拒否したために、やはりヒアリン

グが実施できず、撮影経過を解明できていないため、津波の検討に利用されてこなかった。この 6 枚組の前半 3 枚を見てみよう。以下、44 枚組の写真と区別するために写真 B1～3 と表記する。

この 3 枚は連続して撮影されたものと考えられるが、Exif 情報が削除されているので、別の機会に撮影されたと主張される可能性もある。写真の前後関係と写真そのものから検討を進めよう。

写真 B1 には、写真左側から右斜め方向に延びる北防波堤の先端部(写真右端)を写真の真ん中を水平に伸びる津波(中央やや右で波の先端が崩れ白くなっている)が越流しており、かつ津波の手前の海、港内の海が全く荒れていないことから、写真 9 と概ね同時刻に撮影されたものと判断できる^{*48}。つまり写真 B1 の津波は写真 7～12 の津波と同じ津波と判断できる。

写真 B2 は、北防波堤の 5 号機・6 号機直前の部分を襲う津波を撮影したものである。この写真では津波がまさに防波堤を越えているところが撮影され、津波の先端は一部防波堤を越えて手前側に落ちて水しぶきを上げている。しかし、その津

*48—特に北防波堤の越流の範囲から写真 9 と概ね同時刻と判断した。

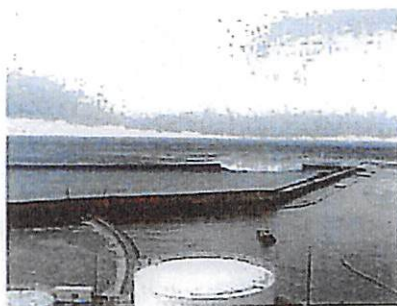


写真 B1



写真 B2



写真 B3

波が落ちて水しぶきを上げている領域よりさらに手前の部分(写真では下側の細い部分となる。写真 B2-2 参照)の海が全く荒れていないことから、やはり写真 7~12 に写っている津波と同じ波であると判断できる。

もし写真 B1, B2 に写っている津波が写真 15 と写真 16 に写っている津波であるとすれば、写真 15 の防波堤内手前部分(写真 15-3 参照)と同様に海が相当程度荒れているはずである。写真 15 と写真 16 に写っている津波の手前の海は、1 分程度前に着岸した写真 7~12 に写っている津波の防波堤越流の影響でこの時間帯荒れた状態が続い



写真 B2-2



写真 15-3

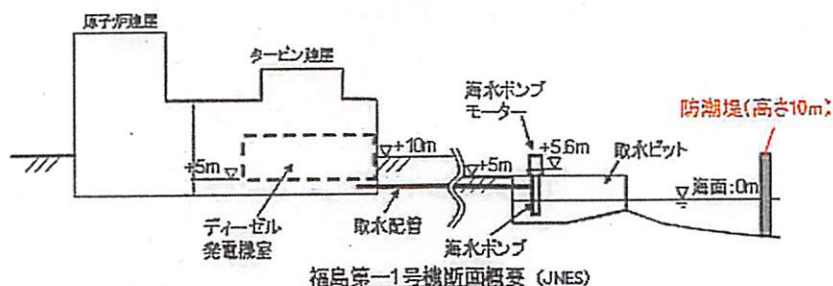
ていたと考えられるのである。

なお、写真 11 と写真 12 で南防波堤付け根部から防波堤内に津波が越流しているが、この南防波堤付け根部の高さが 6.5 m あるのに対し、北側の同様の部分は高さ 4.1 m しかない(図 3 参照)。したがって写真 7~12 の津波が敷地直前で波高が高くなりあるいは溢れるような形で南防波堤付け根部を越流しているが、北側では同様の越流がなかったということは考えられない。したがって、北側(5号機・6号機)でも、写真 15 と写真 16 に写っている津波が到達する手前の海は、南側(4号機)と同様にその前の津波の防波堤越流の影響で荒れていたはずなのである。

次に写真 B3 では、防波堤を破壊した波が写真 7~12 に写っている津波同様に棚状ではなく山型の形状であることに加え、その後さらに大きな次の波が来ていることも、写真 11、写真 12 と同様である。

以上の検討から、写真 B2 に写っている津波が、写真 7~12 に写っている津波と同じ波であることは間違いないといえるであろう。

日本政府が IAEA に 2011 年 6 月に提出した報



【福島第一原発 津波来襲状況 2011年3月11日 国際原子力研究所蔵蔵庫裏側より(5号機の前) 写真(1)から写真(5)まで】東京電力提供

図 11—波高が 10 m 以上と評価された写真(IAEA 宛日本政府報告書の図 III-2-5)

告書は、図 11 の通りこの写真 B2 を図示して、「今回の地震による津波水位について、専門家は、東京電力より公開された津波の防波堤(10 m)の越流状況の写真(図 III-2-5 参照)に基づき、10 m 以上と推定している。」と述べている^{*49}。日本政府が IAEA 宛の報告書を作成するに際して意見を聞いた専門家はこの写真 B2 に基づいて、この写真に写っている津波の波高は 10 m 以上と判断したのである。

そうすると、写真 7～12 に写っている津波の波高は防波堤直前では 10 m を超えていたものであり、写真 7～12 に写っている津波の波高が数 m であるとする東京電力の主張は根拠がない。

なお、波高 10 m 超の津波がなぜ南防波堤及び北防波堤を越流しつつ東波除堤を越流しなかったのかという点については、筆者は、津波の形状が(東京電力が主張するような棚状の段波ではなく)山型であったこと、津波が防波堤に対して斜めに当たったこと、防波堤の形状が三角柱を寝かせた形で堅固で

あったことが効いていると考える。つまり南防波堤と北防波堤は、津波が斜めに当たりかつ防波堤が堅固であったことから津波の防波堤高さ以下の部分は横に押し出され、防波堤高さ以上の部分だけが越流したが、津波の形状が棚状ではなく山型であったために越流した水量は大きくなく、その結果、港内には大きな影響がなかったと考えられる。港の開口部の形状及び向きが、津波が開口部を通じて港内に入り込みにくい位置関係にあったことも幸いしたと考えられる。他方、北防波堤の 5 号機・6 号機直前部分は防波堤が立て板状であり、かつ津波がほぼ垂直に正面から当たったので破壊されたと考えられる。津波の影響は波高だけで決まるわけではない。

8.4 写真 7～12 に写っている波が第 2 波(1 段目)とすることの不合理性

8.2 項と 8.3 項では、東京電力が、写真 7～12 に写っている津波を第 2 波(1 段目)とする根拠が誤りであること(要するに積極的な根拠がないこと)を論じた。ここでは、写真 7～12 に写っている波を

*49—IAEA 宛日本政府報告書 III-29 ページ

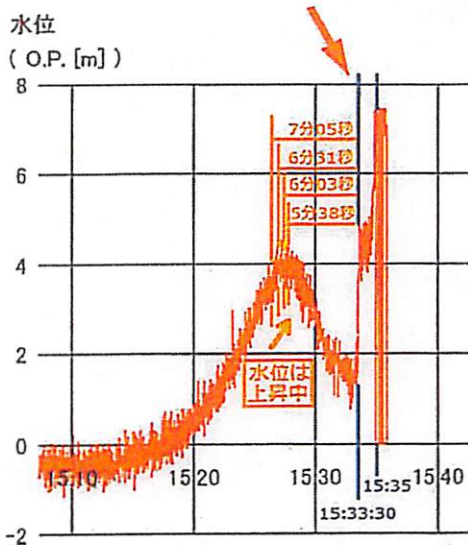


図12—写真1～4撮影対象説明図1(東京電力主張の場合)

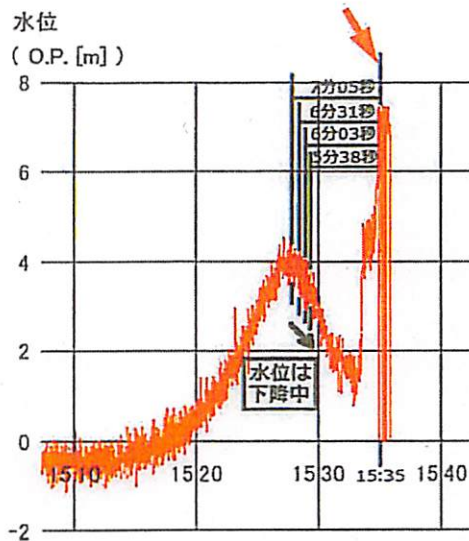


図13—写真1～4撮影対象説明図2(筆者の主張の場合)

第2波(1段目)とすることがそれ自体誤りであることを論じる。

東京電力がいうとおり、写真7～12に写っている津波が第2波(1段目)であるとしてみよう。写真11ではその波が4号機海側エリアに到達してしぶきを上げている。つまり写真11では第2波(1段目)の先端が敷地直前部、言い換えれば南防波堤付け根部に到達していることになる。写真1～4は第1波が敷地直前部に押し寄せる様子を撮影したものであることが明らかだが、写真11の7分05秒前(写真1)～5分38秒前(写真4)に撮影されており、南防波堤付け根部という同一箇所に着目すれば、第2波(1段目)の先端の7分05秒前から5分38秒前の津波を撮影していることになる。もし、津波が波高計設置位置の波形のままで順次福島第一原発敷地直前に到達したとしたら、写真1～4は波高計の波形で第2波(1段目)の先端(急立ち上がり部)より7分05秒前から5分38秒前の部分を撮影したことになる。これを図示すると図12の通りになる。

つまり、写真11に写っている津波が第2波(1段目)であるとすれば、写真1～4は第1波のピーク前、水位上昇過程を撮影していることになってしまう。先に検討したとおり、写真1～4では

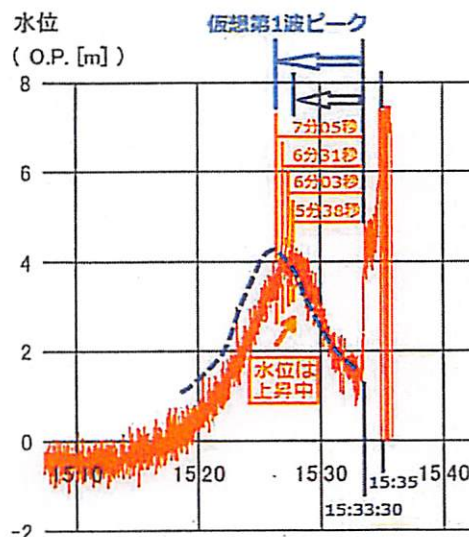


図14—東京電力主張に見合う第1波のピーク説明図

現実には水位が低下しており、写真11を第2波(1段目)とすることは、写真から明らかな事実と反することになる。

ちなみに筆者が主張するように写真11に写っている津波が第2波(2段目)とするとどうなるかを同様に図示すると図13の通り、写真1～4は第1波のピーク後の水位低下過程に該当する。

では、波高計設置位置から福島第一原発敷地直前までの1.5kmで波形が変化したとすれば東京

波高計位置→防波堤先端の波形変化(M45)

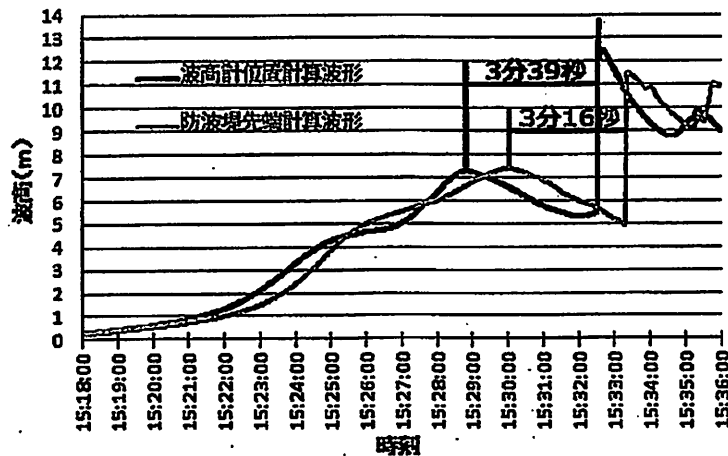


図9-2—東京電力津波再現計算における波高計設置位置から防波堤先端部までの波形変化

電力の主張を正当化できるであろうか。

単純に言えば、東京電力の主張を正当化するためには、例えば図14の破線のように敷地直前までの1.5kmの進行の間に第1波のピークと第2波(1段目)の立ち上がりの間隔が約1分30秒拡大する必要がある。

そのような波形の変化はあり得るだろうか。波高計設置位置での波形と敷地直前での波形は、それぞれの波が同じ海底・同じ距離を進行する間の動きであるから、波が潰れたとかいうことでない限りはそれぞれの波の速度によって規定され、波の速度は、東京電力が全水深による計算が正しいと主張するように、波高が高いほど速い。そうすると、一般的には、波高約4mの第1波のピークとその後ろから進行する第1波よりも波高が高い第2波(1段目)の間隔は、波の進行につれて狭まりこそすれ拡大することは考えられない。

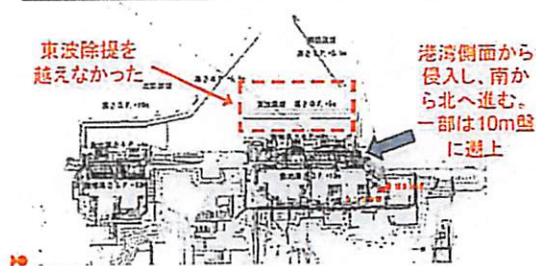
東京電力が2011年7月8日に原子力安全・保安院に提出した津波再現計算(M45)でも、第1波のピークと第2波の立ち上がりの間隔は、波高計設置位置から防波堤先端部へと進行する過程で短くなるという結果になっていた(図9-2参照。なお、新しい再現計算167でこの点がどうなっているかは、東京電力から示されていない)。

別の言い方をすると、東京電力の主張では、写

真1の撮影時刻は、15時28分46秒とされる。そして写真1~4が水位の低下過程であること(6.2項参照)から写真1~4は第1波のピーク以降を撮影した写真と解するのが合理的である。第1波のピークは波高計設置位置を15時28分頃通過するのであるから、写真1が第1波のピーク以降を撮影したものとするためには第1波のピーク部分は波高計設置位置から福島第一原発敷地直前までの1.5kmをわずか46秒、誤差幅を考えても1分足らずで進行しなければならない。東京電力の計算では第1波よりも波高が高い第2波(1段目)が同じ距離を進行するのに2分21秒かかるかとされているのに、より波高が低い(ふつうに考えればより速いはずの)第1波がその3分の1程度の時間で進行したことにしなければつじつまが合わないのである。

さらに、7.3項及び7.4項で指摘したように、東京電力は、津波の進行速度について所要時間を多めに見積もるやり方をしていると述べており、それを東京電力がいう実際に近いやり方に直して計算すると、第2波(1段目)の波高計設置位置から4号機海側エリア着岸までの所要時間が2分01秒になり、写真1の撮影時刻が15時28分26秒となる(表3)。東京電力の本来の論理に合わせて考えると、写真1が第1波のピーク後の写真

第2波(第1段)



第2波(第2段)

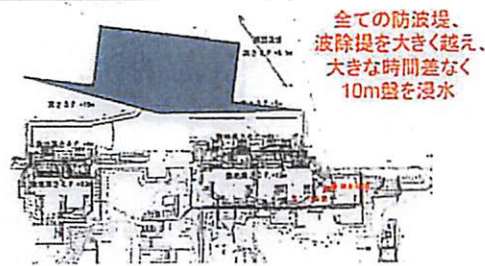


図15—津波の進行・遡上方向についての東京電力の主張

であるためには、第1波のピークは波高計設置位置から敷地直前までの1.5 kmを何と30秒足らず、より波高が高い第2波(1段目)の4分の1の所要時間で進行しなければならない。

このように写真7~12に写っている津波が第2波(1段目)であるとするのは不合理であり、無理がある。

9

その他の若干の問題について

9.1 写真15~16に写っている大津波の進行方向について

写真15~16に写っている大津波、つまり東京電力の主張では第2波(2段目)、筆者の主張では第2波(3段目)の進行方向については、東京電力は「全ての防波堤、波除堤を大きく越え、大きな時間差なく10m壁を浸水」としてほぼ東から西へと進行した(図15)を示している^{*50}。

しかし、筆者は、6.6項と6.8項で写真と図を示して説明したとおり、写真15と16に写っている大津波(筆者の主張では第2波(3段目))は、南防波堤の影響を受けて南東から北西方向へと進行したと考える。これについては、写真15と写真16に写っている大津波の先端(前線)の位置を比較してその移動を考えれば明らかである。

東京電力は結局、1号機敷地への津波遡上時刻を明示していないが、津波到達時刻を15時36

分台としている^{*51}から、写真16の撮影時刻(東京電力の主張によれば15時36分42秒頃)後18秒以内に津波が1号機の敷地に遡上したと主張していることになる。

図5-2で示したように、写真15と写真16の間の15秒間に津波の先端部が進行した距離と比較して写真16の大津波先端部から1号機敷地までの距離は最短距離で見てもその2倍程度あり、しかも10m壁への遡上には東波除堤、4m壁、10m壁を越える必要があり、海上での進行よりも時間がかかると考えられる。そういう観点からも写真16から18秒以内に1号機敷地に遡上するという東京電力の主張には無理がある。

9.2 プラントデータの分析問題あるいは「津波でなければ何が原因か？」

東京電力は、自らの主張の論拠として、「プラントデータに関する分析」と題して、海水系ポンプの停止時刻等を論じている^{*52}。

しかし、それらは、もしも各種の異常が津波によるとすれば説明しやすいということにとどまり、それ自体によって津波により異常が生じたことが確実なわけでもなく、それらの異常が発生する前に津波が到達しているものでなければその前提を欠く絵空事になる。

本稿では、その津波の到達時刻自体が、それらの異常より後であることを論証しているのである

*50—「東京電力福島第一原子力発電所事故発電所敷地への津波到達時刻について」規制庁事故分析検討会第4回配付資料2-1 12ページ

*51—第1回進捗報告添付地震津波-1-22

*52—第1回進捗報告添付地震津波-1-13-21

から、プラントデータに関する分析として述べられていることは、理論的に本稿の論証に対する反証とはなり得ない。

筆者は、全交流電源喪失の原因が津波でないならば何が原因かについては、結論を持っていない。それについては、本来的には、非常用電源に関する機器を現実に検査・調査して原因を究明すべきものである。その検査・調査をネグレクトして、津波によるとすれば都合がいいとかもつもらしいという見地から、他に原因を求められなければ津波によるというような判断をすることは厳に慎むべきである。

9.3 東京電力第1回進捗報告の結論のまとめ方について

東京電力の第1回進捗報告は、6.7項で紹介したように、津波の写真等の検討では「写真18の前後には」原子炉建屋付近に津波第2波(2段目)が到達していたものと判断されるとしており^{*53}。この報告書には他に1号機敷地への津波遡上時刻について明示的な判断をしている部分はない。そしてこの報告書では写真18の撮影時刻は15時37分06秒頃とされている^{*54}。

そうすると、東京電力の第1回進捗報告での1号機敷地への津波遡上時刻は15時37分06秒前後と認定されるのが、東京電力のこの報告書での論理の運びからみて常識的である。ところがこの報告書は、4m盤上の海水ポンプの異常発生時刻や、報告書で限定的な遡上であると明示している東京電力主張の第2波(1段目)による4号機南側敷地への遡上など、防波堤の内側の原子炉建屋のある敷地10m盤への遡上と直接的に結びつかない事象に15時36分台の数字を付けて羅列して、「当社は敷地への津波到達時間は15時36分台と考えている」と結論づけている^{*55}。これは極めて非科学的・非論理的なものというべきである。

9.1項の点もそうであるが、8節で論じた東京

電力と筆者の最大の対立点において東京電力の第1回進捗報告の論理で考えても、東京電力が論じているところからは1号機敷地への津波遡上時刻を15時36分台とすることは無理であり、15時37分台にはみ出してしまふ。それを最後にむりやりに15時36分台と結論づけるのは、1号機A系の非常用電源喪失が15時36分台であることが否定できないので何があっても津波の敷地遡上時刻を15時37分より前にするという意図によるものとし考えられない。

引用した資料をダウンロードできるサイト

写真1~18

<http://photo.tepco.co.jp/date/2012/201207-J/120713-05j.html>

写真B1~3

<http://photo.tepco.co.jp/date/2011/201105-J/110519-01j.html>

国会事故調報告書、参考資料

<http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naic.go.jp/index.html>

東京電力中間報告書、最終報告書

<http://www.tepco.co.jp/nw/fukushima-np/interim/index-j.html>

東京電力第1回進捗報告

http://www.tepco.co.jp/cc/press/2013/1232870_5117.html

東京電力2013年5月10日発表

http://www.tepco.co.jp/nw/fukushima-np/handouts/2013/images/handouts_130510_09-j.pdf

新潟県技術委員会全体会議の配付資料

<http://www.pref.niigata.lg.jp/genshiryoku/gaiyututop.html>

新潟県技術委員会課題別ディスカッション関係資料(地震動による重要設備の影響)

<http://www.pref.niigata.lg.jp/genshiryoku/1356773829562.html>

規制庁事故分析検討会配付資料

http://www.nsr.go.jp/committee/yushikisya/jiko_hunsoku/

政府事故調報告書

<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/>

日本政府がIAEAに提出した報告書

http://www.kantei.go.jp/jp/topics/2011/iaea_houkokusho.html

*53—第1回進捗報告添付地震津波-1-9

*54—第1回進捗報告添付地震津波-1-27

*55—第1回進捗報告添付地震津波-1-22