

平成28年(㉮)第23号伊方原発3号炉運転差止仮処分命令申立事件

債権者 須藤昭男 外11名

債務者 四国電力株式会社

準備書面 19

福島第一原発事故の原因について

2016年12月26日

松山地方裁判所 御中

債権者ら代理人

弁護士 薦田伸夫	弁護士 河合弘之
弁護士 東俊一	弁護士 海渡雄一
弁護士 高田義之	弁護士 青木秀樹
弁護士 今川正章	弁護士 内山成樹
弁護士 中川創太	弁護士 只野靖
弁護士 中尾英二	弁護士 甫守一樹
弁護士 谷脇和仁	弁護士 中野宏典
弁護士 山口剛史	弁護士 井戸謙一
弁護士 定者吉人	弁護士 市川守弘
弁護士 足立修一	弁護士 望月健司
弁護士 端野真	弁護士 鹿島啓一
弁護士 橋本貴司	弁護士 能勢顯男
弁護士 山本尚吾	弁護士 胡田敢
弁護士 高丸雄介	弁護士 前川哲明
弁護士 南拓人	弁護士 竹森雅泰
弁護士 東翔	弁護士 松岡幸輝

目次

第1	はじめに	4
第2	東北地方太平洋沖地震の地震動は安全上重要な機器，配管系を損傷する力を 持っていたこと	7
1	本項の趣旨	7
2	長時間の激しい地震動	7
3	余震	9
第3	1号機の全交流電源喪失は津波によるものではないこと	10
1	本項の目的及び結論	10
2	1号機の非常用電源喪失時刻は15時37分以前であること	10
3	1号機敷地への津波遡上時刻は15時38分以降であること	12
第4	1号機SR弁の作動音が確認されていない＝地震動による原子炉系配管破損 の可能性	32
1	1号機冷却材喪失のメカニズム	32
2	SR弁は作動したのか	33
3	結論	33
第5	地震動による1号機IC配管破損の可能性	34
1	本項の趣旨	34
2	原子炉建屋4階での水素爆発の発生	34
3	IC配管の損傷と4階での水素爆発	44
4	IC配管の損傷なしで4階での水素爆発は説明できない	49
5	まとめ	54
第6	地震動による1号機制御棒駆動水圧系配管の破損の可能性	55
1	はじめに	55
2	再循環ポンプの仕組み	55

3	原子炉冷却材の自然循環	5 5
4	1号機における冷却材逆流と自然循環0の挙動	5 6
5	自然循環0の原因は配管破損による冷却材漏えいにあること	5 6
6	まとめ	5 7
第7	地震動による2号機R C I C破損の可能性	5 7
1	2号機R C I Cの機能喪失	5 7
2	東電の分析結果	5 8
第8	結び	5 9

※ 図，表及び写真の番号は，「第○」項目毎に独立したものである。

第1 はじめに

- 1 債務者は、福島第一原発事故の原因は、津波に関する想定が不十分であったためであり、津波の想定を十分に行っていれば、東北地方太平洋沖地震の津波による「安全上重要な設備」の共通要因故障は防ぐことができたと決めつけているため、福島第一原発事故を踏まえた本件原発の安全対策として、電源対策・津波対策については一定の対策を講じたと評価し得るものの、地震対策（耐震設計）については根本的な見直しをしないまま、ほとんど対策を講じていない状況である。
- 2 この点、高浜原発3・4号機に関する大津地裁平成28年3月9日決定（甲B3号証、44頁）は、以下のように、福島第一原発事故の主たる原因を津波と特定することはできず、同様の事故発生を防ぐ見地から安全確保対策を講ずるには原因究明を徹底的に行うことが不可欠であるが、不十分であり、この点に意を払わない債務者ひいては原子力規制委員会の姿勢に非常に不安を覚える旨判示している（同決定に対する異議審決定もこの部分を引用している。甲B180号証）。

福島第一原子力発電所事故の原因究明は、建屋内での調査が進んでおらず、今なお道半ばの状況であり、本件の主張及び疎明の状況に照らせば、津波を主たる原因として特定し得たとしてよいのかも不明である。その災禍の甚大さに真摯に向き合い、二度と同様の事故発生を防ぐとの見地から安全確保対策を講ずるには、原因究明を徹底的に行うことが不可欠である。この点についての債務者の主張及び疎明は未だ不十分な状態にあるにもかかわらず、この点に意を払わないのであれば、そしてこのような姿勢が、債務者ひいては原子力規制委員会の姿勢であるとするならば、そもそも新規制基準策定に向かう姿勢に非常に不安を覚えるものといわざるを得ない。

- 3 また、大飯原発3・4号機に関する福井地裁平成26年5月21日判決（甲B1号証、47～48頁）及び高浜原発3・4号機に関する福井地裁平成27年

4月14日決定（甲 B7号証、25～26頁）も、福島第一原発事故の原因が津波と確定されたと認めることはできないことを理由の一つに挙げ、関西電力策定の事故対策の実効性に疑問を投げかけている。

第2に上記イベントツリーにおける対応策をとるためにはいかなる事象が起きているのかを把握できていることが前提になるが、この把握自体が極めて困難である。福島原発事故の原因について政府事故調査委員会と国会事故調査委員会の各調査報告書が証拠提出されているところ、両報告書は共に外部電源が地震によって断たれたことについては共通の認識を示しているものの、政府事故調査委員会は外部電源の問題を除くと事故原因に結びつくような地震による損傷は認められず、事故の直接の原因は地震後間もなく到来した津波であるとする。他方、国会事故調査委員会は地震の解析に力を注ぎ、地震の到来時刻と津波の到来時刻の分析や従業員への聴取調査等を経て津波の到来前に外部電源の他にも地震によって事故と直結する損傷が生じていた疑いがある旨指摘しているものの、地震がいかなる箇所にもどのような損傷をもたらしたかがいかなる事象をもたらしたかの確定には至っていない。一般的には事故が起きれば事故原因の解明、確定を行いその結果を踏まえて技術の安全性を高めていくという側面があるが、原子力発電技術においてはいったん大事故が起これば、その事故現場に立ち入ることができないため事故原因を確定できないままになってしまう可能性が極めて高く、福島原発事故においてもその原因を将来確定できるという保証はない（チェルノブイリ事故の原因も今日に至るまで完全には解明されていないことが認められる。）。それと同様又はそれ以上に、原子力発電所における事故の進行中にいかなる箇所にもどのような損傷が起きておりそれがいかなる事象をもたらしているのかを把握することは困難である。

- 4 本書面では、福島第一原発事故の原因は特定できていないことについて主張を補充し、もって電源対策・津波対策に終始して地震対策（耐震設計）の根本的な見直しをしない債務者の「福島第一原発事故を踏まえた安全対策」が不十

分であることを明らかにする。

第2 東北地方太平洋沖地震の地震動は安全上重要な機器、配管系を損傷する力を持っていたこと

1 本項の趣旨

東北地方太平洋沖地震による福島第一原発の地震動（揺れ）は、敷地の1～4号機側の基盤において、最大加速度も振動継続時間も、耐震設計の基準とする地震動を上回った。激しい揺れは、想定を大きく超える長時間（50秒以上）続いた。したがって、原発が地震動で無事（「冷やす」機能と「閉じ込める」機能も保持された状態を指す）であったとはいえない。東京電力等は、地震動によっても安全機能を保持できる状態にあったと推定しているが、根拠が非論理的で説得力はない。東北地方太平洋沖地震の地震動は、むしろ、安全上重要な機器、配管系を損傷する力を持っていたと判断される。

本項は、国会事故調報告書（甲B4号証）198～204頁に基づく。

2 長時間の激しい地震動

2011年3月11日14時46分頃、東北地方の東方沖でマグニチュード9.0の地震が発生した（東北地方太平洋沖地震）。

震源（地下の断層運動の出発点）は宮城県牡鹿半島の東南東約130kmの深さ24km付近であるが、断層運動は北方及び南方に拡大し、震源断層面は南北の長さ約450km、東西の幅約200kmに達した。断層運動の完了までに要した時間は約180秒に及び、その間中、地震波を放出した。

その結果、広い範囲で激しい揺れ（地震動）が長時間続き、各地の震度（揺れの強さ）は、最大が宮城県栗原市の7で、北海道東部から中部地方までが震度4以上となった。

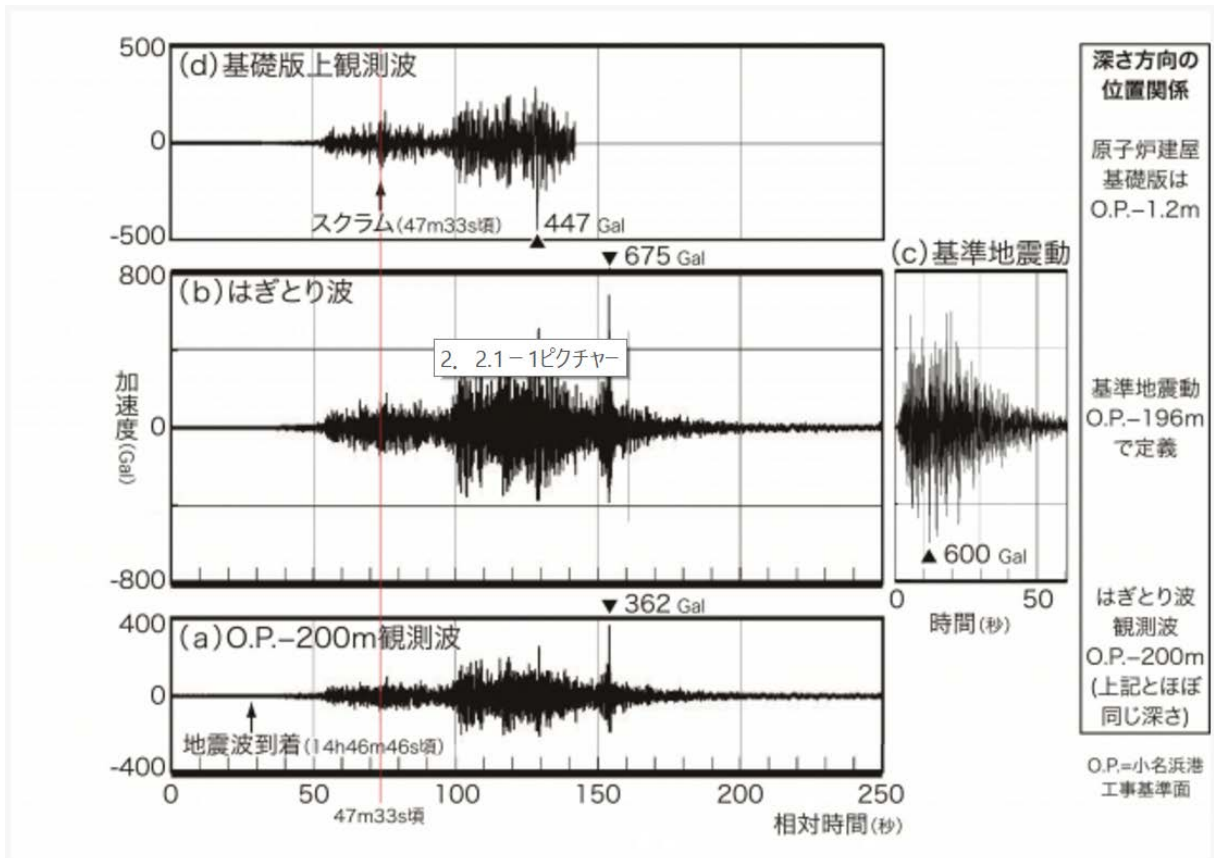


図1：東北地方太平洋沖地震による福島第一原発の揺れと基準地震動の加速度時刻歴波形（甲B4・201頁図2. 2. 1-1）

図1の(a)は、敷地南部（1～4号機側）の「自由地盤系南地点」のO. P.（小名浜港工事基準面）-200mにおけるEW（東西）方向の観測波形である。この深さは、基準地震動を策定した解放基盤表面（O. P. -196m）とほぼ同じだが、この観測波形を基準地震動の波形と比べるためには「はぎとり解析」を経る必要がある。

図1の(b)に「はぎとり波」のEW方向を示す。図の(c)には、比較のために基準地震動Ss-2H（Ss-2の水平成分）を示す。「はぎとり波」の最大加速度は675Galであり、基準地震動の600Galを上回っている。(b)と(c)を比較してもう一つ重要な点は、振動継続時間が基準地震動Ss-2Hは全体でも60秒ほど、強い揺れ（300Gal程度以上）は二十数秒ほどにすぎないのに対して、「はぎとり波」では、かなりの揺れが120秒程度、強い揺れに

限っても50秒以上続いていることである。これは、原発施設全体に「繰り返し荷重」として厳しく作用し、疲労破壊を起きやすくしたであろう。また「床応答スペクトル」を大きくして原子炉建屋各階の機器・配管系への影響を増大させる傾向を持つ。

また、図1の(d)は、基礎版上観測波であるところ、これからも明らかなように観測波が観測地システムの不具合によって記録開始から140秒程度で中断しており、「はぎとり波」の時刻歴から見て、記録中断以降にも強大な加速度が出現している可能性が高いことが非常に重要である。

要するに、1号機では、スクラムしてからいったん揺れが少し弱くなったが、30秒ほどたってから激しい揺れが原子炉建屋を襲い、それが50秒以上の長時間続いたことになる。あるいは、記録中断時に揺れが弱くなったように見えるものが、10秒余の後に再び衝撃的な揺れが襲ってきたともいえる。この状況は、隣接する2～4号機でもほぼ同様であっただろう。この長い激しい揺れの間になにが起きたのかは、あらゆる角度から詳しく調査、検討すべき課題であり、単純に「無事に緊急停止したから原子炉は激しい揺れに耐えた」とはいえないのである。

3 余震

本震直後から余震が頻々と発生し、その発生範囲は、岩手県沖から茨城県沖にかけて、本震の震源域にほぼ対応する長さ約500km、幅約200kmであるが、その周辺でも多数の誘発地震が起こっている。

国会事故調のヒアリングによれば、福島第一原発1、2号機の中央制御室においても、本震後、余震で作業がしばしば中断される状況であったという。建屋の上階へいくほど揺れは強くなるから、本震による破損の拡大や新たな損傷の発生に影響を与えた可能性を完全に否定するわけにはいかない。また、本震の地震動、津波、爆発などで破損したり不安定になったりした物体の転倒、落下などへの余震の影響もなかったとはいえない。

第3 1号機の全交流電源喪失は津波によるものではないこと

1 本項の目的及び結論

福島第一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について、日本政府、東京電力、債務者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溯上は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¹。

このことを、国会事故調協力調査員であった伊東良徳氏の論文「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²」(甲B83号証)に基づき、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1.5km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明らかにする。

2 1号機の非常用電源喪失時刻は15時37分以前であること

福島第一原発1号機の非常用交流電源にはA系とB系の2系統があるところ、このうちA系については、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(甲A499「福島第一原子力発電所1～3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討第1回進捗報告添付地震津波-1³」-15, 図1)によれば、ディーゼル発電機の停止以外の原因によって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 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債権者らの主張である。

² https://www.iwanami.co.jp/kagaku/eKagaku_201403_Ito.pdf

³ http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu13_j/images/131213j0102.pdf 173～207 枚目

B系については、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1）。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の海水ポンプ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考えていると説明しているが、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遥かに大きく（図1）、これで説明できるかは疑問である。

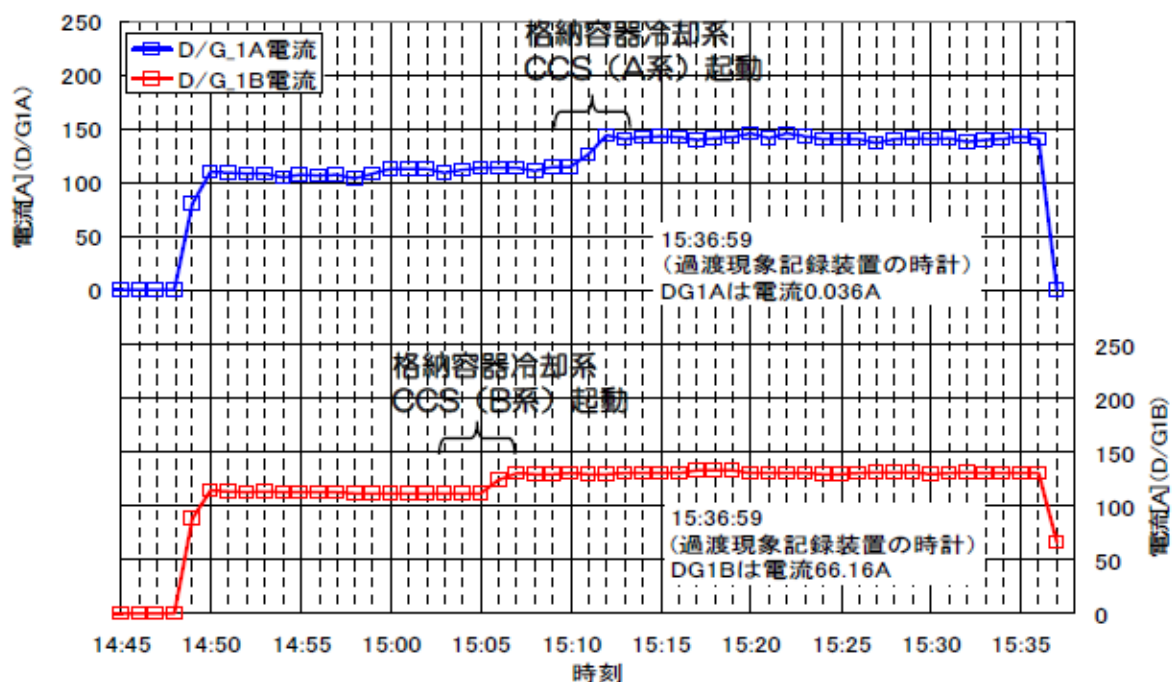


図1：甲A499-15（上半分がA系、下半分がB系の非常用ディーゼル発電機の電流値の推移）

このように、東京電力発表の過渡現象記録装置の1分周期データによれば、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、1号機の運転日誌上、当直長引継日誌には「D/G1Bトリップ15:37」、当直員引継日誌には「15:37D/G1Bトリップ→SBO（A系ト

リップはいつ?)」と記載されており(甲A500「運転日誌類⁴」6, 16枚目), 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は明らかである。

3 1号機敷地への津波遡上時刻は15時38分以降であること

(1) 沖合1.5km地点に設置されていた波高計による実測波形

図2の1は, 福島第一原発沖合1.5km地点の海底に設置された波高計の実測データである。この実測波形は, 波高計の測定限界が±7.5mであること, 巨大な津波により波高計に異常が生じたと見られることから, 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。

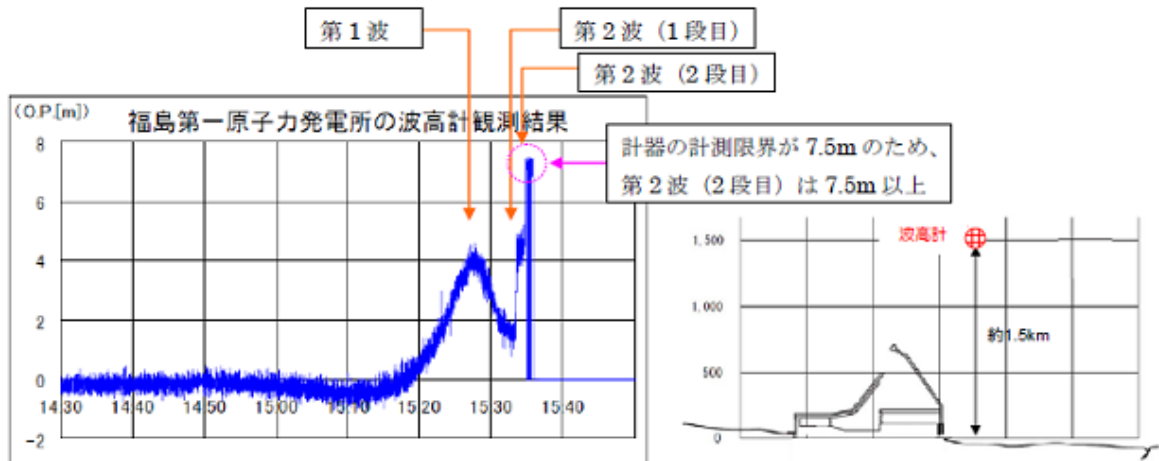


図2の1：波高計観測記録及び福島第一原子力発電所敷地と波高計の位置関係(甲A499-1)

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の「第1波」とその後の急速に立ち上がる「第

⁴ http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/plant-data/f1_4_Nisshi1_2.pdf

2波」に分けられる。東京電力は、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）」と呼んでいる。後述する通り、債権者らは、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段目以降）」と呼ぶことにする。（図2の2）

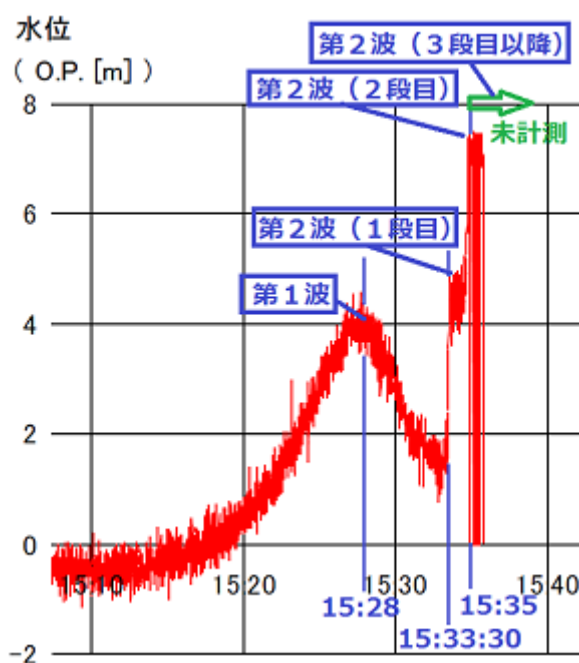


図2の2：図2の1の15時10分頃以降を切り出し、本項で扱う波の定義とポイントになる時刻を書き込んだもの

(2) 津波が福島第一原発を襲う過程を撮影した一連の写真

ア 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 枚の一連の写真を出した（甲 A 5 0 1 「福島第一原子力発電所 津波襲来時の状況について⁵」）。

この 44 枚のファイル名は連続しており、ファイル名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出された写真ファイルには E x i f 情報⁶が添付しており、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 E x i f 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伊東良徳氏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。

本項では、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。

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。

⁵ <http://photo.tepco.co.jp/date/2012/201207-j/120713-05j.html>

⁶ 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名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。

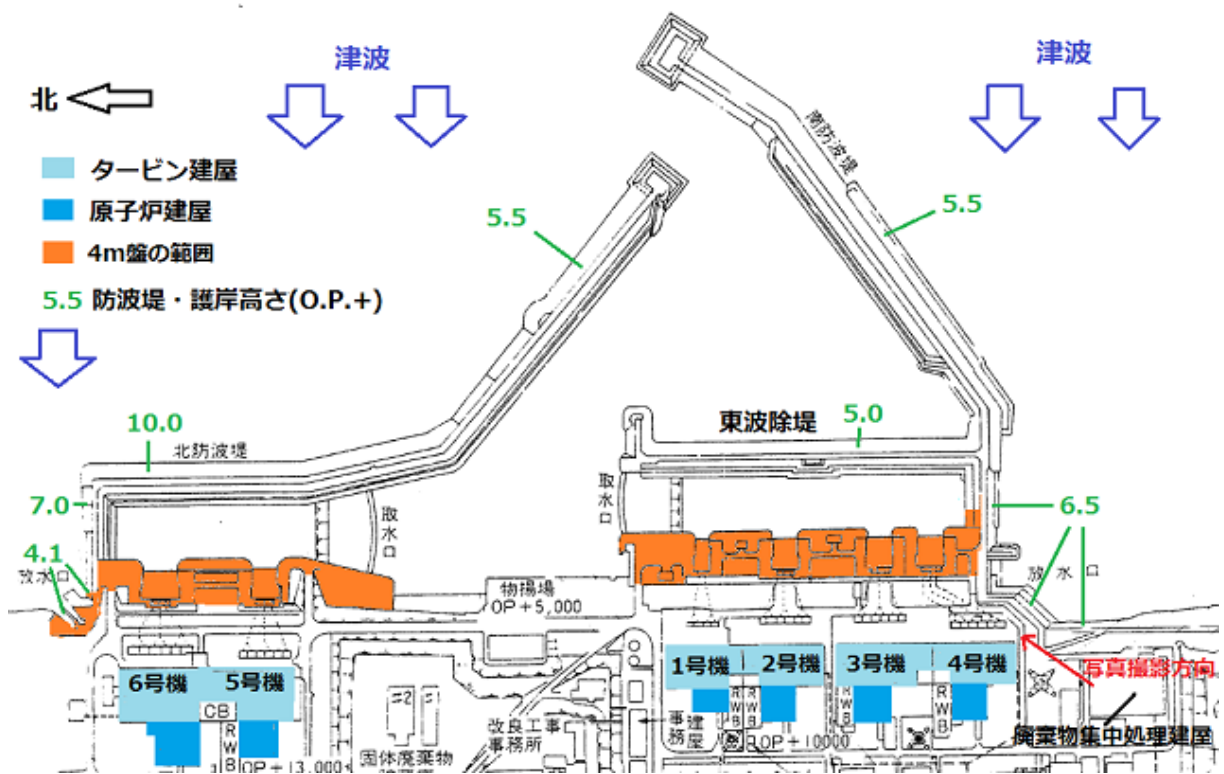


図3：福島第一原発位置関係図（甲A502「国会事故調報告書参考資料⁷」71頁図2.2.3-4）

イ 写真1～4：第1波の水位低下局面

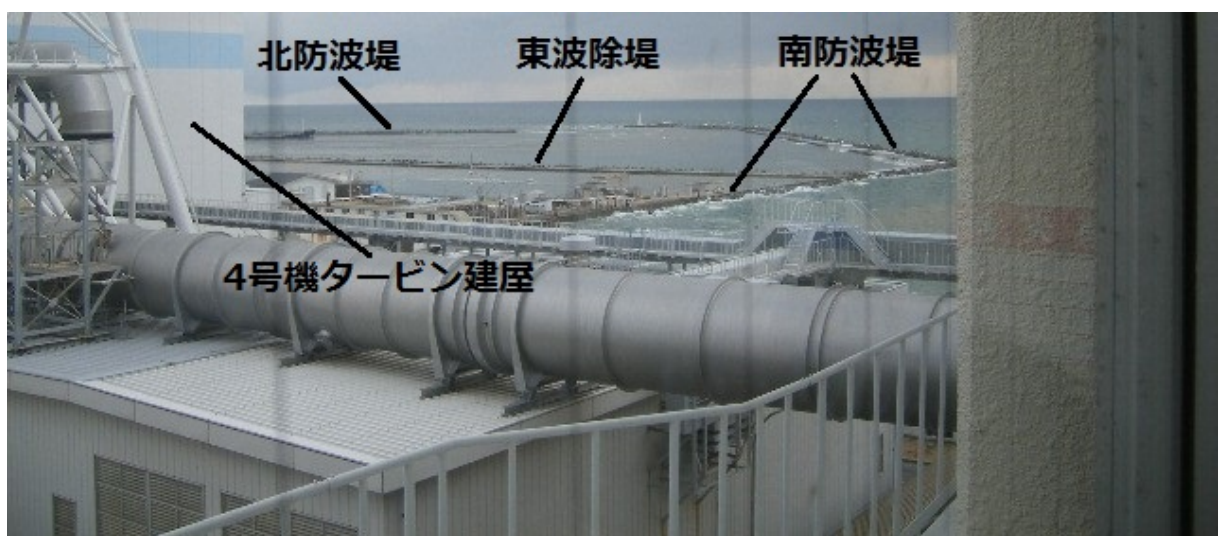


写真1（甲A501）

⁷ http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndl.jp/pid/3856371/naicc.go.jp/pdf/naicc_sankou.pdf



上から、写真2, 3, 4 (甲A501)

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。

また、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。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（甲A499-4）。

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、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。

ウ 写真5～6：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。



上から、写真5, 6 (甲A501)

写真5と写真6には南防波堤先端部の先(写真奥, 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。

この津波は, カラー写真でも縮小サイズでは判別しにくい。そのため, オリジナル写真から該当部分を切り出し, そのコントラストを強調加工した写真を示す(写真5の2, 6の2)。



上から、写真5の2, 6の2

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。債権者らは、これが第2波（1段目）であると考え
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。

他方、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。撮影者は小さいながらに津波が来
たのを認識して撮影したと解するほうが自然であろう。

エ 写真7～12：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（債権者らの主張）が、最大の対立点
である。



上から，写真7，8，9（甲A501）



上から，写真10，11，12（甲A501）

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。債権者らは、このことからこの津波が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号機敷地への津波溯上には至らなかったという結論を導いた⁸。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。

東京電力がいう通り、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(急速立ち上がり部)より7分05秒前から5分38

⁸ この点については、東京電力も認めるようである(甲A499-8)。

秒前の部分を撮影したことになる。これを図示すると図4の1の通りになる。

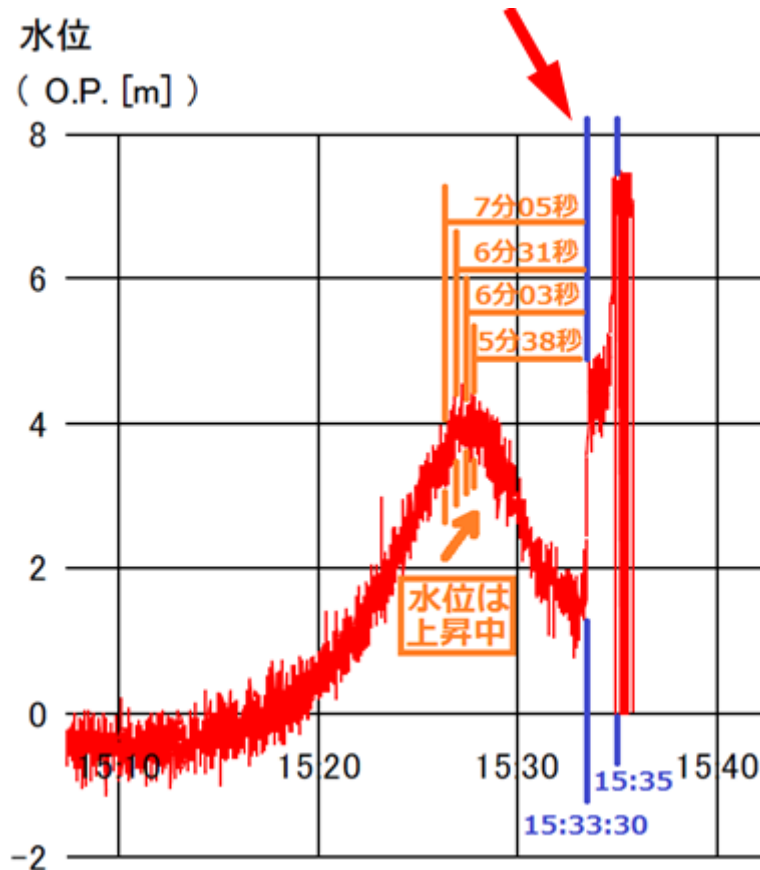


図4の1：写真1～4撮影対象説明図1（東京電力主張の場合）

つまり、写真11に写っている津波が第2波（1段目）であるとするれば、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。先に検討した通り、写真1～4では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。

他方、債権者ら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4の2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。

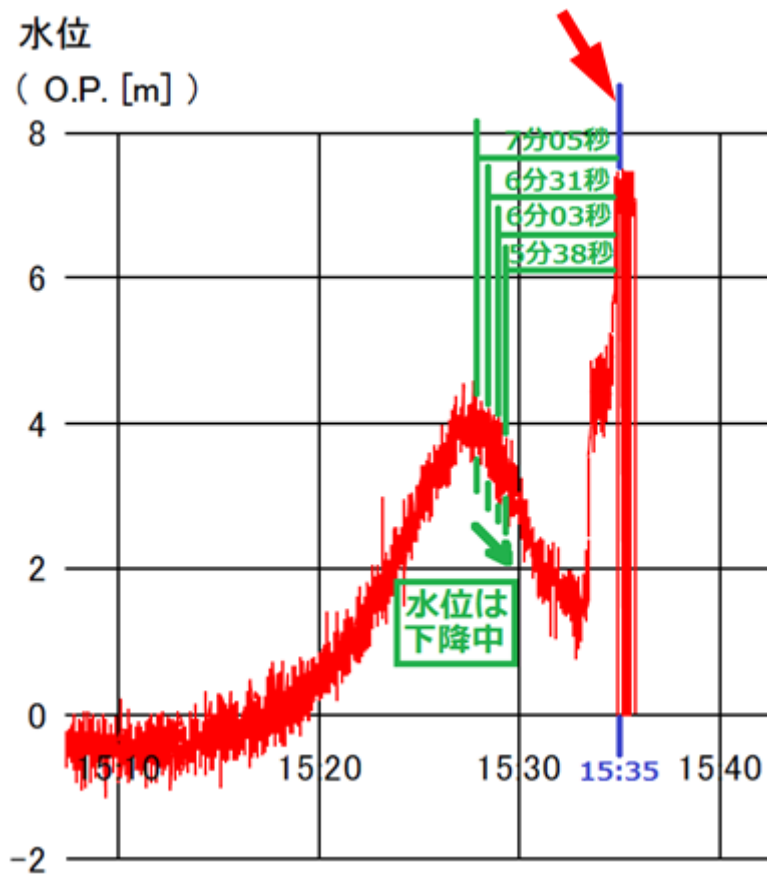


図4の2：写真1～4撮影対象説明図2（債権者ら主張の場合）

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、第2波（2段目）とすることが合理的である。

オ 写真13～14：4号機南側での津波の溯上

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号機南側の敷地に溯上し始めた様子を撮影したものである。



上から, 写真13, 14 (甲A501)

これらの写真では10m盤の敷地に津波が溯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溯上しても、この時点では防波堤の内側の10m盤には津波の溯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（甲A499-8）。

カ 写真15～16：第2波（3段目）、東京電力は第2波（2段目）と主張



上から、写真15、16（甲A501）

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。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）では東から西に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の1）。

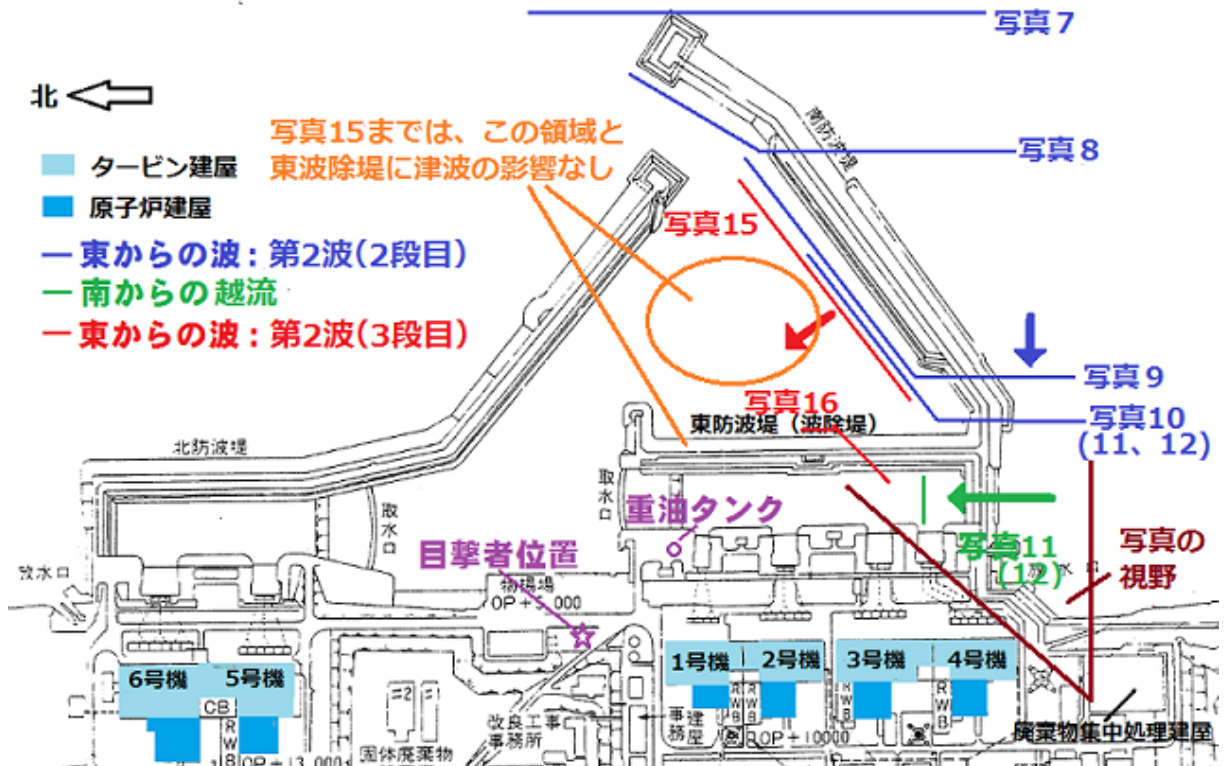


図5の1：写真説明図

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が）と見られる（図5の1）。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の2）ことから、1号機敷地への大津波の溯上は早めに見ても写真16の撮影時刻より30秒程度後と考えられる。

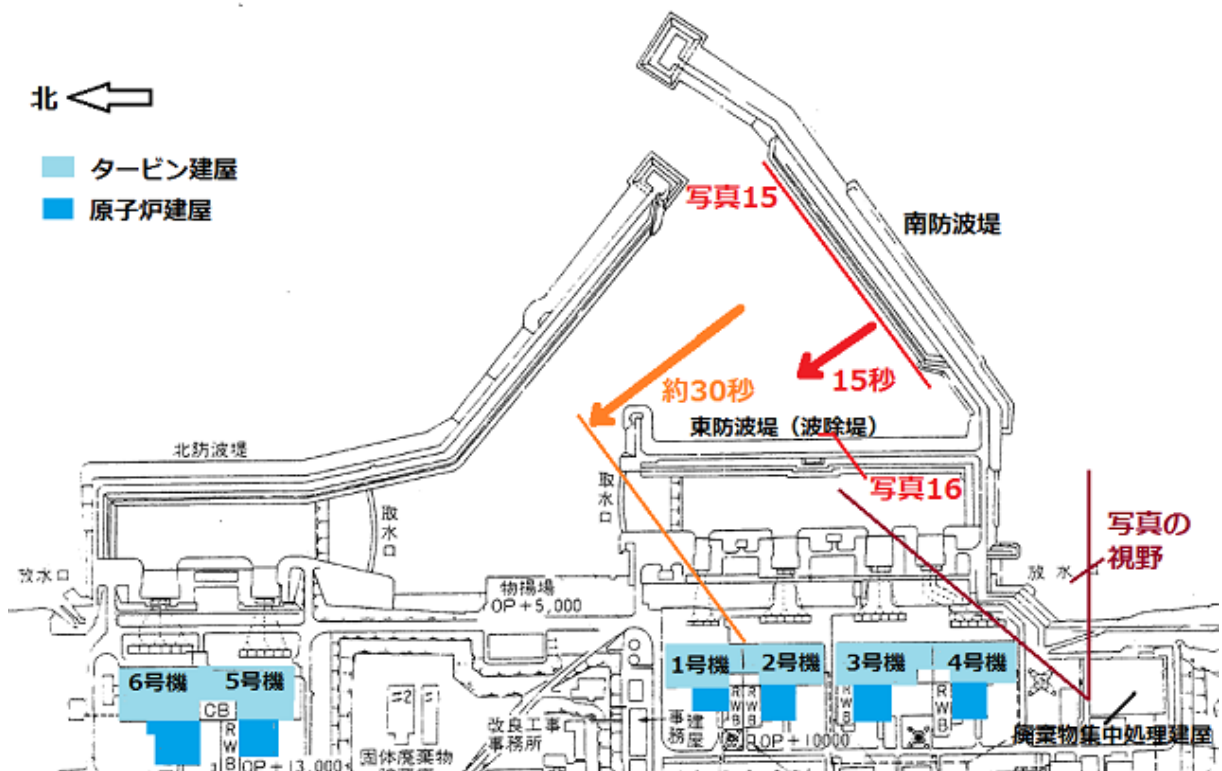


図5の2：津波進行時間推定説明図

キ 写真17～18：4号機南側敷地への津波溯上

写真17及び写真18では津波が4号機南側の敷地を溯上する様子が写っている。



上から、写真17、18（甲A501）

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. + 15m程度の津波第2波（2段目）が到達

していたものと判断される」としているが（甲A499-9）、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）への溯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する。

ク 写真撮影時刻

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 ） $=\sqrt{\text{水深}(m) \times \text{重力加速度}(m/s^2)}$ 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、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分と評価している（甲A502・69頁）。

他方、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、上記国会事故調の計算（約2分）と一致することになる。

したがって、東京電力と国会事故調（債権者ら）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（債権者ら）に収斂することになるのである。

ここで、写真1～18について、東京電力が主張する撮影時刻、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（債権者ら）主張の撮影時刻を表1に示す。

東電公表写真 番号	Exif 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	15:35:16	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

表 1 : 写真撮影時刻対照表

ケ 1号機敷地への津波溯上時刻についての結論

上記の写真撮影時刻についての評価に、先に述べた1号機敷地への津波第2波(3段目)の溯上時刻は早めに見ても写真16(債権者らの評価では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号機敷地への津波溯上は15時38分台かそれ以降ということになる。

なお、かかる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(図5の1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盤)に溯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こともある(甲A502・77頁)。

第4 1号機SR弁の作動音が確認されていない＝地震動による原子炉系配管破損の可能性

1 1号機冷却材喪失のメカニズム

1号機が早々にメルトダウンを起こしたのは、原子炉圧力容器から冷却材が急速に失われていったからにはほかならないところ、この冷却材喪失は、図2（事故シナリオ2）のように地震動により原子炉系配管が破損していなかったのであれば、図1（事故シナリオ1）のようにもっぱら逃がし安全弁（SR弁）の開閉動作を通して起きたことになる（甲B4・226～229頁）。

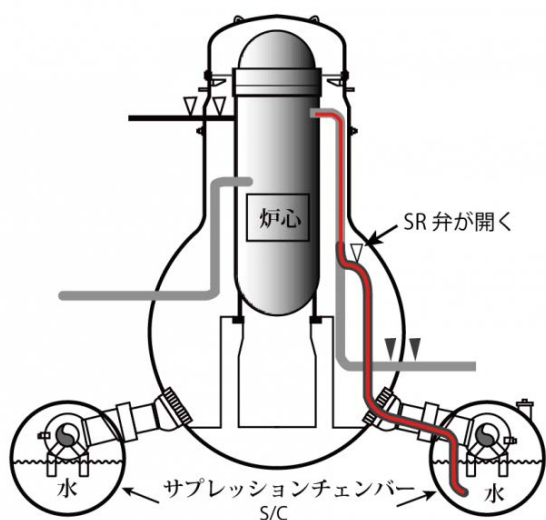


図1（事故シナリオ1）：SR弁が開くたびに大量の冷却材が圧力抑制室に移行し、原子炉水位が急速に下降し、最終的に炉心損傷、炉心溶融に至った。（甲B4・228頁図2.2.4-4）

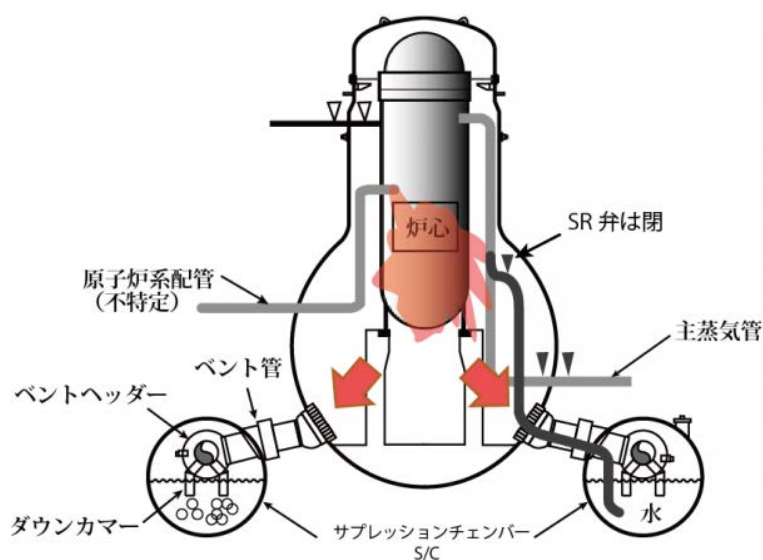


図2（事故シナリオ2）：原子炉系配管の破損による冷却材喪失。破損箇所から噴出した冷却材は、猛烈な勢いでベント管、ベントヘッダー、ダウンカマーを経て、S/Cに入る。（甲B4・229頁図2.2.4-5）

2 SR弁は作動したのか

しかし、全交流電源喪失以降、運転員の声以外、聞こえてくるものが何も無いほど静かであったという1、2号機の中央制御室において、上記事故シナリオ1のとおりであれば（事故シナリオ2のとおり原子炉系配管が破損していなければ）、本来何十回と聞こえたはずの1号機SR弁の作動音を聞いた運転員は一人もいなかった。

他方、同じ中央制御室で2号機の運転操作に当たっていた運転員らは、2号機のSR弁が作動するたびに地震か地鳴りのような「ドドーン」、「ズズーン」という音を耳にしていたと証言している。また、3号機の運転員らは、3号機のSR弁の作動音に関し、「ゴォー、ゴォーって音が当初からしていた」と証言している。さらに、福島第一原発1～5号機と基本的に同じ形式のMARK1格納容器を有する女川原発1、3号機においても、緊急停止後、SR弁の作動音が確認されている。

（甲B4・229～230頁，甲B385号証「科学2014年9月号『国会事故調は何を指摘したのか』」974頁）

3 結論

このように1号機のみ、SR弁の作動音が運転員によってまったく確認されていないという事実からすれば、1号機SR弁は作動しなかった（又はほとんど作動しなかった）可能性が高く、SR弁が作動しなかった（又はほとんど作動しなかった）とすれば、1号機の冷却材喪失は、SR弁が繰り返し作動したことを前提とする上記事故シナリオ1によるものではなく、地震動による原子炉系配管の破損という事故シナリオ2によるものである可能性が高くなる（甲B4・230頁）。

第5 地震動による1号機I C配管破損の可能性

1 本項の趣旨

本項は、福島第一原発1号機の水素爆発が原子炉建屋4階で発生したと見られることに鑑み、地震によって1号機のI C（非常用復水器）配管が損傷したと考えられることを論証し、もって電源対策・津波対策に終始して地震対策（耐震設計）の根本的な見直しをしない債務者の「福島第一原発事故を踏まえた安全対策」が不十分であることを論じるものである。

以下の論述は、多くの部分を、元国会事故調委員であり現在新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会（新潟県技術委員会）委員である田中三彦氏が雑誌「科学」（岩波書店）2013年9月号に掲載した論文「福島第一原発1号機原子炉建屋4階の激しい損壊は何を意味するか―改めて、地震動によるI C系配管破損の可能性を問う」（甲B96）によっている。

2 原子炉建屋4階での水素爆発の発生

(1) 1号機原子炉建屋の水素爆発による損傷状況

ア 東京電力最終報告書による被害の状況

東京電力の2012年6月20日付「福島原子力事故調査報告書⁹」（甲A503の1、以下「東京電力最終報告書」という。）では、福島第一原発1号機原子炉建屋4階の損傷状況について、以下のように記載されている（甲A503の1・100頁）。

非常用復水器本体が設置されている原子炉建屋4階では、5階での水素爆発の影響で天井の北側に破損開口部が生じ、非常用復水器上部北側で爆風によると思われる保温材の脱落や瓦礫の散乱が認められた。また、非常用復水器本体南側の保温材が激しく脱落しているが、原子炉建屋の機器ハッチ（吹

⁹ http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12_j/images/120620j0303.pdf

き抜け)側であり、5階で生じた水素爆発の爆風が、吹き抜けを通じて非常
用復水器の保温材を損傷させたものと考えられる。なお、3階、2階におい
ては保温材の脱落、飛散は認められなかった。

ここでは、1号機原子炉建屋4階で、非常用復水器南側の保温材が激し
く脱落していること、3階、2階においては保温材の脱落、飛散は認めら
れなかったことが明らかにされている(なお、非常用復水器上部北側の保
温材損傷については、後に4項で触れる)。ここでいう「機器ハッチ」は5
階大物搬入口のことである。なお、本書面では、「5階大物搬入口」は大物
搬入口の5階床面開口部を、「4階大物搬入口」は大物搬入口の4階床面開
口部を指す。

イ 非常用復水器南側の保温材の脱落状況

図1は1号機原子炉建屋4階の平面図であり，上が北側，下が南側である。

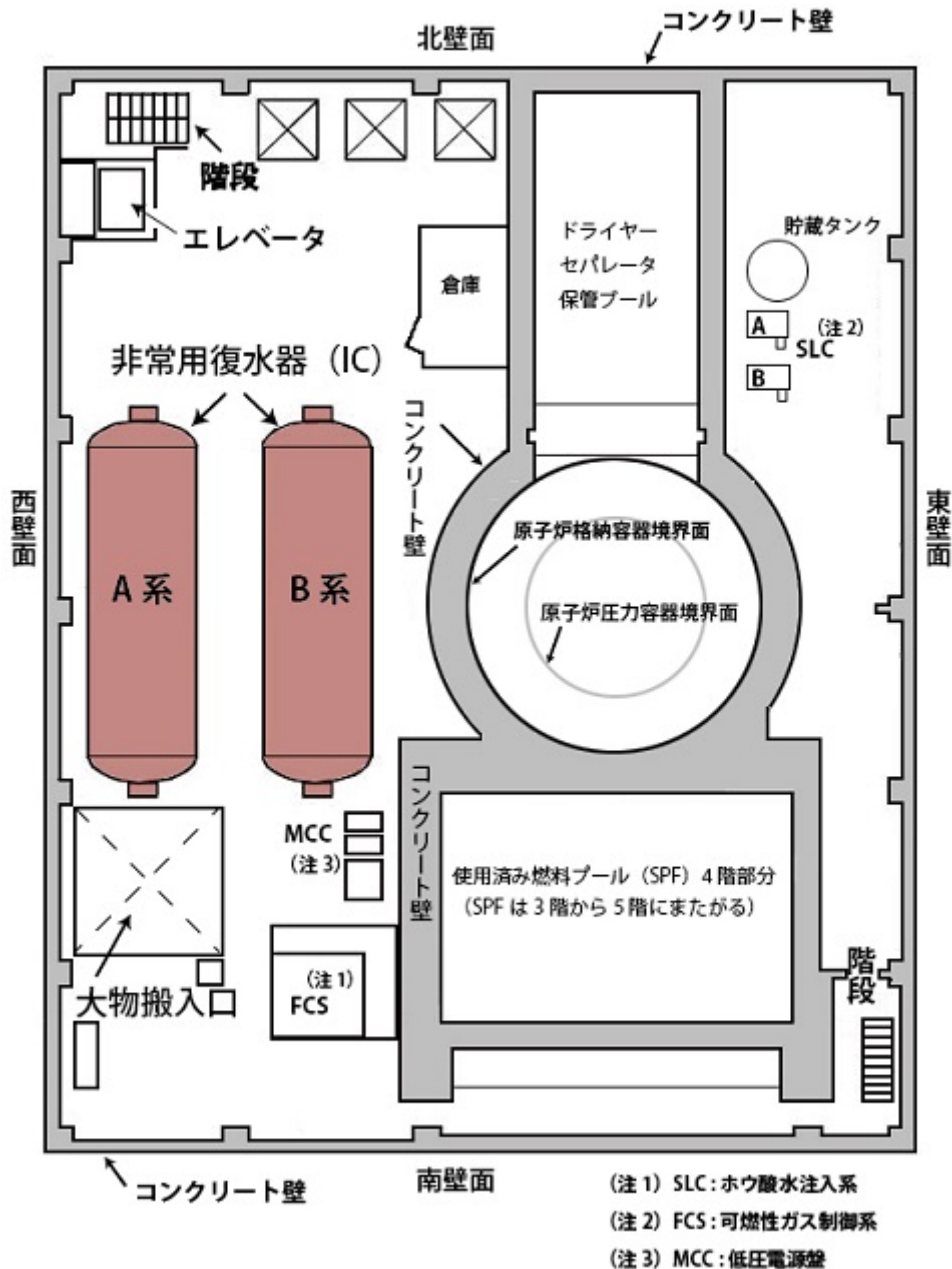


図1：1号機原子炉建屋4階の概略の平面図（甲A503・1056頁）

東京電力最終報告書では，図1で左側中央に2つ並んでいる非常用復水器の南側（図1では下側）で保温材が激しく脱落していることを明らかに

している（甲A503の1・100頁）。

写真1は、東京電力が2011年10月18日に1号機原子炉建屋4階の状況を撮影したビデオ¹⁰（甲A504）から、非常用復水器（正確にはそのタンク）2基の南側側面を南側から撮影した部分を切り出したものである。白いものが保温材で、赤茶けたところが保温材が脱落してむき出しになった非常用復水器タンク本体である。

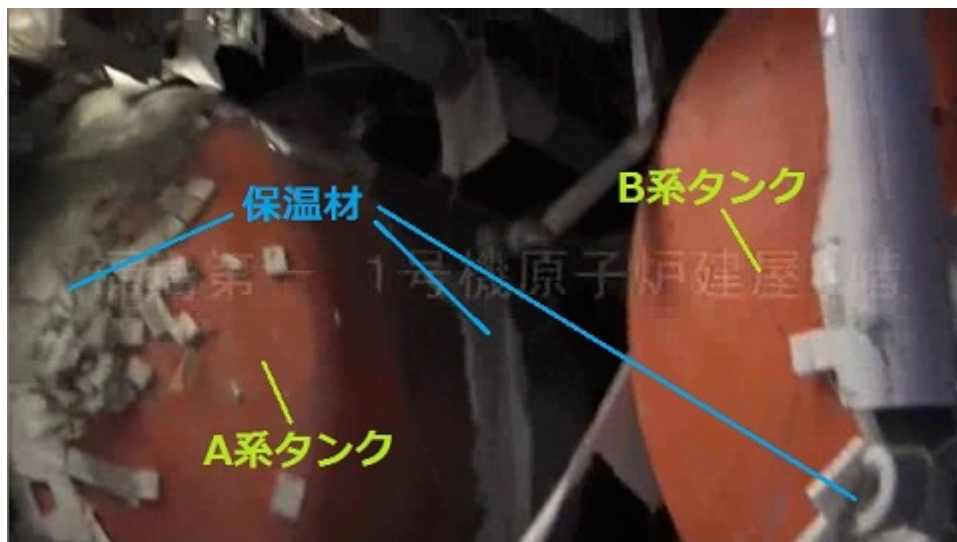


写真1：非常用復水器南側の保温材脱落状況（甲A504）

この写真からは、非常用復水器タンクがいずれも南側の中央寄り部分で保温材が激しく脱落していること（左側に見えるA系タンクでは左側すなわち西側は保温材が残っていることがわかる）、A系タンクでは南側面から北側に行くと保温材が残っており保温材の脱落の程度は南側で著しいことがわかる。

写真2は、同じビデオで写真1と同じところの上側（気相配管）を撮影した部分を切り出したものである。

¹⁰ <http://photo.tepco.co.jp/date/2011/201110-j/111021-02j.html>



写真2：非常用復水器南側気相配管の保温材脱落状況（甲A504）

ここで、銀色に見えるものが保温材カバー、白いものが保温材、赤茶けたものが配管本体である。ここでも手前側である南側では保温材が脱落して配管がむき出しになったり、保温材カバーが脱落していることがわかる。

写真3は、この非常用復水器南側から2基の非常用復水器タンクの間を少し北側に進んで中央部を北向きに撮影した部分を切り出したものである。

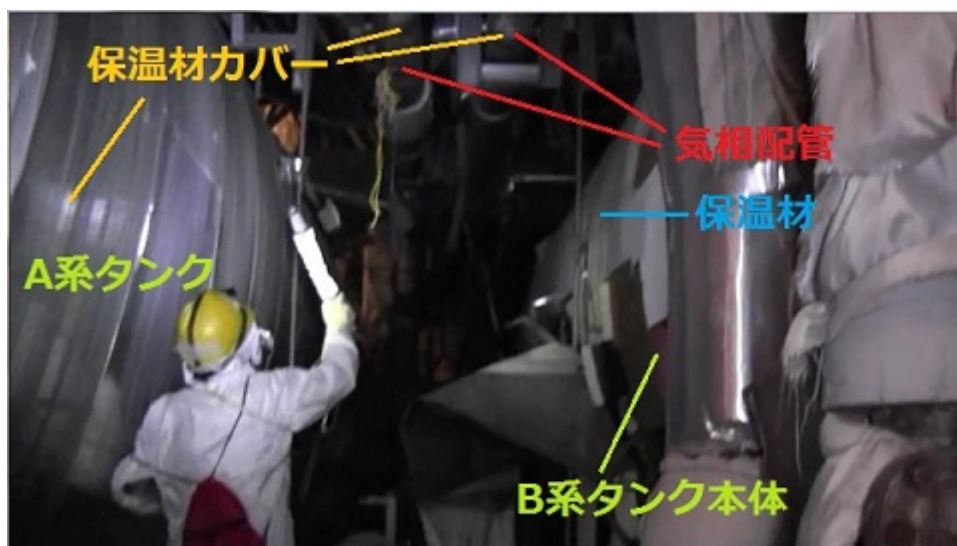


写真3：非常用復水器中央部の保温材の状況（甲A504）

この写真からは、南側側面から北側に少し進んだ中央部では、左側のA系非常用復水器タンクでは保温材カバーが残っており保温材の脱落はなく、右側のB系非常用復水器タンクでは保温材カバーの脱落があり手前側では

保温材の脱落もあり，上側の気相配管は保温材カバーが残っていることがわかる。

ウ 4階大物搬入口北側安全柵の変形・移動

写真4はA系の非常用復水器タンク南側側面を，写真5はそのすぐ南側の
大物搬入口と西側壁面を，西向きに撮影した部分を切り出したものである。



写真4：4階大物搬入口北側安全柵が失われた状況（甲A504）

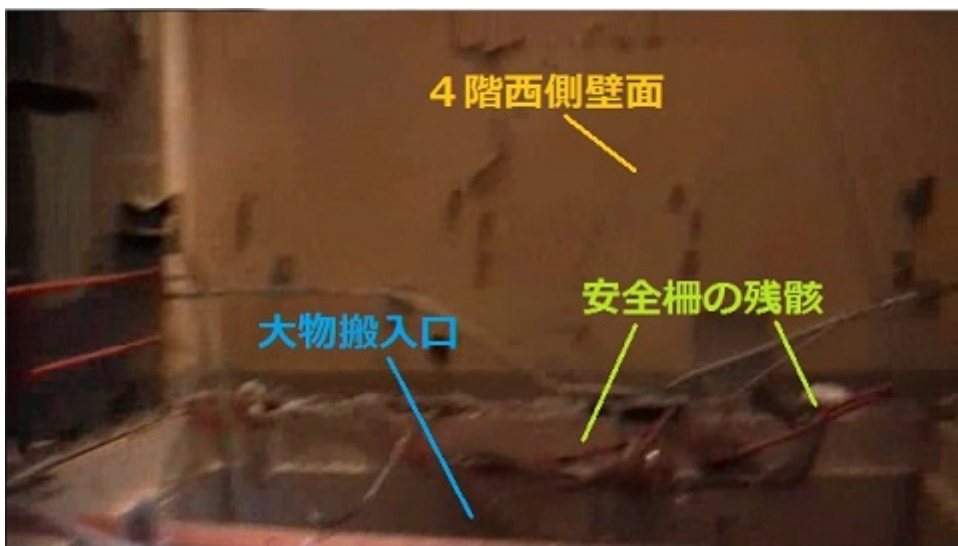


写真5：大物搬入口西側に北側安全柵が移動した状況（甲A504）

写真4では，4階床面を貫通している大物搬入口の開口部の縁に沿って

設置されている鉄製の安全柵の北側部分が失われていること、開口部西側に大きく歪み変形した安全柵が残存していることがわかる。写真5を見ると、4階大物搬入口西側に歪んで残存している安全柵は、もともと西側には安全柵がないので、これは安全柵の北側部分が爆発により変形して西側に倒れ込むような形になっているものであることがわかる。

なお、4階大物搬入口西側の壁沿いには安全柵がなかったこと及び北側には安全柵があったことは、爆風による損傷がほとんどない3階の大物搬入口西側及び北側を撮影した写真6で西側壁沿いに安全柵がなく北側には安全柵があることから明らかである。



写真6：3階大物搬入口西側及び北側の状況（甲A505「1号機4階における出水事象に関する現地調査結果について¹¹⁾」25頁）

エ 4階南側の被害状況のまとめ

¹¹⁾ <http://www.nsr.go.jp/data/000048759.pdf>

以上の1号機原子炉建屋4階の損傷状況から、非常用復水器の保温材の著しい脱落等の損傷は2つの非常用復水器タンクの中の南寄り部分及び非常用復水器南側で生じていることが明らかであり、他方、4階大物搬入口北側の安全柵は北側から南向きに力を受けて変形したものと考えるのが自然である。

東京電力が最終報告書で主張している「5階で生じた水素爆発による爆風」が5階大物搬入口床面（4階天井）の開口部（吹き抜け）を通じて4階に影響を与えたというのでは、非常用復水器南側周辺で保温材等の脱落を生じさせることはあり得ても、4階大物搬入口北側の鉄柵にその北側から南向きに力を与えることはかなり難しいというべきである。

(2) 5階大物搬入口の鉄製蓋の状況

原子炉建屋には大型の機器・機材を上階に搬入するために、1階から最上階（5階）まで貫通する吹き抜け状の大物搬入口が設けられており、5階床（4階天井）には鉄製の蓋がある。その大きさは開口部に合わせて約5メートル四方であり、鉄製の蓋の重量は約1.5トンに及ぶ（甲B96・1057～1058頁）。その本来の形状は写真7のとおりである。



写真7：大物搬入口の蓋の形状（甲A505・26頁）

この1号機原子炉建屋5階大物搬入口（4階天井）の鉄製の蓋は、2011年10月18日以降の東京電力や原子力規制庁等の立入時点では、存在せず、写真8のように開口した状態で、鉄製の蓋の行方は現在もわかっていない。

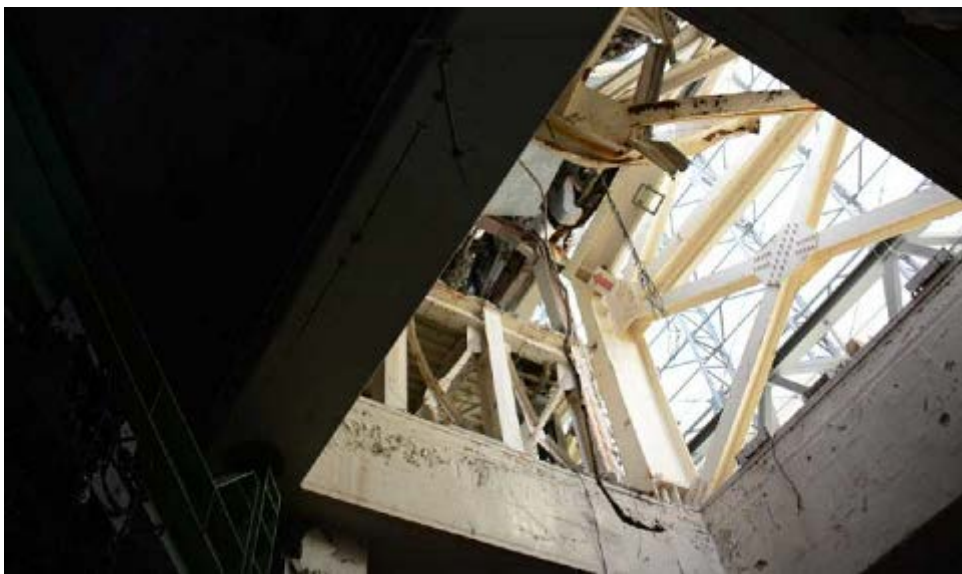


写真8：5階大物搬入口（4階天井）の状況（甲A505・25頁）

東京電力が、最終報告書で「非常用復水器本体南側の保温材が激しく脱落しているが、原子炉建屋の機器ハッチ（吹き抜け）側であり、5階で生じた水素爆発の爆風が、吹き抜けを通じて非常用復水器の保温材を損傷させたものと考えられる。」（甲A503の1・100頁）としているのは、この5階大物搬入口の蓋が、水素爆発時点で開いていたことを前提とするものである。

しかしながら、2011年3月11日に地震発生前から1号機原子炉建屋5階で天井クレーンを操作して機器の搬入作業を行っていた作業員は、地震発生前に作業を終わり5階床の大物搬入口の蓋をして4階に降りてから地震に遭遇したと、国会事故調のヒアリングに対して回答している（甲B96・1057頁）。この者は原子力規制庁が2013年6月14日に行った聞き取りに対しても「開口部について、5階床の開口部は5階における作業終了後に閉じたため、地震発生時は閉じられていた。なお、1階から4階の開口部は開いていた。」と供述している（甲A506「福島第一原子力発電所1号機4回における出水事象に関する出水当時の状況等について¹²」1頁）。

(3) 4階での水素爆発の発生

大物搬入口の蓋は写真7からわかるように上から閉じる形状となっており、写真8からは明瞭ではないが、当然に開口部には蓋が開口部から落下しないように段がつけられているものであり、上からの力により蓋を遠くに吹き飛ばすことはかなり難しい。

また、5階大物搬入口が蓋により閉じられていれば、5階での水素爆発の爆風が4階の非常用復水器南側に吹き込むことは考えられない。

さらに、5階での水素爆発の爆風が5階大物搬入口から吹き込んだということでは4階の大物搬入口北側安全柵が北側からの南向きの力を受けて大き

¹² <http://www.nsr.go.jp/data/000048758.pdf>

く変形し移動したことを説明できない。

他方、4階で水素爆発が発生したとすれば、大物搬入口の蓋を下から吹き飛ばすことがあり得、4階天井の蓋が閉じられていても4階の非常用復水器南側に爆発・爆風による損傷を与えることは当然にあり得、また同様に4階大物搬入口北側安全柵に北側から南向きに力を与えることも、爆心や爆鳴気の分布状況によりあり得るところである。

4階で水素爆発が発生したと考えることは5階でも水素爆発が発生したことを否定するものではない。むしろ、4階での水素爆発に誘導されて5階でも水素爆発が発生したと解するのが妥当であることは後に(4項で)論じる。

しかし、4階で水素爆発が起こらなかったとすると、5階大物搬入口の蓋が閉じられていたこと、その蓋が事故後初めて東京電力が原子炉建屋4階に立入したときには開いていた(行方不明である)こと、非常用復水器南側で保温材等が激しく脱落していること、4階大物搬入口北側安全柵が北側から南向きの力を受けて大きく変形・移動していることを説明できない。

したがって、1号機原子炉建屋の4階で水素爆発が発生した(少なくとも4階「でも」発生した)ことは、ほぼ間違いない。

3 I C配管の損傷と4階での水素爆発

(1) 水素爆発の条件

水素が爆発するためには、第1に相当量の水素が酸素と混合して爆鳴気となることが必要であり、第2に爆鳴気の温度が水素の発火点温度以上となるか着火源がなければならない。

酸素との混合については、大気中では水素濃度が4%～75%が水素の爆発限界とされている。水素は非常に軽い気体であるから、開放空間に漏洩した場合は速やかに上昇拡散し爆発条件に達しないことが多く、爆発が発生するためには漏洩先の空間の密閉度が高いことが必要である。

水素の自然発火温度については、酸素との混合比等の条件によって変わってくるものであり、測定条件によって測定値のばらつきがあり、物性値のような固定した数値は得られていない。文献により幅があるところであるが、500℃ないし527℃が採用されることが多い。

(2) 福島第一原発事故と水素爆発の条件

福島第一原発事故において発生した水素は、そのほとんどは炉心の燃料の冷却がうまく行かず核燃料が崩壊熱により高温になって、核燃料を収納する燃料被覆管及び燃料集合体を包むチャンネルボックス（いずれもジルコニウム合金であるジルカロイ製）に含まれるジルコニウムが水と反応して、いわゆる水-ジルコニウム反応により発生したと考えられる（そのほかに、水の放射線分解による水素発生もあったはずであるが原子炉内あるいは格納容器内で大量に発生したとは考えがたい）。

水素の発生場所は原子炉圧力容器内であり、圧力容器内には酸素は、水の放射線分解等による微量のものを除き存在しないから、圧力容器自体あるいは圧力容器の内部と外部を結ぶ配管などが損傷する前の段階では水素爆発の条件を満たさない。

水素が圧力容器から格納容器内に漏洩しても、格納容器内は窒素充填されているので、格納容器が破損する前の段階ではやはり酸素と混合せず、水素爆発の条件を満たさない。

水素が原子炉建屋内に漏洩すると酸素と混合することになり、水素濃度が4%を超えるまで漏洩が続き、着火源があれば水素爆発の条件が整う。しかし、福島第一原発事故時は全電源喪失状態であったため、着火源の代表的なものである電気火花は発生し得ず、また爆発直前は原子炉建屋内に作業員もおらず（3月11日23時05分に高放射線量のため1号機原子炉建屋への入域が禁止され、以後爆発までの間、12日9時台に格納容器ベントのため

に空気作動弁の手動操作を試みて入った者がいるほかは作業員の入域はなかった：甲A503の1・128～133頁），現実的な着火源は見いだしがたい。そのため，東京電力最終報告書においても「その後，12日15時36分，原子炉建屋が爆発したが，これは，炉心損傷等に伴い発生した水素が原子炉建屋に蓄積し，何らかの理由で着火したことで発生したものと考えられる。」（甲A503の1・142頁）とするのみで，着火源については推測さえできない状態である。

(3) IC配管の損傷と4階での水素爆発

IC配管に損傷があった場合，1号機原子炉建屋での水素爆発は，以下のように合理的に説明できる。

図2は1号機非常用復水器（IC）の系統図である。非常用復水器は，原子炉压力容器内で発生した蒸気をIC気相配管（蒸気管）を経て格納容器外の原子炉建屋4階のICタンクまで導き，蒸気が大量の水が貯蔵されているICタンク内を走る細管を通るうちにタンク内の水により冷却されて凝縮し水となってICタンクから液相配管（凝縮水戻り配管）を流れ，その冷却された水が原子炉建屋3階を経て原子炉建屋2階で再度格納容器内に入り，再循環系配管を通じて原子炉压力容器内に戻り，それによって原子炉压力容器内の圧力を下げるとともに原子炉内の冷却材を冷却するというものである。

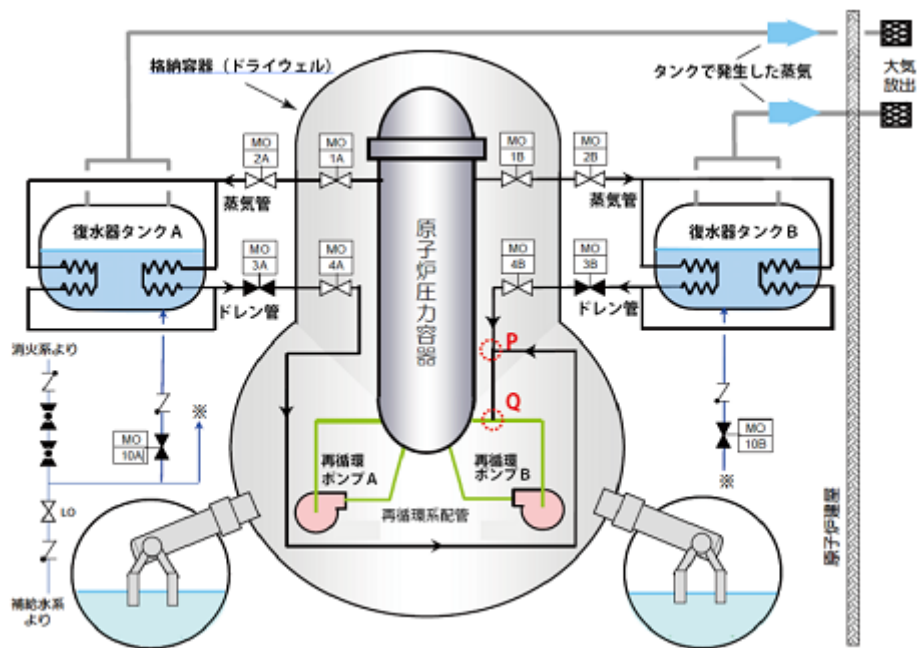


図2：非常用復水器系統図（甲B96・1060頁）

そして、通常運転中、非常用復水器の配管の弁は液相配管の途中にある「3弁」だけが閉鎖されており、原子炉压力容器から原子炉建屋4階のICタンクに至るまでに存在する「1弁」「2弁」は開放されている。

福島第一原発事故の際、電源喪失に伴い各弁が閉鎖されたかについては微妙な問題が残るが、東京電力最終報告書によれば、格納容器内の「1弁」と「4弁」について、A系、B系とも開閉不明、「2弁」「3弁」について、A系は「開」、B系は「閉」状態と評価している（甲A503の2「福島原子力事故調査報告書添付資料8-8¹³」）。

「1弁」が完全に閉鎖された状態でない限り、IC配管に損傷が生じれば原子炉压力容器内の気体は原子炉建屋4階までIC配管を通じて直接に到達しうる。特に「2弁」が開放されているA系では、IC配管の原子炉建屋4階部分のどこに損傷がある場合でも、原子炉建屋4階に原子炉压力容器内の

¹³ http://www.tepco.co.jp/cc/press/betul2_j/images/120620j0306.pdf 338 枚目

気体が直接に漏洩することになる。

原子炉の炉心部で発生する水素は、水-ジルコニウム反応が900℃以上になると活発になる反応である上に、水-ジルコニウム反応自体が発熱反応であるために反応が進むことでさらに温度が高くなるため、発生時の水素ガスの温度は900℃を超えていたとみられる。

そして、IC配管は保温対象配管であるから、配管には保温材が巻かれ、その上から金属製の保温材カバーがかけられており、IC配管を経由する過程での冷却による水素の温度低下はあまりない。

したがって、IC配管の原子炉建屋4階部分に損傷が生じた場合、原子炉圧力容器内で発生した水素はかなり高温のままIC配管を経由して原子炉建屋4階に到達し、損傷部から噴出・漏洩することになる。

原子炉建屋4階は、前述したように地震発生時点までに5階大物搬入口には蓋がされていたため、漏洩した水素がさらに上方へと漏洩するルートは非常用復水器タンク南側からは相当程度離れた北西角と南東角の階段部のみである(図1)上に南東角の階段部に達するには狭い通路部を経ること(図1)、写真2にも見えるように天井部に太い梁が縦横に配置されているなどの状況から、漏洩経路は少なく密閉度が高かったと考えられる。

さらに、原子炉建屋4階はコンクリートの遮蔽壁を経て原子炉圧力容器、原子炉格納容器と隣り合っており(図1)、原子炉圧力容器内で炉心溶融が生じていた場合その放射熱により加熱され、全体の雰囲気温度も相当程度上昇していたと考えられる。

以上のように、1号機においてIC配管の原子炉建屋4階部分に損傷が生じていた場合、密閉度の高い空間に高温の水素が漏洩して水素が空気と混合するとともに水素濃度を相当に高め、爆鳴気の水素濃度の条件が整ったところへさらに自然発火温度を超える高温の水素が供給されることでIC配管から漏洩して空気と混合したばかりの水素が自然発火して着火源となるか、炉

心溶融による放射加熱での原子炉建屋雰囲気全体の温度上昇と高温の水素供給が相まって自然発火の条件を満たしたということが考えられ、原子炉建屋4階で水素爆発が発生したことを合理的に説明できる。

なお、5階での水素爆発は、4階での水素爆発自体が「着火源」となり誘導されたと考えれば、合理的に説明できる。このことは、4項で改めて論じる。

4 IC配管の損傷なしで4階での水素爆発は説明できない

(1) IC配管の損傷以外によって4階で水素爆発が起こりうるか

ア 4階への水素到達経路

福島第一原発1号機及び3号機での水素爆発の水素の漏洩経路について、東京電力は最終報告書で次のように述べている（甲A503の1・259頁）。

1号機、3号機の原子炉建屋で発生した爆発は、原子炉内の燃料損傷に伴い、水-ジルコニウム反応等により発生した水素が格納容器に移行し、最終的には原子炉建屋に漏えいしたものと考えられる。明確な水素流出経路は不明であるものの、格納容器からの漏えい経路としては、格納容器上蓋の結合部分、機器や人が出入りするハッチの結合部分、電気配線貫通部等が挙げられる。結合部分では漏れ止めとしてシールするためにシリコンゴム等を使用しており、そのシール部分が高温に晒され、機能低下した可能性があると考えられる。水素は、主として格納容器のこのような場所から直接、原子炉建屋へ漏えい・滞留し、水素爆発に至ったものと推定される。

格納容器上蓋の結合部分（フランジ）からの漏洩は、温度が300℃を超えると漏洩すると評価されており、また水素が格納容器内に漏洩した場合は上方に滞留すると考えられることから合理的である。しかし、上記

フランジ（図3で「ドライウェルフランジ」と示されている部分）はコンクリート遮断壁に取り囲まれており、水素がこの遮断壁を超えた4階フロアに漏洩することはほとんどないと考えられる（図1，3）。

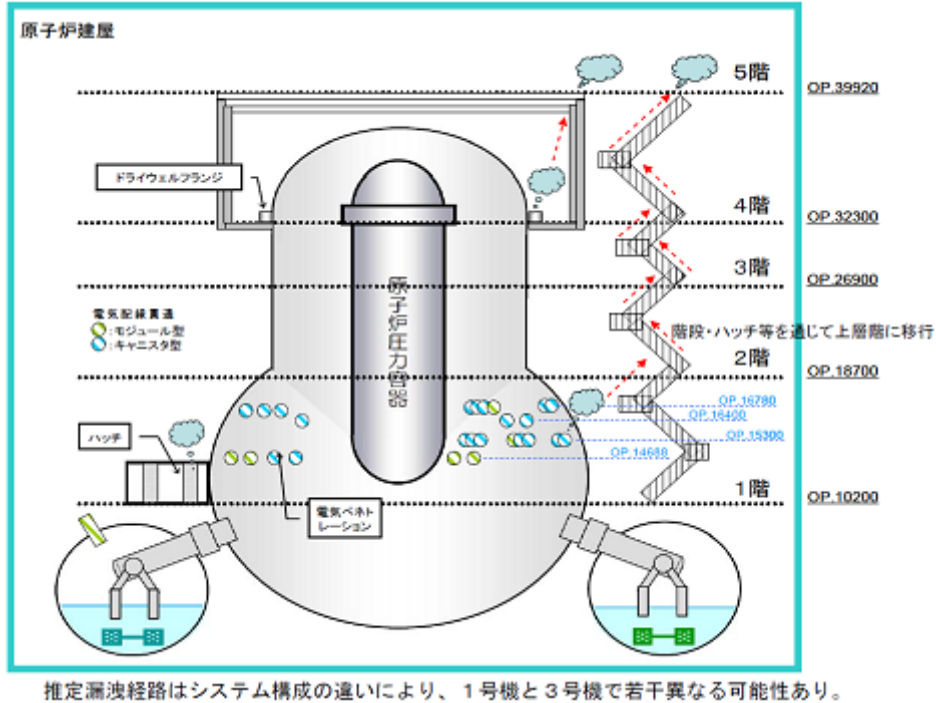


図3：東京電力主張の水素の原子炉建屋への漏洩経路（甲A503の1・259頁）

ハッチや電気配線等貫通部からの漏洩は、いずれも格納容器下部であることから格納容器内に漏洩した水素が大量にそれら下部の貫通部等から格納容器の外へすなわち原子炉建屋内に漏洩したとは考えにくい。

加えて、ハッチや電気配線等貫通部から原子炉建屋1階に漏洩した水素が上昇していくためには天井部の梁等を超えて横に拡散して大物搬入口開口部や階段開口部に到達する必要がある、もともと大量とは考えにくい漏洩水素量のうち4階に達することができる水素量はさらに減少することになる。

東京電力がいうハッチや電気配線等貫通部からの漏洩では、4階に水素爆発に十分なほどの水素が到達することはかなり考えにくい。

イ 漏洩する水素の温度

東京電力の主張では圧力容器から格納容器内への漏洩経路・過程も定かでないが、原子炉圧力容器が大きく損傷する前の段階では原子炉圧力容器から格納容器内に漏洩した段階で水素は圧力低下による断熱膨張で大幅に温度が低下し、さらに格納容器内から原子炉建屋内への漏洩の際にも圧力低下による断熱膨張と原子炉建屋の低い雰囲気温度により大幅に温度を低下させることになる。このことは格納容器の上部フランジ部からの漏洩でも、ハッチや電気配線等貫通部からの漏洩でも同じである。これらの経路から漏洩した水素の温度は原子炉建屋4階に達する以前に相当程度低下することになり、これらの経路で原子炉建屋4階に水素が到達したとしてもその水素の温度が原子炉建屋4階において、水素の自然発火温度にまで達するという事はかなり考えにくい。

(2) 5階爆発による北側天井崩落の爆風で説明できるか

東京電力最終報告書においては、「非常用復水器本体が設置されている原子炉建屋4階では、5階での水素爆発の影響で天井の北側に破損開口部が生じ、非常用復水器上部北側で爆風によると思われる保温材の脱落や瓦礫の散乱が認められた。」(甲A503の1・100頁)とされている。

ここでは、この5階での水素爆発により4階北側天井が崩落した際にその開口部から吹き込んだ爆風によって非常用復水器南側の保温材の脱落や大物搬入口北側安全柵の変形等を説明する余地があるか(やっぱり4階での水素爆発はなかったという主張が出てくる余地があるか)について論じることにする。

写真9は、4階北側天井の破損開口部を北西向きに撮影したところを切り出したものである。



写真9：原子炉建屋4階北側天井の破損開口部の状況（甲A504）

この北側天井の破損開口部は、ICタンクとの位置関係では、A系とB系のICタンクを南側から北向きに撮影したところを切り出した写真10（写真3と同じ）で左側のA系ICタンクの周辺に北側の破損開口部から漏れる明かりが見えることでもわかるように、A系ICタンクの北側に存在する。

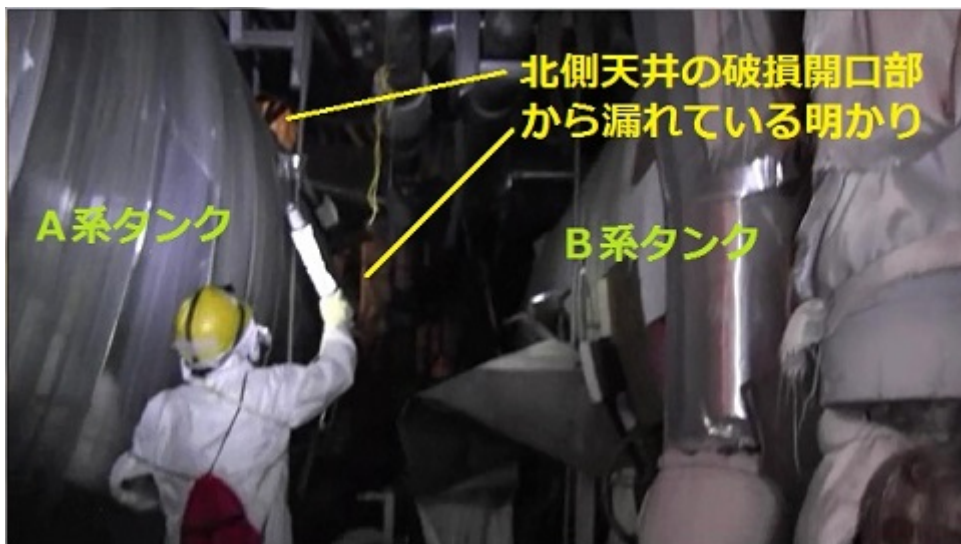


写真10：原子炉建屋4階北側天井の破損開口部の位置（甲A504）

そして、写真11は東京電力最終報告書で爆風によると思われる保温材の脱落が生じた非常用復水器上部北側のIC気相配管を撮影したところを切り出したものである。



写真 1 1 : 非常用復水器北側の保温材脱落状況 (甲 A 5 0 4)

ここで、気相配管の保温材は一部脱落しているが、破損開口部に近いA系のICタンクは保温材カバーも脱落しておらずほぼ無傷の状態である。

そうすると、原子炉建屋4階北側天井の破損開口部の崩落とそこから吹き込んだ爆風による損傷は、気相配管の保温材カバーと保温材を一部脱落させたにとどまり、破損開口部近傍にあったA系ICタンクの保温材カバーにも影響を与えなかったものであるから、それよりも遠くにあるものに損傷等を与えたとは考えられない。

したがって、5階での水素爆発により4階天井北側に破損開口部が生じてそこから吹き込んだ爆風によって、非常用復水器南側の保温材の脱落や大物搬入口北側安全柵の変形・移動が生じたとか、大物搬入口の蓋が吹き飛ばされた等の説明をする余地はない。

(3) 1号機での水素爆発についての合理的な説明

結局、1号機での水素爆発では、以下のようなことがあったと考えるのが最も合理的である。

炉心での冷却がうまく行かず崩壊熱により炉心が過熱して900℃程度に達したあたりから炉心で水-ジルコニウム反応が生じそれが崩壊熱と反応熱

により促進され大量の水素が発生した。

この水素は I C 配管を通じて、既に生じていた I C 配管の損傷部（地震動による損傷と考えるのが最も合理的である）から原子炉建屋 4 階に漏洩し、原子炉建屋 4 階は 5 階大物搬入口の蓋が閉じられていたため密閉度が高く、4 階に大量の水素が漏洩し空気と混合し次第に水素濃度を高めていった。

他方、炉心部の温度が上昇するにつれ圧力容器及び格納容器の温度が放射熱により上昇し、圧力容器フランジ部及び格納容器フランジ部から間欠的に水素が漏洩し、その大半は原子炉建屋 5 階に漏洩し滞留した。この水素の温度は漏洩時の圧力低下による断熱膨張と原子炉建屋 5 階の雰囲気温度により大幅に低下し、高温にはならなかった。

3 月 13 日 15 時 36 分頃、原子炉建屋 4 階で水素濃度の上昇と温度上昇により水素爆発の条件が整い原子炉建屋 4 階で水素爆発が発生した。この爆発により 5 階大物搬入口（4 階天井部）の蓋が吹き飛ばされ、これによる急激な減圧で爆発の威力はそがれ、4 階南側で保温材等を脱落させ 4 階大物搬入口北側安全柵を吹き飛ばす程度で爆発の被害は収まった。

4 階で発生した水素爆発が一種の着火源となりこの爆発に誘導されて 5 階でも規模としてはより大きな水素爆発が発生し、4 階北側天井を破損・崩落させるとともに 5 階の壁パネルの一部を吹き飛ばした。この爆発もこれらの 4 階天井の破損や 5 階壁パネルの脱落による急速な減圧で威力をそがれ収束した。

5 まとめ

以上に述べたところから、福島第一原発 1 号機においては、3 月 12 日 15 時 36 分の水素爆発よりも相当程度前の時点で I C 配管の原子炉建屋 4 階部分で損傷を生じていたと合理的に推認できる。そして、その I C 配管の損傷原因は、(圧力容器のように炉心溶融の熱で溶けた等の原因を考える余地はないから)

地震動によって生じたと考えるのが最も合理的である。

第6 地震動による1号機制御棒駆動水圧系配管の破損の可能性

1 はじめに

本項では、東京電力の元従業員であり福島第一原発の炉心設計に携わった技術者である木村俊雄氏の論文「地震動による福島第一1号機の配管漏えいを考える」（甲B86「科学」2013年11月号1223～1230頁）を基に、地震動によって福島第一原発1号機の配管が破損した可能性があることを論じる。

2 再循環ポンプの仕組み

福島第一原発1号機には、原子炉压力容器内の冷却材（水）を強制的に循環するため、压力容器のすぐ外に再循環ポンプ2台（A系、B系）が設置されている。

再循環ポンプにより押し出された水は、20本の配管に分かれて压力容器の周囲から内部に入り、压力容器の中程から下に向かって流れる。下に向かって流れる途中にはジェットポンプ（20本）があり、同ポンプの作用により压力容器内のポンプ周囲の冷却材（水）を吸引して流量を増して押し出される。压力容器の最下部に到達した流水はその後上昇し、炉心を冷やしながら一部は沸騰して主蒸気管から压力容器、格納容器を出てタービンを回し、一部は液体のまま残って再循環出口配管から压力容器外部に出て再循環ポンプに戻る。

再循環ポンプの流量が増えると、冷却材（水）の流量が増えることになるから炉心をよく冷やすことができる。

3 原子炉冷却材の自然循環

炉心を冷やすためには冷却材を循環させることが重要であることから、事故や故障により再循環ポンプが停止した場合であっても、自然循環だけで50%

出力まで炉心を冷やすことができる設計となっている。この自然循環は、沸騰水型軽水炉（福島第一原発1号機や志賀原発1号機など）特有の安全システムであり、異常な過渡変化や事故に十分対応できる設計としてうたわれている。

通常は、原子炉がスクラム（自動停止）した場合、再循環ポンプの速度は自動的に20%にまで低下し、その後自動停止する。再循環ポンプが自動停止した後も、圧力容器内部の温度差（冷却材＝水は炉心で加熱されて自然に上昇し、それに伴って炉心下方から冷却材が供給される）により10%弱（毎時約2100トン）の自然循環が生じるよう設計がなされている。

4 1号機における冷却材逆流と自然循環0の挙動

ところが、福島第一原発1号機では、この自然循環がなかった。

1号機では、地震による原子炉スクラム後、再循環ポンプの速度が徐々に低下し、3月11日14時48分24.88秒に再循環ポンプA系が停止し、ほぼ同時（A系停止の0.05秒後）にB系も停止した。

その後の自然循環の有無は、炉心流量、ジェットポンプの流量及び炉心差圧（炉心上下の冷却材の圧力差）の値によって判断されるところ、1号機の各値は、再循環ポンプの停止直後に冷却材が大量に「逆流」したことを示した。ジェットポンプの流量については20本のジェットポンプ全てについて同じような逆流値を示しており、炉心差圧まで同様に逆流を示していることから、計測機器の故障とは考えられない。

その後、瞬間的に正の循環に戻ってから流量は0となり、自然循環は全く見られなかった。

5 自然循環0の原因は配管破損による冷却材漏えいにあること

炉心における自然循環が0となった理由は、圧力容器につながる配管が破損し、そこから冷却材が漏洩したこと以外には考えられない。

そして、ジェットポンプ20台が同様に流量0を示し、原子炉の水位が緩やかに下降していることから、配管の破損は大規模ではなく、小口径の配管が破損したものと考えられる。

小口径の配管破損であること、格納容器の床ドレンサンプ（格納容器内部の床に設置され圧力容器からの漏水を受ける設備）の水位が増減を繰り返していること、圧力容器下部の温度が60℃から150℃に上昇していること等から、破損箇所としては、圧力容器下部を通る制御棒駆動水圧系配管（原子炉スクラムの際に水圧により制御棒を押し上げて挿入するための配管）が考えられる。

なお、制御棒駆動水圧系配管は圧力容器の下部に97箇所あって圧力容器の壁を貫通しており、それぞれが地震動による負荷を受けるため、破損箇所は1箇所とは限らない。

6 まとめ

以上より、福島第一原発1号機では、地震動により圧力容器につながる小口径配管が破損し、冷却材が漏えいした可能性がある。

第7 地震動による2号機R C I C破損の可能性

1 2号機R C I Cの機能喪失

福島第一原発2号機では、中央制御室が停電になる直前に、運転員が原子炉隔離時冷却系（R C I C）を起動していたため、外部電源を喪失した後もR C I Cが停止することなく運転を継続した。

しかし、図1に示されるように、R C I Cが停止する3時間以上前の3月14日午前10時までには、原子炉水位は低下し始める一方、原子炉圧力は上昇に転じている。この現象はR C I Cがもはや炉心冷却系としての機能を喪失していたことを示していると考えられる（甲B4・166頁）。

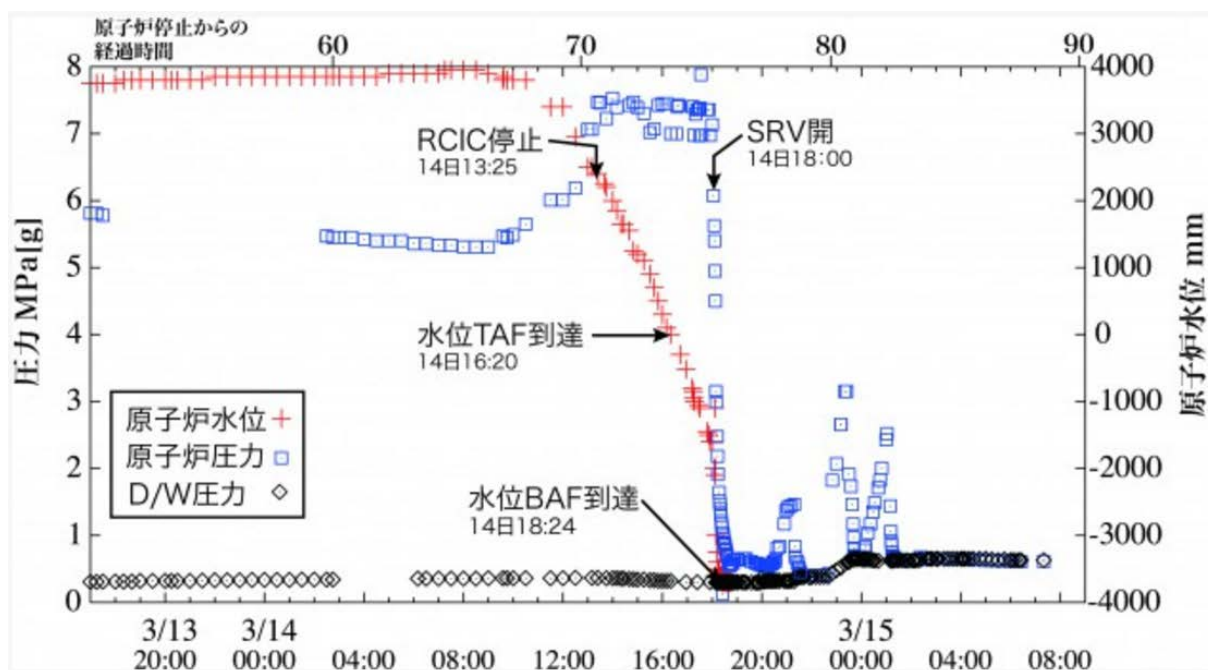


図1：2号機RCIC停止後の原子炉減圧，SR弁開，原子炉水位の低下（甲B4・166頁
 図2. 1. 4-3）

2 東電の分析結果

この2号機RCICの機能喪失については，東京電力が2号機の内部にたまった汚染水の水位や漏れ出している量などを詳しく分析した結果，この冷却装置の付近で9cm²程度の穴から水漏れが起きている可能性が高いことがわかった（甲A507「2016年6月5日NHKニュース¹⁴」）。

この9cm²程度の穴が生じた原因について，東京電力は，RCICの設計上の想定とされた8時間を大きく超えて動かし続けていたことなどから，冷却装置に何らかの問題が起きて原子炉に送る冷却水の一部が漏れ出したとみているということであるが（甲A507），憶測に過ぎない。

9cm²程度の穴が生じたという現象に鑑みれば，地震動によって2号機RCICが破損したと考える方が合理的である。

¹⁴ http://www3.nhk.or.jp/news/genpatsu-fukushima/20160605/0511_reikyaku.html

第8 結び

そもそも、福島第一原発事故は、東北地方太平洋沖地震（M9）という巨大地震に原発が被災した未曾有の事態であるにもかかわらず、これまでの地震と異なり、現場での調査・検査による機器・配管等の健全性の確認作業さえ行われていないのであるから、その1点を取っても、耐震設計の抜本の見直しが必要ないなどという結論を出すことは早計であり、また、科学的な態度ではない。

そして、本書面で示した地震動による重要機器・配管損傷の疑いも、なお解明されていないのであるから、耐震設計の根本的な見直しをしない債務者の「福島第一原発事故を踏まえた安全対策」が不十分であることは明らかである。

以上