

平成25年(ワ)第38号等「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（26）

(津波の予見可能性を基礎づける事実の主張)

2014（平成26）年11月7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

目次

第1 概要.....	4
1 津波の予見可能性に関するこれまでの議論状況.....	4
2 本書面の目的と構成.....	6
第2 被告らにおいて、敷地高（O. P. +10メートル）を超える津波による全 交流電源喪失の可能性・危険性を認識していたこと.....	7
1 被水に対する脆弱性という電源設備の宿命.....	7
2 非常用電源設備等の被水と全交流電源喪失の危険.....	8
3 非常用電源設備等の被水による全交流電源喪失も想定されていること.....	9
4 溢水による非常用電源設備の機能喪失.....	9
(1) 内部溢水とは.....	9
(2) 外部溢水による機能喪失（敷地上、および地下トレンチからの浸水）..	10
ア 外部溢水とは.....	10
イ 地下トレンチを通じての浸水の例.....	10
5 敷地高を超える津波による全交流電源喪失の現実的危険性の認識.....	11
(1) 「対応について」（乙B70号証）.....	11
(2) 2006年の溢水勉強会によって示された知見.....	13
(3) 浸水による全交流電源喪失は当然の結果という被告東京電力による自認	14
(4) 被告東京電力の事故調査報告書による自認.....	15
(5) 小括.....	15
第3 敷地高さをを超える津波が予見できれば結果回避措置を取るべきこと.....	15
1 津波の一般的性質.....	15
(1) 問題の所在.....	15
(2) 津波の発生及び伝わり方と陸地への「流入」.....	16
(3) 海底のすべり量が「津波の高さ」を規定すること.....	17

2	「津波の高さ」と「浸水高」「遡上高」の相互の関係.....	18
(1)	「津波の高さ」と「浸水高」「遡上高」の定義.....	18
ア	「津波の高さ」とは.....	18
イ	「浸水高」、「遡上高」とは.....	18
(2)	一般に浸水高、遡上高が「津波の高さ」を上回ること.....	19
3	敷地高さを超える津波が予見できれば結果回避措置を取るべきこと.....	19
(1)	予見可能性の対象についての被告らの主張.....	19
(2)	津波の予見可能性は建屋敷地高さを超える津波の可能性を対象とすべきこと.....	20
(3)	津波の陸上における遡上態様の不確実性.....	21
(4)	「津波評価技術」自体も極めて概括的な把握に留まること.....	21
(5)	首藤教授も遡上態様の不確定性を認めていること.....	22
(6)	本件津波の遡上態様によってもその複雑性が確認されること.....	23
(7)	小括.....	24
第4	福島第一原子力発電所において、敷地高さであるO. P. +10メートルを超える津波の到来は予見できたこと.....	25
1	概要.....	25
2	本件事故以前における津波水位の想定.....	25
(1)	設計の基礎とされた高さを超える津波が想定されていたこと.....	25
(2)	2000年の電気事業連合会による試算.....	26
(3)	2002年「長期評価」を踏まえた津波試算.....	27
(4)	2008年の貞観地震・津波に基づく津波水位の推定.....	28
(5)	まとめ.....	29

第1 概要

1 津波の予見可能性に関するこれまでの議論状況

これまで津波の予見可能性についての主張の概要は以下のとおりである。

原告らは、被告東京電力及び被告国に対し、2011（平成23）年3月11日発生の福島原子力発電所事故によって蒙った損害は、被告らの故意とも同視しうる重大な過失責任によってもたらされたものと主張し（訴状8頁）、過失責任を基礎づける予見可能性として、2002（平成14）年、または遅くとも2006（平成18）年までには、福島第一原子力発電所において、地震に伴う津波による浸水から全電源喪失、ひいては炉心溶融という重大な事故が発生し得ることは、予見することが可能であった（訴状57頁）と主張した。

そして、この津波及び全電源喪失についての予見可能性を基礎づける知見として、①長期評価など2002（平成14）年までの津波予測に関する知見の進展、②2006（平成18）年までの知見の進展、③2006（平成18）年以降の知見の進展に分けて整理をし、かつ、被告らが唯一の知見であるかのように誇示する「津波評価技術」の問題点を指摘した（原告準備書面(4)・第2）。また、原告準備書面(13)でも、本書面で言及する「対応について」（乙B70号証）が出されるきっかけとなった4省庁による「太平洋沿岸部地震津波防災計画手法調査報告書」（甲B115号証の1及び2）における津波の予見可能性を基礎づける知見やその他の知見に関し補充主張をした。

これに対し、被告らは、「長期評価を含む本件地震発生当時における地震・津波に関する専門的・科学的な知見をもってしても、本件原発の所在地において、本件地震によって発生したような高い津波（O. P. +15.5m）が発生することを具体的に予見することは不可能であった」（被告東京電力準備書面(1)4頁）、『長期評価』は、本件地震のように、それぞれの領域にまたがり、かつ、それぞれが連

動して発生するようなマグニチュード9.0、津波マグニチュード(Mt)9.1クラスの巨大地震・巨大津波までも想定するものではなく、その後の福島第一発電所事故までの科学的知見を見ても、本件地震が桁違いに巨大なものであったことが確認されており、いずれも、本件地震に至る程度の津波の発生を示唆するものではない」(被告国第3準備書面64頁～65頁)と主張して、損害発生の予見可能性を否定した。また、津波に関する知見については、津波評価技術が、「2002年(平成14)年以降、本件事故以前の時点において『原子力発電所の設計基準としていかなる津波を想定すべきか』という観点から策定された津波評価方法を体系化した唯一の基準」(被告東京電力準備書面(7)19頁～20頁)であるかのように殊更強調し、原告らの指摘する知見を考慮することなく、「津波評価技術」に拠った被告らに責任がないかのような主張をした。

この被告らの主張に対し、原告らは、本件の予見の対象は、マグニチュード9.0の規模の連動型地震そのものではなく、福島第一原子力発電所において全交流電源喪失をもたらさう程度の「地震及びこれに随伴する津波」が発生する可能性であり、具体的には、「福島第一原子力発電所において、その建屋の設置された敷地高さであるO.P.+10メートルを超える津波が到来し、全交流電源喪失に至る可能性」であることを改めて明示した上で(原告準備書面(22)第1)、この予見可能性を基礎づける知見とは、学会等で確立されたものであることが必要条件となるものではなく、いったん事故に至った場合、広域・多数人に甚大な被害をもたらす原子力事故の深刻性・重大性に鑑み、「深刻な災害が万が一にも起こらないようにする」(伊方原発訴訟最高裁判決)見地から、事故防止のために「無視し得ない知見」としての集積があったか否かが重要であることを主張した。そして、「津波評価技術」の学術的な見地における意義を一定程度評価しつつ、「津波評価技術」は上記「深刻な災害が万が一にも起こらないようにする」という見地からの検討は十分になされておらず、唯一無二の基準とはならないこと、むしろ、長期評価、及び上記訴状や

原告準備書面(4)にて引用した知見が有用であること(無視できない知見であること)を主張した(原告準備書面(21))。

これに対し、被告らは、現在、「単に敷地高さを超える津波が到来したというだけでは、福島第一発電所事故が発生したとは認められない」(被告国第8準備書面4頁)、「例えば10.1メートルの浸水高の津波が到来したとしても、直ちに建屋内部の地下1階まで浸水して高圧・低圧配電盤までが機能喪失するわけではない」(被告東京電力準備書面(10)5頁)と主張し、原告らの主張する予見可能性の対象が不適切であるかのように主張している。

また、「本件事故の際に建屋地下1階まで浸水したのは、敷地高を大幅に上回る未曾有の津波(1～4号機でO.P.+最大15.5メートル、局所的にはO.P.+17メートルにも及ぶ)が押し寄せ、圧倒的な水量、水流、及び水圧をもって建屋外部に衝突したためである」(被告東京電力準備書面(10)5頁)と主張し、本件事故は、想定不能の規模の巨大津波であったが故に発生したもので、「本件津波の浸水高は本件原発の1～4号機で最大O.P.+15.5メートルのものであり、本件事故以前の時点における客観的かつ合理的根拠を有する確立された科学的知見によっても、そのような津波の発生を予見することができなかった」(被告東京電力(10)9頁)といった旨の主張を繰り返している。

2 本書面の目的と構成

本件における予見可能性・津波高さに関する主張は上記のとおりであるところ、津波の予見可能性に関し、被告国から、遅ればせながら「『太平洋沿岸部地震津波防災計画手法調査』への対応について」(乙B70号証、以下、「対応について」という。)なる書面が発見され、提出された。また、津波評価技術の策定等に関わった首藤伸夫教授の政府事故調査委員会の聴取に際しての調書(甲B182の1及び2)

も公開されるに至った。これらの証拠は、原告らの従来の主張を補強するものである。

そこで、原告らは、本書面において、上記証拠を引用しつつ、従来の主張の補強をする観点から、以下の構成にて詳述する。

まず、新たな証拠である「対応について」（乙B70号証）を踏まえ、被告らが敷地高（O. P. +10メートル）を超える津波による全交流電源喪失の可能性・危険性を認識していたことを、「第2」において主張する。

次に、被告らから主張されている上記「敷地高を超える津波が押し寄せたとしても、直ちに全交流電源喪失に至る本件事故が発生するわけではない」との主張に対し、「敷地高さをを超える津波が予見できれば結果回避措置をとるべきであること」を、被告東京電力もその準備書面（10）7頁にて指摘する「浸水高」と「津波高さ」の定義付けを踏まえて「第3」で主張する。

最後に、本件津波が想定できないほど大規模であったとの主張に対し、本件で問題となる、福島第一原子力発電所において、その建屋の設置された敷地高さであるO. P. +10メートルを超える津波の到来は想定できたことを「第4」にて具体的に主張する。

第2 被告らにおいて、敷地高（O. P. +10メートル）を超える津波による全交流電源喪失の可能性・危険性を認識していたこと

1 被水に対する脆弱性という電源設備の宿命

非常用ディーゼル発電機および非常用高圧電源盤等の非常用電源設備等は、いずれも電気機器であるところ、水（特に海水）は電気を流すので、電気回路が水に浸かると、本来、流れてはいけないところに電流が流れ、回路がショート（短絡）を起こす。短絡が発生すると電気回路には非常に大きな電流が流れることとなり、許容限界を超える電流による発熱や発火によって、機器の機能喪失に至る。

このように、水を被ることによって機能喪失をする脆弱性は、電気機器の負う宿命ともいうべきものである。

2 非常用電源設備等の被水と全交流電源喪失の危険

全交流電源喪失を回避するためには、外部電源又は非常用ディーゼル発電機等からの電源が確保される必要があるが、このうち、外部電源については、必ずしも、耐震強度が充分には確保されておらず、想定される範囲内の一定規模の地震動によって、機能喪失に至る危険があり得る。

被告国も、その第6準備書面の第5の4（53頁以下）において、外部電源が、耐震において脆弱性を内包するものであることを事実上認めている。外部電源系が、機能喪失することが設計上も想定されている以上、その場合に炉心の冷却のための動力電源は、非常用電源設備等によって確保されるべきものであり、この非常用電源設備等が機能を維持することが、全交流電源喪失に基づく炉心損傷を回避するための最後の命綱の役割を果たす。そして、外部電源が地震動等によって失われることは設計上も想定されている以上、全交流電源喪失を回避するためには、内部電源、すなわち非常用ディーゼル発電機等の非常用電源設備等の機能を維持することが絶対的に求められるところである。

しかし、これらの非常用電源設備等は、上記の通り、被水に対して脆弱であるという電気機器の宿命を負っている。

よって、非常用電源設備等の機能を維持して、万が一にも、全交流電源喪失に基づく炉心の損傷を回避するためには、非常用ディーゼル発電機および非常用高压電源盤等を、水に浸けないということが絶対的に要請される。換言すれば、配管破断等による内部溢水であれ、津波等の自然現象に伴う外部溢水であれ、その原因事象の性質に関わらず、非常用ディーゼル発電機および非常用高压電源盤等が被水する事態が生じた場合には、全交流電源喪失を引き起こす現実的な危険性があるといわなければならない。

3 非常用電源設備等の被水による全交流電源喪失も想定されていること

非常用電源設備等の被水から全交流電源喪失に至る現実的な危険性があることは、そもそも、原子炉の設計において、当然のこととして想定されているところである。この点については、いわゆる溢水勉強会における知見について、被告東京電力自体が次の通り弁明していることからしても明らかである。

すなわち、被告東京電力は、いわゆる溢水勉強会の示す知見について、「建屋敷地が浸水すると、電源設備などが水没し機能を喪失するという結果が得られています。」「ただし、この結果は保安院から指摘されて気付くような知見ではなく、設計上想定していない場所に浸水を仮定すれば、当然の結果として機能を失うものと認識しておりました。」(甲B35号証・1枚目)としている。

つまり、そもそも設計上、建屋敷地への浸水は想定されておらず、逆に、建屋敷地への浸水があれば、当然の結果として「建屋開口部から水が浸入し、電源設備などが水没し機能を喪失する」のであり、しかも、これは保安院から指摘されて気付くような知見ではなく、以前から当然のこととして、非常用電源設備等の被水による全交流電源喪失の可能性も認識していたことを明確に示すものである。

4 溢水による非常用電源設備の機能喪失

非常用電源設備等が設置されている建屋内における被水をもたらす得る溢水事象については、いわゆる内部溢水と外部溢水があり、2006(平成18)年に、被告東京電力および被告国らも参加して行われた「溢水勉強会」においても、この2つの態様の溢水がいずれも検討の対象とされていた。

(1) 内部溢水とは

いわゆる内部溢水とは、原子炉施設に多く設置されている冷却材(海水)等を通ず配管が破断して、そこから水が噴き出して、重要機器を浸水するというものである。これについては、1990(平成2)年改訂の安全設計審査指針も「指針4.

内部発生飛来物に対する設計上の考慮」について、その「解説」の中で、「『内部発生飛来物』とは、内部発生エネルギーの高い流体を内蔵する弁及び配管の破断、高速回転機器の破損、ガス爆発、重量機器の落下等によって発生する飛来物をいう。なお、二次的飛来物、火災、溢水、化学反応、電氣的損傷、配管の破損、機器の故障等の二次的影響も考慮するものとする」(傍点は引用者。以下、特に断らない場合は同じ。)とされているところであり、原子炉施設の安全性の確保の観点からしても、当然に想定すべき浸水である。

(2) 外部溢水による機能喪失(敷地上、および地下トレンチからの浸水)

ア 外部溢水とは

いわゆる外部溢水とは、津波、洪水等の原子炉施設の外部において発生する自然現象起源の溢水をいう。1990(平成2)年改訂の安全設計審査指針は、「指針2. 自然現象に対する設計上の考慮」において、考慮すべき自然現象として、「洪水、津波」等を挙げている。

なお、いわゆる外部溢水については、非常用電源設備等の重要機器が設置されている建屋内への溢水の経路としては、建屋敷地の敷地上を經由する浸水の他に、地下に設置されたトレンチやダクトを經由しての浸水もあることに留意すべきである。

イ 地下トレンチを通じた浸水の例

東北電力女川原子力発電所においても、東北地方太平洋沖地震による津波が襲来したが、観測された最大津波はO. P. +約13メートルであり、これに対して建屋の敷地高さは、O. P. +約13.8メートルであったことから、かろうじて主要建屋敷地への浸水は免れた。しかし、それにもかかわらず、同原子力発電所2号機においては、「地震に伴う津波の影響により、海水ポンプ室の取水路側から流入した海水が地下トレンチを通じて原子炉建屋内の一部に浸水し、原子炉補機冷却水系(B)系および高圧炉心スプレー補機冷却水系の2系統が機能喪失となった」(甲B184号証1頁および同号証別添-6)。

また、福島第一原子力発電所においても、本件津波による浸水は、主要な建屋の地上の開口部に限られるものではなく、「敷地の地下に埋設されたトレンチやダクトに接続する開口の一部が建屋内への浸水経路になったと考えられ」とされている(甲B185号証の1・6-3頁～6-4頁)。

同じく、福島第二原子力発電所においても、本件津波による浸水は、主要な建屋の地上の開口部に限られるものではなく、「敷地の地下に埋設されたトレンチやダクトに接続する開口の一部が建屋内への浸水経路になったと考えられ」とされている(同前6-4頁)。

以上から、津波等の外部事象による建屋への浸水については、主要建屋敷地を超える津波の遡上によってもたらされるもののほかに、建屋敷地の地下に埋設された海面とつながっているトレンチを経由しての浸水も十分あり得るところであり、しかも、女川原子力発電所の例をみれば明らかなおお、そうした態様の浸水によっても、建屋内の重要な機器が浸水によって機能喪失する可能性・危険性あったということである。

5 敷地高を超える津波による全交流電源喪失の現実的危険性の認識

以上述べたとおり、臨海部に立地する原子力発電所においては、建屋等重要施設のある敷地高さをを超える津波が到来すれば、全交流電源喪失に至る現実的危険性がある。そして、被告東京電力及び被告国は、この敷地高を超える津波による全交流電源喪失の現実的危険性を明確に認識していた。

以下、被告国および被告東京電力が、この現実的な危険性について明確に認識していたことについて、資料に基づいて詳述する。

(1) 「対応について」(乙B70号証)

被告国より提出された「対応について」によれば、既に1997(平成9)年当時、被告東京電力を含む電力各社、及び被告国が、建屋等重要施設のある敷地高さ

を超える津波が襲来すれば、全交流電源喪失の現実的危険性があることを明確に認識していたことが示されている。

「対応について」では、数値解析の2倍値で見た場合の「検討結果」が示されている（乙B70号証・7頁「7省庁津波評価に係わる検討結果（数値解析結果等の2倍値）について」ところ、柏崎・刈羽原子力発電所では、敷地高さO.P.+5メートルを上回るO.P.+7.7メートルの高さとなり、「熱交建屋（引用注・熱交換建屋の略）が水没するため、建屋内への海水漏洩により非常機器が水没する可能性がある」とされ、まさに敷地高さをを超える津波によって非常用電源設備等の機能喪失が起こりうるとされている。また、浜岡原子力発電所においては、建屋設置面及び敷地前面砂丘の高さをを超える津波の高さとなり、「R/B（引用注・原子炉建屋）、Hx/B（引用注・熱交換建屋）に海水漏洩が考えられ、電源盤等の機能喪失が考えられる」とされており、建屋敷地への津波の浸水による全交流電源喪失の危険が具体的に指摘されている。この報告は、電源盤等が設置されている建屋への浸水により全交流電源喪失の危険が指摘されているものであり、まさに、本件原子力発電所事故の発生の危険性についての警告ともいうべき内容である。

被告東京電力が設置する福島第二原子力発電所については、「熱交建屋」の設置面であるO.P.+4メートルを超えるO.P.+9.7メートルの津波高さが指摘され、「熱交建屋が水没するが、海水の漏洩による機器への影響が少ないため、問題なし」とされるも、これは、海水の漏洩の程度によって重要機器に機能喪失がありうることとを示すものである。

そのほかの複数の発電所については、津波の高さが「敷地高さよりも低いため問題なし」とされているが、この検討結果は、言い換えれば「敷地高さをを超える津波」の存在が危険性の分水嶺となっていたことを示している。

そして、津波の高さが敷地高さをを超える場合の対応策については、「上げ対応案-2」が示されているが、この場合の対応案としては、重大事故の回避のためには、「建屋駆体の変更」が必要であるとされている（乙B70号証・8頁）。すなわち、

敷地高さを超える津波に対しては、主要建屋の駆体の変更まで必要であるとされているのである（なお、電気事業連合会は、こうした必要な対応策について、「現状建屋の駆体変更は難しい」として無責任にも対応を放棄している・同頁）。

（２）２００６年の溢水勉強会によって示された知見

２００６（平成１８）年に、被告国及び被告東京電力も参加して、いわゆる溢水勉強会が連続的に開催された。

被告東京電力及び被告国は、同勉強会の示す知見に基づき、遅くとも２００６（平成１８）年には、原子炉敷地高を超える津波が襲来した場合に、建屋内に海水が流入し非常用電源設備が被水することによって機能喪失し、その結果として全交流電源喪失に至る現実的危険性があることを明確に認識していた。

すなわち、溢水勉強会における調査・研究結果によれば、敷地高さを１メートル超過する津波が継続することによって、福島第一発電所５号機においても「T/B（引用注・タービン建屋）の各エリアに浸水し、電源設備の機能を喪失する可能性があることが判明した。」とされ、「浸水による電源の喪失に伴い、原子炉の安全停止に関わる電動機、弁等の動的機能を喪失する。」とされている（甲B11号証の1）。

また、浜岡発電所４号機においては、敷地高さ＋１メートルの浸水により「浸水により安全上重要な機器へ影響を与える可能性がある。」とされており（乙B25号証の1）、大飯発電所３号機においても、敷地高さ＋１メートルの津波により「原子炉建屋および制御建屋に流入する可能性がある。」とされている（乙B25号証の2）。さらに、泊発電所１・２号機においては、敷地高さ＋１メートルの津波水位を前提とすると、「原子炉補助建屋および原子炉建屋の管理区域が被水範囲」となり、その結果「浸水による電源の喪失に伴い、原子炉の安全停止に関わる電動機、弁等の動的機器が機能を喪失する」とされている。女川発電所２号機においても同様に、敷地高さ＋１メートルの津波水位を前提とすると、建屋への浸水によりECCS（非常用炉心冷却装置）、D/G（非常用ディーゼル発電機）及びRCIC（原子炉隔離

時冷却系) がそれぞれ機能喪失するとされている(乙B28号証の2・2枚目表2参照)。

このように、いずれの原子炉においても、敷地高さ+1メートルの津波によって電源の喪失を来し、緊急時に炉心を冷却する機能を失う危険が高いことが報告されているところである。

(3) 浸水による全交流電源喪失は当然の結果という被告東京電力による自認

被告東京電力は、本件事故後の2012(平成24)年5月16日に、一部の新聞報道に対して、「平成18年に保安院から津波による全電源喪失のリスクを伝えられ、必要な対策をとらなかったという事実はありません」(甲B35号証)という報道発表を公表し、その中で、上記溢水勉強会によって示された、敷地高さを超える津波の危険性について述べている。

すなわち、

「万一非常用海水ポンプが津波で冠水し機能を失ったと仮定しても、福島第一原子力発電所には空冷の非常用ディーゼル発電機が設置されているため、建屋敷地レベルに津波が到達しなければ全電源喪失には至らないと考えていました。」とある。これは、換言すれば、建屋敷地レベルを超える津波があれば、全交流電源喪失に至ることを示すものである。

さらに、溢水勉強会の示す知見についても、

「建屋敷地が浸水すると、建屋開口部から水が浸入し、電源設備などが水没し機能を喪失するという結果が得られています。」「ただし、この結果は保安院から指摘されて気付くような知見ではなく、設計上想定していない場所に浸水を仮定すれば、当然の結果として機能を失うものと認識しておりました。」(いずれも甲B35号証・1枚目)としている。

つまり、そもそも設計上、建屋敷地への浸水は想定されていないのであり、逆に言えば、建屋敷地への浸水があれば、当然の結果として「建屋開口部から水が浸入し、電源設備などが水没し機能を喪失する」のである。しかも、これは保安院から

指摘されて気付くような知見ではなく、被告東京電力としても、以前から当然のこととして認識していたことなのである。

(4) 被告東京電力の事故調査報告書による自認

この点は、被告東京電力の事故調査報告書によっても明確に示されている。

すなわち、

「建屋の周りが水に覆われてしまえば、非常用D/Gが設置されている建屋の種類や設置場所に関係なく、ルーバ等の浸水ルートとなり得る開口部と浸水深さの高さ関係で非常用D/G自体の浸水につながるものと考えられる。」とされている。

また、2008（平成20）年8月の経済産業省所管の独立行政法人原子力安全基盤機構の報告書（「地震にかかる確率的安全評価手法の改良 BWRの事故シナシの試解析」）においても、「プラントに津波が到達するほどの高い津波の場合、安全上重要な施設に被害を生じ炉心損傷に至ることが報告されている。」とされている（丙B41号証の1の31頁）。

(5) 小括

以上みたように、原子炉施設が設置された敷地高を超える高さの津波が到来した場合には、原子炉施設建屋への浸水、さらには地下に設置されている非常用電源設備の被水によって全交流電源喪失がもたらされる現実的な危険性があるものであり、かつ、被告国及び被告東京電力は、1997（平成9）年、遅くとも2006（平成18）年には、こうした危険性を認識していたといえる。

第3 敷地高さをを超える津波が予見できれば結果回避措置を取るべきこと

1 津波の一般的性質

(1) 問題の所在

本件原子力発電所事故は、本件地震によって発生した津波が、福島第一原子力発電所の主要設備が設置されている敷地の高さ（1号機から4号機については、O.P.+10メートル）を超えその敷地に遡上し、各号機のタービン建屋等に浸水し、

建屋の地下に設置されていた非常用電源設備等が被水して冷却機能を喪失したことによってもたらされたものである（ただし、1号機については、津波の到来に先立ち、地震動によって配管破断が生じていた可能性が指摘されている。）。

こうしたことから、本件原子力発電所事故の発生について予見可能性の有無の判断に際しては、本件原子力発電所事故以前に、福島第一原子力発電所にどのような高さの津波が到来することが予見可能であったのか、及び現実には福島第一原子力発電所に到来した津波の高さがどの程度のものであったのかが、検討される必要がある。

そして、この検討に際しては、いわゆる「津波の高さ」自体と、それが陸地に上がってからの挙動によってもたらされるところの「浸水高」又は「遡上高」の概念は明確に区別すべきである（なお、この用語の使用について、被告東京電力準備書面(10)・7頁で指摘もあることから、誤解のないよう原告らの主張を明確にする）。

この区別は、基礎的なことであるが、同時に、極めて重要なことである。

(2) 津波の発生及び伝わり方と陸地への「流入」

まず、前提として、津波の発生及びその伝わり方についての基礎的な事項を整理する。

地震が発生すると地震の震源域では、断層面を境にして地盤がずれる。地震が海域で発生した場合には、断層面を境にして海底地盤が急激に隆起又は沈降する。この海底地盤の変動は、大きな地震でも20から30秒ほどしかかからないことから、その上にある海水も横方向に逃げることができず、海底地盤の上下変動がそのまま海水面の上下変動として現れる。

この海水の上下変動が、地球の引力によって元に戻ろうとして振動するのが原因となり、周りに波として広がるのが津波である。

原因となる断層が大きいことから、海底で上下変動した場所の幅は少なくとも数十キロメートル程度になる。これに対して、海の水深は数キロメートルよりも浅い。比喩的にいえば、水深3メートルの池で幅が数十メートルの盛り上がりに対応する。

津波が陸地に到達した場合には、この波長の長い波（海水の広域の盛り上がり）が、堤防等を超えて陸地に流れ込むこととなる。このように、津波は「波」と表現されるが、数キロメートル以上の波長にわたり盛り上がった海水面から、低位にある陸地に向けての海水の「流れ」に近い。この点、風によって海水面によって波立ちがもたらされる通常の波浪とは全く性質が異なる。

なお、「津波の高さ」は、水深の影響も受ける。海岸に近付き水深が浅くなると津波の盛り上がりの先端部の速度が遅くなる。一方、後ろの部分は、沖合にあることから減速せずに、先行する波に乗りあげ、津波の高さが増すこととなる。この関係は、「津波の高さは、水深の4乗根に反比例する」と表現され、水深4000メートルで1メートルの高さの津波は、海岸に近付き水深40メートルの場所に到達すると、その津波の高さは3メートル強となる（甲B186号証・第2章、特に52～53頁）。

（3）海底のすべり量が「津波の高さ」を規定すること

このように、津波は、海底の隆起又は沈降により、その海域の海水が持ち上げられたり沈み込んだりすることによって発生するため、「津波の高さ」は海底の隆起・沈降の大きさによって決まる。そして、地震は、岩盤がずれ動くことにより起きるが、このずれ動く量、すなわち「すべり量」が大きいほど、海底の隆起・沈降も大きくなりやすい。そのため、この「すべり量」が大きければ津波の高さも大きくなるという関係に立つ（以上は、一般的な知見であり、本件においても争いのない事実である。被告国の第3準備書面・第3「1 地震・津波に関する一般的な知見」5～9頁、被告東京電力の準備書面（7）・第2の1「(1) 地震発生のメカニズム」9～10頁。甲B186号証・第2章、特に48～50頁）。

2 「津波の高さ」と「浸水高」「遡上高」の相互の関係

(1) 「津波の高さ」と「浸水高」「遡上高」の定義

ア 「津波の高さ」とは

津波自体の大きさは、津波の大きさから求められる津波マグニチュード (M_t) によって求められる。これに対して、沿岸部に立地する原子力発電所に到達した津波のもたらす影響の大きさは、その地点 (海岸部) に到達する「津波の高さ」によって把握されることとなる。

ここに「津波の高さ」とは、「平常潮位 (津波がない場合の潮位。「天文潮位」ともいう。) から、津波によって海面が上昇した高さの差」と定義される。「海面の上昇」とされるように、「津波の高さ」は、海域又は海岸部で測定されるものであり、特に、港湾、及び原子力発電所等の臨海部に立地する重要施設との関係では、海岸部に「検潮所」が設置されており、検潮所においては、波浪による海面の変動の影響を受けない静穏な状態を前提とした津波の高さを測定することが可能である (福島第一原子力発電所においても、港湾内の海岸部に設置されている。甲B185号証の2・図2 (2))。

イ 「浸水高」「遡上高」とは

これに対して、「浸水高」及び「遡上高」は、いずれも津波が陸地に遡上した状況を前提として測定されるものである。

すなわち、「浸水高」とは、津波が陸地に遡上したことによって「建物や設備に残された変色部や漂着物等の痕跡の基準面からの高さ」をいう。この「高さ」を、地表面を基準として測った高さを「浸水高」という。

また「遡上高」とは、同様に、「津波が内陸にかけ上がった結果、斜面や路面上に残された変色部や漂着物等の痕跡の基準面からの高さ」をいう。そして、「遡上高」によって限界が画される「津波によって浸水した範囲」のことを「浸水域」という。

なお、「浸水高」及び「遡上高」の基準となる「基準面」については、福島第一原子力発電所においては、もっとも潮が引いた状態に基づく「小名浜港工事基準面

(O. P.)」が用いられている。これは、日本の地形図において標高の基準とされている「東京湾平均海面 (T. P.)」の下方0.727メートルにあたる。

(2) 一般に浸水高、遡上高が「津波の高さ」を上回ること

以下、「津波の高さ」と浸水高ないし遡上高の関係を検討するが、津波高さが刻々と変動する平常潮位（天文潮位）を基準としているのに対して、浸水高、遡上高はO. P. 等の絶対的な高さを基準としており、その基準が異なる。そこで、以下、「津波の高さ」と浸水高等の関係を論じるに際しては、便宜上、平常潮位がO. P. +0メートルであり、両者の基準が同一であることを前提に論じる。

既に述べたとおり、津波は「波」と表現されるが、数キロメートル以上の波長にわたり盛り上がった海水面から、より低位にある陸地に向けての海水の「流れ」に近いものであり、風によって海水面によって波立ちがもたらされる通常の波浪とは全く性質が異なるものである。

こうした津波の特性からして、「何kmも津波が遡上する低平な平野部でない限り、一般に遡上高は津波の高さとほぼ同じか高い」こととなる（甲B187号証の1・843頁。）。

「津波の高さ」と「浸水高」「遡上高」のこうした関係は、気象庁がこれらの概念をわかり易く表現した模式図によっても容易に理解される場所である（甲B185号証の2・2頁の下部の図参照）。

3 敷地高さを超える津波が予見できれば結果回避措置を取るべきこと

(1) 予見可能性の対象についての被告らの主張

被告国及び被告東京電力は、本件津波が福島第一原子力発電所にもたらした「浸水高」をもって、あたかも、被告らの注意義務（結果回避義務）の前提をなす予見可能性の対象であるかのように主張している。

すなわち、被告国は、被告国の責任を問う前提となる重大事故発生の子見可能性について、「本件においては、実際に福島第一発電所に発生、到来した本件地震及び

これに伴う津波（O.P.+約11.5～約15.5メートル）と同程度の地震及び津波の発生、到来について予見可能性があったといえなければならない」（被告国第5準備書面・20頁）と主張している。

同様に、被告東京電力も、被告東京電力の過失の前提となる重大事故発生に関する「予見可能性の対象としては、浸水範囲や浸水時間等を含めて本件津波（最大津波高：O.P.+15.5メートル）と実質的に同規模の津波を措定することが相当である」（被告東京電力準備書面（7）・42頁）と主張している。

その上で、被告らは、「最大津波高：O.P.+15.5メートル」の到来について予見可能性がなかったことをもって、その責任が否定されると主張している。

（2）津波の予見可能性は建屋敷地高さを超える津波の可能性を対象とすべきこと

しかし、原子炉施設への津波到来の危険性についての予見可能性といっても、これを厳密に検討すると、原子炉施設の立地する「海岸線にどの程度の高さの津波が到達するか」、すなわち建屋敷地への遡上自体がありうるかという「本来の津波規模」についての予見可能性の問題と、「敷地高を超えて遡上した津波が建物や地形に応じてどのように遡上して現実の浸水態様となるか」という「陸上における遡上態様」の問題という、2つの問題がある。

後者の敷地に乗り上げた津波の遡上態様は、微小地形や建物配置などによって複雑な挙動を示すこととなるのであり、そもそも、建屋敷地に遡上した津波の遡上態様を精緻に予測することは不可能である。

そうしたことから、原子炉施設への津波到来の危険性についての検討は、想定される津波が原子炉建屋敷地に遡上することがあるか否かという点を対象としてきた。これまでも、そもそも「建屋敷地への津波の遡上を絶対に起こさない」という観点から津波対策は考えられてきたのであり、津波が建屋敷地高さを超えるか否かが、安全性を確保する決定的な「分岐点」というべきなのである。

被告国と被告東京電力の主張は、この2つの質の異なる問題（「本来の津波規模」と「陸上における遡上態様」）を1つの問題であるかのように混同し、本来、予見可

能性の対象とされるべきではない、O.P.+15.5メートルという特別に高い値を示した地点の「浸水高」「遡上高」についての予見可能性が必要としている点で、誤っている。

以下、被告らの主張が誤りである理由を主張する。

(3) 津波の陸上における遡上態様の不現実性

津波が防波堤などを越えて陸上に進入した場合には、津波は、その地形や構造物の存在などの影響を受けて複雑な挙動を示すこととなり、その結果として、最終的な津波の到達した限界が、浸水高ないし遡上高という関係に立つ。そして、上陸後の津波の挙動は、地形や構造物の存在などの影響を受けて、極めて複雑な挙動を示すこととなることから、遡上の最終的な到達を示す浸水高ないし遡上高を精緻に予想することは、一般には容易ではない。

この点に関して、津波の専門家は「敷地の高さ」を超える津波の「遡上」について、「陸地に達した津波は、洪水の流れのように陸地に流れ込むこととなります。海面の持ち上がりが大きければ大きいほど、流れ込む海水の量と勢いは著しいのです。流れが強いままで斜面などにぶつかると、そこを駆け上がることとなります。その結果、海岸での津波の高さをはるかに超える高さまで登ることがあり、数十メートルの高さまで駆け上がることもよく見られます。」と解説する（甲B186号証・第2章56頁）。

こうした関係は広く知られている常識的な内容であり、「津波は上陸してから、その地形や構造物の存在などによって、異様に高いところまで達する」とされている（甲B188号証・57頁）。

(4) 「津波評価技術」自体も極めて概括的な把握に留まること

被告国及び被告東京電力が、もっぱらその主張の根拠として依拠している「津波評価技術・本編」（甲B6号証の2）においても、津波の陸地上における遡上態様の複雑性を踏まえ、津波の陸上への遡上に関する「陸側境界条件」については、「完全反射条件」、すなわち「汀線を鉛直無限壁と考えて」計算することに留めている

また、特に、「陸上遡上境界条件」により「陸上斜面への遡上を考慮する場合」については、「津波先端部での地形を格子間隔幅の階段状に近似し」て計算することも規定はしているものの（1-48頁）、その地形条件の考慮は、極めて概括的な数値による地形条件の考慮に留まるものである（「津波評価技術・付属編」（甲B6号証の3・2-126頁）。すなわち、津波評価技術が例示する「詳細格子を用いた遡上計算」の実例（甲B6号証の3・2-190頁）においても、対象区域の地形を、地形図を下にして「10m格子」に近似するとしている。すなわち、一辺が10メートルの立方体を積み木ブロックのように積んだ状態を仮定して再現計算をするに留まるものである。このような大雑把な仮定をして計算するものであることから、遡上計算といっても、地形を大まかに考慮し、巨視的にみた遡上の程度を推計することはできたとしても、実際の複雑な地形に応じた遡上の態様を再現することは到底できない。

なお、津波の陸上での遡上を推計する数値シミュレーションに際しては、計算する格子の大きさにつき「陸上への遡上を計算するには、数十m以下に細かくする必要がある。」（甲B189号証・64頁）とされており、いずれにせよ、陸地に進入した津波の浸水高ないし遡上高を精緻に予測することが難しいことが示されている。

まして、建物や構造物などの影響を考慮しての遡上高の再現はより一層困難を伴う。

（5）首藤教授も遡上態様の不確定性を認めていること

「津波評価技術」の作成に関与した首藤伸夫教授は、政府事故調査委員会の聴取に際して、「津波評価の確からしさについて」以下の通り述べている。

すなわち、

津波波高の予測が完全ではないことに関しては、そもそも、

「波は陸地に向かって走ってきて、行き場を失ったところで相当の高さまで駆け上がる。」

「波が壁状の構造物に衝突して跳ね上がる高さは、階段状になっている場所の2段目以降では計算できない。」(引用注、福島第一原子力発電所は海岸線にO. P. + 4メートルの段があり、その先にO. P. + 10メートルの原子炉建屋等の敷地があり、2段の階段状になっている。)

「このような水の跳ね上がりで電機系が故障するようなケースへの対策は重要であり、波高計算がすべてではない。」(甲B182号証の1・5枚目)

また、「遡上高は50m離れただけで2mも異なることがある。建物にぶつかった波は壁に沿って駆け上げるが、建物のないところに来た波はそのまま流れていき、大きな遡上高の差が生じる。到達する波の大勢はわかるが、細部は不明点があることを認識し、防水対策を考えておく必要がある。」(甲B182号証の2・4枚目)と述べ、津波予測の不確実性と、敷地に遡上した津波の運動の予測不能性を訴えている。

(6) 本件津波の遡上態様によってもその複雑性が確認されること

陸上に遡上した津波が、地形や建物などの影響を受けて、極めて複雑な挙動を示すことは、常識的な知見とも言えるところであるが、本件津波の遡上の態様からも十分確認できる。

被告東京電力事故調査報告書(丙B41号証の2・添付資料3-7)によれば、4号機南側の地点8ではO. P. + 15.5メートル程度の浸水高とされているが、そのわずか西側にある地点6では同12~13メートルに留まり、また同じく近接する地点7では同11.5メートルに留まる。これらの結果は、地点8の15.5メートルという浸水高が、建物の存在による津波の流れの重なりあいによって異常に高いものとなっているものであることを示す。

また、地点8から約500メートルの距離にある1号機付近のF地点では浸水高はO. P. + 12メートルとされ、また同じくG地点においては、同10メートルの浸水高しか確認されていない。

こうしたことは、津波の陸上における遡上については、地形や建物の存在によって極めて複雑な挙動を示すものであること、そのため、海岸部に設置されている検潮所で測定されるべき津波の高さを大幅に超えて極めて高い浸水高、遡上高を記録することがありうることを示すものである。

これを逆にいえば、原子炉施設への津波の影響を考える場合には、海岸部に設置されている検潮所で測定される津波の高さによって、敷地高を超えるか否かについて判断して危険性を判断すべきであり、建物位置などの偶然的な事情の影響によって極めて複雑な挙動を示す浸水高を予測して、これに依拠して津波の危険性を判断すべきではないのである。

(7) 小括

以上から、原子炉施設の津波に対する安全性の基準とされるべきであるのは、海岸線を基準として津波が敷地高さを超えて遡上するか否かという点であり、これに対して、津波が陸上に遡上した際の複雑な挙動に依拠する「浸水高」については、本来、精緻な予測評価が困難なものである。

また、原子炉施設が設置された敷地高を超える高さの津波が襲来した場合には、津波の遡上態様の不確定性からして、建屋への浸水、さらには地下に設置されている非常用電源設備等などの重要機器が機能喪失の現実的な危険性があるといえる。そして、被告国及び被告東京電力は、こうした現実的危険性を認識していた。

海岸線において敷地高さを超える高さの津波の到来が予見できるのであれば、被告国及び被告東京電力としては、津波の遡上態様の不確定性をも踏まえて、万が一にも、建屋への浸水、更には建屋内の重要機器の被水等によって非常用電源設備等が機能喪失することがないように必要な対策をなすべきことが当然に求められた。

以上から、予見可能性の対象も、建屋敷地を超える津波が海岸線に到来し、建屋敷地に遡上する可能性があるか否かという点について判断されるべきものである。

これに対して、被告国及び被告東京電力が、結果回避義務を基礎づけるためには、本件地震によってもたらされた浸水高の最高値（O.P.+15.5メートル）を予

見できることが必要であったと主張している点は、予見可能性について、そもそも、複雑な挙動を示す遡上した津波によって作られる「浸水高」の最高値について論じている点で前提を誤っている。また、敷地高を超える高さの津波の到来によって、建屋への浸水、ひいては非常用電源設備等の重要機器の被水についての現実的な危険性があることについて自ら認識していたことからしても、かかる主張は不当というしかない。

第4 福島第一原子力発電所において、敷地高さであるO. P. +10メートルを超える津波の到来は予見できたこと

1 概要

以上、被告国及び被告東京電力は、本件津波によって、最大でO. P. +15.5メートル程度の浸水高が記録されていることをとらえ、あたかもこの浸水高が津波の大きさを示すものであるかのように主張し、O. P. +15.5メートルに達する津波自体の予見可能性が必要であると主張している。しかし、既述のとおり、被告らの主張は、地上に遡上した後の津波の複雑な挙動によって生じた可能性のある浸水高の最高値を引用したものに過ぎないという点で妥当ではない。本件で問題とされるべき敷地高さであるO. P. +10メートルを超える高さの津波は予見可能であった。

以下、具体的に論ずる。

2 本件事故以前における津波水位の想定

(1) 設計の基礎とされた高さを超える津波が想定されていたこと

被告東京電力は、福島第一原子力発電所における津波評価については、1966（昭和41）年の設置許可時のチリ沖地震津波に基づくO.P.+3.122メートル、2002（平成14）年の津波評価技術に基づく想定としてのO.P.+5.7

メートル、その後の2009（平成21）年には、再度推定の見直しを行いO.P.+6.1メートルという津波評価を行っていた¹。

しかし、これに留まらず、福島第一原子力発電所1～4号機の主要建屋敷地の高さO.P.+10メートルを超える程度の津波の到来がありうることは、以下のとおり、想定されていたところである。

（2）2000年の電気事業連合会による試算

1997（平成9）年に、4省庁による「太平洋沿岸部地震津波防災計画手法調査報告書」（甲B115号証の1および2、以下4省庁「報告書」という。）、および7省庁による「地域防災計画における津波対策の手引き」（甲B21号証、以下7省庁「手引き」という。）が策定された（甲B1号証の1・政府事故調中間報告375頁）。

そして、被告国（通商産業省）は遅くとも1997（平成9）年6月には、4省庁「報告書」を踏まえ、仮に今の数値解析の2倍で津波高さを評価した場合、その津波により原子力発電所がどうなるか、さらにその対策として何が考えられるかを提示するよう被告東京電力ら電力会社に要請した（甲B25号証、国会事故調・参考資料1-2-2、44頁、1997（平成9）年6月の電事連合会の添付報告）。

電気事業連合会は、2000（平成12）年2月、当時最新の手法で津波想定を計算し、原子力発電所への影響を調べた。想定に誤差が生じることを考慮して、想定の1.2倍、1.6倍、2倍の水位で非常用機器が影響を受けるかどうか分析し

¹ 津波評価は想定される「津波の高さ」を推計することによって行われるが、「津波の高さ」は「平常潮位から、津波によって海面が上昇した高さの差」をいうものであることから、発電所に襲来する津波の高さは、津波襲来時の「平常潮位」に予測される津波の高さを上乗せすることによって算出される。津波が襲来する際の潮位を予測することはできないことから、実際の計算においては、朔望平均満潮位（朔（新月）および望（満月）の日から前2日後4日以内に観測された、各月の最高満潮面を1年以上にわたって平均した高さの水位）を前提として、これに想定津波によってもたらされる「津波の高さ」を加算して、当該津波による海岸部での津波の高さをO.P.で把握することとなる。そして、これが陸上に遡上した場合に、その数値が、「浸水高」、「遡上高」として算出されることとなる。

ている。そして、福島第一原子力発電所においては、想定の1.2倍（O.P.+5.9～6.2メートル）の場合に海水ポンプモーターが止まり、冷却機能に影響が出ることが分かった（甲B4号証83頁、甲B25号証41頁）。

この推定を基にすると1.6倍、2.0倍の場合の数値を得ることができる、それによれば、被告国も評価を指示した「2倍」を前提とすると、津波高さは9.833～10.333メートルに達し、原子炉建屋敷地を超える可能性が示された（詳細は、原告準備書面（13）5～21頁）。

（3）2002年「長期評価」を踏まえた津波試算

被告東京電力は、遅くとも2008（平成20）年1月から4月ころには、1896年明治三陸地震の断層モデル（波源モデル）を福島県沖日本海溝沿いに置いた試算を実施している（甲B16号証2頁）。

試算の結果、1～6号機の各海水系ポンプ位置での津波水位、5・6号機の各建屋のさらに北側の敷地、および1～4号機の各建屋のさらに南側の敷地それぞれの津波水位は以下に示すとおりである。

2008（平成20）1月～4月頃	1896明治三陸地震を福島県沖海溝沿いに想定、M8.3で。	③	②	③	⑥	⑥	⑥	北側	南側
		8.7	9.3	8.4	8.4	10.2	10.2	13.7	15.7

1～6号機における津波水位は、海に面する海水系ポンプの位置での水位を示すものであることから、直近の海岸線に到達する水位を示すものといえる。また、1～4号機の南側では、敷地高さ10メートルを大幅に超える津波高さとなっている。そして、被告東京電力が国会事故調に提出した資料によれば、被告東京電力は、4号機原子炉建屋周辺は2.6メートルの浸水深で浸水すると予想していたことが明らかである（甲B4号証84頁。なお、この浸水深は、敷地南側に到来する津波の影響を受けることによるものと推定される。）。

この津波水位の推計は、2002（平成14）年のいわゆる「長期評価」の示す知見を基としていること、既に1997（平成9年）年には4省庁報告書によって1896年明治三陸地震の断層モデル（波源モデル）も与えられていたこと、そして、津波の推計方法も4省庁報告書および2002（平成14）年の「津波評価技術」によって与えられていたことからすれば、同様の津波水位の予測は、2002（平成14）年の時点において十分に可能であったといえる（詳細は、原告準備書面（13）31～44頁）。

なお、被告らは、「長期評価」に基づき、本件原子力発電所のあった福島県沖において、1896年に発生した明治三陸沖地震のような津波地震の発生の可能性を考慮した試算をすべきであったとの原告らの主張に対し、当時においては、波源を移動させて試算するという考え方については否定的であった旨主張しているが、被告東京電力自身が、溢水勉強会において、2006（平成18）年5月25日付「確率論的津波ハザード解析による試算について」（甲B132号証・28頁）を提出しているところ、同書面の「表-1」によれば、福島県沖の日本海溝付近に該当する「JTT2」においても、1896年に発生した明治三陸沖地震におけるマグニチュードを想定していたことが明らかとなっている。この時点で、上記明治三陸地震の断層モデル（波源モデル）を用いた本件原子力発電所に到来する津波予測の試算が可能であったことは、上記資料からも明白といえる。

（4）2008年の貞観地震・津波に基づく津波水位の推定

被告東京電力は、2008（平成20）年10月の時点で、佐竹論文（甲B14号証の5）に基づき試算を行い、1号機から4号機で津波水位O.P.+8.7メートルとなること、6号機では津波水位O.P.+9.2メートルとなること等の結果を得ている（甲B16号証）。

そして、この文書の2頁欄外の注3には、「仮に土木学会の断層モデルに採用された場合、不確実性の考慮（パラメータスタディ）のため、2～3割程度、津波水位が大きくなる可能性あり」との記載がある。よって、上記の試算を前提に1.2、

さらには1.3を乗じると、1～4号機においては、津波水位は、10.44～11.31メートルに達するものと推定される。

(5) まとめ

以上、被告東京電力の設計上の想定に反して、福島第一原子力発電所においては、津波高さにおいて、10.333メートル（2000年の電事連推計）、15.7メートル（2002年には可能となり現に2008年には推計された「長期評価」に基づく推計）、11.31メートル（2008年の貞観地震・津波による推計）の規模となる津波の到来が予見されていた。

よって、福島第一原子力発電所において、その建屋の設置された敷地高さであるO. P. +10メートルを超える津波の到来は、当時の科学的知見によって、十分に予見可能であったというべきである。

以上