

## <概要>

2011年（平成23年）3月11日、東北地方太平洋沖を震源とする巨大地震とこれに伴う津波により、東京電力福島第一原子力発電所では電源喪失、海水による冷却機能（最終ヒートシンク）喪失等の重大な事態が発生した。当時運転中の1号機、2号機及び3号機では、原子炉停止後に必要な炉心の冷却（崩壊熱の除去）ができず、炉心溶融を引き起こした。また、この際に炉心内で発生した水素ガスが原子炉建屋に漏出し、1号機と3号機で爆発が発生して原子炉建屋上部を損壊した。また、2号機では原子炉圧力容器と原子炉格納容器の損傷により原子炉建屋外へ大量の放射性物質を放出した。定期検査で停止中の4号機では、3号機の水素ガスが原子炉建屋に流入して爆発が発生し建屋上部を損壊した。この事故により、1号機から3号機まで全体でおよそ900PBq（ヨウ素換算値、東京電力推計値）の放射性物質を大気中に放出した。また、そのフォールアウトによって広範囲の地域が汚染し、汚染レベルの高い発電所周辺地域の住民約15万人が避難した。この事故は、国際原子力事象評価尺度（INES）で、旧ソ連のチェルノブイリ事故と同じレベル7（深刻な事故）と評価された。事故収束のため、外部からの注水による溶融炉心の冷却を安定化させるとともに、原子炉建屋、タービン建屋への地下水流入防止、汚染水の施設外流失防止、放射線量低減等の対策が継続して行われている。

## <更新年月>

2013年10月 （本データは原則として更新対象外とします。）

## <本文>

2011年（平成23年）3月11日14時46分、東北地方太平洋沖を震源とする巨大地震及びこれに伴う津波により、東京電力福島第一原子力発電所（以下、「福島第一原発」という。）の1号機から4号機において全電源喪失、海水による冷却機能（最終ヒートシンク）喪失等の重大な事態が発生した。運転中の1号機、2号機及び3号機は地震により直ちに自動停止し、非常用炉心冷却装置により原子炉冷却等の操作が行われていたが、その後の津波で非常用ディーゼル発電機とバッテリーの多くが使用不能になるとともに、配電盤のほぼ全てが浸水により機能不全となり全電源が失われた。

その結果、原子炉の冷却（崩壊熱の除去）が困難となり、1～3号機では炉心が溶融し、高温の燃料被覆管と水蒸気の反応（ジルコニウム-水反応）で水素ガスが発生した。この水素ガスは放射性物質の一部と共に原子炉圧力容器減圧のための主蒸気逃がし安全弁の作動、炉心溶融物の落下（メルトダウン）による原子炉圧力容器の損傷などによって原子炉格納容器内に漏出した。さらに、原子炉格納容器内の温度、圧力の上昇によって原子炉格納容器の上蓋、ハッチ、配線貫通部等に用いられているシール材の劣化、また、原子炉格納容器の部分的損傷などによって原子炉建屋へ漏出したと推定される。結果として1号機、3号機及び4号機では水素爆発が起こり、原子炉建屋上部を損壊した。

3月11日19時03分、内閣総理大臣は緊急防護措置のための原子力緊急事態宣言を発令し、原子力災害対策本部及び同現地対策本部を設置した。国としても事故の拡大を防ぐべく様々な支援を試みたが、想定をはるかに超える事態の進展に対して有効な対策を取ることはできず、炉心溶融、格納容器損傷、水素爆発による原子炉建屋損壊などによって全ての防護システムが破られた。その結果、大量の放射性物質が外部放出され、福島第一原発の近隣地域だけでなく、関東から東北地方にかけて広範囲が汚染された。

事故発生から約4ヶ月を経た7月に入って、原子炉建屋内に漏出した原子炉冷却材を浄化して炉心の冷却に再利用する循環注水冷却システムの運用を開始した。その後12月には、いずれの原子炉へも安定した注水が行われるようになり、原子炉圧力容器底部と原子炉格納容器内の温度が100℃以下に保たれ、万一何らかのトラブルが生じても放射性物質の敷地外放出量を十分低く抑制できることが確認された。そこで、全ての原子炉は冷温停止状態に達し、炉心溶融事故そのも

のは収束に至ったとして事故収束宣言が内閣総理大臣より出された。しかし、原子炉格納容器の損傷等によって原子炉建屋内、タービン建屋内に漏出した汚染水（原子炉冷却材）の回収と除染処理、施設外への流失防止に加えて、汚染水貯蔵タンクの管理、両建屋内への地下水の流入防止がますます重要な課題になってきており、事故発生後2年半を経過してもこれらの課題への取り組みが継続されている。

大量の放射性物質の大気と海洋への放出を引き起こした福島第一原発事故は、国際原子力事象評価尺度（INES）では旧ソ連のチェルノブイリ事故と同じレベル7（深刻な事故）と評価された。事故の重大性に鑑み、政府、国会、民間、東京電力などにおいてそれぞれ委員会を設置し、精力的な検証作業が実施され、事故調査報告書等が作成された。ただ、未だ未解明の事項や報告書間で判断の一致しない事項が多数あり、**原子力規制委員会**は「事故の分析に係る検討会」を設置し、全容の解明に取り組んでいる。

以下、福島第一原発の概要、事故発生の状況、放射性物質による汚染と住民の避難等について上記事故調査委員会報告書等に基づき現時点までに概ね明確になった事項を中心に纏める。

## 1. 福島第一原発の概要

福島第一原発は、福島県双葉郡大熊町と双葉町に立地し、1号機から6号機まで、いずれも**沸騰水型原子炉**（BWR）の発電設備6基を1971年から1979年にかけて順次運転を開始した。総出力は469.6万kW（2011年3月時点）である。福島第一原発の概要を表1に示す。また、例としてBWRの基本仕様を表2、概略系統を図1、原子炉圧力容器内部の構造を図2、原子炉格納容器の変遷を図3及び安全設備を図4に示す。なお、事故後1号機から4号機を廃炉とすることが決定している。

## 2. 地震、津波による事故発生の状況

以下、事故発生時の状況を時系列に沿って示す（表3-1、表3-2、表3-3参照）。

### 2.1 地震発生前の福島第一原発の運転状況

1号機は定格電気出力一定で運転中、2号機及び3号機は定格熱出力一定で運転中であった。また4号機から6号機は停止中（定期検査中）であった。なお、4号機においては定期検査の実施に併せて炉心シュラウドの交換作業が行われており、炉心の燃料は全て取り出され使用済燃料プールに保管された状況にあった。

### 2.2 地震、津波の発生

・2011年（平成23年）3月11日14時46分東北地方太平洋沖に国内で観測された最大規模（マグニチュード9.0）の地震が発生し、この地震による揺れと大津波が東北地方の太平洋沿岸に甚大な被害を与えた。

・地震はプレート境界型で、震源は岩手県沖から茨城県沖まで、長さ約500km、幅約200kmのきわめて大きな範囲に及んだ。宮城県沖を起点とし、その後岩手県沖から茨城県沖までの複数の領域が連動したため、揺れは長く続いた。地震の概要を表4に示す。

・福島第一原発を襲った地震動は設備の耐震安全性評価の想定（**基準地震動**Ssに対する最大加速度、基準地震動による応答スペクトル）と概ね同程度であった（2、3、5号機の東西方向では規定値を若干上回った）。

### 2.3 地震発生直後の状況

・14時46分、1号機から3号機は地震発生（大熊町、双葉町で**震度6強**）直後に自動的に**スクラム**（原子炉緊急停止）し、その後の外部電源喪失によって主蒸気隔離弁が閉止した。

・1号機の非常用復水器（IC：Isolation Condenser）は原子炉の圧力上昇によりA、Bの2系統とも、14時52分に自動起動したが、11分後、原子炉の冷却が早すぎることを考慮し系統の弁を閉じて手動停止させた。その後A系統を用いて原子炉の冷却状況に応じて起動と停止を繰り返した。

（なお、直流電源が喪失するとフェイルセーフにより全ての弁が閉じ、ICは使用できなくなる。このフェイルセーフ機能は発電所対策本部において十分認識されておらず、停電後もICは機能していると考えられていた。）

2、3号機では、隔離時冷却系（RCIC：Reactor Core Isolation Cooling System タービン駆動）を地震後手動で起動して原子炉水位を維持。

・14時47分、地震動で、東電新福島変電所から福島第一原発にかけて送配電設備が送電線の断線やショートなどにより損傷、全ての送電が停止した。また、東北電力の送電網から受電する66kV東電原子力線が予備送電線として用意されていたが、1号機金属閉鎖配電盤（M/C）に接続するケーブルの不具合のため、同送電線から受電することができず、発電所外部から供給される電源（外部電源）を全て喪失した。

・外部電源が喪失したため、全号機で非常用ディーゼル発電機（DG：Diesel Generator）が自動起動し、原子炉の冷却維持等に必要な電源が供給された。

### 2.4 津波到来による電源喪失等の状況

・第1波は15時27分頃、第2波は15時35分頃に設置許可上の設計津波高さを大幅に超える巨大な津波が福島第一原発に到達、施設内に海水が流入した。発電所の主要建屋の周囲は全域が津波の遡上により冠水した。冠水は1～4号機側のエリアで厳しく、建屋周囲の浸水深さは5.5mにも及んだ。福島第一原発の津波に対する設計において最大潮位は、建設時には1960年のチリ地震津波の潮位を参考にしてO.P.（小名浜ポイント：福島第一、第二原発の基準海面）+3.122mであった

が、その後の見直しによってO.P.+6.1mに引き上げられている。今回の地震による津波の高さは1号機から4号機の主要建屋設置エリアでO.P.+約11.5mからO.P.+約15.5mであった（[図5](#)参照）。また、5号機と6号機エリアの津波高さはO.P.+約14mであった。なお、1号機から4号機の敷地高さはO.P.+約10m、5号機と6号機の敷地高さはO.P.+約13mである。

・冠水により、非常用ディーゼル発電機の大部分、冷却用海水ポンプ、配電系統設備、1号機、2号機、4号機の直流電源などが水没して機能不全となり、6号機の空冷式非常用ディーゼル発電機1台を除く全ての電力供給機能が失われた。すなわち1号機、2号機、4号機の全電源喪失及び3号機、5号機の全交流電源喪失（SBO：Station Blackout）が生じた。3号機は、直流電源のみ辛うじて残ったものの、3月13日未明には放電し全電源喪失となった。交流電源を用いる全ての冷却機能が失われ、1号機～3号機では直流電源喪失によりIC、RCICなどの非常用炉心冷却機能も順次停止した。なお、2号機と4号機には6号機と同様の空冷式非常用ディーゼル発電機が各1台、より高所に設けられており水没は免れたが、接続先の非常用電源盤が水没したことからどちらも機能しなかった。

・原子炉を減圧する主蒸気逃がし安全弁や原子炉格納容器のベント弁（いずれも空気作動弁）の制御用電磁弁が直流電源の喪失により操作ができない状態になった。

・冷却用海水ポンプが浸水により停止し、海水による施設の冷却が不能となった。

・6号機の1台の空冷の非常用ディーゼル発電機が水没を免れ、接続先の非常用電源盤も健全であったこと、また5、6号機間で電力の融通ができるようになっていたことから、5、6号機は安全に係る機器、仮設海水ポンプ等の運転により、原子炉を冷温停止状態にし、かつ使用済燃料プールの冷却を維持することができた。

・さらに津波は、がれきや車両、重機、重油タンク、土砂等を伴って原子力発電所の建屋や機器・設備を破壊した。また、3、4号機超高压開閉所や運用補助共用施設（共用プール建屋）にまで津波が及び、主要建屋エリア全体にわたって大量の海水が流れ込んだ。

・電源喪失によって、中央制御室での計装や監視、制御といった中央制御機能、発電所内の照明、通信手段を一挙に失った。

## 2.5 原子炉冷却不能による水素爆発、大量の放射性物質の放出

・電源喪失によって、適時かつ実効的な原子炉冷却が著しく困難になった。原子炉冷却、すなわち高圧注水や原子炉減圧、低圧注水、原子炉格納容器の冷却と減圧、最終ヒートシンクへの崩壊熱除去といった、事故回避へ向けた各ステップの実行が不可能となった。

・冷却を行うために、臨機の応用動作として消防車を用いた海水による代替注水に努めた。結果として、1号機～3号機では原子炉へ注水ができない事態が一定時間継続した。

・原子炉の冷却が著しく困難となった結果、崩壊熱により燃料棒が高温となって被覆管が損傷し、水蒸気との化学反応により大量の水素ガスの発生と炉心溶融が起きた。水素ガスは原子炉建屋に漏出して爆発、上層階を損壊、環境への大量の放射性物質を放出するという事態に至った（1号機は3月12日15時36分頃、3号機は3月14日11時00分頃、4号機は3号機の水素ガスが流入して3月15日6時10分頃に水素爆発が発生）。また、3月15日6時10分頃に2号機の圧力抑制室付近において大きな衝撃音があり、ほぼ同時刻に圧力抑制室圧力の急低下が見られ、また敷地周辺での放射線量が増加したことから、この頃に2号機の原子炉格納容器が損傷したとみられている。なお、2号機では1号機の爆発の影響から原子炉建屋のブローアウトパネル（4m×6m）が開放状態となり、水素ガスが大気中に放出された事によって爆発を免れたと推定されている。

## 3. 放射性物質による汚染と住民の避難

### 3.1 陸地の汚染

事故直後、ヨウ素換算でチェルノブイリ原発事故の約6分の1に相当するおよそ900PBq（ペタベクレル）（ヨウ素換算値、東京電力推計）の放射性物質が大気中に放出された（なお、放出量のうち3月15日6時頃に圧力抑制室圧力の急低下が見られた2号機からのものが大きく寄与している。）。これにより、福島県内の1800km<sup>2</sup>もの広大な土地が、年間5mSv以上の被ばくをもたらす可能性のある地域になった（国会事故調査報告書）。これらの放射性物質は主に爆発のあった3月12日から15日にかけて大気中に放出され、その後、風に乗って南西や北西の方角へと拡散し、やがて雨によって地上に降下した。

福島県をはじめ関東地域の空間放射線量は、事故直後から数日の間にピークを示した。また、大気中や土壌などからは、事故に由来するヨウ素131、セシウム134、セシウム137などの放射性物質が検出され、その影響は食品や水道水などにも及んだ。

### 3.2 海洋の汚染

福島第一原発から、4月1日～6日と5月11日の2度にわたり高濃度の汚染水が海水中に流出した。放射性物質の総量は、4月の流出時で約4700TBq（テラベクレル）、5月の流出時で約20TBqと推定された（東京電力推計）。また、4月4日～10日には、高濃度の汚染水の流出を防ぐため、比較的low濃度の水を約1万トン、海水中に放出した。この放射性物質の総量は、約0.15TBqと推定されている（東京電力推計）。

### 3.3 住民の避難

事故の発生により、敷地境界の放射線量が毎時0.5mSvを超えるなど状況が深刻化したことから、政府は3月11日21時に周辺住民に対して「半径3km圏内避難・10km圏内屋内待避」を指示し

た。その後、原子炉格納容器圧力の異常上昇、水素爆発の発生など状況の悪化により「半径10km圏内避難」、「半径20km圏内避難」、「20～30km圏内屋内待避」と避難範囲が繰り返し拡大された。この事故による避難住民は最終的に約15万人に達した。

平成23年11月、政府は避難指示区域のうち現時点で放射線の年間線量が50mSvを超え、5年間を経過してもなお年間線量が20mSvを下回らないおそれのある地域を「帰還困難区域」として設定した。同区域は将来にわたって原則居住が制限され、区域の設定は5年間固定される。平成25年10月現在、帰還困難区域は7市町村に及び、区域内の人口は25,000人を超え「避難指示区域」合計の30%に当たる。このうち福島第一原発がある大熊町は10,571人、双葉町は6,237人でいずれも全人口の96%を占めている。

## <関連タイトル>

[沸騰水型原子炉（BWR）（02-01-01-01）](#)  
[原子力発電の基礎（02-01-01-12）](#)  
[原子炉機器（BWR）の原理と構造（02-03-01-02）](#)  
[BWR原子炉容器（02-03-03-01）](#)  
[BWRの工学的安全施設（02-03-04-01）](#)  
[BWRの原子炉格納容器（02-03-04-02）](#)  
[原子力規制委員会（10-04-03-02）](#)  
[原子炉等規制法（平成24年改正前）（10-07-01-04）](#)  
[原子炉等規制法（平成24年改正）の概要（10-07-01-05）](#)

## <参考文献>

(1) 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-（平成23年6月）、

[http://www.kantei.go.jp/jp/topics/2011/iaea\\_houkokusho.html](http://www.kantei.go.jp/jp/topics/2011/iaea_houkokusho.html)

(2) 原子力災害対策本部：国際原子力機関に対する日本国政府の追加報告書-東京電力福島原子力発電所の事故について-（第2報）」（平成23年9月）

(3) 民間事故調：福島原発事故独立検証委員会 調査・検証報告書（2012年3月11日）、（株）ディスカヴァー・トゥエンティワン

(4) 東京電力：MAAPコードによる炉心・格納容器の状態の推定（平成24年3月12日）、

[http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts\\_120312\\_02-j.pdf](http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120312_02-j.pdf)

(5) 政府事故調：東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会報告書・中間報告（平成23年12月26日）、

<http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/icanps/post-1.html>

(6) 東京電力：福島原子力事故調査報告書（平成24年6月20日）、

[http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12\\_j/images/120620j0303.pdf](http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12_j/images/120620j0303.pdf)

(7) 国会事故調：東京電力福島原子力発電所事故調査委員会報告書（平成24年7月5日）、

<http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naiic.go.jp/report/>

(8) 政府事故調：東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会報告書・最終報告（平成24年7月23日）、

本文編：<http://www.kantei.go.jp/jp/topics/2012/pdf/jikocho/honbun.pdf>

資料編：<http://www.kantei.go.jp/jp/topics/2012/pdf/jikocho/siryou.pdf>

(9) 東京電力：福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所における対応状況について（平成24年6月版）資料一覧、

[http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12\\_j/images/120620j0305.pdf](http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12_j/images/120620j0305.pdf)

(10) 国立国会図書館ISSUE BRIEF：福島第一原発事故と4つの事故調査委員会、ISSUE BRIEF NUMBER 756 (2012. 8.23)、

[http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo\\_3526040\\_po\\_0756.pdf?contentNo=1](http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_3526040_po_0756.pdf?contentNo=1)

<http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/backdrop/20110911.html>

(11) 電気事業連合会：原子力・エネルギー図面集、

(12) 阿部 清二、関村 直、松井 人、村松 健：原子力安全部会「福島第一事故に関するセミナー」報告書から、日本原子力学会誌 ATOMOS Vol.55（2013.9）

(13) 内閣府原子力被災者生活支援チーム：帰還困難区域について（平成25年10月1日）、

[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/kaihatu/016/shiryo/\\_icsFiles/afieldfile/2013/10/02/1340046\\_4\\_](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/kaihatu/016/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2013/10/02/1340046_4_)

(14) 淵上正朗、笠原直人、畑村洋太郎：福島原発で何が起きたか-政府事故調技術解説2012年12月25日）、日刊工業新聞社

(15) 気象庁：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震、



## 表1 福島第一原発の概要

ユニット	原子炉形式	営業運転開始	原子炉		電気出力 (万kW)	格納容器型式*	主契約者		
			熱出力 (万kW)	燃料集合体 (本)			原子炉	タービン 発電機	付属設備
1号機	沸騰水型軽水炉 (BWR-3)	1971年3月	138	400	46.0	MARK-I	GE		
2号機	沸騰水型軽水炉 (BWR-4)	1974年7月	238.1	548	78.4		GE	GE	東芝
3号機		1976年3月					東芝		
4号機		1978年10月					日立		
5号機		1978年4月					東芝		
6号機	沸騰水型軽水炉 (BWR-5)	1979年10月	329.3	764	110	MARK-II	GE	GE	東芝

\* : ATOMICA「原子力発電技術の開発経緯(BWR) (02-03-01-01)」 参照

GE: General Electric社

**下記の出所をもとに作成した。**

**【出所】 国会事故調: 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会報告書(平成24年7月5日)表1.1.1-1 福島第一原発1~6号機の主として 設置に関わる要目、[http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naic.go.jp/pdf/naic\\_honpen\\_honbunALL.pdf](http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naic.go.jp/pdf/naic_honpen_honbunALL.pdf)**

## 表2 BWRの基本仕様

主要項目		500MWe級	800MWe級	1100MWe級	1356MWe級 (ABWR)
原子炉熱出力		1,356MW	2,381MW	3,293MW	3,926MW
原子炉圧力		70.3kg/cm <sup>2</sup> g	70.7kg/cm <sup>2</sup> g	70.7kg/cm <sup>2</sup> g	72.1kg/cm <sup>2</sup> g
蒸気流量		2,480t/h	4,440t/h	6,410t/h	7,640t/h
給水温度		178℃	197℃	216℃	216℃
燃料集合体数		400	548	764	872
燃料棒配列		8×8, 9×9	8×8, 9×9	8×8, 9×9	8×8, 9×9
制御棒本数		97	137	185	205
炉心寸法		3.4mφ×3.7m	4.0mφ×3.7m	4.8mφ×3.7m	5.2mφ×3.7m
炉心出力密度		40.6kW/l	50.4kW/l	50.0kW/l	50.6kW/l
炉心冷却材流量		21,800t/h	33,300t/h	48,300t/h	52,200t/h
原子炉 容器	内径 高さ	4.7m 21m	5.6m 22m	6.4m 23m	7.1m 21m
原子炉 再循環系	ポンプ 台数	外部再循環ポンプ 2台 ジェットポンプ 20台	外部再循環ポンプ 2台 ジェットポンプ 20台	外部再循環ポンプ 2台 ジェットポンプ 20台	インターナルポンプ 10台
適用タービン 形式	50Hz用 60Hz用	TC4F-35 TC4F-38	TC6F-35 TC6F-38	TC6F-41 TC6F-43	TC6F-52 TC6F-52

(注) 500MW級は福島第一 1号機、800MW級は福島第一 5号機を例としている。

[出典] (社)火力原子力発電技術協会:原子力発電所—全体計画と設備—(改訂版)、平成14年6月、p14

表3-1 福島第一原発事故発生時の主要時系列(1号機から4号機 暫定)(1/3)

月日	1号機	2号機	3号機	4号機
事故前	定格出力運転中			定期検査中(炉心シュラウド交換作業)
3月11日	14:46 地震発生			
	14:46 原子炉スクラム(地震加速度大)			
	14:47 制御棒全挿入、タービントリップ			
	14:47 外部電源喪失、E/G <sup>(※)</sup> 自動起動			
	14:47 主蒸気隔離弁閉			
	14:50 炉心冷却開始(RCIC <sup>(※)</sup> 手動起動)			
	14:51 RCIC炉水位高トリップ			
	14:52 炉心冷却開始(IC <sup>(※)</sup> 自動起動)			14:52 以後SRV <sup>(※)</sup> 自動開閉繰り返し
	15:02 RCIC手動起動			
	15:03頃 IC手動停止 以降、15時30分頃まで繰り返し作動させ 原子炉圧力を制御			
				15:05 炉心冷却開始(RCIC手動起動)
				15:25 RCIC炉水位高トリップ
	15:28 RCIC炉水位高トリップ			
	15:27頃に第1波の津波、15:35頃に第2波の津波(最大津波)が襲来			
	15:37 E/Gトリップ、全交流電源喪失	15:41 E/Gトリップ、全交流電源喪失	15:38 E/Gトリップ、全交流電源喪失	15:38 E/Gトリップ、全交流電源喪失
	15:42 原災法10条通報事象(全交流電源喪失:SBO)が発生したと事業者が判断			SBOにより使用済燃料プール冷却機能喪失
	直流電源喪失、IC機能喪失(推定) SBOにより格納容器除熱機能喪失	直流電源喪失 SBOにより格納容器除熱機能喪失	SBOにより格納容器除熱機能喪失	直流電源喪失
			16:03 RCIC手動起動	
16:36 原災法15条事象(非常用炉心冷却装置による炉心への注水不能)に 該当する事象が発生したと事業者が判断				
18:10頃 炉心露出開始(東電推定)				
18:50頃 炉心損傷開始(東電推定)				
		20:30 RCIC停止中	20:30 RCIC動作中	
23:00 タービン建屋内で放射線量が上昇				

注) 炉心漏出開始、炉心損傷開始時刻はいずれも東京電力のMAAP解析による ([http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts\\_120312\\_02-j.pdf](http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120312_02-j.pdf))

※ E/G: 非常用ディーゼル発電機 IC: 非常用復水器 RCIC: 原子炉隔離時冷却系 SRV: 逃がし安全弁 D/W: ドライウエル CST: 復水貯蔵タンク  
S/C: 圧力抑制室 HPCI: 高圧注水系

下記の出所をもとに作成した

【出所】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—  
IV. 福島原子力発電所等の事故の発生・進展(平成23年6月)、p.IV-45、p.IV-58、p.IV-71、p.IV-79、  
<http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/backdrop/pdf/04-accident.pdf>

東京電力: 福島原子力事故調査報告書(平成24年6月20日)、p.121、p.158、p.180、p.205、  
[http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12\\_j/images/120620j0303.pdf](http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12_j/images/120620j0303.pdf)

表3-2 福島第一原発事故発生時の主要時系列(1号機から4号機 暫定)(2/3)

月日	1号機	2号機	3号機	4号機
3月12日	00:49 D/W <sup>(※)</sup> 圧力(最高使用圧力427kPaG)が600kPaを超えている可能性あり。原災法15条事象(格納容器圧力の異常上昇)に該当する事象が発生したと事業者が判断			
	02:45 D/W圧力 840kPa			
		02:55 RCIC起動状態を確認		
	04:00頃 消防車による淡水注入開始			
		04:20 RCICの水源をCST <sup>(※)</sup> からS/C <sup>(※)</sup> に切替え		
	05:14 構内における放射線量の上昇及びD/W圧力の低下傾向により、放射性物質が漏えいしていると事業者が判断			
			11:36 RCICトリップ	
			12:35 HPCI <sup>(※)</sup> 自動起動	
	14:30 ベント操作による格納容器圧力低下を確認			
15:36頃 原子炉建屋水素爆発	15:36頃 原子炉建屋ブローアウトパネルが1号機の水素爆発により開放			
19:04 消防車による海水注入開始				
3月13日			02:42 直流電源消耗、HPCI手動停止	
		03:00 D/W圧力上昇(315kPa)		
			05:10 HPCI、RCICとも起動できず、原災法15条事象(原子炉冷却機能喪失)に該当する事象が発生したと事業者が判断	
			08:41 ベント操作	
			09:08頃 SRVによる原子炉減圧開始	
			09:10頃 炉心露出開始(東電推定)	
			09:20頃 格納容器圧力の低下傾向確認	
			09:25 消防車による淡水注入開始	
		10:40頃 炉心損傷開始(東電推定)		
		13:12 消防車による海水注入開始		

注) 炉心漏出開始、炉心損傷開始時刻はいずれも東京電力のMAAP解析による ([http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts\\_120312\\_02-j.pdf](http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120312_02-j.pdf))

※ E/G: 非常用ディーゼル発電機 IC: 非常用復水器 RCIC: 原子炉隔離時冷却系 SRV: 逃がし安全弁 D/W: ドライウエル CST: 復水貯蔵タンク  
S/C: 圧力抑制室 HPCI: 高圧注水系

下記の出所をもとに作成した

【出所】 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—  
IV. 福島原子力発電所等の事故の発生・進展(平成23年6月)、p.IV-45、p.IV-58、p.IV-71、p.IV-79、  
<http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/backdrop/pdf/04-accident.pdf>

東京電力: 福島原子力事故調査報告書(平成24年6月20日)、p.121、p.158、p.180、p.205、  
[http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12\\_j/images/120620j0303.pdf](http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12_j/images/120620j0303.pdf)

表3-3 福島第一原発事故発生時の主要時系列(1号機から4号機 暫定)(3/3)

月日	1号機	2号機	3号機	4号機
3月14日				04:08 使用済燃料プール温度 84℃
			09:05 D/W圧力490kPa	
			11:00頃 原子炉建屋水素爆発	
		12:00 S/C温度147℃、S/C圧力485kPa		
		13:25 RCIC停止(推定) 原災法15条事象(原子炉冷却機能の喪失)に該当する事象が発生した(炉水位の低下はRCICの機能喪失による)と事業者が判断		
			15:30頃 消防車による注水再開	
		17:00頃 炉心露出開始(東電推定)		
		18:02 SRVによる原子炉減圧操作開始		
		19:20頃 炉心損傷開始(東電推定)		
		19:54 消防車による海水注入開始		
3月15日		22:50 D/W圧力が最高使用圧力を超える(540kPa)。原災法15条事象(格納容器圧力の異常上昇)に該当する事象が発生したと事業者が判断		
		00:02 D/Wベント弁の開操作		
		03:00 D/W圧力 750kPa D/Wが最高使用圧力を超える		
		06:00～06:10頃 S/C付近で大きな衝撃音を確認。S/C圧力がダウンスケール		06:00～06:10頃 原子炉建屋にて大きな衝撃音が発生(水素爆発)
				08:11 原災法15条事象(火災、爆発等による放射性物質異常放出)に該当する事象が発生したと事業者が判断
		08:25 原子炉建屋5階付近より湯気らしきものを確認		

注) 炉心漏出開始、炉心損傷開始時刻はいずれも東京電力のMAAP解析による ([http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts\\_120312\\_02-j.pdf](http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120312_02-j.pdf))

※ E/G: 非常用ディーゼル発電機 IC: 非常用復水器 RCIC: 原子炉隔離時冷却系 SRV: 逃がし安全弁 D/W: ドライウエル CST: 復水貯蔵タンク  
S/C: 圧力抑制室 HPCI: 高圧注水系

下記の出所をもとに作成した

【出所】 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—  
IV. 福島原子力発電所等の事故の発生・進展(平成23年6月)、p.IV-45、p.IV-58、p.IV-71、p.IV-79、  
<http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/backdrop/pdf/04-accident.pdf>

東京電力: 福島原子力事故調査報告書(平成24年6月20日)、p.121、p.158、p.180、p.205、  
[http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12\\_j/images/120620j0303.pdf](http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12_j/images/120620j0303.pdf)

## 表4 東北地方太平洋沖地震の概要

地震発生時刻	平成23年(2011年)3月11日(金) 14時46分	
発生場所(震源位置)	三陸沖 (北緯38度06.2分、東経142度51.6分) 震源の深さ24km	
規模(マグニチュード)	9.0 (モーメントマグニチュード)	
各地の震度	震度7	宮城県栗原市など
	震度6強	茨城県日立市、福島県楡葉町・富岡町・大熊町・双葉町、宮城県名取市など
	震度6弱	岩手県大船渡市、宮城県石巻市・女川町、茨城県東海村など
	震度5強	岩手県宮古市、福島県福島市、宮城県仙台市太白区など
	震度5弱	岩手県久慈市、新潟県刈羽村など
	震度4	青森県六ヶ所村・東通村、新潟県柏崎市、福島県只見町など

下記の出所をもとに作成した。

【出所】 気象庁:平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震、  
[http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011\\_03\\_11\\_tohoku/](http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011_03_11_tohoku/)、  
[http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011\\_03\\_11\\_tohoku/0311\\_shindo.pdf](http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2011_03_11_tohoku/0311_shindo.pdf)

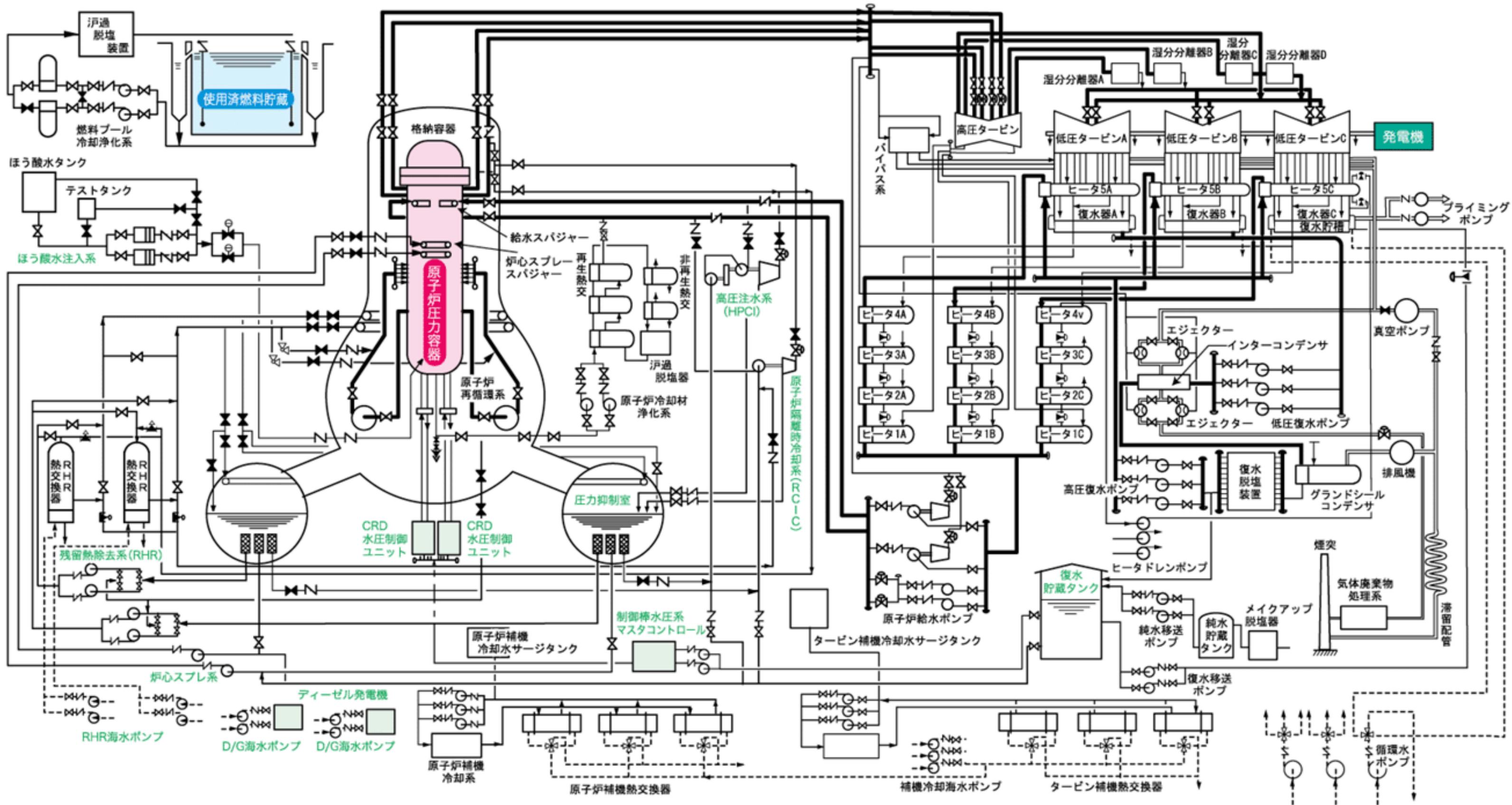


図1 BWR(格納容器型式:MARK-1)の概略系統図

[出典]「流体工学」誌 1973年10月号

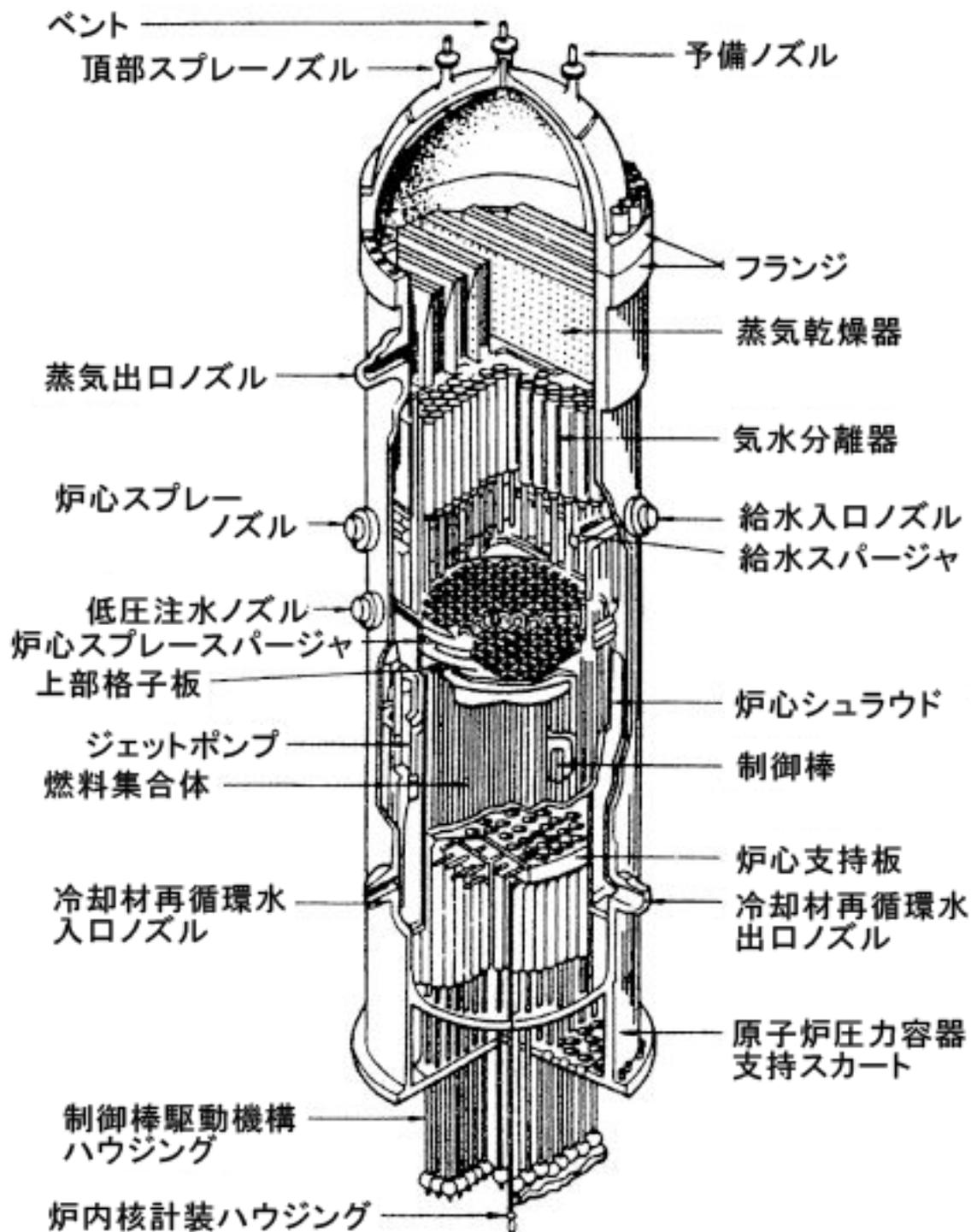
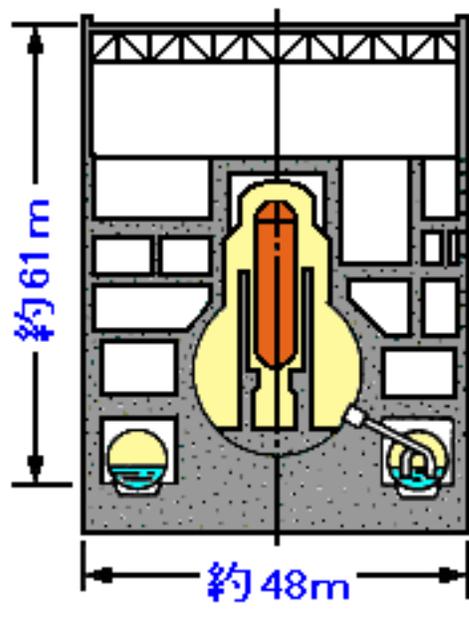


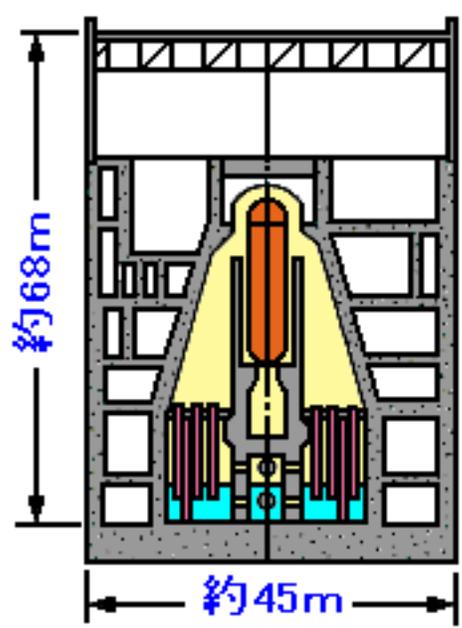
図2 BWR原子炉压力容器内部の構造

[出典]原子力安全研究協会(編):軽水炉発電所のあらまし  
(改訂第3版)、原子力安全研究協会(平成20年10月)p.32



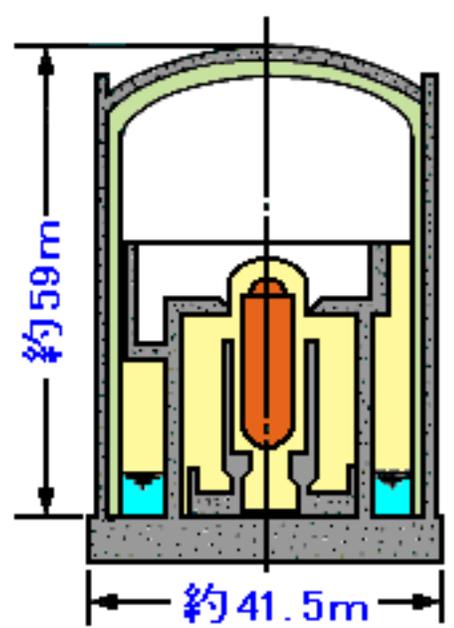
MARK-I

敦賀1、福島第一1、  
島根1、女川、浜岡1  
認可出力 <50万kW  
福島第一2、3、4、5、  
浜岡2  
認可出力 80万kW級

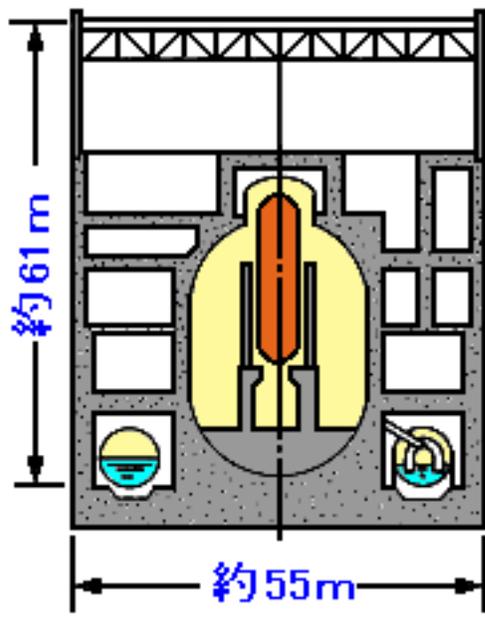


MARK-II

福島第一6、福島第二1、  
東海2、柏崎刈羽1  
認可出力 110万kW級

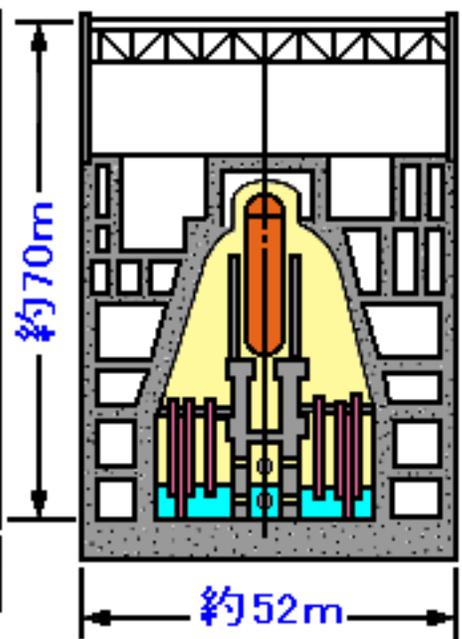


MARK-III



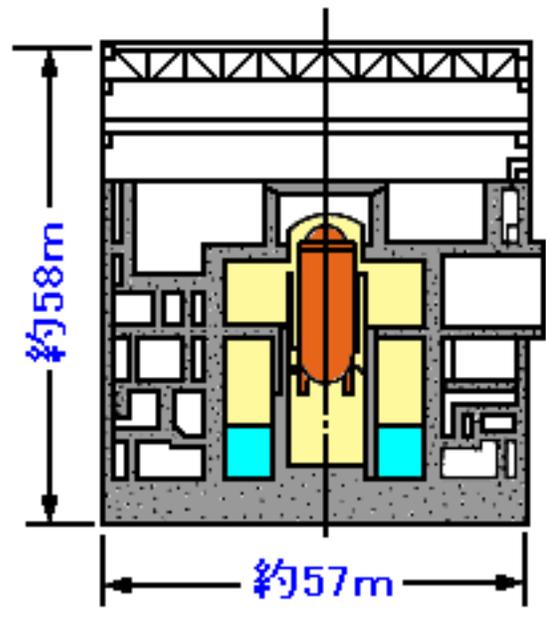
MARK-I 改良型

浜岡3  
島根2  
認可出力 110万kW級



MARK-II 改良型

福島第二2、3、4  
柏崎刈羽2、5、3、4  
認可出力 110万kW級



ABWR

柏崎刈羽6号、7号  
認可出力 135万kW級

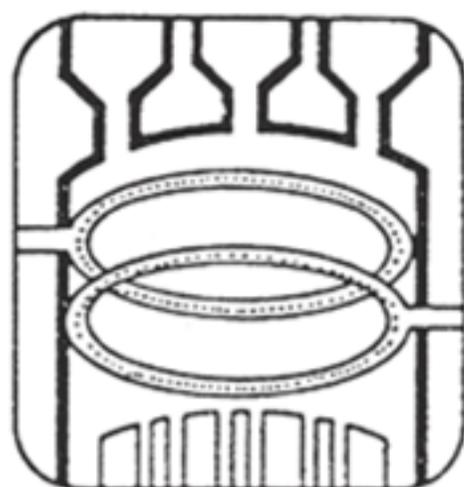
(注)寸法はABWR(135万kW)を除き110万kWの例を示す。

### 図3 BWR原子炉格納容器の変遷

[出典]原子力安全研究協会(編):軽水炉発電所のあらし(改訂版)、  
(1992年10月)、p.348

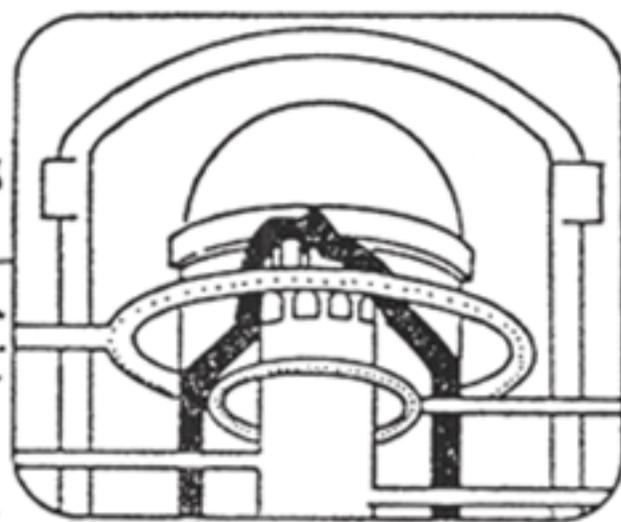
### 炉心スプレイ系

ドーナツ型の穴のあいた水管  
があって炉心の水が減ると、  
自動的にスプレイのように  
放水され燃料を冷やす。



### 格納容器スプレイ系

格納容器の3カ所にとり  
つけたドーナツ型の水管  
からも水がシャワーのよう  
に流れて格納容器の内部  
を冷やす。

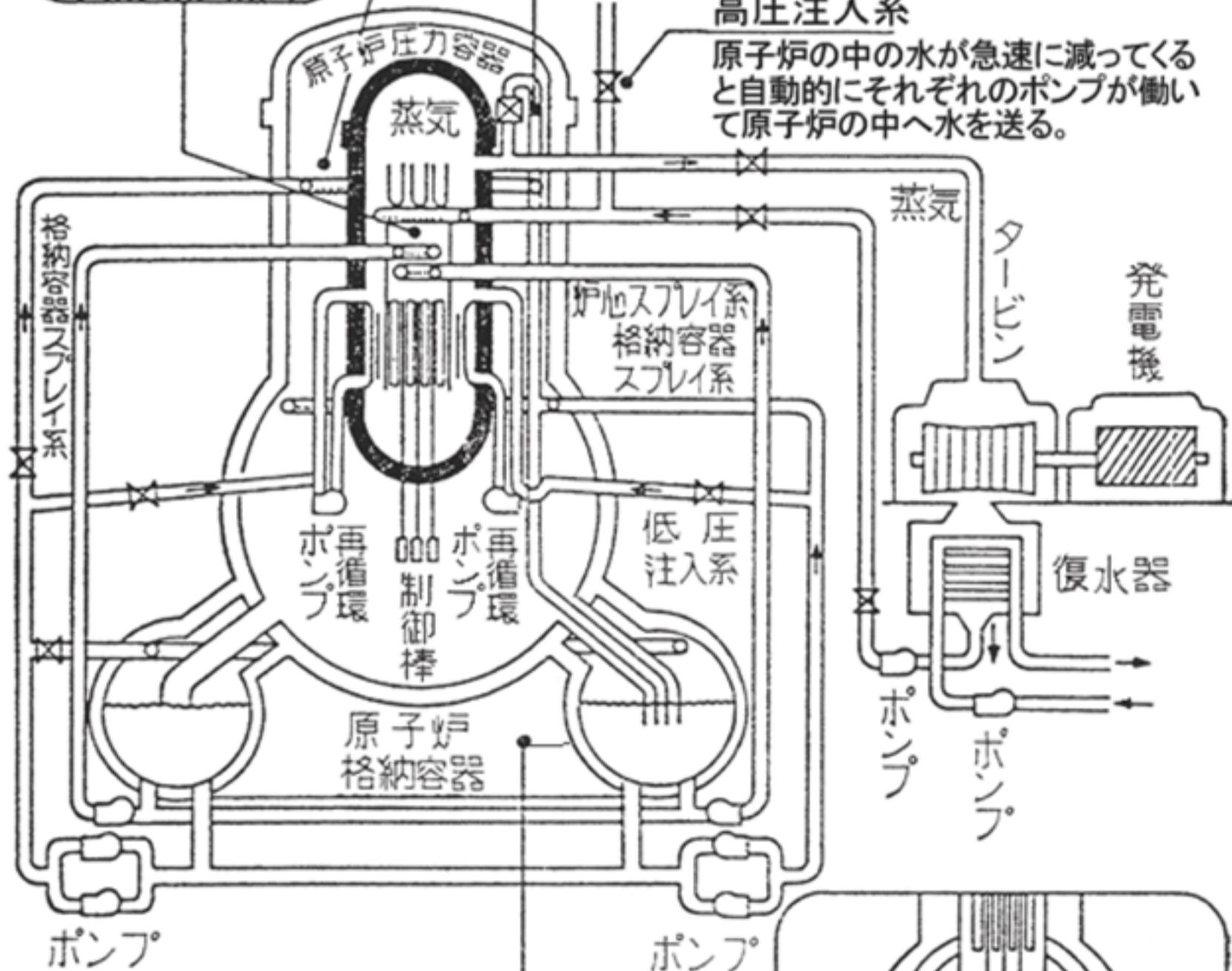


この弁が働いて蒸気を下へ  
逃がし炉内の圧力を下げて  
水がはいりやすくなる。

復水貯蔵  
タンクから

### 高圧注入系

原子炉の中の水が急速に減ってくる  
と自動的にそれぞれのポンプが働い  
て原子炉の中へ水を送る。



### 圧力抑制プール

導かれた蒸気や格納容器  
にたまった蒸気は、  
ここで水になって圧力を  
へらす。

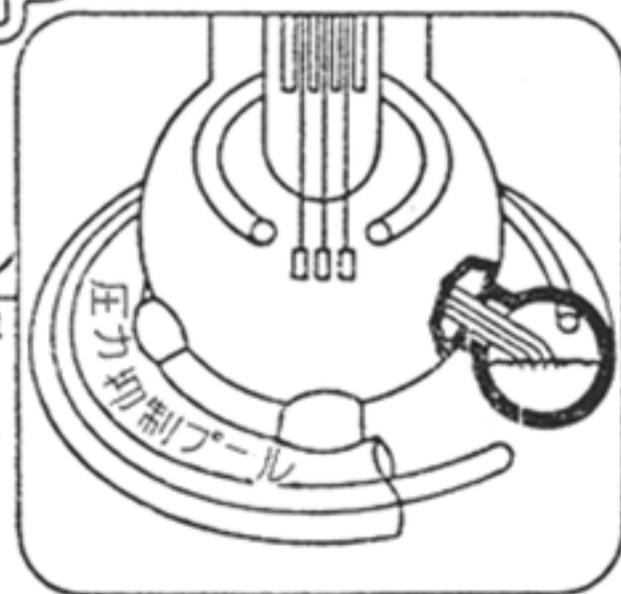


図4 BWR(格納容器型式:MARK-1)の安全設備

[出典](社)火力原子力発電技術協会(編、刊):やさしい原子力発電  
(火原協会講座-15)(1990年6月)、p.23

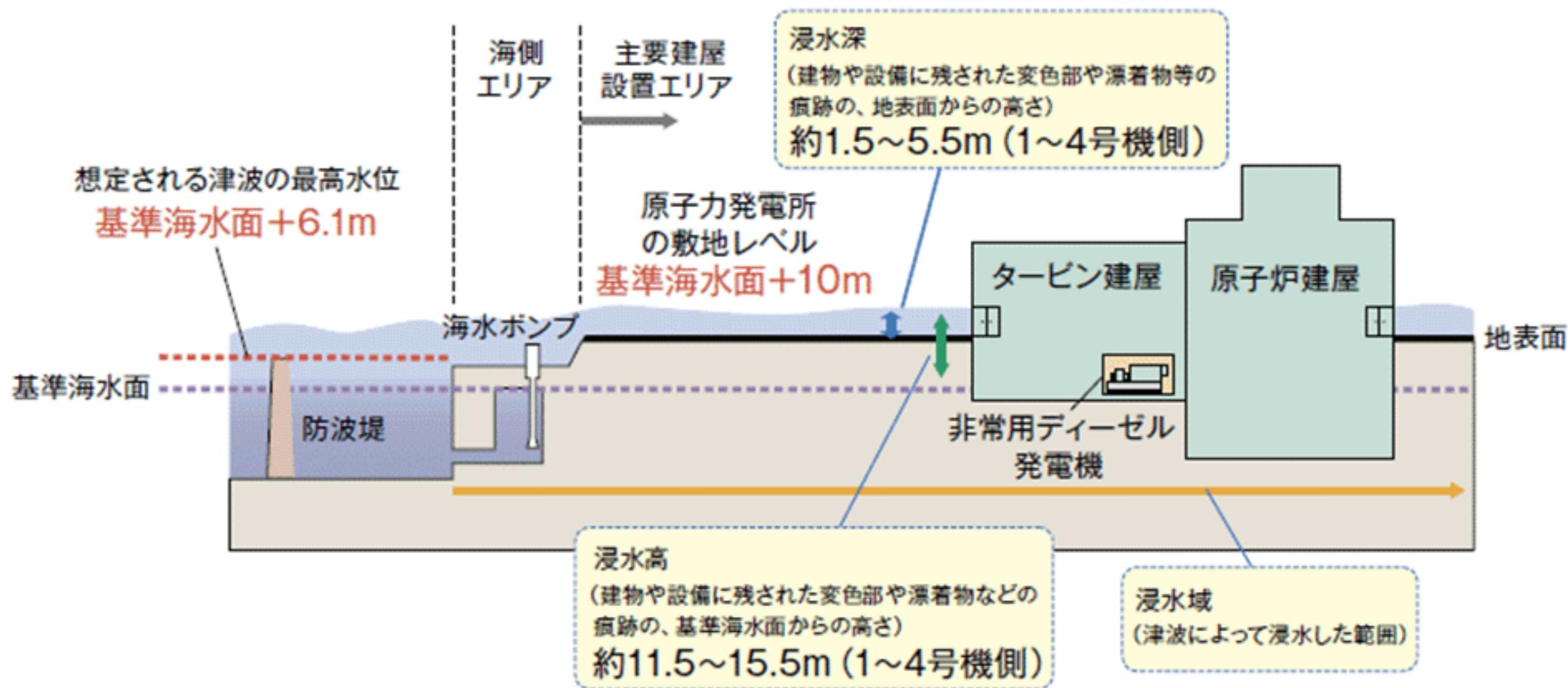


図5 福島第一原発に到着した津波の大きさと浸水状況

[出所] 電気事業連合会:原子力・エネルギー図面集、p.10-2-3、  
<http://www.fepec.or.jp/library/pamphlet/zumenshu/pdf/all10.pdf>