

# 第6章

## 事故の状況

# 東日本大震災における被害状況

- 平成23年3月11日（金）14:46に三陸沖でマグニチュード9.0の地震が発生。東北地方を中心に地震、津波等により大規模な被害。
- 日本の観測史上最大規模の地震、世界的にも1900年以降、4番目の規模の地震となる。



人的被害	
死者	15,894名
行方不明者	2,546名
負傷者	6,156名

建築物被害	
全壊	121,772戸
半壊	280,921戸
一部破損	726,509戸

(以上警察庁調べ平成29年12月8日時点)

被災者支援の状況	
全国の避難者	75,206名

(以上復興庁調べ平成30年1月16日時点)

平成23年3月11日午後2時46分、三陸沖を震源とする大地震があり、宮城県栗原市で震度7を観測しました。地震の規模を示すマグニチュード(M)は9.0で、記録が残る大正12年以降国内で最大、前年のチリ大地震(M8.8)に匹敵する世界最大級の地震になりました。

本資料への収録日：平成25年3月31日

改訂日：平成30年2月28日



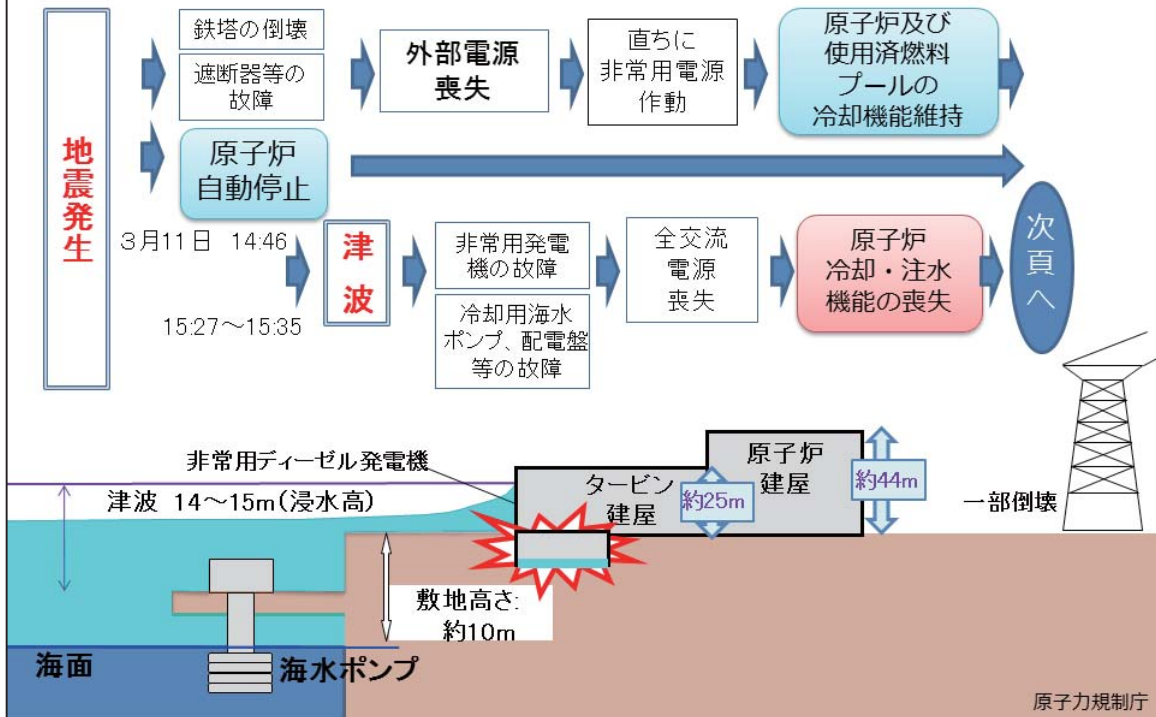
**東京電力福島第一原子力発電所3号機（空撮）**

（平成23年3月16日撮影、東京電力提供）

地震当時、運転中であった東京電力福島第一原子力発電所の1～3号機は、地震とその後の津波により、その全てで交流電源が喪失し、冷却システムが停止したことから、原子炉が冷却できなくなり、最終的に燃料の溶融に至りました。燃料の溶融の過程で、大量の水素ガスが発生し、原子炉建屋内にその水素ガスが滞留した1号機、3号機では、12日（1号機）と14日（3号機）に水素爆発が起こりました。また、3号機に隣接する4号機でも3号機から流れ込んだとみられる水素ガスにより水素爆発が発生しました。

本資料への収録日：平成25年3月31日

## 事故の要因（推定）地震と津波の影響

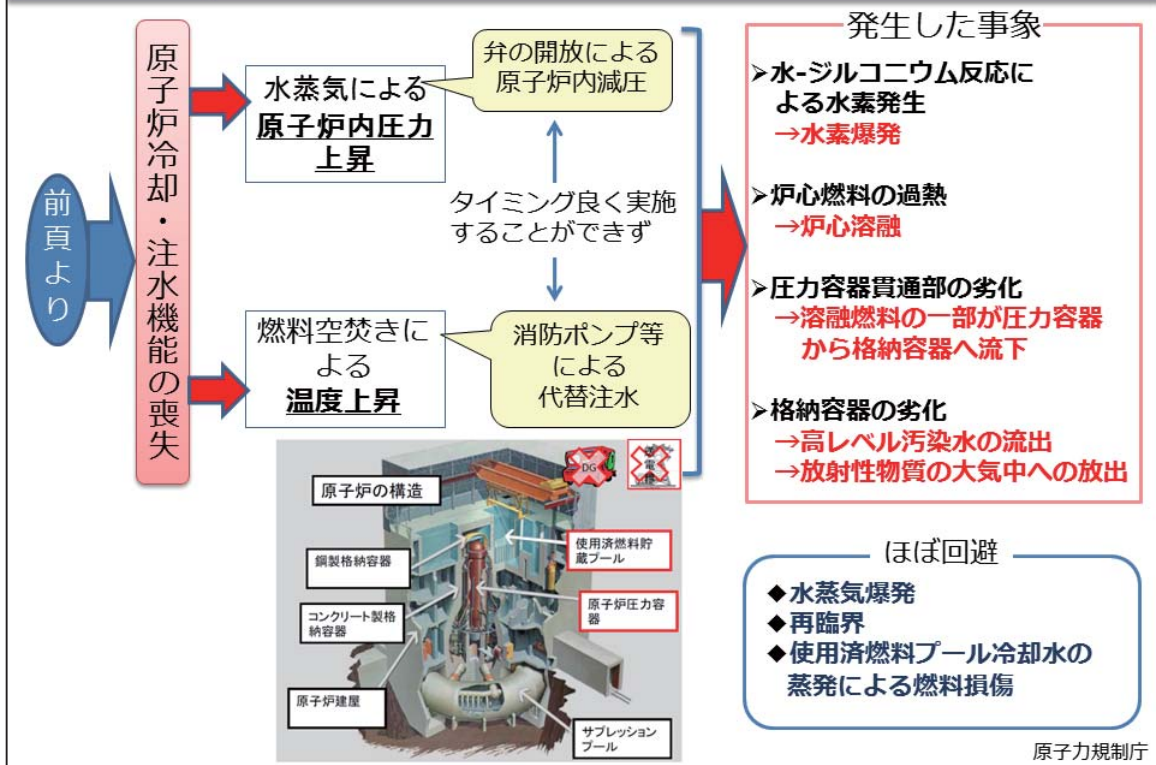


地震発生直後、運転中であった東京電力福島第一原子力発電所の1～3号機は全ての原子炉が自動停止しました。また、送電鉄塔の倒壊等により外部電源が喪失したため、非常用ディーゼル発電機が自動起動しました。しかしながら、その後、津波の襲来を受けて、起動した非常用ディーゼル発電機や配電盤等が被水・冠水し、6号機を除き全ての交流電源が喪失すると共に、冷却用の海水ポンプも機能を喪失しました。その結果、1号機では原子炉を冷却する機能が喪失しました。2号機及び3号機では、交流電源がなくても駆動できる冷却設備（2号機：原子炉隔離時冷却系（RCIC: Reactor Core Isolation Cooling System）、3号機：原子炉隔離時冷却系と高圧注水系（HPCI: High Pressure Coolant Injection System））でしばらく原子炉を冷却していましたが、やがてこれらも停止しました。

こうした事態を受け、1～3号機では、消防ポンプ等を用いた代替注水を行うべく作業が進められましたが、代替注水に切り替えるまでの間、炉心を冷却するための注水ができない状態が続きました。1号機では14時間程度、2号機は6時間半程度、3号機では6時間半程度、炉心への注水が停止していたと見られています。

本資料への収録日：平成25年3月31日

## 事故の要因（推定）原子炉内の状況



炉心への注水が停止したことによって原子炉水位が低下し、燃料が露出しました。その結果、炉心溶融が始まり、圧力容器が損傷したと考えられます。また、炉心損傷に伴う高温下において、燃料被覆管の金属（ジルコニウム）と水蒸気が反応し大量の水素が発生し、蒸気と共に格納容器内に放出されました。

格納容器においては、炉心損傷の影響による高温・高圧状態になり閉じ込め機能が劣化し、格納容器の外に通じる配管貫通部等に隙間が生じました。こうした箇所から、核燃料表面被覆管の金属が水蒸気と反応して発生した水素が原子炉建屋に漏えい、滞留し、水素爆発が発生したものと考えられます。

また、冷却のために原子炉へ注水した水が圧力容器や格納容器から漏えいし、大量の高レベル汚染水が原子炉建屋地下やタービン建屋地下に滞留し、さらにその一部は海洋へ流出しました。

圧力容器の損傷や格納容器の閉じ込め機能の劣化により放射性物質を含む蒸気が漏えいしたことに加えて、原子炉建屋の水素爆発や格納容器ベント等によって大気中に放射性物質が放出されました。

このような高レベル汚染水の海洋への流出や放射性物質の大気中への放出により、放射性物質が環境中に放出されることになりました。

本資料への収録日：平成25年3月31日

改訂日：平成28年1月18日

時刻	内容	東京電力の対応	国（保安院）の対応
3/11 14:46	東北地方太平洋沖地震発生 (福島第一において震度6強)	福島第一1~3号機 (地震により自動停止) 4~6号機 (定期検査で停止中)	政府対策本部設置、緊急時対応センターへ職員参集、現地に職員をヘリコプターで派遣。
15:15			保安院プレス会見、モバイル保安院による情報発信。
15:27 15:35	津波第1波(高さ4m)が到達 津波第2波(高さ15m)が到達		
15:42		原災法10条通報(全交流電源喪失 1~5号機で起動していた非常用発電機が津波により故障)	原子力災害警戒本部設置
16:36		原災法15条の事象と事業者が判断	
19:03	震度5強以下の 余震が数回発生		原子力緊急事態宣言の発出、 原子力災害対策本部設置
21:23			半径3km圏内住民避難指示、 10km圏内住民屋内退避
3/12 5:44			半径10km圏内住民避難指示
18:25			半径20km圏内住民避難指示

青森県原子力安全対策検証委員会報告書より  
原子力安全・保安院作成資料

原子力規制庁

平成23年3月11日午後7時03分、東京電力福島第一原子力発電所1、2号機で炉心を冷やす緊急炉心冷却システムが動かなくなったことから、政府は原子力災害対策特別措置法(原災法)に基づき原子力緊急事態宣言を発令し、原子力災害対策本部を設置しました。

政府は同日午後9時23分、原災法に基づき、東京電力福島第一原子力発電所から半径3km以内の住民に対して「避難指示」を、また半径3~10km以内の住民に「屋内退避指示」を発令しました。

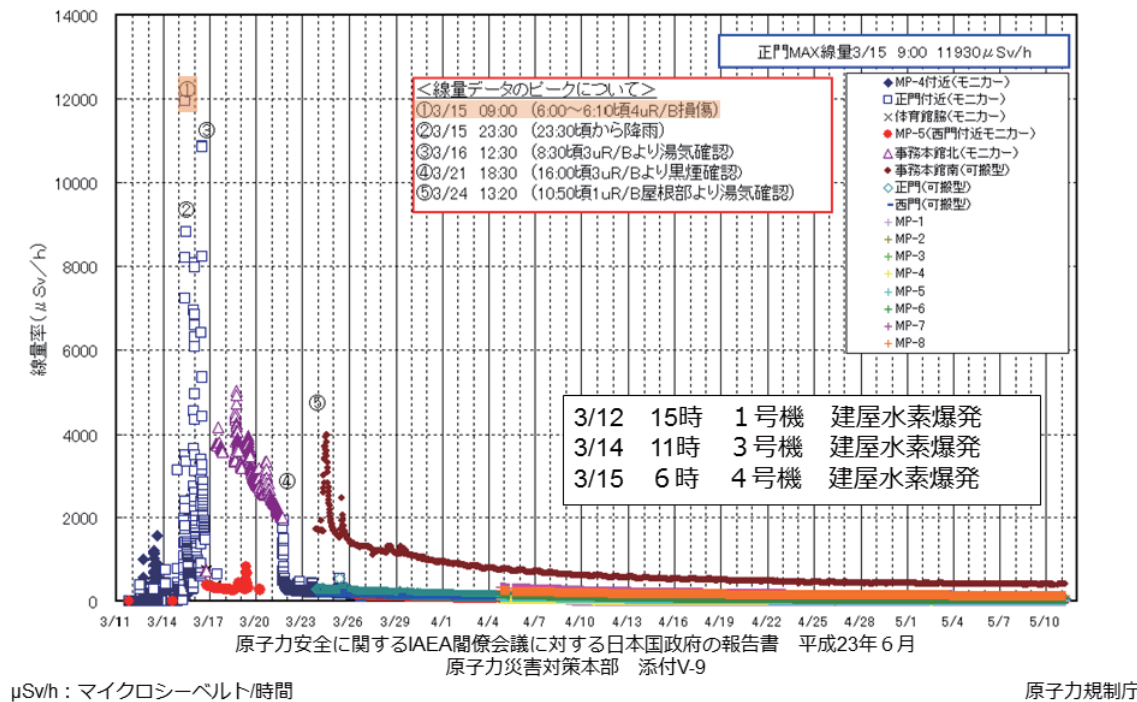
その後、政府は東京電力福島第一原子力発電所から半径3km以内としていた避難指示を半径10kmまで拡大して、10km圏の4町に滞在する5万1,207人を避難対象にしました。

さらに、3月12日午後3時36分に東京電力福島第一原子力発電所1号機の原子炉建屋内で水素爆発が起こったため、避難指示対象を更に広げて、東京電力福島第一原子力発電所から半径10kmを半径20kmに拡大しました。

本資料への収録日：平成25年3月31日

## 事故直後から2か月間の空間線量率 (東京電力福島第一原子力発電所敷地内及び敷地境界)

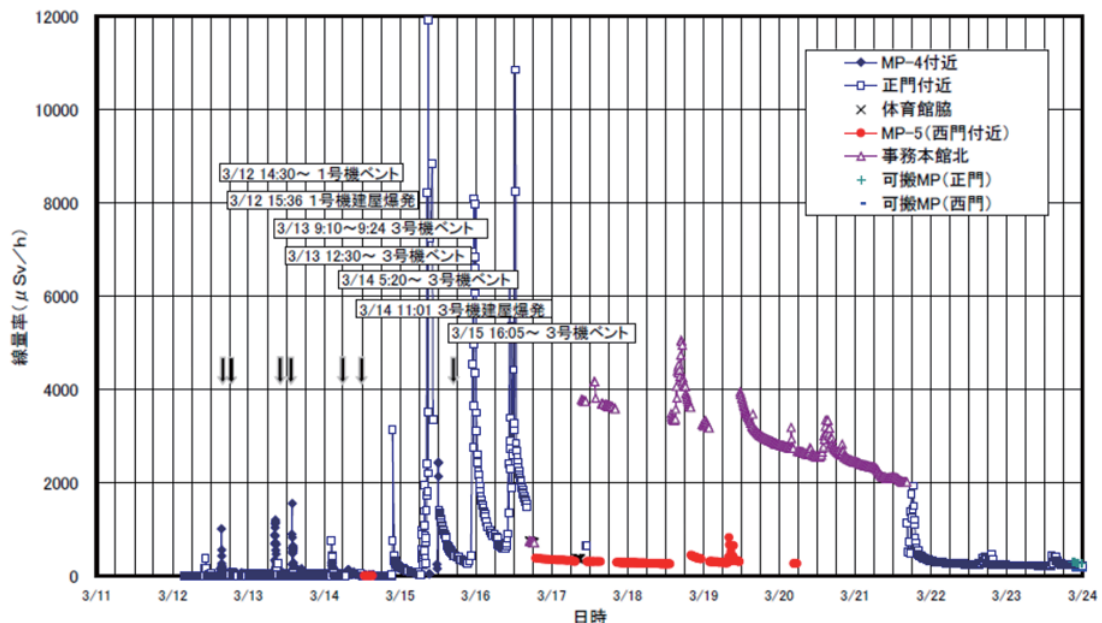
1-4号機建屋等で水素爆発が発生、3月15日午前中に放射線量のピークが観測されている。



平成23年3月12日の明け方に東京電力福島第一原子力発電所敷地内のモニタリングカーによる測定で空間線量率が上昇したことが判明し、地震後初めて、放射性物質の放出が明らかになりました。このとき、1号機では格納容器圧力が異常上昇した後、若干の圧力低下が見られたことから、格納容器からの放射性物質の漏えいがあり、大気中への放出があったものと推定されています。その後もベント操作や建屋爆発の影響により、空間線量率の一時的上昇が何度も観察されています。最も高い空間線量率が計測されたのは3月15日9時で、原発正門付近のモニタリングカーが約12ミリシーベルト/時の数値を測定しています。

本資料への収録日：平成25年3月31日

●東京電力福島第一原子力発電所モニタリングカーにより測定された空間線量率の推移



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

μSv/h : マイクロシーベルト/時間

原子力規制庁

今回の事故では、事象の進展に伴い、格納容器ベント操作や原子炉建屋の爆発等によって空気中へ放射性物質が放出されることになりました。1号機のベント操作は、3月12日14時30分に格納容器の圧力が低下し、ベントが成功したと判断されています。その際、大気中に放出された放射性物質のプルームの影響で約1ミリシーベルト/時が観測されています。翌13日にも明らかに空間線量率が上昇しましたが、これは3号機で原子炉水位が低下して、燃料が露出した後にベント操作をした影響と考えられています。3月15日9時には約12ミリシーベルト/時の数値が観測されましたが、同日早朝の6時頃に2号機で爆発音と共に圧力抑制室の圧力が低下していることから、この上昇の原因は2号機からの放射性物質の放出と考えられています。

3月15日23時と翌16日12時にも空間線量率の上昇が観測されていますが、前者は3号機、後者は2号機において格納容器圧力の低下が見られていることから、それぞれ3号機及び2号機からの放射性物質の放出が原因と考えられています。

本資料への収録日：平成25年3月31日



	レベル	事故例
事故	7 深刻な事故	旧ソ連・チェルノブイリ原発事故（1986年） 日本・東京電力福島第一原子力発電所事故（2011年）
	6 大事故	平成23年4月12日にレベル7と暫定評価
	5 広範囲な影響を伴う事故	英国・ウインズケール原子炉事故（1957年） 米国・スリーマイル島発電所事故（1979年）
異常な事象	4 局所的な影響を伴う事故	日本・JCO臨界事故（1999年） フランス・サンローラン発電所事故（1980年）
	3 重大な異常事象	スペイン・バンデロス発電所火災事象（1989年）
	2 異常事象	日本・美浜発電所2号機蒸気発生器伝熱管損傷事象（1991年）
尺度未満	1 逸脱	日本・「もんじゅ」ナトリウム漏れ事故（1995年） 日本・敦賀発電所2号機1次冷却材漏れ（1999年） 日本・浜岡発電所1号機余熱除去系配管破断（2001年） 日本・美浜原子力発電所3号機2次系配管破損事故（2004年）
	0 尺度未満	（安全上重要ではない事象）
	評価対象外	（安全に関係しない事象）

IAEA「The International Nuclear and Radiological Event Scale User's Manual」、原子力災害対策本部「原子力安全に関するIAEA関係会議に対する日本国政府の報告書（平成23年6月）」等から作成

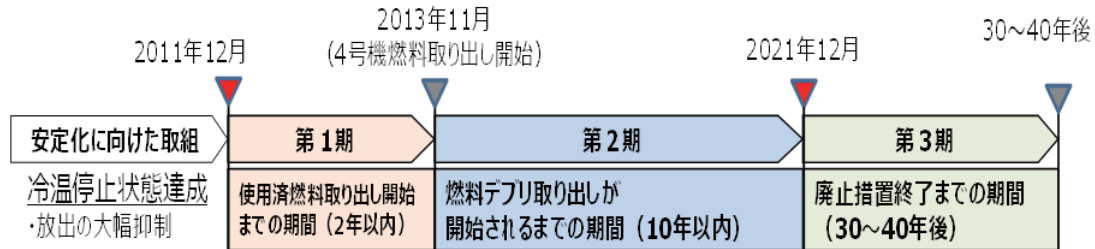
INES(国際原子力・放射線事象評価尺度)とは、原子力発電所等の事故・トラブルについて、それが安全上どの程度のものかを表す国際的な指標です。

東京電力福島第一原子力発電所事故のINES評価はチェルノブイリ原発事故と同じレベル7(放射線影響としてヨウ素131と等価となるように換算した値として数万テラBq(10<sup>16</sup>Bqのオーダー)を超える値)に相当すると評価されています。(関連ページ:上巻P28「国際原子力事象評価尺度」)

本資料への収録日:平成25年3月31日

改訂日:平成28年1月18日

### 廃炉工程全体の枠組み



- 第1～3期という大きな期間区分に基づいた廃炉工程。
- この枠組みは、平成29年9月に改訂された中長期ロードマップにおいても維持。
- 燃料デブリは2021年内に取り出しを開始予定。

東京電力福島第一原子力発電所では、安定化に向けた取組が続けられており、現在では、各号機ともに原子炉の冷却が維持されるなど、安定した状態が維持されています。

この廃炉・汚染水対策は、世界にも前例のない困難な事業であり、国も前面に立って、「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」(中長期ロードマップ)に基づき、安全かつ着実に対策を進めることにしています。

平成29年9月には、「燃料デブリ取り出し方針」を盛り込む形で中長期ロードマップを改訂しました。30～40年後の廃止措置完了に向けた大きな全体工程は維持しています。

引き続き、国内外の叡智を結集し、廃炉作業を進めていきます。

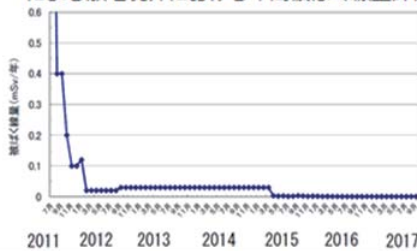
本資料への収録日：平成30年2月28日

## 陸

### 飛散防止剤のダスト保持効果実験の様子



1～4号機原子炉建屋からの放射性物質（セシウム）による敷地境界における年間被ばく線量評価



## 海

### 周辺海域での放射性物質濃度の変化



### <海洋モニタリング>

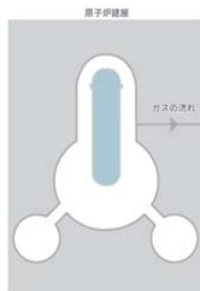
平成27年10月に完成した鋼鉄製の杭を打ち込んだ海側遮水壁や、様々な取組により周辺環境の放射性物質濃度はWHO（世界保健機関）が定める飲料水の基準値よりも十分に低い状態を継続しています。

### <周辺モニタリング>

福島第一原子力発電所では、放射性物質が構外に飛散しないように様々な対策が成されています。例えば、その代表的な取組として、飛散防止剤の散布や、地面をモルタルで覆うフェーシングなど、放射性物質の飛散抑制策を実施しています。これらの対策によって、敷地内のモニタリングポストの数値は安定した状況となっています。

本資料への収録日：平成30年2月28日

## ■ 希ガスの発生量



## ■ 耐震、耐津波への対策

東日本大震災と同規模の地震や津波、更にはそれ以上の規模の地震が発生したとしても、原子炉建屋など、重要な建物については倒壊しない健全性がコンピューター解析などにより確認されています。

**緊急時の電源確保**  
電源喪失時に備え、電源を多重化し、「電源車」・「ガスタービン車」なども用意しています。緊急時には、この車から注水設備に電気を送ります。

注水訓練の様子      電源車      消防車

津波が到達しない海拔高台エリアに電源車等のバックアップ電源や、消防車等の注水手段を用意しています。



仮設防潮堤(出典：東京電力H Pより)

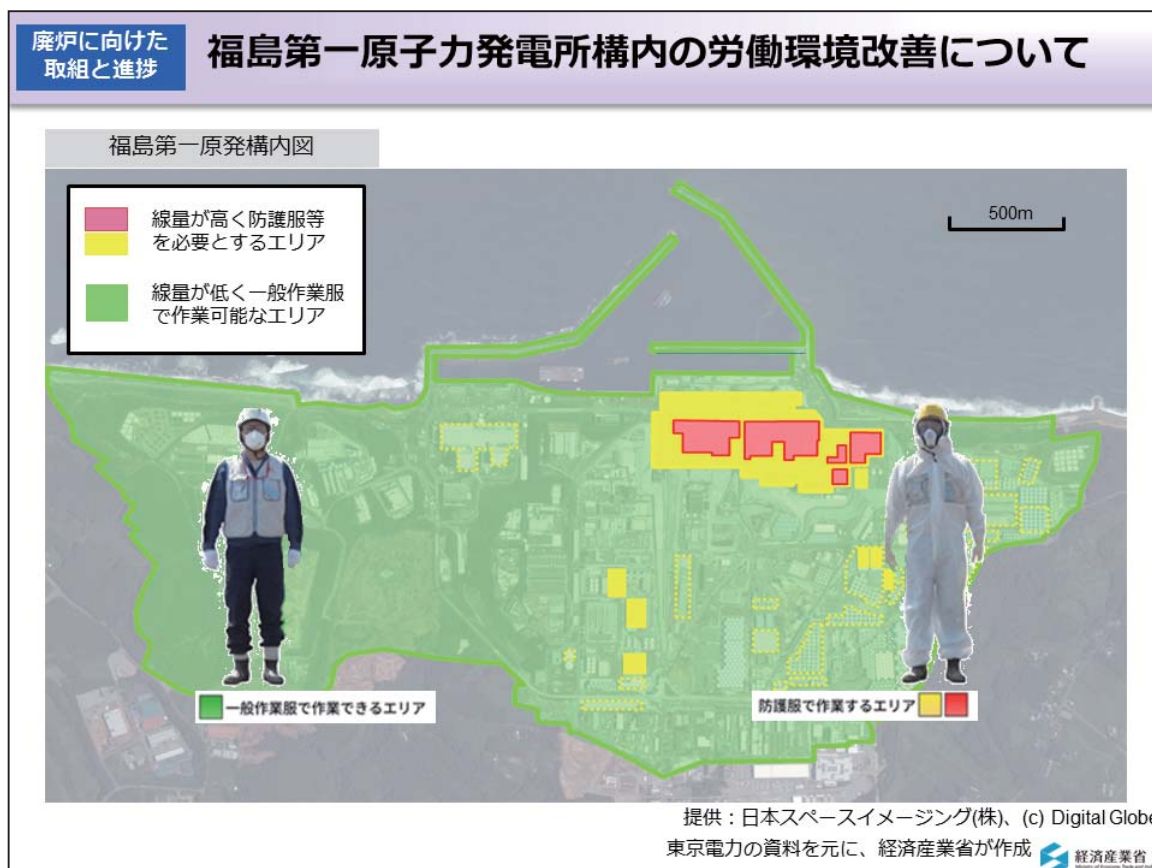
### <再臨界について>

臨界に達すると、キセノン135などの「希ガス」が突発的に増加します。福島第一原子力発電所では、希ガスの発生を24時間常に監視していますが、現在では希ガスの発生量は安定していることから、再臨界に至っていないと言えます。一方で、再臨界が万一が発生した場合に備えて、臨界時に核分裂を抑制するためのホウ酸水設備も設置されています。

### <地震や津波に対する対策>

東日本大震災と同規模の地震や津波への対策として、仮設防潮堤の他に、建屋に津波が侵入しないよう、建屋開口部に閉塞工事を進めるとともに、津波が到達しない高台のエリアに電源車等のバックアップ電源や、消防車等の注水手段を用意しています。

本資料への収録日：平成30年2月28日

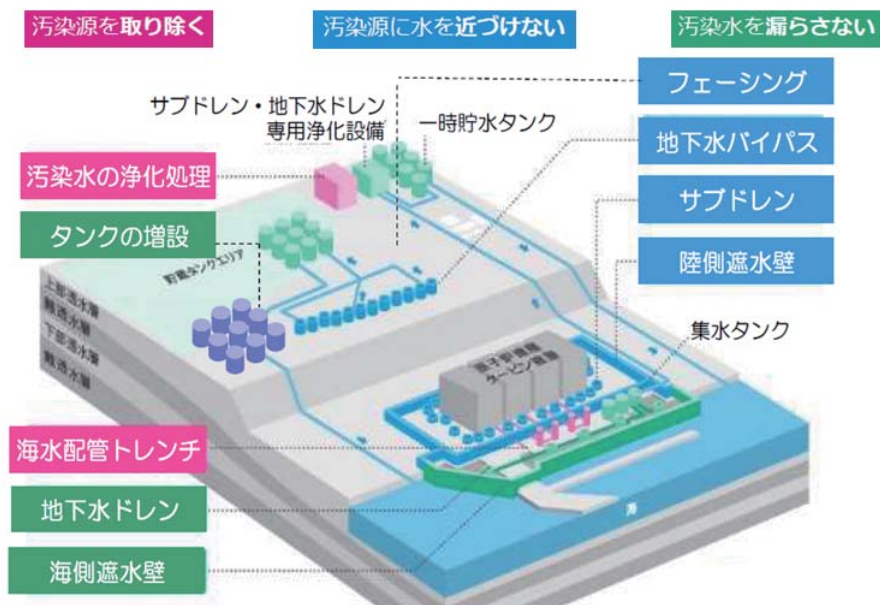


福島第一原子力発電所では、作業時の負荷軽減による安全性と作業性の向上を図るため、ガレキ撤去やフェーシング等の環境改善を進めた結果、一般作業服等で作業可能なエリアが、平成29年3月に、構内面積の約95%に拡大しました。

このほか、平成27年5月には大型休憩所がオープンし、給食センターで作られた温かい食事の提供やシャワーの利用、コンビニでの買い物など、今では一般の作業現場と変わらない環境での作業が可能となっています。

本資料への収録日：平成30年2月28日

「汚染源を取り除く」、「汚染源に水を近づけない」、「汚染水を漏らさない」、という3つの基本方針に基づいて、予防的・重層的な対策を講じています。



東京電力の資料を元に、経済産業省が作成  経済産業省

### <方針1. 汚染源を取り除く>

- ①汚染水を、多核種除去設備等により、トリチウム(※)を除く62核種について浄化処理
- ②建屋海側の地下トンネル(トレンチ)に溜まっていた、高濃度の汚染水をポンプで抜き取りながらトレンチを充填・閉塞

⇒平成27年12月までに2～4号機海水配管トレンチ内の汚染水を除去・充填完了

※トリチウムとは、水素の同位体であり、自然界や水道水、人の体内にも存在します。タンクに貯蔵されている浄化処理した水の取り扱いについては、現在、技術的観点のみならず社会的観点も含めて総合的な検討を丁寧に進めています。

### <方針2. 汚染源に水を近づけない>

- ①建屋山側の高台で地下水をくみ上げ、建屋近傍への地下水流入を抑制(地下水バイパス)
- ②サブドレン(建屋近傍の井戸)により地下水をくみ上げ、地下水位を下げることで、建屋への地下水流入や建屋海側エリアへの地下水流出を抑制
- ③凍土壁により建屋を狭い範囲で囲み、凍土壁外側からの地下水流入を抑制
- ④フェーシング(敷地舗装)により雨水の土壌浸透を抑え、地下水の発生量を減らし、建屋に流入する地下水を抑制

⇒予防的・重層的な対策により、汚染水発生量が日量で、平成26年5月の500m<sup>3</sup>から平成29年度上半期の200m<sup>3</sup>まで減少

### <方針3. 汚染水を漏らさない>

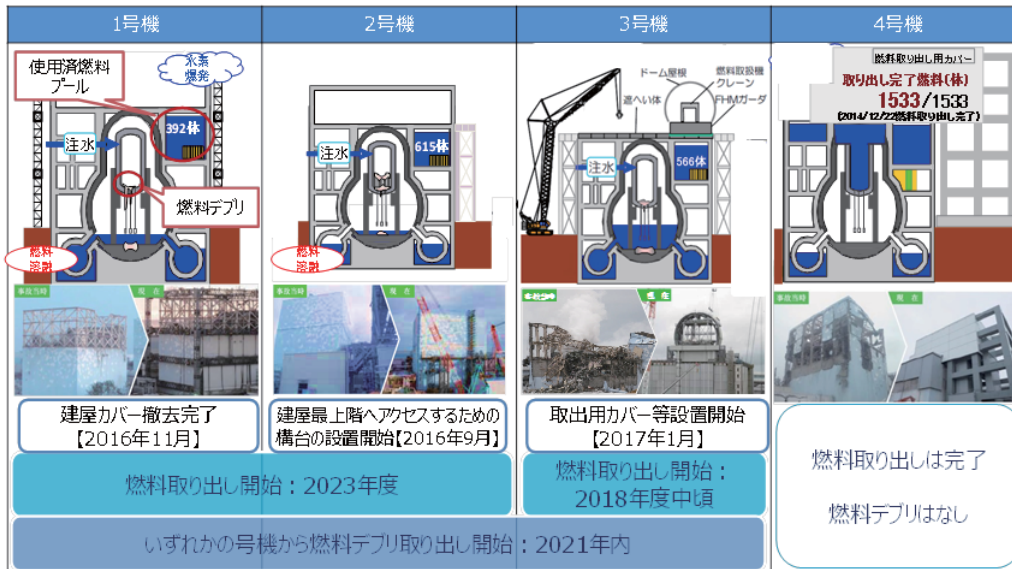
- ①鋼管製の海側遮水壁を設置し、放射性物質を含む地下水の海洋への流出を低減
- ②地下水ドレンにより護岸エリアで地下水をくみ上げ、地下水の海洋流出を抑制
- ③日々発生する汚染水及び建屋滞留水を貯水するためのタンクを計画的に確保

⇒平成27年10月に海側遮水壁が完成し、港湾内の放射性物質濃度は大幅に低減

本資料への収録日：平成30年2月28日

## 福島第一原子力発電所 1～4号機の現状について

- ▶ 1～3号機は安定状態を維持した上で、使用済み燃料プール内の燃料取り出しに向けた準備作業中（ガレキ撤去、除染、遮へい、取出用設備の設置等）。
- ▶ 事故時に溶けて固まった燃料（＝燃料デブリ）の取り出し方針を決定。今後、取り出しに向けた方法を検討。



### <使用済燃料の取り出しについて>

使用済燃料プールからの燃料取り出しについて、4号機では2014年12月に、1,533体全ての燃料の取り出しを無事に完了し、リスクが大幅に低減されました。

現在、1～3号機について、ガレキの撤去等の取り出しに向けた準備を進めており、特に3号機では、ドーム型の屋根を設置し、2018年度中頃に取り出しを開始する予定です。

### <燃料デブリの取り出しについて>

2017年9月に改訂された中長期ロードマップにおいて、格納容器底部の燃料デブリに対し、「気中」で「横」からアクセスすることに先行して着手し、次第に規模を拡大するという「ステップ・バイ・ステップ」でアプローチしていくという方針を示しました。

これまでも最先端の技術を利用したロボット等による内部調査を行ってきておりますが、2021年内の初号機の燃料デブリ取り出し開始に向けて、今後とも内部調査や研究開発を進めていきます。

本資料への収録日：平成30年2月28日