

第2章 東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の影響と対応

第1節 事故の概要と東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃止措置に向けた取組

(事故により環境中に放射性物質が放散)

平成23(2011)年3月11日14時46分頃の東北地方太平洋沖地震発生時には、東京電力株式会社福島第一原子力発電所(以下「東電福島第一原発」という。)の1号機から3号機は運転中、4号機から6号機は定期検査中でした。東北地方太平洋沖地震の発生により、運転中であった原子炉は、自動停止しましたが、すべての外部電源が失われました。このため、非常用ディーゼル発電機が起動したものの、津波による冠水・被水のため、6号機の1台を除くすべての非常用ディーゼル発電機が機能を喪失しました。

続いて、1号機から3号機において非常用炉心冷却装置による注水が不能となる事態が一定時間継続したため、各号機の炉心¹が露出し、炉心溶解²に至りました。

また、燃料棒³被覆管等のジルコニウム⁴と水蒸気との化学反応により大量の水素が発生し、1号機と3号機では、原子炉格納容器⁵等から漏えいした水素が原因と思われる爆発が原子炉建屋⁶上部で発生しました。定期検査のために炉心燃料がすべて使用済燃料プール⁷に移動されていた4号機においても水素が原因と思われる爆発があり、これらの爆発による原子炉建屋等の破損に伴い、環境に大量の放射性物質が放散されました。

原子力安全・保安院による試算では、東電福島第一原発の原子炉からの放射性物質の大気中への総放出量は、ヨウ素131⁸について約 1.6×10^{17} 乗ベクレル⁹、セシウム137¹⁰について約 1.5×10^{16} 乗ベクレルと推定されています。また、原子炉と使用済燃料プールの冷却のために外部から注水された水の一部が原子炉格納容器から漏出し、原子炉建屋やタービン建屋内部の溜まり水となりました。その一部は海水中に流出したことが判明しており、これによる海水中への放射性物質の総放出量は約 4.7×10^{15} 乗ベクレルと推定されています。

(事故を受けた周辺住民への避難指示)

平成23(2011)年3月11日、東電福島第一原発において、非常用炉心冷却装置による注水が不能となったことを受け、政府は、「原子力災害対策特別措置法¹¹」第15条に基づき内閣総理大臣による原子力緊急事態宣言を発出し、内閣総理大臣を本部長とする原

- 1 核燃料が存在し、核分裂連鎖反応が起こり、熱が発生する領域で、燃料集合体と付属する構造物、制御棒、減速材、冷却材等によって構成
- 2 原子炉の炉心の冷却が不十分な状態が続き、あるいは炉心の異常な出力上昇により、炉心温度が上昇し、燃料溶融に至る事故のこと
- 3 原子力発電所の燃料であるウランを直径約1cm高さ約1cmの円柱状に焼き固め、これを合金製の長い管の中に収めたもの
- 4 金属の一種。ジルコニウム合金が燃料被覆管等に用いられる。
- 5 原子炉とその冷却設備等を収容する原子炉安全上重要な構造物
- 6 原子炉及びその関連施設を収容する建屋
- 7 使用済燃料を貯蔵する施設。放射線の遮へいと燃料体の冷却のため、常時水張りされている。
- 8 ヨウ素(原子番号53の元素)の放射性同位元素(元素は同じでも質量数が違う核種)の一つ。核分裂に伴って生成される。
- 9 [用語の解説] 参照
- 10 セシウム(原子番号55の元素)の放射性同位元素(元素は同じでも質量数が違う核種)の一つ。核分裂に伴って生成される。
- 11 平成11(1999)年9月30日に起きたJCO臨海事故の教訓から、原子力災害時の初期対応の迅速化、国・地方公共団体の連携強化、国の体制強化、事業者責務の確保等を図るため、同年12月に制定された法律

第1節 事故の概要と東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃止措置に向けた取組

子力災害対策本部及び原子力災害対策現地本部を設置しました。3月12日には、東京電力株式会社福島第二原子力発電所において、複数号機の圧力制御機能が喪失される緊急事態が発生したため、原子力災害対策本部長（内閣総理大臣）は、原子力緊急事態宣言を発出しました。

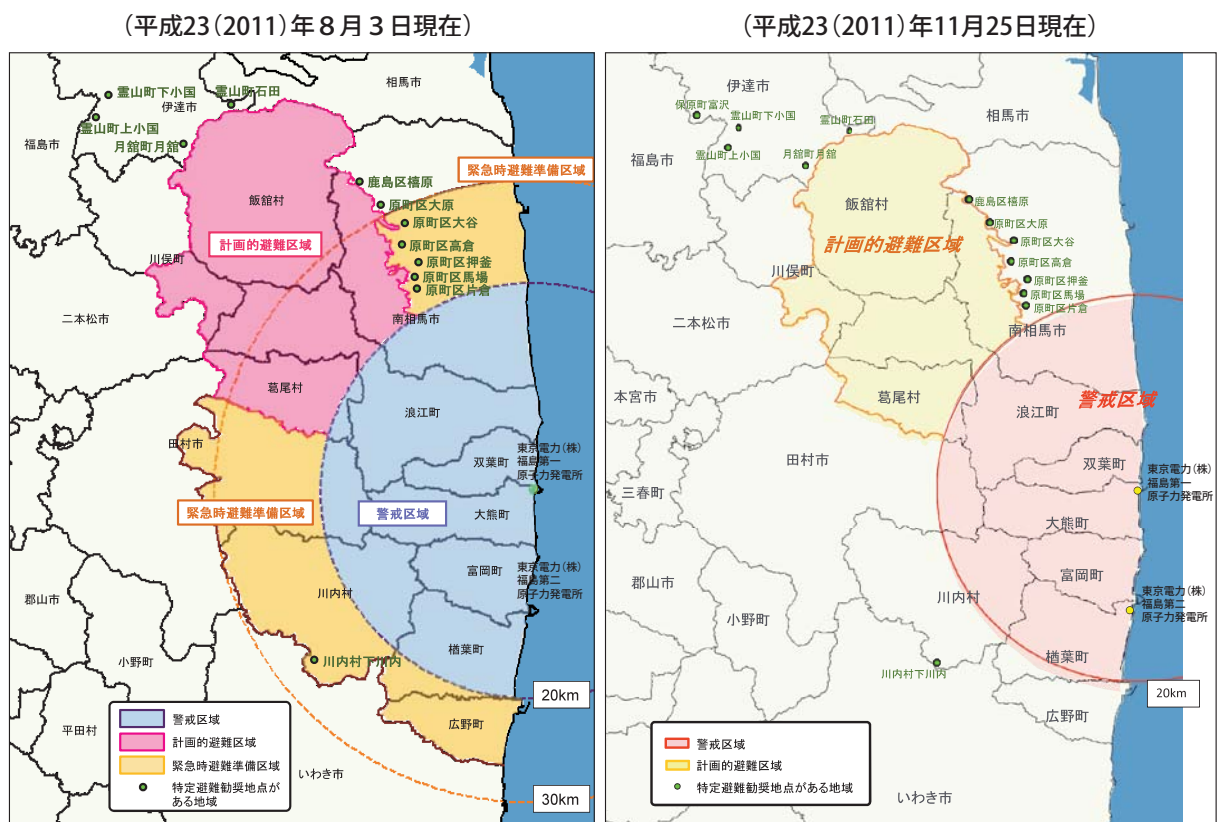
その後、事態の進展に応じて、福島県及び関係市町村を通じて東電福島第一原発の周辺住民に対する避難指示が行われました（図27）。

平成24（2012）年4月1日現在、東電福島第一原発から半径20km圏内（田村市、川内村を除く。）は、原子力災害対策特別措置法において読み替えて適用される災害対策基本法に基づく警戒区域とされており、立入りが制限されています。

また、同年4月1日現在、東電福島第一原発から半径20km以遠の地域で、事故発生から1年の期間内に累積線量¹が20ミリシーベルト²に達するおそれのある地域は、計画的避難区域とされ、住民の健康への影響を踏まえ、計画的な避難が指示されています。さらに、警戒区域及び計画的避難区域の外であって、東電福島第一原発の事故発生後1年間の積算線量が20ミリシーベルトを超えると推定される特定の地点は、特定避難勧奨地点とされており、住民に対し注意を喚起し、避難の支援や促進等が行われています。

なお、東電福島第一原発から半径20～30km圏内のうち計画的避難区域以外の区域は緊急時に屋内退避や避難の対応が求められる緊急時避難準備区域とされていましたが、空間放射線量のモニタリング³調査による安全性の確認や市町村による復旧計画の策定が行われたことを踏まえ、平成23（2011）年9月30日に解除されました。

図27 政府指示による退避命令等が行われた地域



資料：経済産業省資料

1 線量とは、放射線の人体組織への効果と影響を定量的に扱うために放射線防護の分野で用いる放射線の量のこと
 2 [用語の解説] 参照
 3 ここでいう、モニタリングとは、放射線の量や放射性物質の濃度を測定すること

平成23(2011)年12月26日、原子力災害対策本部は「ステップ2¹の完了を受けた警戒区域及び避難指示区域の見直しに関する基本的考え方及び今後の検討課題について」を発表しました。

この中で、警戒区域については、ステップ2の完了により、東電福島第一原発から大量の放射性物質が放出され、住民の生命または身体が緊急かつ重大な危険にさらされるおそれなくなったと判断されることから、基本的には解除の手続きに入ることが妥当とされています。

また、避難指示区域(東電福島第一原発から半径20kmの区域及び半径20km以遠の計画的避難区域)については、①避難指示解除準備区域、②居住制限区域、③帰還困難区域の3つの新たな避難指示区域に見直すこととされています(図28)。これらの区域の見直しに関する基本的な考え方を踏まえ、新しい区域の運用等については、県、市町村、住民等関係者との協議を踏まえ、検討・実施していくこととされています。

このことを受け、県、市町村、住民等関係者との協議が行われた結果、田村市、川内村における避難指示区域については平成24(2012)年4月1日から、南相馬市^{みなみそうまし}における避難指示区域については4月16日から、それぞれ、①避難指示解除準備区域、②居住制限区域、③帰還困難区域の3つの新たな避難指示区域に見直されることとなりました。

なお、他の町村については、引き続き、県、町村、住民等の関係者との綿密な協議・調整を行いながら、早期に関係者の合意を得ることとしています。

図28 3つの新たな避難指示区域

①避難指示解除準備区域：

平成23(2011)年12月26日時点の避難指示区域のうち、年間積算線量が20ミリシーベルト以下となることが確実であることが確認された地域を対象に設定。

当面の間は、引き続き避難指示が継続されることとなるが、除染、インフラ復旧、雇用対策等の復旧・復興のための支援策を迅速に実施し、住民の一日でも早い帰還を目指す区域。

②居住制限区域：

12月26日時点の避難指示区域のうち、12月26日以降の年間積算線量が20ミリシーベルトを超えるおそれがあり、住民の被ばく線量を低減する観点から引き続き避難を継続することを求める地域を対象に設定。

将来的に住民が帰還し、コミュニティを再建することを目指し、除染やインフラ復旧等を計画的に実施。

③帰還困難区域：

長期的、具体的には5年間を経過してもなお、年間積算線量が20ミリシーベルトを下回らないおそれのある、12月26日時点で年間積算線量が50ミリシーベルトを超えている地域を対象に設定。

関連する市町村や住民と緊密な意見交換を行いながら、長期化する避難生活や生活再建の在り方、自治体機能の維持等について、政府が責任をもって対応。

資料：原子力災害対策本部資料を基に農林水産省で作成

(東電福島第一原発の廃止措置に向けた取組)

一刻も早い東電福島第一原発の事故の収束が望まれる中、東京電力株式会社(以下「東

1 東京電力株式会社が4月17日に公表した「福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋」の中で、原子炉が冷温停止状態になること等により、「放射性物質の放出が管理され、放射線量が大幅に抑えられている」ことを目標として定めたステップ

図 29 福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋(平成 23(2011)年 4 月 17 日現在)

課題	現状	ステップ 1 (3か月程度)	ステップ 2 (ステップ1終了後3~6か月程度)	中期的課題
Ⅰ 冷却	原子炉	窒素充てん (1・3号機)燃料域上部まで水で満たす 熱交換機能の検討・実施 (2号機)格納容器損傷部分の密閉	安定的な冷却 燃料域上部まで水で満たす	冷温停止状態 構造材の腐食破損防止
	燃料プール	淡水注入 注入操作の信頼性向上 循環冷却システムの復旧 (4号機)指示構造物の設置	安定的な冷却 注入操作の遠隔操作 熱交換機能の検討/実施	より安定的な冷却 燃料の取出し
Ⅱ 抑制	滞留水	放射性レベルの高い水の移動 保管/処理施設の設置 放射性レベルの低い水の保管 保管施設の設置/除染処理	保管場所の確保 保管/処理施設拡充 除染等	汚染水全体の抑制 本格的な水処理施設の設置
	大気・土壌	飛散防止材の散布 ガレキの撤去	原子炉建屋カバーの設置	原子炉建屋コンテナ設置 汚染土壌の固化等
Ⅲ モニタリング・除染・公表	発電所内外の放射線量のモニタリング	モニタリングの拡大・充実 迅速・正確な通知	退避等が指示された地域の放射線量を十分に低減	環境の安全性を継続確認・通知

資料：東京電力(株)資料を基に農林水産省で作成

京電力」という。)は、平成 23 (2011) 年 4 月 17 日に「福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋」を発表しました (図 29)。

その中で、原子炉や使用済燃料プールの安定的な冷却等により、「放射線量が着実に減少傾向となっている」ことをステップ 1、原子炉が冷温停止状態になること等により、「放射性物質の放出が管理され、放射線量が大幅に抑えられている」ことをステップ 2 とし、二段階の目標が設定されました。また、目標達成時期については、ステップ 1 は東電福島第一原発の事故の発生から 3 か月程度、ステップ 2 はステップ 1 終了後 3 か月から 6 か月程度に設定されました。さらに、これらの目標を達成するため、当面の取組を「冷却」「抑制」「モニタリング・除染」の 3 分野に分けた上で、5 つの課題 (原子炉の冷却、燃料プールの冷却、滞留水の処理等、大気・土壌での放射性物質の抑制、放射線量の測定・低減・公表) ごとに目標を設定し、各種対策を進めていくこととしました。

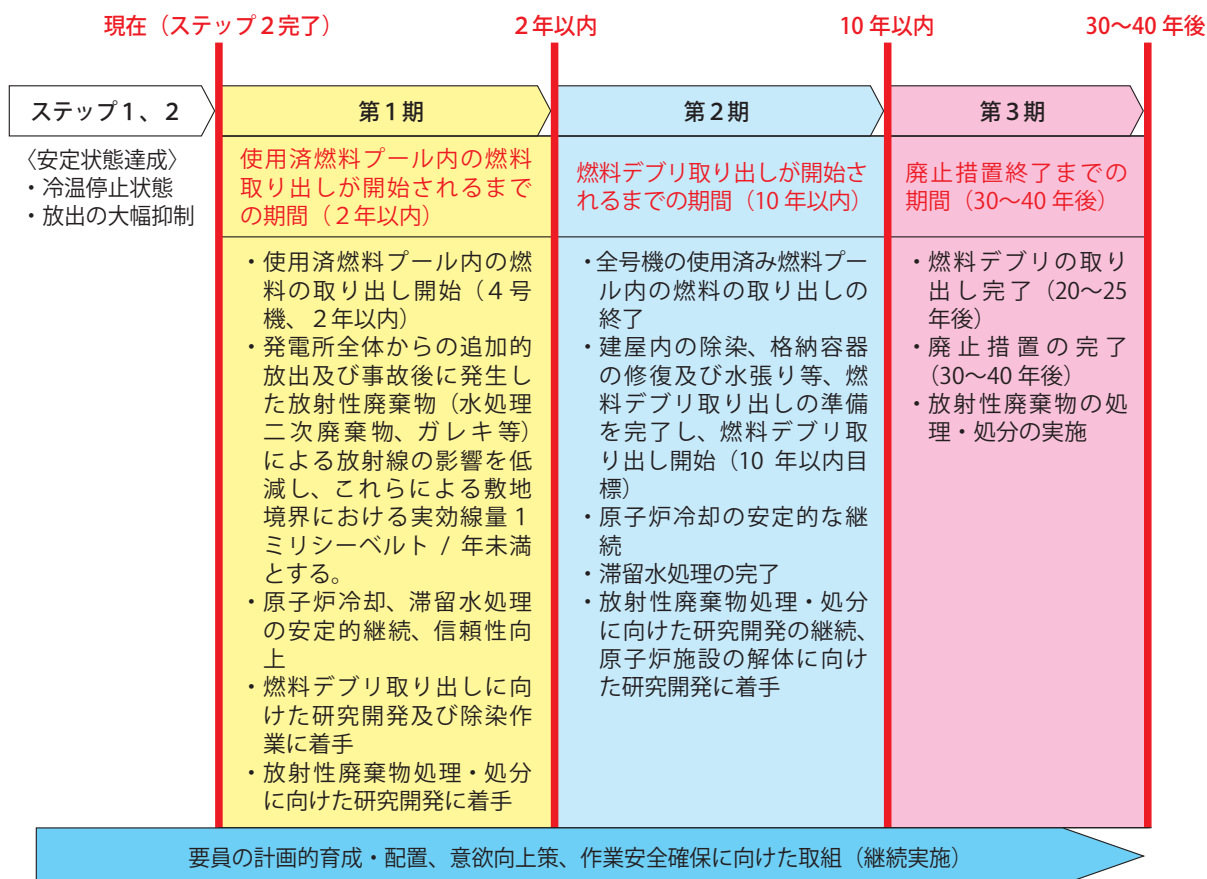
これらの目標を踏まえた各種対策が進められた結果、7 月 19 日、原子力災害対策本部及び政府・東京電力統合対策室は、放射線量の着実な減少、原子炉の冷却や使用済み燃料

プールの冷却の進展等の状況を総合的に踏まえ、ステップ1の目標に到達したと判断し、ステップ1からステップ2への移行を確認しました。ステップ2への移行の約5か月後の12月16日、原子力災害対策本部及び政府・東京電力統合対策室は、原子炉が「冷温停止状態」に達し、不測の事態が発生した場合も、敷地境界における被ばく線量が十分低い状態を維持することができると判断し、ステップ2の目標達成と完了を確認しました。

また、ステップ2の完了に伴い、政府・東京電力統合対策室を廃止し、ステップ2に続く中期的課題への対応の進捗管理を行うため、政府・東京電力中長期対策会議が新たに設置され、12月21日、東京電力、資源エネルギー庁、原子力安全・保安院が取りまとめた「東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」(以下「中長期ロードマップ」という。)が決定されました(図30)。中長期ロードマップにおいては、廃止措置終了までの期間を以下の3つに区分した上で、今後、実施する主要な現場作業や研究開発等のスケジュールが示されています。

第1期：ステップ2完了後、使用済燃料プール内の燃料取り出し開始までの期間（ステップ2完了後2年以内を目標）
第2期：第1期終了後から燃料デブリ（燃料と被覆管が溶解し再固化したもの）取り出し開始までの期間（ステップ2完了後10年以内を目標）
第3期：第2期終了後から廃止措置終了までの期間（ステップ2完了後30～40年後を目標）

図30 中長期ロードマップの概要(平成23(2011)年12月21日)

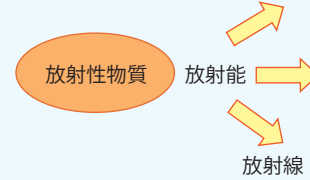


資料：政府・東京電力中長期対策会議において作成した資料

コラム 放射性物質についての基礎知識

●放射性物質と放射能、放射線

ほとんどの元素は、安定な状態で原子や分子として存在しています。わずかに存在する不安定な原子は粒子（原子よりも小さな粒）や電磁波（電子レンジのマイクロ波のようなもの）を放出して安定な原子に変わっていきます。このときに放出する粒子や電磁波が「放射線」で、放射線を出す物質が「放射性物質」、放射性物質が放射線を出す能力を「放射能」といいます。



●放射能や放射線を表す単位

・ベクレル (Bq)

放射性物質がもつ放射能の強さを表す単位です。1ベクレルは、1秒間に1個の原子核が崩壊して放射線を出す放射能の強さを表します。

・シーベルト (Sv)

人間が放射線を浴びた時の影響（被ばく量）を表す単位です。ある強さの放射能をもつ放射性物質を含む食品（ベクレル/kg）を摂取したときの内部被ばく量（シーベルト/年）は以下の式で計算できます。

$$\begin{aligned} & \text{内部被ばく量 (ミリシーベルト / 年)} \\ & = \text{食品中の放射性物質の濃度 (ベクレル / kg)} \times \text{年間摂食量 (kg / 年)} \times \text{実効線量係数} \\ & \quad \text{(ミリシーベルト / ベクレル)} \end{aligned}$$

注：実効線量係数は、放射性物質の種類や摂取経路、年齢区分ごとに、放射性物質の半減期や体内での動き、放出する放射線の強さ・量等から決められており、セシウム 137（経口摂取・成人）の場合 1.3×10^{-5} （ミリシーベルト / ベクレル）です。
 例えば、500ベクレル/kgのセシウム 137が検出された食品を1kg食べた場合の内部被ばく量は、 0.0065 （ミリシーベルト / 年） $= 500$ （ベクレル/kg） $\times 1$ （kg/年） $\times 1.3 \times 10^{-5}$ （ミリシーベルト / ベクレル）

●放射能の減り方（放射性物質の半減期）

・物理学的半減期

放射性物質が、放射線を放出して別の原子核に変化し、半分に減るまでの期間をいいます。

・生物学的半減期

体内に取り込まれた放射性物質が、代謝等により体外に排出されたりすることで半分に減るまでの期間をいいます。

放射性物質の半減期

	ヨウ素 131	セシウム 134	セシウム 137
物理学的 半減期	8日	2年	30年
生物学的 半減期 (ヒト(全身))	乳児: 11日 5歳児: 23日 成人: 80日	1歳まで: 9日 9歳まで: 38日 30歳まで: 70日 50歳まで: 90日	
生物学的 半減期 (ウシ(筋肉))	—	子牛: 25~30日 雄牛: 30~40日 未経産: 50~60日	

資料：文部科学省、消費者庁等資料を基に農林水産省で作成