

# 国立国会図書館

## 福島第一原発の汚染水問題

調査と情報—ISSUE BRIEF— NUMBER 839 (2015. 1. 8.)

はじめに

### I 汚染水対策の経緯

- 1 事故直後の汚染水対策
- 2 中長期ロードマップの策定
- 3 汚染水問題に関する基本方針の策定

### II 汚染水対策の現状

- 1 汚染源を「取り除く」
- 2 汚染源に水を「近づけない」
- 3 汚染水を「漏らさない」

### III 今後の課題

- 1 汚染水問題の解決に向けた課題

- 2 汚染水問題への国の関与

おわりに

- 福島第一原発では、放射性物質に汚染された水（汚染水）への対処が重要な課題となっている。建屋に地下水が流入することで汚染水は増え続けており、環境中に汚染水が流出するトラブルも発生している。
- 政府と東京電力は、①汚染源を「取り除く」、②汚染源に水を「近づけない」、③汚染水を「漏らさない」の3方針を掲げ、様々な対策を打ち出しているが、現時点では抜本的な解決には至っていない。
- 長期的な課題として、建屋・格納容器の止水やトリチウム水の処理がある。政府は一部の対策に財政支援を行っており、技術的支援を行う廃炉支援機構も発足しているが、政府と東京電力の役割分担の在り方も今後の課題である。

国立国会図書館

調査及び立法考査局経済産業課

あおやま ひさとし  
(青山 寿敏)

第839号

## はじめに

現在、東京電力福島第一原子力発電所（福島第一原発）では、廃炉に向けた取組が進められている。廃炉措置は使用済燃料プールからの燃料取出しと原子炉内で融けて固まった燃料デブリの取出しが大きな柱であるが、同時に課題となっているのが増え続ける汚染水への対処である。

福島第一原発の建屋には、放射性物質によって汚染された水が滞留している。建屋にはこれまで1日約400トンの地下水が流入し続けており、この地下水が建屋の滞留水と混ざり合うことで日々汚染水の量は増加している。増加した汚染水は回収されて貯水タンクに貯蔵されているが、その最終処分方法は決まっていない。過去には汚染水が環境中に漏れ出すトラブルが相次いだこともあり、政府と東京電力は汚染水問題を喫緊の課題と位置づけ、これまでに様々な対策を打ち出している。

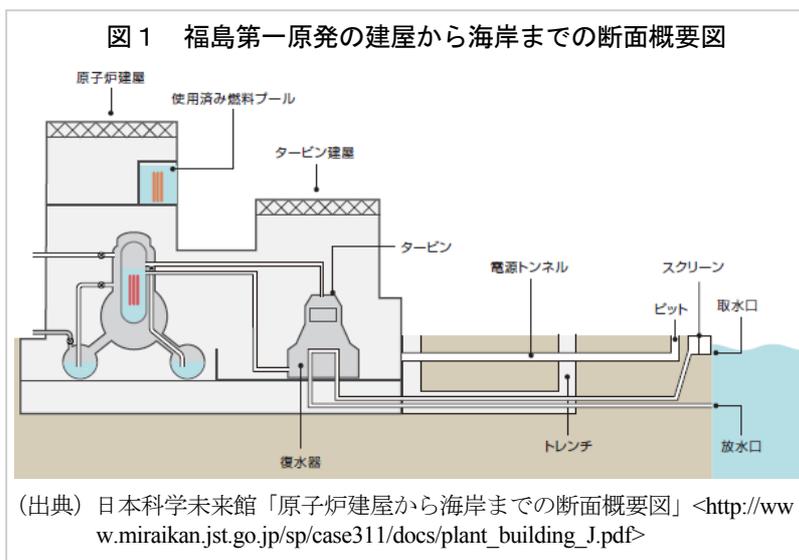
本稿では、平成23（2011）年3月の福島第一原発事故以降行われてきた汚染水対策について、経緯と現状、今後の課題を整理する。

## I 汚染水対策の経緯

### 1 事故直後の汚染水対策

#### （1）汚染水の発生

平成23（2011）年3月11日の東北地方太平洋沖地震後に発生した津波によって、福島第一原発1～4号機建屋には大量の海水が浸入した。その後、1～3号機では全電源喪失によって原子炉の冷却機能が失われ、炉心溶融が発生した。原子炉の温度上昇を抑えるために、東京電力は3月12日以降外部から



淡水や海水の注入を行ったが、この水は核燃料に触れて放射性物質に汚染されるとともに、原子炉压力容器及び格納容器の損傷によって建屋に流れ込み、滞留していた海水と混ざり合うことで大量の高濃度汚染水が発生した。さらに、2号機と3号機では、この高濃度汚染水がタービン建屋地下から海側地下のトンネル（トレンチ）に流れ込んだ。（図1）

東京電力は、4月2日と5月11日にそれぞれ2号機と3号機の取水口付近のピットから汚染水が海に流出していたことを公表し<sup>1</sup>、止水工事と取水口付近へのシルトフェンス（汚

\* 本稿は平成26（2014）年11月下旬の情報を基に執筆した。また、本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は平成26（2014）年11月26日である。

染水の拡散を防ぐ水中カーテン)の設置を行った。また、高濃度汚染水の移送スペースを確保するため、集中廃棄物処理施設等に滞留した低濃度汚染水を4月4～10日にかけて海に放出した<sup>2</sup>。

## (2) 循環注水冷却の導入

事故発生以降、外部から原子炉への注水を続けたため、建屋内の滞留水は増加し続けた。東京電力は、5月17日に発表した「「福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋」の進捗状況について」<sup>3</sup>の中で循環注水冷却を導入する方針を示し、6月27日に本格稼働を開始した。循環注水冷却は、建屋の地下に滞留した汚染水からセシウム・塩分等を取り除き、冷却水として再利用するシステムである(p.5 図3参照)。これによって外部からの注水は不要になり、汚染水の増加には歯止めがかけられたかに見えた。

しかし、循環注水冷却の稼働後、滞留水は予想されるほど減少しなかった。東京電力は、9月20日に、建屋の亀裂等を通じて1日200～500トンの地下水が建屋に流入しているとの試算を示した(後に1日400トンに修正)<sup>4</sup>。この地下水の流入とそれに伴う汚染水の増加への対処が、その後汚染水対策を進める上で大きな課題となった。

## 2 中長期ロードマップの策定

平成23(2011)年12月21日、原子力災害対策本部<sup>5</sup>は、福島第一原発の廃炉に向けた中長期ロードマップを発表した<sup>6</sup>。

建屋内の滞留水については、セシウム以外の放射性物質も除去可能な多核種除去設備(ALPS、pp.4-5参照)を平成24(2012)年内に導入するとともに、タービン建屋と原子炉建屋間の止水、格納容器下部補修を行い、10年以内を目標に建屋内滞留水処理を完了することとされた。

また、汚染した地下水の海洋流出を防止するため、平成26(2014)年度半ばまでに海側遮水壁を構築するとともに、海底土を固化土によって被覆し、海底土中の放射性物質の拡散を防止することとされた。加えて海水循環型浄化装置の運転を継続し、平成24(2012)年度中を目標に、港湾内の海水中の放射性物質濃度を周辺監視区域外の濃度限度未満にすることとされた<sup>7</sup>。

<sup>1</sup> 東京電力「福島第一原子力発電所2号機取水口付近からの放射性物質を含む液体の海への流出について」2011.4.2. <<http://www.tepco.co.jp/cc/press/11040202-j.html>>; 東京電力「福島第一原子力発電所3号機取水口付近からの放射性物質を含む水の外部への流出の可能性について」2011.5.11. <<http://www.tepco.co.jp/cc/press/11051107-j.html>>

<sup>2</sup> 東京電力「福島第一原子力発電所からの低レベルの滞留水などの海洋放出の結果について」2011.4.15. <<http://www.tepco.co.jp/cc/press/11041505-j.html>>

<sup>3</sup> 東京電力「「福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋」の進捗状況について」2011.5.17. <<http://www.tepco.co.jp/cc/press/11051703-j.html>> なお、4月17日に発表した「当面の取組のロードマップ」では、燃料域上部まで格納容器を水で満たす冠水によって冷却を行う予定になっていたが、格納容器の損傷により冷却水が漏れていたことから東京電力はこれを断念し、5月17日のロードマップ改訂時に循環注水冷却に切り替えた。

<sup>4</sup> 「福島第一原発 汚染水処理 地下水が阻む 日量200～500トン流入」『読売新聞』2011.9.21.

<sup>5</sup> 原子力災害対策本部は、福島原発事故について、原子力緊急事態に係る緊急事態応急対策及び原子力災害事後対策を推進するため、平成23(2011)年3月12日に内閣府に設置された(本部長:内閣総理大臣)。

<sup>6</sup> 原子力災害対策本部政府・東京電力中長期対策会議「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」2011.12.21. <[http://www.cas.go.jp/jp/genpatsujiko/pdf/111221\\_01b.pdf](http://www.cas.go.jp/jp/genpatsujiko/pdf/111221_01b.pdf)>

<sup>7</sup> 実際は平成24(2012)年度には達成できず、平成27(2015)年以降の達成に目標が延期された。

その後、中長期ロードマップは平成 24（2012）年 7 月と平成 25（2013）年 6 月に改訂され、それぞれ地下水バイパス（p.6 参照）と陸側遮水壁（凍土壁、p.7 参照）の導入が追加対策として盛り込まれた。

### 3 汚染水問題に関する基本方針の策定

#### （1）汚染水漏れの多発

平成 25（2013）年 6 月 19 日、東京電力は、1、2 号機タービン建屋東側（海側）の地下水から高濃度のトリチウムが検出されたことを公表し、7 月 22 日、汚染された地下水が海に流出していることを認めた<sup>8</sup>。これとは別に、同年 4 月には地下貯水槽<sup>9</sup>から、8 月には貯水タンクから汚染水が環境中に漏えいした<sup>10</sup>。貯水タンクからの汚染水漏えいは INES（国際原子力・放射線事象評価尺度）でレベル 3 と認定された<sup>11</sup>。

#### （2）政府の「汚染水問題に関する基本方針」

汚染水問題の深刻化を受け、平成 25（2013）年 9 月 3 日、原子力災害対策本部は「汚染水問題に関する基本方針」を決定した<sup>12</sup>。ここでは、政府が総力を挙げて汚染水対策を実施するための体制として、「廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議」、「廃炉・汚染水対策現地事務所」等を設置し、国としての体制強化を図ることとされた。さらに、汚染水対策の基本方針として、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」の 3 方針を掲げ、具体策として以下の取組が示された（図 2、各項目の詳細は第 II 章参照）。

##### 汚染源を「取り除く」対策

- ①多核種除去設備（ALPS）による汚染水浄化、より高性能な ALPS の実現
- ②トレンチ内に滞留する高濃度汚染水の除去

##### 汚染源に水を「近づけない」対策

- ③地下水バイパスによる地下水のくみ上げ
- ④建屋近傍の井戸（サブドレン）での地下水くみ上げ
- ⑤凍土方式の陸側遮水壁（凍土壁）の設置
- ⑥雨水の土壌浸透を抑えるための敷地舗装

##### 汚染水を「漏らさない」対策

- ⑦水ガラスによる汚染エリアの地盤改良
- ⑧海側遮水壁の設置
- ⑨貯水タンク増設の加速、ボルト締め型タンクから溶接型タンクへのリプレイス

<sup>8</sup> 東京電力「汚染水の発電所港湾内への流出に関する公表問題について」2013.7.26. <[http://www.tepco.co.jp/cc/press/2013/1229246\\_5117.html](http://www.tepco.co.jp/cc/press/2013/1229246_5117.html)> なお、この地下水は、トレンチ内に滞留する高濃度汚染水が漏れ出たことによって汚染されたものと考えられている。

<sup>9</sup> 汚染水を貯蔵するため、地下に設置された貯水槽。平成 25（2013）年 1 月に運用が開始された。

<sup>10</sup> 東京電力「福島第一原子力発電所地下貯水槽 No.2 からの水漏れについて」2013.4.5. <[http://www.tepco.co.jp/cc/press/2013/1226107\\_5117.html](http://www.tepco.co.jp/cc/press/2013/1226107_5117.html)>; 東京電力「H4 タンクエリアにおける漏えいについて」2013.8.21. <[http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2013/images/handouts\\_130821\\_12-j.pdf](http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2013/images/handouts_130821_12-j.pdf)>

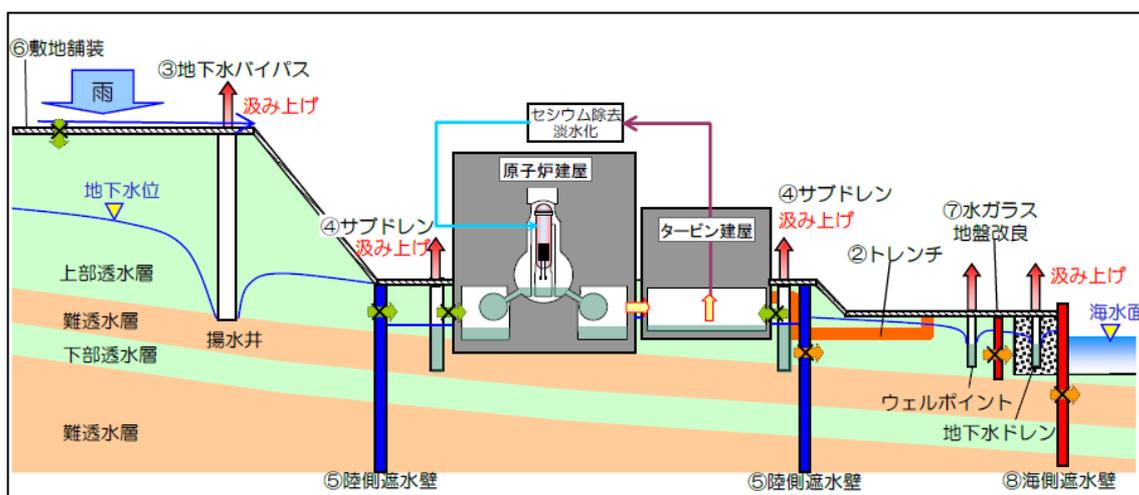
<sup>11</sup> INES は、原子力発電所等で発生した事故・トラブルについて、それが安全上どの程度のものかを表す国際共通指標。レベル 0（安全上重要ではない事象）からレベル 7（深刻な事故）までの 8 段階で評価される。レベル 3 は、事故には至らないものの、「重大な異常事象」に相当する。

<sup>12</sup> 原子力災害対策本部「東京電力（株）福島第一原子力発電所における汚染水問題に関する基本方針」2013.9.3. <[http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/osensuitaisaku\\_houshin\\_01.pdf](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/osensuitaisaku_houshin_01.pdf)>

これらの対策の実施に当たっては、技術的難易度が高く、国が前面に立って取り組む必要性があるものについて財政措置を講じることとされた。具体的には、「凍土方式の陸側遮水壁の構築」及び「より高性能な多核種除去設備（ALPS）の実現」について、予備費を活用して事業費全体を国が措置することとされた。

平成 25（2013）年 12 月には、追加対策として、平成 25 年度補正予算を活用し、港湾内の海水の浄化技術や土壤中の放射性物質除去技術等の検証を進めることが決定された<sup>13</sup>。

図 2 汚染水対策の概要



（出典）東京電力「福島第一原子力発電所の汚染水の状況と対策について」2014.9.10. <[http://www.tepco.co.jp/nufukushima-np/roadmap/images/e140910\\_03-j.pdf#page=2](http://www.tepco.co.jp/nufukushima-np/roadmap/images/e140910_03-j.pdf#page=2)>

## II 汚染水対策の現状

第 I 章で述べたとおり、現在、福島第一原発では、①汚染源を「取り除く」、②汚染源に水を「近づけない」、③汚染水を「漏らさない」の 3 方針の下、汚染水対策が進められている。ここでは、それらの対策の現状を整理する。

### 1 汚染源を「取り除く」

#### （1）多核種除去設備（ALPS）による汚染水浄化

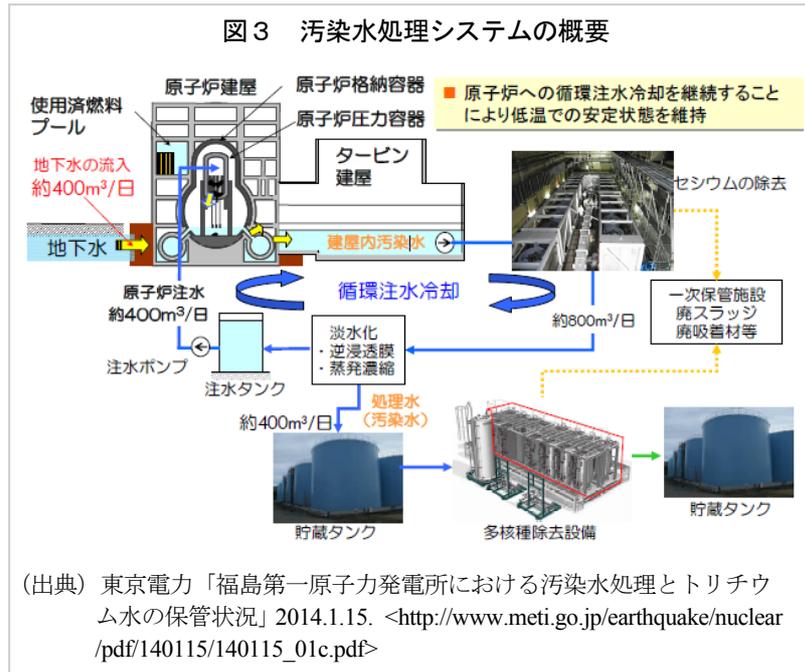
建屋の地下に滞留した汚染水は、セシウム吸着装置によって主要な放射線源であるセシウムを除去した後、淡水化装置によって処理される。処理された汚染水のおよそ半分は淡水となって冷却水に再利用され、残りはセシウム以外の放射性物質が濃縮された水（処理水）としてタンクに保管される。この処理水から放射性物質を除去するための設備が多核種除去設備（Advanced Liquid Processing System: ALPS）である（図 3）。

平成 23（2011）年 12 月策定の中長期ロードマップにおいて、ALPS は平成 24（2012）年以内に導入することとされ、平成 25（2013）年 3 月以降 3 系統が順次稼働を開始した。し

<sup>13</sup> 原子力災害対策本部「東京電力（株）福島第一原子力発電所における廃炉・汚染水問題に対する追加対策」2013.12.20. <[http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/20131220\\_02a.pdf](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/20131220_02a.pdf)>

しかし、フィルターの不調等のトラブルが相次いだことで運転が安定せず、汚染水の増加に処理が追いつかない状況が続いた。平成 25 (2013) 年 9 月策定の「汚染水問題に関する基本方針」では、より高性能な ALPS を国の負担の下導入することとされ<sup>14</sup>、加えて東京電力も 3 系統の ALPS 増設計画を原子力規制委員会に申請した<sup>15</sup>。東京電力による追加の 3 系統は平成 26 (2014) 年 9～10 月に運転を開始し、国負担の高性能 ALPS も同年 10 月に運転を開始した。これによって汚染水の処理能力は従来の 750 トン/日から 2,000 トン/日まで増強された。東京電力は、平成 26 (2014) 年度中に汚染水を全量処理することを目標にしている。

なお、ALPS は汚染水中の 62 種類の放射性物質を除去可能だが、トリチウムだけは技術的に除去できない。現在は ALPS によって処理されたトリチウムを含む水（トリチウム水）をタンクに保管しているが、最終的にはこのトリチウム水を処分する必要がある。具体的な処分方法については、現在政府のタスクフォースが検討を行っている（pp.9-10 参照）。



## (2) トレンチ内に滞留する高濃度汚染水の除去

2、3号機タービン建屋から海側につながるトレンチには、事故直後に建屋から漏れ出した汚染水が1万トン以上滞留している。この汚染水は事故直後に発生したため放射線濃度が高く、環境中に流出した場合、その影響が大きいことから、早急な対応が必要とされている<sup>16</sup>。このため、東京電力は、①原子炉建屋との接続部を止水した上で、②トレンチ内に滞留する汚染水を吸い上げ、③トレンチを埋める計画を策定し、平成 26 (2014) 年 3 月、原子力規制委員会に対して止水工事実施計画の申請を行った<sup>17</sup>。

東京電力は、4月末から2号機のタービン建屋とトレンチの接続部に対し、凍結による止水工事を開始した。しかし、当初の予定とは異なり、接続部の水が完全に凍るには至らなかった。このため、凍結管の追加、氷の投入、止水材の追加等の追加対策を実施したが、

<sup>14</sup> 原子力災害対策本部 前掲注(12)

<sup>15</sup> 東京電力「「福島第一原子力発電所特定原子力施設に係る実施計画」の変更認可申請について」2014.2.13. <[http://www.tepco.co.jp/cc/press/2014/1234221\\_5851.html](http://www.tepco.co.jp/cc/press/2014/1234221_5851.html)>

<sup>16</sup> 汚染水処理対策委員会「東京電力(株)福島第一原子力発電所における予防的・重層的な汚染水処理対策」2013.12.10. <[http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/131210/131210\\_01d.pdf](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/131210/131210_01d.pdf)>

<sup>17</sup> 東京電力「「福島第一原子力発電所特定原子力施設に係る実施計画」の変更認可申請について」2014.3.5. <[http://www.tepco.co.jp/cc/press/2014/1234637\\_5851.html](http://www.tepco.co.jp/cc/press/2014/1234637_5851.html)>

完全な止水には至らなかった。東京電力は、11月21日に開催された原子力規制委員会の検討会において、止水工事を断念し、トレンチ内の汚染水を抜きながらセメントによる埋設を行う作業に移行することを明らかにした<sup>18</sup>。

## 2 汚染源に水を「近づけない」

福島第一原発1～4号機の建屋周りには、山側から1日約800トンの地下水が流れ込んでおり、このうち建屋内に1日約400トンが流入している。汚染水の増加を食い止めるためにはこの地下水の流入を抑制する必要があることから、以下の取組が行われている。

### (1) 地下水バイパスによる地下水のくみ上げ

地下水バイパスとは、地下水が福島第一原発の建屋内に流入する前に、山側の12本の井戸から地下水をくみ上げ、放射性物質の濃度が基準値以下であることを確認した上で海に放出する取組である。当初のロードマップでは計画されていなかったが、後述のサブドレン復旧工事の遅れによって山側からの地下水流入抑制策を講じる必要性が高まったため、平成24(2012)年7月のロードマップ改訂時に追加対策として盛り込まれた<sup>19</sup>。東京電力は、地元漁協と約1年間に及ぶ協議を重ねた末、平成26(2014)年5月に初めてくみ上げた水を海に放出した。現在、地下水バイパスによって1日300～350トンの水がくみ上げられており、東京電力は、これによって汚染水の建屋への流入を1日50～80トン減らしているとの試算を発表している<sup>20</sup>。

### (2) 建屋近傍の井戸(サブドレン)での地下水くみ上げ

福島第一原発の建屋近傍にはサブドレンと呼ばれる井戸があり、事故前はそこから地下水をくみ上げ、建屋内外の水位の調整を行っていた。しかし、福島第一原発事故によってサブドレンが損傷するとともに、サブドレン内の水が放射性物質に汚染されたためにくみ上げは実施不可能になった。サブドレンが復旧すれば、建屋の近くから地下水をくみ上げることができるため、地下水バイパスよりも高い地下水流入抑制効果が期待できる<sup>21</sup>。サブドレンの復旧は平成23(2011)年4月の「福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋」の時点で計画に含まれていたが、復旧作業の遅れにより、試験的なくみ上げが始まったのは平成26(2014)年8月のことである。サブドレンからくみ上げた水は、浄化設備によって放射性物質を除去した後、海に放出することが計画されており、現在、東京電力は、関係者等へ実施計画の説明を行っている。しかし、地下水バイパスに続く地下水の海洋放出となるため、地元漁業関係者からは計画に反対する意見も上がっている<sup>22</sup>。

<sup>18</sup> 東京電力「海水配管トレンチ建屋接続部止水工事の進捗について」2014.11.21。<[http://www.nsr.go.jp/committee/youshikisya/tokutei\\_kanshi/data/0029\\_01.pdf](http://www.nsr.go.jp/committee/youshikisya/tokutei_kanshi/data/0029_01.pdf)>

<sup>19</sup> 原子力災害対策本部政府・東京電力中長期対策会議「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」2012.7.30。<[http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/120730/120730\\_02g.pdf](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/120730/120730_02g.pdf)>

<sup>20</sup> 東京電力「地下水バイパス稼働に伴う地下水の状況について」2014.9.18。<[http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2014/images/handouts\\_140918\\_06-j.pdf](http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2014/images/handouts_140918_06-j.pdf)>

<sup>21</sup> 東京電力は、サブドレンの稼働によって、地下水流入を1日200トン程度抑制できるとしている。

<sup>22</sup> 「処理水放出を説明 計画に漁業者ら反発 福島第一」『朝日新聞』2014.9.19。

### （３）凍土方式の陸側遮水壁（凍土壁）の設置

陸側遮水壁とは、地下水を原子炉建屋内に流入させないために、建屋周辺を囲む形で設置する壁のことである。陸側遮水壁の設置は後述の海側遮水壁と同時に検討が行われていたが、平成 23（2011）年 10 月の時点では、建屋内滞留水の流出リスクや他のプロジェクトとの干渉を考慮した結果、陸側遮水壁は設置するべきではなく、海側遮水壁のみで汚染水の流出に対応することが適当と判断された<sup>23</sup>。しかし、平成 25（2013）年 4 月 19 日に開催された第 3 回廃炉対策推進会議<sup>24</sup>で、地下水流入抑制のための抜本策として陸側遮水壁の再検証を行うこととされ<sup>25</sup>、廃炉対策推進会議の下に新たに設置された汚染水処理対策委員会で具体的な方策の検討が行われた。遮水の方法として凍土壁、粘土壁、グラベル（碎石）連壁が検討されたが、遮水効果、施工性等に優れる凍土方式が適切と判断され<sup>26</sup>、同年 6 月の中長期ロードマップ改訂の際に追加対策として盛り込まれた<sup>27</sup>。原子力規制委員会の検討会では凍土壁の設置による地盤沈下の可能性等が論点となったが、影響は限定的との東京電力側の説明が了承され、平成 26（2014）年 6 月に工事が開始された。実際の凍結開始は平成 27（2015）年 3 月が予定されている。

計画では、凍土壁は 1～4 号機を囲む形で全長 1.5km にわたって設置される予定である。しかし、これほどの規模の凍土壁は前例がなく、また建設予定地の地下に多数の配管が通っていることなどから、専門家からは実現性を疑問視する声も上がっている<sup>28</sup>。

なお、この凍土壁の構築と、前述（pp.5-6）したトレンチの凍結止水は別の取組である。東京電力は、トレンチ止水は「水そのもの」を凍結させるのに対し、凍土壁は「地中の水分」を凍らせて凍土にするものであり、凍結させる水の容量・流れともに少ないことから凍土壁の技術的難易度は低いと説明している<sup>29</sup>。ただし、トレンチとの交差部分に凍土壁を設置するためには、トレンチの水抜きとセメントによる充填が完了することが前提となるため、トレンチの水抜き作業の遅れによって凍土壁の建設工事が遅延する可能性がある。

### （４）雨水の土壤浸透を抑えるための敷地舗装

建屋に流入する地下水の発生源としては、①敷地外から流入する地下水、②敷地内に降った雨水が土壤に浸透したもの、があるが、汚染水処理対策委員会サブグループが地下水流動解析を行ったところ、建屋に流入する地下水は主として敷地内の雨水の浸透によるものであるとの結果が示された<sup>30</sup>。

<sup>23</sup> 東京電力「海側遮水壁の工事着手および陸側遮水壁の検討結果について」2011.10.26. <<http://www.tepco.co.jp/cc/press/11102605-j.html>>

<sup>24</sup> 廃炉対策推進会議は、中長期ロードマップの進捗管理や、廃炉に向けた重要事項の審議、決定を行う会議である。平成 25（2013）年 2 月に原子力災害対策本部に設置された（議長：経済産業大臣）。

<sup>25</sup> 東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議「汚染水処理対策に関する課題と対応の方向（案）」2013.4.19. <[http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130419/130419\\_01d.pdf](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130419/130419_01d.pdf)>

<sup>26</sup> 汚染水処理対策委員会「地下水の流入抑制のための対策」2013.5.30. <[http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130531/130531\\_01c.pdf](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130531/130531_01c.pdf)>

<sup>27</sup> 原子力災害対策本部東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議「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」2013.6.27. <<http://www.meti.go.jp/press/2013/06/20130627002/20130627002-3.pdf>>

<sup>28</sup> 嘉門雅史「（私の視点）原発汚染水対策 凍土壁以外も検討せよ」『朝日新聞』2014.7.10.

<sup>29</sup> 他方、トレンチ内の水の流れはごくわずかであり、この程度の流速で凍結しないのであれば凍土壁の構築が実現可能かは疑わしいとする意見もある。例として原子力規制委員会特定原子力施設監視・評価検討会第 24 回会合での議論 <[http://www.nsr.go.jp/committee/youshikisyu/tokutei\\_kanshi/data/20140707.pdf](http://www.nsr.go.jp/committee/youshikisyu/tokutei_kanshi/data/20140707.pdf)>

<sup>30</sup> 汚染水処理対策委員会 前掲注(16)

したがって、敷地内を舗装し、雨水の浸透を防ぐことによって地下水の減少に大きな効果が見込めることから、平成 25（2013）年 12 月に原子力災害対策本部が発表した追加対策に、「広範囲な舗装」又は「追加的な遮水とその内側の舗装」が盛り込まれ、汚染水処理対策委員会で具体的な実施方法が検討された。その結果、地下水バイパスを実施した上で広域的な舗装を行うことが効果的であるとの結論に至り、平成 26（2014）年度中に舗装をおおむね完成させることとされた<sup>31</sup>。工事は平成 26（2014）年 2 月に開始されており、平成 26（2014）年度中に概成を終え、平成 27（2015）年 12 月に完了する予定である<sup>32</sup>。

### 3 汚染水を「漏らさない」

#### （1）水ガラスによる汚染エリアの地盤改良

平成 25（2013）年 6 月以降、タービン建屋東側（海側）のエリアで、汚染された地下水が海に流出していることが明らかになったため、このエリアの地下水の海洋流出防止が喫緊の課題となった。東京電力は、7 月 8 日から水ガラスと呼ばれる固化剤の注入による汚染区域の地盤改良を開始し、平成 26（2014）年 3 月までに工事を終了させた。これに加え、せき止めた地下水を溢れさせないための地下水くみ上げや、雨水の汚染エリアへの侵入を防ぐためのアスファルト舗装も行われている。なお、水ガラスには一定の透過性があるため、水ガラスによる地盤改良だけでは地下水の流出を完全に遮断することはできない。

#### （2）海側遮水壁の設置

汚染された地下水の海洋への流出を遮断するための海側遮水壁の設置については早くから検討がなされており、平成 23（2011）年 10 月に準備工事が開始された。実際の建設工事は平成 24（2012）年 4 月から開始され、平成 26（2014）年 9 月時点で完成率は 98% である。海側遮水壁を閉合するためには、これによって行き場を失った地下水をくみ上げることが必要になるため、サブドレンが稼働した後に閉合を行う予定である。

#### （3）貯水タンクの増設・溶接型タンクへのリプレイス

前述のとおり、建屋に滞留した汚染水は回収されて一部は冷却に再利用され、残りは貯水タンクに貯蔵される（図 3）。これまで汚染水は 1 日 400 トンのペースで増加し続けており、貯蔵量は平成 26（2014）年 10 月末時点で 55 万トンに達している。東京電力は平成 27（2015）年度末までに貯水タンクの容量を約 80 万トンまで増加させる計画を発表しているが、この目標は平成 26（2014）年度末までに前倒しで達成される見込みである<sup>33</sup>。

また、タンクに貯蔵された汚染水が漏れいする事故が平成 25（2013）年 8 月、平成 26（2014）年 2 月に発生したことから、貯水タンクの安全性確保も重要な課題である。東京電力は、平成 27（2015）年 3 月までのリプレイス計画を作成し<sup>34</sup>、初期に設置した横置き

<sup>31</sup> 汚染水処理対策委員会「更なる地下水流入抑制策とりまとめ（案）」2014.4.28. <[http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140428/140428\\_01h.pdf](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140428/140428_01h.pdf)>

<sup>32</sup> 東京電力「発電所敷地内のフェーシング進捗状況について」2014.10.27. <[http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/141027/141027\\_01d.pdf](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/141027/141027_01d.pdf)>

<sup>33</sup> 東京電力「汚染水貯留タンクの増設計画について」2014.4.18. <[http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2014/images/handouts\\_140418\\_13-j.pdf](http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2014/images/handouts_140418_13-j.pdf)>

<sup>34</sup> 東京電力「タンクリプレイス計画・設置工程について」2014.3.12. <[http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140312/140312\\_01d.pdf](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140312/140312_01d.pdf)>

タンクや漏えいが発生したボルト締め型タンクから、漏えいのリスクが低いとされる溶接型タンクへの置き換えを進めている。併せて、タンクの周辺を囲む堰のかさ上げと二重化にも着手し、平成 26（2014）年 7 月に完了している。

### Ⅲ 今後の課題

#### 1 汚染水問題の解決に向けた課題

##### （1）滞留水の除去と建屋の止水

中長期ロードマップでは、平成 27（2015）年上半期に、原子炉建屋に排水ポンプを設置して滞留水の排出に着手する予定になっており、将来的には建屋の滞留水を完全に除去（ドライアップ）し、平成 32（2020）年内に滞留水処理を完了することを目標にしている。また、東京電力は、建屋への地下水流入を防ぐために、トレンチや建屋間配管の止水工事を進めており、最終的には建屋をドライアップした後に建屋地下部をコンクリートで充填することを検討中である<sup>35</sup>。

建屋への地下水流入箇所については、これまでに目視で確認できる範囲の調査を行っており、いくつかの流入箇所では止水工事が完了している。ただし、高線量のため人による作業が困難な箇所もあり、それらの地点についてはロボットによる除染を進め、並行してロボットによる遠隔作業の研究開発を経済産業省の補助事業により行うこととしている<sup>36</sup>。

また、現在は格納容器から建屋に冷却水が漏れ出ているため、汚染水処理を完了させるためには格納容器を止水することも必要となる<sup>37</sup>。格納容器周辺部は特に線量が高く、これまでのところ格納容器の全ての漏えい箇所を特定するには至っていない。中長期ロードマップでは、平成 30（2018）年内に格納容器の止水を完了することとされており、政府はこの目標の実現に向けて、格納容器漏えい箇所特定技術の開発、格納容器補修技術の開発等の研究開発計画を策定し、経済産業省補助事業による研究開発を進めている<sup>38</sup>。

##### （2）トリチウム水の処分

建屋から回収された滞留水は、セシウム除去設備と ALPS によって 62 種類の放射性物質が取り除かれるが、トリチウムだけは技術上除去できず、トリチウム水としてタンクに保管されている。汚染水問題解決のためにはこのトリチウム水をどのように処分するか決定することが必要だが、現時点で方針は定まっていない。

政府は、汚染水処理対策委員会の下に「トリチウム水タスクフォース」を設置し、トリチウム水の処理方法について検討を行っている。平成 26（2014）年 7 月 9 日の会合では処分方法として 8 つの選択肢が示された（表 1）。

<sup>35</sup> 東京電力「地下水流入抑制のための対応方策」2013.4.26。<[http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/roadmap/images/c130426\\_05-j.pdf](http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/roadmap/images/c130426_05-j.pdf)>

<sup>36</sup> 辻元清美衆議院議員提出「「建屋の止水」の「実現性」等に関する質問主意書」（平成 26 年 6 月 18 日提出 質問第 269 号）に対する答弁書（平成 26 年 6 月 27 日答弁第 269 号）<[http://www.shugiin.go.jp/internet/itdb\\_shitsumon.nsf/html/shitsumon/b186269.htm](http://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_shitsumon.nsf/html/shitsumon/b186269.htm)>

<sup>37</sup> 格納容器の漏えい箇所を特定し止水することは、格納容器を水で満たして燃料デブリを取り出す計画を進める上でも重要な工程である。

<sup>38</sup> 原子力災害対策本部政府・東京電力中長期対策会議「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研究開発計画について」2012.7.30。<[http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/120730/120730\\_02h.pdf](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/120730/120730_02h.pdf)>

今後、トリチウム水タスクフォースは、環境・人体等への影響・リスク、コスト・工期について検討・試算を行い、併せて実証実験を通じて技術的可能性を検証する予定である。

なお、トリチウムの人体への影響は他の核種に比べて低いとされており、日本原子力学会や原子力規制委員会の田中俊一委員長は海洋放出が現実的との見解を示している<sup>39</sup>。

他方、トリチウムの人体への影響が限定的だったとしても、地元住民や全国の消費者等がそれを納得するかは別の問題であり、情報提供の在り方や風評被害の影響も今後の検討課題となっている。1979年の米国スリーマイル島（TMI）原子力発電所事故で発生したトリチウム水の場合、当初は河川放流が検討されたものの、下流域で飲料水を取水する自治体等が反対したため、最終的に大気放出が選択された<sup>40</sup>。中長期ロードマップの進捗状況についてレビューを行った国際原子力機関（IAEA）調査団は、東京電力に対し、「意思決定で必要となる科学的根拠を得るために、トリチウム及び他の残存核種を含んだ水を海洋へ放出することによって生じる、住民及び環境に対する潜在的な被ばく影響を評価すること」を助言している<sup>41</sup>。

## 2 汚染水問題への国の関与

廃炉・汚染水対策への取組は、あくまで東京電力が実施主体であり、指導監督を経済産業省が、安全規制を原子力規制委員会が行う、というのが基本的な枠組みである<sup>42</sup>。しかし、平成25（2013）年9月に国が前面に出る方針が示されてからは、一部の汚染水対策に国による財政支援が行われており、また東京電力に対する国の支援を強化することを目的として「原子力損害賠償・廃炉等支援機構」が発足している。

表1 タスクフォースで示されたトリチウム水処分方法の選択肢

処分方法	処分先
地層中に注入廃棄	地下
固化又はゲル化し、地下に埋設廃棄	
高濃度・少量のトリチウム水を廃棄	
海洋放出	海洋
水蒸気として大気放出	大気
水素に還元し、水素ガスとして大気放出	
トリチウム水を貯蔵	設備
高濃度・少量のトリチウム水を貯蔵	

（出典）トリチウム水タスクフォース事務局「今後のタスクフォースの検討の進め方（案）」2014.7.9.  
[http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140725/140725\\_01i.pdf](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140725/140725_01i.pdf) の別紙を基に筆者作成。

<sup>39</sup> 日本原子力学会・福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会「福島第一原子力発電所の汚染水の処理について」2013.8.21. <<http://www.aesj.or.jp/jikocho/documents/press20130821.pdf>>; 「原子力規制委員会記者会見録」2013.12.11. <[http://www.nsr.go.jp/kaiken/data/20131211sokkikoku\\_r.pdf](http://www.nsr.go.jp/kaiken/data/20131211sokkikoku_r.pdf)>

<sup>40</sup> “TMI Operator Wants to Boil off Contaminated Water,” *AP News Archive*, July 31, 1986. <<http://www.apnewsarchive.com/1986/TMI-Operator-Wants-to-Boil-Off-Contaminated-Water/id-5be06a66f7c28eb776c74c381fd3065f>> ただし、TMI 原発事故で発生したトリチウム水の量は約 9,000 トンであり、福島第一原発事故後に発生している量よりはるかに少ないことに留意する必要がある。

<sup>41</sup> IAEA 「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に関する IAEA 国際ピアレビューミッション ミッションレポート（要旨部分のみ）」2013.11.25-12.4. <<http://www.meti.go.jp/press/2013/02/20140213003/20140213003-3.pdf>>

<sup>42</sup> 福島第一原発は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（昭和 32 年法律第 166 号）で規定された「特定原子力施設」に指定されている。これによって、東京電力は廃炉に向けた対策の実施計画を原子力規制委員会に提出することが義務付けられており、原子力規制委員会は提出された実施計画を審査し、不十分であれば変更を命じることができる。

## (1) 財政支援

政府は、これまでに汚染水対策として、約 685 億円の財政支援を行っている（表 2）。

表 2 汚染水対策に関する政府の財政支援

	H23 年度	H24 年度	H25 年度 (予備費)	H25 年度 (補正予算)	H26 年度	計
凍土方式の遮水壁の構築	—	—	136 億円	183 億円	—	319 億円
高機能な多核種除去設備 の実現	—	—	70 億円	80 億円	—	150 億円
港湾内の海水浄化や土壌 中の放射性物質除去とい った技術的難易度が高い 追加対策の技術検証等	—	—	—	215 億円	—	215 億円
計	—	—	206 億円	479 億円	—	685 億円

(注) 格納容器の止水や建屋の除染に関する研究開発費はここに含まれない。

(出典) 財務省「平成 26 年度予算のポイント 司法・警察、経済産業、環境係予算」2013.12. <[https://www.mof.go.jp/budget/budger\\_workflow/budget/fy2014/seifuan26/05-03.pdf](https://www.mof.go.jp/budget/budger_workflow/budget/fy2014/seifuan26/05-03.pdf)> を基に筆者作成。

## (2) 原子力損害賠償・廃炉等支援機構

平成 26 (2014) 年 5 月 14 日、廃炉に向けた国の支援体制を強化することを目的として、「原子力損害賠償支援機構法の一部を改正する法律」（平成 26 年法律第 40 号）が成立した。これにより、8 月 18 日、原子力損害賠償支援機構は「原子力損害賠償・廃炉等支援機構」に改組されるとともに、従来の業務に加えて以下の機能が追加された<sup>43</sup>。

- ① 廃炉等に関する専門技術的な助言・指導・勧告
- ② 廃炉等に関する研究開発の企画・推進
- ③ 特別事業計画を通じた廃炉実施体制に対する国の監視機能の強化
- ④ 廃炉等に関する業務の一部を事業者からの委託により実施可能
- ⑤ 廃炉業務を通じて得られた知見・情報の国内外への提供
- ⑥ 主務大臣への廃炉業務の報告（毎事業年度）、これを主務大臣が公表

また、法に規定された国の責務に、汚染水による環境への悪影響の防止等の環境の保全について配慮しなければならない旨が追加された。さらに、国は、福島第一原発の汚染水の流出の制御が喫緊の課題であることに鑑み、国内外の不安が早期に解消されるよう万全の措置を講ずる旨が附則に規定された。

原子力損害賠償・廃炉等支援機構は、現在、燃料デブリ取出し等の重要課題の戦略立案や、汚染水対策の進捗管理支援等の業務を行っている。

## (3) 論点

政府は、福島第一原発の廃炉・汚染水問題について、一義的には東京電力が責任を負うとの見解を示している<sup>44</sup>。しかし、問題の規模や技術的難易度を考えると東京電力だけに任せるのは困難であり、また、福島第一原発事故の収束に当たっては、国にもこれまで原

<sup>43</sup> 経済産業省「原子力損害賠償支援機構法の一部を改正する法律の概要」2014.5. <<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryu2014/siryu18/siryu1.pdf>>

<sup>44</sup> 第 184 回国会衆議院経済産業委員会議録第 3 号 平成 25 年 9 月 30 日 pp.13, 16 等

子力政策を推進してきた責任が問われている。こうした観点から、国が廃炉・汚染水対策への関与を深めることには肯定的な見方が多いものの、その費用が国民の負担に転嫁されていることには留意する必要がある。国民負担をいたずらに増加させないためには、国と東京電力との役割や費用の分担について明確化することが求められよう。ただし、廃炉・汚染水対策を進める上では解決すべき様々な課題があり、今後国の一層の関与が必要となる可能性もある。その際は、国民負担の前提として、より踏み込んだ東京電力の事業合理化や、東京電力株主・関係金融機関等の責任についても議論が必要となる<sup>45</sup>。

## おわりに

福島第一原発の汚染水処理は、今後廃炉に向けて使用済燃料や燃料デブリの取出しを行う上で前提となる取組である。本稿では汚染水問題に対して政府・東京電力が打ち出した様々な対策を紹介したが、現時点では決定的な効果が現れているとは言い難い。汚染水問題の発生から3年半以上が経過した現在も、津波・地震等の自然災害やヒューマンエラー等によって汚染水が環境中に流出するリスクは依然として残されており、リスク低減に向けて慎重でありながらも速やかな対応が望まれる。

他方、汚染水問題を最終的に解決するためには10年規模の対応が必要であり、汚染水対策を継続的に実施するための体制づくりや人材の確保等は長期的な課題である。また、今後技術的に困難な工程に進むにつれて、技術の実用性・妥当性の評価方法や、研究開発費用の分担の在り方等も重要な論点となる。これらの点は、30～40年を要し、かつ多くの技術的課題を抱える廃炉措置を完遂する上では、より一層重要である。

平成25(2013)年9月10日に開催された第1回廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議では、汚染水問題への対応について国内外から技術提案を募集することが決定された。この結果、計780件の提案があり(約4割が海外からの提案)、複数の技術提案が採用されて現場で用いられている<sup>46</sup>。世界に前例がない廃炉・汚染水問題に取り組む上では、今後も国の内外から叢智を結集して問題解決に当たる姿勢が求められよう。

---

<sup>45</sup> 橘川武郎「東電、発電設備の売却を、国庫負担増の前提に」『日本経済新聞』2014.1.29; 「検証、3つの経営形態 社内分社は甘すぎる」『日経ビジネス』1718号, 2013.12.2, pp.40-45.

<sup>46</sup> 東京電力「福島第一原子力発電所における汚染水対策に係る技術公募の活用・検討状況」2014.4.28. <[http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140428/140428\\_011.pdf](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140428/140428_011.pdf)>

別表 汚染水問題に関するこれまでの主な経緯

年	月 日	
2011	3. 11	東日本大震災発生 津波により、福島第一原発 1～4 号機建屋に海水が浸入
	3. 12	炉心溶融が発生した 1 号機に外部からの注水を開始 (13 日から 3 号機、14 日から 2 号機でも注水開始)
	4. 2	2 号機の取水口付近のピットから汚染水が海に流出していることが判明
	4. 4	高濃度汚染水の貯蔵場所確保のため、集中廃棄物施設等に滞留していた低濃度汚染水約 1 万トンに海に放出 (～4 月 10 日)
	4. 17	東京電力、「福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋 当面の取組のロードマップ」を発表
	5. 11	3 号機の取水口付近のピットから汚染水が海に流出していることが判明
	5. 17	「当面の取組のロードマップ」を改訂 循環注水冷却を導入する方針を示す
	6. 27	循環注水冷却が本格稼働
	10. 28	海側遮水壁の準備工事開始
	12. 16	野田佳彦首相 (当時) が冷温停止を宣言
	12. 21	原子力災害対策本部、廃炉に向けた中長期ロードマップを発表
2012	4. 25	海側遮水壁の本格工事開始
	7. 30	中長期ロードマップを改訂 地下水バイパス計画を汚染水対策に追加
	10. 2	地下水バイパス用の工事開始
2013	1. 8	地下貯水槽の運用開始
	3. 30	ALPS の A 系統が稼働開始 (6 月 13 日に B 系統、9 月 27 日に C 系統も稼働開始)
	4. 5	地下貯水槽からの汚染水漏れが発覚
	6. 19	1、2 号機タービン建屋東側の地下水から高濃度のトリチウムを検出 (東京電力は、7 月 22 日、汚染された地下水が海に流出していると発表)
	6. 27	中長期ロードマップを改訂 陸側遮水壁 (凍土壁) の設置を汚染水対策に追加
	8. 19	H4 エリアの貯水タンクからの汚染水漏れが発覚
	9. 3	政府、汚染水問題に関する基本方針を発表
	9. 7	安倍晋三首相が、IOC 総会の五輪招致演説で、汚染水問題の状況はコントロールされていると発言
	12. 20	政府、汚染水の追加対策を発表
2014	2. 19	H6 エリアの貯水タンクからの汚染水漏れが発覚
	4. 28	2 号機タービン建屋とトレンチの結合部の止水工事開始
	5. 21	地下水バイパス開始
	5. 21	「原子力損害賠償支援機構法の一部を改正する法律」 (平成 26 年法律第 40 号) の公布
	6. 20	陸側遮水壁 (凍土壁) の工事開始
	8. 12	サブドレンからの試験くみ上げ開始
	8. 18	原子力損害賠償支援機構が原子力損害賠償・廃炉等支援機構に改組
	9. 17	増設 ALPS の A 系統が稼働開始 (9 月 27 日に B 系統、10 月 9 日に C 系統も稼働開始)
	10. 18	政府の補助事業で開発された高性能 ALPS が稼働開始
	11. 21	タービン建屋とトレンチの結合部の止水を断念し、トレンチを埋め立てる計画に移行

(出典) 政府・東京電力資料を基に筆者作成。