

## 推理小説 福島原発で何が起こったか、そして、今

東北大学 流体科学研究所 圓山重直

(2011/5/8 作成)

(2011/5/11 改定)

### はしがき

これまで、我々のグループでは、福島第一原子力発電所（以下「原発」と略記）で起きている現象の推定と原発収束への提言を行ってきた。すでに我々のグループで発信し URL <http://www.ifs.tohoku.ac.jp/maru/atom/>に掲載しているHeat Transfer Control Lab. Report No. 10, Ver. 1-b (2011/5/4) (以下「Rep.10.1-b」と略記)でも報告しているように、原発は巨大で不気味な怪物で我々はこれを収めなければならないが、戦争や自然災害と異なり、相手は物理法則に基づいて反応する。また、原発は我々が作り出した物である。人間が相手の戦争や未知な現象が複雑に絡まる自然災害より制圧は容易なはずである。

原発収束のためには、相手を知ることが一番重要である。原発で起きている現象は物理現象の結果なので、正確なデータと適度な洞察力があれば、かなりの確度で原発の現象が推定できるはずである。原発事故が収まってから、各種機関や学会で検討される「事故調査」では、全てデータが出そろい、現象も収束した段階で正確な分析が行われるはずである。最終的には、原子炉解体時あるいは封印時の事故調査で全てが明らかになるはずである。しかし、**原発事故は今現在進行しており**、現象が終わってから原因を明らかにしても遅きに失することになる。

そこで、現在入手可能な公開データとこれまでの解析結果を用いて、原子炉で起こったことの推定と、現在の状態の把握を行うことにした。限られたデータと、さらにもっと限られた時間と労力から推定される**現象の正確度は非常に限定的である**。しかし、洞察力を働かせるとかなり色々なことが推定できる。そこで、「推理小説」として、原子炉の現状を出来るだけ定量的に推定した。さらに、原子炉内で何が起きているかを想像した。この「想像」がどのくらい正確であるかは、約10年後の炉心調査を待たなければならない。想像を織り込んだ事象予測は、小説家ではない研究者として好ましくないかもしれない。また、著者自身の知識の不足や、時間の制限から不正確なデータを出すことになる。しかし、原発の一日も早い収束を願い、この「小説」を公開することにした。

現場の当事者は、私たちより遙かに膨大なデータと現象の記録を持っているはずである。さらに、多数の現場エンジニア、現象解析チームやこれまでのシミュレーションツールも保有しているはずである。この小説を基にして現象のより正確な把握と今後の原発対策に役立てていただければ幸いである。

前報告の Ver.1 では、速報として破損の概略を示した。今回の Ver.2 では、より詳細な解析と1号炉の時系列解析を行った。Ver.3 では2,3号機の原子炉とプールの時系列解析を行う予定である。

## 目次

1. 東日本大震災発生
2. なぜ注水量を変えても水位が変わらないのだろうか？
3. なぜ外側より圧力の低い容器から蒸気が放出されるのだろうか？
4. 容器の破壊開口部面積の簡易推定法
  - 4.1 3号機格納容器の破壊開口面積
  - 4.2 1号機圧力容器の水漏洩開口面積
  - 4.3 1号機容器の蒸気洩開口面積
  - 4.4 2号機容器サプレッションチャンバーの蒸気洩開口面積
5. 1-3号機の原子炉で何が起きたか
  - 5.1 1号機原子炉で何が起こったか
6. 原子炉事故収束へ向けて

### 1. 東日本大震災発生

本章では、原発 1-4 号機に起こった共通事象について、原子力災害対策本部 平成 23 年（2011 年）東京電力(株)福島第一・第二原子力発電所事故（東日本大震災）について（平成 23 年 5 月 1 日（17:00）現在）（以下「対策本部報告」）に基づき列挙する。

地震発生前、1-3 号機は下記に示す定格で運転中。4 号機は定期点検と炉心の改良工事のために運転停止中で、原子炉内の燃料体を格納プールに保存中であった。

表 1 原子炉のスペック (Rep.1.4)

	電気出力[1] MW	熱出力[1] MW	原子炉型式[1]	格納容器型式[1]	燃料集合体数[1][2] 体	燃料集合体タイプ[2]
1号機	460	1380	BWR3	マーク I	400	高燃焼度 8×8 : 68 体 9×9 B 型 : 332 体
2号機	784	2381	BWR4	マーク I 改	548	9×9 B 型 : 548 体
3号機	784	2381	BWR4	マーク I 改	548	9×9 A 型 : 516 体 MOX : 32 体
4号機	784	2381	BWR4	マーク I 改	548	9×9 B 型 : 548 体

2011 年 3 月 11 日 16:42 マグニチュード 9.0 の大地震が三陸沖で発生し、原発の全交流電源が停止した。この地震の揺れによって、原子炉建屋の一部は破損したものと考えられる。また、原子炉建屋のクレーンや本体とタービン建屋を繋ぐ配管等にひび割れが発生した可能性がある。しかし、原子炉本体は健全を保ち、圧縮空気によって各原子炉炉心に制御棒が挿入され臨界が停止した。また、原子炉の主蒸気バルブと主給水管バルブは閉鎖された。この作業は、後の結果を考えると、ほぼうまくいったと考えられ

る。

臨界停止直 10 分後の、各原子炉の崩壊熱の推定値は 1 号機で 22MW、2, 3 号機で 39MW であった。各原子炉の崩壊熱の推定値 (Rep. 1. 4) を図 1 に示す。

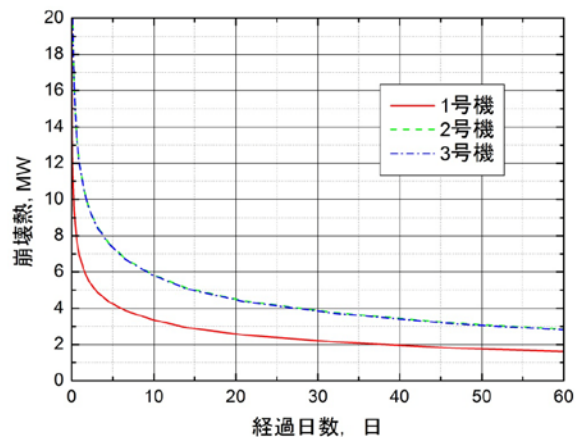


図 1 崩壊熱の経時変化 (Rep.1.4)

停電後、各号機の非常用ディーゼル発電機が正常に動作し、残留熱除去設備 (RHR) が作動した。この設備は、原子炉水を原子炉再循環配管より取水し、海水で冷却後原子炉に戻す冷却装置である。本装置は冷温停止中も作動し、炉心を低温に保つ。ポンプ作動 54 分後の 16:36 に津波によりディーゼル発電機が停止し、原発の全ての原子炉が全電源喪失の事態となった。RHR 停止後一定温度まで冷却された原子炉が崩壊熱によって再び高温高圧になる。その時、原子炉隔離時冷却設備 (RCIC 設備) が作動した。本装置は崩壊熱によって精製された蒸気でタービンを駆動し、サブプレッションチャンバー (圧力抑制室、SC) 内の水を炉心に注入する。また、タービン内で断熱膨張した蒸気を SC 内の水で凝縮させることにより、圧力容器内を冷却する装置である。この装置は外部電源が無くとも作動することが出来る。RCIC 設備は 1-3 号機全てで作動した。

SC の容積を概略図から見積もり、その半分に水が満たされていると仮定すると、その水量は約 5000 トンである。後述するが、もし SC の水が初期温度 20°C で 100°C まで熱を吸収すると仮定すると、RCIC 設備は 2 日程度の稼働が考えられる。実際は SC 内の水が均一に加熱されることはないので、この推定はかなり多めの値である。1 号機は数時間で動作を停止したと推定される。RCIC 設備がどのくらい稼働したかは、その後の原子炉破損状況とも大きく関連する。「対策本部報告」では、RCIC 設備可能時間に「発電所の状況」と原子力安全・保安院の報告とが矛盾する箇所がある。RCIC 設備停止後、比較的短時間に圧力容器及び格納容器の破壊が起きていると考えられる。炉心溶融はその後発生したと推定される。

ここで注目したいのは、水素爆発や SC 破損・火災などの後、つまり、3 月 17 日以後は原子炉の破損は止まっており、破損箇所の形状は変わっていないと予想されることである。しかし、崩壊熱や格納容器内の水量は種々変化している。したがって、17 日以後の温度データや圧力データ、崩壊熱データが分かれば、原子炉の破損状態や現在起きている熱流動現象がある程度推測できる。それが明らかになれば、今後どのような対策を施せばよいかを定量的に推定できるはずである。

## 2. なぜ注水量を変えても水位が変わらないのだろうか？

原子炉破損後、圧力容器への注水が行われている。最初は原子炉設備内の冷却水を注入したが、その後海水を注入した。3月15日付けのレポート（非公開）では、海水注入と蒸発による塩の流路閉塞と炉心過熱の危険性について指摘した。現在（5月5日）は近郊のダムから引いた真水を注入しているので、塩による炉心閉塞は問題なくなっていると考えられる。圧力容器（RPV）破損後は、水の量を変化させても水位はあまり変わらなかった。4月29日には1号機の注水量を倍にしたが、水位はあまり変わらなかった。この原因を考えてみよう。

詳しい図面の入手が出来ないため詳細は不明であるが、RCIC 設備が停止し、原子炉圧力容器内の圧力が上昇したとき、まず、原子炉再循環ポンプまたはその他付随設備が破損したと考えられる。想像であるが、このポンプは燃料棒の中程と下部の配管を介して接続しており、圧力容器（RPV）より下部の格納容器（Dry Well, DW）に設置されている。通常は下部の配管から取水し、上部配管より圧力容器へ注水する。ポンプの軸受け等が破壊されると高圧になった炉心の水がDWへ放出され、水位が一気に減少する。このときは、崩壊熱による蒸発と水面低下のバランスは取れない。その後、燃料棒上部がドライアウト状態になり、原子炉停止直後では、ジルカロイ-水蒸気反応が起きる場合がある。

炉心に水を入れると一部は蒸発し、上部の配管を通りポンプの破損部から蒸気として放出される。過剰な水を入れると余剰水は上部配管より上に滞留することになる。崩壊熱の蒸気はRPV上部に溜まるが、逃げ場がないので圧力が上昇し余剰水をポンプ破損部から急速に排出することになる。従って、**崩壊熱以上の水を入れても無駄である**ことが分かる。しかし、投入水量が少ないと水位が減少しドライアウト領域が多くなり圧力容器上部温度が上昇する。3号機の水を絞ったとき発生したRPV上部の温度上昇はこれが原因であると推定される。手元に燃料棒と再循環ポンプ配管の詳細な位置関係が無いのでこれは、推定である。もしかしたら、他の配管系が上記の現象を起こしているかもしれない。もし、この推定が正しければ、1-3号機圧力容器の主な破損箇所は再循環ポンプであると思われる。

現在は、燃料棒の発熱密度が小さくなっている（Rep. 1.4）、燃料棒上部が空だきになっても下部に水がある限り炉心溶融やジルカロイ-水蒸気反応は起きていないと予想される（Rep. 2.2）。ただし、完全空だきになると炉心温度が急上昇する（Rep. 7.1）。現状は、ドライアウト時の高温で、燃料棒が破壊され一部溶解していると予想される。また、かなりの燃料は、ドライアウト後の注水でばらばらになり、ペレットの状態ですープのように沸騰していると考えられる。この状態が維持されている限り、炉心の水素発生の可能性は低いと考えられる。ただし、RPV下部で沸騰した飽和蒸気は、乾いている燃料棒上部で加熱され加熱蒸気となっている。そのため、RPV上部の温度は下部より高くなっている。RPV内の温度分布については、水面から上方に行くに従って上昇するが、水面上部の燃料棒の状態（どのくらい水面から出ているか）や、RPVを介した熱交換によって異なるものと考えられるが、シミュレーションは可能であろう。

## 3. なぜ外側より圧力の低い容器から蒸気が放出されるのだろうか？

3号機では、圧力容器（RPV）の圧力が格納容器（DW）より低いにも関わらず蒸気が放出されている。また、2号機では、格納容器が外部より圧力が低いにもかかわらず蒸気が外部環境に放出されている。なぜだろうか？放出されている蒸気が全て水となればこの関係は成り立つが、Rep. 10.1 および 10.2 に述べたように、エネルギーの保存則から、蒸気の潜熱を原子炉内の水の顕熱で吸収することは不可能である。つまり、炉内で発生した蒸気は蒸気として出ているのだ。

先ず最初に疑うべきは、圧力計が正しく表示していない可能性がある。この場合、以下の推論は無意味となる。しかし、5月3日の原子炉の圧力温度「福島第1原子力発電所プラント関連パラメータ、5月3日6:00現在」（東京電力発表）では、2号機は圧力容器で-0.2気圧（ゲージ圧）格納容器（DW）で-0.3気圧を与えている。さらに、3号機は格納容器がほぼ大気圧なのに圧力容器が-0.8気圧を与えている。測定精度はともかく、これらが全て計測器の誤作動とは考えにくい。

圧力の値がほぼ正しいとすると、**圧力の低いところから高いところに蒸気が流れるという、この大いなる矛盾はどこから来るのであろうか。**この説明には、大いなる想像力と洞察力が必要である。私は、ある一つの可能性を見いだした。実際の現象とは異なるかもしれないが、限られたデータの考察から下記に示す現象が実際の炉内で起きている可能性はあると思われる。

圧力容器と格納容器との関係に着目し、現象を整理してみる。圧力容器には外部から水が連続的に注入されている。また、燃料体は崩壊熱を発生し原子炉内の水を沸騰させさらに、燃料棒上部の乾燥域で一部加熱蒸気となっている。再循環ポンプが破損している。可能性として圧力容器下部の制御棒挿入部も破損している可能性がある。これまで注入した余剰の水が圧力容器破損部より漏れ出て、格納容器に溜まり圧力容器下部は水につかっていると予想される。

内外の容器が繋がっている場合、圧力容器の水面に比べて格納容器の水面が低いとサイフォン効果によって内部の圧力は低くなる。しかし、内部からは蒸気が生成されるので圧力が上昇してしまう。この謎を解く鍵の一つが「ヘロンの噴水」ではないかと考えた。

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%98%E3%83%AD%E3%83%B3%E3%81%AE%E5%99%B4%E6%B0%B4>

これは水の位置エネルギーを使って水面より高く水を噴射させる装置である。この逆で蒸気を低圧から高圧に場所に噴き出すことが出来るかもしれない。しかし、これは難しい。

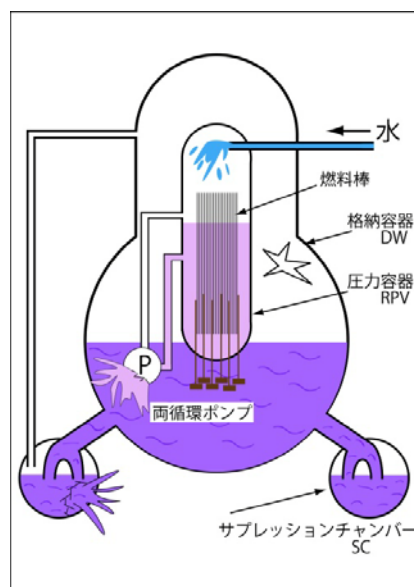


図2 原子炉の破損状況と蒸気流出箇所の推定

このパラドックスを解く秘密は、水の漏れと注入水の動的な挙動と、さらに蒸気の非定常噴出にあった。つまり、压力容器下部は破損しかつ水につかっているために格納容器に対して負圧になっている。さらに、再循環ポンプの上部配管の入り口は蒸気となっている。燃料棒の発熱で蒸気圧が一時的に上昇するとその圧力で上部配管の水を押し下げ蒸気が格納容器に噴出される。圧力が下がると再び管内に水が入りサイフォン効果で圧力が下がる。压力容器が高圧になると水も格納容器に漏れるが、蒸気と水では粘度と密度が大幅に異なるので水の漏れは僅かである。さらに、压力容器には水の漏洩分の給水が常に行われているので、压力容器の水位はほぼ一定に保たれる。

以上から、**炉心への給水量は蒸発量より若干多くないと水位が維持できないこと、压力容器の圧力は非定常に変動していることが想像される。**この推定が実測値と合っていれば、「ビンゴ」である。

上記の推定を、簡単な実験装置で検証した。本レポートと同時に実験動画を発信するのでご覧いただきたい。動画はURL <http://www.ifs.tohoku.ac.jp/~maru/atom/index.html> にアップロードしてある。「百聞は一見にしかず」「論より証拠」である。このビデオでは、容器の底に人為的な漏れを作り水に浸ける。さらに、蒸気発生を模擬した息を吹き込むことによって水面がほとんど変わらずに蒸気が外部に噴出する。蒸気噴出が停止すると容器内部の水面は元に戻り負圧が維持される。

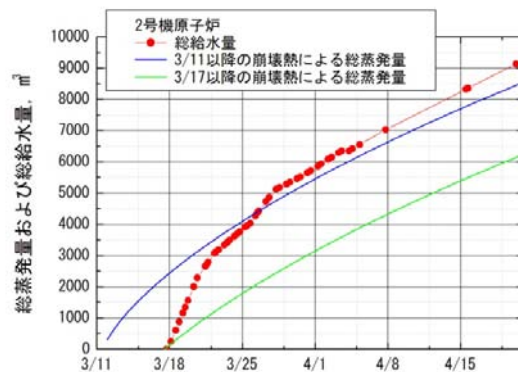


図3 2号機原子炉への供給総水量と総蒸発量(Rep.13.1)

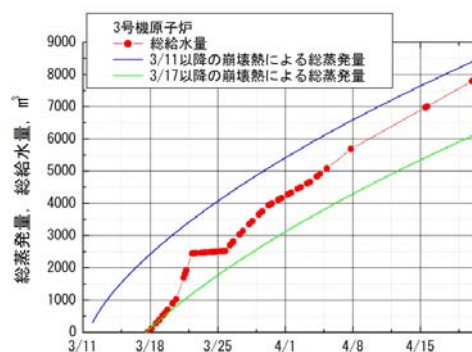


図 4 3号機原子炉への供給総水量と総蒸発量(Rep.13.1)

このことから、格納容器内に溜まった水の量が推定される。5月3日の時点では、2号機圧力容器と格納容器の負圧が0.1気圧（水頭で1m）なので、格納容器内の水面は圧力容器水面とあまり変わらないと予想される。しかし、3号機は大幅に減圧しているため水面の落差は8m以上あると想定される。本推定には、圧力の動的挙動が考慮されていないので1mと8mの落差は最低値であり、実際にはこれより大きな水位差がついていることが予想される。図3、4は、これまで投入した水の未蒸発量を示している。2号機の方が3号機より余剰水が多いことから上記の水面の推定量が定性的に裏付けられている。

2号機は格納容器圧力が外気圧より低い。これも同様な推定が可能である。2号機はサプレッションチャンバー（SC）の破壊が予想されている。格納容器内には水が溜まっており、管路を通じてSC内の水と繋がっている。ここに格納容器内上部とSC内の水を接続する管路があれば、圧力容器と格納容器との関係と全く同じ現象が起こりうる。このとき、格納容器への上記と水は圧力容器から供給される。格納容器内の水面とSC内の水面差は5月3日時点で3m以上あると考えられる。SCは破損してSC収納室に水が充満しその水面がSCの水位と等しいと考えられる。また、配管を通じてSC内の水に噴出された蒸気の一部は凝縮するが、その周囲は飽和温度の水になっていると考えられるので、蒸気として環境に放出される。2号機SCの水温度が、1、3号機に比べて高いことも、この現象を裏付けている。ただし、格納容器の空間は大きいので、圧力容器に比べると圧力変動の周期は大幅に大きくなると考えられる。そのような圧力変動が2号機格納容器に存在するかどうかは公開されたデータのみでは分からない。

1号機の圧力容器は高圧になっている。そのデータは2つの圧力計で大きく異なり、5.5気圧と126気圧を示している。水の飽和蒸気圧温度に換算すると、それぞれ155℃と190℃になる。一方、給水ノズル温度142℃に対応する蒸気圧は3.8気圧となる。いずれにしても格納容器に比べてかなり高圧であり、内部圧力が5.5気圧と仮定すると、その蒸気は循環ポンプ破損部を通じて格納容器に直接噴出している。また、制御棒挿入部などの圧力容器下部を介して比較的大量の水が漏出している。そのため、1号機は原子炉発熱量が少ないにもかかわらず多量の水を注入する必要がある。

#### 4. 容器の破壊開口部面積の簡易推定法

各原子炉容器は何らかの形で破損している。破損口の形状や大きさは不明であるが、漏れ蒸気と漏れ水の値は、炉心の崩壊熱量と水位を一定に保つために投入している水の量から、それぞれの原子炉の状態を計測してある。さらに重要なことは、3月17日以後は原子炉に大きな破損の証拠がないことから、破損口の形状に変化が無いことが予想される。

流体力学の運動量保存式から、容器内と容器漏れ口の圧力、速度、位置の関係は次式で表される。

$$\rho_2 e_{loss} = \left[ p_2 + \frac{1}{2} \rho_2 v_2^2 + \rho_2 g z_2 \right] - \left[ p_1 + \frac{1}{2} \rho_1 v_1^2 + \rho_1 g z_1 \right] \quad (1)$$

$\rho$ ,  $e_{loss}$ ,  $p$ ,  $v$ ,  $g$ ,  $z$ は、それぞれ密度、運動エネルギー損失、圧力、速度、重力加速度、流体の位置である。ここで、位置2にある漏れ口を開口部 $A_2$ で開口比が非常に小さいオリフィスと考える。密度変化が小さいとして、場所1の流体速度が十分小さく運動エネルギー損失が無視できるとき、オリフ

イスの流量 $Q$ は次式で表される。

$$Q = \alpha A_2 \sqrt{2 \left[ \left( \frac{p_2}{\rho} + gz_2 \right) - \left( \frac{p_1}{\rho} + gz_1 \right) \right]} \quad (2)$$

ここで、 $\alpha$ はオリフィスの流量係数で、開口比が小さくレイノルズ数が十分大きい場合は0.6となる。

この式が意味するものは、オリフィスの圧力損失が動圧つまり $\rho v^2/2$ に比例する大きさを持つことである。もし、多数の細かい流路を介して漏れる場合は、流量と圧力差は比例関係となり、ダルシー則が適用できる。これは、トレンチとタービン建屋汚染水の漏洩で適用できるケースである。過去の原子炉パラメータと投入水量、崩壊熱データによって開口部面積を計算し、上式で記述できれば開口部のおおよその大きさが推定できる。もちろん、開口部は複数でもよく、この $A_2$ はその総和となる。

#### 4.1 3号機格納容器の破壊開口面積

例として、5月3日のプラントデータを用いて3号機格納容器の開口部を計算してみる。3号機は水素爆発によって格納容器が破壊されていると考えられる。そこから100°Cの飽和水蒸気が漏出していると考えられる。5月3日時点の推定発熱量はRep. 1.4より3.0MW、蒸発水量は $\dot{m} = 1.4\text{kg/s}$ と推定される。このときの100°C飽和蒸気の密度は $0.598\text{kg/m}^3$ 、漏れ位置のポテンシャルエネルギーは無視できる。外気との圧力差は2.5kPaであった。式(2)を変形すると、

$$\dot{m} = \rho Q = \alpha A_2 \sqrt{2(\rho p_1 - \rho p_2)}, \quad A_2 = \frac{\dot{m}}{\alpha \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)}} \quad (3)$$

式(3)に値を代入して計算すると $A_2 = 4.3 \times 10^{-2} \text{m}^2$ 、つまり等価直径は23cmとなる。格納容器にはこれくらいの穴が開いていることになる。他のプラントパラメータでも計算してほぼ同じ開口面積が得られると、本仮定は正しいことが証明される。このときの流速は、54m/sでありレイノルズ数は十分大きい。もし、非常に細かい亀裂が多数存在する場合は、流路抵抗は流速に比例するので、ダルシー則を使ったモデルを使用する必要がある。

比較的データが揃っている3月26日11:00現在のプラントパラメータを見ると、3号機格納容器と外気との圧力差は5.3kPaであった。このときの3号機の崩壊熱は5.0MW、蒸発量は $2.32\text{kg/s}$ である。100°Cの蒸気が漏れていると仮定した場合。と $A_2 = 4.9 \times 10^{-2} \text{m}^2$ 、つまり等価直径は25cmとなり、5月3日の開口部面積と比較的よく一致する。

#### 4.2 1号機圧力容器の水漏洩開口面積

3章でも述べたように、圧力容器は再循環ポンプが疑われる蒸気の漏れ口と、そのポンプまたは制御棒可動部が疑われる容器底部の水漏れ穴が開いていると考えられる。蒸気漏れ口が大きく流路抵抗が少ないときは3章で述べた、サイフォン効果による蒸気と炉心水の漏洩が起こる。しかし、漏れ口面積が小さく圧力容器が高压となる場合は、オリフィス効果による蒸気と水の漏洩が起こる。本節では、水が漏



洩す開口部の大きさを推定する。

5月3日時点で、格納容器にどのくらいの水が入っているかは不明である。4月23日の新聞報道では水深6m程度であり、その後投入水量の増加等で炉心の水面と格納容器の水面の差は5mと仮定した。また、压力容器圧力はA系の0.453MPaGを採用する。その時の飽和温度は155°Cであり、压力容器内温度142.1°Cと近い値となる。また、5月3日時点の崩壊熱は1.75MW、蒸発量は0.81kg/sである。その時の投入水量は5.9トン/hまたは1.64kg/sなので、 $\dot{m}=0.83\text{kg/s}$ の水が余剰である。压力容器内の水面は一定に保っているため、それが格納容器に漏洩している。140°Cの飽和水の密度は926.1kg/m<sup>3</sup>である。式(2)より、

$$A_2 = \frac{\dot{m}}{\alpha\rho\sqrt{2\left[\left(\frac{p_2}{\rho} + gz_2\right) - \left(\frac{p_1}{\rho} + gz_1\right)\right]}} \quad (4)$$

値を代入して計算すると  $A_2 = 5.1 \times 10^{-5} \text{ m}^2$  (PV圧力を0.453MPaG, DW圧力を0.135MPaAで計算)つまり等価直径は8.1mmとなる。その時の流速は17.5m/sとなる。この程度の速度となるとキャビテーションが発生することもある。その場合は開口部の大きさが変わることとキャビテーションエロージョンで徐々に隙間が大きくなることも考えられる。

3月26日のプラントパラメータによると、2kg/sの水を投入している。図3からこの時点の余剰水は格納容器の水深6mと報じられたものより低いと考えられる。そこで、压力容器と格納容器の水位差は8mと仮定した。後で当入水量を増加させているところから、この時点では水位と投入水のバランスは取れていない可能性がある。このときの崩壊熱は2.89MW、蒸発量は1.34kg/sである。その差、0.64kg/sが水として漏出していれば水面はバランスする。5月3日のデータより、開口面積を  $A_2 = 5.1 \times 10^{-5} \text{ m}^2$  と仮定した場合、圧力差0.2073MPaと水面差8mから  $\dot{m}=0.70\text{kg/s}$  であり、毎秒0.6kg/sの水が炉心から余分に失われていることになる。しかし、27日の水位は変わらず、28日に50mmの水位低下があった(28日の水量1.89kg/s)、いずれにしても開口部の大きさは直径8mm程度である。

#### 4.3 1号機容器の蒸気洩開口面積

压力容器の蒸気は再循環ポンプの破損口から漏洩していると考えられる。再循環ポンプは格納容器の底部に設置されていると推定されるので、格納容器水面から10m下の破損口から蒸気が噴出していると考えられる。つまり、格納容器圧力より0.1MPa大きな圧力がかかっている。そこで、噴出口の蒸気条件を140°C、0.2MPaとして蒸気密度1.0kg/m<sup>3</sup>と見積もった。崩壊熱による蒸気流量は0.81kg/sである。格納容器内の蒸気的位置エネルギーは無視できるから、 $p_1 = 0.553\text{MPa}$ 、 $p_2 = 0.2\text{MPa}$ として、式(3)より、値を代入して計算すると  $A_2 = 1.60 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ 、つまり等価直径は45mmとなる。その時の流速は506m/sとなり音速を超えるので、蒸気の圧縮性を考慮する必要がある。

次に格納容器(DW)から外部環境への蒸気流出を考える。プラントパラメータから  $p_1 = 0.135\text{MPa}$ 、 $p_2 = 0.1013\text{MPa}$ 、100°C飽和蒸気の密度0.598kg/m<sup>3</sup>を用い、蒸気流量0.81kg/sで、

式(3)から開口部の面積を計算すると  $A_2 = 6.72 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ 、つまり等価直径は 93mm となる。その時の流速は 202m/s である。現在は、窒素を DW 内に注入しているようである。その場合、流出量に窒素の流量を加え、物性値も若干修正の必要がある。穴は若干大きくなるだろう。さらに、窒素を多量に注入しても圧力が一定以上上昇しないことも、この解析から定量的に明らかになると思われる。報道によると、窒素注入量は日量 1000Nm<sup>3</sup> である。これを 1 秒当りに直すと 0.012 Nm<sup>3</sup> となり、水蒸気に比べて無視できる量である。

3 月 26 日の崩壊熱は 2.89MW、蒸発量は 1.34kg/s である。圧力容器の圧力  $p_1 = 0.477\text{MPa}$ 、破損開口出口の圧力は水面下 3m にあることを考慮して  $p_2 = 0.30\text{MPa}$  とする。蒸気を 140°C 0.3MPa として 密度を 1.8kg/m<sup>3</sup> と見積もった。式(3)から開口部の面積を計算すると  $A_2 = 2.80 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ 、つまり等価直径は 60mm となる。その時の流速は 265m/s であり、音速以下となる。5 月 3 日のデータは音速を超えているので等価直径が 60mm 程度の穴が開いていると見た方が妥当かもしれない。

3 月 26 日のデータより、格納容器 (DW) から外部環境への蒸気流出を考える。プラントパラメータから  $p_1 = 0.270\text{MPa}$ 、 $p_2 = 0.1013\text{MPa}$ 、100°C 飽和蒸気の密度 0.598kg/m<sup>3</sup> を用い、蒸気流量 1.34kg/s で、式(3)から開口部の面積を計算すると  $A_2 = 5.10 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ 、つまり等価直径は 81mm となる。その時の流速は 439m/s である。5 月 3 日時点では、窒素を DW 内に注入しているが、3 月 26 日には窒素注入を行っていないので、本データの方が正しいかもしれない。5 月 3 日のデータに窒素流量を加えて計算を行う必要がある。

DW の破損部位は、蓋のフランジもしくは上部配管の継ぎ目が疑われる。もし、この推測が当たっていれば、原子炉建屋上部は汚染水蒸気の通り道となるので、放射線強度が高いことが予想される。

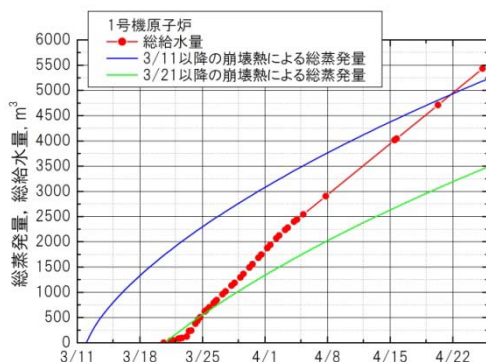


図 5 1 号機原子炉への供給総水量と総蒸発量(Rep.13.1)

#### 4.4 2 号機容器サプレッションチャンバーの蒸気洩れ開口面積

3 月 26 日のプラントパラメータでは 2 号機格納容器 (DW) の圧力が大気圧より高い。この時点では DW の水位が十分高くないサプレッションチャンバー (SC) と DW との水接続が十分でなく、DW と SC は上記のみで繋がっている可能性が高い。その場合、SC の亀裂大きさが推定できる。DW と SC が上記で繋がっ

ておりその流路断面積が十分大きければ、DW と SC は同圧力と仮定できる。この時点での蒸気流量は 2.33kg/s

SC から外部環境への蒸気流出を考える。プラントパラメータから  $p_1 = 0.115\text{MPa}$ 、 $p_2 = 0.1013\text{MPa}$ 、 $100^\circ\text{C}$ 飽和蒸気の密度  $0.598\text{kg/m}^3$  を用い、蒸気流量  $2.33\text{kg/s}$  で、式(3)から開口部の面積を計算すると  $A_2 = 3.03 \times 10^{-2} \text{m}^2$ 、つまり等価直径は  $19.7\text{cm}$  となる。その時の流速は  $129\text{m/s}$  である。図2を見ると3月26日時点ですでに多量の余剰水があるので、DW と SC の圧力が等しいという仮定は成立しないかもしれない。その場合、DW と SC のサイフォン効果で SC の圧力が DW よりも高くなるので、亀裂の大きさはこれより小さくなる可能性がある。

SC から蒸気が環境に漏れていることについては、2号機の SC のみが温度が高い事実からも裏付けられる。また、東電公表温度データの「圧力抑制室」がサプレッションチャンバー (SC) または、その格納室を意味するものであれば、ここのガス温度が5月11日で  $90^\circ\text{C}$  を示していることは、漏れた汚染蒸気が充満し、SC の水 ( $60^\circ\text{C}$ 程度) には吸収されていないことを意味する。

3月17日以後、原子炉の破損に変化はないと考えられるから、他のプラントパラメータで解析し値を比較することによって、より精度が向上する。さらに、これらの解析結果から分かることは、**各原子炉の圧力容器や格納容器は破損して漏れているが、とんでもなく壊れてはいないことが分かる。**

## 5 1-3号機の原子炉で何が起きたか

これまで、各原子炉の現象を想定した解析を行ってきた。これらから、原子炉がどのような挙動を示してきたかが検証できる。本推定は限られた公開データを基にした推測だから精度の保証はない。また、根本的に異なる物理モデルの現象であることも否定できない。

本章では、各号機の原子炉内でなにが起こったかをたくましい「想像力」を加えて出来るだけ定量的に推定した。従って、文章では確定的な表現を使わせてもらうが、以下の記述はあくまでも想像であることにご注意いただきたい。報道事象の一部はYomiuri Onlineから引用した。さらに、「NPO 日本の将来を考える会<http://ioj-japan.com/xoops/福島第一原発事故グラフで見るプラントパラメータ>」も参考にした。

### 5.1 1号機原子炉で何が起きたか

2011年3月11日

14:46 : 東日本大震災発生。その時、原子炉は定格で運転中、電気出力 460MW、熱出力約 1.4GW。圧力容器内の温度  $280^\circ\text{C}$ 、圧力  $7.03\text{MPa}$ 。地震後、圧力容器 (RPV) からの窒素圧で制御棒が挿入され、核反応は停止した。オペレータの操作により残留熱除去設備 (RHR 設備) 作動、冷温停止へのプロセスが始まる。

15:42 (56分後) : 津波によりタービン建屋冠水、約2万トンの水が機器搬入シャッターから侵入。補

助電源装置停止。ただし、バッテリーにより制御室の電源は維持（推測）。原子炉建屋地下にも津波の海水が侵入の可能性あり。原子炉建屋内の RHR 設備停止。RPV 内の温度圧力が徐々に上昇。非常用緊急炉心冷却装置(ECCS)作動。徐々に RPV 温度減少。この時点での原子炉の崩壊熱による発熱量 15.5MW(Rep. 1.4)。RPV 内の水量 200 トンと仮定し、RHR 設備停止時の炉内温度 200℃と仮定すると、昇温速度 56℃/h。

16:36 分(110 分後)： ECCS 作動停止。RHR 設備停止 1 時間以内に原子炉隔離時冷却設備(RCIC 設備)のタービンが始動。サブプレッションチャンバー(SC)の水を RPV に注入。RPV 内温度低下始まる。SC 内の水を全て蒸気の潜熱吸収に使用できれば、RCIC 設備は 2 日程度稼働できるが、これは無理。

18:26(報道)： 地震のため、両機とも運転を停止したが、原子炉を冷却するシステムが復旧しないという。同本部によると、2～3日は問題ない見通し。

上記報道は、サブプレッションチャンバー(SC)の熱容量から RCIC 設備が理想的に 2 日程度作動すると考えた場合を想定していると思われる。

21:00 頃(推定)： 1号機の RCIC 設備は数時間で停止。(この時間が重要であるがデータ無し)。その時の RPV 推定温度約 150℃(推定)。その時の崩壊熱 10.3MW。水の比熱を 4.4kJ/kgK として温度上昇率は 42℃/h。

22:54(報道)： 水を注入して冷却する「緊急炉心冷却装置(ECCS)」、除熱装置を停電時に稼働させる非常電源が故障するトラブルが発生した。ECCSは、制御棒を挿入し核分裂を止めて緊急停止した後に、原子炉が壊れたり、炉心の温度や圧力が上昇したりした時に水を入れて冷やす装置。現在、同原発1号機、3号機では水位が低下していないが、除熱装置が作動できない状態が続いている。

12 日

0:30(推定)もしくはそれ以前： RCIC 設備停止 3 時間半後に RPV が 300℃、86 気圧に上昇。再循環ポンプ軸受部破損。破損部の等価直径は 5cm 程度と推定される。高温高压の炉内水が一気に放出され、格納容器(DW)で蒸発して格納容器圧力上昇。

01:20 もしくはこの数時間前： DW 内圧力上昇。RPV は再循環ポンプ接続パイプの位置まで一気に水位低下。半分の燃料体がドライアウト状態になる(本レポート第 2 章参照)。このときの発熱量 8.7MW、燃料棒表面熱流束 2.13kW/m<sup>2</sup>。この大きさの熱流束では、燃料棒上端はジルカロイ反応が起こりうる温度領域になる(Rep. 2.2)。ジルカロイ-水蒸気反応は発熱反応なので燃料体はより高温になり、水素を発生する。つまり、最初の水放出では蒸気は汚染されていないが、その後炉心から出た蒸気は汚染され、かつ、水素が含まれている。蒸気発生量約 4kg/s、100℃・1 気圧として 6.7m<sup>3</sup>/s

02:30： 圧力 8.5MPaA で DW 一部破損、DW 内の圧力が若干下がる。この時点での破損開口部の大きさは小さい。水素を含んだ放射性水蒸気が原子炉建屋上部に充満。RPV 内水位が崩壊熱により低下を続ける。蒸発水量 15t/h、水位低下率約 1-2m/h。水注入が無ければ数時間でドライアウト。ジルカロイ反応継続、水素発生。ジルコニウムに封じ込まれていた放射性ガスが RPV 内に充満、損傷部を通して DW に充満。

02:27(報道)： 12日未明には1号機の原子炉の圧力が設計値の1.5倍に上昇し、同社は圧力を外部に逃がす操作を行う方針。微量の放射性物質が環境中に出る可能性がある。

2:45 頃： 水注入により、水位が回復する。

04:01(報道)： 東京電力が記者会見し、格納容器内の蒸気を、高さ120メートル排気筒を通じて屋外に放出するのは1～3号機が対象になりうることを明らかにした。放出の時期、順序は未定。1号機の格納容器が上昇したのは、原子炉圧力容器から蒸気が漏れ出したためとみられる。

5:20 以後： 再び水位低下。

10.17： ベント開始。DW 圧力低下。高さ 120 メートル排気筒を通じて屋外に放出したが、可能性とし

て煙突への弁が停電のために閉鎖されており、ベント蒸気が逆流し原子炉建屋に充満。または、室内側のブローオフバルブを開けて室内が原子炉ガスで充満した可能性もある。このとき、非常に高汚染のベントガス放出により、周囲環境の放射能強度が著しく上昇。水位低下続く。

10:37(報道): 東電によると、緊急時に水を注入して炉心を冷やす緊急炉心冷却装置(ECCS)が電源も含めて停止。くみ上げた冷却水(海水)を回すポンプも止まった。ポンプ停止の原因は、福島第一の場合、1~6号機の非常用ディーゼル発電機計13機がすべて、地震約1時間後に故障停止したことだった。想定では、地震が起きても各基が非常用発電機を融通しあって復旧するとしていたが、全滅した。

12:57(報道): 異常に上昇した原子炉格納容器内の圧力を下げるため、容器内の蒸気を、逃がし弁を通じて建屋外に放出する作業に着手した。建屋内に入った作業員が弁を手動で開けようとしたが、放射線量が多く、作業は難航している。格納容器内に仮設消防用ポンプで水を注入して温度を下げる試みも続いている。原発施設内の放射線量も一時上昇し、炉内の水位低下で燃料棒の一部が露出していると見られるなど、不安定な状態が続いており、過熱や圧力上昇で炉心に何らかのトラブルが起きている可能性もある。1号機の中央制御室では、通常の1000倍に上る毎時150マイクロ・Svの線量を記録した。

13:21(報道): 12日午前2時半に、格納容器内の圧力は、通常時の2・1倍の840キロ・パスカルに達していたことが確認された。現時点では放射線量は少なく、燃料の損傷を示すような異常は検知されていない。すぐに炉心溶融につながる最悪の事態(過酷事故)に発展はしないものの、放射性物質の漏えいの原因につながるような内圧の上昇、何らかの燃料棒の損傷や異変が起きている可能性がある。燃料棒が損傷して露出し、水蒸気と反応して爆発するような事態になれば、大量の放射性物質が外部に放出されることになる。1979年の米スリーマイル島原発事故と同様の最悪のケースになる恐れもある。

14:00頃: 容器内の圧力が高くなるのを抑制するベント作業を行い、水蒸気を放出。周囲放射線量上昇。この時、水素を含む放射性ガスを建屋内に放出した可能性もあり。

14:18(報道): 1号機の原子炉内で、核燃料をまとめた炉心の一部に溶融が起きている可能性が高いと発表した。周辺2か所の放射能監視で、ウランの核分裂によって生じるセシウム137などが検出された。冷却水の水位が下がり、燃料棒が露出、空だきのような状態になり、過熱が進んだ可能性がある。

15:36: 水素爆発。格納容器一部破損。その破損面積は等価直径で約8cmの隙間ができた可能性あり。その位置はDW上部の配管との溶接部か、DW蓋のフランジ部分の可能性あり。周囲の放射線強度が上昇するが10:17のベントに比べると低い値。

18:30: RPV内ドライアウト

20:20: 海水およびホウ酸の注入開始。しばらくはうまく入らず、14日4:45分頃まで完全ドライアウト継続。燃料棒は被覆金属が消失。一部ジルコニアとなって燃料棒を維持。一部溶融してメルトダウン。ただし、燃料棒下部は被覆が残っている可能性あり(Rep. 7.1)。

23:00頃: 海水注入中断 ドライアウト継続

## 13日

01:05(報道): 1号機は原子炉内が過熱しており、経済産業省原子力安全・保安院は、炉心が溶融した可能性を指摘。東電は、運転再開が困難となる海水の注入に踏み切った。12日午後3時36分頃、福島第一原子力発電所1号機建屋付近で、ドーンという大きな爆発音とともに白煙が上がり、原子炉建屋が骨組みを残して吹き飛んだ。同日夜、記者会見した枝野官房長官は「格納容器と建屋の間にたまった水素による爆発で原子炉建屋の壁が崩壊した」と語った。

01:50: 福山官房副長官は13日午前1時50分、東京電力福島第一原発1号機への海水注入作業について「あと数時間で満杯になるのではないかと」の見通しを示した。しかし、第2章の現象により、RPVが満杯になることはなかった。

02:00頃: 再びホウ酸入り海水注入。この間、ドライアウトして高温になった燃料棒に水をかけたため、熱衝撃で燃料上部が破損。酸化ウラン燃料ペレットがRPV下部に堆積。一部はメルトダウンの可能性あり。これによって、RPV下部が損傷の可能性あり。ただし、それは起きなかったかもしくは大規模でないかと推定される。

03:46(報道) : 福山官房副長官は13日午前1時50分、東京電力福島第一原発1号機への海水注入作業について「あと数時間で満杯になるのではないかと見通しを示した。

23:48(報道) : 13日未明までに注入した海水は、想定した必要量に到達した。東電は燃料棒の露出は解消したと見ている。

14日

05:30 : RPVドライアウト解消。上部1.7mは露出のまま。DW, RPV圧力は4気圧以上。

10:36(報道) : 1、2号機については海水ポンプを含む冷却システムが回復したと発表した。

16日

02:29(報道) : 15日も、核燃料の冷却のため、1～3号機で炉心への海水注入が継続されたが、原子炉が十分に制御できない状態は続いている。水位は依然不足しており、15日午後7時前の段階では、燃料棒の半分近い1.8メートルが水につからず露出した状態が続いている。注入を妨げる圧力容器内の高圧は減衰しているものの、水が順調に入っているかどうかは、十分確認できないという。

03:09(報道) : 原子炉内の核燃料がそれぞれ7割の破損を受けている恐れがあるとの試算結果をまと報告した。東電によると、原子炉格納容器内の放射性物質量の測定値と、運転停止後の経過時間などから、燃料を覆う金属の破損程度を概算。その結果、1号機の燃料集合体400体の70%に、2号機の548体の33%に、それぞれ小さな穴や亀裂が生じている恐れがあるとしている。

22日

05:00頃 : 21日以後に注入している海水量が不足のため炉内の水位が低下。そのためPRV温度が上昇。400℃以上になる。PRV圧力は6.5気圧に近づく。

23日

02:33 : 消火系に加え、給水系を使うことにより仮設ポンプで海水の注入量を増加。2m<sup>3</sup>/hから18m<sup>3</sup>/hに増加。徐々に炉内水位が上昇し、温度が下がり始める。

09:00 : 給水系のみに海水注入を切り替え。18m<sup>3</sup>/hから11m<sup>3</sup>/hに減少。この時の発熱量3.2MW、水の蒸発量換算で5.3m<sup>3</sup>/h。第3章の考察から、蒸発量より多い水量が必要。

24日

01:21(報道) : 「(水素爆発した)1号機の核燃料はかなり溶融している可能性がある。2、3号機に比べて、最も危険な状態が続いている」と指摘。原子炉内の温度、圧力の異常上昇が続き、危険な状況にさしかかっていると、「(炉心が入っている)圧力容器の蒸気を放出する弁開放を行い、炉の破壊を防ぐ検討をしている」ことを明らかにした。同原発1～3号機の原子炉の燃料棒は露出し、海水の注水作業が続けられている。23日、1号機の炉内の温度は一時、400度と設計温度(302度)を上回ったが、注水によって温度が下がっている。

06:00 : 炉心水面が上昇し、PRV温度が306℃まで減少。

09:23(報道) : 原子炉内の温度が、一時400度まで上昇した福島第一原発1号機に関して、東電は23日未明から仮設ポンプで、海水の注水量を増加、冷却作業を進め、午後6時現在で温度を306度まで下げた。しかし、燃料棒は水面から露出したまま高温になったとみられ、圧力も上昇し、炉内の状態は不安定なままだ。専門家も炉心の一部が溶けた可能性があるなどとし、十分な警戒が必要としている。

11:46(報道) : 炉心を冷やすための海水の注入量を毎分約178リットルから約160リットルに減らした結果、24日午前7時には圧力上昇は止まった。

25日

08:25(報道) : 一時は温度や圧力が上昇していた1号機では、上昇傾向に歯止めがかかり監視を続けている。1号機でも原子炉から漏出したとみられる水を確認したと発表。東電が、タービン建屋地下1階で24日に採取した水を分析したところ、総放射線量は1立方センチメートルあたり約380万ベクレルで、3号機の作業員が被曝した水とほぼ同じレベルだった。セシウム137も検出されており、東電は、1号機の水も原子炉から漏れ出た可能性が高いとみている。

15:37: 淡水の炉心注入開始

21:11 (報道): 1、3号機では25日、仮設ポンプで原子炉内に真水を注入する冷却作業が始まった。これまでは海水を注入していた。

26日

11:00: 26日のプラントパラメータで予測した破損開口部の大きさ。圧力容器もしくは再循環ポンプ水側の破損: 直径8mm。再循環ポンプの蒸気側破損: 直径60mm。格納容器の破損面: 直径81mm。蒸気放出量1.34kg/s。

29日

08:32: 仮設電動ポンプで炉心注水に切り替え。

30日

20:24 (報道): 東電や経済産業省原子力安全・保安院は、容器本体が壊れた可能性は低いが、容器下部の制御棒を差し込む部分や、タービン発電機をつなぐ配管などの破損を指摘する。放射性物質を閉じこめる「密閉機能」は既に失われているとしている。今回の事故では、1～3号機とも圧力容器内の燃料棒が露出、一部は溶融しているとされる。容器本体の損傷も懸念されているが、厚さ16センチの鋼鉄製で、保安院は「穴が開いたことを示すデータはない」という。しかし、汚染水の濃度から、東電は「3基とも圧力容器内の水が外部に出るルートができています」と話す。

本解析でも明らかのように、RPVは再循環ポンプをはじめとする、下部の破損が疑われる。その大きさも第4章で推定してある。

4月6日

13:59 (報道): 東京電力は6日、福島第一原発1～3号機の格納容器内の放射線計測値を正式に発表した。1号機と3号機では、核燃料が一部露出した3月14日朝には、放射線量が、通常運転時の10万倍に達する毎時167シーベルトまで上昇していた。このデータを基に、燃料に小さな穴や亀裂が生じた割合を計算すると、1号機では燃料集合体400体の約70%が損傷していると推定された。2号機は同548体の約30%、3号機は同548体の約25%が損傷したとみられる。1、3号機より事故の進行が遅かった2号機は、14日朝は放射線量も通常の毎時0.001シーベルトにとどまっていたが、燃料が露出した15日朝には62.7シーベルトに上昇。

本解析(HTC Rep. 7.1, 2011/4/8)によると、3号機の炉心の破損が最も大きいと考えられる。破損の程度は、小さな穴や亀裂程度ではない。もっと大規模なものと予想される。

22:30: DWへ窒素注入作業開始。

7日

13:54 (報道): 1号機格納容器内への窒素ガス注入を始めた。1号機への注入は6日夜に始まったが、配管から窒素が漏れているのが分かったため、配管を点検した後の7日午前1時半頃から注入し直した。6日間かけ、最大約6000立方メートルを注入する。

21:58 (報道): 東電によると、窒素は7日午後5時までに410立方メートルを入れた。注入量を示す格納容器内の圧力は1.68気圧(午前9時50分現在)から1.76気圧(午後5時現在)に上昇。最終的には2.56気圧になる見通し。周辺の放射線量は、注入前後でほとんど変わりのない状態が続いている。

21:58 (報道): 新たな水素爆発を防ぐため、東京電力は福島第一原子力発電所1号機の原子炉格納容器に窒素を注入しているが、この措置は米原子力規制委員会(NRC)が報告書の中で必要性を強調していたものだ。報告書は、同原発の現状について冷却のために原子炉に注入した海水の塩分が炉内にたまり、十分な冷却ができなくなっていると警告している。NRCのチームが先月26日付でまとめた報告書は、1～3号機について、核燃料の一部が溶け、圧力容器の底にたまっていると分析。海水中の塩分が析出して燃料を覆い、冷却を妨げていると指摘した。特に、圧力容器内の温度が高い1号機で、塩の量が多いと懸念を表明している。2、3号機は、注水しても圧力容器の水位が上がらず、一部が壊れている可能性を示唆した。また、海水は真水に比べて、放射線による分解で水素を発生しやすいと指摘。海水に溶けていた酸素と反応して、水素爆発を起こす危険があると警告した。窒素注入は、その対策としてNRCが提案していたもので、

東電は7日、「すぐに水素爆発する恐れはないが、(NRCの)指摘を踏まえた」と説明した。

上記の海水の塩析出に関する指摘は、著者が3月15日に提出したレポート(非公開)とまったく同じである。また、海水の溶解空気による爆発に関するコメントもその直後のメールで指摘した。

11日

13:37(報道)：東京電力は、水素爆発を防ぐため窒素を注入している福島第一原子力発電所1号機の格納容器で、圧力が1・95気圧から上昇しなくなり、放射性物質を含む蒸気や窒素が外部に相当量漏れていると発表した。7日未明から毎時28立方メートルの窒素を注入している。容器内の圧力は、7日の1・56気圧から9日の1・9気圧まで徐々に上昇が続いたが、10日頃から圧力が1・95気圧のまま上がらなくなった。計算上は1000立方メートル前後の蒸気や窒素が外部に漏れ出したことになる。ただ、今のところ原発周辺の放射線量に大きな変化は見られない。1号機には、6日間で約6000立方メートルの窒素を注入し、1・5気圧を2・5気圧にする予定だった。東電では「格納容器の密閉性が損なわれ、相当量が漏れている」とみている。東電では、水素爆発を回避するため、当面、現在の注入を継続、対応策を検討する。

11日の時点で、崩壊熱による水蒸気発生量は3.6t/hで、100℃の水蒸気に換算すると毎時6000立方メートルとなり、注入窒素量の毎時28立方メートルに比べると大変大きな量である。窒素注入による変化はあまり期待できないと考えられる。さらに、格納容器は直径9cmほどの穴が空いているので、蒸気と窒素がここから外部漏れていることになる。

18:14(報道)：東京電力によると、11日午後5時16分ごろ福島県浜通りを震源として発生した地震で、東北電力から供給を受けている外部電源が遮断され、1～3号機で原子炉に冷却水を送り込む注水ポンプが停止した。約40分後に外部電源が復旧し、注水は再開した。建屋外で観測している放射線量に、地震前後で変化は見られないという。

14日

22:44(報道)：日本原子力学会の原子力安全調査専門委員会は、3基の核燃料の一部溶融が指摘されているが、「溶融した燃料は細かい粒子状になり、圧力容器の下部にたまって冷えている」との見解を示した。専門委では、東電や経済産業省原子力安全・保安院などが公表したデータをもとに、原子炉の状態を分析した。それによると、圧力容器内の燃料棒は、3号機では冷却水で冠水しているが、1、2号機は一部が露出している。1～3号機の燃料棒はいずれも損傷し、一部が溶け落ちている。溶融した核燃料は、冷却水と接触して数ミリ以下の細かい粒子に崩れ、燃料棒の支持板や圧力容器下部に冷えて積もっていると推定している。これは、圧力容器下部の水温が低いことも合致している。沢田隆・原子力学会副会長は「外部に出た汚染水にも、粒子状の溶融燃料が混じっていると思われる」と説明した。

この見方は我々が解析した結果(HTC Rep. 7.1, 2011/4/8)と比較しても概ね正しいと考えられる。

23日

06:00(報道)：東電は22日の記者会見で、福島第一原発1号機の格納容器の下部にある圧力抑制室が、ほぼ水で満たされているとみられることを明らかにした。ドライウェルと呼ばれる上部も半分程度、水がたまっているとみられ、燃料が完全に水につかるまで格納容器を水で満たす「水棺」処理が事実上進行していることになる。圧力抑制室は通常、約50%の水が入っており、圧力容器の内部が非常に高圧になると、弁を通じて内部の蒸気を導き、水中で冷却、凝結させて全体の圧力を下げる。1号機の圧力容器には、これまでに約7000トンの水が注入されており、東電は、この水がほぼ全量、格納容器内にとどまっているとみている。2、3号機には格納容器の容量(約7000トン)を上回る1万4000トン、9600トンが注水されているが、圧力抑制室の損傷などで格納容器から流出し、タービン建屋などに流入している可能性が高いという。

我々の推定によると、3月17日以後の注水量の総計は、1号機で5千トン、2号機で9千5百トン、3号機で8千トンであり、これに初期の注水量を加算すると妥当な値になる。しかし、図3-4や(HTC Rep.10.1, 2011/04/16)、(HTC Rep. 1.4 2011/04/13)に示すように、その約2/3は水蒸気となり環境にそのまま放出されている。その蒸気を凝縮する水はSCには存在しえない。ただし、余剰水の流出推定は正しいと考えられる。因みに1-3号機の4月23日までの炉心の累計蒸発量は、1号機で5100トン、2号機で8900トン、3号機で8800トンである。

26日

13:52(報道)：東京電力は、福島第一原子力発電所1号機で、燃料が完全に水につかるまで格納容器を水で満たす「水棺」に向け、本格的な作業に入ることを明らかにした。27日から原子炉への注水量を一時的に毎時6トンから同14トンまで増やす。格納容器や配管の損傷を点検のうえ、問題がなければ、28日以降に注水量を増やしていく。作業は26日に



まず、米国製ロボット2台を原子炉建屋に入れ、損傷などを確認する。27日には注水量を試験的に毎時10トンに増やす。最大同14トンまで上げ、圧力や水位の変化を調べる。その後、再びロボットで損傷を点検し、本格的に注水量を増やす。一方、経済産業省原子力安全・保安院は、窒素注入による圧力変化などから算出した水位によって、水漏れが疑われる箇所があるとしている。

原子炉に若干の擾乱を与えて特性を把握する手法は(HTC Rep.10.2-b2011/04/24)で指摘した。

27日

10:02: 注水量を5m<sup>3</sup>/hから10m<sup>3</sup>/hに増加。炉心温度が一時的に減少する。

13:11(報道): 東京電力は、福島第一原子力発電所1号機の原子炉に行っている注水の量を一時的に増やす試験を始めた。注水量の増加に伴う水位などの変化を調べるのが目的。格納容器の上部まで水を満たして原子炉ごと冷やす「水棺」の本格化に向けた作業となる。注水量は午前10時、従来の毎時6トンから10トンに増加した。

28日

20:55(報道)東京電力は、格納容器を水で満たす本格的な「水棺」に向け、毎時10トンまで増量した原子炉への注水量を継続すると発表した。毎時6トンから増量し、最大14トンまで引き上げる予定だったが、東電は、漏水もなく、格納容器の圧力低下や原子炉内の温度が低下するなど一定の効果があったためとしている。格納容器内の圧力は0.35気圧減少し、約1.2気圧。燃料棒の冷却が進み水の蒸発量が減ったためとみられるが、1.1気圧までは流量を維持する。大気圧の約1気圧より下がると、空気が流入し、水素爆発を起こすおそれが高くなるためだ。原子炉圧力容器下部の温度は96.8度と、10度以上低下した。

29日

10:14: 注入水量を注水量を10m<sup>3</sup>/hから6m<sup>3</sup>/hに減少。炉心温度が元に戻る。

5月3日

06:00: 5月3日のプラントパラメータで予測した破損開口部の大きさは以下の通り。圧力容器もしくは再循環ポンプ水側の破損:直径8mm。再循環ポンプの蒸気側破損:直径45mm以上。格納容器の破損面積:直径93mm。蒸気放出量0.81kg/s。

5日

01:35(報道): 東京電力は4日、福島第一原子力発電所1号機の原子炉を安定させるため、原子炉内の水を外付けの空冷式放熱装置で冷却する新システムを設置することを決め、工事を8日に始めると発表した。システムの完成は5月末～6月の見込み。システムを稼働できれば、遅くとも数日中に、原子炉内の水温が目標の100度未満になる「冷温停止」状態に持ち込めるとみている。新システムは原子炉から高温の水を配管で取り出し、冷却した上で原子炉に戻す循環方式。東電は当初、海水で循環水を冷やす原子炉本来のシステム復旧を目指していたが、その復旧には時間がかかり過ぎると判断した。冷却効率をより上げるため、格納容器を水で満たし、圧力容器ごと冷やす「水棺」化を進めた上で稼働させる。外部からの注水を減らせるため、汚染水も減らせる可能性がある。

「水棺」に関する伝熱解析は、(HTC Rep.12.1, 2011/04/28)で報告した。その時の必要循環水量の推定もしている。「水棺」に関する懸念事項は(HTC Rep.10.2-b2011/04/24)で考察している。

## 6. 原子炉事故収束へ向けて

(2011年4月28日06時26分 読売新聞)

東京電力福島第一原子力発電所の建屋などにたまる高濃度汚染水が地下水を通じて海や敷地外へ拡散するのを防ぐため、政府と東電の事故対策統合本部が進める地下壁設置構想の詳細が27日、明らかになった。1～4号機地下の地盤を粘着質のセメントで固め、その周囲を深さ40メートルのコンクリート壁で囲い込む「二段構え」の密閉工事で、6月以降の着手をめざす。構想によると、建屋付近の放射線量が高く、地上での長時間の作業は困難なため、1～4号機を取り囲む環状の作業用トンネルを地下約40メートルに掘削。そのトンネルから建屋地下の地盤の割れ目に、粘着質のセメントを機械で注入し、汚染水が地下深く染みこんでいくのを防ぐ。その上で、作業用トンネル付近にコンクリート壁(厚さ数十センチ)を設置し、地下水が海や陸側に拡散するのを防ぐ計画だ。

(2011年4月28日23時10分 読売新聞)

東京電力は28日、福島第一原発の周辺に、高さ15メートルの津波でも被災しない防波堤を造る計画を明らかにした。第一原発は廃炉になる可能性が高いが、核燃料の取り出しなどには時間がかかるため、それまでの防災対策を充実させる必要があると判断した。東日本大震災によって、同原発は高さ15メートルの津波に襲われた。防波堤の構築には時間がかかるため、緊急措置として岸壁に土のうを積むなどの津波対策も並行して行う。高濃度の汚染水をためている敷地南側の集中廃棄物処理施設の周辺を優先して進める。

4月21日

上記報道に対して我々は下記のレポートを提出している。

Heat-Transfer Control Lab. Report No. 10, Ver. 1-b (HTC Rep. 10.1, 2011/04/21) 放射能隔離に向けて

特に、06:26 読売新聞記事の図と下記の図の相関性に注目されたい。

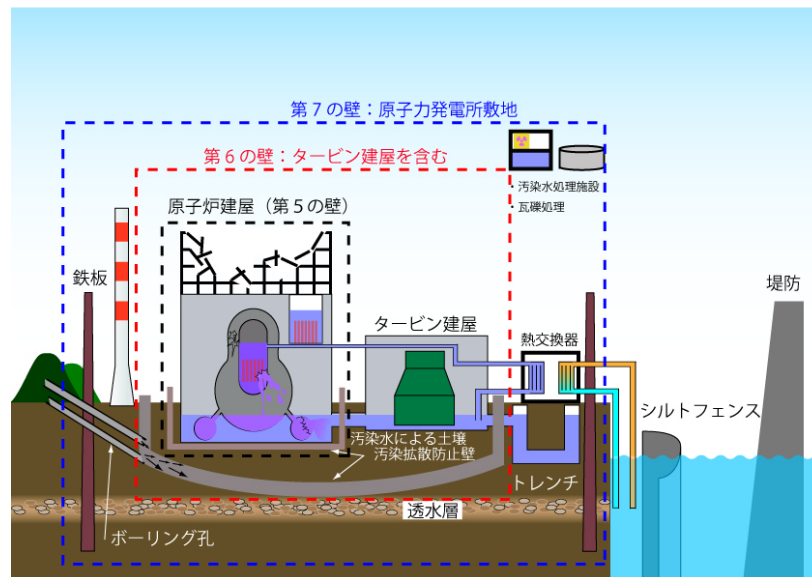


図6 原子炉を封じ込める第6の壁(HTCRep. 10.1)

(2011年5月2日03時08分 読売新聞)

東京電力は、福島第一原子力発電所1～4号機の危機を収束させる手段について、本来の冷却システムである海水を使った熱交換器の復旧を、事実上断念した。熱交換器が動けば原子炉などの温度を劇的に下げることができたが、ポンプ類が集中するタービン建屋に大量の汚染水がたまり、既存のポンプを使う熱交換器の復旧には相当の時間がかかると判断した。

今後は、補助的な位置づけだった空冷式の「外付け冷却」によって、100度未満の安定した状態（冷温停止）へ徐々に持ち込むことを目指す。熱交換器は、海水が流れる装置の中に、原子炉などの冷却水が流れる配管を浸し、低温の海水で高温の冷却水を冷やす仕組み。冷却効率がよく、5、6号機では3月19日に熱交換器が復旧すると、原子炉内の温度が1日で約200度から約30度まで下がった。東電は1～4号機でも熱交換器の復旧を急いだが、タービン建屋の地下などには、原子炉から漏れ出したとみられる汚染水がたまり続けて排水が追いつかず、ポンプ類を復旧させるめどが立たない。また、余震による津波対策として作業用トンネル（トレンチ）をコンクリートで塞ぐことになり、トレンチ内の配管を通して海水を熱交換器へ引き込むのが難しくなった。

4月8日

上記報道に対して、我々は

Heat-Transfer Control Lab. Report No. 6, Ver. 1 (HTC Rep. 6.1, 2011/4/8) 原発汚染物質拡散防止に向けたプランBおよびCの要約を公表している。また、上記Rep. 10.1でもプランA（従来型の冷却方法）の難しさを指摘した。各冷却法の比較を下記レポートで行っている。

Heat-Transfer Control Lab. Report No. 3, Ver. 1-b (HTC Rep. 3.1-b, 2011/04/11) 原子炉冷却法の比較

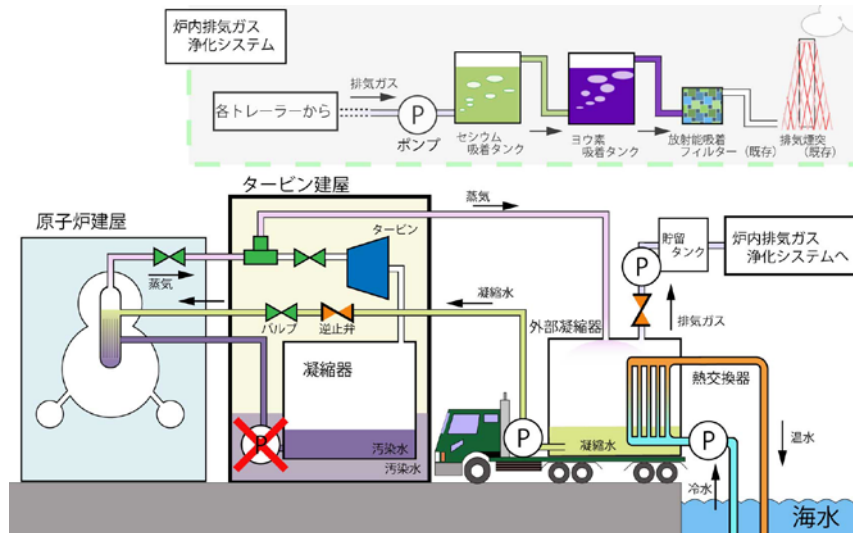


図7 放射能拡散防止の方策プランB（外部熱交換器を使用する場合）の概略（HTCRep. 6. 1）

これまでの経過を考察すると、1号機のDW破損部は比較的上部にあると推定され「水棺」作業は、うまくゆく可能性がある。しかし、2号機はSCに比較的大きな穴が開いていて、そこは高い放射線濃度で水浸しである。この補修は大変困難であると考えられる。3号機も余剰水がタービン建屋に漏水している可能性が高いことから、DWの破損位置は低いと考えられる。2, 3号機の汚染水蒸気を止めるためには、プランBのように放出蒸気を凝縮させる手法は有効であると考えられる。現段階では、PRVよりDWからの蒸気を凝縮させたほうが安全である。

DWが負圧になり水素爆発することが懸念されるが、窒素注入感から蒸気サンプリングをすれば水素濃度は十分低いと考えられる。また、2号機DWはすでに負圧になっている。最悪、どこかの管路に水素がたまって外部空気と反応し爆発することも否定できないが、その可能性は低く、爆発も限定的であると考えられる。いずれにしても各炉からの放出蒸気の水素濃度計測が不可欠である。

## 付録

### 新聞報道の集計

#### 1号機原子炉で起きた事象

(2011年3月12日02時27分 読売新聞)

東京電力福島第一原子力発電所（福島県大熊町、双葉町）1～3号機で、地震によって運転が自動停止した後、水を注入して冷却する「緊急炉心冷却装置（ECCS）」、除熱装置を停電時に稼働させる非常電源が故障するトラブルが発生した。

政府は11日夜、原子力災害対策特別措置法に基づき、原子力緊急事態を宣言した。2号機の原子炉内の水位の低下が確認され、政府は同原発から半径3キロメートル以内の住民を「避難」させるよう地元自治体に指示した。12日未明には1号機の原子炉の圧力が設計値の1.5倍に上昇し、同社は圧力を外部に逃がす操作を行う方針。微量の放射性物質が環境中に出る可能性がある。

経済産業省原子力安全・保安院によると、ECCSを動かす電源を消失した事態は国内で初めて。東電は現地に電源車を派遣、11日午後10時半過ぎから電源回復の作業を始めた。ECCSは、炉内の温度や圧力が異常上昇した時に注水して冷やす装置。必要時に作動しない場合は、放射性物質が外部に漏れる可能性もある。

(2011年3月12日04時01分 読売新聞)

海江田経済産業相は12日午前3時過ぎ、経産省内で記者会見し、東京電力が、地震で自動停止した福島第一原子力発電所の格納容器内の圧力が異常上昇したため、放射性物質を含む蒸気を建屋外部に放出し、圧力を下げる措置を行うと発表した。

海江田経産相は「容器内の放射性物質は微量とみられる。海側への風向きの時に放出すれば、避難したり屋内待機している住民の安全は保たれている」とし、住民には落ち着いて対処するよう求めた。

この後、東京電力が記者会見し、格納容器内の蒸気を、高さ120メートル排気筒を通じて屋外に放出するのは1～3号機が対象になりうることを明らかにした。1号機の格納容器の圧力は、設計値の1.5倍に異常上昇したとみられる。放出の時期、順序は未定。

経産省原子力保安院によると、1号機の格納容器が上昇したのは、原子炉圧力容器から蒸気が漏れ出したためとみられる。

(2011年3月12日10時37分 読売新聞)

福島第一原子力発電所、第二発電所で相次いで出された原子力緊急事態宣言は、日本の原発防災の巨大地震に対する見通しの甘さを露呈させた。

東電によると、建屋の震度など実際の揺れのデータをまだ評価していないものの、今回の地震のマグニチュード8.8は同発電所の想定（最大マグニチュード7.9）を上回る規模だった。

緊急時に水を注入して炉心を冷やす緊急炉心冷却装置（ECCS）が電源も含めて停止。くみ上げた冷却水（海水）を回すポンプも止まった。このため、原子炉の冷却が不十分になり、格納容器内の圧力が上昇、容器が崩壊する危機が高まった。

ポンプ停止の原因は、福島第一の場合、1～6号機の非常用ディーゼル発電機計13機がすべて、地震約1時間後に故障停止したことだった。想定では、地震が起きても各基が非常用発電機を融通しあって復旧するとしていたが、全滅した。

東電は電源を確保して原子炉の温度を下げるため、保有する発電機車51台を現地に集め、発電の準備を進めている。

(2011年3月12日12時57分 読売新聞)

東京電力は12日午前、地震によって原子炉を冷やす機能を失った福島第一、第二原子力発電所で、異常に上昇した原子炉格納容器内の圧力を下げるため、容器内の蒸気を、逃がし弁を通じて建屋外に放出する作業に着手した。

建屋内に入った作業員が弁を手動で開けようとしたが、放射線量が多く、作業は難航している。格納容器内に仮設消防用ポンプで水を注入して温度を下げる試みも続いている。

原発施設内の放射線量も一時上昇し、炉内の水位低下で燃料棒の一部が露出していると見られるなど、不安定な状態が続いており、過熱や圧力上昇で炉心に何らかのトラブルが起きている可能性もある。

経済産業省原子力安全・保安院は12日朝、福島第一原発1号機から約1.5キロ離れた正門付近で、通常の最大70倍に上る放射線量を確認したと発表した。政府は、周辺住民の避難範囲を、半径3キロから「同10キロ以内」に拡大させるよう指示した。1号機の中央制御室では、通常の1000倍に上る毎時150マイクロ・?の線量を記録した。

(2011年3月12日13時21分 読売新聞)

原子炉格納容器内の圧力を下げる作業が始まった福島第一原発1号機の緊急事態は、経済産業省原子力安全・保安院の当初の被害想定を上回る危険水域まで達していることが12日わかった。

政府の緊急災害対策本部が公表した資料によると、昨日午後10時の時点で最悪の事態が想定されたのは、原子炉の水位が異常低下した同原発2号機。想定では、水位低下で、核燃料棒が露出し、溶融。最悪の場合、格納容器内の圧力が通常運転時の1・3倍程度の527・6キロ・パスカルに達し、爆発を避けるため水蒸気を放出するシナリオを描いていた。実際は、水位が安定し、放出は不要だった。

燃料損傷の危険が迫っていたのは、実は1号機だった。12日午前2時半に、格納容器内の圧力は、通常時の2・1倍の840キロ・パスカルに達していたことが確認された。想定をはるかに超え、燃料の溶融が起きていてもおかしくない事態だった。

圧力を下げる作業が行われる同原発1号機では、施設内の中央制御室の放射線量は、通常の1000倍に達している。現時点では放射線量は少なく、燃料の損傷を示すような異常は検知されていない。すぐに炉心溶融につながる最悪の事態（過酷事故）に発展はしないものの、放射性物質の漏えいの原因につながるような内圧の上昇、何らかの燃料棒の損傷や異常が起きている可能性がある。

このような状況では、炉心が過熱している恐れがある。それが圧力上昇の原因とも考えられる。圧力が異常に高まると、緊急用の冷却水を原子炉内に注入する緊急炉心冷却装置（ECCS）の稼働もできなくなり、制御がますます困難になる。微量の放射性物質を含む水蒸気が外部に放出される程度なら深刻ではないが、燃料棒が損傷して露出し、水蒸気と反応して爆発するような事態になれば、大量の放射性物質が外部に放出されることになる。1979年の米スリーマイル島原発事故と同様の最悪のケースになる恐れもある。

（2011年3月12日13時35分 読売新聞）

東日本巨大地震に伴う原子力発電所の危機は、放射性物質を含む水蒸気を環境中に放出するという非常事態に発展した。

原子炉を冷やす電力を断たれた東京電力福島第一発電所1号機で12日朝始まった原子炉の格納容器内の圧力を逃がす国内初の緊急措置。

最悪の事態は回避できるのか、綱渡りの運用が続く。

日本の原発は、核反応を起こす燃料棒を、内部を水で満たした分厚いステンレス製の圧力容器に收容。放射性物質を外部に逃がさないよう、これを鋼鉄製の格納容器に入れ、さらに鉄筋コンクリートの建屋で覆った多重構造だ。

ところが1号機は緊急停止の後、非常ディーゼル電源が起動せず、核反応の余熱を除去するため、炉心に水を循環させるシステムが機能しなくなった。この結果、圧力容器から水蒸気が格納容器に漏れ出し、格納容器の破損が懸念されるほどの圧力上昇を招いたとみられる。

12日朝、格納容器内部の圧力は設計値の約2倍に、福島第一原発の正門前で計測した放射線量は通常時の70倍、さらに1号機の中央制御室の放射線量は、約1000倍に達していることが分かった。線量は毎時150マイクロ・シーベルト。そこに1時間いた場合の線量は、胃のレントゲン検診の約4分の1程度に当たる。

炉内の水位が下がったのに伴い、不安定な状態が継続。炉心にトラブルが発生している可能性も出てきた。

放射性物質を多重構造の中に閉じこめるには、建屋の内部気圧を外部より低く保つ必要がある。建屋内の格納容器内の圧力を下げるには、建屋の弁を開け、外に水蒸気を逃がすしか手がなかった。電源が回復しない中、手動で弁を開ける危険な作業だ。放射性物質の環境放出が不可避となったことを受け、政府は午前5時44分、周辺住民の避難指示範囲を半径3キロから10キロに拡大した。

（2011年3月12日14時18分 読売新聞）

経済産業省原子力安全・保安院は12日、東日本巨大地震で被災した東京電力福島第一原子力発電所1号機の原子炉内で、核燃料をまとめた炉心の一部に溶融が起きている可能性が高いと発表した。

周辺2か所の放射能監視で、ウランの核分裂によって生じるセシウム137などが検出された。

セシウム137は放射能の強い放射性物質で、原子爆弾が爆発した際に生じる「死の灰」の成分。核燃料棒に何らかの損傷が起きている証拠と考えられる。

1号機では、原子炉格納容器内の圧力が異常上昇し、圧力を下げるため水蒸気を建屋外に放出する作業が行われているが、放射線量が多く作業は難航していた。冷却水の水位が下がり、燃料棒が露出、空だきのような状態になり、過熱が進んだ可能性がある。

対策としては、冷却水を大量注入する方法があるが、現在、仮設の消防ポンプによる注入にとどまっている。保安院では、自衛隊や米軍にポンプ車などの応援を求めることも検討している。

今回は、1986年の旧ソ連チェルノブイリ原発事故や、1979年の米スリーマイル島原発事故のように、炉心が溶け落ちるメルトダウン（炉心溶融）には至っていないと見られる。

（2011年3月12日18時01分 読売新聞）

枝野官房長官は12日夕、記者会見し、東京電力福島第一原発周辺で起きた事態について「原子炉そのものであることは確認されていないが、何らかの爆発的事象であると報告されている」述べ、「現在、菅首相、海江田経産相、専門家を含めて、状況把握、分析対応に全力であたっている」と語った。

放射能については「想定範囲であると考えているが、放射性物質の把握に努め、周辺住民の安全に万全を期しているところだ」と述べた。

(2011年3月12日18時17分 読売新聞)

経済産業省原子力安全・保安院は12日夕、記者会見し、福島第一原発1号機での爆発について「12日午後3時36分にタービン建屋周辺で縦揺れとともに爆発音が発生したと東京電力から連絡があった」と述べた。

また、「けが人が4人いるという報告は受けている」と明らかにした。

爆発の詳細については「現時点では具体的な情報を得られていないので、情報収集し、分析して具体的な対応策を速やかに検討していきたい」と語った。

原発の現状について「映像を見る限りの情報しか、具体的には得られていない」と述べるにとどめた。

放射性物質を閉じ込める作業については「放射性物質の状況などを調べて判断するべき」とする一方、「手元に具体的な数字の報告が上がっていない」とした。

(2011年3月12日20時53分 読売新聞)

枝野官房長官は12日夜、首相官邸で記者会見し、福島第一原発1号機で起きた爆発について「原子炉の格納容器が爆発したものではなく、格納容器の外で起きたもの」と述べ、「放射性物質が大量に漏れ出すものではない。爆発前と比べ数値は上がっていない」と冷静に対応するよう呼びかけた。

東京電力の調査でも濃度は上昇していない、という。

「水素爆発」で建屋の外壁が壊れたという。

(2011年3月12日23時16分 読売新聞)

地震による自動停止で原子炉内の圧力上昇と過熱を引き起こし、炉心溶融が心配されていた東京電力福島第一原発1号機に、東電は海水を注入するという決断をした。

枝野官房長官が12日夜の記者会見で明らかにした。

海水は、海から引いてたくさんの量を使用できるので、冷却の効果が高い。もともと原発には緊急用の海水注入系があり、温めた蒸気の冷却などに海水を使用している。原発が海辺に建設されるのは、このためでもある。特に、今回の緊急冷却では、海水にホウ酸を添加して使用する。原発の水は、冷却材であると同時に、中性子の速度を落として核分裂反応を起こしやすくする効果がある。

水を注入した結果、再び核分裂が活発化しないよう、反応を抑えるのがホウ酸の役目だ。ホウ酸注入は、非常時の冷却では効果があり、軽水炉には専用の注入システムが常設されている。問題は、1号機の今後だ。海水を使用した場合、設備の復旧が難しくなる。特に今回の事故では、核分裂によって生じた放射性物質が外部に放出されていることから、ウラン核燃料の少なくとも一部が、金属被覆を溶かして露出し、融解を引き起こしている可能性がある。

そのような深刻な汚染が起きたうえに海水を注入した原子炉を、再び健全な状態に戻すのはコストもかかり、実現はかなり難しい。

仮に、原子炉を廃炉にする場合、国への審査手続きが必要になるほか、放射能の高い核燃料の冷却、施設の放射能汚染を取り除く作業（除染）などが必要になる。また、構造物も40年にわたる運転で中性子線にさらされ、放射化しているため、放射線の影響を防ぐための措置を講じた上で解体する必要がある。

(2011年3月13日01時05分 読売新聞)

東日本巨大地震で被災した東京電力福島第一原子力発電所（福島県大熊町、双葉町）1号機の原子炉建屋で12日午後、水素爆発が発生し、作業員4人が負傷、放射性物質も飛散して敷地外にいた住民ら3人が被爆（ひばく）した。

1号機は原子炉内が過熱しており、経済産業省原子力安全・保安院は、炉心が溶融した可能性を指摘。東電は、運転再開が困難となる海水の注入に踏み切った。その作業に備え、福島県は同日夜、避難指示の範囲を半径20キロメートル圏へ拡大した。一方、宮城県南三陸町では、住民約1万人が不明になっていることがわかった。捜索が進むにつれ、多数の集落の壊滅が判明し、被害は未曾有の規模に拡大している。

12日午後3時36分頃、福島第一原子力発電所1号機建屋付近で、ドーンという大きな爆発音とともに白煙が上がり、原子炉建屋が骨組みを残して吹き飛んだ。同日夜、記者会見した枝野官房長官は「格納容器と建屋の間にたまった水素による爆発で原子炉建屋の壁が崩壊した」と語った。

残存した格納容器には損傷はないが、原子炉内の燃料集合体の一部が高熱で溶ける炉心溶融が進み、過酷事故に発展する恐れがあるため、東電は、炉内に核分裂を抑えるホウ酸と海水の注入を始めた。専門家は「廃炉覚悟の最終手段」と分析する。

東電によると、爆発時、原子炉建屋内にいた同社社員2人、協力会社2人の計4人が負傷。病院に運ばれたが、意識はあったという。社員らは圧力が異常に上昇した格納容器内の水蒸気を逃がす作業をしており、格納容器内から噴き出した高圧蒸気が爆発につながった可能性もある。

同1号機では、原子炉を冷やす水注入するためのポンプの非常電源などが入らず、原子炉の十分な安全性を失っていた。格納容器内の圧力が異常に上昇していたため、12日朝から作業員が建屋内に入り、弁を開ける作業やホウ酸を注入する準備をしていた。

枝野長官によると、爆発前に毎時1015マイクロ・?の放射線量が観測された原発周辺で、爆発後には同860マイクロ・シーベルト、約3時間後には同70・5マイクロ・シーベルトと、爆発後にむしろ放射線量は減少していた。政府は、同日午後6時25分、同原発周辺の住民の避難範囲を半径10キロから20キロメートルに拡大した。

福島県によると、原発から3キロメートル圏内にある双葉厚生病院の患者、職員90人以上が12日、被曝した可能性がある。3人を検査したところ3人とも除染ですむ程度の被曝をしていた。爆発時に避難のため学校で待っていて被曝

したらしい。

(2011年3月13日01時51分 読売新聞)

東京電力福島第一原子力発電所1号機で起きた爆発事故は、原子炉格納容器内の圧力が異常上昇し、危険回避のための作業をしている最中に起きた。

1号機は、炉心が溶融している可能性も指摘されており、かなりの重大な異変が建屋の中で起きていたとみられる。

原発事故は、国際原子力機関（IAEA）が決めた8段階の国際原子力事象評価尺度（INES）で深刻さが示される。

炉心溶融を起こし国境を越えて放射性物質を放出し、史上最悪の原子力事故になった旧ソ連チェルノブイリ原発事故（1986年）はレベル7。同様に、制御困難になって炉心溶融を起こした米スリーマイル島原発事故（1979年）はレベル5。両者の評価の差は放射能汚染の規模にある。

日本で最悪の原子力事故は、JCO臨界事故（1999年）だ。所外に中性子線が漏れ、周辺住民が避難する事態に発展したが、大きな被害を受けたのが所内の作業員3人だったため、レベル4の評価となった。

経済産業省原子力安全・保安院は12日夜の記者会見で今回の事故について「暫定的にはレベル4」との見方を示した。事故と異常事象を区別するのは、原子力施設に設けられた多重の封じ込め機能が破られたか否か。今回の事故で、建屋の爆発と燃料損傷が重なったとすれば、多重封じ込めは完全に破られたことになり、レベル4以上の事故と判断される可能性もある。

(2011年3月13日03時46分 読売新聞)

福山官房副長官は13日午前1時50分、東京電力福島第一原発1号機への海水注入作業について「あと数時間で満杯になるのではないか」との見通しを示した。

首相官邸で記者団に語った。

福山氏は「余震などが続くとして若干作業が止まる。さきほどの0時前の大きな地震の時に作業が止まったと報告を受けている」とも明らかにした。

(2011年3月13日02時03分 読売新聞)

枝野官房長官が12日午後8時40分頃に行った記者会見の要旨は以下の通り。

爆発は建屋の壁が崩壊したもので、中の格納容器が爆発したものではないことが確認された。炉心にある水が足りなくなり、発生した水蒸気が格納容器の外側の建屋との間に出て、その過程で水素になり、水素と酸素が合わさり、爆発が生じた。東京電力からは、格納容器が破損していないことが確認されたと報告を受けた。爆発は格納容器内のものではなく、放射性物質が大量に漏れ出すものではない。

爆発前に比べ、（周辺の）放射性物質の濃度は上昇していない。午後2時頃からベントと言う、容器内の圧力が高くなるのを抑制する作業を行い、水蒸気を外に出した。濃度は、午後3時29分には1015マイクロ・シーベルトと一度高くなったが、その後、爆発をはさんでも、午後3時40分には860、午後6時58分には70・5と低下し、低いレベルにとどまっている。

今後懸念される原子炉容器、および格納容器の破損による災害を未然に防止するため、東京電力は容器を海水で満たす措置を取る判断をし、海江田経済産業相が指示した。合わせてホウ酸を用い、万が一にも再臨界などが生じないように工夫することも確認している。この手順は、午後8時20分に着手した。

東電福島第一発電所にかかる避難指示については、万が一の対応策として、20キロ圏内に拡大した。今回の措置によって、10キロから20キロの間の皆さんに具体的に危険が生じるものではない。万全を期す観点から拡大した。住民は警察、自治体などの指示に従い、冷静に対応してほしい。（海水によって原子炉を満たすことによる）新たなリスクはないと判断した。原子炉に水を満たすのに5時間プラスアルファ、その周りの格納容器を満たすには、さらに10日ぐらいかかる。

(2011年3月13日10時16分 読売新聞)

【ローマ＝末続哲也】国際原子力機関（IAEA、本部・ウィーン）の天野之弥事務局長は12日夜（日本時間13日未明）、福島第一原発1号機の爆発事故に関して日本語によるビデオ声明を発表し、「日本の当局は困難かつ刻一刻と変化する状況の中で、必要な情報の収集と安全の確保に当たっている」と、日本側の対応を一定評価した。

ただ、「福島第一原発に関しては引き続き懸念が存在している」との認識を示し、海水注入などの措置について「成功し、出来るだけ早期に1号機の安全が確保されることを期待している」と述べた。

IAEAの事務局長が、日本語によるビデオ声明を発表するのは異例。

(2011年3月13日23時48分 読売新聞)

建屋が爆発した同原発1号機では、13日未明までに注入した海水は、想定した必要量に到達した。東電は燃料棒の露出は解消したと見ている。

(2011年3月14日10時36分 読売新聞)

津波の影響で故障した福島第二原子力発電所1、2、4号機の「海水ポンプ」の修復を進めていた東京電力は14日、1、2号機については海水ポンプを含む冷却システムが回復したと発表した。

この3基の原子炉では、原子炉を覆う格納容器内の圧力が上がり過ぎるのを防ぐため、放射性物質が混じった蒸気を外

部に放出する準備を、同日未明から早朝にかけて進めていたが、1、2号機については放出をとりやめた。

この海水ポンプは、原発の通常の運転時に、原子炉から出た余分の熱を冷ますために使われているもの。福島第二原発1～4号機では、地震の発生で自動停止の手順に入ったが、3号機を除いて、完全に冷えて停止するには至っていない。そのため、3号機以外で、格納容器から蒸気を逃がす準備を進めていた。この蒸気には放射性物質が混じっている。

(2011年3月16日02時29分 読売新聞)

福島第一原発では15日も、核燃料の冷却のため、1～3号機で炉心への海水注入が継続されたが、原子炉が十分に制御できない状態は続いている。

水素爆発により原子炉建屋が大破した1号機について、東京電力は「冷却が最優先課題」として、炉心への海水の注入を続行した。しかし、水位は依然不足しており、15日午後7時前の段階では、燃料棒の半分近い1・8メートルが水につからず露出した状態が続いている。

注入を妨げる圧力容器内の高圧は減衰しているものの、水が順調に入っているかどうかは、十分確認できないという。

(2011年3月16日03時09分 読売新聞)

東京電力は15日、東日本巨大地震で被災した福島第一原子力発電所（福島県）の1、2号機について、原子炉内の核燃料がそれぞれ7割、3割の破損を受けている恐れがあるとの試算結果をまとめ、福島県災害対策本部に報告した。

燃料が長時間にわたって冷却水から露出したために、燃料を覆う金属に小さな穴や亀裂が生じ、内部から強い放射能を帯びた物質が漏れ出したとみている。燃料の著しい破損が、敷地内外で観測されている高い放射線量につながった可能性が高い。

東電によると、原子炉格納容器内の放射性物質量の測定値と、運転停止後の経過時間などから、燃料を覆う金属の破損程度を概算。その結果、1号機の燃料集合体400体の70%に、2号機の548体の33%に、それぞれ小さな穴や亀裂が生じている恐れがあるとしている。

1、2号機では、燃料の一部が露出した状態が長時間続いているため、破損が進んだらしい。

14日に水素爆発が起きた3号機では、格納容器内の放射性物質を測定する装置が故障しており、どれだけ破損しているかを推定できない状態という。

(2011年3月24日01時21分 読売新聞)

国の原子力政策の安全規制を担う、原子力安全委員会の班目春樹委員長は23日夜、東日本巨大地震で被災した東京電力福島第一原子力発電所の事故後初めて記者会見を開いた。

原子炉の被害について尋ねられた同委員長は「（水素爆発した）1号機の核燃料はかなり溶融している可能性がある。2、3号機に比べて、最も危険な状態が続いている」と指摘。原子炉内の温度、圧力の異常上昇が続き、危険な状況にさしかかっていると、「（炉心が入っている）圧力容器の蒸気を放出する弁開放を行い、炉の破壊を防ぐ検討をしている」ことを明らかにした。

同原発1～3号機の原子炉の燃料棒は露出し、海水の注水作業が続けられている。23日、1号機の炉内の温度は一時、400度と設計温度（302度）を上回ったが、注水によって温度が下がっている。しかし、圧力の上昇が続き不安定な状態になっているため、班目委員長は「24日にも、圧力容器内の蒸気を放出するかの判断をする」と述べた。

(2011年3月24日09時23分 読売新聞)

原子炉内の温度が、一時400度まで上昇した福島第一原発1号機に関して、東電は23日未明から仮設ポンプで、海水の注水量を増加、冷却作業を進め、午後6時現在で温度を306度まで下げた。

しかし、燃料棒は水面から露出したまま高温になったとみられ、圧力も上昇し、炉内の状態は不安定なままだ。専門家も炉心の一部が溶けた可能性があるなどとし、十分な警戒が必要としている。

元原子力安全委員の住田健二・大阪大名誉教授（原子力工学）は、「同じように原子炉内に注水し続けている2号機の温度（約100度）と大きな温度差があるのが気になる」と指摘。「炉心の一部が溶け、炉内が高温になったと考えられる。圧力容器を溶かすほどではないが、炉内が落ち着いていない。温度は今後、急上昇する危険性がある。細心の注意が必要だ。最も重要なのは、炉の近くで中性子線の有無を確認し、核分裂反応が連続して起きる臨界がわずかでも起きているかどうかを知ることだ」と話す。

「異常な高温状態だ」と話すのは杉山亘・近畿大原子力研究所講師（原子力安全学）。約70気圧になる通常運転中でも水温は280度程度にとどまるとし、「冷たい水を高温の原子炉内に入れると、（原子炉につながる）給水配管が急な冷却で、破損するおそれもある」という。

宮崎慶次・大阪大名誉教授（原子力工学）は「原子炉の上部と下部で同じ約400度を示したのは、燃料の上部が冠水していないというより、水がほとんど入っていないのではないかと。圧力容器を壊すような数値ではないが、深刻な状況が続いていると言える」としている。

(2011年3月24日11時46分 読売新聞)

東日本巨大地震で被災した東京電力福島第一原子力発電所は24日早朝から、各原子炉の計器類やポンプの機能を回復させる作業を再開した。前日夕方に3号機の原子炉建屋から黒煙がたちのぼったため、作業を中断していた。

1号機では23日、炉心を取り囲む格納容器内の圧力が上昇したため、班目（まだらめ）春樹・原子力安全委員会委員長が同日、最も危険な炉であると指摘、東電は対応を検討していた。経産省原子力安全・保安院によると、炉心を冷やした



めの海水の注入量を毎分約178リットルから約160リットルに減らした結果、24日午前7時には圧力上昇は止まった。保安院は、圧力を下げるために蒸気を外部に放出する必要性は低くなったとみている。

1号機の中央制御室では、核分裂の連鎖反応を止める効果がある「ホウ酸水注入系」のポンプを制御する表示盤への通電が23日に完了しており、他の計器類の復旧作業も進められた。中央制御室の照明も、午前11時半に点灯した。

陸上自衛隊は24日午前7時には、大型ヘリCH47を約30分間にわたって福島第一原発の上空に飛ばし、原子炉建屋表面の温度を測定。高精度のカメラを搭載したRF4偵察機も午前2回、午後1回、上空を飛行し、写真を撮影する。

(2011年3月25日08時25分 読売新聞)

原子炉などの冷却機能回復を目指す東京電力福島第一原子力発電所では一進一退の作業が続く。

一時は温度や圧力が上昇していた1号機では、上昇傾向に歯止めがかかり監視を続けている。同日午前には中央制御室に照明がともった。

東京電力福島第一原子力発電所3号機で24日に作業員が被爆(ひばく)した事故について、東電と経済産業省原子力安全・保安院は25日、原子炉につながる配管などが損傷して炉内の水が漏れ出していた可能性があるとの見解を示した。

東電は同日、1号機でも原子炉から漏出したとみられる水を確認したと発表。2、4号機でも、1、3号機と同様、タービン建屋地下に水たまりがあり、東電は今後、分析を行う。電源復旧などに向けた今後の作業に影響を与える恐れが出てきた。

3号機タービン建屋の地下1階で作業員が触れた水は、原子炉に延びる配管などが集中する箇所の下にたまっており、東電が採取して分析したところ、セシウム137など、核燃料が損傷した場合にしか検出されない放射性物質が含まれていたという。

1号機については、東電が、タービン建屋地下1階で24日に採取した水を分析したところ、総放射線量は1立方センチメートルあたり約380万ベクレルで、3号機の作業員が被曝した水とほぼ同じレベルだった。セシウム137も検出されており、東電は、1号機の水も原子炉から漏れ出た可能性が高いとみている。

(2011年3月25日21時11分 読売新聞)

1、3号機では25日、仮設ポンプで原子炉内に真水を注入する冷却作業が始まった。これまでは海水を注入していた。真水の使用には、海水による配管や電気設備の腐食などを避ける狙いがある。福島第一原発の冷却に真水を使うのは、被災からの復旧が本格化して以来初めて。

東京電力は25日午後11時過ぎの記者会見で、福島第一原子力発電所1号機のタービン建屋地下1階にたまっていた水を分析した結果、1立方センチメートルあたり約380万ベクレルの放射性物質が検出されたことを明らかにした。

(2011年3月25日23時48分 読売新聞)

東電によると、水を採取したのは24日午前中で、放射性物質の濃度は、通常運転時の原子炉内の冷却水の約1万倍。作業員3人が被爆(ひばく)した3号機のタービン建屋地下1階にたまっていた水と同程度にあたるという。

福島第一原発のタービン建屋の地下にたまった高濃度の放射性物質で汚染された水は、原子炉圧力容器内の水が漏れ、流れ込んだ可能性が高い。

(2011年3月30日20時24分 読売新聞)

東電や経済産業省原子力安全・保安院は、容器本体が壊れた可能性は低いが、容器下部の制御棒を差し込む部分や、タービン発電機とをつなぐ配管などの破損を指摘する。放射性物質を閉じこめる「密閉機能」は既に失われているとしている。

今回の事故では、1～3号機とも圧力容器内の燃料棒が露出、一部は溶融しているとされる。容器本体の損傷も懸念されているが、厚さ16センチの鋼鉄製で、保安院は「穴が開いたことを示すデータはない」という。

しかし、汚染水の濃度から、東電は「3基とも圧力容器内の水が外部に出るルートができています」と話す。

(2011年4月6日11時20分 読売新聞)

東京電力は6日、福島第一原子力発電所1号機の格納容器の水素爆発を防ぐため、早ければ同日夕方から格納容器内に不活性の窒素ガスの注入を始めると発表した。

1号機の原子炉内の損傷した燃料棒の被覆管ジルコニウムと水蒸気が反応してできた水素が、格納容器内に漏れている可能性が高く、酸素と結びつき水素爆発が起こる可能性が指摘されていた。

3月12日に水素爆発で建屋が吹き飛んだ1号機の原子炉は、燃料棒が一部露出し、炉内の温度が高い状態が続く。冷却のため毎時6トン注入されている水の分解などで水素、酸素が蓄積していると見られる。原子炉の冷却で、圧力が低下した格納容器内に、外から酸素が入ってくる量が増え、水素爆発の懸念が高まっていた。

格納容器に注入する窒素は約6000立方メートル。数日かけて注入する予定。東電では2、3号機でも同様の窒素注入を計画している。

(2011年4月6日13時59分 読売新聞)

東京電力は6日、福島第一原発1～3号機の格納容器内の放射線計測値を正式に発表した。

1号機と3号機では、核燃料が一部露出した3月14日朝には、放射線量が、通常運転時の10万倍に達する毎時167シーベルトまで上昇していた。

このデータを基に、燃料に小さな穴や亀裂が生じた割合を計算すると、1号機では燃料集合体400体の約70%が損傷していると推定された。2号機は同548体の約30%、3号機は同548体の約25%が損傷したとみられる。

放射線計測装置は、事故時の燃料損傷を監視するために常設されている。被災後、計測できなかったが、復旧作業に伴い、14日以降のデータが明らかになった。1、3号機より事故の進行が遅かった2号機は、14日朝は放射線量も通常の毎時0.001シーベルトにとどまっていたが、燃料が露出した15日朝には62.7シーベルトに上昇。

(2011年4月6日22時45分 読売新聞)

東京電力は6日午後10時半から、福島第一原子力発電所1号機の格納容器への窒素ガス注入作業を始めた。格納容器内での水素爆発を防ぐ措置。

(2011年4月7日08時16分 読売新聞)

水素爆発を防ぐため、東京電力は福島第一原子力発電所1号機の原子炉格納容器に窒素を注入する作業を始めたが、注入によって高濃度の放射性物質を含む水蒸気が格納容器から漏れ出す危険性もある。

大きな事故を防ぐための手段とは言え、「苦渋の決断」が続く。

水素は、高温になった核燃料棒の被覆管（ジルコニウム）が水蒸気と反応して生成するほか水が放射線で酸素と水素に分解されてできる。原子炉内は燃料の一部が露出したままで放射線量も高く、水素は生成し続けている。外側の格納容器にたまった水素の濃度は現在1.5%になっている。

水素の濃度が4%以上になると、酸素と反応して爆発を起こす危険性がある。同原発でも先月12、14日に1、3号機で相次いで水素爆発が起きた。いずれも原子炉建屋での爆発だったが、もし格納容器で爆発が起きれば、原子炉も損傷して大量の放射性物質が拡散する最悪の事態になりかねない。

今回の注入は、反応性が低く安定な窒素で、水素と酸素の濃度を薄めて、爆発を避けるのが狙いだ。

しかし、1～3号機の格納容器の圧力は低下しており、隙間があいている可能性が高い。実際に、原子炉内から漏れたたまり水も見つかっている。

東電は格納容器の圧力や放射線量を監視しながら、格納容器の体積とほぼ同じ6000立方メートルの窒素を注入するとしているが、放射性物質を含む水蒸気が、押し出されるように放出される危険は避けられない。

「気密性が完全ではなく、放射性物質が漏れる可能性はあるが、より大きな事故を防ぐために必要な措置」。東電の松本純一原子力・立地本部長代理は理解を求めた。東電は、1号機に続き、2、3号機でも窒素注入を行う予定だが、両号機の格納容器の圧力はほぼ大気圧にまで下がっており、注入で放射性物質が漏れ出す危険性は1号機よりも高い。

(2011年4月7日13時54分 読売新聞)

福島第一原子力発電所で再び水素爆発が起こるのを防ぐため、東京電力は7日未明から、1号機格納容器内への窒素ガス注入を始めた。

作業に伴って、格納容器内の放射性物質を含んだ蒸気が外部へ漏れ出す恐れがあるため、東電は周辺の放射線量などを監視しながら慎重に作業を進めている。2、3号機でも準備ができ次第、実施する方針だ。

東電によると、1号機への注入は6日夜に始まったが、配管から窒素が漏れているのが分かったため、配管を点検した後の7日午前1時半頃から注入し直した。6日間かけ、最大約6000立方メートルを注入する。

心配された周囲の放射線量は、1号機の西約1キロメートルにある同原発西門で、注入前の7日午前0時に毎時59.4マイクロ・シーベルト。注入後の同9時で同58.4マイクロ・シーベルト。注入作業の前後で大きな変化はなく、作業による格納容器からの放射性物質の漏れは今のところないとみられる。

(2011年4月7日21時58分 読売新聞)

東京電力福島第一原子力発電所1号機で始まった原子炉格納容器への窒素ガス注入は、7日午後も引き続き行われた。

東電によると、窒素は7日午後5時までに410立方メートルを入れた。注入量を示す格納容器内の圧力は1.68気圧（午前9時50分現在）から1.76気圧（午後5時現在）に上昇。最終的には2.56気圧になる見通し。周辺の放射線量は、注入前後でほとんど変わりのない状態が続いている。

(2011年4月7日21時58分 読売新聞)

新たな水素爆発を防ぐため、東京電力は福島第一原子力発電所1号機の原子炉格納容器に窒素を注入しているが、この措置は米原子力規制委員会（NRC）が報告書の中で必要性を強調していたものだ。

報告書は、同原発の現状について冷却のために原子炉に注入した海水の塩分が炉内にたまり、十分な冷却ができなくなっていると警告している。

NRCは、原発の安全審査や規制、放射性廃棄物管理の監督に強い権限を持つ米政府の独立機関。日米政府が福島第一原発事故の対応のため設立した連絡調整会議にも参加している。

NRCのチームが先月26日付でまとめた報告書は、1～3号機について、核燃料の一部が溶け、圧力容器の底にたまっていると分析。海水中の塩分が析出して燃料を覆い、冷却を妨げていると指摘した。特に、圧力容器内の温度が高い1号機で、塩の量が多いと懸念を表明している。2、3号機は、注水しても圧力容器の水位が上がらず、一部が壊れている可能性を示唆した。

また、海水は真水に比べて、放射線による分解で水素を発生しやすいと指摘。海水に溶けていた酸素と反応して、水素爆発を起こす危険があると警告した。

窒素注入は、その対策としてNRCが提案していたもので、東電は7日、「すぐに水素爆発する恐れはないが、(NRCの)指摘を踏まえた」と説明した。

(2011年4月11日13時37分 読売新聞)

東京電力は11日、水素爆発を防ぐため窒素を注入している福島第一原子力発電所1号機の格納容器で、圧力が1・95気圧から上昇しなくなり、放射性物質を含む蒸気や窒素が外部に相当量漏れていると発表した。

東電によれば、7日未明から毎時28立方メートルの窒素を注入している。容器内の圧力は、7日の1・56気圧から9日の1・9気圧まで徐々に上昇が続いたが、10日頃から圧力が1・95気圧のまま上がらなくなった。

計算上は1000立方メートル前後の蒸気や窒素が外部に漏れ出したことになる。ただ、今のところ原発周辺の放射線量に大きな変化は見られない。

1号機には、6日間で約6000立方メートルの窒素を注入し、1・5気圧を2・5気圧にする予定だった。東電では「格納容器の密閉性が損なわれ、相当量が漏れている」とみている。東電では、水素爆発を回避するため、当面、現在の注入を継続、対応策を検討する。

(2011年4月11日18時14分 読売新聞)

東京電力によると、11日午後5時16分ごろ福島県浜通りを震源として発生した地震で、東北電力から供給を受けている外部電源が遮断され、1～3号機で原子炉に冷却水を送り込む注水ポンプが停止した。

約40分後に外部電源が復旧し、注水は再開した。建屋外で観測している放射線量に、地震前後で変化は見られないという。1～3号機では、原子炉を冷却するため注水が続けられていた。東電は、原子炉の冷却に問題は発生していないとみている。

4号機も停電したが、原子炉の燃料が入っておらず、注水は行われていなかった。5、6号機は停電しなかった。1号機で続けられていた格納容器への窒素注入は中断しているが、再開に向けて作業を進めている。

(2011年4月14日22時44分 読売新聞)

注水冷却が続けられている東京電力福島第一原子力発電所1～3号機について、日本原子力学会の原子力安全調査専門委員会は14日、原子炉などの現状を分析した結果をまとめた。

3基は核燃料の一部溶融が指摘されているが、専門委は「溶融した燃料は細かい粒子状になり、圧力容器の下部にたまって冷えている」との見解を示した。

専門委では、東電や経済産業省原子力安全・保安院などが公表したデータをもとに、原子炉の状態を分析した。

それによると、圧力容器内の燃料棒は、3号機では冷却水で冠水しているが、1、2号機は一部が露出している。1～3号機の燃料棒はいずれも損傷し、一部が溶け落ちている。溶融した核燃料は、冷却水と接触して数ミリ以下の細かい粒子に崩れ、燃料棒の支持板や圧力容器下部に冷えて積もっていると推定している。これは、圧力容器下部の水温が低いこととも合致している。沢田隆・原子力学会副会長は「外部に出た汚染水にも、粒子状の溶融燃料が混じっていると思われる」と説明した。

(2011年4月20日22時30分 読売新聞)

東京電力の松本純一・原子力立地本部長代理は20日、燃料の約70%が損傷しているとみられる福島第一原子力発電所1号機の原子炉について「燃料が溶融している可能性がある」と認め、「圧力容器の中ほどに水あめのような状態で引っかかり、底までは落ちていないだろう」と述べた。

理由として、圧力容器の底部の温度が上部より低いことを挙げた。

東電はこれまで、燃料の損傷状況について「表面に穴が開いたり、燃料を詰めた合金製の被覆管が割れたりしているのではないかと説明し、溶融については明言していなかった。

(2011年4月23日06時00分 読売新聞)

東電は22日の記者会見で、福島第一原発1号機の格納容器の下部にある圧力抑制室が、ほぼ水で満たされているとみられることを明らかにした。

ドライウェルと呼ばれる上部も半分程度、水がたまっているとみられ、燃料が完全に水につかるまで格納容器を水で満たす「水棺」処理が事実上進行していることになる。

圧力抑制室は通常、約50%の水が入っており、圧力容器の内部が非常に高圧になると、弁を通じて内部の蒸気を導き、水中で冷却、凝結させて全体の圧力を下げる。1号機の圧力容器には、これまでに約7000トンの水が注入されており、東電は、この水がほぼ全量、格納容器内にとどまっているとみている。

2、3号機には格納容器の容量(約7000トン)を上回る1万4000トン、9600トンが注水されているが、圧力抑制室の損傷などで格納容器から流出し、タービン建屋などに流入している可能性が高いという。

(2011年4月26日13時52分 読売新聞)

東京電力は26日、福島第一原子力発電所1号機で、燃料が完全に水につかるまで格納容器を水で満たす「水棺」に向け、本格的な作業に入ることを明らかにした。

27日から原子炉への注水量を一時的に毎時6トンから同14トンまで増やす。格納容器や配管の損傷を点検のうえ、問題がなければ、28日以降に注水量を増やしていく。

作業は26日にまず、米国製ロボット2台を原子炉建屋に入れ、損傷などを確認する。27日には注水量を試験的に毎時10トンに増やす。最大同14トンまで上げ、圧力や水位の変化を調べる。その後、再びロボットで損傷を点検し、本格的に注水量を増やす。一方、経済産業省原子力安全・保安院は、窒素注入による圧力変化などから算出した水位によって、水漏れが疑われる箇所があるとしている。

(2011年4月27日13時11分 読売新聞)

東京電力は27日、福島第一原子力発電所1号機の原子炉に行っている注水の量を一時的に増やす試験を始めた。

注水量の増加に伴う水位などの変化を調べるのが目的。格納容器の上部まで水を満たして原子炉ごと冷やす「水棺」の本格化に向けた作業となる。

注水量は27日午前10時、従来の毎時6トンから10トンに増加した。同午後4時過ぎには14トンに増やす。この状態を18時間続けた後、28日朝に6トンに戻して試験を終了させる。その後、ロボットを使い、漏水などが起きていないか調べる。

東電は、26日のロボットを使った事前調査で、建屋内の数値としては最高の毎時1120ミリ・シーベルトの放射線量を記録した場所があったことを明らかにした。原子炉からの高濃度の汚染水が漏れている可能性があるが、東電は約2時間にわたる調査で漏れ箇所が発見できなかったとして、水棺作業の実施を決断した。

(2011年4月28日20時55分 読売新聞)

東京電力は28日、福島第一原子力発電所1号機で、格納容器を水で満たす本格的な「水棺」に向け、毎時10トンまで増量した原子炉への注水量を継続すると発表した。

毎時6トンから増量し、最大14トンまで引き上げる予定だったが、東電は、漏水もなく、格納容器の圧力低下や原子炉内の温度が低下するなど一定の効果があったためとしている。

東電によると、格納容器内の圧力は0.35気圧減少し、約1.2気圧。燃料棒の冷却が進み水の蒸発量が減ったためとみられるが、1.1気圧までは流量を維持する。大気圧の約1気圧より下がると、空気が流入し、水素爆発を起こすおそれが高くなるためだ。原子炉圧力容器下部の温度は96.8度と、10度以上低下した。

(2011年4月29日22時53分 読売新聞)

東京電力は29日、福島第一原子力発電所1号機で、圧力容器の燃料棒が水につかるまで、容器の内外を水で満たす「水棺」に向け、試験的に毎時10トンに増やしていた注水量を、元の毎時6トンに戻した。

当初は毎時14トンまで増やす計画だったが、冷却が早く進み水素爆発が起きやすくなる恐れが出てきたため、東電は爆発を防ぐ窒素注入を続けながら慎重に注水を進める。

1号機は圧力容器を囲む格納容器に水をため、26日には深さが推定6メートルに達した。水棺までには、さらに13メートル水位を上げる必要があるため、東電は27日午前10時、注水量を毎時6トンから10トンに増やした。

その結果、圧力容器周囲の温度は26日から15～20度低下。格納容器の内部圧力も、1.5気圧から1.1気圧へ下がり、大気圧(約1気圧)に近づいた。内部の水蒸気が急速に冷えて水になったためとみられる。これ以上圧力が下がると外から酸素が流れ込んで爆発する可能性があるため、東電は午前10時14分、注水量を同6トンに戻した。

(2011年4月30日00時31分 読売新聞)

【ワシントン＝小川聡】米原子力規制委員会(NRC)のビル・ボーチャード運転担当常任理事は28日、同委員会の公開会合で、福島第一原発事故について「状況は明らかに改善している。しっかり安定しているとは言えないが、激しい変化はなくなり、日本の当局に正しく対応する時間的余裕を与えている」と報告した。

収束に向けた東京電力の工程表についても「長期的な復旧に向け、明らかな前進だ」と評価した。

同委員会は福島を事故を受け、テロやハリケーンなどで原発の外部電源が失われた際の対処について議論した。米国の104原発のうち、60原発は自家発電を持つが、44原発は蓄電池だけで最大4時間しか対処できないという。ヤツコ委員長は「外部電源復旧に時間がかかる事例をたくさん見ている。4時間で十分とは思えない」と懸念を示した。

(2011年5月2日14時03分 読売新聞)

東京電力は、福島第一原子力発電所1号機の原子炉建屋で、空気中の放射性物質の濃度を下げ、換気装置6台を設置する作業を2日、開始した。

建屋内に人が入って作業できるようにするために、換気装置は、タービン建屋側から原子炉建屋に入る扉付近に設置。装置から直径約30センチのホースを原子炉建屋内に入れ、空気を取り込んで浄化する。放射性物質を20分の1に減らすことを目指す。

(2011年5月3日21時01分 読売新聞)

東京電力は3日、福島第一原子力発電所1号機原子炉建屋内の放射性物質の濃度を下げ、隣接するタービン建屋内に換気装置6台を搬入した。

換気装置は、仮設ダクト(ホース)を通じて原子炉建屋の空気を吸い込み、毎時10～40ミリ・シーベルトと高濃度の放射性物質を含んだ空気を数ミリ・シーベルトまで下げる。線量が下がれば、事故後初めて作業員が原子炉建屋に入り、配管などの損傷の確認、圧力計や水位計などの点検・修理など冷却機能回復に向けた復旧作業が始まる。

換気作業は、原子炉建屋の二重扉を開けて行われる。この際、タービン建屋内に放射性物質を含んだ空気が漏れないよ

う、二重扉を覆うように、内側の気圧を高くした小屋（正圧ハウス）を組み立てる。正圧ハウスは金属製パイプ、ベニヤ板で組み立て、その周囲にビニールをかぶせた簡単な構造だ。

（2011年5月5日01時35分 読売新聞）

東京電力は4日、福島第一原子力発電所1号機の原子炉を安定させるため、原子炉内の水を外付けの空冷式放熱装置で冷却する新システムを設置することを決め、工事を8日に始めると発表した。

システムの完成は5月末～6月の見込み。システムを稼働できれば、遅くとも数日中に、原子炉内の水温が目標の100度未満になる「冷温停止」状態に持ち込めるとみている。

新システムは原子炉から高温の水を配管で取り出し、冷却した上で原子炉に戻す循環方式。東電は当初、海水で循環水を冷やす原子炉本来のシステム復旧を目指していたが、その復旧には時間がかかり過ぎると判断した。

冷却効率をより上げるため、格納容器を水で満たし、圧力容器ごと冷やす「水棺」化を進めた上で稼働させる。外部からの注水を減らせるため、汚染水も減らせる可能性がある。

（2011年5月6日13時29分 読売新聞）

東京電力福島第一原子力発電所で5日、1号機の原子炉建屋に作業員13人が入り、放射性物質に汚染された建屋内の空気の浄化システムを稼働させた。

同建屋に人が入ったのは、3月12日の水素爆発後、初めて。6日には、圧力容器への注水量を毎時6トンから8トンに増やした。東電は、格納容器を水で満たす「水棺」を約20日間で完成させる計画で、原子炉の安定化に向けた進展が期待される。

原子炉建屋には5日午前11時32分、まず東電社員2人がタービン建屋とつながる二重扉を開けて入り、26分間かけて放射線量を測った。午後には協力会社の社員を含む11人が入り、換気用のホース8本を設置。作業は午後3時過ぎに終わり、換気装置が稼働した。

原子炉建屋内の放射線量は毎時8～93ミリ・シーベルト。作業員13人の被爆（ひばく）線量は0.31～3.16ミリ・シーベルトで、東電は「計画していた3ミリ・シーベルト以内にほぼ収まった。健康への影響はないと考える」としている。

浄化システムは、建屋内の空気中のヨウ素131の濃度を30分の1以下に減らすのが目標。浄化が順調に進めば、原子炉を冷却する熱交換器の設置が16日にも建屋内で始まる。

（2011年5月9日11時15分 読売新聞）

東京電力は9日、福島第一原子力発電所1号機で、タービン建屋から原子炉建屋へつながる二重扉を完全に開放し、社員7人と経済産業省原子力安全・保安院の職員2人が原子炉建屋に入って放射線量を測った。

建屋に出入りする経路が確保されたことで、原子炉の安定冷却に向けた作業は大きく前進する。

東電は、8日夜からの二重扉の部分的な開放によって、建屋内（容積約2万5000立方メートル）の空気全体が入れ替わり、放射性物質約5億ベクレルが排出されたと試算。敷地内9地点の放射線量の測定値に増加は認められず、「周辺環境への影響はなかった」と判断した。放射性物質の急激な放出を避けるため、建屋の換気は約8時間かけて行われた。

東電は9日午前4時過ぎ、建屋の二重扉を覆っていた小部屋や建屋内の空気浄化に使ったダクト（ホース）を撤去。二重扉が開いた部分（幅約80センチ、高さ約2メートル）で、原子炉建屋とタービン建屋が通気状態になった。緊急時の避難経路を確保するため、二重扉は今後、開けたままにする。

## 2号機原子炉で起きた事象

（2011年3月11日18時26分 読売新聞）

福島県災害対策本部では11日午後、福島第1原発1、2号機について、放射能漏れの恐れがあることが報告された。地震のため、両機とも運転を停止したが、原子炉を冷却するシステムが復旧しないという。同本部によると、2～3日は問題ない見通し。

（2011年3月11日22時54分 読売新聞）

東京電力福島第一原子力発電所（福島県大熊町、双葉町）1～3号機で、地震によって運転が自動停止した後、水を注入して冷却する「緊急炉心冷却装置（ECCS）」、除熱装置を停電時に稼働させる非常電源が故障するトラブルが発生した。

政府は、11日夜、原子力災害対策特別措置法に基づき、原子力緊急事態を宣言した。2号機の原子炉内の水位の低下が確認され、燃料棒が露出して放射能が漏れる可能性として、政府は同原発から半径3キロ・メートル以内の住民に「避難」させるよう地元自治体に指示した。

経済産業省原子力安全・保安院によると、ECCSを動かす電源を消失した事態は国内初めて。東電は、同日午後10時半過ぎ、現地に電源車を派遣、電源回復の作業を始めた。ECCSは、制御棒を挿入し核分裂を止めて緊急停止した後に、原子炉が壊れたり、炉心の温度や圧力が上昇したりした時に水を入れて冷やす装置。ECCSが必要時に作動しない

場合は、最悪、炉内の水が蒸発し、炉心が露出、放射線が外部に漏れる可能性もある。現在、同原発1号機、3号機では水位が低下していないが、除熱装置が作動できない状態が続いている。

(2011年3月12日02時27分 読売新聞)

東京電力福島第一原子力発電所(福島県大熊町、双葉町)1~3号機で、地震によって運転が自動停止した後、水を注入して冷却する「緊急炉心冷却装置(ECCS)」、除熱装置を停電時に稼働させる非常電源が故障するトラブルが発生した。

政府は11日夜、原子力災害対策特別措置法に基づき、原子力緊急事態を宣言した。2号機の原子炉内の水位の低下が確認され、政府は同原発から半径3キロメートル以内の住民を「避難」させるよう地元自治体に指示した。

経済産業省原子力安全・保安院によると、ECCSを動かす電源を消失した事態は国内で初めて。東電は現地に電源車を派遣、11日午後10時半過ぎから電源回復の作業を始めた。ECCSは、炉内の温度や圧力が異常上昇した時に注水して冷やす装置。必要時に作動しない場合は、放射性物質が外部に漏れる可能性もある。

(2011年3月12日10時37分 読売新聞)

福島第一原子力発電所、第二発電所で相次いで出された原子力緊急事態宣言は、日本の原発防災の巨大地震に対する見通しの甘さを露呈させた。

東電によると、建屋の震度など実際の揺れのデータをまだ評価していないものの、今回の地震のマグニチュード8.8は同発電所の想定(最大マグニチュード7.9)を上回る規模だった。

緊急時に水を注入して炉心を冷やす緊急炉心冷却装置(ECCS)が電源も含めて停止。くみ上げた冷却水(海水)を回すポンプも止まった。このため、原子炉の冷却が不十分になり、格納容器内の圧力が上昇、容器が崩壊する危機が高まった。

ポンプ停止の原因は、福島第一の場合、1~6号機の非常用ディーゼル発電機計13機がすべて、地震約1時間後に故障停止したことだった。想定では、地震が起きても各基が非常用発電機を融通しあって復旧するとしていたが、全滅した。

東電は電源を確保して原子炉の温度を下げるため、保有する発電機車51台を現地に集め、発電の準備を進めている。

(2011年3月12日13時21分 読売新聞)

原子炉格納容器内の圧力を下げる作業が始まった福島第一原発1号機の緊急事態は、経済産業省原子力安全・保安院の当初の被害想定を上回る危険水域まで達していることが12日わかった。

政府の緊急災害対策本部が公表した資料によると、昨日午後10時の時点で最悪の事態が想定されたのは、原子炉の水位が異常低下した同原発2号機。想定では、水位低下で、核燃料棒が露出し、溶融。最悪の場合、格納容器内の圧力が通常運転時の1.3倍程度の527.6キロパスカルに達し、爆発を避けるため水蒸気を放出するシナリオを描いていた。実際は、水位が安定し、放出は不要だった。

(2011年3月14日10時36分 読売新聞)

津波の影響で故障した福島第二原子力発電所1、2、4号機の「海水ポンプ」の修復を進めていた東京電力は14日、1、2号機については海水ポンプを含む冷却システムが回復したと発表した。

この3基の原子炉では、原子炉を覆う格納容器内の圧力が上がり過ぎるのを防ぐため、放射性物質が混じった蒸気を外部に放出する準備を、同日未明から早朝にかけて進めていたが、1、2号機については放出をとりやめた。

この海水ポンプは、原発の通常の運転時に、原子炉から出た余分の熱を冷ますために使われているもの。福島第二原発1~4号機では、地震の発生で自動停止の手順に入ったが、3号機を除いて、完全に冷えて停止するには至っていない。そのため、3号機以外で、格納容器から蒸気を逃がす準備を進めていた。この蒸気には放射性物質が混じっている。

(2011年3月14日15時24分 読売新聞)

福島県に入った連絡によると、東京電力から福島第一原発2号機でも14日午後1時25分、原子炉の冷却機能が停止した。

(2011年3月14日17時24分 読売新聞)

福島県によると、東京電力は14日午後1時38分に福島第一原子力発電所2号機の原子炉の冷却機能が停止したと、国に緊急事態を報告した。

2号機の水位は安定していたが、減少に転じているという。

東電は、2号機の炉心を冷却するため、外部の防火水槽などから真水の注入を続けていた。水位が下がりはじめたため、枯渇した真水の注入の代わりに、同日午後、2号機も1、3号機同様、海水の注入を開始した。

爆発した1、3号機と似たような経過をたどっており、危険な状況が続いている。

(2011年3月14日17時37分 読売新聞)

経済産業省原子力安全・保安院は14日午後4時50分ごろに記者会見し、東京電力福島第一原発2号機について、「冷却システムが十分に機能を果たしていないため、蒸発した気体が増え、圧力が上がっている」として、「中の圧を抜くために一つ弁を開いている。水を通すためのものなので、放射性物質の排出は限られたものになる」と述べた。

また、「放射線量は安定的に推移し、大きな変化はみられない」としながらも、今後の気象予測で風が強まることから、

「屋内退避を改め、午後2時12分に、20キロ・メートル圏外への避難指示を出した」と述べた。

(2011年3月14日20時30分 読売新聞)

一方、2号機は、これまで安定していた炉内の圧力が急激に上昇し、冷却水を循環させるポンプの機能が低下、水位が減少した。同日午後7時過ぎには、燃料棒が冷却水からすべて露出した。この状態が長時間続くと、大量の燃料が高温で溶融し、漏れ出す恐れもある。東電では格納容器内の放射性物質が混じる蒸気の大気への放出と、海水注入を準備。建屋上部に水素がたまって、爆発するのを防ぐため、事前に建屋の壁に穴を開けるなどの予防策を検討していた。

(2011年3月15日07時08分 読売新聞)

枝野官房長官は15日朝、首相官邸で記者会見し、東京電力福島第一原子力発電所2号機について、原子炉格納容器につながる「サプレッション・プール」と呼ばれる部位に欠損が見つかったと発表した。

サプレッション・プールは水蒸気を水に変える部分で、枝野氏は「周辺の放射線濃度の測定値に急激な上昇ではなく、健康に被害を及ぼす数値は示していないが、迅速な対応を取りたい」と強調した。

(2011年3月15日07時34分 読売新聞)

東京電力は、福島第一原子力発電所2号機の原子炉内へ海水の注入を続けているが、15日午前3時現在、水位は回復せず、燃料棒が完全に露出した状態で、空だきが続いている。

東電が15日未明、明らかにした。

(2011年3月15日08時31分 読売新聞)

東京電力は15日朝、福島第一原発2号機で爆発音がしたのに伴い、福島第一原発所長の判断で、現在の業務に関係ない職員を一時的に安全な場所へ移動させ始めた。

(2011年3月15日08時52分 読売新聞)

経済産業省原子力安全・保安院などによると、15日午前6時10分に爆発音があった福島第一原子力発電所2号機で、水位が回復を始めた。

このため、全露出していた燃料棒の一部を水が覆い、露出は2・8メートルまで回復したという。

(2011年3月15日08時53分 読売新聞)

福島第一原発の正門付近の放射線量は15日午前、制限値の約1.6倍となる1時間あたり8217マイクロシーベルトを観測した。

同原発2号機では、15日午前6時10分ごろに爆発音があった。東京電力などが明らかにした。

(2011年3月15日13時50分 読売新聞)

東電によると、2号機で破損した圧力抑制室は、格納容器内の蒸気圧が高まった場合に、圧力を逃がして下げる機能を持つ。爆発によって、3気圧から1気圧に低下した。

2号機の原子炉内は14日に著しい水位変動を繰り返して、燃料棒が2度にわたって完全に露出しており、一時的に空だき状態になっていたとみられる。

原子炉の水位は改善傾向にあるが、燃料棒は午前6時30分現在、2・7メートル露出した状態になっている。格納容器本体の圧力は7・3気圧で変化していない。

圧力抑制室は放射性物質の混じった蒸気と水が入っており、原子炉建屋上部に生じたすき間から、放射能を帯びた蒸気が流れ出した懸念がある。

爆発直後には、同原発の敷地周辺の放射線量が毎時969・5マイクロ・シーベルトを記録したため、原子炉への注水作業に関係のない作業員らを退避させた。

同原発の正門前では同日午前10時15分、一般人が1年間に浴びてもいい放射線量の8倍を超える毎時8837マイクロ・シーベルトを観測した。

(2011年3月15日16時55分 読売新聞)

枝野官房長官は15日午後、記者会見し、東京電力福島第一原発の正門付近の放射線量について、同日午前9時現在の1万1930マイクロ・シーベルトだったが、午後3時半には596・4マイクロ・シーベルトに下がったことを明らかにした。

また、定期点検中の5号機、6号機については、「使用済みのものを含め、放射性物質があり、今のところ温度が若干上昇しているとの報告を受けている」と述べた。

1、3号機への海水注入作業については、「現時点では安定的に給水がなされている」と語ったうえで、「2号機も注水がなされているが、安定的かはもう少し経緯を見る必要がある」と述べた。

火災が起きた4号機については、「大変高い放射線が継続的に出ているわけではない可能性がある」と語った。

屋内退避の今後の見通しについて、「数字や原子炉の状況を見なければならぬので、現時点では断定的なことは言えない」と述べた。

(2011年3月16日02時29分 読売新聞)

福島第一原発では15日も、核燃料の冷却のため、1～3号機で炉心への海水注入が継続されたが、原子炉が十分に制御できない状態は続いている。

14日夕から深夜にかけて、炉内の水位が低下し、燃料棒が2度にわたりすべて露出した2号機では15日朝、原子炉格納容器の下部にある圧力抑制室付近で爆発が起きた。海水を注入しているが、水位は徐々に低下するなど不安定な状態。同日午後7時前の段階では、やはり燃料棒の1・2メートルが露出している状態になっている。

(2011年3月20日23時15分 読売新聞)

東日本巨大地震で被災した東京電力福島第一原子力発電所は20日、送電線が外部とつながった2号機の電力設備で通電を確認した。

今後、原子炉建屋内への電力供給の再開を目指す。3号機建屋に対する東京消防庁による大規模放水は、19日に続いて20日も実施され、4号機に対しても初めて自衛隊の消防車両などが放水した。3号機では一時、原子炉格納容器の圧力が上昇し、東電は放射能を帯びた蒸気の外部放出も検討したが、圧力が安定したため、当面の実施を見合わせた。

東電などの復旧チームは、放水作業が一段落した20日午前11時から、通電に向けた準備作業を実施。午後3時46分、送電線を接続した2号機のタービン建屋内の配電盤兼変圧器までは電気が来ていることを確認した。

また、2号機の使用済み核燃料の一時貯蔵プールに対し、消火用ポンプを使って海水40トンを入力。この日の作業を終えた。

2号機の原子炉建屋や中央制御室の機器類の点検は21日から実施される予定で、経済産業省原子力安全・保安院は、電源の復旧は同日以降になるとの見通しを示した。電源が復旧すると、中枢施設である中央制御室や原子炉の冷却機能などを回復できる。

3、4号機への送電線の引き込み作業は、3号機建屋が爆発した際などに飛散したガレキが多数あり、放射線量も高いために難航している。

(2011年3月21日19時13分 読売新聞)

経済産業省原子力安全・保安院は21日、同日午後6時20分頃、東京電力福島第一原子力発電所2号機の原子炉建屋から、白煙が上がったことを明らかにした。

(2011年3月22日10時07分 読売新聞)

東京電力によると、21日午後に煙が確認された福島第一原子力発電所2、3号機では、22日朝も引き続き白いもや状の煙が見えている。

付近で測定された放射線量には大きな変化はないが、東電では同日予定されている、電源の復旧作業や使用済み燃料プールへの放水などを再開するかどうかについて慎重に検討している。

(2011年3月24日11時46分 読売新聞)

東日本巨大地震で被災した東京電力福島第一原子力発電所は24日早朝から、各原子炉の計器類やポンプの機能を回復させる作業を再開した。前日夕方に3号機の原子炉建屋から黒煙がたちのぼったため、作業を中断していた。

一方、18日にタービン建屋内で1時間あたり500～720ミリ・シーベルトに達するとみられる高い放射線が認められた2号機では、どこから放射線が出ているかを確かめる手順や、鉛板を使って放射線を防ぎながら作業を進める方法などを検討している。

(2011年3月26日11時18分 読売新聞)

東京電力福島第一原子力発電所3号機で作業員が被爆(ひばく)した事故で、東電は26日、2号機でも原子炉から漏れ出たとみられる高放射線量の水を確認したと発表した。

水たまりは、1、3号機と同様に、タービン建屋地下にあり、原子炉につながる配管やポンプから漏れ出た可能性が高い。水たまりは、4号機でも確認されており、東電で分析する。水たまりが見つかった場所は、冷却機能を回復するために電気ケーブルを引く作業を行う必要がある場所で、復旧作業に遅れが出始めている。

東電の26日までの分析によると、2号機タービン建屋地下1階の水の表面で、最大で毎時300ミリ・シーベルトの放射線量が確認された。東電は、この水も原子炉から漏れ出た恐れが強いとして、さらに詳しい分析を急いでいる。

4号機でも同様の水たまりが見つかったが、被災時は定期検査中だったため原子炉には燃料が入っていない。水の放射能を今後分析する。

復旧作業では、原子炉内に真水を入れ始めた1、3号機に続いて、2号機でも26日午前、真水の注入を始めた。これまでは海水を注入していたが、長期にわたり海水を注入すると配管や電気設備が腐食する恐れがあり、真水の使用が急がれていた。

(2011年3月26日22時15分 読売新聞)

原子炉を冷却するため、電源の復旧作業が進む東京電力福島第一原子力発電所2号機で26日夕、中央制御室の照明が点灯した。

同原発では、4号機をのぞくすべてで、中央制御室に電力が供給された。

東電が公開した中央制御室の写真では、地震によって、天井パネルが何枚も垂れ下がる中、放射能防護服とマスク、へ



ルメットに身を固めた作業員が、計器類のチェック作業を進めていた。

中央制御室の機能が回復し、原子炉や配管などの状態を正確に把握できるようになれば、原子炉を効果的に冷却し、安全な状態に保つための対策を立てやすくなると期待される。

(2011年3月28日18時00分 読売新聞)

東京電力は28日、福島第一原子力発電所のタービン建屋の外にある地下の作業用トンネル「トレンチ」が、放射性物質を含む大量の水で満たされていたと発表した。

2号機のトレンチ入り口の立て坑では、水表面から1時間あたり1000ミリ・シーベルトを超える強い放射線が検出された。2号機タービン建屋の地下1階にたまっていた高い放射能を帯びた水がトレンチに漏れ出した可能性がある。

放水口付近の海水から検出された高濃度の放射性物質は、トレンチの水が汚染源とも考えられ、トレンチの水の処理が、原発の復旧作業の新たな焦点となる。

東電によると、1～3号機の立て坑（深さ約16～26メートル）は水でほぼいっぱいだった。トレンチや立て坑には計1万3000トン以上の水がたまっている計算になる。トレンチは、建屋につながる配管や電線の点検や修理をするための作業用トンネル。放射能レベルが高い放射線管理区域ではなく、通常は水に浸されない。

(2011年3月30日20時24分 読売新聞)

東電や経済産業省原子力安全・保安院は、容器本体が壊れた可能性は低いが、容器下部の制御棒を差し込む部分や、タービン発電機とをつなぐ配管などの破損を指摘する。放射性物質を閉じこめる「密閉機能」は既に失われているとしている。

今回の事故では、1～3号機とも圧力容器内の燃料棒が露出、一部は溶融しているとされる。容器本体の損傷も懸念されているが、厚さ16センチの鋼鉄製で、保安院は「穴が開いたことを示すデータはない」という。

しかし、汚染水の濃度から、東電は「3基とも圧力容器内の水が外部に出るルートができていない」と話す。

(2011年4月11日18時14分 読売新聞)

東京電力によると、11日午後5時16分ごろ福島県浜通りを震源として発生した地震で、東北電力から供給を受けている外部電源が遮断され、1～3号機で原子炉に冷却水を送り込む注水ポンプが停止した。

約40分後に外部電源が復旧し、注水は再開した。建屋外で観測している放射線量に、地震前後で変化は見られないという。1～3号機では、原子炉を冷却するため注水が続けられていた。東電は、原子炉の冷却に問題は発生していないとみている。

4号機も停電したが、原子炉の燃料が入っておらず、注水は行われていなかった。5、6号機は停電しなかった。1号機で続けられていた格納容器への窒素注入は中断しているが、再開に向けて作業を進めている。

(2011年4月14日22時44分 読売新聞)

注水冷却が続けられている東京電力福島第一原子力発電所1～3号機について、日本原子力学会の原子力安全調査専門委員会は14日、原子炉などの現状を分析した結果をまとめた。

3基は核燃料の一部溶融が指摘されているが、専門委は「溶融した燃料は細かい粒子状になり、圧力容器の下部にたまって冷えている」との見解を示した。

専門委では、東電や経済産業省原子力安全・保安院などが公表したデータをもとに、原子炉の状態を分析した。

それによると、圧力容器内の燃料棒は、3号機では冷却水で冠水しているが、1、2号機は一部が露出している。1～3号機の燃料棒はいずれも損傷し、一部が溶け落ちている。溶融した核燃料は、冷却水と接触して数ミリ以下の細かい粒子に崩れ、燃料棒の支持板や圧力容器下部に冷えて積もっていると推定している。これは、圧力容器下部の水温が低いこととも合致している。沢田隆・原子力学会副会長は「外部に出た汚染水にも、粒子状の溶融燃料が混じっていると思われる」と説明した。

(2011年4月22日11時48分 読売新聞)

東京電力福島第一原子力発電所で、2号機タービン建屋などにたまった高濃度汚染水をくみ出し、集中廃棄物処理施設に移す作業が22日で4日目を迎えた。

水位はなかなか下がらず、約3か月で原子炉を安全な状態まで冷却するとしていた工程表への影響も懸念される。

2号機タービン建屋と、地下でつながる作業用トンネル（トレンチ）には、推定で計約2万5000トンの汚染水があり、1日約240トンのペースで、22日午前7時までに690トンをくみ出した。

しかし、トレンチの水位は3日間で6センチしか下がっていない。タービン建屋地下の汚染水も深さ1・2メートルを保ったままだ。2号機の圧力容器には、日量で168トンの水が注入されており、一部が漏れ出して水位の低下を妨げている可能性が高い。

### 3号機原子炉で起きた事象

(2011年3月11日22時54分 読売新聞)

東京電力福島第一原子力発電所(福島県大熊町、双葉町)1~3号機で、地震によって運転が自動停止した後、水を注入して冷却する「緊急炉心冷却装置(ECCS)」、除熱装置を停電時に稼働させる非常電源が故障するトラブルが発生した。

経済産業省原子力安全・保安院によると、ECCSを動かす電源を消失した事態は国内初めて。東電は、同日午後10時半過ぎ、現地に電源車を派遣、電源回復の作業を始めた。ECCSは、制御棒を挿入し核分裂を止めて緊急停止した後、原子炉が壊れたり、炉心の温度や圧力が上昇したりした時に水を入れて冷やす装置。ECCSが必要時に作動しない場合は、最悪、炉内の水が蒸発し、炉心が露出、放射線が外部に漏れる可能性もある。現在、同原発1号機、3号機では水位が低下していないが、除熱装置が作動できない状態が続いている。

(2011年3月12日02時27分 読売新聞)

東京電力福島第一原子力発電所(福島県大熊町、双葉町)1~3号機で、地震によって運転が自動停止した後、水を注入して冷却する「緊急炉心冷却装置(ECCS)」、除熱装置を停電時に稼働させる非常電源が故障するトラブルが発生した。

政府は11日夜、原子力災害対策特別措置法に基づき、原子力緊急事態を宣言した。

経済産業省原子力安全・保安院によると、ECCSを動かす電源を消失した事態は国内で初めて。東電は現地に電源車を派遣、11日午後10時半過ぎから電源回復の作業を始めた。ECCSは、炉内の温度や圧力が異常上昇した時に注水して冷やす装置。必要時に作動しない場合は、放射性物質が外部に漏れる可能性もある。

(2011年3月12日10時37分 読売新聞)

福島第一原子力発電所、第二発電所で相次いで出された原子力緊急事態宣言は、日本の原発防災の巨大地震に対する見通しの甘さを露呈させた。

東電によると、建屋の震度など実際の揺れのデータをまだ評価していないものの、今回の地震のマグニチュード8.8は同発電所の想定(最大マグニチュード7.9)を上回る規模だった。

緊急時に水を注入して炉心を冷やす緊急炉心冷却装置(ECCS)が電源も含めて停止。くみ上げた冷却水(海水)を回すポンプも止まった。このため、原子炉の冷却が不十分になり、格納容器内の圧力が上昇、容器が崩壊する危機が高まった。

ポンプ停止の原因は、福島第一の場合、1~6号機の非常用ディーゼル発電機計13機がすべて、地震約1時間後に故障停止したことだった。想定では、地震が起きても各基が非常用発電機を融通しあって復旧するとしていたが、全滅した。

東電は電源を確保して原子炉の温度を下げるため、保有する発電機車51台を現地に集め、発電の準備を進めている。

(2011年3月13日09時59分 読売新聞)

東京電力は13日午前8時41分、福島第一原子力発電所の3号機で、高まっていた原子炉格納容器内部の蒸気を放出して内部の圧力を下げる弁を開けることに成功した。

弁の開放は、12日の1号機に続き2例目。これにより、環境中にセシウムなどの放射性物質が放出された可能性が高い。3号機は、緊急炉心冷却装置(ECCS)が作動しなくなり、過熱して炉内の圧力が高まっていた。

東京電力は、同様にECCSが作動せず温度が上昇している福島第二原発の1、2、4号機でも今後、弁の開放を検討している。

(2011年3月13日12時57分 読売新聞)

東京電力は13日朝、東日本巨大地震で被災した福島第一原子力発電所3号機(福島県大熊町、双葉町)で、原子炉の熱を除去するポンプが停止し、炉内に水を供給できなくなったと発表した。

福島県などによると、同日午前7時30分には核燃料棒(約4メートル)の上部2.95メートルが露出するほど、炉内の水位が低下した。

東電は同日、原子力災害対策特別措置法に基づき、国に通報した。12日午後11時30分に水素爆発が起きて原子炉建屋が吹き飛んだ同原発1号機のように、炉内の核燃料の一部が溶け出す「炉心溶融」の恐れもある。

東電によると、3号機の原子炉格納容器内の圧力が13日午前5時25分に通常の2倍まで異常に上昇した。容器内の圧力を下げるために、東電は午前9時20分から、1号機同様に放射能を帯びた水蒸気の大气への放出と、消防用ポンプによる水の注入も始めた。同日記者会見した枝野官房長官は「(東電の対応によって)原子炉格納容器の冷却が開始された」と発表した。

3号機では昨年9月から、使用済み核燃料から取り出したプルトニウムを混ぜた核燃料(MOX燃料)を炉内に入れて発電する「プルサーマル」を実施していた。原子炉の圧力容器や格納容器の破損は起きていないという。

また、1号機では、爆発事故が起きた12日の夜から圧力容器に注入し始めた海水の量が13日未明までに想定した必要量に到達した。原子炉の水位計は低い値を示したままだが、漏えいなどが起きている可能性は低いとしている。東電は引き続き海水を供給すると共に、代替ポンプの設置を検討し始めた。

事態を重視した海江田経済産業相は同日、保安院検査官を現地作業に立ち合わせることにした。

東電によると、3号機からの蒸気の放出前の同日午前8時20分ごろ、3号機から1.5キロ離れた同原発の正門付近で、基準値(毎時500マイクロ?)を上回る毎時882マイクロ?の放射線を検出した。同特措法に基づき、緊急事態の発生を国に報告した。枝野官房長官は「外部の放射線量は風向きなどによって、変動するものであり、持続的な上昇

でなければ心配ない」としている。

(2011年3月13日15時05分 読売新聞)

東京電力は13日午後1時12分から、水位低下で核燃料が露出して溶融する恐れが出ていた福島第一原子力発電所3号機の原子炉に海水の注入を始めた。

海水の注入は、爆発した同1号機に続いて2基目。

東電によると、同日午前8時41分、格納容器内から放射能を含んだ蒸気の放出を開始し、同9時すぎには容器内の圧力が低下し始めた。これに伴っていったんは水位が回復する傾向が出たが、正午頃から再び低下を始め、午後零時55分には、燃料棒の上部1・9メートルが冷却水から露出したため、海水注入に踏み切った。

(2011年3月13日18時55分 読売新聞)

3号機では13日朝から、冷却を促進するホウ酸水を炉内に注入する作業が行われている。1号機では緊急措置として海水も注入したが、今回は原子炉のダメージを抑えて再使用を容易にするため、ホウ酸水のみを注入を選択したとみられる。

(2011年3月13日23時48分 読売新聞)

東京電力は13日、東日本巨大地震で被災した福島第一原子力発電所3号機（福島県大熊町、双葉町）の原子炉建屋内に水素がたまり、1号機と同様に水素爆発が起きる危険性があると発表した。

東電は枯渇した真水に代わり、炉内に海水を注入し、水位の回復に努めているが、同日午後9時40分現在、燃料棒（長さ4メートル）の上部2・2メートルが露出した状態となっている。爆発を回避するために建屋内の水素を除去する予防措置も検討している。枝野官房長官は同日記者会見し「住民が避難を終えているため、万一（建屋が）水素爆発しても支障は少ない」と語った。

東電によると、同日朝、3号機の原子炉の圧力が異常上昇し、燃料棒の上部2・96メートルが露出。そのため東電は、原子炉を収める格納容器内の放射能を帯びた水蒸気を放出して内部の圧力を下げ、ホウ酸水を炉内に注入すると水位は回復した。

しかし、再び水位が下がったため、同日午後、海水の大量注入に切りかえた。格納容器も海水で満たして、原子炉を内外から冷やし、温度を下げる試み。格納容器全体が満たされるには5～6日かかる。現在、燃料棒は1～2メートルが露出した状態だが、上から水をかけて溶融を防いでいる。ただ、高温の燃料棒に水が触れると、水素が生じやすくなるため、建屋に漏れて爆発する懸念もある。

(2011年3月14日10時08分 読売新聞)

経済産業省原子力安全・保安院は14日午前、記者会見を行い、東京電力福島第一原子力発電所の1号機、3号機について、「午前1時すぎに海水ピットの水量が減ったため給水を一時停止した。午前3時に3号機への給水を再開したところ、原子炉格納容器の圧力が上昇したため、東京電力が午前6時50分に屋外の作業員に対して一時退避命令をかけた」と述べた。

その後、原子炉格納容器の圧力が下がったため、作業員は作業に復帰したという。

(2011年3月14日11時51分 読売新聞)

枝野官房長官は11時40分ごろ、記者会見し、東京電力福島第一原発3号機について「午前11時1分に爆発が発生した。1号機で発生した水素爆発と同種のもので推定される。現地の所長から、格納容器は健全であると11時半ごろ報告を受けた。従って、放射性物質が大量に飛び散っている可能性は低いと認識している」と述べた。

ただ、「1号機での水素爆発と同様、放射能レベルの上昇は推測される」として、「20キロ圏内の住民に対して、建物の中に退避するよう指示を出した」と述べた。

(2011年3月14日12時07分 読売新聞)

東京電力の担当者によると、福島第一原発3号機の爆発を受けて、原子力・安全保安院の指示で南側5キロは立ち入り禁止となった。

原子炉建屋の外の敷地内では、中性子は計測されていない。格納容器の健全性は確認しており、前回と同じく水素爆発で天井が吹き飛んだとみている。

(2011年3月14日12時24分 読売新聞)

経済産業省原子力安全・保安院は14日午後0時すぎに記者会見し、東京電力福島第一原発3号機の爆発に関し、「（3号機）1階の建屋近くのモニタリングでは、1時間当たり20マイクロシーベルトで、年間浴びて全く問題のない数値の50分の1程度の小さなものだった」と述べ、原子炉格納容器の健全性が保たれている根拠を説明した。

(2011年3月14日13時20分 読売新聞)

東京電力は、14日午前11時ごろ、福島第一原子力発電所3号機で、2回にわたって爆発音が上がったと発表した。

赤い炎とともに大量の煙が立ち上っており、東電は施設内の作業員を退避させたが、社員、協力会社の従業員ら計11人が負傷した。被爆（ひばく）の程度は不明だが、全員歩行が可能な状態という。経済産業省原子力安全・保安院は、同11時1分、水素爆発が起きたことを確認した。原発の損壊の程度は不明だが、東電は「原子炉格納容器と圧力容器は健全」

とみている。同社幹部は「炉心が溶融した可能性がある」と話した。

3号機は原子炉建屋内に水素ガスがたまり、水素爆発の危険が指摘されていた。既に避難指示が出ている同原発から半径20キロ・メートル以内に残っていた約600人に対しては、緊急措置として屋内にとどまるよう呼びかけた。東電によると、保安院の指示で同原発南側5キロ・メートルの範囲を立ち入り禁止とした。東電によると、爆発が起きた時、地上は無風で、上空は、西もしくは南西へ風が吹いていた。

1号機でも12日午後3時すぎ、水素爆発が起き、原子炉建屋が骨組みを残して吹き飛んだ。3号機の爆発は、水素爆発特有の白い煙とともに、1号機の時よりも高い灰褐色の煙と炎を伴っており、水素爆発に加えて他の異変が起きた可能性もある。

東電によると、14日午前1時10分から3時20分まで、原子炉を冷やすための炉内への海水注入を一時中止していた。このため炉内の燃料棒の露出が進み、水蒸気が燃料棒に長時間触れて、水素が大量に発生し、爆発につながった可能性があるとしている。

3号機近くの中央集中制御室には13～15人残り、炉内へ冷却水を注入する作業を継続している。格納容器周辺の放射線量に大きな変動はみられない。午前11時30分現在、残存した原子炉内の燃料棒は、上部約1・8メートルが冷却水から露出し、危険な状態が続いている。発電所正門付近の放射線量は1時間あたり50マイクロ・シーベルトで、同44分には20マイクロ・シーベルトに低下した。

(2011年3月14日20時30分 読売新聞)

経済産業省原子力安全・保安院は14日午前11時すぎ、東京電力福島第一原子力発電所3号機で水素爆発が起きたと発表した。

爆発音とともに大量の煙が立ち上り、建屋の上部が吹き飛んだ。東電社員、海水注入を手伝っていた陸上自衛隊員ら計11人がけがをし、うち6人が被爆(ひばく)し、1人は入院した。隣接する同原発2号機も同日午後7時45分、原子炉の水位が低下し、燃料棒(長さ約4メートル)が完全に露出して冷却できない状態となり、燃料棒が溶けだす炉心溶融の懸念が高まっている。

3号機は、爆発後、原子炉と格納容器は機能しているが、1号機同様に、炉心溶融の初期段階である燃料損傷が広がっている可能性は高い。保安院は、半径20キロ圏内にとどまっていた約600人に緊急措置として屋内待機を指示した。同日午後、圏外への避難が始まった。被曝者の有無は不明。

保安院によると、3号機は、原子炉内の燃料棒の露出が続く、建屋上部に充満した水素ガスの爆発の危険性が高まっていた。東電は、海水を注入して、爆発回避に努めたが、同日午前1時過ぎ、施設内の貯留槽の海水が枯渇したため一時中断。これによって水位が低下し、露出した炉心に触れた水蒸気から大量に水素が発生し、爆発につながったと見られる。

爆発後も炉内へ海水を注入しているが、燃料棒は依然2・2メートル(同日午後5時現在)露出している。燃料棒の損傷が進んでいると見られるが、ウラン燃料の損傷を示す「セシウム137」などの放射性物質は観測されていない。

爆発後の発電所正門付近の放射線量は午後1時55分の時点で、1時間あたり約15マイクロ・シーベルトと急激な上昇は見られない。

(2011年3月15日03時30分 読売新聞)

東電は15日未明、14日午後9時ごろ、福島第一原発の正門で中性子線を検出したと発表した。

放射線量は不明だが、14日午前に水素爆発を起こした同原発3号機の燃料から出た可能性があるとしている。

(2011年3月16日02時29分 読売新聞)

福島第一原発では15日も、核燃料の冷却のため、1～3号機で炉心への海水注入が継続されたが、原子炉が十分に制御できない状態は続いている。

1号機と同様に水素爆発を起こした3号機は15日朝に、原子炉建屋の上部から原因不明の水蒸気の発生が確認された。東電が調査を急いでいる。海水の注入による炉内の水位は不十分なまま、同日午後9時の段階で燃料棒の2・3メートルが水につかっている状態だ。

(2011年3月20日13時44分 読売新聞)

東京電力は20日、福島第一原子力発電所3号機の原子炉格納容器の圧力が再び上昇を始めたとして、格納容器内の蒸気を外部に放出して圧力を下げる操作を再度行うと発表した。

圧力は同日午前1時10分には約2・8気圧だったが、同4時30分には約3・4気圧になった。現在、所内で行われている電源の復旧作業や放水作業などは中断する。

3号機は13日午前8時41分から蒸気を放出する弁を開けたままで、圧力が再び上昇した理由は不明。この弁が閉じてしまっている可能性があるため、復旧作業員などが退避した後、弁を開ける操作を試みる。

それでも圧力が下がらなければ、別の弁を開けるが、冷却水を通さずに排気するため、強い放射能を帯びた物質が外部に放出される可能性がある。

(2011年3月20日15時53分 読売新聞)

東京電力は20日午後、福島第一原子力発電所3号機の原子炉格納容器の圧力が安定したため、格納容器内の蒸気を外部に放出して圧力を下げる操作を当面見合わせることを明らかにした。

東電は圧力が再び上昇を始めたとして、蒸気を外部に放出することを検討していた。

(2011年3月21日16時59分 読売新聞)

東京電力によると、21日午後3時55分頃、福島第一原子力発電所3号機の原子炉建屋屋上の南東側から、灰色がかつた煙が出ているとの連絡が現場作業員から本店に入った。

煙が出ているのは、使用済み燃料プールがある付近だという。東電では電源復旧作業などを一時中断し、作業員を避難させた。煙の量は少なくなっているという。東電は、消防に通報するとともに状況を確認している。

(2011年3月22日10時07分 読売新聞)

東京電力によると、21日午後煙が確認された福島第一原子力発電所2、3号機では、22日朝も引き続き白いもや状の煙が見えている。

付近で測定された放射線量には大きな変化はないが、東電では同日予定されている、電源の復旧作業や使用済み燃料プールへの放水などを再開するかどうかについて慎重に検討している。

(2011年3月22日23時52分 読売新聞)

東日本巨大地震で被災した東京電力福島第一原子力発電所で22日午後10時43分、3号機の中央制御室の電源が回復し、照明がともった。

深刻な状況が続く1～4号機の中で、原子炉をコントロールする中枢機能に電気が届いたのは地震後初めて。中央制御室が復活すれば、様々な設備を動かせるようになる。東電は早ければ23日にも、3、4号機で原子炉や使用済み核燃料一時貯蔵プールの冷却水循環を再開できる可能性があるとしている。

東電によると、3号機は14日、水素爆発で原子炉建屋が吹き飛び、貯蔵プールの冷却水を補充するために自衛隊や東京消防庁による放水が17日から連日行われた。

このため、外部電源の送電線引き込みは遅れていたが、3、4号機は津波による被害が当初の予想より少なく、22日午前、3、4号機で共用している配電盤兼変圧器まで電気が届いていることを確認した後は作業が順調に進んだ。

中央制御室は、原子炉、タービン、発電機といった様々な機器の計器類が集まっている。電気が通ったことで、原子炉や貯蔵プールの状態を正確に把握し、冷却することができる。今後、原子炉建屋内の空調や照明も再開できれば、復旧作業の効率化も期待できるという。

同室は3、4号機で共用しており、23日には4号機の照明や計器類も回復する見込み。さらに、両機では、原子炉や貯蔵プールを冷やす「補給水系」のポンプなどが、外部電力によって動かせることも確認したという。

また、原子炉格納容器下部の圧力抑制室が損傷しているとみられる2号機では、中央制御室の設備とともに、補給水系機器類の復旧を進めている。22日には消火用ポンプを使って貯蔵プールに海水を注入し、満杯にした。

非常用電源によって原子炉と貯蔵プールを冷却していた6号機は同日夜、5号機に続いて外部電源への切り替えを終えた。

一方、東京消防庁の緊急消防援助隊は22日午後3時10分から50分間、3号機の貯蔵プールに向けて、高さ約22メートルの屈折放水塔車で約150トン放水した。作業には大阪市消防局の6人も後方支援役として加わった。

東電も同日午後5時17分から8時32分にかけて、ドイツ社製の生コン圧送機を初めて使って4号機の貯蔵プールへ約120トン放水した。東電が輸入元を通じて一時的に借り受け、操作訓練を受けた東電の関係者が放水作業に当たった。

また、がれき除去のために自衛隊が同原発近くの運動施設に派遣した74式戦車2両については、敷地内に敷設された送電ケーブルなどを傷つける恐れがあることから、当面は現地で待機する見通しとなった。

(2011年3月24日11時46分 読売新聞)

東日本巨大地震で被災した東京電力福島第一原子力発電所は24日早朝から、各原子炉の計器類やポンプの機能を回復させる作業を再開した。前日夕方に3号機の原子炉建屋から黒煙がたちのぼったため、作業を中断していた。

3号機の黒煙は24日午前4時半までに収まった。経済産業省の西山英彦審議官は「黒煙の原因は特定できないが、ポンプの潤滑油が燃えた可能性がある」と述べた。

東電は安全は確保されたと判断し、3号機から順次作業を再開。外部電源が中央制御室まで通じた3号機では、仮設ポンプを使って使用済み核燃料一時貯蔵プールへ海水を注入する作業や、真水を炉心へ注入する「補給水系ポンプ」を動かす準備を始めた。

(2011年3月25日21時11分 読売新聞)

1、3号機では25日、仮設ポンプで原子炉内に真水を注入する冷却作業が始まった。これまでは海水を注入していた。真水の使用には、海水による配管や電気設備の腐食などを避ける狙いがある。福島第一原発の冷却に真水を使うのは、被災からの復旧が本格化して以来初めて。

(2011年3月30日20時24分 読売新聞)

東電や経済産業省原子力安全・保安院は、容器本体が壊れた可能性は低いが、容器下部の制御棒を差し込む部分や、タービン発電機とをつなぐ配管などの破損を指摘する。放射性物質を閉じこめる「密閉機能」は既に失われているとしている。

今回の事故では、1～3号機とも圧力容器内の燃料棒が露出、一部は熔融しているとされる。容器本体の損傷も懸念されているが、厚さ16センチの鋼鉄製で、保安院は「穴が開いたことを示すデータはない」という。

しかし、汚染水の濃度から、東電は「3基とも圧力容器内の水が外部に出るルートができていない」と話す。

(2011年4月11日18時14分 読売新聞)

東京電力によると、11日午後5時16分ごろ福島県浜通りを震源として発生した地震で、東北電力から供給を受けている外部電源が遮断され、1～3号機で原子炉に冷却水を送り込む注水ポンプが停止した。

約40分後に外部電源が復旧し、注水は再開した。建屋外で観測している放射線量に、地震前後で変化は見られないという。1～3号機では、原子炉を冷却するため注水が続けられていた。東電は、原子炉の冷却に問題は発生していないとみている。

4号機も停電したが、原子炉の燃料が入っておらず、注水は行われていなかった。5、6号機は停電しなかった。1号機で続けられていた格納容器への窒素注入は中断しているが、再開に向けて作業を進めている。

(2011年4月14日22時44分 読売新聞)

注水冷却が続けられている東京電力福島第一原子力発電所1～3号機について、日本原子力学会の原子力安全調査専門委員会は14日、原子炉などの現状を分析した結果をまとめた。

3基は核燃料の一部溶融が指摘されているが、専門委は「溶融した燃料は細かい粒子状になり、圧力容器の下部にたまって冷えている」との見解を示した。

専門委では、東電や経済産業省原子力安全・保安院などが公表したデータをもとに、原子炉の状態を分析した。

それによると、圧力容器内の燃料棒は、3号機では冷却水で冠水しているが、1、2号機は一部が露出している。1～3号機の燃料棒はいずれも損傷し、一部が溶け落ちている。溶融した核燃料は、冷却水と接触して数ミリ以下の細かい粒子に崩れ、燃料棒の支持板や圧力容器下部に冷えて積もっていると推定している。これは、圧力容器下部の水温が低いこととも合致している。沢田隆・原子力学会副会長は「外部に出た汚染水にも、粒子状の溶融燃料が混じっていると思われる」と説明した。

(2011年5月7日11時46分 読売新聞)

東京電力は7日、福島第一原子力発電所3号機で、原子炉への注水の経路を変更すると発表した。

同日から切り替え作業に着手する。

3号機では4月下旬から圧力容器内の温度上昇が続いており、炉に水が十分に入っていない可能性があった。これまで非常用の「消火系」という経路から注水していたが、炉に水が到達するまでに復水補給系、残留熱除去系など複数の系統の配管を経由するため、水が滞留したり、漏れたりしている恐れがあった。

そのため炉に直接注水できる「給水系」という経路に変更する。経路の切り替えには、原子炉建屋に隣接するタービン建屋内の弁やバルブの一部を開けるなどの工事が必要のため、2、3日かかる。3号機は7日午前5時に圧力容器下部の温度が149.6度に達している。これに対し、東電では注水量を毎時9トンまで増加させて対応していた。

### 3号機プールで起きた事象

(2011年3月16日13時26分 読売新聞)

東日本巨大地震で被災した東京電力福島第一原子力発電所3号機で16日午前8時30分頃、白煙が立ち上っているのが確認された。

白煙は原子炉建屋内の使用済み核燃料一時貯蔵プールからとみられる。これに先立つ午前5時15分頃、4号機の使用済み核燃料一時貯蔵プール付近でも火災が発生したが、間もなく自然鎮火した。いずれのプールも地震で冷却水の循環が停止しており、周辺の放射線量が極めて高く、人が近づけない状態だ。冷却水が沸騰して蒸発しているとすれば、大量の放射性物質が外部に飛散している可能性がある。政府は自衛隊のヘリコプターで上空から消火を行う方向で調整を始めた。

経済産業省原子力安全・保安院によると、発電所正門では、16日午前10時過ぎから放射線量が急激に上がり、10時10分に0.9ミリ・シーベルトだったのが、10時40分には10ミリ・シーベルトまで上昇、作業員が一時退避した。

3号機で確認された白煙について、東電は「プールの水温が上がって沸騰し、水蒸気が立ち上っている恐れがある」と説明している。3号機のプールには、使用済み核燃料棒514本が入っており、冷却水は放射能を帯びている。

枝野官房長官は午前11時過ぎの記者会見で、3号機の原子炉格納容器が破損している可能性について、「現時点の情報では一番可能性が高いと推測される」と述べたが、東電と保安院は否定している。

4号機では783本の核燃料棒を収めたプールの冷却水の循環が停止、15日朝に起きた1回目の火災の前日には、ふだん40度程度の冷却水の温度は84度まで上昇したことがわかっており、その後、冷却水の蒸発が進んだと考えられる。1回目の火災で、プールと同じ階の原子炉建屋の側壁が崩壊しており、放射性物質の大気への放出を防げない状態だ。1回目の火災の後、一時は毎時400ミリ・シーベルトという極めて強い放射線量が観測されている。

5号機、6号機にも多数の燃料棒が収まっており、その冷却水の温度も、4号機ほどではないが、高くなっている。

同原発内では度重なる爆発で放射能汚染が広がっており、状況確認や復旧作業は日増しに困難な状態に陥っている。原子炉の状態を監視する運転員も中央制御室への常駐を避け、不定期にデータを確認に行くのにとどめている。このため、爆発や火災を起こした1～4号機では、プールの冷却水の温度や水位などを常時監視できない状態が続いている。

東日本巨大地震で被災した東京電力福島第一原子力発電所の3号機で、17日午前9時48分から、自衛隊の大型輸送ヘリが上空から海水を投下した。

3号機は、使用済み核燃料を冷やすプールの水が不足しているとみられ、高濃度の放射線が漏れ出す可能性が高まっており、投下によって水位の回復を図る。警視庁の高圧放水車による放水も同日午後、実施される予定。東電は、3号機での投下、放水の効果を踏まえ、プール付近で火災が発生した4号機についても同様の処置が可能かどうか検討する。

(2011年3月17日09時55分 読売新聞)

防衛省によると、海水を投下したのは、陸自の2機の大型輸送ヘリCH47。17日午前9時前、陸自の霞目(かすみのめ)駐屯地(仙台市)を離陸。9時48分、1機目が3号機上空を通過しながら、機体にぶら下げた容器(容量7・5トン)の底を開けて一気に海水を投下した。

2機目も4分後に投下。その後、もう一度ずつ海水をくみ上げ、交互に計4回投下して作業を終了し、午前10時に現場上空を離れた。近くの運動施設で乗組員を除染したうえで、霞目駐屯地に戻る見通し。

(2011年3月17日19時58分 読売新聞)

防衛省によると、自衛隊の特殊な消防車が17日午後7時35分、福島第一原発3号機への放水を開始した。

(2011年3月19日14時36分 読売新聞)

福島第一原発に派遣された東京消防庁の緊急消防援助隊が19日未明、3号機の貯蔵プールに向けて実施した1回目の放水は、約20分間で約60トンに及んだ。

同庁によると、未明の放水では、高さ22メートルからの自動放水が可能な屈折放水塔車を使い、岸壁から海水をくみ上げるシステムを経由して毎分3トンの海水を放水した。同庁では「放水は貯蔵プールに届いたとみられる」としている。防護服を着て作業にあたった隊員約50人に、放射線による健康影響はなかったという。

また同庁は、同日午後1時30分頃から3号機への放水を再開する予定。未明の放水で使った放水システムを利用し、7時間の連続放水を実施する。同日朝、隊員102人を作業の交代要員として現地に追加派遣した。

一方、自衛隊は19日午前4時45分、陸自の霞目(かすみのめ)駐屯地(仙台市)から大型ヘリCH47を福島第一原発上空に派遣。防衛省技術研究本部の職員も搭乗し、熱を感知する装置で1~4号機の原子炉の温度を調査した。データを持ち帰り、放水作業の効果などを分析する。高精度のカメラを積んだRF4偵察機も同日、空自の百里基地(茨城県小美玉市)から発進し、原子炉周辺の写真を撮影した。自衛隊も同日午後、放水する予定。

自衛隊や東京消防庁、東電は、「混成部隊」による作業を円滑に進めるため、常磐道・四倉パーキングエリア(福島県いわき市)に「現地調整所」を置き、活動を始めた。がれきが散乱した現場では、放水できるスペースが限られているため、陸自幹部が中心になり、放水手順や消防車両の配置などを調整する。

(2011年3月21日00時03分 読売新聞)

東日本巨大地震で被災した東京電力福島第一原発では20日も、懸命な復旧作業が行われたが、一進一退の予断を許さない状況が続いている。

3号機では、20日未明まで東京消防庁による大規模な連続放水が実施された。水温が上昇していた使用済み核燃料の一時貯蔵プールの容量を超える2000トン以上の海水が原子炉建屋内に注がれた。

一方、同日午前6時頃から、原子炉格納容器内の圧力が急上昇し、同7~9時には前日までの倍近い3・4気圧になった。東京電力は、高濃度の放射性物質を含む蒸気を放出して圧力を下げることが検討したが、同11時から圧力が下がり出したため、蒸気放出は中止した。

圧力上昇について、東電は「炉内への海水の注入量を少し増やしたため、蒸気が多めに発生したのかもしれない」と説明している。

(2011年3月21日22時05分 読売新聞)

3号機ではプール容量の2・5倍に上る放水が実施されているが、水位は依然として不明のまま。

4号機については、プール自体が破損している可能性も指摘されている。

プールでは通常、冷却水を循環させながら燃料を冷やしているが、地震で循環が止まり、水が過熱して蒸発している可能性がある。

京都大原子炉実験所の宇根崎博信教授は「3号機に初めて放水した際、水蒸気が激しく噴出したことから見て、水は極めて少なかったはず。途中で拡散したり、プール以外にかかったりするため、実際にたまった水は放水量の数分の1ほどではないか」と指摘する。

3、4号機のプールがある原子炉建屋は爆発などに伴って破損しており、がれきがプール上部をふさいでいる可能性も否定できない。

プール自体が壊れていれば、せっかく放水しても、水漏れで水位が回復していない可能性がある。米紙ロサンゼルス・タイムズ電子版は18日、米原子力規制委員会の見解として、4号機のプールの壁か床が破損している可能性を指摘した。

プールの周囲は、水面がある階の床から、さらに約1メートル高い壁で囲われている。そこからあふれた水は通常、緩く傾斜した床を流れ、建屋内の排水溝に集まる。これが地下のタンクにたまる仕組みだ。

その後、ポンプで廃棄物処理建屋に送られ、放射性物質の希釈などの処理が行われるが、停電でポンプは動いていない。排水が流れる配管が機能しているのかも確認できていない。

林勉・元日立製作所原子力事業部長は「建屋が壊れているため、放水された水が建屋外に漏れ出す可能性は否定できない

い。放射性物質を取り込んだ水が、土壌に染み込む可能性もある」と指摘する。

原子炉建屋から流れ出した水が海に流れ込み、放射性物質で汚染される可能性もあるため、経済産業省原子力安全・保安院の西山英彦審議官は21日の記者会見で、放射性物質の監視について、東電と協議を始めたことを明らかにした。

(2011年3月22日23時52分 読売新聞)

深刻な状況が続く1～4号機の中で、原子炉をコントロールする中枢機能に電気が届いたのは地震後初めて。中央制御室が復活すれば、様々な設備を動かせるようになる。東電は早ければ23日にも、3、4号機で原子炉や使用済み核燃料一時貯蔵プールの冷却水循環を再開できる可能性があるとしている。

東電によると、3号機は14日、水素爆発で原子炉建屋が吹き飛び、貯蔵プールの冷却水を補充するために自衛隊や東京消防庁による放水が17日から連日行われた。

一方、東京消防庁の緊急消防援助隊は22日午後3時10分から50分間、3号機の貯蔵プールに向けて、高さ約22メートルの屈折放水塔車で約150トン放水した。作業には大阪市消防局の6人も後方支援役として加わった。

(2011年3月25日14時20分 読売新聞)

東京電力福島第一原子力発電所3号機で作業員3人が被爆(ひばく)した問題で、東電は25日、3人が同日午後0時25分、放射線医学総合研究所(千葉市)に移送されたと発表した。

東電によると、被曝したのは、協力企業社員の30歳代男性2人と20歳代男性。3号機タービン建屋地下1階で24日、電気ケーブル敷設作業中に約40～50分間、くるぶしまで水につかり、緊急作業時の年間被曝限度に近い173～180ミリ・シーベルトの放射線を浴びた。

東電は25日、現場にたまっていた水を採取し、分析した結果、ヨウ素131やセリウム144、セシウム137など9種類の合計で、1立方センチメートルあたり約390万ベクレルの放射性物質が検出されたことを明らかにした。

セシウム137は核燃料内に存在するため、東電は3号機の原子炉か使用済み核燃料一時貯蔵プール内の燃料が損傷して溶け出し、外部に漏れた可能性があるとしている。

東電によると、たまっていた水の放射性物質の濃度は、通常運転時の原子炉内の冷却水の1万倍。ただ、核燃料は金属で覆われており、冷却水に放射性物質が漏れ出すことはないため、通常時の放射性物質の濃度はかなり低く、今回、溶け出した物質の量はあまり多くないとみられる。

3人は作業中、被曝量が20ミリ・シーベルトを超えると鳴動するよう設定した線量計を携帯。途中で線量計のアラームが鳴っていることに気づいたが、前日の作業時には現場付近の放射線量が低かったため、線量計の故障と思って作業を続けた。東電の内規では作業の前後には現場の放射線量を計測すると定めているが、今回は作業後に線量計の計測値を確認していただけたという。

保安院の指導を受け、東電は同原発の全作業員に対し、線量計のアラームが鳴った際には作業を中断し、水にぬれた場合は直ちに検査するよう指示。25日朝から、3号機のタービン建屋地下1階以外での復旧作業を再開した。同地下1階にたまった汚染水を取り除く作業も計画している。

## 4号機プールで起きた事象

(2011年3月15日11時46分 読売新聞)

東京電力福島第一原発4号機で15日午前6時14分、原子炉建屋付近で大きな爆発音がした。

東電によると、使用済み核燃料プールがある建屋5階の屋根に損傷を確認した。さらに同日午前9時38分、4階付近で出火しているのが見つかり、東電は地元福島県と国に通報するとともに、自衛隊と米軍に消火活動への協力を要請した。原子炉内に水を供給する再循環ポンプの配電盤付近が火元とみられる。

東電によると、4号機は地震発生時は定期点検中で停止中。プールは使用済み核燃料や、定期点検で炉内整備する際に取り出した核燃料を冷やしながらか保管する場所。4号機では原子炉内を整備しており、核燃料もこのプールで同時に保管していた。

地震に伴い、プールは電源を失って水を循環できなくなり、通常40度程度の水温が、85度にまで上昇、東電で監視を続けていた。

(2011年3月15日13時15分 読売新聞)

東京電力は15日、火災が起きた福島第一原子力発電所の4号機の消火活動に、米軍があたっていると発表した。

火災はその後、鎮火したとみられている。

(2011年3月15日13時50分 読売新聞)

東京電力は15日、東日本巨大地震で被災した福島第一原子力発電所4号機(福島県)の原子炉建屋内にある使用済み核燃料を一時貯蔵するプール付近で、同日午前9時38分頃に火災が発生、同日午前10時22分には毎時400ミリ・シーベルト(40万マイクロ・シーベルト)の放射線量を観測したと発表した。

4号機の火災で、東電は福島県と国に通報するとともに、自衛隊と米軍に消火活動への協力を要請したが、同日午前1



1時ごろ自然に鎮火したのが確認された。

東電によると、地震発生時に、4号機は定期検査で運転を停止していたが、使用済み核燃料一時貯蔵プールの冷却水を、循環させる電源を失っていた。燃料棒の余熱で、通常40度程度の水温が85度にまで上昇し、水位が低下していた。専門家は、「プールの水位低下でむき出しになった燃料の被覆管と蒸気が反応し、水素が発生して、爆発火災に至った」（京大原子炉実験所の今中哲二助教）と分析する。

プールの中には、使用済み燃料棒783体が保管されていた。4号～6号機は定期検査中だったが、4号機の冷却機能が失われていた。使用済み核燃料は1～3号機にも約300～500体保管されている。

（2011年3月15日18時28分 読売新聞）

東京電力は15日、東日本巨大地震で被災した福島第一原子力発電所（福島県）の3号機付近で同日午前10時22分に毎時400ミリ・シーベルト（40万マイクロ・シーベルト）の放射線量を観測したと発表した。

同日午前11時過ぎに記者会見した枝野官房長官は「身体に影響を及ぼす可能性があることは間違いない」と述べた。同日朝には、2号機で大きな爆発があり、原子炉格納容器の下部にある圧力抑制室の圧力が低下。4号機では、原子炉建屋内にある使用済み核燃料の一時貯蔵プール付近で火災が起き、建屋北西側の上部側壁に8メートル四方の穴が2か所開いているのが確認された。

1～3号機では原子炉内の水位が低下して核燃料棒が露出する事態が続いており、核燃料が損傷して大量の放射性物質が外部へ漏れ出ている可能性がある。茨城、栃木両県や都内などで、ごく微量の放射性物質が検出されている。政府と東電は15日、事故対策統合本部を設置。菅首相は同日午前11時の記者会見で、同原発周辺の半径20～30キロ・メートル圏内の住民約13万6000人に対し、屋内退避を求めた。

（2011年3月16日02時29分 読売新聞）

一方、地震発生時には、定期検査中で運転を停止していた4号機も15日朝、建屋で火災が発生。建屋内には使用済み核燃料の一時貯蔵プールがある。火災に伴い、放射性物質の飛散が懸念されるが、現場に近づけず内部の状況を詳細に把握できていない。また、福島第二原発で、4基の原子炉のうち4号機だけが、冷却水が100度を下回る状態で安全に停止できていなかったが、15日朝に安全停止が確認された。

（2011年3月16日10時15分 読売新聞）

経済産業省原子力安全・保安院は16日、東日本巨大地震で被災した東京電力福島第一原子力発電所4号機（福島県）で、同日午前5時45分に火災が発生したという連絡を東電から受けたと発表した。

東京電力によると、4号機の原子炉建屋の内部の北西側角付近で、前日の爆発で破損した壁の穴ごしに炎が上がっているのを発見した。

建屋内部は放射能が高いため、立ち入ることができず、何が燃えているかは未確認という。6時10分に国と県に連絡した。東電の社員が6時15分には、炎が消えたのを確認したが、午前10時現在、建物から白い煙が上がっており、火災は鎮火していない。消防車4台、隊員13人が現場へ向かったが、近付けない状態となっている。

炎が確認されたのは、使用済み核燃料プール付近。プールでは燃料を水に浸して、高レベルの放射性物質の拡散を防いでいる。東日本巨大地震で、プールの水を循環させることが不可能となり、燃料の熱による水位低下で燃料棒が露出。火災につながったと見られる。

東電はプールへ給水を行うため、16日から自衛隊、在日米軍などの協力を得て、ヘリコプターを使って給水する計画を検討していた。

東電によると、午前6時現在、風向きは北西の風2メートル。

事態を重くみた海江田経済産業相も15日、原子炉等規制法に基づき、東電へ速やかな注水の実施を命じていた。

（2011年3月16日10時58分 読売新聞）

東日本巨大地震で被災した東京電力福島第一原子力発電所4号機の原子炉建屋内にある使用済み核燃料を一時貯蔵するプール付近で16日午前5時45分頃、火災が起きているのを東電社員が発見した。

火災は間もなく自然鎮火したが、隣接する3号機付近でも午前10時前、白煙が立ち上った。定期点検中だった4号機は地震でプールの冷却水の循環が停止しており、15日に発生した1回目の火災の後には放射線量が極めて高く、人が近づけない状態。冷却水が沸騰して蒸発すれば燃料棒が溶け、高濃度の放射性物質が外部に飛散する可能性がある。1～3号機は原子炉内の水位が低下し、核燃料棒が冷やせない危険な状況だ。

発電所正門では16日午前10時20分、毎時2399マイクロ・シーベルトの放射線を観測した。3号機付近で確認された白煙について、東電は原子炉建屋内の使用済み核燃料一時貯蔵プールからと見ており、「プールの水温が上がって沸騰し、水蒸気が立ち上っている恐れがある」と説明している。

4号機は地震で使用済みの核燃料棒783体を収めたプールの冷却水の循環が停止、15日朝に発生した1回目の火災の前日には、ふだん40度程度の冷却水の温度は84度まで上昇し、その後、冷却水は蒸発が進んだと考えられる。1回目の火災で、プールと同じ階の原子炉建屋の側壁に8メートル四方の穴が2か所開いており、放射性物質の大気へ放出を防げない状態。1回目の火災の後、付近では毎時400ミリ・シーベルトという高濃度の放射線が観測されている。

3号機のプールには、核燃料棒514体が入っており、地震後は、4号機と同様、プールの冷却機能が働いていなかった。5号機、6号機にもそれぞれ826体、876体の燃料棒が収まっており、その冷却水の温度も、4号機ほどではないが、高くなっている。

同原発内では度重なる爆発で放射能汚染が広がっており、状況確認や復旧作業は日増しに困難な状態に陥っている。原子炉の状態を監視する運転員も中央制御室への常駐を避け、不定期にデータを確認に行くのにとどめている。このため、爆発や火災を起こした1～4号機では、プールの冷却水の温度や水位などを常時監視できない状態が続いている。

(2011年3月17日13時01分 読売新聞)

東京電力によると、自衛隊のヘリが16日に3、4号機の上空から観察したところ、4号機は核燃料棒が見えないほど燃料プールに水が残っていることが確認された。

3号機には水蒸気が立ちこめ、水位低下が進んでいることが予想されたため、緊迫性が高い3号機からの放水となった。

3号機のプールには、514本の燃料棒が保管されているが、放射性物質が漏れ出す危険性が高まっている。東電、経済産業省原子力安全・保安院などによると、プールの水位は不明。

隣接する4号機のプールには783本の燃料棒が保管されているが、この中には定期検査で一時的に原子炉から移した燃料も含まれている。熱が高いため、水がなくなると、3号機より深刻な状態になるとみられる。

1～3号機の原子炉内の核燃料棒は依然として露出が続いている。

保安院によると、福島第一原発の正門付近の放射線量は、17日午前7時半の時点で毎時313・5マイクロ・シーベルトと、16日午後以降、大きな変化はない。

(2011年3月18日20時10分 読売新聞)

東京電力福島第一原子力発電所4号機の貯蔵プールにある、使用済み核燃料の熱エネルギーが、放水作業などが行われる3号機より10倍も高いことが、東京電力の試算でわかった。

4号機のプールにある核燃料は計1331本と、1～6号機のうち最も数が多い。その4割が、昨年11月末まで、炉心にあったため核分裂反応が盛んで、1000トンの水を数日で沸騰させ、約10日間で完全に蒸発させることができるという。

水素爆発した3号機は、水蒸気とみられる白煙を4号機より大量に出しているが、使用済み核燃料の熱エネルギーは、4号機の10分の1と低い。

(2011年3月21日22時05分 読売新聞)

3号機ではプール容量の2・5倍に上る放水が実施されているが、水位は依然として不明のまま。

4号機については、プール自体が破損している可能性も指摘されている。

プールでは通常、冷却水を循環させながら燃料を冷やしているが、地震で循環が止まり、水が過熱して蒸発している可能性がある。

京都大原子炉実験所の宇根崎博信教授は「3号機に初めて放水した際、水蒸気が激しく噴出したことから見て、水は極めて少なかったはず。途中で拡散したり、プール以外にかかったりするため、実際にたまった水は放水量の数分の1ほどではないか」と指摘する。

3、4号機のプールがある原子炉建屋は爆発などに伴って破損しており、がれきがプール上部をふさいでいる可能性も否定できない。

プール自体が壊れていれば、せっかく放水しても、水漏れで水位が回復していない可能性がある。米紙ロサンゼルス・タイムズ電子版は18日、米原子力規制委員会の見解として、4号機のプールの壁か床が破損している可能性を指摘した。

プールの周囲は、水面がある階の床から、さらに約1メートル高い壁で囲まれている。そこからあふれた水は通常、緩く傾斜した床を流れ、建屋内の排水溝に集まる。これが地下のタンクにたまる仕組みだ。

その後、ポンプで廃棄物処理建屋に送られ、放射性物質の希釈などの処理が行われるが、停電でポンプは動いていない。排水が流れる配管が機能しているかどうかも確認できていない。

林勉・元日立製作所原子力事業部長は「建屋が壊れているため、放水された水が建屋外に漏れ出す可能性は否定できない。放射性物質を取り込んだ水が、土壌に染み込む可能性もある」と指摘する。

原子炉建屋から流れ出した水が海に流れ込み、放射性物質で汚染される可能性もあるため、経済産業省原子力安全・保安院の西山英彦審議官は21日の記者会見で、放射性物質の監視について、東電と協議を始めたことを明らかにした。

(2011年4月12日21時01分 読売新聞)

東京電力は12日、福島第一原子力発電所4号機で、生コン圧送機を使って使用済み核燃料一時貯蔵プールの水を初めて採取した。

先月15日に爆発音に続いて火災が発生した4号機では、プール内にある燃料の損傷が疑われている。プールの水温や放射線量を測定するとともに、プール水を分析して燃料損傷の有無などを確かめ、今後の対策を検討する。

生コン圧送機は長さ62メートルのアームを備える。高さ46メートルの4号機原子炉建屋まで近づいてアームを伸ばし、破損した建屋の屋根のすき間から試料回収容器をプール内へ下ろし、水約400ミリ・リットルを採取した。採取時のプールの水温は約90度で、プール付近の放射線量は毎時84ミリ・シーベルトと高かった。水は福島第二原発に運び、13日以降に放射性物質の有無や種類などを分析する。

(2011年4月14日01時26分 読売新聞)

東京電力は13日、福島第一原子力発電所4号機の一時的貯蔵プール内に保管されていた使用済み核燃料の一部が損傷しているとみられると発表した。

12日に初めて採取したプールの水から、燃料から漏れ出した可能性がある放射性ヨウ素などが検出された。

東電は「検出量自体はあまり多くないので、損傷は一部に限られる」と説明する。損傷の原因は、電源喪失でプール水の循環冷却機能が停止し、プール水の蒸発が進んで燃料が一時的に露出した可能性などが考えられるという。プールには13日未明に注水し燃料は水に沈んでいる。

検出されたのは、放射性ヨウ素131が1立方センチメートルあたり220ベクレル、セシウム134が同88ベクレルなど。いずれも通常なら検出されない。4号機は地震発生時、定期検査中で運転しておらず、原子炉の冷却に問題はなかったが、15日に爆発音に続き火災が発生した。東電は1、3号機同様に水素爆発が起きた可能性を否定できないとしている。

(2011年4月17日01時34分 読売新聞)

東京電力は16日、遠隔操作の米社製無人ヘリ「Tホーク」が撮影した福島第一原発の写真を公開した。

4号機原子炉建屋の外壁が10メートル以上離れた配管の上まで飛ばされた様子をとらえており、奈良林直・北海道大教授（原子炉工学）は「相当強い爆発が起きた証拠で、4号機でも大量の水素が発生したと考えられる」と話す。

4号機は定期検査中で稼働しておらず、原子炉内の核燃料は使用済み核燃料一時貯蔵プールへ移されていた。ヘリは最大で10キロメートル離れた場所から無線操縦でき、原子炉建屋の撮影に用いられた。

(2011年4月18日23時23分 読売新聞)

東京電力は18日、福島第一原子力発電所2号機の使用済み燃料プールの水から、高濃度の放射性物質を検出したと発表した。

プールからあふれた水を受けるタンクから16日に採取した水を分析した結果、放射性セシウム134が1立方センチメートルあたり16万ベクレル、セシウム137が同15万ベクレル、ヨウ素131が同4100ベクレル検出された。東電は「圧力が高まった格納容器から漏れ出した放射性物質が溶け込んだ可能性が高い」と見ているが、プールの燃料棒が破損している可能性も否定できないという。

一方、経済産業省原子力安全・保安院は18日、4号機原子炉建屋地下1階で汚染水が約5メートルの深さでたまっているのが見つかったと発表した。濃度は不明だが、4号機の復旧作業には汚染水をまず処理する必要があり、障害がまた増えたことになる。汚染水の水深について、保安院は同日午前中に「約20センチ」と公表したが、その後訂正した。

(2011年4月28日14時31分 読売新聞)

東京電力福島第一原子力発電所4号機で3月15日に発生した火災に伴う爆発の際、使用済み核燃料一時貯蔵プールに、爆発の衝撃で隣接する場所から水が偶然流れ込み、プール内にあった核燃料の過熱を食い止めた可能性があることが、東電の調査でわかった。

過熱が続いていれば核燃料が溶融し、現状を大幅に上回る放射性物質が放出される最悪の事態もあり得たとしている。

同原発は、3月11日の東日本大震災で津波に襲われ、外部電源が途絶。4号機の燃料プールへの冷却水注入も止まった。東電は現在、プールから1日約70トンの水が蒸発しているとみて、生コン圧送機で注水しているが、水位は計算通り上がっていない。東電はプールから水が漏れている疑いもあるとして調べたものの、原子炉建屋下部への漏水は確認されていない。

爆発は原子炉建屋の側壁が崩落するほど激しく、水素爆発が起きたとみられる。水の漏出先として東電が有力視しているのは、可動式のゲートを挟んでプールに隣接する「原子炉ウエル」。ゲートは爆発で破損し、水は原子炉ウエル側に漏れている可能性が高いという。

(2011年4月29日20時59分 読売新聞)

東京電力は29日、福島第一原子力発電所4号機の原子炉建屋内にある使用済み核燃料一時貯蔵プールの映像を公開した。

東電によれば、プール内部が破損している様子はみられないという。

映像は28日に水中カメラで撮影した。格子状の金属製収納容器に、燃料棒を束ねる燃料集合体が縦に並び、上面にコンクリートの破片が落ちていた。同じ収納容器の中でも、新しい燃料は明るく輝き、古い燃料は黒くくすんでいる。

4号機は原子炉建屋の損傷が激しく、水素爆発を起こした可能性が高いとされる。しかし震災発生時、補修作業で原子炉内の核燃料棒をすべてプール側に移動させていたため、プールの状態が目撃されていた。

(2011年5月3日21時47分 読売新聞)

福島第一原子力発電所の事故発生から約1か月半後の4月22日に、原発敷地内を撮影した映像を、原子力委員会専門委員で、「独立総合研究所」社長の青山繁晴氏が明らかにした。

青山氏が車内から撮影した映像には、4号機タービン建屋の1階部分の壁が大きく壊れ、中の設備がむき出しになった様子が映し出されている。

周辺には、地面に突き刺さった状態の自動車や、ぐにやぐにやに曲がったフェンスもあったといい、青山氏は「津波による被害は、軍事攻撃を受けたのかと思うほどすさまじかった」と話している。

青山氏は東電や政府と調整した上で訪問したと説明。一方、細野豪志首相補佐官は2日の記者会見で、青山氏の訪問について、「政府としてではなく、個人として入った。今後はないようにする」と不快感を示した。

(2011年5月9日12時35分 読売新聞)

東京電力は8日、福島第一原発4号機の使用済み核燃料一時貯蔵プールの中を撮影した映像を公開した。

使用済み核燃料が収納されているラックの上に、がれきや、はしが落ちていた様子が映っているが、核燃料に目立った損傷は見られないという。

7日午前11時頃、プール注水用の生コン圧送機のアームの先につけたカメラを水中に入れて撮影した。4号機プールの水中撮影は4月28日に続き2回目。プール内には熱を帯びた使用済み核燃料があり、水温が80～90度と高いため、気泡も確認できる。

また、1号機の原子炉建屋の放射性物質の濃度を低減するため、原子炉建屋につながるタービン建屋1階の廊下に設置された換気装置の映像も公開された。作業員が6日に撮影した。

## これからの収束プランに関する報道

(2011年4月17日20時23分 読売新聞)

東京電力は17日、福島第一原子力発電所の事故収束に向けた作業計画をまとめた工程表を発表した。

原子炉1～3号機では、発生した水素による激しい爆発の危険を避けるため、水素を追い出す目的で、炉心を取り囲む圧力容器と外側の格納容器の間に窒素を注入し、その後に真水で満たす「水箱」処理を実施。注入した水を循環させて炉を冷却する熱交換器も取り付ける。炉心が100度以下で安定する冷温停止状態になるまでには、最短でも6か月かかるとした。

(2011年4月17日20時58分 読売新聞)

東京電力は17日、福島第一原子力発電所の事故収束に向けた作業計画をまとめた工程表を発表した。

格納容器下部の圧力抑制室が損傷している2号機では、放射能汚染水の増加を抑えるため冷却水の注入量を少なめにし、ドーナツ状の圧力抑制室の周囲を特殊なセメントで固めて密封する。このため他の原子炉より作業が長期化する可能性がある。

(2011年4月17日22時12分 読売新聞)

東京電力は17日、福島第一原子力発電所の事故収束に向けた作業計画をまとめた工程表を発表した。

使用済み核燃料一時貯蔵プールに大量の燃料棒がある4号機は、外壁の破損で原子炉建屋の強度が落ちているため、コンクリート製の支柱をステップ1で増設する。1～4号機で貯蔵プールの注水、冷却機能を回復させ、十分に安定した冷却状態に移行させる。

(2011年4月17日22時19分 読売新聞)

東京電力は17日、福島第一原子力発電所の事故収束に向けた作業計画をまとめた工程表を発表した。

タービン建屋や作業トンネルなどにたまっている大量の汚染水は高濃度と低濃度に分けて処理、保管し、原子炉冷却水として再利用する。原子炉建屋は、放射性物質の飛散を防ぐための応急処置としてテント状のカバーで覆い、活性炭フィルター付きの空調設備で内部の放射性物質を除去する。

(2011年4月18日01時20分 読売新聞)

東京電力の勝俣恒久会長は17日、福島第一原子力発電所の事故収束に向けた工程表を初めて発表した。

原子炉の本格的な冷却システムを復旧させ、放射性物質の放出を大幅に低減して安定した状態を取り戻すまでの期間を6～9か月と設定した。発表を受けて海江田経済産業相は同日、周辺住民の避難生活の長期化は避けられないとの見通しを示した。

工程表では、放射線量を着実に減らす「ステップ1」と、放射線量をさらに大幅に抑える「ステップ2」の2期に分けた。「1」は今から約3か月後、「2」は6～9か月後の完了を目指す。当面は、発生した水素が激しく反応する「水素爆発」を避けることと、放射性物質を高濃度に含んだ汚染水を敷地外に出さないことに重点的に取り組む。

(2011年4月20日00時43分 読売新聞)

仏原子力大手アレバのアンヌ・ロベルジョン最高経営責任者（CEO）が19日、都内で記者会見し、東京電力から請け負った福島第一原子力発電所の放射性物質を含む汚染水の処理について、「東電からは5月末から（浄化装置を）稼働させてほしいとの要望があり、対応を急いでいる」と述べ、汚染水浄化システムの設置準備を進めていることを明らかにした。

当初は6月末の稼働を予定していたが、東電が前倒しで稼働を求めたことに応じる意向を示したものだ。汚染水の浄化装置は、化学物質を投入して放射性物質を沈殿させて取り除く仕組み。放射性物質の濃度を1000分の1～1万分の1に減らすことができる。1時間に約50トンの汚染水を処理できる。

(2011年4月22日19時36分 読売新聞)

東京電力福島第一原子力発電所の事故処理について馬淵澄夫首相補佐官は22日、原発の汚染水が、地下水を通じて敷地外に漏出するのを防ぐため、地下に大規模な遮断壁を埋め込む方針を明らかにした。

日本記者クラブ（東京・内幸町）で開かれた講演で語った。地中の汚染拡大防止の具体策が示されたのは初めて。

馬淵補佐官によると、地下壁は、水を通さない地中深くの地層まで埋め込む。同原発1～4号機の全体を取り囲むように設置し、汚染した地下水を敷地内にとどめる。馬淵補佐官は、政府と東電が設置した「事故対策統合本部」で、放射性物質の封じ込めを目指す「中長期対策チーム」の政府側責任者を務めている。

（2011年4月27日17時29分 読売新聞）

東京電力福島第一原子力発電所の建屋などにたまっている放射性物質を含む汚染水について、回収に使うタンクの設置方針が27日、明らかになった。

新造する高濃度用タンクは、放射線漏れを防ぐため、地中に埋設することを検討している。

東電は、高濃度汚染水を仏アレバ社の技術を使った浄化施設で処理する方針だ。しかし、施設の稼働が6月末以降にずれ込む恐れがあり、稼働しても処理量が毎時数十トンと限られる。そのため、汚染水が急増するような不測の事態に備えてタンクを確保する必要が生じていた。

東電は、2号機タービン建屋地階にたまった汚染水のような高濃度汚染水用のタンク約1万トン分と、それに準じた中濃度汚染水を回収できるタンク約2万トン分を、国内の大手ゼネコン2社を通じてすでに発注。国内のメーカーがタンクを新造し、6月中の設置を目指している。中・高濃度用のタンクは長さ十数メートルの細長い円筒形で、腐食に耐える塗装などの特別な加工を施す。高濃度タンクは、放射線を抑えるため、横倒しにして地下に埋設する方針だ。

（2011年4月28日06時26分 読売新聞）

東京電力福島第一原子力発電所の建屋などにたまる高濃度汚染水が地下水を通じて海や敷地外へ拡散するのを防ぐため、政府と東電の事故対策統合本部が進める地下壁設置構想の詳細が27日、明らかになった。

1～4号機地下の地盤を粘着質のセメントで固め、その周囲を深さ40メートルのコンクリート壁で囲い込む「二段構え」の密閉工事で、6月以降の着手をめざす。

構想によると、建屋付近の放射線量が高く、地上での長時間の作業は困難なため、1～4号機を取り囲む環状の作業用トンネルを地下約40メートルに掘削。そのトンネルから建屋地下の地盤の割れ目に、粘着質のセメントを機械で注入し、汚染水が地下深く染みこんでいくのを防ぐ。その上で、作業用トンネル付近にコンクリート壁（厚さ数十センチ）を設置し、地下水が海や陸側に拡散するのを防ぐ計画だ。

（2011年4月28日23時10分 読売新聞）

東京電力は28日、福島第一原発の周辺に、高さ15メートルの津波でも被災しない防波堤を造る計画を明らかにした。

第一原発は廃炉になる可能性が高いが、核燃料の取り出しなどには時間がかかるため、それまでの防災対策を充実させる必要があると判断した。

東日本大震災によって、同原発は高さ15メートルの津波に襲われた。防波堤の構築には時間がかかるため、緊急措置として岸壁に土のうを積むなどの津波対策も並行して行う。高濃度の汚染水をためている敷地南側の集中廃棄物処理施設の周辺を優先して進める。

（2011年5月2日03時08分 読売新聞）

東京電力は、福島第一原子力発電所1～4号機の危機を収束させる手段について、本来の冷却システムである海水を使った熱交換器の復旧を、事実上断念した。

熱交換器が動けば原子炉などの温度を劇的に下げることができたが、ポンプ類が集中するタービン建屋に大量の汚染水がたまり、既存のポンプを使う熱交換器の復旧には相当の時間がかかると判断した。

今後は、補助的な位置づけだった空冷式の「外付け冷却」によって、100度未満の安定した状態（冷温停止）へ徐々に持ち込むことを目指す。

熱交換器は、海水が流れる装置の中に、原子炉などの冷却水が流れる配管を浸し、低温の海水で高温の冷却水を冷やす仕組み。冷却効率が高く、5、6号機では3月19日に熱交換器が復旧すると、原子炉内の温度が1日で約200度から約30度まで下がった。

東電は1～4号機でも熱交換器の復旧を急いだが、タービン建屋の地下などには、原子炉から漏れ出したとみられる汚染水がたまり続けて排水が追いつかず、ポンプ類を復旧させるめどが立たない。また、余震による津波対策として作業用トンネル（トレンチ）をコンクリートで塞ぐことになり、トレンチ内の配管を通して海水を熱交換器へ引き込むのが難しくなった。

（2011年5月3日01時31分 読売新聞）

東京電力福島第一原子力発電所の事故対策統合本部は2日、事故収束に向けた作業が先月17日に発表した工程表通りに進んでいるかどうかを検証し、今月17日に明らかにすると発表した。

工程表は、工程表の発表から6～9か月後に原子炉が安定状態になることを目指し、原子炉の冷却や汚染水の処理などの課題について63の対策を挙げている。核燃料の上部まで真水で満たす「水棺（すいかん）」作業は、1号機では進んでいるが、2、3号機はめどが立っていない。

統合本部事務局長の細野豪志・首相補佐官は2日の記者会見で「検証作業では、号機ごとに達成状況と今後のスケジュールを示したい」と話した。

また、細野補佐官は、放射性物質の拡散予測を行う国のシステム「SPEEDI（スピーディ）」の未公開のデータが

5000件あり、3日以降に公開していくと発表した。