

Plutonium

Spring 2019 No.87



特集

福島第一原子力発電所
8年間の廃炉作業の取り組み

フォーカス

航空機テロ対策が間に合わないと
運転停止！

Plutonium

Spring 2019 No.87

特集	1
福島第一原子力発電所 8年間の廃炉作業の取り組み	
フォーカス	18
航空機テロ対策が間に合わないと運転停止！	
いんふぉ・くりっぷ	
わが国のプルトニウム管理状況	19
原子力発電所運転状況(新規制基準審査状況)	20
Jヴィレッジ・サッカーフィールド再開	21

Plutonium は、インターネットで日本語版、英語版がご覧になれます。

ホームページ  <http://www.cnfc.or.jp/>



江戸城桜田異櫓とその奥がトランプ大統領夫妻宿泊のパレスホテル

(表紙の写真は、皇居正門と正門石橋(二重橋の一つ) 奥は江戸城伏見櫓)

特

集

福島第一原子力発電所 8年間の廃炉作業の取り組み

8年間の廃炉作業

2011年3月11日14時46分、日本の観測史上最大の「東北地方太平洋沖地震」(マグニチュード9.0、最大震度7)が発生しました。また、この地震により、波高10m以上の巨大津波が押し寄せ、この地震と津波により未曾有の「東日本大震災」が生じ、忘れることの出来ない大震災となりました。

2019年3月8日時点での警視庁緊急災害警備本部の発表情報では、死者15,895人、行方不明者2,539人、負傷者6,157人に達しています。犠牲者の死因のほとんどが、津波に巻き込まれた水死で90.64%、その他、地震による圧死・損傷死等が4.23%、火災による焼死が0.92%、死因不詳が4.22%でした。他の情報によれば、建物の全壊・半壊は404,890戸に達しました。

この地震により、福島県に設置されている東京電力・福島第一原子力発電所にも約15メートルの津波が押し寄せ、その津波が大きな引き金となって、放射性物質の放出を伴う深刻な事故(国際原子力事故尺度(INES)レベル7)に至りました。その事故から8年、東京電力は福島第一の廃炉作業を鋭意進めており、その廃炉作業について東京電力の関係者から状況を知ると共に、福島第一原子力発電所の構内の取材も行い、その内容をまとめました。

現在、東京電力・福島第一原子力発電所では、当然ながら安全を最優

先に、現場の作業員の方々の積極的な活躍により、廃炉作業が順次進められています。廃炉作業の一つひとつの工程は、政府の「廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議*」が定めた「福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」に基づいて進められています。

(* : https://www.kantei.go.jp/jp/singi/hairo_osensui/)

廃炉作業とは、「地域の方々や環境への放射性物質などによるリスクを継続的に下げると共に、原子炉施設の解体などを進めていくこと」であり、現在、東京電力は、「使用済燃料プールからの燃料取り出し」「燃料デブリの取り出し」「汚染水対策」「廃棄物対策」などの廃炉作業に取り組んでいます。

この廃炉事業で重要なことは、「透明性を確保し、住民の皆さんのみならず多くの方々の理解を頂きながら進めていく」ことで、新たに明らかになった状況があれば、それを踏まえ、作業の見直しなども逐一行うことが大切です。また、これらの廃炉作業は、東京電力のみならず、政府をはじめとした関係機関などとの連携を図りながら、30年~40年をかけて、安全・着実に進めていくこととなります。

この取材では、東京電力の「福島第一廃炉推進カンパニー」の方々に大変お世話になりましたことを申し添えます。

使用済燃料プールからの燃料の取り出し状況

東日本大震災では、1、3、4号機の原子炉建屋で水素爆発が発生しました。原子炉建屋の最上階にある使用済燃料プールから燃料を取り出し、別の建屋に移す作業は、再び地震や津波に襲われて建物が損壊し、燃料が破損するようになりリスクを防止するためにも重要で、最初に取り組みすべき大きな廃炉工程の一つです。この作業では、作業員の被ばくを抑えながら、いかに安全に進めるかが課題になります。

1~3号機では、現在も使用済燃料プールに燃料が残されたままで、冷却が続けられています。3号機では今年(2019年)4月15日から燃料の取り出しが開始されました。1、2号機では2023年度を目処に、燃料取り出しを始める計画です。

4号機は、事故当時に定期検査中で、炉内の燃料全てが使用済燃料プールに移されていたために炉心溶融を免れました。その4号機では、使用済燃料プールからの燃料1,535体全ての取り出しを先行して実施し、2014年12月までに完了しました。

この4号機は放射線量が比較的低く、作業員が現場に立ち入ることができましたが、1~3号機はいずれも原子炉内の燃料が溶融した影響で、原子炉建屋内の放射線量が高いため、まずは水素爆発で散乱した瓦礫の撤去などが進められています。

1号機では今後、除染や燃料を取り出すためのクレーンを新たに設置する必要があります。また、2号機でも従来から設置されているクレーンが使えない可能性があり、その取り替えも含めて検討が必要です。3号機では、放射性物質の飛散や作業を妨げる風などを防ぐためのドーム型のカバーを、2018年2月までに建屋の屋根に取り付け、2019年4月に使用済燃料プールから核燃料を取り出す作業を開始しました。

使用済燃料取り出しに向けた1、2、3号機の状況、また使用済燃料の取り出しが完了した4号機について、もう少し詳しく説明します。

1号機からの燃料取り出し

1号機の使用済燃料プールには、今も392体の燃料が保管されたままです。プール内の燃料は、水を循環させ冷却されていますが、事故から8年経っているため燃料からの発熱量は大幅に減少し、仮に停電で冷却水の循環が止まっても自然冷却で冷えるレベルにまで発熱量が減少しています。

1号機では、事故後、放射性物質の飛散を防ぐために原子炉建屋全体にカバーを取り付けました。その後、除染作業も進み、放射性物質の飛散も無くなったため、使用済燃料の取り出し作業を行うために、2016年11月までにカバーを取り外しました。

原子炉建屋最上階（オペレーティング・フロア）の南側は、水素爆発により崩落した屋根が天井クレーン・燃料取扱機の上に落下しました。このままでは落下した屋根などの瓦礫がその下の使用済燃料プールに落下し、燃料を損傷させてしまう恐れがあります。まずは、使用済燃料プールを保護する作

業のため、支障となる建屋の壁のX字型の補強鉄骨（Xブレース）を4箇所のみ撤去作業を行い、2018年12月20日に完了しました。今後はできるだけ早く、Xブレースを取り除いた開口部を活用して、使用済燃料プールの保護作業を進めると共に、使用済燃料プール周辺の小さな瓦礫などが撤去されることとなります。また、オペレーティング・フロア北側については、コンクリート片などの瓦礫撤去が概ね完了し、2019年2月6日から屋根鉄骨の分断作業が開始されました。

1号機でのこれらの作業にあたっては、地域の方々に心配や迷惑を掛けることが無いように、原子炉建屋の最上階のさらに上部に、放射性物質の飛散を防ぐ薬剤を噴霧する装置をぐるりと全体に設置し、適宜散水しながら、細かな部材やチリが風により舞い上がり、散っていくことが無いように作業が進められています。加えて、放射能を含んだダストを測定するモニタも設置し、24時間監視しながら慎重な作業が行われています。

1号機の使用済燃料の取り出しは、2023年度中の着手が目標です。

2号機からの燃料取り出し

2号機の使用済燃料プールには、615体の燃料が保管されています。

2号機は水素爆発を免れ、建屋はしっかりとしているものの、炉心溶融が生じたために建屋の中の放射線量は高く、使用済燃料を取り出すには、ロボットを投入して線量を測定するなど、事前に内部の状況を詳しく調査する必要があります。

東京電力では、2018年6月に燃料プールがあるフロアに通じる建屋西側の厚

さ20cm壁に、幅5m、高さ7mの穴を開け、重機を入れるための「前室」と呼ばれる部屋を作りました。現在は、そこから遠隔操作の調査ロボットや重機を運び入れ、フロア全域の線量調査や残置物の片付けを2018年11月に終了しました。現在は、さらに詳細な調査と残置物の撤去を進めています。

残留物の片付け後の調査では、建屋最上階の空間放射線量は、放射性物質の放射線量の自然減衰、残置物の片付けの効果、加えて建屋に流入した雨水による洗い流し効果もあり、2012年度の調査結果に比べ、大幅な低下が確認されました。しかし、線量が一番高い場所である原子炉の真上（ウェルプラグ上部：格納容器上に被せるコンクリート製の蓋）では、2012年度時の線量との比較でも6分の1程度にはなったものの、現在でも最大1時間あたり148ミリシーベルト（mSv/時）あり、まだまだ人が立ち入れる数量にはなっていません。今回の調査結果は、原子炉建屋上部解体の作業計画・工程立案に反映されることとなります。

2号機の使用済み燃料の取り出しは、1号機と同じく2023年度中の着手を目標としています。

3号機からの燃料取り出し

3号機の使用済燃料プールには、566体の燃料が保管されています。2019年4月15日から、燃料をプールから取り出して別の建屋に移す「燃料取り出し作業」が着手されました。炉心溶融を起こした1～3号機では初めてのことで、慎重に作業は進められており、約2年後には3号機のプール内の未使用燃料と使用済燃料、合計566体全ての燃料が取り出される予定です。

「燃料取り出し作業」が始まる前は、使用済燃料プールがある3号機原子炉建屋の最上階は、水素爆発の影響で瓦礫が散乱していたことから、まずは壊れた建物の残骸や、爆発で壊れたクレーン機器などの撤去を進め、2016年初めに同作業を終了しています。瓦礫を撤去したあとも放射線量が高かったため、作業員の被ばくを防ぐための除染や遮蔽などを施し、短時間なら人が入れるレベルまで放射線量が下げられました。しかし、人がそこで長時間作業出来るほどには下がっていないため、使用済燃料を取り出す装置は、全て遠隔操作で行う設計になりました。

この3号機の瓦礫撤去と遮蔽が行われた後の写真など、作業の状況は、逐次ホームページ上で公表されていると共に、「廃炉資料館」（福島第一原子力発電所から南に12km：旧エネルギー館）にも展示されています。

現在3号機の建屋の上には、ドーム状のカバーが付けられています。そのカバーの中に、プールから燃料を取り出すための全遠隔操作のクレーン設備が新たに据え付けられています。事前に施された工事や、作業中のトラブルがあり、燃料取り出し作業は当初の計画より4年4か月遅れ、今年3月15日から始まりました。今後約2年かけて、慎重に取り出されることとなっています。

4号機からの燃料取り出しは 2014年に終了

4号機は東日本大震災当時、定期検査中だったため、原子炉内の燃料は全て使用済燃料プールに移され、1,535体の燃料がこのプール内に保管されていました。炉内に燃料が無かったことは不幸中の幸いでしたが、大震災の時、

3号機からの水素ガスの回り込みがあり、4号機の原子炉建屋上部でも水素爆発が起きました。それでも、プール内の燃料は全て健全でした。

しかしながら、建屋が破損したことから、早期にプール内の燃料を別の場所に移すことを最優先とし、入念な事前準備を経て、燃料の取り出しが実施されました。このために新たに設置された燃料取り出し用の外側のカバーは、壊れた建屋に重みをかけないという世界に類を見ない構造物で、鉄骨に使用した鋼材の重量は約4,000トン、東京タワーと同程度の重量となりました。

事故から2年10ヶ月後の2013年11月から開始された4号機のプール内の燃料取り出し作業は、大きなトラブルもなく、翌2014年12月22日までにすべて完了しました。この結果については、日本のメディアでは「4号機の燃料が取り出された」と淡々と報道されただけでしたが、海外では「さすが日本の技術だ、あの悲惨な事故の状況から2年

余りで燃料の取り出しが開始され、1年余りで完了した」と結構評判になりました。ちょっとオーバーな表現にも思えますが、驚いたことでしょう。日本の私たちも驚いたほどでしたから。

燃料デブリ取り出しへの作業手順

事故による炉心溶融により、1、2、3号機ともに原子炉内の燃料が溶け、燃料デブリとなり、それが原子炉圧力容器の底を溶かし、その外側の原子炉格納容器の底まで落ちたことが考えられます。現在は継続して冷却水を注水し、安定した状態が維持されています。今後は、この燃料デブリを取り出し、放射性物質によるリスクを低減させることが、長期的な廃炉作業にとっての安全確保に不可欠です。

燃料デブリの取り出しに向けては、まずは燃料デブリの状態の把握や、格納容器内の状況の把握が必要となります。一方、格納容器内の放射線量は、当然非常に高い状態で、人間が近寄れ



4号機の燃料取り出し用外側カバー

るレベルではありません。そのため、炉内、格納容器内の状態の調査のために、宇宙線の「ミュオン」を利用した測定や、ロボットを投入して格納容器内の状況把握が進められました。

宇宙線の「ミュオン」とは、銀河などから地球に降り注ぐ多量の宇宙線（一次宇宙線）が大気と接触して変化し、新たな宇宙線（二次宇宙線：中性子、電子、ガンマ線、ミュオン、ニュートリノ）が生まれ、それらの内、地中まで到達するのがミュオン、ニュートリノです。この透過力の強い宇宙線である「ミュオン」を使って、レントゲン写真のように、原子炉内のどこかに燃料が残っているか、残っていないかを調べる調査を、1～3号機で実施しました。エジプトのピラミットの石

室の調査にも、このミュオン測定が使われました。

ミュオン測定は、レントゲン写真ほど鮮明な映像が撮れる訳ではなく、画像解析は結構苦労したようですが、ウランなどの重たい金属がどこにあるのかを推定するのに役に立ちました。1号機では2015年2月～5月、2号機では2016年3月～7月、3号機では2017年5月～9月にミュオン測定が実施されました。

その結果、これまでの解析などでの推定と同様に、1号機では燃料デブリはほぼ圧力容器内には無く、圧力容器を突き抜けて格納容器の底部に9割以上落ちていたことが判りました。2号機は炉心溶融する時期が1、3号機よりも遅かったため、燃料が割と冷やされ、圧力容器の中、あるいは底部に相当量

が残っていることが判りました。3号機は1、2号機の間ぐらいの状態だと判断されています。

さらに格納容器内の状況や、燃料デブリ取り出しの工法を検討するには、ロボットなどの調査装置による映像撮影や放射線量の測定を行う必要があります。1、2、3号機は、格納容器内の環境がそれぞれ異なるため、それぞれの環境に合った調査ロボットや調査装置の開発が必要となりました。1号機には自走式のロボットを作り、格納容器の中を走らせ、その様子が確認されています。2号機は自走式と、吊り下げ式の調査装置を投入しています。3号機は水がかなり溜まっているため、水中潜行型のロボットを入れて調査が進められました。

1～4号機の現状

1号機



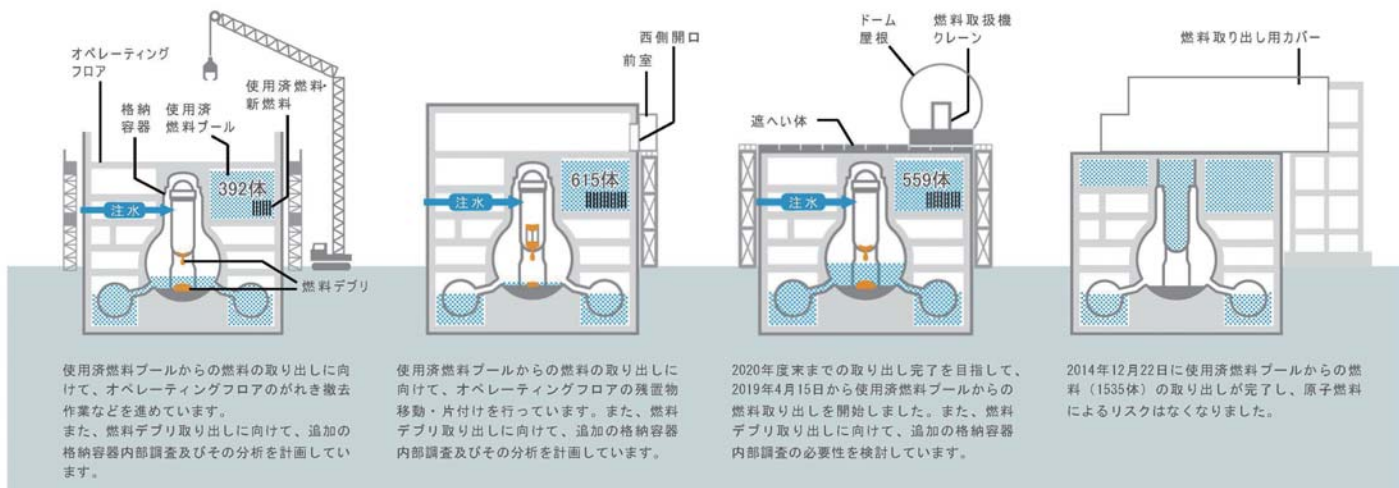
2号機



3号機



4号機



使用済燃料プール中の燃料と、ミュオン測定で判った燃料デブリの状態（提供TEPCO）

1～3号機とも圧力容器の底に穴：燃料が溶け出た

1号機は、事故解析でも、ミュオン測定結果でも同様ですが、原子炉の中の燃料はほとんど溶けて圧力容器の底から格納容器内に落ちていると推定されました。その状態は、ロボットを格納容器内に入れた写真でも確認されました。ただ1号機の場合は、ロボット調査がフラスコ状の格納容器内の周りの部分だけであって、圧力容器の真下まで達していません。そのため、2回にわたる格納容器の調査では、2回目の2017年3月に、アクセスルートから底の部分に向かって、釣り竿のような装置に線量計とカメラを付け、格納容器の底まで垂らして、配管や堆積物などの底の様子を確認しました。

その底を写した写真によれば、格納容器内の原子炉圧力容器などを支える基盤である「ベDESTAL」には大きな損傷は見られず、底部や配管などに堆積物があることを確認しています。また1号機では、放射線量が2号機と比較して低いことが判りました。

2号機では、2016年、2018年、2019年の3回、調査ロボットが投入されました。この調査では、原子炉圧力容器が収まっているフラスコ状の格納容器の底、圧力容器の真下の部分を撮影しています。その写真に写っているL字型の金属片は、燃料集合体の上部に付いているハンドルで、大きさは13cm程のもので、それを拡大し、ハンドルの個々に刻印してある記号からどの燃料集合体だったかの特定を試みたものの、刻印が途中までしか読めなかったため特定できませんでした。しかし、写真に写った箇所の真上あたりの圧力容器の底には、このハンドルが落ちるほどの穴が開いていると推定されます。

3号機では、格納容器内の水位が1、2号機に比べ高く保たれています。1～3号機とも圧力容器に注水して燃料を冷やしており、1号機も2号機もどこかに穴が空いていて、そこから冷却水が抜け出ているため、比較的低い位置に水位があります。しかし、3号機は比較的水位が高いために、1号機、2号機で使った自走式とか、壁を走るといったロボットは使えません。

そのため、水中潜水型のロボットが3号機では使われました。水中型のロボットは、カメラで状況を見ながら比較的自由に動かすことができ、2017年7月の調査では、格納容器に入って、瓦礫などの構造物を避けながら、遊泳しながら進ませました。

水中型のロボットが撮影した写真では、構造物が積み重なり、一部には岩石が冷えて固まったようなものが各所に見られます。さらに原子炉圧力容器内の構造物も下に落ちているのが見えます。圧力容器には相当大きな穴が開いていると推定されます。



1号機の格納容器の底 (TEPCO)



2号機の格納容器の底—L字型の燃料集合体のハンドル (TEPCO)



3号機の格納容器—冷却水の中 (潜水型ロボットで撮影) (TEPCO)

今後の作業： 先ずは燃料デブリサンプルを取り出す

燃料デブリを取り出すための今後の作業として、1号機での次の作業では、格納容器の下には水が溜まっているため、以前の調査に使った自走式のロボットではなく、潜水できるボート型ロボットを格納容器内に投入し、詳細な調査をすることが計画されました。調査ロボットによる調査でも、それぞれの状況に合わせた、種々のロボットが開発され、使われていることが判ります。

その潜水ボート型ロボットで、2019年前半には1号機で燃料デブリ取り出しのための調査が行われ、その際、堆積物を少量、サンプリングして持ち帰る計画です。そのサンプリングにより、溜まっているものに金属が多いか否かなどの成分が判るとのことです。

2号機では、2019年2月13日に3回目の調査が行われました。圧力容器の下に制御棒駆動機構（制御棒を上げ下げする装置）があり、その真下にパイプを入れ、その先端に調査ユニットをぶら下げ、調査がなされました。前回まではカメラと線量計だけでしたが、今回は実際に調査ユニットの先端に「フィンガー」と呼ばれるトンゲのように摘まむ事ができる器具を付け、それを格納容器の底まで入れて堆積物を摘まむ作業をしました。実際に作業した場所は、前回の調査の写真を基に何か所か選んでいます。

実際の作業中の写真は、格納容器の底部の写真ですが、下の方のギザギザがある「フィンガー」で、実際の堆積物を摘もうとしています。この作業で、実際に堆積物の一部を摘まんで持ち上げ、下ろすことが確認できました。これを何か所かで行い、堆積物の一部は

摘まめることが分かりました。燃料デブリは、溶けて落ちて冷えて固まったと考えられていますが、それを摘まめるか摘まめないかは、今後の作業に大きく影響します。仮にデブリが溶岩のようにカチカチで摘まめなければ、その取り出し方法は、ドリルで細かくするとか、剪断のような方法を初期段階からとらなくてはなりません。

しかし、堆積物の一部は石ころのように摘まめることが判明したので、摘まんで回収するか、もしくは掃除機のような装置で吸い込んで回収するなどを考えることができます。今回の2号機の調査では、燃料デブリと思われる堆積物の状態を見極めることができたのが大きな成果、前進となりました。

2号機で今回得られた成果を基に、2019年秋以降に規模をスケールアップした次の調査が計画されています。今回は、少し大きなアームを入れて、1号機と同様に堆積物を持ち帰る計画です。先ほどのパイプの方式と似ていますが、長い腕を入れて下の方の堆積物にアクセスし、そこからサンプリングするための治具を先端に付けてデブリを持ち帰る計画です。

なお、2号機の燃料デブリが小さな石ころのような状態で全面に堆積しているかどうかは、調査している範囲がまだ狭いことから、一概には言えず、その辺はもう少し調べを進める必要があるようです。

放射性固体廃棄物は減容や焼却で管理量を減少

次に放射性固体廃棄物についてです。福島第一発電所の構内には、東日本大震災の時の津波によって構内にあった構造物や設備がぐちゃぐちゃに



2号機の格納容器－「フィンガー」で堆積物を摘まむ（TEPCO）

なり、瓦礫となってしまったものや、事故後の片付けをして出た瓦礫類があります。さらに構内に入るための「保護衣」と呼んでいる防護服、マスク、手袋、靴下などの可燃物、さらに発電所内の敷地を造成するために生じた伐採木、ゴミがあります。このような廃棄物は、構内に複数のエリアを決め、表面放射線量や可燃・不燃などの種類別に区分して貯蔵庫や屋外施設で一時保管されています。

瓦礫やゴミなどの廃棄物には、表面線量が数十ミリシーベルト（mSv/時）と高いものもあります。そのような高い表面線量の廃棄物はコンテナに入れて、さらに放射線を遮蔽できる建物の中に入れておけるもの、覆土式と言って一時的に容器の上から覆土して線量を下げているものもありますが、これらは一時的な対応です。

何時までもそのままではいけないので、最終的には焼却処理や、金属やコンクリートなどの瓦礫類は砕いて減容処理し、最終的にはコンクリートの個体廃棄物貯蔵庫にドラム缶やコンテナに詰めて保管する計画です。構内の瓦礫は外に出せないなので、そのような施設を造るには構内に広大なエリアが必要です。

海外では、放射線量によりゴミ処理が科学的に判断され、放射性廃棄物と一般廃棄物に分けられて処分されています。科学先進国の日本でも今後は、科学的な根拠に基づいて処分されるよう議論がされ、実施されることを望んでいます。ただ、まだまだ先のことになるでしょう。

東京電力の対応では、今の段階では構内で発生したゴミは、普通のゴミでも全て放射性廃棄物扱いで、敷地内に

留めておくことになっています。

発電所の敷地の南側はすでに事故後の廃棄物を保管しているタンク（2019年2月末現在962基）でいっぱいなので、北側の、元々森だった場所の樹木を伐採し、そこに廃棄物関係の処理施設、個体廃棄物貯蔵庫を増設するための工事が進められています。

余談ですが、福島第一発電所内の敷

地には、事故前には1,000本の桜の木があったそうですが、事故後、貯水タンクや廃棄物の保管施設の増設に伴い、敷地造成がなされ、600本が切られたそうです。それでも4月8日には400本の桜が満開となり、作業員の方々を楽しませたようです。

現在の瓦礫などの保管量は約43万㎡あり、10年程度の保管量予測が約77万



発電所北側造成地—廃棄物貯蔵庫用地



4月8日に満開となった桜。従業員もお花見（TEPCO）

mですから、さらに今後、約34万m³増えることが予測されています。このままでは増える一方のため、減容処理施設、焼却炉、貯蔵庫を整備する計画です。今までも固体廃棄物貯蔵庫の外で一時的保管されてきた固体廃棄物や、新たに発生する固体廃棄物を可能な限り焼却、減容し、貯蔵庫内で保管する計画です。

このような整備を進めることで、今までの固体廃棄物貯蔵庫の外にある一時的保管エリアを無くすことにより、より一層の放射線リスク低減が図れることとなります。10年後には焼却処理や減容処理をして25万m³にまで減らす計画です。かなりの減量作戦です。

構内での保管の目的は、基本的には廃棄物が飛び散ったり、舞い上がったりにしないように、貯蔵庫などで管理していくことです。当然、時間の経過と共に自然に放射線量が減衰するので、貯蔵庫での管理はその効果を利用するのは当然ですが、セシウム137のよう

な放射線物質は半減期が30年で、30年経てようやく放射線量が半分という状況ですから、そのような放射性廃棄物の一時保管の後の最終処分に向けての対策は次の課題となります。

汚染水の増加対策には地下水と雨水も

原子炉の内部に残る、溶けて固まった燃料デブリには、水をかけて冷却状態を維持しています。水は、核燃料に触れて冷却する反面、セシウムやストロンチウムなどの放射性物質を含んだ「汚染水」となってしまう、それが原子炉建屋内に滞留します。これが基本的な汚染水発生メカニズムです。

さらにこの汚染水が増える要因には、冷却水以外にもう一つあります。福島第一原子力発電所の敷地の地下には大量の地下水が流れています。この地下水が、元々の貫通孔の隙間から原子炉建屋に流れ込むこと、さらに雨水が、破損した建屋の屋根から流れ込むことです。建屋内ですでに滞留してい

るそのような汚染水と混ざり、汚染水の量が増加します。

この増加した汚染水が、原子炉建屋やタービン建屋などから建屋外に流出しないように、建屋周囲の地下水の水位の管理を常時行っているため、現在、汚染水が建屋から漏洩してはいません。このような管理により、敷地周辺の海水中の濃度も十分に低い濃度となっていますが、さらにリスクを低減させるために、「汚染源に水を近づけない」「汚染水を漏らさない」「汚染源を取り除く」の三つの基本方針にそって、さまざまな対策を講じています。

汚染水対策基本方針1：近づけない

建屋に流入する地下水の量を抑えることができれば、汚染水の発生量を減らすことにつながります。「近づけない」の取り組みの例としては、まず、建屋近くに設置した井戸（サブドレン）による地下水の汲み上げです。サブドレンから地下水を汲み上げることで、建屋周辺の地下水位を下げ、建屋に地下水が流入したり、建屋の海側エリアに地下水が流れ出たりすることを抑えています。

また、1～4号機全体の建屋を取り囲むように設置し、建屋への地下水流入量を抑制する効果を発揮しているのが、凍土による「陸側遮水壁」です。全ての原子炉建屋、タービン発電機建屋の周りをぐるっと囲んだ配管で、氷の壁を作っています。建屋全体の外側に氷の壁を作るには、1,500mにわたって1m間隔で、地面から深さ30mまで配管を敷設し、その配管の中にマイナス30℃の冷媒液を流し、アイスキャンディーのように、配管の周りの土を凍らせます。



建屋横の地下水汲み上げ井戸

2018年3月には、深部の一部を除く凍結が完了し、しっかり効いて、水が入らなくなり、福島第一としては汚染水の発生が抑えられているとのこと。この氷の壁の技術はもともとトンネルを掘る時に使われている技術で、トンネルを掘る時に周りから崩れないように土を凍らせる技術だそうで、その技術の応用です。ゼネコンの関係者からすると、難しい技術ではないそうです。

このほかにも、建屋に近づく地下水を、手前で汲み上げたり、雨水が土に浸透して新たな地下水になることを抑えるために、広く敷地を舗装したりといった様々な対策が取られています。

汚染水対策基本方針2：漏らさない

汚染水を外洋へと「漏らさない」ために、地下の透水層から海に流出する汚染水を塞ぎ止める設備として、2015年10月に従来工法で、鋼鉄製の鉄板を30mの深さまで埋め、海に汚れた水が出ないように対策が取られました。この「海側遮水壁」は、全長が約780mです。加えて、護岸エリアに設けた井戸から地下水を汲み上げるなどの対策により、放射性物質を含む地下水が海洋へ流れ出るリスクが低減されています。

これらの取り組みの結果、福島第一発電所が面している港湾外の放射性物質濃度は低い状態を維持しており、法令で定める「告示濃度限度」（放射性物質の濃度の上限）と比べても低い状況です。また、世界保健機関（WHO）が定めている世界的な飲料水の水質基準「WHO飲料水水質ガイドライン」と比べても十分に低く、「公衆の安全は確保され、海洋の環境は安定している」と国際原子力機関（IAEA）から

評価がなされています。港湾内についても、放射性物質の濃度が改善傾向にあることが確認されており、引き続き適切な管理が行われることになっています。

汚染水対策基本方針3：取り除く

すでにある、あるいは新たに発生した汚染水については、多核種除去設備

「ALPS（アルプス）」と呼ばれる放射性物質の除去設備で浄化処理されています。このALPSは、1系列で1日当たり250トン、3系列合計で1日当たり750トンの汚染水の処理ができます。増設のALPSでも同じく3系列合計で1日当たり750トン処理ができます。1日500トン処理できる高性能ALPSもあり、3つ合わせると1日で2,000トン



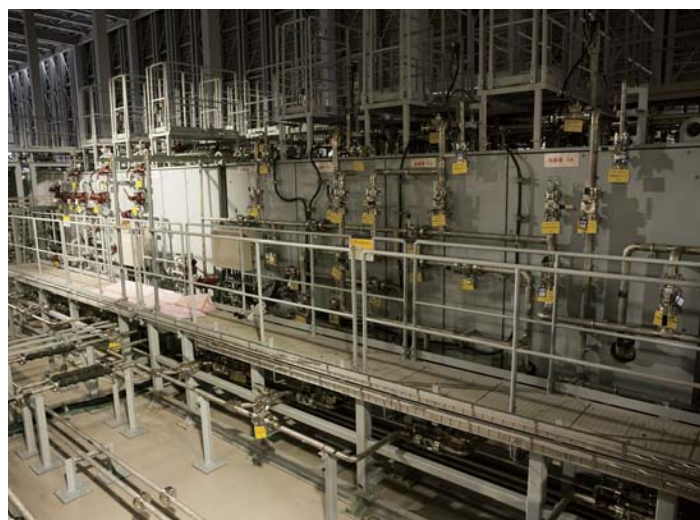
遮水壁の冷媒配管—中央下のバルブの上に白い氷が見える。常時冷却している。



遮水壁用の冷媒液が流れる配管。配管にもこの付近の放射線量が表示。



増設ALPS内部－750トン／日の処理能力（TEPCO）



増設ALPS内部（TEPCO）

の汚染水を処理できる能力があります。大変な量です。

事故直後から発生し、原子炉建屋やタービン建屋から外に溢れ出ないように発電所構内のタンクに貯めていた「高濃度の汚染水」は、2015年5月に浄化処理が一旦完了しました。現在は、その処理済みの水をALPSを使ってさらに浄化処理し、敷地内のタンクに安全に保管されています。その水の中には主に「トリチウム」という放射性物質が残っています。この多核種除去設備「ALPS」は、トリチウム以外の放射性物質62核種全てを基準（告示濃度基準）以下に取り除く性能があります。

ALPSでも唯一分離できないトリチウム（3重水素：半減期12.32年）は、宇宙線の中の陽子、中性子が大気中の窒素、酸素と反応して生成され、空気中の酸素と結合してトリチウム水として天然の水に混在しています。トリチウムの化学的性質は、普通の水素とほぼ変わらないため、化学的な処理での分離は難しいのです。

ALPSで浄化処理した後にタンクに

入れた水には、トリチウム以外にも放射性核種がわずかに残っています。それは、「敷地境界線量を下げる」ことをできるだけ早く達成し、作業員の被ばく線量をさらに低減するため、なるべく多くのタンク内の汚染水を素早く浄化することを優先したためです。一つひとつのタンク内の汚染水をきっちり浄化すると時間が掛かるため、多くのタンク内の汚染水の放射能をある濃度まで素早く浄化した方が、敷地境界の放射線量の低下、さらには作業員の被ばくを少しでも早く下げることの効果的であったためです。

当時、ALPS処理水の分析データは、東京電力から逐次ホームページで公表されましたが、その処理の進め方に対する考え方や、分析データについての対外的な説明が足りなかったこともあり、批判を受けたとのことです。

このALPS処理水の長期的な取り扱いに向けては、国の小委員会で、技術的観点はもちろん、風評被害などの社会的な観点も含めた総合的な議論が行われているところです。東京電力では、

科学的な合理性だけでなく、社会的影響、風評対策などを含め、国の小委員会で議論されている結果を踏まえ、国の示す大きな方針に基づき、さらにその先の処分や管理について考えていきたいと、今後の対応について述べていました。

三つの基本方針による対策が功を奏す

以上、これら三つの基本方針に基づいた重層的な各対策を進めてきた結果、汚染水によるリスクは着実に低減しています。事故以降、発電所構内のタンクに溜め続けてきた高濃度の汚染水をALPSで浄化することで、2016年3月には「敷地境界の追加的な実効線量を1mSv/年まで低減」させ、汚染水対策のマイルストーンが達成されました。当然、作業員のさらなる被ばく低減にもつながり、より安心して働く環境が一層改善されてきたこととなります。

また、地下水の水位を安定的にコントロールし、建屋に地下水を近づけない水位管理システムが構築されたことにより、汚染水の発生量も、対策前

(2014年5月)の約540トン／日から、約170トン／日(2018年度平均)まで減少させています。

なお、現在の水位管理システムでは、原子炉建屋内の汚染水が建屋外に流れ出ることを防ぐため、建屋内の水位を建屋周辺の地下水位よりも低く管理しています。このため、どうしても建屋内に地下水が流れ込み、新たな汚染水が発生してしまいます。地下水が増える原因となる雨水への対策などについても、今後もさらなるリスク低減に向け継続して取り組み、2020年内には1日あたりの汚染水発生量を150トンまで低減させることを目標としているそうです。

また、2020年には、原子炉建屋以外の建屋についても、建屋内に滞留している水を除去する計画を進めています。この二つの目標が達成されれば、汚染水によるリスクは大幅に低減されるとしています。

引き続き、港湾内や地下水のモニタリングなどを通じて状況を細やかに把握しながら、福島県や国民の方々の不安を払拭できるよう、汚染水の管理とコントロール、さらに適時・適切な情報発信を着実に進めていくとのことでした。

1・2号機排気筒の上部解体は 地元企業が対応

もともと原子炉建屋には、建屋内の空気を排出する排気筒が付いています。120mほどの煙突状の構造物で、そのうち1・2号機兼用の排気筒は、事故当時、1号機の水素爆発の影響で、排気筒を支えている支持材の一部が損傷しました。排気筒の倒壊による廃炉作業へのリスクを低減するために、東京電力はこの排気筒を半分程度の高さ

まで切断、解体する計画です。

この作業には、「エイブル」という地元の企業が手を上げてくれたそうです。この排気筒は、事故時に高濃度の放射性物質を含んだ水蒸気を排気したため、放射線量が高く、当然人間が近寄れないことから、遠隔操作で解体する必要があります。専用の解体装置をクレーンで排気筒上部に乗せ、遠隔操作で回転のこぎりやペンチで筒身や支柱などを切断し、23個に分割して地上に下ろし、半分の高さまで解体する工程です。

地元のこの企業は、自社の敷地内でモックアップ、すなわち模擬した煙突を作ってテストを繰り返し行い、遠隔操作の訓練を重ねてきたそうです。2019年5月から半年程度の期間で、この排気筒の解体作業を進めることになっています。

これは大変チャレンジングな仕事ですし、地元の企業が頑張っていることに意気を感じます。その企業からも「やりがいのある仕事」だとの声もいただいているそうです。そ

の会社はもともとメンテナンスの会社として、事故以前から発電所の仕事をしてこられたことも大きなキッカケとなったと思われます。

さらなる地震、津波対策

その他の対策には、地震、津波対策があります。もともと3.11の大きな地震に伴う津波の影響で発電所が事故を起こしましたが、その後に同じ規模の地震、津波が生じることがあれば二次的な災害を起こしてしまう可能性があります。その対策が今進められています。

まずは、海側、護岸の強化のための工事ですが、3.11では津波の影響が大きかったので、テトラポットなどもしっかり付け直しをしています。また、水素爆発の影響で壊れてしまった建物に水が入る隙間や穴が空いているので、そのような開口部を塞ぐ作業です。発電所全体でそのような開口部は122箇所あり、2018年12月までにそのうちの63箇所が塞がれました。建物の中には



建屋表面の多数の傷は、津波が引く際に流された瓦礫が付けた傷

汚染水が溜まっていますので、汚染水が溢れ出ないようにする対策も並行して進められています。

文部科学省に設置されている地震調査研究推進本部が、近い将来、千島海溝の海側で発生すると予想されるマグニチュード8.8程度の巨大な地震について、「千島海溝沿いの地震活動の長期評価（第3版）」を2017年12月19日に発表しました。さらに2019年2月26日には、今後30年以内の「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」も発表し、マグニチュード7.9程度の地震の発生率が40%と予測しました。しかし、世間では余り騒ぎにはなりません。まあ、今まで地震予測はあまり当たらなかったからでしょうか。

その海溝の地震に伴い発生する津波は、東京電力の敷地で前面で、高さが11mと予測されています。福島第一の1~4号機がある地盤が海拔8.5mで、東京電力では、今まで造っていた防潮堤を延長する形で、L字型のコンクリートブロックを並べた防潮堤を構築する

工事を始めたところですよ。

東京電力としての今回の事故での反省は、「大きな津波は起こらないだろう」と判断をしてしまったことです。2017年12月と2019年2月の2回の地震調査研究推進本部の発表に対して、東京電力は速やかに対応しようとしています。当然完璧な対策はないのですが、「想定以上」の地震や津波が来ることをも考慮し、原子炉の冷却のための注水設備や電源車を高台に複数置くなど、バックアップ設備はすでに用意されています。

耐震に関しては、今の福島第一の事故後の耐震評価は、600ガルで、もう一回、東日本大震災と同じ地震が来ても耐えられるように設計され、評価がなされています。ただ、前述の排気筒のように、現時点で支持材が多少壊れているものについては、600ガルを超える巨大な地震で万一倒れるようなことがあると廃炉作業に支障を及ぼしかねないため、予め切ってしまうこととなりました。

構内には、汚染水や処理水を貯蔵す

る1,000トン容量のタンクも多数ありますが、地面に固定すると地震力で側面が歪んだりするので、固定せず置くだけにし、地震力を逃がす設計になっています。

当初、汚染水がどんどん溜まってきた時、その汚染水をタンクに入れて溜めるため、防火水槽タイプのタンクを日本中から集めました。横置き型のタンクで、1基当たり100トンの容量。しかし、場所を取る割には容量が小さいので、縦型で1,000トン入るフランジ型のタンクに変更しました。このタンクは、ボルトで留めるタイプで、保管中にシール部が緩んで中の汚染水が外に漏れたケースがあり、そこで信頼性の高い溶接型タンクへの入れ替えを進め、今はほとんどのタンクが溶接型だそうです。

また、タンクエリアには二重の堰を設け、1基分まるまる水が漏れても塞き止められるように対策が講じられています。このように、また大地震が起きても極力リスクを小さくできるよう、数々の対策が施されています。

そうは言っても、「だから大丈夫」では事故からの省察を活かしたことはなりません。仮に万一タンクが倒れたらどうするのか、津波が来て設備が使えなくなったらどうするのか、などの対応を想定した訓練を、最低でも四半期に一回、個別の訓練は毎月実施しているそうです。

廃炉作業の広報活動がバーチャル化

東京電力では、廃炉作業の現状や今後の計画などについて、働いている方々、地域の方々、関心のある方々など多くの関係者に、継続的に情報提供していくことを考え、実行していく姿勢でいます。しかし、なかなか説明が



二重構造のタンクの堰

足りていない部分も当然出てきます。そのため、紙の媒体での情報発信ばかりではなく、インターネット経由での情報発信も行われています。

昨今、映像による情報を得たいとする方々も多数おられ、そういう方々にも、最新の廃炉現場の状況が理解いただけるように、映像を多用した「バーチャルツアー」が見られるページも作られています。外国の方々への情報発信としても、英語版だけですが廃炉ページも作成され、随時内容の更新がなされています。

下記のアドレスに入り、「メニュー」の「INSIDE Fukushima Daiichi」の画面をクリックすると、廃炉作業の現場を体感できるコンテンツにアクセスできます。コースも選択でき、表示された付近の放射線量も画面の隅に表示されます。なかなか見応えがあるページになっています。

(日本語)

<http://www.tepco.co.jp/decommission/>
(英語)

<http://www7.tepco.co.jp/responsibility/decommission/index-e.html>

労働環境の改善は引き続き促進

発電所で働いている方の人数は、一番のピークが事故から4年後の2015年3月で、1日当たり約7,500人でした。その時は建築土木の作業、除染、フェーシング（地面の土が飛散ないように表面にモルタルを吹き付ける作業）、汚染水貯蔵用のタンク建造などのいろいろな作業をする方々が入っていた時期でした。今は、概ね4,500人の方々が構内で作業をしています。

作業員の被ばく線量ですが、事故当初（2011年3月）は、事故収束の

ための緊急作業で、東京電力社員が32mSv/月、協力企業社員が14mSv/月（法令上の作業現場の被ばく線量限度は50mSv/年）と、大変な被ばく量でしたが、その後、除染や汚染水対策などのいろいろな対策が功を奏し、事故から4ヶ月後の2011年7月には2mSv/月前後となり、2018年10月の平均値は0.30mSv/月まで低減されました。

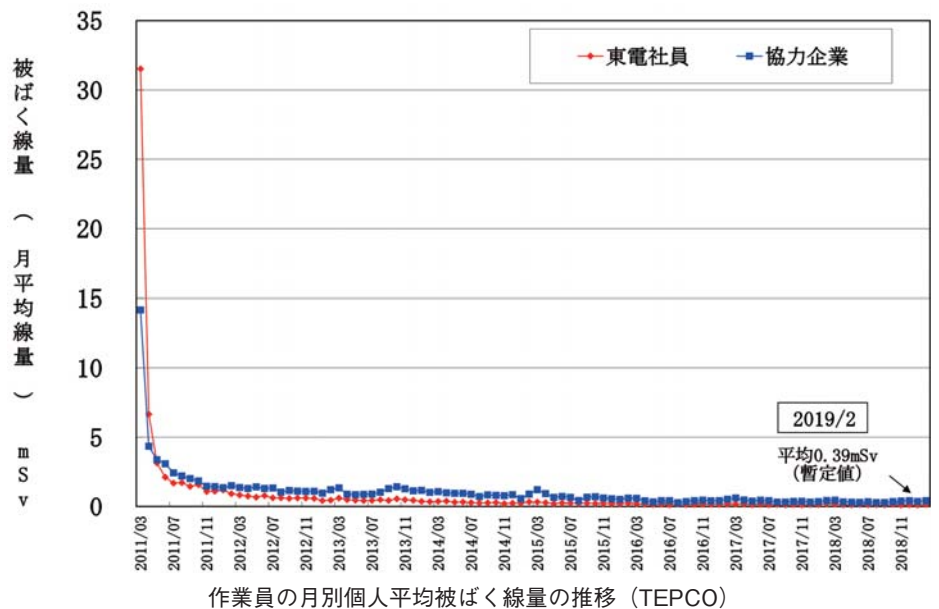
勿論、これはあくまで平均値で、原子炉建屋近くで作業している方や、ほとんど放射線を浴びない場所で作業している方もいます。平均値ではありませんが、かなり低い値での放射線管理ができています。このように、敷地の除染とか、飛散防止対策を施した結果、原子炉建屋から100mの物見台では、空間放射線量は約0.1mSv/時と高いものの、2018年5月から普通の服で、マスクも付けずに1~4号機を見ることが出来るようになりました。

もともと重装備の防護服を着けて作業していたゾーンでも、「グリーンゾーン」と呼ばれる軽い装備で作業で

きるようなゾーンに変わったところも増えました。全顔面を覆うマスクを付けるような装備ではなく、口に当てる防塵マスク、手袋、靴下を履き替えてゴム靴を履くだけの軽装備で入れる場所が、構内全体の96%になりました。これにより作業従事者の負荷がかなり減り、夏場の熱中症などもかなり軽減されました。

当編集部でも視察に際しては、防塵マスクや手袋、靴下を履き替えてゴム靴を履く軽装備で、構内を一巡させて戴きました。当然原子炉建屋の中には入れませんでしたが、汚染処理水が入っているタンク群の脇にも立つことが出来、さらには1~4号機全体が見渡せる物見台にも平服で上ることが出来ました。

東京電力では、毎年、作業員の方々にアンケートをして、要望などに対応してきたとのことです。労働環境については、作業現場の働き易さや、健康管理面の対策に90%以上の方々が評価し、いろいろな対策により、より働





物見台から1号機（左奥）、2号機（右）
軽装で展望台に立てるようになった。（説明者は東京電力の木元さん）



物見台から3号機（左）、4号機（右奥）

き易さが改善されてきたと評価されています。しかし、まだまだ、入退域管理施設までの移動手段が不便であることとか、構内の作業現場が働きにくいとの声もあり、労働環境の改善はこれからも継続的に取り組むことになります。

この作業員へのアンケートでは、「福島第一で働くことにやりがいを感じている」とする方々が77%以上、「放射線に対する不安がない」とする方々が73%以上おられ、やりがいを感じてい

る理由としては、「福島復興（使命感）」、「廃炉のため」、「もともと福一で働いている」などです。

アンケートの中には、一部の方々から「不安を感じる」（約42%）という答えもあり、その理由の一つとして、「この先の工事量が見えないため、いつまで働けるか分からない」というものです。放射線に対する不安が多いのかと思ったら、これからの仕事の継続に関するものでした。継続的に働くための作業環境作りや、今後の廃炉作業

工程に関する情報の提供など、このような身近な方々への情報の提供も重要な側面です。

勿論、放射線に関する不安もあります。そのため、作業している現場の放射線量は、休憩所のタッチパネルで見えるようにしてあるそうです。また、全くマスクをしなくても大丈夫なエリアが増えたと前述しましたが、現場では「それでも大丈夫か」という不安の声もあったそうです。装備を軽装化しても内部に汚染物質を取り込むことは無い事実も伝え、作業員にも徐々にその認識が広まってきているようです。今後も、構内で働いている方々にしっかり情報を伝えて行く必要があります。

工事のスピードが作業効率や労働環境にも影響

廃炉の工事を順調に進める上で、意思決定のスピードは重要な要素です。東京電力は社内的には「廃炉推進カンパニー」（社内カンパニー）を専門組織として設けたため、意思決定のスピード感は増したと関係者は感じているようです。ただ、廃炉に関する仕事は、規制当局の認可がないと次のステップに進めないケースが多く、認可手続きには一般的に3ヶ月かかるという状況のようです。もう少しスピードアップできると廃炉作業がより効率的に進むと思われるのですが。

この状況にも、規制当局と東京電力のそれぞれに言い分があって、東京電力が準備する資料が不十分とか、対応策がはっきりしていない状態で申請を行い、突き返されるケース、どちらもどっちというケースもあるようです。

しかし、少なくとも東京電力内では全体的にスムーズに動き始めている感があるようです。当事者としては、「事故直後から少なくとも5年ぐらいまでは、日々起こっていることに対応するのが精一杯でしたが、昨今は、ようやく計画的に仕事出来る状況になった」と話して下さいました。廃炉工事のすこし先を読むようになったというか、「リスクがどこに潜んでいるからこういう対策を取っておこう」という考え方が出来るようになってきたとも話してくれました。

解体工事の目処や技術はこれから

現時点で、原子炉建屋の解体工事までの見通しはまだついていません。

やはり一番の難関は、燃料デブリの取り出しでしょう。その対応がやっと緒に就いたばかりで、そもそも全量をどうやって取り出すのかについては、今までや今後の種々の調査の結果に基づき、検討を進める必要があります。

先の調査では、小石状のデブリは、摘んだり、吸引するなど取り出せそうですが、遠隔操作で固いものを取り出すにはなかなか対応が難しいようです。20数メートルの釣り竿のような装置の先で削る、砕くような作業をさせるには、その20メートル先の装置を支えるのは甚だ難しく、もっと大きな穴を格納容器に空けて、そこからブルドーザーのような小型の装置でデブリの取り出しを行った方が良いのかなど、方法はこれからもいろいろ考えなくてはなりません。

そういう装置を設計して作る技術はすでにあるとはいえ、難しいのは、格納容器に大きな穴を空けると、その

際の中にいるレベルの高い放射性物質が外に出てしまうリスクがあることです。その放射性物質をいかに閉じ込めたまま、装置を格納容器内に入れ、デブリを取り出すかです。放射性物質が漏れない、外に出さないようにするには、二重に開けたり閉めたりする場所が必要で、そのような工事のための設計は、今まだ十分には固まっていないとのこと。

廃棄物の最終的な保管場所は未定

廃棄物を保管する場所は、基本は敷地内です。前述の話では、廃棄物の発生量は減っていきませんが、それでも廃棄物は発生します。それを敷地外には出せません。

予測される77万 m^3 の廃棄物の内、燃やすことが出来るものは燃やし、コンクリートのような個体は、1回砕いて鉄箱にぎゅうぎゅうに詰めて保管します。そのような処理をして、10年後までは25万 m^3 の発生量にします。この量は敷地の中に収まると想定されています。その先、建屋の解体まで工程が進むと、置き場所をどう確保していくかはとても難しい課題です。

発電所の周辺地域の汚染土壌などは、敷地の外に環境省が中間貯蔵施設を作っていて、そこに集めています。それら保管にも50年という年限があり、その先どうするのか決まっておらず、結局同じ課題となっています。

建屋などの解体までは、さらに30年から40年先と考えられていますが、廃炉作業の最終的な姿をどう描くかは、まだまだ多くの方々との議論が必要で、その方々のお知恵を借りながら、一つひとつの課題を着実に解決しながら進めていくことが重要となるでしょう。

人材の確保と育成は急務

廃炉作業を長期にわたって安全・着実に進める上では、廃炉に携わる技術者や現場作業員の確保が重要です。事業者、メーカー、ゼネコンがそれぞれに計画的に仕事を用意し、それに携わる人を継続的に雇っていくこととなります。このような長期にわたる仕事は世界初で、見方を変えれば「チャレンジング」な仕事でもあります。東京電力の話では、廃炉の仕事をしたという新入社員や、就職活動中で、廃炉作業の従事に希望を持った人も一定数いるとのこと。大変な方々です。「そのような意欲をくみ上げていきたい」と東京電力の関係者は言われました。

反面、3.11以降、原子力を研究・志望する若者が減り、原子力発電関連の研究者、技術者が将来的に不足するのではとよく言われます。人材確保に不安がないのかと言えば、「不安はない」とは言えない状況です。原子力工学はすでに10、20年前から人気凋落傾向にあり、原子力工学を専攻する大学生が果たしてこれからどれぐらいいるのかは多少深刻です。「エンジニアが格好良い、エンジニアになりたい」という人がこれから増えてくれば良いのですが、最近はITなどパソコン上での仕事が人気です。

やはり原子力の仕事に対するPRと言うか、世の中に伝えていくことの重要性を認識しないと、ITなどの人気産業に優秀な人材が集まってしまうでしょう。

海外では、廃炉を仕事にしている専門の会社、人材がけっこう多いと聞きます。東京電力ではイギリスやアメリカ

カの廃炉会社とはよく情報交換をしているようです。東京電力からそのような会社に2年間の長期駐在という形で人材を派遣し、その会社で一緒に働きながら、その都度情報を交換するという対応を取っているようです。

人材問題は、今や原子力分野だけの問題ではなく、日本全体、エンジニアリング、製造業の問題でもあります。物を作る技術は、パソコン上だけで出来る仕事では決してありません。廃炉にしる、原子力発電にしる、例えば鉄板一枚作るのにも大変な技術的ノウハウの固まりです。それが失われる、引き継がれないことは大きな問題です。

ロボット・コンテストのようなことを各地の自治体で行っていて、その影響もあり、大学はもとより工業高校でもロボットの勉強がたくて入学する生徒がおります。ロボットの世界大会では、外国から若者が集まります。

ある自治体で行われたロボット・コンテストでは、阪神大震災で家族や友達をなくした子供が、「なぜ救えなかったのか、火の中でも入って行けるようなロボットがあれば」と子供心に思い、着想し、そのようなロボットを出品した人がいました。世のため、人のためになることが、一つのモチベーションになります。こういう事を大事にしなくてはなりません。

中長期にわたる廃炉作業には、次の世代を担う若い力も重要です。2016年12月に福島県楡葉町にある楡葉遠隔技術開発センターで廃炉の技術に関するロボット・コンテスト、「第一回廃炉創造ロボコン」が開催されました。以降、年に1回、これまでに3回行われています。主催は文部科学省と廃止措置人材育成高専等連携協議会で、高等専門学

校（高専）の生徒が来て廃炉作業を見据えた特殊環境でのロボット技術・性能を競っています。

この「廃炉創造ロボコン」に参加した生徒たちの感想は、「参加して良かった」が89%、「どちらでもない」が11%、「参加しなければよかった」が0%でした。また、「ロボコンを通じて福島第一廃炉へのイメージ、思いは変わりましたか」との問いに、「とても変わった」が29%、「少し変わった」が66%、「どちらでもない」が5%、「余り変わらない」「全く変わらない」の両方とも0%でした。

ロボコンに参加した生徒たちの感想として、

「短い期間ではあったが、廃炉のために何ができるかという事を真剣に考えることができ、それを実現できた。」

「廃炉の計画を自分たちで考える良い機会になった。」

「福島第一廃炉というよりは福島に

対するイメージが変わった。いわきの人は変わりなく生活していて、福島も良い所だとおもった。」

「廃炉がいかに困難なことか、実際にチャレンジしてみてもわかった。」

「廃炉という課題に触れて、良い方にイメージが変わった。」

「実際に現場で働いている人と会うのはとても良い経験になった。遠く離れた地でTVなどから得られる情報には限りがあることがわかった。」

「サマースクールでの福島第一視察は、自分が思っていた環境と違い驚いた。」

「TVで流れるマイナスだらけの情報よりよくなっていることの方が大きいと思った。」

と応えています。

若い人たちの真面目さ、感性、そして想像力、適応力を感じます。ロボット製作を通じて、エンジニアの卵である学生の課題解決能力や想像力が高め



廃炉資料館—各国訪問者の国や地域（各色のピン）

られ、今後、廃炉業を支える人材が生まれてくることにも期待ができます。

また、東京電力や協力企業が進めている廃炉作業の経験や技術開発、種々の情報提供や交換、およびそれらの

継承などについて、福島第一の廃炉作業状況を勘案しながら国際的に話し合える場を創設する必要も感じます。IAEA、WHOなど国際機関やわが国政府が中心となって、多くの国々

に呼びかけて、国際シンポジウムを開催するための準備なされることを望みます。

誰でも廃炉作業の視察が出来るのか

福島第一発電所では、現在、一般の方々の視察は受け入れていません。ただし、この地域に住んでいた住民の方々に、これから元住んでいた場所に戻ってくるに当たり、住んでいたところや発電所がどうなっているのか見たいとする住民の方々に、地元自治体の職員、福島県関係者、廃炉に関係する国の関係者、廃炉を研究している大学の先生とその学生など、関係する方々をバスで構内の案内をしているそうです。それが年間16,000～18,000人ほど。1日5～6パーティが視察されています。

メディア関係者の現場取材に対しては、東電の担当者4人で対応し、2017年は160件、2018年は190件近くありました。福島第一発電所の現状を、できるだけ多くの方々に、リアルに伝えて戴くことは大切なので、対応しているそうです。

そのように、誰しものが視察できるわけでもない、「東京電力廃炉資料館」(双葉郡富岡町)がその役割を担っています。廃炉の状況、模擬体験、疑似体験できる場所で、2018年11月末からスタートして、年中無休で入場できるようになっています。

この廃炉資料館には、日本の各地の方々はもとより、海外からも多くの方々が視察に来られて、思いを新たにされて帰られるようです。原子力発電にご関心のある方は是非視察されることをお勧めします。

(文責：編集部)



廃炉資料館—日本各地からの訪問者

航空機テロ対策が間に合わないと運転停止！

2019年4月21日のスリランカ同時爆発事件では、邦人1人を含む258人が死亡、500人以上が負傷し、この事件にもICILの支援組織が関わっていたとみられています。いま、このような大小のテロ事件が世界中で発生しています。

米国大統領の来日を皮切りに、G20など世界の要人を迎える会議開催に向けて、日本中でテロ対策が強化されていますが、原子力発電所などについても、その対策が急ピッチで進められています。福島第一事故後の2013年7月に施行された原子力規制委員会による新規制基準にも「意図的な航空機衝突への対策」として、「意図的な航空機衝突等のテロリズムにより炉心損傷が発生した場合に使用できる施設（特定安全施設）の整備」が追加要求されています。

この追加施設とは、原子炉建屋から100m以上離れた場所に「緊急時制御室」や「電源」「水源」「各種ポンプ」などを含む「特定重大事故等対処施設」（特重施設）の設置や、「可搬型設備」の分散などが要求され、それらの設置期間として、工事計画認可から5年の猶予が与えられています。追加の水源や電源、ポンプ類や可搬型の電源などの設備は、福島第一事故の教訓としての追加の津波対策として各電力会社でも進められ、それがテロ対策にも汎用できる施設となっています。

しかし、100m以上離れた「緊急時

制御室」には、当初考えられていた施設とは異なるより厳しい対策が要求されたようで、そう簡単には設置できないようです。電力会社では、当然、詳細な設計のもとに、航空機が衝突しても大丈夫な大規模な工事が必要となり、発電所によっても異なりますが、要求されている特重施設の工事に5.5年から7.5年を要すると見積っています。

運転再開している、あるいは運転再開準備中の電力会社では、規制当局に猶予期間の延長を申し入れています。規制当局は、工事計画認可から5年以内に完成しない場合には、運転再開した発電所自体の運転を停止させるとの判断（4月24日）を示しました。

原子力発電所では以前から、地上からのテロ行為に対しては、発電所の周囲にフェンスの設置や監視カメラの配備など、警備のための対策が整備されており、警備を担当する都道府県警察と陸上自衛隊との連携も図られています。また、発電所への海上からの攻撃に対しても、例えば海上保安庁と警察による連携警備も行われているなど、広範囲の警備体制が整備されています。

原子力規制委員会がテロ対策として2013年の新規制基準に盛り込んだ「意図的な航空機衝突への対策」については、2001年ニューヨークでの9.11事件を思い起こさせます。国土交通省の危機管理室では、2008年4月に航空機に対する「主なテロ対策」として、航空

機に預ける荷物、機内に持ち込む手荷物検査の厳格化、身体検査の徹底、航空機の強化型コックピットの装備義務化、「スカイマーシャル」（警察官の警乗）の運用、一定空域の飛行自粛、飛行中の航空機を最寄り空港に着陸させるためのマニュアルの作成など、警備の徹底化を図っています。

国土交通省による航空機に対するテロ対策の厳格化が継続されている一方、原子力規制委員会では、それでも航空機がテロリストたちに乗っ取られた場合を想定した対応を新規制基準に設けています。それは当然、9.11のような人口過密な大都市の政府施設や一般施設に対する航空機による自爆テロではなく、人口希薄な場所に建つ頑丈な原子力発電所に、航空機による自爆テロが行われることを想定しています。

地震、津波の発生自体は制止することはできません。しかし航空機テロは、人為的に事前に抑えることが可能で、各国で実施されています。原子力発電所へのテロの想定については、現実的な視点をも考慮して考える必要があると思われるのですが、皆さん、どう思われますか。

水道と同様に電力供給は、国民生活や産業活動にとってなくてはならない公共サービスと言えるもので、その電力の安定供給の土台となっているのが原子力発電です。また、原子力発電は化石燃料のバーゲニングパワーでもあ

り、電気料金の安定化にも重要な役割を果たしています。2016年4月から導入された電力小売業の自由化や、新規規制基準の適用での原子力発電所停止に伴う火力発電代替による燃料費の高騰で、電力会社の経営も厳しくなり、電気料金も値上げされました。原子力発

電所の運転再開を果たした電力会社では、その後に電気料金を値下げしています。

規制当局と電力会社は、立場は違っても、知恵を出し合って原子力発電所のより安全な運用をはかることが求められているはずで、発電所に対する

より厳しい要求のテロ対策を遵守するために工事が遅れ、それにより運転を止めさせることは、本来の安全運転の追求からは逸脱しているようにも思えます。規制当局のバランスを持った判断が望まれます。



わが国のプルトニウム管理状況

2018年7月31日の第27回原子力委員会定例会議において、2017年12月末のわが国のプルトニウム保有量が報告され、発表されました。

() 内数値は2016年12月末の値
(単位：kgPu)

1. 国内に保管中の分離プルトニウム量

○再処理施設

	JAEA	日本原燃(株)
硝酸プルトニウムなど [溶解後、貯蔵容器に貯蔵される前までのプルトニウム]	26 (27)	275 (276)
酸化プルトニウム [酸化プルトニウムとして貯蔵容器に貯蔵されているもの]	233 (281)	3,329 (3,329)
合 計	259 (309)	3,604 (3,604)

(JAEA：日本原子力研究開発機構)

○JAEAプルトニウム燃料加工施設

酸化プルトニウム [酸化プルトニウム貯蔵容器に貯蔵されているもの]	2,479 (2,423)
試験及び加工段階にあるプルトニウム	928 (936)
新燃料製品 [燃料体の完成品として保管されているもの]	446 (446)
合 計	3,854 (3,805)

○原子炉など

常陽<高速増殖実験炉>	134 (134)
もんじゅ<高速増殖原型炉>	282 (282)
実用発電炉	2,300 (1,597)
研究開発<臨界実験装置など>	113 (113)
合 計	2,829 (2,126)
上記合計	10,546 (9,844)

2. 海外に保管中の分離プルトニウム量 (基本的に海外でMOX燃料に加工してわが国の軽水炉で利用予定)

() 内数値は2016年12月末の値
(単位：kgPu_f；核分裂性プルトニウム量)

英国での回収分	14,226 (14,003)
仏国での回収分	10,039 (10,513)
合 計	24,265 (24,516)

3. 分離プルトニウムの使用状況

(2017年分) (単位：kgPu)

○酸化プルトニウム回収量

JAEA 再処理施設	0 (244)
日本原燃(株)再処理施設	1 (0)
合 計	1 (244)

○燃料加工工程での使用量

もんじゅ・常陽等	0 (0)
----------	----------

○原子炉施設装荷量

原子炉施設	0 (904)
-------	------------

国際原子力機関 (IAEA) により公表されている各国のプルトニウム保有量は以下の通りです。

(対象：民生用プルトニウム、不要となった軍用プルトニウム)

(2016年末現在)
(単位：トンPu)

	使用前 プルトニウム	使用済燃料中の プルトニウム
米国	49.4	668
ロシア	57.2	155
英国	133.5	29
仏国	81.7	287.8
中国	(40.9kg)	(報告対象外) ^{*1}
日本	9.8	164
ドイツ	0.5	118.7
ベルギー	(50kg 未満)	41
スイス	(2kg 未満)	20

注1) 上記はそれぞれ自国内にある量。

*1: 中国は、使用前プルトニウム量についてのみ公表する旨表明。

原子力発電所運転状況（新規制基準審査状況）

2019/3/31 現在

電力会社	発電所	炉型	出力 万kW	新規制基準審査			再稼働日	廃止	
				申請日	状況	終了日		決定日 ^{*1}	届出日 ^{*2}
北海道電力	泊1	PWR	57.9	2013/7/8	審査中				
	泊2	PWR	57.9	2013/7/8	審査中				
	泊3	PWR	91.2	2013/7/8	審査中				
東北電力	女川1	BWR	52.4					2018/10/25	
	女川2	BWR	82.5	2013/12/27	審査中				
	女川3	BWR	82.5						
	東通1	BWR	110.0	2014/6/10	審査中				
東京電力	福島第一-1	BWR	46.0					(事故)	2012/4/19
	福島第一-2	BWR	78.4					(事故)	2012/4/19
	福島第一-3	BWR	78.4					(事故)	2012/4/19
	福島第一-4	BWR	78.4					(事故)	2012/4/19
	福島第一-5	BWR	78.4					2013/12/18	2014/1/31
	福島第一-6	BWR	110.0					2013/12/18	2014/1/31
	福島第二-1	BWR	110.0					(2018/6/14東 電が廃炉検 討を知事に 表明)	
	福島第二-2	BWR	110.0						
	福島第二-3	BWR	110.0						
	福島第二-4	BWR	110.0						
	柏崎刈羽1	BWR	110.0						
	柏崎刈羽2	BWR	110.0						
	柏崎刈羽3	BWR	110.0						
	柏崎刈羽4	BWR	110.0						
	柏崎刈羽5	BWR	110.0						
	柏崎刈羽6	ABWR	135.6	2013/9/27		2017/12/27			
柏崎刈羽7	ABWR	135.6	2013/9/27		2017/12/27				
東通1(建設中)	ABWR	138.5							
中部電力	浜岡1	BWR	54.0					2008/12/22	2009/1/30
	浜岡2	BWR	84.0					2008/12/22	2009/1/30
	浜岡3	BWR	110.0	2015/6/16	審査中				
	浜岡4	BWR	113.7	2014/2/14	審査中				
	浜岡5	ABWR	138.0						
北陸電力	志賀1	BWR	54.0						
	志賀2	ABWR	120.6	2014/8/12	審査中				
関西電力	美浜1	PWR	34.0					2015/3/17	2015/4/27
	美浜2	PWR	50.0					2015/3/17	2015/4/27
	美浜3	PWR	82.6	2015/3/17		2016/10/5			
	高浜1	PWR	82.6	2015/3/17		2016/4/20			
	高浜2	PWR	82.6	2015/3/17		2016/4/20			
	高浜3	PWR	87.0	2013/7/8		2015/2/12	2016/1/29		
	高浜4	PWR	87.0	2013/7/8		2015/2/12	2016/2/26		
	大飯1	PWR	117.5					2017/12/22	2018/3/1
	大飯2	PWR	117.5					2017/12/22	2018/3/1
	大飯3	PWR	118.0	2013/7/8		2017/5/24	2018/3/14		
大飯4	PWR	118.0	2013/7/8		2017/5/24	2018/5/9			
中国電力	島根1	BWR	46.0					2015/3/18	2015/4/30
	島根2	BWR	82.0	2013/12/25	審査中				
	島根3(建設中)	ABWR	137.3	2018/8/10	審査中				
四国電力	伊方1	PWR	56.6					2016/3/25	2016/5/10
	伊方2	PWR	56.6					2018/3/27	
	伊方3	PWR	89.0	2013/7/8		2015/7/15	2016/8/12		
九州電力	玄海1	PWR	55.9					2015/3/18	2015/4/27
	玄海2	PWR	55.9					2019/2/13	
	玄海3	PWR	118.0	2013/7/12		2017/1/18	2018/3/23		
	玄海4	PWR	118.0	2013/7/12		2017/1/18	2018/6/16		
	川内1	PWR	89.0	2013/7/8		2014/9/10	2015/8/11		
	川内2	PWR	89.0	2013/7/8		2014/9/10	2015/10/15		
日本原子力発電	東海	GCR	16.6						1998/3/31
	東海第二	BWR	110.0	2014/5/20		2018/9/26			
	敦賀1	BWR	35.7					2015/3/17	2015/4/27
	敦賀2	PWR	116.0	2015/11/5	審査中				
電源開発	大間(建設中)	ABWR	138.3	2014/12/16	審査中				

審査中
 審査終了(運転許可日)
 原子炉再稼働
 廃止(閉鎖)

^{*1}: 電力会社決定日
^{*2}: 電気事業法第9条第1項届出日

審査申請	27基	16発電所	内建設中2基
審査中	12基	8発電所	内建設中2基
審査終了	15基	8発電所	
内運転再開	9基	5発電所	
未申請	9基	5発電所	内建設中1基
廃止(閉鎖)	24基	11発電所	(福島第二を含む)

(電気事業法 第九条第一項：一般送配電事業者は、第六条第二項第五号に掲げる事項について経済産業省令で定める重要な変更をしようとするときは、経済産業大臣に届け出なければならない。)

発行日/2019年6月11日

発行人/津島 雄二

一般社団法人 原子燃料政策研究会

〒102-0083 東京都千代田区麴町4丁目3番地4
宮ビル8階

TEL 03 (3239) 2091

FAX 03 (3239) 2097

ホームページ <http://www.cnfc.or.jp>

e-mail forpeople@cnfc.or.jp

代表理事 (会長代行)

津島 雄二 元衆議院議員

理事 (五十音順)

江渡 聡徳 衆議院議員

木村 次郎 衆議院議員

津島 淳 衆議院議員

鳥井 弘之 元東京工業大学教授

森本 敏 拓殖大学総長

山本 有二 衆議院議員

渡辺 周 衆議院議員

監事

浅野 修一 公認会計士

下山 俊次 元核物質管理学会・

日本支部会長

デザイン・印刷/キュービシステム株式会社

Jヴィレッジ・サッカーフィールド再開

1997年に日本サッカー界初のナショナルトレーニングセンターとして開設された日本最大規模のJヴィレッジは、今年、2019年4月20日に8年ぶりに全面営業を再開しました。Jヴィレッジは、福島県浜通りの広野町と楡葉町にまたがり、サッカーの練習ばかりでなく、ラグビー、アメリカンフットボール、バスケットボール、バレーボールなどの合宿もでき、閉鎖以前の2011年3月までには、のべ約100万人のスポーツ選手に利用されてきました。

2011年3月11日の福島第一原子力発電所事故により、同年3月15日より2013年6月30日まで、国による原発事故対応拠点となっていました。しかし、「震災前よりもさらに魅力的なトレーニングセンター」を目指して、「Jヴィレッジ復興プロジェクト」が始動し、2018年7月28日には3,000人を収容できるスタジアム・練習グラウンド6面・新しい宿泊棟が部分的に再開され、同9月8日には新施設である全天候型練習場の利用などが始まり、今年の4月20日には、フィットネスクラブなども含めて全面的に各施設が利用できるようになりました。併設さ



Jヴィレッジ：大震災以来、政府と東京電力の事故収束対応拠点であったが、2019年4月20日に再グランドオープン

れているホテルの窓からたくさんのサッカー・グラウンドを見渡すだけでも心が晴れ晴れし、ましてグラウンドで練習している選手を見つけると、思わず顔がほころんでしまいます。

2019年4月20日のJヴィレッジの全面営業再開に併せて、東日本旅客鉄道(JR東日本)は、同日、常磐線の「広野駅」と「木戸駅」の間に、イベントなどの時に列車が止まる臨時駅として「Jヴィレッジ駅」を開業しました。この駅が、「臨時駅」ではなく、1日も早く常時電車が利用できる駅となることを願っています。

(編集部)

編集後記

◆ 宇宙物理学者にとっては、創世記から未来永劫まで宇宙を一つの理論で統一したい、シンプルで美しい方程式で表現したいというのが最終命題であるようです。現在は、一般相対論、量子力学、力の大統一論、超弦理論などなどがあり、宇宙総体を理論化することが試みられましたが、それらは部分理論でしか過ぎませんでした。これら理論を含め、あらゆる事象に矛盾のない統一理論を生み出すことが宇宙物理学者の研究目標であり、宇宙のように果てのない研究のようにも思えます。

◆ 宇宙物理学者の最終命題とは、一般的な表現では「神様を見たい」「神様を人間的に表現したい」ということでしょうか。ある時の大人と子供との会話で、大人が「神様は見る事が出来ないんだ」と言ったら、子供が「見せてあげるよ」と言って画用紙

に神様の絵を描いたそうです。所詮大人は子供の成れの果てでしょうか、子供の気持ちを持ち続けている大人もいるのですが。

◆ 宇宙物理学では、「はじめ」の混沌状態とは、エネルギーと、粒子と反粒子の対生成が混在している状態のようです。それがある時、素粒子のクォークやレプトンを生み、陽子や中性子、電子やニュートリノ、ミューオンを構成し、他の素粒子の働きをもあって、原子を生成します。さらに原子同士の核融合反応や核分裂反応、核崩壊反応を経て、星や銀河、そして今に至るわけです。なぜ「はじめ」からエネルギーがあったのかは不明ですが、広い意味で原子力が宇宙を創成する原動力となった反応と言えます。今の原子力についても、原子力発電ばかりでなく、宇宙全体の反応であることも考えてほしいものです。



ASIA