



福島第1原発事故から4年 その真相と課題を探る

神戸凌霜午餐会

2015年3月11日

小石原健介

事故発生から13日後(2011年3月24日)、大破した3号機原子炉建屋

1. 原発事故から4年を経た現状

福島第1原発事故から4年を経過し、2年前の安倍政権発足時、16万人いた原発避難者は、今も12万人にのぼる。チェルノブイリ原発事故とならぶ史上例を見ない最悪の事故を起こした日本。原発を継続すべきか、廃止すべきか、あるいは長期的に縮小の方向にもつてゆくべきか、についての真剣な議論や国民的な合意のないまま、政府は2014年4月11日、国のエネルギー政策を示す「エネルギー基本計画」を閣議決定。安倍政権は、民主党政権が打ち出した2030年代の「原発稼働ゼロ」方針を撤回し、原発回帰に向け大きく舵を切ることを宣言した。この方針を進めるためには、まず、今回の事故の真の原因とその背後にある抜本的な問題の解明と解消がなければなりません。

2011年3月20日、無人の航空機が撮影した福島第一原発、右端の建物の骨組みがむきだしになった建物が1号機原子炉建屋、左側建屋は爆発を免れた2号機原子炉建屋。

新たな「安全神話」を生む新規制基準

原子力規制委員会は2013年7月3日、新しい規制基準を「考え得る対策をすべて織り込んだ、国際的に見ても最高水準のこれ以上ない対策」として公表した。政府はこれを受けて世界一厳しい、かつ安全な規制基準のキャッチフレーズのもとにこれに適合すれば、すべての原発について再稼働をさせる方針で新たな「安全神話」を生もうとしている。この新たな規制基準で強化されたのは主に設計基準の内容でハード面の対策であり、事故の教訓としての人や組織に関わるソフト面の強化見直しは殆どなされていない。さらに、複数の原発が同時に事故を起こせば、国の存続さえ揺るがしかねない集中立地のリスクについてどう考えるのか。また、原則40年の運転期間を延長するための特別点検により規制委員会が認めれば最長60年の運転を容認。テロ防止のための身元確認の義務化の見送り。重大な誤りのある「全電源喪失」に関する安全指針の見直し、等々もなされていない。こうした新規制基準の不完全な箇所については規制委員会に委ねるには重すぎるテーマであり、政府全体で正面から真剣に取り組まなければならない。

「人災」としての事故の直視

事故を簡単に想定外の地震と津波による「自然災害」として封印し、何人も事故の責任を追及されない。なぜ「人災」としての事故を直視しないのか。これでは原発が日本の禍機となることを否定できません。

2.事故の真の原因

今回の原発事故は、原発の運転管理責任者である東電が本来やるべき苛酷事故や全電源喪失への備えを怠っていなければ100%防げた事故です。それでは、なぜこうした事態が起きたのか、これは東電が近代社会ではあり得ない原発の「安全神話」を信奉し、事故を起こした原発では40年間、自然災害への備えが全くなされておらず、事故は人間の奢りが招いた人災です。これまで東電は、津波による苛酷事故を想定せず、それに備えて設備を改善せず、苛酷事故が起きる可能性や安全対策の不備を訴えるさまざまな提案、意見具申に対し、ことごとく反対意見を表明し一蹴してきました。事故はまさに起こるべくして起きた事故です。

具体的には全電源喪失はあり得ないとの認識に立って、「直流電源を含む全電源喪失」という事態への備えがなされていなかった。また原発敷地内には、電源喪失時に必要な可搬式バッテリーの配置、長時間使用するための電源車並びに可搬式充電器、電源ケーブル、コンプレッサーなどの資機材の備蓄も行われていなかった。さらにIC(非常用復水器)についての教育と訓練の不足などがあげられる。

3号機原子炉建屋の水素爆発から約10秒後の福島第一原発をとらえたもの。爆発からおおよそ17キロメートルの地点から撮影された。右側に立ち昇っているのが爆発による噴煙 画像は福島中央テレビが撮影 2011年3月14日11:01

事故の原因は、明らかで想定外の地震と津波による「自然災害」ではありません。原因は苛酷事故への備えを怠ったことで、直接の原因は電源復旧の遅れによるものです。1～6号機すべての外部電源の供給を受け始めたのは事故から実に11日経った3月22日からです。そしてすべての中央制御室の照明がついたのは29日でした。

ここで見逃してはならない点は、唯一6号機用の非常用発電機1基が空冷式で海拔13.2メートルの高所に設置されていたため生き残り、5号機にも電力を融通し5号機、6号機の原子炉の冷温停止を実現しています。この事実から、もし、非常用発電設備の空冷化、設置場所の移転ならびに外部電源の多重化がなされておれば今回の事故は確実に防ぐことができたことを立証しています。

同じ東日本大震災の地震と津波に襲われながら、なぜ福島第1原発のみが世界最悪の事故を起こしたのか。他の原発と、どこが違っていたのか、福島第2原発、女川原発、東海第2原発ではいずれも事故から2～3日後に外部電源を復旧し冷温停止作業がなされています。

ブローアウト
1号機原子炉建屋の水素爆発 3月12日15:36が脱落

3. 事故の責任

2011年3月20日、全ての交流電源喪失し核燃料の冷却が出来なくなった原発

検察による不起訴処分

検察は被災者1万5千人や市民団体による告訴・告発に対し2013年9月9日、「東日本大震災と同規模の地震や津波は、専門家の中で全く想定されなかった、東電の津波対策は不十分とは言えないと結論付け、刑事責任は誰にも問えないと判断し」東電幹部や政府関係者42人全員を不起訴処分としました。原発事故の被害総額は11兆を超える、とされています。事故を「自然災害」として封印する、この検察の決定は国際的な司法判断に照らしても妥当と言えるのか。

タイム誌では次のように述べています。「世界で最も地震活動の活発な国の太平洋岸沿いに原発を建設する場合には、十分な対策をとるはずだ、にもかかわらず、東電の災害対策や事故後のコーディネーションは酷いものだった。津波によって起こりうる浸水について政府と電力会社の共同研究結果は無視された。この事故では多くの人為的なミスがあったにもかかわらず、誰も刑務所に入った者はおらず、誰も責任を執っていない。関係者は皆あらぬ方を向いている。何も変わっていない。」

東電株主代表訴訟

東電の重大な過失について、どこからも責任を追及をされていない。唯一現在、東電株主代表訴訟で事故当時の会長、社長はじめ東電の現・元取締役27人が任務を怠ったとして連帯してその損害を賠償するよう賠償請求額は5兆5045億を請求する訴訟をおこしている。

4. 海外メディアが伝える事故の真相と 政府、東電の対応への批判

特に2013年9月7日、ブエノスアイレスで開催された国際オリンピック委員会総会での安倍首相の英語でのプレゼンテーション冒頭での「Some may have concern about Fukushima. Let me assure you the situation is under control. It has never done and will never do any damage to Tokyo.」

の発言は「世界に誤解と不信を拡散させた」と言われている。以来、その真偽について調査をするため海外の有力メディアは直接現地へ足を運び関係者や地元住民から生の声の取材を行い、誤った情報を世界に発信した国として日本政府や東電の対応への厳しい批判を行っています。これに対し残念ながら日本のメディアは政府大本営発表と東電広報を垂れ流しているだけです。国内では得難い海外メディアが伝える情報はタイム誌の特集記事「Facing the Fallout」やニューズウィークの特集記事「汚染水の真相」で報道されています。またドイツ国営TVが放送した「福島の実相」の番組では現地で取材した事故の実相を伝える生々しい映像がYouTubeで世界中に流れています。

FEATURES (特集) Facing the Fallout TIME VOL.184 Sept 1 2014

事故から3年半たった今でも福島第一原発は未だ危機 (crisis)の真ただ中にある(タイム誌Sept 1 2014)

Three and a half years after the most devastating nuclear accident in a generation , Fukushima Daiichi is still in crisis.

毎日約6,000人の作業員が事故の拡大を防ぐために放射線防護服を着て苦闘しているが、それで炉心から高い放射線のせいで原子炉には十分近づけないので、炉の破壊の全容さ把握できない損傷した原子炉を通過して放射能に汚染された水を貯蔵するために、巨大なタンクを2日半ごとに1基設置している。現場では1,300基ほどのタンクが林立している間を通り抜けたが、これらのタンクは1基で、1,000トンの放射能汚染水を貯蔵している。汚染水の漏れが現場を悩ませている。2月に安全とされる放射能レベルの数百倍高い汚染水が太平洋岸に近い貯蔵タンクから漏れ出したが、東電は漏れた水が太平洋に流れ出した可能性は低いと言っているが定かでない。問題は次に大きな地震が来た時どうなるか、である。

THE WORLD'S MOST DANGEROUS ROOM

人間が作った危機 (タイム誌 Sept 12014)

Japan is perhaps the world's most collectivist society. But what happens when that collective trust is so fundamentally breached? Fukushima was not just an epic natural disaster in a nation long conditioned to frequent betrayals by land and sea. It was also a man made crisis, born of political hubris, corporate dereliction and an instinct to obscure Japan's ugliest elements that remains unchanged to this day.

日本は多分世界で最も集団的な社会である。しかし、その集団の信頼が根本から崩れた時、何が起こるのか？福島の問題は頻発する陸地や海の自然災害をずっと経験してきた民族にとっては、単なる自然災害ではない。それは、政治的な自己過信、企業の怠慢、そして日本の社会に今日まで変わらずに残っている、最も醜い要素を隠そうとする本能が作り上げた。いわば「人間が作り上げた危機」でもある。

時計は4時8分ごろを指している、地震直後の津波が襲ってきて、原子炉が停止した時のままで全く手付かで3年半が過ぎたことを示している。

The abandoned control room for Reactors 1 and 2, both of which overheated and suffered meltdowns

これからの課題

この人災がもたらした結果として、現在福島第1原発では、これから半世紀にわたる事故の後始末としての廃炉作業への取り組みがはじまっています。山積する課題としては次のとおりですが、いずれも極めて困難な課題です。

- 汚染水問題の深刻化、今も残る放射線物質とふえつづける汚染水
- 核燃料の移送
- 除染はどこまで進んだか
- いまだに不明な原子炉内部の状態
- 困難な廃炉への道と再稼働
- 人材育成や組織に関わるソフト面の強化と作業員の確保
- エネルギー問題
- トルコへの原発輸出
- 核燃料の最終処分地

1号機の原子炉建屋を海岸線に沿って割、中の原子炉を海側から見ている。

5. 汚染水問題の深刻化

汚染水問題については汚染水の一部が太平洋に流れ、高濃度汚染水を貯めたタンクのあちこちの隙間から漏れ出すなど、汚染水の専門外の東電は翻弄され続けてきた。2014年7月現場を視察した国際原子力機関（IAEA）は汚染水問題に深い憂慮を表明、東電に任せきりにせず、政府を交えた総力戦で国際プロジェクトを完遂しなければならないと助言している。

国が関与してはじめて汚染水対策の切り札としての凍土壁

税金約320億円を投じた凍土壁は1～4号機周辺の土壌を長さ約1,500メートルにわたって凍らせて取り囲む凍土方式の遮水壁を設け、汚染水した区域の地下水を水の壁で囲えば、地下水が外から流入して放射性物質と混じり、新たな汚染水が増える現状を打開せき、さらに汚染水が海側に流れ出るのを防ぐ効果も見込まれる。これが凍土壁の目的です。これは1メートルおきにチカ30メートルまで差し込む凍結管を全部で1,500本。これだけの規模の壁は世界でも前例がない。

汚染水は2011年3月から流出していた。東電発表は4月2日以降としているが、実は3月26日頃から防波堤外の放射線物質の濃度が急増していた

汚染水対策の基本方針と具体的方法の例

1. 汚染源を取り除く
 - トレンチ（地下のトンネル）からの汚染水のくみ上げ
 - ALPS（67ページ参照）による汚染水の浄化
2. 汚染源に水を近づけない
 - 建屋の山側の地下水のくみ上げ
 - 陸側遮水壁（凍土方式）の設置
 - 地面を舗装し、雨水の染みこみを防止
3. 汚染水をもらさない
 - 海側遮水壁（鋼管）の設置と埋め立て
 - 汚染水貯蔵タンクのパトロール強化

凍土壁の工事状況

2014年6月2日に凍土壁の工事を始めたが、建設ルートに地下坑道(トレンチ)があり、そこに溜っている高濃度汚染水を抜かないと工事ができない。また約1500本の凍結管のうち、1割以上の約170本が地下の埋蔵物とぶつかることが分かる。タービン建屋とトンネルの接合部近くに凍結液を循環させて氷の壁を造るはずだったが、数ヶ月経っても凍らない。これは建屋とトンネルの間で汚染水の行ききの流れがあり凍結しない。さらに2014年11月、高濃度汚染水対策として建屋海側にある坑道とタービン建屋との接続部分で止水工事を終えたが効果が上がらない。建屋からの汚染水や地下水がどこかで流入している可能性が高く、新たな問題に直面している。

凍土壁

くみ上げ用の井戸

1号機

2号機

An aerial photograph of a large industrial site, likely a nuclear power plant's storage area. The site is filled with hundreds of large, cylindrical storage tanks, some of which are arranged in neat rows. The tanks are of various colors, including white, blue, and green. The surrounding area includes roads, some buildings, and patches of greenery. The overall scene depicts a complex and densely packed industrial facility.

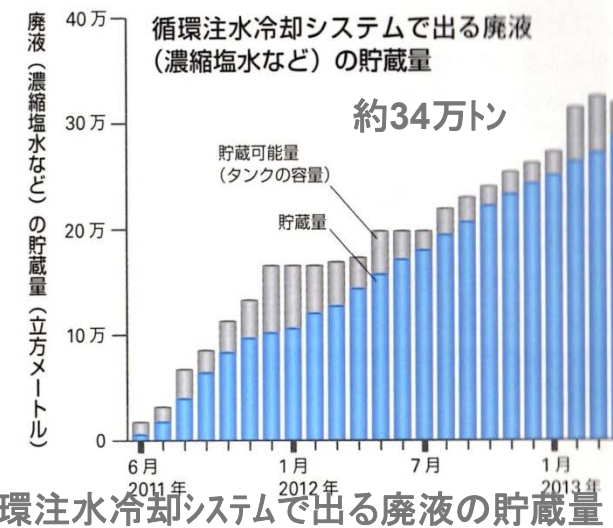
敷地の西側に立ち並ぶタンク、その数、約1,000基

毎日400トン増え続ける汚染水を片っ端から急ごしらえのタンクに貯蔵しているが、タンクには不具合が発生、鉄板をボルトでつないで造ったタンクからあちこち隙間が開き、汚染水が土壤に漏れ出している。また整地が不十分なままタンクを傾いた場所では、誤って汚染水を満タンまで注水すると天板からあふれだすトラブルやタンク同士をつなぐバルブの開閉を誤り、汚染水が土壤に流出するなどの今後もリスクと隣り合わせの状況が続く。

地下水による汚染水問題の解決策として空堀によるバイパス

原発敷地全体が既に汚染されているので原子炉建屋とタービン建屋を囲んでも効果がない。凍土壁に比べ格段に安価な原発の敷地境界線上に空堀を掘って、原発敷地内へ流入してくる汚染されていない地下水を、原発敷地をバイパスさせてそのまま海へ流す案。この最も有効と思われる案は早い時期に複数の識者から提案されたがなぜか採用されなかった。

森が切り開かれてタンク置き場になった。2013年8月26日の撮影。貯蔵タンクは、円筒形、角型、横置の3種類が使われている。



新型浄化装置「ALPS(アルプス)」の稼働

浄化装置ALPSは切り札になるか

原子力規制委員会は2014年8月、放射性物質を除去する設備「ALPS」の増設を許可した。稼働すれば1日の最大処理量はこれまでの倍の約1500トンになる見通し。対策の切り札として2013年秋から本格的に稼働した東芝製の浄化装置で汚染水に含まれる63種の放射性物質からトリチウム以外の62種類を取り除き、フル稼働すれば1日750トン进行浄化できる能力を持つ。ところがトラブル続きで期待どおりの能力を発揮していない。「14年度中に浄化を完了させます」と一昨年、東電社長が安倍首相に誓った浄化に必要な汚染水は約36万トンにのぼる。このほかに、国が費用を出す(150億円)改良型の「ALPS」も導入される予定。すべてが稼働すれば処理量は最大で1日約2千トンになると期待されているが現状では目標達成は難しい見通し。

6. 核燃料の移送

1~4号機の使用済み核燃料は、地震や水素爆発で壊れた建屋の使用済み核燃料プールの中で冷却が続けられてきたが、再び大きな地震が起きるなどして設備が壊れる可能性が懸念されている。長期に保管を考えると、ほかの安定的に冷却できる設備に核燃料を移す方が安全である。そこで、4号機の使用済み核燃料を4号機原子炉建屋の向かいにある共用プール建屋に移動させることが決まり2013年11月18日から移送作業が開始され、使用済み、未使用の燃料合わせて1,535体の運び出しを完了した。引き続き1,2,3号機用燃料プールからの運び出し作業を行う予定。

4号機は大震災発生時に運転停止中で、使用済み燃料、未使用の燃料を合わせて1,535体の燃料集合体が燃料プールに保管されていた。震災発生直後にプールの冷却装置が止まり、燃料がむき出しになって放射性物質が大量放出する恐れがあった。

移送の経路

使用済み核燃料プー

燃料のより安定した保管場所への移動で廃炉作業の最も重要な工程の一つで4号機は建屋の汚染が低く廃炉作業が最も進んでいる。

今回の事故最大の危機脱却 4号機燃料プールへ給水



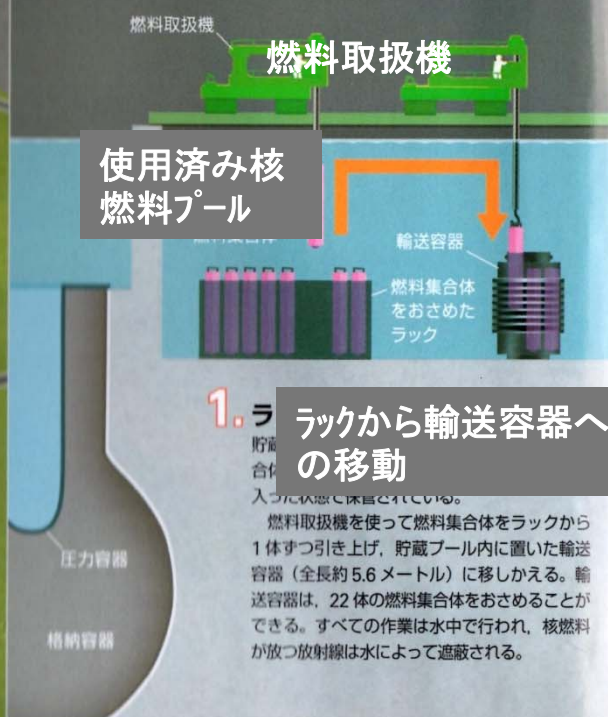
4号機燃料プールに水を足すため、約60メートルの高さから放水できる特殊なコンクリートポンプ車が投入された2011年3月22日

アメリカが最も懸念していた4号炉燃料棒プールの冷却について、当時どうしてよいか全く目処が立っていなかった。ところが3号炉の原子炉建屋の水素爆発でたまたま誤って3号機のベントガスの排気管が4号機の排気管と合流していたため3号機で水素を含むベントガスが4号機に逆流し、休止中の4号炉原子炉建屋が水素爆発を起こし建屋の天井が吹き飛んだため、燃料プールへの注水が建屋の上からの放水により可能となったことです。もしこれがなければ今回の事故はチェルノブイリの5倍の放射線物質の放出、首都機能は失われパニックとなった日本は最悪の事態を招いていたでしょう。

4号機の燃料プールには当時1535体の燃料棒が保管されていました。1号機、3号機の燃料プールにはそれぞれ392体、566体の燃料棒が保管されていましたが、この数字からみても4号炉燃料プールの冷却が出来なくなれば想像を絶する惨事となっていたと思われる。

4号機原子炉建屋カバー内
4号機原子炉建屋カバー内

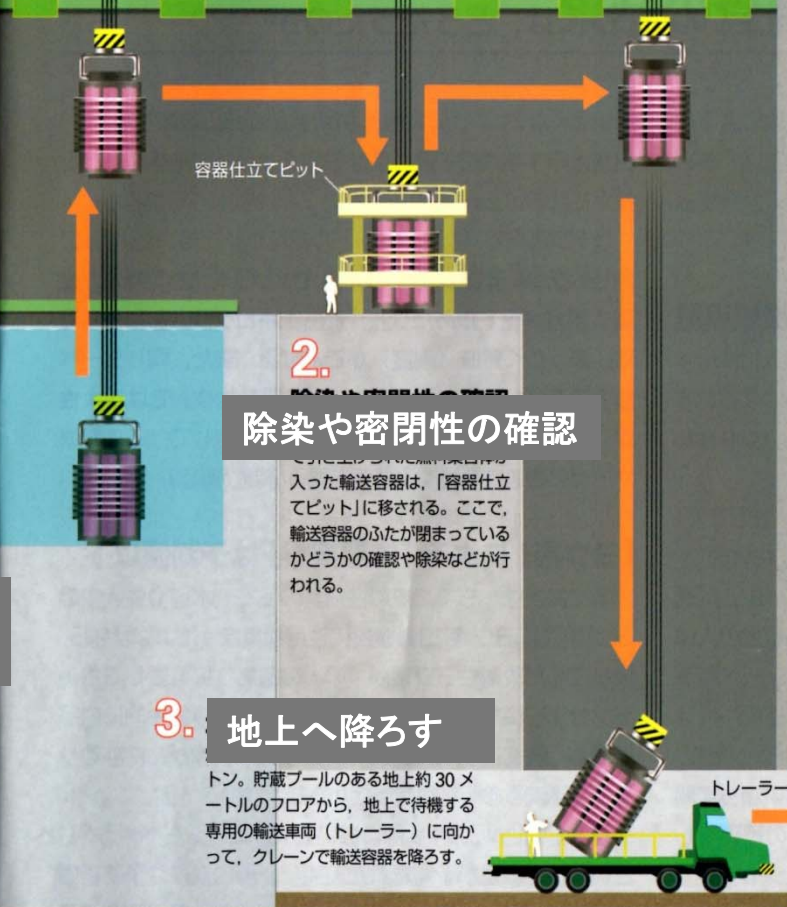
より安定した保管場所へと移動



1. ラックから輸送容器への移動

燃料取扱機を使って燃料集集体をラックから1体ずつ引き上げ、貯蔵プール内に置いた輸送容器（全長約5.6メートル）に移しかえる。輸送容器は、22体の燃料集集体をおさめることができる。すべての作業は水中で行われ、核燃料が放射線は水によって遮蔽される。

核燃料の移送



2. 除染や密閉性の確認

入った輸送容器は、「容器仕立てピット」に移される。ここで、輸送容器のふたが閉まっているかどうかの確認や除染などが行われる。

3. 地上へ降ろす

トン。貯蔵プールのある地上約30メートルのフロアから、地上で待機する専用の輸送車両（トレーラー）に向かって、クレーンで輸送容器を降ろす。

4. 共用プールへ移

4号機原子炉建屋を出発する輸送車は、敷地内を100メートルほど移動し、共用プールに到着する。燃料集集体先である共用プールは、2階にある。共用プール4号機の貯蔵プールで行もとの逆の手順で、燃料がラックにおさめられる

共用プールへ移送

共用プール建屋

より安定した保管場所へと移動

4号機原子炉建屋の使用済み核燃料プール内にあった核燃料は、道路をはさんだ向いにある共用プール建屋へと移送される（右のイラスト）。移送の手順をまとめたのが、上のイラストだ。

水素爆発のときに使用済み核燃料プールに入りこんだがれきによる燃料集集体の損傷や、移送中の輸送容器の落下が懸念されていたが、これまでのところ目立ったトラブルは報告されていない。なお、燃

共用プール建屋

共用プール建屋

4号機

3号機

3号機

7. 除染はどこまで進んだのか

「除染」とは、汚染すなわち放射性物質を除去したり、汚染場所を土でおおったりすることをさす。2012年2月28日までに、計111の市町村が2種類の除染対象地域に分けて指定された。事故発生後に避難指示が出された福島第一原発から20キロメートル圏内の地域および事故後1年間の被曝線量が20ミリシーベルトを超えると推定された地域を合わせた「除染特別地域」と、空間線量率が毎時0.23マイクロシーベルト以上となる区域を含む「汚染状況重点調査地域」である。

いずれの地域も「追加の被曝線量の減少」という基本的な目標は共通している。具体的には、年間20ミリシーベルト未満のところでは「長期的には年間1ミリシーベルト以下」、年間20ミリ以上のところでは「20ミリ未満」となることを目標に除染計画が策定され、進行中だ。除染の作業は100近い市町村で続けられている。

途中段階の仮置き場 除染作業には、土や廃棄物などを詰めた化学繊維製の“袋”の一時的な保管場所が必要。積み上げるなどしたのち、防水性のシートでおおい、雨水などにさらされないように仕上げる。最終的な処分場所は決まっていない。

除染特別区域の進捗状況

除染特別地域の進捗状況

- 未着手
- 進行中
- 完了と公表
- 計画未策定
- 計画対象外 (帰還困難区域)

- 未着手
- 進行中
- 完了と公表
- 計画未策定
- 計画対象外 (帰還困難区域)

汚染状況重点調査地域の進捗状況

- 進行中
- 完了と公表

福島第一原発から半径20km圏

福島第1原発

「除染特別地域」は、福島第一原発から20km圏内および事故後1年間の被曝線量が20mSvをこえると推定された、福島県東部の11市町村(の一部区域)。国が実施を担当し、田村市は2013年6月に計画を終了したという。なお、双葉町は大部分が帰還困難区域(年間50mSv以上かつ、少なくとも5年間は20mSv未満にならないおそれ)で、計画を策定できていない。

「汚染状況重点調査地域」は空間線量率が毎時0.23μSv以上となる区域を含み、千葉県から岩手県にわたる。主に各市町村が実施を担当しており、指定された104市町村のうち94市町村(の一部区域)で除染計画が策定された。群馬県の東吾妻町、茨城県の稲敷市・鹿嶋市・ひたちなか市・常陸太田市市の5市町で計画にもとづく除染措置が完了したと公表されている。

福島県の南相馬市、川俣町、田村市、川内村には、除染特別地域と汚染状況重点調査地域の両方がある。

環境省除染情報サイト

注：環境省 除染情報サイト (<http://josen.env.go.jp/>) の「除染進捗マップ」を参考に編集部で作成

8. いまだに不明な原子炉内部の状態

1～4号機の原子炉内で溶け落ちた核燃料のくわしい状態は、いまだに不明。原子炉に注入した水が、高濃度汚染水となって建屋の地下にたまる状況は、今もかわっていない。2014年1月現在も、約9万トンの高濃度汚染水が、原子炉建屋やタービン建屋の地下にたまっている。今後、1～3号機の原子炉で溶け落ちた核燃料の状態を調べて、それを取り出す方法を検討するための研究開発がおこなわれる。5号機と6号機は、それらの研究開発のための実物大の実証試験(モックアップ試験)に利用される予定。なお、5号機の原子炉は1～3号機と同じタイプの原子炉(マーク1型)である。

溶けた核燃料は、配管などの内部構造物の間を流れ、一部を溶かし、渾然一体となって圧力容器の下部にたまった。その後、溶けた核燃料は、制御棒案内管を溶かして圧力容器の一部を破り、格納容器の下に流れおちたと推定される。

9. 困難な廃炉への道

「廃炉」とは、本来使用済み核燃料を運びだしたあとに残された、放射線物質を含む機器やコンクリートを、安全に管理できる環境下に置くことをいう。しかし、炉心溶融事故(メルトダウン)を起こした原子炉では、まず、溶け落ちて固まった「燃料デブリ」を取りだし、放射線を遮断できる容器に閉じ込める必要がある。福島第一原発事故以前に、メルトダウンを起こした事故には、1979年のスリーマイル島原発事故(アメリカ、ペンシルバニア州)、1986年のチェルノブイリ原発事故(当時ソビエト連邦、現ウクライナ)がある。これらの事故では、燃料デブリはどのように処理されたのだろうか。

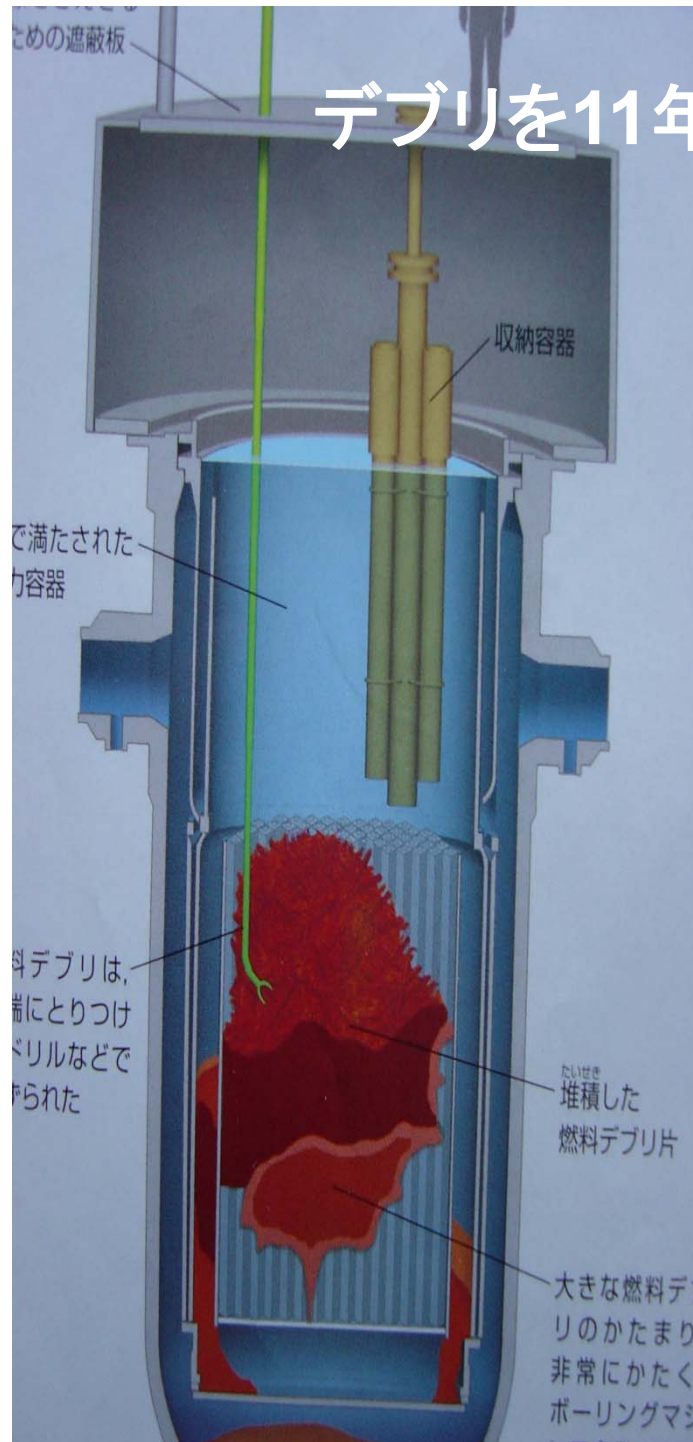
現時点では、東電は、燃料デブリを取りだす方法として、スリーマイル島原発事故と同様に「冠水工法」を選んでいる。ただしその工法には、スリーマイルにはなかった課題が山積している。まず、格納容器が水もれをおこしているので、水もれの位置を探して補修しなければならない。また、メルトダウンによって圧力容器が破損し燃料デブリが格納容器まで流れでたと推測されている。どう取りだすかをゼロから考える必要がある。まずこれらの課題を解決する技術を開発し、まちがいなく機能することを模擬環境でくりかえし確かめるなどの準備が必要だ。このことが、燃料デブリの取りだしに25年もの時間がかかると見込まれる一要因となっている、

スリーマイル島原発事故(1979年アメリカ)

スリーマイル島原発事故でも、メルトダウンがおきた。ただし、チェルノブイリのように原子炉が破壊されることはなく、燃料デブリは圧力容器の内部に隔離されていた。また、循環冷却などの原子炉建屋の設備は事故後も機能していた。そのため、原子炉内に人が入り、燃料デブリを取り出す方法が検討された。事故処理は、「圧力容器を水で満たしたあと、ふたをけ、遠隔操作ロボットで燃料デブリを取り出す」という方法がとられた。このような方法を「冠水工法」という。冠水工法は、運転休止中の原子炉で核燃料を交換する作業と共通点が多いため、作業の計画を立て易いという長所がある。また、水によって燃料デブリからの放射線を遮蔽しながら作業ができることや、固まった燃料デブリを切りだす際に生じる粉塵が空気中に飛散するのを制御できるという利点があった。

スリーマイル島原発の事故は 1979年3月28日アメリカのペンシルベニア州で発生したINESにおいてレベル5の重大事故。中央二つのドーム原子炉建屋、その左隣りが制御室を含むタービン建屋)

デブリを11年かけて回収したスリーマイル



スリーマイルでは、まず、燃料デブリを取り出す装置の開発や、建屋内の除染が進められた。事故から6年半後、1985年に燃料デブリの取り出しがはじまり、1990年に終了した。残された建屋は除染後に封鎖され、現在も監視下に置かれている。解体は決まっていない。燃料デブリは、圧力容器を水で満たしながら、14メートル上部の遠隔操作ロボットを用いてけずりとられていった。事故から11年後、燃料デブリは専用容器に移しかえられた。現在、アイダホ国立研究所で管理されている。

は燃料デブリの回収をあきらめ、建屋全体をおおう「石棺」を建設し、建屋ごと燃料デブリを

の階には、ヘ
クターから投
砂や鉛など
の物質や、
の構造物が
ている

石棺
(地上から高さ約65m)

チェルノブイリ原発事故(1986年ソ連)

爆発で外れた原
炉心上部構造板

燃料交換機

チェルノブイリ原発事故では、メルトダウンの直後、原子炉建屋が爆発炎上した。爆発と火災により核燃料をあつかう設備が失われたことで、溶け落ちた核燃料の回収は非常に難しくなった。そのためソビエト連邦政府は、最低限の防護として原子炉建屋全体をおおうシェルター(通称「石棺」)を建設した。事故から27年たった現在も、周辺30キロメートルの範囲は立ち入りが禁止されている。石棺で閉じ込めたとはいえ、内部には燃料デブリがそのまま残されており、安全に管理されているとはいえない。しかも、石棺は雨漏りしており、内部の放射線物質にふれた汚染水となって湖に流れこみ、川から下流にながれていると考えられている。そのため現在、石棺をおおうアーチ型シェルターの建設が進められている。

壁が大きく崩壊した部分は、コンクリートを流し込んで土台にした。

4つの階に広がった燃料デブリ。「象の足」と呼ばれる柱状のデブリがある。

取りだし

ら取りだす

燃料デブリの取りだしが容器の底やその下の格納容器に固まっていると推定されることが出来るポーリングスズマーク」を利用した原子炉の構造材や燃料デブリの取りだし

常に速い。遠隔操作ロボット35メートル下まで切断したい燃料デブリを切り出すと、例えば10階建てのスリーマイル島の事例では、取りだしたが、福島第一原はなれているのだ。

物質がまざることで、場所によって可能性が高い。スリーマイル島原発とは異なるとさまざまな機器や配管の配管の間に溜った燃料デブリのように「複層」がある。また、コンクリートの一部を溶かしている。このように、断装置をいくつも準備しないのだ。

■最大35メートル上からの取りだし

イラストは、溶融した原子炉の構造材や燃料デブリを切断しようとする想像図である。東京電力の工程表やスリーマイル島の事例を参考にえがいた。燃料デブリは、建屋の最上層に設置したロボットで切りだされ、水中で専用容器に入れられたあと運びだされる。

はすされた格納容器のコンクリート製ハッチ

作業員

冠水工法のしくみ
格納容器を水で満たすと、燃料デブリからの放射線が遮蔽される。さらに循環する水からの放射線を何らかの遮蔽物でさえぎり、最上層を断続的に断水することで、最上層では遠隔操作ロボットの設置などの作業を人が行うことが可能になる。

のびちみする支柱「マスト」とよばれる。35メートルの長さになったときも、切断中に先端の装置にかかる力（反力）を制御し、装置の位置を正確に維持する必要がある。

ブラスマーク切断装置
スリーマイル島原発でも使われた切断装置の一つで、水中でも使うことができる。せまい場所の金属の切断に向いている。装置と切断したい物の間に電流とガスを流し、熱で金属を溶かして吹き飛ばすことで切断する。

今から6年以内燃料デブリを探索する

ロボットを駆使して水もれを止め、内部調査格納容器を水で満たす「冠水工法」を実施するには、まず格納容器の水もれ位置を突き止め、水もれを止める必要がある。ただし、福島第1原発の1号機～3号機の格納容器の周辺は、放射線量が高く人が容易に立ち入れない。た、非常にせまい場所や、配管が複雑に入りこんでいる場所が多くある。そのため格納容器周辺のさまざまな領域に合わせた小型ロボットの開発が進められている。これは、スリーマイル島の事故処理では必要なかった作業の一つだ。また、燃料デブリの取り出し方法を検討するには、まず燃料デブリの位置や状態を確認する必要がある。内視鏡のようなケーブル状のロボットカメラや小型のロボッケーで圧力容器の底部やその下の基礎部分を調べ、探索する計画が進められている。

燃料デブリを探索

ロボットを駆使して水漏れを止め、内部を調査

小型ロボで入り組んだ格納容器内を調査開発が予定されているさまざまなロボットで次のような調査をする

圧力抑制室の水漏れを調べる

配管の水も漏れを調べる

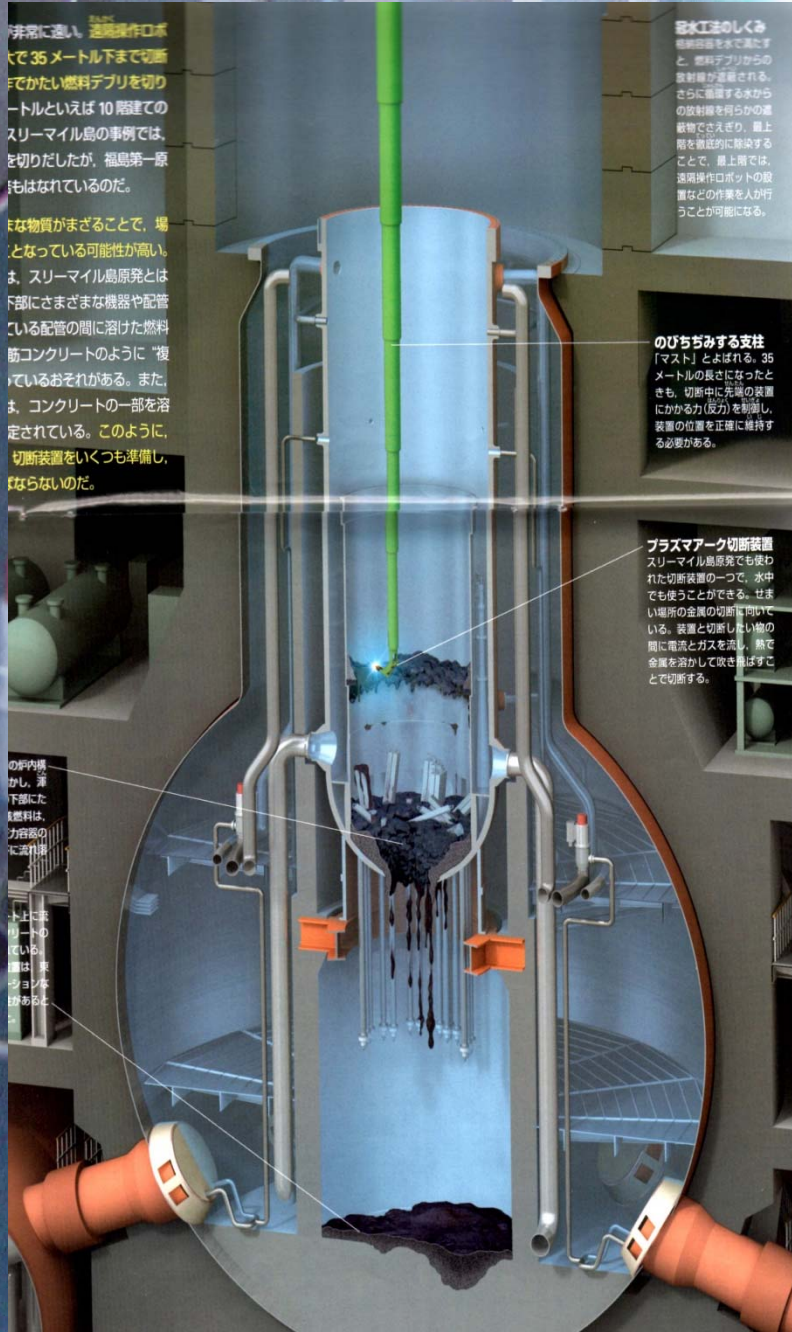
燃料デブリを調査

圧力容器下部に広がる燃料デブリ

ロボットカメラ
格納容器内を走行調査

ペDESTALの

溶け落ちた燃料は、下部ペDESTAL〔圧力容器商肉部る円筒形のコンクリート部分〕の開口部カラ、ペDESTALの外側に流れ出た可能性があると考えられる。



非常に遠い、遠隔操作ロボットで35メートル下まで切断装置をかたい燃料デブリを切り出す。1メートルといえば10階建てのスリーマイル島の事例では、14メートル下まで燃料デブリを切り出したが、福島第一原発では最大でその2.5倍ははなれている。

溶融した燃料デブリが固まることで、場所によっては固まる可能性が高い。スリーマイル島原発とは下部にさまざまな機器や配管がある配管の間に溶けた燃料デブリがコンクリートのように「複層化」しているおそれがある。また、溶けた燃料デブリの一部を溶かすことで、切断装置をいくつも準備し、作業を進めなければならない。

溶融した燃料デブリが固まることで、場所によっては固まる可能性が高い。スリーマイル島原発とは下部にさまざまな機器や配管がある配管の間に溶けた燃料デブリがコンクリートのように「複層化」しているおそれがある。また、溶けた燃料デブリの一部を溶かすことで、切断装置をいくつも準備し、作業を進めなければならない。

のびちみする支柱「マスト」とよばれる、35メートルの長さになったときも、切断中に先端の装置にかかる力(反力)を制御し、装置の位置を正確に維持する必要がある。

プラズマアーク切断装置スリーマイル島原発でも使われた切断装置の一つで、水中でも使うことができる。さまざまな場所の金属の切断に向いている。装置と切断したい物の間に電流とガスを通し、熱で金属を溶かして吹き飛ばすことで切断する。

炉内構造を詳しく見ると、下部には燃料デブリが溜まっている。上部には冷却水の循環装置がある。

デブリ取り出し35メートル上から取り出す

事故から9年後の2020年以降に、燃料デブリの取りだしがはじまる。燃料デブリは、圧力容器の底やその下の格納容器の底に、冷えた溶岩のように固まっていると推定されている。そのため、岩盤を削ることができるボーリング装置や、熱で溶かして切る「プラズマアーク」を利用した切断装置などを駆使して、溶融した原子炉の構造材や燃料デブリを切り出す必要がある。しかも、デブリまでの距離が非常に遠い、遠隔操作ロボットで、濁った水の中、最大35メートル下まで切断装置を下ろし、ミリ単位の操作でかたい燃料デブリを切りださなければならない。スリーマイル島の事例では14メートルの下の燃料デブリの切りだしだが、福島の場合は、最大でその2.5倍ははなれている。

さまざまな未解決課題

●人が近づけない領域をどう除染するか

事故処理では、さまざまな遠隔操作ロボットの開発が予定されている。しかし、建屋内での人の作業を完全になくすことはできない。そのため、人の活動範囲を広げられるよう、建屋内の除染を他の作業よりも早く進める必要がある。しかし、放射線を浴びることによる人の致死量が7～8シーベルトであるのに対し、1時間あたりの被曝線量が5シーベルトのもなる領域も存在する。このような場所では除染すること自体が難しい。

●放射線量の高い汚染水に近づき、水もれを止めるにはもれか所につながる配管の「止水剤」を流して固めるなどの方法をとることができれば、放射線量の高い水がもれている現場に人が行くことなく止水できる。しかし、そのような方法がとれない場所で水もれがおきていた場合に、どのようにして止水するかはまだ検討中。

●残された膨大な放射線廃棄物はどうなる？ 廃炉が完了すると、その後には廃炉工程で生じた大量の放射線性廃棄物が残される。それらがどうなるかはまだ決まっていない。日本では、運転中の原子炉から出る放射性廃棄物の処理方法は決まっているが、ここに事故で生じた放射性廃棄物は含まれていない。しかも、福島第一原発事故では、初期の注水に海水を用いた。また、燃料デブリが格納容器の底にまで広がった。燃料デブリには従来の放射性廃棄物の分類では想定されていないかったさまざまな元素が含まれている。

10.人材育成や組織に関わるソフト面の強化 と作業員の確保

人や組織に関わるソフト面の強化

原発事故後、原子力規制委員会の新規制基準ではハード面の対策は進んだが、それだけではすまない。果して人や組織に関わるソフト面の対策は進んでいるのか。危険な状態に陥らないようにする、ハード面の安全対策、例えば防潮堤や電源の多重化などに対し、起きてしまった事故の拡大を防ぎ、元の安全な状態に戻すための対策には、人や組織に関わるソフト面の対策が不可欠である。

将来を見据えた人材の育成

人材の育成は一朝一夕にはいかない。事故後、将来が描けない学生の原子力離れが進んでおり7大学・院で定員割れとなっている。人材育成が滞れば今後の再稼働ならびに廃炉作業にも深刻な影響を及ぼしかねない。

Uncontrolled A nuclear worker stands in the central control room of Reactors 1 and 2



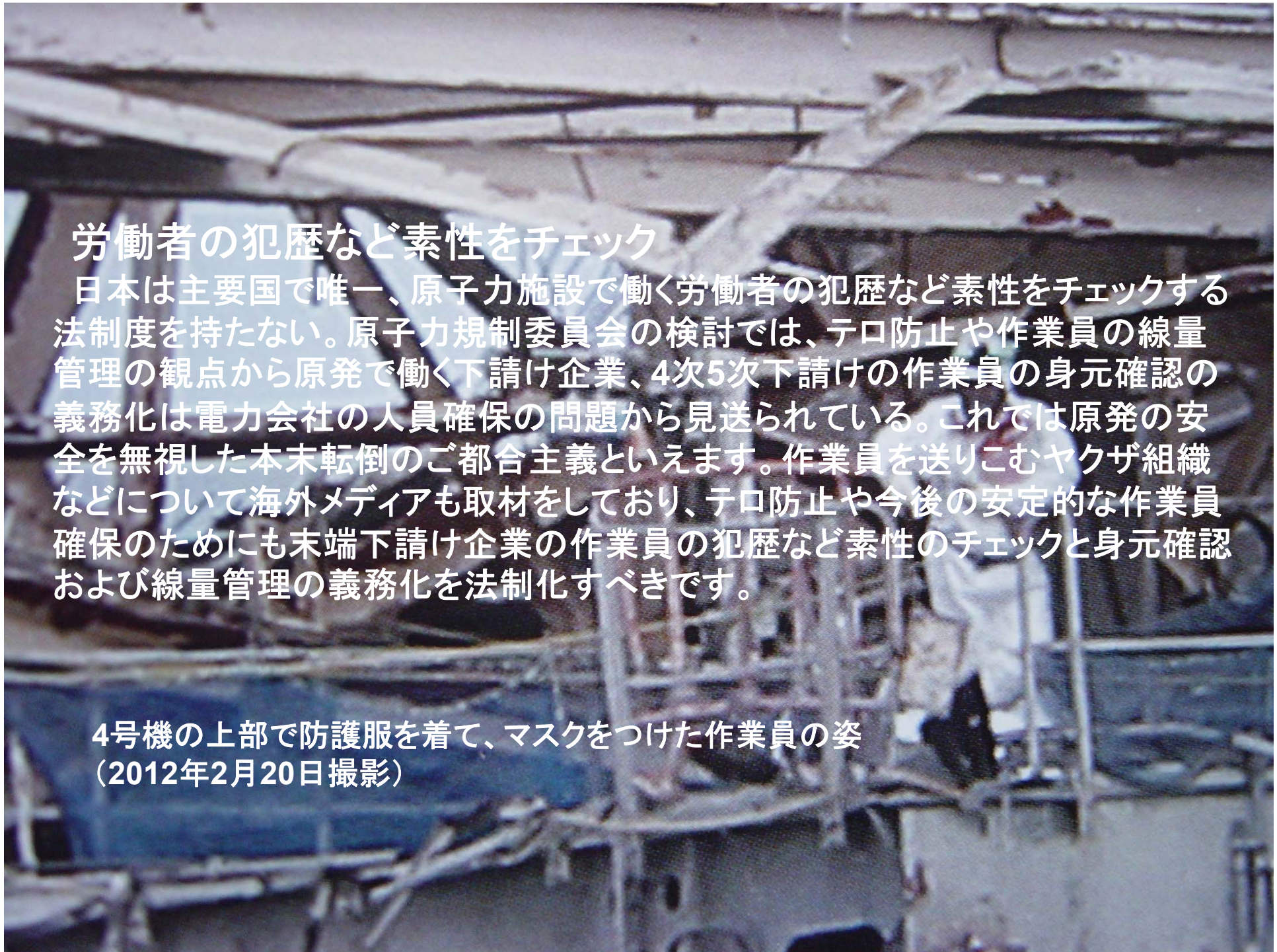
現場作業員の確保

メルトダウンを起こした原発を安定した状態に保っておくためには、数千人の人間が必要だと言われている。現状ではこの十分な数の作業員を確保するのが次第に難しくなっている。この状況がさらに悪化すれば、数十年かかる廃炉作業の進捗に大きな影響を及ぼしかねないと危惧される。また作業を監督出来る経験豊かな作業員が累積被曝量の限度に達して辞めていくのをどのように補充するのか。緊急作業時の被爆限度は、現在100ミリシーベルトと定められている。原発事故では、この限度では事故対応が困難だとして、一時的に250ミリシーベルトに引き上げられた。2014年12月、原子力規制委員会では今回事故の収束作業にあたる作業員の被曝線量の上限について250ミリシーベルトを目安に見直しを始めるよう、事務局の原子力規制庁に指示をしている。この被曝量の限度を引き上げることが作業員確保のためであれば、これは本末転倒である。またネット上では放射能被害による犠牲者が多数に上っていると報道されている。その真偽について、今日のネット社会では隠蔽や緘口令は社会に不信感を増幅させるだけである。従って放射能被害による犠牲者の実態については公表すべきである。

労働者の犯歴など素性をチェック

日本は主要国で唯一、原子力施設で働く労働者の犯歴など素性をチェックする法制度を持たない。原子力規制委員会の検討では、テロ防止や作業員の線量管理の観点から原発で働く下請け企業、4次5次下請けの作業員の身元確認の義務化は電力会社の人員確保の問題から見送られている。これでは原発の安全を無視した本末転倒のご都合主義といえます。作業員を送りこむヤクザ組織などについて海外メディアも取材をしており、テロ防止や今後の安定的な作業員確保のためにも末端下請け企業の作業員の犯歴など素性のチェックと身元確認および線量管理の義務化を法制化すべきです。

4号機の上で防護服を着て、マスクをつけた作業員の姿
(2012年2月20日撮影)



11. エネルギー問題

現在日本のエネルギー自給率は主要国中最低レベルのわずか6%で、その殆どを海外からの輸入に依存している。国別消費ではアメリカ、中国に次いで世界で第3位。原発が稼働していない分は、火力発電をフル稼働させて埋め合わせているので、火力が故障すると一気に不足に陥る危うさがつきまとう。その上、代替火力の燃料代が膨大だ。原発1基を止めて火力で発電すると平均1日2億円の燃料代がかかり、48基分では1日当たり約100億円の負担増し、年間3兆円台に膨らむことになる。こうした事情から、政府はエネルギーの安定供給に原子力は欠かせない「重要なベースロード電源」として再稼働を国が前面に立って積極的に進める方針。」その理由として政府は化石燃料ではエネルギーの安定供給につながらないことをあげている。

註：ベースロード電源とは発電コストが低廉で昼夜を問わず安定的に稼働できる電源

原発再稼働を急ぐ政府と電力事業者

この方針にもとづき政府は原子力規制委員会の審査を通った原発はすべて動かす方針。経産省は2014年10月、高浜1, 2号など老朽原発7基について運転を延長するか、廃炉にするかの判断を早期にするよう電力会社に求めている。これに対し12月、関電は運転開始から39年以上が経過する高浜1, 2号について12月上旬から施設の点検を始め、20年程度の運転延長を目指すと正式発表。また、原子力規制委員会では2014年12月17日、関電高浜3,4号について、安全対策が新規制基準を満たすことを認める審査書案了承した。意見募集を経て正式決定をする。これは九電川内原発1,2号に続いて2例目。地元同意の手続きを含めると再稼働は今春以降になる見通し。

関電が一日も早い再稼働を目指している理由は減価償却が進んで発電コストが低いため、経営改善には早期の再稼働が必要になっているため。原発事故後、運転期間は原則40年に制限していますが、これも原子力規制委員会が再稼働を認めればさらに運転を20年間延長でき、最長60年間運転ができる抜け道がある。この一連の動きを見ていると国として将来原発をどうするか、その安全性よりも事業者の経営判断、目先のご都合主義を優先させている。これでは果して、新規制基準に事故の教訓は生かされているのか。

政府閣議決定された「エネルギー基本計画」

2014年4月11日

エネルギーの需給に関する施策についての基本的な方針による各エネルギー源の位置づけは次の通り

註：年間発電量比率の数字は2010年と2012年を示す。

■再エネ(太陽光、風力、地熱、水力、バイオマス・バイオ燃料)：温室効果ガス排出のない有望かつ多様で、重要な低炭素の国産エネルギー源。3年間、導入を最大限加速。その後も積極的に推進 年間発電量比率2%から3%

■原子力：低炭素の国産エネルギー源として優れた安定供給と効率性を有しており、運転コストが低廉で変動も少なく、運転時には温室効果ガスの排出もないことから、安全性の確保を大前提にエネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源。原発依存度については、省エネ・再エネの導入や火力発電所の効率化等により、可能な限り低減させる。その方針の下で、わが国の今後のエネルギー制約を踏まえ、安定供給、コスト低減、技術・人材維持の観点から、確保していく規模を見極める。年間発電量比率 29%から0%

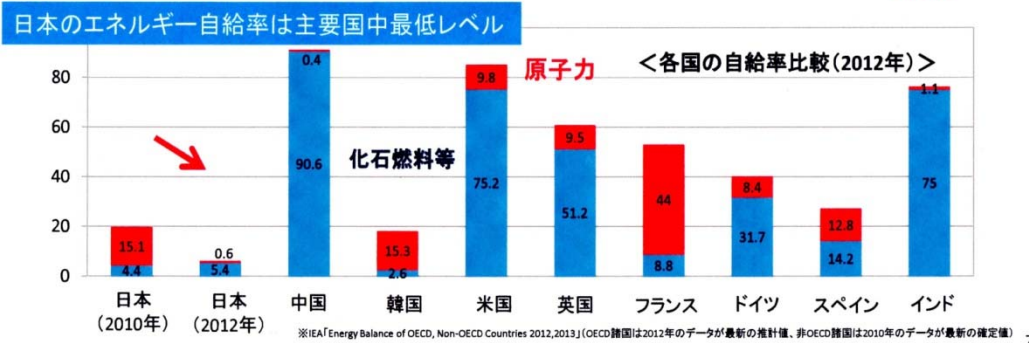
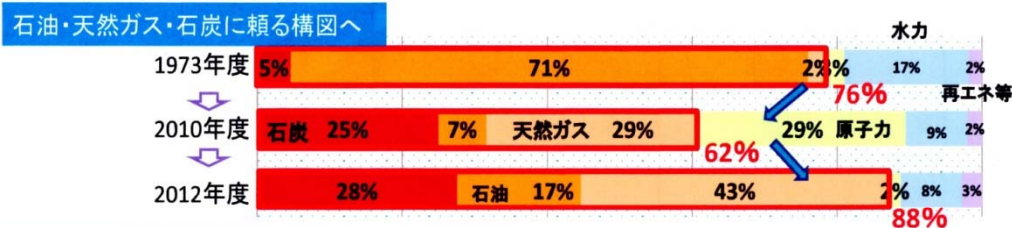
■石炭:安定性・経済性に優れた重要なベースロード電源として再評価されており、環境負荷を低減しつつ活用していくエネルギー源。

年間発電量比率 25%から28%

■天然ガス:ミドル電源の中心的役割を担う、今後役割を拡大する重要なエネルギー源。年間発電量比率 29%から43%1.5倍に激増(LPGガスを含む)

[参考]

② 電力供給における化石燃料依存度は第一次オイルショック当時よりも高い
 → 化石燃料はほぼ全て海外からの輸入。エネルギー安定供給のリスク大。

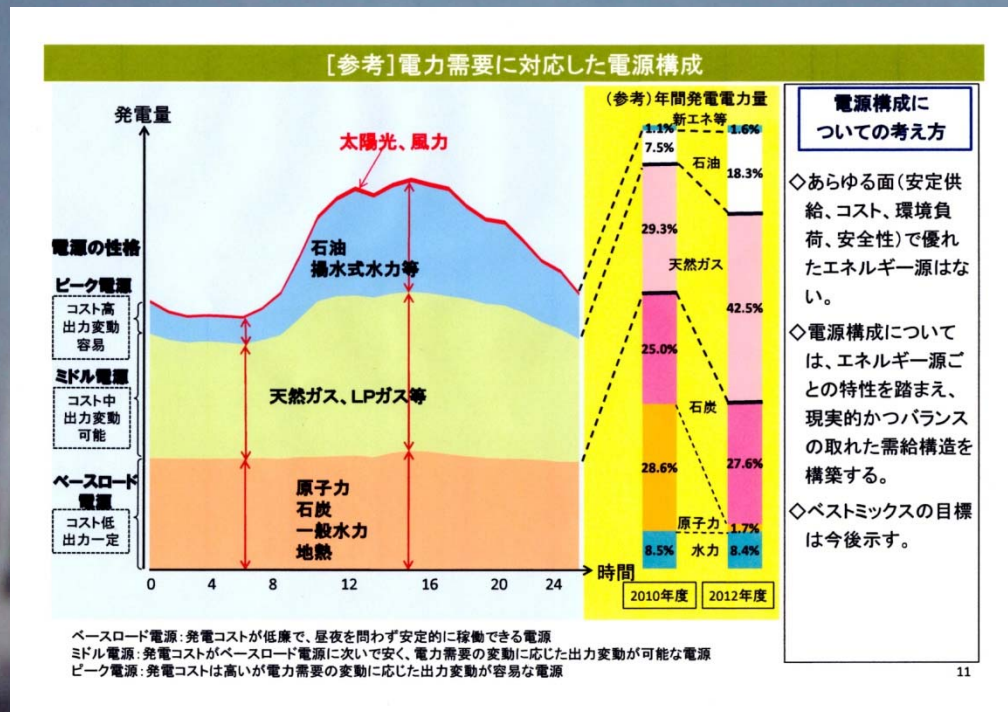


■石油: 運輸・民生部門を支える資源・原料として重要な役割を果す一方、ピーク電源としても一定の機能を担う。今後とも重要なエネルギー源。

年間発電量比率 7%から17% 2.4倍に激増

■LPガス: ミドル電源として活用可能であり、平時のみならず緊急時のも貢献できる分散型のクリーンなガス体のエネルギー源。

年間発電量比率 29%から43%(天然ガスを含む)



12. トルコへの原発輸出

日本は2013年10月30日、トルコ政府と原発建設のフィージビリティスタディー(FS=事業化可能性調査)の枠組みについて正式に合意に達した。トルコ原発プロジェクトの予定地は北部の黒海南岸シノブ地区。ここに三菱重工とフランスアレバ社とが共同開発した出力110万キロワット級加圧水型軽水炉(PWR)を4基建設する。2023年に1号機が稼働予定で、総事業費は約220億ドル(約2兆1,700億円)を見込んでいる。トルコは日本と同じ地震多発国である。過去半世紀に1000人以上の死者が出た大地震が7回発生。このうち1999年8月にイスタンブールを含む北西部で発生したマグネチュード7.6の地震では約1万7000人が死亡した。現在三菱重工が遭遇している米国での、巨額賠償問題では賠償請求額は40億ドル(約4000億円)、この巨額賠償額で浮き彫りになった「原発輸出リスク」について政府は一体どのように対応しようとしているのか？

巨額の原因賠償訴訟

2013年9月、アメリカ、カリフォルニア州南部のサンオフレ原発を運営していたサザン・カリフォルニア・エジソン社(SCE)が三菱重工に対し、約4000億円の損害賠償を求めて国際仲裁裁判所に仲裁を申し立てた。2012年1月、サンオフレ原発の3号機で放射性物資を含む水漏れが見され、緊急停止されましたが、燃料補充のため停止中だった2号機も検査したところ、計約1万5000ヶ所の配管摩耗も発見され、2013年6月7日、SCE社は2号機、3号機とも廃炉とすることを決定しました。7月SCE社は「三菱重工がテストを適正に行わず、配管の破損を回避するような構造を設計しなかった。」として、責任を求めることを発表。これに対し三菱重工は次のように反論している。漏洩の直接的原因はU字管部における伝熱管同士の接触による摩耗と判断されました。この摩耗現象は、他のU字タイプのSCEにおいて、これまで発生したことのないものです。

カリフォルニア州サンオフレ原発

13. 核燃料最終処分地

福島第一原発の廃炉が完了したあとには、膨大な量の放射線廃棄物が残される。それらをどこでどのように処分するかは決められていない。そしてそれは「使用済み核燃料」の再処理工程から生じる「高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)」についても同じだ。すでに日本では、1本500キログラムのガラス固化体に換算して約2万5000本分の使用済み核燃料が生じている。少なくとも数万年の隔離が必要とされる高レベル放射性廃棄物をどのように処分するのか、未解決のままである。

フィンランドで建設中の使用済み核燃料の最終処分地「オンカロ」
フィンランド政府は、西南部の街オルキオトの地下約500メートルの岩盤に使用済み核燃料を処分することを決定している。使用済み核燃料は、まず地上の工場で専用の容器に入れられる。そして、地下のトンネル(処分地)に等間隔につくられた縦穴(処分ピット)に一つずつ入れられる。2120年ごろまでにすべての処分ピットが容器でうまり、すべての坑道が埋め戻される。その後、数万年以上にわたり封印される予定だ。

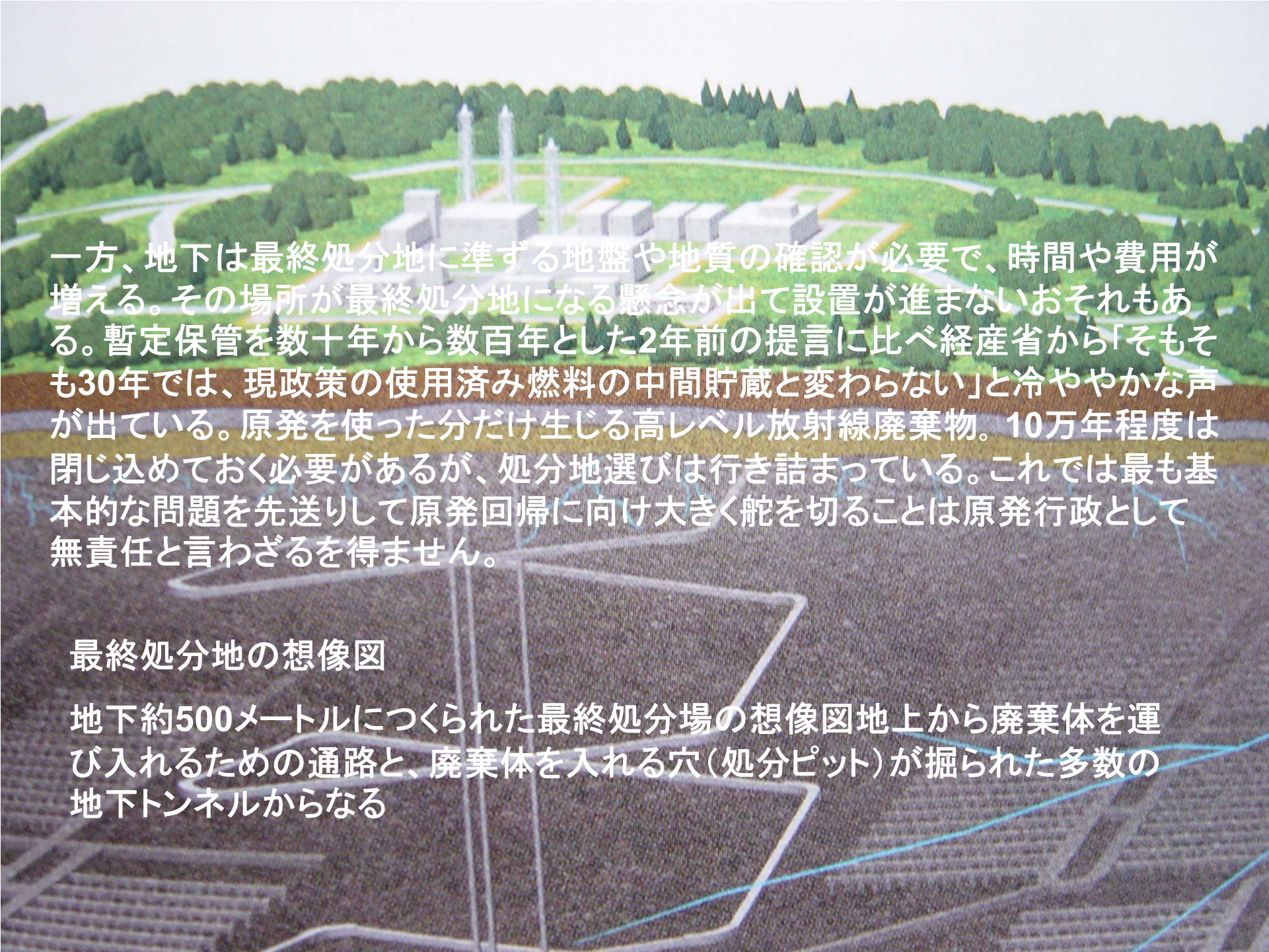
フィンランドで現在建設中の使用済み核燃料の最終処分場「オンカロ」の内部処分ピットには手すりがある。

原発ごみ宙に浮く提言

日本学術会議は2年前、従来の政策を白紙に戻して見直すように提言。これまでの政策方針や制度を原点に立ち返って考え直す。2012年2月に定めて原発から出る「核のゴミ」をめぐる方針の大幅な方向転換を求める提言をまとめた。提言は東電第一原発事故を踏まえてまとめられた。処分をめぐる科学や技術の限界を認め、原発のあり方も含めて広く国民が問題意識を共有する必要があると指摘。社会に合意が得られるまで処分を進めない「暫定保管」と、廃棄物を一定以上増やさない「総量管理」の考え方を打ち出した。暫定保管は地上施設で30年間。施設は最終処分地とは別に、各電力会社の管内ごとに設けることを議論の出発点にすることが望ましいとしている。分科会は、最大300年までの期間と地上施設と地下施設のメリット、デメリットを検討した。地上の場合は、地震や津波など自然災害について原発と同様の考慮が求められる。保管が50年を超えると、建て替え工事や地元との協議も必要となる。

割れ目を通る地下水

埋め戻された地下トンネル



一方、地下は最終処分地に準ずる地盤や地質の確認が必要で、時間や費用が増える。その場所が最終処分地になる懸念が出て設置が進まないおそれもある。暫定保管を数十年から数百年とした2年前の提言に比べ経産省から「そもそも30年では、現政策の使用済み燃料の中間貯蔵と変わらない」と冷ややかな声が出ている。原発を使った分だけ生じる高レベル放射線廃棄物。10万年程度は閉じ込めておく必要があるが、処分地選びは行き詰まっている。これでは最も基本的な問題を先送りして原発回帰に向け大きく舵を切るのは原発行政として無責任と言わざるを得ません。

最終処分地の想像図

地下約500メートルにつくられた最終処分場の想像図地上から廃棄体を運び入れるための通路と、廃棄体を入れる穴(処分ピット)が掘られた多数の地下トンネルからなる

14. これからの課題まとめ

福島第一原発事故は明らかに「人災」です。これから40年といわれる、長期間にわたって解決していかねばならない、山積する課題を見つめると、事故の後始末がいかに困難かつ未知の挑戦的なものかに驚愕せざるを得ません。

しかし廃炉作業を含め、日本は原発から完全に撤退することはできません。そして、事故の教訓から真剣に学ぶこともなく、簡単に「即原発ゼロ」を唱えるような無責任な選択は許されません。

海外メディアによると「今回の事故の結果、安全の確保や危機対応能力に関する政府への国民の信頼は失われたが、とって大きな成果につながるような新しい環境改善や市民運動の気運も現れていない。そして原発事故が日本の国全体の問題点をリセットするのではないかという望みは実現しないままである。」すなわち事故の真の原因とその背後にある抜本的な問題の解明と解消がなされていないのです。

にもかかわらず日本は新たな「安全神話」に基づき再稼働へ向け歯止めの利かない道を進もうとしています。これでは、第2第3の福島原発事故を招く恐れのあることを日本人はよく肝に銘じなければなりません。