

沸騰水型原発の電気事業各社

および製造各社御中

**沸騰水型の構造的欠陥を放置して  
 使用・販売してはならない  
 沸騰水型は軍事転用が可能なので  
 使用を制限し、輸出を禁止する**

原子力民間規制委員会・東京

- 第1、本規制勧告の目的は過酷事故の再発防止である
  - 第2、福島第一原発での過酷事故は、人為ミスと装置の欠陥が原因
  - 第3、新規制基準では過酷事故が再発する
  - 第4、過酷事故の再発を防止するための設計変更と手順書変更
  - 第5、軍用プルト生産炉としての沸騰水型原子炉規制
- 結論

第1、本規制勧告の目的は過酷事故の再発防止である

日本の原子力関係者は、加圧水型原発に続き、沸騰水型原発についても稼働と生産・販売に向けて準備を始めている。しかし、日本規制委の新規制基準をそのまま無批判に受け入れ、また、福島事故に加えて、TMI事故、美浜事故で得られた教訓を無視している。これでは同様の事故が繰り返されることになる。

同様の事故が起こって、災害が生じて仕方がないとするのは、未必の故意の犯罪である。そこで、原子力民間規制委・東京は、二度と同じ間違いを繰り返させないために、沸騰水型原発の運転および製造・販売する各社に対して、以下に述べる●24項目の規制勧告をおこなう。

すなわち、これらの規制は、過去の事故や不祥事をDBA<sup>⑨</sup>とし、「過酷事故および不祥事の再発防止」を目的とする。

- ①この規制の効果を認めるか否か。およびその理由、
- ②この規制勧告を受け入れるか否か。およびその理由、

について文書にてそれぞれ規制勧告の項目ごとに回答されたい。

⑨ DBA (Design Basis Accidents)とは、設計の基礎となる事故(米原子力委員会 WASH-1250 (1973)、邦訳 木原他『原子力安全性ハンドブック』産報 (1975))

第2、福島第一原発での過酷事故は

人為ミスと装置の欠陥による

福島第一原発の事故経過に関する東電の説明は、故意か無知かはともかく、間違いだらけである。

したがって、沸騰水型原発において福島原発事故と同様の事故の再発を防止するために、福島第一原発の事故についての東電の説明を正すことから始めなければならない。

1、2、3号機の原子炉事故は冷却材喪失事故である。3号機の使用済み燃料事故と4号機の原子炉事故は臨界事故である。

これらの事故のきっかけは、地震による外部電源の喪失と津波による配電盤の喪失であった。しかし、その事故が過酷事故となった原因は、人為ミスと装置の欠陥であり、避けることのできた事故であった

【1号機冷却材喪失事故】

3月11日、地震による電源喪失により原子炉の圧力と水位の計測ができなくなった。蓄電池を運び込んで計測を開始したのは事故発生から7時間以後であった。この間、原子炉の状態はまったく不明であった。そして測定した水位は測定器によって違う値を示した。その原因は原子炉の空焚きであったが、その値は冠水状態と誤解させた。温度は、配電盤の回復まで8日間計測不能であった。

1号機では、地震後、ただちにECCS非常用復水器が自動起動した。しかし、運転員は通常運転の手順書に従いこの非常用復水器を切ってしまった。これにより原子炉は冷却されず、冷却材喪失事故になってしまった。後に、運転員はこの非常用復水器を手動で再起動したが、すでに水素が発生しておりその使用は不可能となっていた。つまり、過酷事故の原因は、人為ミスと装置の欠陥であった。

11日18時頃、放射線濃度高で建屋への入室は不能となった。12日15時36分、建屋5階で水素爆発があり、横向きに白雲が広がった。放射能と水素が建屋に漏れていることから、原子炉の配管が震度6強程度で破断していたことが分かる。

【2号機冷却材喪失事故】

2号機でも原子炉の水位、圧力、温度の計測不能は1号機と同様である。運転員は、ECCS隔離時冷却系を手動起動した。しかし、このECCSは、通常時運転の条件により自動停止してしまった。そこで運転員はこのECCSを手動で再起動した。この自動停止と手動再起動を繰り返したことで、原子炉を3日間維持することに成功した。

しかし、隔離時冷却系の水源のうち格納容器の外にある冷たい水源が枯渇し、圧力調整室の沸騰状態に近い水を水源としたため、隔離時冷却系は水を汲み上げることができず、注水に失敗した。東電には冷水源に水を補給して使用するという発想がなく、2号機を過酷事故にしてしまった。この2号機事故も人為ミスと装置の欠陥が原因である。

【3号機冷却材喪失事故】

原子炉の計測不能は、1、2号機と同様である。またECCS隔離時冷却系の手動起動と自動停止も2号機と同様である。しかし、運転員はこの隔離時冷却系の手動による再起

動をしなかった。そのため、3号機原子炉は冷却されず、過酷事故になってしまった。40分後に手動でこれを再起動したが、配管に水素が溜まって起動できなかった。

翌日、ECCS高圧注水系が自動起動した。東電はこの高圧注水系が有効だったと仮定して、事故解析をした。しかしこれは正しくない。高圧注水系の水源は圧力調整室の熱い水であり、この水を汲み上げることはできず、高圧注水系は機能しなかった。つまり、この過酷事故も人為ミスと装置の欠陥が原因である。

#### 【3号機使用済み燃料プール臨界爆発事故】

事故3日目、3月14日朝6時頃、正門付近で中性子異常を観測した。しかし、東電はこの中性子異常を隠した。11時2分には、3号機が爆発した。煙は垂直に500メートル吹き上げた。

テレビ会議では、11時3分、保安班「この部屋の環境ですが、ガンマ線量は変化ありませんが、中性子が検出されています。0.02 $\mu$ Sv/hです」という発言に続き、11時6分には、小森常務「中性子がちょっと出ている。絶対量が分からないけれど」。本店「でてる。3号機だよ」。などの会話がある。

つまり、当日には東電は3号機の事故を臨界による爆発としていた。ところが、後の発表では、3号機の爆発は、1号機と同様の水素爆発としている。水素爆発では垂直に500メートルもの黒煙を吹き上げることはあり得ない。なぜ、嘘をつくのか。

#### 【4号機臨界事故】

事故4日目、3月15日6時と9時の二回、4号機建屋で爆発があった。爆発はその後も数日間続き、建屋5階の壁や天井が次々と崩れ落ちていった。発熱は長期間続き、3月24日の使用済み燃料プールの温度は100℃と沸騰状態だった。そして、数カ月後も発熱は続いた。

発熱の場所は使用済み燃料プールや資材置き場(DSピット)ではない。残るはこれとつながり、海水の満たされた蓋の開いた原子炉である。この中で核分裂反応が持続していた。

3月28日、アメリカで硫黄35が発見された。硫黄35は塩素35に中性子が衝突すると発生する。4号機使用済み燃料プールに海水を注いだら、これが臨界状態の原子炉に流れこみ、硫黄35を生成したと考えられる。

東電の発表では原子炉には核燃料は入っておらず、空っぽという。後に、東電は4号機原子炉内部の写真を公表した。確かに、鉄板2枚以外なにも入っていない。しかし、この写真はあまりにもきれいである。写真を取るための明かりが底板に写っている。

この水は海水である。同時に発表された同じ海水の入った使用済み燃料プールでは、使用済み燃料や構造物は熱せられた海水で酸化し、汚れている。写真のすり替えがなされたと考えられる。このような姑息なすり替えをしてまで、4号機爆発の真相を隠すのは余程のことである。これについては第5で詳しく論ずることにしたい。

### 第3、新規制基準では過酷事故が再発する

新規制基準はまったくデタラメである。この新規制基準に従って作業を進めれば、過酷事故に発展することになる。よって、次の規制勧告をおこなう

#### 規制勧告(1)

事故の際、新規制基準による原子炉逃し弁の開放と減圧を禁止する。

新規制基準(概要p17)による逃し弁の開放は、人為的な小口径破断であり、原子炉は沸騰して冷却水を失い、空焚きとなる

#### 規制勧告(2)

冷却水の供給には、新規制基準(概要p17)による消防ポンプではなく、ECCSの使用を徹底する

そもそも、原子力開発は、冷却材喪失事故を設計基準事故(DBA)とし、ECCS(緊急炉心冷却系)で炉心を冷却すると約束した。ところが、そのECCSが使えない場合があって、消防ポンプを使うというのでは、原子力の安全は総崩れとなる。そのうえ、移動式の消防ポンプでは、道路事情により現場に到着できない場合があり、このように不確かな規制は原子力規制として許されない。

#### 規制勧告(3)

炉心の冷却について、新規制基準(概要p20)による海水の使用を禁止し、淡水を使用する。

まず、加熱された海水は、燃料被覆管を酸化して灰化し、いわゆる第二の壁を失う。また、炉心燃料により蒸発して塩を析出し、冷却を阻害する。その結果、燃料の温度が上がり、放射能の大量放出となる。

さらに、塩は800℃で熔融し、この熔融塩にウラン酸化物は溶けるので、第一の壁も失い、放射能は環境に全量放出されることになる。福一の地下水での放射能濃度異常高(2014年秋)は、この第一の壁と第二の壁を失って高濃度の放射能水が流出した現象と考えられる。

したがって、新規制基準(概要p20)という海水の利用は、すべて淡水の利用と書き換える。発電所内の高所に設置した水槽に大量の淡水を貯蔵して利用する。

#### 規制勧告(4)

新規制基準(概要p17など)でいう「移動式」または「可搬式」とある記述はすべて「固定式」と書き直し、給水管や電線で必要な場所に水や電力を届ける。

#### 規制勧告(5)

新基準(概要p18など)による格納容器のベント(排気)を禁止し、補助格納容器を新設して放射能を一時的に保管する。事故が終了後、本格的な放射能格納容器を新設し、特にトリチウムについてその半減期の10倍の期間閉じ込めることとする。



#### 第4、再発防止のため設計と手順書を変更する

##### 【A】. 通常時と共用するECCSについて設計変更が必要

###### 規制勧告(6)

事故時と通常時の両方で使用するECCS隔離時冷却系において、福島第一原発(福一)2号機と3号機では、運転員がこのECCSを手動で起動したところ、事故時なのに通常時の運転条件によりこのECCSが自動解除された。2号機では運転員が手動によりこのECCSの再起動を続けたことで原子炉を3日間維持したが、3号機では解除されたまま放置して原子炉を空焚きから崩壊させてしまった。手動で起動したECCSを通常時使用条件により自動解除させてはならない

###### 規制勧告(7)

同じく、事故時と通常時の両方で使用するECCS非常用復水器について、福一1号機では運転員が、事故なのに通常時運転のマニュアルに従って、ECCSを手動で切断した。そのようなことをしないように、事故時にはこの通常時のマニュアル操作を無効とする措置を実施する

##### 【B】. 沸騰水型ECCS(非常用復水器、隔離時冷却系、高圧注水系、残留熱除去系)を設計変更する

###### 規制勧告(8)

非常用復水器は、電源を必要とせず、また格納容器に熱を放出せず、さらに広範囲の原子炉圧力で原子炉の冷却が可能である。原子炉配管が破断していない、または破断が小さい場合に有効であるから、すべての沸騰水型原子炉に設置する。

福一事故において、1号機非常用復水器の逆U字部分に水素が溜まって機能を停止した事実を重く見て、この部分に水素逃し弁を追加する。また、現状の施設では冷却水の水源は建屋内の小型タンクだけなので、規制勧告(●14)により建屋外の高所に設置した大型貯水槽から得るようにする。

###### 規制勧告(9)

隔離時冷却系は、原子炉の圧力と格納容器の圧力の差を利用してタービンを回し、原子炉に水を注ぐことができる。非常用復水器と同様に原子炉配管に破断がないかまたは小さい場合に有効である。これも電源を必要としない

ただし、隔離時冷却系の水源は復水貯蔵タンクを用いており、福一2号機で見られたように枯渇が心配である。また、隔離時冷却系で原子炉を冷やした場合、その熱は格納容器に溜まることになる。そこで規制勧告(●14)で述べる巨大水槽から配管を設置して隔離時冷却系の水源に重力で流しこみ、またこれにより格納容器を直接冷やす

###### 規制勧告(10)

高圧注水系は、隔離時冷却系の機能を10倍程度に高めたもので、原子炉配管が小口

径破断した場合に用いる。これは、隔離時冷却系と同じく原子炉の圧力と格納容器の圧力との差を利用するので、電源を必要としない。

しかし、水源は、格納容器(圧力抑制室SC)の水だけなので、福一2号機で見られたように原子炉からの熱によって沸騰状態となれば、使用できない。したがって、この場合も、水源には規制勧告(●14)による外部の水源プールを利用する

###### 規制勧告(11)

残留熱除去系(蒸気凝縮系付き)は原子炉を停止した時、炉心に発生している放射能の崩壊で発生する熱を冷却するための装置である。通常運転での原子炉停止では原子炉は通常の復水器で冷却できるので、付属する蒸気凝縮系は使用しなくてもよい。しかし、通常の復水器が使用できない場合、崩壊熱を除去するために付属する蒸気凝縮系を用いる。したがって、この蒸気凝縮系は非常用復水器に相当するECCSである。

ところが、浜岡原発1号機で、定期検査中にこの蒸気凝縮系で水素爆発する事故があった(2001.11.7)。そこで東京電力は、福一の2号機から6号機についてこのECCS蒸気凝縮系を削除してしまった。ECCSを削除するという大胆な行為は、当時の安全委員会によって簡単に認められた。その結果、福一事故の際、2号機と3号機でこの蒸気凝縮系が使用できず、原子炉を過酷事故にしてしまった。

したがって、残留熱除去系を所有する原発では、蒸気凝縮系に水素逃し弁を付けて復活させる。これにより、規制勧告(8)でいう非常用復水器を新設する必要はないか否か検討する

##### 【C】. 電源設備および冷却設備における欠陥の改良

###### 規制勧告(12)

外部電源に頼るのは不安である。福一事故では、東北電からの支援も受けられなかった。そこで内部電源として商用の小形発電機2機を設置する。内1機は事故に備えて常時運転する

###### 規制勧告(13)

そのうえ、外部電源の確保を厳重におこない、非常用電源(固定式)が確実に使用できるようにする

###### 規制勧告(14)

冷却設備を拡充する。発電所内の高所に大型の淡水プールを設置し、自然流によりECCS水源に供給し、また格納容器を直接冷却する。すでに、泊原発では淡水を溜めるための巨大な5,000m<sup>3</sup>プール3個を新設したと伝えられる

##### 【D】. 水位、圧力、温度の測定を確実にする

###### 規制勧告(15)

福一事故で水位、圧力、温度が計測不能となり、運転員が自動車の蓄電池を外して、2人がかりで水位と圧力を読み取り記録したこと、また温度は事故8日間計測できな

かったこと反省して、計測専用の電源と配線を確認する

#### 規制勧告(16)

燃料空焚きによる圧力計、水位計の誤表示を改良する。

福一事故では、運転員が読取記録した圧力と水位はしばしば実際の値を示さず、圧力は低く表示され、水位は高く表示された。また、同一の数値が得られる筈の二つの計器は別々の値を示した

そのようになる原因は測定する容器が空焚きとなっていたからである。そこで、空焚きになっていても、正確な値が表示できるよう測定方法を改良しなければならない。

#### 【E】. 逆U字状態の配管に溜まる水素などの対策

#### 規制勧告(17)

冷却水に水素など気体が溶けていると気水分離によりポンプは振動して使用不能となる。また逆U字状態の配管に気体が溜まると自然循環も止まる

非常用復水器などの逆U字状態の配管から水素などを排出するため、水素逃し弁を設置する

#### 【F】. 格納容器機能の拡充

#### 規制勧告(18)

格納容器の水冷を徹底し、ベント(環境への放出)を禁止する。ベントではトリチウムが問題である。遺伝子にとりこまれたトリチウムが壊変してヘリウムに変わると、生命は維持できない

#### 規制勧告(19)

水素爆発防止のため、格納容器だけでなく関連施設にも空気ではなく、窒素を封入する

TMI事故では、空気が充填されている格納容器内部で3回の水素爆発があった。その内1回は格納容器上部で発生した。通常の加圧水型格納容器ならその爆発の圧力に耐えられない。さらに圧力だけでなく、天井や機器は燃焼熱の影響も受けた

福一2号機事故では、3月15日6時ころ、冷却水に溶けていた空気により格納容器上部の配管で水素爆発があったと考えられる。これにより配管は破断し、蒸気が流出して、大量の放射能が福島県民を襲った。また、同日正午過ぎには、原子炉内で水素爆発があった。これは格納容器の圧力増と連動しているので確かめられる

したがって、格納容器に加えてECCSの水源など関連施設すべてで空気を除くことが必要となる。この対策ができないのであれば自然循環の停止や配管中での水素爆発を防ぐことができないので、原子炉の使用と生産を禁止する

#### 規制勧告(20)

放射能一時保管用の仮格納容器

住民を加害するベントを禁止する。原子炉からの熱と水素による格納容器の圧力増に対し、これらを仮に保管するため同規模の仮格納容器を増設する。第一格納容器と仮格納容器のつなぎ目で、除熱と除水素をおこなう。事故が一段落すれば、放射能を第一格納容器または新設した保管容器に移し、少なくとも半減期の10倍の期間、保管する

#### 【G】. 福一2号機型チャイナシンドロムの防止

#### 規制勧告(21)

格納容器の底に置いた金銀銅により、格納容器の底抜けを防止する。金(比重19)を最下部に、銀(11)を中に、銅(9)をその上に置く。落下した核燃料(比重11)は液体銅の下に沈み、銀と混ざり、金の上に乗る。熱は液体銅の対流で冷やされ、また核燃料は水から遮断されるので臨界も防げる

#### 【H】. 免震重要棟の設計変更

#### 規制勧告(22)

地上の免震重要棟を地下に設置し、地下道で各施設と結ぶ

免震重要棟と地下道は、事故時に作業者の安全をはかり、作業を円滑に進めるためのものである

#### 【I】. 復水器空気抽出ポンプの能力増強

#### 規制勧告(23)

加圧水型的美浜事故では、破断した蒸気発生器から大量の1次冷却水が2次系に吹き出したため、復水器の圧力が上がり、2次系の逃し弁から蒸気が環境に噴出した。この失敗を反省し、復水器の圧力を減圧するため、復水器に溜まる空気などを排出するポンプの能力を増強する。

沸騰水型原子炉では、隔離時冷却系や高圧注水系の使用により、水に溶けた空気が原子炉に供給されるので、復水器の空気抽出ポンプの能力増が必須となる



## 第5、軍用プルト生産炉としての沸騰水型原子炉規制

### 【原子力のそもそもの目的は軍事利用】

すべての原子力開発のそもそもの目的は軍用である。加圧水型原発の原型は、潜水艦の動力用電力を得るためであった。ボブコック&ウィルコックス社などはこれを陸上で使用し、商業利用することにした。これがスリーマイル島(TMI)原発である。

沸騰水型原発は、GE社が軍用核物質の生産を目的として開発したと伝えられている。だが、得られるプルトニウム(以下プルトという。ウラニウムをウランというのと同じ)は、プルト239、プルト240などの混合物であって、核兵器には使えない。そこでどのようにして、原爆に使用する高純度のプルト239を生産するのが不明であった。

GEはその方法を公開する訳がない。福一4号機の事故がその秘密を明かにした。

### 【原子炉中央に置いた天然ウラン燃料】

事故の際、東電発表による4号機の使用済み燃料の数は混乱を極めた。特に、東電はなぜか24本の使用済み燃料集合体を特別扱いしていた。そして、この24本は、早々に引き上げ、隠してしまった。この24本は炉心燃料ではなく、天然ウラン燃料であったと思われる。

天然ウラン燃料集合体12本を炉中央に配置(第2図参照)して臨界状態にすると、天然ウランの中のウラン238は中性子照射でプルト239となる。適当な照射時間の後、この天然ウランを回収すると高純度の軍用プルトが得られる。つまり、GEは沸騰水型原発を軍用プルトの生産炉として開発したことが東電の照射実験により実証されたのである。制御棒を下から挿入するのは、天然ウラン燃料棒の交換を容易にするためであった。

しかし、アメリカではすでにチェルノブイリ原発と同型の原子炉で軍用プルトを大量に作っていて、後発のGEには割り込む隙がなかった。そこで、GEは、この原子炉に蓋をして、沸騰水型発電用原子炉として販売することにしたものと思える。

### 【なぜ、日本で軍用プルトの照射実験か】

ところで、日本はなぜ沸騰水型で軍用プルトの生産を計画したのか。それは高速中性子炉による軍用プルトの生産に失敗したからである。常陽ももんじゅも、原子炉を満たす液体ナトリウムの中で器具を落とした。ナトリウムという金属の液体の中では、その破損状態を確認する方法がなく、両者共に使用不能となってしまった。

そこで、福島4号機で天然ウランに中性子を照射する実験を2回することにしたと思われる。ちょうどその時、地震が発生して、この実験は失敗してしまったのである。

### 【Pu239の大量生産可能な設計】

炉心燃料の中央に天然ウラン集合体を配置する(第2図)。そして制御棒を抜いて臨界にし、高密度の中性子でウラン238を照射するとプルト239が得られる。しかし、これを長時間続けるとこのプルト239はプルト240になる。プルト240は核爆発を妨害するので、プルト240ができない内に短時間照射して天然ウランを回収するという訳である。

福一4号機の照射実験の場合は、蓋を明けたまま燃料交換の水位まで原子炉に水を満

たして、制御棒を少しづつ引き抜いて炉心燃料を臨界に導き、適当な時間の後に再び制御棒を挿入して臨界を止め、中央に配置した天然ウラン集合体を交換するという単純作業であったと思われる。

この状態では炉心の水深は20メートルと深く、中性子は水に吸収され外部にはほとんど漏れ出さない。ガンマ線や放射能対策も通常運転程度以下である。

ところが、不運にも地震に遭遇した。当日はなんとか乗り切ったが、4日後の3月15日6時、または9時に、制御棒が大量脱落して予定しない臨界となったと思われる。

### 【インドが日本から原発を買う目的】

インドの関心は核兵器生産である。当然、日本から沸騰水型を買うことになる。これを使って、福一4号機同様の照射実験を繰り返すに違いない。次に、照射する天然ウラン集合体の数を12体から32体に増やして、プルト239の大量生産を試みるであろう。

安倍政権は、インドに原子炉を輸出するにあたり、核実験したら協定を破棄するとしている。しかし、この沸騰水型原子炉では、簡単な蓋をして原子炉を運転すれば、運転しながら燃料交換ができるので照射時間を短くして、高純度の軍用プルトを生産できる。高純度のプルト239を用いれば、核実験の必要はないことに注意しなければならない。

### 規制勧告(24)

沸騰水型原子炉では簡単な蓋にするだけで軍事転用が可能なので、国内では発電以外の目的での使用を禁止する法律が作成されない限りその運転を禁止する。海外では軍事転用が不可能となるよう装置そのものを改造しない限り輸出を禁止する

## 結論・規制勧告のまとめ

以上述べたように、これらの想定事故には解決策が存在する場合がある。けれども、その解決策には莫大な費用が必要となる。しかし、採算が取れるのであれば、原発の危険を回避するため、その解決策を実施しなければならない。採算が取れない場合または解決策がない場合に、「危険が生ずるのは仕方がない」としてこれを使用し、またはこれを販売するならば、すでに述べたように、「未必の故意」の犯罪となる。

よって、沸騰水型原発に対して、標記のように規制勧告する。すなわち、

沸騰水型の構造的欠陥を放置して使用・販売してはならない  
沸騰水型は軍事転用が可能なので使用を制限し、輸出を禁止する

以上

添付図、新規規制基準概要、p17、p20

第1図、4号機の臨界爆発の想像図

第2図、Pu239生産炉の中心部分(例)

┆ 制御棒、□天然ウラン、■核燃料

## 炉心損傷防止対策

➤ 万一共通要因による安全機能の喪失などが発生したとしても炉心損傷に至らせないための対策を要求。

(例1) 電源喪失時にも可搬型電源等により逃がし安全弁を解放し、可搬型注水設備等による注水が可能となるまで原子炉を減圧(BWR)。

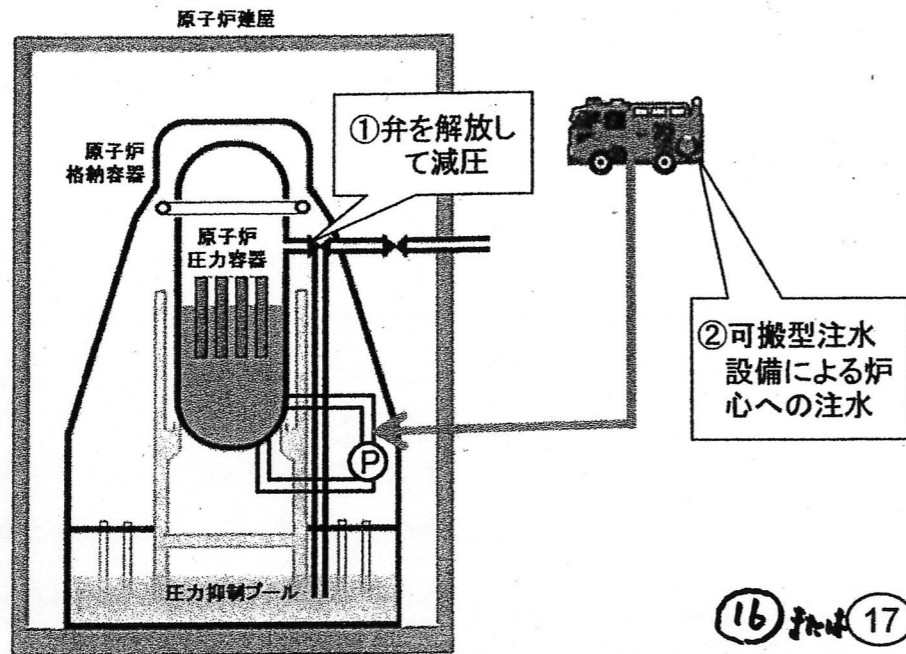
(例2) 原子炉を減圧後、可搬型注水設備により炉心へ注水。

実用発電用原子炉  
に係る新規規制基準  
について

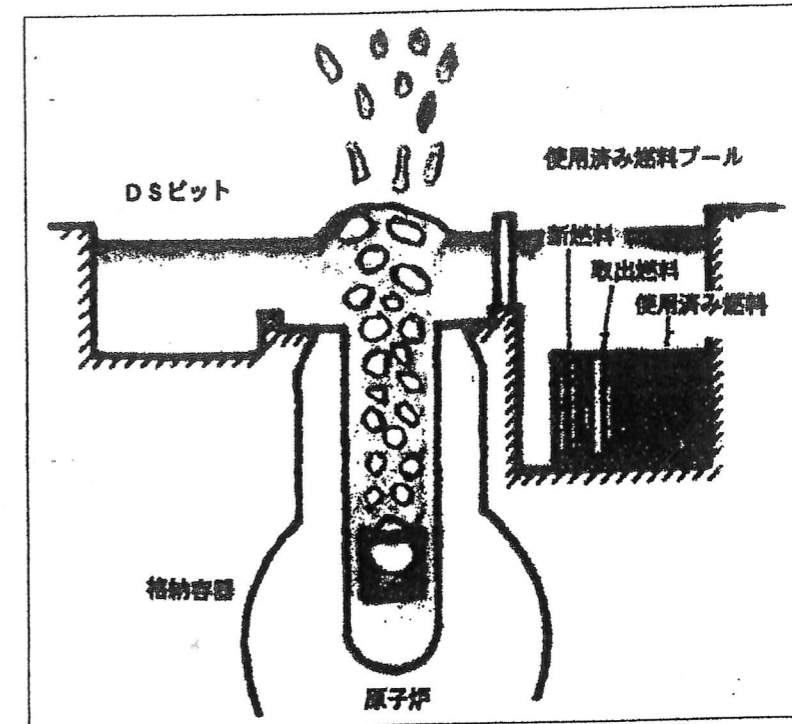
一概要-

平成25年7月

原子力規制委員会



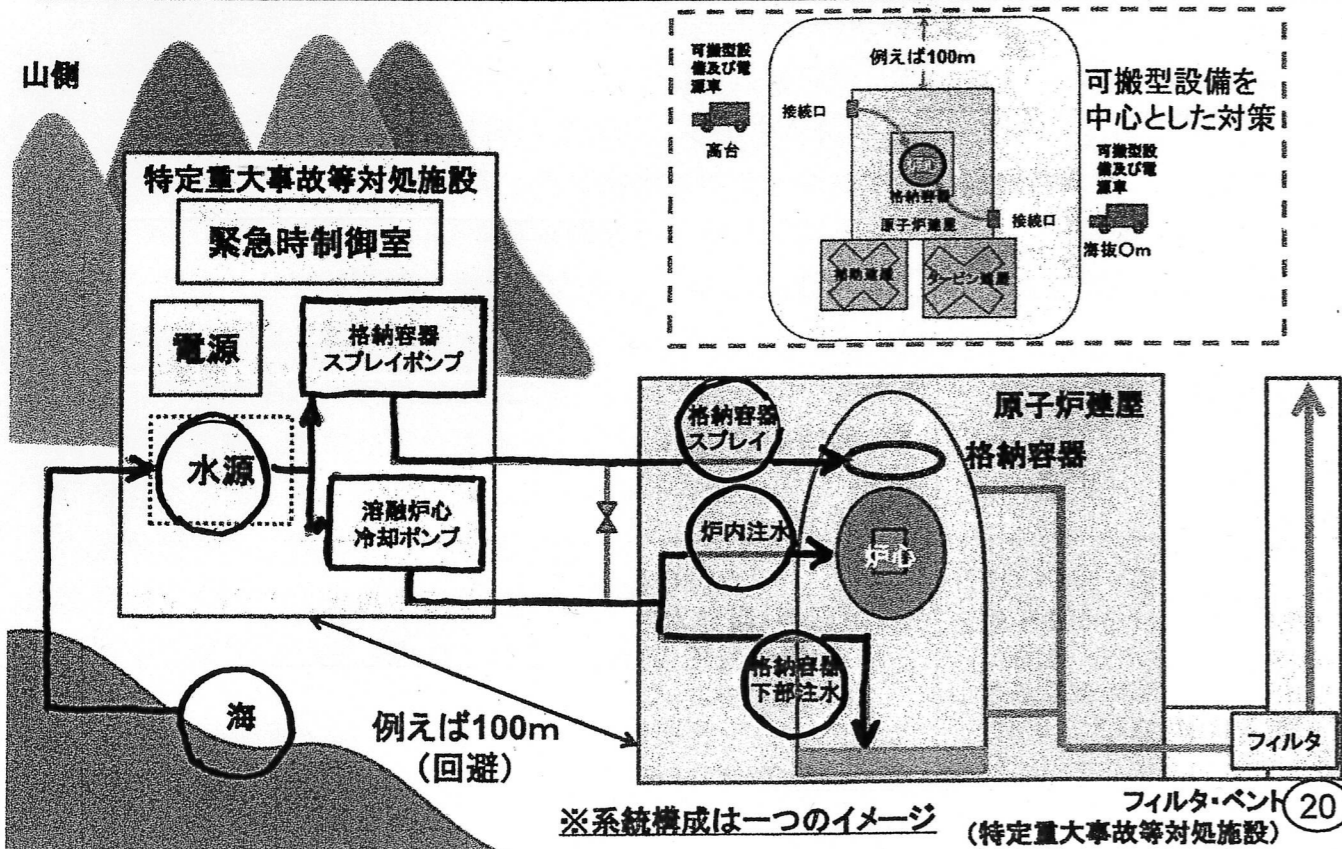
16 17



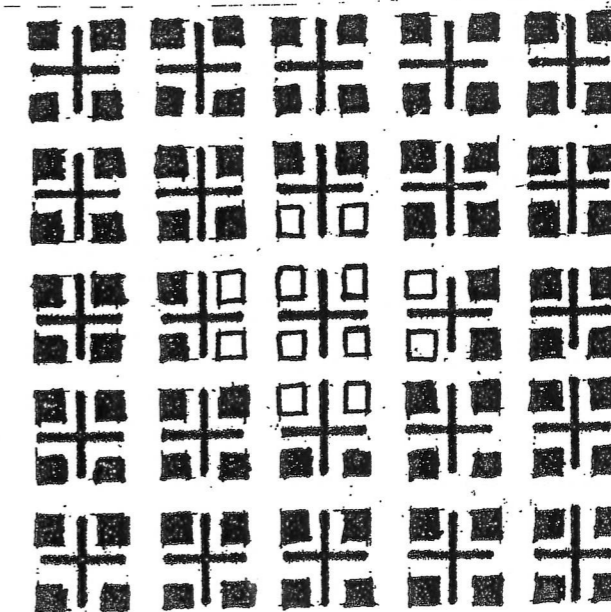
第1図、4号機の臨界爆発の想像図

## 意図的な航空機衝突などへの対策

➤ 意図的な航空機衝突などへの可搬型設備を中心とした対策(可搬型設備・接続口の分散配置)。バックアップ対策として常設化を要求(特定重大事故等対処施設の整備)



※系統構成は一つのイメージ (特定重大事故等対処施設) 20



第3図、Pu239生産炉の中心部分  
+ 制御棒、□天然ウラン、■核燃料