

令和2年(ネ)第409号 南相馬市原発損害賠償請求控訴事件

一審原告 高田一男 外

一審被告 東京電力ホールディングス株式会社

準備書面 7

～後藤政志意見書(甲A336)に基づく主張～

2022年1月19日

仙台高等裁判所 第2民事部 御中

一審原告ら訴訟代理人弁護士 広 田 次 男



同 弁護士 大 木 一 俊



同 弁護士 坂 本 博 之



同 弁護士 深 井 剛 志



外

目次

第1 はじめに	5
第2 「中間とりまとめ」にみられる福島第一原発のシビアアクシデント対策の構造上の問題点	5
1 本件原発事故における水素爆発の発生機序	5
(1) 空気作動弁のフェイルオープンになり水素や放射性物質を含む気体が逆流したこと（特に1号機）	6
(2) 非常用ガス処理系（以下「SGTS」という。）との系統分離がなされてしまはず、バルブが耐圧ベント時の電源喪失により開いたので、SGTS 下流側から水素や放射性物質を含む気体が逆流したこと	6
(3) 水素が格納容器ベントしたときにSGTSに逆流し、さらに常用換気空調系を通して排気ダクトから原子炉建屋内に逆流したこと	7
(4) 1号機、2号機のベント排管が廃棄等の基部に直接接続されていたことで、ベント排管から流れ出た水素が排気筒下部の広い空間に放出されたときに、それまで周囲に少なかった酸素が水素と一緒に混ざったことで水素爆発した可能性があること	8
(5) 本件原発事故における水素漏洩の原因	9
ア はじめに	9
イ 従来から分かっていた格納容器からの水素の漏洩の可能性	9
ウ 本件原発事故において想定される水素の漏洩経路	11
2 福島第一原発の構造上の問題点	13
(1) グラビティダンパの取り扱いも号機ごとにバラバラなど設計に統一性や首尾一貫性がないこと	13
(2) ラプチャーディスクが機能しなかったこと	16
(3) 耐圧ベントラインの系統構成が脆弱であったこと	17
(4) 被告自身も福島第一原発において設計の不十分さがあったことや1号	

機から 4 号機の構造において水素排出が完全な方法では出なかったこと を認めていること	18
3 被告の設計思想の問題	18
(1) 日本のシビアアクシデント対策が発生しがたいとして事業者の自主基 準としたこと（被告と原子力規制のもたれあい）	18
(2) 福島第一原発でのシビアアクシデント対策が付加設計であってトータ ル設計になっていないこと	20
(3) シビアアクシデント対策が「設計基準事故」と「シビアアクシデント (過酷事故)」のダブルスタンダードになっていること	22
4 本件原発事故前に 2 の構造上の問題点を指摘されて修正する機会が与え られていたにもかかわらず被告がこれを放置したこと	23
5 まとめ	24
第 3 福島第一原発における放射性物質拡散のリスク	25
1 原子炉建屋上部のシールドプラグで高濃度の放射性物質が発見されたこ と	25
2 現時点での福島第一原発の汚染状況	27
(1) 使用済核燃料を除く放射性物質（主としてセシウム 137）の総量と状 況	27
(2) 使用済核燃料の置かれている状況	28
(3) 敷地内外の核種放出の挙動がいまだに特定されないこと	29
(4) 小括	29
3 被告の対応	30
(1) 燃料取り出し工事の概要とスケジュール	30
(2) 使用済み核燃料のみならずデブリの取り出しも予定していること ..	31
(3) 新設する大型カバーと放射性物質飛散対策	32
4 放射性物質が飛散するリスク	32

(1) 地震や本件原発事故によって建屋が脆弱化していること	32
(2) ガレキ撤去の際の溶解作業のときに金属粒子が周辺に飛び散るリスク	33
(3) 重機によるコンクリート解体作業と人手によるコンクリートはつり作業のときに飛散するリスク	34
(4) 使用済み核燃料の存在と脅威	34
(5) デブリ取り出しの困難さと汚染拡大のリスク	35
(6) デブリ空冷化によりトリチウム水海洋投棄が不要になること	35
5　まとめ	35

第1 はじめに

2021（令和3）年3月5日、原子力規制庁は、本件原発事故に関して、「東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめ」－2019年9月から2021年3月までの検討－（以下「中間取りまとめ」という）を発表したが、この「中間取りまとめ」により、以下の二つの事実が新たに明らかになった。

具体的には、第1に、1号機、2号機共用排気管内のベント排管が共用排気管の筒頭部まで達することなく、共用排気管基部までしか達していなかったとの事実であり、第2に 2号機、3号機の原子炉建屋上部にあるシールドプラグの下面に、 ^{70}PBq ものセシウム137が存在しているとの事実である。

そのうち、第1の事実は、被告の設計思想の杜撰さを象徴するもので、被告の悪質性を示すものであり、第2の事実は、今後のデブリ等の取り出し作業に伴い、放射性物質が飛散されるリスクを考慮すると、今後も長期にわたって周辺住民にとっては重大な脅威となり続けることから、原告らが被ばくによる健康不安を感じることが客観的に見ても合理的であるとの事實を示すものである。

以下、第1の事実に関しては、「『中間取りまとめ』にみられる福島第一原発のシビアアクシデント対策の構造上の問題点」として、第2の事実に関しては、「福島第一原発における放射性物質拡散のリスク」として、以下詳論する（以上甲A336・4～6頁）。

第2 「中間とりまとめ」にみられる福島第一原発のシビアアクシデント対策の構造上の問題点

1 本件原発事故における水素爆発の発生機序

本件原発事故において、1号機、3号機、4号機の各原子炉建屋が相次い

で水素爆発した。その詳細についてはいまだ不明な点が多いが、それら原子炉建屋の水素爆発の発生機序は、主に以下の点にあると推測される。

(1) 空気作動弁のフェイルオーブンになり水素や放射性物質を含む気体が逆流したこと（特に1号機）

本件原発事故では、電源喪失で空気作動弁がフェイルオーブン（故障や電源喪失時に自動的に弁が開くようとする仕組み）になり、水素や放射性物質を含む気体が逆流したとみられる。特に1号機は、空気作動弁が開いてしまった場合、空気作動ダンパがあったが、グラビティダンパ（重力で閉鎖する逆流防止用）がなかったため、水素や逆流しやすかったと考えられる。空気作動ダンパは、耐圧ベントの圧力に対し逆流防止できないのではないかと推測される。

2号機には、空気作動ダンパに加えて、グラビティダンパがあったが、耐圧ベントラインの圧力が高いため、これも機能せず逆流したのではないかと推測される（以上甲A336・14頁）。

(2) 非常用ガス処理系（以下「SGTS」という。）との系統分離がなされおらず、バルブが耐圧ベント時の電源喪失により開いたので、SGTS下流側から水素や放射性物質を含む気体が逆流したこと

各号機のSGTS系統は同様の仕組みになっているが、耐圧強化ベント系との境界の空気作動弁（AO弁）は確実に逆流を防げるか疑問がある。図8でSGTS上流側のAO弁【A1】は、『通常時閉／電源喪失時閉』になってしまっており、正常に作動すれば逆流防止できるが、SGTS下流側のAO弁【A2】は、『通常時閉／電源喪失時開』となっている。【A2】のバルブが、耐圧ベント時に電源喪失により開いたので、SGTS下流側から、水素や放射性物質を含む気体が逆流したものと考えられる（以上甲A336・14頁）。

○SGTS系統の概要図

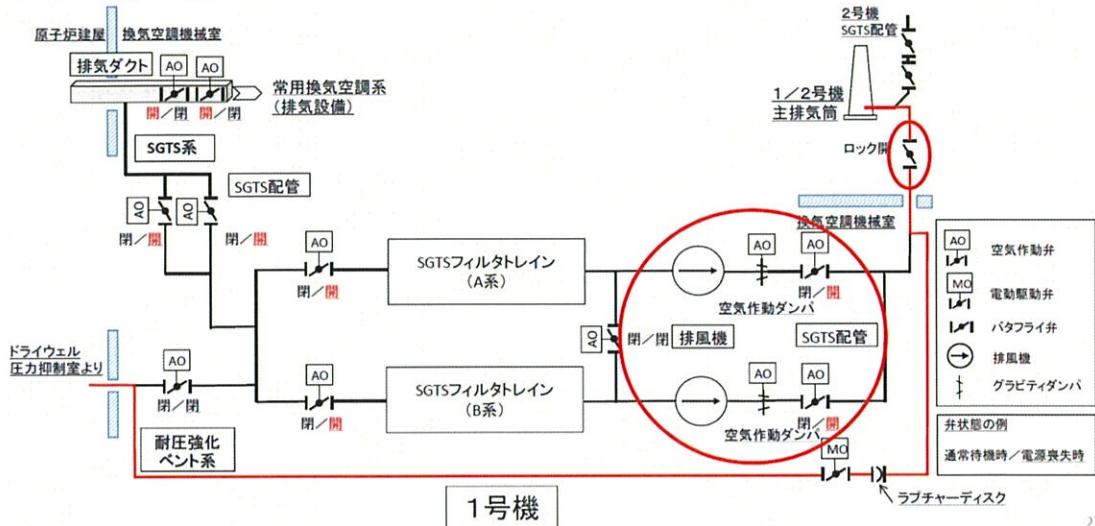


図8 1号機SGTS系統の概要

(3) 水素が格納容器ベントしたときにSGTSに逆流し、さらに常用換気空調系を通して排気ダクトから原子炉建屋内に逆流したこと

通常運転時には原子炉建屋から常用換気空調系（排気設備）を通して主排気筒へ建屋内空気を排気しているが、非常時（事故時）には、建屋内の排気は、常用換気空調系AO弁を閉じてSGTS系からSGTSフィルタトレインを経て耐圧強化ベントラインにつながり排気筒へ流す設計になっていたと推測される。ところが、電源喪失でSGTS出口側AO弁がフェイルオープンで開になり、SGTS系のAO弁はすべて開になっているので、格納容器耐圧ベントによる高濃度の放射性物質や水素はフィルタを逆流したことが、汚染状況の調査からも伺える。放射性物質は、SGTSフィルタトレインである程度軽減されるが、水素はそのままフィルタを通って建屋内換気ダクトを通じて、各階の部屋へ逆流した可能性が否定できない。

水素は格納容器ベントした時に、SGTSに逆流し、さらに常用換気空調系を通して排気ダクトから原子炉建屋内に逆流して建屋内水素爆発の原因の

一部となつた可能性がある（以上甲A336・15頁以下）。

(4) 1号機、2号機のベント排管が廃棄等の基部に直接接続されていたことで、ベント排管から流れ出た水素が排気筒下部の広い空間に放出されたときに、それまで周囲に少なかった酸素が水素と一気に混ざったことで水素爆発した可能性があること

既に中間取りまとめで明らかになった事実の一つであると述べたが、図5にあるように、1号機、2号機の共用排気筒内のベント排管が、共用排気管の筒頭部まで達することなく、共用排気筒基部にまで達していなかった。このように、ベント管が排気筒の基部に直接接続されていたことは、ベント配管（約300～300mm程度）から流れてきた水素が、排気筒下部の広い空間に放出された時に、それまで周囲に少なかった酸素が、水素と一緒に混ざるので、水素爆発が発生する可能性がある。このことは、更田原子力規制委員会委員長も記者会見で指摘している（甲A336・10頁）。

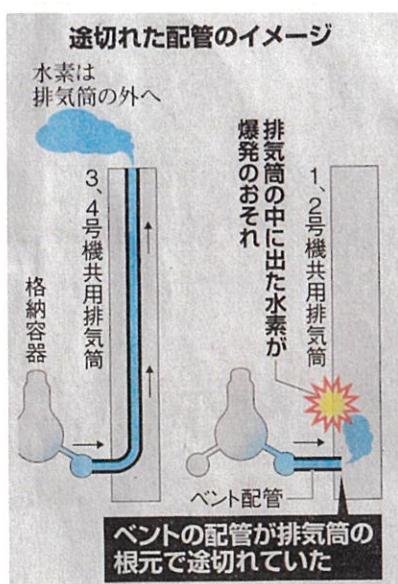


図5 朝日新聞 2021年2月28日朝刊

(5) 本件原発事故における水素漏洩の原因

ア はじめに

本件事故における水素漏洩の原因としては、前記（1）から（4）に述べたベント配管の問題だけではなく、そもそも設計段階からの格納容器貫通部における漏洩防止の対策が十分の行われていなかったことも指摘する必要がある。

イ 従来から分かっていた格納容器からの水素の漏洩の可能性

本件原発事故において、水素がどこから原子炉建屋内に漏洩したかについては、格納容器が高温、高圧になり、格納容器の貫通部、具体的にはトップヘッドフランジのガスケットから漏洩、あるいは、格納容器胴部にある機器ハッチやエアロック等のフランジのガスケットからの漏洩と非常に多数の電気配線貫通部の樹脂からの漏洩が考えられる（図16）。

1. 格納容器からの漏えい

1-6. 漏えいの可能性のある箇所(Mark-I型原子炉の例)

原子炉格納容器には接合部や貫通部が存在し、有機シール材（シリコンゴム等）を充填させることにより気密性を確保している。以下の接合部や貫通部については、今回の事象において漏えいの可能性が指摘される主な箇所であり、具体的な漏えい経路について次頁以降にて検討する。

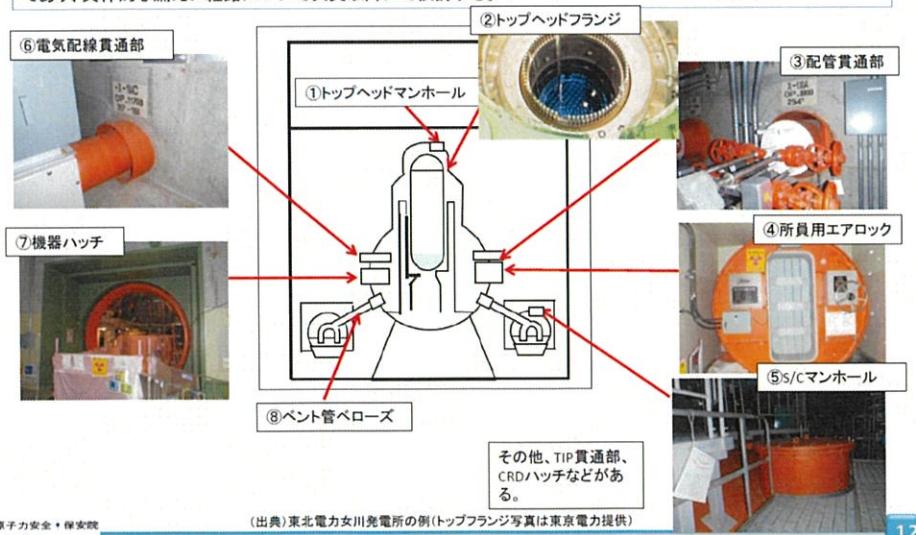


図16 格納容器貫通部（漏洩が想定される箇所） 東北電力資料

このような格納容器貫通部は、シリコンゴムやエポキシ樹脂等でできており、鋼製の格納容器本体とは異なり、高温に弱く漏洩し易い。ただし、格納容器のどの部位から漏洩するかについては、当該格納容器貫通部の温度に強く依存している。

格納容器の上部にある、燃料交換時に開くトップヘッドフランジが代表的な貫通部で、直径10m近くある最も大きな貫通部であり（図17参照）、上下のフランジをボルトで閉めており、フランジ接触部に2条の幅と高さ約10mm程度のガスケットでシールされている。

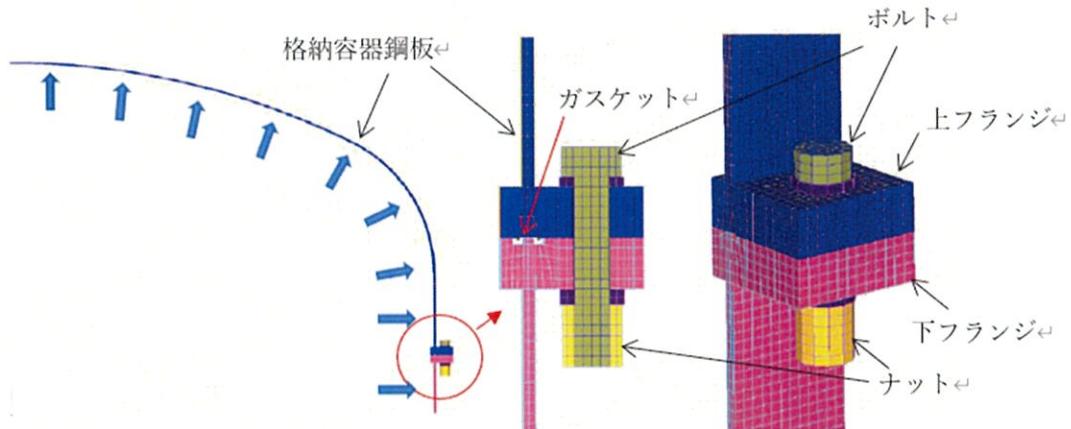


図18 トップヘッドフランジ開口量評価の解析モデル

図17 トップヘッドラウンジ開口量評価の解析モデル

格納容器内部の圧力が設計上の圧力を超えて上がってくると、次第にボルトが伸び、上下のフランジ間に隙間ができガスケット部が開いていく（図18参照）。

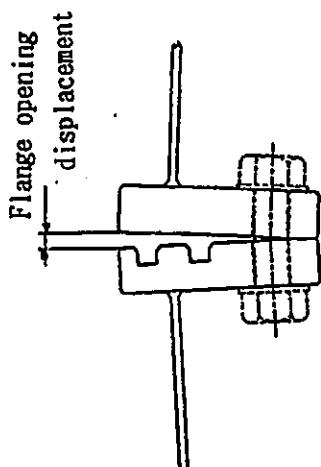


図18 フランジの開口

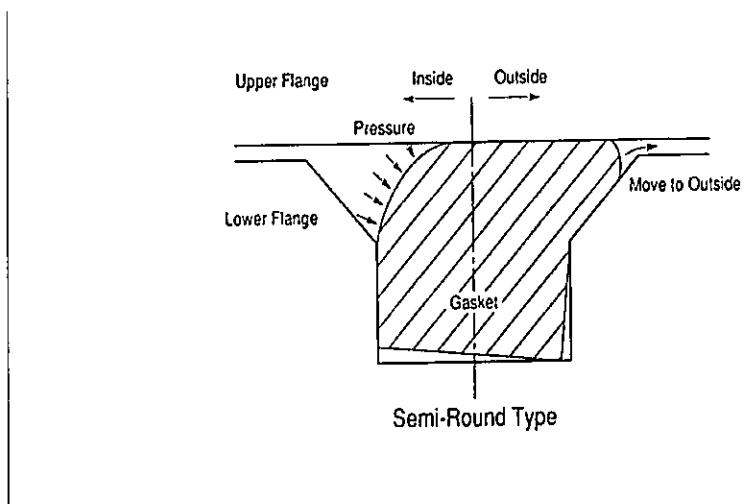


図19 フランジ開口時のガスケットの変形

上下のフランジに隙間が生じてもガスケットは図19のように圧力で変形し、押し付けられるのでガスケットが健全であれば、漏洩を防ぐことができる。

しかしながら、現実には、ガスケットは高温のガスや蒸気で劣化する。そのため、漏洩することが想定される。実機と同じガスケットを使って、一定の隙間を設けた上で、温度や圧力実施をした実験の結果から、実際には、ガスケットが圧力よりも温度依存性が強く、大略、220°Cから250°Cが限界であることが判明している。

したがって、圧力による開口量が決まれば、これらの限界温度以下であれば、それほど多くの漏えいは発生しないが、温度が上がり、これららの限界温度を超えると、水素が相当漏えいするものと推測される。

これらの格納容器から水素が漏洩することについては、従来、すなわち、本件原発事故以前の窒素を用いた実験結果と、「水素の方が窒素より漏えいしやすい」という科学的な事実から、十分推測が可能であると考えられる。

ウ 本件原発事故において想定される水素の漏洩経路

格納容器の貫通部（図16参照）から漏れた水素はどのようなルートを経

て出ていくのか確認してみよう。

水素の想定流出経路を模式的に表すと図22のようになる。

「経路1」は、リークパス長さが最も大きいトップヘッドフランジがまず考えられる。トップヘッドフランジから漏れた水素が、格納容器の上部にあるシールドプラグの間を通って原子炉建屋5階に出たルートを示す。ただし、シールドプラグの汚染の状況とシールドプラグの間を抜けていった水素の量は号機毎にどうだったかは、必ずしも明らかになっていない。特に、高温時の漏えいが重要である。

「経路2」は、電気配線貫通部（電気ペネトレーション）やハッチ類のフランジ等格納容器下部から漏洩し、階段等を伝わって上部に上がりていき、シールドプラグを介さずに5階のオペフロへ水素が溜まったものとされる。

しかし、他にも機器ハッチ（メンテナンスのため機器類を格納容器外に搬出するボルト締めのフランジ構造。小型のトップヘッドフランジのイメージ）やエアロック（人が出入りする2重扉）等大きな貫通部が数ヶ所ある。また、100本を超える数の電気配線貫通部があり、ケーブルのエポキシ樹脂製のシール部分が300°C近い高温になると劣化して漏えいすることが分かっている。場所により、周囲の温度が局所的に高温になった場合にはその周辺の貫通部から漏えいする可能性が高い。

「経路1」は、トップヘッドフランジから漏れた水素が、格納容器の上部にあるシールドプラグの間を通って原子炉建屋5階に出た可能性を示す。これは以前から想定されていた最も可能性の高い水素の経路である。

「経路2」は、電気配線貫通部（電気ペネトレーション）やハッチ類のフランジ等格納容器下部から漏洩し、各部屋からダクトや階段を伝わって上部に上がりていき、シールドプラグを介さずに5階のオペフロへ水素が溜まったものとされる。

経路3は、耐圧ベントで赤い線で示す系統で、このラインで水素も外部に

出すつもりだった。しかし、経路4のように、水素はSGTS系から原子炉建屋内まで逆流した可能性がある。また、3号機では、経路5に示すように、耐圧ベントの水素ガスが、4号機に流れている。こうした、系統間のバルブ（弁）構成（通常時に開か閉か、事故時にフェイルオーブン（弁が開く）かフェイルクローズ（弁が閉じる）かといった詳細だが重要な設計概念）など確立されていない（以上甲A336・24～29頁）。

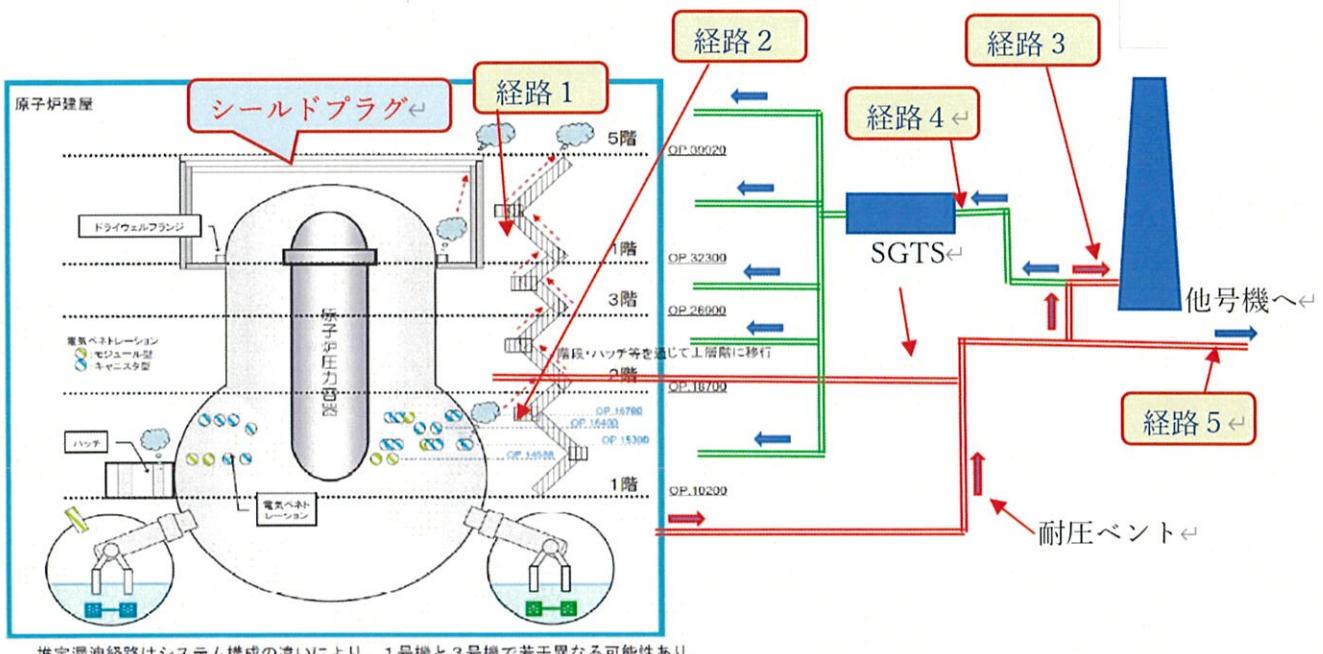


図22 格納容器の貫通部（漏洩可能性のある部位） ←

（「福島原子力事故調査報告書」（中間報告書）80頁の図に説明用として後藤政志が加筆したもの）

2 福島第一原発の構造上の問題点

本件原発事故は、以上のような水素爆発によって、1号機、3号機、4号機の各原子炉建屋が破壊され、その結果、多量の放射性物質が放出されたことで引き起こされたものであるが、以下に述べるような、福島第一原発の構造上の問題点に起因して発生したと考えられる。

（1）グラビティダンパの取り扱いも号機ごとにバラバラなど設計に統一性

や首尾一貫性がないこと

図8から図11に示すように、各号機もはじめにSGTSの系統（SGTS フィルタトレイン等）があり、後から赤色で示した耐圧強化ベント配管を追設した。その段階で、バルブの開閉状態（通常時開か閉か、電源喪失時開か閉かの選択）の設定が誤りで耐圧ベント系の機能喪失や逆流が発生してしまった。

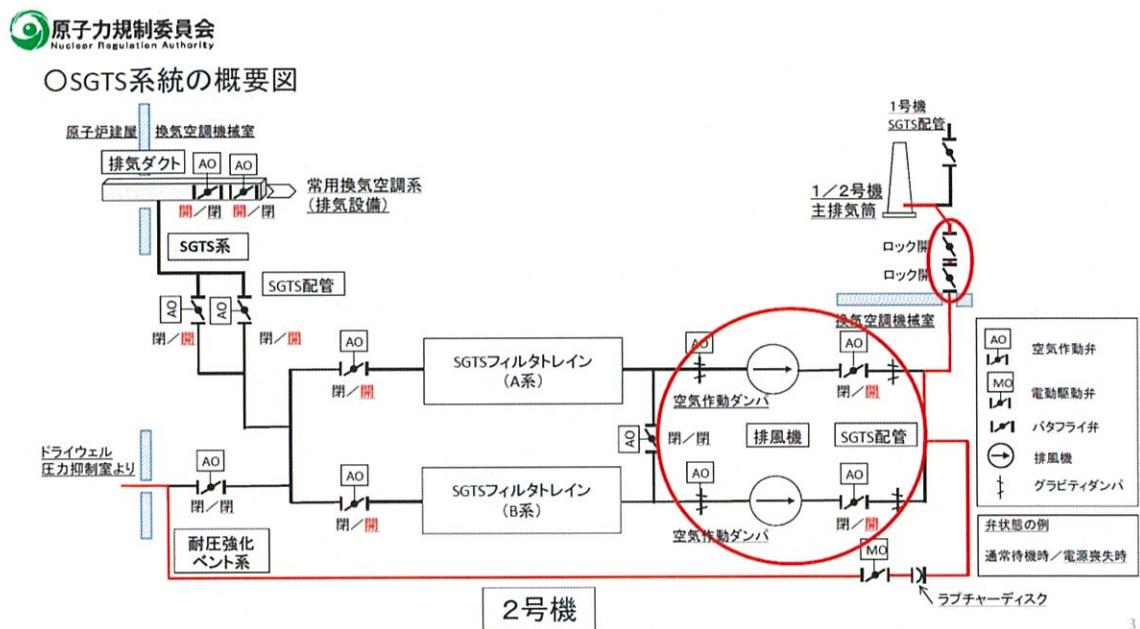


図9 2号機SGTS系統の概要

○SGTS系統の概要図

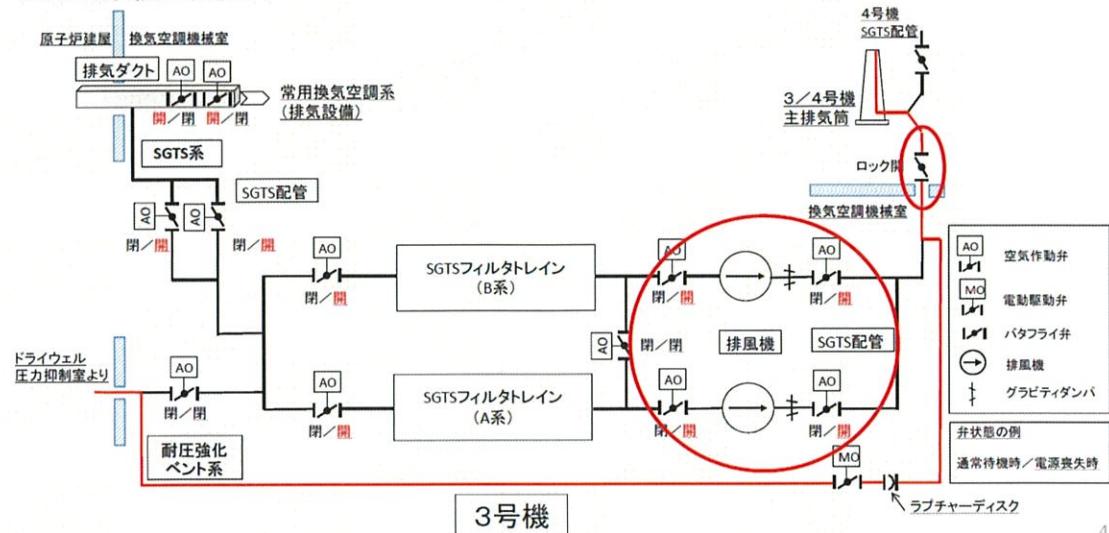


図 1 0 3号機 SGTS 系統の概要

○SGTS系統の概要図

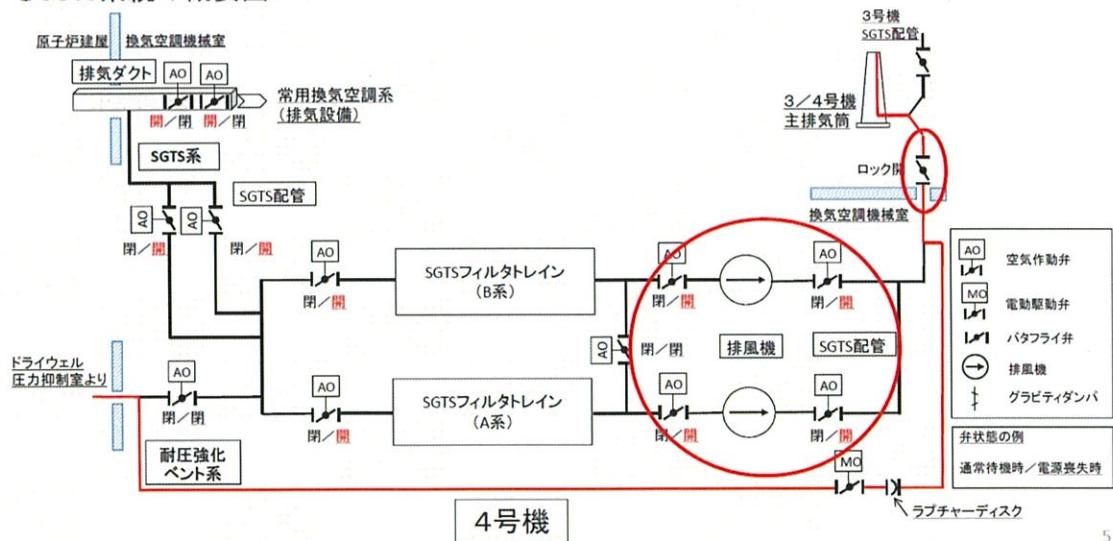


図 1 1 4号機 SGTS 系統の概要

同様に、逆流防止用グラビティダンバの設置が、重要であるが、号機毎に以下のようにになっていた。

	空気作動ダンパの有無	グラビティダンパの有無
1号機	○	×
2号機	○	○
3号機	×	○
4号機	×	×

耐圧ベント系の系統間分離についての被告の設計思想は、排気筒の構造の違いとは別に一貫した考え方により設計されているとは思えない理解しがたいものである（以上甲A336・16頁）。

（2）ラプチャーディスクが機能しなかったこと

本件原発事故において、被告は、格納容器の圧力が上昇し過圧破損防止と原子炉の減圧操作に必要な格納容器強化ベントラインを働かせようと試みた。1号機、3号機では、部分的に格納容器ベントができたとみなされていたが、1号機、3号機ともに水素爆発を起こし、2号機においてはベントができるいなかった。ベントは、失敗すると格納容器が過圧破損してしまう極めて重要なシビアアクシデント対策である。しかるに、2号機はラプチャーディスク¹が開かずベントできなかつたと推測されており、ラプチャーディスクの設計上の位置づけと設定圧力を巡って議論があり必ずしも解決していない。1号機と2号機はベントラインがSGTS配管を経由して共用されており、中間報告で示されている汚染の状況から、ベントに伴うあるいはベント操作では想定しなかつた放射性物質の流れが部分的に明らかになってきている。

このようにラプチャーディスクが機能しなかつたことが、本件原発事故の原因の一つであったと考えられる（以上甲A336・17頁）。

¹ 配管につけた圧力が一定以上になったら金属製の板が破れて流体が流れる弁の一種

(3) 耐圧ベントラインの系統構成が脆弱であったこと

被告は、フィルタを付けなくてもBWR型格納容器については、圧力抑制プール水が水フィルタになるので、フィルタなしの耐圧ベントにしたようである。

しかしながら、耐圧ベントラインには、ウェットウェルベント（圧力抑制プール水をくぐってベントする）と、ドライウェルベント（原子炉の入った格納容器本体から直接ベントする）の2つのラインがあり、前者を優先して使うが、圧力抑制プールが機能しないあるいは故障等で使用できない場合には、後者のドライウェルより直接放射性物質を放出することになる。事実、本件原発事故の当時、被告は、1号機、3号機については、ウェットウェルベントを中心とした格納容器ベントを苦労の末、何とか実施をしたところ、電源喪失という状況にあったものの、1号機ではたった2つの弁を開けるのに8時間近くもかかっており、

3号機も簡単にはベントをすることができなかった。2号機にいたっては、ウェットウェルベントもドライウェルベントも実施したが、両方ともベントに失敗した。

これらの原因として、ラプチャーディスクの作動圧まで圧力が上がらなかつた可能性が指摘されている。

しかし、被告は、そもそも格納容器の圧力が一定以上に上がった場合を想定してベントラインの設計をしていた。そのため、圧力が上がらなかつたとの理由から被告がベントをすることができなかつた原因としては、こうしたベントの使い方を被告が想定していなかつた点にある。被告の過酷事故対策は、このように、全く信頼性がないことがよくわかる。

以上のように、被告が過酷事故対策として講じていた耐圧ベントラインの系統構成が、格納容器の圧力が一定程度以上に上がった場合を想定してベントラインの設計をしていたなど、きわめて脆弱であったことが、本件原発事

(4) 被告自身も福島第一原発において設計の不十分さがあったことや1号機から4号機の構造において水素排出が完全な方法では出なかつたことを認めていること

なお、国会の予算委員会で2021（令和3）年3月3日に福島みずほ議員が規制庁ならびに被告に質問をした際に、被告の代表執行役社長（当時）の小早川智明は、福島第一原発のベントの構造の経緯について確認することができないと述べ、1号機から4号機の構造において、水素排出が完全な方法でなかつたと認めている。さらに、その際に、原子力規制庁の市村知也も、ベントについての福島第一原発の設計が十分でなかつたことを認めている（以上甲A336・27～29頁）。

3 被告の設計思想の問題

2で述べた福島第一原発の構造上の問題点は、以下に述べる、被告の設計思想に由来する。

(1) 日本のシビアアクシデント対策が発生しがたいとして事業者の自主基準としたこと（被告と原子力規制のもたれあい）

本件原発事故で問題となっている格納容器耐圧ベントの規制に関する内容は、1992（平成4）年のシビアアクシデント対策に対する原子力安全委員会の決定に従つてなされていた。過酷事故対策は、1990年代後半に行われたが、そこでは事業者の自主基準によるとされながら、格納容器耐圧ベントが明記されていた。

原子力安全委員会は、1992（平成4）年3月5日に原子炉安全基準専門部会から報告のあった、原子炉安全基準専門部会の共通問題懇談会報告書について、審議の後、以下のとおりの「発電用軽水型原子炉施設におけるシビアアクシデント対策としてのアクシデントマネジメントについて」を決定した。

その中で、アクシデントマネジメントについて、「シビアアクシデントは工学的には現実に起こるとは考えられないほど発生の可能性は十分小さいものとなっており、原子炉施設のリスクは十分低くなっていると判断される」（傍点は原告代理人による）などの記載がある。この記載から、原子力安全委員会は、日本においてはあたかも十分な安全対策がなされているとの錯覚をしていたと考えられる。続けて、原子力安全委員会は、「この低いリスクを一層低減するものとして位置付けられる。したがって、当委員会は、原子炉設置者において効果的なアクシデントマネジメントを自主的に整備し」と記載して、シビアアクシデントに対する規制をしなかった。

1979年の米国スリーマイル島原子力発電所事故と、1986年の旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故を経験したにも関わらず、原子力安全委員会は、シビアアクシデントの発生確率について、机上の確率論的リスク評価により1基当たり 10^{-4} 炉年（1万年に一度）から 10^{-5} 炉年（十万年に一度）あるいはそれよりはるかに炉心損傷確率が小さいとして、自然現象への取組やシビアアクシデントに対する抜本的な対策をしなかった。

本来は、シビアアクシデントというものは、原因の如何を問わず、設計条件を超えた状態を意味しており、炉心溶融を防ぐため、機器の故障や電源喪失に対して対策をするもので、地震や津波が起因事象であっても、事故を収束できるようになっていなければならなかった。しかも、日本は、世界でも地震や津波が懸念される環境であるから、自然現象を甘くみることは、原子力安全にとって致命的であった。

そして、被告もまた、原子力安全委員会から「原子炉設置者において効果的なアクシデントマネジメントを自主的に整備」（傍点は原告代理人による）するように要請されたことで、シビアアクシデントに対する抜本的な対策をしなかった。いわば原子力規制と事業者である被告とのもたれあいの結果（これも一種の被告の設計思想の問題である）、本件原発事故が発生したのである。

る（以上甲A336・18～20頁）。

(2) 福島第一原発でのシビアアクシデント対策が付加設計であってトータル設計になつていないこと

既に述べたように、本件原発事故において、福島第一原発には、原子炉建屋や原子炉格納容器からの排気（ベント）の仕組みに多くの問題があった。その原因の一つとして、以下の理由が考えられる。

すなわち、被告は、元々昭和40年台には、安全性の仕組みとして、沸騰水型（BWR）の格納容器が、1次格納容器（P C V : A reactor primary containment vessel）として、隔離機能を中心に据えていた。その上で、被告は、原子炉建屋を2次格納施設として負圧管理することで、格納容器外に漏れた放射性物質（実際には水素も含む）を外部に流出しないように設計した。

ところが、日本でも、設計基準を超える事故として、1992（平成4）年に、シビアアクシデント対策が取り入れるようになり、原子炉格納容器の位置づけ根本から変わり、格納容器については、ただ隔離機能を持つだけではなく、冷却に失敗したときには、格納容器からベントを行うという機能も持たせざるを得なくなつた。その段階で、それまで設計基準事故を対象に設計してきたすべてのシステムが、シビアアクシントによる環境の著しい変化のリスクに対応するよう要請されるようになった。

ところが、被告は、これらのアクシデントマネジメントについては、原子力の安全性の基本的な仕組みを変えることなく、対象療法的に部分的な装置、例えば「耐圧ベント」を追加するなどの小手先の対応をするにすぎなかつた。このような被告の部分的で小手先の対応は、設計論でいう「付加設計」にすぎず、抜本的な対策ではないことから、本件原発事故のようなシビアアクシデントの際に破綻することが十分考えられた。

以上のことを具体的に述べるとすると、以下のとおりである。

すなわち、付加設計とは、例えば図15に示す温泉宿の増設で、本館が手

狭になったので、別途新館を作り、しばらくしてまた手狭だったので、別館1を作り、さらに別館2を作るといった便宜的な措置を繰り返すことで、各建物の通路が複雑になり、火災等の時に避難が遅れる危険が生じることをいう。

それに対して、対象が変更を必要とした時に、従来ある部分と追加される部分の要求機能、制約条件、安全などを総合的に見直して設計し、全く新しく立て直すことを「トータル設計（本来やるべき全体を考慮した設計）」いう。「トータル設計」は、大規模なシステムほど、重要な設計の考え方である。

「失敗学」の著者、畠村洋太郎は、次のような表現で付加設計の問題点を明確に示している。

「状況が大きく変化したときには、新しく要求される機能や新しい制約条件、安全性などをトータルで見ながら、まったくゼロから全体を組み立て直すしかない。これが付加設計の対極にある「トータル設計」の考え方です。」

（失敗学 実践講義 124頁）

以上のように、被告の福島第一原発でのシビアアクシデント対策が、付加設計であって、トータル設計でなかったという被告の設計思想の問題も、本件原発事故の一因であったと考えられる（以上甲A336・20～21頁）。

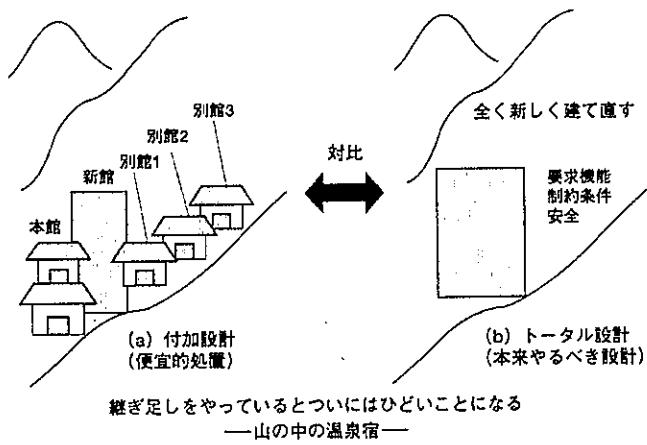


図 4-1 付加設計とトータル設計の例

図 1-5 付加設計とトータル設計の例（畠村洋太郎「失敗学」実践講座（講談社）2006年10月 123頁より）

（3）シビアアクシデント対策が「設計基準事故」と「シビアアクシデント（過酷事故）」のダブルスタンダードになっていること

被告は、アクシデントマネジメントについては、原子力の安全性の基本的な仕組み、すなわち、原子炉や原子炉格納容器【最高使用温度138℃、最高使用圧力0.48 MPa（1号機）、0.38 MPa（2号機～5号機）、圧力はゲージ圧】の構造や設計事故条件はそのままにしておいて、設計基準を超えるとシビアアクシデント条件（いわゆる200℃、2蒲田（設計基準の2倍）を適用しようする。

被告は、福島第一原発についても、格納容器耐圧ベント系の設計は、シビアアクシデント条件で設計しているが、接続されているSGTS系や建屋空調系は通常の設計条件で設計している。そのため、同じ装置の設計条件が、格納容器耐圧ベント系の設計と接続されているSGTS系や建屋空調系とで、「シビアアクシデント（過酷事故）」と「設計基準事故」とのダブルスタンダード（二重基準）になっている。これでは、バルブ故障や誤作動の時など、設計圧力の強い側から設計圧力が弱い側に逆流するし、そのときには、

弱い側の装置類は破損してもおかしくない。

このように、シビアアクシデント対策が「シビアアクシデント（過酷事故）」と「設計基準事故」とのダブルスタンダードとなっていたという被告の設計思想も、本件原発事故の一因であると考えられる（以上甲A336・21頁）。

4 本件原発事故前に2の構造上の問題点を指摘されて修正する機会が与えられていたにもかかわらず被告がこれを放置したこと

シビアアクシデントマネジメント対策について、原子力安全・保安院は、自主的対策と言いながらも、被告をはじめとする各電力会社に対して、以下の対応をしている（甲A336・29頁）。

まず、被告に対し、福島第一原子力発電所各号機毎の「アクシデントマネジメント検討報告書」（平成6年3月）を提出させている。

次に、被告に対し「福島第一原子力発電所のアクシデントマネジメント整備報告書」（平成14年5月）を提出させている。

さらに、原子力安全・保安院は、被告をはじめとする各電力会社に対して、「アクシデントマネジメント整備上の基本要件について」（平成14年4月）を発出している。

のみならず、資源エネルギー庁公益事業部・原子力発電安全管理課は、平成8年9月、被告をはじめとする各電力会社に対して、「発電用軽水型原子力発電施設におけるアクシデントマネジメントの整備について」という文書を発信している。その中で、「アクシデントマネジメント策の整備に際し、設計基準事象に対する防護の水準が低下してはいけないとの観点から、技術的検討がなされている。」「『アクシデントマネジメント策の整備に係る工事が安全機能へ影響を及ぼさないことを説明する書類』を参考資料として添付されたい。」としている。この文面の趣旨からすると、資源エネルギー庁が、被告をはじめとする各電力会社に対し、アクシデントマネジメント策である「格納容器耐圧

ベント」を設置するにあたって、スタックから確実にベントできることや他の系統へ逆流する可能性を排除する措置を取るべきことを事実上要請している事實を読み取ることができる。さらに、資源エネルギー庁が、被告をはじめとする各電力会社に対して、スタックの構造について、安全機能に影響を与える可能性の有無を確かめる義務を課したものとみなすことができる。

いずれにせよ、これだけの機会が与えられていたにもかかわらず、被告は、ベントの構造について見直しをしなかった。

すなわち、本件原発事故前に、福島第一原発の構造上の問題点について、原子力安全・保安院などからその危険性を指摘されて、修正する機会が与えられていたにもかかわらず、被告は、それらの修正を放置したのである。

その原因は、3で述べた被告の設計思想にも起因するとも考えられる。

5 まとめ

以上のように、本件原発事故は、1号機、3号機、4号機の各原子炉建屋が水素爆発をしたことによって発生したが、それら水素爆発の原因、ひいては本件原発事故の原因としては、グラビティダンパの取り扱いも各号機ごとにバラバラに設計され、統一性や首尾一貫性がないこと、ラブチャーディスクが機能しなかったこと、耐圧ベントラインの系統構造が脆弱であったこと等の福島第一原発の構造上の問題点にあると考えられる。一本の配管から、ただベントガスを排出する「耐圧ベントシステム」自体が、まっとうに機能しなかった事実は非常に重い。

ここで、問題は、福島議員に対する質疑の中で、被告の代表執行役社長である小早川智明が、1、2号機と3、4号機で明白な構造の違いがあるのに、どのような経緯でそのような構造が取られかについて、当時の記録も調べたが、分からないと明言している。当時の問題は、シビアアクシデントの問題ではなく、初期の設計の問題であり、その設計の考え方が分からぬなどと

いうことは、原子力発電プラントを設計・設置する事業者として怠慢のそしりを免れない。

そして、これら福島第一原発の構造上の問題点は、原子力規制とのもたれあい、付加設計であってトータル設計でないこと、シビアアクシデント対策が「設計基準事故」と「シビアアクシデント（過酷事故）」のダブルスタンダード（二重基準）になっていたなどの被告の設計思想に由来するが、シビアアクシデント対策の目玉として計画した耐圧ベントが安全対策と真っ向から反する仕組みになっていたこと、そこに一貫した設計思想も認められないことからすれば、それを具体化させた事業者である被告の責任であることは争いようのない事実である。

被告は、本件原発事故前に、福島第一原発の構造上の問題点を指摘されて修正する機会が与えられていた。にもかかわらず、被告がこれを放置した結果、本件原発事故が引き起こされたのである。被告のこのような放置、怠慢は、引き起こされた結果の甚大さからみても、決して許されるべきものではなく、被告の悪質性を示すものである。

第3 福島第一原発における放射性物質拡散のリスク

1 原子炉建屋上部のシールドプラグで高濃度の放射性物質が発見されたこと

既に述べたように、2021年3月5日原子力規制委員会が公表した本件原発事故の「中間取りまとめ」において、格納容器の真上のシールドプラグ下面の多量の放射性物質が存在することが指摘された。事故後10年たってはじめて、今まで想定しなかった核燃料デブリに近いレベルの放射性物質が、原子炉建屋の5階床にある、3枚の重ねられた鉄筋コンクリート製のシールドプラグ下面で発見され、原子力規制委員会委員長も驚きの声を上げた。福島第一原発の2号機、3号機および1号機でも、原子炉格納容器の真上にあるシールドプ

ラグで高濃度の放射性物質が確認された。

この極めて高い放射線を出す放射性物質が格納容器内ではなく、原子炉建屋の上部に存在することは、放射性物質が外部へ拡散するリスク、さらには外部に拡散した場合のリスクを大幅に高いものにしている。

図23に、1号機から号機までのシールドプラグの汚染状況が示されている。ここで、PBqは、放射線を発する能力、強さを意味する単位で、1Bq(ベクレル)は、「放射性物質が1秒間に崩壊する原子の個数(放射能)」をいい、P(ペタ)は 10^{15} という数値を表す。1PBqは 10^{15} Bqで、1兆の千倍を意味する。非常に高い放射線を放つ能力を示している。例えば、物質1kgあたり何Bq(ベクレル)の放射能があると表現する。

各号機のオペフロに直径約1.5. 2mあるシールドプラグがあるが、非常に高線量の放射性物質は、本件原発事故で気体として放出されたとされる総量15PBq(推定値)比べても非常に大きな値で、様々な技術的な検討をしているものの、汚染の全体像を把握できていないことは明らかである。これは、住民にとって大きな脅威である(以上甲A336・33頁)。

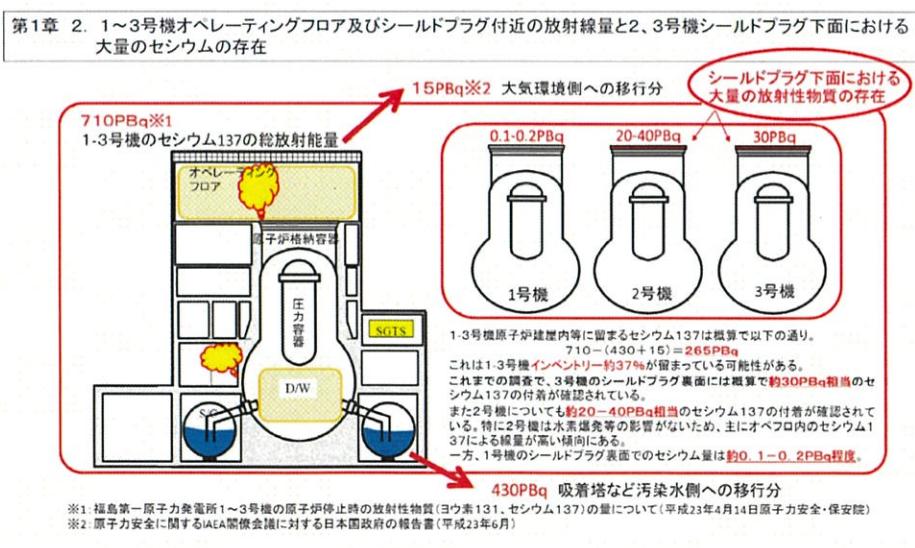


図23 シールドプラグに多量の放射性物質の存在(第89回特定電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめのポイント)

5 頁より)

2 現時点での福島第一原発の汚染状況

(1) 使用済核燃料を除く放射性物質（主としてセシウム 137）の総量と状況

福島第一原発の中期的リスクの低減目標マップ（2021年3月版）（特定原子力施設監視・評価検討会第90回参考1、2021年3月3日原子力規制委員会）の資料より図24に放射性物質（主としてセシウム 137）の汚染状況を示す。

使用済燃料を除く放射性物質の内、半減期等から健康影響に与える影響の大きいとされるセシウム 137 を代表として比較すると、最も多いのが、③吸着塔の 250 PBq、次いで⑤燃料デブリ等の 220 PBq、④シールドプラグの 70 PBq、⑥環境放出分の 12 PBq である。

ここで、③の吸着塔は、汚染水を処理したもので、装置の中に閉じ込められている。⑤の燃料デブリは、建屋内にあるが、格納容器内に広くばら撒かれているため、③とは、リスクレベルが違い、汚染や拡散のリスクが高いといえる。また、④のシールドプラグは、予期せぬ汚染で、しかも原子炉建屋のオペレーションフロアにあることから、これも作業環境からくる汚染や拡散のリスクがある。のみならず、繰り返しになるが、放射性物質が格納容器内ではなく原子炉建屋の上部に存在することで、放射性物質が外部に拡散されるリスクも拡散した場合のリスクも、大幅に高いものになっている（以上甲 A336・34頁）。

放射性物質(主にCs-137)の所在状況(使用済燃料は除く) (単位:PBq)

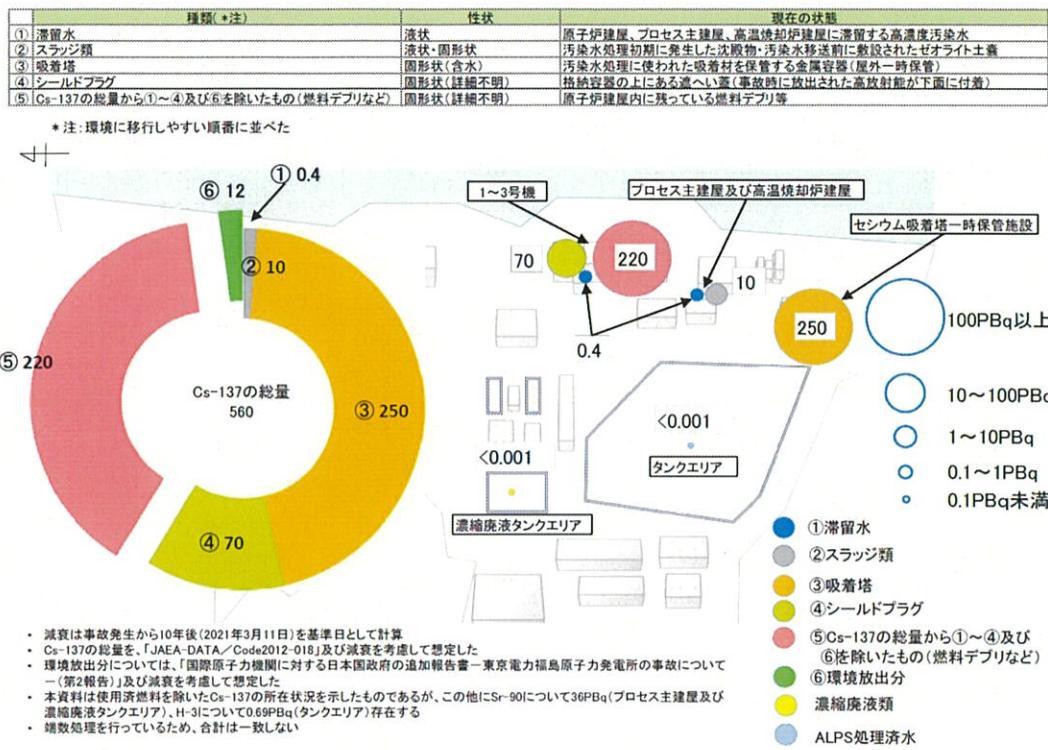


図24 福島第一原発の放射性物質の総量（使用済核燃料を除く）

(2) 使用済核燃料の置かれている状況

図25に、使用済燃料の置かれている状況が示されている。

すでに3, 4号機の回収済の燃料集合体等は、共有プールに移されているが、間もなく共有プールが満杯になる。すでに一定程度冷却ができた燃料集合体が乾式キャスク仮保管設備に置かれている。

現時点(2021年3月1日)で、1, 2号機と5, 6号機に合計約3700体もの使用済燃料が、原子炉建屋上部の使用済燃料プールに保管されている。

それでも、5, 6号機は、炉心溶融や水素爆発は何とか免れたので、比較的構造健全性の高い建屋内にあるが、1, 2号機は、建屋が損傷しているので、地震等によるリスクを考えると、1, 2号機の使用済燃料については、できるだけ早く使用済燃料プールから取り出して共用プールへ移すことが望

ましい（以上甲A336・35頁）。

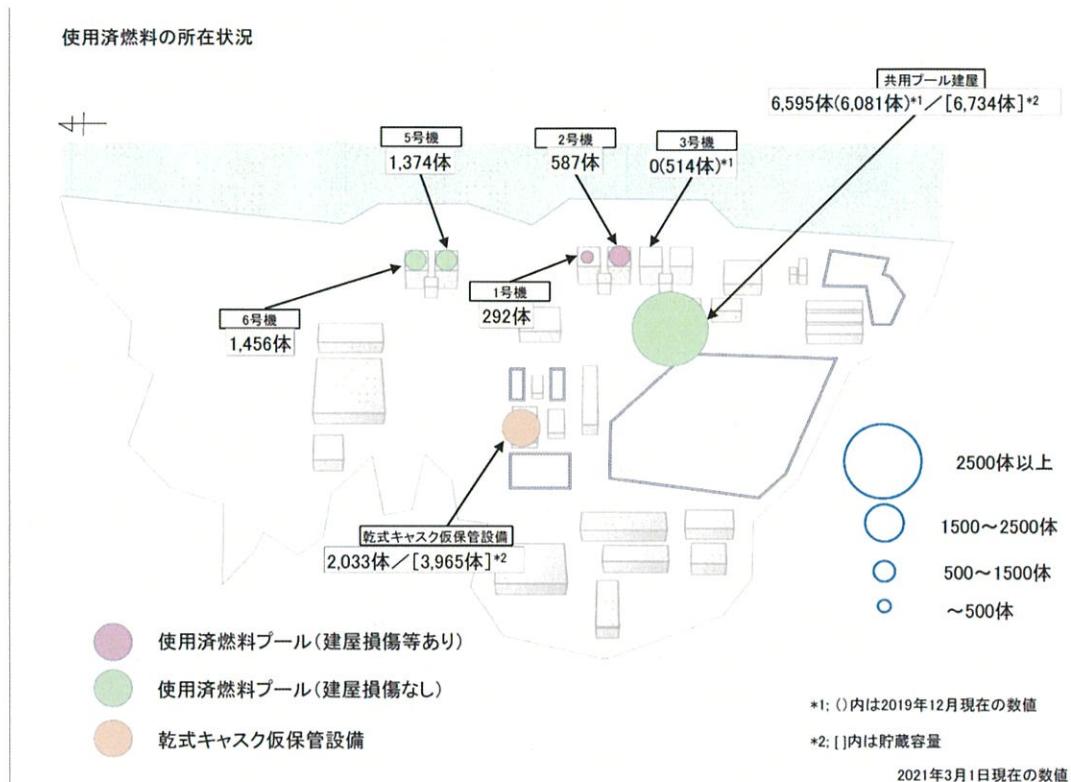


図25 使用済燃料の所在

(3) 敷地内外の核種放出の挙動がいまだに特定されないこと

2021（令和3）年5月11日現在の資料「第7回福島第一原子力発電所廃炉・事故調査に係る連絡・調整会議」資料2-3、2頁によると、2017（平成29）年12月25日の未解明問題における「敷地内外の空間線量率のモニタリングデータ等を基に核種放出挙動の分析を行う」としている。事故から10年以上経つにもかかわらず、福島第一原発敷地内外における核種放出の挙動がいまだに解明されず、特定されていない（以上甲A336・43頁）。

(4) 小括

以上のように、本件原発事故から10年以上経過した現時点においても、福島第一原発には多量の放射性物質が放置されている。そして、その

うち、特に、原子炉建屋上部のシールドプラグの下面に、本件原発事故後10年たって、はじめて今まで想定しなかった70PBqレベル（本件原発事故で外部に放出されたと推定される12PBqの6倍弱もの放射性物質が発見されたが、原子炉建屋の上部にそのような大量の放射性物質が存在することで、外部に拡散するリスクも拡散した場合のリスクも、格段に高いものとなっている、しかも、福島第一原発敷地内外における核種放出の挙動すら、いまだ特定されていない状況にある。

3 被告の対応

（1）燃料取り出し工事の概要とスケジュール

「福島第一原子力発電所1号機燃料取り出し工法のうち大型カバーの設置について」（2021（令和3）年6月7日付被告作成の文書、特定原子力施設監視・評価検討会（第91回））において、被告は、1号機の燃料取り出しの工事の概要について、以下のとおりとしている。

まず、1機の燃料取り出しに当っては、ダスト飛散対策の信頼性向上等の観点から大型カバーを設置し、カバー内でガレキを撤去する。そのために、被告は、大型カバーの設計を進めると同時に、工事の支障となる既存の原子炉建屋カバーを2020（令和2）年12月より撤去している。

2020（令和2）年3月時点において、1号機については、今まで設置していたダスト飛散防止の建屋カバーや、原子炉建屋カバーが撤去された。燃料取り出し工法は、まず、原子炉建屋を覆う大型カバーを設置し、大型カバー内にガレキ撤去用天井クレーンや解体重機を用いてガレキを撤去する。その後、オペレーションフロアの除染・遮蔽を実施し、燃料取扱設備を設置した上で、燃料を使用済燃料プールから取り出す。こうした一連の作業は、高濃度に汚染したガレキや、シールドプラグ等の汚染、作業に伴う放射性物質の大気中への拡散のリスクが伴う。

燃料取り出しに必要な工事については、STEP1の大型カバー設置完了が2023（令和5）年度頃となっている。STEP2のガレキ撤去、STEP3の除染・遮蔽とSTEP4の燃料取り出し開始が2027（令和9）年度から2028（令和10）年度になっている。つまり、現在（2022年1月）から6年から7年かけて、ようやく「燃料取出しが開始」することになる。被告は、予定した工事を計画通りに進めていくイメージを示しているが、これらの工事における放射性物質の飛散リスクはどうであろうか。有効な飛散防止対策になっているのか十分な検証が必要であろう。

特に、通常の工事と異なり、ガレキの状況や燃料そのものの損傷など、想定外の事態も十分考えられる。こうした長期にわたる燃料取り出し工事の中で、シールドプラグにおける高濃度の汚染源が見つかっており、その後の調査をしている状況である。

そのような中で、今回見つかったシールドプラグの汚染のような難題による工程の遅れを考慮すると、ラフに計画の見通しを考えても燃料取出しには約10年のオーダーかかると見ておく必要があり、その間外部への放射性物質の拡散のリスクが続くことになる。なお、さらに先の話だが、2号機においては、このシールドプラグの汚染が、1号機の百倍もの非常に厳しい放射性物質の存在下で行われることになる。これらのシールドプラグの高濃度の汚染が見つかり、廃炉作業に大きなインパクトを与えることは、すでに指摘したが、そのために、廃炉作業を実施するに際して、従来考えられていたよりも、はるかに放射性物質の拡散や被曝に注意する必要があることが判明している（以上甲A336・37～38頁）。

以上のように、今後に被告が実施する予定の燃料取り出し工事は、長期間継続することが確実である。

（2）使用済み核燃料のみならずデブリの取り出しも予定していること

さらに、被告は、今後、福島第一原発から使用済み核燃料のみならず、

格納容器の内外に溶け出して固まっているデブリの取り出しを実施することも予定している。そのことは、日本原子力学会廃炉検討委員会の宮野廣委員長の「固まっているデブリをどのように切り出して、取り出してくるかは、まだ具体的な工法がみえているとはいえない。信頼できる工法を作り、具体化していかなければならぬ」との話からも明らかである（甲A336・36～37頁）。

（3）新設する大型カバーと放射性物質飛散対策

1号機の使用済燃料の取出しの前準備として、被告は、オペフロ床遮蔽、大型カバー床遮蔽、衝立遮蔽、換気設備、ダスト放射線モニタ等の設置工事を行うとしている。被告は、換気設備とダスト放射線モニタを設置するとしている（甲A336・38頁）。

4 放射性物質が飛散するリスク

（1）地震や本件原発事故によって建屋が脆弱化していること

福島第一原発の原子炉建屋は、鉄筋コンクリート構造であるが、2011（平成23）年3月11日に発生した巨大地震により、いったん大きな地震動を受けたことで、亀裂が入り剛性が低下している可能性が高い。事実、東北電力女川原子力発電所の2号機については、「2号機原子炉建屋の場合、建屋内に設置された地震計の記録から、運転開始直前の1994年の北海道東方沖地震時と2011年3月11日の地震時を比べると、建屋の『固有振動数』が7割以下に低下していることが分かりました。構造物の剛性は、固有振動数の2乗に比例することから、女川原発2号機原子炉建屋の剛性は、建設当初と比べ全体で5割以下に低下したことになります」との新聞報道がなされている。

さらに、本件原発事故で水素爆発が発生した建屋ならびに中の構造体は、通常の健全な発電所に比べて、はるかに早く劣化が進んでいると考えておく

必要がある。したがって、事故炉の耐震評価は、地震による剛性低下と、構造部材の劣化を見込んで再評価すべきである。

被告が放射性物質の飛散防止のために設置するとしている大型カバーについては、一部構造が燃料取扱設備を間接的に支持する構造物であるため、建築基準法に定められた地震力の1.5倍を考慮するとしているが、建屋の損傷状況を考えると果たしてそれで十分なのか、大いに疑問がある。机上の仮定ではなく、実際の建物の状況を踏まえた評価が必要であろう。

このように、福島第一原発の各原子炉建屋ならびに中の構造体は、2011（平成23）年3月11日に発生した巨大地震やその直後に発生した水素爆発などの影響を受けて、通常よりもはるかに脆弱化している可能性が高い。そのような状況のもとで、使用済み燃料やデブリの取り出しなどの作業を実施することには、原子炉建屋や中の構造物が破損して、放射性物質が周囲に拡散する危険性が高い（以上甲A336・38～40頁）。

（2）ガレキ撤去の際の溶解作業のときに金属粒子が周辺に飛び散るリスク

鋼製のガレキを切断するには通常、溶断というガスバーナーで鋼材を溶かして切ることが多い。溶断の際には、図29に示す写真のように、溶けた金属の粒子が火花となって周辺に飛び散る。このときに、鋼材表面に放射性物質があればそれがダストとなって飛び散ることになる。他の切断方法でも、ダストを出さずに鋼材を切断することは難しい。

ガレキがコンクリートやモルタルの場合には、大きな機械や工具が必要となる。いずれの場合にも、大きな塊をそのまま搬出することはできないので、必ずしも一定の大きさ以下に切断することになるが、その場合にもコンクリート片やダストが周囲に飛び散ることになる。その結果、コンクリート片やダストに含まれる放射性物質も、同時に、周囲に飛び散ることになる（甲A336・40頁）。



図29 鋼材の溶断に伴い飛び散る火花とダスト

(3) 重機によるコンクリート解体作業と人手によるコンクリートはつり作業のときに飛散するリスク

通常、鉄筋コンクリート製建物を解体するときには、図30左図に示すような重機を使うが、ダストの飛散を抑制するため、放水しながら切断作業をすることもある。特に、エアロゾル状に粉塵となって拡散していく放射性物質は、強力な放水で防ごうとするが、捕捉できず周囲に汚染を広げることになる（甲A336・40～41頁）。



図30 重機によるコンクリートの解体工事と人手によるコンクリートはつり作業

(4) 使用済み核燃料の存在と脅威

本来、使用済燃料集合体は、原子炉建屋上部にある使用済燃料プール

内に存在する。事故を起こした原子炉において、現在残されている使用済み核燃料は、1号機で392体、2号機で615体である。地震や水素爆発で損傷した原子炉建屋が、再度の地震に襲われて使用済燃料プールの外壁が破損するような事態になると、使用済核燃料が高温になり、放射性物質の拡散リスクが増大する。

日本原子力学会廃炉検討委員会の宮野廣委員長は、「いちばん注意しなければいけないのは、格納容器の中にある放射性物質が飛散することだ。地震の発生や、重量物の落下など、さまざまなりスクを想定して事前に手を打つことが大切だ」と述べている。

このように、格納容器内の使用済み核燃料について、地震の発生などによって放射性物質が飛散するリスクは、現在も存在しているのである（甲A336・37頁）。

（5）デブリ取り出しの困難さと汚染拡大のリスク

原子炉圧力容器内およびペデスタル床に合計約900トン弱の大量のデブリが存在しているが、被告がそれを無理に取り出そうとするが、潜在的に放射性物質の拡散による被曝リスクを増大させている（甲A336・42頁）。

（6）デブリ空冷化によりトリチウム水海洋投棄が不要になること

なお、デブリを空冷化することにより、社会問題となっていて、周辺住民にとっても脅威となっている大量のトリチウム水がこれ以上発生しないことになり、トリチウム水を海洋投棄することは不要になると考えられる（甲A336・41～42頁）。

5　まとめ

以上のように、福島第一原発の1号機から4号機の格納容器、シールドプラグはもちろん、敷地内においては、依然としていついかなる状況によって周辺

地域の高濃度の放射性物質をまき散らして汚染を再発させるかわからない状況が継続して存在している。特に原子炉建屋上部のシールドプラグには、本件原発事故で外部に放出されたと推定される $1\,2\,\text{PBq}$ の6倍弱に当たる $7\,0\,\text{PBq}$ の高濃度の放射性物質が存在している。のみならず、使用済み核燃料、デブリなどの多量の放射性物質が放置されているが、今後、予定されている取り出し作業において、これら大量の放射性物質が周辺に飛散する危険性が高い。例えば、大型重機を使用した撤去作業中に、地震が発生した場合には、シールドプラグ等に存在する高濃度の放射性物質が拡散する危険性が高い。

しかも、使用済み燃料や3機の原子炉全てに原子炉容器を溶かして格納容器の床にまで広がったデブリの撤去作業は、今後数十年続きそうであるが、その間、放射性物質が拡散するリスクが継続することになる。

周辺住民にとっては、健康被害のリスク、重大な脅威が長期間存続することになり、被ばくによる健康被害のリスクが長期間継続することが、非常なストレスとなっている。したがって、以上に述べてきた福島第一原発の状況から、一般人を基準としても、原告らが被ばくによる健康不安を感じることが客観的に見て合理的であるといえる。

以上