

平成26年（行ウ）第152号 大間原子力発電所建設差止等請求事件

原告 函 館 市

被告 国 外1名

準備書面（57）

～水蒸気爆発の脅威に対する規制及び対策の欠落～

2025（令和7）年8月20日

東京地方裁判所民事第3部合A①係 御中

原告訴訟代理人

弁護士 河 合 弘 之

ほか

目 次

第 1	はじめに（本書面の概要）	4
第 2	水蒸気爆発に係る規制の内容	6
1	水蒸気爆発とは	6
2	水蒸気爆発をシビアアクシデントとして考察する必要性	8
(1)	原発で想定すべき水蒸気爆発対策	8
(2)	格納容器破損モードとして水蒸気爆発を考慮するのは科学者の常識であること	10
(3)	水蒸気爆発は現実にも何度か発生していること	11
3	水蒸気爆発に係る規制	14
(1)	水蒸気爆発対策は国際基準である I A E A 基準の要求事項である	15
(2)	福島第一原発事故以前の我が国の水蒸気爆発に対する規制	16
(3)	福島第一原発事故後の旧規制の考え方の変更	17
4	新規制基準における水蒸気爆発に係る規制	19
(1)	新規制基準において水蒸気爆発に対するシビアアクシデント対策を要求	19
(2)	水蒸気爆発に係る審査ガイド（炉心損傷等防止ガイド）	20
(3)	水蒸気爆発に係る規定は他の格納容器破損防止対策に比して異常であること	21
(4)	炉心損傷等防止ガイドを策定した際の原規委の判断過程	22
(5)	F C I を誘発する対策を規定する新規制基準	24
第 3	水蒸気爆発に係る具体的審査基準の不合理性	25
1	不合理性の判断基準	25
(1)	行政法における判断過程統制審査	25
(2)	原発訴訟における具体的判断方法	26
2	水蒸気爆発に対する基準の不合理性	27

(1) 具体的審査基準は、法の趣旨及びこれを踏まえて策定された設置許可基準規則に反すること	27
(2) 具体的審査基準は、原子炉等規制法ないし原子力基本法の趣旨に反すること	29
(3) F C Iによる事故を誘発する設置許可基準規則は不合理である	29
3 実際には、本件原発において水蒸気爆発対策は存在しないこと	30
(1) 本件原発における水蒸気爆発に係る基本的な考え方	30
(2) 本件原発における水蒸気爆発対策の欠如	31
第5 結語	32

第1 はじめに（本書面の概要）

- 1 福島第一原発事故において、水素爆発により原子炉建屋や建屋内の機器、配管が崩壊した（図表1）。当時の原子力安全委員会委員長の班目春樹氏は、それまで「水素爆発は起きない」と言っていたが、水素爆発事故が起きたのを目の当たりにして、頭を抱えたと広く報道されている。



図表1 福島第一原発事故

水素爆発とは、水素が酸素と結合して水を生じる化学反応に伴う爆発である。とりわけ、気体の急速な熱膨張の速度が音速を超える現象を「爆轟」といい、強い衝撃波（爆轟波）が混合ガス内を伝播する。爆轟による衝撃波の速度は、数千 m/s オーダー（音速は概ね 340 m/s）、爆轟波の波面背後の圧力は、数十気圧オーダーとなる。

- 2 この水素爆発と同じく原発のシビアアクシデントとして大規模な爆発になりうるのが水蒸気爆発である。水蒸気爆発とは、水が高温の物質と接触することにより、急激に気化する（水蒸気になる）ことで発生する爆発現象である。水が水蒸

気になると、体積は約1670倍になる。水と高温の熱源が接触して水蒸気爆発が起きた場合、約1670気圧オーダーの爆発が起きることになる。

この約1670気圧とは、1cm²に約1690キロの力（普通乗用車10台分の重さ）が加わるほどの強さであり、ほとんどの潜水艦が耐えられない深海1万メートルの水圧約1000気圧を大きく上回る圧力である。

- 3 原発で水蒸気爆発が起きて格納容器外にその水蒸気が拡散した場合、水蒸気は細粒化した核燃料物質を取り込んでいるために、放射性物質も水蒸気とともに拡散し、周辺環境に対して、水素爆発よりも大きな被害をもたらすことがありうる。

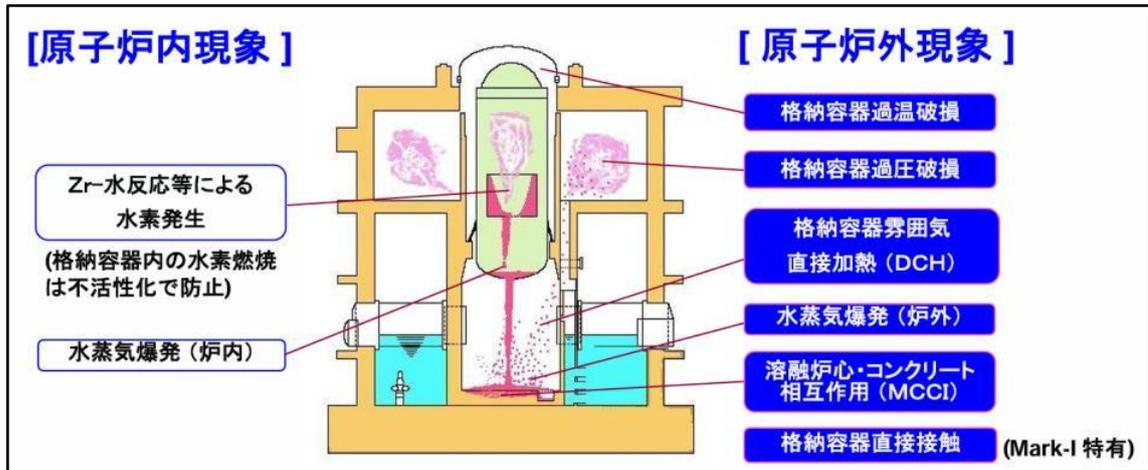
では、原発では、どのような機序で水蒸気爆発が発生するのか。

核燃料物質を「冷やす」ことに失敗すると、核燃料物質が溶融し（メルトダウン）、高温の溶融物質は、原子炉圧力容器の下部を溶かして突き破り（メルトスルー）、格納容器内に落下する。

この際、格納容器内に水がたたえられていれば、高温の溶融燃料と水が接触して水蒸気爆発が起これる。

福島第一原発では圧力容器下部に水が無かったために水蒸気爆発は発生しなかった。しかし、大間原発では、「圧力容器破損前の圧力容器下部ドライウェルへの注水により、下部ドライウェルには水位3mの水が確保されているものとする」になっており（丙F6 10-7-114）、水位3mの水が溶融燃料を待ち受ける設計になっている。

したがって、大間原発において、福島第一原発事故のようにメルトダウン、メルトスルーが発生すれば、水と溶融燃料が接触して水蒸気爆発が発生し、格納容器が破損して、格納容器外に放射性物質を含んだ水蒸気が放出される可能性が高い。発電用軽水型原子炉の新安全基準に関する移検討チームの第10回会合においては、原子炉外現象としての水蒸気爆発の危険が指摘されている（図表2）。



図表2 第10回発電用軽水型原子炉の新安全基準に関する検討チームより

4 水蒸気爆発の脅威を考えれば、水蒸気爆発についても、水素爆発に対する安全規制以上の規制が求められるべきである。しかし、現行の新規制基準においては、水蒸気爆発に対する規制は無いに等しい。

以下、水蒸気爆発の概要、水蒸気爆発をシビアアクシデントとして考察する必要性、水蒸気爆発に係る規制の変遷を考察し、シビアアクシデントである水蒸気爆発につき何ら対策を求めない現行の規制基準が不合理であることを述べる。

第2 水蒸気爆発に係る規制の内容

1 水蒸気爆発とは

(1) 前述のとおり、水蒸気爆発(Steam Explosion または Vapor Explosion)は、水などの低温の液体に、溶融金属などの高温液体が接触し、低温の液体が急激に気化(蒸発)することで体積が爆発的に膨張し、高い圧力波を生ずる物理的な爆発現象である。水でいえば、圧力が同一の場合、体積は約1670倍に膨張する。

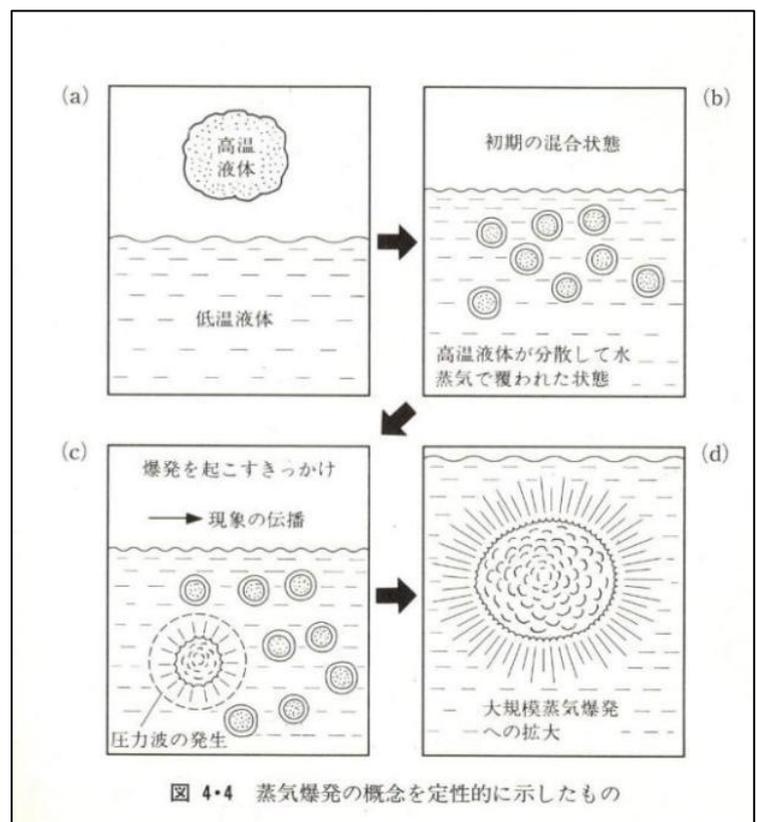
サイエンス・プロデューサーの米村でんじろう氏が YouTube 上で公開している実験動画(甲C18)では、水槽にたたえられた水の中に、約1000°Cに熱して溶融させた食塩を落下させることによって、水蒸気爆発を発生させている(甲C18、図表3)。



図表3 でんじろう先生の実験より

(2) 図表4は、(水)蒸気爆発の概念図である(高島他の著書¹から)。

水に代表される液体プールに、溶融金属や溶融炉心などのような高温液体が落下すると(a)、高温液体の一部分は、水中では液滴となってバラバラに細くなる(b)。液滴に接した水は水蒸気に変化し、液滴は水蒸気膜に覆われた状態(膜沸騰という)で分散する。この状態を粗混合(あるいは



図表4 水蒸気爆発の概念図

¹ 高島武雄・飯田嘉宏、蒸気爆発の科学、裳華房 1998年、p.51 (甲C19)

予混合) 状態という。

ここで、なんらかの原因で膜沸騰蒸気膜が1か所で壊れると、高温液体と水(図では低温液体)の直接接触によって瞬時に大量の水蒸気泡が発生する(c)。この段階をトリガリングという。

発生した水蒸気泡は急成長し圧力波を発生する。この圧力は瞬時に水中を伝播して、周囲の蒸気膜を破壊し、斉時的に水蒸気生成を行うことで周囲の構造物を破壊する大規模な爆発となる(d)。(c)から(d)の過程を、伝播拡大過程と呼ぶ。

(3) 水蒸気爆発は、特殊な物理現象では全くなく、ごくありふれた現象である。揚げ物を料理する際に、熱せられた油に少量の水を投入すると、パチパチと弾けるのはごく小規模な水蒸気爆発だし、ポップコーンも、粒の中の水分が膨張して弾ける水蒸気爆発である。

原子力発電所において、冷却材喪失事故などで、炉心熔融が生じた際、压力容器外(格納容器内)で概念図のような過程を経て発生する水蒸気爆発の発生が想定される。

2 水蒸気爆発をシビアアクシデントとして考察する必要性

(1) 原発で想定すべき水蒸気爆発対策

過酷事故(シビアアクシデント severe accident : SA ともいう)の惨状は、チェルノブイリ原発事故や、福島第一原発事故によって現実のものとなった。そもそも核発電と呼ぶべき原子力発電は潜在的な危険を抱えている。すなわち、①放射性物質を大量に内包している、②高圧、高温状態に密閉されている、③高温流体(高温水、高温・高圧水蒸気)を循環させている、ことなどである。

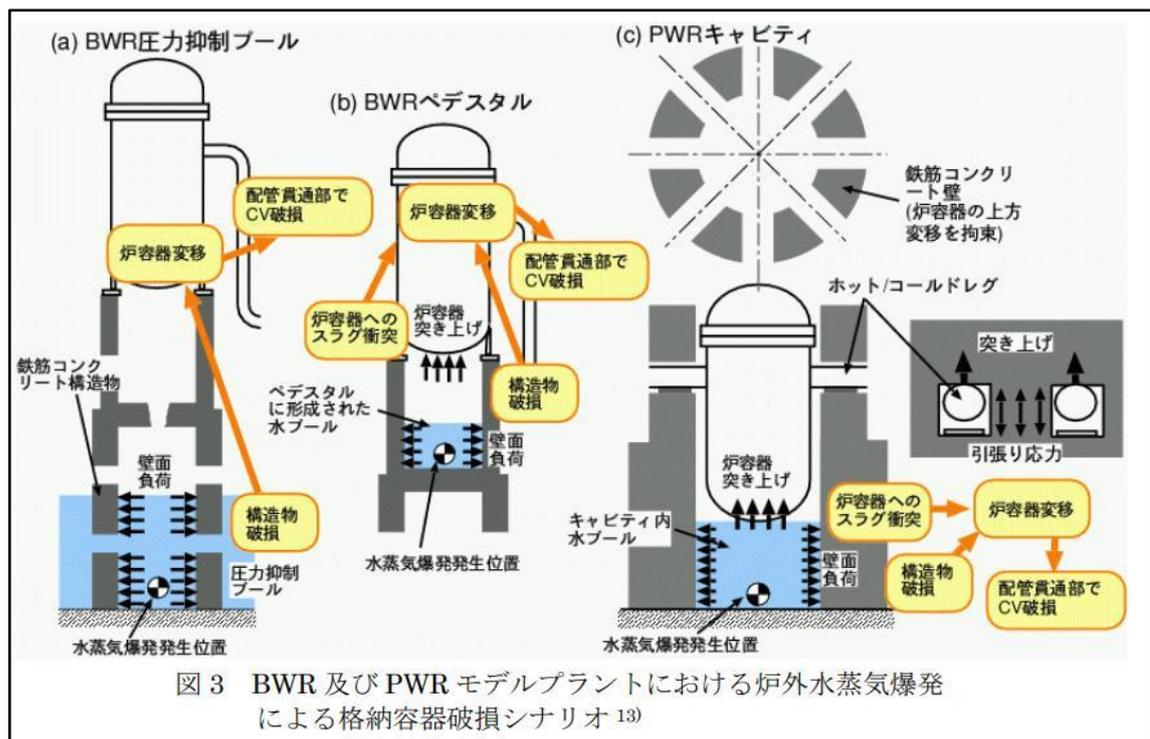
原発においては、②の状態を維持する部材に破損が生じたり、③の循環に必要な供給電力が停止することによって循環が停止された状態になると、最悪の場合、炉心熔融(メルトダウン)などの過酷事故が起こりうる。炉心熔融が引き起こされると、前述のとおり、水蒸気爆発が発生し得る。水蒸気爆発を発生させる熔融

燃料と冷却材（水）の接触現象を、「溶融燃料と冷却材の(熱的)相互作用；FCI… Fuel Coolant (Thermal) Interaction」と呼ぶこともある。

溶融燃料が圧力容器外に流出して格納容器内の水と接触し、水蒸気爆発が発生すると、格納容器の破損をもたらすおそれがある。

溶融燃料の流出によって、途方もない量の放射性物質が格納容器に充満するため、格納容器が破損すると、これらの放射性物質が大量に外部環境に放出され、広範囲に甚大な放射能被害をもたらすことになる。

例えば、日本原子力研究開発機構（JAEA）は、「軽水炉シビアアクシデント時の炉外水蒸気爆発による格納容器破損確率の評価」（甲C20）において以下の事故シナリオを想定している（図表5）。



図表5 甲C20・6頁より

ア 圧力抑制プール内水蒸気爆発（図表5の(a)）

ペDESTAL床を溶融貫通した炉心溶融物が、圧力抑制プールの炉容器（原子炉圧力容器）直下のペDESTAL円筒部分の中に落下し、水蒸気爆発が発生する。

ペDESTAL壁構造物の破損により、炉容器の支持が失われ、炉容器が変位する。これにより主蒸気管等の配管が変位し、格納容器の配管貫通部が破損する。

イ ペDESTAL領域水蒸気爆発（図表5の(b)）

炉容器（原子炉圧力容器）の下部ヘッドを溶融貫通した炉心溶融物が、ペDESTAL床上に形成された水プールに落下し、水蒸気爆発が発生する。

水蒸気爆発の負荷に起因する炉容器の変位により、主蒸気管等の配管が変位し、格納容器の配管貫通部が破損する。炉容器変位のシナリオとしては、i ペDESTAL壁構造物の破損による炉容器支持喪失及びii 水蒸気爆発で加速された水塊が炉容器下部ヘッドに衝突する際の「突き上げ」の2通りを考慮した。

ウ 小括

したがって、原発のシビアアクシデント対策としては、水蒸気爆発の発生を防止する対策のほか、水蒸気爆発が発生しても放射性物質が外部環境に放出されないようにする対策が求められる。

(2) 格納容器破損モードとして水蒸気爆発を考慮するのは科学者の常識であること

溶融燃料が圧力容器を貫通して格納容器内の水と接触した場合、水蒸気爆発の発生可能性を除外することはできない。以下に例示するように、格納容器破損モードとして水蒸気爆発を考慮しなければならないことは原発に関わる科学者において常識とっていい。

ア 元原子力安全委員会委員長・佐藤一男氏

例えば、原子力安全委員会の元委員長であった佐藤一男氏は、格納容器破損の原因の一つとして、以下のとおり、水蒸気爆発を挙げている。

格納容器の破壊の要因としてまず挙げられるのは、格納容器内部の圧力・温度の極めて急激な爆発的上昇である。この原因の主なものは、水蒸気爆発や水素爆発である。水蒸気爆発というのは、非常に高温の溶融物と水が接触した時に、極度に急速な蒸発が起こって、爆発的な様相を呈する現象である。これは原子炉事故に特有な事象ではなく、例えば噴火でマグマと地下水が接触した時、あるいは溶鉱炉などで起こることがある。

(改訂原子力安全の論理 甲C21・215頁)。

イ 日本原子力研究開発機構 (JAEA)

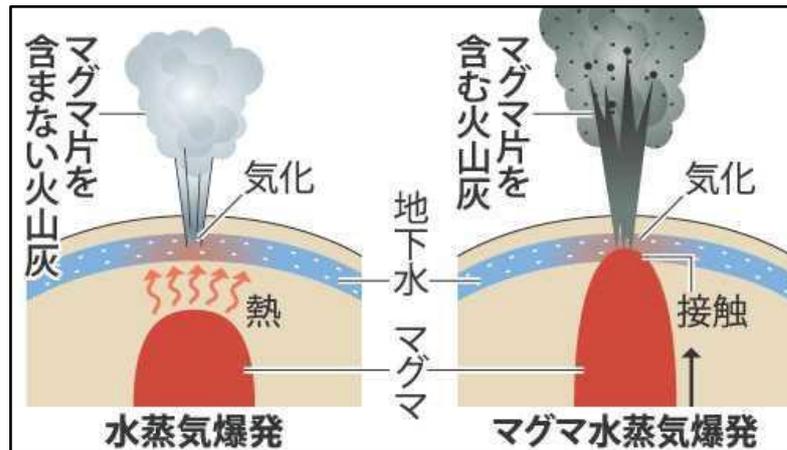
日本原子力研究開発機構 (JAEA) は、「炉容器外においては溶融炉心が比較的低压で高サブクール度²の大量の冷却水と接触する可能性があり、強い水蒸気爆発の発生可能性を除外できない。」と考え、前記のとおり、日本で使用されている典型的な軽水炉を想定したモデルプラントについて、圧力容器外の水蒸気爆発による格納容器破損確率を、水蒸気爆発の機構論的解析モデルと確率論的手法を組み合わせて評価する手法及び評価例を示す研究を行い、発表している(甲C20)。

(3) 水蒸気爆発は現実に何度も発生していること

ア 自然界における水蒸気爆発

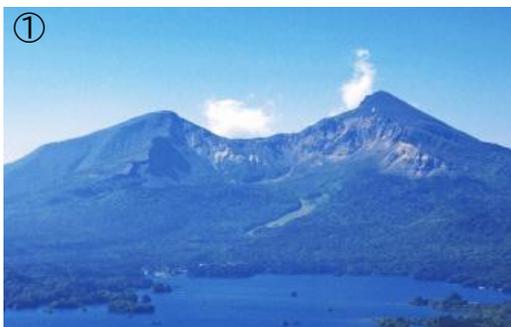
水蒸気爆発は、自然界においても火山事象との関係で見られる。このうち、マグマ水蒸気爆発は、地下水などとマグマが直接接触し、大量の水蒸気が急激に発生することで起こる大爆発を伴った噴火であり、水蒸気爆発の一種である。水とマグマが直接接触するため、噴出物の中にマグマ由来の物質が含まれているのが特徴である (図表6)。

² サブクール度：当該液体の飽和温度 (大気圧では水は 100°C。「飽和」の意味は、熱エネルギーを与えても温度が上昇しなくなる (飽和する) ことから用いられるものである) と実際の液温の差。



図表6 産総研 山元孝広 マグマ水蒸気噴火と水蒸気噴火（甲C22）より

1888（明治21）年の会津磐梯山噴火は水蒸気爆発といわれており、1986（昭和61）年の福徳岡ノ場における海底噴火や1989（平成元）年の伊豆沖における海底噴火はマグマ水蒸気爆発であるといわれている（図表7）。

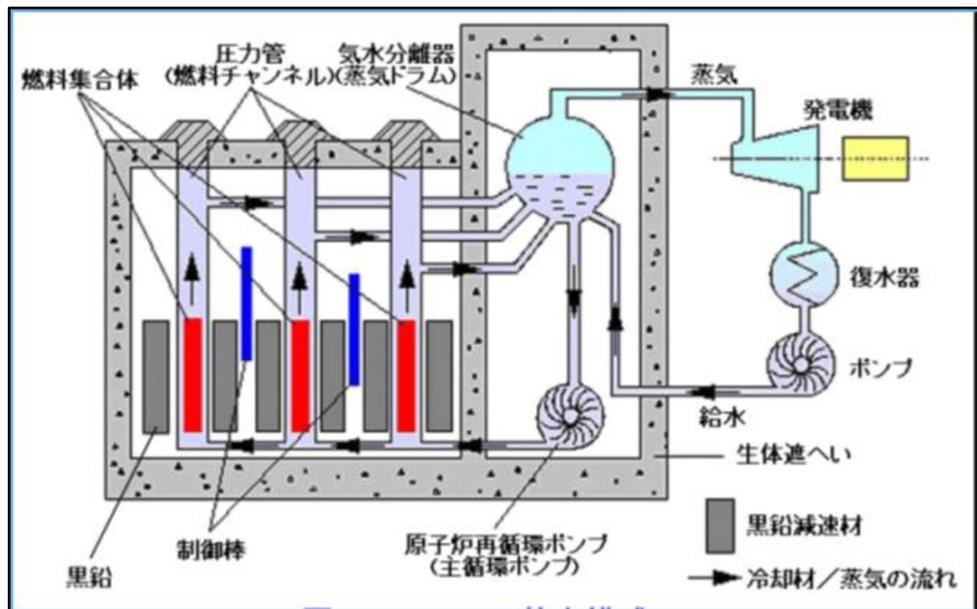


- ① 1888年に水蒸気爆発噴火した会津磐梯山
- ② 1986年、南硫黄島北東、福徳岡ノ場での海底噴火の瞬間
- ③ 1989年、伊豆沖での海底噴火

図表7 自然界における水蒸気爆発噴火の実例

イ 原発における水蒸気爆発事故

原発では、1986（昭和61）年4月26日、旧ソ連のチェルノブイリ原子力発電所4号機（黒鉛減速軽水沸騰冷却型-RBMK型）で事故が起こった。事故では「出力暴走の結果として、2回の爆発音が約2～3秒の間隔をおいて聞かれた。1度目の爆発は出力の急激な上昇によって、燃料が溶融飛散して圧力管に当たるとともに冷却材の水に接触して水蒸気爆発を起こしたものとみられ」ている³。『原子力ハンドブック』（オーム社2007年）でも同様の見方をしている⁴。また、溶融した黒鉛と冷却材の水と接触して水蒸気爆発を起こしたという見方もある⁵。



図表8 チェルノブイリ原発の模式図

ウ 産業界における水蒸気爆発

³ 原子力百科事典 ATOMICA(https://atomica.jaea.go.jp/data/detail/dat_detail_02-07-04-11.html) (甲C23)

⁴ 原子力ハンドブック編集委員会編、原子力ハンドブック、オーム社、p.1193 (2007)

⁵ 中尾政之、チェルノブイリ原発の爆発、失敗知識データベース—失敗百選 (<https://www.shippai.org/fkd/hf/HA0000644.pdf>) (甲C24)

さらに、図表9のとおり、日本において発生した顕著な水蒸気爆発の事例が多数存在する。これら水蒸気爆発事故の詳細なメカニズムは解明されていないが、高温の溶融物と水が接触した結果、水蒸気爆発事故が生じたことは間違いない。

番号	日時	場所	溶融物	量	温度℃	受傷者
1	2008.1.21	長岡市鋳物工場「興和」	鉄			重傷4人
2	2012.10.20	マツダ	鉄と砂の水分			3名火傷
3	2013.4.9	N伸銅	真鍮		約800	死傷4名
4	2014.1.14	小名浜製錬	銅			
5	2015.4.18	JFE スチール西日本製鉄所	溶鋼	200t	約1500	重軽傷5名
6	2015.9.1	北九州のメッキ工場	アルミニウム			
7	2017.4.25	旭川市の檜山鉄工所	鉄			16人病院搬送
8	2017.5.1	掛川市大淵M工場	アルミニウム	少量		軽傷1名
9	2018.7.6	朝日アルミ産業岡山工場	アルミニウム			数十人負傷
10	2018.7.20	浦添市クリーンセンター	焼却灰塵			
11	2021.4.26	太平洋セメント埼玉工場	高温の流動砂			
12	2022.9.6	いわき大王製紙工場 ⁶	高温の砂			1人軽傷

図表9 日本における水蒸気爆発事故の実例

これらの事故からすれば、高温溶融物と水が接触する場合に、水蒸気爆発が発生する可能性はある。原発におけるシビアアクシデント対策として、水蒸気爆発対策を検討することは必須である。

3 水蒸気爆発に係る規制

⁶いわき大王製紙 自家発電設備爆発事故について [018_03_02.pdf \(meti.go.jp\)](https://www.meti.go.jp/press/2022/09/02/20220902_001.pdf) (甲C25)

(1) 水蒸気爆発対策は国際基準である I A E A 基準の要求事項である

福島第一原発事故を契機として、我が国では国際的視野を欠いたガラパゴスの安全規制が行われたいたことを反省し、原子力基本法（以下「原基法」という。）を改正して、原子力利用の安全を確保するには確立された国際基準を踏まえることが追加規定された（同法 2 条 2 項新設）。

シビアアクシデントの進行過程において水蒸気爆発が発生することを想定して対策を講じるべきことは、国際的に共通の了解事項であり、I A E A の指針には、以下のとおり、シビアアクシデントとして水蒸気爆発への対策を必要とするものと位置づけている。

ア 新規発電所については、発生する可能性がある重大事故は、格納系の設計段階で考慮されるべきである。重大事故の考慮は、以下の状態を実質的に排除することを目的とされるべきである。

— 格納構造物の直接加熱、水蒸気爆発又は水素の爆轟の結果として、早期の段階で格納構造物に損傷を与え得る重大事故状態（甲 C 2 6⁷・6 - 5 項（7 2 頁））。

イ 微細化した炉心物質と周囲の水との急速な混合により水蒸気爆発が引き起こされることがあり、周囲の水の急速な蒸発及び加速を生じ著しい圧力荷重及び衝撃荷重を生み出すことになる（甲 C 2 6・Ⅲ - 1 0 項（1 1 0 頁））。

ウ アクシデントマネジメントの手引きは、シビアアクシデントにより核分裂生成物の障壁に対して起こり得る脅威の全体像、すなわち、複数のハードウェアの故障、人的過誤及び／又は外部からの事象、並びにシビアアクシデントの進展中に生じうる可能性のある物理現象（水蒸気爆発、格納容器の直接加熱と水素燃焼な

⁷ 原子力発電所の原子炉格納系の設計（安全指針 No.NS-G-1.10）。以下「NS-G-1.10」という。

ど)に起因するものを含めて扱うべきである。この過程において、解析では頻繁には考慮されない問題、すなわち、極めて起こりそうもない設備の故障や異常動作などの追加的なことも考慮されるべきである(甲C27⁸・3-3項(13頁))。

エ 起こり得る事象を決定するのに本質的な不確かさがあることを考慮すると、PSAは、シビアアクシデントの手引きの策定において事故シナリオを除外するために、先験的に使用されるべきではない。(甲C27・3-5項(13頁))。

以上のように、IAEAは、水蒸気爆発について、シビアアクシデントの一つとして発生するものであり、シビアアクシデント対策を講じる必要があるとし、不確かさを考慮すれば、PSA(確率的安全評価)を、ある事故シナリオを除外するために使用してはならないと規定している。

すなわち、発生確率が小さいことを理由に水蒸気爆発をシビアアクシデントから除外するようなことがあってはならないということである。

(2) 福島第一原発事故以前の我が国の水蒸気爆発に対する規制

しかし、福島第一原発事故以前は、水蒸気爆発をシビアアクシデントとして想定してその対策を講じることを規制として要求してこなかった。すなわち、「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」(平成4年5月28日原子力安全委員会決定、平成9年10月20日一部改正)において、原子力施設のリスクは設計基準事象への対処の範囲(IAEA-INSAGの多重防護策の定義による第3の防護レベルまで)の規制要求で十分に低く抑えられているとし、アクシデントマネジメントの整備はこの低いリスクをいっそう低減するものとして位置付けられ原子炉設置者の自主的整備

⁸ 原子力発電所のシビアアクシデントマネジメント計画(安全指針No.NS-G-2.15)。以下「NS-G-2.15」という。

に委ねられ、規制対象とはされていなかった。

(3) 福島第一原発事故後の旧規制の考え方の変更

しかし、福島第一原発事故の発生により、「リスクが十分に低く抑えられている」という認識や、原子炉設置者による自主的なリスク低減努力の有効性について、重大な問題があったことが明らかになった。そのため、平成23年10月20日の原子力安全委員会決定（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について）で、シビアアクシデントによって大量の放射性物質が環境中に放出されるような事態発生の可能性を極めて低いものにするため、シビアアクシデントの発生防止、影響緩和について、合理的に実行可能な全ての努力を行うべきであり、シビアアクシデント対策の整備を下記の方針で進めることが適切であるとして、上記決定は廃止することになった（甲C28）。

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1 シビアアクシデント対策：第4の防護レベルの強化2 シビアアクシデント対策における原子炉設置者と規制の役割3 シビアアクシデントに係る安全評価4 法令要求化の範囲5 安全研究の推進 |
|---|

上記方針の第3項では、図表10のとおり、「発生確率はごく低いものの発生した場合の影響が大きい事象についても取り扱う必要がある」とされている。

3. シビアアクシデントに係る安全評価

シビアアクシデントの発生防止、影響緩和に係る安全評価は、原子炉のリスクを的確に把握し、これを効果的に抑制する方策を見いだすことを目的とするものであるため、多様な事故シーケンスを体系的に取り扱う確率論的安全評価によってリスク上重要なシーケンスを見だし、これらについて決定論的安全評価を行うことを基本とし、事故事象をできるだけ現実的に予測すること（最適予測）に重点を置くべきである。

ここでは、シビアアクシデント時の事象進展や設計上の想定を超える自然事象の発生確率など不確かさが大きい領域や、発生確率はごく低いものの発生した場合の影響が大きい事象についても取り扱う必要がある。その際、専門家による工学的判断も用いて、確率論的および決定論的な安全評価から得られる情報をリスクの低減に遅滞なく活用するとともに、新たな科学的な知見や運転経験から得られる情報を反映させ、その不確かさを低減する不断の努力が必要である。

図表10 甲C28・3頁

この考え方と同様に、政府事故調査・検証委員会の中間報告（甲C29）、最終報告（甲C30）でも、以下のとおり、どんなに発生確率が低い事象であっても、あり得ることは起こると考えるべきであり、発生確率の低いものは対応しなくてもよいと考えることは誤りであると指摘している。

たとえどんなに発生の確率が低い事象であっても、「あり得ることは起こる。」と考えるべきである。発生確率が低いからといって、無視していいわけではない。起こり得ることを考えず、現実にならぬことが起こったときに、確率が低かったから仕方がないと考えるのは適切な対応ではない。確率が低い場合でも、もし起きたら取り返しのつかない事態が起きる場合には、そのような事態にならない対応を考えるべきである（甲C29・506頁）

東日本大震災が示したのは、たとえ確率論的に発生確率が低いとされた事象であっても、一旦事故・災害が起こった時の被害の規模が極めて大きい場合には、しかるべき対策を立てることが必要であるというリスク認識の転換の重要性であった。…（略）…今回のような巨大津波災害や原子力発電所のシビアアクシデント

トのように広域にわたり甚大な被害をもたらす事故・災害の場合には、発生確率にかかわらずしかるべき安全対策・防災対策を立てておくべきである（甲C30・413頁）。

発生確率が低いということは発生しないということではない。発生確率の低いものや知見として確立していないものは考えなくてもよい、対応しなくてもよいと考えることは誤りである。

さらに、「あり得ないと思う」という認識にすら至らない現象もあり得る、言い換えれば「思い付きもしない現象も起こり得る」ことも併せて認識しておく必要があろう（甲C30・444～445頁）。

そして、新規制基準では、「必ず想定する格納容器破損モード」として、「原子炉圧力容器外の溶融燃料 - 冷却材相互作用」、すなわち水蒸気爆発が定められた（図表11、設置許可基準規則の解釈第37条2項、2-1(a)）。

(a) 必ず想定する格納容器破損モード

- ・ 雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）
- ・ 高压溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱
- ・ 原子炉圧力容器外の溶融燃料 - 冷却材相互作用
- ・ 水素燃焼
- ・ 格納容器直接接触（シェルアタック）
- ・ 溶融炉心・コンクリート相互作用

図表11 設置許可基準規則の解釈（甲C31）・80頁

4 新規制基準における水蒸気爆発に係る規制

(1) 新規制基準において水蒸気爆発に対するシビアアクシデント対策を要求

新規制基準においては、深層防護の第4層の防護レベルも規制対象とし、水蒸

気爆発対策をシビアアクシデント対策として要求している。

具体的には、3項(3)で述べたとおり、「必ず想定する格納容器破損モード」として、「原子炉圧力容器外の溶融燃料 - 冷却材相互作用」、すなわち水蒸気爆発が定められた。

そして、「実用発電用原子炉に係る炉心損傷防止対策及び格納容器破損防止対策の有効性評価に関する審査ガイド」（以下「炉心損傷等防止ガイド」という。）において、「3.2.3 格納容器破損モードの主要解析条件等」の「(3)原子炉圧力容器外の溶融燃料 - 冷却材相互作用について」を規定している（甲C32・16頁）。

(2) 水蒸気爆発に係る審査ガイド（炉心損傷等防止ガイド）

ア しかし、これに対する「c. 対策例」としては「解析によって原子炉格納容器バウンダリの機能が喪失しないこと確認する」が挙げられるのみである（甲C32・16頁）。水蒸気爆発により原子炉格納容器が破損する場合を想定し、そのための対策を検討するものとはなっていない。しかも、「b. 主要解析条件」の（注）には、図表12のように定められ、水蒸気爆発の発生可能性が極めて低いことを示すことにより審査が通るようになっている。

(注) 実ウラン溶融酸化物を用いた実験では、衝撃を伴う水蒸気爆発は発生していない。従って、水蒸気爆発の発生の可能性は極めて低いことを示すこと。ただし、溶融炉心から冷却材への伝熱による水蒸気発生に伴う急激な圧力上昇（圧力スパイク）の可能性のあることから、その影響を評価する。

図表12 甲C32・16頁

なお、FCIのうち、衝撃波を伴うものを水蒸気爆発といい、圧力スパイクは水蒸気爆発に至らない圧力変化であって、水蒸気爆発ではない。

イ 福島第一原発事故の発生を受けて、「リスクが十分に低く抑えられている」と考えて3層の防護レベルまでを規制要求とし、4層の防護レベルを規制要求としなかったことが間違っていたという認識に至り、発生確率は極低いものの発生した

場合の影響が大きい事象についても取り扱う必要があるという方針を確認したにもかかわらず、水蒸気爆発はめったに起きないからその対策は考えなくてよいというのである。これは、水蒸気爆発に関しては3層までで規制として十分とするものであり、福島第一原発事故で得られた教訓をもとに到達した安全に関する認識に明確に反する。

(3) 水蒸気爆発に係る規定は他の格納容器破損防止対策に比して異常であること

水蒸気爆発に係る具体的審査基準の不合理性をさらに浮き彫りにするため、水蒸気爆発以外の格納容器破損防止対策を確認する。それらは以下のようになっている。

(1) 格納容器過圧・過温破損

対策例：格納容器スプレイ代替注水設備、格納容器圧力逃し装置又は格納容器再循環ユニット

(2) 高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱

対策例：原子炉冷却材圧力バウンダリの減圧設備

(3) 水素燃焼

対策例：グロープラグ式イグナイター、触媒式リコンビナ (PAR)、原子炉格納容器内の不活性化 (窒素注入)

(4) 格納容器直接加熱 (シェルアタック)

対策例：原子炉格納容器下部注水設備、原子炉格納容器バウンダリの防護

(5) 溶融炉心・コンクリート相互作用

対策例：原子炉格納容器下部注水設備、原子炉格納容器バウンダリの防護

それぞれシビアアクシデントが発生することを想定し、それが発生しないよう

に対策を講じる規定になっている。

しかし、水蒸気爆発については、前述したとおり、対策として具体的要求はなく、実質的に対策がないに等しい。他のシビアアクシデント対策と比較すれば明らかに不十分であることが分かる。

(4) 炉心損傷等防止ガイドを策定した際原規委の判断過程

ア 具体的審査基準たる炉心損傷等防止ガイドがこのようなものになったのは、新規制基準に関する検討チームにおいて、委員らが、以下のように、発生頻度が極めて低いために対策を講じなくてよいという見解に基づいて基準の検討をしたからである。

【発電用軽水型原子炉の新安全基準に関する検討チーム第9回会合（甲C33）】

更田委員：例えば、一つの例、渡邊さんの指摘で言う、熔融燃料 - 冷却材相互作用、FCI、今、水蒸気爆発と言われましたけれども、その回避策という意味でそれぞれの対策が上がっているわけではないし、実態として、FCIに関して言うと、明示的な防護策で、例えば、水に対してサーファクタント、界面活性剤を入れるとか、いろいろな対策というのはあるけれども、実態としては発生頻度が極めて小さいということで、明示的に水蒸気爆発に対して対策はとられていないのが事実で、こういう整理にすると、例えば、今言われたように、減圧が対策であるかのようなけれども、水蒸気爆発の発生からいうと、減圧した方が起こりやすいのは事実で、むしろ、その対策を明示的にとっていない。対水蒸気爆発対策というのは、あるとすれば、例えば、水が溜まる場所の水深を浅くしておくとか、そういったような考慮だと思うんですけども、この辺りの整理はどうですか。（5頁）

更田委員：ごめんなさい。ちょっと先に言うと、私としては、どちらかという

と、溶融燃料 - 冷却材相互作用、水蒸気爆発に対してどういう対策を云々という整理の仕方というのは、あまりふさわしくなくて、要するに、逆に言うと、全体を見たときに、先ほど申し上げたように、压力容器の直下にある程度以上の水深を設けているものが、そして、サブクールが大きければ大きいほど起きやすいだとか、そういった色々があるから、それを全体として見たときに、水蒸気爆発の発生頻度が十分低く抑えられているかという整理はあるんだろうと思いますけれども、明示的にこの対策が水蒸気爆発対策であるかのような整理をするというのはふさわしくないと考えますけれども。(5頁)

【新規制基準に関する検討チーム第23回会合（甲C34）】

更田委員：もう皆さん、釈迦に説法かもしれないけど、水蒸気爆発、混合溶融物と冷却材との接触のモードによっても、ですから、溶融物がどのように、どう接触するかにもよるし、粗混合の状態によってもその後のプロセスが変わってくるし、電場の様式や、その後の爆発に関しても、非常に大きな不確かさがあると。例えば、JASMINE といったようなコードに関しても、粗混合状態に関して、流体力学的な、何と申しますか、微粒子化等々を考慮して粒径を求めているけども、それにしてもやはり仮定があると。それから、梶本さんが再三おっしゃっているように、セラミックス系で大規模な水蒸気爆発が起きた例はない。とはいうものの、じゃあ、規模を、スケールをどんどん大きくしていったら起きないかと言いつけるかということ、そういった実験というのはないから何とも言いようがないと思いますけれども。ただ、極めて起きにくい現象であるということぐらいはわかっていると。そういう程度だと思っていて、むしろ水蒸気爆発については、純金属を溶融させて、水と接触させたような実験があって、それが現象として極めておもしろいがために非常に注目された。それがために、ちょっと脅威が過剰に捉えられている部分があるというようなことを以前申し上げましたけれども、極め

て不確かさが大きなものではあるから、やっぱり感度解析みたいなものはきちんとやって、その程度は押さえておいて、ただし、やはりこれは抑え込むものという、そういう位置づけなのだろうと思います。(32頁)

イ ただし、一方では、原規委の検討チームは、水蒸気爆発は、圧力容器の直下にある程度以上の水深を設けているもの、そして、サブクール度が大きければ大きいほど起きやすい、減圧した方が起こりやすい等と水蒸気爆発の可能性や水蒸気爆発が起こりやすい条件についても言及している。

そうだとすると、発生頻度が極めて低いから水蒸気爆発対策は不要という結論の根拠はいつそう不明であり、不確かさを無視し、原発の稼働に都合の悪い事象は考慮しないという「推進の論理」によって、対策を恣意的に考慮対象外としていると解される。

(5) F C I を誘発する対策を規定する新規規制基準

加えて、新規規制基準は、M C C I（溶融炉心・コンクリート相互作用）対策のために、かえって、F C I（溶融燃料 - 冷却材相互作用）による水蒸気爆発の発生可能性を高める規定となっている。

すなわち、設置許可基準規則51条は、「炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器の破損を防止するため、溶融し、原子炉格納容器の下部に落下した炉心を冷却するために必要な設備を設けなければならない」と規定している。

この冷却は、「溶融炉心・コンクリート相互作用（M C C I）を抑制すること及び溶融炉心が拡がり原子炉格納容器バウンダリに接触することを防止するために行われるものである」と規定され（同解釈51条1項柱書なお書、110頁）、M C C I対策のために冷却設備を設けることを要求している。具体的には、原子炉格納容器下部注水設備を整備することとされている（同解釈51条1項(a)、11

0頁)。

要するに、溶融炉心（燃料）がコンクリートと接触して反応することを防止するため、水を注入するということである。しかし、そうすると、今度は、F C I、すなわち溶融燃料（炉心）と水が反応して、水蒸気爆発の発生を誘発することになる。新規基準は、水蒸気爆発対策を求めないばかりか、水蒸気爆発の発生の可能性を軽視して、F C I、水蒸気爆発を誘発する（発生可能性を高める）という矛盾した基準となっているのである。

第3 水蒸気爆発に係る具体的審査基準の不合理性

1 不合理性の判断基準

(1) 行政法における判断過程統制審査

ア 原発訴訟（特に行政訴訟）における司法判断の枠組みとしては、1992（平成4）年10月29日の伊方最高裁判決がリーディングケースとされる。民事訴訟においても、この判決が流用されてきた。

伊方最判の枠組みは、原発の安全に係る基準策定及び基準適合判断に、科学的、専門技術的知見を要することを前提に、法は、その策定及び判断について、行政庁（当時は原子力委員会若しくは原子炉安全専門審査会の諮問を踏まえた内閣総理大臣の判断）に委ねたものとし、その判断過程に看過し難い過誤、欠落があるかという判断過程統制を行うこととした。

ただし、調査官解説によれば、ここで指摘されているのは、いわゆる「専門技術的裁量」であって、広範な裁量が認められることが多い政治的、政策的裁量とは、その根拠、内容、裁量が認められる範囲を異にするから、これと誤解されることを避けるため、伊方最判は、殊更「専門技術的裁量」という用語を用いていない（高橋利文「平成4年最高裁判所判例解説」・420頁）。

イ 一般に、行政裁量が認められる場合の裁量権の逸脱・濫用が認められる場合としては、①法律の目的違反、②不正な動機、③平等原則違反、④比例原則違反な

どが挙げられている。

また、⑤裁量権行使の前提となる事実を誤認していた場合には、誤認された事実が存在するものとしてなされた裁量権の行使も違法とされる場合がある(以上、宇賀克也『行政法概説Ⅰ 行政法総論【第7版】』(有斐閣)・356～358頁)。

そして、これらの判断過程統制においては、考慮事項に着目した審査が行われることが少なくない。考慮事項審査においては、①考慮すべき事項を考慮したか(要考慮事項の不考慮)、②考慮すべきでない事項を考慮していないか(他事考慮)のほか、③各考慮事項について重要度を評価し、当該評価を誤った場合にも裁量権の逸脱濫用を認める実質的考慮事項審査があるとされる(前掲宇賀・358～360頁)。

(2) 原発訴訟における具体的判断方法

原発訴訟における判断過程統制の具体的な判断方法については、日本エネルギー法研究所が挙げるドイツの例(甲C36)及び下山憲治教授の見解(甲C37)が参考になる。

これらの見解をまとめると、具体的判断方法として、究明・獲得途上の専門知を用いて規制監督ないし監理が行われる場合には、

- I その時点において利用可能で、信頼されるデータ・情報のすべてが検討されていること、
 - i 許可官署は現存する不確実性等を排除するために、工学上の経験則に準拠するだけでは足りず、科学(理論)的な想定や計算にすぎないものを考慮に入れなければならない(入れなければ①要考慮事項の不考慮)。
 - ii 許可官署はすべての支持可能な(代替可能な)科学的知見を考慮に入れなければならない、支配的な見解に寄りかかることは許されない(支持可能な科学的知見を考慮に入れなければ①要考慮事項の不考慮)。
- II 採用された調査・分析及び予測方法の適切性・信頼性が認められること、

- iii 許可官署は十分に保守的な想定をもってリスク調査やリスク評価に残る不確実性を考慮に入れなければならない（不確実性を保守的に考慮しなければ①要考慮事項の不考慮ないし③重要度評価の誤り）。
- III 法の仕組みや趣旨などに照らして必要な権利・法益のすべてを比較衡量していること、
- IV その選択・判断のプロセスが意思決定の理由と共に明確に示されていること（明確にされていなければ考慮事項審査の前提を欠く）、
- V 全体を通じて判断に恣意性・不合理な契機が認められないこと（認められれば②不正な動機による判断）、

が確認されるべきとする（甲C36・20～21頁、甲C37・79頁）。

2 水蒸気爆発に対する基準の不合理性

(1) 具体的審査基準は、法の趣旨及びこれを踏まえて策定された設置許可基準規則に反すること

ア 新規制基準は、確立された国際基準を踏まえることを要求し（原基法2条2項）、国際基準の重要な原則の一つである深層防護を徹底した基準の策定を要求している。深層防護は前段否定、後段否定の考えに依拠し、各層で安全対策は終結すると考えるのではなく、前段の防護レベルにおける対策が失敗することを想定して、後段の防護レベルの対策を講ずるべきであり（前段否定）、また、後段の防護レベルにおける対策に期待して前段の防護レベルにおける対策を緩やかにしてはならない（後段否定）。

この考え方に従えば、深層防護の4層において、水蒸気爆発は起こるものとしてその対策を講じなければならない。水蒸気爆発の発生可能性が極めて低ければ対策を講じなくてよいというのは、3層までで安全対策は終結すると考えるものであり、前段否定の考えに反する。5層があるから水蒸気爆発対策を講じないと

いのであれば後段否定の考えに反する。

イ これを踏まえて、法も、第2の2項及び3項で述べたとおり、従前の扱いを見直し、「発生確率はごく低いものの発生した場合の影響が大きい事象についても取り扱う必要がある」という考えを前提としている。

また、設置許可基準規則も、「必ず想定する格納容器破損モード」として、「原子炉圧力容器外の溶融燃料 - 冷却材相互作用」、すなわち水蒸気爆発を定めており、発生確率にかかわらず、水蒸気爆発は必ず想定しなければならないとしているのである。

ウ 発生確率が低いことをもって、対策を講じなくてよいとする炉心損傷等防止ガイドは、深層防護に反する（前段否定及び後段否定の原則に反する）ものといわざるを得ず、法の目的に反するものであって、判断基準の①（法の目的違反）に該当する。

エ また、炉心損傷等防止ガイドは、「発生確率はごく低いものの発生した場合の影響が大きい事象についても取り扱う必要がある」という平成23年決定（法の趣旨）にも反するものであって、判断基準の①に該当する。

オ さらに、発生確率が低いことを理由に、実質的な対策を講じないことを許容する炉心損傷等防止ガイドは、「必ず想定する格納容器破損モード」として水蒸気爆発を定めている設置許可基準規則にも反しており、判断基準の①に該当する。

加えて、前述のとおり、原規委の基準検討チームでは、水蒸気爆発が発生しやすい条件についても言及しており、発生頻度が極めて低いから水蒸気爆発対策は不要という判断過程は、いっそう不可解である。

結局、原規委は、水蒸気爆発の機序等に含まれる不確かさを無視し、原発の稼働に都合の悪い事象は考慮しないという「推進の論理」によって、対策を恣意的に考慮対象外としているのであり、判断基準のV、②に該当する。

カ 以上のとおり、炉心損傷等防止ガイドの策定に係る原規庁の判断には、以上の各点で裁量権の逸脱・濫用が認められ、不合理というほかない。

(2) 具体的審査基準は、原子炉等規制法ないし原子力基本法の趣旨に反すること

前述のとおり、福島第一原発事故に対する政府事故調報告書では、「たとえ確率的に発生確率が低いとされた事象であっても、一旦事故・災害が起こった時の被害の規模が極めて大きい場合には、然るべき対策を立てることが必要である…

(略) …原子力発電所のシビアアクシデントのように広域にわたり甚大な被害をもたらす事故・災害の場合には、発生確率に関わらずしかるべき安全対策・防災対策を立てておくべきである」との提言が示された。

これを受け、原基法2条3項は「福島第一原子力発電所の事故を防止することができなかつたことを真摯に反省した上で、原子力事故…(略)…の発生を常に想定し、その防止に最善かつ最大の努力をしなければならないという認識に立つて、これを行うものとする。」と定められた。

これらに照らせば、水蒸気爆発の発生は常に想定してその防止対策（発生可能性が小さいことの確認は「対策」ではない）を真摯に検討しなければならず、めったに起こらないことを確認すればよいとする上記のような具体的審査基準は、原基法の趣旨に反する。判断基準の①に該当し、裁量権の逸脱・濫用が認められる。

(3) FCIによる事故を誘発する設置許可基準規則は不合理である

設置許可基準規則は、「災害の防止上支障がないものとして原子力規制委員会規則で定める基準に適合する」(炉規法43条の3の6第1項4号)と定められている原子力規制委員会規則である。同規則は、法律の委任の趣旨に従って制定されなければならないが、法律の委任の趣旨である「災害の防止上支障がないもの」を逸脱・濫用している場合は同規則の制定は違法となる。

水蒸気爆発は高温溶融物と水が接触すれば発生し得るのであるから、わざわざそのような状態を作るように要求することは水蒸気爆発発生を抑制することに反

するものであり、そのような規制は炉規法の委任の趣旨を逸脱・濫用するものである（判断基準の①に該当）。

ところが、炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器の破損を防止するため、溶融し、原子炉格納容器の下部に落下した炉心を冷却するために原子炉格納容器下部注水設備を整備することとされている（設置許可基準規則第51条、同解釈）。これは、MCCI（溶融炉心・コンクリート相互作用）を抑制すること及び溶融炉心が広がり原子炉格納容器バウンダリに接触することを防止するために行われるものである（同解釈）。しかし、高温溶融物と水が接触すれば水蒸気爆発が起り得る。水蒸気爆発対策が無策であるばかりでなく、水蒸気爆発を誘発する設備を要求する基準が安全対策になっていないことは言うまでもなく、不合理な新規制基準である。

3 実際に、本件原発において水蒸気爆発対策は存在しないこと

(1) 本件原発における水蒸気爆発に係る基本的な考え方

上記のとおり、水蒸気爆発に係る具体的審査基準はそれ自体不合理である。そして、実際に、本件原発では、水蒸気爆発の対策は存在せず、大規模な被害を生じさせる水蒸気爆発の発生可能性が高い設計方針となっている。

本件原発における原子炉圧力容器外の溶融燃料 - 冷却材相互作用による格納容器防止対策の基本的考え方は以下のようにになっている。

水蒸気爆発については、これまでに実ウランを用いて種々の実験が行われているが、外部からの強制的なトリガー（外部トリガー）を与えない場合には水蒸気爆発は発生しないという結果が得られている。外部トリガーを与えた場合でも水蒸気爆発に至らなかったケースが複数確認されており、また、水蒸気爆発が発生した場合においても機械的エネルギーへの変換効率は小さく、大規模な水蒸気爆発

には至っていない。よって実機において大規模な水蒸気爆発に至る可能性は極めて小さいと考えられる。

ただし、溶融炉心から圧力容器外の冷却材への伝熱による水蒸気発生に伴う急激な格納容器圧力の上昇（圧力スパイク）の可能性があることから、その影響を評価し、格納容器が破損しないことを確認する（F 6・10-7-111頁）。

被告電源開発は、このように大規模な水蒸気爆発に至る可能性は極めて小さいと考えて考慮はしない一方で、水蒸気爆発とは異なる、爆発現象ではない圧力スパイクは考慮して、格納容器が破損しないことを確認するとしている。

(2) 本件原発における水蒸気爆発対策の欠如

これは、設置許可基準規則の解釈第37条に規定する原子炉圧力容器外の溶融燃料-冷却材相互作用による格納容器破損防止対策の有効性評価に関する審査ガイドの規定する防止対策の考え方をそのまま記載したにすぎず、何ら被告としての検討事項がない。

被告電源開発は、格納容器破損モード「溶融炉心・コンクリート相互作用」への対策として設けられているところの、圧力容器破損前の下部ドライウェルへの注水（下部ドライウェルには水位3mの水を確保する）を考慮した場合でも溶融炉心から下部ドライウェルの冷却材への伝熱による水蒸気発生に伴う急激な格納容器圧力の上昇（これは圧力スパイクのことである）によって、格納容器が破損しないことを確認する（F 6・10-7-112頁）としている。

溶融炉心が水位3mの水の中に落下することを予定しているのは原子炉圧力容器外の溶融燃料-冷却材相互作用への対策ではなく、溶融炉心・コンクリート相互作用への対策である（設置許可基準規則第51条）。この規定は、溶融炉心がキャビティのコンクリートを損傷して水素の発生、キャビティの損傷を防止するために水張をすることにしている。しかし、繰り返し述べるように、水槽に溶融炉

心を落下させることは水蒸気爆発を誘発する対策である。

そのような「溶融炉心・コンクリート相互作用」への対策をとった結果生じる溶融燃料 - 冷却材相互作用については、水蒸気爆発は実験によってめったに起こらないからという理由でこれを無視して、それとは異なる爆発現象ではない圧力スパイクによって格納容器が破損しないことを確認するというものである。

被告電源開発は、水蒸気爆発対策は何もなく、しかも「溶融炉心・コンクリート相互作用」への対策を優先して水蒸気爆発を誘発する不合理な基準に従った対策を導入しているものである。

第4 結語

新規制基準は、福島第一原発事故以後に、同事故の教訓、従前の間違った規制の考え方に対する反省を踏まえて作成された基準である。すなわち、深層防護の第3層までで原発の危険は十分に抑えられているという考えを廃止し、国際基準に従い第4層までの規制を規定し、十分なシビアアクシデント対策を講じること、深層防護の前段否定、後段否定の考え方を徹底すること、めったに起きないという理由で甚大な被害をもたらす事象の検討を除外しないことは、新規制基準作成において外すことのできない重要な指針である。

水蒸気爆発は、福島第一原発事故以前においても、科学者も I A E A も格納容器破損の原因として考察すべきものとしており、福島第一原発事故後の基準作成に係る上記指針に従えば、水蒸気爆発対策は規制として必ず必要である。

しかるに、水蒸気爆発については、設置許可基準規則において、格納容器破損モードの一つとして必須とされながらも、炉心損傷等防止ガイドでは、「発生可能性が極めて低いことを示すこと」を解析条件とすることによって水蒸気爆発対策を不要とする規制内容となっている。これは、水蒸気爆発を第4層として取り上げながら、第3層の規制で十分とするものであり、新規制基準作成の重要な指針を無視するものである。このような水蒸気爆発に関する規制は、❶考慮すべき事

項を考慮しないで作成された規制であり不合理である。

そのうえ、設置許可基準規則では、MCC I 対策のために格納容器に水を張ることを要求しており、それが水蒸気爆発を誘発することになる設備であることを無視している。これは、MCC I 対策を優先させたために水蒸気爆発対策を悪化する結果を招いており、規制委員会は、災害の防止上支障がない規則を定めることを委任されているにもかかわらず、その委任の趣旨を逸脱する規則を制定しているものである（①法の目的違反）。

そして水蒸気爆発に対するこれらの不合理な規制基準に従って被告電源開発は設計を行っており、大間原発の水蒸気爆発対策は明らかに不合理である。

以上