

平成23年（ワ）第886号浜岡原子力発電所運転終了・廃止等請求事件

原告 石垣清水 外33名

被告 中部電力株式会社

## 原告準備書面28

平成27年7月14日

静岡地方裁判所 民事第2部 合議係 御中

原告ら訴訟代理人を兼ねる

弁護士 鈴木 敏 弘

弁護士 河 合 弘 之

弁護士 青 山 雅 幸

弁護士 大 石 康 智

弁護士 南 條 潤

外

## 第1 はじめに

被告は、その平成27年1月19日付準備書面(15)において、原告準備書面17及び同21に対する反論として、①原子力発電所では水蒸気爆発が起こりにくい、②そもそも全交流電源喪失及びこれに起因する炉心の損傷を防止する対策が講じられている、と主張する。

しかし、以下詳述するとおり、原子力発電所において熔融炉心による水蒸気爆発が生じにくいとはいえない。

また、②については、原告がフェイルセーフ<sup>1</sup>の観点から炉心損傷やこれに起因する水蒸気爆発の危険をも想定すべきと主張しているのに対し、意図的に多重の安全対策（フォールトトレランス）の議論と混同しすり替えを図るものであり、批判として直接に妥当するものではない。

## 第2 水蒸気爆発事故自体は特殊なものではないこと

- 1 まず、被告は準備書面(15)の2頁目において、水蒸気爆発という現象自体につき、「種々の条件がそろった場合に、複雑な過程を経て初めて発生する現象」であるとし、その過程・発生機序を出現させる条件は容易にそろわうわけではない旨主張する。

しかし、以下に挙げる過去の水蒸気爆発事故事例に照らせば、実験室等で通常はそろわないような条件を重ね合わせなければ発生しないような現象ではなく、現実のリスクとして当然に想定・考慮すべき現象であることは明らかである。

### 2 現実に発生した蒸気爆発事故事例

- (1) 改めて確認すると、蒸気爆発は、熔融金属などの高温の液体と水などの低温・低沸点液体が接触することにより、低沸点液体の急速な蒸発が起こり非常に大きな圧力発生、及び衝撃波の伝播を生じる現象である。

---

<sup>1</sup> 機械やシステムに事故や誤りが生じた際に、機器やシステムなどを必ず安全側に導く、という設計思想。

フェイルセーフが機械やシステムには必ず事故や誤りが発生するという前提に立つ確定論に基づく設計思想であるのに対し、フォールトトレランスは確率論に基づく安全性の立場である。

(2) 現実に、金属工業、製紙業などの産業分野で熔融金属と水、熔融塩と水などの接触による蒸気爆発事故が実際に発生し、犠牲者を出している。

飯田嘉宏らによれば、1935年から1965年までに国内で262件の蒸気爆発事故があり、死者80名、800名以上の重軽傷者が出ている。

表：国内外における代表的な蒸気爆発事故事例<sup>2</sup>

1958年 茨城県 鹿島コンビナートでの事故	脱硫・脱酸素剤を製造する工場で起きた熔融マンガンの水の蒸気爆発事故。 マンガンを溶かす電気炉の壁に亀裂が入り、約1300℃の熔融マンガンの約15トン流出し、冷却用の水と接触して発生。この事故で、工場の一部が壊れたほか、火災も発生。
1988年 兵庫県 製鉄所での事故	6名の死傷者。 高温炉から溶けた鉄鉄（鋳鉄）を流す桶の末端部から、約1500℃の鉄鉄数百kgが漏れ出し、桶を冷却するための水に触れ蒸気爆発が発生。 死傷者が出た原因は、爆発によって周囲にあった機械類や通路の手すりなどが吹き飛んだためである。
1989年 大阪府 製鉄所での事故	車両に積まれていた熔融物が水をかぶって蒸気爆発を起こした例。40000m <sup>3</sup> もの鋼鉄製のタンクが突然倒壊し、中に入っていた15000m <sup>3</sup> の水が流出。このあおりを受けて、付近で停車中の高熱熔融物運搬中の車両に水がかかったため蒸気爆発が発生。
1990年 山形県 廃品回収工場での事故	火災を消化するために放水した水と、火災で溶けたアルミニウムが直接接触して蒸気爆発が発生。 21名が重軽傷、12棟が全半焼という大事故。
1984年 富山県 アルミニウム鋳造工場	熔融炉内の800℃の熔融アルミニウムに、雨で水を多く含んだアルミニウムのスクラップを投入したところ、蒸気爆発が発生。この事故でも死者。
1961年 アメリカ 米軍用原子炉 SL-1 の事故	陸軍の軍用に作られた沸騰型原子炉での事故。 SL-1はアイダホ国立原子炉試験場にある熱出力が3000kWの原子炉。 核分裂の際に発生する中性子を吸収して原子炉を定常で運転する働きを担う制御棒の引き抜きによって発生。 この時の熱的相互作用が、蒸気爆発であったと結論付けられている。2名が即死、1名が飛散した物体と被曝のため死亡。

(3) 原子力の分野では、1950年代から1960年代にかけて、炉心が溶融するような事故やいくつかの実験において大規模な圧力発生や構造物の破損が起き、蒸気爆発によるものとみられている。

<sup>2</sup> 「シビアアクシデントの伝熱流動現象における素過程に関する研究-高温粒子表面上の膜沸騰の崩壊挙動」(阿部豊) 2頁目より引用。

1954年に米国の沸騰水型原子炉 BORAX-1 を用い、大きな反応度を与えて原子炉を破壊する実験が行われた。

この実験で、溶融したウラン・アルミニウム合金燃料と水による蒸気爆発と考えられる爆発的な圧力発生がみられた。

また、1961年には軍用実験炉 SL-1 で制御棒引き抜きによる反応度事故が発生したが、このときにやはり蒸気爆発によると考えられる大規模な破損が生じた。<sup>3</sup>

### 3 シビアアクシデント対策として水蒸気爆発の想定は必須であること

上記の原子炉における水蒸気爆発事例等を踏まえ、軽水炉シビアアクシデントの際に、溶融した炉心材料と冷却水の接触により発生する水蒸気爆発は、格納容器の健全性に対する脅威のひとつと考えられているところである。

特に、炉容器外での水蒸気爆発発生の可能性に関し、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<sup>4</sup>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の指摘がなされ、水蒸気爆発による格納容器破損確率の評価・研究も行われているところである。<sup>5</sup>

### 4 不確かさを保守側に考慮（フェイルセーフ）するのであれば、当然水蒸気爆発をも想定・考慮すべきこと

かかる評価・研究として発表された「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」（森山清史ほか。2007年）においては、水蒸気爆発発生機序の1つである膜沸騰の崩壊を引き起こす「トリガー」につき、「爆発解析ではトリガリングの時刻と位置を与える必要があるが、現状ではトリガリングの有無を何らかの機構論的モデルで判断することの不確かさが大きく、

---

<sup>3</sup> 以上につき、「蒸気爆発による実験的研究の概要」（森山清史ほか）1頁目「1. はじめに」より。

<sup>4</sup> 「サブクール」＝低温液の水温。

<sup>5</sup> 「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」（森山清史ほか。2007年）

なお、同研究においては、BWR Mark-II型及びPWR型のモデルプラントにつき評価が行われている。

判断自体が意味をなさなくなる恐れがあるため、本解析では、爆発の規模がもっとも大きくなり得る時刻において恣意的にトリガリングを与える保守的な方法をとった。」として、フェイルセーフの観点からトリガーは発生するものとして評価を行っている。

## 5 小括

- (1) 以上のとおり、水蒸気爆発事故・現象は、極めて特殊な環境を整えなければ発生しないような事象ではなく、現実の事故として、国内外でも多数発生していたことは明らかである。
- (2) そして、かかる水蒸気爆発事故を踏まえ、原子力発電所における炉心損傷に起因する水蒸気爆発発生危険につき無視・除外できないとの前提に立ち、その発生確率等について評価・研究がなされており、特に、福島第一原発事故の発生後は、「あらゆることを想定してみることの重要性」が指摘されていることは、原告準備書面17の7頁目以下で述べたとおりである。
- (3) 被告準備書面(15)2頁目の主張は、水蒸気爆発の発生機序に関し「これら機序を出現させる条件は、容易にそろわねばならず…」として、その不確かさゆえに水蒸気爆発を考慮する必要性は乏しいかのごとく主張している。

かかる反論は、原告が、フェイルセーフの観点から、全電源喪失に陥り炉心損傷に至った場合の想定や、シビアアクシデント時の格納容器破損防止対策の必要性を主張しているのに対し、直接の反論として妥当するものではない。

むしろ、被告の反論・主張は、熔融炉心が落下した場合における、トリガー発生の有無という「不確かさ」を、安全側・自己に有利な側に考慮している点において、フェイルセーフと完全に反対の考えに寄って立つものであり、電力事業者の発想として、到底許容されるものではない。

## 第3 被告が根拠として適示する実験内容等の問題点

- 1 膜沸騰を崩壊させる「トリガー」は外部的なものに限られないこと  
まず、水蒸気爆発の発生機序については、

- 1) 膜沸騰状態における高温液と低温液の初期粗混合状態の形成
- 2) 自発的な, あるいは外部からのトリガーによる膜沸騰の不安定化
- 3) 急速な熱伝達, 蒸気発生, 細粒化をともなう粗混合領域全体への圧力波の伝播
- 4) 膨張による機械的エネルギーの放出

の4段階からなることについては, 研究者間でも合意が得られている。<sup>6</sup>

したがって, 水蒸気爆発の発生機序において, 膜沸騰を崩壊させる「トリガー」は, 必ずしも外部的なものに限られない。

- 2 外部トリガーにより蒸気爆発は発生することがあるというのが現在の知見であること

「蒸気爆発による実験的研究の概要」(森山清史ほか。1994年12月。)では, 被告の指摘する FARO 試験や KRATOS 試験を含む蒸気爆発の大規模実験及び小規模実験を踏まえた上で, 軽水炉の条件では, 「自発的蒸気爆発が起こりにくい条件でも, 圧力波などの外部トリガーが加えられると蒸気爆発が起こることがある。」と結論づけている。(同33頁)

- 第4 被告の主張する「炉心冷却に係る注水機能を担う施設及び除熱機能を担う施設の多重性・多様性」について

- 1 原告は, 福島第一原発事故の被害を踏まえ, 本件原子力発電所におけるシビアアクシデント対策の不十分さを主張し, 本書面第5の2や原告準備書面17の4頁以下において, 全電源喪失や, これに起因する炉心損傷, ひいては水蒸気爆発についても想定すべきであると主張してきた。

他方, 被告は, かかる原告の主張に対し, 準備書面(4)の第1の3(2)や準備書面(15)において, 「炉心冷却に係る注水機能を担う施設及び除熱機能を担う施設の多重性・多様性」等を挙げ, 炉心の著しい損傷に陥る危険については想定・考慮の必要性がないかのごとく繰り返し主張している。

---

<sup>6</sup> 「蒸気爆発による実験的研究の概要」(森山清史ほか) 1頁目。

2 しかし、被告のかかる主張は、機器の多重性によって信頼性を向上させるというフォールトトレランスの思想に基づく設計を主張するものであり、原告が、フェイルセーフの観点から、全電源喪失に陥った場合の想定や、メルトスルーが生じた場合の対策等を主張していることに、何ら正面から答えていない。

3 原告は、準備書面17の7頁以下において、EURの基準等を挙げ、メルトスルーが生じた場合の対策が必要なことについて主張した。

被告において、本件原子力発電所において、メルトスルーに陥った場合の対策や水蒸気爆発を発生した場合の格納容器損傷確率の評価策をどのように行っているか、具体的に回答されたい。

このような事態をそもそも想定していないのであれば、明確にその旨回答されたい。