

本書面では、原告準備書面 90 における P U L i M S 実験¹で水蒸気爆発が発生したことをもって、水蒸気爆発の発生を予測することは事実上困難であり、本件原子力発電所においても水蒸気爆発は発生し得ると想定すべきとする原告主張に対して反論する。

1 水蒸気爆発の概要

水蒸気爆発とは、準備書面 30 で述べたとおり、水と大きな温度差のある物質が接触した際に高温側の物質から低温側の水へ極短時間で伝熱が行われ、水が急激に蒸発する物理変化現象である。

原子力発電所において水蒸気爆発が発生するプロセスについては、多数の研究結果から、以下のとおりと考えられている。

- ① 高温の炉心溶融物が水中へ落下する過程で粒子状（細粒化）となり、細粒化した溶融物のそれぞれが蒸気膜に覆われ、安定した状態（膜沸騰状態²）になる。
- ② 何らかの強い要因（外部トリガー）で蒸気膜が崩壊し、冷却水と溶融物が直接接触する。
- ③ 冷却水と溶融物の液－液直接接触に伴い、溶融物の熱は急激に冷却水に伝熱される。そのため冷却水が急激に蒸発し、その過程で溶融物が微粒化し、新たな液－液接触による急速な伝熱により一気に水蒸気が発生する。ここで発生した衝撃により、近傍の細粒化した溶融物の蒸気膜が崩壊する。
- ④ ③の現象が瞬時に全体に拡大・伝播することで、水蒸気爆発が発生する。

2 本件原子力発電所における水蒸気爆発の発生可能性の評価について

上記 1 を踏まえ、実機における水蒸気爆発の発生可能性を評価するためには、外部トリガーの有無や溶融物の過熱度³等、様々な因子が水蒸気爆発に及ぼす影

¹ P U L i M S 実験：スウェーデン王立工科大学（KTH）が行った実験。

² 膜沸騰状態：液体への熱伝達において、伝熱体の伝熱面の全面を沸騰した蒸気が膜となって覆い、その蒸気膜と液体との接触面から直接に沸騰する状態。

³ 過熱度：溶融物の温度（融点よりも高い温度）と溶融物の融点（固体が液体に変化すると

響を評価することを目的とした実験データを参照することが合理的である。

被告九州電力は、準備書面 18、23、27、30 で述べたとおり、水蒸気爆発に関する評価を目的とした F A R O⁴、K R O T O S⁵、C O T E L S⁶及び T R O I⁷の延べ 61 回に及び豊富な実験結果等を適切に考慮した上で、膜沸騰状態を不安定化させる外部トリガーとなり得る要素がないことや、外部トリガーなく水蒸気爆発が発生した実験ケースについても、本件原子力発電所で想定される溶融物の過熱度が、水蒸気爆発が発生した実験における溶融物に比べて低いことから、本件原子力発電所では水蒸気爆発が発生する可能性は極めて小さいと評価した。

被告九州電力が参照した 4 実験のうち、F A R O 及び C O T E L S の実験は、主に溶融物と水との反応挙動や水蒸気爆発の発生を確認する目的で実施されたものである（その結果、水蒸気爆発は発生していない。）。K R O T O S 及び T R O I の実験は、水蒸気爆発のメカニズムの解明や解析コードにおける再現性の検証を主な目的として実施されたものであり、あえて火薬による爆発等の外部トリガーを与えたり、溶融物の過熱度を高く設定するなど、水蒸気爆発の生じやすい条件を付加した上で水蒸気爆発を再現し、これらの実験により様々な因子が水蒸気爆発に及ぼす影響を考察できるデータが得られている。

以上のとおり、被告九州電力は、水蒸気爆発に関する評価を目的とした上記 4 実験における実験結果等を適切に考慮して、本件原子力発電所では水蒸気爆発が発生する可能性は極めて小さいと評価した。また、被告九州電力による本件原子力発電所の水蒸気爆発の発生可能性の評価については、原子力規制委員会において慎重に審査がなされ、同評価の妥当性が認められている【乙イ B56-4

きの温度）との差であり、どの程度融点を超えているのかを示す数値。溶融物の過熱度が高いほど溶融物が固化するまでのエネルギーが大きく、水に落下した後に溶融物の表面が冷却されて固化するまでの時間が長くなり、水蒸気爆発のメカニズムの起点である細粒化が進むため、それだけ水蒸気爆発が発生しやすくなる（被告九州電力準備書面 30・25 頁）。

⁴ F A R O：欧州 J R C（Joint Research Center）がイスプラ研究所において行った実験。

⁵ K R O T O S：欧州 J R C がイスプラ研究所において行った実験。

⁶ C O T E L S：財団法人原子力発電技術機構がカザフスタン国立原子力センターにおいて行った実験。

⁷ T R O I：韓国原子力研究所が行った実験。

(193、194 頁)、乙イ B58-2 (添 3.3.1-1、添 3.3.1-3、添 3.3.1-6 頁)】。

3 P U L i M S 実験について

- (1) 上記 2 の各実験に対して、原告らが指摘する P U L i M S (Pouring and Underwater Liquid Melt Spreading; 液体溶融物の水中への注入と水中の液体溶融物の拡がり) 実験は、その名が示すとおり、溶融物の拡がりに焦点を当て、水のプールへ模擬溶融物を落下させて模擬溶融物が床面に拡がる挙動を調べることを目的とした実験【乙イ A134 (1、2 頁)】であり、水蒸気爆発の発生可能性や水蒸気爆発のメカニズムの解明を目的とする実験ではない。万が一原子力発電所で炉心溶融事故が起こった場合、炉心へ注水されない状態が継続すると原子炉容器内の高温の炉心溶融物が原子炉容器破損口から原子炉容器下部 (原子炉下部キャビティ) の格納容器コンクリート上へ落下する。このような状況下で高温の炉心溶融物が格納容器コンクリート等に接触することにより放射性物質の閉じ込め機能が損なわれることを防止するため、炉心溶融物の冷却や格納容器コンクリート等を保護する対策の検討が必要であり、P U L i M S 実験はこのような検討に関わる知見を得るために行われた実験である【乙イ B58-4 (添 3.5.3-1 頁、添 3.5.3-20~21 頁)】。

そのため、P U L i M S 実験においては、様々な因子が水蒸気爆発の発生可能性に及ぼす影響等の詳細な評価は行われておらず、水蒸気爆発が発生した要因の分析や水蒸気爆発の再現性の確認なども行われていない。

このような P U L i M S 実験の実験目的や実状からすれば、同実験で水蒸気爆発が発生したことのみに基づいて、本件原子力発電所における水蒸気爆発の発生可能性が根拠づけられることにはならない。

- (2) さらに、P U L i M S 実験は、実機に比べ極端に浅い水深で行われている。

すなわち、本件原子力発電所においては、万一炉心が著しく損傷した場合、炉心溶融物を受け止め、冷却するために、炉心溶融物が落下するまでに原子炉下部キャビティへ十分な量の水張を行うため、炉心溶融物が落下する際の

想定水深を約 1.1m と想定している【乙イ B58-4 (添 3.5.1-1 頁)】のに対して、PUL i MS 実験は 10～20cm という実機に比べて極端に浅い水深条件で行われている。

前述した上記 1 ①～④の水蒸気爆発の発生プロセスのうち、①に関して、実機のように十分な水深中に溶融物が落下する場合、溶融物は、冷却水中を落下する過程で、水に囲まれて細粒化しながら固化していくことになる。

これに対して、PUL i MS 実験の水深条件のように極端に浅い水深のプールへ落下した場合は、溶融物と床面が勢いよく衝突したり、溶融物が固化せず液状のまま床面を拡がったりすることなどが考えられ、実機とは異なるプロセスを辿る可能性がある。そのため、極端に浅い水深で行われた実験結果をもって、直ちに実機における水蒸気爆発の発生可能性の評価に適用できるものではない。

- (3) なお、本件原子力発電所の審査書案に対するパブリックコメントでは「PUL i MS 実験によって、水プールに溶融物が流入し、層状となり、自発的に水蒸気爆発が起こることが明らかになった。(中略) 場合によっては水蒸気爆発となる危険性が考えられる。」という PUL i MS 実験を踏まえたコメントが出されたが、これに対して原子力規制委員会は、「層状系の水蒸気爆発⁸は、水蒸気爆発の一形態として従来から認識されていますが、粗混合⁹量が小さい等の理由によって大きな機械的エネルギー発生に繋がらないと考えています。」として、仮に PUL i MS 実験のような条件で水蒸気爆発が起こったとしても、大きなエネルギーの爆発に繋がらない旨の回答をしており、PUL i MS 実験の例を踏まえても、本件原子力発電所の安全性に問題がないことが認められている【乙イ B57 (45 頁)】。

⁸ 層状系の水蒸気爆発：溶融物と水の層が重なった状態で、その相互作用により発生する水蒸気爆発の形態。

⁹ 粗混合：溶融物が水との相互作用により細粒化し、膜沸騰状態の蒸気膜を伴って水と混ざり合う状態。

4 結語

以上述べたとおり、PULiMS実験は、水蒸気爆発の発生可能性の評価とは別の実験目的のもとで、実機と比べて極端に浅い水深で行われた実験であり、同実験において水蒸気爆発が発生したことをもって、本件原子力発電所における水蒸気爆発の発生可能性が根拠づけられるものではなく、原告らの主張には理由がない。

以 上