

## 高温溶融ニッケルと錫に対する蒸気爆発抑制材の有効性

Availability of Steam Explosion Retardant for High-Temperature Molten Nickel and Tin

\*古谷 正裕<sup>1</sup> 新井 崇洋<sup>1</sup>

<sup>1</sup>一般財団法人 電力中央研究所

最高 1800 °C の溶融ニッケル及び錫を蒸気爆発抑制材(0.02%及び 0.1%ポリエチレングリコール水溶液)プール中に注入する実験を行い、蒸気爆発抑制効果を確認した。実験前後で溶液の分子量変化は小さく、低分子量の生成物も検出限界以下であった。高温溶融物に対しても蒸気爆発抑制効果が高いことが示唆された。

**キーワード**：水蒸気爆発、抑制材、高温溶融物、ポリエチレングリコール、蒸気膜安定性

**1. 緒言** 高温溶融物が水と接触し、水が急速に蒸発することで衝撃的な圧力波を発生させる蒸気爆発現象は産業災害として認知されている。有効な対策の一つとして、著者らは水にポリエチレングリコール(PEG)を溶解させることで蒸気膜を安定化させる蒸気爆発抑制材について実験を行い、必要とされる分子量や濃度を報告してきた。これまでの実験は低融点の錫を用いて低温での実験を行ってきた。PEG の耐熱性が低いことから、高温溶融物に対する抑制効果や、融点が高い材料に対する抑制効果が不明であった。そこで本報では錫及びニッケルを高温まで加熱した実験を行い、溶融物物性や高温溶融物に対する蒸気爆発抑制効果を検討する。また実験後の溶液分析を行い、PEG の耐熱性を確認する。

**2. 実験装置及び方法** 矩形容器 (180 mm<sup>W</sup>×180 mm<sup>D</sup>×240 mm<sup>H</sup>) に溶液を高さ 180 mm 注ぎ、内径 3 mm のノズルから溶融金属を 450 mm 下方の液面に注入した。溶融金属と出湯温度範囲は錫が 400 – 1800 °C、ニッケルが 400 – 1800 °C である。200 °C 間隔で実験を行った。出湯重量は約 100 g である。プール溶液はイオン交換水及び PEG 水溶液とした。平均分子量 4 Mg/mol の PEG を溶解し 0.02 及び 0.1 wt% の水溶液とした。初期溶液温度は 10 °C である。実験前後の PEG 分子量をゲル浸透クロマトグラフィー(GPC)で、酸生成物をイオンクロマトグラフィーで、アルデヒド生成物を高速液体クロマトグラフィーで分析した。

**3. 実験結果及び考察** Fig. 1 に 800 °C の溶融錫噴流を水及び 0.1 wt% PEG 水溶液に注入した場合のプール側方からの連続写真を示す。水では 0 ms において水深約 20 mm でトリガリングが発生し、その後に水中の溶融錫全体が蒸気爆発に関与して微粒化し、黒く見えている。一方で 0.1 wt% PEG 水溶液では溶融錫は厚い蒸気膜に覆われて、蒸気爆発が抑制されていることが観察された。溶融錫温度 400 – 1800 °C を水中に注入した場合、400 °C と 100 °C では部分的に、600 °C と 800 °C では水中の溶融錫全体が蒸気爆発に関与した。1200 °C- 1800 °C では蒸気爆発には至らなかった。溶融ニッケルでは 1600 °C と 1800 °C では蒸気爆発は観測されなかった。0.02 及び 0.1 wt% PEG 水溶液では全温度範囲で蒸気爆発は発生しなかった。

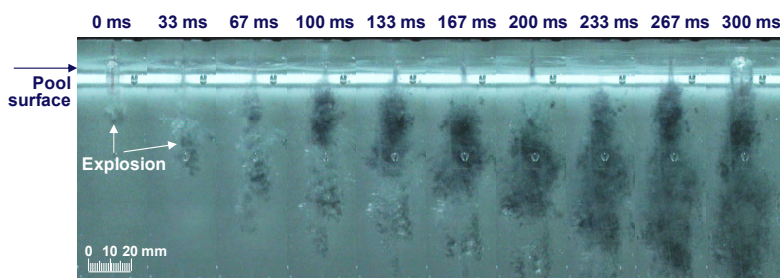
実験後の溶液を分析したところ、分子量のヒストグラムは実験前と有意な変化がなかった。また実験後溶液の酸成生物 (ギ酸、酢酸、シュウ酸) 及びアルデヒド生成物 (ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド) は検出下限(0.5 µg/mL)以下であった。高温溶融物が近接しながらも PEG は溶液側に存在し、高温にならなかったため PEG の分解が抑制されたと考えられる。

**4. 結論** 最高 1800 °C の溶融ニッケル及び錫を 0.02%及び 0.1 wt%PEG 水溶液プールに注入した結果、厚く安定した蒸気膜により蒸気爆発が抑制された。実験前後も溶液の分子量変化は小さく、低分子量の生成も抑制されていることから高温溶融物に対しても PEG は蒸気爆発抑制効果が得られることが示唆された。

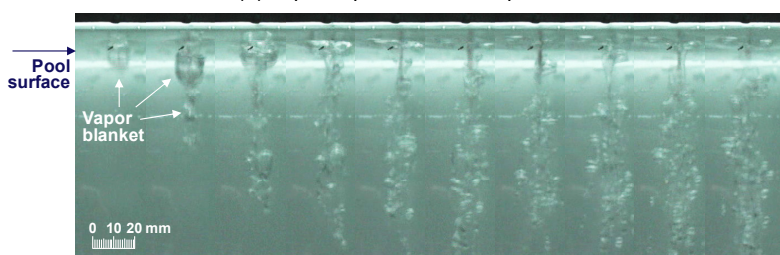
**謝辞** 本研究を遂行するに当たり日本原子力発電株式会社 鈴木雅克氏、中西繁之氏、熊谷雄人氏、山本龍大氏に貴重なご助言を戴いた。ここに記して謝意を表します。

\*Masahiro Furuya<sup>1</sup>, Takahiro Arai<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CRIEPI



(a) Vapor explosion in water pool



(b) Stable film boiling in 0.1 wt% PEG aqueous solution pool

Fig. 1 Successive stages of molten tin-jet injection into pool