

高融点金属を急冷・微粒化させる蒸気爆発促進材の開発

背景

非晶質材料は、優れた磁気特性や耐食性を有する新材料として着目されている。しかしながら、従来の液体急冷法では冷却速度が低いため、非晶質化可能な組成は限定されている。当所は小規模蒸気爆発を持続的に発生させることで、従来の280倍の冷却速度が得られる超急冷・微粒化手法CANOPUS*¹を考案した。蒸気爆発はある温度以上では発生せず、この上限温度は冷却材の種類によって異なる。高融点材料を非晶質化するためには、蒸気爆発を高温で発生させる蒸気爆発促進材の開発が必要である。

目的

高温の溶融金属に対して蒸気爆発が発生する蒸気爆発促進材を見出すとともに、蒸気爆発の促進メカニズムを明らかにする。

主な成果

(1) 蒸気爆発促進材の開発

低融点の錫を溶融して冷却材に滴下する小規模蒸気爆発実験を実施し、蒸気爆発が発生する温度範囲を検討した。冷却材として水に様々な塩を20wt%添加して実験を行った結果、塩添加によって蒸気爆発が発生する溶融錫温度の上限値が高温側に移行し、その効果は塩の種類によって異なることを確認した(図1、表1)。なかでも、塩化リチウム水溶液が、1000℃を超える溶融錫温度で蒸気爆発を発生させ、蒸気爆発促進材として有用であることを明らかにした。

(2) 蒸気膜の生成および崩壊過程の評価

塩添加により高温で蒸気爆発が発生する要因として、溶融金属周囲に形成する蒸気膜挙動に着目し、溶融金属を模擬した高温固体ステンレス球を冷却材に浸漬する実験を実施した。浸漬したステンレス球表面温度を計測した結果、塩添加によって蒸気膜崩壊温度が上昇することを確認した(図2)。さらに、様々な水溶液に対する冷却曲線を得た結果、塩添加によって膜沸騰熱伝達率が増大し、それに伴い蒸気膜崩壊温度が上昇することを明らかにした(図3)。

(3) 蒸気爆発促進メカニズムの解明

固体ステンレス球の蒸気膜崩壊温度は、蒸気爆発が発生する溶融錫温度の上限値とほぼ一致することが判明した(図4)。ゆえに、水への塩添加は、蒸気膜の生成・崩壊過程のうち、崩壊過程に対して寄与し、蒸気膜崩壊が発生しやすくなることで、より高温で蒸気爆発が発生すると考えられる。

今後の展開

本研究で見出した蒸気爆発促進材を高融点金属に適用し、CANOPUS法により新たな機能を発現する非晶質粉末を開発する。

主担当者 原子力技術研究所 発電基盤領域 研究員 新井 崇洋
原子力技術研究所 発電基盤領域 主任研究員 古谷 正裕

関連報告書 「高融点金属を急冷・微粒化させる蒸気爆発促進材の開発」電力中央研究所報告：L05013
(2006年8月)

*1：Cooling and Atomizing based on NOble Process Utilizing Steam explosion

熔融錫温度：500℃

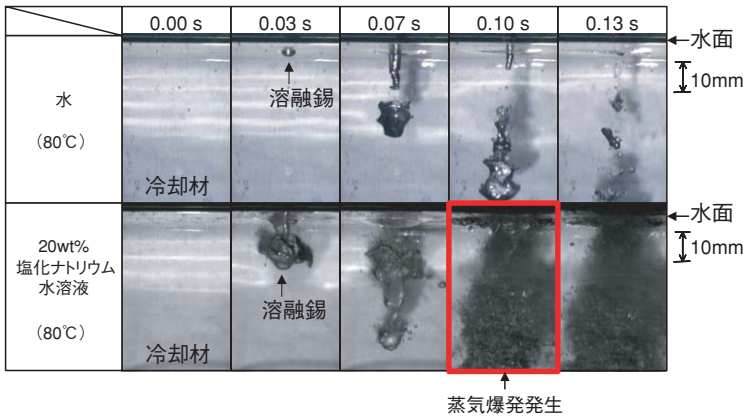


図1 塩添加による蒸気爆発促進効果の一例

表1 蒸気爆発発生温度の上限値

冷却材の種類 (水溶液濃度：20wt%) (水溶液温度：80℃)	蒸気爆発が発生した 熔融錫温度の上限値 (℃)
水	蒸気爆発せず
硫酸マグネシウム水溶液	425
塩化ナトリウム水溶液	550
塩化マグネシウム水溶液	650
塩化カルシウム水溶液	730
塩化リチウム水溶液	1190

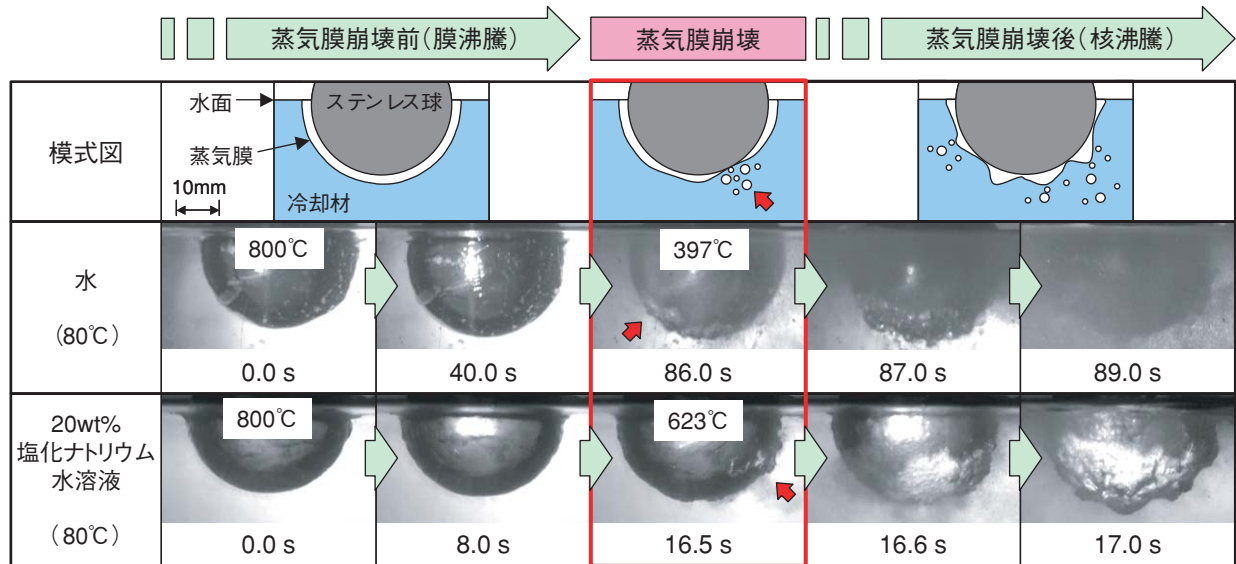


図2 塩添加による蒸気膜崩壊促進効果の一例

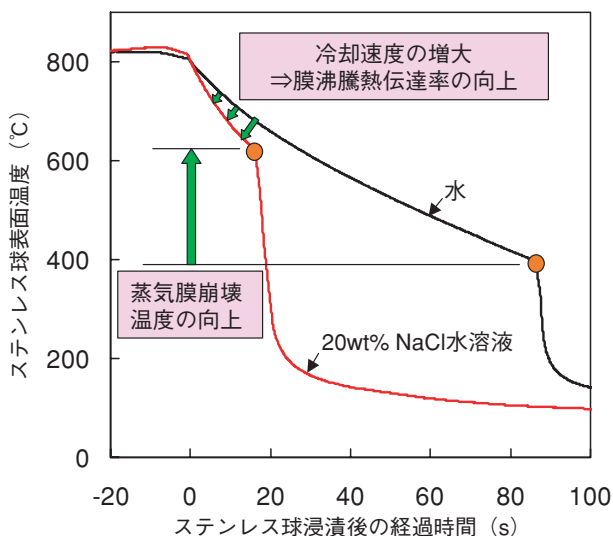


図3 冷却曲線における塩添加の影響

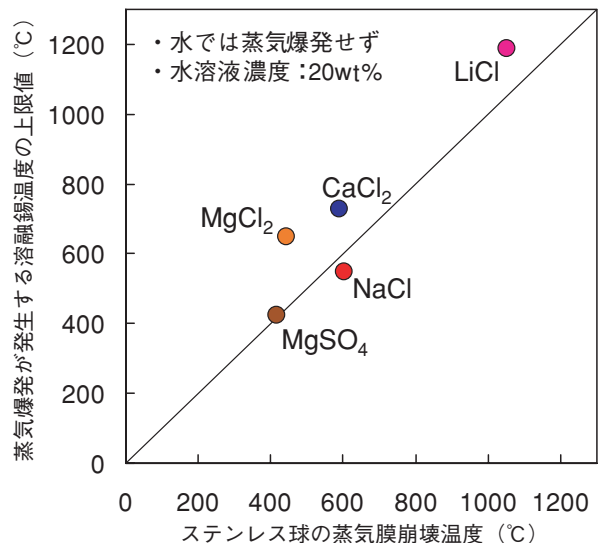


図4 ステンレス球の蒸気膜崩壊温度と蒸気爆発が発生する熔融錫温度の相関