

2025年度 各務記念材料技術研究所共同研究報告書

研究課題名	セミソリッド発泡法で作製する発泡アルミニウム合金の微粒子と初晶粒子の影響を受けた安定化メカニズムの解明
重点課題	省エネルギーとプロセス
新規・継続	新規
研究代表者	タカマツ サトミ
氏名	高松 聖美
所属機関・部局・職名	千葉工業大学 工学部 先端材料工学科 助教
研究分担者 (氏名・所属機関・部局・職名)	研究代表者 高松聖美(千葉工業大学 工学部 先端材料工学科) 研究分担者 鈴木進補教授、加藤貴晃(早稲田大学 基幹理工学部 機械科学・航空宇宙学科) 土田菜摘、飯塚大那(早稲田大学 基幹理工学研究科 材料科学専攻) 清山拓夢、奥西優太、海老原大地、斉藤大地、増田大輝、金谷柊希(千葉工業大学 工学部 先端材料工学科)
研究所側 受入教員名	鈴木進補教授

研究目的

熱制御材料，衝撃吸収材，建材に利用される発泡アルミニウム合金は軽量で，消費エネルギーを減少する．作製中，気孔間の壁，セル壁は，さまざまな要因で破膜し，気孔の粗大化を引き起こす．不均一な気孔構造を持つ発泡体は品質が低いため，気孔を微細かつ均一で安定にすることが求められる．先行研究から，添加した微粒子が気液界面の表面エネルギーを下げるため，気孔を安定にすることが知られている．しかし，セル壁で溶湯の排液が発生すると，微粒子のみでは気孔を安定化できない．そこで，発泡体作製には初晶 α 粒子で排液を抑制するセミソリッド発泡法が有効である．一方，発泡剤を用いず，セル壁および内部の排液だけを模した模擬体を用いた事前実験では，初晶 α 粒子によって排液は抑制されたが，気液界面が大きく変形して気孔が安定化しなかった．そのため，気孔の安定化には初晶 α 粒子だけでなく微粒子としての発泡剤が必要であり，双方の気孔安定化メカニズムを組み合わせることが重要であると着想した．本研究は初晶 α 粒子および微粒子の気孔安定化メカニズムを明らかにすることを目的とした。

実験内容と研究成果

発泡アルミニウム合金の気孔安定化に発泡剤という微粒子が必要であると考えられている。しかし、まず発泡剤が発泡体中のどこにどのような状態で存在するか明らかにするため、セミソリッド発泡法にて発泡体を作製した。半凝固状態で固相率 13%の Al-6.4mass%Si 合金に発泡剤である水素化チタン(TiH_2)粉末を 2 g 添加し、インペラで攪拌後、100 s 発泡させ、水凝固により発泡体を得た。得られた発泡体の気孔内表面を観察し、また気固界面の元素マッピングを取得した。

図 1 に示すのは、実際に作製された発泡アルミニウム合金中の気孔内表面、ならびに添加した TiH_2 粉末の SEM 像、および各粒子の粒度分布である。図 1(a)および(b)に示すように、気孔内表面には多くの微細な粒子が付着していた。これらの粒子は図 1(c)に示す添加前の水素化チタン粉末を写した SEM 像で見られる形状と非常に酷似していることが分かる。また図 1(d)のヒストグラムを見てもおおむね粒度分布が一致していた。図 2 に示すのは気孔内表面の気固界面を写した元素マッピング像である。COMPO 像にて界面に粒子が見られるが、Ti リッチであることが分かる。また白い矢印で示した箇所について AES 分析を行ったところ、自然酸化膜以上の厚みを持つ酸化膜が存在していることが明らかになった。以上から、気孔内表面に付着している粒子は Ti リッチであり、発泡アルミニウム合金中に存在する Ti は発泡剤として添加した TiH_2 のみであるため、この粒子は発泡剤由来の Ti 微粒子であると考えられる。

Ti 微粒子の有無による安定化メカニズムの違いを明らかにするためには、模擬体を用いた比較実験が必要である。実際の発泡アルミニウム合金では比較実験を行うことは難しいため、模擬体を用いて排水現象を模擬した。30°に傾斜した傾斜冷却板に 700 °C の Al-6.4mass%Si 合金を流し、鋳型に流し込み水凝固することによって Al-Si インゴットを作製した。インゴットから 20×20×20 mm³ の立方体を切り出し、上下左右の面にボールエンドミルで穴あけを行い模擬体を作製した。模擬体を半熔融温度となる 613°C で加熱、保持し排水を模擬した。図 3 に示すのは、模擬体を 613°C で 100 s および 150 s 保持した際の模擬体断面写真である。セル壁の形状は変化しなかったが、セル壁中において初晶粒子が下方に移動し、また粒径がわずかに大きくなった。これは実際の発泡体における排水を模擬しているため、本実験で用いた模擬体は実用可能であると考えられる。

今後、以上の結果を用いて、模擬体のセル壁表面に Ti 微粒子を付着させて排水を模擬することで、微粒子ならびに初晶粒子どちらの影響も受けた安定化メカニズムを明らかにすることができると考える。

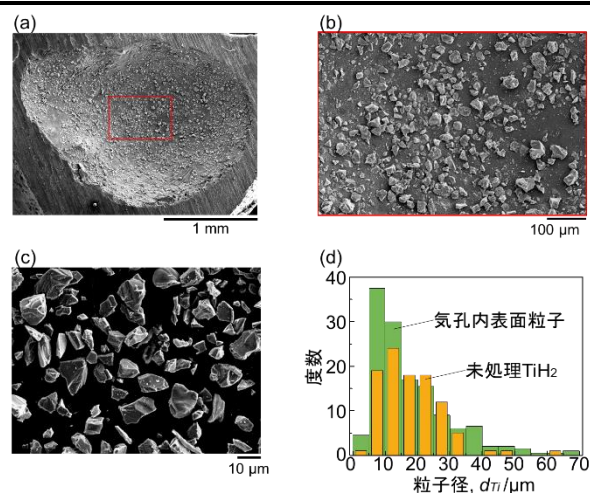


図 1 発泡アルミニウム合金中の水素化チタン粒子。(a)気孔内表面。(b)気孔内表面拡大図。(c)添加前の水素化チタン粉末。(d)気孔内表面粒子と未処理 TiH_2 の粒度分布。

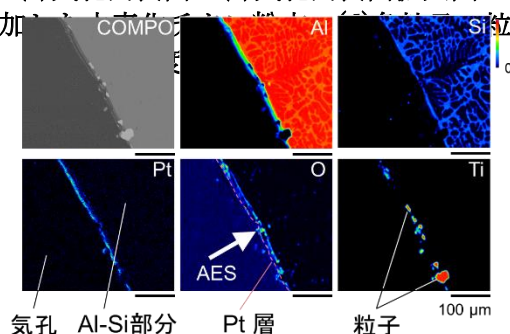


図 2 気孔内表面の気孔界面における元素マッピング。

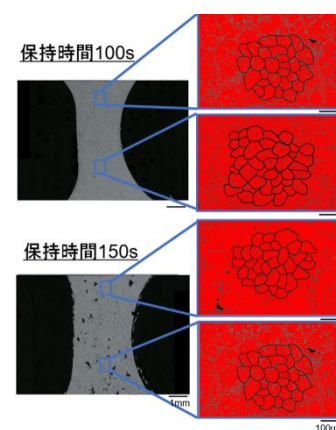


図 3 半熔融状態で任意の秒数保持した際の模擬体断面写真。

研究成果の公表状況（論文、国際・国内会議、学会発表、特許等の知財）

- [1] 高松聖美, 清山拓夢, 奥西優太, 土田菜摘, 鈴木進補: 軽金属学会第 149 回秋期大会講演概要 (2025), 173-174.
 - [2] S. Takamatsu, N. Tsuchida and S. Suzuki: MetFoam 2025 (2025), 17.
 - [3] S. Takamatsu: ICEIM 2025 (2025), 21.
 - [4] S. Takamatsu, N. Tsuchida and S. Suzuki: Key Engineering Materials (Accepted)
 - [5] 高松聖美, 土田菜摘, 鈴木進補: 軽金属学会第 148 回春期大会講演概要 (2025), 169-170.
- （論文の場合、別刷りの添付をお願いいたします。）

(注) 様式Bは、A 4 サイズ 2 頁になるようにしてください。