

2011 年度 JAXA
航空プログラムグループ
公募型研究報告会
2011 年 12 月 26 日



航空機用アルミニウム合金を用いた 発泡材料の製法開発と強度・機能性の評価

早稲田大学 高等研究所
鈴木進補

共同研究者 早大・機械科学航空学科
中江秀雄(教授), 野中由寛(M1), 福井貴明(B4)

発泡アルミニウムの特性

輸送機用材料
への要求

✓軽量化

✓客室内の快適室温

✓客室内の静寂

✓衝突時の
衝撃吸収

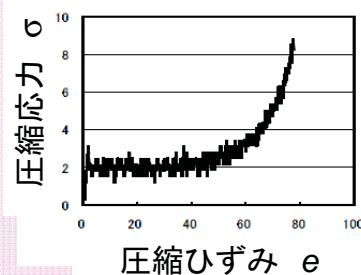
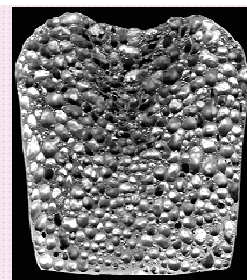
発泡アルミニウム

✓低密度

✓低熱伝導率

✓吸音性

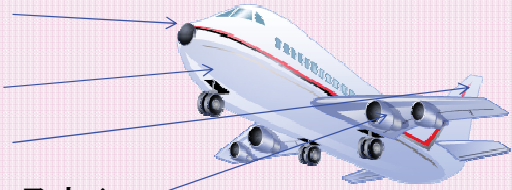
✓エネルギー
吸収性



発泡アルミニウムを航空機用に発展

発泡アルミニウムの航空機体への適用案

- 機首(軽量, 衝撃吸収),
- 機体胴体(軽量, 断熱性),
- 尾翼(軽量, 衝撃吸収性),
- エンジンカバー(軽量, 衝撃吸収)

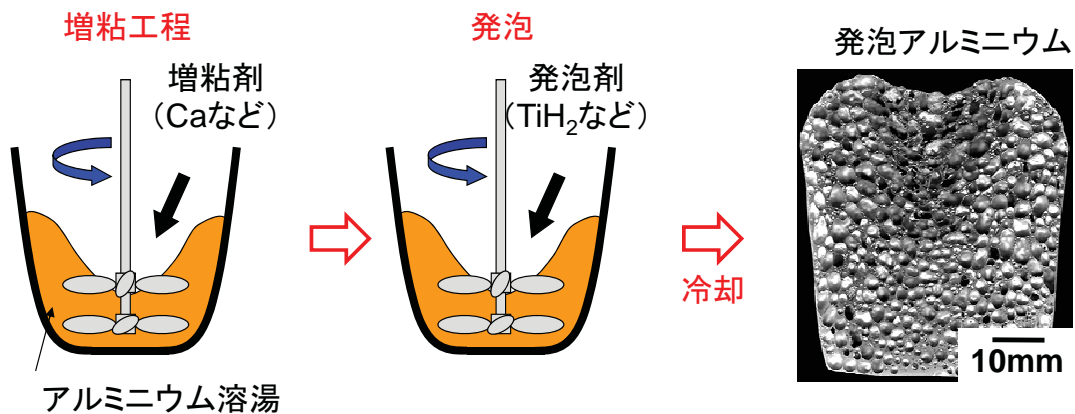


- 客室床面(軽量, 高い比曲げ剛性),
- 座席(軽量, 衝撃吸収性),

など



発泡アルミニウムの製法 / 溶湯発泡法



高強度化に向けた課題

- ✓ 合金化
- ✓ 熱処理
- ✓ 塑性加工

高品質化に向けた課題

- ✓ 不均一な気孔分布
- ✓ 粗大気孔の改善

アルミニウム合金への適用例

発泡アルミ用に用いられる合金 凝固温度範囲例

✓A7000系(Al-Zn-Mg) ¹⁾	111 °C (A7050)
✓A4000系(Al-Si) ²⁾	39 °C (A4032)
✓鋳造用合金 (Al-Si-Mg) ³⁾	55 °C (AC4C)

代表的な航空機体用合金

✓A2000系(Al-Cu-Mg) ⁴⁾	136°C (A2024, 超ジュラルミン)
---------------------------------	-------------------------------

超ジュラルミンの発泡化における課題

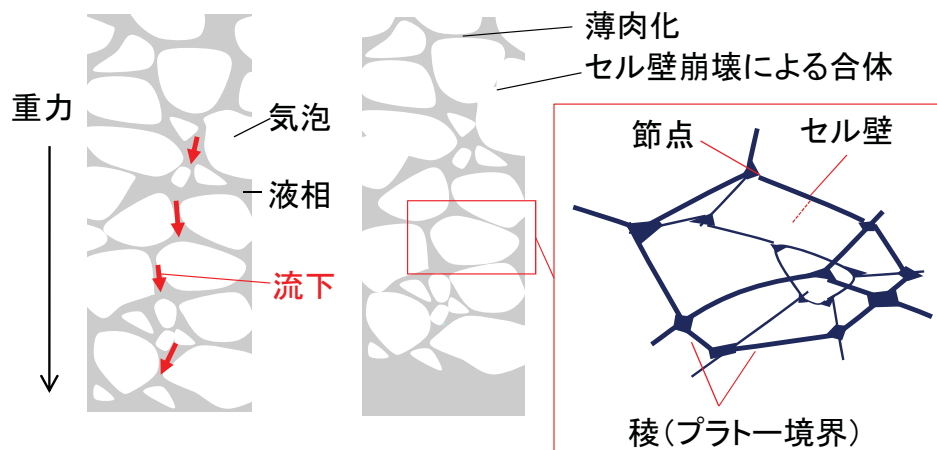
広い凝固温度範囲 ⇨ 冷却時における気孔粗大化の進行

発泡開始後から凝固までの保持時間における
気孔の変化が重要

- 1) T, Miyoshi, et al. Mater. Trans. (2002)
- 2) Z, Sarajan, et al. Mater. Manu. Proc. (2011)
- 3) R. Nadella, et al. Mater. Sci. Tec. 26 (2010)
- 4) 社団法人 軽金属学会 アルミニウムの製品と製造技術

気孔の不均一化・粗大化の抑制

ドレナージ
(排水)



気泡安定化のための方策

増粘剤Ca
の添加



粘性増加による
液相流下の抑制



ドレナージ
の抑制

課題

合金元素ではないCaの添加



合金元素のMgを増粘剤として
使用できないか？

研究目的

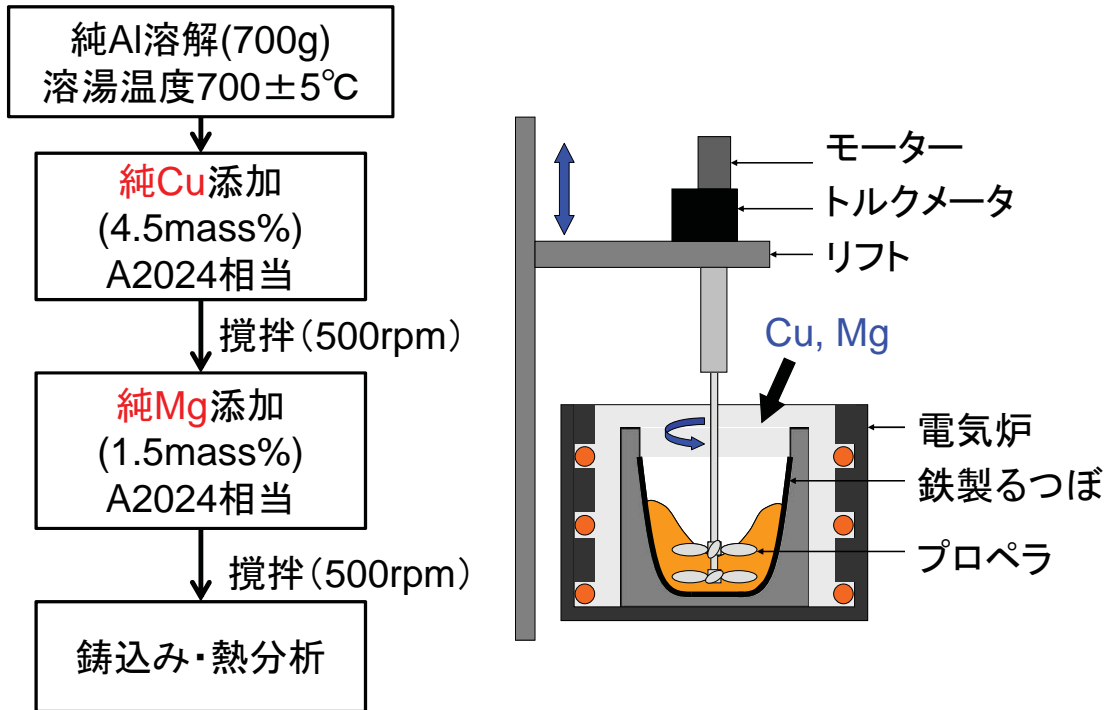
航空機体材料であるジュラルミンを用いた発泡Alの製法の確立と航空機用多機能材料としての応用を目的として、以下の研究を行う。

- Mgを増粘剤として用いた製法の確立
- 熱処理条件がマイクロ組織、機械的性質（硬さ、降伏強度、衝撃吸収性など）に与える影響の解明
- 発泡ジュラルミンの伝熱・吸音特性の解明
- 各航空機部材への適用可能性の検討

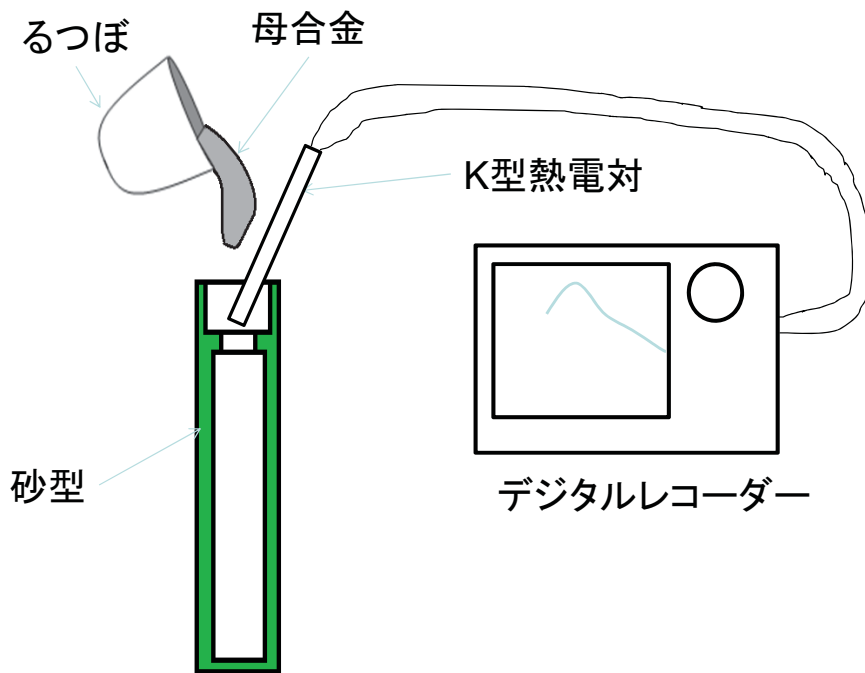
研究計画

	2011年度	2012年度	2013年度
目 標	均一な微細気孔を有する発泡ジュラルミンの作製	発泡ジュラルミンの強度特性の解明	発泡ジュラルミンの伝熱吸音特性の解明
作製条件の検討	→		
セル壁のマイクロ組織観察	→		
圧縮試験		→	
セル壁の硬さ試験		→	
伝熱・吸音特性評価			→
航空機体への応用検討			→

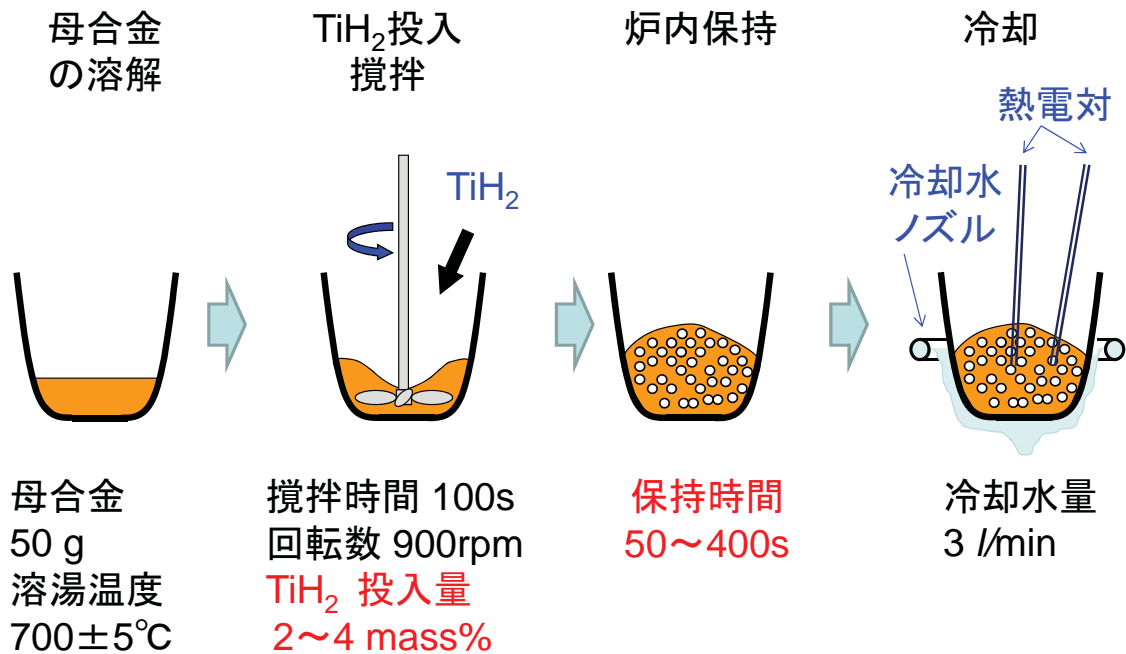
増粘したジュラルミン母合金の作製方法



母合金作製時の熱分析



発泡ジュラルミンの作製方法



試料の評価方法

気孔率の評価

- 密度測定(アルキメデス法), 試料全体を測定
- 気孔率 p 算出

$$p = 1 - \frac{\rho_P}{\rho_{NP}} \times 100$$

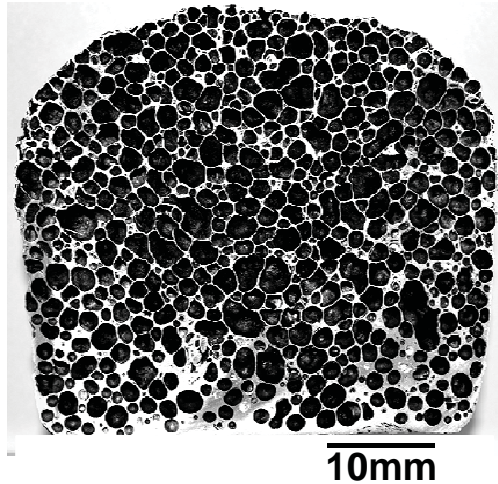
ρ_{NP} : 母合金の密度

ρ_P : 発泡試料の密度

気孔形態の評価

- 断面観察
- 気孔径測定:画像解析ソフト(WinROOF)

作製した発泡ジュラルミンの断面



保持時間: 150 s
TiH₂ : 4 mass %

平均気孔径: 1.2mm
気孔率: 81%

Mgを合金成分・増粘剤として用いることにより
発泡ジュラルミン(A2024相当)の作製が可能

まとめ

- Al-Cu溶湯においてもMgは増粘剤として作用した.
 - Al-Cu-Mg合金(A2024相当)による発泡ジュラルミンの作製は可能である.
 - 発泡時の保持時間の経過とともに以下のように変化する.
 - 1)TiH₂分解の進行過程
 - 2)セル同士の合体による粗大化過程
 - 3)セル壁の崩壊による水素の離脱及び液相の沈降による収縮過程
- 微細・均一な気孔を生成させるためには2)の過程が進行する前に発泡ジュラルミンを凝固させる必要がある.