

2012 年度 JAXA
航空プログラムグループ
公募型研究報告会
2012 年 12 月 7 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
野中由寛(M2), 福井貴明(M1)

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

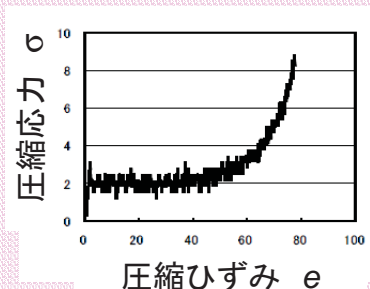
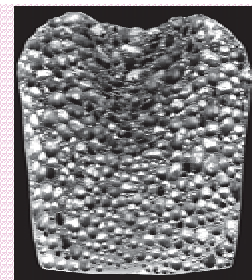
発泡アルミニウム

✓低密度

✓低熱伝導率

✓吸音性

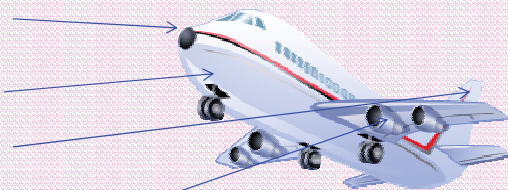
✓エネルギー
吸収性



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

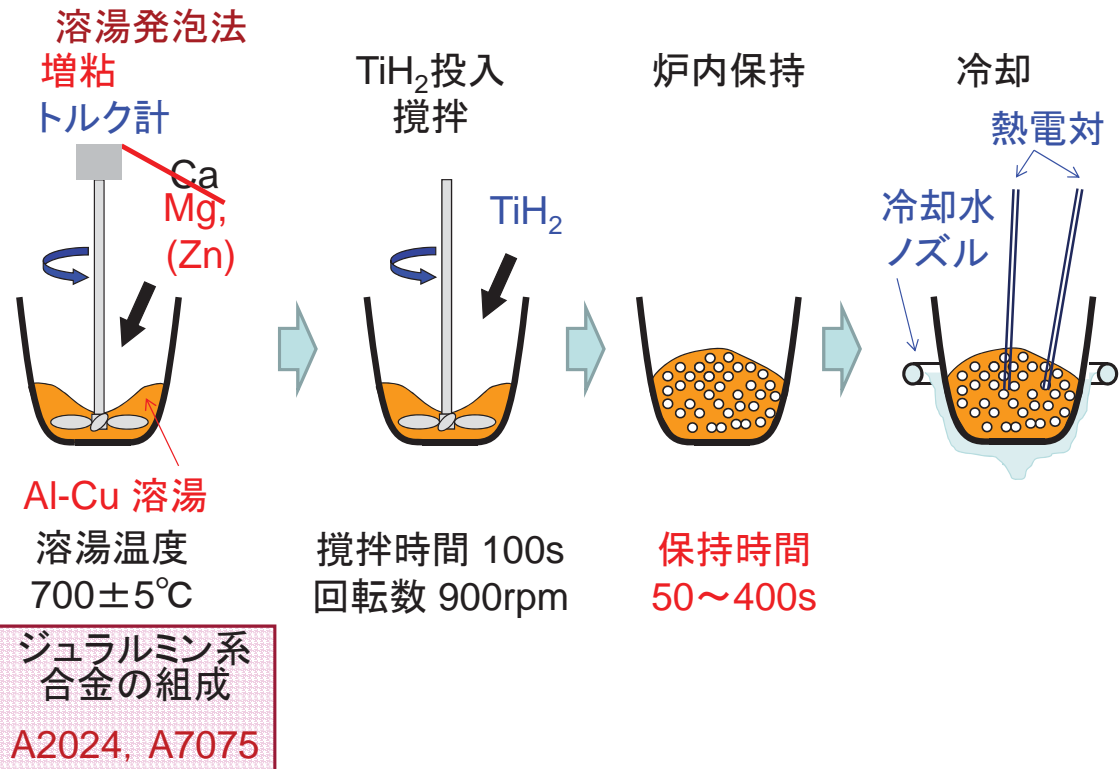


研究目的

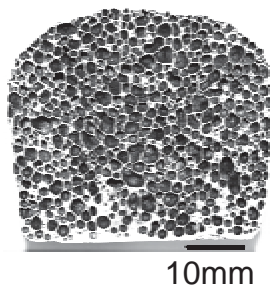
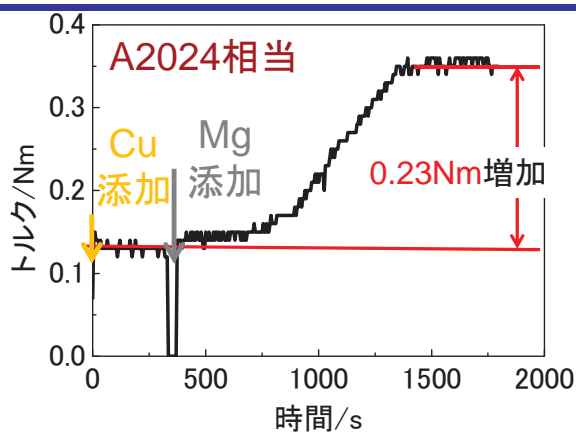
航空機体材料であるジュラルミンを用いた発泡Alの製法の確立と航空機用多機能材料としての応用を目的として、以下の研究を行う。

- **Mgを増粘剤**として用いた製法の確立
- 熱処理条件が**ミクロ組織**, 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

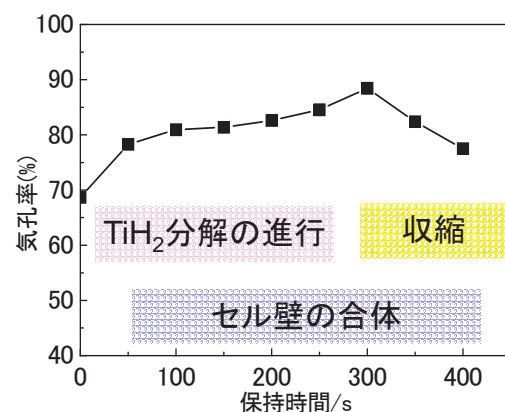
航空機用合金を用いた発泡アルミニウムの作製



発泡ジュラルミンの作製結果 (2011年度)



試料	組成	
	Cu	Mg
添加量	4.5	1.5
母合金 (EPMA)	4.45	1.42
発泡材 (EPMA)	4.19	1.22
JIS規格 A2024	3.8-4.9	1.2-1.8



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。

2012年度

- Mgを増粘剤として用いた製法の確立
- 熱処理条件がミクロ組織、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

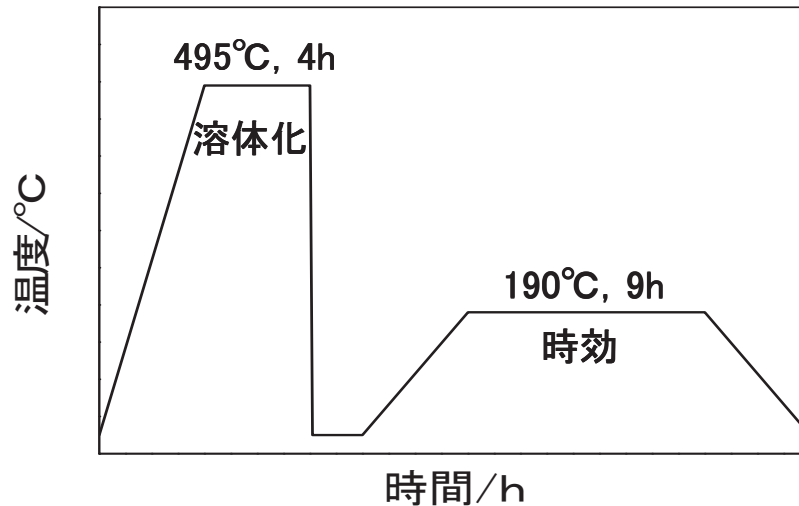
	2011年度	2012年度	2013年度
目 標	均一な微細気孔を有する発泡ジュラルミンの作製	発泡ジュラルミンの強度特性の解明	発泡ジュラルミンの伝熱吸音特性の解明
作製条件の検討	→		
セル壁のミクロ組織観察	→	→	
圧縮試験		→	
セル壁の硬さ試験		→	
伝熱・吸音特性評価			→
航空機体への応用検討			→

熱処理方法

・発泡試料(A2024相当, A7075相当), A2024鋳造材, 母合金

F材: 熱処理なし

T6材



試料の評価

気孔率

・アルキメデス法による測定

$$\rho = (1 - \rho_P / \rho_{NP}) \times 100$$

ρ_{NP} : ノンポーラス試料の密度

(=2.7g/cm³)

ρ_P : 発泡試料の密度

マイクロビッカース硬さ試験

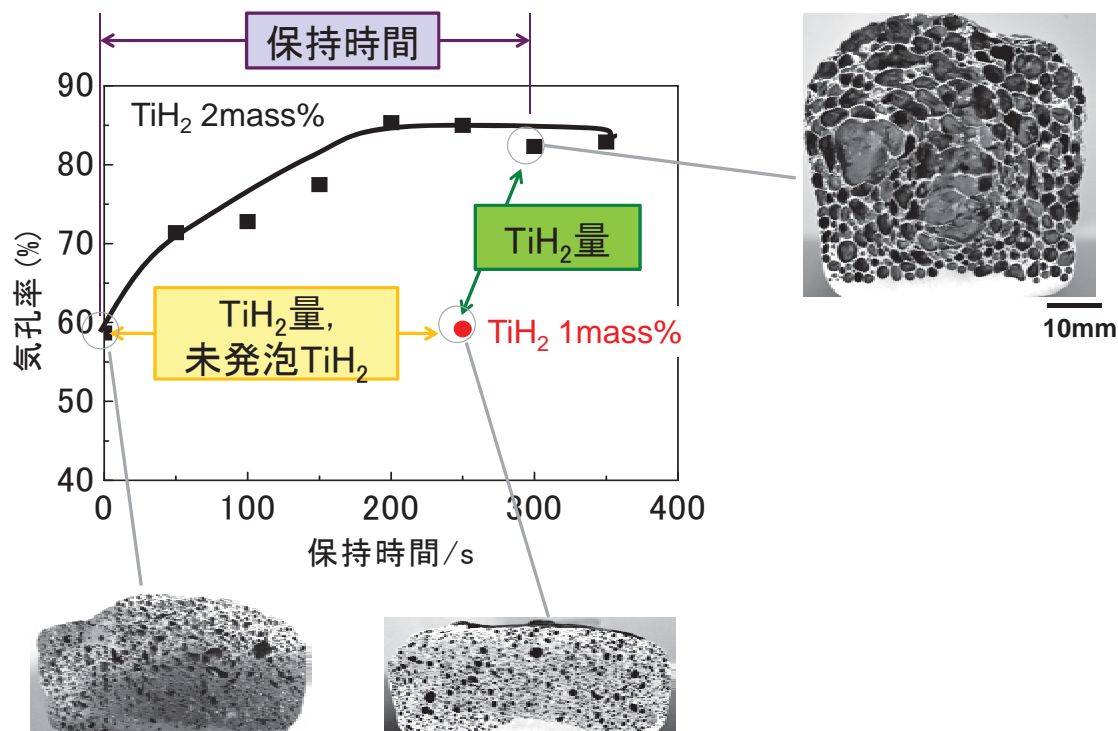
・樹脂込めし、鏡面処理後、硬さの測定。

(荷重:0.49N, ; 負荷時間:15s; 各10点測定し、平均値で評価)

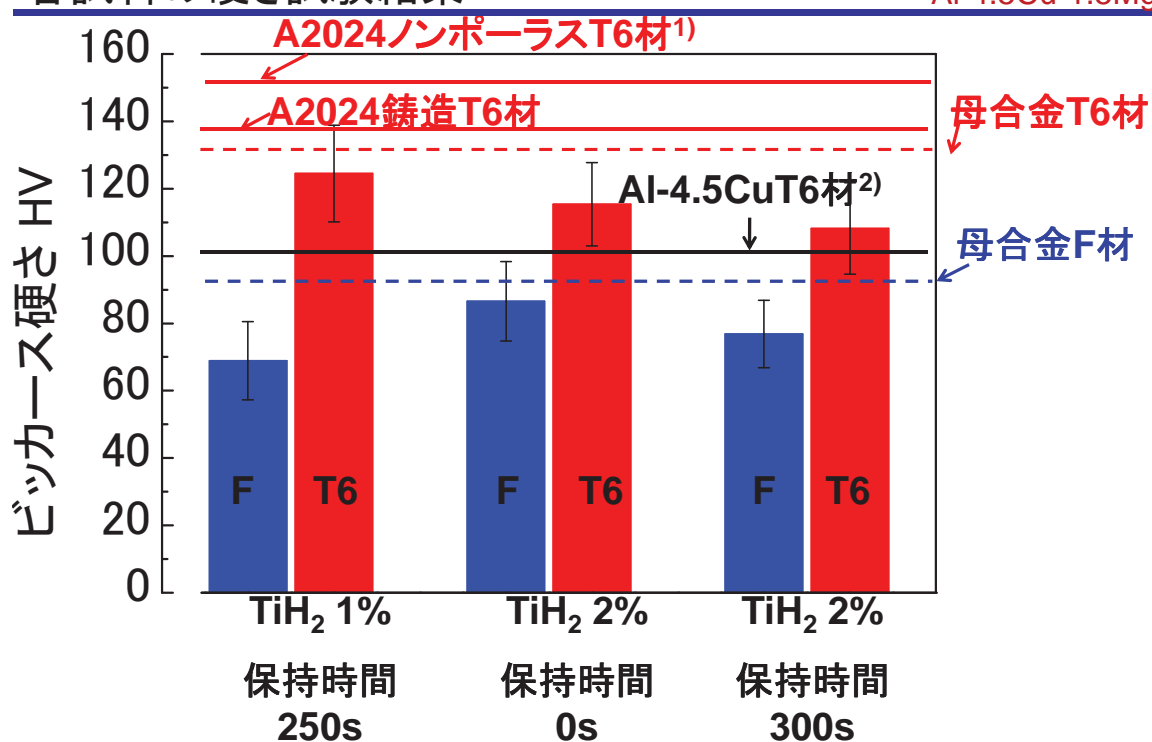
組成分析

・EPMAによる元素分析(Al, Cu, Mg, Ti, O).

保持時間及びTiH₂添加量による気孔率の変化 Al-4.5Cu-1.5Mg



各試料の硬さ試験結果

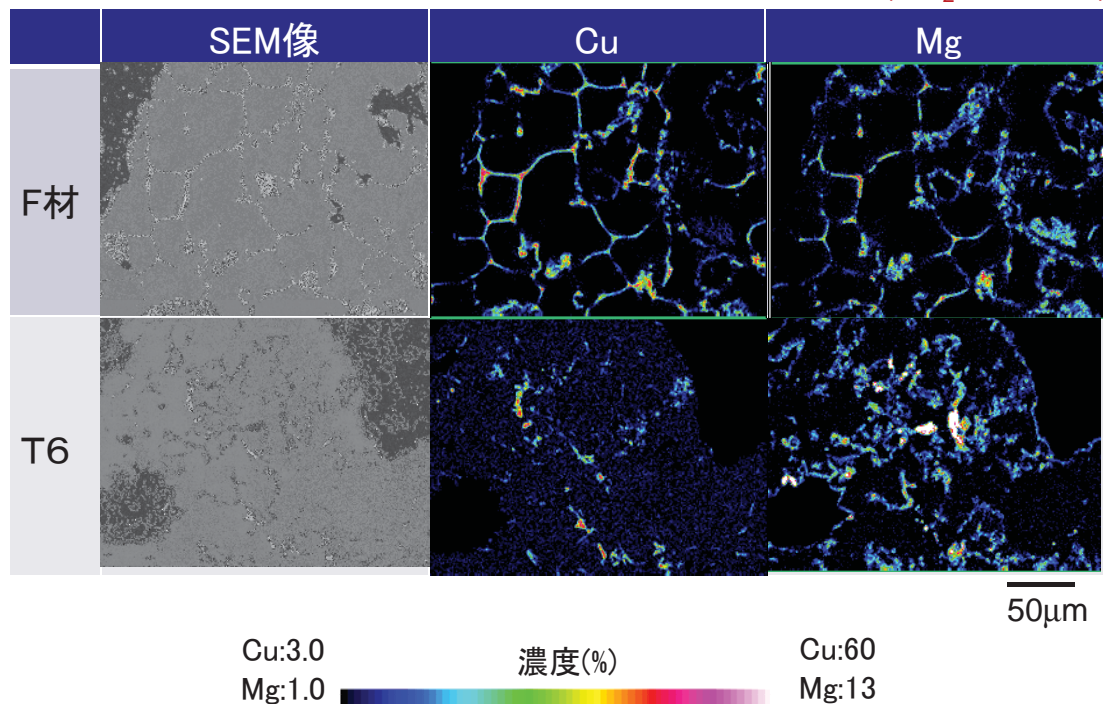
Al-4.5Cu-1.5Mg


1) 荒木一郎, 軽金属Vol.34, No.4, (1984), 221-226.

2) H.K. Hardy: J. Inst. Metals, 79 (1951), 321; 82 (1953), 236.

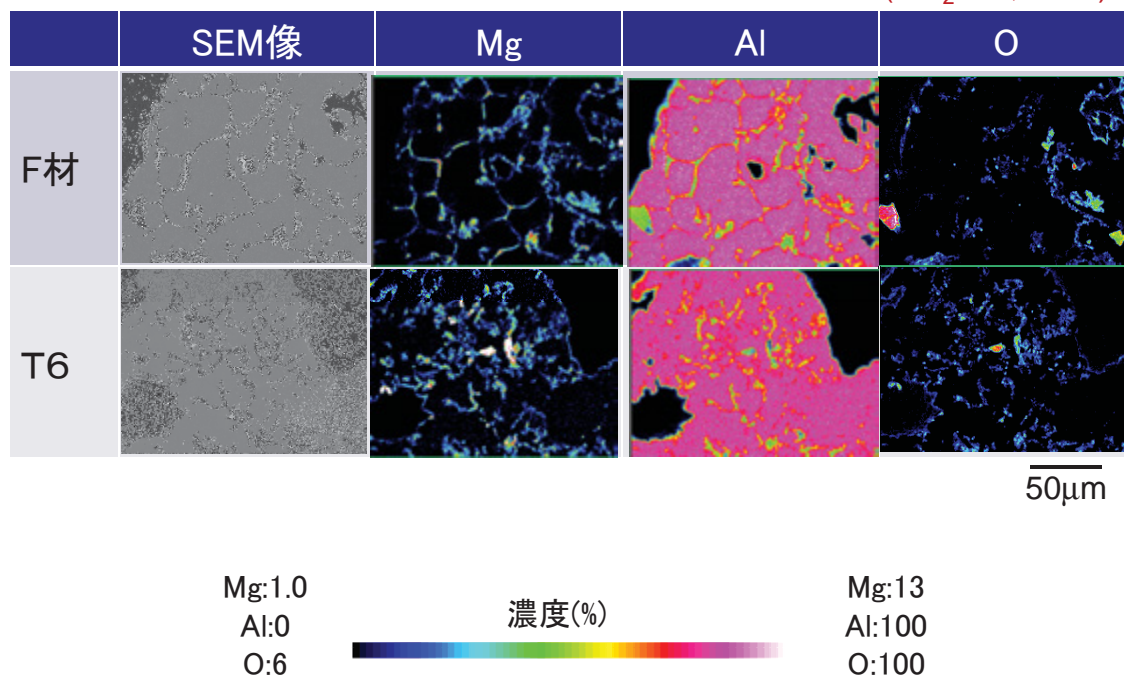
熱処理による組成分布の変化

Al-4.5Cu-1.5Mg

(TiH₂ 1%, 250s)

熱処理による酸化物の変化

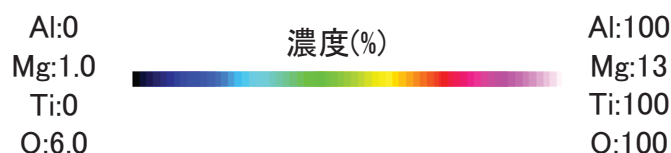
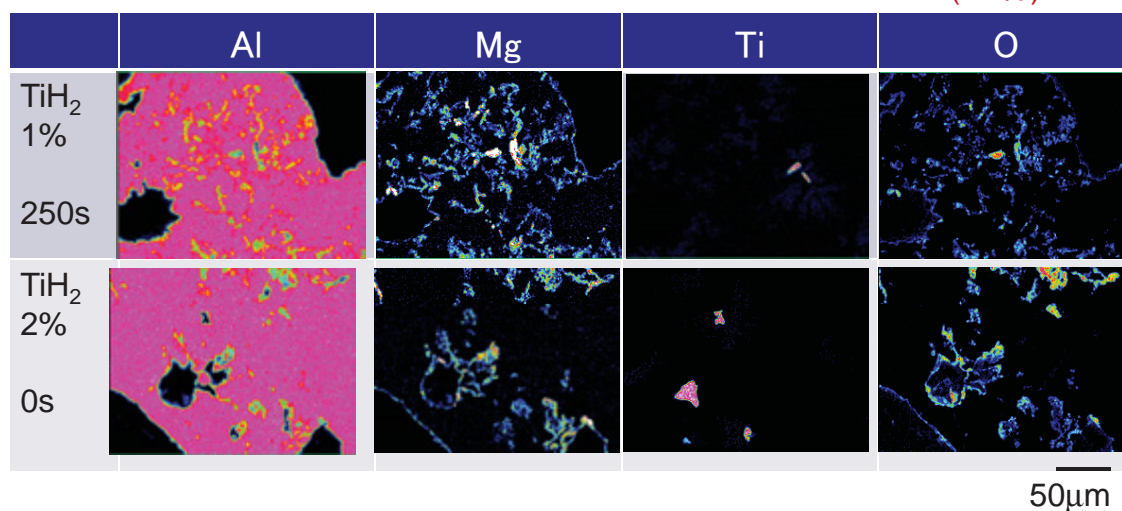
Al-4.5Cu-1.5Mg

(TiH₂ 1%, 250s)

セル壁におけるTi及びその周囲の元素

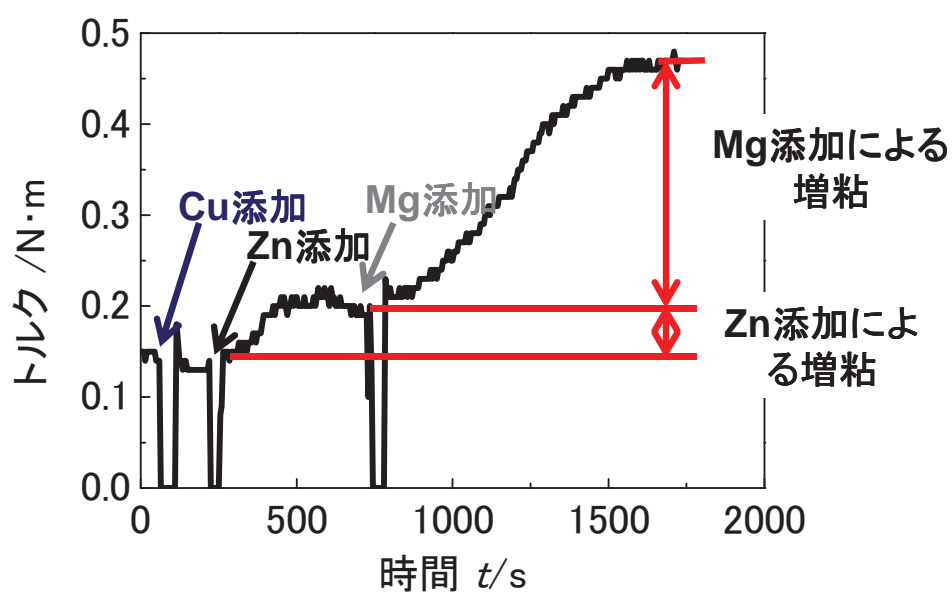
Al-4.5Cu-1.5Mg

(T6材)



母合金作製時のトルク変化

Al-1.5Cu-5.5Zn-2.5Mg







Zn, Mgの添加によっ
て、溶湯が増粘



発泡アルミニウム合金
の作製が可能

TiH₂添加量による影響

Al-1.5Cu-5.5Zn-2.5Mg

TiH ₂ :2.0mass%		TiH ₂ :1.0mass%	
100s (<i>p</i> =64.2%)		150s (<i>p</i> =63.0%)	
300s (<i>p</i> =83.6%)		300s (<i>p</i> =81.8%)	

TiH₂の添加量によって、

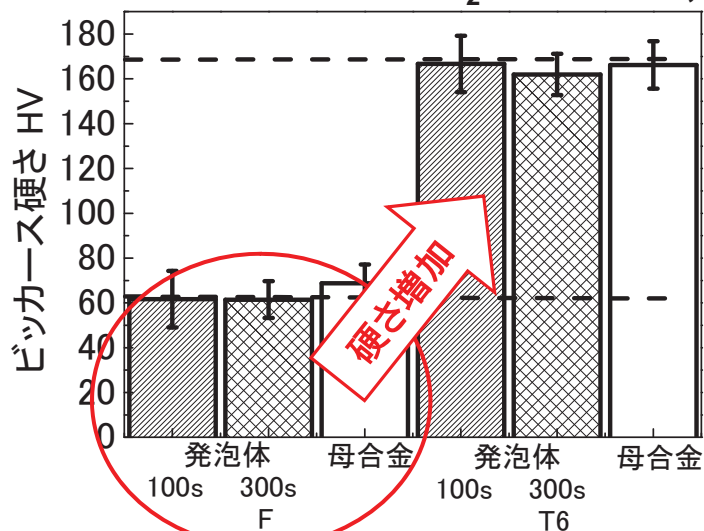
10mm

添加量が多いと気孔率
の増加速度が速い

気孔生成の仕方に
大差はない

マイクロビッカース硬さ試験

Al-1.5Cu-5.5Zn-2.5Mg

発泡試料の作製条件: TiH₂:2.0mass%, 保持時間: 100s, 300s破線: 参考値¹⁾

上: A7075のT6材の硬度

下: A7075のO材の硬度

T6処理によって試料
の硬さが増加

保持時間が異なり、気孔分布、気孔形状が
異なっても硬さに大差はない

1) 社団法人 軽金属学会 アルミニウムの製品と製造技術

結論

Al-Cu溶湯にMg及びZnを添加し、ジュラルミン系合金組成の発泡体を作製し、T6処理後のミクロ組織観察、硬さ試験により以下の知見を得た。

- T6処理により、溶体化処理後急冷することにより過飽和に固溶したCu, Mg, Znが、時効処理により微細に析出し強度を改善できる。
- 合金元素として作用するMgの量が不足すると、A2024よりも硬さが低下する。
- Al-Cu-Mg-Zn合金の場合は、A7075同等の硬さを得ることができる。
- 母合金よりも発泡体の硬さが低い(A2024)のは、Tiによるものであり、未発泡のTiH₂の顕著な違いは見られない。