

MATERIALS and PROCESSING



Materials and Processing
Division Newsletter November 2016

NO.52



日本機械学会
機械材料・材料加工部門ニュースレター

巻頭言

ポーラス金属の可能性と将来展望



名古屋大学名誉教授
金武 直幸

内部に多数の気孔を有するポーラス金属 (porous metal) には、気孔形態、気孔サイズ、気孔率が異なる様々な材料が含まれる。比較的大きな気孔 (セル) が規則的な二次元構造を有するハニカムは、古くから航空機用構造材料として利用されている。また、微細な気孔を多数含有した粉末焼結金属も、古くから工業利用されているポーラス金属である。一方、発泡金属 (foamed metal)、金属フォーム (metallic foam)、金属スポンジ (metal sponge) と呼ばれる新しいポーラス金属が 1980 年代から研究開発されてきた。ハニカムや焼結金属は、金属板 (箔) や金属粉末の集合体として構成され、それらの間に気孔 (セル) を残存させたポーラス金属である。一方、発泡金属や金属スポンジは、金属内に気孔を積極的に導入あるいは生成して製造されるポーラス金属である。これら材料の総称として、日本ではポーラス金属の呼称が一般的であるが、欧米ではセル構造体 (cellular solid (metal)) の呼称が好んで使用される。

発泡金属や金属フォームと呼ばれる新しいポーラス金属は、超軽量構造部材を実現できる他に、緻密金属とは異なる特性 (制振性や断熱性など) を有する。そのため、次世代の構造用材料として注目され、1980 年代後半から、英国・ドイツを中心とする欧州で精力的に研究開発が展開された。それらの成果は多くの書籍にまとめられており、特に Gibson &

Ashby の書籍¹⁾は、今も座右の書として親しまれ邦訳もされている。この本を翻訳された大塚博士は、当時「Cellular Solids」に相当する日本語が定まっておらず、さしあたって「セル構造体」と訳したと記されており、当時 (1990 年代初め) この本を翻訳してセル構造体の分野を日本国内に導入された訳者の先見の明には感服する次第である。

工業材料として特に注目されたのは発泡アルミニウムである。1990 年代には日本の神鋼鋼線工業 (株)、カナダの Cymat 社、オーストリアの Alulight 社が、それぞれ独自の製造法を確立して工業生産を始めていた。その頃、国内の自動車メーカーは工業利用の可能性について様々な観点から検討を進め、著者など一部の研究者が基礎研究を始めていた。しかし、気孔を積極的に制御し利用するポーラス金属が、一つの研究分野として認識されるようになったのは 2000 年以降である。1999 年には関連する国際会議 (MetFoam) が初めてドイツで開催され、ポーラス金属の研究開発が急速に注目されるようになった。そして、2005 年には第 4 回の国際会議 (MetFoam) が初めてドイツ以外の地 (京都) で開催され、その後も活発な研究開発が世界的に推進された。

ポーラス金属の用途は、その気孔形態によって大きく異なる。独立気孔型ポーラス金属は軽量構造材料としての利用が期待され、軽量化と同時に剛性・強度・衝撃吸収性・制振性・断熱性などの付加価値が期待できる。自動車用部材としては、ピラーやサイドフレームなどの充填材、ルーフやボンネットなどのパネル材としての可能性が検討されている。また、高比剛性や制振性を利用した工作機械、産業用ロボット、福祉・介護機器などへの利用拡大も期待できる。これらの工業利用では、中空部材への充填やサンドイッチパネルなど緻密金属との複合構造での利用が想定され、その設計や成形加工、さらに緻密層からの傾斜気孔構造の形成などが実用化への課題となる。一方、連通気孔型ポーラス金属の多くの用途は、金属内部の連通気孔の大きな比表面積を有効に利用した機能材料である。金属の良好な熱伝導性を利用した熱交換器、高い導電率を利用した電池の電極、高い振動吸収性能を利用

した吸音材などが実用化されている。

ハニカムや焼結金属に比べ開発の歴史が浅く、今なお成長段階にあるポーラス金属（発泡金属）の利用例はそれほど多くない。しかし、多孔質の機能と金属の性能が有機的に融合することにより、樹脂やセラミックのポーラス材料には無い工業利用の可能性が期待される。将来の利用拡大に向けては、ポーラス金属に期待されるニーズを十分に見据えた上で、基礎研究と同時にものづくりの視点からの研究開発も必要となる。そして、塑性加工や鋳造加工など従来技術と共に、3D

プリンターなど新しいプロセス技術との連携により、ポーラス金属の更なる高性能化と高付加価値化が進めば、その利用拡大も自ずと進むものと確信する。

参考文献

- 1) L.J. Gibson, M.F. Ashby: Cellular Solids-Structure and Properties, Pergamon Press, (1988). (翻訳) 大塚正久: セル構造体-多孔質材料の活用のため, 内田老鶴圃, (1993).

■特集：ポーラス金属の創製と利用

□ 特集1 ポーラス金属の課題：微視構造制御に関して □

京都大学
馬淵 守

1. はじめに

“セル構造体”¹⁾という題目の専門書が、日本でポーラス金属が本格的に研究される契機になったのは間違いない。当時、新しい超軽量材料としてポーラス金属が大きな注目を集め、学術界、産業界ともに世界中で研究開発が進められた。また、生体模倣材料の点からもポーラス金属は興味が持たれた。それから20年余りの間に、アルポラス、ロータス金属という画期的なポーラス金属が開発されたり、ポーラス金属に関する国際規格が制定されるなど実用化の基盤が整った。しかし、期待どおりにポーラス金属の実用化は進んでいるだろうか？よく言われているように、“新”材料が“真”材料になるためには、長く厳しい death valley を乗り越えなければならない。今が death valley であるとしたら、この間にしっかりと技術力を高めることが求められていると言える。本紙面をかりて、ポーラス金属の特異性を再認識し、微視構造制御の視点からポーラス金属の今後の展開を考えてみたい。

これまでの材料研究を端的に言えば、微視組織の解明とその制御のためのプロセス開発と言える。合金化（固溶、析出等）や結晶粒微細化は、微視組織制御の典型である。一方、ポーラス金属は材料自体に微視構造を有するのが特徴である。これまでのポーラス金属研究では、その強度（プラトー応力）や弾性率が気孔率に大きく依存することから気孔率の影響が大きな研究対象とされてきた一方で、孔のサイズや形態など微視構造はあまり注目されてこなかった。しかし、自然物の多くが複雑な微視ポーラス構造をもつことに注目すべきである。貝殻や骨の軽くて、強くて、壊れにくい性質は、その複雑なポーラス構造に起因する。そのような複雑な微視構造は、環境に適応するため長い年月をかけて最適化された結果である。このことは、微視構造を最適化することによって特異な機能が付与されること、すなわち、微視構造を制御すること

によってポーラス金属は特異な材料となり得ることを示唆している。

2. ポーラス金属を使って軽量化は可能か？

ポーラス金属は超低密度材料であり、開発当初から軽量化が期待された。これまでの超軽量構造材料といえばハニカムサンドイッチやフラットパネルが挙げられるが、ポーラス金属はこれら従来の超軽量材料に比べて軽量化は可能であろうか？ポーラス金属の応力は、複合則から予想される応力より小さいことが知られている。Evans^ら¹⁾は、ポーラス金属とフラットパネルの軽量化を比較検討し、ポーラス金属を使用するとフラットパネルより重くなってしまうことを明らかにした。単純にポーラス金属を使うだけでは、期待通りの軽量化は難しいと言わざるを得ない。

しかし、フラットパネルの壁をポーラス化することによって、フラットパネル単体に比べ軽量化が可能となる。すなわち、単純にポーラス金属に置き換えただけでは軽量化はできないが、フラットパネル壁をポーラス化する等のような、ポーラス金属を特別な用途に使用すれば軽量化が可能となる。壁厚さが mm オーダーであれば、それ以下の微細な孔径が必要である。これまでのポーラス金属では、プラトー応力は孔径に依存しないことから孔径の制御はあまり注目されてこなかった。しかし、上記のように孔径の制御は軽量化に不可欠な要素である。このように、微視構造制御は軽量化に不可欠な開発要素と言える。

3. 微視構造制御の例

(1) 人工骨

自家骨はマイクロポーラス構造体である。しかし、現在の人工骨は緻密材で作られている。緻密材人工骨の弾性率は大

きすぎるため骨周囲の筋肉が弱くなり、結果として骨を動かせなくなってしまうことがある。また、骨と筋肉の接合に骨のもつポーラス構造が重要な役割を担っているが、現行の人工骨にはポーラス構造がなく接合性が悪い。そこで骨セメントを使って接着しているが、長年の使用の間に骨セメントが剥がれ、炎症などの問題を引き起こすことがある。したがって、自家骨と同様の力学特性と微視構造を有する人工骨が望まれる。特に、高齢化者の股関節損傷は大きな問題であり、高齢化社会の出現にともない、股関節人工骨のポーラス化は緊急の課題と言える。

強い接着性を得るための孔径は、これまでの実験から 200～500 μm 程度であることがわかっている。これより孔径が小さすぎると、血管が骨内部に侵入できず良好な接着性が得られない。生体適合性があり、孔径が数百 μm 程度で、弾性率が自家骨と同程度のポーラス金属が望ましい人工骨材料と言える。図 1 は、平均孔径が約 200 μm で、弾性率が海綿骨と同程度のポーラスチタンの写真である。チタンは耐食性が高く、生体適合性に優れた金属である。動物実験の結果、孔の箇所に優先的に骨の再生が見られた²⁾。このように、微視構造制御によって、自家骨の特性と構造に近いポーラス人工骨の製造が可能である。しかし、実用化に向けて、リガメントの欠損防止や疲労特性の改善、気孔率の傾斜化など多くの技術的課題が残されている。また、人工骨の開発には医工連携が不可欠であり、今後そういったネットワークの構築も大きな課題と言える。

(2) 吸音材

図 2 は、吸音材として開発された厚さ 1 mm のポーラス金属の写真である。このポーラス吸音材は、厚さ 1 mm と薄いにも関わらず音を完全に吸収する優れた吸音特性を示した。この吸音ポーラス金属は見た目はクロズドセル構造であるが、セル壁に約 50 μm の微小な連結孔がある。空気がこの微小連結孔を通る間に音のエネルギーが吸収される。この連結孔のサイズが 10 μm や 100 μm では、優れた吸音性は発現しない³⁾。連結孔の制御が吸音特性に重要である。

(3) マイクロ流路

スペーサー法により、孔径を制御してポーラス金属を作製することが可能である。このプロセス法を応用して、金属マイクロチャンネルを作製することが可能である。図 3 は、スペーサー法により作製した金属マイクロチャンネルの写真である。らせん状のマイクロチャンネルを作製することも可能である⁴⁾。金属マイクロチャンネルは、ポーラス金属ではないが、微視構造制御の応用として今後の進展が期待される。

4. おわりに

ポーラス金属の単純な置き換えだけでは、軽量化はできない。しかし、フラットパネルの壁をポーラス化することによって、フラットパネル単体に比べ軽量化が可能となる。このように、ポーラス金属を特別な用途に使用すれば軽量化が可能となる。ポーラス金属の特徴は微視構造制御にあり、微視構造制御によりポーラス金属の新しい展開が期待される。

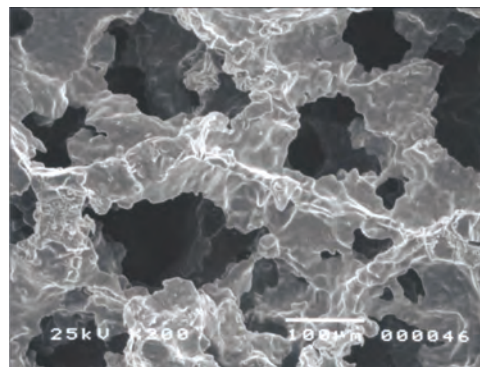


図 1 人工骨用ポーラスチタン



図 2 吸音ポーラス金属

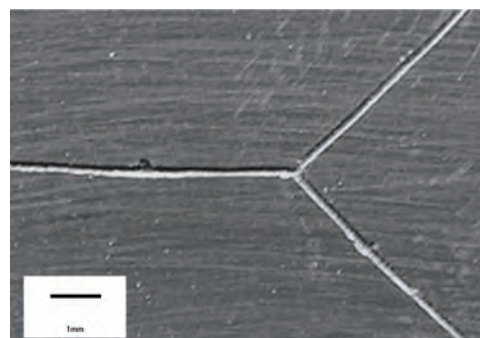


図 3 金属マイクロチャンネル

最近、3D プリンターが話題になっている。3D プリンター（積層造形法）を使うことにより、微視構造制御が比較的簡単にできる。このような新しい技術を積極的に活用し、微視構造制御によるポーラス金属の新しい展開が拓けることを期待したい。

参考文献

- 1) Evans, A. G, et al, "The topological design of multi-functional cellular metals", Progress in Materials Science, Vol. 46, (2001), pp. 309–327.
- 2) Matsuzaka, K, et al, "Bone formation in titanium porous scaffold with immobilization of BMP-2" J. Oral Tissue Eng, Vol. 2, (2005), pp. 60–65.
- 3) Hakamada, M, et al, "High sound absorption of porous aluminum fabricated by spacer method", Appl. Phys. Lett, Vol. 88, (2006), 254106 (1)–(3).
- 4) Hakamada, M, et al, "Processing of three-dimensional metallic micro channels by spacer method", Materials Letters, Vol. 62, (2008), pp. 1118–1121.

□ 特集 2 ポーラス金属関連規格の JIS 化, ISO 化への取り組み □

早稲田大学
鈴木 進補

ポーラス金属は、低密度、特異な伝熱特性（低熱伝導率、高熱交換効率）、衝撃吸収性、大きな比表面積、特異な内部構造など、これまでの緻密材にはない性質を持っている。このため、軽量構造材料、断熱材、熱交換材料、衝撃吸収材、電極材料、吸音材などとして実用化されてきた。

産業化に至るまで、これらの特性評価方法の標準化が不可欠であり、我が国はこの約十年間でポーラス金属に関わる JIS 及び ISO 規格を主導してきた（表 1）。大阪科学技術センター（OSTEC）により組織された標準化委員会が主に経済産業省の支援の下、調査、原案作成作業を行ってきた。ポーラス金属の特性の中でも、「ポーラス金属用語」、熱制御技術用途に用いる「熱伝導率試験方法」、軽量構造材に用いる「（準静的）圧縮試験方法」及び衝撃吸収材に用いる「高速圧縮試験方法」に重点を置き、標準化を進めた。

「ポーラス金属用語」では、まず、ポーラス金属の形態を (a) ロータス型構造、(b) 独立気孔型（クローズドセル型）構造、(c) 連通気孔型（オープンセル型）構造、および (d) 複合気孔型構造の 4 つに分類した。研究者によって同じものに対して異なる用語を用いることや、同じ用語でも定義が曖昧なまま使用することを避けるため、「セル壁」などのポーラス金属特有の構造についての用語や、「プラトー応力」などのポーラス金属に特徴的な特性を定義した。

「ポーラス金属の熱伝導率試験方法」では、ポーラス金属試料を冷却ブロックと加熱ブロックで挟み、試料両端で温度差を与えて、定常になったときの温度分布から熱伝導率を測定する一方向熱流定常比較法について規定した。

「ポーラス金属の圧縮試験方法」において、試験装置および試験手順は通常の緻密体と大きな違いはない。しかしながら、ポーラス金属の圧縮変形において大きな体積減少が特徴であるため、この点に留意し、試験方法を検討した。緻密体と比較して、圧縮試験中にバレルングや座屈を回避しやすいため、底面に対して高さの高い試験片や角柱も使用可能である。一方で気孔の寸法効果が生じない試験片寸法を選択する必要がある。ポーラス金属では試験片の寸法・形状を以下のように規定した。

- ・試験片の形状は、円柱、または角柱
- ・底面の短辺の長さまたは直径は、平均気孔径の 10 倍以上、かつ 10 mm 以上

表 1 ポーラス金属の国内および国際規格

規格	JIS	ISO
ポーラス金属用語	H7009	---
熱伝導率試験	H7903	---
（準静的）圧縮試験	H7902	13314
高速圧縮試験	H7904	17340

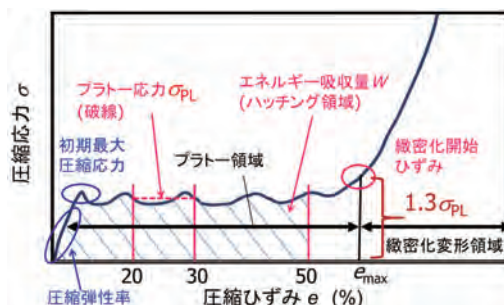


図 1 ポーラス金属の圧縮応力-ひずみ曲線の例

- ・試験片高さは、底面の短辺の長さまたは直径の 1 倍以上 2 倍以下

図 1 は典型的なポーラス金属の圧縮応力-ひずみ曲線である。低ひずみ領域ではひずみの増加とともに直線的に応力が増加し、この傾きを「圧縮弾性率」と定義した。材料によっては「初期最大圧縮応力」を示し、その後、応力がほとんど変わらずひずみが増加していく「プラトー領域」となる。「プラトー応力」は圧縮ひずみ 20 から 30% の領域における圧縮応力の平均値として定義した。さらにプラトー応力の 1.3 倍の応力を「緻密化開始応力」とし、このひずみ領域までを「プラトー領域」と定義し、これ以上の応力では急激に気孔率が減少する「緻密化変形領域」とした。ひずみ 50% までの圧縮応力-ひずみ曲線の積分値（図 1 ハッチング領域）を「エネルギー吸収量」と定義し、圧縮変形による単位体積あたりの吸収エネルギーを評価する。

「ポーラス金属の高速圧縮試験方法」では、自動車の衝突を考え 0.1~100 m/s の圧縮変形を想定した試験方法について規定した。これまでの研究でポーラス金属の高速変形では、低速よりも高い圧縮応力になるなど変形特性に違いが報告されている。従来、高速変形特性評価にスプリットホプキンソン棒法が用いられてきた。しかしながら、本方法は使用できる試験片寸法が小さく、気孔寸法効果が無視できるポーラス金属の気孔径に制限があるため、標準化することは難しいと判断した。そこで圧縮試験機として、(a) 落すい衝撃試験機と、(b) サーボ式圧縮試験機の 2 種の装置について規定した。試験片や主な試験手順、データ整理は準静的圧縮試験に準じる。

高速圧縮試験の特徴は、以下の通りである。

- ・予備試験：(a) 落すい：重すい質量を設定するための準静的圧縮試験、(b) サーボ：助走区間設定のために、加圧ジグのクロスヘッド移動距離-時間曲線を取得
- ・装置を損傷しないような工夫：(a) 落すい：アブソーバの設置、(b) サーボ：破断ピン・アブソーバの設置、上側加圧ジグを試験機下側チャックに、下側加圧ジグをクロスヘッドに固定し、クロスヘッド上昇により圧縮試験力を試

験片に負荷

・ノイズ除去：圧縮応力-ひずみ曲線をフィルタリング

これらの事業は標準化委員会委員長を務められた名古屋大学金武直幸名誉教授，大阪大学中嶋英雄名誉教授（現若狭湾エネルギー研究センター所長），事務局の OSTEC 小野文夫部長，委員各位，ならびに関係各機関からのご指導，ご支援のもと進められた。著者は大学の教員でありながら，標準化事業に携わることができたことは非常に恵まれていたと感じ

ている。標準化事業を通じて，産学官の研究者・エンジニアとの協力のもと1つの目標に向かって共同作業を進め，達成できたことが大きな経験となった。また標準化事業は国家間での競争であることも強く感じた。特にドイツはこの点を強く意識しており，多くの規格で主導的立場を取っている。高品質商品や高水準の研究があっても，標準化戦略なしにはその分野を主導できないことを日本ももっと意識すべきであると感じた。

□ 特集3 摩擦攪拌接合を利用した発泡アルミニウムの作製 □

群馬大学
半谷 禎彦

1. はじめに

摩擦攪拌接合 (Friction Stir Welding, 以下 FSW) は，金属材料に回転ツールを押し当て，摩擦熱により金属材料を軟化させ，ツールの回転と走査によって塑性流動を発生させ接合する方法である。1991年に開発されて以来，鉄道車両・土木構造物・自動車をはじめ，様々な産業分野で活用されている¹⁾。本稿では，この FSW により発生する塑性流動や，摩擦熱を利用して発泡アルミニウム (Al) を作製する事例を紹介する。

2. 発泡 Al 作製方法²⁾

図1に，FSWによる発泡Al作製方法を示す。図1(a)のように，2枚のAl板材の間に発泡剤粉末をサンドイッチする。発泡Alの場合，発泡剤として水素化チタン (TiH_2) が良く用いられる。次に，図1(b)のように，先端にネジ付のプロープを持つツールを回転させながら板材に押し込み，図1(c)のように，発泡剤をはさんだ箇所を走査する。塑性流動により，上下の板材が接合され一体化するとともに，発泡剤粉末がAl板材中に分散する。図1(d)のように，FSW走査箇所から切り出したプリカーサを加熱することで，発泡剤の熱分解でガスが発生し，図1(e)のようにプリカーサが発泡する。FSWは固相接合法であるため，プリカーサの発泡温度に達することなくAl中に発泡剤を分散させることができる。

3. 傾斜機能発泡Alへの展開

図1に示すような発泡Alの作製は，種々のAl合金へ適用することができる。例えば，低強度な工業用純Alである

A 1050 と，自動車用に良く用いられる高強度な Al-Mg-Si Al 合金である A 6061 のプリカーサをそれぞれ作製し，加熱により発泡させることができる。更に FSW は，異種 Al 合金を接合することができるため，図2のように，それぞれ作製したプリカーサを接合し発泡させることで，シームレスに接合した異種 Al 合金からなる発泡 Al が得られる。

図3は A 1050 と A 6061 からなる発泡 Al の落錘試験による変形挙動と，その時の応力-ひずみ曲線である³⁾。上部の低強度 A 1050 層 (白い矢印より上の部分) から変形が開始し，ある程度変形した後，下部の高強度 A 6061 層の変形が開始する。応力-ひずみ曲線においても，A 1050 層の変形に対応する低いプラトー応力と，A 6061 層の変形に対応する高いプラトー応力を示し，それぞれ単一の A 1050 発泡 Al と A 6061 発泡 Al のプラトー応力と一致する。このような強度の異なる層を有する発泡 Al は，気孔率 (密度) を変化させることで得られる⁴⁾。また，Al 合金の種類や気孔率を変化させた層を複数用意し多層化することで，強度が傾斜的に変化する傾斜機能発泡 Al を作製できる。

その他にも，本手法は FSW という接合技術を使って発泡 Al を作製するため，表面に緻密な Al 層を有するサンドイッチパネルを金属接合で達成することもできる。図4のように，水に浮くような軽量性を有しながら，曲げ強度にも優れた金属材料を作製できる。

4. FSW の摩擦熱による Al プリカーサ発泡の試み

図1に示す Al の FSW は，通常，プリカーサが発泡する温度よりも低い温度で行われるが，近年研究が進む銅や鉄の FSW は Al の FSW よりも高い温度で行われる。そこで，

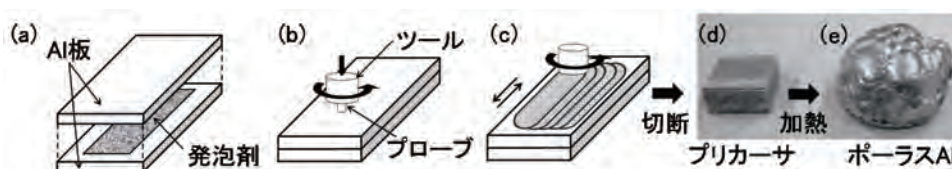


図1 摩擦攪拌接合 (FSW) を利用した発泡 Al 作製方法

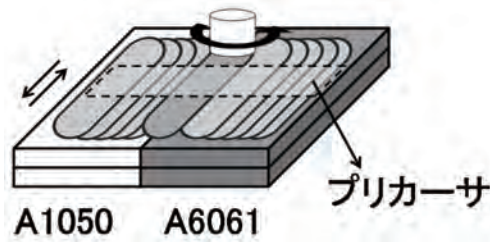


図2 傾斜機能発泡Al作製方法

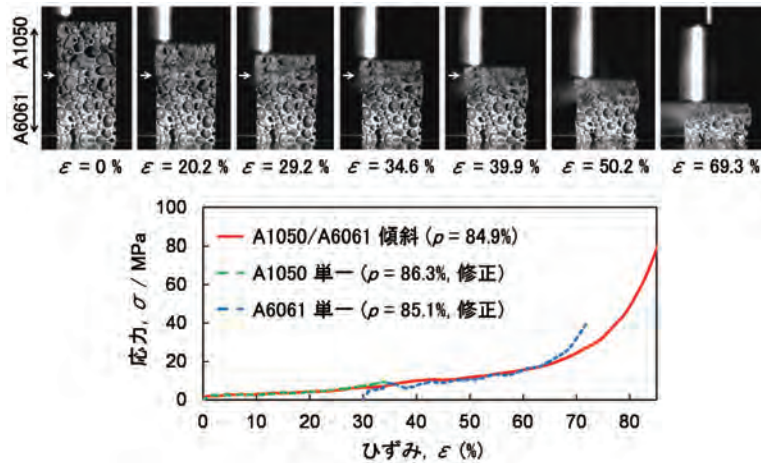


図3 A1050とA6061からなる異種合金発泡Alの落錘試験時の変形挙動とその応力-ひずみ曲線³⁾

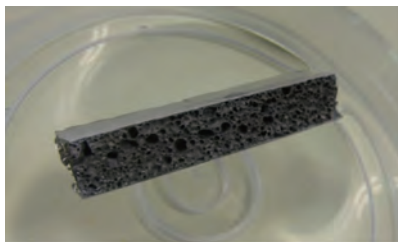


図4 発泡Alをコア材とした水に浮くサンドイッチパネル

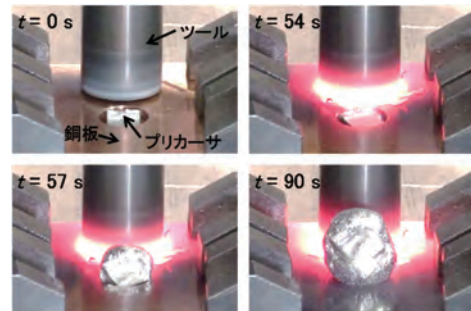


図5 FSWの摩擦熱によりAlプリカーサを発泡⁵⁾

図1で作製したAlプリカーサを、銅のスポットFSW時の摩擦熱によって発泡させた事例を図5に示す⁵⁾。時間 t は、回転ツールが銅板に当たってからの押し込み時間を示している。ツールが銅板に当たってから数十秒後からツールが赤熱し、その後ツール近傍から発泡が開始し、発泡開始から僅か数十秒で発泡が完了する。今後、銅や鉄のFSWも様々な分野で実用化させると期待されるが、その余熱により発泡Alを発泡させることができ、パイプ内の発泡Al充填などに展開できると考えている。

5. おわりに

FSWを利用することで、プリカーサの作製から発泡まで一貫して行える可能性がある。FSW技術は日進月歩であり、FSW技術の進歩を発泡Alの作製に取り入れることで、更なる生産性の向上や低コスト化、高機能化が期待される。本稿をはじめ、本特集が読者の軽量で多機能なポーラス金属の理解につながれば幸いである。

参考文献

- 1) 溶接学会編：摩擦攪拌接合 - FSW のすべて - ，(産報出版，東京，2006)。
- 2) Y. Hangai, T. Utsunomiya and M. Hasegawa : J. Mater. Process. Technol. 210 (2010) 288-292.
- 3) Y. Hangai, N. Kubota, T. Utsunomiya, H. Kawashima, O. Kuwazuru and N. Yoshikawa : Mater. Sci. Eng. A 639 (2015) 597-603.
- 4) Y. Hangai, K. Takahashi, R. Yamaguchi, T. Utsunomiya, S. Kitahara, O. Kuwazuru and N. Yoshikawa : Mater. Sci. Eng. A 556 (2012) 678-684.
- 5) Y. Hangai, T. Morita and T. Utsunomiya : Mater. Trans. 57 (2016) 1014-1016.

□ 特集4 トポロジー最適化と金属3Dプリンタを用いた高強度ポーラス材料の開発 □

広島大学
竹澤 晃弘

1. はじめに

近年、積層造形 (Additive Manufacturing) 技術の産業界への普及が急速に進んでいる。この方法は、従来の鋳造や鍛造、切削加工では製造が難しかった複雑形状も造形可能であり、極めて自由度の高い製造手法として注目を集めている。特に、近年の技術進歩により、金属材料やマルチマテリアル樹脂においても微細な造形が可能になり、それは部品外形のみならず、ポーラス材料を直接造形できるほどである。

ポーラス材料は軽量・高衝撃吸収能・大表面積といった特徴を活用し、人工骨や熱交換器への応用が研究されてきたが、その製造は材料溶融時の発泡によるものが主であり、内部構造の詳細な制御は困難であった。それに対し、積層造形技術を適用すれば、意図した形状の内部構造を持つポーラス材料の製造が可能になる。

ただし、ポーラス材料の内部構造の設計難易度は極めて高く、人手による設計では最大限の性能を発揮することは難しい。それに対し、数値計算で優れた最適構造を高い自由度で導出可能なトポロジー最適化という技術がある¹⁾。ポーラス材料の実効的 (effective) 性能を目的として、トポロジー最適化を行うことにより、意図した性能を実現する任意の内部構造が得られる。

そこで著者らの研究グループは、トポロジー最適化でポーラス材料の内部構造を設計し、それを積層造形技術で忠実に造形して、最適な性能を持つポーラス材料を実現するという取り組みを行っている。本記事では、金属積層造形を用いた高い等方的剛性・高い強度を有するポーラス材料の開発について紹介する。

2. トポロジー最適化を用いた材料設計

トポロジー最適化では対象構造の最適化問題を、対象空間における材料配置問題と考え、その内部の各位置における材料の有無を最適化する。そのため、トポロジー (位相、穴の数) も含めた抜本的な最適化が可能である。ただし、実際の数値計算では、有無を離散的に表す変数の扱いは困難なため、仮想的な材料密度を考え、密度の濃い部分は材料あり、薄い部分は材料なしと近似的に扱う手法がとられる。また、ある単位構造があるとき、それを周期的に配置して構成したポーラス材料の実効的物性値は均質化法で計算することができる。

以上二つを組み合わせ、設計対象の空間に対して均質化法による計算を行い、マクロ物性値を求めつつ、その物性値の最大化または最小化、あるいは指定した値を目指してトポロジー最適化を行うことで、設計者の意図した性能を有するポーラス材料のユニットセル形状が得られる。そして、そのユニットセルを適当な大きさとで周期配置すれば、ポーラス材

料モデルが完成する。

なお、最適化における性能向上対象となる性能指標を目標関数、最適化中に満たさなければならない条件を制約条件と呼ぶが、本研究では、体積含有率 (気効率) を指定して、ポーラス材料の剛性を最大化するとともに、等方的剛性を実現するため、以下のように最適化問題を定める。

目標関数 (最大化) : 実効的体積弾性率 - 実効的弾性テンソルの等方性からのずれ

制約条件 : 現在のユニットセル体積含有率 \leq 体積含有率上限値

なお、実効的体積弾性率は、均質化法より計算される実効的弾性テンソルの垂直応力 \cdot ひずみに対応する成分の平均値で導出し、等方性からのずれは、等方性が実現した状態と現在の状態との実効的弾性テンソルの各成分の値の差異を求め導出する。すなわち、実効的な等方性が実現され、実効的弾性テンソルが二つの独立変数で表される場合は目標関数の第二項は 0 となる。

3. 積層造形装置での造形

積層造形においては、金属粉末や光凝固樹脂を、層ごとに選択的に溶融・凝固させ、積層させて三次元形状を造形する。そのため、造形の形状自由度が極めて高い。ただし、装置や材料に依存して、造形物の最小厚さや許容角度等に制約があり、それに違反するモデルは造形できない。また、内部の金属粉末や、樹脂サポート材を造形後に除去するため、ポーラス材料はそれらの除去に十分な大きさを有する空孔が互いに接続したオープンセル構造である必要がある。積層造形用の汎用三次元データは STL と呼ばれる形式であり、トポロジー最適化で得られた密度分布に対してアイソサーフェスを作成し、その形状を STL ファイルとして出力する。

4. 最適化と実験

まず、金属積層造形を用いた造形例を紹介する。図 1 に示すのは、ユニットセルに等方性を持たせつつ、体積含有率 30%、50%、70% (気孔率 70%、50%、30%) の条件で最適化した例である。いずれも、最適解は当初クローズドセル構造

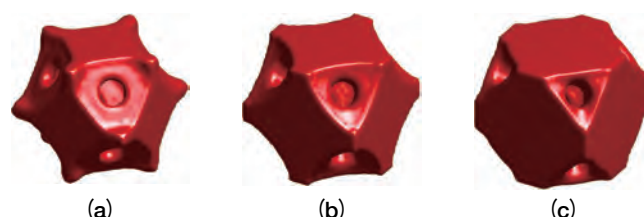


図1 ユニットセル最適形状 (a) 体積含有率 30%, (b) 体積含有率 50%, (c) 体積含有率 70%

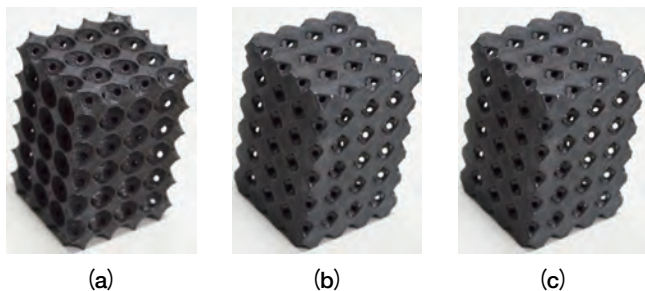


図2 圧縮試験用試験片 (a) 体積含有率 30%, (b) 体積含有率 50%, (c) 体積含有率 70%

で得られたため、立方体設計領域の対角方向に強制的に粉抜き穴を空けて最適化を実施した。なお、ある気孔率における、ポーラス材料の実効的物性値の限界値は Hashin-Strinkman の材料物性値境界²⁾より求めることができる。今回の最適化では、いずれの体積含有率においても、その限界値に対して体積弾性率で約 85% の値となった。なお、穴を除いて最適化で得られたクローズドセル構造においてはほぼ 100% の値が得られたため、15% の性能低下は強制的に設けた粉抜き穴によるものである。

以上の最適解をもとに、材料にマルエージング鋼を用い、レーザ溶融方式の EOS 社 EOSINT M 280 で試験片を造形した。なお、造形後には時効硬化のための熱処理を施した。図 2 に示すのが圧縮試験のための試験片である。ユニットセルの大きさを 5 mm とし、繰り返し配置することで 20×20×30 mm のサイズで造形した。まず、全ての体積含有率の試験片において、実効的ヤング率を計測した。n=2 で計測を行い、平均値でそれぞれ 27.65 GPa, 46.84 GPa, 66.54 GPa とバルク材料のヤング率 188 GPa に対して 14.7%, 24.9%, 35.4% の値が得られた。なお、シミュレーションと実験との誤差は -10.5%, -7.1%, -3.1% であった。これは、粉末積層造形においては表面近傍では溶融が不十分になり金属の密度が低下してしまうことから、全体の体積に対する表面積の割合が大きいほど剛性が低下することを意味していると考えられる。ただし、既存の類似研究^{3), 4)}ではシミュレーションと実験の間に 50% 以上の著しい乖離が見られたことを考えると本研究での誤差は許容範囲であるといえる。なお、既存研究ではユニットセルサイズを本研究のおよそ 70%³⁾, 40%⁴⁾ の大きさで設定しており、表面近くの低密度領域の影響を強く受けていたと考えられる。

続いて、体積含有率 30% の試験片に対して破断に至るまで圧縮試験を実施し、圧縮強度を計測した。図 3 に示すのが得られた実効的応力-ひずみ曲線、図 4 に示すのが破断時の試験片画像である。通常のポーラス材料のように、局所的な破壊を伴いながら徐々に圧壊していくのではなく、ユニットセルに等しく応力が集中しせん断による破壊が一度に起こった。そのため、実効的応力-ひずみ曲線においてもポーラス材料特有のプラトー領域と呼ばれる応力が一定のままひずみが増加する領域は確認できなかった。ただ、局所的な破壊が起こりにくいことから、強度は通常のポーラス材料に比

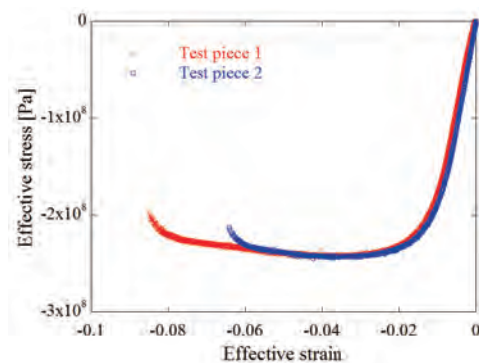


図3 体積含有率 30% 試験片の実効的応力-ひずみ曲線

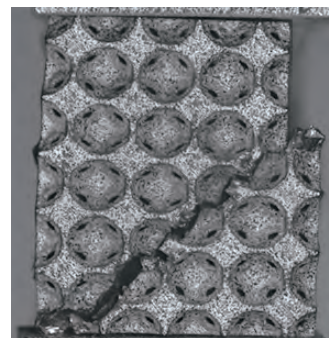


図4 試験片破断の様子

べて格段に向上しており、オープンセル材料の強度を求める近似式⁵⁾と比較した際には、141.1% もの上昇が確認できた。すなわち、構造強度部材としての性能は、従来のポーラス材料と比較して格段に向上したことがわかる。

5. 謝辞

本研究成果は、名古屋大学大学院工学研究科の小橋眞教授及び東北大学金属材料研究所の小泉雄一郎准教授との共同研究によるものであり、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) M. P. Bendsøe and O. Sigmund, *Topology Optimization: Theory, Methods, and Applications* Springer-Verlag Berlin, 2003.
- 2) Z. Hashin, Analysis of composite materials—a survey, *J. Appl. Mech.* 50(3) (1983) 481–505.
- 3) C. Y. Lin, T. Wirtz, F. LaMarca, S. J. Hollister, Structural and mechanical evaluations of a topology optimized titanium interbody fusion cage fabricated by selective laser melting process, *J. Biomed. Mater. Res.* 83(2) (2007) 272–279.
- 4) D. Xiao, Y. Yang, X. Su, D. Wang, J. Sun, An integrated approach of topology optimized design and selective laser melting process for titanium implants materials, *Bio-Med. Mater. Eng.* 23(5) (2013) 433–445.
- 5) L.J. Gibson and M.F. Ashby, *Cellular solids: Structure & properties*, Cambridge university press, Cambridge, 1997.

□ 特集 5 宇宙機へのポラス金属の適用と課題 □

首都大学東京
北 幸一

1. はじめに

近年、ポラス材料、特に金属を素材としたポラス金属の研究開発が盛んである。現在、最も工業的に利用されているポラス金属はポラスチタンである。ポラスチタンは、軽量、耐食性、低弾性率、生体親和性といった利点を有するため、生体材料として広く用いられている。一方、ポラスアルミニウムは、神鋼鋼線工業(株)の ALPORAS のような商品が開発されたが、コストの問題もあり、利用範囲は限定されている。

航空宇宙分野で利用されているアルミニウムハニカムは、広義のポラスアルミニウムである。多くの場合、ハニカム構造は、軽量・高剛性の構造材料として用いられる場合、ハニカムの芯材の両面に面材を貼り合わせたサンドイッチ構造で用いられる。一方、ハニカム構造は、圧縮力が付加されるとセルの座屈により大きなエネルギーを吸収できる。したがって、NASA のアポロ月着陸船では、着陸時の衝撃を吸収するために、クラッシュハニカム (図 1) と呼ばれるアルミニウムハニカムが用いられた¹⁾。これは円筒内にクラッシュハニカムを充填し、ピストンの圧縮によりそれが塑性変形し、ほぼ一定の圧縮力で衝撃エネルギーを吸収する。

近年、宇宙航空研究開発機構は、月へ小型探査機をピンポイント着陸させる SLIM (Smart Lander for Investigating Moon) プロジェクトを開始した²⁾。SLIM 探査機の打ち上げ時の重量は 500 kg 程度でアポロ月着陸船の 1/20 以下である。クラッシュハニカムを用いた衝撃吸収機構は、シリンダ、ピストン、結合部により重量が増加するため、SLIM に採用することは難しく、軽量かつ簡素な構造で斜めからの衝撃も吸収可能な新しい着陸脚システムが要求された。

我々は、SLIM 探査機用衝撃吸収材料としてポラスアルミニウムを提案している³⁾。しかしながら従来の発泡アルミニウムは、セル構造のばらつきや供給体制の不安等から適用が難しかった。そこで、最近盛んに開発が行われている 3 次元 (3D) レーザ積層造形 (SLM) 法⁴⁾に着目し、規則的なセル構造を有するポラスアルミニウムを作製し、その衝撃吸収能を評価した。また、着陸時の機体の傾きを許容する

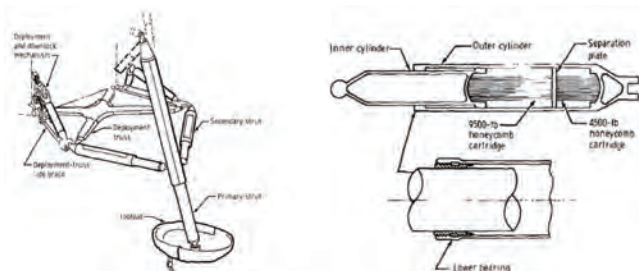


図 1 アポロ月着陸船におけるクラッシュハニカム

ため、衝撃吸収材料の形状は半球状とした。

2. 円柱状ポラスアルミニウム

3D-SLM 法によるポラスアルミニウムを(株)コイワイにて作製した。素材として Al-10Si-0.3Mg 合金粉末を用い、造形は EOS 製 M 280 にてアルゴン雰囲気中で行われた。圧縮試験片の外観を図 2 に示す。セル構造部分は、直径 30 mm、高さ 30 mm の円柱状である。上下に厚さ 1 mm の板部を有するため、全高は 32 mm である。セル形態は空間充填可能な多面体の一つである切頂八面体であり、それぞれ公称気孔率は 90%、93%、96%、セル径 (切頂八面体と同体積の球の直径) は 4.0 mm、4.8 mm、6.4 mm である。

3D-SLM まま材 (F 材) について、クロスヘッド速度 10 mm/min で室温圧縮試験を行った (図 3)。圧縮応力-ひずみ線図より、気孔率が高くなるほど変形応力が低下することがわかった。90%-F、93%-F、96%-F における初期最大圧縮応力はそれぞれ、2.2 MPa、1.2 MPa、0.17 MPa であった。これらの変形は応力値の変動が激しく、ポラス金属に特有の変形応力一定のプラトー領域は現れなかった。この原因は、セル壁が極めて脆性的であり、圧縮変形中に次々に破壊したためである。したがって、3D-SLM ままでは衝撃吸収材料として利用できないことが明らかとなった。

F 材のセル壁を走査型電子顕微鏡で観察した結果、ケイ素

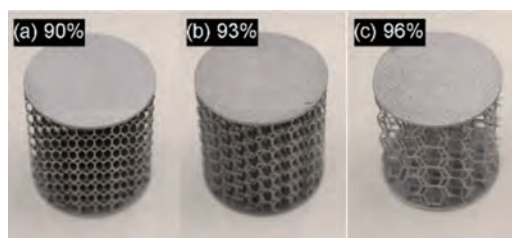


図 2 3D-SLM 法により作製された円柱状ポラスアルミニウム (公称気孔率: (a) 90%, (b) 93%, (c) 96%)

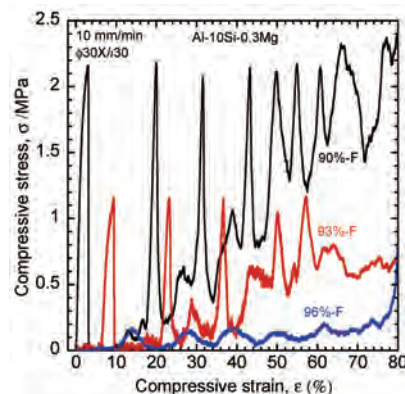


図 3 3D-SLM ままの円柱状ポラスアルミニウムの室温圧縮試験結果

のデンドライト組織が観察された。ケイ素は高強度であるがじん性が低い。したがって、このデンドライト組織がポラスアルミニウムの圧縮変形挙動に影響を与えたと考えられる。そこで、F材について大気中で803 K、6 hの溶体化処理を実施した。熱処理後の圧縮試験結果を図4に示す。それぞれに試験片の圧縮強度はF材の約半分に低下した。また、F材に見られた応力の振動は収まり、ポラス金属特有のプラトー領域が現れた。また、圧縮変形中、試験片は破壊することなく、圧縮ひずみ80%以上まで延性的に変形した。熱処理された試験片の微細組織を走査型電子顕微鏡により観察した結果、粗大な球状のケイ素粒子が多数観察された。これは、溶体化処理中にデンドライト組織が破壊され、ケイ素粒子のオストワルド成長が起こったためである。したがって、衝撃吸収材料にとって重要なエネルギー吸収能を高めるためには、803 Kでの溶体化処理が不可欠であることがわかった。

3. 半球状ポラスアルミニウム

SLIM 探査機の着陸では、月面の傾斜や探査機自身の傾きのため、衝撃吸収材料の圧縮方向を規定することができない。そこで、着陸方向に関係なく衝撃を吸収できる構造として、半球状衝撃吸収部材を考案した。模式図を図5に示す。CFRP製の着陸脚の先端に半球状ポラスアルミニウムが接合される。接合I/Fも3D積層造形により作製可能である。

試験片は円柱状ポラスアルミニウムと同じ3D-SLM法により作製された直径60 mmと直径170 mm（実機相当）の2種類の半球状ポラスアルミニウムを作製した（図6）。公称気孔率は90%、平面部はそれぞれ厚さ1 mm、3 mmの円板となっている。

直径60 mmの半球状ポラスアルミニウムを平面が下になるように設置し、底面の傾斜を 0° 、 15° とし、圧縮試験を行った（図7）。傾斜に関係なく、同じ圧縮挙動を示すことがわかった。したがって半球状衝撃吸収部材は、傾斜に対応して衝撃を吸収できることがわかった。

4. おわりに

SLIM 探査機の衝撃吸収機構として、3D-SLM法により作製されたポラスアルミニウムを検討した。円柱状、半球状試験片を作製し、圧縮試験を行った結果、この材料は着陸時の衝撃吸収材料として有効であることが確認された。今後は、気孔率、サイズ、熱処理条件を最適化し、実機への搭載に向けた軽量化、小型化が課題である。

参考文献

- 1) W.F. Rogers: NASA Technical Notes D-6850, (1972).
- 2) 坂井真一郎ほか: 宇宙科学技術連合講演会論文集, Vol. 57 (2013), 3 F 06.
- 3) 北蘭幸一ほか: 宇宙科学技術連合講演会論文集, Vol. 59 (2013), 2 D 08.
- 4) D.K. Pattanayak, et al.: Acta Biomater., 7(2011), 1398.

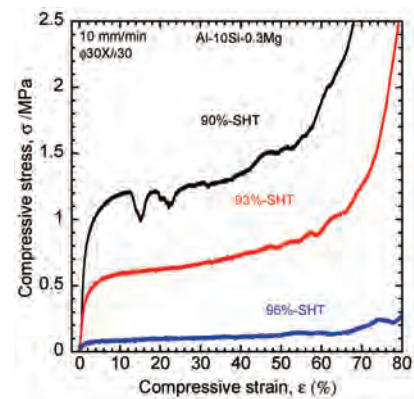


図4 3D-SLM後、溶体化処理した円柱状ポラスアルミニウムの室温圧縮試験結果

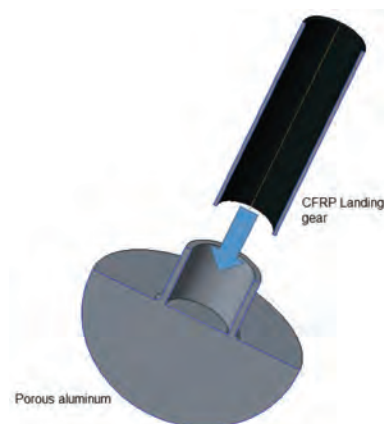


図5 着陸脚先端へ半球状ポラスアルミニウムの取り付け図

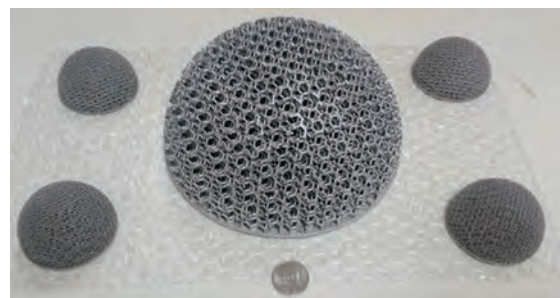


図6 3D積層造形法に作製された半球状ポラスアルミニウム

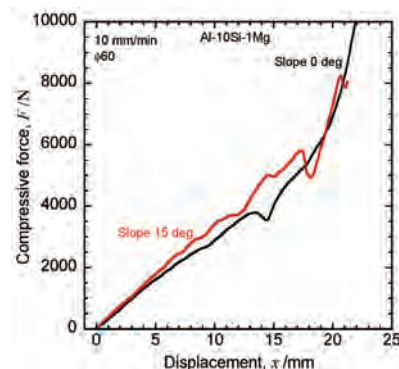


図7 傾斜した面に置かれた半球状ポラスアルミニウムの圧縮試験結果

部門新研究会紹介

第5 技術委員会 (分科会・研究会関係)

大竹 尚登 (東京工業大学)

「高分子複合材料の成形加工に関する研究会」

主査 小林訓史 (首都大学東京)

繊維強化プラスチックの力学特性は成形法に依存し、またばらつきも大きいなど、金属材料と比較すると産業分野における取り扱いが難しい材料といえます。これまでに繊維強化プラスチックの実用化に向けた、成形法や力学特性の評価及び解析などに関する研究がなされてきているものの、多方面の産業への応用展開や、自動車産業などにおける大量生産と安定品質とを実現しようとした場合に、様々な課題が明らかになってきています。このため、これまでのような繊維強化プラスチックの特性を明らかにする研究のみならず、新規産業分野におけるモノづくりに直接貢献する、成形と評価に関するデータベースの構築も必要とされています。そこで本研究では複合材料の成形法・評価法・破損事例のデータベースの構築とその公開を最終目的として検討を進めていきたいと考えています。

第一回研究会は9/5(月)に日本大学駿河台校舎にて開催され、話題提供として下記の講演が行われました。

「炭素繊維の圧縮試験による圧縮特性の評価」(日本大学 上田政人)

「データ同化による VaRTM の三次元樹脂含浸再構成」(東京理科大学 松崎亮介)

「熱可塑性樹脂メッシュを用いた FRP の樹脂含浸挙動と層間破壊靱性の改善」(大阪市立大学 中谷隼人)

次回は12/20(火)に東京都立産業技術研究センター多摩テクノプラザでの開催を予定しております。また本年開催される早稲田大学で開催される第24回機械材料・材料加工技術講演会にてオーガナイズドセッションを、次年度南カリフォルニア大学で開催される The 6th JSME/ASME 2017 International Conference on Materials and Processing においてもシンポジウムを開催する予定です。興味をお持ちの方は小林(koba@tmuac.jp)まで御連絡の方よろしくお願ひします。

「減災・サステナブル工学研究会」

主査 浅沼 博 (千葉大学)

本研究会の目的は、減災・防災分野において、それらと持続的発展とを両立させるための革新的な学術領域、即ち従来の減災・防災に加え、通常も有用な機能を発現し、社会の持

続的発展を可能とする学術領域を最新の材料工学を始め、様々な学術分野の融合とグローバルな視点から創成することにあります。

これまでアクティブマテリアルシステム(AMS)研究会で主な対象としてきた知的構造・材料システムや本研究会で提案される新たなアイデア等を、そのコンセプト実現のための基盤とし、その確立と実践に向けた研究活動を推進します。

主な調査・研究事項は、知的構造・材料システム等を用いた減災・防災ハードの提案とその実現に向けた基礎研究、機械工学以外の分野も含めた関連研究の調査と共同研究開拓、およびそれらをベースにした減災・防災分野における革新的学術領域のグローバルな創成です。

本研究会の準備段階として、シンポジウム開催、年次大会、ASME, SPIE での各種企画、基調講演(日本, 米国, ドイツ, フランス, インド), セミナー(米国, イタリア, 中国, 韓国, オーストラリア)等を実施し、ようやく研究会の創設にこぎ着けました。国内約40名, 海外約20名のメンバーと内外のアドバイザーからなりますが、引続きメンバーを募集中ですので、浅沼(asanuma@faculty.chiba-u.jp)まで御連絡下さい。お手数をおかけし誠に申し訳ございませんが、SPIE Newsroom 記事(http://spie.org/newsroom/6437-disaster-mitigation-based-on-smart-structures-and-materials?highlight=x_2412&ArticleID=x_119074), 日刊工業新聞記事(<http://www.nikkancojp/articles/view/00386037>)も御参照頂きますと幸いです。

今後の活動予定につきましては、年数回の定例研究会議・見学会等を中心に、M&P 2016 での特別セッション実施、国際会議でのセッション企画を通じたインドネシア研究者との交流、タイにおける国際会議参加(招待講演)による研究交流、関東支部講演会でのシンポジウム企画、SPIE SS/NDE 2017 でのセッション企画(ミシガン大学 Lynch 教授(土木)からの要請)、ICM&P 2017(南カリフォルニア大学)でのシンポジウム企画(米国メンバーとの交流)、世界各地でのセミナー開催等、革新的学術領域の提案・確立と共同研究開拓に向けた活動を積極的に行いますと同時に、柘植綾夫先生(日本工学会前会長・顧問)が強力に推進される“持続可能な科学技術創造立国の要〜エンジニアリング・リベラルアーツのすすめ〜”の良き実践例となることも目指し、皆様の御指導、御協力のもと努力して参ります。

機械材料・材料加工部門「部門賞・一般表彰」公募のお知らせ

第3技術委員会（表彰関係）
井原 郁夫（長岡技術科学大学）

機械材料・材料加工部門では、第94期部門賞および部門一般表彰候補を下記の要領で公募します。自薦他薦を問わず奮ってご応募下さい。

- *公募締切：2016年11月30日（水）厳守
- *推薦書類：推薦・申請用紙を部門ホームページよりダウンロードしてお使い下さい。
- *被推薦者資格：各賞とも日本機械学会会員であることが受賞資格となります。
- *書類提出先：日本機械学会機械材料・材料加工部門（担当者：荒木弘尊）
下記宛に郵送ならびに電子メール（PDF）にてご提出ください。
〒160-0016 東京都新宿区信濃町35 信濃町煉瓦館5階
電話（03）5360-3506, E-mail：araki@jsmeor.jp

推薦された候補者は第3技術委員会で審査され、部門運営委員会で受賞者を決定します。結果は今年度中に本人に連絡し、次期（2017年度）のニューズレターに掲載するとともに、受賞者を2017年度年次大会開催時に表彰する予定です。なお、本件に関するご質問・お問合せ等は、第3技術委員会委員長（井原郁夫、E-mail：ihara@mechnagaokaut.ac.jp）までお願いします。

各賞の概要

- (1) 功績賞：機械材料・材料加工分野に関する学術、教育、出版、内外の交流など諸般の活動において、本部門の発展と進歩に積極的な貢献または顕著な業績のあった者に授与する。
- (2) 業績賞：機械材料・材料加工分野に関する研究または技術開発において、顕著な業績のあった者に授与する。
- (3) 国際賞：機械材料・材料加工分野における学術、教育、出版などに関する国際的な活動を通し、本部門の発展と進歩に積極的な貢献または顕著な業績のあった者に授与

する。

- (4) 部門表彰（優秀講演論文部門）：当該年度に開催された本部門企画、担当、主催または共催の講演会において発表された機械材料・材料加工分野の講演論文中、学術・技術の進歩発展に寄与したと認められる論文の著者を対象とする。
- (5) 部門表彰（奨励講演論文部門）：当該年度に開催された本部門企画、担当、主催または共催の講演会において発表された機械材料・材料加工分野の講演論文中、将来当分野の学術・技術の進歩発展に寄与すると期待される若手講演登壇者（2017年4月1日現在において32歳以下の者）を対象とする。
- (6) 部門表彰（新技術開発部門）：機械材料・材料加工分野において本部門企画、担当、主催または共催の集会、出版物等において発表された新技術、新製品の開発者中、工業技術の進歩発展に特に貢献した者を対象とする。
- (7) 部門表彰（国際貢献部門）：本部門の国際会議や国際交流に関し、特に優れた貢献のあった者を対象とする。

2016年度年次大会「新たな価値の創造を担う機械工学」in九州のご報告

第1技術委員会（年次大会）
久保田 祐信（九州大学）

2016年度の年次大会が2016年9月11日（日）～14日（水）の日程で、九州大学伊都キャンパスにおいて開催されました。新キャンパスでは、はじめての年次大会でしたが、いかがでしたでしょうか。機械材料・材料加工部門では、以下の講演と特別企画が行われました。部門同好会は12日に開催され、会場が満員となる多数の方にご参加をいただきました。同好会では部門賞の表彰式もとり行われました。皆様に大会を無事に終えることができましたことをご報告いたしますとともに、厚く御礼申し上げます。

基調講演

[K 04100] 機械材料の力学特性・破壊挙動に関する基礎的立場からの研究あれこれ

基調講演

[K 04200] 自動車産業における軽量化のための接合技術動向について

基調講演

[K 04300] 粉体加工プロセスの計算機援用設計と新材料開発先端技術フォーラム

[F 04100] 減災・サステナブル工学（5件）

先端技術フォーラム

[F 04200] M&P 最前線 2016 (7 件)

ワークショップ

[W 04100] 医療材料のコーティング材における界面強度評価規格の開発動向 (4 件)

[G 040] 機械材料・材料加工部門一般セッション (6+10+10=26 件)

[S 041] 粉末成形とその評価 (14 件)

[S 042] セラミックスおよびセラミックス系複合材料(11 件)

[S 043] 減災・サステナブル工学 (6 件)

[S 044] 次世代 3D プリンティング (15 件)

[S 045] 伝統産業工学 (23 件)

[J 025] 材料力学・機械材料・材料加工とバイオエンジニアリング (13 件)

[J 031] エネルギー材料・機器の信頼性 (19 件)

[J 041] 工業材料の変形特性・強度およびそのモデル化(18 件)

[J 042] 超音波計測・解析法の新展開 (23 件)

[J 043] 流体力学・材料学的観点からみた粒子積層技術の皮膜特性 (7 件)

[J 044] 知的材料・構造システム (22 件)

[J 045] 高分子基複合材料の加工と評価 (12 件)

[J 046] 自己治癒材料・システム (13 件)

[J 047] 異種材料の接合プロセスと接合部・界面の強度・信頼性評価 (12 件)

[J 161] マイクロナノ理工学: nm から mm までの表面制御とその応用 (18 件)

[J 181] 交通・物流機械の自動運転 (8 件)

[J 221] マイクロ・ナノ機械の信頼性 (19 件)

[J 224] マイクロ・ナノ材料創成とそのデバイス応用(9 件)

G:一般セッション, S:部門単独セッション, J:部門横断セッション

第 24 回機械材料・材料加工部門技術講演会 (M&P 2016) へのお誘い

第 2 技術委員会 (M&P)

川田 宏之 (早稲田大学)

秋も深まりつつある東京で第 24 回機械材料・材料加工部門技術講演会 (M&P 2016) を早稲田大学国際会議場にて開催します。本講演会では、1 件の特別講演と 196 件の一般講演が予定されており、日本における最先端のもの作りに関わる先端材料と加工技術に関わる研究成果を広く発信する講演会となります。研究者や技術者の交流の場として、機械材料およびその加工に興味ある方は奮って参加されてみてはいかがでしょうか。早稲田大学ならではの「心のこもったおもてなし」で皆様をお迎えしたいと思います。

なお、大学周辺の宿泊施設はリーガロイヤルホテル東京のみです。ご宿泊はアクセスの良い東西線あるいは山手線沿線のホテルをお勧めします。また昨今の東京の宿泊事情を勘案して早めのご予約を取るようにして下さい。

<http://www.jsme.or.jp/conference/mpdconf16/>

【行事案内】

(1) 技術講演会

日程: 11 月 25 日 (金) ~26 日 (土)

会場: 早稲田大学国際会議場

(早稲田キャンパスに隣接, JR 高田馬場駅から学バス)

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田 1-20-14

(2) 見学会

日時: 11 月 24 日 (木) 15 時~16 時 30 分 (予定)

見学先: IHI 昭島事業所「そらの未来館」

〒196-0002 東京都昭島市拜島町 3975-18

(3) 特別講演会

日時: 11 月 25 日 (金) 16 時 00 分~17 時 00 分,



井深大記念ホール (同国際会議場内)

講師: 小川ゆめ子氏 (経済産業省素材産業課)

「日本が強みとする高機能素材の現状と将来展望」

(4) 懇親会

日時: 11 月 25 日 (金) 18 時 00 分~20 時 00 分

会場: リーガロイヤルホテル東京

(講演会 HP をご覧ください)

参加費: 5,000 円

参加登録費

正員・准員: 10,000 円 (電子版論文集を含む), 会員外: 15,000 円 (電子版論文集を含む), 学生員・一般学生: 2,000 円 (電子版論文集は別売: 3,000 円)

問い合わせ先:

早稲田大学基幹理工学部機械科学・航空学科 川田宏之

Tel: 03-5286-3261, E-mail: kawada@wasedajp

第2回日本機械学会イノベーション講演会 (iJSME 2016) 開催案内

実行委員会
秦 誠一 (名古屋大学)

開催日：2016年11月24日(木)～25日(金)
会場：早稲田大学 国際会議場

機械学会イノベーションセンター学会発イノベーション推進委員会では、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)／革新的設計生産技術での採択を受け、革新的な設計、生産、加工技術などものづくりに関する潜在的なシーズ、ニーズの発掘や、多様なプレーヤーの参集と交流など、ものづくりのイノベーションに資する新しいスタイル講演会を企画しました。昨年に引き続き、機械材料・材料加工部門のご協力を得ながら、第2回日本機械学会イノベーション講演会(iJSME 2016)として開催します。開催に当たっては若山部門長、川田 M&P 2016 実行委員長に多大なご協力を賜り、この場を借りて感謝申し上げます。

本講演会では、ものづくりに関する幅広い研究者、技術者の交流を主眼とし、Web 会議システムを利用したバーチャルポスターセッションやディスカッションセッションなど様々な形式の講演を試行し、多様な分野の交流からイノベーションの創出を目指します。新しいものづくりの波を日本機械学会から起こせるよう、多くの皆様のご参加をお待ちしております。なお、本講演会は、25日より講演会が始まる第24回機械材料・材料加工技術講演会(M&P 2016)と一部同時開催とし、どちらかの講演会にお申し込み頂ければ、双方の講演会に参加できますので、半日早く早稲田にお越し頂き、機械学会や日本を元気にするための新しい試み、研究開発の息吹を感じて頂き、合わせて様々なご意見を頂ければ幸

甚です。プログラムなど詳細は、HP：<http://innovation-confcom/>をご参照ください。

主要トピックス

- ・マイクロ・ナノオーダの材料創製、加工、評価とその応用(M&P 2016 との合同セッション)
- ・金属系3D造形技術とその材料、周辺技術
- ・プラスチック・ゲル・高分子系3D造形技術とその材料、周辺技術
- ・新しい3D造形技術とその周辺技術
- ・その他イノベーション関連

参加費

本講演会に参加登録すると、一部同時開催される「第24回機械材料・材料加工技術講演会(M&P 2016)」に参加することができます。正員10,000円、会員外15,000円、学生2,000円、懇親会参加は別途費用(5,000円を予定)。

実行委員

実行委員長 大津雅亮(福井大学)、副実行委員長 新井史人(名古屋大学)、秦誠一(名古屋大学)、幹事 桜井淳平(名古屋大学)、岡田将人(福井大学)

問合せ先

秦 誠一

TEL: 052-789-5223, Email: hata@mechnagoya-uac.jp

ICM&P 2017 開催のお知らせ

大会委員長 浅沼 博(千葉大学)
実行委員長 岸本 哲(物質・材料研究機構)

日本機械学会機械材料・材料加工部門では、第6回JSME/ASME 機械材料・材料加工技術国際会議(The 6th JSME/ASME 2017 International Conference on Materials and Processing ICM&P 2017)を、2017年6月4日(日)から8日(木)までアメリカ合衆国カリフォルニア州ロサンゼルス市の南カリフォルニア大学において開催いたします。

これまで第1回(2002年10月、ホノルル)および第2回(2005年6月、シアトル)を米国機械学会(ASME)の協力を得ながら部門単独で、第3回(2008年10月、シカゴ)を米国機械学会・製造工学部門国際会議(MSEC 2008)と合同で開催しました。第4回(2011年6月、オレゴン)からはMSEC との共催に加えて、製造技術協会・北米製造

技術会議(NAMRC)と併催で開催し、第5回(2014年6月、デトロイト)も同様に3学会の併催で開催され、材料とその製造、加工およびそれらシステムに関連する研究者・技術者間の国際的交流の場として世界最大スケールの国際会議になりました。特に前回のデトロイトにおきましては、通常の会議に加えて、3Dプリンタ、ITによる生産革命をテーマとしたThe BIG M と称する展示会が併催され、そのオープニングセレモニーには政府要人が来賓として参列するほどでした。

今回は、米国の西海岸、カリフォルニア州ロサンゼルス市の名門大学、南カリフォルニア大学での開催となります。ロサンゼルス市は言わずと知れた米国西海岸の大都市、米国の



会場の南カリフォルニア大学

全てが詰まっている都市です。加えて南カリフォルニア大学は名門私立大学で文武両道多くの著名人とスポーツ選手を輩出しております。近くには多くの有名なテーマパークやロングビーチなどの観光地博物館・美術館があります。市中心部には多くの公園, レストランに加え, 野球場・アメフト・ホッケーのスタジアムや有名な映画館, 撮影所など, エンターテインメントに事欠きません。チャイナタウンやリトル東京などの各国料理ショッピング, ゴルフなどがお楽しみ頂けます。これらの情報は日本語ポータルサイトにて, 適宜更新いたしますので, ご参考ください。日本からも多くの直行便があり, 交通の便も良いところですので皆様方の積極的なご参加を希望いたします。

講演申し込み等に関する重要な期日は以下の通りです。

講演申込 (400 words アブストラクト) 締切:

2016年11月3日

講演原稿締切:

2016年12月15日

講演採択通知:

2017年1月16日

最終原稿提出締切:

2017年3月8日

事前参加申込締切:

2017年4月6日

ICM&P 2017:

2017年6月4日~8日

講演申込は専用サイトよりお願いいたします。参加登録費は, 事前申込の場合, 正会員 \$ 650, 会員外 \$ 700, 学生会員 \$ 350, 一般学生 \$ 400 (すべて予定) です。事前申込を過ぎますと, それぞれ \$ 100 加算されますのでご注意ください。最後に, 本会議の実施体制をご紹介します, ご尽力頂いている関係各位にこの場をお借りして御礼申し上げます。

オーガナイズドシンポジウムや申し込み先などは下記の日本語ポータルサイトをご覧ください。

日本語ポータルサイト:

http://www.jsmeor.jp/mpd/ICM&P 2017/index_jp.html

問い合わせ先:

ICM&P 2017 実行委員長, Executive Committee Chair
物質・材料研究機構 岸本 哲

TEL: 029-859-2426 FAX: 029-859-2401

KISHIMOTOSatoshi@nimsgo.jp

Program Committee Chair

東京理科大学 荻原慎二

ogihara@rsnodatusac.jp

2017 年度年次大会開催のご案内と特別企画のご提案のお願い

第1 技術委員会 (年次大会)

坂井建宣 (埼玉大学), 久保田佑信 (九州大学)

2017 年 9 月 3 日 (日) ~6 日 (水) の 4 日間 [ただし, 3 日 (日) は市民開行事を予定] にわたり埼玉大学 (さいたま市桜区下大久保 255) を会場として標記大会が開催されます。

2017 年度年次大会は「120 年の伝統と革新の調和~より広く, より深く, より豊かに~」をキャッチフレーズとしてテーマは「エネルギー・環境 (昨年からの継続)」、「超高齢社会を支える技術」、「オープンイノベーション」です。当部門ではすでに (9 月 29 日現在) 以下の 8 件 (他部門との共催含む) がオーガナイズドセッションとして予定されています。

- ① 粉末成形とその評価
- ② 伝統産業工学
- ③ 異種材料の接合プロセスと接合部・界面の強度・信頼性評価
- ④ ソフトマター・イノベーション
- ⑤ 工業材料の変形特性・強度およびそのモデル化
- ⑥ 超音波計測・解析法の新展開
- ⑦ 実験力学, 数値解析を連成させる高品位皮膜創成技術
- ⑧ セラミックスおよびセラミックス系複合材料
- ⑨ 減災・サステナブル工学
- ⑩ 知的材料・構造システム

- ⑪ 先端複合材料の加工と力学特性評価
- ⑫ 自己治癒材料・システム
- ⑬ 次世代 3D プリンティング

さて, 今回のご案内は, 特別企画の募集です。例年どおり下記の①~⑥の特別行事の企画を募集しております。できれば複数部門にまたがる部門横断企画をご検討頂ければ幸いです。

- ① 基調講演
- ② 先端技術フォーラム
- ③ ワークショップ
- ④ 部門同好会
- ⑤ 新技術開発リポート
- ⑥ 新企画行事

部門内の締め切りは, 2016 年 12 月 1 日 (木) です。奮ってご提案下さい。多くの皆様のご参加をお待ちしております。

特別行事企画申込み・問合せ先: 第 1 技術委員会
委員長 久保田祐信 (kubotamasanobu304@mkyushu-uacjp)
副委員長 坂井建宣 (sakai@mechsaitama-uacjp)



会場の埼玉大学

編集後記

機械材料・材料加工部門ニュースレター No.52 をお届けいたします。ご多忙中にも関わらず、貴重な内容の記事をお寄せくださいました先生方に、まずは御礼申し上げます。また編集の際の、松本広報委員長をはじめ、広報委員会の皆様のご尽力に重ねて感謝申し上げます。

今回は「ポラス金属」を取り上げました。材料、加工プロセス、機能設計、特性評価と標準化、すべてが詰まっており、まさに当部門らしく、種々の専門分野をお持ちの多くの方に話題にしていきたい内容となっております。軽くて強い材料の開発に携わる方も多いかと存じますが、有益な情報としてご利用いただければ幸いです。

(広報委員会副委員長 長谷川 暁, hasegawa@metro-citacjp)

発行

発行日 2016 年 11 月 1 日

〒 160-0016 東京都新宿区信濃町 35 信濃町煉瓦館

一般社団法人 日本機械学会 機械材料・材料加工部門

第 94 期部門長 若山 修一

広報委員会委員長 松本 良

Tel.03-5360-3500 Fax.03-5360-3508