



東北大学

東北大学

担当部署連絡先 研究推進課基盤研究係  
E-mail : kenjyo@grp.tohoku.ac.jp

作成日 : 2023年11月17日  
更新日 : —

科研費  
KAKENHI

## 元素同士の混ざり難い性質を利用した新たな金属材料学

材料工学およびその関連分野

研究者所属・職名 : 金属材料研究所・教授

ふりがな かとう ひでみ

氏名 : 加藤 秀実

主な採択課題 :

- [挑戦的萌芽研究「金属溶湯中で生じるデアロイング現象を利用した新規ポーラス金属作製技術の確立と応用」\(2011-2013\)](#)
- [基盤研究\(A\)「オープンセル型ナノポーラスシリコンの開発と長寿命大容量リチウムイオン電池への応用」\(2013-2016\)](#)
- [基盤研究\(A\)「相分離する異種金属のデアロイング接合」\(2021-2024\)](#)

分野 : 構造・機能材料、金属物性

キーワード : デアロイング、相分離、オープンセル型ポーラス金属、共連続複合材料、異材接合

## 課題

### ● なぜこの研究をおこなったのか？ (研究の背景・目的)

これまで人類は、混ざり易い元素同士を選択して新合金を開発し、文明進化の原動力として利用してきた。液体状態で水と油のように相分離する金属元素の組合せでは、その凝固組織を制御することは極めて困難である。2010年、私たちは「金属ガラスの複合材料化」という全く別課題の研究過程において、偶然、相分離組織を微細かつ精緻に制御する方法、金属溶湯脱成分法を見出した。元素同士の混ざらない性質を巧みに利用する方法によって、金属材料学に広大な新しい研究領域が開拓された。

### ● 研究するにあたっての苦労や工夫 (研究の手法)

金属溶湯脱成分法を図1に模式的に示す。元素Cから成る金属液体に対して、非混和元素Aと混和元素Bから成る単相合金を浸漬すると、B元素（白色）が選択的に溶出し、残存するA元素（黒色）が凝集し、その凝集体同士が連結することで、ナノ～マイクロメートルスケールの超微細連続構造を自己組織化する。この脱成分反応によって、これまで作製が困難であった相分離相が共連続に絡み合う超微細複合材料、更には、これからC成分を酸・アルカリ水溶液中で選択除去することで、A成分による超微細オープンセル型ポーラス金属が得られる。

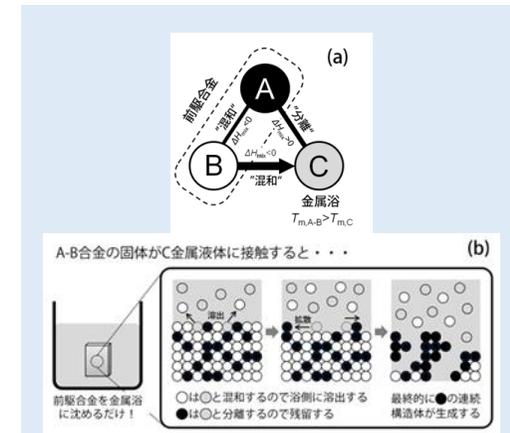


図1 金属溶湯脱成分プロセスの模式図



東北大学

東北大学

担当部署連絡先 研究推進課基盤研究係  
E-mail : kenjyo@grp.tohoku.ac.jp

作成日 : 2023年11月17日  
更新日 : —

科研費  
KAKENHI

## 元素同士の混ざり難い性質を利用した新たな金属材料学

材料工学およびその関連分野

### 研究成果

#### ●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

従来の脱成分反応は、酸・アルカリ水溶液中における合金からの可溶成分原子の選択的溶出と、残存成分によるポーラス構造の自己組織化を伴う。この方法は、残存成分となっても酸化されない貴金属類や鉄族元素のオープンセル型ポーラス金属化に有効である反面、卑・半金属が残存する場合は、これが酸化される結果、所望のポーラス金属が得られない。脱成分媒体を従来の水溶液から、金属液体に代替した金属溶湯脱成分法によって、元素の貴・卑に依らず、オープンセル型ポーラス金属化が可能になった。

この方法によって、酸化しやすいシリコン（珪素）のオープンセル型ナノポーラス化に成功し、これをリチウムイオン蓄電池負極活物質に用いたリチウムイオン蓄電池は、ナノポーラスシリコンの空孔がリチウムイオンの挿入・脱離に伴うシリコンの大きな体積変化を吸収することで、高エネルギー密度化と長寿命化を達成することが分かった。

また、金属溶湯脱成分法は、金属のナノポーラス構造化のみならず、合金化せず相分離する金属同士がナノ～マイクロメートルスケールで絡まった共連続複合組織の自己組織化を可能にする。例えば、マグネシウムと鉄といった接触界面にこの複合組織を形成させることで、これらの強固な異材接合にも応用できた。

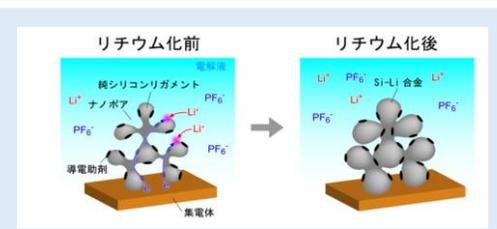


図2 Liの挿入・脱離に伴うナノポーラスSi活物質の体積変化

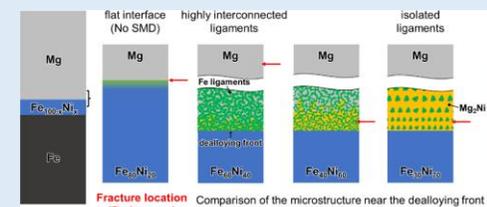


図3 マグネシウムと鉄の共連続複合組織を用いた異材接合の模式図

### 今後の展望

#### ●今後の展望・期待される効果

多種多様な金属や合金のナノ～マイクロメートル気孔を有するオープンセル型ポーラス構造化によって、触媒、蓄電池活物質、フィルター等の新しい機能材料の開発が期待される。また、超微細相分離組織による新たな高強度・高延性複合材料の開発や、この複合組織を継手に用いる相分離金属同士の強固な機械接合はもちろん、金属溶湯脱成分法を用いた更なるアイデアで、従来にない新しい材料・技術の開発が期待できる。