

世界をリードする粉末焼結法の革新的創成技術開発～外場焼結、積層造形、焼結理論、超硬合金、焼結磁石の研究とSDGs（リサイクル等）への波及

① ビジョンの概要

世界をリードする粉末焼結法の革新的な創成技術の開発を、A 外場焼結、B 積層造形（A と B は焼結プロセス関連）、C 焼結理論・シミュレーション（純粋科学、学問）、D 超硬合金、E 焼結磁石（D と E は実際の材料）、F リサイクル（SDGs 波及）の項目に整理して研究する。約 10 年後の素形材分野において、焼結という材料技術がより多大な社会的役割を果たす発展ができるような学術振興のビジョンに係る具体的内容を提案する。

② ビジョンの内容

粉末焼結法とは粉末原料を成形後に焼き固める材料技術である。焼結のルーツは土器であり、近代焼結法は 20 世紀初めのタングステン（フィラメント）、その後の超硬合金、焼結磁石、セラミックスなど、現在の生活に欠かせない多くの焼結材料が普及している。焼結法は、現在もっと広く使われている鑄造法（金属等の塊を溶かして鑄込む方法）と比較して、より低温での材料合成が可能（低エネルギー消費が低い）、複雑形状の部材が作りやすい、画期的な特性（例えば、超高強度、超強磁性等）を創出できるなど、非常にポテンシャルの高い素形材技術と言える。

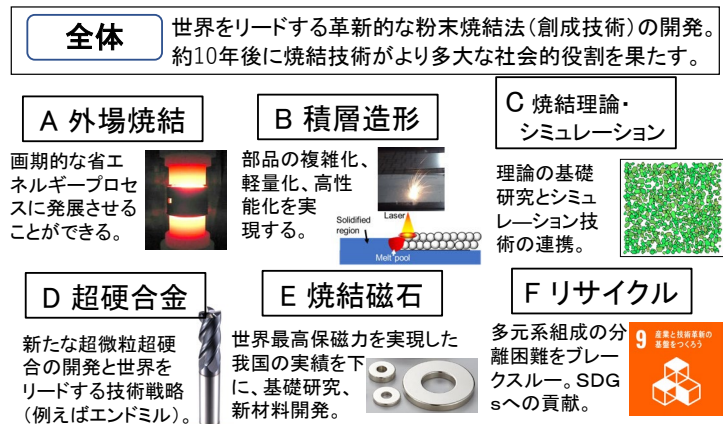


図 1 全体および各項目 (A～F) のビジョン。

本提案では、粉末焼結法に関連する項目として、A～F の 6 つの項目を取上げ、約 10 年後の素形材分野において、焼結技術がより多大な社会的役割を果たすような発展を、我が国が世界をリードするためのビジョンを考える。A～F に注目した理由は、A と B は焼結法のプロセスそのものの研究が必要不可欠であるから、C は焼結の純粋学問の発展も重要な内容であるから、D と E は最重要な焼結実用材料で我が国の技術が世界をリードするため、F は材料技術全体に求められる環境問題と SDGs に関して、焼結技術に関わるリサイクル技術が重要であるためである。基礎理論・研究を中心とし実用技術に至るバランスの良い構成になっている。以下、A～F についてのビジョンを述べる。

A では、圧力、マイクロ波、通電など外場を援用した新しい焼結（外場焼結）の技術について研究し、処理温度を更に低温化すること、画期的な省エネルギープロセスに発展させること、従来の通常加熱の焼結法では得られない新機能付与を発現させる。

B では、熔融・凝固型とバインダ型（後工程で焼結が必須となる）によって、部品の複雑化、軽量化、高性能化を担保する高機能粉末の開発を進め、新合金粉末や複合材料粉末の製造技術により、積層造形技術の発展と展開を支える。

C では、理論研究に計算機シミュレーションの適応することにより焼結の純粋な理論体系の再構築を試み、かつ焼結のシミュレーション設計技術の理論的裏付けを得る。

D では、焼結法によってのみ得られる本合金について、優れた超硬合金工具を工作機械に供給することで我が国が得意とする精密機械加工産業を支える。また超硬合金の今後の研究において、世界に類を見ない超微粒・超高強度の超硬合金工具（エンドミルなど）を開発し、世界をリードする技術として躍進させる。

E で、我が国が世界最高の保磁力を実現した歴史を踏まえて、粉末製造、焼結いずれにおいてもナノレベルでの結晶粒界制御技術を推進し、基礎研究を含めた新たな材料開発を行い、世界をリードする。

F では、実用的な焼結材料である焼結機械部品、超硬合金、磁性材料、電気・電子部品セラミックスが多元系組成のため回収後の分離・リサイクルが困難であることをブレークスルーする研究を行う。

③ 学術研究構想の名称

世界をリードする粉末焼結法の革新的創成技術開発～外場焼結、積層造形、焼結理論、超硬合金、焼結磁石の研究と SDGs（リサイクル等）への波及

④ 学術研究構想の概要

本構想の〈学術的価値〉は、A～CおよびFにおいては基本的に材料種に拘ることなく、金属、セラミックスなどいずれの材料でも利用できる粉末焼結法の技術とリサイクル技術の開発にあるとともに学問的な基礎学の構築を目指す。DとEは具体的な材料種に焦点を絞り、ナノ構造制御といった材料科学的手法を確立する。

⑤ 学術的な意義

Aでは、普通の焼結機構に対して、外場を援用した新しい焼結法がどのような焼結機構となるかを調べる。高温物質移動等の学問にも大きな足跡を残すものと期待される。

Bでは、微細複相組織を高度に創り上げることによって高強度と高延性を両立させ、微細複相組織制御の学理を構築する。また、積層造形技術の多様化、汎用化によって、ものづくり産業の継続的発展に貢献する。

Cでは、焼結中の微細構造を制御し、欠陥のない合金、複合材料を得るための、焼結理論の新たな飛躍を目指す。材料科学、物理学、材料設計学の発展に貢献する。

Dでは、液相出現温度前においてもCo相の固相拡散が、液相出現後の本格的な焼結および組織形成にどのような影響を及ぼすかを明らかにする。WC粉末粒径、合金組成、焼結温度等の条件の最適化によって、5GPaを超える超高強度合金が得られることに対して、強度論、破壊機構、限界強度などを十分に考えた上で解析する。

Eでは、希土類焼結磁石においては、その材料系が本質的に有する高い磁気異方性にに基づく高保磁力・高角形比を実現することが学術的にも意義が大きい。磁石の組成を含め材料設計の自由度を向上させることにつながり、材料製品工学と材料工学に寄与する。

Fでは、従来の粉末冶金工業製品の完全リサイクルを行う。分離・再生プロセスの構築と、難分離成分を固定成分とした組成設計によって、蓄積材料の利用を前提したリサイクル性の良い新材料を創製する。AIを駆使した組成・組織設計を行い、経済安全保障問題をクリアするオープンデータベース化を可能とする国際ルールを構築を検討する。

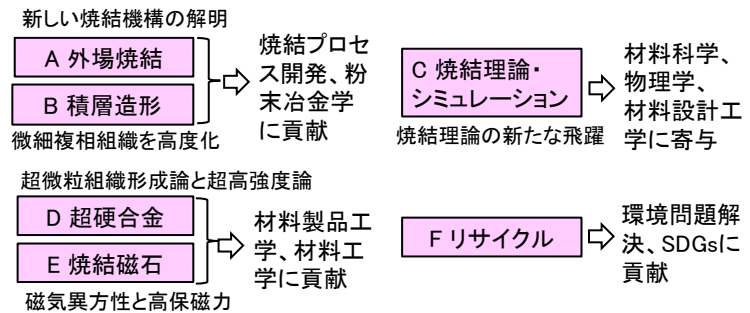


図2 学術研究構想のポイント。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

DとEは我が国での研究は盛んで、本提案はこれらの分野で最も先端の研究内容であり、海外に向けての戦略的研究と言える。A、B、C、Fは盛んになりつつあるが、海外と比べると若干遅れており、今後、我が国独自の発展性が重要であり、その内容はしっかりと本提案に盛り込まれている。

⑦ 社会的価値

Aでは省エネルギーへの貢献、Bでは便利な素形材技術としての適用、Cでは職人技から脱却という社会的価値が存在する。Dでは高性能工具によって機械をつくる機械（マザーマシン）の更なる発展、Eでは高性能磁石によりモータの省エネルギー化に大きく寄与する。Fは、資源環境問題やSDGsに大きく貢献する。

⑧ 実施計画等について

A～Fいずれにおいても基本的な実施スケジュールは、1-2年度は基本装置の導入を進める。3-4年度は試作機や試作材の設計を行う。5-7年度には試作機や試作材を作製し、得られたデータを解析する。8-10年度は、さらにデータを重ね、機構の解明、当初の提案内容の検証を行う。CとFは、理論的な検討の割合が高いが、その理論の実証や実用化のための実験研究を予定しており、基本的なスケジュールは同様である。

Aは岸本（岡山大）、Bは野村（東北大）、近藤（大阪大）、

Cは品川（九州大）、Dは松原（東北大）、Eは北本（東工大）、Fは尾崎（九州大）、石原（京大）が担当する。いずれも国内のメーカーや研究機関が協力する。また項目間の交流をできる限り活発に行う。

10年間の総額30億円を予定しており、装置費、人件費（ポスドク等）、消耗品費、旅費、外注費国際共同プロジェクト費用などを予定している。

⑨ 連絡先 松原 秀彰（東北大学大学院環境科学研究科）