

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多様化する社会課題の解決に資するよう、学術振興の観点からそのビジョンと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。超硬合金、焼結磁石、セラミックスなど、現在の生活に不可欠な多くの焼結材料が存在する。焼結法は、現在広く使われている鑄造法（金属等の融液を鑄込む方法）等と比較して、より低温での材料合成（低エネルギー消費）、複雑形状の加工、画期的な特性（例えば、超高強度、超強磁性等）の創出が可能な画期的な素形材技術である。

本提案では、粉末焼結法に関連する項目として、上記の A～F の 6 つの項目を取上げ、焼結技術が多様な社会的役割を果たし、我が国が世界をリードするためのビジョンを具体化する。A～F に注目した理由は、A と B は焼結法のプロセス自体の研究が必要不可欠であること、C は焼結の純粋学問の発展も重要であること、D と E は最重要な焼結実用材料技術の発展によって世界をリードする可能性があること、F は希少金属を含む材料技術全体に求められる資源循環と環境負荷低減に資するリサイクル技術として重要であることによる。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で画期的な省エネルギープロセスに発展させる、従来の通常加熱の焼結法では得られない新機能を発現させる。

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開発により、積層造形技術の発展と展開を支える。また、高価な原料粉末のリサイクル或いは再資源化に向けて、造形過程で混入する不純物成分の有効活用や不均一な粒径を有する粉末の固相焼結など革新的な資源循環プロセスの構築が求められる。

C では、理論研究に計算機シミュレーションを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を用い、優れた工具を工作機械に供給することで、我が国の精密機械加工産業を支える。今後の研究では、超微粒・超高強度材料の創製に加え、希少金属（タングステンやコバルト等）の使用量削減や代替材料の開発が重要となる。

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、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素組成のため回収後の分離・リサイクルが困難であるという現状を克服するための研究を行う。

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

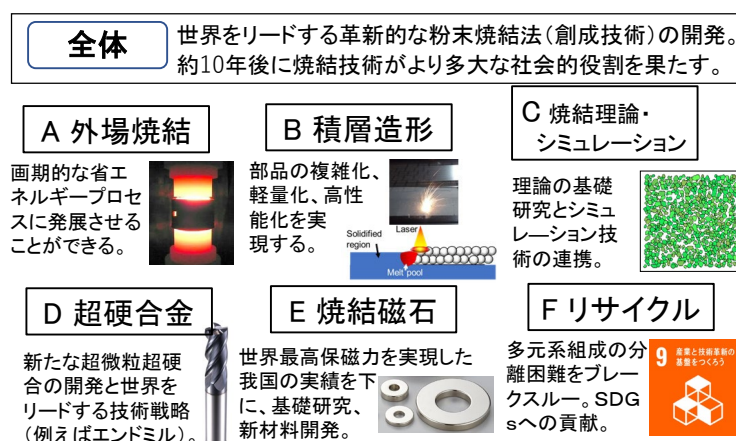


図1 全体および各項目（A～F）のビジョン

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〉については、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、セラミックス等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。

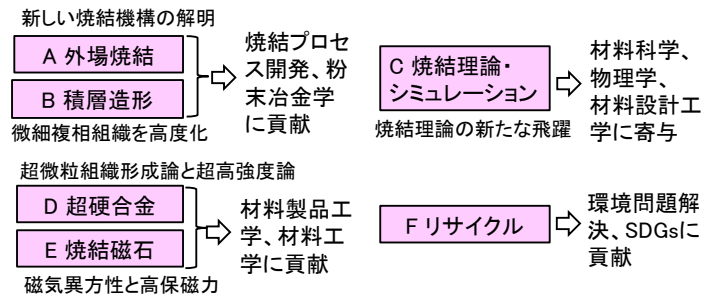


図2 学術構想のポイント

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明らかにする。これにより、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る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、汎用化を通じて、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し、材料工学物理学、材料設計学の発展に貢献する。

D では、液相出現温度以下の昇温過程において、Co 相の固相拡散が、液相出現後の焼結挙動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る 5 GPa を超える超高強度について、強度論、破壊機構、限界強度の観点から解析することは、学術的に極めて意義深い。

E では、希土類焼結磁石を対象に、その材料系が本質的に有する高い磁気異方性に基づく高保磁力・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、粉末冶金手法はマテリアルリサイクルの主幹技術候補であり、循環プロセスの創出は、粉末冶金学の新たな展開となる。また、易解体部品造形やサイクリック・マテリアル（リサイクルを前提に設計された材料）創製は、粉末冶金分野におけるデジタルツイン開発を大きく推進すると期待できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

D と E は、研究蓄積により我が国が国際的に先行する分野であり、本提案はこれらの分野における最先端の研究内容であり、海外に向けての戦略的研究と位置付けられる。一方、A、B、C および F は近年国内でも活性化しつつあるが、海外において研究が先行している分野であり、今後我が国独自の発展性が重要であり、そのために必要な研究内容は本提案に的確に反映されている。

⑦ 社会的価値

A では、省エネルギーへの貢献、B では、素形材技術としての適用、C では、職人の技への過度な依存からの脱却、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、高性能磁石によるモータの省エネルギー化に大きく寄与する。F では、資源環境問題や SDGs の実現に大きく貢献する。

⑧ 実施計画等について

A～F いずれにおいても基本実施スケジュールとして、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（阪大）、C は品川（九大）、D は、川上（東北大）、E は北本（科学大）、高木（産総研）F は、高木（産総研）、川上（東北大）、尾崎（阪大）、石原（京大）が担当する。

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 岸本 昭（岡山大学学術研究院環境生命自然科学学域教授）