

セラミックス超塑性プロジェクト 追跡調査報告書要旨

セラミックス超塑性¹プロジェクトは、原子レベルのプロセスから合成される新しいタイプの共有結合性材料を開発し、それらが示す新規な高温力学物性（ナノ結晶材料では超塑性、アモルファス材料では粘性流動）、あるいはその優れた耐熱性を探求することを目的として、日本（JST、研究実施場所：（財）ファインセラミックスセンター）とドイツ（マックス・プランク金属研究所）との間の国際協同により、1995年～1999年の5年間実施された。脆性材料であるセラミックスにも超塑性現象が存在することを1985年にジルコニアで、1990年に液相焼結窒化珪素で発見した日本と、原子レベルでの構造制御が可能な高分子プリカーサ技術²において世界屈指の研究レベルにあったドイツとの共同研究により、当初の主要な目標の一つである、最も硬く変形の困難な共有結合性セラミックス材料の代表である炭化珪素の超塑性化を達成した。また高分子プリカーサからアモルファスセラミックス、さらにナノ結晶セラミックスまでのプロセスのステップ毎の解析、2,000°C以上でも安定なSi-B-C-N系セラミックスや新規なSi-C-O系セラミックスの発見が成されている。さらに高分解能電子顕微鏡（HRTEM）および電子エネルギー損失分光法（EELS）により、セラミックスの高温挙動を左右する粒界相の構造を原子の化学結合状態まで詳細に解析し、本プロジェクトによるセラミックス材料の粒界安定性を解明した。

プロジェクト終了後も研究は継続され、ホウ素および炭素を焼結助剤とする炭化珪素では、極微量の酸素原子の存在が高温変形挙動に大きく影響することが解明された。またプリカーサ由来Si(-B)-C-N系セラミックスでは元素比率変化の効果に関する詳細な検討により微構造との関係が明らかにされ、アモルファスバルク体の高温変形が新しい研究領域として認知されるようになった。これらの研究はカーボンナノチューブとSiCNとの複合セラミックス、バイオインスパイアード³セラミックスの研究へと発展している。超塑性セラミックスの研究に関しては、関連設備を保有する施設が少ないことやバブル崩壊による産業界の設備投資意欲の減退もあり、現在必ずしも活発ではない。しかしながらこれまでに得られた成果はニアネット成形技術⁴として活用され得る素地を提供するものであり、今後の展開をなお見守る必要がある。

本プロジェクトから発表された学術報告数68件のうち被引用件数の検索が可能であった64報文に対する引用数の合計は1,083件で、2004年までの経過年数で割った1論文あたりの年平均被引用回数は2.43件/年である。材料科学分野での国別年平均被引用回数（アメリカ0.62、日本0.42）に比べて有意に高い。また、本プロジェクトに参画した研究者の多くが、プロジェクト終了後、より広範囲かつ責任の重い職務についており、中にはEELSの分野で世界的権威となった研究者もいる。

日本とドイツとの交流は現在まで続いており、例えば両国の代表研究者の共著論文が2004年に発表されている⁵。またマックス・プランク金属研究所との間で姉妹研究機関提携

を行っている物質・材料研究機構ではプリカーサ由来セラミックスの共同研究が開始されており、日本側研究者としてプロジェクトに参加しその後中国に帰国した H. Gu 教授もマックス・プランク金属研究所との共同研究を続けている等、一時減少していた人的交流も再度活発化してきている。

1. 超塑性：ある種の多結晶固体材料に融点よりもかなり低い温度で力を加えた時に、基本的特性を損なうことなく大幅に変形する性質
2. プリカーサ技術：前駆体として有機化合物を用いるセラミックスプロセッシング技術
3. バイオインスパイアード(bioinspired)材料：生体分子、細胞、それらの集合体を含め生体系を発想の源とする材料
4. ニアネット成形技術：焼結後のセラミックスの形状、寸法が焼結前に精密に想定できるプロセッシング技術
5. F. Wakai, F. Aldinger, Science and Technology of Advanced Materials, 5(4), 521-525 (2004)