



放射光マルチスケール CT で見る セラミックスの 3 次元内部欠陥構造

東京工業大学科学技術創成研究院フロンティア材料研究所の大熊学特任助教、若井史博教授の研究グループは高輝度光科学研究センター、長岡技術科学大学と共同で、SPring-8の放射光マルチスケール CT を用いて、セラミックスの内部に存在するき裂状欠陥の 3 次元構造を極めて高い解像度で鮮明に観察することに初めて成功した (図 1)。セラミックス部材の性能向上には、内部欠陥を低減する製造プロセス技術と、破壊源となる欠陥を検査・計測して信頼性を保証する技術が求められる。放射光マルチスケール CT では、マイクロ CT で部材内部に存在する微小欠陥の空間分布を、また、ナノ CT で個々の欠陥の 3 次元形状を詳細に観察できる。この技術により、粉体成形/焼結プロセスにおける欠陥形成機構を解明した。これは、高信頼性部材製造技術の開発につながる。さらに、部材の局所領域の欠陥

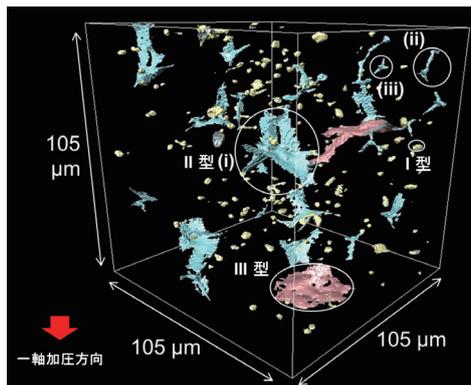


図 1 アルミナ・セラミックスの内部欠陥の 3 次元マイクロ CT 像。

分布より強度を予測した。強度の空間分布の把握が可能となり、セラミックスの信頼性工学の技術体系に革新をもたらすと期待される。

研究グループは、マルチスケール CT を用いて、アルミナ (Al_2O_3) の複雑な 3 次元欠陥形成過程を観察した。緻密なアルミナ (相対密度 98%) 試料の任意断面を非破壊的に観察でき、さまざまな形状の欠陥が存在することがわかる (図 1)。これらの欠陥は直径 10 μm 程度の

丸い欠陥 (I 型)、分岐したき裂状欠陥 (II 型)、加圧方向に垂直に配向した凹形き裂状欠陥 (III 型) の 3 タイプに分類できた。このうち、顆粒間の境界と中空顆粒内部の空隙から形成された II 型と III 型の欠陥は、焼結段階で収縮・消失せず、むしろ、わずかに成長することを見だし、その原因が、成形組織の不均一性による焼結中の速度差であることを示した。以上より、成形過程で欠陥ができないような粉体プロセスを開発することが、複雑形状部材の信頼性向上には最も重要であることがわかった。

放射光マルチスケール CT 技術により、製造プロセスにおける内部欠陥形成の仕組みを解明できる。これから得られた知識は粉体成形で生じる内部欠陥を制御し、セラミックス部材の信頼性を高めるプロセス技術を開発することに役立つ。もちろん、この技術はアルミナだけでなく、多くのセラミックスに適用できる。例えば、低温同時焼成セラミックス (LTCC)、固体酸化物形燃料電池 (SOFC) といった積層材料の焼結プロセス開発に展開できる。

(東京工業大学 科学技術創成研究院
フロンティア材料研究所 特任助教 大熊学
連絡先 〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田
町 4259, E-mail: okuma.g.ac@m.titech.ac.jp)

[2019 年 8 月 9 日]