

## 革新的全固体イオニクスデバイス創出に関する研究

九州大学大学院総合理工学研究院

○渡邊 賢

種々のイオン伝導性セラミックスは、電池、燃料電池、酸素分離膜、ガスセンサをはじめとする様々な電気化学デバイスの固体電解質として応用されている。特に、すべての部材を固体で構成した全固体電気化学デバイス（全固体イオニクスデバイス）は、耐熱性や耐久性に優れており、様々な応用が検討されている。全固体電気化学デバイスは、イオン伝導セラミックスからなる固体電解質と金属、半導体、混合伝導体などの電極から構成される。これら全固体電気化学デバイスの特性を左右する重要な因子には、固体電解質のイオン伝導度、電極の電子伝導性、混合伝導性、触媒活性はもちろんのこと、電極/電解質界面の良好な接合が重要となる。また、ガスとの反応を利用する場合は、気相/電極/固体電解質からなる三相界面の設計も必要不可欠である。したがって、各種部材の物性だけではなく、デバイスとして組み上げ界面を構築するプロセスも重要となる。

我々のグループでは、全固体電気化学デバイスのなかでも、酸化物イオン伝導体と混合伝導性電極を組み合わせた小型の酸素分離膜やガスセンサ、Li イオン伝導体と混合伝導性電極を組み合わせた一括焼結型全固体 Li イオン二次電池の研究開発に取り組んできた。酸素分離膜は、酸化物イオン伝導性セラミックス膜の両面に電極を配置し、直流電圧を印可することで電気化学的に酸素のみを分離できる（図1）。本手法は、既存の吸着分離法とは異なり、連続的に酸素分離可能であるため、病院や自宅での簡便な酸素富化空気製造法として期待されている。一方、全固体 Li イオン二次電池は、固体電解質の高い化学的安定性により電極材料の選択肢が広がることに加え、これまでの電池作製プロセスにはなかったセラミックスの高温焼結プロセスを活用することで、長寿命、高エネルギー密度を兼ね備えた次世代電池として期待されている。本発表では、イオン伝導性セラミックスを用いた酸素分離膜の特性改善や全固体 Li イオン二次電池の実現につながる材料探索、粒界制御、一括焼結プロセスに関する最近の取組をご紹介します。

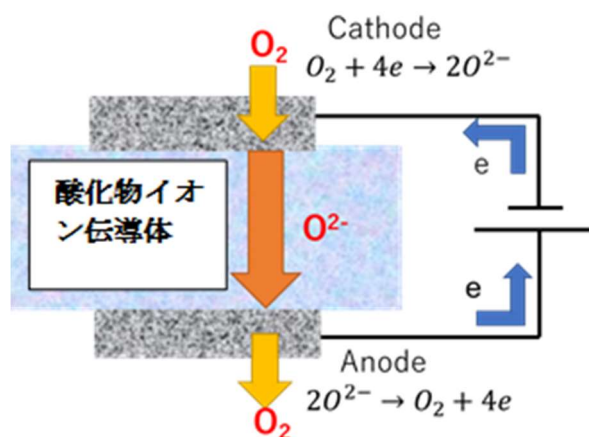


図1 酸化物イオン伝導性セラミックスを用いた酸素分離膜

## セラミックスの粉末成形・焼結等のコンピューターシミュレーション

東北大学 環境科学研究科

松原 秀彰

セラミックスの製造には、原料粉末の調製（混合・粉砕）、成形、焼結、最終加工など、様々な工程があり、それぞれの工程における最適化を通じて、最終製品の性能・品質が確保されている。各工程での最適化は各メーカーの研究開発部門および製造部門に長年蓄積されてきたノウハウに基づいて進められる場合がこれまでの状況である。しかし、今後のセラミックス製品の製造プロセス、材料組成、用途、形状などの多様化を考えると、従来のやり方では対応できない場合が増えてくると思われる。セラミックスの製造プロセス、とくに粉末成形・焼結にコンピューターシミュレーションによる設計技術を導入することは、今後のセラミックス製品の開発や低コスト化などにおいて重要な役割を果たすことが期待される。

図1には、材料構造のスケール（サイズ）と計算手法との関係を示す<sup>1)</sup>。セラミックス製造プロセスのシミュレーションで主に扱う計算方法は、分子動力学法

（MD）法、モンテカルロ（MC）法、離散要素法（DEM）、有限要素法（FEM）と考えられる。MD法は原子レベルの設計に有効であるが、計算時間に問題がある。焼結や粒成長に用いるMC法は、材料基礎学（あるいは物理学）の観点、例えば厳密性といった点では十分とは言えないシミュレーション手法ではあるが、現実的な時間と大きさを十分に扱える計算原理ということができる。自動車や飛行機

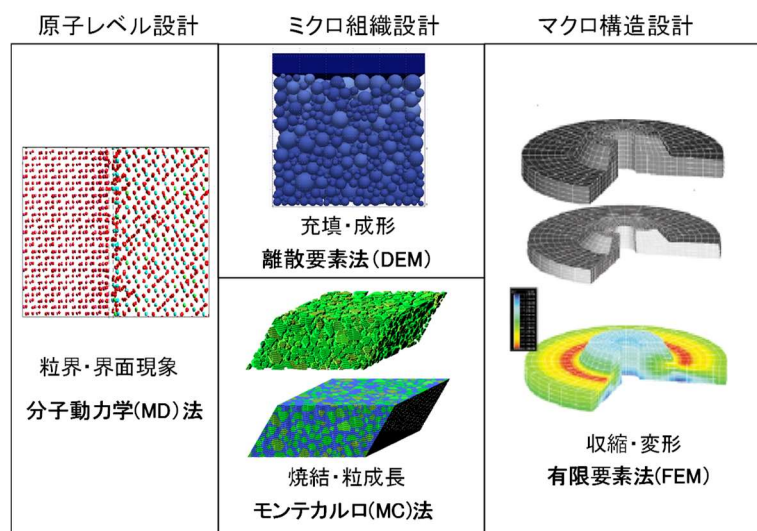


図1 材料構造のスケール(サイズ)と計算手法との関係。

などといったシステムではマクロ的な計算手法としてのFEMが定着しているが、材料設計の分野ではミクロ的な計算手法が必要不可欠であり、それをどの程度のミクロまで掘り下げる必要があるかということが、材料技術の中でもいろいろな選択肢があるのではないかと思います。MC法とFEMの連成計算を独自に開発している。DEMは基本的にはミクロ設計でありながら、マクロ設計にも適用可能な方法で、充填や成形のプロセスで有用であると考えられる。最も重要なことは、現実の材料製造のプロセスを取り扱う技術者、研究者からは、現実の時間や大きさなどを取り扱えるシミュレーションが求められているということであり、当日詳しく皆さんと議論したいと思います。

1) 寺坂，松原，野村，セラミックス，55（2020），518.

## 近くて遠い国のやきものの事情

韓国セラミック技術院 利川研究所 陶磁器研究センター  
勝木宏昭

2017年より日韓の外交・経済活動や文化・学術交流は凍結期に入り九州に最も近い外国である韓国が遠い国になり始めているが、各分野での活発な交流の再開が期待されている。

古代より九州と大陸の交流は長く、福岡市の鴻臚館跡からは唐時代の白磁や新羅時代の陶器が多量出土している。北部九州の甕、須恵器、瓦の製造は6～7世紀に、また轆轤成形や高温連房式の登窯焼成による唐津焼・有田焼等の陶磁器の生産技術は16世紀末までに朝鮮半島から伝来したものが多く、現在の九州の陶磁器の創始に強く影響を及ぼした。歴史的に韓国のやきものの製造と管理は高麗王朝と朝鮮王朝に強く支配され、図1の様に高麗時代は仏教政治による「青磁」が、また朝鮮時代は儒教政治による「白磁」が特徴である。現在、高麗青磁、朝鮮白磁が韓国を代表する国際的なやきものである。一方、日本では江戸期に各藩が自由に競って陶磁器を生産したので鷹取焼、有田焼、三川内焼、唐津焼、薩摩焼等の生産地名(藩名)が継承され、現在各地の陶磁器のブランド名となっている。韓国では19世紀まで王朝直轄の陶磁器生産体制が長く続き、現在の韓国陶磁器に生産地名を示す〇〇焼がない。これからの韓国陶磁器の発展には、「伝統の継承と創造への強いチャレンジ」が求められる。

本講演では、①韓国陶磁器の歴史と特徴、②現在の陶磁器産業や陶磁器利用の状況、③ユネスコの「クリエイティブ都市」に認定された利川市の新たな動き等について紹介する。



図1 韓国陶磁器の変遷(写真の陶磁器はソウルの国立中央博物館等に所蔵)