塩のなかで結晶を育てる
～フラックス法による結晶材料イノベーション：信大クリスタル®～

手嶋　勝弥

信州大学　卓越教授

信州大学　手嶋・萩尾・林・山田研究室（前大石・手嶋研究室から続き）では，この半世紀，フラックス法でさまざまな結晶材料を創製してきた。本講演会にご参加の皆さんには，“フラックス法”という言葉は耳馴染みがないと容易に想像できる。当研究室では，フラックスを融剤（溶媒と同意）という意味で用い，結晶育成の溶媒として活用する。つまり，フラックス法は溶媒を用いる結晶育成プロセスの一種であり，目的物質（溶質）をフラックスに溶解して結晶を育成する。その結晶化の駆動力は溶液の冷却やフラックスの蒸発による過飽和である。図に，結晶－フラックスの共晶型擬二成分系状態図を示す。フラックス法では液相線（つまり過飽和を制御）を活用することで，目的結晶を得る。この図から，結晶（溶質）とフラックス（溶媒）のそれぞれの融点（T_AとT_B）に比べ，共晶温度（T_E）がとても低いことがわかる。フラックスは，結晶 A から共晶組成 X_E の範囲で A の融点を低下させる。つまり，目的物質の融点よりもはるかに低温で，その結晶を育成できる可能性を秘めているのである。なお，フラックス法のその他の特長として，晶出する結晶がその結晶構造を反映した平坦な結晶面で囲まれた自形をもつこと，熱歪みが少なく高品質な結晶を育成できること，あるいは分解溶融する物質や多形転移がある物質なども育成できることも挙げられる。高品質な単結晶を育成できることに加え，低温で結晶を育成できるため，CO_2排出量やエネルギー使用量を削減できる環境調和プロセスであることも注目を集めている。このフラックスとして，当研究室では NaCl を多用している。これがフラックス法・結晶育成と貴財団の繋がりである。NaCl は酸化物フラックスとは一線を画す溶媒として機能する。そのため，最近話題の新材料創製に活用しやすい。例えば当研究室では，イオン交換体（浄水材料），リチウム／ナトリウムイオン電池用材料，可視光応答型光触媒（ソーラー水素製造）およびバイオマテリアル・半道体材料などに応用されている。特に信州大学では，フラックス法で育成した結晶材料を「信大クリスタル」と名付け，社会実装を開始し，市場で既に活躍している。フラックス育成した結晶の結晶構造を深く理解し，その超空間や表界面を適切に制御することで，結晶そのものがもつ性能を最大限に引き出すとともに，特徴的な機能を付与できる。その結果，信大クリスタルは独自性の高い，唯一無二の結晶材料となっている。近年はフラックス法と AI／データ駆動＆ロボティクスを掛け合わせ，新次元フラックス法にも挑戦している。本講演では，NaCl をフラックスとして活用する結晶育成技術を中心に，フラックス法の今後の可能性を概説する。

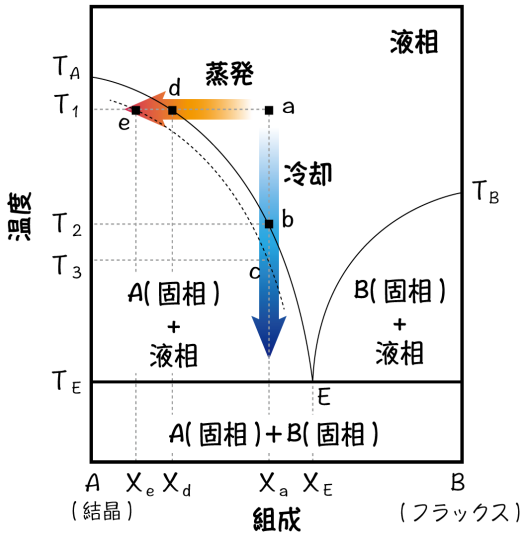

図　共晶型擬二成分系状態図

演者プロフィール

（演者近影）

手嶋　勝弥（てしま　かつや）

信州大学　卓越教授。

2003 年名古屋大学大学院材料プロセス工学専攻博士課程修了、2005 年信州大学工学部助手、2007 年同大学工学部助教、2010 年同大学工学部准教授、2011 年同大学工学部教授、2012 年同大学大学院総合工学系研究科物質創成科学専攻長、2013 年同大学学長補佐、2014 年同大学 環境・エネルギー材料科学研究所長、2016 年長野県南信工科短期大学客員教授、2019 年同大学卓越教授、同年東京理科大学スペース・コロニー研究センター客員教授、同年信州大学先鋭材料研究所長、2021 年東京理科大学スペースシステム創造研究センター客員教授、同年信州大学学長特別補佐、2022 年ヴェルヌクリスタル株式会社取締役、2023 年ヴェルヌアクア株式会社取締役、同年ヴェルヌエナジー株式会社取締役、2024 年信州大学アクア・リジェネレーション機構長、2025 年信州大学学術研究院超学系長、2019 年より現職。1972 年生まれ。