

研究テーマ 凝固過程に伴う熱溶質駆動流の研究

所属 先進アルミニウム国際研究センター(併任)

助教 山根 岳志

研究の背景および目的

二元系融液の凝固に伴って自発的に発生し得る熱溶質駆動流(通称, 二重拡散対流)は, 温度勾配と濃度勾配の重畳に起因するものであり, 特異な液相状態(温度, 濃度, 流れ分布)を形成する。溶接溶融池や連続鋳造時の液相でも発生が考えられ, 特に多重セル対流構造という形で濃度停滞領域が同時に複数現れ, 持続する二重拡散対流の性質が固相に濃度変調を生じる(欠陥として製品の健全性を損なう)可能性がある。

本研究では物理的特性が類似する二元系の水溶液と合金を使用し, 水溶液流動の可視化実験および溶融金属の凝固実験(凝固組織観察)および数値計算を通して, 二重拡散対流が金属凝固組織に及ぼすに影響について移動現象工学の立場で議論を進め, 金属凝固プロセス制御指針の提示を行う。

■ おもな研究内容

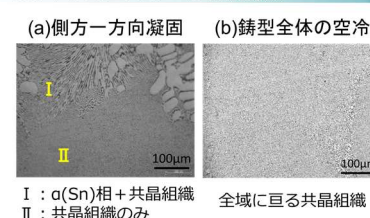
金属の凝固プロセスは非常に高温で且つ対象が不透明であるため, 溶融金属内の流れを観察することは実質的に不可能であり, 且つ実測可能な因子が極端に少ない問題がある。一方, 工業装置で起こる現象を研究する際, 2つの系で工学的相似性の考慮により, 実際の系をラボスケール装置で模擬することが可能である。本研究では工学的相似性を考慮し, 扱い難い金属融液に代わる実験容易な模擬流体を対象とした検討から溶融金属で起こる現象の解明を図る。

図に示すは水溶液系の一方向凝固実験で二重拡散対流を捉えた一例である。共晶初期濃度以外で液相に多重対流構造を形成する。

また, 凝固に伴う潜熱放出と溶質再分配による成分濃化を考慮した数値計算により, 同対流の発達に伴って液相濃度は全体で階段状となり, 温度分布はS字を連ねた様な歪んだ形となることはいえ, 特に静的に凝固が進行する場合, 組織制御の観点から同対流は無視できないことが考えられる。

実際にPb-Sn合金の凝固組織観察より, 冷却条件の変更で組織が分離して析出することが確認され, 二重拡散対流の影響の可能性はある。

Sn-Pb合金ミクロ組織観察



側方冷却凝固実験(NH₃Cl-H₂O系)

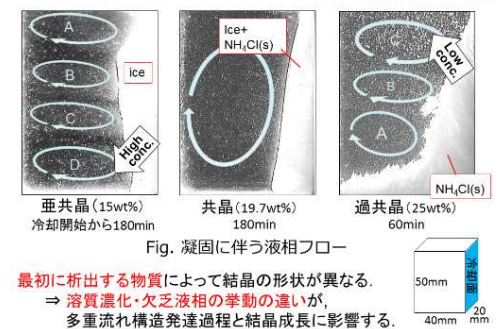
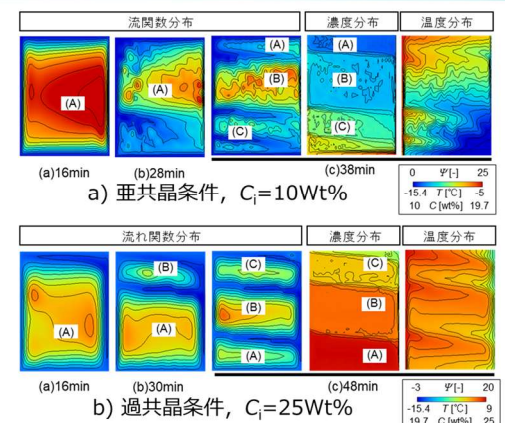


Fig. 凝固に伴う液相フロー

最初に析出する物質によって結晶の形状が異なる。
⇒ 溶質濃化・欠乏液相の挙動の違いが、
多重流れ構造発達過程と結晶成長に影響する。

溶質再分配・潜熱放出を伴う液相シミュレーション



期待される効果・応用分野

本研究の特色は, 金属凝固を化学工学の速度論的に取り扱おうとする(定常が達成される途中過程を定量的に表現する手段を得る)点にある。従来の金属凝固に関する研究は基本的に平衡論(定常状態が対象)に基づくものであり, 液相中の熱, 物質, 運動量の移動現象を考慮した速度論的な研究は数少ない。模擬流体を使用して溶融金属の凝固に伴う二重拡散対流を再現し, それに纏わる移動現象の把握をし, その上で物理モデル化(現象を数学の中に写像する)し, 数値計算を実施するというアプローチを取る。その成果は物性値が大きく異なる溶融金属に対しても適用でき, 実プロセスにおいて測定困難な部分も予測可能である。予測結果より, 溶融金属凝固時の固相外周部の流れ現象が組織欠陥形成に果たす役割の理解, 速度的コントロールという観点からの最適システムの構築に寄与し, 工業的に実用価値のある情報が引き出せる理論展開ができることが期待される。

■ 共同研究・特許など

研究分野	化工物性・移動操作・単位操作, 材料加工・処理
キーワード	凝固組織, 欠陥, 二重拡散対流, 数値シミュレーション

研究室URL: http://www3.u-toyama.ac.jp/yusou/mpe_lab0/index.html