

スポットライト

～第6回「高校生・高専学生ポスター発表」優秀賞～

4°C前後における水の対流モデル

大阪府立天王寺高等学校 2年生

柿花官志 松永絢也子
鎌井愛子 川井等之

私たちは、冷却時における4°C前後の水の現象について研究しています。教科書にある水の冷却曲線は0°Cになるまで滑らかに温度が変化しています。しかし、私たちがゆっくりと水を冷却したところ、4°Cでグラフが折れ曲がり、教科書とは異なる冷却曲線が得られました。また、水の密度は図1⁽¹⁾の通りに変化し、4°Cにおいて最大となる特異性を持ちます。そこで今回私たちは、4°C前後の水の現象について研究し、温度測定の結果から冷却時の水の温度分布を表した対流モデル図を作成しました。今回の研究では、水の垂直方向の温度変化を3つのセンサー(サーミスタ、精度: ±0.5°C)を用いて計測しました(図2)。再現性のある冷却が行えるよう、使用した水試料および装置について、次の4つの制御を行いました。外部からの影響を最小限にし、また、対流の様子を見やすくするため、使用できる最大量の800 mLの水試料を用いました。溶質および溶存気体を取り

除くため、イオン交換水を80°Cまで加熱し、30分以上放置したもの(電気伝導度は測定下限以下)を用いました。断熱材を、容器の上下に設置し、上層・下層が直接冷やされ、冷却速度に違いが生じるのを防ぎ、横方向からの冷却のみに統一しました。また、この制御の結果、水試料が蒸発し、量が減少するのを防ぎました。垂直方向のみの変化を見るために、上・下層のセンサーを中層に関して対称となるように設置し、容器の中心からの距離を2 cmに統一しました。これらの制御を行った試料を-10°Cに設定した冷凍庫に入れて冷却しながら、1分ごとに温度を1日程度計測し続けました。実験を複数回行った結果、いずれも図3のような冷却曲線が得られました。4°C以上の区間について、冷却開始時の温度むらは0.2°C以内でしたが、数分後には下層ほど温度が低く、上層ほど温度が高くなりました。試料中に4°Cの水が存在する区間について、下層では4°Cで温度が停滞し、上層では冷却速度が急激に増加しました。4°C以下の区間では、下層ほど温度が高く、上層ほど温度が低くなり、4°C以上の区間と温度分布が逆転しました。

4°C前後の水の現象について考察しました。4°C以上の区間については、温度が高く、密度の小さい水ほど上層いき、温度による密度差に応じて層状に分布したと考えられます。試料中に4°Cの水が存在する区間について、密度が最大である4°Cの水は下層に溜まり、上・中層では4°C以下の水と4°C以上の水が密度に応じて入れ替わると考えられます。4°C以下の区間について、温度が低く、密度の小さい水ほど上層いき、温度による密度差に応じて層状に分布し、4°C

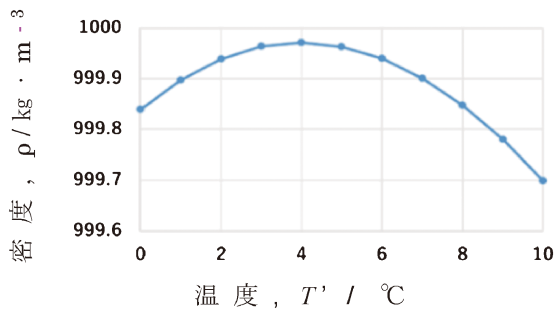


図1 水の密度⁽¹⁾。(オンラインカラー)

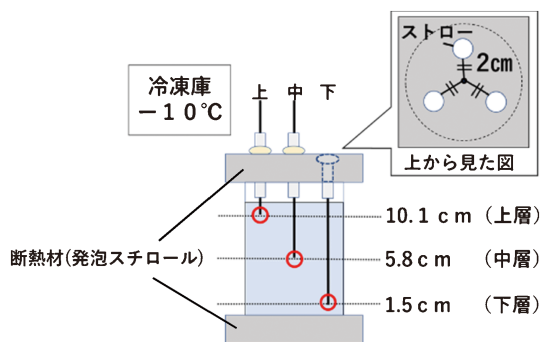


図2 実験に使用した装置。図中の長さは底面からの距離、赤丸は感温部を示す。(オンラインカラー)

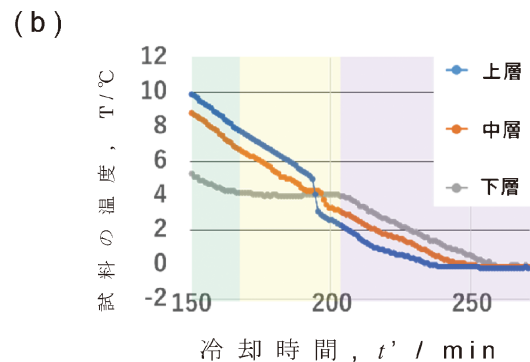
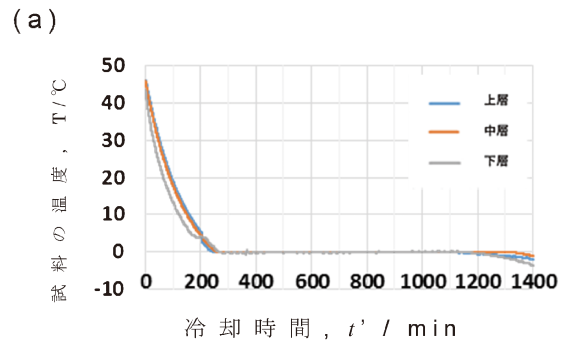


図3 (a) 実験から得られた冷却曲線と(b) その拡大図。(オンラインカラー)

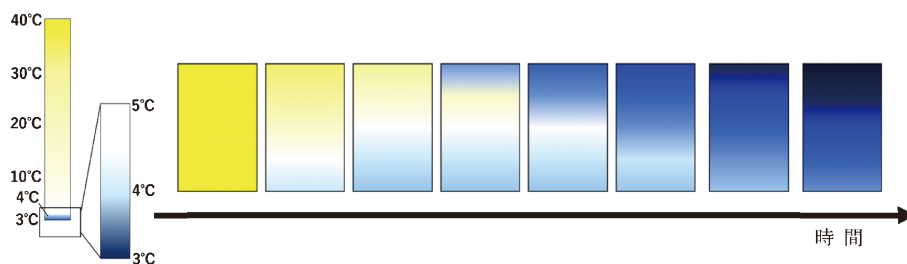


図4 作成した対流モデル図。(オンラインカラー)

以上の区間の温度分布と逆転した温度分布となっていると考えられます。実験結果と考察をまとめて、温度ごとに色を決めて、対流を色の違いで表したものが図4の対流モデル図です。私たちは、今回行った実験だけでは作成した対流モデル図の正しさを裏付けることができないと考えたので、裏付けるために必要な実験を行っていく予定です。また、発表の際に教授から「実際に起こっている対流の動きを見るために、インクなどを用いて可視化するべきだ。」という意見を頂きました。この意見を受けて、私たちは可視化することについても前向きに検討しています。まず、使用できる物質を調

べ、どのように実験していくかについて考えていこうと思いましたが、私たちにとって今回の発表は初めてでしたが、大学生の方や教授など、多くの方々に聞いていただき、様々な意見を得られ、とても有意義な、良い経験になりました。

文 献

- (1) 実教出版編修部：サイエンスビューー化学総合資料第4版：実教出版，(2018).
(2021年11月24日受理)[doi:10.2320/materia.61.170]
(連絡先：〒545-0005 大阪市阿倍野区三明町 2-4-23)



～美しい金属の写真～

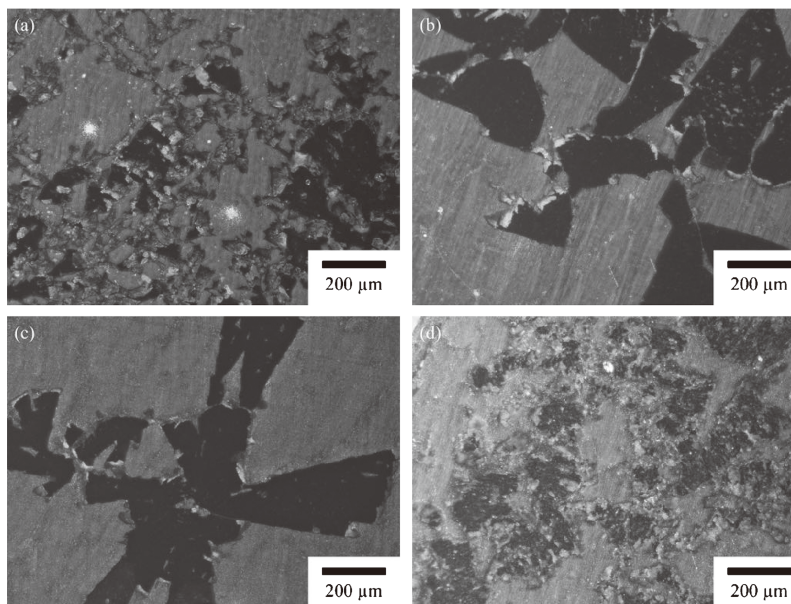


Fig. 4 Microstructures of Mg-14 mass% Li-x mass% Al alloys after immersion test for 30 min. (a) Mg-14Li-1Al and (b) Mg-14Li-2Al, (c) Mg-14Li-3Al and (d) Mg-14Li-5Al.

<Taiki Morishige, Yutaro Obata, Takayuki Goto, Tomoki Fukagawa, Eiji Nakamura and Toshihide Takenaka “Effect of Al Composition on the Corrosion Resistance of Mg-14 mass% Li System Alloy” Mater. Trans., **57** (2016), 1853-1856 より転載>