

まっから日はを追うごとに良い学会になっていった。広い分野にまたがる聴衆を意識した発表、専門分野を超えた活発な討論、セッション外での気さくな議論と笑い声。これらは参加者の能力、努力、気遣いの結果だと思う。良い参加者に恵まれたシンポジウムであった。そして終わってみれば、いろいろな意味で、私個人が当初頭に描いていたものとはかなり違った内容であった。「あれが良かった」と言われれば「そうかな」と思

うし、「ここは今ひとつだった」と言われれば「何とかできなかったかな」と思う。次の機会に活かしたい。

無事に全日程を終えることができ、参加者のみなさんと運営に携わった方々にお礼を伝えたい。次に参加する IGS シンポジウム、またどこかで運営に関わるかもしれない将来のシンポジウムが楽しみである。

(2010 年 11 月 29 日受付)

企画セッション「ムペンバ現象（湯と水凍結逆転現象）のサイエンス 2010」報告

高橋修平，前野紀一，佐藤篤司，
小西啓之，小南靖弘

雪氷研究大会（2010・仙台）において企画セッション「ムペンバ現象（湯と水凍結逆転現象）のサイエンス 2010—お湯が水より早く凍る?!—」が次の日時・場所で行われたので報告する。

日時：2010 年 9 月 28 日（火）16:00-17:50

場所：東京エレクトロンホール宮城、会議室 601

主催：ムペンバ現象研究会（世話役：高橋修平）

司会：前野紀一，進行：小南靖弘，高橋修平

参加者：51 名

経緯

「お湯が水より早く凍る?!」という普通の常識では不思議な現象が、2008 年 7 月 9 日に NHK のテレビ番組「ためしてガッテン」で紹介されて話題を呼んだ。

その現象は、タンザニアの中学生であったエラスト・B・ムペンバ (Erasto B. Mpemba) がアイスクリームミックスを熱いまま凍らせたところ、冷ましてから凍らせたものよりも先に凍ることに気付いたことから始まった。その後、ダルエスサラームのデニス・G・オズボーン博士はその現象を検証し、ムペンバとともに 1969 年に研究結果を発表した。

そのエピソードが NHK で紹介されてから、雪氷研究者間でもその現象が話題になり、2008 年日本雪氷学会雪氷研究大会（東京）において特別研究集会「ムペンバ効果のサイエンス」が開かれ、多数の会員が出席し、有志により検証実験が行われることになった¹⁾⁻³⁾。

2009 年日本雪氷学会雪氷研究大会（札幌）においては、企画セッション「ムペンバ現象（湯と水凍結逆転現象）のサイエンス」が開かれ⁴⁾、小西啓之、小南靖弘、佐藤篤司、高橋修平による 4 つの実験結果および前野紀一による最新情報が報告された。実験の結果は逆転自体が明確に起きたとは言い難く、議論もまだ十分とは言えないため、2010 年の企画セッションに持ち込むことになった。



図 1. 企画セッション「ムペンバ現象のサイエンス 2010」の様子（2010 年 9 月 28 日）

2010 年企画セッション

趣旨及びこれまでの経緯（前野紀一）および昨年度集会の報告（高橋修平）の後、次の実験経過報告およびその後情報報告がなされた（図 1）。

(1) 佐藤篤司：温度範囲約 15～75℃ の水を用い、上部から冷却し、水温の連続記録を取った。「凍結」と定義する温度によって、その温度への到達時間が異なった。「凍結」を 0℃ とすると低温水ほど早く「凍結」に達する事が確認されたが、一方、-0.3℃ とすると高温水ほど早く「凍結」する事例が見られた。しかし、この逆転現象の起こる条件の探索や統計的な結論を導くにはさらに数多くの慎重な実験が必要である。

(2) 小西啓之：口径 55 mm 深さ 45 mm のアルミ容器に、40～55℃ の湯と 25～30℃ の水を 65～85 cc をそれぞれ入れ、フリーザーで湯と水の冷却実験を 123 回行ったところ、7 回の実験で 0℃ 以下になる前に湯の温度が水の温度を追い越す逆転現象を見ることができた。しかし、逆転現象が生じるのは偶然性が大きく、再現できる条件を見つけるまでには至らなかった。湯の温度が下がるためには、蒸発熱も大きな要因と考えられるので実験毎に実験前後の湯と水の質量を測定したところ、湯は 1.0 g、水は 0.5 g 程度蒸発していることがわかった。

(3) 高橋修平：一度に 4 つの試料（プラスチックビーカー、水 100 cc）を凍らせる実験を 25 回行った。各試料上中下の水温を熱電対で測った。0℃ の水・氷共存後、試料中央部が -5℃ まで下がる完全凍結時間を比較したところ、上からの冷却では凍結逆転は見られず、下からの冷却で凍結逆転が起ることがあった。過冷却状態が長く続くと完全凍結が遅れる傾向があり、過冷却時間の長さによって凍結逆転が起ることがあったが系統的傾向は見られなかった。水の種類による凍結時間の違いはなかった。

(4) 前野紀一：初めに、蒸発による冷却が優勢な条件でムペンバ現象が起こりうることを示した実験結果³⁾を再紹介した後、最近の 2 篇の外国研究

論文⁶⁾⁷⁾を紹介した。Maciejewski⁶⁾の実験では、Gr 数が 1.29 (Ra 数 2×10^6 に対応)を超えると対流モードが 2 種類に分かれる。それに対応して熱伝達も 2 種類の型に分かれ、ムペンバ現象の可能性が示唆された。Vynnycky-Mitchell⁷⁾は、蒸発のみによる冷却の場合の数値シミュレーションを実行し、ムペンバ現象が起こりうる条件（温度、水蒸気圧）を示した。ただし、このモデルでは水は一つの温度の塊りと仮定されている。

各報告後、対流による熱交換、気化熱、過冷却、水質など色々な要素に対して、様々な議論がなされた。実験結果に関しては、少なくとも、「お湯がいつでも水より凍りやすいということはない」ことが確認され、条件によってはわずかにでも凍結時間の逆転があり得るという意見が大勢を占めた。実験データ等に基づいた報告は世話人の連名で後日「雪氷」に掲載することにし、ムペンバ現象に関する研究集会は、現象が起こりうることを確認するという所期の目的が果たされたので、今回で一応終結することとなった。

参考文献

- 1) ムペンバ効果のサイエンス. 雪氷研究大会 (2008・東京) 講演要旨集, p. 7.
- 2) 田崎清明・田崎真理子, 2008: ムペンバ効果のサイエンス～日本雪氷学会研究集会レポート. 理科の探検, **12**.
- 3) 前野紀一, 2008: 「湯と水くらべ」のサイエンス. 雪氷, **70**, 593-599.
- 4) ムペンバ現象（湯と水凍結逆転現象）のサイエンス. 雪氷研究大会 (2009・札幌) 講演要旨集, p. 25.
- 5) ムペンバ現象（湯と水凍結逆転現象）のサイエンス. 雪氷研究大会 (2010・仙台) 講演要旨集, p. 23.
- 6) Maciejewski, P.K., 1996: Evidence of a convective instability allowing warm water to freeze in less time than cold water. *J. Heat Transfer*, **118**, 65-72.
- 7) Vynnycky, M. and Mitchell, S.L., 2010: Evaporative cooling and the Mpemba effect. *Heat and Mass Transfer*, **46**, 881-890.

(2010 年 12 月 5 日受付)