

マルチメディア教材を用いた実験講座の実践[†]

小沼 卓人*・山田 洋一**

埼玉県北本市立 小学校*

宇都宮大学教育学部**

液体窒素をテーマにしたマルチメディア教材を作成し、それを用いて平成28年12月17日に本学大学会館で行われたUUサイエンス（以下UUSと略）において、受講者（小学生）を限定した講座形式の企画を実施した結果を報告する。合わせて、講座前に実施したアンケート調査より得られた、小学生の「水の状態変化」に対する認識とこの変化の過程を紹介する。

キーワード：水の状態変化，液体窒素，マルチメディア教材，アンケート調査

1. はじめに

平成24年度全国学力・学習状況調査によると、小学校第4学年の理科・水の状態変化について、「水蒸気」「湯気」の科学的な言葉や概念を適切に使用することに課題があるとされており、平成27年度に行った同様の趣旨の問題では水蒸気は水が気体になったものであることへの理解についての改善状況が見られるが、水の状態変化を温度の変化と関係付けて捉え、説明することができるよう学習指導していくことが求められている。

この単元では、液体窒素を使った状態変化の教材が小学生に状態変化の理解を深めるために有効であるという報告[1]がある。しかし、授業後の感想をキーワード分析すると、実験で使った具体的な名詞やそれらの変化についての語が多く、状態変化や粒子に関する記述が少ないことが明らかになっている[2]。

本研究では、液体窒素をテーマにしたマルチメ

ディア教材を作成し、それを用いて平成28年12月17日に本学大学会館で行われたUUサイエンス（以下UUSと略す）において、受講者を限定した講座形式の企画を実施した結果を報告する。

2. 液体窒素を用いたマルチメディア教材の作成

液体窒素の沸騰現象を観察するには透明ガラス

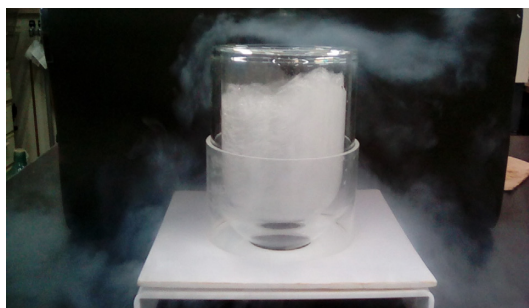


Figure 1. Initial Boiling(above) and Later Boiling(below) of Liquid Nitrogen.

[†] Takuto KONUMA* and Yoichi YAMADA**:
A Practical Study of the Experimental Lecture
to Learn about Boiling and Freezing Points of
Liquids.

Keywords: Phase Diagram of Water, Liquid
Nitrogen, Multimedia Teaching Aids,
Questionnaire

* Kitamoto Municipal Elementary School,
Saitama Prefecture

** School of Education, Utsunomiya University
(連絡先: yamadayo@cc.utsunomiya-u.ac.jp 山田洋一)

ジュワーなどに入れ観察する。液体窒素をガラスジュワーに注ぐと、はじめは、Figure 1 (上) に示すように常温のガラス面によって液体窒素が急激に加熱されるため、核沸騰による激しい沸騰が観察できる。しだいに、大量の気体が発生し気泡同士が結合し、液体窒素とガラスの間に気体の膜が形成する。この膜沸騰の現象が観察されるときはガラス面に接している気体の窒素が液体窒素よりも熱伝導率が小さいため、核沸騰のときよりも温度の低下は緩やかになり、穏やかに沸騰している様子が観察できる。その後、ガラスの温度が下がり一定の温度になると気体の膜が崩れ一つ一つの気泡に分かれるため、液体窒素が触れるようになる。つまり、膜沸騰から核沸騰へ遷移し、Figure 1 (下) のように再び激しい沸騰の様子が観察される。これにより再び急激に冷やされ、ガラス面の温度が液体窒素の沸点に近づいてくると沸騰が弱まり、液体窒素の沸点に達すると穏やかになる。この沸騰の転移は、液体窒素に入れる固体の熱伝導率が関係している [3]。

(1) 動画の撮影

動画のマルチメディア教材は、映像や音声で臨場感があり子供たちの興味を強く引き出すことができる。本研究での動画の撮影に用いたデジタルハイビジョン・ビデオカメラ及びマイクロフォンを Table 1 に示す。

Table 1. Video Camera and Microphones

Video Camera: Panasonic HDC-TM350
Microphone: Panasonic VW-VMS1
Nikon ME-1
RODE VideoMic GO
AZDEN SGM-990

このHDC-TM350にはサラウンド、ズームマイク、ガンマイクモードの指向性切り替え、音のひずみ軽減、及びバスコントロールなどの機能を選択できる内臓マイクロフォンが搭載されている。さらに今回は、液体窒素の沸騰の音を明確に録音し教材として使用するために、外付けマイクロホンを使用し比較した。広範囲の指向性を持つものとしてはPanasonic VW-VMS1とNikon ME-1を、ガンマイク（単一指向性）としては、RODE VideoMic

GO コンデンサーマイク VMGOとAZDEN SGM-990を、それぞれシューアダプターを介してビデオカメラ本体に搭載し三脚に固定するか、もしくはカメラの手持ちグリップ (X Grip) 上部にとりつけ使用した。

さらに、Figure 1のジュワービン周囲に生じている白煙（霧）を除くため、駆動音の小さく風の集団性の高いdyson AM09（羽の無い送風機）を使用した。風量を上げすぎなければ音もデジタルハイビジョンカメラに入らず自然に白煙が後ろへ流れ撮影ができた。このようにして得られた動画をUUSで児童へ指導する際には、高画質モニターとオーディオ・セットに接続し、よりリアルな音質を重視した。詳細は、別の機会に報告する。

(2) UUSの概要

本研究では、Table 2に示すようにUUSの一環として同内容の実験講座を4回実施し、その事前アンケートとして、参加者に水の状態変化等に関する質問紙に記入回答してもらった。

Table 2. UUS実施概要

実施日	平成 29 年 12 月 17 日 (土)
実施場所	本学学生会館 2 階 トークルーム 1
実施時間	午前 10 時～12 時
講座時間	1 回 25 分 (入替 5 分) 計 4 回行った。 10:00~10:25 実験講座 1 回目 10:30~10:55 実験講座 2 回目 11:00~11:25 実験講座 3 回目 11:30~11:55 実験講座 4 回目
受講者数	各回 20 名, 合計 80 名

アンケートは低学年 (1~3 学年)、高学年 (4~6 学年) 用の 2 種類を用いた。質問紙は、低学年用は全 3 問、高学年用は全 5 問とし、内 1 問を記述式で答える共通問題とした。対象はUUS参加者なので栃木県内の児童とし、理科の教科書は啓林館を使用していることを想定した。また啓林館の年間指導計画では水の状態変化を二月に学習するため、第 4 学年は学習前であることを想定している。質問内容は Table. 3 に記したとおりである。

Table 3. 質問紙調査の質問内容

低学年用問題 1	水を温めるとどうなりますか？
低学年用問題 2	水を冷やすとどうなりますか？
高学年用問題 1	水は何℃で沸騰しますか？
高学年用問題 2	水以外も沸騰しますか？
高学年用問題 3	水以外でも沸騰する物質は知っていますか？知っていたら書いてください。
高学年用問題 4	(湯気に矢印が出ているやかんの写真に対して) 矢印の物質は何ですか？
共通問題	氷の温度は何℃ですか？

実験内容は(1)液体窒素とはどういうものか、(2)冷凍庫で作った氷と液体窒素で作った氷の溶

け方の違い、(3)植物を液体窒素で凍らせるとどうなるか、(4)風船を液体窒素に入れるとどうなるか、(5)ゴムの温度変化による弾性力の変化、の5項目である。

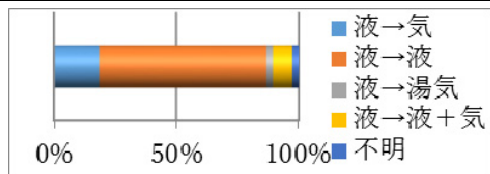
3. 結果及び考察

事前アンケートには小学校低学年38名、高学年32名(合計70名)から回答があった。学年ごとの人数は次の通りである。1年生9名、2年生12名、3年生16名、低学年学年不明1名、4年生18名、5年生10名、6年生2名、及び高学年学年不明2名であった。

結果を低学年用から順次、以下に示す。

●低学年問題1 水を温めるとどうなりますか？

液→気	液→液	液→湯気	液→液+気	不明
7	26	1	3	1

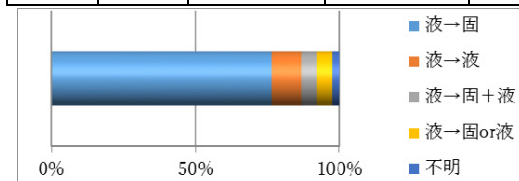


受講者の半数以上が温めるとお湯などの暖かい水(液体→温まった液体)になるという回答であった。これは液体から気体へ蒸発する現象を知らないの

か、それとも質問文に「温める」という「加熱」よりも弱い表現を使ったために気体になることを知っているが「気体まで変化しないだろう」「温めるだけだったら水が温まるだけだ」等と受講者が考えたのが不明である。また、水を温めると湯気になると考える受講者がいた。水を温めたときに白いもやのような湯気が発生することは認識できているが、それが最終的に水蒸気へと状態変化することを理解できていないということが考えられる。児童の概念としては見えないもの=消えたと考えることがあり、水蒸気のような目に見えないものを物質として考えることが困難である。また、水蒸気を含め、目に見えない気体全般をすべて空気と呼んでしまうという、児童の語彙力の問題の指摘も挙げられる。これらの問題を解決するためには、液体が蒸発によって量が減った、又は液体が無くなったという事実を児童が認識すること、そしてその気化した気体が凝縮によって液体に戻ることを児童が実験によって確認することが重要だと考えられる。

●低学年問題2 水を冷やすとどうなりますか？

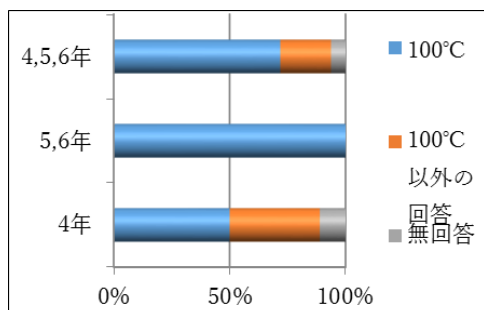
液→固	液→液	液→固+液	液→固 or 液	不明
29	4	2	2	1



問題について約76%の受講者が正しく回答している。多くの児童にとっては水を冷やす、温めるといふ行為については「お風呂のお湯を入れたら湯気によって浴室が白く曇った」、「やかんに水を入れ沸騰させると湯気が勢よく出てきて、火を止めるとやかんの水が減った。」「冷凍庫に水を入れたら氷になった」などによって日常的に体験していると考えられる。しかし、低学年用問題1、2では明らかな正答率の違いが見られることや、児童にとっては見えないもの、手にとれないものを物質と捉えるのは難しいといえる。

●高学年問題1 水は何℃で沸騰しますか？

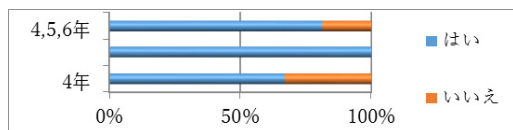
	100℃	100℃以外の回答	無回答
4年	9	7	2
5,6年	12	0	0
4,5,6年	23	7	2



5学年以上では全員が正答している。4学年での誤答としては100℃以上、100℃前後、45℃前後の解答があった。おそらく45℃前後で沸騰したと考えた受講者は、水を加熱し始めたときやお風呂に入るときに発生する水に溶けていた空気の水蒸気の発生を沸騰と思っているのではないかと推察される。

●高学年用問題2 水以外も沸騰しますか？

	はい	いいえ	無回答
4年	12	6	0
5,6年	12	0	0
4,5,6年	26	6	0



この問題も5学年以上は全員正答している。学習前の4学年の正答率が約67%であった。これは、単に知らなかっただけではなく、水以外の物質が沸騰する様子を見たことがないため、もしくは沸騰という語が水だけに使用される語であるためと受講者が考えたという理由が考えられる。

●高学年問題3 水以外でも沸騰する物質は知っていますか？知っていたら書いてください。

物質名	記入数
エタノール	2
お茶	2
ジュース	2
油	1
液体	1
窒素	1

5, 6学年の受講者からはほとんど回答が得られなかった。

●高学年問題4 (湯気に矢印が出ているやかんの写真に対して) 矢印の物質は何ですか？

	湯気, 水(正答)	誤答	無回答
4年	11	6	1
5,6年	7	4	1
4,5,6年	18	12	2

4学年以上の受講者が回答したが正答率は約6割であった。今回の調査では4学年の正答率が5, 6学年を上回ったが、これはt検定を行ったが有意差は見られなかった。

●共通問題1 水の温度は何℃ですか？

	0℃以下	0℃	0℃以外	無回答
1, 2, 3年	4	14	15	5
4, 5, 6年	0	17	13	2
4年	0	9	8	1
5, 6年	0	6	5	1

正答を0℃以下としたが学習を終えた5学年以上で正答を答える受講者はいなかった。また、1～4学年より5, 6学年のほうが0℃と回答する率が高くなったがt検定から有意な差は見られなかった。しかし、これは学習によって正しい概念の獲得ができていないということであるため、水蒸気と湯気の正しい概念の獲得は依然としてこの単元の課題であることがわかった。湯気は、状態変化によって気体から液体へ変化したものであることを強く認識し、霧吹きで作ったような小さな水の粒であることを児童が確認することが重要であると考えられる。

本研究は、平成26年度科学研究費補助金「基盤研究(C)」により経費支援を受けて実施した。

4. 参考文献 (最終アクセス2017年3月28日)

[1] 山田洋一, 黒鷗英揮, 鈴木 勲, 宇都宮大学教育学部紀要 第二部, Vol. 60, pp. 7-14 (2009).
<https://uuair.lib.utsunomiya-u.ac.jp/dspace/handle/10241/7318>

[2] 森健一郎, 北海道教育大学釧路校研究紀要
<http://s-ir.sap.hokkyodai.ac.jp/dspace/handle/123456789/7751>

[3] 大和太希他, 福岡教育大学紀要 第三分冊
<http://hdl.handle.net/10780/1771>

平成29年3月31日 受理