



広大の理科
みせます

科学教育

フォーラム
in 広島 2016

講演要旨集

期日 2016年10月16日

会場 広島大学教育学部



科学教育フォーラム in 広島 2016
Science Education Forum in Hiroshima
2016

講演要旨集
Abstracts

主催

広島大学大学院教育学研究科自然システム教育学講座
次世代科学教育プロジェクト研究センター

共催

日本理科教育学会国際交流委員会
広島大学学習システム促進研究センター(RIDLS)

期日 2016(平成28)年10月16日

会場 広島大学教育学部

Messages from Organizers

It is my great pleasure to welcome all of you to the Science Education Forum in Hiroshima 2016. I would like to extend my deepest gratitude to Mr. Yoichi Kiyohara of Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology and Dr. Hsiao-Ching She of National Chiao Tung University for their outstanding contribution to this forum.

In the rapid change of our society, the science education is expected to play significant roles but they are highly diverse and complicated. I am sure that some advanced approaches in the science education will be presented and discussed in this forum.

Finally, I would like to express my thanks to all of those involved of this forum.

Shunji Takeshita

Course Director, Department of Science Education, Graduate School of Education

On behalf of the Project Research Center on Science Education for the Next-generation, I am very pleased to announce that the Science Education Forum in Hiroshima 2016, the first science education forum organized by the Department of Science Education at Hiroshima University and the Project Research Center, will be held on October 16 a whole day. Presentations will include an international seminar, a plenary session, and oral and poster sessions.

Our Project Research Center aims to conduct scientific and practical research on science education, focusing on developing the multidimensional competencies of students who will become scientifically literate citizens.

We hope that all participants will have an opportunity to share and exchange knowledge, experience, and insights on science education.

Tetsuo Isozaki

Head of the Project Research Center on Science Education for the Next-generation

科学教育フォーラム in 広島 2016

プログラム

1. 期日：2016年10月16日（日）
2. 会場：広島大学教育学部
A会場（第一会議室）、ポスター会場（第三・第四会議室）

3. 日程

8:30	8:50～11:00	11:10～12:00	12:00～13:00	13:00～14:20	14:30～15:10	15:20～17:00	18:00～
受付開始	第1部 招待講演 ^{※1}	第2部 基調講演 ^{※2}	昼食	第2部 研究成果 発表 ^{※2}	第2部 ポスター 発表 ^{※3}	第2部 一般発表 ^{※3}	第3部 交流会

※1：日本語(含：通訳)、※2：英語、※3：日本語

【第1部 理科教育国際セミナー】

○招待講演（A会場）

1. 日本の理科教育の動向－学習指導要領改訂の動きを中心に－
清原洋一（文部科学省初等中等教育局・主任視学官）
2. The Impact of PISA 2015 on Science Education: The Potential Advancement of Science Teaching, Learning, and Assessment
Hsiao-Ching She (Chair Professor, Institute of Education, National Chiao Tung University)

【第2部 科学教育研究会】

○基調講演（A会場）

A Multidisciplinary and Comprehensive Science Teaching/Learning and Promotion of STEM Education

古賀信吉（広島大学大学院教育学研究科・自然システム教育学講座・教授）

○研究成果発表（A会場）

○ポスター発表（ポスター会場）

○一般発表（A会場）

【第3部 交流会】

場所：西条HAKUWAホテル（東広島市西条町下見 6-5-45）

時間：18:00～19:30

会費：6,000円

4. 発表について

1) 一般発表（口頭，15分発表，5分質疑）

2) ポスター発表（40分）

3) 使用可能機器等：

口頭発表：液晶プロジェクター，PC（Windowsのみ，Power Point）

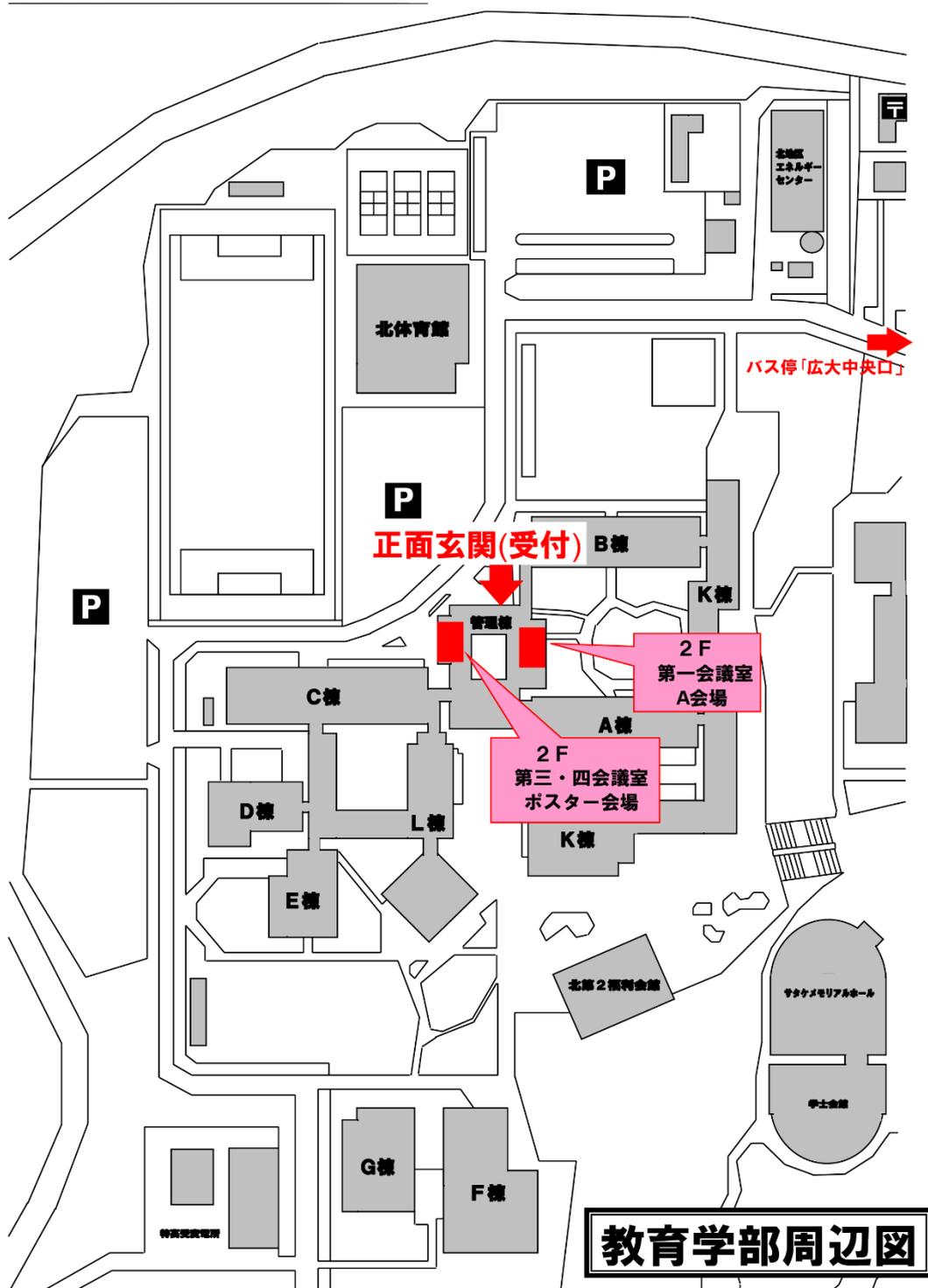
ポスター発表：パネル（横83cm×縦164cm）

5. 交流会会場案内



広島大学教育学部 会場案内

教育学部



広島大学教育学部 会場案内

管理棟 2階



- 受付 : 教育学部玄関ホール
- 会場 : 教育学部第一会議室 (A会場)
- : 教育学部第三・第四会議室 (ポスター会場)

第1部 理科教育国際セミナー
International Seminar on Science Education

招待講演

Invited Lecture

清原洋一

Yoichi Kiyohara

(文部科学省初等中等教育局・主任視学官)

Chief Inspector

Elementary and Secondary Education Bureau

Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

日本の理科教育の動向 —学習指導要領改訂の動きを中心に—

清原洋一

KIYOHARA Yoichi

文部科学省初等中等教育局

【キーワード】学習指導要領改訂、理科、中央教育審議会、資質・能力、見方・考え方

1. 概要

現在進められている学習指導要領の改訂においては、これまでの改訂とは異なり、まず学校教育の全体的な方向性についての議論を先に進め、その論点整理をもとに各教科等の部会で議論を行い、それらをまとめる方向で進められている。そのため、学習指導要領改訂の全体像について触れたうえで、理科の学習指導要領の改訂の方向性について概説する。

2. 全体的な学習指導要領改定の方向性

これからの時代は、グローバル化の進展や人工知能（AI）の飛躍的な進化など、社会の加速度的な変化が予想される。そのような変化を受け止め、将来の予測が難しい社会の中でも、伝統や文化に立脚した広い視野を持ち、志高く未来を創り出していくために必要な資質・能力を子供たち一人一人に確実に育てていくことが求められている。

それを実現していくため、全体的な学習指導要領改定の方向性及びその主な特徴として、以下の点が挙げられる。

【資質・能力等の明確化】学校教育を通じて子供たちが身に付けるべき資質・能力、学ぶべき内容などの全体像を分かりやすく示し、「学びの地図」としての役割を果たせるようにする。

【社会に開かれた教育課程】教育目標を学校と社会が共有し、連携・協働しながら、新しい時代に求められる資質・能力を子供たちに育て「社会に開かれた教育課程」を実現する。

【カリキュラム・マネジメント】教育課程全体としての力を発揮させて資質・能力を育成できるよう、各学校における「カリキュラム・マネジメント」を促進する。

【主体的・対話的で深い学びの実現】「主体的・対話的で深い学び」の実現を目指す授業改善の視点を教科等を越えて共有する。また、各教科等における「見方・考え方」を整理し、指導内容と関係付けて示していく。

3. 理科改訂の方向性

中央教育審議会の理科ワーキンググループにおいて、育成すべき資質・能力、教科の本質に根ざした「見方・考え方」、資質・能力を育てる学習過程の在り方などについて審議が行われた。特に、「見方・考え方」について、理科は従前から「科学的な見方や考え方」を育成することを重要な目標として位置付け、資質・能力を包括するものとして示してきたところである。しかし、今回の改訂では、資質・能力をより具体的なものとして示し、「見方・考え方」は資質・能力を育成する「視点と思考の枠組み」として全教科を通して整理されたことを踏まえ、理科の「見方・考え方」について改めて検討がなされた。

今回の改定は、学習指導要領の構造改革でもある。今後、中央教育審議会の審議を基に改訂作業が進められるが、資質・能力、見方・考え方、学習過程等の相互の関係について、新鮮な目で見直し、理科教育を改善・充実していくことが大切である。

参考

次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめについて（報告）

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/gaiyou/1377051.htm

第 1 部 理科教育国際セミナー

International Seminar on Science Education

招待講演

Invited Lecture

Hsiao-Ching She

Chair Professor

Institute of Education, National Chiao Tung University

The Impact of PISA 2015 on Science Education: The Potential Advancement of Science Teaching, Learning, and Assessment

Hsiao-Ching She

Chair Professor, Institute of Education, National Chiao Tung University, Taiwan, ROC

Scientific inquiry has been considered one of the major goals of science education since the 1960s (National Research Council [NRC], 2001). The National Science Foundation (NSF, 2000) defines inquiry as an approach to learning that involves a process of exploring the natural or material world and that leads to asking questions, making discoveries, and then rigorously testing those discoveries in the search for new understanding. Inquiry has demonstrated a very important and efficient strategy for promoting students' science learning (Chen & She, 2015). Even though scientific inquiry was identified as the central process of science in the Programme for International Student Assessment (PISA) (Organization for Economic Co-operation and Development, 2006), none of the national and international assessments can actually measure students' abilities to generate hypotheses, identify dependent and independent variables, design inquiry experiments, actually perform such experiments, and then reject or support their hypotheses based on their experimental data.

PISA 2015 defines scientific literacy as consisting of three competencies, namely, the ability to explain phenomena scientifically, the ability to evaluate and design scientific inquiries, and the ability to interpret data and evidence scientifically (Organization for Economic Co-operation and Development, 2016). All of these competencies require science content knowledge, procedural knowledge, and epistemic knowledge. The advancement of PISA 2015 is in its capacity to evaluate students' abilities to design scientific inquiries within the computer-based simulation environment, which allows students to manipulate independent variables, visualize the changes of dependent variables, and then to confirm or modify their hypotheses. The other improvement of PISA 2015 is in how it combines procedural knowledge and epistemic knowledge with scientific inquiry, which allows students to judge whether appropriate procedures have been used to ensure that claims are justified. Epistemic knowledge includes an understanding of the functions that questions, observations, theories, hypotheses, models, and arguments play in science.

For science educators, this PISA 2015 computer-based science assessment indeed sheds light on future science instruction and science assessment. The PISA computer-based assessment uses animation to show students' the results of inquiry experiments, a feature which sets it apart from traditional computer-based assessments; however, it is still rather different from real and authentic laboratory work. My recent studies were able to combine both online inquiry with authentic laboratory experiments, a combination which indeed demonstrated great potential to enhance students' science learning and inquiry performances. Moreover, we have undertaken efforts to study how would metacognitive strategies impact on students' online scientific literacy assessments with the support of eye tracker, and the results of those efforts have demonstrated that the use of metacognitive strategies indeed facilitate students' online scientific literacy performances (She, Yang, Tsai, 2016).

Key words: PISA 2015 scientific literacy, Explain phenomena scientifically, Evaluate and design scientific inquiry, Interpret data and evidence scientifically, Epistemic knowledge

References:

1. Chen, C. T., & She, H.C. (2015). The Effectiveness of Scientific Inquiry with/without Integration of Scientific Reasoning. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 13(1), 1-20.
2. National Research Council (2001). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
3. NSF (National Science Foundation). (2000). *An introduction to inquiry*. Washington, DC: Author.
4. OECD (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. Paris.
5. OECD (2006). *Assessing Scientific, Reading, and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. OECD, Paris.
6. She, H.C., Yang, T. T., & Tsai, P. Y. (2016, Aug. 26-28). Use Eye Tracker to Explore Science and Non-Science major Students' Online Scientific Literacy Assessments. Paper presented at the EASE2016 Conference. Tokyo, Japan.

第2部 科学教育研究会

International Symposium on Science Education

基調講演

Plenary Lecture

古賀信吉

Nobuyoshi Koga

(広島大学大学院教育学研究科・自然システム教育学講座・教授)

Professor

Department of Science Education, Graduate School of Education
Hiroshima University

A Multidisciplinary and Comprehensive Science Teaching/Learning and Promotion of STEM Education

Nobuyoshi KOGA

Department of Science Education, Graduate School of Education, Hiroshima University

KEYWORDS: Science education; STEM; Instruction material; Pedagogical design; Teacher training

Abstract

Successful promotion of STEM education is continuous subject for realizing the sustainable development of the world with aids of scientific and engineering innovations. For promoting STEM education, science education should play an important role in connection with its multidimensional objects. When the educational objects; involving the trainings and acquisitions of scientific concepts, knowledge, methodologies, skills, logical thinking, and science ethics; were sufficiently achieved as the results of highly motivated student inquiries, the teaching/learning activities in science education can be the core for linking different STEM subjects and promoting overall STEM education. For science education, many distinguished materials and phenomena applicable for introducing different topics at different learning stages are available in our neighborhoods. Using those instruction materials, strategically organized inquiry activities for studying science can be designed by arranging different types of scientific inquiry processes. For the success of science education, systematic organization of the multiplicities of the instruction materials and pedagogical designs in science learning programs and curriculums appears to be one of the keys.

In this talk, a possible strategy for realizing such a multidisciplinary and comprehensive science teaching/learning in secondary schools is discussed by reviewing our research-based educational practices in STEM-focused schools. First, the next generation science teaching/learning is considered on the basis of the present status and issues in science education. A possible curriculum design is then proposed with an emphasis of the requirement of storylines of science learning for students. A storyline is constructed by a series of learning programs with different styles of inquiry-based laboratory exercises applied at different learning stages and situations, which closely links everyday science learning based on content-based learning and periodically introduced inquiry-based learning. Instruction materials utilized in the learning programs can be found in elsewhere. Focusing on chemistry teaching/learning, the learning programs using household materials [1-4] and thermochemical phenomena [5-12] are introduced by describing the multiple faces of these instruction materials and pedagogical logics and by reviewing our educational practice in schools. The multifaceted feature of the instruction materials links length and breadth of the different learning topics in chemistry, the different subjects in science education, and further the different STEM subjects. At the end, ability being required for science teachers for promoting STEM education is discussed by introducing the know-how of pre-service and in-service teacher trainings accumulated by daily practices in Department of Science Education, Graduate School of Education, Hiroshima University.

Acknowledgement

The present work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number (25242015, 25350202, 25350203, 26350235, 16K00966).

References

- 1) N. Koga, T. Kimura, K. Sigedomi; *J. Chem. Educ.*, 88(9), 1309-1313(2011).
- 2) T. Wada, N. Koga; *J. Chem. Educ.*, 90(8), 1048-1052(2013).
- 3) M. Nakano, H. Ogasawara, T. Wada, N. Koga; *J. Chem. Educ.*, 93(8), 1415-1421(2016).
- 4) M. Kakisako, K. Nishikawa, M. Nakano, K. Harada, T. Tatsuoka, N. Koga; *J. Chem. Educ.*, (2016), doi: 10.1021/acs.jchemed.6b00217.
- 5) M. Tesaki, N. Koga, Y. Kawasaki, Y. Furukawa; *Chem. Educator*, 12(4), 248-252(2007).
- 6) N. Koga, T. Kimizu, M. Sakamoto, Y. Furukawa; *Chem. Educator*, 14(5), 225-228(2009).
- 7) T. Tatsuoka, N. Koga; *J. Chem. Educ.*, 90(5), 633-636(2013).
- 8) N. Koga, K. Sigedomi, T. Kimura, T. Tatsuoka, S. Mishima; *J. Chem. Educ.*, 90(5), 637-641(2013).
- 9) N. Koga, Y. Goshi, M. Yoshikawa, T. Tatsuoka; *J. Chem. Educ.*, 91(2), 239-245(2014).
- 10) T. Tatsuoka, K. Sigedomi, N. Koga; *J. Chem. Educ.*, 92(9), 1526-1530(2015).
- 11) M. Yoshikawa, N. Koga; *J. Chem. Educ.*, 93(1), 79-85(2016).
- 12) S. Kitabayashi, M. Nakano, K. Nishikawa, N. Koga; *J. Chem. Educ.*, 93(7), 1261-1266(2016).

第2部 科学教育研究会

International Symposium on Science Education

研究成果発表

Oral Presentations

【研究成果発表】

A 会場（第一会議室） 13:00 ~ 14:20

- KS-01 Reasoning as a Way of Problem Solving in Science Class
Takuya Matsuura
Graduate School of Education, Hiroshima University
- KS-02 Interactive Lecture Demonstrations (ILDs) in Introductory Physics Courses
Takashi Umeda^A, Kazuki Iwasa^B
^AGraduate School of Education, Hiroshima University, ^BHiroshima Municipal Motomoachi Senior High School
- KS-03 An Experimental Activity of Organic Chemistry Using 2-Methyl-2-Propanol with Combination of Substitution, Elimination, and Addition Reactions
Kiichi Amimoto^A, Masahiro Sasaki^B
^AGraduate School of Education, Hiroshima University, ^BFaculty of Education, Hiroshima University
- KS-04 Biodiversity Education
Ko Tomikawa
Graduate School of Education, Hiroshima University

Reasoning as a Way of Problem Solving in Science Class

Takuya MATSUURA
Graduate School of Education, Hiroshima University

KEYWORDS: Scientific Reasoning; Induction; Deduction; Thinking; Problem Solving

Abstract

Most of us recognize the need for science lesson that enhance not only students' science knowledge but also skills and/or abilities that contribute to solving the scientific problems. For example, reasoning skills are major contributors to academic and everyday life success [1]. But, performance of scientific reasoning is influenced by scientific theory and/or prior knowledge [2]. So, previous study that administered to university students in Japan analyzed relationship between the theory of buoyancy in liquids (Archimedes' law) and scientific reasoning. Although they described the theory of buoyancy, some university students can't perform scientific reasoning well at the other context [3, 4]. On the other hand, Schraw et al. (2011) described four components of Higher Order Thinking Skills as follows: reasoning skills, argumentation skills, problem solving & critical thinking, metacognition [5]. This study proposed the focusing on scientific reasoning as a way of problem solving in science class.

This study treat three aspects of reasoning in problem solving: 1) analogy, prediction about scientific phenomenon; 2) deduction, prediction of result; 3) induction, consideration from results. 2,234 students (G4:347, G5:336, G6:361, G7:406, G8:399, G9:385) were administered to paper & pencil test that include three aspects of reasoning with context of scientific problem solving. Percentage of correct answers were estimated by using Bayes statistics (HMC method) and R with RStan. Table 1 shows the results of EAP point estimation for each grade and reasoning. And, the results of cross-sectional study indicate positive development of analogy and induction skills of Japanese students. On the other hand, that indicate the difficulty of development of deduction skill.

Table 1. Results of reasoning test (Bayes, HMC method)

	Analogy		Deduction		Induction	
	EAP	p.sd	EAP	p.sd	EAP	p.sd
G4	0.582	0.027	0.212	0.022	0.172	0.020
G5	0.677	0.026	0.249	0.024	0.246	0.023
G6	0.664	0.025	0.256	0.023	0.375	0.026
G7	0.738	0.022	0.260	0.022	0.409	0.024
G8	0.711	0.023	0.229	0.021	0.417	0.025
G9	0.762	0.022	0.313	0.024	0.473	0.025

It depends on the type of problem or step of problem solving process, which type of reasoning we should use. Based on the results of this analysis, we need to consider how to enhance students' deduction skill in science class deliberately.

Acknowledgement

The present work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number (25242015).

References

- 1) Zeineddin, A., & Abd-El-Khalick, F.; Scientific Reasoning and Epistemological Commitments: Coordination of Theory and Evidence Among College Science Students, *Journal of Research in Science Teaching*, 47(9), 1064-1093 (2010).
- 2) Zimmerman, C.; The Development of Scientific Reasoning Skills, *Developmental Review*, 20, 99-149 (2000).
- 3) Matsuura, T.; Relationship between the Theory of Buoyancy in Liquids and Scientific Reasoning, The International Science Education Conference 2014 (ISEC 2014), NIE, Singapore (2014).
- 4) Matsuura, T.; Relationship between Scientific Reasoning and Critical Thinking by using Decision Tree model: the Theory of Buoyancy in Liquids, 2016 International Conference of East-Asian Association for Science Education, Tokyo, Japan (2016).
- 5) Schraw, G., & Robinson, D. R. (Eds.); *Assessment of higher order thinking skills*, North Carolina: IAP, (2011).

Interactive Lecture Demonstrations (ILDs) in Introductory Physics Courses

Takashi Umeda^A, Kazuki Iwasa^B
 Graduate School of Education, Hiroshima University^A;
 Hiroshima Municipal Motomoachi Senior High School^B

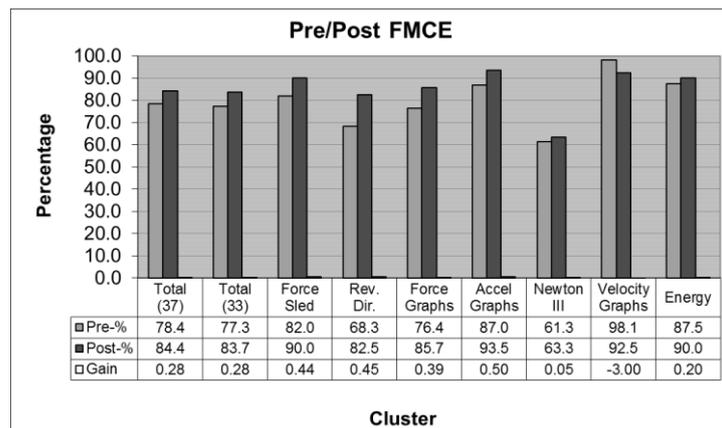
KEYWORDS: ILDs, Introductory Physics, Active-learning, FMCE, PER

Abstract

The Interactive Lecture Demonstrations (ILDs) is known as one of the most successful approach in Physics Education Research (PER). The ILDs has developed by Sokoloff and Thornton [1]. They focused on fundamental conceptual issues by means of demonstrations in which computer-assisted data acquisition is used to quickly collect and display high-quality data. In order to get the students actively engaged, each student is given two copies of a work-sheet to fill out during the ILD, one for predictions and one for results. Totally 25 sets of ILD are put together in their Text book, in which various subjects are covered e.g. Mechanics, Waves, Thermodynamics, Optics, and so on. Each ILD sequence goes through a series of demonstrations illustrating simple fundamental principles.

In this talk, we report on our practice of the ILDs in an introductory physics course. The practice is performed only on the “Kinematics 2” in the ILDs for the first grade students at Hiroshima University. In order to evaluate the educational efficiency of the practice, we perform the pre and post-test analysis using the FMCE. The Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE) was also developed by Sokoloff and Thornton [2]. In addition to the dynamical issues, the FMCE addresses student difficulties with kinematics. It has 47 items in a multiple-choice multiple-response format. We evaluated the normalized gain g , which is defined as $g = \frac{\langle post\ test[\%] \rangle - \langle pre\ test[\%] \rangle}{100 - \langle pre\ test[\%] \rangle}$. For example, recently, differences of the FMCE normalized gain between interactive engagement and traditional teaching method types are investigated by Von Korff et al. [3]. In their results, courses taught using interactive engagement methods have higher normalized gains, $g = 0.5 \sim 0.6$, than those taught using traditional lecture, $g = 0.1 \sim 0.2$.

The FMCE is structured into clusters of questions associated with a particular situation. From the recent study by Smith and Wittmann [4], the FMCE questions are categorized into 8 clusters, which are “Force Sled”, “Reversing Direction”, “Force Graphs”, “Acceleration Graphs”, “Newton III”, “Velocity Graphs”, and “Energy” clusters. The figure shows the FMCE pre and post test results for our practice. The details are explained in our presentation.



Acknowledgement

The present work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number (25242015, 26350195).

References

- 1) D.R. Sokoloff and R.K. Thornton, Phys. Teach. 35, 340-347 (1997).
- 2) R.K. Thornton and D.R. Sokoloff, Am. J. Phys. 66(4), 228-351 (1998).
- 3) Von Korff et al., arXiv:1603.00516 [physics.ed-ph].
- 4) T.I. Smith and M.C. Wittmann, Phys. Rev. ST-PER 4, 020101 (2008).

An Experimental Activity of Organic Chemistry Using 2-Methyl-2-Propanol with Combination of Substitution, Elimination, and Addition Reactions

Kiichi AMIMOTO^A, Masahiro SASAKI^B

Graduate School of Education, Hiroshima University^A; Faculty of Education, Hiroshima University^B

KEYWORDS: Chemical Education; Teaching Material; Organic Reaction; Elimination; Addition

Abstract

Several types of organic reactions such as substitution, elimination, addition, rearrangement, oxidation, and reduction are introduced in the organic chemistry course of senior high school. For students in order to grasp knowledge and understanding of lesson content, a number of the verification experiments have been performed as parts of individual lessons. On the other hand, an inquiry-based learning cumulative to multi-step modules with different conceptual aspects is expected as a high-level activity to sophisticate each knowledge and understanding and to develop the ability of thinking and judgment. The exploration of teaching materials and the development of the learning program for understanding the concept of organic chemistry is one of the research missions in our laboratory.

Among numerous organic functional compounds, alcohol can promise a key compound suitable to construct an inquiry-based learning, because alcohol can transform various organic compounds through substitution, elimination, and oxidation reactions. Students learn that diethyl ether as S_N2 product and ethylene as $E2$ product can be formed respectively when ethanol is treated by acidic condition. And ethanol is oxidized to produce acetaldehyde followed by formation of acetic acid.

We present an inquiry-based learning for various types of organic reactions of alcohols through students' experimental lab-activity. In this work, we focus on 2-methyl-2-propanol (trivial name: *tert*-butyl alcohol) as a substance for teaching material. Figure show the practicable lab-activities of organic reactions using 2-methyl-2-propanol. Among these, the lab-activities related to substitution reaction using 2-methyl-2-propanol (S_EAr and S_N1 reactions) have already appeared in the textbook [1]. The main work is concerned to $E1$ reaction of 2-methyl-2-propanol and Ad_E reaction of 2-methylpropene as the elimination product from 2-methyl-2-propanol [2]. When 2-methyl-2-propanol was heated with sulfuric acid, 2-methylpropene was generated as gas. And the successive addition reaction of 2-methylpropene with bromine water produced 1-bromo-2-methyl-2-propanol as major product (> 98% GC yield). The qualitative approach coupled by the oxidation reaction using $KMnO_4$ and Lucas test can be applicable for detection of this major product. Students can discuss Markovnikov rule as an empirical rule for regioselective addition of asymmetric alkene on the basis of the experimental findings.

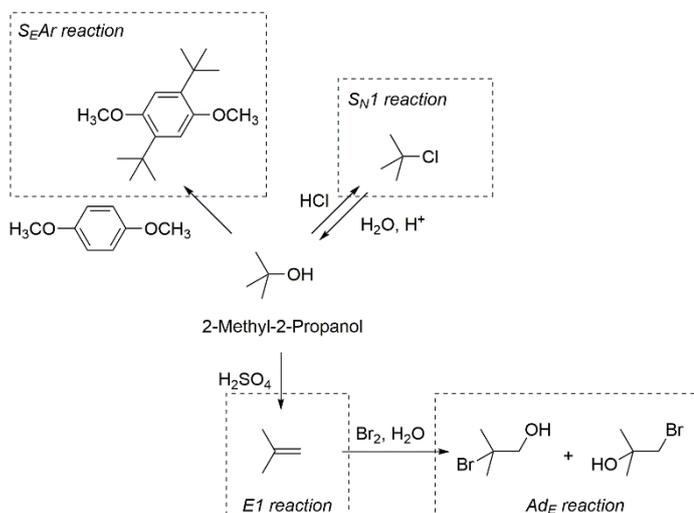


Figure. Practicable lab-activities of organic reactions using 2-methyl-2-propanol.

Acknowledgement

The present work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number (25242015 and 25350203).

References

- 1) K. L. Williamson, R. Minard, K. M. Masters, *Macroscale and Microscale Organic Experiments 5th edition*, Houghton Mifflin, **2006**, Chap. 29, 436.
- 2) K. Amimoto, M. Sasaki, "An Inquiry Laboratory Activity Combined Elimination of Alcohol with Addition of Alkene", *The 96th CSJ Annual Meeting 2016*, 1A1-38.

Biodiversity Education

Ko TOMIKAWA
Graduate School of Education, Hiroshima University

KEYWORDS: Biodiversity, Evolution, Conservation, ESD

Abstract

Biodiversity is the variety of living things in nature and how they interact with each other. Biodiversity is very complex and is often explained as the variety and variability of genes, species, and ecosystems. We benefited from the biodiversity service in various aspects. However, the effect of human activities has greatly reduced biodiversity at a rapid rate [1]. It is therefore important to promote education to protect biodiversity. Biodiversity education links the central ideas of environmental education and education for sustainable development (ESD) [2]. In Japan, the current Courses of Study (school curriculum guidelines) also focus on biodiversity education and some contents of biodiversity are described in biology textbooks [3]. However, aside from explanation of terms, there are few biodiversity education programs.

Amphipod crustaceans constitute a conspicuous and important component of many marine, freshwater, and terrestrial ecosystems. They comprise one of the most diverse crustacean groups, and more than 9,600 species have been described; however, this number is expected to reach 25,000 when undescribed species are included [4]. From the fact that this group has rich species diversity and various habitat environments, amphipods are suitable material for understanding biodiversity.

In our laboratory, new resources of education programs that are potentially useful to understand biodiversity have been investigated using amphipods by means of morphological observation and molecular phylogenetic analyses. In addition, we aimed to contribute to foster high quality teachers who acquire skills in teaching biodiversity by means of both basic and advanced experiments. So far, the following case studies representing the concept of biodiversity have been conducted: 1) species diversity [5], 2) genetic diversity [6], 3) habitat diversity [7, 8], 4) marine biodiversity [9, 10], 5) freshwater biodiversity [11], 6) groundwater biodiversity (cave stream and river bed water) [12, 13], 7) biogeography and speciation of freshwater species [14], 8) biodiversity conservation, and 9) conflict between native and introduced species. From now on, these data is expected to be utilized as education resources to learn and discuss conservation of biodiversity.

Acknowledgement

The present work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number (25242015, 25840140).

References

- 1) Millennium Ecosystem Assessment (eds.); *Ecosystems and human well-being: synthesis*, Washington, D.C.: Island Press (2005).
- 2) Baker, S., Elliott, P.; *J. Biol. Educ.*, 34(3), 123-127 (2000).
- 3) Kato, M.; *Jap. J. Biol. Educ.*, 56(3), 94-115 (2016).
- 4) Tomikawa, K.; In: *Species Diversity of Animals in Japan* (Motokawa, M. & Kajihara, H., eds.), Springer (in press).
- 5) Tomikawa, K.; *Zookeys* 530: 15–36 (2015), doi: 10.3897/zookeys.530.6063.
- 6) Tomikawa, K., Kobayashi, N., Morino, H.; *Species Div.*, 21: 55-64 (2016), doi: 10.12782/sd.21.1.055.
- 7) Tomikawa, K., Kyono, M., Kuribayashi, K., Nakano, T.; *Invertebrate Syst.* (in press).
- 8) Hirabayashi, H., Ohtsuka, S., Urata, M., Tomikawa, K., Tanaka, H.; *J. Nat. Hist.*, 50, 1759-1772 (2016), doi: 10.1080/00222933.2016.1155779.
- 9) Takeuchi, I., Tomikawa, K., Lindsay, D.; *J. Crust. Biol.*, 36, 495-506 (2016), doi: 10.1163/1937240X-00002457.
- 10) Tomikawa, K., Tanaka, H., Nakano, T.; *Zookeys*, 607, 25-35 (2016), doi: 10.3897/zookeys.607.9379.
- 11) Tomikawa, K., Sidorov, D. A.; *Species Div.*, 19, 35-41 (2014), doi: 10.12782/sd.19.1.035.
- 12) Tomikawa, K., Kobayashi, N., Kyono, M., Ishimaru, S., Grygier, M. J.; *Zool. Sci.*, 31, 475-490 (2014), doi: 10.2108/zs140026.
- 13) Tomikawa, K., Shinoda, S.; *Crustaceana*, 89, 583-594 (2016), doi: 10.1163/15685403-00003544.
- 14) Tomikawa, K., Soh, H. Y., Kobayashi, N., Yamaguchi, A.; *Zootaxa*, 3873, 451-476 (2014), doi: 10.11646/zootaxa.3873.5.1.

第2部 科学教育研究会

International Symposium on Science Education

ポスター発表

Poster Presentations

【ポスター発表】

ポスター会場（第三・第四会議室） 14:30 ～ 15:10

- PS-01 Salters-Nuffield Advanced Biology の特色－混成アプローチに注目して－
○枝村拓磨, 磯崎哲夫（広島大学大学院教育学研究科）
- PS-02 圧力－温度測定装置を活用した気体の法則に関する学習プログラムの開発
○坪井庸二^A, 吉川雅大^B, 古賀信吉^A（^A広島大学大学院教育学研究科, ^B五日市高等学校）
- PS-03 中学校理科における探究的な学習活動の提案－市販洗剤から発生する気体－
○和田 健^{A,C}, 仲野将慶^B, 古賀信吉^C（^A尼崎市立園田東中学校, ^B大分県立別府鶴見丘高等学校, ^C広島大学大学院教育学研究科）
- PS-04 温度についての理解を深める実験教材と学習活動の開発
○亀野奈央, 龍岡寛幸, 古賀信吉（広島大学大学院教育学研究科）
- PS-05 グルコースメーターで糖類の変化や性質・反応を探究する
○櫻井由貴^A, 大村 寿^A, 網本貴一^B（^A広島大学教育学部, ^B広島大学大学院教育学研究科）
- PS-06 高等学校における遺伝子実験の教材開発と授業実践－ペーパークラフトを用いて花の形態形成を司る ABC モデルを考える－
○間賀綾音^A, 竹下俊治^B（^A広島県立三原高等学校, ^B広島大学大学院教育学研究科）

Salters-Nuffield Advanced Biology の特色 －混成アプローチに注目して－

○枝村拓磨^A、磯崎哲夫^A

TAKUMA Edamura, TETSUO Isozaki

広島大学大学院教育学研究科^A

【キーワード】生物教育、文脈を基盤とするアプローチ、イギリス、カリキュラム

1. 背景と目的

Salters-Nuffield Advanced Biology (以下 SNAB とする) は、イギリスの後期中等教育段階 (16～18 歳) における生物コースの一つである。SNAB の特色として、文脈を基盤とするアプローチ (Context-led approach) を用いた指導方略を取り入れていることが挙げられる。また、教師は、生徒の学習への効果や学校での使用を考慮して、文脈を基盤としたアプローチと伝統的な学習アプローチである概念を基盤としたアプローチ (Concept-led approach) とを混成した、混成アプローチ (Mixed-approach) を用いることができる。

本研究では、SNAB の混成アプローチの取り扱いに着目し、第 2 版及び第 3 版 SNAB の比較を通して第 3 版 SNAB の特色を明らかにした。

2. 方法

SNAB は、それぞれ指導の基準となる外部試験団体による詳述書 (目的や到達目標、学習内容などを記載) や詳述書に準拠した教科書、教師用書などの教材・教具が作成されている。本研究では、第 2 版及び第 3 版 SNAB の詳述書、教科書及び各種論文や報告書等の分析を通して、第 3 版 SNAB の改訂の背景や特色について分析した。

3. アプローチの取り扱いの変更点

第 2 版及び第 3 版 SNAB の詳述書を比較すると、どちらも混成アプローチに関しては、教師がトピックごとに文脈、または概念を基盤とするアプローチを選択することができるようになっていた。アプローチの選択に対する具体的な提案はどちらの版にも記載されていない。

第 2 版 SNAB の詳述書は、概念を基盤とするアプローチを採用し Edexcel Biology の詳述書との合冊であった。SNAB と Edexcel Biology の 2 つの生物コースは、学習トピック、及びトピック内の生徒の到達目標が共通化されていた。混成アプローチを用いる場合は、Edexcel Biology に記載されている概念を基盤とするアプローチの到達目標の順序を参照することになっていた。

第 3 版 SNAB の詳述書は、Edexcel Biology の詳述書とは分冊化された。そのため、学習トピックや到達目標も共通化されておらず、混成アプローチの中で、概念を基盤とするアプローチを用いる際の到達目標の順序が新たに記載されている。これは、文脈を基盤とするアプローチの到達目標の順序を入れ替えることによって概念を基盤とするアプローチによる指導ができるようにする意図の具体化である。

第 2 版及び第 3 版 SNAB の教科書のどちらに

も、混成アプローチに関する記述は見られなかった。

4. アプローチ混成の実際

ヨーク大学による調査報告書 "Teaching approach and success in A-level Biology" (2013) において、教師が混成アプローチを用いる中で、文脈、または概念を基盤とするアプローチのどちらを選択するかには「外的な要素」、「生徒の要素」、「教師の要素」の 3 つの要素が関連していることが指摘されている。これらの要素には、学校や生徒の置かれている社会的、経済的な状況や、教師のこれまでの指導経験などが含まれており、それぞれの要素を考慮して教師が、文脈、または概念を基盤とするアプローチを選択する。

5. 考察

混成アプローチにおいて、教師がどのようなアプローチの選択をするかについては、第 2 版及び第 3 版 SNAB の詳述書での変更はなかった。これは、教師のアプローチの選択が、教師を取り巻く様々な要因をもとに行われていることが明らかになったためである。また、到達目標の順序を入れ替えて異なるアプローチに対応する点も変更されていない。これは、SNAB の学習を通して生徒が身につける知識やスキルを保証するためである。ただし、SNAB と Edexcel Biology の詳述書が分冊化されたため、第 3 版 SNAB の詳述書では、新たに概念を基盤とするアプローチを用いる際の到達目標の順序が記載されている。

以上のことから、第 3 版 SNAB の特色として 3 点が挙げられる。1 点目は、混成アプローチを用いた SNAB の学習では、第 2 版 SNAB と同様に教師が様々な要素を考慮してアプローチを選択できる点である。2 点目は、第 2 版 SNAB と同様に、SNAB の学習で身につけられる知識やスキルは、文脈を基盤とするアプローチを用いても混成アプローチを用いても同じという点である。3 点目は、SNAB の学習で混成アプローチを用いるために、詳述書に新たに概念を基盤とするアプローチを用いる際の到達目標の順序が記載された点である。

主要引用文献

University of York (2013). *Teaching approach and success in A-level Biology*, Retrieved from <https://www.york.ac.uk/media/educationalstudies/documents/research/Teaching%20approach%20and%20success%20in%20A-level%20Biology.pdf>.

圧力-温度測定装置を活用した気体の法則に関する学習プログラムの開発

○坪井庸二^A、吉川雅大^B、古賀信吉^A

TSUBOI Yoji, YOSHIKAWA Masahiro, KOGA Nobuyoshi

広島大学^A、五日市高等学校^B

【キーワード】気体の法則, 気体の体積・温度・圧力・物質量変化, 絶対零度

1. はじめに

高等学校化学の「気体の性質」の単元では、ボイル・シャルルの法則および気体の状態方程式を学習する。しかし、気体の法則の学習を終えた生徒が密閉気体の体積、温度および圧力変化の相互関係を十分に理解できていないことを指摘する調査結果が示されている¹⁾。これらを理解させる学習の一案として、先行研究で蒸気圧測定を目的として製作された示差圧測定装置²⁾を活用して、生徒自身が気体の状態を決定する各物理量の相互関係を実験的に見出し、気体の法則や関係式を導出する一連の実験教材および学習プログラムを開発し、大学生を対象に授業実践を行った。

2. 実験概要と結果・考察

①空気を密閉した測定容器をウォーターバス内で加温し、気体の温度および圧力を測定し変化の様子を追跡した。 t - P グラフを作成した結果、比例関係を確認することができ、絶対零度の値として $-271.5 \pm 9.6^\circ\text{C}$ が得られた。②測定容器に注射器を取り付け、徐々に押し込み注射器の体積および圧力を測定し変化の様子を追跡した。 V - $(1/P)$ グラフを作成した結果、比例関係を確認することができ、測定容器の体積として、 $-0.156 \pm 0.010 \text{ L}$ が得られた。③サラダ油をピストン-シリンジ間に塗布し、ピストンの可動をよくするとともに密閉性を高めた注射器を測定容器に取り付け、ウォーターバス内で加温し、容器内の温度および体積の変化の様子を追跡した。 T - V グラフを作成した結果、比例関係を確認することができた。④注射器を用いて異なる体積の空気を測定容器に注入し、測定容器内の気体の物質量を変化させた時の圧力変化の様子を追跡した。 P - n グラフを作成した結果、比例関

係を確認することができた。

既存の気体の法則に関する実験と比較すると、本教材は同一の測定装置を用いて気体の法則に関する実験方法を考案する学習活動を行うことが可能である。

3. 学習プログラムの開発と授業実践

3-1 学習プログラムの開発

気体の法則に関わる①~④の実験を取り入れた3つの学習プログラムを考案した。このうち授業実践を行った学習プログラムでは、①→③→②→まとめ→④の順序で学習を行った。この学習プログラムは、実験手順・解析の難易度が段階的に高度化する構成であり、生徒は前段階の結果を活用しながら学習を展開することができる。また、実験①および③の段階で、既習事項である温度と分子の熱運動の関係を再認識することができる。さらに、実験①および③におけるモデル図を用いた考察を活用することで、実験②および④で、気体の圧力と物質量および体積の関係を議論することができる。

3-2 学習プログラムの授業実践

広島大学の教育学部3年生で化学実験を履修している学生10名を対象に、学習プログラムを用いた授業実践を行った。学生は自ら実験方法を考案し、気体に関する各物理量の関係性を導出するとともに、絶対零度や測定容器の体積を導出することができた。

引用文献

- 1) H.-S. Lin, H.-J. Cheng, F. Lawrenz, *J. Chem. Educ.*, **77**, 235-238 (2000).
- 2) M. Yoshikawa and N. Koga, *J. Chem Educ.*, 2016, **93**, 79-85

中学校理科における探究的な学習活動の提案 —市販洗剤から発生する気体—

○和田健^{A,C}, 仲野将慶^B, 古賀信吉^C

WADA Takeshi, NAKANO Masayoshi, KOGA Nobuyoshi

尼崎市立園田東中学校^A, 大分県立別府鶴見丘高等学校^B, 広島大学大学院教育学研究科^C

【キーワード】身近な物質, 論理的な思考力, 探究的な学習, 気体の同定, 授業実践

1. はじめに

身近な物質を素材として用いた理科学習では, 学習活動への生徒の興味・関心を喚起し, 理科の学習内容と日常生活を関連付ける効果が期待される。また, 身近な物質のはたらきや機能を探究する学習では, 既習の知識や概念を基盤とした種々の科学的思考やスキルを論理的に配列した科学探究のプロセスを体験させることができる。さらに, 習得した科学的な知識や方法を日常生活において効率的に活用する能力を育成する機会になるものと思われる。

本研究では, 酸素系漂白剤として市販されている過炭酸ナトリウム(SPC)^{1,2)}などの洗剤から発生する気体に着目して, 上述した学習活動を実現するための教材開発研究を行った。中学理科において, 市販洗剤を反応物とした化学変化により発生する気体を同定し, 化学反応の特徴を理解するための探究的な学習活動を提案する。論理的思考を通じて, 既習の知識を統合し活用する能力を育成する学習機会としての意義を授業実践の結果をもとに議論する。

2. 授業展開

授業は中学校理科第1学年「いろいろな気体とその性質」の単元末に2時間構成で実施する。対象は兵庫県内の公立中学校第1学年の生徒約200名(5クラス)である。

2-1 未知気体の同定(1時間目)

1時間目では, SPCから発生する2種類の未知気体を同定する探究的な活動を行う。生徒は問題解決型の学習パターン(予想→計画→実験→考察)に従い, 既習事項を活用し主体的かつ対話的に学習活動に取り組みながら, 未知気体の同定に続いて SPC の構成成分へと思考を展開する。また, 論理的な思考力を育む学習活動として, 科学的な根拠をもとにして予想や結果を考察する場面を設定する。

2-2 アルミニウムとの反応と「混ぜるな

危険」(2時間目)

2時間目の前半では, 前時の使用済み反応液にアルミニウムを入れて, 気体を発生させる実験を行う。発生気体の正体を明らかにすることにとどまらず, アルミニウムと酸やアルカリの反応に視点をうつし, その危険性について議論することで学習内容と日常生活との関連付けを図る。

後半では, 酸性洗剤と塩素系漂白剤に表示されている「混ぜるな危険」に焦点を当て, 保存時の洗剤の並べ方などについて議論を展開する。学習活動のそれぞれの段階において, 理科学習を生徒の日常生活と関連付ける工夫をする。これにより, 生徒に正しい科学的知識を得ることの重要性を認識させ, 洗剤のラベルを確認するなどの日常生活を改善する機会を提供することを目指す。

3. 授業評価の方法

- (1) ワークシート: 各学習段階での生徒の記述を分析評価し, 学習活動の展開の妥当性を検証した。
- (2) 発話記録: 生徒の話し合いの様子をタブレットの動画に保存し, 対話的な学びによる概念の変化や深まりの過程を追跡した。
- (3) テスト: 授業実践に際し, プレテストとポストテストを実施し, 探究的な学習活動の成果を評価した。
- (4) アンケート: 中西・伊田による総合的動機付け診断³⁾のうち, 興味価値や利用価値などの項目について, 授業前後でアンケートを実施した。

引用文献

- (1) T. Wada, N. Koga, *J. Chem. Educ.*, **2013**, 90(8), 1048-1052.
- (2) M. Nakano, H. Ogasawara, T. Wada, N. Koga, *J. Chem. Educ.*, **2016**, 93(8), 1415-1421.
- (3) 中西良文・伊田勝憲, 三重大学教育学部研究紀要, **2006**, 57, 93-100.

温度についての理解を深める実験教材と学習活動の開発

○亀野奈央、龍岡寛幸、古賀信吉

KAMENO Nao, TATSUOKA Tomoyuki, KOGA Nobuyoshi

広島大院教育

【キーワード】温度，目盛りなし温度計，三態変化，華氏温度，絶対温度

1. はじめに

理科教育において温度は、多くの学習分野で物性に関する重要な物理量として取り扱われている。しかし温度の定義など、温度そのものに焦点を当てて学習する機会は限られている。そのため、温度は現象を科学的に考察するために定められた尺度の一つであるという認識を児童・生徒が持てず、自然に元来存在する絶対的な指標として誤解する可能性がある。また、中学校段階において温度と熱の区別が明確にできないなどの報告がされており¹⁾、生徒が熱やエネルギーと温度の関係について学習する際の障壁となる可能性がある。これらを改善するひとつの方法として、温度が関連する種々の単元に、温度に焦点を当てた学習活動を取り入れることで、温度についての理解を段階的に深めさせることが考えられる。そこで本研究では、実用温度が定められた過程について探究的に学習させ、温度の科学的な意義について実感させる実験教材および学習活動の開発を目指した。

2. 温度・熱・エネルギーの学習段階

理科教育においては、温度や関連する熱およびエネルギーの定義が学習段階に応じて変化する。小学校理科では、あたたかさを数値で示したものを温度と説明している。中学校理科では、熱は温度を変化させるものとして、温度については発展的な取扱いで粒子の運動の激しさとして記述している。高等学校段階では、分子の熱運動のエネルギーを熱、熱運動の激しさをあらわす物理量を温度として定義する。これらを踏まえ、それぞれの学習段階において温度に関する適切な学習活動を取り入れるために、温度が関連する単元におけ

る既存の学習活動について調査した。

3. 温度をテーマとした実験教材と学習活動

3-1 目盛なし温度計を用いた学習活動

棒状温度計の製作活動は小学校理科でも取り扱われるが、ものづくりとしての活動にとどまっている。そこで中学校理科における融点・沸点の学習に関連付け、目盛のない棒状温度計に目盛をつける方法を生徒自身に考えさせる学習活動を考案した。定点の定め方や目盛の等分について考察させることで摂氏温度が定められた過程について理解を深めることができると考えられる。また、製作した棒状温度計の信頼性を確認するための活動として、融点が約 48°C であるチオ硫酸ナトリウム五水和物を用いた物質の融点測定を検討した。加熱すると融点付近で融解する様子が確認され、温度が一定となるグラフが得られた。

3-2 摂氏・華氏・絶対温度の関係を見出させる学習活動

高等学校では摂氏温度と絶対温度の関係式が取り扱われるが、そこに第2の実用温度として華氏温度を導入し、データロガーとウォーターバスを用いて異なる温度指標間の関係を探させる学習活動を考案した。これにより生徒は実験結果から関係式を見出し、実用温度と絶対温度についての理解を深めることが可能であると考えられる。

引用文献

1) G. Erickson, A. Tiberghin, Heat and Temperature, in 'Children's Ideas in Science', Open Univ. Press, 1985, 52-84.

グルコースメーターで糖類の変化や性質・反応を探究する

○櫻井由貴 A, 大村 寿 A, 網本貴一 B

SAKURAI Yuki, OOMURA Hisashi, AMIMOTO Kiichi

広島大学教育学部 A, 広島大学大学院教育学研究科 B

【キーワード】 化学教育, 実験教材, 糖類, 化学平衡, 反応速度論, 酵素反応

1. はじめに

グルコースメーターは酵素電極法によってグルコースを選択的に定量できるバイオセンサであり, 血糖計や尿糖計として市販されている。当研究室は, グルコースメーターの利点を活かして, 糖類に関する学習場面で活用できる実験教材や探究活動の開発を進めている。本発表では, これまでに当研究室が開発した実験教材例を報告し, 教材としてのグルコースメーターの有用性を議論する。

2. グルコースの開環平衡における化学平衡・反応速度に関する実験教材¹⁾

α -グルコースの結晶を水に溶解すると鎖状構造を経て β -グルコースに異性化し, 25°Cでは α -グルコース: β -グルコース = 36:64の存在比で開環平衡に到達する(図1)。

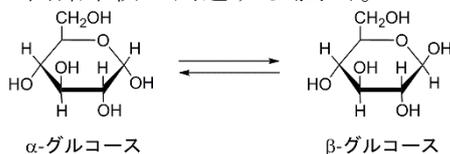


図1. グルコースの開環平衡.

グルコースメーターでは β -グルコースの量のみを検知してグルコース総量を換算している。つまり, β -グルコース濃度 $[\beta\text{-Glu}]$ はメーター表示値に0.64を乗じることで, α -グルコース濃度 $[\alpha\text{-Glu}]$ は総グルコース濃度から $[\beta\text{-Glu}]$ を差し引くことで, それぞれ算出される。そしてグルコースの開環平衡の平衡定数 $K = [\beta\text{-Glu}] / [\alpha\text{-Glu}]$ を容易に求めることができる。また, 水溶液調製直後からの $[\beta\text{-Glu}]$ 変化を追跡することで, α -グルコースからの開環反応の反応速度に関する実験を行うことができ, 反応速度定数の温度依存性から活性化エネルギーを求めることも可能である。

3. グルコースを含む二糖類の定量に関する実験教材^{1), 2)}

二糖類であるスクロースは, インベルター

ゼによる酵素加水分解で, グルコースとフルクトースとを等しい物質で生じる(図2)。このとき生成するフルクトースはグルコースメーターの表示値に影響しないことから, グルコースメーターによるグルコース量の測定結果から, スクロースを定量できる。

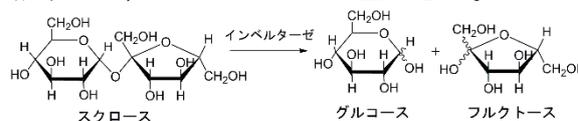


図2. スクロースの加水分解反応.

4. グルコースを含む二糖類の加水分解反応の反応速度論に関する実験教材²⁾

グルコースを構成単糖とする二糖類の加水分解反応において, グルコースの生成量を追跡すれば加水分解反応の反応速度を知ることができるかと期待される。しかしながら, 加水分解によってグルコースが生成した途端グルコースの開環反応が始まるので, 多くの二糖類で実際に加水分解反応を正しく追跡することは難しい。ガラクトースとグルコースとの二糖類であるラクトースでは, グルコース骨格で開環できる1-位炭素をあらかじめ開環平衡に到達させてから酵素加水分解(図3)を行うことでグルコースの生成量を正しく見積もることができる。このようにして, グルコースを含む二糖類の酵素加水分解の反応速度に関する実験を行うことができる。

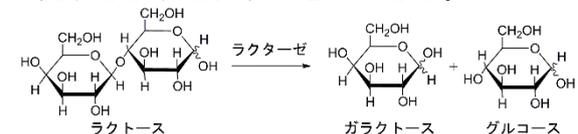


図3. ラクトースの加水分解反応.

引用文献

- 1) 大村寿, 網本貴一, 日本化学会第94春季年会(2014), 1D1-49.
- 2) 櫻井由貴, 網本貴一, 日本理科教育学会第66回全国大会(2016), 7F602.

高等学校における遺伝子実験の教材開発と授業実践 —ペーパークラフトを用いて花の形態形成を司る ABC モデルを考える—

○間賀綾音^A、竹下俊治^B

MAGA Ayane, TAKESHITA Shunji

広島県立三原高等学校^A、広島大学大学院教育学研究科^B

【キーワード】ABC モデル、生物教育、教材開発、ペーパークラフト

1. はじめに

高等学校生物において、遺伝子の働きについては、高等学校学習指導要領解説理科編(文部科学省,2009)における「第7節 生物(2) 生殖と発生」に「花の形態形成における遺伝子の働きを扱うこと」、「生殖と発生に関する探究活動を行い、学習内容の理解を深めるとともに、生物学的に探究する能力を高めること」と記載されており、遺伝子の発現と形態形成を関連付けて考察させることにより、形態形成の概念を形成させるとともに、実験データの分析・解釈など、生物学的に探究する力を育成することが求められている。

中でも花の形態形成における遺伝子の働きについては、八重咲きの品種とそうでない品種等、生徒にとって遺伝子の発現の有無による形態の違いを実感できる身近な題材と言える。しかし、実際に遺伝子操作を行い考察させる実習を行うことは、技術的・時間的な問題を含めて難しい。そこで本研究ではペーパークラフトで作製した花の模型を用いた実習を通して、遺伝子の働きを考察する生物教材の開発を試みた。

2. 教材の開発

本研究では、教科書等でも多く扱われているシロイヌナズナの ABC モデルを扱うこととし、形態が類似したアブラナの花の模型を作製した。カラープリンターで印刷した花のパーツを、テープ状に切った紙に張り付け、ストローに巻き付けることで花を製作した。紙テープをほどくことで、容易に花を分解し領域ごとに構造を確認することが可能となった。また、模型を用いることで、考察に必要な情報を精選することができた。

3. 授業実践

3-1 実践の内容

2 学年の 1 クラス(34 名)を対象とした授業実践は、遺伝子欠損の生じた花の模型をもとに、生徒に花の形態と遺伝子の関係を推測させることを目標に次の手順で行った。

- (1)正常なシロイヌナズナの花の構造の確認
- (2)領域ごとの構造を決める A~C の 3 クラスの遺伝子群の存在の確認
- (3)遺伝子欠損の生物を用いた形態と遺伝子の関係の推測方法の確認
- (4)(3)の考え方をもとにした、各遺伝子の欠損模型と正常な模型の比較による、はたらく遺伝子と形成される器官の関係の考察
- (5)各クラスの遺伝子の相互関係の考察

3-2 授業の評価

行動観察及びワークシートの記述より、生徒は花の模型をもとにデータを分析し、その考察を、根拠を持って説明することができていた。また、質問紙調査の結果、9 割以上の生徒が目標の達成について肯定的に回答しており、本模型を用いた実践は有効であったと考えられる。

4. おわりに

授業実践より、本模型を用いることで 50 分の授業時間の中で、結果のデータ処理に加え、遺伝子の働きまで考察できることが分かった。模型を用いた本授業は、仮説の検証や実験データの分析・解釈など探究の過程に沿って生徒が思考するよう設計されている。このような活動の積み重ねが基盤となり、生物学的に探究する力が育成されると考える。

引用文献

文部科学省(2009)「高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編」86-89

第2部 科学教育研究会

International Symposium on Science Education

一般発表

Oral Presentations

【一般発表】

A 会場（第一会議室） 15:20 ～ 17:00

- G-01 仮説設定場面における課題構造と思考過程の合理性に関する一考察
○中村大輝，松浦拓也（広島大学大学院教育学研究科）
- G-02 高校物理における反転授業の実践－横波と縦波－
○石井裕基，梅田貴士（広島大学大学院教育学研究科）
- G-03 フェノールからサリチル酸の合成実験－Kolbe 法の実験教材化－
佐藤和則^A，○井上正之^B（^A東京理科大学大学院科学教育研究科，^B東京理科大学理学部化学科）
- G-04 太陽炉を利用した化学実験
植田和利（広島市立沼田高等学校）
- G-05 ヒト毛細血管の血流観察法および授業での活用
○雑賀大輔^A，竹下俊治^B（^A米子市立美保中学校，^B広島大学大学院教育学研究科）

仮説設定場面における課題構造と思考過程の合理性に関する一考察

○中村大輝^A、松浦拓也^B

NAKAMURA Daiki, MATSUURA Takuya

広島大学大学院^A、広島大学大学院教育学研究科^B

【キーワード】 仮説設定、課題構造、思考過程、面接調査、ベイズ統計

1. 研究の背景と目的

理科において、科学的な仮説の設定は問題解決過程における重要な場面の一つとして位置づけられている。しかし、学習者の実態として、今田・小林（2004）は「疑問に対する仮説（予想）を立てる能力」が生徒に定着していると感じている中学校教員は 28%に過ぎないということを明らかにしている。一方、教師の実態として、小林（2013）は、小中学校の教師は「仮説の形成・評価」活動を限られた時間の中で優先順位の低いものと認識しており、そのことが指導機会の減少につながっていることを指摘している。

このような課題が現在に至るまで改善されてこなかった一因として、仮説設定のプロセスに関する研究の不足が考えられる。そこで本研究では、仮説設定のプロセスのうち情報処理のプロセスに着目し、問題構造や合理性との関係性を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の方法

学習者が問題に対する説明仮説を形成する際の思考過程を明らかにするために、平成 28 年 2 月～4 月、広島県内の大学生・大学院生 16 名を対象に面接調査を実施した。本調査では、仮説を立てる問題を提示し、被験者には、考えていることを常に口に出しながら仮説を立てるように求めた。また、回答終了後、仮説形成過程に関する質問を行った。同様の手順を繰り返し、計 6 問の調査問題を実施した。

次に、仮説設定における思考過程の構成要素を明らかにするために、得られた発話プロトコルから思考過程の推定を行った。また、それらの思考過程について、筆者らの先行研究（中村・松浦，2016）に基づき、変数の同定過程の合理性および因果関係の認識過程の合理性を各 2 点満点で評価した。

3. 結果と考察

推定した思考過程について、質的アプローチにより思考内容の分類を試みた結果、計 17 のカテゴリーに分類できた。このうち、すでにある情報から新しい情報を導く情報処理のプロセス（推論）としては、演繹モードゥス・ポネンス、演繹モードゥス・トレンス、枚举的帰納、アブダクション、アナロジーという 5 カテゴリーが挙げられる。

調査問題は、それぞれに使用する推論の種類をあらかじめ想定して作成していることから、問題構造に対応した推論種の使用が 2 つの合理性の得点に影響しているか検討することにした。はじめに、表 1 に示すように 2 つの合理性得点と問題構造に対応した推論種の使用・不使用をクロス集計し、該当する人数をまとめた。

表 1 クロス集計表

	合理性得点	対応した推論種の使用	対応した推論種の不使用
変数の同定	2 点	32	5
	1 点	20	8
	0 点	10	3
因果関係の認識	2 点	37	4
	1 点	23	9
	0 点	2	3

次に、ベイズ統計学に基づき、合理性の得点が高い群の方が問題構造に対応した推論種を多く使用しているという仮説が正しい確率を算出した。その結果、2 点群が 1 点群より問題構造に対応した推論種を使用している確率は、変数の同定過程の合理性では 93.8%、因果関係の認識過程の合理性では 98.0%であることが明らかになった。以上のことから、提示する課題の構造によって生徒が行わなければならない情報処理が変わってくること、仮説設定にも課題の持っている固有性が影響していることが推察される。

高校物理における反転授業の実践 —横波と縦波—

○石井裕基、梅田貴士

ISHII Hiroki, UMEDA Takashi

広島大学大学院教育学研究科

【キーワード】反転授業，アクティブラーニング，物理教育，波動，横波と縦波

1. 研究の背景と目的

国立教育政策研究所(2013)が提案する「21世紀型能力」や、OECDが提唱する「キー・コンピテンシー（主要能力）」など、新しい時代に必要となる資質・能力の育成が求められている。そこで、課題の発見と解決に向けて主体的・協働的に学ぶ学習や、その指導方法等の充実が必要とされている¹⁾。

しかし、アクティブラーニングを含む参加型授業を実践する上で、①授業前後の教員の負担の増加、②授業進度の遅延、③授業時数の不足などといった問題点²⁾が学校現場の教員から挙げられており、解決する方法の1つの可能性として「反転授業」がある。

高等学校物理分野では、概念の深い理解や誤概念の克服には、一方的な講義形式の授業より生徒が能動的に取り組むアクティブラーニング型の授業が適していると考えられており、先にあげた3つの問題点を孕んでいる。以上より、本研究では高等学校物理分野において反転授業計画を考案・実践することにより、より良い指導法などの示唆を得ることを目的とした。

2. 研究方法

反転授業導入のために必要となる、①「目標の設定」、②「授業の設計」、③「評価の確立」、④教室外学習のための「ビデオ制作」を行った。本研究では、①「縦波の横波表示の習得」を目標に設定し、②「横波と縦波」について全3時間の授業をプランニングした。

授業実践は、7月上旬に広島市立安佐北高等学校5年生理系の物理選択であるI類、II類の2クラス(15名×2クラス、計30人)を対象にそれぞれ3時間ずつ行い、事後アンケートにより定性的な評価をすることとした。

3. 授業実践（横波と縦波）

1時間分の授業構成は生徒の予習から始まるため、実際に予習ビデオを視聴してきたかどうか確認することと、教室外学習の評価としての簡単なテスト(Watching test)を授業冒頭に行い、フォローアップした後に活動に取り組めるようにした。

1時間目では、縦波のモデルを使用して実際に横波と縦波の変換を行い、2時間目はMIT方式を参考に、生徒自ら様々な問題・解説を作成するというグループワークの時間とした。そして3時間目では、前時で作成した問題を解く問題演習の時間とした。ここではジグソー法に習い、生徒の1人が必ず問題を解説できるように、班を新たに組み替えた。

4. まとめと課題

事後アンケートの結果から、全体の8割以上の生徒が反転授業に対して高い満足度を示し、物理の授業に有効であるとしている。また、一般的な授業に比べて意欲的に取り組むことができたとしている。

本研究の課題として、実践の定量的評価が挙げられる。誤概念を解消するような反転授業を実践し、プレ・ポストテストのゲインを使った評価を行いたい。

引用文献

- 1) 勝野頼彦, 「社会の変化に対応する資質や能力を育成する教育課程編成の基本原則」, 教育課程の編成に関する基礎的研究 報告書5
- 2) 木村充, 山辺恵理子, 中原淳, 「高等学校におけるアクティブラーニングの視点に立った参加型授業に関する実態調査 2015 第一次報告書」 東京大学大学総合教育研究センター 中原淳研究室, 日本教育研究イノベーションセンター

フェノールからサリチル酸の合成実験 — Kolbe 法の実験教材化 —

佐藤和則, ○井上正之[†]

Kazunori Sato, Masayuki Inoue

東京理科大学大学院科学教育研究科, 東京理科大学理学部化学科[†]

【キーワード】サリチル酸, フェノール, Kolbe 法, 昇華

1. 研究の目的

本研究では高等学校課題研究あるいは化学における実験教材として, 常圧で行えるナトリウムフェノキシドと二酸化炭素との反応によるサリチル酸の合成 (Kolbe 法) を検討した。生成したサリチル酸は昇華によって単離し, 塩化鉄 (Ⅲ) による呈色反応および炭酸水素ナトリウム水溶液との反応によって確認することを目指した。

2. 実験方法

この実験における課題の1つは, ナトリウムフェノキシド無水塩の調製段階にある。フェノールと水酸化ナトリウムとの中和を採用すると生成した水の除去に時間がかかるので, 比較的安全に扱うことができるナトリウムメトキシドを塩基として採用した¹⁾。フェノールとナトリウムメトキシドをセライト上で混合した後, 容器内に二酸化炭素を流入させながら 150℃の油浴で加熱して反応させた。反応終了後の固相に塩酸を加えて酸性にし, 吸引ろ過によって水分を除去した後, 150℃の油浴を用いて加熱することでサリチル酸を昇華・単離した。反応条件の検討では, 塩酸で酸性にした固相から生成物をジエチルエーテルで溶出させ, 常法処理後, ガスクロマトグラフィーにてサリチル酸の収率を測定した (標準物質: *p*-キシレン)。

3. 結果と考察

フェノールの量を 15 mmol, 二酸化炭素との反応時間を 60 分に固定して, 反応条件の検討を行った。ナトリウムメトキシドの添加量を 15 mmol から増加させたところ, 1.5 倍量である 22.5 mmol までサリチル酸の収率が顕著に増加したので, この量を採用した。セライトの添加量については, 1.0 g の場合

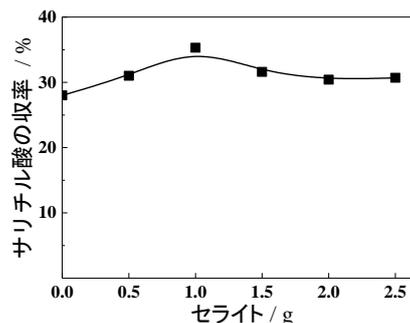


図1 セライトの添加量と収率

にサリチル酸の収率が最も高くなった (図1)。セライトを添加しない場合, 反応混合物が器壁に糊状に付着し, 後処理とサリチル酸の昇華が困難になった。二酸化炭素との反応時間を短縮するとサリチル酸の収率は低下したが, 15 分まで短縮してもサリチル酸の昇華を観察でき, さらに検出を行うことができた。

反応後の固相に塩酸を加えた後に吸引ろ過すると, 未反応のフェノールがろ液中に流出した。サリチル酸の昇華では, 24φ 試験管に固相を入れ, 氷水を入れた 18φ 試験管を挿入



図2 サリチル酸の昇華

して油浴で加熱した。このとき 24φ 試験管の内壁にサリチル酸

が, 18φ 試験管の底部に残留しているフェノールが各々昇華した (図2)。

引用文献

- 1) 榎上野製薬応用研究所, 特願 2005-503040 (P2005-503040).

太陽炉を利用した化学実験

○植田和利

UEDA Kazutoshi

広島市立沼田高等学校

【キーワード】 太陽炉 ルビーの合成 酸化鉄(Ⅲ)の還元 授業実践

1. はじめに

光学系を用いて太陽光を集光する装置である太陽炉は、ランニングコストが不要、超高温での実験が可能など、加熱器具として多くの利点がある。本発表では、太陽炉の利点を活かした化学実験の検討と授業実践の結果について報告する。

2. 小型太陽炉によるルビーの合成と授業実践

実験に使用した小型太陽炉は、フレネルレンズ(寸法 1.40m×1.05m)を用いた「はんたか2号」で、焦点付近では 2000℃以上の高温が得られる。ルビーは Al_2O_3 に 1%程度の Cr^{3+} が混入した赤色宝石であり、 Al_2O_3 に微量の Cr^{3+} を添加した混合試料を、太陽炉を用いて融点(約 2050℃)以上で融解することで合成できた。

この太陽炉によるルビーの合成を授業で実践した。4人程度を1班とし、実験内容を記したワークシートに沿って、混合試料の融解の様子や実際に合成されたルビーを観察させた。高価なイメージのあるルビーの合成ということで、ほとんどの生徒が興味をもって実験に臨んでいた。実験終了後に書かせた感想には、「太陽エネルギーのすごさを感じた」、「ルビーがこんなに簡単に合成できるとは思わなかった」という記述が多く見られた。

3. ミニ太陽炉の製作と酸化鉄(Ⅲ)の還元

3-1 ミニ太陽炉の製作

「はんたか2号」の基本構造を元に、持ち運びが簡単な超小型太陽炉(ミニ太陽炉)を製作した。光学系は、A3 シートレンズとして市販されている大きさ 295×360mm、焦点距離 550mm のアクリル製フレネルレンズを2枚重ねて使用し、焦点距離が単体の 1/2 となるよう工夫したところ、1200℃以上の温度を得ることができた。

3-2 ミニ太陽炉による酸化鉄(Ⅲ)の還元と授業実践

Fe_2O_3 とコークス粉末を質量比 1 : 1 で混合した試料を、ミニ太陽炉で約5分間加熱した。放冷後の試料には、磁石に引き寄せられるとともに導

電性を示す球状固体が生成していた。これを塩酸に入れると気体が発生し、反応後の水溶液に $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 水溶液を加えると濃青色沈殿を生じたことから、固体生成物は鉄の単体であると確認できた。

このミニ太陽炉による Fe_2O_3 の還元を授業で実践した(図)。4人程度を1班とし、実験内容を記したワークシートに沿って、還元の様子を観察させるとともに生成物が鉄であることを確認させた。授業終了後に生徒に感想を書かせたところ、「太陽エネルギーで鉄ができることに感動した」、「反応が見えて面白かった」、「太陽エネルギーを様々なことに応用できたら良いと思った」などの回答が寄せられた。



図. 製作したミニ太陽炉による Fe_2O_3 の還元

4. まとめ

今回行った太陽炉による実験では、試料を太陽熱で加熱するという操作の簡便さに加えて、意外な物質が得られたことや太陽エネルギーの威力の大きさに対する驚きを生徒は実感することができる。本実験は加熱中の物質の変化を直接観察できるので、反応をより身近に感じられて生徒の興味関心を深めることにもつながる。本学習活動は、エネルギーや環境調和への展開など、化学のみならず理科の幅広い分野での活用が期待できる。

引用文献

植田和利・伊東和彦・上原誠一郎・宮崎一博・佐藤博樹：太陽炉を用いたルビーの合成，化学と教育，61(12)，610-611，2013。

植田和利・伊東和彦・上原誠一郎・佐藤博樹：ミニ太陽炉の製作と金属化合物の還元への利用，科学教育研究，印刷中。

ヒト毛細血管の血流観察法および授業での活用

○雑賀大輔^A，竹下俊治^B

SAIGA Daisuke, TAKESHITA Shunji

米子市立美保中学校^A，広島大学大学院教育学研究科^B

【キーワード】 毛細血管，血流観察，デジタル顕微鏡，生物教育

1. はじめに

中学校学習指導要領解説理科編（2008）では，第2分野「動物の体のつくりと働き」の単元において，血液の循環についての観察実験を行うようになっている。各社教科書では，メダカの尾びれを用いた血流の観察実験が紹介されているが，手早く行うなど実験操作に注意が必要となる。また，各社教科書では，消化，呼吸，血液循環などすべてヒトを例として説明がなされており，メダカではなくヒト毛細血管の血流を観察できることが望ましいと考えた。

ヒト毛細血管の観察に関する先行研究としては，疾病の診断や健康管理等の保健医療分野における毛細血管顕微鏡（capillaroscopy）を用いた爪郭部毛細血管の観察（Cutolo et al., 2003），また，血管をビデオカメラで撮影し血流の観察・流速測定をするための高速度ビデオ毛細血管顕微鏡の開発（Watanabe et al., 2001）が報告されている。しかし，これらで使用される機材は高価で学校現場で使用することは困難である。

筆者らは，ビデオ毛細血管顕微鏡の代用としてデジタル顕微鏡を用いたヒト毛細血管における血流観察方法の検討を行ってきた。近年，高解像度化が進み，1万円台のものでもフルハイビジョンを超える画質で動画撮影が可能なものも販売されている。本発表では，デジタル顕微鏡による血流観察方法の詳細と中学校での授業実践の結果を報告する。さらに，一般的な光学顕微鏡による毛細血管の観察方法についても紹介する。

2 デジタル顕微鏡を用いた毛細血管観察方法

(1) 観察箇所

観察を行う爪郭とは，爪の縁にあたる部分であり，表皮層が薄いため血管の観察に適している。また，皮膚の毛細血管は，通常は表皮に向かって立ち上がるように通っているが，爪後端部では毛細血管が横倒しの状態となっており，外形を観察しやすい。

(2) 使用器具

デジタル顕微鏡（Klein & Ross international 製 DS800U3）をパソコンへUSB3.0により接続して使用する。付属のソフトウェアを用いることで，観察された映像のデジタルズームによる拡大や，露出，ホワイトバランスの調整を行うことができる。

(3) デジタル顕微鏡による方法

1) 指の爪郭部に観察液としてベビーオイルを滴下し，スタンドへ置く。2) デジタル顕微鏡の倍率を最大にし，コンピューター画面を見ながらデジタル顕微鏡と観察部分との距離を調節し，ピントを合わせる。3) 光源の強さやホワイトバランスをソフトウェア上で調整し，必要に応じてコンピューター上でデジタルズームを行う。

(4) 光学顕微鏡による方法

1) 上記と同様，爪郭部にベビーオイルを滴下し，ステージ上に置く。2) LEDランプなどを外部光源とし，観察する。ホームビデオカメラを装着すれば，カメラのズーム機構で拡大観察できる。

3 デジタル顕微鏡による授業実践

中学校理科「動物の体のつくりとはたらき」の単元において，体のつくりとはたらきに対する興味関心を高めること，体循環の理解を深めることを目的として授業実践を行った。概要は，血管および血流の観察とスケッチ，腕の止血点押下時における血流変化の観察である。生徒の感想や質問紙による調査の結果から，興味関心の高まりや体循環の理解を深める効果が見られた。

主要参考文献

文部科学省（2008），中学校学習指導要領解説理科編，大日本図書。

Cutolo et al. (2003), Raynaud's Phenomenon and the Role of Capillaroscopy. ARTHRITIS & RHEUMATISM, Vol. 48, No. 11, pp 3023-3030.

Watanabe et al. (2001), High Speed Digital Video Capillaroscopy: Nailfold Capillary Shape Analysis and Red Blood Cell Velocity Measurement. Journal of Biomechanical Science and Engineering, Vol.2 No.2, Special Issue on Cardiovascular Flow P 81-92.

科学教育フォーラム in 広島 2016 実行委員会

実行委員長	竹下 俊治	(広島大学大学院教育学研究科)
実行委員	磯崎 哲夫	(広島大学大学院教育学研究科)
実行委員	古賀 信吉	(広島大学大学院教育学研究科)
実行委員	薦岡 孝則	(広島大学大学院教育学研究科)
実行委員	山崎 博史	(広島大学大学院教育学研究科)
実行委員	網本 貴一	(広島大学大学院教育学研究科)
実行委員	梅田 貴士	(広島大学大学院教育学研究科)
実行委員	富川 光	(広島大学大学院教育学研究科)
実行委員	松浦 拓也	(広島大学大学院教育学研究科)
実行委員	三好 美織	(広島大学大学院教育学研究科)
実行委員	吉富 健一	(広島大学大学院教育学研究科)
実行委員	木下 博義	(広島大学大学院教育学研究科)
実行委員	北林 俊	(広島大学大学院教育学研究科)

平成 28 年度広島大学研究力強化事業
学習システム促進研究センター(RIDLS)
講演会シリーズ No. 18

発行： 2016 年 10 月 16 日

科学教育フォーラム in 広島 2016

(代表：広島大学大学院教育学研究科 竹下俊治)

東広島市鏡山 1-1-1

広島大学大学院教育学研究科

印刷：株式会社 プリントパック



RIDLS

学習システム促進研究センター