

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 3 日現在

機関番号：10102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22700783

研究課題名(和文) 先端科学教育方法論の確立と指導者養成プログラムの開発

研究課題名(英文) Establishment of education methodology for advanced science and development of teacher-training program

研究代表者

松浦 俊彦 (MATSUURA, Toshihiko)

北海道教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：50431383

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、先端科学教育の実効性ある教育方法論の確立とそれを担う授業実践者の養成プログラムの開発を行った。具体的には、先端ナノイメージング技術による実物観察をもとに先端材料や生命科学を分子レベルから学ぶ視覚教材コンテンツを開発した。また、実物ナノ観察に基づく視覚教材を子どもの主体的学びを引き出す教材へ発展させるための検討を行った。さらに、教育現場で敬遠される先端科学教育を実践できる質の高い人材を養成するプログラムを開発した。

研究成果の概要(英文)：In this study, an establishment of effective education methodology for advanced science was performed, and a teacher-training program for advanced science was developed. Concretely speaking, the contents of visual teaching materials to learn advanced materials and life sciences from a molecular level based on the real observations using the advanced nano-imaging technology were developed. Also, in vestigation to develop the visual teaching materials based on the real nano-observations to the materials drawing the independent-minded learning of the child was performed. In addition, the teacher-training program to cultivate the highly qualified teachers who can teach the advanced science that are an unwilling content in schoolteachers was developed.

研究分野：科学教育

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：先端科学教育 ナノバイオ 走査型プローブ顕微鏡 教師教育 国際情報交換

1. 研究開始当初の背景

科学は面白い。特に、未来を拓く先端科学技術の話は、大人も子どもも胸が躍る人が多い。しかし、先端科学ゆえ、教師の多くは学生時代に学んでいない最新情報等が必要になるため、学習単元として設定されているにもかかわらず、教育現場では敬遠されているという矛盾がある。もっと先端科学の躍動感を子どもたちに伝えることが、科学離れの進む我が国にとって重要なことである。新学習指導要領では、中学校理科と高校新設科目「科学と人間生活」に共通して学習単元「科学技術の発展」が設けられ、移行措置を経て平成24年度にはほぼ完全実施（中学校は完全実施、高校は一部実施となる）される。しかし、その教育方法および指導者養成については着手されていない。目前に迫った新学習指導要領の施行に向けて、科学離れを食い止める糸口となる先端科学教育方法論の確立および先端科学教育指導者の養成が極めて重要かつ急務である。

2. 研究の目的

本研究では、先端科学教育の実効性ある教育方法論の確立とそれを担う授業実践者の養成プログラムの開発を目的としている。具体的には、先端ナノイメージング技術による実物観察をもとに先端材料や生命科学を分子レベルから学ぶ視覚教材コンテンツを開発する。また、視覚教材などを有効に活用した先端科学を主題としたモデル授業の設計・開発を行う。さらに、教育現場で敬遠される先端科学教育を実践できる質の高い人材を養成するプログラムを開発する。本研究は、新学習指導要領に対応した新単元「科学技術の発展」の充実を図り、加速する科学離れを食い止める切り札となりうる。

3. 研究の方法

先端科学教育の実効性ある教育方法論の確立とそれを担う授業実践者の養成プログラムの開発を目的に、以下のことを実施した。

(1) 先端ナノイメージング技術による実物観察をもとに先端材料や生命科学を分子レベルから学ぶ視覚教材コンテンツの開発を行った。

(2) 実物ナノ観察に基づく視覚教材を子どもの主体的学びを引き出す教材へ発展させるための検討を行った。

(3) 本物を知る質の高い先端科学教育指導者を養成する体験重視の体系化された養成プログラムを完成させ、新学習指導要領施行後における本研究の実効性について検証した。

4. 研究成果

本研究では、以下の成果が得られた。

(1) 先端ナノイメージング技術による実物観察をもとに先端材料や生命科学を分子レベルから学ぶ視覚教材コンテンツの開発を行った。まず、観察対象試料の選択およびそれに対応したナノイメージングの効率的な実験条件等の技術的課題の解決を主題として試みた。具体的には、濃度調整による表面分散化と固体基板上への固定化に関する技術的な課題について検討し、ナノイメージング用の試料作製のノウハウを蓄積できた。同様に、ナノイメージングの観察環境（大気中や溶液中）やスキャン速度等の実験技術についても検討し、これまでの測定ノウハウをさらに発展させる効率的な実験条件を見出した。現段階では、走査型プローブ顕微鏡を用いたナノイメージングでよく用いられるDNA分子や生体高分子などであれば、十分満足な観測像を得ることができることを確認できた。こうしたナノイメージング実験は先端科学そのものであり、未開拓の材料科学や生命科学を解き明かす可能性も秘めている。

実験の技術的課題を解決した後、その研究成果を進展させ、視覚教材コンテンツの拡充を積極的に行った。先端材料や各種生体分子などの観察対象試料を増やし、視覚教材コンテンツの充実を図った。具体的には、色素増感型太陽電池によく用いられる多孔質酸化チタン電極のような先端材料と、イカ墨色素粒子や電気泳動法で使われるアガロースゲルなどの生体分子の観察に成功しており、オリジナリティーの高い視覚教材を提供できた。なお、実物ナノ観察に基づく視覚教材は、教育現場等で使いやすいファイル形式になるように改善した。

(2) 実物ナノ観察に基づく視覚教材を子どもの主体的学びを引き出す教材に発展させられるかを諸外国の理科教育の事例と比較しながら検討した。フィリピンと我が国の理科教育とその教材・教科書を比較した結果、学習内容を視覚的に捉えさせる工夫の重要性を明確にすることができた。この結果は本研究がグローバルな視点においても、極めて有用性が高いことを証明した。本研究で開発する教材は、新学習指導要領での中学校理科と高校新設科目「科学と人間生活」に共通する学習単元「科学技術の発展」で活用することを想定している。中学生および高校生が先端科学技術に関する興味・関心を高めるようにする教育方法のひとつとして大いに期待される。

日進月歩の先端科学を教育するためには、教材の進化も常に必要である。本研究で得られた成果は、今後も引き続き、生徒の学習効果が高まる汎用性の高い教材へと改良していきたい。

(3) 先端科学を体験する教員向けの研修会を開催し、本物を知る質の高い先端科学教育

指導者を養成する体験重視の体系化された養成プログラムを完成させることができた。最初の教員研修会は5日間の日程で実施された。その後、教員の参加しやすさや参加者アンケートの結果を参考にした内容の厳選化によって、テーマごとに分けた1日研修会を開発し、その研修を積み重ねていくことで体系的に学ぶことができるように改善した。毎年実施してきたため、先端科学について実感を伴った理解を促す参加型の任意研修として定着している。

研修会に参加した主な動機は自己研鑽が半数を超え、10年以上勤務している中堅・ベテラン教員が参加者の63%を占める。これは我々の狙い通り、彼らが学生時代にそれを学んでいないことからくる学習ニーズに対応できているためと考えられる。また、参加者の57%は研修会場から100km以上離れた勤務校から参加していることから、研修内容がニーズに合致していれば、彼らは距離に関係なく任意研修に参加することを示している。一例であるが、参加者は「最先端の機器を見る機会がないので参考になった。学んだ知識を授業で活用したい。」と感想を述べている。他にも、アンケート調査から、大学でしか学べない最先端の研究について知りたいと現職教員は考えていることがわかっている。

科学離れというが、今、科学の人気は極めて高い。科学の研究成果が一般のニュースに取り上げられることが増えてきた。しかし、先端科学ゆえ、教師の多くは学生時代に学んでいない最新情報等が必要になるため、学習単元として設定されているにもかかわらず、教育現場では敬遠されるという矛盾がある。例えば、走査型プローブ顕微鏡が中学校理科の教科書で紹介されていても、それを正しく理解し、指導できる教師は皆無に近い。これは我が国の研究拠点大学や教員養成系大学、および各種教員研修センター等において先端科学教育の指導者養成という観点で人材養成を行ったことがないためである。世界屈指の科学技術力を有する我が国こそ、こうした人材養成を世界に先駆けて行う必要がある。本研究成果は次世代の科学教育の世界的なモデルとなりうる。

中学校理科の新学習指導要領の施行後における本研究の実効性について検討した。例えば、東京書籍の中学校理科の教科書「新しい科学2年」では、走査型プローブ顕微鏡が21ページで紹介されている。旧学習指導要領下では3年生の最終章であったことを考えると、実効性が高まっていることは明らかである。視覚教材などを有効に活用した先端科学を主題としたモデル授業の設計・開発を継続していきたい。また、先端科学教育の授業実践者の質保証も必要性が高まると予想され、さらなる研究の発展が期待される。なお、本研究で得られた成果について、学術論文、図書、特許出願、および学会等で発表した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7件)

- ① Toshihiko Matsuura, Takamine Kato, Makoto Horii, Shohei Todo, Ken-ichi Minato and Takashi Ueno: Size Estimation of Biological Ink Particles Dispersed in Liquids Using Atomic Force Microscopy, Japanese Journal of Applied Physics Conference Proceedings **1** (2013) 011003 (11 pages), 査読有. DOI:10.1143/JJAPCP.1.011003
- ② 金森晶作, 松浦俊彦, 本村真治: 地域協働による科学教育実践と科学演劇コンテンツ開発, 日本科学教育学会研究会研究報告, **27**, No.2 (2012) 91-94, 査読無.
- ③ Toshihiko Matsuura, Takamine Kato, Ken-ichi Minato and Takashi Ueno: Utilization of Size-Controlled Squid Ink Particles as Enhancer for the Porosity of Titania Electrode in Dye-Sensitized Solar Cell, Japanese Journal of Applied Physics, **51** (2012) 06FG07 (5 pages), 査読有. DOI:10.1143/JJAP.51.06FG07
- ④ Fernan Peniero Tupas, Toshihiko Matsuura: A Comparative Study of Science Lessons in Elementary and Secondary Education in Japan and the Philippines, 北海道教育大学紀要(教育科学編), **62** (2012) 87-94, 査読無. URL:<http://s-ir.sap.hokkyodai.ac.jp/dspace/handle/123456789/2847>
- ⑤ 松浦俊彦: 先端科学を体験する教員研修会の実践, 日本科学教育学会研究会研究報告, **26**, No.3 (2011) 37-40, 査読無. DOI:10.1143/JJAP.50.06GH13
- ⑥ Fernan Peniero Tupas, Toshihiko Matsuura: Comparative Studies of Science Education Curricula in Japan and the Philippines, 学校教育学会誌, **16** (2011) 13-22, 査読有.
- ⑦ Fernan Peniero Tupas, Toshihiko Matsuura: Comparison of Science Textbooks for Public Schools in Japan and the Philippines, 北海道教育大学紀要(教育科学編), **61** (2011) 219-228, 査読無. URL:<http://s-ir.sap.hokkyodai.ac.jp/dspace/handle/123456789/2333>

[学会発表] (計 13件)

- ① Toshihiko Matsuura, Takaya Saeki, Takuya Sasaki, Ken-ichi Minato and Takashi Ueno: Size Estimation of Biological Ink Particles Dispersed in Suspensions Utilizing Atomic Force Microscopy, 26th International

- Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2013), Royton Sapporo, Hokkaido, JAPAN (2013. 11. 7).
- ② Toshihiko Matsuura: Cultivation of Scientific Communication Skills for Student utilizing Science Teachers' Workshop, Fourth Pacific Rim Conference on Education, Gyeongju Hilton, Gyeongju, The Republic of Korea (2013. 10. 22).
- ③ Toshihiko Matsuura, Takaya Saeki, Takamine Kato, Shohei Todo, Makoto Horii, Ken-ichi Minato and Takashi Ueno: Size Estimation of Squid and Cuttlefish Ink Particles Dispersed in Water from their Morphologies on Solid Substrates, 20th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM20), Okinawa Kariyushi Urban Resort Naha, Okinawa, JAPAN (2012. 12. 17).
- ④ 金森晶作, 松浦俊彦, 本村真治: 地域協働による科学教育実践と科学演劇コンテンツ開発, 平成 24 年度日本科学教育学会第 2 回研究会兼北海道・東北支部会, 北海道教育大学札幌駅前サテライト(札幌) (2012. 12. 8).
- ⑤ Toshihiko Matsuura: Practice of School Teachers' Workshop to Experience Advanced Science and Technology, Third Pacific Rim Conference on Education, Hokkaido University of Education, Sapporo, JAPAN (2012. 7. 7).
- ⑥ Kazutoshi Ise, Yuki Hoshi and Toshihiko Matsuura: Heat Treatment Effect in Silanization for Force Curve Measurement, 19th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM19), Toyako Manseikaku, Hokkaido, JAPAN (2011. 12. 19).
- ⑦ Yuki Hoshi, Kazutoshi Ise and Toshihiko Matsuura: Fabrication of Uniform NTA Films on Flat Substrate for AFM Bioimaging, 19th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM19), Toyako Manseikaku, Hokkaido, JAPAN (2011. 12. 19).
- ⑧ 松浦俊彦: 先端科学を体験する教員研修会の実践, 平成 23 年度日本科学教育学会第 3 回研究会兼東北支部会, 秋田大学(秋田) (2011. 12. 10).
- ⑨ Toshihiko Matsuura, Takamine Kato, Shohei Todo, Makoto Horii, Ken-ichi Minato and Takashi Ueno: Morphological Observations of Size-controlled Squid Ink Particles on Electrodes and Insulated Substrates, 24th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2011), ANA Hotel Kyoto, Kyoto, JAPAN (2011. 10. 27).
- ⑩ 星祐貴, 松浦俊彦: タンパク質合成のモニタリングを指向したリボソーム表面固定法の検討, 第 33 回日本分子生物学会年会・第 83 回日本生化学会大会 合同大会, 神戸ポートアイランド(神戸) (2010. 12. 10).
- ⑪ 松浦俊彦: 【招待講演】原子間力顕微鏡が拓く新しい生命科学とバイオ産業への応用, 平成 22 年度地域バイオ育成講座 in 函館, 北海道大学(函館) (2010. 11. 25).
- ⑫ トウパス フェアナン プニエロ, 松浦俊彦: 日本とフィリピンの理科教育カリキュラムの比較研究, 北海道教育大学函館学校教育学会第 16 回年会, 北海道教育大学函館校(函館) (2010. 11. 13).
- ⑬ Fernan Peniero Tupas and Toshihiko Matsuura: Comparison of Prescribed Science Textbooks in Japan and The Philippines, 日本理科教育学会第 60 回全国大会, 甲府(山梨大学) (2010. 8. 7).
- [図書] (計 2 件)
- ① 松浦俊彦 (分担執筆): 理科教員研修会における学生の TA 経験とその効果, 『学習支援と教師の仕事—中堅大学における学生支援のための FD2—』 宇田川拓郎, 福田薫, 吉井明編, 総ページ数 103, 五稜出版社, 2012 年 11 月 29 日, ISBN:978-4906103171, pp. 35-45.
- ② 松浦俊彦 (分担執筆): The イカ墨, 『学びの空間はこだて—地域を学ぶ、地域で学ぶ—』 国立大学法人北海道教育大学函館校人間地域科学研究会編, 総ページ数 189, 五稜出版社, 2011 年 3 月 31 日, ISBN:978-4906103140, pp. 87-94.
- [産業財産権]
- 出願状況 (計 1 件)
- 名称: 光電変換素子又は色素増感太陽電池及びその製造方法並びに光電変換素子又は色素増感太陽電池用色素の製造方法
- 発明者: 湊賢一, 上野孝, 松浦俊彦
- 権利者: 独立行政法人国立高等専門学校機構
- 種類: 特許
- 番号: 特許願 2013-160121 号
- 出願年月日: 2013. 8. 1
- 国内外の別: 国内
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
- 松浦 俊彦 (MATSUURA TOSHIHIKO)
- 北海道教育大学・教育学部・准教授
- 研究者番号: 50431383