

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 28 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300280

研究課題名(和文) グローバル社会に対応する英語で行う早期科学教育プログラムの開発

研究課題名(英文) Developmental Research of Early Education in Science through English for the Students Oriented Towards Globalization

研究代表者

加藤 徹也 (KATO, Tetsuya)

千葉大学・教育学部・教授

研究者番号：00224519

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,200,000円、(間接経費) 4,260,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は中高校生対象の英語で行う早期科学教育プログラムの開発研究である。その設計にはシンガポール国立教育研究所(NIE)研究者から支援を受け、また、近年注目される内容言語統合教育(CLIL)の視点を取り込み、英語だけを使う実験講座とした。実施は千葉大学教育学部サイエンススタジオCHIBA『英語で行う科学と実験』とし、予習ビデオをWeb(<http://ssc.e.chiba-u.jp/sciexpeng.html>)上に置き、支援員留学生を配置した。生徒たちの反応から、英語コミュニケーションを伴う科学実験は彼らの科学と英語の両面の学習意欲向上に有効であることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：This research aimed to develop programs of early education in science through English for junior-high and high school students. We have created some themes for carrying out experiments through English only. The design of the experiments was supported by researchers of NIE Singapore and included the highly-regarded CLIL approaches. The lessons were implemented in the courses of Science Studio CHIBA, Faculty of Education, Chiba University. Video clips for preparation of individual lessons were uploaded on the website (<http://ssc.e.chiba-u.jp/sciexpeng.html>). Many international students were involved in supporting the participants. From the reflection sheets, science experiments with English communication were shown to be quite effective to increase the participants' desire to learn both science and English.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育

キーワード：科学教育 英語による科学実験 内容言語統合教育 グローバル社会対応 国際研究者交流 シンガポール 出る杭人材育成

1. 研究開始当初の背景

(1) 日本人の海外留学者や、海外で研究を行う者が減少している。日本の研究施設がバブル期に補強されたことも一因ではあるが、科学エリートは海外に目を向けチャレンジ精神を高揚させる必要がある。しかし、近年の若者は一般的に安全志向が強く内向きである。この状況を打開し、グローバル社会でのリーダーを育成することは日本社会全体で取り組むべき大きな課題であった。

(2) 日本語や日本文化および日本の教育システムには世界に対して閉鎖的な特質が存在し得る。一方、海外での非英語文化圏での英語による教育についてはさまざまな実施例がある。それらについて情報収集し比較検討しながら、海外でのグローバル社会対応プログラムに匹敵するような科学「出る杭人材」育成プログラムをスタートさせる必要があった。

2. 研究の目的

(1) 早期科学教育として千葉大学で開発した「出る杭人材」養成プログラム「ラボ on the デスク」を英語で実施する。その核となる科学実験講座の設計を、受講生(中高生)の科学および英語での発達レベルを考慮しながら、安全性と学習効率を両立させた形で行う。

(2) 英語をベースとした科学講座に必要とされる科学用語のターミノロジーについて、語源や語根に着目し整理しながら、論理的思考能力を伸ばす学習プログラムの開発を行う。

(3) 受講生に英語によるコミュニケーションの必要性和意義を体験的に理解させることができる実験講座を開設し、また、英語による研究発表の機会を与えることで、科学英語を活用させ慣れさせるとともに、英語に対するハードルを下げる。

(4) 日本の高校・大学における高等教育のグローバル化に関する改革の一環として、また、大学院生や学部生のグローバル化への意識改革、および学校教員養成のグローバル化への一歩として、実践に基づく基礎的なデータを得る。

3. 研究の方法

(1) 海外調査

シンガポールやイギリスなど海外における科学教育事情を調査し、日本において英語を使って科学教育を行う上での独自性や特有の問題点について比較検討する。また、言語構造の差から生じる論理的思考方法の違いや表現方法の差異について分析し、学習プログラム英語化教材の作成に生かす。特に

シンガポールでは、高校科学教員を含むすべての教員養成を南洋理工大学附属の国立教育研究所(National Institute of Education, NIE)で行っていて、NIEはさらに、世界の主要な教育研究機関とアライアンスを組み、先端的教育研究を進めている。その教員養成の様子の調査を通して、英語文化圏で行われている科学論理の思考方法について分析を行う。これと併せて、教育省が認可した中学校教科書「英語」「科学」「物理」「生物」「化学」の調査、およびシンガポール教育省による英語教育と科学教育のシラバスの調査を行い、科学教育のための具体的な表現やその意義に関する考え方を把握する。また、イギリスでは政治判断に連結するような重要な社会的問題をリスク教育として科学教育に取り入れる新たな取り組みがあり、その具体的な方法についても調査を行う。

(2) 教材の設計

実験手順やその主題となる現象、あるいは科学的な英語表現について、簡明な英語で説明した予習用資料を書き下ろす。これをネイティブによる読み上げの録音とともに数分のビデオ・クリップとし、活字ファイルとともに Web サイトにアップする。基本部分の英語のレベルは日本の中学校2年生までに習う程度で標準化するため、JACET 8000 LEVEL MARKER という語彙レベル検出システムを使って語彙の確認をする。また、Oxford 社 Read and Discover シリーズにおける科学読み物とアクティビティを参照しながら、受講生の興味を引きつつ留学生とのコミュニケーションを誘発する手立てとして、実験前の導入活動を設計する。導入活動は実験講座ごとに海外研究者あるいは留学生に担当を依頼し、彼らの意見をもとに毎回チューニングし直して実施する。

(3) CLIL (クリル) の視点による検討

英語での科学講座設計にあたっては、ヨーロッパの非英語圏で近年盛んに実施され、日本でも紹介され始めている「内容言語統合教育」(Content and Language Integrated Learning, CLIL あるいはクリル)の考えを取り入れる。CLIL (クリル)にはさまざまな実施方法があるが、ここでは英語をネイティブレベルに使いこなす留学生の支援の下で、科学を専門とする大学教員としての日本人研究者が実験指導を担当し、手順の説明から結果の議論や記録をすべて英語で行うこととした。CLIL の原理により、通常の科学実験に比べると、協同実験者とのペア・ワークやコミュニケーション活動を意図的に取り入れること、言語だけでなく図版や映像による説明を重視すること、オーセンティック素材に触れる時間を設けること、それらを通してさまざまなレベルの思考力(暗記・理解・適用・分析・評価・創造)を活用させること、等が特徴的なものとなる。

(4) 講座の実施

実験講座の実施については、主に千葉大学教育学部サイエンススタジオ CHIBA のステップアップ講座の一環として、受講生募集や生徒への連絡等を行う。『英語による科学と実験』というコーナーに予習教材のビデオ・クリップや活字ファイルを配置する。英語による講座は一般の（日本語による通常の）実験講座と並べてアナウンスすることにより、英語で行うことへの身構えがあまり十分に出来ていない受講生も、気楽に受講することが可能になるようにする。各実験講座では事前・事後にアンケートで受講生の科学や英語への姿勢を調査するとともに、事後には参加した留学生や日本人 TA にも実験講座についての評価と、担当し観察した受講生についてコメントを記載してもらおう。さらに、その他の別形態の実施方法の模索として、千葉大学教育学部附属中学校における 3 年生「選択理科」という 60 分授業の中で、3 回の実施を試みる。この場合も留学生に協力してもらいながら授業実施を行い、事後のアンケートで科学や英語への姿勢を調査する。

(5) 受講生の発表機会の提供

実験講座の受講生の一部はサイエンススタジオ CHIBA のマスターコースに進み、自分で設定した課題研究を大学教員の指導のもとで行っている。彼らのマスターコース修了・研究成果発表会を英語による発表会として開催する。この聴衆には千葉大学の教員のほか、少なくない人数の海外科学研究者や高校・大学の科学教員を招く。

4. 研究成果

(1) 海外調査

科学教員養成の実体として、シンガポール NIE の科学教育部門 Assistant Professor, Dr. Yeo が指導する大学院授業、学部授業、およびそれらを受講する学生による高校と小学校での研究授業を観察した。シンガポールでは、省庁（教育省）と教員養成機関（NIE）との密接な連携の下、世界中での教育研究についての成果を他のどの国よりも素早く教育実践に生かしている点と、それを受けとめる教員予定の学生の意欲の高さが特に印象的であった。シンガポールの中学校英語教科書には流し読み、拾い読み、ことばの使い分け、話者の信憑性の判断、声色の使い方、丁寧な接し方、提案書の書き方など、かなり実践的な内容が取り込まれていて、文法もさることながら critical thinking (批判的思考法) のスキルを鍛錬するコーナーが多々見られた。中学校 1・2 年程度の科学、あるいは 3 年以上の物理・化学・生物の教科書でも critical thinking のスキルの鍛錬を意図した挑発的な質問コーナーが多数組み込まれていた。例えば物理の電気分野では電気工事士

の資格試験で見るとような内容を具体例として大きく、囲み記事ではなく地の文章中に扱われるという点も特徴的であった。

イギリスの科学教育におけるリスク教育の扱いは、精練され論理的につじつまの合う内容を基本とするばかりでなく、問題意識を高め、論じること自体が科学的活動となるという点で、中学校理科や高校「科学と人間生活」の視点につながるものであり、さまざまなレベルの思考力の活用という点で優れていることがわかった。

(2) 教材の設計

作成した教材はサイエンススタジオ CHIBA ホームページ「英語で学ぶ科学と実験講座」<http://ssc.e.chiba-u.jp/sciexpeng.html> に掲載し、受講希望生が事前に閲覧可能なものとした。特にビデオ・クリップの作成においては、センテンス間にわずかな時間を挿入したり、関連する画像を組み合わせた理解しやすいものとした。また、一部ではあるが Web ページ上で JavaScript により測定装置を疑似的にエミュレートするサイトを作成した。これらは受講生から予習に役立った、特に、英語で行うことに対する適切な準備ができて良かった、と好評であった。

アクティビティは講座毎・担当者毎に工夫したものを準備した。その中には、実験内容に関連するインターネット上の映像を見せるもの、実際の楽器を使って演奏するもの、ゲーム感覚でコミュニケーションを楽しむものなどがある。NIE の Dr. Yeo を招聘して実施した電氣的な誘導を主題とする物理実験講座では、実験担当者（加藤）との協議の下で、関連する物理現象についての自作ビデオ・クリップやインターネット上の映像を示しながら、受講生が実際に起こした金属上の静電誘導について、その現象の機構を自由電子の移動というモデルで説明するというコミュニケーション・アクティビティを取り入れた。受講生によっては言語面での能力不足を痛感する者もいたが、英語の必要性を理解させつつ実際に活用して実験を進めることができ、その成果を体験させることに概ね成功した。なお、教材設計においては関連する活動として、英語の科学用語を語源からたどる資料を作成し活用した。

(3) CLIL (クリル) の視点による検討

CLIL には、教科の既習内容を英語で学び直すのではない、という明確な立場がある。受講生にとって慣れていない内容に出くわした際に言語と内容の両面での理解への足場を提供する必要がある。実施時には受講生に対し留学生を密につけることで受講生の理解度をモニターしてもらったことができたが、テキスト作成時にはキーワードの説明や単語・文法の注釈の挿入といった言語への足場、あるいは背景の説明や経験の活性といった内容への足場を準備しておいた。また、多

くの実験講座にはほぼ共通して利用可能と考えられる講座シラバスを、CLIL（クリル）の視点に基づいて作成したが、CLIL による講座の特徴として、以下の4つの項目に注目した。すなわち、英語で行う実験講座には、「内容」面として、現象を説明する語彙や、実験の原理に関わる語彙、「認知」面として、操作するための低次スキルと、予想や発見を生み出すための高次スキル、「文化あるいは協働」面として、社会や歴史上・文化上での意義の理解、そして、「言語」面として、内容に関わる専門用語の言語、学習を進めるための言語、および、学習を通じた意見や記録のために追加される言語、という4項目である。これらに留意して講座を設計することにした。

(4) 講座の実施

サイエンススタジオ CHIAB ホームページ「英語で学ぶ科学と実験講座」としては各回3時間、その中で約30分間のコミュニケーション・アクティビティを含むことにした。設計したのは物理3テーマ、化学1テーマ、生命科学2テーマ、工学1テーマであり、累計17回の実施で、参加受講生は累計92名（うち、高校生が累計47名、中学生が累計43名、海外生活経験のある小学生が累計2名）であった。17回のうち、実験講師はすべて千葉大学教育学部教員が担当し、導入およびコミュニケーション講師の担当者には海外研究員に2回、博士学位取得（候補）留学生に5回、母国にて小・中学校教員を務めている教員研修留学生に7回、その他の理系留学生に3回の依頼を行って実施した。彼らを含め、受講生指導のためのアシスタントとなった研究者・留学生は累計64名（うち、教員研修留学生は累計19名）であった。教員研修留学生を多く配置したことで、受講生への懇切丁寧な指導が可能となった。

受講生の感想には「アシスタントの人が親切でした。外国人の学生と一緒に作業をして、英語でいろいろなことについてコミュニケーションを取れたので、次回（あったら）も積極的に話しかけたい。さんと一緒に実験できて本当に楽しかったです。英語で実験するのはすごいことだと思います。」「プリントを読むだけだとかなりむずかしかったけどビデオを見たり説明してもらおうとすんなり理解できた」「I had a very good time! English is very fun! And science is very interesting!!」等があった。

講座に対する留学生からのコメントとしては「プリントは実験手順をひとつひとつ図入りで書かれていて大変わかりやすい。ビデオも事前学習のために大変有益である。ただし、音声にはイギリス英語が使われた。アメリカ英語のほうが聞き取りやすく、また、生徒も過去に滞在したとすればアメリカ英語圏ではないだろうか（加藤意識）」等、建設的な意見が数多く寄せられた。

講座の前後で行った受講生へのアンケートは、実験講座への参加が英語表現のスキルについての必然性を認識する契機となったことを表していた。アシスタント（日本人と留学生）による受講生の観察としては、「一切日本語を使わずに何とか英語で表現しようと努力していた（日本人アシスタントによる）」、「積極的に取り組んでいて、良い態度である。理解できていなければ必ず質問していた（留学生アシスタントによる、加藤意識）」等があった。

附属中学校で行った3年生ための60分授業「選択理科」には、理科に興味を持つ15名の生徒が参加していた。その最終学期の終わりに近い3回を使い、マイクロメーターを利用した測定基礎と光学の実験を実施させていただいた。行事により予定が変則的になったこともあり、3時間の講座とは独立した展開での授業設計を行った。各回での実験・観察アクティビティは2回目・3回目と進むほど高度となるようにしたため、アンケート結果に見られる活動内容の理解度や成果の取得成功度は上昇しなかったが、コミュニケーション実施度や英語の必要性の実感は明らかに上昇した。

(5) 受講生の発表機会の提供

本研究の実施期間内に、日本社会でのグローバル化対応の必要性もより広く認知されるようになった。千葉大学でも平成24年度に採択された大学の世界展開力強化事業により、年間累計80名の教育学研究科と理工系の研究科の大学生がペアとなって、アセアンの連携大学で指導を受けながら、その近隣の高校や中学校で科学と日本文化の出前授業を行う「ツインクル」というプロジェクト（<http://www.twinkle.jp/>）が始まった。このプロジェクトの連携先の大学教員や高校教諭を招聘して行う活動成果報告会が3月にあり、彼らの空き時間を活用しながら、本研究の受講生にも英語による研究発表の機会を設けた。平成25年3月16日にはインドネシア5大学、提携学校11校から招聘した教員累計25名の前で、4人の高校生がオーラル発表を行った。質疑応答には留学生による翻訳支援を配置した。高校教員のなかには日本の高校生の課題研究の取り組みに大いに関心を持ち、個別に質問をする場面も見受けられた。平成26年3月15日にはインドネシア5大学のほか、タイ2大学、ベトナム・シンガポール各1大学、および各大学あたり2校の提携高校から、累計54名の教員の招聘を行っていて、発表形式はポスターとした。このときには3名の受講生が発表したが、それだけでなく、今後、グローバル社会への対応を考えた科学教育に強く興味を持っている千葉県下の近隣のSSH校に参加を呼びかけ、ポスター発表7件を出していただいた。

千葉県下の高校、特にSSH校とは今後、

科学教育においてグローバル化に対処したプロジェクトの推進で連携していく計画が進んでいる。この意味で本研究の成果は、高等教育のグローバル化に関する改革の契機として実感できるものとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 15 件)

大井恭子・加藤徹也ほか「中高生向け科学実験講座(英語で学ぶ科学と実験)の実践とその CLIL の視点」千葉大学教育学部研究紀要(査読無),第 62 巻,2014 年,pp.283-291。

加藤徹也・野村純ほか「グローバル社会を意識する中高生を対象とした英語による科学実験講座の実施」千葉大学教育学部研究紀要(査読無),第 61 巻,2013 年,pp.427-435。
http://mitizane.ll.chiba-u.jp/metadb/up/AA11868267/13482084_61_427.pdf

野村純・山下修一ほか「主体的に粘り強く未来を切り開く科学者養成プログラムの成果と課題」科学教育研究(査読有),第 36 巻,2012 年,pp.122-130。

加藤徹也・野村純ほか「英語を使った早期科学教育に関する海外調査に基づく検討」千葉大学教育学部研究紀要(査読無),第 60 巻,2012 年,pp.221-230。
http://mitizane.ll.chiba-u.jp/metadb/up/AA11868267/13482084_60_221.pdf

〔学会発表〕(計 12 件)

野村純「次世代のアジア共生基盤構築のための科学教育革新～グローバル社会における拠点リーダー輩出を目指して～」第 37 回静電気学会全国大会,2013 年 9 月 10 日,千葉県(千葉大学)

大井恭子・小林いづみ「中高生向け科学実験講座『英語で学ぶ科学と実験』の実践とその CLIL の視点」全国英語教育学会第 39 回北海道研究大会,2013 年 8 月 10 日,北海道(北星学園大学)

加藤徹也ほか「中高生向け早期科学教育としての英語による物理実験講座」日本物理学会第 67 回年会,2012 年 3 月 25 日,兵庫県(関西学院大学)

〔図書〕(計 4 件)

池田黎太郎監修 市毛みゆき・杉田克生著,サイエンススタジオ CHIBA,「元素名語源集」2013 年,51 ページ。

杉田克生監修 北崎七重・池田黎太郎著,サイエンススタジオ CHIBA,「語源から知る実験機器用語集」2013 年,14 ページ。

杉田克生監修 池田黎太郎・北崎七重著,サイエンススタジオ CHIBA,「語源から知る科学用語集」2012 年,107 ページ。

〔その他〕
サイエンススタジオ CHIAB ホームページ
「英語で学ぶ科学と実験講座」
<http://ssc.e.chiba-u.jp/sciexpeng.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 徹也 (KATO, Tetsuya)
千葉大学・教育学部・教授
研究者番号: 00224519

(2) 研究分担者

野村 純 (NOMURA, Jun)
千葉大学・教育学部・教授
研究者番号: 30252886

中澤 潤 (NAKAZAWA, Jun)
千葉大学・教育学部・教授
研究者番号: 40127676

杉田 克生 (SUGITA, Katsuo)
千葉大学・教育学部・教授
研究者番号: 40211304

ホーン ベヴァリー (Beverly HORNE)
千葉大学・教育学部・准教授
研究者番号: 80595786

山下 修一 (YAMASHITA, Shuichi)
千葉大学・教育学部・准教授
研究者番号: 10272296

木下 龍 (KINOSHITA, Ryu)
千葉大学・教育学部・准教授
研究者番号: 10586217

(3) 連携研究者

大井 恭子 (OOI, Kyoko)
千葉大学・教育学部・教授
研究者番号: 70176816

西垣 知佳子 (NISHIGAKI, Chikako)
千葉大学・教育学部・教授
研究者番号: 70265354

本田 勝久 (HONDA, Katsuhisa)
千葉大学・教育学部・准教授
研究者番号: 60362745

物井 尚子 (MONOI, Naoko)
千葉大学・教育学部・准教授
研究者番号: 70350527