

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：30110

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501046

研究課題名(和文) 草本植物の道管液の流速計測研究を通じたCST養成プログラムの開発

研究課題名(英文) Development of CST training program through investigation for measurement of xylem sap flow in plant

研究代表者

長谷川 敦司 (HASEGAWA, Atsushi)

北海道医療大学・薬学部・准教授

研究者番号：60359065

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：理科教員が論理的な課題解決法を指導できることを目的として、研究者が研究を進めていく過程を参考にし、体験型模擬授業を行った。論理的思考展開については、研究者へのアンケート調査の結果を解析し、多くの研究者が辿る思考過程を明確化した。模擬授業については、CST育成プログラム受講生に対して、事前の知識についての講義、研究テーマについてワークショップ形式の受講生同士の議論、実験、結果の議論などを行った。授業前後のアンケートには、受講生の授業展開についての考え方に変化がみられ、本形式の授業は論理的課題解決法を教員が学ぶという点では、一定の効果があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：We have tried to establish the way of teaching that science teachers can learn how to solve the problem by logical thinking. Logical way of solving problem is clarified by the questionnaire to several researchers. The trial lesson was performed to CST candidates by the experience-based lecture following the investigation step. It is noticed from the analysis of the before and after course evaluation that the conscious of CST candidates is changed when they make the lesson evolution. Therefore, it is considered that this type of lecture is effective for training of the logical way of solving the problem.

研究分野：レーザー分光、物理教育

キーワード：論理的課題解決 CST 研究者の思考

## 1. 研究開始当初の背景

小中学校の教員の理数系教科の教育力の低下、特に物理を苦手とする教員が多いということが明らかになっている。(小学校教員の科学技術リテラシーの習得・リフレッシュの実態把握報告書 2010年3月 日本科学技術振興財団)平成21年度には、コア・サイエンス・ティーチャー(以下CST)養成拠点構築事業が立ち上がり、上越教育大学(以下、上教大)も平成22年度に計画が採択され、当該事業を推進している。平成23年度からは、新学習指導要領も実施され、この中で課題解決的な学習や探究活動を充実させる方針が加わった。新しく追加された課題解決型の学習指導が実施できる教員を養成することは急務であった。

課題解決型学習という新しい教育内容が導入されたこともあり、現状のCST採択校の教育プログラムでは、実践的な教育内容を中心に構成されている。先端研究を題材とした授業も一部見受けられるが、研究を実際に行う過程を体験させる試みは見られない。<http://rikai.jst.go.jp/cst/3100.html> (採択校のシラバスより)

取り扱う研究については、教員が興味を持ち指導しやすいとしている生物学的なテーマと苦手意識の強い物理学的手法を用いて測定するものとする。また、身近な事象でありながらも、学術的な独創性や新規性のある研究を例にしながら進める。具体的には、草本植物の茎の道管液の流速計測法の開発を行う。先行研究として、樹木中の水流速については熱を用いた測定法などが開発されている。(たとえばグラニエ法)(A. Granier, Tree Physiology, Vol. 3, 309-320 (1987).)これに対して、草本類に関してはあまり効果的な手法がなく、色素を使いレーザーを照射して細胞の様子をみる手法、草本内の小気泡の動きをエバネッセント波で測定したもの(X. Wang et al. Plant Physiology, Vol. 141, 1591-1603 (2006).)などが報告されているが、

流速を測定した例はない。

流速の計測という点では、超音波の反射波のドップラー効果を使った計測法が実用化されているが、測定限界は $10^{-3}$ m/s程度である。また、草本類に適応可能かどうかは不明である。類似の現象として、レーザードップラーを使った血流速度の測定も行われているが、この場合の計測は数m/sの速度での計測を行っている。これに対して、草本の道管液の流速は、蒸散量などから推測される値として $10^{-4}$ m/s程度と遅いことが予想され、現状のドップラー法では測定が不可能である。したがって、植物学的研究としても独創的なものである。

## 2. 研究の目的

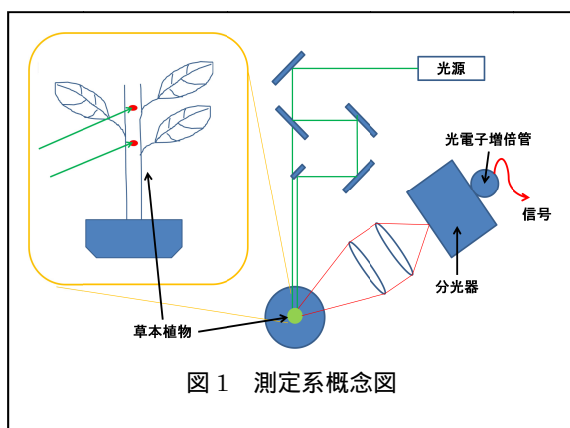
課題解決の過程は、物理学等の基本的知識や考え方を手がかりに、類推や帰納的・演繹的な推測等の論理的な思考と仮説形成から検証までのプロセスを行うものである。これは研究者が研究を行うことによって培っている能力である。本研究では、研究者の経験を教育に取り入れる試みであり、先端研究を行いながら、その過程を実際に受講生に思考、体験させることにより、課題解決方法を指導できる教員に育成することを目的とする。

しかしながら、理科の教員全体に対しての教育方法をすぐに確立していくことは困難であると考え、意識も教育能力も高いと考えられる地域の指導的理科教員であるCST向けの教育法を確立し、CSTが周囲の理科教員へ指導できることを初期の目的とする。

## 3. 研究の方法

受講生が体験する研究テーマの設定には、多くの人が理解しやすいものを選定する必要がある。研究代表者の専門分野である物理学と受講生の多くが得意とする生物学を融合したテーマを考案した。具体的には、植物中の導管液の流速の計測としたが、これは、

物理学的な計測と生物学的な観点が融合されている。植物の導管液の流速を計測するために、肥料をマーカーにして、発光の時間差を計測する手法を用いた。直感的に理解しやすい手法として、植物の上下2か所にレーザーを照射し、肥料がその2点を通る時に発光する信号を観測する。2点間の距離と発光の時間差から流速を計算するものである。(図1参照)計測法の開発と同時に、教育手法としての妥当性の評価も行う。



論理的な思考を用いた課題解決力の向上を促す教育プログラムを構築するため、研究者が普段から心がけている課題解決の過程を明らかにする必要がある。研究者に対して、研究手法、過程に関するアンケートを行う。その結果を整理、解析を行い、教育プログラムを考案する。

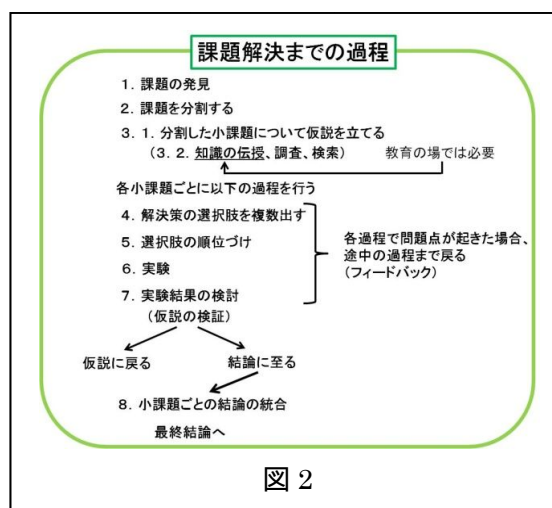
教育プログラムの有効性を評価するために、上教大のCST養成プログラム受講生向けに模擬授業を行い、実践的に研究を体験させつつ、具体的な課題解決方法を経験する。授業の効果については、授業前後のアンケート調査により評価を行う。

#### 4. 研究成果

研究者の課題解決過程を明らかにするために、大学、国立の研究機関、企業の研究者17名に対してアンケート調査を行った。この結果、課題解決の大きな流れとして、図2のようなものであることが判明した。

大型プロジェクト型の研究を遂行する研

究者や企業の研究者は、効率性を重視したり、コスト面などを意識していることなど、研究の種類による違いもみられた。しかしながら、若干の差異はあるものの、基本的には図2の流れで課題を解決していることが明らかとなった。整理された過程を実際に経験することが重要であり、企業などでも課題解決力を向上させるためにOJT(On the Job training)による訓練を行っている。同様に研究を疑似的に経験しながら、課題解決力を身につけると同時に他者へ指導できるようにするとい



う教育プログラムである。

科学研究のテーマとして、植物の導管液の流速を簡易に測定する方法の開発ということを設定したため、初年度には計測法の開発を行った。肥料をマーカーとした発光時間の差から流速を計測する実験系を組上げ、測定を開始した。平成25年度には、植物の上下2か所からの発光の信号の取得に成功した。(図3)最近、この発光は肥料の中の色素によるものである可能性が濃厚となり、植物学的に妥当であるかを検証中である。

しかしながら、教育教材としては、現状では科学的な正確性は必要なく、むしろ、研究の途上にあるテーマのほうが、より実際の研究の過程の経験に近いと考え、教育教材として利用可能と判断した。この結果から、平成27年度には、この測定装置を用いて、模擬授業を行った。

また、本研究で申請した授業に使用できるように開発した小型の測定系について、初期の実験データが取得されたため、この装置を改良することで、学校現場でも使用できるものとなる。

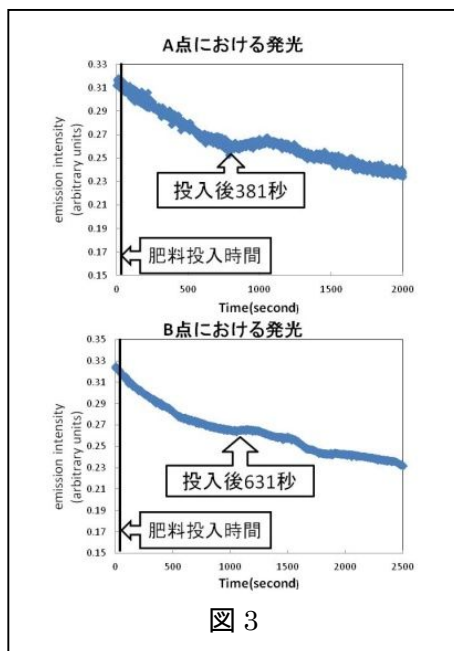


図 3

模擬授業は上教大において、CST 育成プログラム受講者および、同大学の大学院生に対して行った。図 2 に示した課題解決過程を順序立てたどりながら受講生が、疑似研究体験を行える授業の構成を作成した。

授業は 3 日間に渡って実施した。初日には、授業前のアンケート、事前の知識を与えるための授業を行った。教員が生徒に授業を行う際にも、事前に知識を有している必要がある。同様に、今回の試みについても最低限の知識は必要であると考え、物理学的には、計測の基本的な事項、生物学的には、植物の構造、導管が水を吸い上げる仕組みなどについての事前講習を行った。

2 日目には、受講生がインターネット等を利用して、研究課題について調査する日とした。これは学校現場では、教員の授業の事前準備に相当する。

3 日目には、研究（実験）手法をワークショップ形式で議論して決定し、実際にその手法で実験を行った。ワークショップでは、コ

ーディネイター（研究代表者）は、議論を誘導しないように注意し、受講生の自発的な意見を重視した。受講生の中から司会役を選び、議論の過程を板書しながら進めた。板書を図 4 に示す。今回は、意識の高い CST 候補者が多かったため、議論はスムーズに進行し、整理の仕方も効率的であった。決定した実験方法は、予め予定していたものであったため、実験への移行も問題なく進められた。

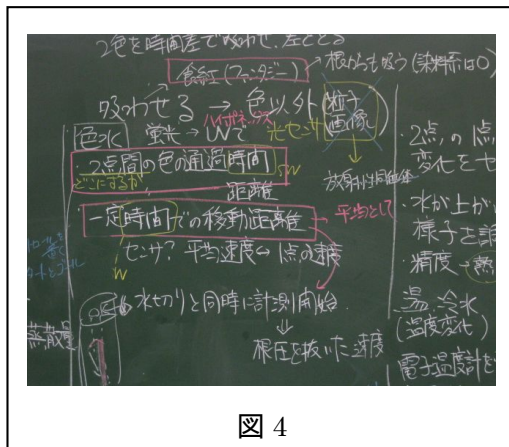


図 4

実験データの収集には、1 時間かかるため、この間に昼食を採り、その後、実験結果を見ながら、データの読み方、考察などを行った。データの読み方について説明する際には、問題発見力の向上にもつながるため、この部分も意識して講義を進めた。3 日目の授業は、学校現場での授業も視野に入れたものであった。最後に再度アンケートを取り、その結果を後日解析した。

アンケート結果をみると、授業の前後の変化として多く見受けられた傾向は、それまであいまいであった課題解決過程が具体的に became 生徒への指導方法が明確になったというものであった。この結果をみると、本授業はある程度効果があったと考えられる。

問題点としては、このような授業を学校現場で行う場合、教員は深い知識と高い議論のコーディネート能力を有する必要があることや小中学校の授業テーマの中で行うには

難しい点などがあげられる。この点からも、教員の能力向上のための教育手法として有効と考えている。

詳細については、現在、理科教育学会誌に投稿を予定している論文に記載する予定である。植物の実験については、得られた結果を順次、分担研究者である上教大の谷講師のホームページに掲載していく。

研究代表者が、研究期間の途中で、所属大学が変わったこともあり、本研究期間での成果が十分でない部分もあるが、一定の成果は得ていると考える。また、研究期間終了後も対象者を変えて、引き続き課題解決力を向上させる教育手法を開発していく。

## 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 件)

[学会発表](計 3 件)

山崎光平、谷友和、長谷川敦司：レーザーを利用した草本類植物の道管液流速の測定：日本物理学会第 70 回年次大会 (2015.3.23)

長谷川敦司、谷友和、小林辰至：CST 養成のための思考過程を重視した課題解決体験型授業の試み，日本理科教育学会北海道支部大会 (2014.9.28)

長谷川敦司、吉木優充、小林辰至：力および放射における逆 2 乗則を学習する教材の開発，日本理科教育学会北陸支部大会 (2012.12.1)

[その他]

ホームページ等

[http://www.juen.ac.jp/scien/tani\\_base/tan](http://www.juen.ac.jp/scien/tani_base/tan)

i.html

(上越教育大学 谷研究室)

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

長谷川 敦司 (HASEGAWA Atsushi)  
北海道医療大学・薬学部、大学教育開発センター・准教授  
研究者番号：60359065

### (2)研究分担者

谷 友和 (TANI Tomokazu)  
上越教育大学・大学院学校教育研究科・講師  
研究者番号：60547040

### (3)連携研究者

小林 辰至 (KOBAYASHI Tatsushi)  
上越教育大学・大学院学校教育研究科・教授  
研究者番号：90244186