

科学技術創造立国を目指した理科教員養成プログラム開発 に関する基礎研究

－トレードオフ課題の開発とその試行－

**A Study of Science Teacher-Training Program Development for the Scientifically/
Technologically Creative Society; A Development and Trial of Trade-offs Issue**

プロジェクト代表者: 片平克弘(教育学部・教授)

Katahira Katsuhiko

(Faculty of Education, Professor)

1 問題の所在

21世紀の社会においては、総合的な科学、技術の急速な発展と日常生活への応用がより一層顕著になると予想される。今後、科学技術創造立国を担う次世代の指導者の育成、さらには、科学、技術を支える人材育成が必要不可欠である。大学教育においても、科学、技術が複雑化した社会に対応するために、批判的科学的リテラシーを向上させるための科学教育プログラムの開発が求められている。このようなプログラムの中では、探究を重視した学習活動の中で現実社会に目を向けさせる教育を行い、社会の課題を批判的に捉え、意思決定ができる機会を提供することが重要となる。

そこで、本研究では基礎研究の第一歩として、トレードオフ課題の開発と試行を試みた。本報告では、農薬を用いて作った作物と無農薬状態で作った作物とを比較して、どの作物を購入するかを問うトレードオフ課題を開発し、教育学部の学生に試行した。この課題の解決を通して、学生はトレードオフスキルを獲得し始めた。

2 「トレードオフ」の定義とその有用性

トレードオフの概念は、日本の社会では馴染みのないものであり、学校教育、とりわけ理科教育における実践例はほとんどない。トレードオフはある選択肢をあきらめて、より望ましい成果を得る際に行われる価値判断である。たとえば、より良い選択をするには、似かよった選択肢に対して、長所を比べたり、あるいは、短所がより少ない方に着目しながら比較し、トレードオフするはずである。トレードオフが必要になるのは、解決のために複数の選択肢がある場合であり、我々はどれを選ぶかを判断しなければならない。

また、トレードオフは意思決定(decision-making)においてとりわけ重要なものと考えられている。丹沢によると、現実社会においては、「一定の解決方法があり1つの解答が得られるような問題(problem)もあるが、それぞれの問題に対して1つの解決方法だけではなく、いくつかの解決方法があるため、その結果、解答もいくつかあるような課題(issue)も多い。」¹⁾たとえば、環境問題のように、それぞれの問題に対していくつかの解決方法があるため、解答も複数考えられる問題も数多く存在している。このような問題の解決プロセスの中ではトレードオフが必要となる。

3 米国における「トレードオフ」教材

米国では、トレードオフ課題を含んだ教材を授業の中で扱い、問題解決能力や意思決定能力を身に付けさせる試みがなされている。NSES(全米科学教育スタンダード)には、「科学の学習は能動的である」²⁾と明記され、児童・生徒は、既存の知識と科学的な知識との連結を図るために、問題解決のための計画立案・実行、意思決定、グループ討議等の能動的な科学の学習を行っている。たとえば、米国には、意思決定能力を育成する教材の1つに SEPUP がある。この SEPUP は、全米科学教師連合学会(NSTA)における資料によると、次のような目的をもったプログラムである。

- 科学に対して自発的に思考でき、また、能動的な参加者としての生徒の役割を意識した学習者中心の教授を展開する。
- 科学と技術、人間と環境の相互作用に焦点化した教育経験を提供する。
- 一般市民として意思決定をする際に、科学の原理、プロセス、証拠を活用する能力を生かすことができるようになるためのプログラムをめざす。
- 教師の役割を、生徒の学習を支援するファシリテーター(facilitator)として、さらには、教育リーダーとしての役割を担えるように高める。

米国の教師は、これらの目的に基づき開発された SEPUP モジュールを生徒の興味・関心、能力に合わせながら授業に導入している。このモジュールは、ハンズオン活動を重視し、生徒同士のディスカッションや、教師による支援などを通して、意思決定できるように工夫されている。

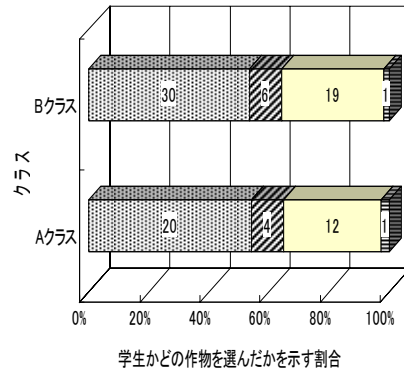
4 本研究におけるトレードオフ課題の開発手順(「農薬の使用」に関するトレードオフ課題)

本研究では、SEPUP の教材を参考にしながら、理科指導法 A(片平担当)を受講している2クラスの大学生に対して、農薬を使用した作物を選ぶかどうかを考えるトレードオフ課題を開発し、試行した。また、トレードオフ課題に取り組む事前準備として、データの収集スキルを向上させるためのシミュレーション実験(実験データから、マウスや人間の致死量を求めるシミュレーション実験;本稿では紙幅の都合上省略)も行った。対象は、教育学部の技術専修、家政専修の学生(Aクラス)と美術専修、数学専修の学生(Bクラス)の2つのクラスである。

今回開発したトレードオフ課題の中では2種類の架空の農薬を扱った。課題は、「農薬 N700」(新しく開発された農薬、害虫の死滅率が高い、価格が安い、消費者が買いやすい、慢性の毒性が有る、収穫量が多い)を使って作った作物と、「農薬 300X」(N700 と同様に新しく開発された農薬、害虫の死滅率の割に有益な虫の死滅率が低い、価格が手頃、残留農薬は N700 より低い、収穫量が少ない)を使って作った作物と、さらに、「無農薬」作物とを比較したときに、どの作物を選んで購入するかについて理由を問う内容とした。学生への配布資料の中には、「害虫の死滅率」、「作物の収穫量」、「人件費」、「作物の価格」、「残留農薬」、「環境への影響」などのデータを一覧表として記した。農薬は架空のものであるが、提示するデータには、ある程度の現実性を加味した。例えば、作物価格は需要と供給で決まるため、その時々々の価格設定を行うことは難しいが、一般に、無農薬作物の価格は、食品スーパーなどで売られている作物の価格より高く設定した。

5 試行結果

学生がどの農薬で作った作物を選んでいるかを示したグラフが図1である。約5割の学生が 300X で作った作物を選んでいる。また、A、B のクラス間による回答傾向に有意な差はなかった。ここでの回答の中で、特記すべきことは、「その他」の項目に分類したのだが、「年を追って使用する農薬を変えるという方法を採用する」という考え方が提出されたことである。これは、時間とともに揺れ動くトレードオフの考え方



	Aクラス	Bクラス
目その他	1	1
□無農薬	12	19
▨N700	4	6
▨300X	20	30

図1 学生が選んだ作物

あり、言い換えれば、時々刻々に適切な解を求めるトレードオフの考え方(「動的なトレードオフ」あるいは「ダイナミックなトレードオフ」と名づけることができる)とみることができる。

次に、学生がどの作物を選ぶかをトレードオフする際に、どのようなことに注目しているかを把握するために、「害虫の死滅率」「作物の収穫量」「人件費」「作物の価格」「残留農薬」「環境への影響」「人への影響」の8つのカテゴリーに分類して、その傾向を探った。(図2参照)

まず、300X を選択した学生は、ほとんど全てのカテゴリーに着目して判断していることがわかる。これは、生産者の立場としての判断なので、人件費といった作物を作る手間や収穫量にも

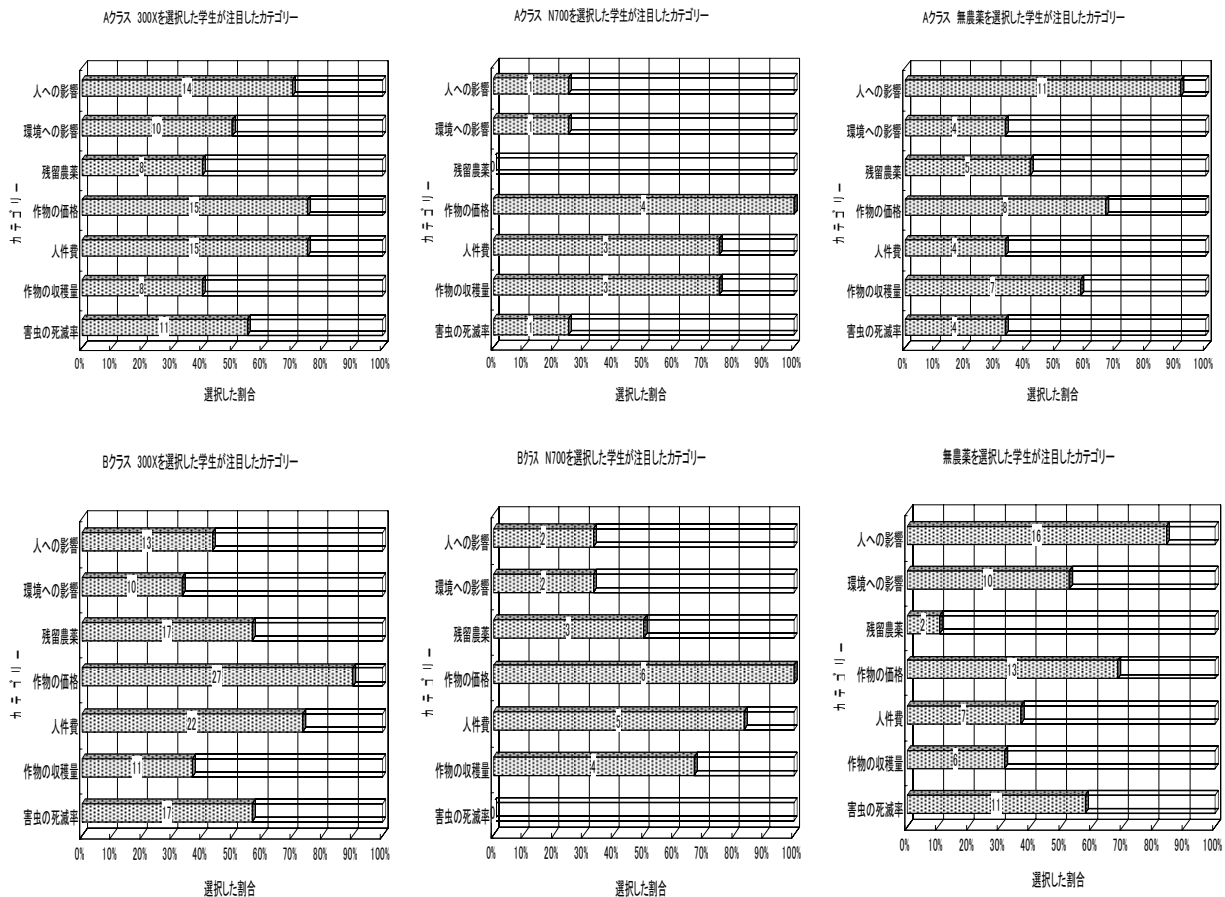


図2 学生がどのカテゴリーに注目してトレードオフしたかを示したグラフ

注目している。しかし、作物の価格については、高いと売れない可能性があるので、消費者が買いやすい価格を考慮していることも推察される。

次に、N700 を選んだ学生についてである。この作物を選んだ学生の傾向として作物の価格が安く、消費者が買いやすいということ、人件費がかからず、収穫量が多いことを挙げている。環境面や人体への影響にも注目しているものの、どちらかというと農薬の人体や環境への悪影響に関しては、あまり熟慮せず判断していることが分かった。

最後に、無農薬作物を選んだ学生についてである。ここでは人体への影響を最も重要な観点とし、無農薬を選択している学生が目立った。しかし反面、無農薬作物の価格が高いことも挙げており、これも一つの判断基準になっていることが分かった。

今回の試行の中では、「トレードオフ」課題に対し、多くの学生達が興味・関心を示した。また、試行授業に際しては熱心な取組みが見られ、トレードオフに対する学生の多様な考え方を確認することができた。以下、学生の感想をいくつか示す。

「理科のイメージは、実生活との繋がりやものの仕組みなど知識的な部分が多かったが、トレードオフにより、根拠をもった判断力の育成という、より生きた力に即したものを感じた。」

「大学生でも真剣に考えさせられる内容なので興味を引きやすく、意思決定力をきたえられる。さらにこの内容でディスカッションすれば、コミュニケーションの練習にもなるだろう。」

「久しぶりに実験しました。理科はそんなに好きではありませんでしたが、実験は楽しいものだと思っていました。理科の授業の魅力だと思います。セットになっていたのも、短時間でできました。プリントもわかりやすくてよかったです。トレードオフについては、本当に悩みました。」

「実験の結果から自分の身に関係していて、よく考えなければならぬ問題にしているところがすごいと思いました。今回の考えは、絶対的な答えがないものなので、これでいいのか本当に不安になります。自分の意見をしっかりとらせる、という教育の場でも効果のある問題だと思いました。」

6 終わりに

本実践から、浮かび上がった課題として、トレードオフ課題ごとの評価基準の設定やその基準に基づいた評価をどのように行うかということがあげられる。質問紙を用いた今回の大学生の解答に対しては、研究室の院生に協力してもらい、複数の目で評価し、信頼性を高めている。しかし、学生一人一人にトレードオフする能力がどのように育成されたかについては、十分に探ることができなかった。

また、トレードオフ課題を普及させていくためには、まず、教材開発や大学現場での実践を繰り返しながら理科教員養成プログラムを改良していくことが大切であろう。

<参考文献>

- 1) 丹沢哲朗(1996):環境イシューズと科学教育:意思決定能力育成のための指導の検討, 研究代表者長洲南海男,環境イシューズに対する意思決定能力の育成を図る教育プログラムの開発に関する研究,p.71, 1995~96年度日本生命財団研究助成研究成果報告書.
- 2) 長洲南海男監修(2001):National Science Education Standards、全米科学教育スタンダード—アメリカ科学教育の未来を展望する—, p.25, 梓出版社.