

先端科学と自然の恵みとを融合した科学教育プログラムの実践 (予稿)

星野由雅 (長崎大学大学院教育学研究科)
當山明華 (長崎大学大学教育イノベーションセンター)

1 はじめに

これまでの科学教育は、小学校・中学校・高等学校の理科における学習内容について基礎的・基本的な知識・技能の習得を図り、それらを活用して問題解決ができるようになるための科学的思考力・判断力・表現力を育成することに主眼が置かれている。このなかには、当然科学への興味・関心を喚起することも含まれている。しかし、我が国をはじめ世界のさまざまな国において大規模な自然災害の発生とともに、これまでの科学技術への信頼が揺らぐ出来事が相次いでいる現状を勘案すると、これからの科学教育には、単に学習内容の理解や科学的思考力等の育成あるいは興味・関心の喚起にとどまらず、児童・生徒の自然への恐れに対する克服及び科学技術への信頼の回復を意図したプログラムが求められる。そして、このようなプログラムを通じて自然との共生を目指した科学技術を基盤とした未来への希望を子どもたちに抱かせることが求められる。

著者の一人(星野)は、平成24年度～26年度にかけて科学研究費補助金(基盤研究C)により「先端科学を取り入れた未来志向の光エネルギー学習用教材の開発と実践」の研究を行ってきた。この研究により、ワカメから抽出したクロロフィルを用いた色素増感太陽電池の教材化に成功した。すなわち、小学校・中学校・高等学校の授業時間1時間ないしは2時間の中で、クロロフィル色素増感太陽電池の作製を子どもたち自身がを行い、その成果を電子オルゴールを駆動することで実感できる教材と授業プログラムを確立した。この研究を遂行する過程の中で、原材料となる生ワカメの調達を地元の漁協が提供するワカメの育成講座により行った。ワカメの種付け・間引き・収穫の一連の作業と収穫したワカメを用いてクロロフィル色素増感太陽電池を作製し、その駆動を確認した時の研究補助者である大学生の達成感は非常に高いものであった。このワカメの育成から色素増感太陽電池作製までの一連の体験は、色素となるクロロフィルcを生合成するワカメの素晴らしさ、そしてそのワカメを育む「海」ひいては「自然」の偉大さ、さらにそれを活用して太陽電池とする先端科学の素晴らしさを著者および大学生に改めて認識させた。この一連の体験を科学教育プログラムとすることにより、自然の恵みと先端科学の素晴らしさを実感し、未来を意欲的に志向することができる子どもたちを育成できるのではないかと考えた。

本研究の独創的な点は、心的ダメージを克服し、未来を意欲的に志向することができる子どもたちを育成する科学教育プログラムを開発しようとする点にある。これまで科学教育プログラムの目標は、「小柴昌俊科学教育賞」を始め、科学技術振興機構の助成事業、あるいは大学・企業が展開する科学教室においても、受講者の科学への興味・関心を喚起

することに主眼が置かれていた。これまで報告されている色素増感太陽電池を用いた実験教室などの科学教育プログラム¹⁾も、その域を出ていない。一方、復興教育の観点から、心の復興と理科学習そのものを復興させるための支援教育については、文部科学省において復興教育支援事業²⁾として展開されているが、科学教育プログラムの中に心の復興を意図したものは見られない。本研究で提供する科学教育プログラムが、当初の目的、つまり心的ダメージを克服し、未来を意欲的に志向することができる子どもたちの育成に資するプログラムであることが、明らかになれば、先端科学と自然の恵みを実感できる様々な科学教育プログラムの開発が促進され、心の復興と共に未来を志向した科学教育プログラムが展開される契機となる。

本論文では、科学教育プログラムの概要と初回の授業実践並びに子どもたちへの質問紙調査とその結果について、今後のプログラム展開を考慮するうえで取り纏めを行ったので予稿として報告する。

2 科学教育プログラムの概要

科学教育プログラムの実施計画の概要を下記に箇条書きで示す。

- 1) 児童に科学教育プログラムの効果測定のための質問紙調査を行う。
- 2) 児童にワカメの生態についての講義を行う。
- 3) 学校から漁港に移動し、児童にワカメの種付けの指導を行った後、児童が種付けを行う。
- 4) 種付けを行ったロープを養殖場の海に入れる（沖出し）。
- 5) ワカメの間引きを行う（児童の参加は必須ではない）。
- 6) ワカメの収穫を行う。
- 7) ワカメの加工（ボイル）を行う。
- 8) 電子レンジでワカメの乾燥を行う。
- 9) 乾燥ワカメの粉碎を行う。
- 10) 粉状ワカメからメタノールによりクロロフィルcを抽出する。
- 11) 導電性ガラス電極に酸化チタンを固定化する。
- 12) 導電性ガラス電極に6B鉛筆で炭素膜を塗布する。
- 13) 酸化チタンを固定化した電極にクロロフィル抽出液を滴下し、クロロフィルを吸着させる。
- 14) クロロフィルを吸着させた電極にヨウ素電解質溶液を滴下し、12)の炭素膜電極と合わせて色素増感太陽電池を組立てる。
- 15) 組立てた色素増感電池を複数個つないで、太陽光下あるいは白熱灯下で電子オルゴールを駆動させる。
- 16) 児童に科学教育プログラムの効果測定のための質問紙調査およびインタビューを行う。

今回の授業実践では、計画の1)～4)までを行った。

3 授業実践

3-1 対象者及び実践日

長崎県下の小学校1校の第5学年の1クラス（男子9名，女子15名，計24名）を対象にした。授業は，2016年12月6日（火）に2授業時間（90分）の実践を行った。

3-2 授業実践の目的

今回の授業実践では，児童がワカメの生態を学習後にワカメの種付けを行うことと，教育プログラムの効果を調べるために事前に児童の自然および科学技術に関する感性や態度を調べることを目的とした。

3-3 授業実践の内容

長崎市新三重漁業協同組合（以下，漁協と記す）の職員および長崎県水産業普及指導センターの職員とともに小学校へ出向き，教室において下記の順番で説明および質問紙調査を行った。

1. 大学教員による今回の調査の手順などの説明
2. 質問紙への記述
3. 県の職員によるワカメの生態についての講義

上記の説明と質問紙調査が終了後，小学校から新三重漁港へ移動し，ワカメの種付けの作業を行った。図1にワカメの生態について説明を受けるようすと図2にワカメの種付けを行っているようすを示す。



図1 ワカメの説明を聞いているようす



図2 ワカメの種付けをしているようす

4 調査方法

4-1 調査方法

本調査では，科学教育プログラムの効果測定を行うために下記のA～Cの視点を設定している。

- A. 自然に対する感性
- B. 科学技術への興味関心
- C. 科学技術の社会的価値に対する意識・信頼性

科学教育プログラムの効果測定のために，プログラムの実施前後の測定結果が必要であ

るが、現段階ではプログラムが始まる前の児童の自然や科学技術に関する感性や態度の測定を行ったに過ぎない。そのため、予稿である本論文では自然や科学技術について児童がどのようにイメージしているのかを概観するだけに留めたい。

本調査では、科学教育プログラムについての先行研究³⁾を参考に、下記の項目を作成して使用した。

- 1) 学校の理科が好き
- 2) 海や川で遊びたいと思う
- 3) 自然を大切にするために自分にできることがあると思う
- 4) 科学技術は日常生活に役立っていると思う
- 5) 科学技術が自分の生活とどのように関係しているか興味がある
- 6) 科学者や技術者は私たちの生活を良くしようとして研究していると思う

上記の6項目について、「1:あてはまらない～5:あてはまる」の5件法で回答を求めた。なお、本調査においては他の心理傾性を含む回答を求めているが、これについては本論文の目的とは関連しないため、本論文における報告は省略する。

4-2 手続き

前述した実践日に小学校へ出向き、一斉に質問紙を配布し、回答を求めた。この際、調査対象者を特定するため氏名の記入を求めたが、本調査への回答は個人が特定されるものではなく、個人の評価とは一切関係がない旨を事前に調査対象者の保護者へ文書で説明し、全ての保護者からの同意書を得ている。質問紙への回答に要した時間は、他の尺度への回答時間も含めて10分程度であった。

4-3 質問紙の結果

本調査では、全ての分析において回答に欠損値が見られなかった。各項目について、記述統計量および相関係数を算出した。結果は表1に示す通りである。

表1：各項目の相関係数および記述統計量（全体）

	2	3	4	5	6	M	SD
1 学校の理科が好き	.20	.57**	.47**	.36	.16	3.29	1.00
2 海や川で遊びたいと思う	—	-.12	.26	.42*	.56**	4.50	0.78
3 自然を大切にするために自分にできることがあると思う		—	.59**	.22	.23	4.29	0.69
4 科学技術は日常生活に役立っていると思う			—	.61**	.59**	4.42	0.65
5 科学技術が自分の生活とどのように関係しているか興味がある				—	.55**	3.71	0.86
6 科学者や技術者は私たちの生活を良くしようとして研究していると思う					—	4.71	0.55

*p<.05, **p<.01

表1より、児童の多くは「海や川で遊びたいと思う」という質問に対して「あてはまる」と感じており（平均4.5、標準偏差0.78）、「科学者や技術者は私たちの生活を良くしよう

として研究していると思う」という質問に対して「あてはまる」と感じていた（平均 4.7, 標準偏差 0.55）。

また、学校の理科が好きだと思っているほど、自然を大切にするために自分にできることがあると思っており（ $r=.57, p<.01$ ），科学技術が自分の生活に役立っていると思っていること（ $r=.47, p<.01$ ）が示された。また、海や川で遊びたいと思うと思っているほど、科学技術が自分たちの生活にどのように関係しているか興味があり（ $r=.42, p<.01$ ），科学者や技術者は私たちの生活を良くしようとして研究しようと思っていること（ $r=.56, p<.01$ ）が示された。さらに、自然を大切にするために自分にできることがあると思っているほど、科学技術は日常生活に役立っていると思っていること（ $r=.61, p<.01$ ）が示された。

5 作業実施時の様子

ワカメの種付けの作業の様子をビデオで録画し、「作業状況」として記録した。以下は「作業状況」から見られる参加者の様子である。作業全体の時間は45分程度であった。

[漁協職員からの説明]

漁協の職員が、ワカメの種付けのデモンストレーションを行った。10～15センチほどの綿タコ糸上で育っているワカメの種をロープに植え付けるために、ロープに杭を差し込んで隙間を2か所作り、ワカメの種の両端をそれぞれの隙間に差し込んだ。漁協職員のデモンストレーションの後、担任教諭がもう一度確認のデモンストレーションを行った。

その際、参加者は真剣に話を聴いており、時折「面白そう」との声も聞こえた。

この2回のデモンストレーションの後、2名1組の班を作り、計12班で35メートルのロープ2本にワカメの種付けを行った。

[作業開始]

作業開始すぐ

最初のうちはほとんどの児童は初めての作業のため戸惑っており、「どうやってロープを緩めるの？」という声が上がっていた。また、海水につかった状態のワカメの種を恐る恐る親指と人差し指だけで触る様子が多く見られた。最初から気にせずにワカメの種を触る児童もいたが、海水で手が濡れるのを嫌がる雰囲気の子の方が多かった。

作業開始10分

上手にできる班もあったが、いくつかの班は漁協関係者の補助やアドバイスが必要な雰囲気だった。

このころになると慣れてきたのか、アドバイスが必要な班も含めて全員が楽しそうに作業に集中していた。

ワカメの種の選定では、ワカメがたくさんついている種を意識的に選んでいる児童と、何となく種を選んでいる児童がおり、「ワカメがたくさんついている方が海の中でたくさん育つと思わない？」とアドバイスをすると意識的になり、ワカメがたくさんついている種を「こんなについているよ！」と嬉しそうに見せながら作業を続けていた。

開始15分

スムーズに作業をしている班が多くなってきていた。自分たちでやりやすい方法を考え

ているようで、デモンストレーションとは違う動きや方法で「こうやった方がいいんじゃないかな？」と試行錯誤しながら、作業をしていた。

作業開始当初は、ワカメの種を親指と人差し指の二本指で恐る恐る触っていたが、気にすることなく作業を行う児童が増えてきた。「手が汚くなってきた！」という発言があったが、そう言いつつ楽しく作業に集中していた。

開始 20 分

ワカメの種をまだ二本指で恐る恐る触る児童がおり、この児童は「疲れてきた」と発言していた。他の児童は、他の班の作業とどちらが綺麗に多くできているかなどの会話をしつつ、集中して楽しく作業をしている雰囲気であった。

開始 30 分

担任教諭の「そろそろ、ロープを海に持っていきます！」という声に「早い！！」と答えた児童がいた。

その後、漁船が漁港に入ってきて、「すごーい！」と自主的に集まり、漁船の中にロープを収める際に漁協職員と下記のような、ワカメの種付け作業後の様子が気になる会話があった。

児童「この後どうするの？」

漁協職員「これから海へ持って行って、島の向こう側に養殖場があるから、そこの海中にロープを張って、ワカメを育てるんだよ」

児童「ここから見えるの？」

漁協職員「向こう側に行かないと見えないよ」

他の児童「どれくらいで大きくなるの？」などなど

開始 35 分

漁船が出港するが、その際に「行ってらっしゃい！」と手を振る者がいた。

出港後、漁協職員より、その後のワカメの様子について説明があり、最後に担任教諭が「この後、ワカメが大きく育ち、それを収穫します。収穫した後、大学の先生と一緒にクロロフィルを取り出して、それで何をするんだった？」と質問すると、「電気を作る！」「電池を作る！」と多くの声があがった。何のために今日の作業を行ったのか理解していると思われた。

[終了時]

担任教諭より「これから学校に戻ります！」と発言があると「えー！！」という声上がり、今回の作業は楽しく満足がいくものだったと思われる。全体を通してみても、ほとんどの児童が最後まで楽しく集中して作業ができたと考えられる。

6 まとめ

本論文は、科学教育プログラムの概要と初回の授業実践並びに児童への質問紙調査とその結果について報告するものである。

質問紙調査では、児童の多くは海や川で遊びたいと感じており、科学者や技術者は私たちの生活を良くしようとして研究していると思っっていることが分かった。また、相関分析

の結果から、理科を好きな児童ほど自然を大切にするために自分にできることがあると答えており、科学技術が自分の生活に役立っていると思っていることが分かった。これは、現行の学習指導要領における理科の目標が、「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う」ということから、自然および科学技術に対する感性や理解についての変数間にポジティブな相関があることが示されたことから理解できる。

さらに相関分析の結果から、海や川で遊びたいと思うと回答しているほど、科学技術が自分の生活とどのように関係しているのか興味があると答え、さらに科学者や技術者は私たちの生活を良くしようとして研究していると思うと答えていたことが分かった。本論文では、教育プログラムの初回の授業実践としてワカメの種付けを行った。最初は恐る恐るワカメの種に手を伸ばしていた児童が、徐々に楽しそうに作業をしていた様子から、海や川への興味が無い児童でも、この教育プログラムを受けることによって海へ関心や楽しさが高まれば、科学技術への興味関心や科学技術の社会的価値についての意義やその信頼性が高まる可能性が示唆された。

今後は、教育プログラム全体を通じた効果測定を行うとともに、心の復興教育という観点からも、多様な環境で育つ児童についても同様の教育プログラムを実施し、自然の恵みの恩恵および科学技術への興味関心、科学技術の社会的価値についての意義やその信頼性などについての効果測定を行う予定である。

謝辞

本研究の授業実践にあたり、長崎市新三重漁業協同組合、長崎県水産業普及指導センターおよび長崎市内の小学校に協力をいただいた。また、本研究は科学研究費補助金基盤研究(C)「先端科学と自然の恵みとを融合した未来志向科学教育プログラムの開発」(No.16K01023)(研究代表者：星野由雅)の支援を受けて行われた。ここに深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) a) 紅林秀治・松永泰弘・中川鉄夫, エネルギー変換教材に関する研究:色素増感型太陽電池の製作を取り入れた学習, 静岡大学教育学部研究報告(教科教育学篇)第38号, pp.131-142(2006); b) 小田善治, 第5回日産科学振興財団 理科/環境教育助成成果報告書 登録番号08167(2009); c) 川村康文・吉田加津哉・島田英俊・藤原清, 色素増感太陽電池で模型自動車を動かす実験教材の開発, 物理教育 56 卷(1), pp.21-24(2008); d) 池田昌子・堀川理介・伊藤美代子・宮本憲武・山本勝博, 色素増感太陽電池の製作を通じた教材化と教育実践, 茨城大学教育学部紀要(教育科学) 57, pp.29-43 (2008); e) 中林健一・小八重宏樹・横山育生, 色素増感太陽電池の理科学習教材としての有用性について: 大学での教員研修における成果から, 理科教育学研究 Vol.52(3), pp.121-129(2012)

- 2) 文部科学省ホームページ 東日本大震災からの復興—教育現場を通じて—
<http://fukkokoiku.mext.go.jp/> (最終閲覧日：2017年1月27日)
- 3) a)川本思心・中山実・西條美紀, 科学技術リテラシーをどうとらえるか～リテラシーク
ラスト別教育プログラム提案のための質問紙調査～, 科学技術コミュニケーション第3
号, pp.40-60(2008); b)竹本裕之, キャンプにおける風を題材とした科学教育プログラ
ムの成果, 国立オリンピック記念青少年総合センター研究紀要第4号, pp.67-75(2004)