

[理 科]

# 中学校理科におけるEcoColumn (エコカラム) の教材としての可能性

保坂 修\*

## 1 はじめに

生態系の学習は、中学校理科のカリキュラムにおいて「植物、動物の世界」を総合的に捉え、生物どうしの関わりや生物とその環境要因との関わりを科学的に追求する単元である。エコカラムは、米国ウィスコンシン大学のBottle Biology Project (1993) によって開発されたペットボトル等を用いて生態系のしくみを理解させるための教材で、我が国においては、小林らによって中学校理科教材としての可能性について、学習指導要領における「自然と人間」の目標及び内容に照らし合わせて検討がなされ、実践計画が提案されている (小林・板倉・小須田, 2003, 2004)。

本研究は、これらの先行研究を踏襲することによって導かれるであろう教材としての可能性を考察し提案するものである。

## 2 エコカラムの概要

### (1) エコカラムの基本的概念

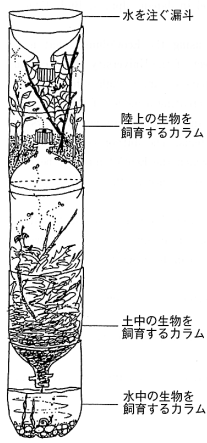


図1 エコカラム (Bottle Biology 1993 より引用)

図1 エコカラム (小林・小須田, 2003)



図2 エコカラム

エコカラムの概要について、小林・小須田は『理科教育』(2004) の中で以下のように述べている。

エコカラムは1.5リットルのペットボトルを数個組み合わせて作製する生物の飼育・観察装置であり、基本的には下から水中、土中、陸上生物の飼育を目的とした3つのカラムで構成されている (図1)。エコカラムの最上部は漏斗になっており、ここから雨滴に見立てた水を注ぐことができる。陸上の生物を飼育するカラムでは生産者 (緑色植物) と消費者の関係などが観察できる。土中の生物を飼育するカラムでは土壤生物のはたらきが観察できる。さらに、水中の生物を飼育するカラムでは、水草や魚、貝等の様子が観察できる。このように、エコカラムは陸上・土中・水中の生物を総合的に観察するのに適した教材になっており、アメリカでは広く活用されている。また、小林・小須田は、陸上と土中の生物を飼育するカラムをひとつにまとめ、作製を容易にしている。

### (2) 本研究に使用するエコカラムの工夫点

今回作製したエコカラムは2リットルのペットボトルを2段に組み合わせ、下段を水中界、上段を土中界及び陸上界としたものである (図2)。2リットルのペットボトルを使用したのは容量が大きく、生徒の工夫がより生かされることを期待したからである。

エコカラム内で飼育する生物については、自由に選ぶことを原則としたが、水中界の消費者のみをヒメダカ1匹と限定した。ヒメダカ1匹に限定したのは、生徒が水中界の生態系のスケールが予想でき、かつ生態系をかたちづくるその他の生物の量を想定できるものと期待したからである。また、ペットボトルの継ぎ足し部は透明ビニルテープで完全に密閉し、空気と水分はペットボトル内で循環させる。水中界と土中界の境界である上段のペットボトルの口をガーゼで覆う。さらに、陸上界と土中界を同一にしたため、陸上界の最上部をドーム状にして陸上界のスペースを確保した。

\*上越市立安塚中学校

### 3 授業実践

#### (1) 単元の指導計画

3学年理科の単元「自然と人間」でエコカラムを用いた授業を行う(表1)。授業は安塚中学校3学年全22名を対象に展開した。

単元導入時にあらかじめ作っておいた空のエコカラムを生徒に提示し、水中界・土中界・陸上界のカラムを作ることを説明し、ワークシートを用いてエコカラム内に何を入れるかを理由を付けて考えさせ、完成予想図を描かせた。ここで生徒が記入する「エコカラムに入れるために必要なもの」は、生徒が生態系をかたちづくるための必要最小限のものと限定されているので、このワークシートの記述は生徒の生態系に対するレディネステストとしても有効である。

エコカラム作成計画Ⅰを終えた後、すぐにはエコカラムの作製は行わない。この後は本単元を指導計画に基づいて展開する。すぐに製作しないのは、この時点は生徒の生態系に対する知識や理解は差が大きく、学習者相互で生態系を総合的かつ科学的に考えるには不十分と考えたからである。

作製は単元確認テストを終えた後にエコカラム作成計画Ⅱとして最終的に設計した後に行う。単元確認テストによって本単元のねらいがほぼ達成できたことを確認し再度計画させることで、定着度を測るとともに実践力を醸成しようとしたからである。

表1 (単元指導計画、円で囲んだ部分がエコカラムに関わる活動である)

時数	学 習 活 動	指 導 の 目 標
	<b>エコカラム作製計画Ⅰ</b>	
1	○ペットボトルでミニ自然界を作ることができるか考える。 ・空のエコカラムを示し、何を入れたらいいか考えさせる。	○生態系を構成する生物を例を挙げて説明できる。
1	○身の回りの生物の「食う食われる」の関係を話し合う。 ・陸上、水中の具体的な生物の食物連鎖をあげる。	○食物連鎖の例を積極的に調べようとする。
1	○実際にどんな物を食べているのか調べる。 ・アジの煮干しの胃の内容物を観察する。	○動物の食物を意欲的に調べようとする。
1	○土中の微生物のはたらきを調べる。 ・寒天培養などを行い、有機物の分解を確認する。	○実験の結果から、微生物のはたらきを考察することができる。
2	○自然界での物質の循環を確かめる。 ・生産者としての植物のはたらき、消費者のはたらき、分解者のはたらきを整理し、物質循環を矢印で表す。	○生産者、消費者、分解者の役割を理解し、つながりを可視化することができる。
1	○自然界のつり合いはどうか保たれているかを理解する。 ・様々な生態系の量的変遷データを提示し、どのようなきまりがあるのか考察する。	○食物連鎖の関係から、量的平衡が保たれていることを理解する。
0.5	○単元確認テスト	
2.5	<b>エコカラム作製計画Ⅱ</b>	
	○エコカラムを作ってみよう 導入時の設計図と計画を振り返り、不足な要因を考え、記入する。	○学習内容を生かし、必要最小限の生物の種と量を入れることが理解できる。
1	・設計計画書に従って作成する。 ○これからの地球について考えよう ○まとめ <b>アンケート</b>	○生態系の一員としての人間の役割を積極的に考える。

## (2) 方法

- ① 生徒一人一人がエコカラムに何を入れようとしているのかをワークシートを用いて把握し、レディネステストとする。エコカラム作製計画Ⅰ
- ② 実際に作製するエコカラムに何を入れたのかをワークシートを用いて把握し、学習事項の定着度を測る。エコカラム作製計画Ⅱ
- ③ 抽出生徒のエコカラム作製の様子を記録し、気付きや活動を把握する。
- ④ 単元終了時にエコカラム作製に関する内容と単元全体にかかわるアンケートを実施し、エコカラムの教材としての有効性を考察する。アンケート

## (3) 結果と考察

## ① エコカラム作製計画Ⅰの結果

エコカラム作製計画Ⅰの段階において生徒全員が必要と考えた項目はない。このことから単元学習前の生徒の生態系に対する意識は個によって差が大きいことが読み取れる。この中に「生物」が含まれていないのは、生物が生活できる環境を作ることが前提となっているので、生徒が記述を省略したものと考えられる。

## ② エコカラム作製計画Ⅱの結果

Pet（ペットボトル）と植物が必要であると答えた生徒が全員となった。植物が必要なのは水中界なのか、陸上界なのかは不明であるが、生態系の中での生産者としての役割を理解したものと考えられる。

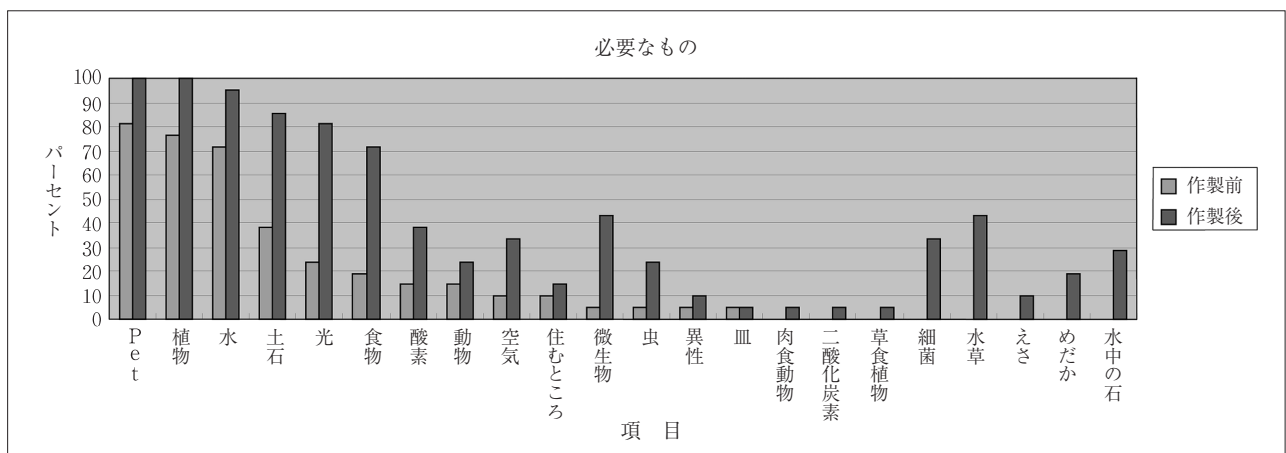


図3 作製計画に記入した項目

作製計画Ⅰの段階で「植物」と記入した理由として、9名の生徒が「光合成をするため」と答え、10名の生徒が「光合成をして酸素を作るため」と答えた。この段階で生徒は、生態系における植物の役割として、動物の呼吸に必要な酸素のみに着目している傾向が大きいことがうかがえた。土や石を記入した理由として最も多かったのは「植物が育つため」であり、土中の小動物や分解者である菌類細菌類にまで言及している生徒は皆無である。このことから、生徒は生態系には植物を酸素を作り出すための役割のみに着目し、炭素を同化させるはたらきを認識していないことが明らかになった。また、土に関しては植物を育てるための床として捉えているが、科学的な理由付けができていないことも明らかになった。これらの考察をもとに、単元の展開ではファン・ヘルモントの実験を紹介して光合成のしくみを再度説明し、同化について理解を深める活動を組み込んだ。さらに、土のはたらきについては、土壌抽出液の寒天培養と澱粉の分解実験を通して、土中の微生物のはたらきについて深く学習した。

作製計画Ⅱの結果として、生産者・消費者・分解者についてその役割も含めて記述することが期待されたが、三者のつながりを記述したものはほとんどなかった。微生物と記入した生徒はおよそ半数を占めたが100%に至らなかった。これは、土と記入したことにより微生物とあえて記入する必要がないと考えたことが原因であろう。

## ③ 抽出生徒の学びの過程

男子生徒Hはエコカラム作製計画Ⅰにおいて図4のようにイメージした。これを見ると、ペットボトルにエサを入れるスリット、水を補充するホースが描かれている。これはエコカラムの概念がよく理解されていないことと、本人の言葉「水は蒸発するだろうし、えさがなくなるとは水の中の生き物は餓死してしまうから」から読み取れるように

食物連鎖と物質循環の概念が十分形成がなされていないことが分かる。図5はエコカラム作製計画Ⅱにおけるイメージ図である。エコカラムの概念は形成され、水中界と陸上界において生産者と消費者が確保されている。このイメージ図をもとにHはエコカラムの製作にとりかかり、必要な構成物を得るために野外活動に出かけた。

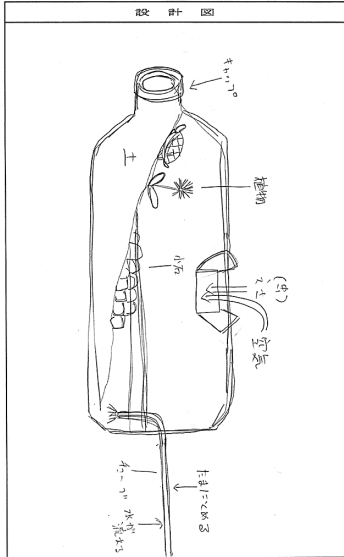


図4 作製計画Ⅰ

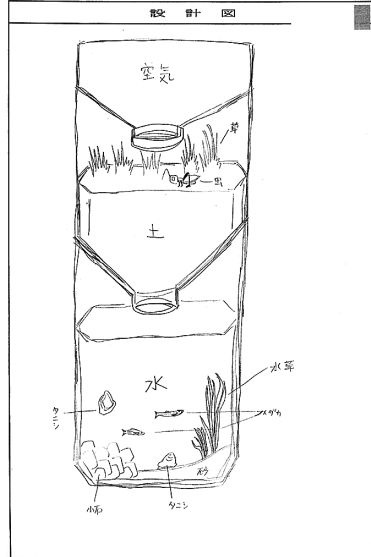


図5 作製計画Ⅱ

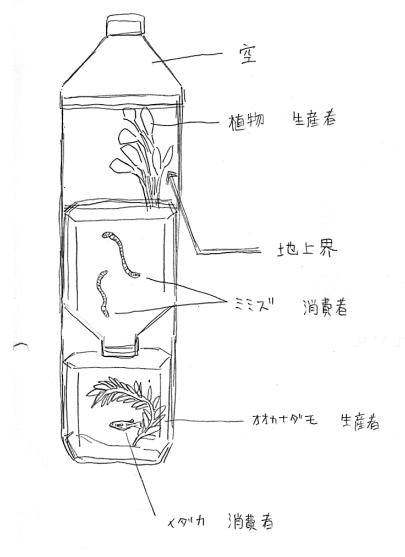


図6 作製後のエコカラム説明図



図7 土中界の作製



図8 完成したエコカラム

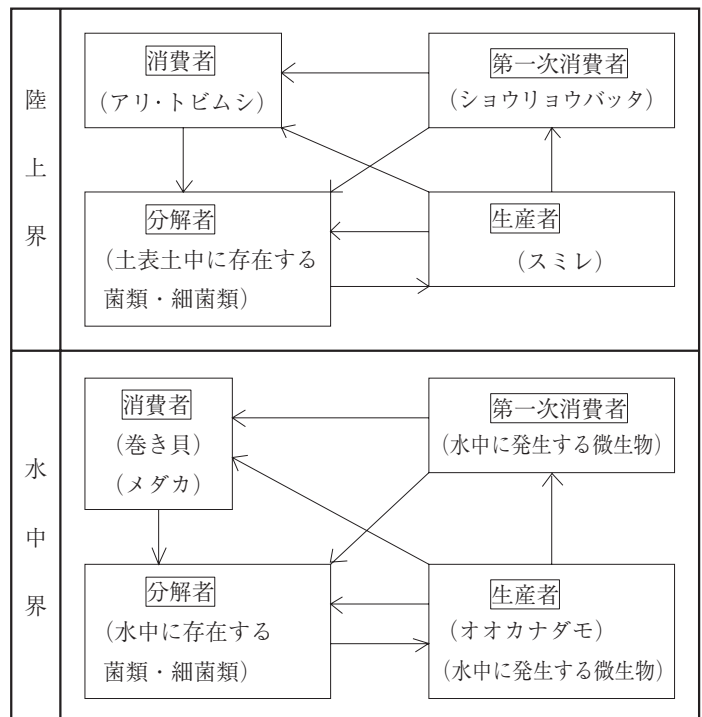


図9 Hの生態系モデル

Hは土中界の土として朽ちかけた倒木の周りの土壌を選んだ(図7)。土壌界としてエコカラムに充填したものは、倒木の下に腐葉土、トビムシ類(イボトビムシ)、ミミズ2匹である。

次に陸上界の作製に取りかかり、植物としてスマレ2株を移植した。この種と量を選んだ理由としてHは、「ペットボトルにちょうど良い大きさと量だから」と述べていた。消費者としてオオヤマアリ数匹とショウリヨウバッタ2匹を選んでカラムに入れた。この理由として、「ショウリヨウバッタは草を食べるし、アリはバッタが死んだときに食べてくれるから。」と言い、ショウリヨウバッタの食草としてスマレがふさわしくないことを無視すれば、一次・二次消費者の概念が形成されているといえよう。最後に水中界の作製にあたり、理科室内にある金魚を飼育している水槽に敷いてある砂利を1cm程度に敷き詰め、くみ置きの水を充填して10cmに切り分けたオオカナダモ2本とメダカ1匹、巻き貝数匹を入れて密閉しエコカラムの作製を終了した。作製後のエコカラムの説明図が図6、完成したものが図8であり、生産者と消費者について具体物を指して説明されている。さらにHがエコカラムでイメージして作製した生物のかかわりを生態系モデルで表したものが図9である。

#### ④ アンケート結果から見た学習効果

単元終了後、以下の質問によるアンケート調査を22名に実施した。この調査の結果は図10で表した。

- a：地球と大切にしようと思う。      b：ペットボトルの中の生物がいつまで生きるか気になる。  
 c：生態系のしくみがよく分かった。      d：生態系の尊さ(大切さ)を感じた。  
 e：地球の尊さ(大切さ)を感じた。      f：生命の尊さ(大切さ)を感じた。  
 g：今まで見たりさわったりしたことのない生物に触れた。  
 h：自分でエコカラムを作ることができた。      i：エコカラムの作り方は簡単だった。  
 j：エコカラムを作る目的が分かった。

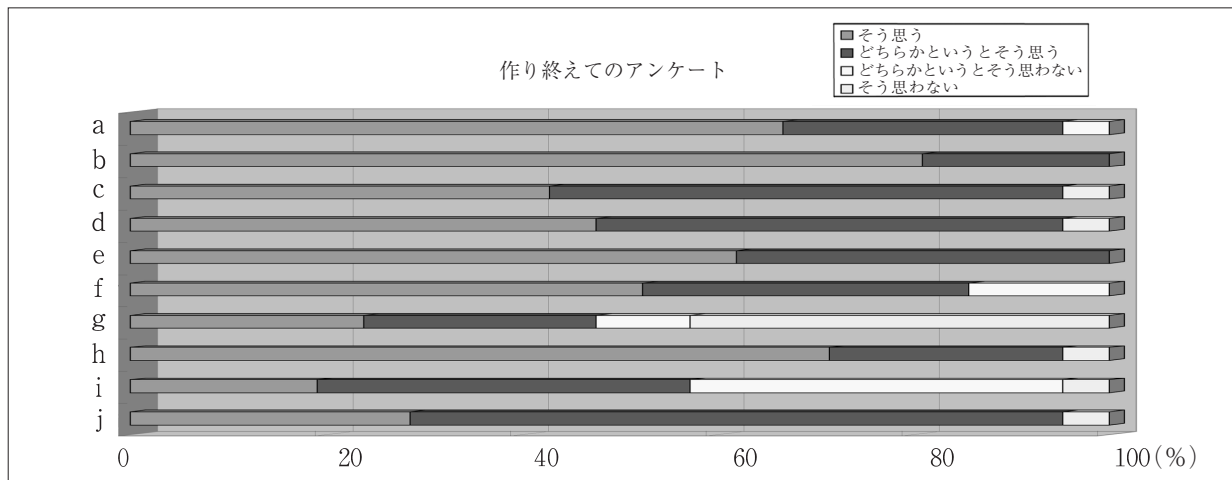


図10 単元終了後のアンケート結果

アンケートの結果から、 $\chi^2$ 検定によって「a：地球を大切にしようと思う。」「b：ペットボトルの中の生物がいつまで生きるか気になる。」「c：生態系のしくみがよく分かった。」「d：生態系の尊さ(大切さ)を感じた。」「e：地球の尊さ(大切さ)を感じた。」「h：自分でエコカラムを作ることができた。」「j：エコカラムを作る目的が分かった。」の設問において肯定的に捉える生徒が有意に多かった( $p < .01$ )。また、このように、エコカラム作製を組み込んだ単元展開によってエコカラムの作製自体に興味関心をもつだけでなく、生態系、地球への畏敬の念の構築にも大きく寄与していることが分かる。

次に文章記述式の感想を見ると次の5つのカテゴリーに分けることができる(表2)。

生徒の気づきをカテゴリーに分けると「水の循環に関すること」を記述した生徒が18%(4名)、「閉鎖された地球」を記述した生徒が36%(8名)、「食物連鎖」に関することを記述した生徒が73%(16名)、「種の多様性」を記述した生徒が55%(12名)、「情緒的発見」を記述した生徒が100%(22名)となった。生徒の気づきを全員で共有するために全生徒の感想をまとめて配布した。エコカラム作製は生徒相互の交流場面が多く学習効果も高いことが様子からうかがえる。これらの感想によってエコカラムから得ることのできる学習内容も共有させたことで学習効果になったことが読み取れる。

表2 感想（文章記述）から読み取れる気付きや感動

気付きのカテゴリー	生徒の記述
水の循環	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ペットボトルの内側が水滴でくもってしまった様子がよく見えた。</li> <li>・水がかれないのは不思議だ。</li> </ul>
閉鎖された地球	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地球をペットボトルで表せたのが良かった。</li> <li>・小さなペットボトルだけど、生産者・消費者・分解者が入るとそれなりになることが分かった。</li> </ul>
食物連鎖	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生物はいろんなものがかかわって生きていることが分かった。</li> <li>・分解など土のはたらきが大きいことが分かった。</li> <li>・植物は生態系を支えるとても大切なことだと分かった。</li> </ul>
種の多様性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・オオカナダモに貝の卵がくっついてた。</li> <li>・土の中に小さな動物がたくさんいることが分かった。</li> <li>・キノコが生えてきてこれが分解者だということが分かった。</li> </ul>
情緒的発見	<ul style="list-style-type: none"> <li>・みんなで比べたり相談しながらできたのが良かった。</li> <li>・理科室にいくのが楽しみになった。</li> <li>・家にもって帰るのが面倒だ。</li> <li>・楽しかった。</li> <li>・中に入れた生物が自分に思えて長生きさせたいと思った。</li> </ul>

#### ⑤ 客観テストの結果から

3年生の定期テストにおいて、「自然と人間」に関する出題の正答率は73%を超えた。このテストにおいて65%程度の通過率を予想していたため、高い数値が得られたことと受け止めている。

#### 4 おわりに

本研究では、エコカラムの中学校生物教材としての可能性を先行研究をもとに検討し、単元の中に位置づけて実践した。その結果、エコカラムは中学校学習指導要領理科のねらいを達成する上で有効であることだけでなく、単元の指導過程の中にも無理なく位置づけることができることも検証された。環境の時代といわれる21世紀を生きぬく子どもたちにとって、地球が閉鎖された有限空間であり、その中で生息する多様な生物が互いにかかわりあって生きていることを理解することは環境教育の究極の目標であり、必要不可欠である。エコカラムはモデル学習に含まれるが、シミュレーションや対象を可視化するためにモデルに置き換えるものではない。エコカラムは含まれる要素をすべて身のまわりの生物で構成し、生徒が科学的根拠に従って構想することができるだけでなく、創意や工夫できる点にも有効性を見いだすことができると考えた。

しかし、今回の実践では生徒のエコカラムをつかった学習が短期間であり、ペットボトル内の生態系がうまく循環しているかどうかまで考察する場面を加えなかった。生産者と消費者の関係には種によって特異性があることにも気付き、さらに生態系の巧みさを追求できる可能性について検証することが課題である。

生徒はエコカラムに入れた生物を自分に置き換え、どうやったら長生きさせることができるかを真剣に考え工夫していた。中学生の理科の学習内容が実生活から離れ、切実感が欠如していることや、生命に対する畏敬の念の欠如が叫ばれている昨今、地球を構成する生物の一部としての人間の存在を再認識できるエコカラムがもたらす学習効果は大きいと結論づけられる。

#### 参考・引用文献

- 小林辰至・板倉淳一 「わが国の中学校理科生物教材としてのエコカラム (EcoColumn) の可能性とその導入に関する提案」 日本生物教育学会, 2003年
- 小林辰至・小須田健志 「中学校理科におけるエコカラム (EcoColumn) の教育効果に関する実践研究」『理科の教育』 日本理科教育学会, 2004年6月
- 左巻健男 編 『新しい科学の教科書Ⅲ』 文一総合出版, 2003年
- 田中 敏 著 『実践心理データ解析』 新曜社, 2002年
- 文部省 『中学校学習指導要領』 大蔵省印刷局, 1999年