

学校内生物資源リサイクルを活用した小学校理科授業実践

正 元 和 盛*・丸 山 修**・吉 田 誠 治***

A practice of science classes with recycling of living resources inside an elementary school campus

Kazumori MASAMOTO, Osamu MARUYAMA and Seiji YOSHIDA

はじめに

地球環境に対するヒトの働きかけが大きくなってきて、資源の有限性が認識され、環境保全の重要性、またそのための環境教育の重要性が増々強くなってきている¹⁾。その一つが資源の有限性からくるリサイクルの再認識である。古くからの里山でのリサイクルの例や、「環境にやさしい」活動を教育の中に取り入れていこうとする、自然観察や体験を主体とした試みがなされてきている²⁻⁴⁾。

本研究実践では、学校内での落ち葉や生ゴミを生物資源として、循環型生態系の学校内における例としてとらえ、落ち葉、生ゴミ処理物からの堆肥作りを自然界でのリサイクルを鑑みた素材としてとり入れた。校庭の落ち葉の循環や給食残滓としての生ゴミなどは環境問題として子ども達に関心が高いテーマである。子ども達が身近な事象として興味をもっている素材を取り上げ、問題解決のために、また実験計画としてでてくるであろう観察、検出、測定などを教材化し、教師のどのような支援が望まれるかに力点をおいた教材として開発した。そのことによって、子ども達が生き生きと追究活動を行い、科学する楽しみを知り、地球的視点や循環型生態系の保持の重要性に気づき、自然の仕組みを実感できることを目指した。

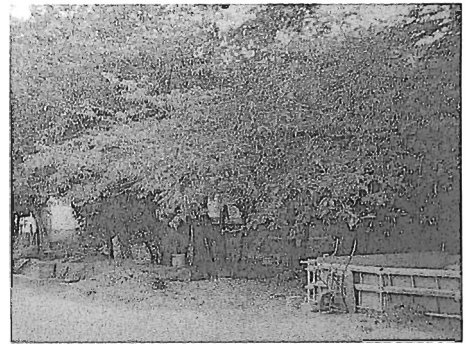


図1 附属小学校の堆肥枠

野菜パークで、大根を作るなどの経験をしている。一方、理科の学習では、インゲン豆が成長する際に養分が必要であることを学習している。したがって、子どもたちは、大根が落ち葉をもとにしてできる堆肥から養分を得ていることを知識としてもっている。そこで、落ち葉が堆肥になることに対して疑問をもたせ、その疑問に対して自分の予想を立てて、実験を通してそれを検証していくような学習「落ち葉を土に変えるもの」を組み立てた。そうすることで、小さな生き物が堆肥の中にいることを実感できると考えた。つまり、自分が立てた予想を検証していく過程で、「わくわく感」は高まり、科学する喜びを感じることができると考えたのである。

I. 循環型生態系実践例

1. 落ち葉の循環「落ち葉を土に変えるもの」

(1) ねらい

附属小学校の第5学年児童38名を対象に授業を行った。子どもたちは、掃除の時間などに、堆肥枠に落ち葉を入れるなどの堆肥づくりを体験している(図1)。また、その堆肥を利用し

(2) 学習の実際

1) 「何が落ち葉を土に変えたのだろうか」という学習問題を見だし解決の見通しをもつ

教師から、「3ヶ月たった落ち葉はどうなっているだろうか」と発問し、3ヶ月たった落ち葉を観察することから授業を始めた(図2)。

子どもたちは、次のことに気づいた。

○くさいにおいがする ○くさっている

○しなれている ○小さな虫がいる

* 熊本大学教育学部理科生物

** 熊本市立清水小学校

*** 熊本大学教育学部附属小学校

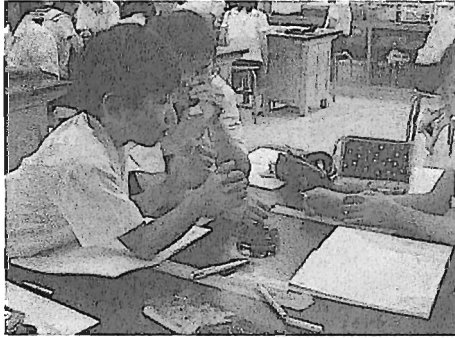


図2 腐葉土の観察の様子

○形がなくなっている ○ミミズがいる
○土になっている

その後、「何が落ち葉を土に変えたのだろうか」と発問した。子どもたちは、自分たちの観察の気づきや既有的知識をもとにして、次のような予想を立てた。

○ダンゴムシやミミズそれに、小さな虫が食べるのではないか。

○微生物が土にしているのではないか

その予想の中で、「微生物がいるのかいないのかを確かめる」という課題に絞って追究することにした(図3)。

2) 「微生物が土の中にいるかないか」を検証するための実験を行う

子どもたちに、課題追究の方法を考えさせた。子どもたちから一番出たのは、顕微鏡を使った方法であった。顕微鏡は後で取り上げ、今回は別の方法を考えていくことを知らせた。今回調整したデンプン寒天培地をできるだけ主体的に使わせるように、その方法を子どもにも考えさせながら、理解させていった。

まず、ヨウ素でんぷん反応を使った方法であることを知らせた。そして、子どもたちと対話しながら、「微生物が存在すれば、でんぷんを食べるためにでんぷんがなくなり、そ

の結果、ヨウ素でんぷん反応がでなくなることで、微生物がいることを検証できる。」というように理解させていった。

ここでは、自分の予想に対して、実験の結果がどのようになるのかという見通しをもたせることが必要である⁵⁾。「微生物が土の中にいる」という予想をもつ子どもは、「水はヨウ素でんぷん反応が起こり青紫色になるが、上澄み液は、微生物がでんぷんを食べたため、反応が起きないので青紫色にはならない。」という見通しをもたせるのである。逆に、「微生物はいない」という予想をもつ子どもには、「水はヨウ素でんぷん反応が起こり、上澄み液も反応が起きるので、青紫色になる。」という見通しをもたせるのである(図4)。

実験は0.2%でんぷんを含んだ滅菌寒天(1%)プレートで行った。落ち葉堆肥1gに水10mlを加えた上澄み液を調整し、それをでんぷん寒天プレート上に1滴落とす。対照実験として水を同様に滴下した。準備には20分余りを要した。結果は、48時間後にヨウ素液をかけて観察した。

3) 結果を考察する

土の上澄み液をかけたところは、青紫色にならなかった(図5)。つまり、微生物がい

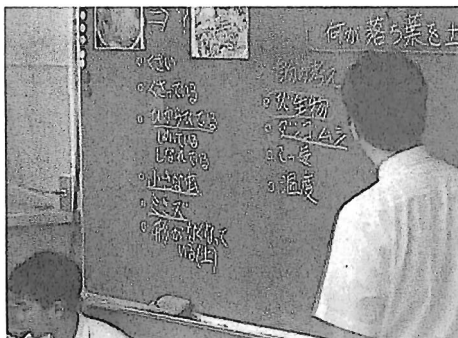


図3 予想を出し合う様子

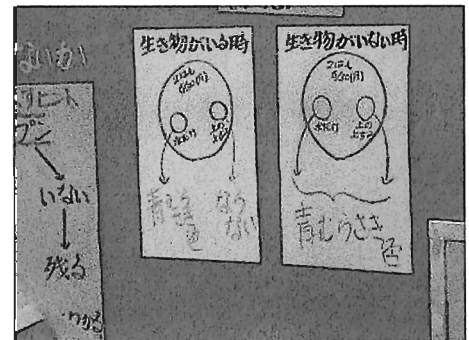


図4 実験後の結果を見通す場面

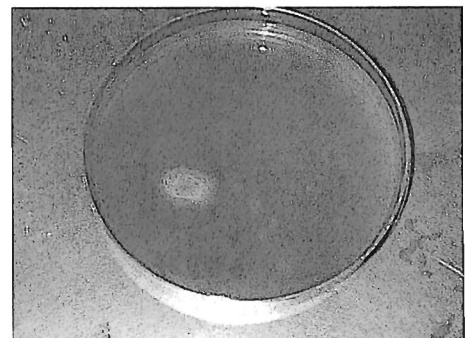


図5 発色プレート

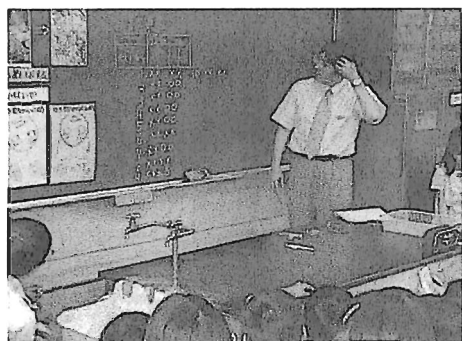


図6 結果を考察する場面

て、でんぷんがなくなったという結果を20組全員が得ることができた(図6)。全ての子どもたちが同じ結果を得たことで、「土の中には微生物がいる」という結論を導くことができた。

対照実験の結果は青紫色になるはずであるが、青紫色にならず、水道水の中にも生物がいたという結果を得る子どもたちも少なからずいた。ヨウ素液がプレート全体に行き渡らず、色むらができてしまったことが一番の原因だと考えられる。ヨウ素液は多めに用意しておくことが望まれる。

(3) 考察

腐葉土を観察することで、「何が落ち葉を土に変えたのだろうか」という学習問題を設定することができた。

また、「微生物がいるのかいないのか」という予想を立て、それを調べる方法を考えさせたことで、見通しをもって追究することができた。その結果、落ち葉の中に微生物がいることを実感をもってとらえることができたと考える。しかし、実験の方法を理解するためには、教師の説明が必要である。また、実験に入る前に、「微生物がいると思うので、でんぷん反応が起こらず、青紫色にはならない」というように、自分の予想と実験後の結果を論理的に理解させておくのが成功の鍵だと思われる。

2. 生ゴミ堆肥化装置を使った循環型生態系の理解

(1) 単元及び実施学年

自然かんきょう(2)ヒトと自然の単元で、6学年熊本市立清水小学校の児童を対象に授業を行った。

(2) 生ゴミ堆肥化装置を使った循環型生態系の理解

本単元「ヒトと自然」は、小学校理科学習の総まとめとして、これまで学習してきたすべて

の内容を関連づけ、自然界のつながりを総合的にとらえられるよう、6年の最後に設定してある。前単元までに生物と食物・水・空気との関係を理解した上で、本単元ではヒトの活動と自然とのかかわりを多面的に見ていき、自然の中で生物どうしが互いに深いつながりをもちながら生きている姿を再認識し、私たちの生活について考えていくことが目標である。したがって、ヒトの活動や自然界のつながりを資料などで調べたり、これまで学習したことをまとめたりする活動が中心となる。

本校は、学校近くの身近な森や湿地へ出かけての自然観察・自然体験活動や落ち葉を利用した学校緑化活動を重視してきた。また熊本市環境局環境企画課・減量美化推進課・教育委員会指導課の三者によるエコスクール化モデル校に指定され、電気使用料を測定する省エネナビや給食残滓等生ゴミ堆肥化装置が導入されている

(図7)。生ゴミ堆肥化装置を使って、生ゴミの処理・落ち葉の利用・堆肥の生成・花壇への利用による草花野菜の栽培と収穫といった学校内閉鎖系としての一連の活動を行ってきた。5年生時に生ゴミ堆肥化装置よりできた堆肥の取り出し・土との混合・ねかせるといった作業を経験しており、6年生になってからの一年は、月曜から金曜までの給食実施の毎日、全校児童の食べ残しを計量し、堆肥化装置への投入を日常活動として経験してきている。また、総合的な学習の時間においては、学校近くの森や湿地に出かけ、子どもたち自らが立てた課題解決的活動を行い、自然の循環についても視野を広げてきている。

学習前アンケートでは、子どもたちは、生ゴミ堆肥化装置に野菜くずや給食の食べ残しを入れると、どうして堆肥になるのか疑問に思っていた。ブラックボックス化しており、日常目の当たりにしている落ち葉の堆肥化とつながっていなかった。

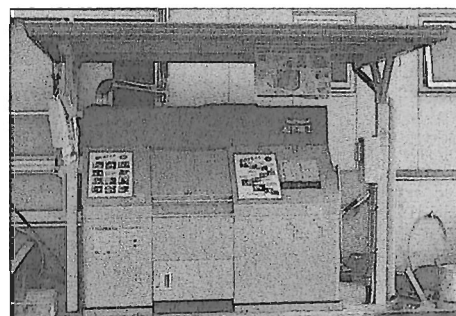


図7 生ゴミ処理機全景

そこで、本単元実施にあたり、循環型生態系の理解をさらに深めるために、資料調べだけにとどまらず、特に生ゴミ堆肥化装置内での物質の分解を理解する実験教材開発を試みた。そしてヒトや他の生物と環境との深い関係をとらえるために必要な物事を多面的にみて、総合的に判断する力の一助とした。

単元の目標を見定めながら、以下のような指導を行った。

(3) 指導計画…………… (10時間扱い)

1) ヒトと自然…………… (1時間)

- ヒトのいろいろな活動は、自然とどのようにかかわっているのだろうか。
「水」「食べ物」「空気」から考える。
疑問に思っていることを出し合い、課題へと高める。

2) 生物とのかかわり…………… (7時間)

- 「水」のつながりを考えよう。(1時間)
 - ・生活排水はどのように処理されているのだろう。自然の持つ力を調べよう。
- 「食べ物」のつながりを考えよう。(4時間) …… 関連教材
 - ・校内での「食べ物」のつながりを探してみよう。
 - ・生ゴミ堆肥化装置内では何が起きているのだろう。
- 「空気」のつながりを考えよう。(2時間)
 - ・植物は光合成を行うときに、酸素をどのくらい出しているのだろう。
 - ・地球温暖化とは何だろう。
 - ・二酸化炭素を一番吸収している生き物は何だろう。

3) 豊かな自然をまもるために…………… (2時間)

- 「里山」って何だろう。ヒトと自然の共存を考えよう。
- わたしたちに何ができるだろうか。自分の思いをまとめよう。

(4) 実際の学習から (2/4・3/4…90分連続・4/4…45分)

前もって校内にいる生き物の「食べ物」のつながりを自分たちで調べてきて、目に見えるつながりについて、考えを出し合い交流しあった。その後、「清水小に設置してある生ゴミ堆肥化装置内では何が起きているだろう。(野菜くずや食べ残しがいつのまにか見えなくなって、堆肥になるのはどうしてだろう。電気で暖かく

保っているのはどうしてだろう。)」と課題設定し、既習の「でんぷん」に視点をあて、実験観察の計画を立て、実験のセッティング(生ゴミ堆肥化装置内のチップ抽出液・0.2%でんぷん寒天培地)を行った。一週間後、子どもたちはチップ抽出液がでんぷんを分解していることを確かめた(図8、9)。日常何気なく使用している生ゴミ堆肥化装置内の目に見えない分解者の存在へ視野を広げることができた。その後、NHKテレビ番組(理科)を視聴し、自然界のつながりを、(生産者・消費者・分解者という視点で)食べ物を通してとらえることができた。

子どもたちは、小動物や微生物への認識が変わった。「肥料ができるのに、小さな生物や微生物の力によってできると知って、すごいと思った。」「生ゴミ処理機の中にも微生物がいるなんてびっくりした。くさいくさいといつも言っていたけど、それは自分の勝手な考えであって、微生物の働きなど知らなかった。微生物は小さいのに、生ゴミ処理機の中では、すごく活躍していて王様だ。」「つながりというのはすごいなあと思った。今を生きていくために、小さな小さな微生物(命)も一生懸命生きているのが分かりました。」「微生物の働きってすごい。微生物って大切だ。みんなつながっているんだと分かり、おもしろいと感じた。」「微生物が堆肥作りに欠かせないと初めてしったので、

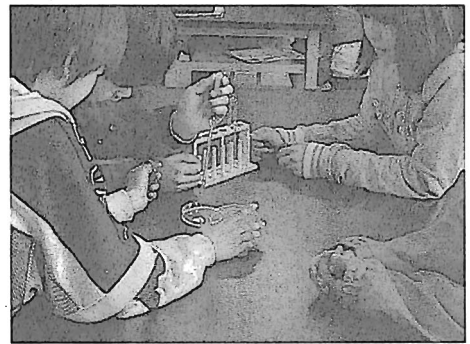


図8 実験の様子

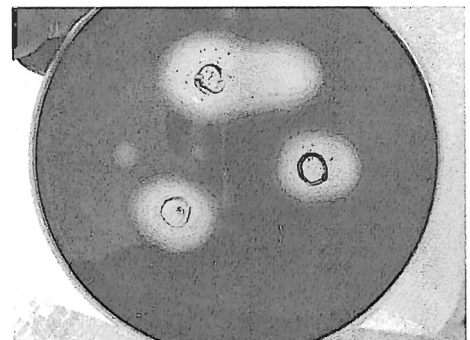


図9 生ゴミ堆肥抽出液を滴下した寒天培地の結果

とてもびっくりした。いろんな働きをしていて、すごいと思った。自然はたくさんのつながりが重要で、それぞれの生き物が役目を果たしていることが印象に残った。微生物が重要な役目を果たしていたなんて驚いた。」「最初、生ゴミ処理機はただ混ぜるだけで堆肥になると思っていただけでも、本当は微生物が生ゴミを分解していたなんてびっくりした。生ゴミも灰になってしまうので、生ゴミをリサイクルするというのがすごいと思う。特に小さな生き物（ミミズやダンゴムシ・微生物）などが堆肥を作っていたということがびっくりした。こう考えると、微生物や小さな生き物たちは地球にとって、大切なことをしているんだと改めて感心した。」と口々に感想を述べている。

見慣れた生ゴミ堆肥化装置の中で、実は自然のつながりを利用した方法、すなわち微生物による分解によって堆肥化されていることを、実験によって実感することができ、子どもたちに新たな、そしてより広い自然の見方・考え方が養われた。

II. 基礎資料としての測定：堆肥溶液の性質

1. 材料と方法

生ゴミ堆肥は、清水小学校の給食残滓の処理機（業務用生ゴミイーター、PG1150；松下電工）、熊本大学教育学部理科の家庭生ゴミ堆肥化装置（GO-U15A；東芝）から、また落ち葉堆肥は熊本大学附属小学校の落ち葉堆肥置き場、熊本大学構内教育学部の除草置き場からそれぞれ採集した。採集したそれぞれの堆肥1gを水に溶かし、10mlにしたものを数十分間放置した。放置すると固体は容器の下に沈むので、液体部分（堆肥液）を各方法で測定した。堆肥液は水面近くに浮いてくる物を採らないように注意した。

電極での測定は、電極の部分に堆肥液を0.1ml落として測定した。pHはコンパクトpHメータ（twin pH B-212；堀場製作所）で、塩分濃度と伝導率は電気伝導度計（Twin Cond B-173；堀場製作所）で、 NO_3^- はコンパクトイオンメータ（CARDY ION；堀場製作所）で測定した。

水質試験紙での測定は、各堆肥液を約1ml容器にとり、簡易水質検査試験紙（アクアチェックN；バイエルメディカル）を1秒間堆肥液に浸し、余分な液をはらい、30秒後に亜硝酸性窒素の濃度を、また、液から取り出して1分後色見表の色枠と比較して硝酸性窒素の濃度を判定した。リン酸イオン

（ $\text{PO}_4\text{-P}$ ）濃度試験紙（日産アクアチェックP；日産化学工業）については、堆肥液に5秒間つけて、取り出してから余分な液ははらわずに、45秒後色見表と比較して判定した。また、アンモニア性窒素試験紙（日産アクアチェックA；日産化学工業）は、堆肥液に浸し30秒間上下に振り、液から出し過剰の水をはらい、その30秒後色見表と比較してアンモニア性窒素の濃度を測定した。

2. 結果と考察

落ち葉堆肥、生ゴミ堆肥の性質

全ての堆肥液はほぼ中性だった（表1）。塩分濃度は生ゴミ堆肥のほうが落ち葉堆肥より高かった。生ゴミ堆肥は、調味料などとして塩を加えることが多いことを反映しているかもしれない。 NO_3^- 濃度についても、生ゴミ堆肥の方が10倍ほど高く、塩分濃度に影響を与えていると考えられる。生ゴミ堆肥をそのまま堆肥として使用すると塩分が多すぎるので、家庭用生ゴミ堆肥化装置の説明書には生ゴミ堆肥と園芸用の土を1：3で混ぜるよう指示してある。表1の測定値については堆肥になる前の生ゴミの種類や、堆肥を採集した地点（落ち葉堆肥置き場の中層から採集したか、下のほうから採集したかなど）等によって変化すると思われたが、生ゴミの種類（給食残滓か家庭生ゴミか）や量、堆肥採集の地点が変わっても、極端に値は変わらず、およそ表1と同じような測定値だった。

コンパクトイオンメータを使って NO_3^- 濃度を調整した液を測定すると、ほぼ期待どおりの値を表示した。しかし、既知濃度 NO_3^- にその10倍濃度の NO_2^- を加えた液をコンパクトイオンメータで測ると、期待値の2割程度増しの値を示した。このように、何か他の成分が混じっている場合に測定値が変化した。そこで、試料液をある倍率に希釈し、測定値もその倍率に希釈されるか調べるなどして、表示された値の信頼性を検討しなければならない。

簡易水質試験紙でも各堆肥液を測定した。硝酸性窒素、亜硝酸性窒素、アンモニア性窒素については、

表1 各堆肥の性質

	落ち葉堆肥		生ゴミ堆肥		測定方法
	付属小	大学	清水小	家庭	
pH	7.5	7.4	7.1	7.3	コンパクトpHメータ
塩分濃度 (%)	0.01	0	0.86	0.21	電気伝導度計
伝導率 (mS/cm)	0.25	0.035	16	4.1	"
NO_3^- (ppm)	20	14	160	130	コンパクトイオンメータ

色見表の最小レベルの発色，または検出限界以下だった。リン酸イオン性リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) は清水小生ゴミ堆肥と家庭用生ゴミ堆肥に200 mg/lほど含まれていた。既知濃度の硝酸性窒素を含む液を試験紙で測定すると，ほぼ期待通りの値を示した。しかし，生ゴミ堆肥液については，コンパクトイオンメータでの NO_3^- 測定では百数十ppmを表示したが，試験紙で測ると検出限界以下だった。濃度が高すぎて試験紙が発色しないのではないかと考え，液を希釈して試験紙で測定したが検出限界以下だった。生ゴミ堆肥液に試験紙の発色を阻害する成分が混在している可能性があるが，明らかではない。

謝 辞

本研究実践は，日産科学振興財団による理科教育助成（試行）（「わくわく理科」のための教材開発

（研究代表者，正元和盛）を受けて行った。記して感謝の意を表したい。また，授業等に関して，熊本大学教育学部附属小学校，熊本市立清水小学校にお世話になったことに感謝いたします。

参 考 文 献

1. 環境省 「平成14年版 環境白書」
2. 北野日出男，木俣美樹男 共編 「環境教育概論」 1992 培風館
3. 今江正和 監修 「郷土の自然に親しむ：自然観察の手引き」 1998 熊本自然環境研究会
4. 日本理科教育学会 編集 「子どもにとっての環境教育とは何か」 2002 理科の教育 51：364-400
5. 角屋重樹・森本信也・村山哲哉 編著 「見通しをもって学ぶ子どもを育てる理科学習小学校5年」 2000 東洋館出版社