

原著論文

環境教育としての土の教材性に関する研究

福田 直

埼玉県立狭山高等学校

Research on Teaching Material of Soil as Environmental Education

Tadashi FUKUDA

Saitama Prefectural Sayama High School

(受理日2003年9月26日)

High school students are not really interested in soil. But according to the author, schoolchildren, junior high school students, and high school students will learn a great deal about environmental awareness through the study of soil purification.

In this report, the observation and the experiment about soil were conducted by the students who took biology as electives. Here, the research process tackled the practice which confirms the function of soil purification.

Students studied the function of purification and saw that it made a difference in the sand and soil.

Furthermore, the students who studied the function of soil purification by various observations and experiments came to realize through concrete evidence that soil will be protected and preserved by touching the problem of soil purification directly. But, although it was keenly realized, according to the author, it is desirable to treat soil purification as an environmental educator, and students will develop a deep concern about the environmental problems of the earth through the studying of soil purification as a teaching material.

Key words : environmental education, soil education, purification, teaching material using soil

1 はじめに

近年、私たちを取り巻く生活環境の著しい変化に伴い、急速に人々の土離れが進んできている。子供たちが土あそびや泥んこ遊びをする機会は減少し、農作業などに携わることもほとんどなくなっている。そのため、土のにおいや感触を知らない子供たちが増えている。また、児童・生徒は学校教育で土そのものを学ぶ機会が少なく、土の性質や機能あるいは役割をほとんど知らないため土の重要性を認識できていない。

筆者が実施した高校生対象のアンケート調査から、土と砂が異なることは認識しているものの砂が砕けて細くなれば土になると考えたり、土は

不変なもので人為の影響を受けないものと捉えている生徒が意外に多いことが明らかとなった。また、生徒の土壌に対する関心は低く、侵食や流出などの土壌破壊や汚染に関する認識も極めて乏しいことがわかった(福田 1994a, 1996, 1998, 1999)。

土の扱いが消極的となっている理由として、学習指導要領での土の取り扱いや土の教材化が進んでいないこと、教師の土に対する関心、知識が乏しいことなどが上げられる。現行の学習指導要領を見ると、小学校、中学校、高等学校とも土に関するまとまった単元・項目はなく、その扱いは断片的かつ付随的である。土は学際的に捉えられており、総合的・横断的に学習することが望ましい。それ故、土の学習は環境教育的視点あるいは総合

的な学習の時間の中で行うのがよいと考えている。とはいえ、そのような検討はこれまでほとんどなされていない。また、生徒の土をはじめとする自然を調べる能力、態度の育成が必ずしも十分とは言えないのが実態である。これらの点を改善するため、本研究では野外で直接土に触れ、土を課題研究テーマとして取り組ませる授業を実践し、考察を行った。土は様々な機能を有しているが、環境を浄化する機能もそのうちの一つである。この機能は土の持つ吸着性に由来している。しかし、生徒は土の持つ浄化機能についてはほとんど知らない。それは、土の特性について学校ではほとんど取り上げられていないためである。土の浄化機能は比較的簡単な実験で確かめることができる(福田 1994c, 1995b)。土は多くの生物を育み、彼らの生活の場となっている。土と生物は密接に関わり合っているが、土は無機的なものと捉えられており、地学的視点で扱うのがよいと考える教師が多い。沼田(1987)は、地質学的視点と生物学的視点とが切り離されて「土の学習」が行われる傾向があるが、環境教育という立場では両者を関連づけるべきであることはいうまでもないこととしている。

筆者は土を理科教育あるいは環境教育の観点に立って教材開発を進めるとともに土を使った授業実践を行ってきた(福田 1988, 1989, 1990, 1994b, 1994c, 1995a, 1995b)。しかし、授業実践を通して生徒の土壌観の変容を追跡した事例は見当たらない。そこで、本研究では授業実践の過程で生徒の土壌観がどのように変容するかを調査した。その結果、様々な土壌に関する授業の取組みにより、生徒たちが土壌観を大きく変容させることが確認できた。土は様々な機能を持っているが、環境を浄化する機能もそのうちの一つである。この機能は土の持つ吸着性に由来している。しかし、生徒は土の持つ浄化機能についてはほとんど知らなかった。土の浄化機能は比較的簡単な実験で確かめることができる(福田 1994c, 1995b)。

ここでは、生物Ⅱの課題研究の中で「土を調べる」を課題設定し、その1つとして「土の浄化機能を調べる」を実践した結果を報告するとともに

生徒の土に対する見方、捉え方等の変容について報告し、環境教育としての土の教材性について考察する。

2 課題研究の設定

- (1) 実施年月日 平成3年7月
- (2) 教科目 生物Ⅱ
- (3) 対象学年 高等学校第3学年
- (4) 生徒数 選択2クラス合計89人
(男子48人、女子41人)
- (5) 課題内容 シリーズ3「土を調べる」
テーマ5「土の浄化機能を調べる」
- (6) 配当時間 総計14時間
- (7) 準備 各地の土、砂、カラム、スタンド、100ccビーカー、脱脂綿、水質分析セット、pHメーター、ユニメーター、電気伝導度計
- (8) 実験方法
 - ①スタンドにカラムを設置する。
 - ②カラムの下方に脱脂綿を敷き、石英砂を詰めた後、各種土壌あるいは砂を入れる。
 - ③カラムの真下に100mlビーカーを置き、カラムの上部よりピペットで200mlの汚水(分析済)を注入する。
 - ④土壌あるいは砂を通過した落水(浸出液)を分析する。分析項目・方法は次の通りとする。

| 分析項目 | 分析方法 |
|-----------------|-------------|
| pH | イオン電極pHメーター |
| 電気伝導度 | 電気伝導度計 |
| NH ₄ | ユニメーター |
| PO ₄ | ユニメーター |
| COD | 過マンガン酸カリウム法 |
| Cl | モール法 |

- ⑤対照として、下方に脱脂綿を敷き、石英砂を詰めたカラムの上部よりピペットで200mlの汚水を注入した後の落水を④と同様の項目・方法で分析する。
- (9) アンケート調査 シリーズ3「土を調べる」の実施前後に選択生物Ⅱを受講している生徒を対象として教師作成のアンケート調査を実施した。

3 課題研究の実践及びその結果

3.1 実践の経過

選択科目「生物Ⅱ」の授業は2単位であり、前年度は講義形式で授業を展開したが、生徒の興味・関心や学習意欲は必ずしも高くはなかった。この反省から、課題研究を中心とした授業編成に変え、生徒に主体的に取り組ませる教育実践を行った。課題設定は教師が行い、それらの中からグループ毎に自由選択させた。生物Ⅱでは単元「生物の集団」を取り上げ、一学期～二学期前半にかけて自然を構成する要素である空気、水、土、生物を4シリーズとして授業を展開した。シリーズに入る最初の授業では土の概要、授業形式等を説明した。その後、生徒主体の課題研究（学期毎に主題を設定）を行った。「土を調べる」シリーズの課題研究テーマを表1の通り設定した。これらのテーマの中から生徒たちは課題を自由選択し、それぞれの課題解決に取り組んだ。なお、課題実験は昼休み、放課後も実施できるように実験室を開放した。実際には、全てのグループで放課後等にも取り組んでいた。

3.2 課題研究テーマの設定

環境教育に重点をおいた自然調査や観察・実験を通して探究する課題研究では8テーマを設けた（表1）。生徒たちは6～7人でグループ編成した。テーマの一つに「土の浄化機能を調べる」があり、

表1 選択科目「生物Ⅱ」の土シリーズにおける課題研究テーマ一覧

| 課題番号 | 課題研究テーマ | 配当時間(時間) |
|------|------------------|----------|
| 1 | 土の生成とつくりを調べる | 3 |
| 2 | 土壌動物の生息から見た自然度調査 | 4 |
| 3 | 資源としての土を探る | 3 |
| 4 | 地域の土地利用の変遷を探る | 2 |
| 5 | 土の浄化機能を調べる | 3 |
| 6 | 世界の土壌破壊・汚染を調べる | 2 |
| 7 | 土壌呼吸量を測定する | 4 |
| 8 | 土と食糧問題を考える | 2 |

このテーマは全グループで取り上げられた。各グループの生徒たちは土が水を浄化することを実際に確かめる装置を作成し、学校周辺の土を使って確認実験を行った。各グループは、土の浄化機能についていくつかの推論を行い、検証実験を設定した。上には水を浄化する働きがあるが砂には浄化機能がないこと、土の種類によって浄化能が異なることなどを推論した。また、実際の汚水をどのくらい浄化するかの確認実験を設定した。授業後、教師から酸性雨が土に浸透したらどうなるかについて、生徒たちに考えさせる課題が与えられた。

3.3 課題研究への取り組み

各グループの生徒は自分たちの推論を検証するため、様々な実験を考え実践した。その際、実験器具や装置は実験室にあるものを使用し、図1のような実験装置を組み立てた。ペットボトルを利用して自作するグループがあった。各グループでは推論の検証実験を通して土の持つ浄化機能を調べ、得られた結果について様々な観点から考察していた。後日、各グループ毎に課題研究の成果が発表されたが、各グループとも土が浄化機能を持つこと、砂には浄化機能がないこと、土の種類によって浄化能に違いがあることなどの推論が正しかったことを確認し、考察していた。一部不明な

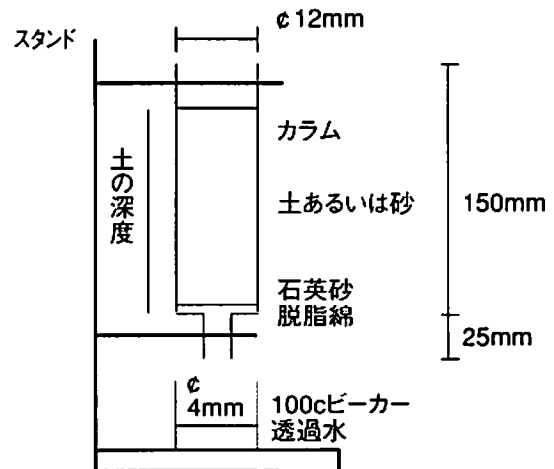


図1 土の浄化機能を確認する実験装置

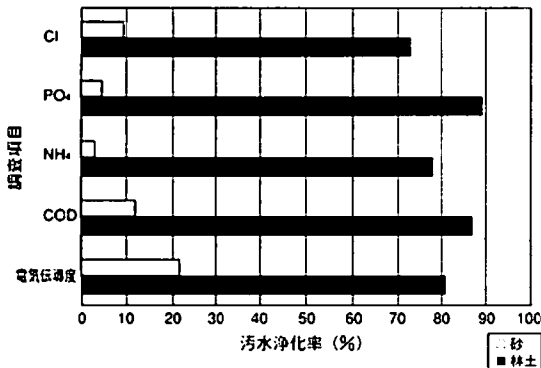


図2 林土と砂による汚水浄化能の比較
pH以外の林土と砂の数値は電気伝導度、COD、アンモニア、リン酸、塩素の各濃度を100.0とした時の相対値

点は、教師が説明したり、解説した。グループによっては、土による簡易な濾過装置を製作してそこに汚水を通してきれいになるかを検証したり、地下水の水質を調べるなどの取り組みをしていた。

3.4 結果及び考察

土の浄化機能を確かめる実験で、生徒たちは黒灰色の汚水が土を通過した後無色透明な液体に変化したことに感動していた。しかし、砂を通過した落水は黒灰色のままではほとんど変化が見られなかった。土を通過した後、何故無色透明になったかについては、土がフィルターとして汚水成分を除去したためと結論づけていた。図2の結果から、土は水質を浄化する機能を持っているが、砂にはこのような機能が見られないことを確認した。この相対値から土と砂との浄化機能の相違は明白である。教師から砂による汚水浄化が多少見られるのは、砂場の砂を用いたため多少土を含んでいることが原因しているかも知れないと説明した。生徒たちは砂をよく洗浄した後、再度実験を行った。その結果、洗浄砂通過後の落水の相対値は100に近づき、砂には浄化機能がほとんど見られないことを明白にした。若月ら(1989)は、多段土壌層法を用いた浄化装置により家庭排水のBODは99%、CODは98%、全窒素は57%、全リンは99%が除去されたとしている。除去率は9割以上には達しなかったが、生徒たちの実験では土壌層がわずか100mm程度であった割にはかなり効率よく

表2 各種土壌による汚水浄化能の相違

| 水質 | pH | 電気伝導度 | COD | NH ₄ | PO ₄ | C1 |
|-----|-----|-------|-----|-----------------|-----------------|----|
| 汚水 | 7.2 | 490 | 60 | 23.5 | 8.5 | 55 |
| 校庭土 | 6.9 | 205 | 25 | 14.0 | 3.5 | 35 |
| 林の土 | 5.8 | 85 | 5 | 5.9 | 0.2 | 15 |
| 裸地土 | 6.1 | 270 | 35 | 13.5 | 4.0 | 35 |
| 畑の土 | 6.2 | 55 | 2 | 3.0 | 0 | 10 |
| 水田土 | 6.5 | 110 | 0 | 0 | 0 | 0 |

電気伝導度：mS/cm、COD・アンモニア・リン酸・塩素：ppm

浄化されていた。

あるグループでは、土の種類によって浄化機能に違いがあるのではないかと推論し、いろいろな土を使って検証する実験に取り組んだ。その結果を表2に示した。この結果から、生徒たちは土の種類により浄化能に違いがあることを検証することができた。校庭土や裸地土の浄化能が低いのではないかとあらかじめ予測していたが、畑土が林土より高い浄化能を持っていることは予測していなかった。生徒たちは何故畑土の浄化能が最も高くなったかを考えていたが、その理由を明確にすることができなかった。そこで、教師から次のような説明を行った後、課題実験を継続した。

土の浄化能は、土が物質を吸着・保持する性質を持っていることにより生じる。上には、礫や砂、シルト、粘土などの様々な大きさの粒子と植物根や根毛、菌体、腐植、動物遺体などの有機物が混じっている。そして、これらの集合体には隙間があり、そこには空気や水などがある。このような複雑で多様な土の構成体の中で、主に浄化機能に関わっているのは吸着・保持する力の大きい粘土である。粘土は土壌中で有機物である腐植と複合体をつくっている。上の表層部には腐植・粘土複合体、下層部には粘土が多く含まれており、降水などが土壌層を浸透・通過していく時に様々な物質を吸着する。粘土鉱物の比表面積は数十～数千m²/gと大きく、陽イオン交換容量は2～150me/100gに達する(日本土壌肥科学会編 1981)。また、ヒューマスには汚水を浄化する機能がある(国際腐植物質学会第5回国際学会組織委員会 1990)。

粘土や腐植の物質吸着性により、浸透水は浄化される。実際の野外では、汚水が土壤中を通過するのはゆっくりであり、この間に微生物分解などにより浄化されるところもある。土の表面積は一粒一粒の土粒の表面積の総和となる。例えば、1gの土に含まれる粒子の数は粗砂だけでできていると考えれば90粒～9万粒、粘土だけの場合は実に9百億粒からできている（岩田 1989）。土を手にとって少しぬらしてから指でつまんで練ってみるとざらざらした砂の感触のほかにもぬるぬるした感触があることがわかる。この感触が粘土であり、練ると土ひもができる。土ひものでき方で粘土の含まれる量がわかる。

教師は様々な土で粘土の多少を比較してみるとよいことをアドバイスした。また、この粘土を使ったクレイ石鹸やクレイシャンプー、クレイパック等の商品（実物を提示）が脚光を浴びていることやクレイの吸着性により汚れを落とす洗浄力に優れていることを話すと、生徒たちは強い関心を持った。教師からの説明後、生徒たちは実際に校庭土や畑土、林土、裸地土をつまみ、感触の違いや土のひものでき方を比較していた。粘土を多く含む土ほど長いひもができることから、生徒は粘土含有量が水田土で最も多く、次いで畑土や林土であり、校庭土や裸地土では少なかったと考えた。表2の林土より畑土で浄化が優れていた理由も粘土含有量の違いによると考察していた。この粘土含有量の違いがそれぞれの土の浄化能の違いに関係していることを考察した。下層には粘土が多く含まれるという教師の説明から、あるグループの生徒は下層土の浄化能の方が上層土よりも高いことを想定してA層とB層の土を使った浄化能の比較実験を行っていた。その結果、林土の浄化能は

表3 林土のA層及びB層の土による汚水浄化能の相違

| 水質 | 電気伝導度 | COD | NH ₄ | PO ₄ | Cl |
|------|-------|-----|-----------------|-----------------|----|
| 汚水 | 620 | 45 | 28 | 9.0 | 75 |
| A層の土 | 285 | 12 | 5 | 0.5 | 20 |
| B層の土 | 20 | 3 | 0 | 0 | 5 |

電気伝導度：mS/cm、COD・NH₄・PO₄・Cl：ppm

表4 深度別土壌を浸透した後の汚濁水の水質変化

| 水質 | COD | NH ₄ | PO ₄ | Cl | |
|--------------|-----|-----------------|-----------------|-----|----|
| 汚濁水 | 70 | 50 | 2.0 | 35 | |
| 土の深度 (cm) | 1 | 65 | 46 | 2.0 | 33 |
| | 10 | 50 | 41 | 1.8 | 30 |
| | 20 | 35 | 35 | 1.5 | 22 |
| | 30 | 25 | 27 | 0.4 | 13 |
| | 50 | 10 | 5 | 0 | 0 |
| | 70 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| | 100 | 10 | 0 | 0 | 0 |

COD、NH₄、PO₄、Cl：mg/l

A層よりB層の方が高く、生徒の推論が証明された。特に、アンモニアとリン酸はB層の土によりほぼ完全に除去されていた（表3）。

他のグループの生徒は工事現場で譲り受けた鉄製パイプを雑木林土に深度別に突き刺して静かに抜いた後、上部より汚濁水を注入して落水の水質を分析することを考え、取り組んだ。突き刺す深さを変え、得られた落水を管ピンに採取し、放課後の時間を使って分析を行った。その結果、表4の通りであった。この表から、深度50cm辺りで浄化が著しく進んでいることが判明した。生徒たちは、表層から46cmのところからA層とB層の境があり、この深度付近で粘土を多量に含む層が発達していたことを野外で土を実際に掘って確認していた。

4 生徒の反応

土の機能や効用に対する生徒の認識度について、土シリーズの授業前と授業後にアンケート調査した結果（表5）、大きく変化したことが明らかとなった。項目別に見ると、シリーズ実施前に半数以上の生徒が認識していると答えていたのは「食糧生産、木材生産」、「生物のすみか」、「水分の保持」の3項目であったが、実施後は7項目に増えていた。一方、実施後も認識度が低かったのは「資材としての土」や「pH・養分量の安定化」、「有害物質の分解」、「湿度変化の緩和」、「遺伝子プール」の5項目であった。これは、5項目がシ

表5 土シリーズの授業実施前後の土の機能・効用に対する認識度(%)の相違

| 土の機能・効用に 関する調査項目 | 認識している | | 少し認識している | | 全く認識していない | |
|---------------------|--------|------|----------|------|-----------|------|
| | 実施前 | 実施後 | 実施前 | 実施後 | 実施前 | 実施後 |
| 物質循環のかなめ | 17.9 | 80.8 | 31.5 | 6.8 | 50.6 | 12.4 |
| 養分の保持 | 21.3 | 93.1 | 55.1 | 1.3 | 23.6 | 5.6 |
| 水分の保持 | 68.5 | 95.6 | 11.3 | 8.2 | 20.2 | 2.2 |
| 気温変化の緩和 | 5.6 | 77.5 | 65.2 | 10.6 | 29.2 | 16.9 |
| 資材としての土 | 2.2 | 13.5 | 4.5 | 10.2 | 93.3 | 76.3 |
| 食糧生産、木材生産 | 89.9 | 93.3 | 1.1 | 3.3 | 9.0 | 3.4 |
| 生物のすみか | 77.5 | 95.6 | 3.4 | 2.2 | 19.1 | 2.2 |
| 水の浄化 | 6.7 | 73.0 | 20.2 | 6.8 | 85.4 | 82.0 |
| pH・養分量の安定化 | 1.1 | 17.8 | 7.9 | 10.2 | 88.8 | 88.8 |
| 有害物質の分解 | 0.0 | 5.6 | 10.1 | 7.6 | 82.2 | 68.5 |
| 湿度変化の緩和 | 7.9 | 21.8 | 17.8 | 10.2 | 75.2 | 92.1 |
| 遺伝子プール | 0.0 | 3.4 | 16.9 | 4.5 | 96.6 | 3.4 |

調査対象：高等学校第3学年2クラス 調査人数：合計89名（男子48名、女子41名）

表6 「大気」・「水」・「土」・「生物」に対する関心度(%)

| 構成要素 | 関心を持っている | 課題研究で 取り上げたい |
|------|----------|-----------------|
| 大気 | 32.6 | 22.5 |
| 水 | 61.8 | 75.3 |
| 土 | 5.6 | 2.2 |
| 生物 | 55.1 | 70.8 |

調査対象及び人数は表5と同じ。

表7 「土を調べる」シリーズの授業実施前後の土に関するアンケート調査

| N0 | 質問事項 | 実施前 | 実施後 |
|----|-----------------------------|------|------|
| 1 | 土に興味・関心がある | 5.6 | 66.3 |
| 2 | 土は汚いものだ | 23.6 | 6.7 |
| 3 | 岩石が細かくなると土になる | 56.2 | 2.2 |
| 4 | 土には浄化する機能がある | 9.0 | 95.5 |
| 5 | 土の生成には生物の働きが必要である | 22.5 | 82.0 |
| 6 | 土はいくつかの層から成っている | 7.9 | 92.1 |
| 7 | 土を保全することは大切である | 16.9 | 59.6 |
| 8 | 自然の中で土は大事な役割を担っている | 14.6 | 53.0 |
| 9 | 土は呼吸している | 3.4 | 94.4 |
| 10 | 世界では土壌侵食・流出などの破壊や土壌汚染が生じている | 19.1 | 76.4 |

表中数値は質問事項に「そう思う」と答えた生徒の%を表す
調査対象及び人数は表5と同じ。

リーズで取り上げなかったためと考えられる。

4月当初、土壌に関する一連の授業開始前に課題研究「大気・水・土・生物を調べる」を授業で行うことを説明したが、生徒たちの土への関心は極めて低く、課題研究で土を取り上げたいとする生徒はわずかであった(表6)。また、課題研究実施前は生徒の土に関する知識も乏しく、例えば岩石が細かくなれば土になると考えている生徒が56%を占めていた(表7)。土の浄化機能があると考えている生徒はわずか9%であった。授業実践後には生徒の土に対する関心はかなり高まり、土を正しく理解している割合も増加していた。さらに、土の浄化機能を理解し、土を保全することの大切さなどに気づく生徒が6割近くに達した。

課題研究では各グループの生徒たちは協力しながら、課題解決に向けた実験等を創意的に組み立て、授業時間を超えて主体的、意欲的に取り組んでいた。授業時間内に結果を得ることができたグループはなく、昼休みや放課後あるいは休日に学校に集まって観察・実験などを実施していた。鉄製パイプを使った実験を試みたグループでは、土の深さが増すに連れて落水までの時間がかかったり、得られた落水が少なく分析に大変苦労している様子だった。中には課題研究を離れて浄化器を作ったり、河川の汚濁浄化を改善する方法を考案するグループもあった。生徒たちの学習意欲の高

さは、生徒自身の発想による様々な課題開発・取り組みの態度や次々と創造的な推論を立てて認証実験を行っていたことからわかった。生徒たちは研究成果のまとめ・考察、発表などを通して、科学の探究方法などを習得したと考えている。

各グループからの発表では活発な討議がなされた。そして、このシリーズで学んだ土について多くの人に知ってもらおうイベントや上あるいは自然の破壊・汚染の現状、保全を働きかけるシンポジウム、キャンペーンなどを提唱するグループもあった。教師から土の浄化には土の吸着能の他に土の構造や土壤微生物の働き等様々な自然が深く関わっていることを説明すると、土壤保全の重要性に気づいた生徒の中には人間と土との関係のあり方や土と直接的、間接的に関係する大気、水、生物の保全も重要であることを発言していた。また、自然をエコシステムとして捉えていくことが地球環境問題を解決していくために必要だと提言する生徒がいた。これらの発言や提言から、生徒の望ましい環境観が育まれていることがわかった。

最終授業のまとめの中で、環境庁水質保全局(1981)であげている土壤生態系の環境保全機能である①洪水防止機能、②水源涵養機能、③水質浄化機能、④土砂崩壊防止機能、⑤土壤表面侵食防止機能、⑥地盤沈下防止機能、⑦汚染物浄化機能、⑧地表温・湿度変化の緩和機能、⑨土壤生物相保護機能、⑩植生保護機能を説明した。この中で、水源涵養機能に関心を持った生徒が河川の流域を訪ね、樹種と涵養との関係を調査するなど様々な活動の広がりを見せている。

5 生徒の土壌観の変容

土シリーズの最初の授業時に生徒に「土とは何か」、「土はどのようにしてできるのか」、「自然の中での土に役割は何か」などの発問をしたが、ほとんど答えられなかった。多くの生徒は土についての知識は乏しく、土を正しく理解していない。そのため、生徒の中には土は汚いものであり、病原菌があるのでなるべく触れたくないものという誤った捉え方や悪いイメージを持っている者がいる。このシリーズの中で実際に野外で土に触れ、

表8 生徒の土に対する見方・考え方の変容に関する調査
 (「土を調べる」シリーズの授業実施後の調査)

| 土に対する見方・考え方 | 回答率 (%) |
|-------------|---------|
| 以前より大きく変わった | 28.1 |
| 以前より多少変わった | 61.8 |
| 以前と変わらない | 7.9 |
| わからない | 2.2 |

調査対象及び人数は表5と同じ。

土を使った様々な観察・実験を取り込んだ授業を通して生徒たちは土の性質や機能、役割を認識し、生徒たちの土壌観は「以前より大きく～多少変わった」が約9割を占め、変容していることが明らかであった(表8)。特に、土の浄化機能を学習したことで自然の中での土の環境浄化としての働きに強い関心を持ったという生徒が多かった。

課題研究をはじめた当初は土を取り上げることに抵抗感を持っていた生徒が見受けられた。しかし、多くの生徒たちは土と砂の浄化機能の違いに驚き、興味を示すようになるとともに「汚れた水が土を通過して透明になって落ちてきた瞬間の感動を忘れない」、「土の持つすばらしい機能を知り、土に対する見方はすっかり変わってしまった」などと言っていた。土の一連の授業終了後の生徒たちの感想文の中から一部を取り上げ、抜粋した表9からも生徒たちの土壌観が大きく変容していることがわかった。例えば、Aは「土を軽視し嫌っていたが生物が宿り大切な働きをする土にもっと目を向けていきたい」と考えるようになり、Cは土を「触りたくないものからすばらしいもの、大切なもの」と捉えるようになった。Dは土の浄化機能を学び「土が大事な働きを持っていることから土を大事にしていかなければならない」と考えるようになった。Hは自然の中で土がはたす様々な機能が地球環境の維持にとって極めて大切であることから「土に対する見方が大きく変わった」ことを感想としてあげている。Iは土の働きについて学び土壤破壊の現実を知ることによって「将来土を守る仕事をしたい」と考えるようになったとしている。この他の生徒たちの感想も授業前後で土壌観に変化が見られたというものがほとんどで

表9 土シリーズ終了後に生徒たちが書いた感想文（一部抜粋）

- A：私たちの食料をつくる場である土壌を軽視し嫌っていたが、これからは多くの生物が宿り地球をクリーンにするなどの大切や働きをする土にもっと目を向けていきたい。
- B：課題研究では自分たちで抱いた「なぜ」、「どうして」、「どうなっているか」などの疑問についてみんな話し合い、その解決に向けて考えた実験をしたのが大変よかったし、とても楽しかった。
- C：選択生物Ⅱのような授業は初めてだった。グループの皆が一生懸命で失敗した実験もあったが、とても勉強になった。土は嫌いで触りたくないと思っていたのに、今は土をすばらしいもの、大切なものと思うようになり、自分でも驚くくらい変わったと思う。
- D：土の浄化実験を実施し、土が大事な働きをしていることがよくわかった。特に、土の呼吸実験はおもしろかった。土が実際に生きていること、土によって呼吸量が違うこと、土の呼吸が時間によっても変わってくることなど、いろいろなことが勉強できた。植物や動物にとって土はオアシスであり、私たち人間はもっと土を大切にしていかなければならないことを強く感じた。
- E：グループで自由に研究できたことがよかった。土は神秘的であり、もっと土についてたくさんのことを学びたい。土を掘ってその断面を見たのが印象に残っている。また、浄化実験で汚れた水が土を通すだけできれいになったことから、土ってすごい機能を持っているんだと感動した。
- F：こんなに土について勉強したのははじめてだ。土を知れば知るほど、もっと知りたいと思うようになっていった。自分から意欲的に勉強したことは今までになかった。また、小さい頃から土は汚いものと思っていたのに不思議な気がする。将来は大学で土を学びたい。
- G：土の中に粘土があり、物質の吸着に働いていることが水田のねばる土で実験してよく理解できた。また、地下水の水質を分析してきれいだったが、みんなで実験したり、話し合ったりしたので、その理由が大変よくわかった。
- H：土が自然の中ではたす役割がいかに重要かが理解できた。土なしには食料はつくれないし、雨水の保持もない。また、土は水をきれいにしたり、養分を保ち、農薬などを分解するなどの様々な機能を持っている。私たちはいつもほとんど土について考えたり、話題にすることはなかった。私たちのグループではみんな土に強い関心を持ち、地球上の土を守ることの大切さを真剣に考えるようになり、土に対する見方が大きく変わった。
- I：土がいろいろな働きをしていることを全く知らなかった。土は汚いもので触りたくないものだったが、食料生産や生物の死骸の分解、環境浄化などを行うことを学んでならない大事なものであると考えるようになった。また、その土が流出や浸食などで失われていっている現実を知り、将来土を守る仕事をしたいと考えるようになった。

あった。

各グループで協力しながら、課題解決に向けた実験等を創意的に組み立て、授業時間を超えて熱心に取り組んでいた。

環境教育の一つの要になるのは、環境観ないし環境哲学と、人間と自然との関係における人間生存のための規範である生態倫理ないし生命倫理が環境教育の背景あるいは基盤として重要な役割を担うことである（沼田 1987）。そして、特に環境教育を行うにあたっては教師の環境観が一番問題になることを指摘している（沼田 1982）。筆者は、4 シリーズの授業を通して生徒たちの環境観が様

変わりし、人間と自然との望ましい共生関係に配慮した考え方や態度等が育まれ始めている生徒が少なからずいたことを確信している。

6 環境教育としての土の教材性についての考察

「大地の倫理」を提唱したレオポルドはコミュニティの境界を広げて、土、水、植物、動物、大地まで含むようにする、つまり人間の役割を大地のコミュニティの征服者から単なる一市民へと変えることとしている（大来・松前、1993）。また、沼田（1982）は地球の生物圏を考え、人-自然系としての地球上の生態系を考えに入れると人間、

動物、植物、微生物、大気、水、土壌を含めた生態系としてのバランスを考慮せねばならないと指摘している。さらに、ジョン・パーリン(1994)は人口増加と経済発展に伴う森や豊かな土壌からの搾取の繰り返して文明の衰退をもたらしたが、この歴史は今でも続いていると指摘している。これらは、いずれも自然や人間活動に土が極めて重要であることを強調している。そして、地球環境問題が深刻視されている今日、土の破壊・汚染の広がりや心配される反面、土の持つ環境浄化機能に大きな期待が寄せられている。特に、化学肥料や農薬投与が繰り返されてきた農地では土の様々な機能が失われ、侵食や流出などの破壊が進み、汚染物質の農地外流出が問題となっている。また、熱帯地方では森林伐採が急速に進み、大規模な土壌流出が生じて表土喪失したり、砂漠化が進んでいる。これらの土壌問題はいずれも人間の土壌資源に対する適正な配慮の欠如がもたらした災厄である(日本土壌肥料学会編 1988)。

自然界で重要な位置にある土について児童・生徒に学習する機会をつくり、土を保全する考えや態度を身につけさせることは、学校教育の役割である。生徒たちは学校周辺の様々な地点の土を実際にその場で調べたり、採取して実験に供したりすることを通して、土の違いを体験的に学び、土に深い関心を持つとともに自然における土の重要性や土を保全することの大切さを認識することができたとしている。豊かな環境観の育成には、①野外での実体験、②自ら探究するプロセスの体験(課題研究等)、③自然をトータルに見たり、調べる体験などが重要である。豊かな森林観には、実際の姿をまず「裸眼」で見ること、そして実在の森林に身をおいて新たな森林風景を獲得することである(伊東編 1996)。学校現場では、理科の授業で観察・実験が極めて乏しく、野外ではほとんど実施されていない。年間3回以上観察・実験を実施している高校は87校中17校であり、野外での実施校は2校、課題研究実施校は4校であった(1991年調査)。水越・熱海(1994)は、理科教育において野外で直接自然に接し、自然と触れあう場を設定する「環境における教育」を心掛ける

ことは大変重要であることを指摘しているが、それが実証されたと考えている。土は自然を浄化する機能を有しているが、むやみに木を切ることや林道を切り開くことなどの開発や酷使により土を失ったり、その特性をなくしてしまうことになりかねない。この事実を様々な課題研究テーマの実践で学んだ生徒たちは、土を守る考えを持つようになるとともに土を保全する具体的な行動について考えるようになっていた。環境教育としての土の教材性を探ってきたが、土を教材として取り上げ、扱うことが自然や地球環境の成り立ち・しくみを学習することにつながるということが明らかとなった。また、学習指導要領に示されている土に係る関連項目に関して、一步踏み込んだ扱いを行うなどの学習実践を通して、生徒の土への関心は高まり、土に対する見方や考え方が変わり、強いては自然への興味・関心を高め、自然を調べる意欲を持たせることにつながることを確認した。

引用文献

- 福田直, 1988, 土壌を使った観察・実験—土壌呼吸—, 遺伝, 42(4): 105-110.
- 福田直, 1989, 土壌を使った観察・実験—土壌微生物の観察・計数—, 遺伝, 43(7): 102-107.
- 福田直, 1990, 土壌を使った観察・実験の実践(1), 生物教育, 30(2): 95-99.
- 福田直, 1994 a, 小・中・高等学校理科及び生物教育における土の取り扱いのあり方に関する考察, 生物教育, 34(4): 281-291.
- 福田直, 1994 b, 身近な土を題材とした環境教育の実践, 環境教育, 4(1): 61-66.
- 福田直, 1994 c, 土を使った観察・実験(2): 土による養水分吸着および保持, 遺伝, 48(11): 89-94.
- 福田直, 1995 a, 土を教材とした探究学習, 遺伝, 49(10): 54-60.
- 福田直, 1995 b, 土による養水分の吸着・保持に関する指導, 理科の教育, 44(4): 40-45.
- 福田直, 1996, 土を題材とした環境教育の実践: 森林破壊を学ぶ, 環境教育, 5(1): 2-13.
- 福田直, 1998, 高等学校生物における生物と土と

- のかかわりを視点とした指導法に関する研究,
生物教育, 38(1): 2-11.
- 福田直, 1999, 特集自然環境に生物を学ぶ: 教材
である土をどう扱うか, 遺伝, 53(3): 29-34.
- 伊東俊太郎編, 1996, 環境倫理と環境教育, 219pp,
朝倉書店, 東京.
- 岩田進午, 1989, 土を科学する, 148pp, 日本放送
協会出版会, 東京.
- ジョン・パーリン (安田喜憲・鶴見精二訳), 1994,
森と文明, 489pp, 品文社, 東京.
- 環境庁水質保全局, 1981, 土壌の生態系について
の検討結果: 土壌の生態系に関する検討会報告.
国際腐植物質学会第5回国際学会組織委員会,
1990, 国際腐植物質学会第5回国際会議報告書,
19-490.
- 水越敏行・熱海則夫, 1994, 環境教育, 292pp, ぎょ
うせい, 東京.
- 日本土壌肥科学会編, 1981, 土壌の吸着現象: 基
礎と応用, 160pp, 博友社, 東京.
- 日本土壌肥科学会編, 1988, 土の健康と物質循環,
245pp, 博友社, 東京.
- 沼田眞, 1987, 環境教育のすすめ, 235pp, 東海大
学出版会, 東京.
- 沼田眞, 1982, 環境教育論, 211pp, 東海大学出版
会, 東京.
- 大米佐武郎・松前達郎, 1993, 地球と環境教育,
249pp, 東海大学出版会, 東京.
- 若月利之・小村修一・阿部裕治・泉一成, 1989,
多段土壌層法による生活排水中の窒素, リンお
よびBOD成分の除去とその浄化能の評価, 土肥
誌, 60: 335-344.