

博士論文

**「土壌リテラシーの育成に向けた学校教育
における土壌教育の在り方に関する研究」**

所 属 日本女子大学大学院人間社会研究科教育学専攻

学 位 博士(教育学)

取得年度 平成 28 年度

氏 名 福田 直

目 次

序 章 研究目的・方法と論文構成、先行研究	1
第1節 研究の目的	2
第2節 研究の方法と論文構成	4
第3節 先行研究	5
第1項 海外における土壌研究	6
第2項 国内における土壌研究	7
(1) 学校教育（理科教育等）	8
(2) 高専・大学・試験研究機関・博物館における土壌教育	8
(3) 土壌教材	9
(4) 指導方法・分析方法（土壌テキスト）研究	9
(5) 土壌教育・土壌リテラシー	9
(6) 環境教育	10
(7) 文化土壌	10
(8) 普及啓発（書籍等）	10
(9) 学習指導要領における土壌の取扱い等	11
第1章 土壌リテラシーの概念規定と土壌教育の歴史	12
第1節 土壌リテラシーの概念規定とその育成	13
第1項 土壌リテラシーの概念規定	13
第2項 土壌リテラシーの育成	14
第2節 土壌教育の歴史	19
第1項 世界の動向	19
第2項 日本の動向	21
第3節 まとめ	25
第2章 初等中等教育における土壌教育の現状と課題	26
第1節 初等中等教育における土壌教育の現状	27
第1項 児童・生徒の土壌に対する関心・理解・知識	27
第2項 教師の土壌に対する関心・知識・指導	32
第2節 学習指導要領の変遷に基づく土壌教育の変容とその課題	38
第1項 学習指導要領に見られる土壌教育の変遷	38
第2項 初等中等教育における土壌教育の課題	41
(1) 教科書に見られる土壌記載内容の問題点	41
(2) 土壌内容及び土壌指導の課題	42
(3) 諸課題を踏まえた土壌教育の在り方	42
第3節 まとめ	43
第3章 土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育の在り方と方策	44
第1節 土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育の在り方	45
第1項 日本及び諸外国の土壌教育の比較	45
(1) 教科書	45
(2) 生徒	48
(3) 教師	51
第2項 土壌研究者の考える土壌内容項目	54

第2節 土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育の方策	56
第1項 幼児期から成人までの発達段階に応じた土壌教育の確立	56
(1) 幼児期の土壌教育	56
(2) 児童・生徒期の土壌教育	59
(3) 幼児期から成人までの発達段階に応じた土壌教育	61
第2項 教科横断的な土壌教育の構築	63
第3項 諸機関と学校教育との連携の構築	65
第3節 まとめ	66
第4章 土壌への関心を高め、理解を進める土壌教材の開発及び土壌授業の改善	67
第1節 定性的視点に基づく土壌教材開発の必要性	68
第2節 土壌教材の開発	69
第1項 土壌呼吸	69
第2項 土壌粒子	72
第3項 土壌吸着	73
第4項 土壌浄化	74
第5項 植物遷移と土壌形成	77
第6項 ミニ土壌断面モノリス (土壌断面)	78
第7項 土壌中の水の浸透	78
第3節 まとめ	79
第5章 土壌リテラシーを高める土壌教育実践とその評価	80
第1節 生徒の発想を生かした土壌授業の構築	81
第2節 開発土壌教材活用の実践事例とその評価	83
第1項 土壌呼吸 (中学校)	83
第2項 土の粒子 (小学校)	89
第3項 土の吸着 (小学校)	91
第4項 土壌の浄化機能 (中学校及び高等学校)	95
(1) 中学校	95
(2) 高等学校	98
第5項 植物遷移と土壌形成 (高等学校)	100
第6項 ミニ土壌断面モノリスの作製 (高等学校)	105
第7項 土壌中の水の浸透 (中学校)	108
第3節 児童・生徒の学習成果	111
第4節 まとめ	115
第6章 土壌リテラシーを育成する教科横断型土壌教育の構築と実践	117
第1節 21世紀型能力の育成に向けた土壌教育の在り方	118
第2節 教科横断型土壌教育の構築	119
第3節 高等学校における教科横断型土壌教育の実践	122
第1項 学習指導要領に記された指導内容から見た教科横断型土壌教育	122
第2項 教科横断型授業「総合課題授業」の構築	125
第3項 教科横断型授業「総合課題授業」の実践	128
(1) 単元及び評価基準等	128
(2) 授業実践	129
(3) ルーブリックを使った評価	132

第4項 SSH校における授業実践	133
第5項 「従来型」と「教科横断型」の授業法による土壌に対する関心・理解の比較	135
第4節 教科横断型土壌教育の課題	137
第5節 まとめ	141
第7章 幼稚園児および小学生、大学生、成人の土壌教育	142
第1節 幼稚園児の土壌教育	143
第2節 小学校低学年児童	147
第3節 大学生の土壌教育	147
第4節 成人の土壌教育	149
第5節 まとめ	152
第8章 諸機関等と学校教育との連携に基づく土壌教育の模索と実践及び課題	153
第1節 諸機関等と学校教育との連携に基づく土壌教育の模索と実践	154
第2節 諸機関と学校教育との連携の構築	155
第1項 日本土壌肥科学会における土壌教育の推進のための取組	156
(1) 土壌観察会	158
(2) 教師対象の土壌研修会	160
(3) 普及啓発本の作成	160
(4) 学習指導要領への土壌指導項目・内容に関する文部省（現在文部科学省）への提言・要望	161
(5) 出前授業	151
(6) 学会内の部会・部門の新設	162
第2項 博物館における土壌教育の推進のための取組	165
第3項 農林水産省との開催	167
(1) 第52回科学技術週間イベント「親と子の土の教室」	167
(2) 第53回科学技術週間イベント「親と子の土の教室—土のふしぎを発見しよう—」	167
(3) 第54回科学技術週間イベント「親と子の土の教室—土のふしぎを発見しよう—」	168
第4項 校内外における授業と学びの度合い	170
第3節 まとめ	171
終章 本研究の成果と今後の課題	173
文献	179
付属資料	197
「土壌肥料に関する歴史」年表（世界）	198
「土壌肥料に関する歴史」年表（日本）	200
「環境教育・土壌教育に関する歴史」年表（日本）	201
謝辞	202

図表及び写真目次

序 章 研究目的・方法と論文構成、先行研究

図序-1 研究図式	5
-----------	---

第1章 土壌リテラシーの概念規定と土壌教育の歴史

図1-1 農作業の体験（「ある」の割合）	15
図1-2 泥んこ遊び（「ある」の割合）	15
表1-1 幼稚園児から小学校低学年低学年児童からの質問と回答（%）	16
図1-3 小・中・高等学校等における土壌リテラシーの向上に向けた土壌教育の構築過程	17
図1-4 土壌リテラシーの育成に向けた学校教育等における土壌教育の構築（福田概念図）	18
図1-5 「土は汚い」、「土を触らない」などの子どもへの発言の有無	18
図1-6 幼稚園及び小学校（1～3年）における土に触れる機会の有無	19
表1-2 土壌教育の歴史的経緯（1945～現在）	20
図1-7 年度別の土壌汚染判明事例件数の推移	21
表1-3 日本の食料自給率の推移（カロリーベース）	23
図1-8 世界の主要国の食料自給率（カロリーベース、2009年）	23
図1-9 農業就業人口の推移（農林水産省「農林業センサス」2016より作成）	23
図1-10 耕作放棄地面積の推移（農林水産省「農林業センサス」2015より作成）	24
表1-4 「授業で土壌を取り上げ、扱うこと」に対する高等学校理科教師の考えと実践の状況	24
図1-11 木材自給率の推移（林野庁「木材需給表」より作成）	24

第2章 初等中等教育における土壌教育の現状と課題

図2-1 環境質の重要性の評価における土壌の捉え方の日米の相違	27
表2-1 児童・生徒の自然構成要素に対する関心の度合い（%）	30
表2-2 中学生と高校生の土に対する関心・理解・知識の実態	30
表2-3 小学生、中学生、高校生を対象とした「土の好き・嫌い」調査	31
図2-2 高等学校地理の教科書に記載されている各種土壌の知識・理解の度合い	31
表2-4 高校生の環境用語に対する知名度・理解度	32
表2-5 小学校及び中学校、高等学校理科担当教師の土の学習機会と教材としての捉え方	33
表2-6 高校地理担当教師の大学時の土壌研究	33
図2-3 授業あるいは観察実験による様々な土の内容の指導割合（調査校71校）	35
図2-4 小学校、中学校、高等学校における土壌教育の実施状況	35
表2-7 土壌指導しない理由（中学校及び高校理科）（%）	36
表2-8 土壌用語に対する理解（「理解している」割合%）	36
表2-9 土壌教育を実践した中学校及び高等学校の実践状況	36
図2-5 社会・地歴公民担当教師が理科で取り上げている土壌に関する内容の把握の割合	37
図2-6 理科担当教師が社会・地歴公民で取り上げている土壌	37
表2-10 福島原発事故後の放射性物質拡散による土壌汚染のしくみの理解度（%）	37

図2-7 土壌を扱うのに適した教科	38
表2-11 学習指導要領の改訂に基づく理科教育の改定内容及び土の取り扱いの移り変わり	39
表2-12 学習指導要領の中の「土」及び「土壌」の記載数の変遷	39
図2-8 小学校学習指導要領理科に登場する用語「土」あるいは「土壌」の出現数の変遷	40
図2-9 昭和56年と平成17年における小学校・中学校・高等学校教師の「土を授業教材として取り上げている」割合の変化	41
図2-10 昭和56年と平成17年における小学校・中学校・高等学校教師の「土と接し土に触れる指導、土の観察実験指導」実施割合の変化	41

第3章 土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育の在り方と方策

表3-1 各国の教科書に見られる土壌項目の記載状況	46
表3-2 高校理科（生物）の教科書に見られる土の記載の割合	46
写真3-1 アメリカの中学校理科教科書	47
写真3-2 諸外国の教科書の中の土壌記載例	48
表3-3 土壌記載から見た日本型とアメリカ型の特徴と関係国	48
表3-4 我が国と諸外国の生徒の土に対するイメージ比較（%）	49
図3-1 各国高校生の「土に対する関心度」の相違（%）	50
図3-2 各国高校生の「土壌侵食に対する知識」の相違（%）	50
表3-5 我が国と諸外国の初等・中等学校における土壌教育の必要性の相違（%）	51
図3-3 授業で土壌を扱っている割合（%）	52
表3-6 土壌教育を実施しない理由（複数回答可）	54
図3-4 野外における自然観察の実施率（%）	54
表3-7 野外における自然観察時に観察した対象	53
表3-8 学習指導要領の次期改定に向けたアンケート調査の内容	55
表3-9 日本土壌肥科学会会員による「小・中・高等学校で取り扱いたい土壌の内容・項目」の分類	55
表3-10 幼稚園児（年長）の林に入って最初に気づいたこと	57
図3-5 幼少期（0歳～5歳）の土との触れ合いの機会の多少とその後（小6～中2）の「土が好き」の割合	58
図3-6 土に接する最適期	58
図3-7 土を教える最適期	58
図3-8 小・中・高等学校等における土壌リテラシーの向上に向けた土壌の教材化、カリキュラム化	60
表3-11 土に対する関心・理解（「はい」または「そう思う」の割合%）	62
図3-9 「土壌への関心度」の年代別相違	62
図3-10 土壌問題に対する年代別関心度の比較	62
図3-11 幼少期及び初等・中等学校教育段階における土壌教育の流れ	63
図3-12 小学校・中学校・高等学校で取り上げたい土壌内容の教科横断的な関わり	64
図3-13 土壌危機に関わる様々な要因	64
図3-14 土壌リテラシーの向上に向けた土壌教育の推進に向けた諸機関との連携の在り方の関係	65

第4章 土壌への関心を高め、理解を進める土壌教材の開発及び土壌授業の改善

図4-1	小学生・中学生・高校生の各教科の「好き」の割合の変化	68
表4-1	土の性質・機能・構造等を理解させる簡易な観察実験	69
図4-2	二酸化炭素検知管を用いた土壌呼吸の測定	70
表4-2	各調査地点における二酸化炭素の発生速度	71
図4-3	気温と地温の月別変化（埼玉県飯能市、2010年）	72
図4-4	土壌呼吸と地温との相関	72
図4-5	土壌粒子の大きさ	73
写真4-1	土の粒子実験	73
表4-3	いろいろな色素の土壌吸着の可否	74
図4-6	パックテスト（共立理化学研究所の図から転用）	75
図4-7	各種分析項目とカラム内の土壌の厚さとの関係	76
表4-4	浸出液のアンモニア態窒素濃度が0 $\mu\text{g/l}$ となる各種土壌別深度	76
図4-8	土壌深度と浸出液のアンモニア態窒素濃度との関係	77
表4-5	授業「植物遷移と土壌形成」の理解及び実習に関する調査（%）	77

第5章 土壌リテラシーを高める土壌教育実践と評価

表5-1	土壌を使った授業のテーマ一覧及び関心度	82
図5-1	「土は生きている」ことに対する中学生及び高校生の回答	85
図5-2	野外における土壌呼吸測定装置	85
表5-2	各種土壌における土壌呼吸・土壌硬度・地温（野外）	85
表5-3	各種土壌における土壌呼吸（室内）	85
表5-4	グラウンドの各地点における土壌呼吸	86
写真5-1	土壌呼吸（左から対照、畑土、砂）	86
図5-3	土の深さによる呼吸量の違い（畑）	86
図5-4	土壌深度別の土壌動物生息数	86
表5-5	各調査地点における土壌動物の種類と数	88
表5-6	土壌呼吸実験後の感想のカテゴリー別人数	89
図5-5	感想のカテゴリー間の関係図	89
表5-7	児童の「土の粒子」の自主観察・実験の結果	90
写真5-2	狭山市立水富小学校出前授業（雑木林土の観察及び土壌実験）	91
写真5-3	土の粒子実験	91
表5-8	土の養分・水分の存在や吸着・保持のしくみに対する認識（%）	91
表5-9	落水液の色の予測	92
表5-10	降水量の予測	93
表5-11	砂・畑土の物質吸着能及び保水能の比較	93
表5-12	児童の実験後の感想文のカテゴリー別分析	94
写真5-4	土の吸着機能の実験	95
図5-6	各種土壌と砂の保水率の相違	95
表5-13	各種の土と砂による降水量の比較	95
写真5-5	青インク水溶液を土と砂に通過させた後の落水の色の比較	95
図5-7	土の浄化機能を確かめる実験装置	96

表 5-14	土による浄化機能	97
図 5-8	各種土壌における水質浄化率 (NH ₄ -N)	97
図 5-9	観察実験前後の土壌学習への意欲の変化	98
表 5-15	各種土壌による汚水浄化能の相違	99
表 5-16	深度別に異なる土壌の浄化能の相違	100
図 5-10	表層土、下層土、砂による NH ₄ -N と P ₀₄ の浄化力の相違	100
表 5-17	「植物遷移と土壌形成」に関する授業計画表	102
表 5-18	本時 (野外実習及び観察・実験) の学習活動及び指導上の留意点	102
表 5-19	観点別評価基準の概要	103
図 5-11	評価の観点	103
図 5-12	河原や斜面林、アカマツ林における各調査地点 (埼玉県秩父市)	104
表 5-20	各調査地点での土の厚さ、層位の発達程度、粒径組成	104
写真 5-6	植物遷移と土壌形成スポット (埼玉県秩父市)	104
図 5-13	各調査地点における土壌形成から見た土壌の生成過程	105
図 5-14	土壌の生成過程における物理的、化学的、生物的作用	105
表 5-21	「教科書の解説のみ」の授業クラスと「教科書の解説+野外実習」の授業クラスの生徒の理解度の相違 (%)	105
表 5-22	高等学校理科の課題研究選択者に対する土壌断面に関する調査	107
表 5-23	ある生徒の土壌断面記録	108
表 5-24	生徒が知っている土壌動物	109
図 5-15	土壌水の浸透速度を測定装置	109
図 5-16	雑木林土壌の深度別水の浸透速度	110
図 5-17	調査地別土壌の水の浸透速度の違い	110
表 5-25	観察・実験前後の生徒の土壌理解の相違	111
表 5-26	土壌を使った観察・実験後の児童・生徒に対するアンケート調査の集計	112
図 5-18	問題解決を図る学習過程	113
表 5-27	「土壌呼吸」に関する学習活動状況	113

第6章 土壌リテラシーを育成する教科横断型土壌教育の構築と実践

図 6-1	「従来型」と「教科横断型」の模式図	120
図 6-2	教科横断型土壌教育の構築に向けた関連教科・科目担当者による会議プロセス	121
図 6-3	高等学校教師が土を扱っている教科科目別の割合	122
表 6-1	理科の評価の観点の変遷	122
表 6-2	現行学習指導要領に基づく小・中・高等学校の各教科・科目の教科書に見られる土壌記載内容等	123
表 6-3	土壌教育に関する教科科目内容と教科横断総合課題 (高等学校)	124
表 6-4	泥石けんやマッド・ローション、クレイシャンプーなどの製品を使った授業前後の生徒の土に対する反応	124
図 6-4	土壌の多面的な価値からのアプローチ	125
表 6-5	「土壌侵食」に対する各教科科目からのアプローチ	127
写真 6-1	土の団粒構造図	130
表 6-6	教科横断型授業「総合課題授業」の学習展開	130

図 6-5	各班から提出された土壌侵食への対応策（ボードに貼られたメモシール）	131
図 6-6	授業の中で考える機会の割合	132
表 6-7	生徒用ルーブリック	133
図 6-7	ルーブリック評価表における評価観点別の評価基準分布割合	133
表 6-8	SSH校の高校3年生の環境あるいは土壌に関する知識の度合い	134
表 6-9	5種類の土壌の特徴	135
図 6-8	ほうれん草に含まれるビタミン C、鉄分、カルシウム含量の変化	135
図 6-9	教科横断型授業後の「土壌侵食」に対する関心・理解の変化	137
表 6-10	野外での土に触れる実習前後の土に対するイメージ・感情の変化	138
表 6-11	生徒アンケート調査—土について—	139
表 6-12	「従来型」と「教科横断型」の授業法による土壌に対する関心・理解の比較	139
表 6-13	「教科横断型」授業体験による変容	139
表 6-14	教科横断型授業を実践した教員に対するアンケート調査（%、高等学校）	140
図 6-10	土壌を取り巻く様々な因子	140

第7章 幼稚園児および小学生、大学生、成人の土壌教育

写真 7-1	富士山登山の様子	145
図 7-1	幼少期の自然体験がその後の子どもの特性に与える影響	146
図 7-2	小学生と高校生のイメージする土色	147
表 7-1	幼児教育学科学生の自然体験活動に対する考え	148
表 7-2	教員養成系大学の学生を対象とした土壌に関するアンケート調査	148
表 7-3	土壌に関する全授業後のアンケート調査結果	149
表 7-4	温度上昇が土壌呼吸に与える影響	150
図 7-3	温度上昇と土壌呼吸との関係	150
表 7-5	成人向けルーブリック	151
表 7-6	成人向けルーブリックの自己評価	151

第8章 諸機関等と学校教育との連携に基づく土壌教育の模索と実践及び課題

図 8-1	土壌リテラシーの育成に関わる土壌教育	154
図 8-2	土壌リテラシーの向上に向けた土壌教育の推進に向けた諸機関との連携の在り方の関係図	156
図 8-3	日本土壌肥料学会における土壌教育の普及啓発活動への取組	158
写真 8-1	土壌観察会の様子	159
写真 8-2	土壌実験の様子	159
図 8-4	各調査地点におけるミミズの生息数	162
表 8-1	我が国の土壌肥料の普及啓発の歴史	163
図 8-5	小・中・高等学校における土壌教育の実施状況の変化	164
図 8-6	土壌観察会及び研修会への参加率（1回平均換算）の変化	164
表 8-2	2015年度各学会全国大会における土壌に係る研究発表およびポスター発表	164
表 8-3	来館者の年代別割合	165
表 8-4	全国の博物館における土壌の取扱い	166
表 8-5	土壌の展示内容	166

表 8-6	土壌の展示方法	166
図 8-7	博物館の土の展示に対する印象	166
図 8-8	第 52 回科学技術週間イベント「親と子の土の教室」	167
図 8-9	科学技術週間イベントの「親と子の土の教室」	167
写真 8-3	平成 24 年度第 53 回科学技術週間イベント	168
表 8-7	様々な授業形態と高校生の学びの度合いとの関係	170
表 8-8	様々な授業形態と高校生の関心・理解との関係	171

序章 研究目的・方法と論文構成、先行研究

序章 研究目的・方法と論文構成、先行研究

本研究の目的、研究方法、論文構成及び先行研究について、述べる。

第1節 研究の目的

21世紀最大の課題は、地球環境問題であると言われる。近年、特に土壌危機が叫ばれ始めている。土壌は、陸域の表面を厚さ数 cm～数 m に亘って覆っている非固結物質であり、地球上の全生物が直接的あるいは間接的に影響を受けている自然物である。また、土壌は大気圏、水圏、地圏、生物圏の全てに接し、生態系を構成する極めて重要な自然要因である。この土壌が、劣化や侵食、汚染などの危機に曝され、そこに生息する動植物や微生物の生存を脅かしつつある。原生人類（ホモ・サピエンス）は、約 20 万年前に誕生し、約 1 万年前に狩猟採集生活から植物を栽培し、動物を家畜とする農耕牧畜生活に転換し始めた。やがて、次第に定住生活もたらされ、集落形成していった。そして、肥沃な土地（土壌）や水をめぐり人類社会間の戦いが生じた。その後、石器時代を経て、青銅器時代、鉄器時代を迎えた。約 5000 年前にはナイル川流域のエジプト文明、チグリス・ユーフラテス川流域のメソポタミア文明、約 4500 年前のインダス川流域のインダス文明、約 3500 年前の中国の黄河流域の黄河文明が発祥し、世界四大文明と呼ばれている。これらの 4 地域は、いずれも温暖な気候で肥沃な土地、水に恵まれた場所であった。しかし、その後の文明の進展に伴って森林伐採が進み、農耕や牧畜の無秩序な発展によって土壌破壊が生じ、文明は衰退していった。18 世紀中頃、イギリスで産業革命が始まり、手工業から機械工業への変動は農業社会から工業社会へと転換させていった。その後、産業革命は世界に広がっていき、近代社会を生み出した。

19 世紀には農業技術革新が爆発的に起こり、20 世紀に入ると農機具が実用的に使われ、播種機や収穫機、運搬機、耕運機などが発明されていき、大型化していった。また、穀物などの品種改良が進み、第二次世界大戦後には肥料と農薬の使用が増していくとともに農業生産性は急速に増大していった。このような農業技術の発達により、農業の省力化、少人数化が進み、例えば米国では農業労働人口の割合は 1900 年の 40% から 2000 年には 2% にまで削減した。しかし、これらの農業技術の活用は次第に土壌劣化を引き起こす要因となり、過耕作や過放牧などが加わって、今日深刻な土壌破壊・汚染が地球的規模に広がっている。その主因は、人類の土壌への様々な不適切かつ過剰な働きかけにあることが指摘されている。国連食糧農業機関 (Food and Agriculture Organization) は、「世界の土壌の 4 分の 1 が著しく劣化している」、「毎年 500～1,000 万 ha の農地が失われている」、「わずか 20 年間に世界で 5,000 億トンの表土が流失した」、「表土が 1mm 減るごとに農業生産力は 2～5% 減少する」などを公表し、土壌危機の深刻さを喧伝している (FAO, 2011a; 2011b; 2011c)。また、熱帯林は 1 年間に約 1,420 万 ha づつ減少していると言われており (環境省自然環境局自然環境計画課, 2000)、伐採後に土壌の風化は急速に進み、降雨による土壌流出、侵食などの土壌破壊が進む。その後、砂漠化に至っている地域が見られる。また、第二次大戦後、化学肥料と農薬の使用により、食糧収穫量は飛躍的に増大したが、次第に土壌機能を低下させ、土壌生態系のバランスを崩すこととなり、土壌劣化の一因となつたと考えられている。世界の食料生産は、2005～2007 年の平均水準に比べ、2030 年には 40% 以上、2050 年には 70% 増加させる必要がある (谷山, 2010)。しかし、土壌侵食が引き起こされると、その土地での土壌回復は極めて難しくなると言われている。

世界の土壌劣化・侵食の進行や耕作面積拡大の鈍化などに加えて、気象異変などにより、食糧増産は停滞し始めている。現在、飢餓人口は 7 億 9,500 万人に達していることが報告されている (国際連合食糧農業機関ら, 2015) が、今後さらに増加していくことが懸念されている。そして、医療の発達や途上国の栄養状・衛生状態の改善、世界の平均寿命の延伸、幼児死亡率縮小などが進み、世界人口は 2000 年の約 15 億人から急増し、国連は「2050 年には 96 億人に達する」と予測している (別府ら, 2015)。そのため、食料と水の確保が急務とされている。また、新興国や途上国の中には肉類、乳製品の需要が増加し、その増産を図る必要から土壌への過剰な負担となっている。その上、耕地の拡大は難しいことが指摘されている。国連は、「2013 年 12 月 20 日に総会により採択された決議」資料の中で、進行する土壌悪化問題を生命生存の危機と捉え、人類が共同で悪化を阻止し、改善に向けて取り組む目的で、2015 年を「国際土壌年」とすることを決議した (八木ら, 2014; 国際農林業協働協会, 2015a)。また、12 月 5 日を「世界土壌デー」とすることが同時に採択された。この決議では、適切な土壌管理が加盟各国

の経済成長、生物多様性、持続可能な農業と食糧の安全保障、貧困撲滅、女性の地位向上、気候変動への対応および水利用の改善への貢献を含む経済的および社会的な重要性を認識し、そして砂漠化、土地劣化および干害の脅威に対する取組は地球規模であり、かつ、これらの問題は発展途上国をはじめとする全ての国々が持続的な発展を遂げるために解決していくべき課題であることを認識し、全ての段階において、最適な科学的情報を用いるとともに、持続的開発の全ての側面に基づいて、限りある土壌資源について認知度を高め、その持続性を増進することの緊急の必要性を認識することに加盟国や関連する組織などが自発的に務めるよう呼びかけている（United Nations、2014；日本土壌肥料学会、2015）。そして、土壌認識の向上及び適切な土壌管理を支援する社会意識の醸成、土壌教育の普及啓発を強く求めている。その後、IUSS（International Union of Soil Sciences、2013）はこの活動の重要性に鑑み、2015年から2024年までを「国際土壌の10年」として、1年で活動を終えることなく継続することについて決議した。

土壌は、物質循環の要であり、生物多様性を育む場である。食糧生産や木材生産、様々な資材の宝庫でもある。そして、地球の自然構成要因の一つであり、地球生態系を支え、人類をはじめとする生命の生存基盤である。この貴重な土壌が、今まさに危機に瀕している。ディビッド・モントゴメリー（2010）は、古代文明社会が土壌の破壊により、滅亡したことを指摘している。

我が国は、食料の約6割、木材の約7割を海外に依存している。しかし、その生産基盤が劣化しており、気象変動などの影響も加わって地球の自然や食糧生産などを危くしている。一方、人口増大は急速に進んでおり、食糧確保が難しく、不足が懸念されている。また、土壌を基盤に生きている生物種の絶滅が急速に進んでおり、生物多様性危機が深刻となっている。それは、私たち人間の生存をも脅かしていると考えられる。私たちの食料の95%は直接的または間接的に土から生産されたものと推定されている（国際農林業協働協会、2015）からである。一方、我が国の児童・生徒の土への関心は低く、理解や知識が乏しいのが実態である（福田、1987;1991;2006a;2006b;2010b）。また、成人の土壌危機への関心・認識は低い（福田、2010c;2014b）。現在、児童・生徒～成人の土離れ傾向は進んでいると考えられるが、この傾向は都心地域と農山村地域の間でも大差は見られない（福田、2004b）。このことから、多くの人たちは土壌リテラシー（リテラシーは知識があり活用できる能力を指す言葉で、土壌リテラシーとは土壌の知識を理解し、その知識を保全などに活用することができる能力を表す）を身につけていない状況にあることが推定される。この能力が備わっていない背景には、我が国の農林業社会から工業社会への転換や薪炭から石炭・石油への変化により、自然あるいは農林業に関わる仕事や生活が激減していったことや学校教育の中で土壌内容やその取扱いが減じていったこと、などがある。その結果、子どもの頃の自然体験や土体験、土の教育が失われていったと考えられる。人々の農業離れや土離れは全国的に進み、土への関心・理解が減ってしまった。

大政（1977）は、「われわれの生活に最も近くて、われわれの知識から最も遠い存在は『土』である」と指摘している。現在、土の知識は遠いままであり、土の存在は私たちの普段の生活から離脱しており、限りなく遠ざかっている。21世紀を担う児童・生徒が土への関心を高め、土を正しく知り、理解することは、世界の人口増加に伴う食糧や水不足が懸念されている中、極めて重要である。また、国連が求める土壌リテラシーを育成する上でも児童・生徒の土壌についての関心・理解の醸成は不可欠である。子ども～大人の土壌への関心、理解、土壌リテラシーの向上を図るには、土壌教育は重要な教育プロセスである。そして、限りある土壌資源の管理・保全を意識した態度、評価能力、行動につなげていくことが求められる。

土壌教育とは、「学校や社会、家庭などにおいて土壌の感性を育み、土壌理解を進め、その知識と知恵を育て、土壌リテラシーの育成を図る教育活動」であると捉えている。特に、学校における土壌教育は、「土に触れたり、土を使った観察・実験を通して土に対する興味・関心を高め、土の学習を通して土に必要な知識を獲得させ、土の大切さ、重要性に気づかせるために行う教育活動」であり、土壌リテラシーの基盤を形成する上で極めて大切である。

これまで、学校現場における土壌研究あるいは実践は理化学や生物、生成、鉱物、有機物などの一面からされておられ、学際的な自然物である土壌を教科横断的あるいは総合的に捉える土壌教育の研究・実践、指導はほとん

ど報告されていない。そして、土壌教育そのものの歴史は浅く、研究や実践の報告は少ない。そのため、土壌教育の定義や方法、内容などが定まっていないのが現状である。土壌資源の危機に瀕している現在あるいは将来を鑑みると、人々が深刻な土壌問題に関心を持ち、その原因を学習し、知識、理解を高め、問題解決に向けた土壌の保全・管理につながる態度や評価能力を身につけ、具体的な行動を起こしていくことが必要である。それには、土壌リテラシーの育成は不可欠である。今日の土壌問題は、過度な人間活動や貧困、欲望、気候変動など、様々な要因によって引き起こされている。それ故、深刻な土壌問題解決には多様な領域や範疇の知見を集約することが重要であり、従来の教科科目型ではなく、教科横断型の教育手法を取り入れた授業構築が必要となる。また、生涯学習の観点から、日本あるいは世界の土壌の最新情報を常時提供し、多くの人々がその情報に関心を持ち、知識を得る機会、場を設けていくことが重要である。さらに、学校だけの教育実践ではなく、他機関との連携に基づく教育手法の構築が求められる。これらの教育手法が学校教育で実践されることはほとんど見られなかったが、グローバル化や情報化、少子高齢化などの社会変化が激しいこれからの社会では、必須の人材育成となることが考えられる。そして、中央教育審議会（2012）の答申を受けて、『合教科・科目型』及び『総合型』の導入が現行学習指導要領下で進められている。

本研究の目的は、21世紀の深刻な地球課題である土壌危機に鑑み、諸外国の土壌教育の実情や土壌研究者の考えなどを参考として児童・生徒から成人の発達に応じた土壌リテラシーの育成を図る土壌教育の在り方を模索し、その方法や内容を開発、確立すること、学校教育等における様々な実践を通して土壌教育の授業を構築することである。

第2節 研究の方法と論文構成

本研究では、土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育の在り方を探るため、児童・生徒の土壌に対する関心・理解の実態や教師・大人の土壌認識、諸外国の教科書の土壌記載内容及び土壌教育の実践実態、土壌研究者の考えなどを調査し、分析・考察して、土壌教育の在り方を模索する。また、児童・生徒の関心・理解を高める、教師に取り上げられる土壌の観察・実験教材を開発し、その開発教材を活用した授業実践を通して、児童・生徒の土壌への関心・理解等あるいは教師の教材評価を精査・確認する。さらに、学校と関係諸機関との連携に基づく土壌教育や学校における教科横断型土壌教育を模索・構築し、その実践を通して考察し、評価する。そして、土壌リテラシーの基礎を築く時期にあたる幼児期とその自覚・発揮が始まる大学期以降の成人期の土壌教育実践を報告し、幼少期から成人までの間の土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育の構築及びその実践を検証する。

【論文構成と研究図式】

序章 研究目的・方法と論文構成、先行研究

- ①研究の目的、方法を明確にして、論文構成を示す。
- ②土壌に関する先行研究を示し、国内外の土壌教育、土壌リテラシー研究について研究動向を明確にする。

第1章 土壌リテラシーの概念規定と土壌教育の歴史

- ①土壌リテラシーを概念規定する。
- ②土壌教育の歴史的経緯をまとめる。

第2章 初等中等教育における土壌教育の現状と課題

- ①児童・生徒の土壌に対する関心・理解・知識、教師の土壌に対する関心・知識・指導、社会人の土壌認識などを調査分析する。
- ②学習指導要領の変遷に基づく土壌教育の変容とその課題から土壌指導の視点を明らかにする。

第3章 土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育の在り方と方策

- ①日本及び諸外国の土壌教育の相違を、教科書調査及び児童・生徒及び教師へのアンケート調査の結果の比較により明らかにする。
- ②土壌研究者の考える土壌内容・項目調査を踏まえて、土壌教育のミニマム・エッセンシャルズを策定する。
- ③土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育の方策として、幼児期から成人までの発達段階に応じた土壌教育の確立及び諸機関と学校教育との連携に基づく土壌教育の構築を模索する。

第4章 土壌への関心を高め、理解を進める土壌教材の開発及び土壌授業の改善

①定性的視点に基づく土壌教材開発の必要性をまとめる。

②①を踏まえた土壌教材を開発する。

第5章 土壌リテラシーを高める土壌教育実践とその評価

①生徒の発想を生かした土壌授業を構築する。

②第4章で開発した土壌教材を活用して授業実践を行い、児童・生徒の学習成果から実践評価を明確にする。

第6章 土壌リテラシーを育成する教科横断型土壌教育の構築と実践

①21世紀型能力の育成に向けた土壌教育の在り方を模索する。

②高等学校における教科横断型土壌教育を構築し、その授業実践による「従来型」と「教科横断型」の授業法の比較・評価を行うとともに教科横断型土壌教育の課題を明確にする。

③SSH校における教科横断型授業実践から土壌リテラシーの育成を考察する。

第7章 幼稚園児および大学生、成人の土壌教育

①幼稚園児、大学生、成人の土壌教育の実践を報告する。

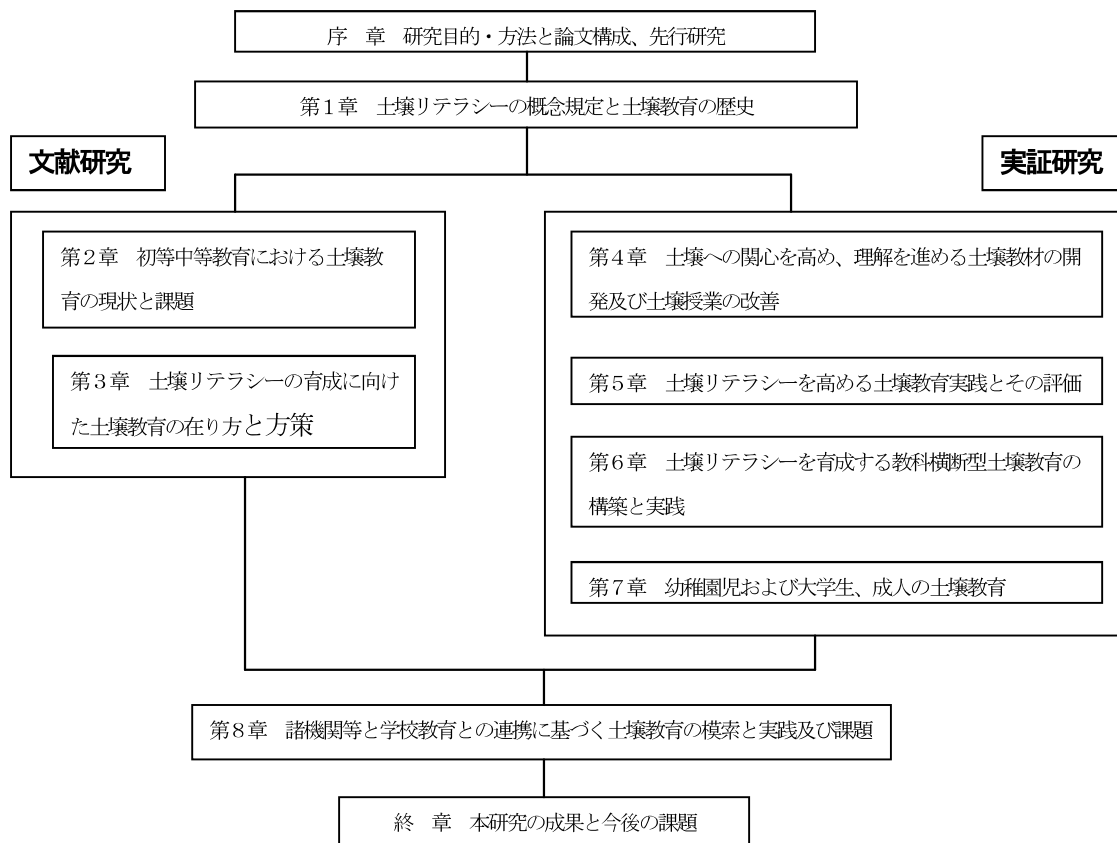
②生涯学習の観点から土壌リテラシーの育成を考察する。

第8章 諸機関等と学校教育との連携に基づく土壌教育の模索と実践及び課題

①日本土壌肥料学会、博物館、農林水産省との連携に基づく土壌教育の模索と実践を報告する。

②諸機関等と学校との連携の様々な形態とその課題を明確にする。

終章 本研究の成果と今後の課題



図序一 1 研究図式

第3節 先行研究

人類と土壌との関わりは、有史以前からあったと考えられる（付属資料）。1.5 万年前から始まった寒冷化・乾燥化の気候変動によって森林が減退し、狩猟採集生活では食料確保が難しくなった。その後1 万年前に訪れた温暖化への変化が農耕牧畜生活への転換をもたらした（明石、2005）。やがて、人類の生活は、農耕地や住居、

土器などの資材としての活用が進むに連れて、土壌と深く関わるようになったと考えられる。その後、人口増加とともに農林業の基盤としての土壌の重要性が増し、土壌の様々な特性を経験的に学び、それぞれの秘伝として伝授されていったと推察される。古代文明は、森林伐採による土壌劣化が主原因で滅亡したと指摘されている（佐藤、1997）。土壌の肥沃性を高める厩肥や緑肥の利用、魚肥、骨粉、人糞尿などの活用、グアノ、チリ硝石、カリ鉱床の発見・使用、焼畑や輪作の応用など（高橋、1984）を経て、18世紀半ばの産業革命前後から人口増加が進み、食糧増産は必要不可欠な事態となった。そのため、土壌の持つ栄養素が研究され始め、1840年リービヒが無機栄養説（熊澤、1978）を唱えると、それまでの腐植栄養説に代わって19世紀には土壌や無機質肥料の科学的な研究、解明はさらに進み、肥料が製造されるとともに農薬の合成・製造が行われていった。その後、1843年過リン酸石灰、1913年硫酸、1948年尿素・塩安の合成肥料の製造（高橋、1984）へと発展し、農業生産性の増大をもたらした。第二次大戦後、化学肥料、農薬の大量生産、大量消費が実現し、食糧生産は飛躍的に増加した。しかし、その一方で、20世紀後半には環境破壊や汚染が広がり、急速に深刻化していった。土壌は食糧増産のため、過耕作、過放牧などによって酷使され、疲弊し、劣化していった。そして、FAO（世界食糧機構）は人口増大が続く中、近未来に食糧生産のニーズを満たすことが困難になると警鐘を鳴らしている（日本土壌肥料学会編、2015）。

人類は、叡智を傾け、人口の増加とともに食糧増産に向けて土壌機能を高める様々な研究や実践を繰り返してきた。しかし、近年世界の人口増加を支える土壌生産力の限界が問題となってきている。今後、世界が土壌の有限性、土壌資源の重要性を考え、土壌を管理・保全する行動を起こしていかなければ、土壌の有用性は失われ、食糧生産機能を始め、水の貯留機能、物質循環機能、生物多様性の保持機能などが喪失しかねない事態を引き起こしてしまう懸念がある。地球は、「土の惑星」であり、土壌は地球表面を覆う薄皮のような存在である。世界および日本は、20世紀後半に自然構成要因の一つである土壌の果たす役割が大きく、人類あるいは地球上の生物の生命活動を支えている土壌に着目し、土壌保全が喫緊の課題であることに気づき、「Soil Education」を実行し、土壌リテラシーの育成を図る様々な施策に取り組み始めた。

第1項 海外における土壌研究

1883年にドクチャエフ（Vasilii V. Dokuchaev、1846-1903、土壌生成分類学の創始者）は、「ロシアの黒土」が出版され、新しい土壌観が提示された。1962年に出版されたレーチェル・カーソン（Rachel Louise Carson、1907-1964、環境問題を告発した生物学者）の「沈黙の春（Silent Spring）」は世界的な反響を呼び、これを機に環境破壊や汚染の関心が高まっていった。日本では、有吉佐和子（1931-1984）が「複合汚染」（1975）で「工業廃液や合成洗剤で河川は汚濁し、化学肥料と除草剤で土壌は死に、有害物質は食物を通じて人体に蓄積され、生まれてくる子供たちまで蝕まれていく」と著し、化学肥料が土を汚染し、人の健康を害することを警告し、環境問題が知られるようになった。そして、アメリカでは1970年に環境教育法が制定された。その後、環境問題は地球的規模に広がり始め、1972年に「国連人間環境会議」が開催され、世界114カ国の代表の参加のもと、環境問題について世界で初めての会合が持たれ、話し合いが行われた。そして、「かけがえのない地球（Only One Earth）」をスローガンとした「人間環境宣言」が採択された。その中で、「自己を取り巻く環境を自己のできる範囲内で管理し、規制する行動を一步ずつ確実にすることのできる人間を育成する」ことの目標が掲げられ、「環境教育」の重要性が明記された。この目標達成に向けて、1975年にはベオグラード憲章が採択され、環境教育の意義、目標などが掲げられ、その推進が強調された。その後、環境教育は世界に広がっていった。海外で土壌教育が最初に報告されたのは、アメリカであり、1970年以降に論文等が登場し始めた。第二次大戦後、土壌科学の研究は進み、その教育実践が盛んになり、「Soil Science Education」に関する論文が増えていった。その後、「Soil Science Education」は学校教育などにおける「Soil Education」として取り上げられ、少しずつ論文等が見られるようになっていった。そして、「Soil Education」は幼稚園から小学校、中学校、高等学校で幅広く実践されていった。これらの論文を見ると、土壌教育の関する論文は環境教育との関わりで授業実践されたものが多い。すなわち、学校教育や博物館等で土壌を教材として取り上げ、授業や展示・解説等で扱う場合、多くは環境教育の中で取り

上げられ、実践されている。例えば、米国ではスミソニアン自然史博物館で展示「掘ってみよう！」(2008年～2010年)が開催され、土壌モノリス(土壌断面標本)が展示され、「土とは何か」が解説された(Drohan, P. J. et al., 2010)。また、USDA (United States Department of Agriculture : 1862年に設立された米農務省)は食糧や農業、経済発展、科学、自然資源保全などの様々な問題に取り組んでいるが、「子供と十代のための土壌教育」の題目の中では土壌教育に関する情報提供を行っている。SSSA (Soil Science Society of America : 米国の土壌科学協会)は、子どもや教師向けの土壌教育の情報提供に取り組んでいる。このように、博物館や協会、学会などが、積極的に土壌教育を実践している。

土壌教育は、国際土壌科学連合(IUSS ; 旧国際土壌科学会 ISSS は1924年設立)における「社会と環境を支える土壌の役割」の部会に「土壌教育と社会的普及」並びに「土壌科学の歴史、哲学および社会学」委員会が設置されており、そこで土壌教育の社会的普及が検討され、図られるようになっている。ドイツでは、1997年に学校や成人教育における土壌に関するワーキング委員会が設立された(Herrmann, L. 2006a;2006b)。そして、今世紀初めには土壌教育を推進する組織を設立し、取り組んでいくことを公約している。

各国は、世界の土壌劣化の進行に伴う食糧生産リスクを懸念し、土壌保全対策への取り組みを強化し始めている。そして、国民の土壌意識を高め、土壌リテラシーを備えた人材育成のための土壌教育を柔術

T. L. Hansmeyer ら(1983)、Herrmann, L. (2006a;2006b)、Eric C. Brevik (2009;2017)、Hülya Gulay ら(2010)、Hülya Gülaya ら(2011)、Hülya Gülay Ogelman (2012)、Eric C. Brevik ら(2010;2104)、Hartemink, A. E. ら(2008a;2008b)、Wasson, R. J. (2006)、Krzic M, Wilson J ら(2014)など。

第2項 国内における土壌研究

久馬(2015)は、「江戸時代に著された会津農書や百姓伝記など、多くの農書の中には土の善し悪し、その見分け方などについて非常に多くの記述がある」と指摘する。また、「土のそれぞれを色によって分けているが、常に黄、白、赤、青、黒の順とし、黄色を最良としているのは、五行説の考え方による」と述べており、中国の五色土台の考えを反映している(久馬, 2011)。明治期に入ると、農学教育の確立に向けて多くの外国教師を招聘した。札幌農学校にはアメリカのクラーク(William Smith Clark, 1826-1886)、農事修学場にはイギリスからキンチ(Edward Kinch, 1812-1890)やドイツのケルネル(Oskar Kellner, 1851-1911)、フェスカ(Max Fesca, 1846-1917)らである(熊澤, 1986)。その後、麻生慶次郎や大工原銀太郎らが土壌学講座を引き継いでいった。

我が国では、戦後の経済発展とともに環境破壊・汚染が急速に進み、1950年代から1960年代に「四日市喘息」、「水俣病」(長崎と新潟で発生)、「イタイイタイ病」の「公害病」が次々と発生した。1969年に改定された中学校学習指導要領では、保健体育の中で「公害と健康」が取り上げられるなど、公害教育が展開された。その後、自然保護教育を経て、前述の「国連人間環境会議」を機に普及した環境教育に転じていった。公害教育は汚染被害の実態と原因、自然保護教育は人間活動と自然生態、環境教育は持続性の追求とアプローチが異なっていた。その頃から次第に公害に対する法整備が整っていき、1967年に公害対策基本法、1968年に大気汚染防止法、1970年に水質汚濁防止法が次々と制定されていった(土壌汚染対策法の制定は2002年)。そして、1975年に制定されたベオグラード憲章を受けて、1977年には小学校学習指導要領及び中学校学習指導要領、1978年には高等学校新学習指導要領が改訂され、環境教育が示された。しかし、1980年代に入って我が国の経済はさらに発展し、環境問題は一層深刻となっていた。

第二次大戦後、世界人口は急速に増加し始め、それに伴って肥料、農薬投与は増加し、灌漑整備が図られて、農業生産性は向上していった。しかし、これらに加えて大型機械の導入による土壌圧密などにより、土壌劣化が進行していった。アメリカでは、大規模経営化が進展する一方、土壌劣化が著しく、環境教育の普及とほぼ同じ時期に土壌教育が出現し、学校教育に取り込まれていった。その後、土壌教育は世界に広がっていった。我が国に土壌教育が報告されるようになったのは、1980年代に入ってからである。そして、土壌教育に関する最初の論文は、1982年に発足した土壌教育強化委員会(1983)の小、中学校教師の土壌教育の考え方とその実態についての全国アンケート調査結果の報告であった。フランスやドイツなどでは、日本より少し遅れて1980年代後半に土

壤教育研究が始まり、その後活動や実践が広がっていった。

我が国における土壤教育の消極性を初めて指摘したのは、松井(1977)であり、『母なる大地の主役である』土が理科教育の場で冷遇されている。」と述べた。また、委員会調査から「授業で土を取り上げている理科教員が極めて少ない」ことを明らかにした。その後、木内(1984)は「初中等教育において土壤に関する教育を強化するには、土壤を人類生存の基盤とする見地に立った教育をする必要がある。」とし、学校教員の土に関する知識向上や教科書体系に即した土の解説、教材開発、自然系博物館などにおける土壤展示の促進、教科書内容の検討、文部省への土壤教育強化を求める意見の申し入れなどを実践した。

福田(1987)は、土壤の教材化の必要性を受け止め、土壤の観察・実験教材開発を進めるとともに小・中・高等学校における土壤の取扱い内容の試案を提示した。また、平井ら(1989)は「小学校6年生で土への関心が低下し、その傾向は中学・高校になると加速することを明らかにして、土壤教育活動において重要な世代は小学生である」と指摘した。「土の世界」編集グループ(1990)は、土壤教育の普及書として「土の世界—大地からのメッセージ」を刊行した。樋口(1990)は、日本と海外の小・中学校の教科書を比較し、日本では土を単元として扱っていないことを指摘し、土を体系的に学校教育で扱う必要性を強調した。この他、土壤を取り上げ、教えることの必要性を指摘する論文や報告などが少しずつ出現した。

土壤を題材とした先行研究として、以下の研究論文や実践報告、書籍等があげられる。しかし、その大半は土壤を基礎科学的あるいは農業生産的な視点で研究されたものであり、教育学的視点で研究されているものは少ない。土壤を教材として取り上げ、実践あるいは研究された論文等は、主に各教育学会で報告されているが、その多くは教科書に取り上げられている土あるいは土壤の内容を活用した授業実践論文である。土壤保全の態度や行動育成を図る土壤教育論文等は極めて少なく、土壤リテラシーに関する論文等は皆無に等しい状況である。

我が国では、土壤教育の普及は遅々としており、欧米のように次第に増えていく傾向とは異なっている。しかし、21世紀に入り、土壤問題が深刻視されるようになって土壤教育への関心は向上し、その教育活動が増え、学会誌等への投稿が少しずつ増えてきている。そして、「国際土壤年」の2015年には、全国各地で観察会や講演会、シンポジウム、移動博物館(平山ら、2016)等が実施され、土壤の普及啓発が積極的に展開された。

(1)学校教育(理科教育等)

小学校、中学校、高等学校の教育は、学習指導要領に基づいて行われなければならないことは、学校教育法施行規則第52条に「小学校の教育課程については、この節に定めるもののほか、教育課程の基準として文部科学大臣が別に公示する小学校学習指導要領によるものとする。」[第74条(中学校)、第84条(高等学校)、第109条(中等教育学校)、第129条(特別支援学校)]と記されている。学習指導要領は、改訂によって指導項目・内容等が変わり、それに伴って教科書が変わるため、学校における土壤の取扱い内容等は異なってくる。小学校、中学校、高等学校における土壤を教材とした教育実践は、植物育成と土壤との関わりや土壤生物の観察・実験に関するもの、土壤教材の開発などに関するものが多い。大学等の土壤研究者らは、土壤断面観察の重要性を指摘しており、学校教育における実践の必要性を強調する報告が見られる。福田(1987)は、小学校から高等学校までの各学校段階間や各教科科目間の系統性や連続性、関連性について課題があることを指摘し、その解決に向けたカリキュラム試案を示している。また、土壤の教材化に取り組み、多数の教材開発を行ったことが論文報告されている。

学校段階別に見ると、小学校では植村(1977)、松井(1979)、小林ら(1992)、秦ら(1998)、少林ら(1997;1998)、平井ら(2011)、新谷ら(2013)など、中学校では奥村ら(1994)、高橋(2002;2003)、滋賀県総合教育センター(2004)、益田(2005)、風呂(2006)など、高等学校では氷川(2001)、福田(1988c;1991;1994a;1994c;1995a;1995b;1996b;1998a;1999b;2004b;2010b;2010c)、伊藤(2008)、羽生ら(2015)などがある。

(2)高専・大学・試験研究機関・博物館における土壤教育

我が国に土壤教育が導入され、学校教育における土壤の取扱いに様々な課題があることが明らかとなった後、櫻井、平井らは児童・生徒のアンケート調査結果から土壤教育の必要性を指摘した。その後、彼らを中心とした若手土壤研究者46名は、大学や試験研究機関学校、博物館などで授業や観察会、展示の中で扱われている土壤を取り上げ、実践される内容やトピックスをまとめた書籍(「土の世界—大地からのメッセージ」)を出版した。

この書籍は、土を理解し、土を守り、地球環境を救うための大地からのメッセージを46名の著者が記し、中学生や高校生から一般の人々にまで薦めたい普及啓発を目指した出版物であった。学校現場などで大きな話題となったが、土壤教育の発展につながることはなかった。福田(1996a)は、全国の自然系博物館を調査した結果から、土壤に関する観察会や館内展示・解説、リーフレット等が見られる博物館が極めて少ないことを報告した。また、樋口ら(1987)、櫻井(1989)、永塚(1989)、平井ら(1989)、秦ら(1998)、東(1990)、樋口(1990)、山(1991;2000)、福田(1993a;1994d;1994d;1996a;1999a;1999b;2001;2007;2012;2013a;2013b;2014a;2014b)、矢野ら(2002)、鴻池ら(2003)、中井ら(2006)、平井(2007)、浅野ら(2007)、中井(2008)、小崎(2008)、小崎ら(2009)、秦ら(2010)、矢内(2010)、平山ら(2016)など。

(3)土壤教材

土壤教育の推進には、土壤教材の開発は欠かせない。土壤の生成因子は、母材、地形、生物、気候、時間、水、人為などであり、地形や地域・場所により不均一・不均質で異なっている。そのため、土壤は多様性に富んでおり、教材としては扱いにくいとされている。しかし、実際の土壤に触れ、土壤を使った授業あるいは観察・実験の開発は、土壤教育を進める上で極めて重要である。土壤に関する教材開発の多くは、土壤を使った観察・実験の開発である。福田(1987;1988a;1990b;1992a)は、土壤断面のミニモノリスの作製や土壤呼吸の簡易測定法、植物遷移と土壤形成の野外実習など、様々な教材開発に取り組み、その手法を確立した。また、秦ら(2010)は授業における土壤教材の活用法を開発した。

松井(1977;1979)、浜崎ら(1983)、平井(1989)、T.Fukuda(1990;1991)、平山(1991)、橋本ら(1999)、氷川(2001)、北林(2009)、福田(1986;1987;1988a;1992a;1994b;1995a;1997a;1999b;2004a)、福田ら(2010)、滋賀県立総合教育センター(2004)、栗田(2004;2006)、浅野ら(2007)、菅野ら(2008;2009)、中井(2008)、北林(2009)、秦ら(2010)、森田(2011)、畦ら(2012)、荒木ら(2015)など。

(4)指導方法・分析方法(土壤テキスト)研究

土壤テキストは、土壤専門家や農業従事者、農業改良普及員等が土壤診断や土壤分析等で使用することから作成されており、専門的な解説書であることが多い。また、土づくり指導者育成テキスト、土壤医検定テキストなどは、研修や資格試験などの教本として作成されている。近年、土壤教育を普及啓発する目的で作成されたテキストが日本土壤肥料学会やペトロロジー学会などから出版されており、大学や小学校、中学校、高等学校、博物館などで幅広く活用されはじめている。

京都大学農学部農芸化学教室編(1965)、ペドロジスト懇談会編(1984)、土壤標準分析測定法委員会編(1986)、稲松(1987)、平山(1991)、中野ら(1995)、土壤標準分析測定法委員会編(1986)、日本ペドロロジー学会編(1997)、小原ら(1998)、土壤環境分析法編集委員会編(1997)、日本土壤肥料学会土壤教育委員会編(1986;1997;2006;2013;2014)、森林土壤研究会編(1982)、浅野ら(2009a;2009b)、全国農業協同組合連合会肥料農薬部(2010)、東京大学農学部編(2011)、日本土壤協会編(2012;2013;2014)、日本土壤肥料学会編(2013)、JA全農肥料農薬部編(2014)など。

(5)土壤教育・土壤リテラシー

土壤教育に係る論文は、2005年以降多くなっている。この年には、日本土壤肥料学会に新部門が設置され、土壤教育に係る部会が発足した。そして、当会員がまず関心を持ち始め、積極的に観察会や出前授業、講演会、シンポジウム等を実施し、その成果をまとめ、報告した。その後、教育現場や博物館、試験場等で土壤教育実践が広がっていった。また、福田(2004b;2006a;2006b)は児童・生徒の土離れが進んでいること、学習指導要領の改訂によって小学校第3学年理科から「石と土」が削除されたことなどを報告したことが、土壤教育に関心が持たれることにつながったと考えている。福田(2014a;2014d;2015a;2015b;2015d;2015e;1995f;1995g;195h;2017)は土壤リテラシーを定義し、その育成に向けた取り組みを報告しているが、現在までに他には論文等は見られない。

土壤教育強化委員会(1983)、木内(1984;1987)、永塚(1989)、平井ら(1989;2014)、樋口(1990;2004;2005)、東ら(1990)、T.Fukuda(1990;1991)、矢野(2002)、田村(2002a;2008;2011)、綿井ら(2005)、東ら(2006)、菅野ら(2009)、橋本ら(2010)、菅野(2010)、矢内(2010)、浅野(2012)、佐々木ら(2012)、平山ら(2013;2016)、

羽生ら (2015)、小舘 (2015)、田中ら (2015)、荒木ら (2015)、赤江 (2016)、田村ら (2016)、
福田 (1986;1987;1988a;1989b;1989c;1990;1996c;2004b;2006a;2006b;2010 a;2010b;2010c;2014a;2014b;2014c
;2015a;2015b; 2015d;2015e;2017)、など。

(6)環境教育

1970年代後半から環境教育が盛んに実践され、研究されるようになったが、水と大気、野生生物に関する実践や論文等が多く、土壌に関する実践研究は1990年代から少しずつ見られるようになった。中学校や高等学校の課題研究のほとんどは、大気や水に関わる内容であったが、「総合的な学習の時間」が新設されて以降、土壌を課題研究テーマに取り上げる教科書が増えた。そして、21世紀に入り、土壌教育は環境教育的視点で捉えられるようになり、その実践、研究は増えていった。福田 (1989a;1990c;1994b;1996b;1997a;2015c) は、学際的な範疇に属する土壌を環境教育的視点で捉え、様々な実践を通して「総合的な学習の時間」の中で教科横断的に扱う手法を確立した。

福田 (1988b; 1989a;1990c;1994b;1995d; ;1996b;1997a;1997b;2004a;2014d;2015c)、樋口 (1990)、陽 (1991、1995、2004、2005)、植山 (1993)、小林ら (1993)、三石ら (1998)、土壌版レッドデータブック作成委員会 (2000)、平山ら (2000)、矢野 (2002)、矢野ら (2002)、樋口 (2004;2005)、宮崎ら (2004)、滋賀県総合教育センター (2004)、森ら (2006)、小崎ら (2008;2009)、都筑 (2009)、宇田川 (2009)、田村 (2011)、宇土ら (2012)、IUSS (2013)、田村ら (2002b;2016) など。

(7)文化土壌

土壌を文化史として捉える論文や書籍が見られる。土壌は、地球表面を覆う薄膜であり、生命を支える自然要因、農林業の基盤であるとともに焼き物やレンガ、瓦、セラミックスなどの生活資材・工業資材として利用されている。また、思想、宗教、霊、方言、文明・文化、歴史、芸術、民族、医療、健康、美容など広範に亘って、人間生活と密接に結びついている (福田ら、2011a;2013c;2016)。さらに、景観や心理との関わりで捉えたり、近年は資源としてレッドデータ化し始めている自然物である。陽 (2015) は、日本土壌肥料学会の文化土壌学部会をリードしており、農業や神話、文化、健康を中心に土壌を取り上げる多数の論文がある。

海外では V.G. カーターら (1995) やジャレド・ダイヤモンド (2005)、デイビッド・モントゴメリー (2010) など、文明から見た土の存在を語る書籍が見られる。土壌と人類史との関わりから、歴史的資源、文化的資源としての一面を認識することは、土壌リテラシー育成上、重要であると考えられる。

松井ら (1993)、藤原 (1991)、KGI 出版編 (1994)、カーター、V.G.ら (1995)、栗田ら (2001)、井波 (2002)、ジャレド・ダイヤモンド (2005)、小野 (2005)、松本 (2006)、陽 (2006、2007a、2007b、2007c、2008a、2008b、2010)、浅川ら (2008)、陽ら (2009)、日本土壌肥料学会編 (2010b)、デイビッド・モントゴメリー (2010)、福田ら (2011 a;2013c;2016)、ピーター・トムプキンスら (1998)、公益財団法人 農業・環境・健康研究所 (2014)、大橋 (2015) など

(8)普及啓発 (書籍等)

土壌を普及啓発する書籍は、その大半が「土壌学」などの専門書である。20世紀初めには、外国から土壌研究者が招聘された。米国のクラーク、英国のキンチ、独逸のケルネル、フェスカなどであり、日本の土壌研究の礎が構築されていった。その後、国内の研究者が輩出し、恒藤規隆の「日本土壌論」(1904)、麻生慶次郎・村松舜祐の「土壌学」(1907)、大工原銀太郎「土壌学講義」(1916年上巻、1919年中巻)、鈴木重礼「土壌生成論」(1917)などが刊行された。1912年には肥料懇談会(1934年に日本土壌肥料学会に改称)が設立され、食糧増産を図る土壌あるいは肥料、植物栄養に関する研究が盛んとなった。第二次世界大戦後は、化学肥料や農薬の製造が増大し、その使用の増加に連れて食糧生産量は拡大していった。しかし、20世紀後半には土壌汚染が広がり、土壌の劣化が進んだ。21世紀に入っても世界人口は増加し続け、気象異変なども加わって食糧生産は伸び悩み、食糧不足が懸念され始めている。国連は、土壌危機が訪れている中、土壌管理や保全の必要性を強調している。特に、次世代に健全な土壌を引き渡し、持続可能な農業を実現していくようにすることが、現生人の果たすべき役目である。それには、土壌危機を受け止め、土壌劣化を保全する対策を考えなければならない。また、土壌劣化を引き起こ

す人間活動を改善していく必要がある。それには、土壌への負荷を減じる人々の生き方あるいは価値観を醸成することが重要である。このような生き方などの変容には、幼少期から土への関心を育み、土の知識を高め、土を正しく理解していく、土壌教育を推進していくことに取り組みなければならない。

近年、幼少期からの土の感性や土の大切さ、性質・機能、農林業などとの関わりなどをわかりやすく解説する土壌教育に関わる書籍が出版されはじめている。日本土壌肥料学会は、「土をどう教えるかー新たな環境教育教材」（浅野ら、2009a、2009b）及び「土壌の観察・実験テキスト」（日本土壌肥料学会土壌教育委員会編、2006:2014）を出版し、小・中・高等学校教師等に土壌の指導方法を示した。絵本として、松尾ら（1989;1990a;1990b;1992）、栗田ら（2006）、「土の絵本」（日本土壌肥料学会編、2002）などが出版され、土壌教育の普及に多大な貢献をしている。さらに、カーター・V.G.ら（1995）やデイビッド・モントゴメリー（2010）、ジャレド・ダイヤモンド（2012）、P. ロバーツ（2012）などの書籍は、土壌危機の警告書として世界的な反響があり、ベストセラーとなっている。福田（1996c~1996h）は、教師向けの基礎教養講座である「土の科学」を日本理科教育学会誌に連載し、全国の小・中・高校教師から好評であった。

前田ら（1974）、前田編（1976）、佐々木ら（1974）、大政（1951;1977）、シーア・コルボーンら（1977）、川口（1977）、松井（1979;1988）、渡辺（1979）、倉林（1980、1986）、久馬ら（1984;1987;1997）、中嶋（1985）、山根（1988）、大羽ら（1988）、西尾（1989）、松尾ら（1989;1990a;1990b;1992）、岩田（1985;1991;2005）、松尾ら（1989;1990a;1990b;1992）、日本林業技術協会編（1990）、小山（1990）、「土の世界」編集グループ（1990）、松井ら（1993）、KBI出版編（1994）、都留（1994）、小池ら（1994）、高橋（1994）、福田（1992b;1993c;1995i）、福田（1996c~1996h;1996i）、山岡（1997）、木村（1997）、塚本（1998）、大野（1998）、中村（1998）、和田（1997）、三石ら（1999）、梅澤（2000）、畑（2001）、栗田ら（2001）、浅海（2001）、梅宮ら（2001）、日本土壌肥料学会編（1981;2002;2009;2010a;2010b;2015）、松中（2003）、町田ら（2003）、高橋（2004）、東（2004）、栗田（2004;2006）、住ら（2004）、松中（2004）、久馬ら編（2005）、小野（2005）、塚本ら（2005）、谷本（2005）、浅野ら（2007）、金子（2007）、土壌汚染技術士ネットワーク（2009）、浅野ら（2009a、2009b）、久馬（2005;2010）、デイビッド・モントゴメリー（2010）、全国農業協同組合連合会肥料農薬部（2010）、青山（2010）、ジャン・ブレーヌ（2011）、渡辺（2011）、畑編（2011）、ジャレド・ダイヤモンド（2012）、後藤監修（2012）、P. ロバーツ（2012）、杉山（2013）、藤原（2013）、保坂ら（2013）、佐藤ら（2013a;2013b;2013c）、藤原監修（2013）、日本土壌肥料学会土壌教育委員会編（2006;2014）、日本土壌肥料学会監修（2014）、日本土壌協会監修（2014）、日本土壌肥料学会「土のひみつ」編集グループ編（2015）、陽（1994;2015）、山野井（2015）、田中ら（2015）、横山監修（2015）、藤井（2015）など。

(9)学習指導要領における土壌の取扱い等

学習指導要領総則（文部科学省、2008b;2008c;2009a）には、「各学校においては、教育基本法及び学校教育法その他の法令並びにこの章以下に示すところに従い、生徒の人間として調和のとれた育成を目指し、地域や学校の実態及び生徒の心身の発達の段階や特性等を十分考慮して、適切な教育課程を編成するものとし、これらに掲げる目標を達成するよう教育を行うものとする。」ことが示されている。すなわち、学校教育は国が告示した学習指導要領に則って行わなければならない（小学校は学校教育法 20 条「小学校の教科に関する事項は、第十七条及び第十八条の規定に従い、文部科学大臣が、これを定める。」と同法施行規則 25 条「小学校の教育課程については、この節に定めるもののほか、教育課程の基準として文部大臣が別に公示する小学校学習指導要領によるものとする。」、中学校は学校教育法 38 条と同法施行規則 54 条の 2、高等学校には学校教育法 43 条と同法施行規則 57 条の 2）。学校の授業等で土壌が取り上げられ、扱われることを進めていくには、小学校、中学校、高等学校学習指導要領に土あるいは土壌が積極的に取り上げられることが必要である。学習指導要領の改訂に向けて、教科書等への土壌内容の取扱いや記載事項に関する要望や提言は少ないが、福田（2009;2015b）は土壌教育の推進を図るため、学習指導要領改定時に各学校段階における土壌の取扱いの要望や提言を文部省、文部科学省に行ってきた。そして、2015 年には次期改定に向けて日本土壌肥料学会として要望書をまとめ、文部科学省に提出した（平井ら、2015）。福田（2009;2015b;2015c）、水原（2010）、平井ら（2015）など。

第1章 土壌リテラシーの概念規定と土壌教育の歴史

第1章 土壌リテラシーの概念規定と土壌教育の歴史

改訂世界土壌憲章の前文（国際連合食糧農業機関、2015）には、「土壌は地球上の生命の基盤だが、人間が土壌資源にかかる圧力が限界に到達しようとしている。注意深い土壌の管理は、持続可能な農業に欠くことのできない要素であり、貴重な気候調節の手段となり、生態系サービスや生物多様性を保護するひとつの筋道にもなる。」との警告が述べられている。1982年発行の旧世界土壌憲章前文には「土地の食糧生産能力には限界がある。その生産力の限界は、土壌や気象条件、それに適用される管理方法によって規定される。その限界を超えて土地を『掘り返す』と、必ず結果的に生産力の低下を招くことになる。」と記されており、「20世紀末には発展途上国の土地の生産力の20パーセントが失われている可能性もある。」との指摘があった。その後、この指摘に対する大きな改善はなく、「劣化の程度が大きい土壌は世界の4分の1に達し、中程度44%、改善されている土壌は10%に過ぎない」ことが報告された（FAO、2011a）。そして、今回の改定では個人や民間、団体、学会、政府に「主要な土壌の機能が損なわれないように持続可能な土壌管理」を求め、あらゆるレベルにおいて、それを確かな政策や具体的な行動に移していくことを勧告している。この実現には、人々が土壌保全・管理を考え、実行する土壌リテラシーを身に付けることが必要であり、その育成に向けた土壌教育を積極的に実践していくことが重要である。

第1節 土壌リテラシーの概念規定とその育成

土壌とは、地球を構成する地殻の陸地の最表層に存在するごく薄い部分に存在し、岩石の風化物や火山灰に動植物遺体あるいはその分解産物が加わって熟成されたものである。土壌の地表からの深さは1～2m程度であると考えられているが、地球全体を平均するとその厚さはわずか約18cmに過ぎない（陽、2015）。土壌を有する土壌圏は大気圏、生物圏、岩石圏、水圏に接しており、それらは相互に影響し合っている（松中、2003）。土壌は、土とも呼ばれるが、「土」と「土壌」はほぼ同義語である。久馬（2010）は、『土』とは自然に植物を養うものをいい、『壤』とは人が耕して作物を植えるところのものを言うとして、「天然の培地を『土』、農耕地の土を『土壌』という。」としている。また、陽（2010）は『中国土壌分類と土地利用』という書物には、『土』とは人間が手を加えていない自然の状態のもので、『壤』とは植物を栽培するために人間が一度『土』を砕いてやわらかな土にした耕作土をいう。」と定義されていることを述べている。我が国の学習指導要領には、小学校では「土」（文部科学省、2008b）、中学校及び高等学校では『土壌』（文部科学省、2008c；2009a；2009b）を用語として用いている。そこで、本論では可能な限り学習指導要領に基づいて、「土」あるいは「土壌」を使用する。

第1項 土壌リテラシーの概念規定

近年、「リテラシー（literacy）」という用語が盛んに使用されるようになってきている。情報リテラシーや科学リテラシー、コンピュータ・リテラシー、環境リテラシー、文化リテラシー、言語リテラシー、メディア・リテラシーなどである。用語の「リテラシー」は、識字能力を指し、正しく活用できる能力という意味で使われている。しかし、近頃リテラシーの意味は変容しており、「知識活用能力や課題解決能力を包含する」言葉となっている（佐藤、2003；松下編著、2012）。また、ユネスコはリテラシーを「自らの目標・目的達成を成し遂げるために知識や技能を高める能力、社会に対して貢献し続ける能力」と捉えている。

科学リテラシーは、OECD（Organisation for Economic Co-operation and Development：経済協力開発機構）が実施するPISA調査（Programme for International Student Assessment：学習到達度調査）の指標であるが、一時我が国では科学リテラシーの低下が問題となったことから、一般に知られるようになった。近年、私たちの日常生活と科学技術との関わりは深くなってきているが、国民の科学技術に対する関心・理解は若者を中心に低下の傾向にある。21世紀は知識基盤社会であり、我が国では科学技術による社会的・経済的課題の解決や知的・文化的価値の創出を通じて、今後のAI（Artificial Intelligence：人工知能）やIoT（Internet of Things：センサーやデバイスといった「モノ」がインターネットを通じてクラウドやサーバーに接続され、情報交換することにより相互に制御する仕組み（村上、2013；<https://soracom.jp/iot>）、BD（Big Data：ビッグデータ：ロボットのもたらす超スマート社会（必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会

の様々なニーズにきめ細やかに対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる社会) (文部科学省編、2016)、先端医療や遺伝子操作などの技術進展、少子高齢化などの社会変化に積極的に対応していくためには、科学技術についての人々の関心・理解は不可欠である (文部科学省編、2006b)。

我が国では、子どもの理科・数学の学力は国際的に高い水準にある一方、科学技術や理数科目に対する興味、関心は学年が進むにつれて低下し、大人となってからも低迷し続けている現実がある (文部科学省、2006b)。その結果、国民の科学技術の理解度は国際水準から大きく落ち込んでいる (文部科学省、2007)。特に、国民の科学技術に対する関心の度合いは、調査国中最下位であったことが大きな話題となった。さらに、PISA 調査や TIMSS 調査 (Trends in International Mathematics and Science Study : 国際数学・理科教育動向調査、IEA (The International Association for the Evaluation of Educational Achievement : 国際教育到達度評価学会) が実施している調査) から、子ども達の理科離れ (国立教育政策研究所、2004 黒杭、2002 ; 長沼、2015) や若者の科学技術離れ、理工系離れ (科学技術庁、1993; 文部科学省編、2016) が社会問題ともなった。この背景には、環境破壊や核、放射能汚染、遺伝子操作、食品の農薬汚染などの問題に対する科学不信があったこと、科学技術の急速な進歩・発展や高度化に伴って原理・原則が理解しにくくなったことなどがあるものと考えられる。

このような中、「土壌リテラシー」が造語として出現したが、出所が不明であり、定義もない。アメリカでは、「soil literacy」の用語はあるが、学校教育の中ではほとんど取り上げられていない。そして、「土壌リテラシー」という用語は少しずつ使用されるようになったとはいえ、必ずしも市民権を得ているわけではない。PISA 調査 (国立教育政策研究所、2004) よる科学的リテラシー (科学リテラシーと同義語) の定義である「自然界及び人間の活動によって起こる自然界の変化について理解し、意思決定するために科学的知識を使用し、課題を明確にし、証拠に基づく結論を導き出す能力である。」 (熊野、2002) を参考として、筆者は「土壌リテラシー」を「自然界あるいは人間によって造られた自然における土壌を科学的に理解し、その課題を発見し、科学的知識を用いて解決策を導き出し、土壌保全に向けた考えや態度、行動ができる能力」と概念規定した。

第2項 土壌リテラシーの育成

土壌リテラシーを育成する上で、土壌教育は重要な教育プロセスである。土壌教育は、「学校や社会、家庭などにおいて土に触れることや探究的な観察・実験、課題研究などを通して、土に対する興味・関心を高め、土の知識・理解を進めて知恵を育む教育であり、様々な土の課題を解決する能力を育成するために行われる教育活動」である。日本土壌肥料学会 (jssspn.jp) は、学会活動紹介の中で土壌教育活動を「人間の生存にとって欠くことのできない土壌の重要性についての社会的理解・認識を高め、深めるための研究を行い、長年の実績が高く評価されている土壌教育活動をさらに発展させる。また、土壌に関連する科学的知識を社会的に広く普及するとともに、環境教育などとも密接に関連しながら、小・中・高等学校教員・市民を対象に土壌に関する教材・教育法の開発研究や普及、教育体験発表などを進めることを目的とする。土壌・肥料・植物栄養学に関係する地域活動への協力等も積極的に進める。」としている。

土壌リテラシーの基礎が人の一生の中で最初に芽生えるのは、幼少期～児童初期にあり、土壌リテラシー育成の揺籃期として重要な時期と考えている。つまり、この時期は土の存在を身近に感じ、土に対する感性を育む土壌リテラシーの基礎・土台づくり期に当たると捉えている。その後、児童中期～中学校時には土の様々な性質や機能などの知識を習得し、高校時には社会や環境とのつながりの中で土壌を考えさせていく指導が必要となる。特に、様々な地球環境問題と関連させて環境教育的視点で扱っていくことが大切であり、土壌保全の意識・態度の育成を図る時期と考えている。さらに、成人教育では、官公庁あるいは企業活動などに際して、土壌に配慮した判断・行動がとれることが必要である。

近年、人々の土離れは進んでおり、子どもに限らず、大人まで土への関心・理解は減じている (福田、2010c)。また、土壌への関心や理解等の地域差はほとんど見られず、全国的な傾向である (福田、1998b)。その原因として、幼少期の泥んこ遊びや土いじり、農作業体験やものづくり体験、自然体験の不足など、土と接する機会の減

少が考えられる。そこで、高校2年生と博物館主催の自然観察会に参加した30代から70代までの幅広い年齢層の成人を対象とした幼少期の農作業体験及び泥んこ遊びの有無について調査した結果、10代と30代では大きく異なり、さらに30代と40代以降で差異があることが認められた(図1-1、図1-2)。この差異は、各年代層が育った幼少期の時代背景が大きく関わっていることに起因していると考えられる。すなわち、高校2年生はバブル期～バブル崩壊期、30代は高度経済成長期、40代は経済成長開始期、50代は第一次産業発展期、60代以上は戦前～戦後の第二次大戦前中あるいは戦後混乱期前後に幼少期を過ごした年代である。40代から60代は、物資豊かな時代ではなく、むしろ自然の中で遊んだり、農作業を手伝ったりして幼少期を過ごしており、土に接する機会は多かったと考えられる。30代は幼少期に我が国の経済発展著しい時代を過ごしており、第二次産業に従事する国民が急増していく中で農業離れ、土離れが進み始めた時代である。そして、高校2年生はバブル崩壊時を過ごしているが、農作業や泥んこ遊びなどの土との触れ合いはほとんど体験しない時代に育った子ども達である。このような時代の変化が、図1-1と図1-2には表れている。その後、21世紀に入って、子ども達の泥んこ遊びなどの自然体験、野外活動の機会は極めて少なくなっているのが実態である。そのため、幼少期の土体験、自然体験などによって作られる土壌リテラシーの基礎・基盤が必ずしも育成・形成されていないのが、実情である。幼少期に身に付けることが望ましい土の感性は、土遊びや土に触れることによって備わると考えている。それ故、長いスパンで土壌教育あるいは環境教育を捉える場合、幼少期の自然や土との触れ合いは重視していかなければならない体験である。

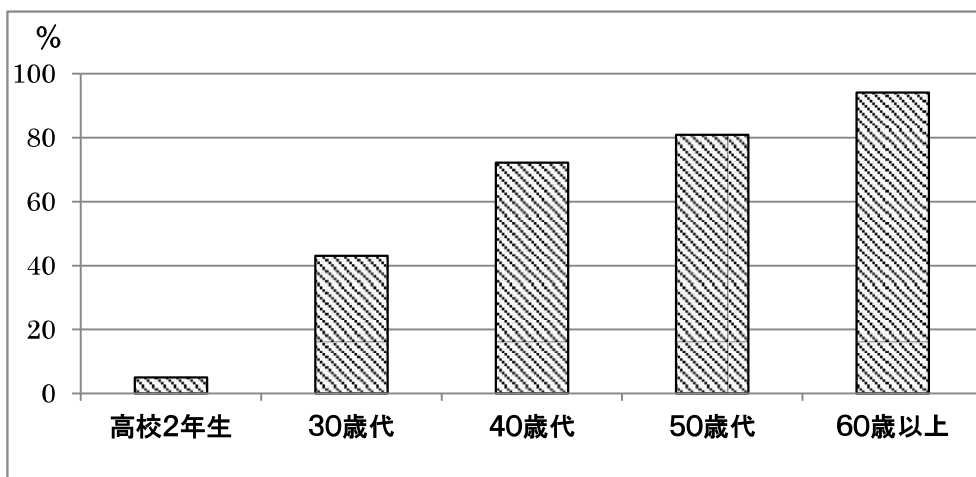


図1-1 農作業の体験(「ある」の割合)

調査対象：高校2年生78名、30歳代51名、40歳代36名、50歳代42名、60歳以上43名(2005年～2008年)

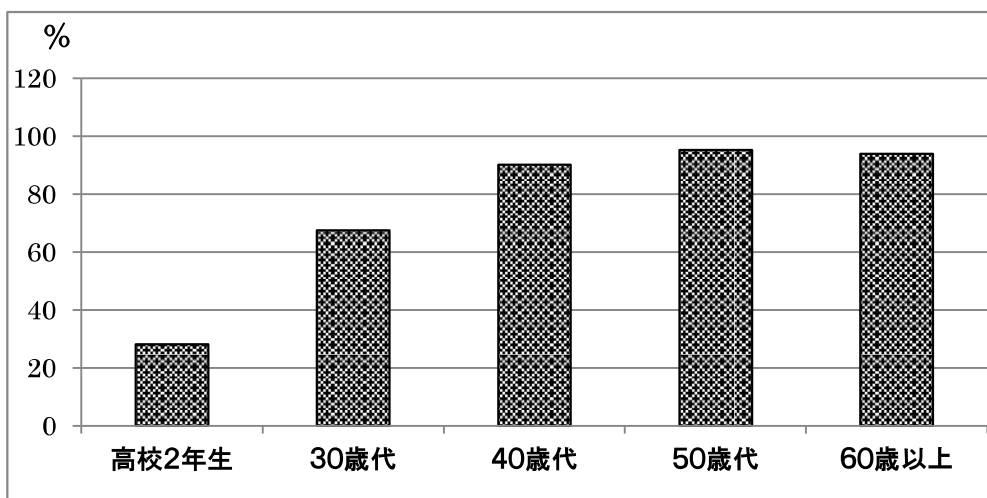


図1-2 泥んこ遊び(「ある」の割合)

調査対象：表1-1と同じ

21世紀に入り、地球環境悪化の進行が拡大する中、様々な環境問題が複雑に絡み合っており、土壌問題を解決するには自然の成り立ちやしくみを体験的に理解する必要がある。また、幼児期から成人までの発達段階に応じた土壌教育を適切に行い、国民の土壌リテラシーの育成、向上に向けた取組を実行することは極めて重要である（図1-3）。近年の土壌劣化や汚染などの様々な土壌問題を考慮すると、その解決には家庭や学校、地域社会全体で生涯学習的に土壌リテラシーの育成に取り組む土壌教育を構築し、実践していく必要がある（図1-4）。

子どもが幼少期あるいは児童期に土にどう接したかあるいは親から土をどう教えられたかということは、子どもの土に対する考えや見方、イメージ形成に強い影響を及ぼす。また、幼児期あるいは児童期には「どうして」、「なぜ」という疑問が多く発せられる。この時、子どもの疑問や質問に適切、丁寧に答えることにより、関心が持たれることがある。しかし、幼稚園の保護者あるいは小学校教員対象の研修会開催時に調査した結果から、残念ながら土については子ども達の持つ知的好奇心に適切に対応できていない親や教師、大人が多いことが明らかとなった（表1-1）。一般に、自然や土に関心の薄いあるいは知識の乏しい大人や教師が多くなっていると言われる。子どもの発問を捉え、適切に対応していくことこそが子ども達の科学心や探究心、知りたい欲求を引き出し、科学的素養を育むチャンスとなる。また、この時期に親や大人から土を「汚いもの」、「汚れる」、「触ると病気になる」などと言われて土に触れることを禁じられて成長すると、子どもたちは土から離れ、土に対してマイナス・イメージを持つようになる。しかし、実際には幼稚園児及び小学校1～3年の親（幼稚園、小学校で開催された土壌講演会で講演した際に実施したアンケート調査）を対象とした「土は汚い」、「土を触らない」などの子どもへの発言の有無の調査を実施した結果、「土は汚い」などと子どもに言う親は7割を超えていることがわかった（図1-5）。

土のマイナス・イメージを払拭するには、幼稚園や小学校で土を積極的に取り上げ、土を正しく指導する機会や場を設定することが大切となる。現行幼稚園教育要領（文部科学省、2008a）では、指導内容「環境」のねらいとして「周囲の様々な環境に好奇心や探究心をもってかかわり、それらを生活に取り入れていこうとする力を養う。」とあり、その取扱いでは「幼児期において自然のもつ意味は大きく、自然の大きさ、美しさ、不思議さなどに直接触れる体験を通して、幼児の心が安らぎ、豊かな感情、好奇心、思考力、表現力の基礎が培われることを踏まえ、幼児が自然とのかかわりを深めることができるよう工夫すること。」としている。しかし、幼稚園児や小学生（1～3年）に対する土に触れる機会の設定の有無を自然体験研修会（狭山市教育委員会開催「幼少期の自然体験活動の意義とそのあり方」）に参加した教員を対象に調査した結果、幼稚園、小学校とも「設けていない」が約6～7割と多いことが明らかになった（図1-6）。また、2000年の学習指導要領改訂により、小学校1～2年の理科は生活に変わり、2010年の改訂では小学校理科の第3学年で取り上げられていた「石と土」の項目は削除された。そのため、小学校理科における土の学習機会は大きく後退してしまっている。小学校低学年で土を学習したり、土と触れ合う機会があるか否かで、その後子ども達の土の捉え方や見方、イメージなどが大きく異なる。また、この時期までの土の直接体験は、生涯の土壌リテラシーの基盤を構成する上で大切である。それ故、小学校低・中学年で土を学習する意義は極めて大きいと言える。身近な自然教材である土を積極的に取り上げ、授業や観察・実験などを実践することにより、児童・生徒の土に対する正しい見方や考え方が備わる。特に、児童・生徒が野外で実際の土に触れ、土を使った様々な探究学習や観察・実験、課題研究を実践することは、土や自然を大切にしようとする情動や考え方、態度、行動の育成に結びつく指導となるものと考えている。

表1-1 幼稚園児から小学校低学年低学年児童からの質問と回答（%）

調査項目	親	小学校教師	その他
土について聞かれたことがある	57.9	36.7	27.3
適切に回答できなかった	84.3	72.2	55.6

質問事項：「子どもから土について聞かれたことがありますか」、「聞かれた時に適切に回答することができましたか」

調査対象者：親121名、小学校教師49名、その他（祖父・祖母など）55名

「適切に回答できなかった」割合は「土について聞かれたことがある」と答えた人について調査した。

家庭教育、保育園・幼稚園教育（幼児期）

↓ ・泥んこ遊び、野外遊び、土の上を歩く（領域「環境」） **土に対する感性**

学校教育（児童・生徒期）

①小学校 土に触れる、土を観る、野外体験（生活・理科、社会、総合的な学習の時間）

土への関心・理解、土の知識

- ・土遊び（粘土細工）
- ・土の色、土の感触など（様々な土色、土の軟らかさ、土の乾湿、土の粘り気など）
- ・石と土（土のでき方）
- ・地面の温度（ヒートアイランド）
- ・花壇作り、穀物（イネなど）づくり、野菜づくり
- ・土と砂との違い（土団子と砂団子）
- ・土の断面（表土は黒い、土はどこまで続く、土の中の生き物）
- ・土って何だろう
- ・土の層（土色、表層土と下層土、土の中の生き物）

②中学校 様々な土の観察・実験（理科、社会、技術家庭技術分野、芸術、総合的な学習の時間）

土の性質・機能の正しい認識

- ・土の生成過程を調べる：土壌断面、落ち葉のゆくえ（落ち葉めぐり）、土壌有機物・腐植
- ・土壌生物を調べる：土壌動物、土中の分解者（土壌微生物）
- ・土の多様性を調べる：土の色、土の呼吸、土の自然度
- ・土の機能を調べる：養分吸着・水分保持、浄化機能
- ・土の資材性を調べる：陶芸づくり

③高等学校 自然を構成する土壌、人間と土壌を学ぶ（理科生物・地学・化学、地歴地理、公民現社、芸術、保健体育・保健、家庭、国語・国語表現、外国語・英語、総合的な学習の時間）

土壌保全の意識・態度・行動の育成

- ・植生と土壌 遷移と土壌形成
- ・植生・土壌・気候の関係
- ・農業と土壌
- ・日本と世界の土壌（チェルノーゼム、ポドゾル、テラロッサ、テラローシャ、ラテライト、赤黄色土、泥炭、黒泥土、砂漠土、栗色土、褐色森林土、黒ボク土、グライ土）
- ・資材としての土壌
- ・土の破壊・汚染（土壌侵食、土壌の塩類化、砂漠化）と土壌保全
- ・土壌汚染と健康
- ↓ ・地産地消

大学・成人教育

④大学教育

地球レベルの土壌保全の判断・態度の育成

- ・人類と土壌、地球環境と土壌

⑤社会人教育

土壌に配慮した判断・態度・行動

- ↓ ・公務員研修・企業研修、図書館・博物館等生涯学習機関の活用、その他

土壌リテラシーの向上

*学校教育では、関連する教科科目として国語、外国語、道徳などが入る場合がある。

図 1-3 小・中・高等学校等における土壌リテラシーの向上に向けた土壌教育の構築過程

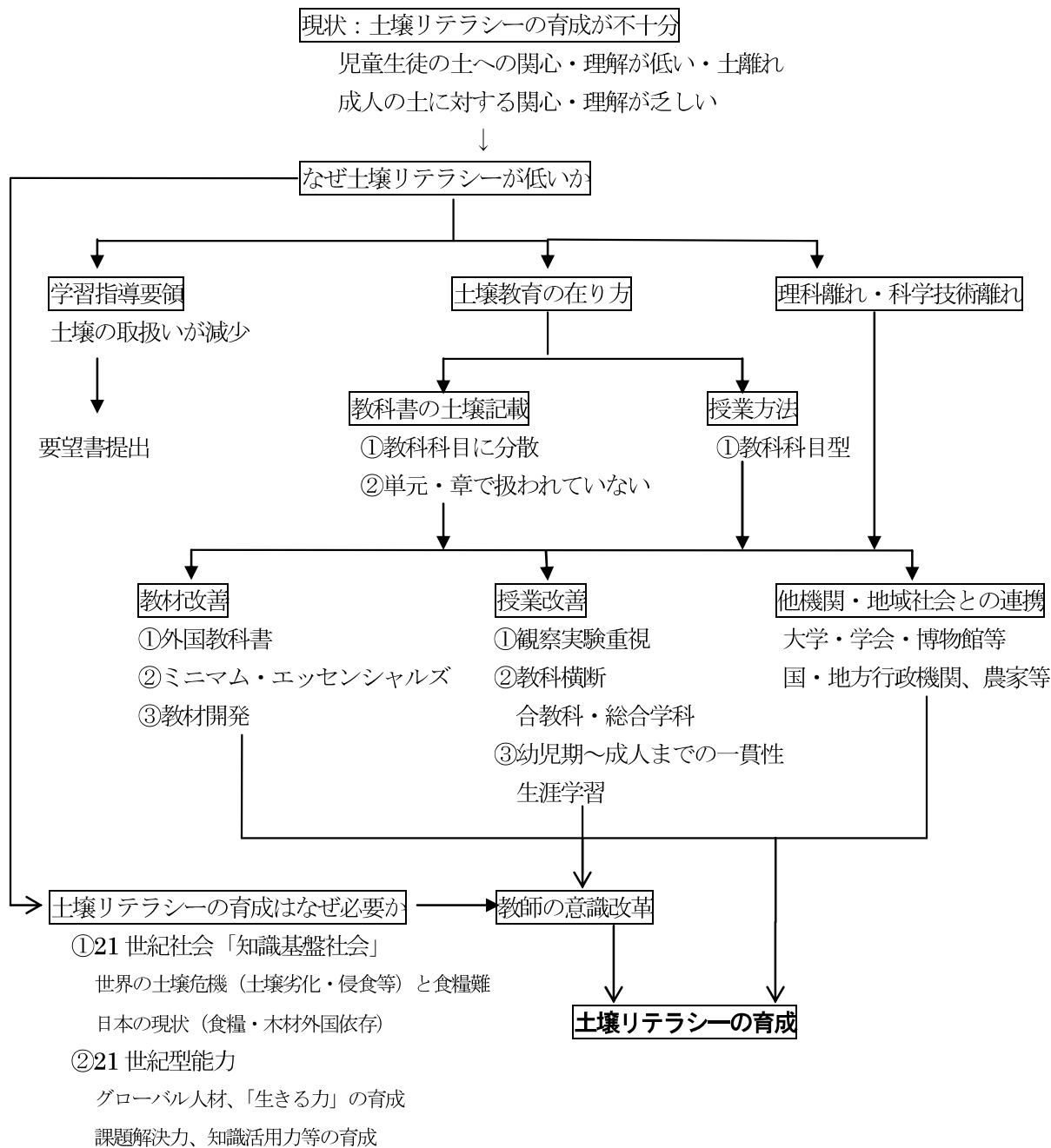


図1-4 土壌リテラシーの育成に向けた学校教育等における土壌教育の構築（福田概念図）

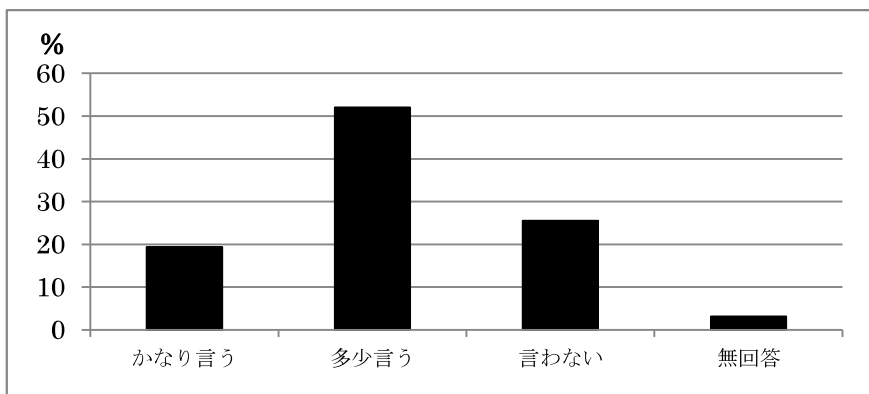


図1-5 「土は汚い」、「土を触らない」などの子どもへの発言の有無
 調査対象：幼稚園児及び小学校1～3年の親98名（2004年）

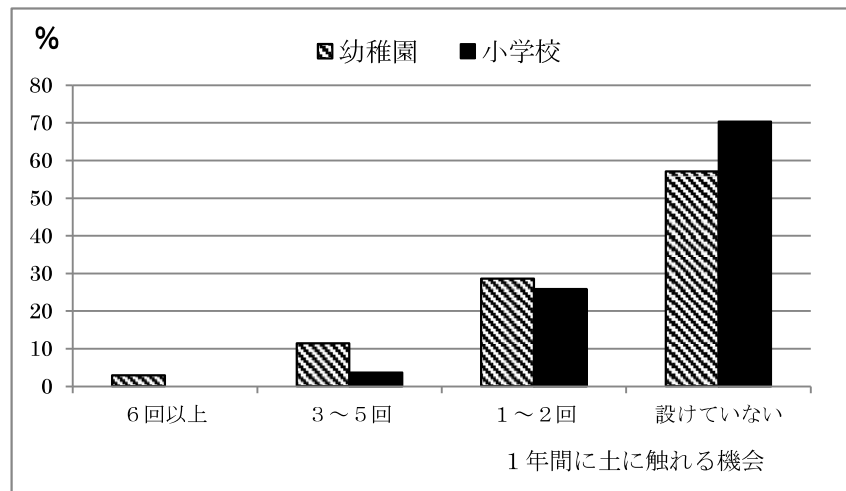


図1-6 幼稚園及び小学校（1～3年）における土に触れる機会の有無
調査対象：幼稚園35園、小学校27校（2010年）

第2節 土壌教育の歴史

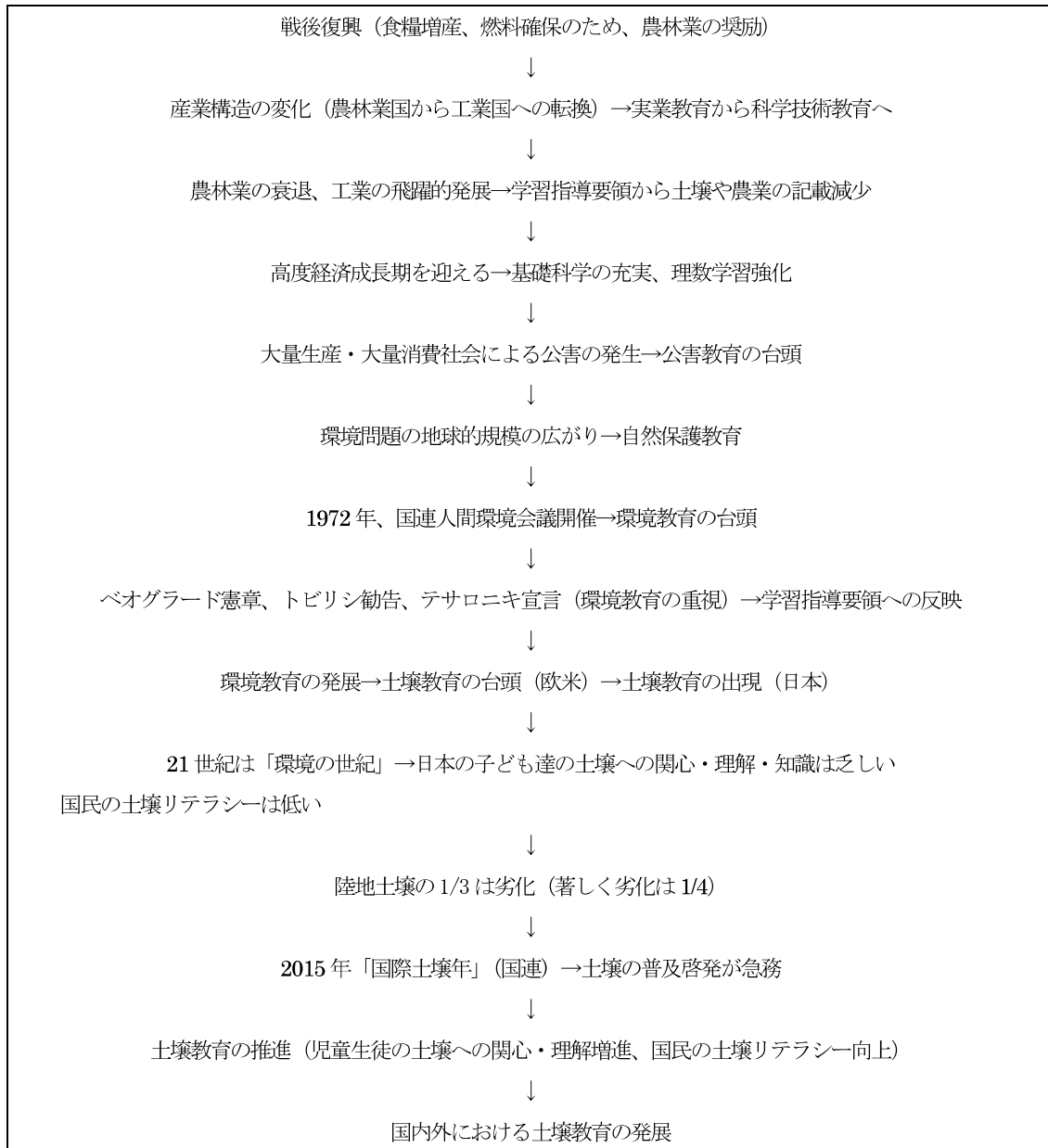
約250万年前に登場した人類が約1万年前に農業を始めた頃から、土壌を耕し、農作物を作る上で人々との間の伝達があったと考えられる（Wasson, R. J., 2006; Hartemink, A. E. ら, 2008a）。農耕が始まったのは、約1万年前の水期が終わり、気候が温暖になって人口が急増し、狩猟・採集では食料確保が難しくなっていた頃と考えられている。人類は森林生活から農耕を営む場として水を確保しやすい、肥沃な土地が広がる河川流域に移住するようになっていった。やがて、食糧供給が安定してくると、さらに人口は増加していった。その後、世界四大文明が大河流域に発祥した。大河の流域に分布する土壌は、氾濫により肥沃となり、食糧生産に適していた。紀元前7000年にはムギ、6000年前にはコメ、5000年にはトウモロコシやジャガイモが栽培されるようになった。しかし、古代ギリシャ時代には農耕により土壌流出が頻繁に起こり、深刻となっていた。中世には農耕技術が確立し、18世紀には知力回復農法として輪作や圃い込み、三圃式農業などの農業革命が起こり、農業生産は向上した。19世紀には、農耕技法や農機具の改良が進み、動力機械が導入された。また、尿素（1828年）や過リン酸石灰（1843年）などが製造され、肥料開発・製造が飛躍的に進展した。この近代農業の発展は、長く続いた伝統農法から脱却し、土壌を科学的に研究し、解明して土壌機能を活かす農法を開発し、確立していった。リービヒ（Justus Freiherr von Liebig, 1803～1873）は、それまでの「腐植栄養説」に変わり、1840年に「無機栄養説」を発表した（吉田、1986）。その後、「最少養分律」を発表し、土壌の無機物質が植物栄養に重要であることが定着して土壌科学が発達した。また、ドクチャエフ（Vasily Vasil'evich Dokuchaev, 1846～1903）は、1833年に『ロシアのチェルノーゼム』を著し、「土壌とは、地殻の表層において岩石・気候・生物・地形ならびに土地の年代といった土壌生成因子の総合的な相互作用によって生成する岩石圏の変化生成物であり、多少とも腐植・水・空気・生きている生物を含み、かつ肥沃度をもった独立の有機・無機自然体である」と定義した（永塚、2011）。さらに、ヒルガード（Eugene Woldemar Hilgard, 1833～1916）は、土壌、気候、植生との関連を明らかにした。この他、19世紀には土壌科学的な解明が進み、試験場や大学等の専門機関における土壌科学教育が広がっていった。

第1項 世界の動向

土壌研究は、19世紀末には確立していた。第二次世界大戦後には化学肥料と農薬の技術発展・普及が急速に進み、穀物の品種改良が行われて農業生産性は飛躍的に増大した。その後、大型機械の導入により、農業は大型化していった。また、灌漑施設や設備が広がっていった。一方、産業発展により、大量生産・大量消費社会が成立したが、その反面自然開発は進み、廃棄物が増大していった。やがて、環境破壊・汚染は国境を越えて広がり、地球的規模となっていた。1962年レイチェル・カーソン（Rachel Louise Carson, 1907～1964）の「沈黙の春」

(R.カーソン、2004) が出版されると、人々の環境問題への関心が高まり、1972年ストックホルムで開催された国連人間環境会議では「Only One Earth」が問われるようになった(表 1-2)。そして、この会議を機に環境教育の必要性が叫ばれ、ベオグラード憲章(1975年)、トビリシ宣言(1977年)、テサロニキ宣言(1997年)などが次々と発表された。その後、学校教育や社会教育等において環境教育が導入され、実践されるようになっていった。また、世界では土壌劣化に伴う砂漠化が深刻となりつつあり、土壌教育が誕生し、世界に広がるきっかけとなったと考えている。

表 1-2 土壌教育の歴史的経緯(1945～現在)



21世紀に入り、温暖化やオゾン層破壊、酸性雨、熱帯林喪失、砂漠化、野生生物絶滅、大気・水・土壌汚染、気候変動などの様々な地球環境問題がますます悪化しており、生態系の破壊が進んでいる。これらの諸問題は単発に発生するものではなく、複雑に関連し合って複合的に発生している。その引き金は年間8千万人ずつ増え続けている人口増加であり、豊かで快適・便利な生活を追求する人口の増大である。世界各地で生じている土壌劣化は深刻であり、土壌危機が懸念されている。それは、食糧などの生産基盤である土壌問題により、近未来に食料不足が不安視される原因ともなっている。土壌問題がますます深刻化する中、食糧増産が気候変動や土壌危機などにより難しくなっている。そして、現在飢餓人口は7億9,500万人(9人に1人)(国際農林業協働協会、

2015b) に達している。

土壌は、様々な環境問題の影響を強く受けるとともに強い影響を与える。土壌侵食は、世界の全耕地の 1/4～1/3 に達するとされている。また、砂漠化した土地は世界の陸地面積の約 4 分の 1 以上である。さらに、UNEP (United Nations Environment Program、国連環境計画) の調査によると、砂漠化は毎年 600 万ヘクタールの勢いで進行していると言われ、過耕作や過放牧、森林伐採、過開拓等の人為が深く関わっている。特に、熱帯林では土壌が薄く、伐採後の降雨によって表土が喪失し、植物が育たなくなると砂漠化が生じる。「1 kg のトウモロコシを生産するのに 1.2kg の土壌が侵食されている」という報告 (D. A. バッカーリ、2009) があり、米国では土壌侵食 (人間の過度な開発利用の結果、森林や農耕地において、腐植成分を多く含んだ肥えた表土層が降雨に流され喪失すること) を起こしつつトウモロコシ等の輸出を行ったり、EC 諸国では輸出力向上のため土壌浄化機能を越えた施肥を行い、硝酸性窒素等による汚染が問題となっている (レスター・R・ブラウン、1991)。

国連は全世界が土壌問題を深刻に受け止め、その解決に向けた行動を起こすことを期待して、2015 年を「国際土壌年」として決議した。この年は、世界各地で土壌問題が取り上げられ、土壌教育の普及啓発が推進された。我が国でも多くのイベントやシンポジウム、土壌観察会などが開催された。

第2項 日本の動向

我が国の公害問題は、明治以降急激な近代産業の発展とともに発生した。明治期の足尾鉍毒事件に始まり、1950 年代から 60 年代にかけて発生した四大公害 (水俣病、第二水俣病、イタイイタイ病、四日市喘息) を経て、1970 年に「農用地の土壌汚染の防止等に関する法律」が制定された (付属資料)。1973 年には東京都江東区、江戸川区で六価クロム鉍滓投機による土壌汚染が発生した。日本の土壌に関する法律制定は、1970 年に制定された「農用地の土壌の汚染防止等に関する法律」が古く、対策法の制定は先進国の中では遅かった。1991 年に土壌環境基準が設定され、2003 年 (平成 15 年) に土壌汚染対策法が施行された。年度別の土壌汚染判明事例件数の推移 (図 1-7) を見ると、2003 年の土壌汚染対策法施行後に急増している。2012 年の土壌汚染判明事例件数は 1,905 件に達しており、土壌汚染は全国各地で確認されており、その件数は年々増加している。2011 年には東日本大震災に伴う福島原発事故による放射性物質の土壌汚染が発生した。2017 年には、豊洲市場用地の土壌汚染が話題となった。この用地は、石炭から都市ガスを製造する過程における副産物などによって発生したベンゼン、シアン化合物、ヒ素、鉛、水銀、六価クロム、カドミウムの汚染である (www.shi.jou.metro.tokyo.jp/measures/)。第二次大戦後、1947 年に国有林野土壌調査事業、1954 年に民有林適地適木調査事業開始 (1954-1982) が始まった。

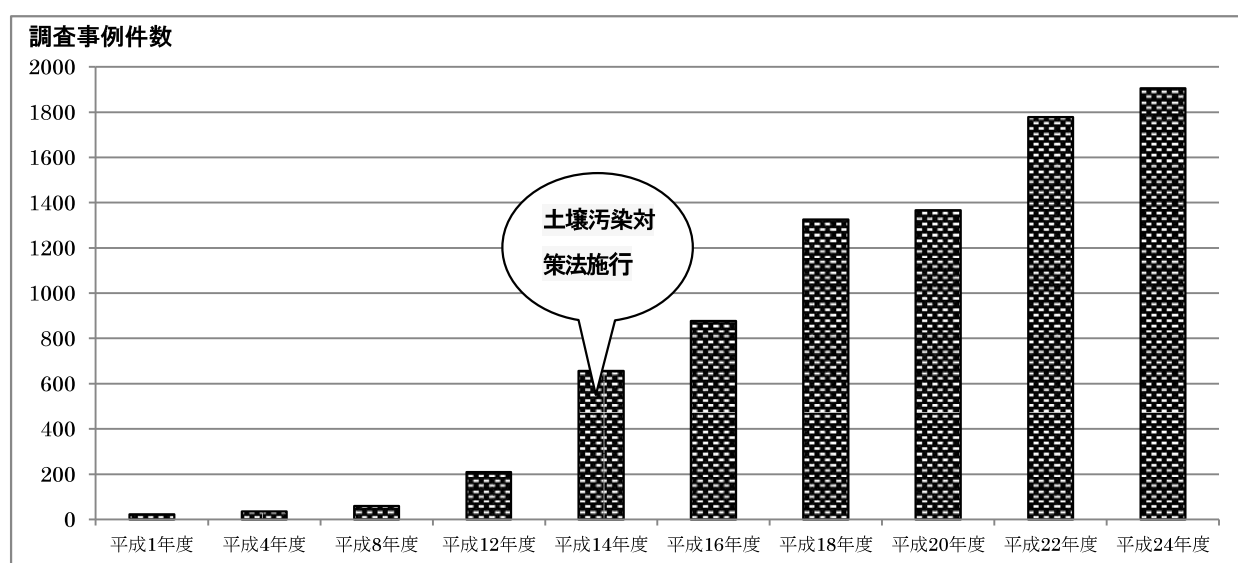


図 1-7 年度別の土壌汚染判明事例件数の推移

環境省「平成 24 年度土壌汚染対策法の施行状況及び土壌汚染状況調査・対策事例等に関する調査結果」(2012)より作成

全国の土壌調査が始まり、1958年には日本ペドロロジー学会が設立された(久馬、2015)。同年、日本粘土学会や土壌物理学学会も設置された。1960年代の公害教育、自然保護教育、1970年代後からの環境教育へと推移する中、土壌教育は1982年日本土壌肥料学会(1927年設立)内に土壌教育検討会(1983年土壌教育強化委員会、1984年土壌教育委員会に名称変更)が設置された時に始まった。1982年に、我が国では初めて「土壌教育」という用語が使われた。当時、国連人間環境会議後に普及しつつあった環境教育の推進により、全国的に大気や水の調査が盛んに実施されていた。小学校や中学校、高等学校の理科、生物などの教科書には大気や水に関する汚染や汚濁の記述や大気の流れや水質と水生生物に関する観察・実験が掲載されていた。しかし、土あるいは土壌に関する記述や観察・実験はほとんど見当たらなかった。その後、次第に土壌破壊や汚染が問題視されるようになり、その関心・理解の増進が求められ始めていた。そして、1980年代後半以降に小中学校における土壌教育の実態調査の結果などが学会誌等に投稿されるようになった。設立当時は、様々な環境問題が地球的規模に拡大し始め、我が国では土壌汚染が広がっていた。現在、大学や試験研究所、学会(日本土壌肥料学会等)、博物館等が土壌観察会や教員等研修会、出前授業などの様々な活動を行っている。しかし、学校教育における土壌教育の取組や実践が必ずしも順調に広がっているとは言えない状況である。

日本の食料自給率の推移(表1-3)を見ると、1960年には79%であったが、2010年には39%にまで低下し、現在40%である(食糧自給率は28%)。また、図1-8を見ると日本の食料自給率は主要先進国の中で最低レベルである。1960年以降世界各国は自給率を高める農業政策を施して着実に成果を上げていく反面、我が国は低下の一途を辿っていった。そして、我が国は世界最大の食料輸入国となった。近年、食料危機が叫ばれ始めており、食料自給率を上げることは我が国の大きな課題である。食料自給率低下の背景には、国民の農業離れがある。1960年代の農業就業人口は1,454万人であったが、2015年には209万人と大幅に減少している(図1-9)。それに伴って、食糧自給率は低下していき、海外農産物への依存度を高めていった。その結果、土地利用率は低下していき、耕作放棄地面積は増加していった(図1-10)。日本は、戦後の急速な科学技術の進歩・発展により、エネルギー源は薪や炭から石炭や石油などの化石燃料に切り替えられていった。この燃料革命により、薪炭林としての雑木林の役割は失われ、その利活用は著しく減少していった(図1-11)。第二次大戦後、国家の経済施策として行われた拡大造林事業により、スギやヒノキなどの経済林育成事業が実施され、二次林として成立していった。しかし、その後の高度経済成長により、安価な輸入材が入ってくると、次第にスギ材やヒノキ材の経済的価値は下がっていき、代々受け継がれ、手入れを施されてきた植林地は管理されなくなっていった。そのため、林業経営は破綻し、農山村地域の若者は都会へ出たり、農林業以外の仕事に就くようになった。そして、後継者不足や高齢化などにより、森林崩壊や耕作放棄地が増大していった。今日、人工的な自然環境である里山の生態系の維持管理や人と自然との共生をどのように図っていくかが大きな課題となっている(農林水産省統計部編、2011)。このような背景にあり、放棄された里山や耕作地の土壌劣化は急速に進んでいる(農林水産省編、2010)。

藤井(2015)は、「日本が輸入を依存する食糧生産地は、カナダ、アメリカ合衆国、オーストラリアといった乾燥地が多い。食糧輸入等は、土に含まれていた水や栄養分を輸入することでもある。食糧輸入量の増加は乾燥地農業の負担を高め、塩類化や砂漠化などの土壌劣化をさらに深刻化させるリスクがある。」とする。つまり、日本の食糧輸入は「土壌の輸入」と同義であり、相手国の土壌を犠牲にしていることに等しい。日本の将来を担う児童・生徒に、このような現状を伝え、自国の自然や土壌と合わせて世界の実情について考えさせ、保全の重要性や保全に向けた態度・行動のとれる土壌リテラシーを育成する教育手法を構築していかなければならない。

表1-4は、「授業で土壌を取り上げ、扱うこと」に対する高等学校理科教師の考えと実践の状況を、1986年と2007年に調査した結果である。この結果から、授業で土壌を取り上げ、扱うことに対する重要な割合は異なるが、「取り組んでいる」教師は1986年の30.1%から2007年には45.1%に増加していることがわかった。この原因は、1978年の学習指導要領の改訂により、高等学校の新科目として理科Iと現代社会が登場し、環境教育的内容が取り上げられたこと、1998年の改訂により「総合的な学習の時間」が設置されたことによって、各教科書に土壌内容が増えたことが影響したと考えている。それは、「少し重要であると考え、取り組んでいる」、「ほとんど重要とは考えていないが、取り組んでいる」割合が増加していることから窺えるが、「とても重要であると考え、

取り組んでいる」の割合が6.8%から0%となったことを考えると、教科書に記載されているのでやむを得ず扱っていることを示していると分析することができる。また、視点を変えると教師たちは土壌の重要性を認識していないことが考えられ、生産機能や分解浄化機能、保水機能などを有する土壌の教材化を進め、児童・生徒に適切に土壌教育を施していく必要があることを痛感した。

表 1-3 日本の食料自給率の推移
(カロリーベース)

年度	食料自給率 (%)
1960	79
1970	60
1980	53
1990	48
2000	40
2010	39
2015	40

(農林水産省「平成27年度食料自給率をめぐる事情」より作成)

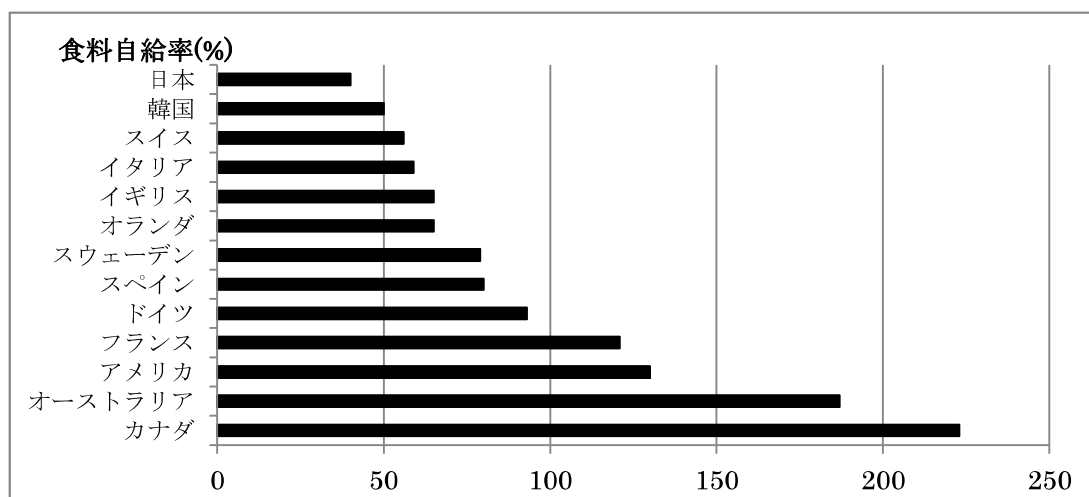


図 1-8 世界の主要国の食料自給率(カロリーベース、2009年)
農林水産省「食料自給率」資料(2013)使用

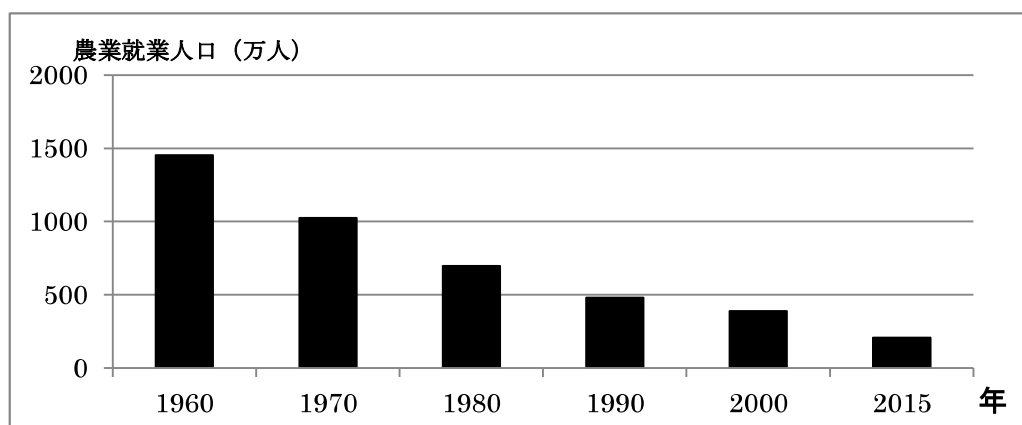


図 1-9 農業就業人口の推移
(農林水産省「農林業センサス」2016より作成)

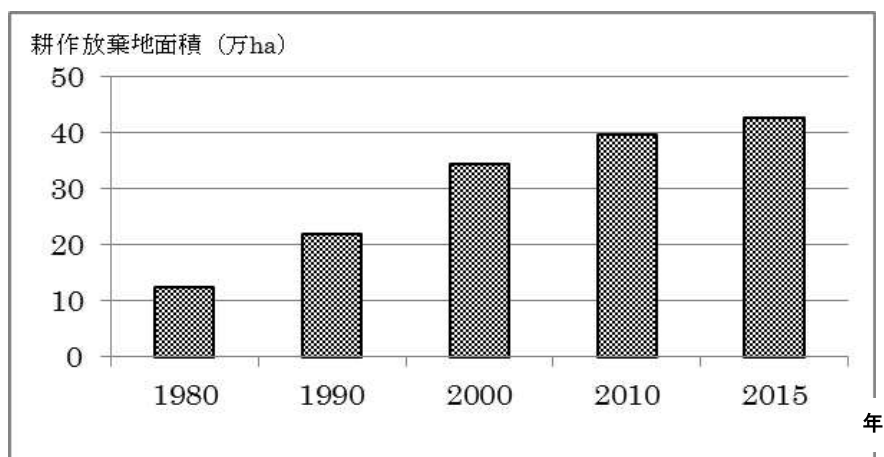


図 1-10 耕作放棄地面積の推移
(農林水産省「農林業センサス」2015 より作成)

表 1-4 「授業で土壌を取り上げ、扱うこと」に対する高等学校理科教師の考えと実践の状況

項目	1986 年	2007 年
とても重要であると考え、取り組んでいる	6.8	0
とても重要であると考えているが、取り組んでいない	24.3	21.6
少し重要であると考え、取り組んでいる	18.4	37.3
少し重要であると考えているが、取り組んでいない	8.7	5.9
ほとんど重要とは考えていないが、取り組んでいる	3.9	7.8
ほとんど重要とは考えていないし、取り組んでいない	23.3	17.6
全く重要ではないと考えているが、取り組んでいる	1.0	0
全く重要ではないと考えていないし、取り組んでいない	13.6	9.8

調査対象数：1986 年 103 名、2007 年 51 名。表中数値は%を表す。

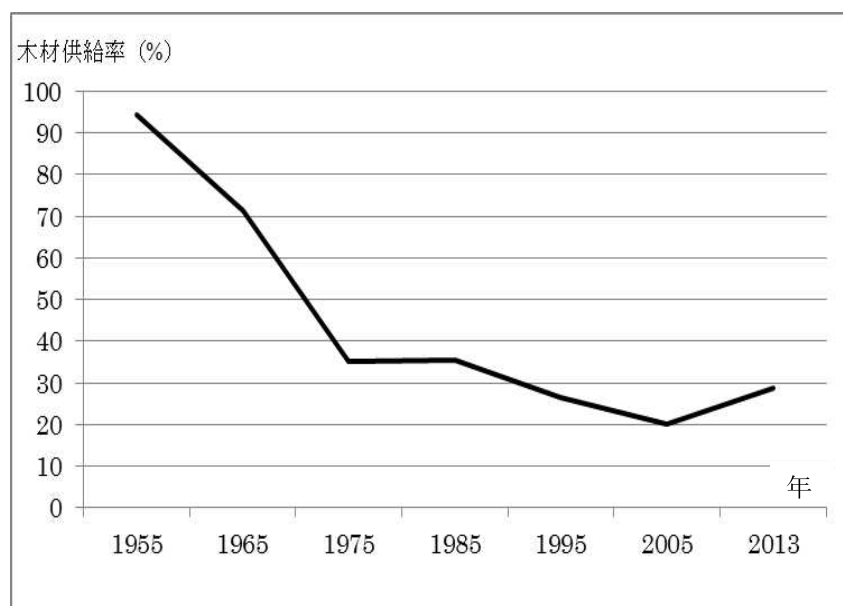


図 1-11 木材自給率の推移
(林野庁「木材需給表」2014 より作成)

第3節 まとめ

本章では、土壌リテラシーを定義し、土壌教育の歴史的経過を明らかにした。土壌教育は、1970年代に米国で誕生した。誕生当初は、「soil science education」として研究・実践されていたが、その後「soil education」に変転していった。当時は、1972年の国連人間環境会議開催後であり、1975年のベオグラード憲章等の制定がきっかけとなって環境教育が世界的に広がりつつあった。我が国では、1980年代に入り、「土壌教育」への取り組みが始まった。1982年、日本土壌肥料学会は土壌教育検討会を設置し、立ち上げた。この時が、我が国の土壌教育に関する研究・実践の始まりである。この会では、小学校、中学校における教科書あるいは学習指導要領の中の土壌記載、児童・生徒の土に対する関心などの調査を行った。その後、土壌教育の実践や研究が少しずつ見られるようになっていった。とはいえ、学校教育における土壌教育の取組は盛んであるとは言いがたく、研究や実践報告は未だ極めて少ないのが実状である。

地球上の土壌劣化は、拡大し続けている。特に、食糧生産と直結する耕作地の土壌劣化は深刻である。耕作地は人類との関わりが強く、正しい働きかけが欠かせない。それには、土壌の特性や機能をよく知る必要があり、土壌教育が重要となる。日本は、食糧や木材等の外国依存が大きい国として、土壌劣化や汚染の進展に大きく関わっていること、近い将来食糧不足が到来することの懸念が増していることを考えると、土壌教育の実践普及は極めて重要であると言える。本研究の目的は、21世紀の深刻な地球課題の一つである土壌危機を鑑み、児童・生徒から成人の土壌リテラシーの育成に向けた学校教育等における土壌教育の在り方を模索し、その実践を通して構築することである。

第2章 初等中等教育における土壌教育の現状と課題

第2章 初等中等教育における土壌教育の現状と課題

近年、世界各国の教育改革は急速に進展している。それは、世界がグローバル化、情報化などの急激な変化に伴い、高度化・複雑化する諸課題への対応が必要となっており、求められる人材が大きく変わってきているからである。我が国の中央教育審議会（1996）は、「21世紀を展望した我が国の教育の在り方について」の中で「これからの学校は、基礎的・基本的な知識・技能の習得に加え、思考力・判断力・表現力等の育成や学習意欲の向上、多様な人間関係を結んでいく力や習慣の形成等を重視する必要がある。」ことを一次答申している。この実現には、言語活動や協働的な学習活動等を通じて育まれ、知識を活用し、付加価値を生み、イノベーションや新たな社会を創造していく人材、国際的視野を持ち、多様性を尊重し、他者と協働して課題解決を行う人材の育成が求められる。21世紀の環境問題、特に深刻な土壌問題を解決していく人材育成には、土壌への関心・理解、保全する態度を育み、実行力を身に付ける土壌教育の構築が必要となる。その土壌教育の現状と課題及び学習指導要領の編成・課題について、以下に述べる。

第1節 初等中等教育における土壌教育の現状

第1項 児童・生徒の土壌に対する関心・理解・知識

沼田（1978）は、アメリカで実施した環境質の重要性の評価で、土壌 30、空気 20、水 20、生活空間 12.5、鉱物 7.5、野生生物 5、森林 5（評価総計 100）の順で挙げられたことを報告している。その後、筆者が日本の成人と高校生を対象に調査した結果、環境質の重要性の評価は水 30.5、空気 26.9、森林 16.2、生活空間 11.4、鉱物 7.8、土壌 5.4、野生生物 1.8 の順であった。また、高校生では空気 36.1、水 30.9、森林 16.5、鉱物 8.2、生活空間 3.1、野生生物 3.1、土壌 2.1 の順であった（福田、1997b）。この調査から、土壌に対する両国の環境質評価をグラフ化したのが図 2-1 である。両国とも空気や水は重要な環境質と認識されていたが、この図から土壌の重要性の認識には大きな隔たりがあることが明らかである。筆者は、この差異に注目し、その原因を追究した結果、次の①～⑥を推察した。

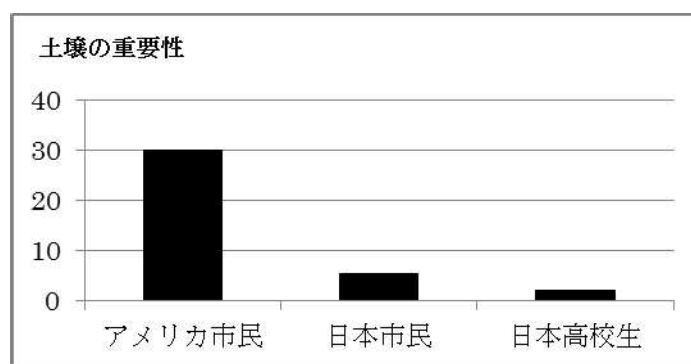


図 2-1 環境質の重要性の評価における土壌の捉え方の日米の相違

- ①アメリカでは土壌劣化が進んでおり、土壌保全が極めて重要とされている。一方、日本では深刻な土壌問題が比較的少ない。
- ②アメリカでは、1930年代に穀倉地帯の中央プレーリーで深刻な土壌侵食「ダストボウル」が発生し、1935年に土壌保全法が制定された。また、1980年にスーパーファンド法（土壌汚染対策立法）、1985年に農業法（侵食防止策）が制定され、土壌保全が進んでいる。一方、日本では2002年に土壌汚染対策法が制定されており、土壌保全に対する取組に大きな違いがある。
- ③アメリカの学校では、自然構成要素の空気や水、土壌、日光について、万遍なく取り上げ、扱われているが、日本では空気、水に偏っており、土壌の取扱いが消極的である。
- ④学校における土壌教育のカリキュラム開発や土壌教材の開発が、日本よりもアメリカの方が進んでいる。
- ⑤アメリカの幼児教育における自然体験活動の歴史は古く（1861年キャンプ教育、1943年野外教育、1960年後

半冒険教育、1970 環境教育] (江橋、1987 ; 日本学術会議環境学委員会環境思想・環境教育分科会、2008 ; 日本生態系保護協会、2001 ; 日本野外教育研究会編、2001)、日本のそれらは比較的新しい。アメリカは日本よりも幼少期から野外での自然体験や観察、活動が活発であり、国立公園をはじめ、様々な自然公園や施設等を活用した自然体験活動を実施している。それに対して、日本では幼少期の自然体験活動は消極的であり、乏しい。

⑥アメリカでは土壌博物館が多くあり、自然系博物館における土壌展示等が充実しており、土壌観察会などが盛んであるのに対して、日本では土壌博物館が数か所と少なく、自然系博物館で土壌展示等が不十分あるいは見られないところが多い(福田、1996a)。

これらの違いが、国あるいは国民の土壌に対する関心や理解、捉え方などに反映していると考えられる。すなわち、日本人の環境質としての土壌の重要性の評価が低い背景には、学校での土壌教育の在り方が深く関わっていることがある。それ故、日本の子ども～大人の土壌への関心・理解を高め、土壌リテラシーを育成するには、幼少期から成人までの長いスパンで土壌教育を構築し、推進していくことが必要である。八幡(1989)は、人々が土あるいは土壌の話に不人気である理由として、「土についての知識の提供が驚くほど乏しく、かつその方法に何の工夫も見られず、知識の提供の仕方が稚拙そのものであった。」ことを指摘している。そして、「人類を含む地上のあらゆる生物にとってこの上なく大切な環境要素である土壌のことを、どの教育過程でも、系統的に、そしてそれに関心を抱かせるようなやり方で、かつて一度も教えたことがないという実情を知って誰しもきつとびっくりされるに違いない」と記している。

小・中・高校生を対象に自然構成要素の日光、空気、水、土、生物の5つに対する関心の度合いを知るため、児童・生徒にアンケート調査を実施した(表2-1)。その結果、①小学生が様々な自然に強い関心を持っているのに対して中学生、高校生と進むに従ってその関心が減っていく傾向があること、②小・中・高校生ともに土に対する関心は低く、小学生の約68%、中学生の約89%、高校生の約97%が関心を持っていないことが判明した(福田、2006b)。また、中学生や高校生の土壌への関心が乏しいことから、生徒の土の知識を確かめる調査した結果、「土は生物の作用なしには生成しない」、「土はいくつかの層から成っている」、「土のものは岩石や火山灰である」、「土1cmが作られるのに百年以上かかる」、「土は有害物質を分解する働きをする」という土の基本的な性質や機能、生成を認識している生徒は極めて少ないことがわかった(表2-2)。また、「月に土はある」、「土は不変なものである」、「どここの土でも同じである」など、誤った認識をしている割合が高かった。さらに、小さい頃の親の「土は汚い」、「土を触ると病気になる」などの偏見や「土は触ってはいけないもの」という捉え方を引きずっている子どもは少なくない。高校生の中には、幼少期の土のイメージをそのまま持ち続けて成長している者が見られる。彼らは、土は汚いものと考えており、触ることができない。綿井ら(2005)は、「農業」や「土」に対して持っているイメージとして、「ピンとこない」、「何も感じない」と答えた生徒の割合が最も多く、「田舎」や「汚れる・汚い」、「虫がいる」などのイメージを持っている生徒がいる、と報告している。幼少期の土との出会いや触れ合いが、その後の土のイメージや捉え方に少なからず影響を与える(清野、2002 ; 無藤ら、2009)ことを示している。

そこで、小学生、中学生、高校生を対象とした「土の好き・嫌い」について調査を実施した。その結果、学年が上がるに連れて「好き」と答える生徒の割合が減少したのに対して「嫌い」と答える生徒の割合は増加する傾向が見られた(表2-3)。これは、学年進捗とともにイメージが固定化されていくことを意味している。加藤(2004)は、「イメージが鮮明に意識されるようになると、即ち、意識水準が高く、イメージの変化は無くなり固定化する。」とし、「無意識からのイメージを表現し、表現されたものにかかわり、それを体験し、その結果自己認識へと進展する。」と指摘する。平井ら(1989)は、小3、小6、中学、高校へと高学年になるにつれて土への関心が急激に薄れていく傾向を示したことから、土の役割や機能を理解していないこと、授業で触れる機会が少なくなると土が身近な存在ではなくなり、その結果として土への関心が薄れ、自然を育む場・食物生産の場としての土の必要性の意識が上がりにくくなることがわかるとしている。また、土離れは中学、高校時に大きく進むことから、特に中学・高校生を対象に土への関心を喚起する方策を講じるべきであると指摘している。同様な傾向は、佐藤ら(2013a;2013b;2013c)も指摘しているが、特に幼児期における土との接触が後世の土への関心、理解に深く関わ

ることを明らかにしている。

土は学際的な色彩が強く、様々な教科・科目で扱われるが、児童・生徒の多くは「土とは何か」、「土は自然の中でどんな役割を果たしているか」、「土はどんな性質を持っていてどんな働きをするか」という基本的なことが理解されていない。また、学校教育では土の扱いが消極的であるため、子ども達には土はわかりにくいもの、捉えにくいものとして受け止められている。自然を構成する要因のうち、最も関心が薄い土に目を向けさせるには、簡易で面白く、わかりやすい観察・実験が不可欠である。そして、定性的視点に基づいた土壌教材開発が必要であり、可能な限り児童・生徒の眼前で興味を引き付けるものとする。

地球環境問題に強い関心を持っている児童・生徒でも土壌破壊や汚染、土壌問題への関心は極めて低い。環境問題の身近な例として大気汚染や水質汚濁をあげる児童・生徒はいるが、土壌問題をあげる者は皆無である。それは、人々を取り巻く生活環境が大きく様変わりしたこと、教育現場での土の扱いが消極的であること、我が国で深刻な土壌問題がほとんど知られていないことなどが起因している。現在、様々な地球環境問題が噴出しており、不安視されている。この問題解決あるいは改善には科学技術の寄与は不可欠であり、技術開発を推進する人材を育成していく必要がある。理科離れや科学技術離れを食い止める科学や理科の指導法を検討していくことが、極めて重要である。文部科学省が科学教育の推進事業として展開している主な施策として「スーパーサイエンスハイスクール(SSH)」の他に「サイエンス・パートナーシップ・プログラム(SPP)」、「サイエンスキャンプ」、「国際科学技術コンテスト支援事業」、「理科大好きスクール事業」、「理数大好きモデル地域事業」、「IT 活用型科学技術・理科教育基盤整備事業(理科ねっとわーく)」などがある(田中、2006)。

様々な環境問題について高校2年生を対象に知名度(用語を知っているか)及び理解度(どんな現象か理解しているか)を調査した結果、オゾン層の破壊や酸性雨、地球温暖化、砂漠化、熱帯林減少、環境ホルモン、ダイオキシン、リサイクルについての知名度は高く、それらの現象については環境ホルモン、ダイオキシン以外は概ね理解されていることが明らかとなった(表2-4)。しかし、土壌問題(土壌侵食・表土流出・塩類化、土壌汚染)やヒートアイランド現象についてはあまり知られていない上、ほとんど理解されていなかった。様々な環境問題の知名度に較べて理解度は全般的に低かったが、リサイクルや地球温暖化は7割以上、酸性雨やオゾン層の破壊、熱帯林の破壊、砂漠化などは6割近い生徒が理解していると答えていた。野生生物の絶滅危機や土壌侵食・塩類化、ヒートアイランド現象、環境ホルモンについて理解している生徒はごくわずかであった。土壌問題は、高等学校地理歴史地理や公民現代社会、理科生物基礎などの教科科目で取り上げられているが、生徒の関心や理解、認識は乏しかったことから、学際的な土壌については教科横断的な取扱いを図る学習指導が必要である。櫻井(1990)は、日常生活の中で最も身近で重要な「環境」の一つである土壌の世界的な不毛化が注目されている反面、オゾン層の破壊や地球の温暖化現象と比べると世間の関心は低いと指摘し、土壌中でジワジワと進行する目に見えない現象は二の次にされてしまうとしており、土壌は大きな緩衝力を持つため、土壌の悲鳴が顕在化するまでに非常に時間がかかることすら十分に知られていないためと述べている。

教科書に出てくる土壌名をあげ、「分布位置がわかる」、「名前を知っている」、「どんな土壌かがわかる」ものを選ばせたところ、図2-2の通りであった。この図から、各種土壌の名前については知っている割合は比較的高かったが、どんな土壌かがわかる生徒は少なく、どこに分布しているかがわかる生徒はわずかであった。日本あるいは世界の土壌については、以前からチェルノーゼムやプレーリー土、ラトソル(ラテライト)、ポドゾルなどの土壌の名前を覚えるだけで、学習の意義が認められないことが指摘されていた。とはいえ、日本あるいは世界の土壌の特色や分布位置、気候や植生との関わり、農林業との関係を学ぶことは極めて大事であり、学習する意義は大きいはずである。様々な土壌破壊や汚染が広がる中、土壌を主に取り上げ、扱う授業に携わる教科科目担当は、土壌理解を図る土壌教育の在り方を研究していく必要があると考えている。今日、深刻視されている温暖化や砂漠化、土壌問題などの地球環境問題は、個々単独で生じているわけではなく、複合的に絡み合っている。それ故、土壌問題だけ独立に取り上げるのではなく、他の環境問題との関わり合いや関連性を考慮して取り上げ、扱うことが肝要である。また、産業や経済、貧困など、人間生活と深く関わって生じていることから、学際的かつ総合的に取り組むことを考えていかなければならない。いわゆる、「持続可能な開発のための教育

(ESD : Education for Sustainable Development)」のような取り組みである (佐藤、2009 ; 宇土ら、2012)。

表 2-1 児童・生徒の自然構成要素に対する関心の度合い (%)

自然構成要素	小学校5年	中学校2年	高校3年
大気	74.5	41.3	22.9
日光	48.9	46.0	15.7
水	85.1	71.4	45.7
土	31.9	11.1	2.9
生物	66.0	55.6	70.0

表中の数値は%を示しており、「関心をかかり持っている」あるいは「関心を持っている」と回答したものを合計したものを全回答者数で除して算出した (2003年)。調査対象者：小学校5年47人、中学校2年63人、高校3年70人

表 2-2 中学生と高校生の土に対する関心・理解・知識の実態

質 問 事 項	中学生	高校生
1. 都会より土のある自然豊かなところの方が好きである	6.5	7.2
2. 土は汚いものである	29.0	37.7
3. 月には土がある	76.1	51.6
4. 土には水をきれいにする働きがある	16.4	19.0
5. 土は不変なものである	82.2	83.2
6. 土1cmが作られるのに百年以上かかる	2.4	3.5
7. 幼少の頃泥だんごづくりや泥遊びをしたことがある	25.5	34.0
8. 土にはあまり触れたくない	63.1	52.4
9. 世界各地で土の破壊や汚染が進んでいることは知っている。	19.8	26.5
10. 山の土のミネラルや有機物が川を通して、海のプランクトンを育て豊かな漁場を作る	9.6	13.9
11. 土がどんな性質や機能を持っているかほとんど知らない。	70.6	60.2
12. 土を触ったりするのは好きである。	21.1	19.0
13. 土はいくつかの層から成っている。	3.8	4.5
14. 土1gに数億匹の生物が生息している。	2.7	6.1
15. 土のほとんどは岩石や火山灰である。	7.2	5.1
16. 土中には水や空気、有機物などが含まれる。	18.1	15.5
17. 熱帯の土は薄く、森林伐採すると降雨とともに流去してしまい植物が生えなくなってしまう	9.9	12.8
18. 土は空気や水、日光などと同様に大切な自然である。	70.9	73.5
19. 土はレンガやタイル、セラミックス、化粧品、薬、顔料・塗料の原材料として利用されている	10.9	17.9
20. 土は生物の作用なしには生成しない。	1.7	10.4
21. 自然界における物質や水は、土を媒介して循環している。	5.5	12.6
22. 土の色は鉄や有機物などの違いが関係している。	2.0	2.9
23. 土を触ると病気になる。	24.9	21.7
24. 土は地層の一部であり、砂粒が細かくなってできたものである。	46.4	31.6
25. どこの土でも同じである。	68.6	42.5
26. 土は有害物質を分解する働きをする。	5.8	9.9
27. 土は触ってはいけないものと考えている	16.7	14.7

表中の数字は「はい」と答えた割合 (%) を示す (2000年)。調査対象生徒：中学2年生293名、高校2年生374名

表 2-3 小学生、中学生、高校生を対象とした「土の好き・嫌い」調査

土の好き嫌い	小1	小3	小5	中1	中3	高1	高3
好き	75.7	78.8	69.4	41.5	15.4	17.1	13.5
嫌い	21.6	15.2	11.1	26.8	48.7	48.6	35.1
どちらとも言えない	2.7	6.0	20.3	21.7	35.9	34.3	51.4

アンケート調査：小1：37名、小3：33名、小5：36名、中1：41名、中3：39名。

表中数値は%を表す（2002年）。

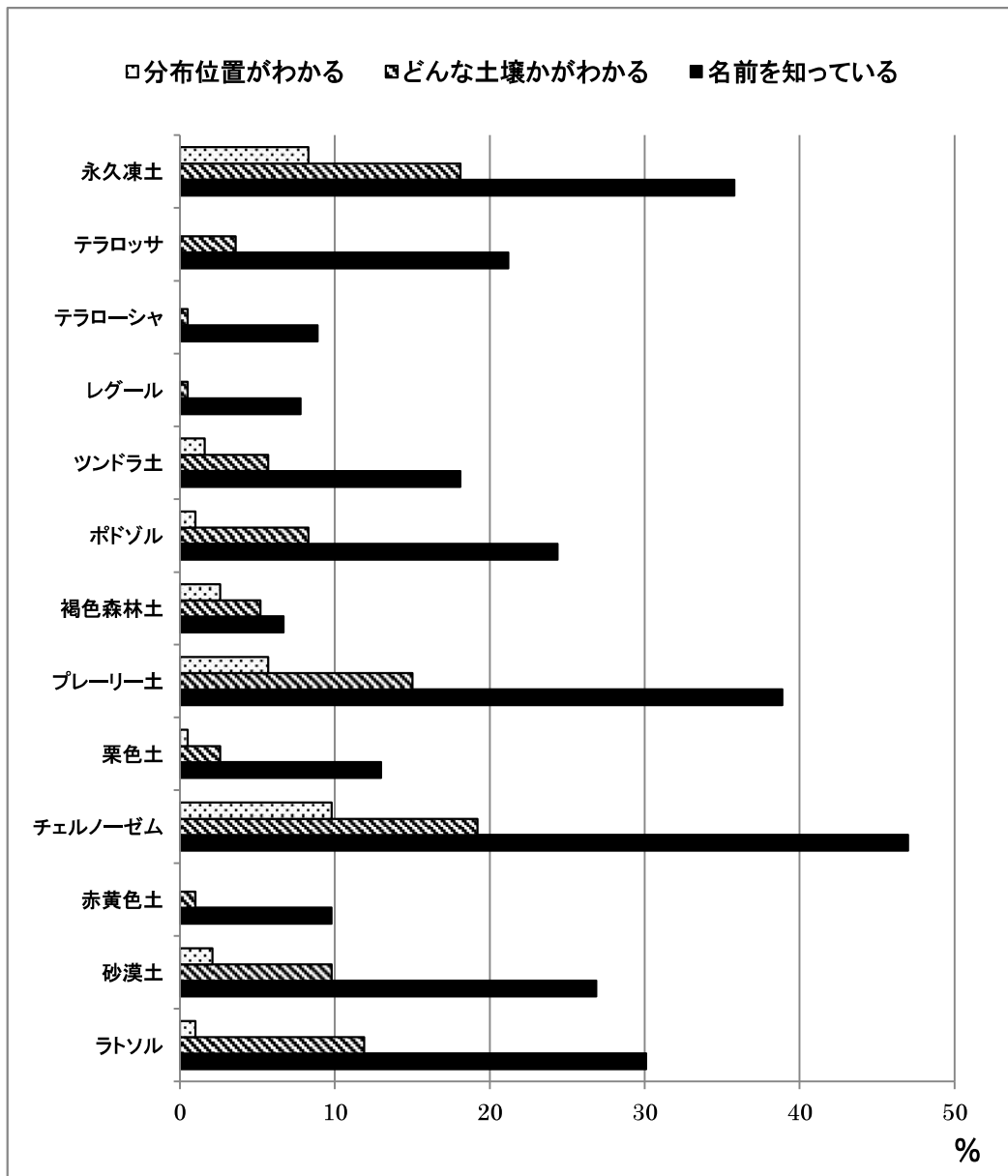


図 2-2 高等学校地理の教科書に記載されている各種土壌の知識・理解の度合い
横軸は%を示す。調査対象は高校3年 193名（2012年）。

表 2-4 高校生の環境用語に対する知名度・理解度

環境用語	知名度(%)	理解度(%)	環境用語	知名度(%)	理解度(%)
ラムサール条約	6.0	1.6	モントリオール議定書	3.5	1.6
土壌の塩類化	7.9	4.1	ランドスケープ	4.1	0.3
オゾン層破壊	93.1	59.4	ナショナルトラスト	29.2	9.1
砂漠化	87.7	63.2	COP 会議	1.9	1.3
地球温暖化	92.1	71.3	資源ゴミ	63.0	40.4
エルニーニョ現象	16.0	3.5	表土流出	3.8	0.9
レッドデータ	6.6	2.5	代替エネルギー	42.6	29.8
アジェンダ 21	4.1	0.9	トリハロメタン	3.4	0.6
酸性雨	80.1	65.1	自浄作用	8.5	4.7
ビオトープ	61.6	16.7	熱帯林の喪失	82.1	62.2
ダイオキシン	95.9	45.6	ヒートアイランド現象	15.3	3.8
ワシントン条約	18.6	10.7	富栄養化	28.2	21.3
環境ホルモン	84.3	22.3	光化学スモッグ	61.1	5.9
生物多様性	1.9	1.6	BOD	6.6	0.3
エコスペース	0.6	0.3	野生生物の絶滅危機	24.8	14.1
環境アセスメント	20.4	0.9	土壌汚染	6.0	3.4
アメニティ	5.7	2.2	赤潮現象	5.6	0.9
土壌侵食	9.4	4.1	リサイクル	81.2	76.8

アンケート対象者：高校二年生 319 名（男 162 名、女 157 名）。表中数値は%を表す（1999 年調査）。

知名度：「知っている」とは用語について「聞いたことがある」、「新聞、雑誌等で見たことがある」を含む。

理解度：「理解している」とは用語について「他人に分かるように説明できる」程度の理解である。

以上の児童・生徒の調査から、中学生及び高校生の土壌に対する関心は低く、理解が乏しいこと、正しい認識があまりされていないこと、環境用語の中でも土壌に関する用語の知名度・理解度が低いことなどが明らかとなった。また、世界の様々な土壌について、多くの高校生は土壌名を知識として記憶しているに過ぎず、どんな土壌か、どこに分布しているかなどの知識・理解は乏しいことが判明した。それ故、土壌への関心を高め、土壌理解を進める土壌教育の構築・実践は重要であり、土壌リテラシー育成には必要である。

第2項 教師の土壌に対する関心・知識・指導

小・中・高等学校で土の学習を実践している主な教科は、理科と社会である。理科は観察・実験を通して児童・生徒の土壌観を育成できる唯一の教科である。児童・生徒が土に関心を持たず、土の知識などが乏しい背景には、学校での土壌学習機会が少ないか、教師の指導に問題があるためと推定される。小学校や中学校、高等学校の理科担当教師自身がどのような土壌学習の経験を持っているかを調べた結果、大学時あるいは教職に就いた後ともに土壌を学習したという割合は少なく、土壌に関する観察・実験を体験したという割合低いことが判明した（表 2-5）。多くの教師は土についての知識をあまり持たず、消極的な指導しかできないのが実態であり（福田、1990;1991;2004b）、大学時に土壌についての講義を受けた小学校や中学校、高等学校の理科担当教員はそれぞれ 26.3%、16.3%、5.3%と少ないことがわかった（福田、2004b）。そのため、自然界における土壌の重要性は認識されているものの土壌そのものの性質や機能の理解が乏しく、土壌を扱いにくい存在と捉えている。そのため、土壌を積極的に扱う教師は少ない。小学校、中学校、高等学校間並びに教科間の交流や連携がなく、教師達は各学校段階及び教科科目における土壌の指導内容等をほとんど知らない。しかし、教師達は土壌の重要性を認識して

おり、土壌を理解して授業で取り上げ、教えることを望んでいる。実際には、理科教員研修会で土壌が取り上げられる割合は低く、研修会以外で土壌を学習したとする割合も低い。そのため、土壌はわかり難く扱いにくい教材とする割合が小学校では比較的良かったものの中学校教師では6割弱、高等学校では8割以上と高かった。自然における土壌の存在が重要であるとする教師は小・中・高等学校とも大変多かった。しかし、高校では、土壌を積極的に取り上げて指導している教師はわずか3%に過ぎず、9割以上は教科書の内容に触れる程度か全く教えていないのが現状である（福田、1998a）。

理科担当教師が授業あるいは観察・実験における土壌指導でどんな内容を扱っているかを調べた結果、図 2-3 の通りであった。この図から、中学校、高等学校とも、理科では「自然構成要素としての土」、「物質循環」、「土壌生物・分解者」、「植物遷移と土壌形成」、社会では「気候帯・植生帯・土壌帯」、「農林業と土壌」が指導内容として学校で扱われていることがわかったが、いずれも教科書で取り上げられるものであった。それ以外の関連内容を取り上げる学校は少なかった。また、土壌に関する観察・実験を実施している学校は大変少なかった。教師たちにとって土は指導上扱いにくい存在となっていることは事実である。特に、観察・実験は経験が乏しく、準備時間や費用、時間などを考えると積極的に行うことができないという教師が多かった。

一方、土壌を扱う機会がある高校地理担当教師について、大学在学時の土壌に関する研究実態を調べた結果、「土壌を専門的に研究した」という教師は少なかった（表 2-6）。また、大学時に土壌を学んだ教師は 21.7%であり、土壌研究については 73.9%の教師が「研究しなかった」と答えている。

表 2-5 小学校及び中学校、高等学校理科担当教師の土の学習機会と教材としての捉え方

質 問 項 目	小学校教師	中学校教師	高等学校教師
I 土の学習機会（複数回答可）			
大学で学習した	26.3	16.3	5.3
教員研修会（理科研修会など）で学習した	15.8	11.6	6.7
教員研修会以外の研修会で学習した	7.0	2.3	4.0
大学や教員研修会等で学習したことはない	49.1	69.8	84.0
観察・実験を体験した	7.0	4.7	1.3
その他	5.3	2.3	2.7
II 教材としての土の捉え方			
よくわからず、扱いにくい教材	36.8	58.1	84.0
自然における土の存在は重要である	96.5	90.7	86.7

表中数値は%で示している（IIでは「そう思う」の%、2001年）。小学校理科教師：57人、中学校理科教師：43人、高校理科教師：75人。その他：自分で学んだ。

表 2-6 高校地理担当教師の大学時の土壌研究

質 問 項 目	高校地理担当教師「はい」と答えた割合 (%)
地理は専門ではない	47.8
大学時に土壌を専門的に研究した	4.4
大学時に土壌を学んだ	21.7
大学時には土壌を研究しなかった	73.9

高校地理担当教師 23 名（2002 年）

土壌を授業で取り上げ、指導を実施している状況を調査した結果、「積極的に実施している」と「実施している」を合わせると、小学校では 95.2%、中学校では 86.0%、高等学校では 35.8%であった（図 2-4）。小学校では低

学年で児童一人一人が植物（アサガオやヒマワリなど）をポットで育てたり、花壇づくりをするなどの土を指導する機会があること、中学校では理科第二分野に「分解者」の項目で土壌動物や微生物に関する記述や土壌動物（ツルグレン装置で土壌から抽出した動物の観察）、微生物（デンプン分解をヨウ素反応で調べる実験）についての観察・実験があることが高い実施率につながったと考えている。一方、高等学校では「植物遷移と土壌形成」の項目で土壌を指導する機会があるが、扱っていない教師が多いこと、観察・実験がないことなどが低い実施率となったと推測される。土壌指導しない中学校及び高校理科教師に、その理由を問うと、中学校では「土は教材化しにくく、扱いにくい」、「土をよく知らない」、高等学校では「土は入試に出題されない」、「土についてよく知らない」、「教科書の内容では読む程度でよい」をあげる教師が多かった（表2-7）。

授業で土壌を取り上げる機会のある小・中・高校の生物・地学及び地理の教師を対象として、様々な土壌用語について「知識を持ち、説明できる」程度の理解をしている割合を調べた結果、表2-8の通りであった。18の土壌用語のうち、理解している割合は小学校と中学校の教師では腐植以外はほぼ似たような傾向が認められた。一方、高校教師では生物・地学と地理の各授業で扱っている用語については、それぞれ高い割合を示した。小学校、中学校、高校教師で最も高かったのは土壌生物であり、次いで土壌分解機能、土壌養分吸着・水分保持機能であった。高校生物・地学や地理で扱われているにも拘らず土壌侵食や土壌塩類化、団粒土壌、火山灰土、腐植の理解割合は低かった。チェルノーゼム、ポドゾル、ラテライトは高校生物・地学と地理で扱われているが、両者間には大きな違いがあった。これらの土壌名は大学入試の地理問題としてよく出題されるが、生物・地学ではほとんど出題されないことと関係していることが考えられる。また、土壌呼吸や粒径、土壌浄化能、土壌層位、土壌の三相は、教科書では扱われていないため、教師の理解の割合が低かったと思われる。

土の内容が大学入試に出題されることは稀であるが、2006年度大学入試センター試験に「土壌呼吸」に関する問題が出題され、話題となった。この問題には、筆者の論文データ（福田、2010c）が活用されており、出題されていた問題は良問として評価されていた。その後、授業で土壌を取り上げる高等学校が増えたことが進学雑誌等で報告されたりして一時的な話題となったが、その後土壌が話題に上ることはなくなり、授業に土壌指導が定着することはなかった。

授業で土壌を指導した実践時間は、年間で中学校では1～3時間、高校では0～2時間であった（表2-9）。また、扱った内容は教科書に記載されている項目であった。土壌は学際的な自然物であり、様々な教科科目で取り上げられ、扱われている（福田、2004b）。しかし、他教科科目が取り上げている内容について調べた結果、社会・地歴公民担当教師が理科あるいは理科教師が社会・地歴公民で取り上げている土壌に関する内容の把握を見ると、「知っている」と答えている教師の在り合いは小学校教師では68.5%、73.8%、中学校教師では17.2%、5.9%、高校教師では7.1%、1.5%であった（図2-5、図2-6）。高校教師に、「土を扱う教科科目は何が最適か」を聞くと理科地学と地歴地理という回答が多い（図2-7）。高等学校の各教科書で扱われる土壌用語や項目の大方は、理科生物・地学及び地歴地理、公民現代社会で取り上げられている。これらのほとんどは、中学校の時に学習している用語・項目である。しかし、土壌は生物的作用が加わらないと生成されないこと、多様な生物が宿り生活していること、物質循環の要として位置付けられ、分解者が生息している場であることなどから、理科生物をコアとして教科横断的に扱うことが望ましいと考えている。

21世紀は解決が難しい課題が山積している。また、情報化やAI化（Artificial Intelligenceの略、人工的にコンピュータ上で人間と同じような知能を実現させ、活用して課題解決や新たな価値を創造する技術）やIoT化（Internet of Thingsの略、モノがインターネットでつながり、情報交換により相互に制御する仕組み）が進展する。特に、AI化では大量のデータから物事を分類・整理するルールをディープ・ラーニングによって進化することを目指しており、人間社会に溶け込むと大きな社会変化となる。そのため、2世紀の教育の在り方が変容していくことが考えられる（森、2009）。

2011年の東日本大震災時に発生した福島原発事故後の放射性物質拡散による土壌汚染のしくみについて、小・中・高校の理科担当教員がどの程度理解しているかを調べた結果、表2-10の通りであった。「よく理解している」と「少し理解している」を合わせても小学校教員で25.3%、学校教員で37.9%、高校教員で49.6%であった。

事故後、空中に拡散していた放射性物質は、降雨に伴って地面に浸透し、土壌に吸着されて土壌汚染を引き起こしていた。放射性セシウムは1価の陽イオンであり、マイナスに荷電されている土壌粒子や腐植の表面に吸着・保持される。特に、理科教師は土壌が吸着機能を有すること、この機能により養分や放射性物質が吸着・保持されることを科学的に理解して、正しく解説できることが望ましい。

以上の調査から、教員養成系大学や幼児教育学系大学及び短期大学における土壌教育の推進、教員研修における土壌教材の導入、大学入試における土壌出題の働きかけ、他教科との連携に基づく土壌教育の構築などを進めていくことなど、様々な働きかけ、アウトリーチが必要であることを痛感した。また、学校教員対象の講演会等を開催して、放射性物質の土壌吸着のメカニズムなどをタイムリーに解説していくことも必要である。

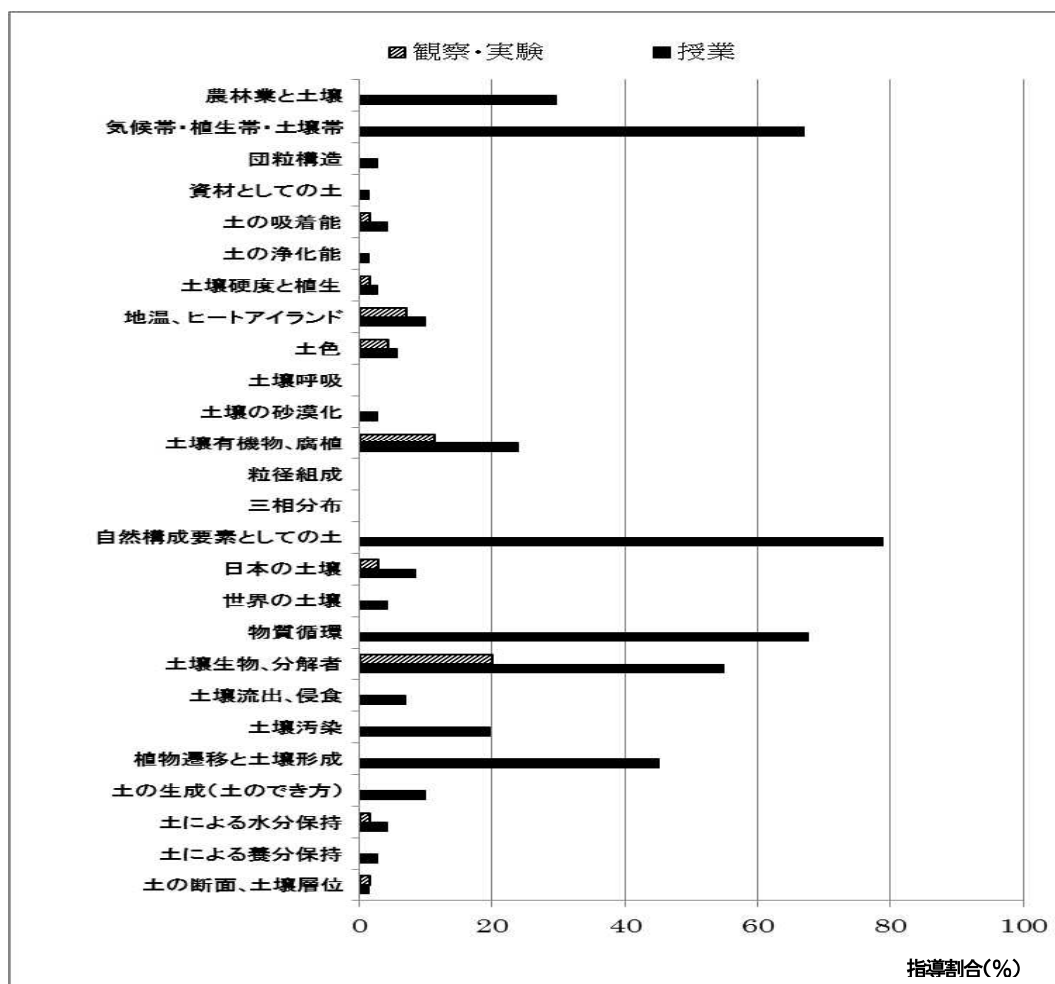


図 2-3 授業あるいは観察実験による様々な土の内容の指導割合 (調査校 71 校) (2007 年)

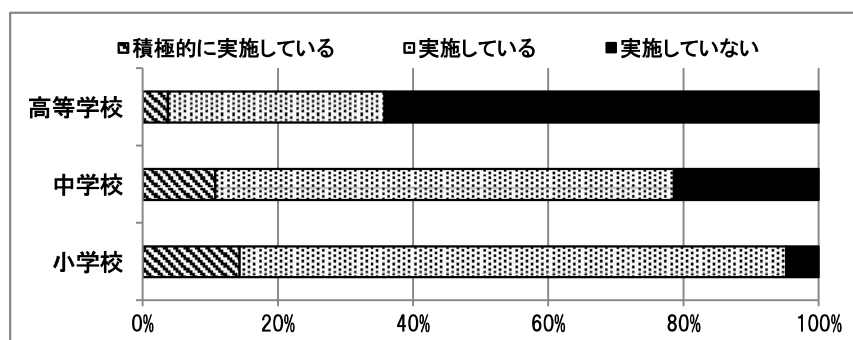


図 2-4 小学校、中学校、高等学校における土壌指導の実施状況

アンケート調査協力教員数：小学校 104 名、中学校 127 名、高等学校 265 名 (2003 年)

表 2-7 土壌指導しない理由（中学校及び高校理科）（％）

理 由	中学校	高 校
土についてよく知らない	42.6	67.9
生徒が土に関心を持っていない	21.3	19.6
土は教材化しにくく、扱いにくい	29.8	70.2
土を扱う時間がない	17.0	51.8
教科書の内容では読む程度でよい	34.0	68.1
土を使った観察・実験が少ない	10.6	23.2
土は難しい	40.4	62.5
あまり入試に出題されない	31.9	73.2
その他	4.3	3.6

中学校教員：47名、高校教員：理科56名（2005年）

表 2-8 土壌用語に対する理解（「理解している」割合％）

土壌用語	小学校教師	中学校教師	高等学校教師	
			生物・地学	地理
粘土	22.9	26.8	36.5	38.5
土壌呼吸	5.7	4.9	9.5	0
土壌侵食	20.0	29.3	30.2	38.5
団粒土壌	5.7	4.9	6.3	7.7
チェルノーゼム	2.9	7.3	9.5	46.2
土壌浄化能	8.6	2.4	14.3	7.7
土壌層位	5.7	4.9	12.7	7.7
火山灰土	2.9	4.9	11.1	30.8
土壌分解機能	54.3	65.9	71.4	38.5
土壌養分吸着・水分保持機能	51.4	43.9	65.1	61.5
土壌の三相	0	2.4	4.8	0
粒径	2.9	7.3	3.2	7.7
土壌帯	2.9	9.8	7.9	76.9
ポドゾル	0	2.4	9.5	38.5
ラテライト	0	4.9	12.7	53.8
腐植	2.9	12.2	23.8	15.4
土壌塩類化	16.3	19.5	17.5	30.8
土壌生物	71.4	87.8	90.5	61.5

「理解している」は「知識を持ち、説明できる」を指す。

調査対象：小学校教諭35名、中学校教諭41名、高校生物・地学教諭63名、高校地理教諭13名（2005年）

表 2-9 授業での土壌指導の実践実態（中学校及び高等学校）（2003年）

学校	調査校数	担当教科	時数	対象学年	実践項目及び内容
中学校	5校	理科	1～3時間	3年	分解者・土の機能（養水分保持）
高 校	9校	理科（生物・地学）	0～2時間	1～3年	物質循環・植物遷移と土壌形成
	4校	地歴地理	1～2時間	1年	気候帯・植生帯・土壌帯、世界の土壌

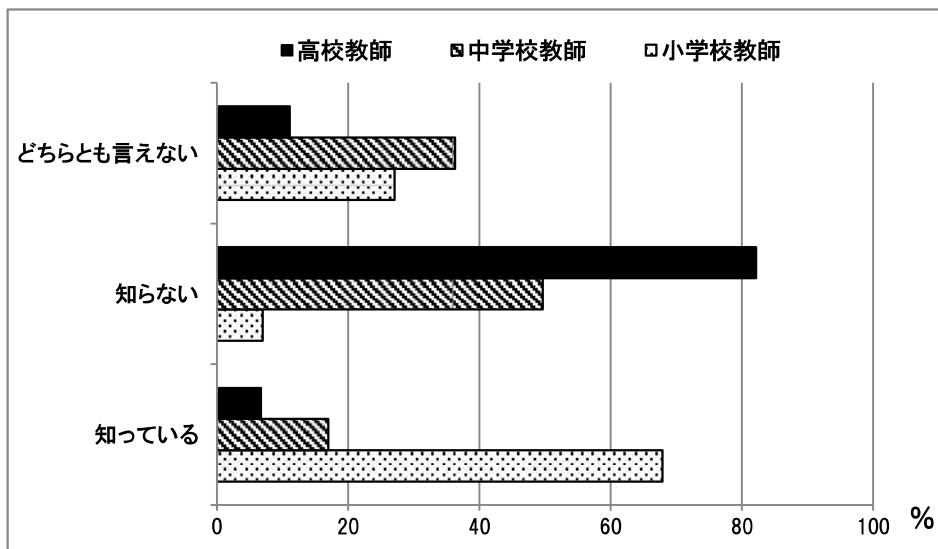


図 2-5 社会・地歴公民担当教師が理科で取り上げている土壌に関する内容の把握の割合 (横軸は%) (2014年)
調査対象：小学校教師 53名、中学校教師 51名、高校教師 73名

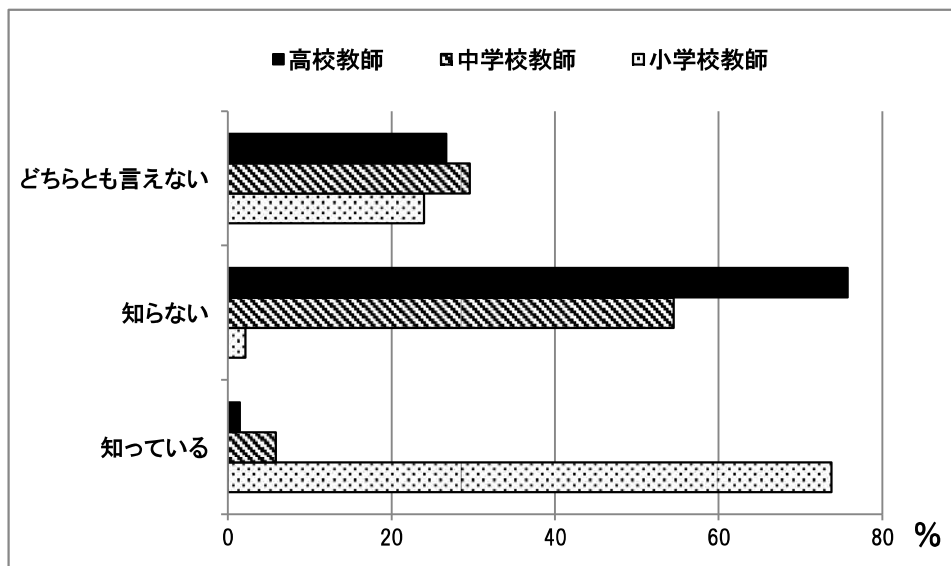


図 2-6 理科担当教師が社会・地歴公民で取り上げている土壌に関する内容の把握の割合 (2014年)
調査対象は、図 2-4 と同じ。

表 2-10 福島原発事故後の放射性物質拡散による土壌汚染のしくみの理解度 (%)

理解の程度	小学校教師 (%)	中学校教師 (%)	高校教師 (%)
よく理解している	2.4	6.3	15.8
少し理解している	22.9	31.6	33.8
あまり理解していない	45.8	34.2	17.3
全く理解していない	27.7	24.1	21.8
どちらとも言えない	1.2	3.8	11.3

調査対象は理科担当：小学校教師 83名、中学校教師 79名、高校教師 133名 (2012年)

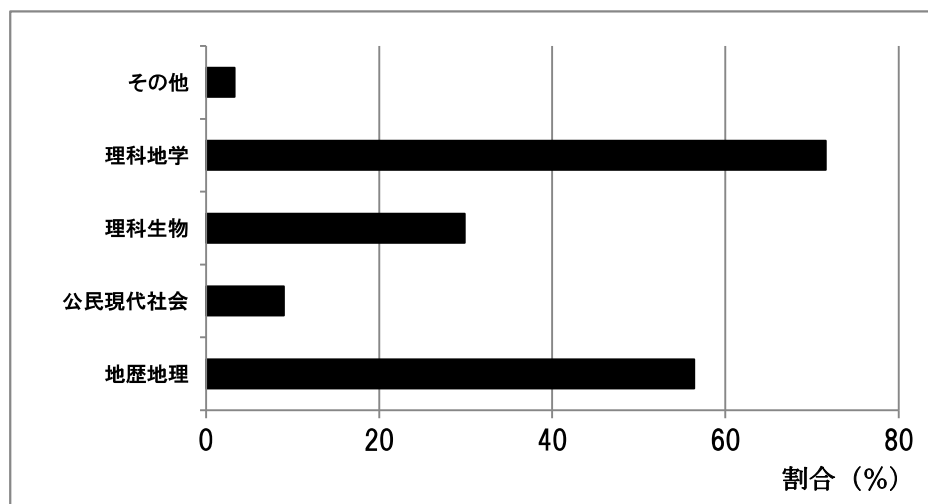


図 2-7 土壌を扱うのに適した教科

調査対象：高校教師 211 人（2007 年）

第 2 節 学習指導要領に基づく土壌教育の変遷と課題

我が国の教育は、明治期以前の藩校、私塾、寺子屋から明治・大正期の教育、昭和期戦前の軍国主義教育と変遷した。終戦後、日本の教育は大きく転換し、学習指導要領（文部科学省編、2014）が設けられるようになった。昭和 22 年に初めて試案が公表された。その後、昭和 26 年、33 年、43 年、52 年、平成元年、10 年、20 年にはほぼ 10 年毎に全面改訂されてきた。

第 1 項 学習指導要領に見られる土壌教育の変遷と課題

学習指導要領（一定の水準の教育を確保するため、学校教育法等に基づき、各学校で教育課程を編成する際の基準となるもので、教科等の目標や教育内容を定めている。）の変遷を振り返ると、我が国及び世界の変化や子どもの実態などに対応して改訂されてきたことが一目瞭然である（表 2-11）。第二次大戦終了後、我が国の軍国主義教育は廃止され、学習指導要領に基づく教育に大きく変化した。そして、戦前の修身や歴史、地理、裁縫は、社会科と家庭科に変わった。昭和 30 年代後半には、我が国は高度経済成長時代に入って科学が目覚ましく発展し、科学技術教育の充実や教育内容の現代化が進められた。第一次産業（農業、林業、水産業など）から第二次産業（製造業、建設業など）への転換が図られ、社会や理科の教育指導方針及び内容は大きく変容した。その後、高度経済成長期が訪れ、科学技術立国への進展が華々しく進み、理数重視の学習指導要領へと大幅改訂されて行き、社会や理科で取り上げられていた実利的内容が減じていった。それに代わり、科学的な情報量が飛躍的に増大したことから、理科や社会科から「農業」や「林業」、「土」あるいは「土壌」などの記述は激減していった（表 2-12）。昭和 22 年に刊行された試案では、「国民一般の科学教育の材料を生活の環境から選ぶ」ことが示され、生活に基づいた内容等が積極的に取り上げられたため、小学校、中学校ともに「土」あるいは「土壌」の記載は多かった。しかし、次の改定ではそれぞれ大幅に減少していることが明らかとなった。この背景には、我が国の産業の主体が農林業から商工業へと大きく転換したことがある。そのため、実学教育から科学技術教育重視に変わり、「土」及び「土壌」の取扱いは消極的となった。その後、このような傾向は一層増していき、昭和 43 年の改定では学習指導要領から「土」あるいは「土壌」の記載はわずかとなっていった。特に、社会では小学校、中学校ともに記載が 0 となった。平成元年には生活が登場したが、現行学習指導要領小学校理科に土の記載が 1 ヶ所あるだけになっている（図 2-8）。昭和 43 年の改定では、小学校理科でやや増えているのは土壌汚染等が深刻な事態になりつつあり、公害問題が台頭したと密接に関係していることが考えられる。昭和 50 年代には高校進学率が 80% を超え、教育の多様性が求められていった。新しい技術革新の時代に入ったことや生徒の多様化に対する対応が求められるようになったが、受験競争の激化や学校週 5 日制の完全実施を背景に詰め込み教育は是正され、ゆと

り教育へと転じていった。平成元年には小学校1、2年の理科と社会が廃止され、新教科「生活」が新設された。また、平成10年にはゆとり教育は徹底され、指導内容の精選・厳選により3割が削減され、「総合的な学習の時間」が新設された。そして、小学校第3学年理科で長く取り上げられてきた「石と土」が削除され、小学校課程で土に接して土の色や手触り、石と砂、土の違いなどを学習する機会が失われた。その後、OECDのPISA調査結果から学力低下が問題となり、ゆとり教育が見直されることとなり、脱ゆとりへと転じ、今日に至っている。

表 2-11 学習指導要領の改訂に基づく理科教育の改定内容及び土の取り扱いの移り変わり

改訂年	理科教育の改訂内容	土の取扱い (小学校理科)
1947年	生活単元学習・問題解決学習、理科教育振興法	単元「空と土の変化」、「土はどのようにしてできたか」の設定。用語「土」の記載多数。「石と砂、粘土の沈み方」、「土の標本」、「田と畠の土の比較」、「土のでき方」等。
1958年	系統学習、科学技術教育の充実	用語「土」の大幅削減。「土と砂の水のしみこみ方」、「土の粒・色・手触り」、「地層は岩石・砂・粘土からなる」。
1968年	探究学習、教育内容の現代化	「日なたと日陰の土の温度」、「砂と粘土の水のしみこみ方」、「砂の多い土と粘土の多い土」、「日中の土の温度と太陽高度」。
1978年	ゆとりと充実、基礎基本、授業時数削減	「砂と土の手触り、水の浸み込み方、水中の沈み方」、「土と水の温度の違い：日なたと日陰、夏と冬、晴れの日と曇りの日」、「雨水、川の流れによる石、土の流去・堆積」。
1989年	教育の個性化と多様化、学校完全5日制	小学校1、2年の理科と社会が廃止され、「生活科」新設。「土の手触り、水の浸み込み方の場所による違い」、「土は小石、砂、粘土からなる、場所による混じり方の違い」、「雨水、川の流れによる石、土の流去・堆積」。
1998年	生きる力、「総合的な学習の時間」新設	小学校第3学年理科「石と土」削除。「流水による石、土の流去・堆積」、「土地は礫、砂、粘土、火山灰、岩石からなり層を作って広がる」。
2008年	生きる力、理数教育の充実	「流水による石、土の流去・堆積」、「土地は礫、砂、粘土、火山灰、岩石からなり層を作って広がる」。

表中、「土の取扱い (小学校理科)」は小学校学習指導要領理科編 (文部省編、1947;1951;1957;1958;1968;1977;1989;1998、文部科学省編、2008b) によった。

1998年第5学年の理科の内容の取扱いで「土を発芽の条件や成長の要因として扱わないこと」と記載されていたが、2008年には削除された。

表 2-12 学習指導要領の中の「土」及び「土壌」の記載数の変遷

学校段階	教科	1947年	1958年	1968年	1978年	1989年	1998年	2008年
小学校	生活	—	—	—	—	1	0	0
	社会	11	4	0	0	0	0	0
	理科	51	8	11	8	5	2	1
中学校	社会	7	2	0	0	0	0	0
	理科	19	3	0	2	0	0	0

小学校生活は平成元年に登場した教科である。

中学校社会は地理的分野、理科は第二分野について調査した (2008年)。

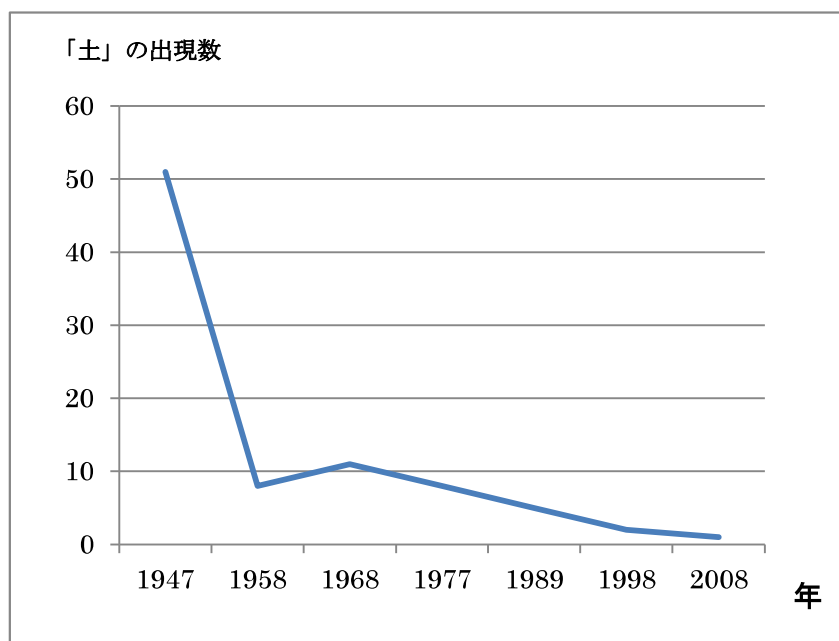


図 2-8 小学校学習指導要領理科に登場する用語「土」あるいは「土壌」の出現数の変遷

昭和 56 年と平成 17 年に実施した小学校・中学校・高等学校教師を対象としたアンケート調査の結果、「土を授業教材として取り上げている」割合の変化を図 2-9、「土と接し土に触れる指導、土の観察実験を実施している」割合の変化を図 2-10 に示した。昭和 56 年は、ゆとり教育が始まっており、授業時数が削減され、土の内容が多少削られた。平成 17 年はゆとり教育の末期であり、「総合的な学習の時間」が空洞化して、「環境」の授業を実践する学校は減少気味であった。総合的な学習の時間の目標は、「横断的・総合的な学習や探究的な学習を通して、自ら課題を見付け、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、よりよく問題を解決する資質や能力を育成するとともに、学び方やものの考え方を身に付け、問題の解決や探究活動に主体的、創造的、協同的に取り組む態度を育て、自己の生き方（高等学校では「在り方生き方」）を考えることができるようにする。」ことであり、新設当初から様々な教科が関わること、評価が難しいこと、目標達成が困難であることなどの理由で、多くの学校で試行錯誤していたが、取り組みが消極的であった。

これらの図から、昭和 56 年と平成 17 年では土の取り扱いに明らかな差異が認められた。土を教材として取り上げたり、土を使った観察実験などを実施する学校あるいは教師は減少してきている。この傾向は特に小学校で顕著であり、その主な理由は学習指導要領の改訂にあることが考えられる。また、都市化の進行に伴い、学校周辺の環境が変化していることが野外観察の減少に影響している。

世界の土壌問題が深刻化している今日、21 世紀を担う児童・生徒が土壌に関心を持ち、土壌理解を高めるためには、学習指導要領に土壌を位置づけ、土壌の性質や機能、自然界における土壌の役割などを学習する機会を積極的に設けることは必要である。それは、児童・生徒期が土壌リテラシーを育む重要な時期であるとともに土壌に依存する食糧や木材、様々な資材などの世界有数の輸入国である我が国のグローバル人材育成上の使命でもある。

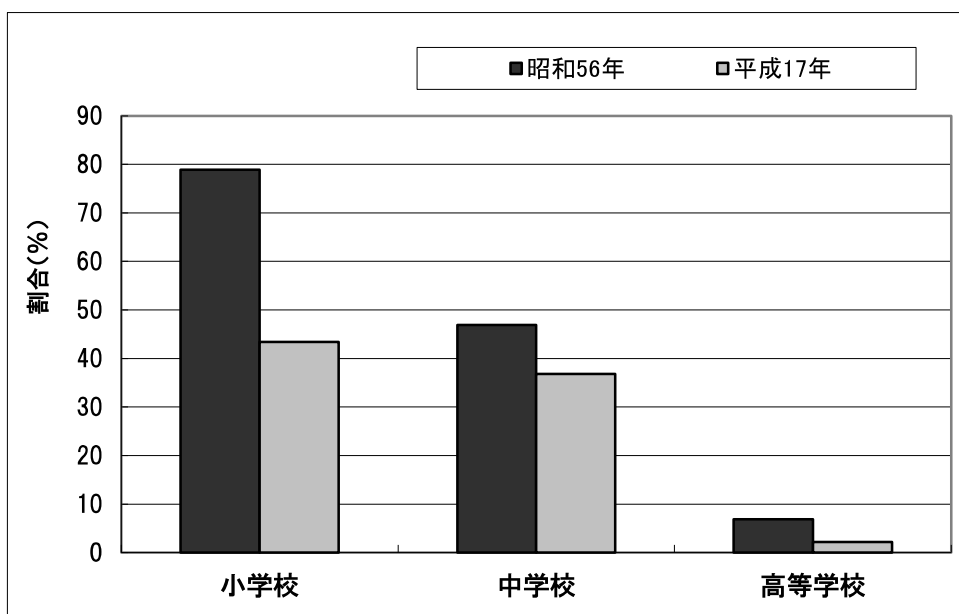


図 2-9 昭和 56 年と平成 17 年における小学校・中学校・高等学校教師の「土を授業教材として取り上げている」割合の変化

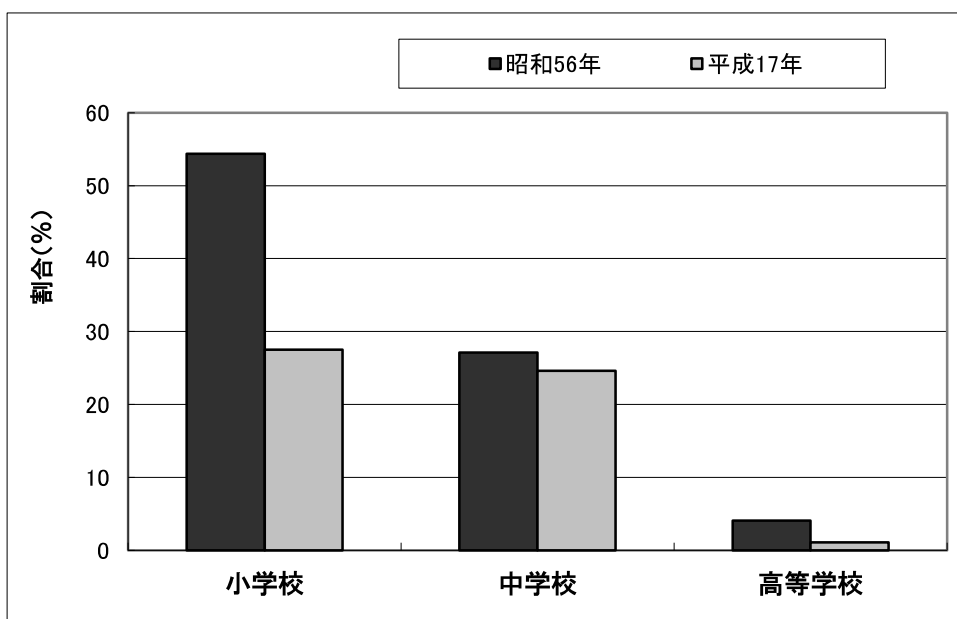


図 2-10 昭和 56 年と平成 17 年における小学校・中学校・高等学校教師の「土と接し土に触れる指導、土の観察・実験指導」実施割合の変化

図 2-7、図 2-8：昭和 56 年：小学校 90 名、中学校 81 名、高等学校 145 名、平成 17 年：小学校 69 名、中学校 57 名、高等学校 93 名

第 2 項 初等中等教育における土壌教育の課題

(1)教科書に見られる土壌記載内容の問題点

1998 年～現行の小学校・中学校・高等学校の教科書の土あるいは土壌記載や指導実態を調査した結果、以下の

①～⑩の問題があることが明らかとなった。

①小・中・高等学校の理科、生物、地学、社会、地歴地理、公民現代社会などの教科書に記載されている土あるいは土壌に関する内容には、関連性や系統性、一貫性が乏しい。

②小・中・高等学校における土の取り扱いや指導では、教科・科目真の連携や体系的・系統的な実践が行われて

いるとは言い難い。

- ③小学校から高等学校までのカリキュラムの中で、土を1つの単元や章として扱った教科・科目はなく、まとまった内容・項目が見られない。
- ④生きものの生存の基盤としての土の捉え方が乏しい。
- ⑤土そのものの性質や機能、役割などがあまり説明されていない。
- ⑥光や空気、水と較べて土が生物にとって欠かせない大切なものという捉え方が弱い。
- ⑥土の取り上げ方が植物を育てる土、分解者のいる土、地層の一部としての土など付随的、断片的である。
- ⑧土を使った観察・実験などが少ないうえ、土の性質や機能を扱った観察・実験がほとんど見られない。
- ⑨土と人間生活との関わりがあまり説明されていない。
- ⑩土は生命の存在によって作られることが理解しにくい。
- ⑪環境教育的視点からの土の捉え方が乏しい。

これらの課題解決に向けて、系統的、継続的で、一貫性のある土壌教育を実現していくには、小・中・高等学校における土壌教育を再構築すること、教科横断型授業を構築・実践すること、学習指導要領で取り上げる内容を要望すること、土壌教材開発すること、などが必要である。

(2)土壌内容及び土壌指導の課題

土は自然の中で物質循環の要に位置し、様々な生命を育む自然物である。また、土は食糧や木材生産の基盤あるいは様々な資材としての観点から考えると、大変重要な資源である。さらに、土は環境を浄化したり、緩衝する作用を持っている。土を理解することは、自然を正しく理解することにもつながる。授業や観察・実験で土を取り上げ、扱う場合、①～⑱に示した視点を持って指導する必要がある。

- ①土は地殻の最表層のわずかに数十 cm から数mに相当する部分である。
- ②土は岩石や火山灰の風化物に生物的作用が加わって生成し、時間とともに熟成していく。
- ③土はわずかに1 cm 作られるのに数百年を要する歴史的産物である。
- ④土は母材・気候・地形・生物・時間などの環境要因の影響を受けてつくられる。
- ⑤土はバラエティーに富んでいる。
- ⑥土は不変のものではなく、長いスパンで変わっていくものである。
- ⑦土は養分や水分を貯える「貯蔵庫」としての働きを持っている。
- ⑧土は水平方向に発達するとともに垂直方向にも発達しており、層位を持っている。
- ⑨土の最も活性な部分は表層土である。
- ⑩土には浄化機能があり水をきれいにする働きがある。
- ⑪土は動物や細菌・菌類などの分解者を擁し、物質循環の要として重要な役割を担っている。
- ⑫土は人為的影響を受け、人の関与のしかたにより善くも悪くもなる。土は農林業生産などの場として人為との関わりが深い。
- ⑬人口の増加に伴い、世界各地で土の酷使・悪化（土の破壊・汚染）が進んでいる。土の保全は自然環境の保全につながる。
- ⑭土は有限な地球的資源である。
- ⑮土は常に変化し、ダイナミックな存在である。
- ⑯土は多くの生物を育むなど、生命活動の基盤となっているとともに生物多様性の場となっている。
- ⑰土は様々な資材として有用である。

学校教育では土壌に関心を持たせる教材開発や生徒の自発的な課題設定による授業、土壌の性質や機能、生成、歴史、人間との関わりなどの土壌特性に留意した指導をすることが必要である。

(3)諸課題を踏まえた土壌教育の在り方

上記の(1)、(2)の問題点や課題を踏まえて、次の視点で土壌リテラシーを育成する土壌教育の在り方を改善し、構築していくことが肝要である。

- ①幼少期の土と接する機会を積極的に設け、土の感性を育成する。
- ②理科教育の特質である観察・実験などを見通しあるいは目的意識を視野に入れて教材開発する。
- ③学際的な土壌を教科横断的に捉えた授業づくりを行う。
- ④学校と他機関との連携を積極的に進め、学校と共同で土壌教育を開発する。
- ⑤環境教育や消費者教育、防災教育、健康教育などの視点で土壌教育を捉える。
- ⑥生涯学習の観点に立って、一貫性、系統性、継続性のある土壌教育の構築を図る。

教科横断的な授業構築では、高等学校での実践を想定して理科、生物、地学、社会、地歴、公民、家庭、保健体育の他に国語や外国語、総合的な学習の時間など、様々な教科科目とコラボレーションして構築する。児童・生徒の知的好奇心、科学的探究心を掘り起こすには、教材開発に取り組む。特に、理科教育では観察・実験が重要であり、児童・生徒の土壌理解を進める視点を重視する。

我が国は、食料の約 60%（穀物は 72%）、木材の約 7 割を外国に依存していること、国内の森林の悪化、特に里山の放置林の増大及び耕作放棄地の拡大などによる土壌劣化が進展していることなどを考慮すると、21 世紀を担う児童・生徒に土壌教育を施し、地球財産である土壌を保全することの重要性を認識させる土壌教育が必要であり、その改善に向けた考えや態度を育み、参加・行動につなげていく土壌リテラシーの育成が重要である。

第3節 まとめ

本章では、児童・生徒から成人の土壌に対する関心・理解及び教師の土壌教育への取り組みの実態調査を実施した結果、児童・生徒の土に対する興味・関心は低く、基本的な知識や理解が乏しいことが明らかとなった。また、小学校や中学校、高等学校の理科教師で大学時に土壌を学習した割合が低く、その後の教員研修会等で土が取り上げられる機会も乏しいことから、土壌理解が進まず、土壌を積極的に取り上げ、指導する教師が少ないことがわかった。指導しない理由の中には、土壌について「知らない」、「難しい」とする教師が多く、高校教師では「入試に出ない」ことをあげる教師が 7 割以上に達していた。教師の土壌用語に対する知識は乏しく、高校教師は他教科が扱っている土壌内容をほとんど知らないこともわかった。

理科学習指導要領の変遷と其中的土壌記載の変化を調査した結果、日本の産業構造の変化と土壌の指導内容が深く関わっていることが明らかとなった。すなわち、学習指導要領理科や社会の中の土あるいは土壌の記載は、1958 年を境に激減していることが判明した。その原因は、第二次大戦後の復興の中で産業構造が第一次産業から第二次産業へと大きく転換し、我が国の教育が理数重視へと改訂されていったことによると考える。昭和 56 年と平成 17 年の比較調査から、土壌教育は明らかに後退していることが判明した。また、1998 年の改定により、小学校理科第 3 学年の単元「石と土」が削除され、小学校で土を学習する機会が失われた。さらに、これ以降の教科書を調査し、様々な問題や課題があることを明らかにし、土壌指導の視点、土壌教育の在り方を示した。

第3章 土壤リテラシーの育成に向けた土壤教育の在り方と 方策

第3章 土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育の在り方と方策

土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育を模索する上で、日本と諸外国の土壌教育の実態比較調査（教科書調査と生徒・教師対象アンケート調査など）や土壌研究者の学校教育で取り上げたい土壌項目及び内容に関する調査及びミニマム・エッセンシャルズの策定を行うことは有意義と考えている。また、幼少期から成人までの土壌教育及び土壌の教科横断的な土壌教育、学校外諸機関と学校との連携に基づく土壌教育の在り方を模索し、構築・実践することは、土壌リテラシーを育み、醸成する上で欠かせない。

第1節 土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育の在り方

第1項 日本及び諸外国の土壌教育の比較

(1)教科書

各国の高等学校で使用されている高等学校の教科書（文献「各国教科書一覧」参照）の中の土壌に関する記載について、18項目を選定して日本と諸外国の教科書で取り上げられているか否かの比較調査を行った結果、表3-1の通りであった。調査した教科書は、日本の教科書は科学と人間生活、生物基礎、生物、地学基礎、地学、外国の教科書では理科あるいは科学、生物、地学、環境、自然、地球科学、自然地理であった。日本の教科書は教育センター、外国の教科書は国会図書館や教科書センター、購入書籍等で調査した。概して、図書あるいは購入可能な外国の教科書は欧米やオセアニアのものが多く、アジアなどのものは少なかった。また、教科書の種類は欧米のものが多く、その他の地域のものは少なかった。

表3-1から、土壌記載は欧米では17～15項目、オセアニアでは11～9項目、ロシア・エジプトでは7項目、アジアでは8～4項目が取り上げられ、記載されていた。欧米やオセアニアでは土壌はあらゆる観点から取り上げられ、詳細に解説されていたが、アジア諸国やエジプト、ロシアでは土の項目の取り上げ方は少なく、内容的には簡単に触れる程度の教科書が多い傾向が見られた。「土壌定義」や「土壌生物（土壌動物・土壌微生物）」、「物質循環（炭素・窒素・リン）」、「土壌の観察実験」は全ての調査国で記載されていた。「土壌の性質（土壌吸着能・保水能・緩衝能・浄化能）」や「遷移と土壌形成」を記載する教科書は多かった。一方、「土壌有機物」や「土壌の空気と水」は少なく、「土壌の分類」、「土壌の三相分布」を記載する教科書はほとんど見られなかった。「土壌破壊・汚染」や「土壌保全」、「土壌に関する課題研究」を取り上げる教科書は欧米で顕著であったが、アジア諸国では少なかった。「土壌の観察・実験」として取り上げている内容は土壌動物の観察が大半であったが、欧米では土壌断面や土壌吸着・保水、土壌微生物に関する多様な観察・実験が取り上げられていた。その他は「農林業と土壌」、「人間生活と土壌」、「問題演習」などであった。

欧米の教科書の中には、土を章や節、項立てで取り上げているものがあつたが、アジア諸国の教科書には見られなかった。これらの項目・内容の全てを取り上げ、扱うことは時間的にも不可能であると考えられるが、土の大切さや重要性を児童・生徒に気づかせる土壌教育を実践することが必要であることは言うまでもない。アメリカと日本の理科（生物）の教科書の土壌記載に要しているページ数及び総ページに占める割合を調べると、両者には大きな相違が見られる（表3-2）。アメリカの教科書では20ページ以上を裂いて土壌の性質や機能、土壌生成と歴史、人間生活と土壌、土壌保全などが取り上げられ、わかりやすく記述されている（写真3-1）。また、他国の教科書では土に関する様々な観察・実験が数多く取り上げられ（写真3-2）、土壌断面が記載されている（写真3-1、3-2）。これに対して、我が国の教科書は土に関する記載が数行あるいは1ページ～2ページと少なく、「土はどのようにしてできるか」、「自然界で土はどんな働きをしているか」などの基本的な事柄がほとんど扱われていない。池田（1993）は、アメリカの教科書の特徴として①ハードカバーで2kg近い重さがあり、千ページを超えており、内容が高度である、②フルカラーで美しい写真が選択されており、レイアウトは変化に富み、イラストは正確でデザインは洗練されている、③章ごとに実験がある、④章の内容と関連した生徒の興味や関心をそそる小読物が配置されている（「熱帯雨林、切るべきか、切らざるべきか」など）、⑤読書案内や文献案内がある、⑥キャリア・ガイダンスがある（土壌管理士や農学者など）などをあげ、日本の教科書との違いを指摘する。

土壌に関する記載が最も多い日本の高等学校生物の教科書でもわずか5ページであり、「土壌中の分解者」、「植

物群落の遷移と土壌形成」の項目で、ページを割いて土壌に触れている程度で、土壌の性質や機能などは説明が一切なく、土に関する観察・実験も少ない。アジア諸国の理科教科書は、概して土壌記載が少なく、記載内容は消極的な傾向である。欧米の教科書は、国によって差異はあるものの「土壌破壊や土壌汚染は重大な環境問題である」、「土壌保全は大切である」という環境教育的視点で扱われているものが多かったが、我が国の教科書を調べると土壌汚染の記述はあるが、保全に関する記述は見られなかった。諸外国の教科書調査より、国によって土壌記載の質や量、内容などに大きな差異があること、土を取り上げる視点（土の重要性や環境教育との関わりなど）が異なることが明らかとなった。これらのことから、学校教育における土壌の取り上げ方がかなり異なっていることが推測された。

表 3-1 各国の教科書に見られる土壌項目の記載状況

No	国名	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	アメリカ合衆国	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	フランス	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
3	イギリス	*	*		*		*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
4	オーストラリア	*			*	*			*	*		*	*	*	*	*	*		
5	ドイツ	*	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
6	ニュージーランド	*			*	*				*			*	*	*	*	*		
7	インド	*			*								*	*			*		
8	フィリピン	*			*								*				*		
9	日本	*			*		*						*	*		*	*	*	
10	エジプト	*	*		*					*			*		*		*		
11	パキスタン	*			*								*				*		
12	中国	*			*								*	*	*		*	*	
13	韓国	*			*								*	*			*	*	
14	ロシア	*			*	*					*		*	*			*		

*は記載あり、空欄は記載なし。教科書の土壌記載項目（18項目）（各国2008年、日本2013年調査）

A:土壌定義、B:土壌の生成、C:土壌の分類、D:土壌生物（土壌動物・土壌微生物）、E:土壌有機物、F:土壌の空気と水、G:土壌の三相分布、H:土壌の機能（植物生産機能・物質循環機能・養水分貯蔵機能）、I:土壌の性質（土壌吸着能・保水能・緩衝能・浄化能）、J:土壌断面、K:団粒構造、L:物質循環（炭素・窒素・リン）、M:遷移と土壌形成、N:土壌破壊・汚染、O:土壌保全、P:土壌の観察・実験、Q:土壌に関する課題研究、R:その他

表 3-2 高校理科（生物）の教科書に見られる土の記載の割合

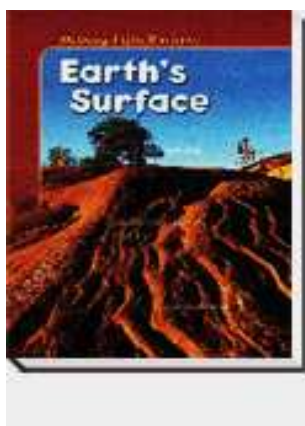
国	土の記載の見られるページ数	総ページに占める割合 (%)
日本	3~5	0.9~1.6
アメリカ	21~27	3.7~5.3

教科書：日本6社、アメリカ4社の教科書を調査した（2008年）。

次に、各国の教科書に見られた特色ある記載内容について触れる。アメリカの教科書には地域の土壌分布が説明され、それと地域産業の特性の関連が解説されている。フランスの教科書では国の代表的な土壌が記述されて

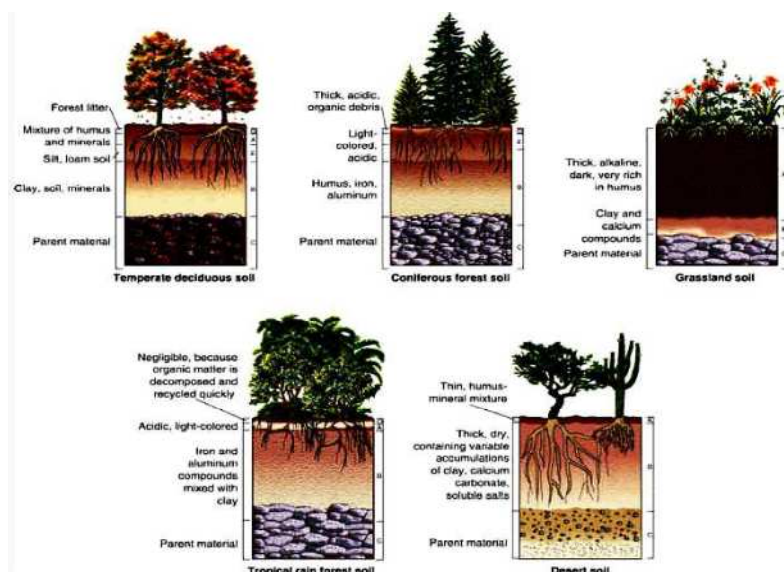
おり、『土は貴重な資源』という観点から説明されている。また、イギリスの0レベルの教科書「INTRODUCTION TO BIOLOGY」では「土壌」という章が設けられ、土の性質や機能、自然の中での役割などが説明されている。「食物連鎖と自然界の平衡」や「細菌類」・「菌類」などは別章扱いとなっており、そこで再び自然界における土の働きが記述されている。ロシアの初等教育第3学年（わが国の小学校4年に当たる）で使用されている「ПРИРОДОВЕ ДЕНИЕ」では「土壌」という章があり、『土壌とは何か』が詳細に扱われている。また、「人間による自然の利用と保護」の中では土を保護するために樹木が植えられ、森林が土を守っていることなどが詳細に説明されている。さらに、大地は人々の生活の養い手であるから大切にしなければならないことなども説明されており、土の有益性・重要性が強調されている。中等教育第4学年（小学校5年）では「土壌」が独立のテーマとして様々な観点から取り上げられている。「土は地球の宝物」という章が設けられて、自然における土の役割や位置、機能などが詳細に記述されており、土の大切さや重要性が強調されている。

その他の国々でも、土について我が国よりも積極的に取り上げられ、教えられている。これらの国々では、土が私たち人間を含めたたくさんの生物にとって欠かせない大切なものであるという捉え方が基調となっており、土の大切さや重要性が小・中学校の段階で教えられていることは注目に値する。そして、土を大事にして十分に活用していくことが国の繁栄につながるということが強調されていることも見逃せない。日本及びアメリカの教科書を基本として諸外国の教科書の中の土壌記載の特徴をまとめると、表3-3の通り大まかに日本型とアメリカ型に二分されることが判明した。そして、それぞれのタイプに近い教科書が見られた国々は、日本型がアジア諸国とロシア、エジプト、アメリカ型がヨーロッパ諸国とオセアニア諸国であった。この二国の相違が、表3-1の教科書に見られる土壌項目の記載状況に反映されていると考えることができる。



- Earth's Surface
- Table of Contents
- Chapter 1: Views of Earth Today (地球の光景)
- Chapter 2: Minerals (鉱物)
- Chapter 3: Rocks (岩)
- Chapter 4: Weathering and Soil Formation (風化と土壌形成)
- Chapter 5: Erosion and Deposition (浸食と堆積)

写真3-1 アメリカの中学校理科教科書



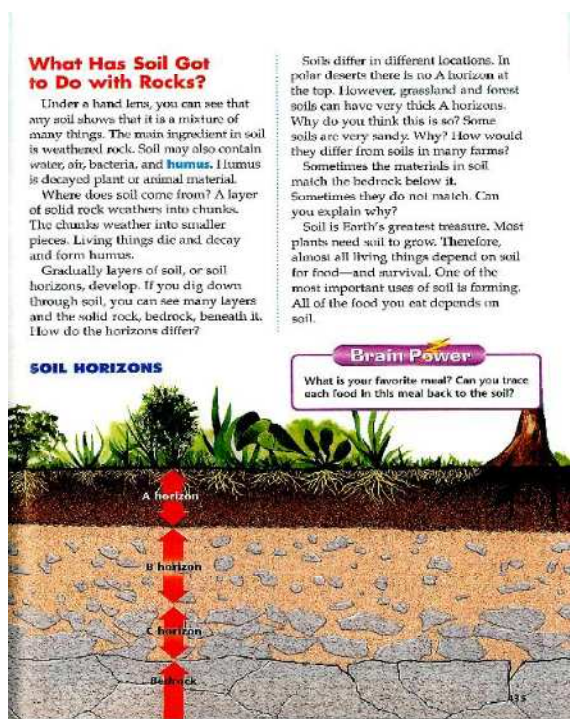
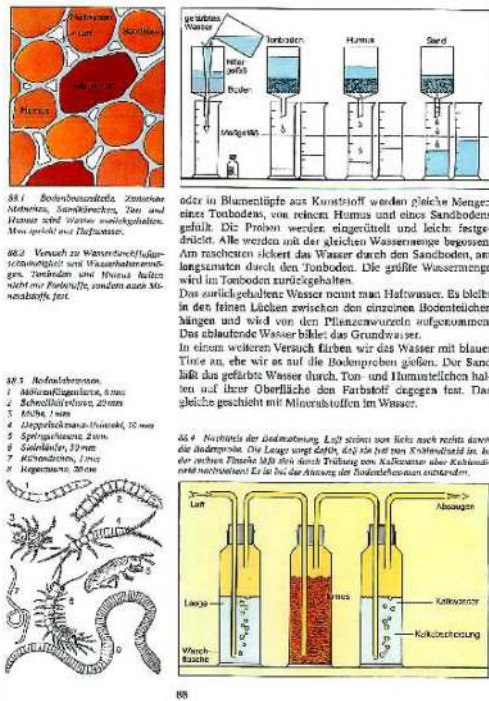


写真3-2 諸外国の教科書の中の土壌記載例

表 3-3 土壌記載から見た日本型とアメリカ型の特徴と関係国

土壌記載の類型	日本型	アメリカ型
関係国	日本、中国、韓国、インド、フィリピン、パキスタン、ロシア、エジプト	アメリカ、イギリス、ドイツ、フランス、オーストラリア、ニュージーランド
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 土に関する記述が少ない 土の観察・実験が少ない 地上部の物質循環の解説・図示に較べて地下の物質循環は乏しい 図表や写真、イラストが少ない 農業や林業と土との関係の記載がほとんどない 	<ul style="list-style-type: none"> 土に関する記述が多い 土の観察・実験が多い 地上部の物質循環と地下部の物質循環はほぼ同等に解説・図示されている 図表や写真、イラストが多い 農業や林業と土との関係の記載がある

(2)生徒

土壌教育の在り方を考え、構築する上で参考とするため、我が国と諸外国の土壌指導を比較調査した。対象とした国は、フィリピン、アメリカ、ドイツ、イギリス、フランス、ニュージーランド、日本であり、それぞれの国の高校生及び教師を対象としてアンケート調査を実施した。調査は、各国語で作成した用紙をそれぞれの国を訪問する方（教育委員会等）に依頼し、現地校の生徒あるいは教師対象に実施していただいて回収したものと筆者が訪問して直接現地校で実施・回収したもの（聞き取り調査を含む）を集計・分析した。

土に対するイメージを比較調査したその結果を、表 3-4 に示した。各国ともに土のイメージとして割合が高かったのは「農林業」と「自然」であった。「大事なもの」という回答は欧米豪の高校生では75%以上と高かったが、アジア各国では低く、特に日本ではわずか5.9%であることが明らかとなった。中国とフィリピンでは「ほこり」の割合が高かったが、欧米では低かった。「汚い」、「田舎」というイメージは日本の高校生が最も高かった。「生きている」は欧米豪で高く、「死んでいる」はアジア諸国で高かった。「明るい」は各国とも低かった。これらのことから、我が国の高校生は欧米の高校生と違って土を「大事なもの」とあまりイメージせず、「汚い」、「田舎」、「ほこり」などのマイナスのイメージを持っている割合が高いことが明らかとなった。

各国の高校生の「土に対する関心度」を調査した結果、欧米各国やオーストラリアに較べてアジア各国は低い傾向が確認された（図3-1）。特に、土への関心が「大いにある」という高校生は欧米、豪では10%を超えていたが、アジア各国は5%以下と少なかった。また、土壌侵食について説明できる知識を持っている高校生は、欧米では7割前後に達していたが、韓国、中国では約2割、日本はわずか1割と少なかったことは特筆すべきことである（図3-2）。この土壌侵食は、世界各地で発生している現象で、今日の大きな地球課題となっている問題である。土壌侵食については理科や地歴、公民などで取り上げられているが、高校生の関心、知識が低い実態を深刻に受け止め、その改善を図らなければならないと考えている。日本の高校生の土への関心の低さは、土に接する機会のない生活習慣、学校教育における土壌指導の消極的であること、土離れが進んでいること、などが関わっていると考えられるが、土壌リテラシーが備わらない原因ともなっていると推定される。

表3-4 我が国と諸外国の生徒の土に対するイメージ比較 (%)

土のイメージ	日本	アメリカ	韓国	中国	フランス	ドイツ	オーストラリア	フィリピン
暖かい	0	7.3	0	0	3.2	5.9	4.8	0
冷たい	9.8	2.4	17.2	18.5	12.9	17.6	11.1	9.7
やわらかい	2.0	4.9	10.3	0	19.4	11.8	12.7	3.2
堅い	29.4	36.6	24.1	33.3	25.8	29.4	20.6	38.7
きれい	0	12.2	6.9	7.4	16.1	11.8	14.3	0
汚い	21.6	7.3	17.2	18.5	6.5	0	7.9	16.1
生きている	2.0	17.1	6.9	3.7	27.6	35.3	27.0	0
死んでいる	15.7	4.9	31.0	25.9	12.9	5.9	6.3	19.4
明るい	0	2.4	0	0	3.2	0	3.2	0
暗い	7.8	2.4	13.8	19.8	6.5	0	7.9	0
都会	0	0	3.4	19.8	3.2	11.8	3.2	0
田舎	74.5	31.7	58.6	59.3	35.5	35.3	39.7	29.0
自然	68.2	85.4	72.4	70.4	80.6	82.4	77.8	51.6
人工	3.9	2.4	10.3	7.4	9.7	11.8	6.3	0
ほこり	39.9	21.6	41.4	77.8	12.9	11.8	12.7	41.9
農林業	90.2	92.7	89.7	88.9	93.5	88.2	93.7	71.0
大事なもの	5.9	85.4	24.1	40.7	80.6	76.5	87.3	12.9
その他	3.9	0	0	3.7	0	0	1.6	0

質問「あなたは土に対してどのようなイメージを持っていますか？次の項目の中から選びなさい」該当するイメージを自由選択させた。

表中の数値：回答値を生徒数で割り、パーセントとした（2008）。

調査対象：日本173名、アメリカ37名、韓国29名、中国23名、フランス31名、ドイツ27名、オーストラリア63名、フィリピン21名

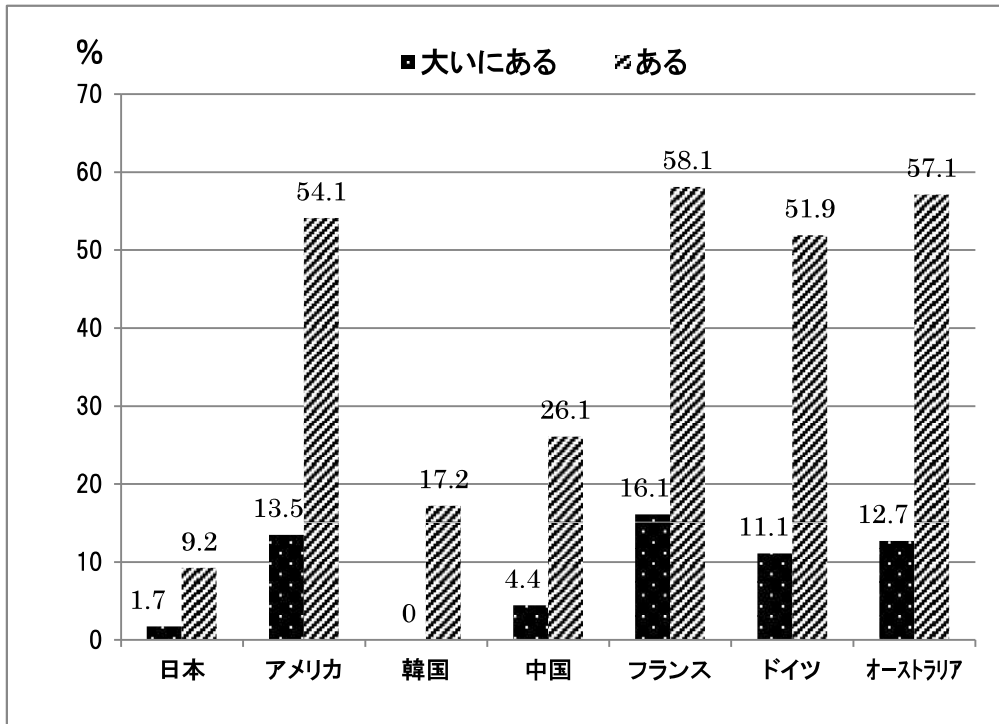


図 3-1 各国高校生の「土に対する関心度」の相違 (%) (2008 年)

「土に対して関心はあるか」に対する「はい」の回答割合を示す

「大いにある」と「ある」の割合を表示している。

調査対象：日本 173 名、アメリカ 37 名、韓国 29 名、中国 23 名、フランス 31 名、ドイツ 27 名、オーストラリア 63 名

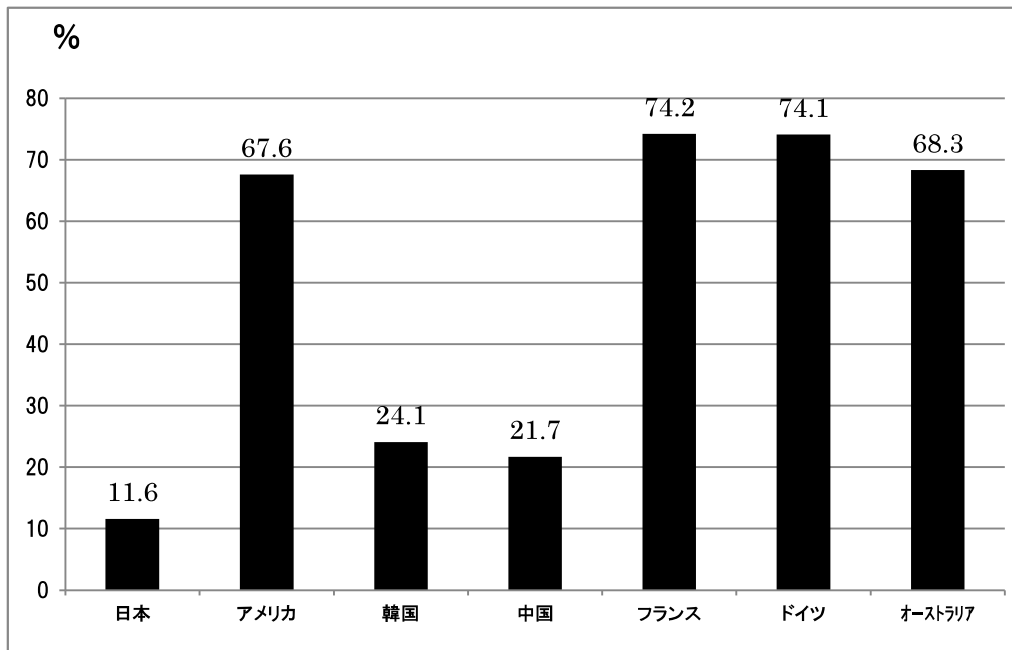


図 3-2 各国高校生の「土壌侵食に対する知識」の相違 (%) (2008 年)

「土壌侵食を説明できるか」に対する「はい」の回答割合を%で示す

調査対象：日本 173 名、アメリカ 37 名、韓国 29 名、中国 23 名、フランス 31 名、ドイツ 27 名、オーストラリア 63 名

グローバル化の進展が著しい今日、世界で活躍できる人材育成が教育課題である。地球の自然破壊や汚染が進み、深刻化している中、持続可能な開発や農林業が求められている。我が国は、多くの食料や資源を他国に依存しており、世界各国と共存し、世界とともに発展して行く必要がある。産学連携によるグローバル人材育成推進会議（2012）では、グローバルに対応できる力を持つグローバル人材が指摘された。そして、グローバル人材を「世界的な競争と共生が進む現代社会において、日本人としてのアイデンティティを持ちながら、広い視野に立って培われる教養と専門性、異なる言語、文化、価値を乗り越えて関係を構築するためのコミュニケーション能力と協調性、新しい価値を創造する能力、次世代までも視野に入れた社会貢献の意識などを持った人間」であると、このような人材を育てるための教育が一層必要となっていると指摘する。農耕地拡大のための森林開発や過耕作、過放牧などが進む世界では、土壌劣化が広がり、土壌侵食が発生している。我が国では、自然や環境に配慮し、持続可能な生産を思考し、創造する能力を備えるグローバル人材を輩出していくことを考えると、土壌への関心・理解を持ち、保全する態度や行動を伴う視点が重要となる。

(3)教師

我が国及び諸外国の教師に対する調査は、前述の(2)の方法によった。表3-5は、各国の教師が土壌指導の必要の度合いを調査した結果を示している。この表から、欧米各国は「かなり必要」と「多少必要」を併せると9割を超えていたが、アジア各国は5～6割であった。逆に「必要とは思わない」との回答はアメリカで0%、オーストラリア4.6%、ドイツで9.1%であったが、日本、中国、韓国、フィリピンのアジア諸国は3割を越えていた。特に、アメリカでは「かなり必要」が高かったが、自国が深刻な土壌侵食を抱えていることなどが原因していると考えられる。一方、中国でも近年土壌問題は深刻さを増しているが、成長著しい途上、森林伐採や開発等が急速に進展しており、土壌教育への関心は低く、その必要性はあまり持たれていないのが実情である。実際に、中国を訪問した時に中学校や高等学校の教師に直接環境教育や土壌教育についてどのくらい実践しているかを聞いたが、多くは指導することではなく、そのような時間もないと答えていた（福田、2015c）。韓国は日本と同様、食料自給率が低いが、土壌への関心が乏しくなっている。

日本と諸外国の小学校、中学校、高等学校理科担当教諭を対象として授業で土壌を取り上げ、扱っているか否かを調査した結果を図3-3に示した。この図から、小学校、中学校、高等学校における土壌の取扱いは日本、中国で少なく、欧米諸国やオーストラリアでは積極的に扱っていることが判明するとともに、それが野外における自然観察の実施と深く関わっていることがわかった。我が国の小・中・高等学校で土壌指導を実施していない理由を調べると、小学校や中学校では「土をよく知らない」、「他の教科でも土を教える」が多く、高等学校では「土は入試に出題されない」、「土は扱いにくい」、「土は教える魅力があまりない」が多かった（表3-6）。この点、フランスやドイツでは、「時間がない」という理由をあげる教師が多かったところが日本と異なっていた。

日本と諸外国の小学校、中学校、高等学校理科担当教諭を対象として野外における自然観察の実施状況を調査した結果、図3-4の通りであった。この図から、日本は小学校、中学校、高等学校のいずれにおいても野外における自然観察の実施率は欧米、オーストラリアに較べて低いことが明らかとなった。特に、高等学校での実施は極めて低かった。日本と同様に実施率が低いのは、中国であった。尹（2009）は、ハルビン市の小中学校教師の環境教育に対する意識調査で、教師が関心を持っている環境問題について「非常に関心がある」、「やや関心がある」を選んだ比率が高い順は大気汚染（93.7%）、地球温暖化（92.3%）、水質汚濁（92.1%）、酸性雨（91.2%）、ごみ問題（91.0%）、オゾン層の破壊（90.6%）、森林破壊（88.4%）、黄砂（87.7%）、騒音（85.0%）、農薬による食物汚染（82.9%）、土壌汚染（82.9%）であったと報告している。現在、中国では土壌汚染は深刻であり、土壌侵食や塩類化・アルカリ化、重金属等による汚染、砂漠化などが急速に広がっている。1996年国家教育委員会などは「全国環境宣伝教育行動綱領（1996年～2010年）」を発表し（劉ら、2000）、環境意識や環境行動の向上を目的とした緑色学校プログラムを立ち上げた。2003年には「中小学校環境教育実施指南」が示され、環境教育の推進を図ろうとしている。そして、中国の環境改善に向けて、法規や基準の整備に加え、環境教育が重要な施策のひとつとなっている（陸ら、2008）。

我が国の学校における野外での観察は、小学校や中学校では校内の花壇や学校園、校内林、ビオトープや博物

館などが大半で、高校では博物館の活用に伴う現地観察会を実践しているところがあった。一方、欧米やオーストラリアでは国立公園での宿泊研修、現地観察会、巡検が1～2割、学校近隣での観察会（森林、公園など）が2～3割など、校外で実施する学校が多かった。また、農業体験や林業体験の中で実践する学校もあった。野外での観察対象が何かを質問した結果を表3-7に示した。この調査では、観察対象を複数回答可として集計した。その結果、各国とも対象として多かったのは、種子植物や昆虫、鳥類、ほ乳類などの動植物であった。しかし、藻類や両生類・ハ虫類、菌類を対象とする割合は低かった。生物以外では、気象や空気・水・光、土壌であった。土壌動物を観察対象とする国は多かったが、土壌そのものを観察対象とする学校は、日本と中国では見られなかった。アメリカ、フランス、ドイツ、イギリス、オーストラリアでは、野外における自然観察の実施率が高く、観察対象は幅広くバラエティに富んでいることを示していた。

教科書及び生徒・教師対象アンケート調査の結果から、次のようなことが課題として挙げられる。

- ①日本の教科書で扱われている土壌項目は、欧米などに比べて少なく、土壌の性質や機能などの基本的な項目が扱われていない。そのため、児童・生徒に土を理解させることが難しくなっている。
- ②欧米などの教科書に比べて、日本の教科書は文字が多く、写真やイラスト、図表などが少ない（近年増加傾向が見られる）ため、児童・生徒に土への関心が持たれにくい。
- ③欧米などの高校生に比べて、日本の高校生は土壌に対する関心が低く、知識が乏しい。
- ④授業で土壌を扱っている割合は、調査国中最低で、教師の土壌教育の必要性も欧米に比して低かった。その理由として「土をよく知らない」、「他の教科でも土を教える」、「土は入試に出題されない」、「土は扱いにくい」、「土は教える魅力があまりない」などが多かったが、その改善には魅力のある土壌教材の開発や授業開発が必要であることが課題である。
- ⑤欧米などに比べて、日本の土壌指導の内容・項目が少ない。取り上げる土壌内容を検討する場合、研究者や専門家等の意見・要望を聞き、十分に精査することが重要である。
- ⑥土壌リテラシーの育成には、教科書の内容検討や教師の指導力向上、幼少期からの系統的、継続的な土壌教育の構築が重要である。とはいえ、アメリカのような1000ページを超える2kg近い教科書は望めないので、ページ数の少ない教科書に取り上げる土壌内容のミニマム・エッセンシャルズを策定する（梅埜ら、1999）とともに教師の土壌研修あるいは学校への出前授業などを実行していくことが重要であると考えられる。

表3-5 我が国と諸外国の初等・中等学校における土壌指導の必要性の相違(%)

土壌指導の必要性	日 本	アメリカ	韓国	フランス	中 国	ドイツ	オーストラリア	フィリピン
かなり必要と思う	7.7	85.7	6.9	53.8	0	72.4	62.8	0
多少必要と思う	61.5	14.3	54.2	38.5	57.1	20.7	32.6	61.9
あまり必要とは思わない	30.8	0	34.5	8.0	31.8	9.1	4.6	33.3
全く必要とは思わない	0	0	3.4	0	11.1	0	0	4.2

教師対象、質問「土壌指導はどの程度必要と考えていますか？」（2008年）。

調査対象：各国の小学校、中学校、高等学校理科担当教諭（日本67名、アメリカ39名、韓国29名、フランス31名、中国55名、ドイツ23名、オーストラリア43名、フィリピン21名）

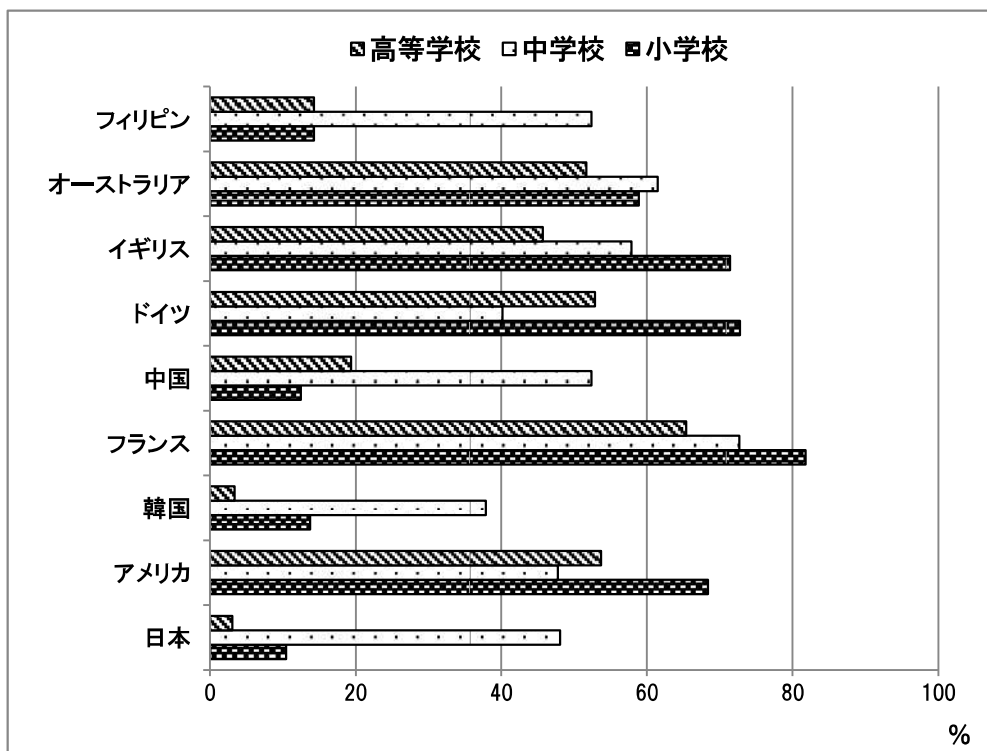


図 3-3 授業で土壌を扱っている割合 (%)

調査対象：表 3-5 と同じ。質問「あなたは授業で土壌を教材として取り上げ、扱っていますか」に対して「はい」と答えた割合 (%) を示した。

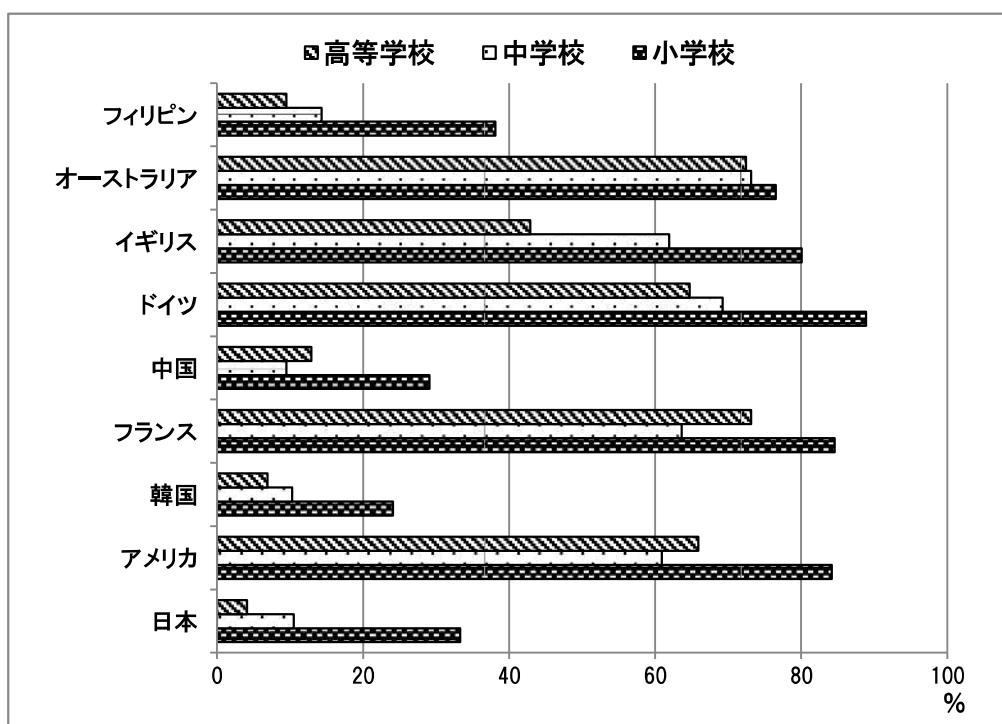


図 3-4 野外における自然観察の実施率 (%)

調査対象：表 3-5 と同じ。質問「あなたは野外で自然観察を実施していますか」に対して「はい」と答えた割合 (%) を示した。

表 3-6 土壌指導を実施しない理由（複数回答可）

土壌教育を実施しない理由	小学校	中学校	高等学校
児童・生徒が土に関心を持っていない	0	13.3	9.7
土をよく知らない	42.9	30.0	22.3
土は入試に出題されない	14.3	36.7	52.0
土を扱う時間がない	0	23.3	16.6
土に関心がない	14.3	26.7	23.4
観察・実験に時間がかかる	9.1	15.6	13.3
土は教える魅力があまりない	15.2	11.1	44.6
他の教科でも土を教える	28.6	13.3	2.9
土は扱いにくい	0	53.3	40.0
その他	0	6.7	1.7

調査校数：小学校 33 校、中学校 45 校、高等学校 83 校（埼玉県）。表中数値は%を表す。

表 3-7 野外における自然観察時に観察した対象

自然観察の対象		日本	中国	アメリカ	フランス	ドイツ	イギリス	オーストラリア
植 物	種子植物	57.9	15.8	62.9	54.2	52.9	46.7	56.5
	シダ・コケ・地衣	5.3	0	11.1	8.3	11.8	7.7	8.9
	藻類	0	0	3.7	4.2	0	6.7	0
動 物	ほ乳類	10.5	9.1	18.5	16.7	5.9	26.7	8.7
	両生類・ハ虫類	0	0	3.7	8.3	11.8	6.7	0
	鳥類	26.4	18.7	29.6	37.5	35.3	40.0	30.4
	昆虫	42.1	26.3	40.7	45.8	52.9	53.3	39.1
	土壌動物	5.3	0	14.8	25.0	11.8	20.0	13.0
水生生物		5.3	0	7.4	4.2	0	6.7	0
菌類		0	0	3.7	8.3	0	0	0
気象（気温・湿度等）		15.8	9.1	18.5	12.5	11.8	20.0	13.0
空気・水・光		10.5	9.1	7.4	12.5	5.9	33.3	4.3
土壌（土壌動物は除く）		0	0	14.8	23.5	23.5	20.0	8.7
その他		0	0	3.7	0	0	0	0

調査対象：図 3-3 の野外における自然観察実施教師。その他：「自然の音さがし」。表中数値は%を表す。

第2項 土壌研究者の考える土壌内容項目

土壌を専門とする研究者が、学校教育における土壌教育でどのような内容を取り上げることが望んでいるかを確認するため、2013年9月に開催された名古屋大会（会場：名古屋大学）で学会員を対象としたアンケート調査を実施した（表 3-8）。その後、回答を集計し結果、表 3-9 の通りであった。アンケート調査は、次期学習指導要領の改訂に向けた要望書作成のための資料調査であった。会員が示した項目数は小学校が 25、中学校が 28、高等学校が 35 であった。また、各項目を取り上げる教科を見ると、理科 80、社会 7、技術家庭 3、生活 1 であり、理科が全体の 87.9% を占めていた。そのうち、「鉄斑などの酸化還元反応」、「有機酸の根からの放出と養分供給」、「土壌の利用・管理・保全」、「火山灰土と非火山灰土」、「土壌機能（微生物バンク）」は専門的であり、教師が知らない内容であることが考えられる。また、「土いじり」や「泥団子づくり」、「裸足歩行」は、いずれも幼少期に

重要な土壌体験である。また、「農業と土壌」や「産業と土壌」は、「水はけのよい土・悪い土」や「土と肥料」「水耕・土耕」、「土壌と作物生産」と関連付けて取り上げたい項目である。さらに、「砂漠化」や「侵食」、「流出」、「重金属汚染」、「塩類化」、「放射性物質汚染」、「環境保全と土壌」は環境教育の視点で取り上げられることが望まれる。

観察・実験は理科の特色であり、重要な科学的探究活動である。それ故、児童・生徒に科学の楽しさや面白さを実感させ、興味・関心を持たせ、探究心を育成する上で欠かせない。花壇や学校菜園、畑・水田、森林、校庭、学校ビオトープなど、学校を取り巻く環境を活用した様々なテーマを設定し、探究的に実践することが望まれる。土壌を教材とした観察実験では、実際の土壌に触れて観察・調査し、体験的に「土壌の硬さ・粘性・手触り」、「土性・可塑性」、「土色」、「森林における落枝葉分解」、「土壌断面」などを確認させることが望ましい。小学校低学年で取り上げたい「泥団子づくり」は、土への関心を高め、土の感触やにおいなどを体得できるものである。「土壌動物」や「土壌微生物」の観察実験は、現行学習指導要領で取り上げられているが、土壌との関わりが希薄である。それ故、土壌そのものを使った「土壌呼吸」や「土壌吸着」、「粒径組成」の観察実験を取り上げたい。「三相分布」、「赤・黄・黒の粉末混合による土壌類似物質作成」、「遷移と土壌形成」などの実験・調査については、課題研究として取り上げたい。

現行学習指導要領では「土壌の性質や機能」、「土壌と植物」、「土壌管理」、「土壌破壊・汚染」などの内容・項目はほとんど取り上げられていない。また、土壌を使った観察・実験は乏しく、土壌実習や土壌体験は全く取り上げられていない。土壌は、生物生産機能、有機物分解機能、養分貯留機能、水分保持機能、水・大気浄化機能、物質循環機能、生物多様性功能など、様々な機能を有し、人類生存にとって重要な食糧生産や木材生産の基盤としての土壌など、様々な資材として活用されている土壌は、極めて大切な自然物である。この土壌が、20世紀後半より世界的に劣化し始めている。そして、我が国は食料の6割、木材の7割以上を外国に依存している。地球地殻の最表層に広がる土壌を保全し、次世代に継いでいくことは、現生人の使命であり、それには子ども達の土壌への関心・理解を高め、国民の土壌リテラシーを向上させていくことが重要であると考えられる。

表 3-8 学習指導要領の次期改定に向けたアンケート調査の内容

学習指導要領の改定に向けた調査へのご協力をお願い

会員の皆様には、土壌教育委員会の諸活動についてご理解、ご協力を賜り、深く感謝申し上げます。さて、土壌教育委員会では現行学習指導要領の改定に向けて土壌教育の観点から改善点や新たに上げたい内容等を検討しております。つきましては、会員の皆様からお考えやご要望を広く求めたいと存じますので、下記の調査へのご協力のほどをよろしくお願い申し上げます。

日本土壌肥料学会土壌教育委員会 委員長 福田 直

記

1. 小・中・高等学校生活、理科、生物、地学などの教科科目で土あるいは土壌を取り扱う場合、どのような内容や項目を設けるのがよいと考えますか（自由記載をお願いします）。

（例）中学校理科「土壌の機能」（土壌には植物育成機能・養水分保持機能・分解機能があることを取り上げ、解説する）、中学校社会「土壌と農業」（農業の基本が土づくりにあり、団粒形成や耕起・施肥などを解説する）、高等学校生物「土壌の放射能汚染」（土壌によるセシウム吸着のしくみを解説する）

(1) 小学校
(2) 中学校
(3) 高等学校

【参考】現行学習指導要領の主な取扱い
小学校：地面、中学校：分解者、土壌動物、高等学校：自然環境要因、遷移と土壌形成、土壌断面

2. 土壌教育を普及啓発する上でどのような方法がよいとお考えですか（自由記載をお願いします）。

表 3-9 日本土壌肥料学会会員による「小・中・高等学校で取り扱いたい土壌の内容・項目」の分類

分類	指導の内容
土壌の定義	土壌定義 ・働き・役割（小理・高理）、土とは何か（小理）、自然と土壌（中理）、 無機的環境要因 （中理）
土壌の性質	保水性・透水性（中理）、固相・液相・気相（中理）、水はけのよい土・悪い土（小理・中理）、団粒土壌（高理）
土壌生成	土壌のでき方（小理・中理）、土の歴史（中理）、 植物遷移と土壌形成 （高生物）、石と土（小理）、岩石と土壌（高理）、 土壌断面 （小理・高理）、土壌層位・地形と土壌（高地理学）、土色（中理）
土壌の種類・分布	土壌の種類 （高地理学）、 日本の土壌・世界の土壌 （高地理学）、火山灰土と非火山灰土（中地理学・高地理学）、 土壌と気候 （中理・高理）
土壌生態	生物のすみか（小理）、土と生物（小理）、 物質循環と土壌 （小理・中理・高理）、 植生と土壌 （高理）、 土壌の分解者 （中理・高理・高地理学）
土壌の機能	植物生産機能（小理・中理）、養水分保持機能（中理）、分解能（小理・高理）、浄化能（小理）、緩衝能（中理）、微生物バンク（高理）、物質循環機能（中理）、土壌呼吸（小理・中理）
土壌と植物	鉄斑などの酸化還元反応（高化学）、有機酸の根からの放出と養分供給（高化学）
土壌生産	農牧業と土壌 （中技術・中理・高理）、産業と土壌（中理・高理・高地理学）、 土壌と作物生産 （中技術）、 土と肥料 （小理・中技術）、 有機肥料 （高化学）、水耕・土耕（中理）
土壌管理	土壌の利用・管理・保全（高理）、国土保全と土壌（中社）、土壌の改善方法（高理）、環境保全と土壌（中理）、環境・災害（高地理学）、土壌の健康（高理）
土壌破壊・汚染	砂漠化（小理・高理）、土壌侵食・流出（小理・中理）、重金属汚染（高理）、塩類化（高理）、放射性物質（高理・高公民）
土壌の観察実験	土壌動物 （中理・高理）、 土壌微生物 （高理）、土壌呼吸（中理）、土壌吸着（中理）、土壌断面（小理・高理）、 植物遷移と土壌形成 （高理）、赤・黄・黒の粉末混合による土壌類似物質作成（高理）、泥団子づくり（小理）、森林における落枝葉分解（高理）、三相分布（中理）、粒径組成（小理）
土壌実習	花壇 （小理）、学校菜園（小理）、畑・水田（小理）
土壌体験	土いじり（小理）、裸足歩行（小生活）、硬さ・粘性・手触り（小理）、土性・可塑性（高理）

*表中、太文字は現行学習指導要領に準拠した教科書で扱われている。小理は小学校理科、中社は中学校社会、高地理学は高校地理歴史の略、（ ）内は取り上げる教科科目を示す。

第2節 土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育の方策

第1項 幼少期から成人までの発達段階に応じた土壌教育の確立

(1) 幼少期の土壌教育

幼少期に土にどう接したかあるいは親が土をどう見たかということが、子どもの土に対するイメージ形成に大きな影響を与える。幼少期あるいは児童期に土を「汚いもの」、「汚れる」、「触ると病気になる」等の理由で、子どもが土に触ろうとすると「触らない!」と言われて育つ。その結果、土に対するマイナスなイメージがインプットされてしまう。ジョン・ロックは「子どもの心は白紙であり、教育とは白紙のキャンパスに絵を描くようなものである。」と捉えている（森、2003）。土のマイナス・イメージを払拭するには、幼稚園や学校教育で積極的に土を取り上げ、土に接し、土を正しく指導する機会や場を設定することが大切となる。

土を指導する場合、「土が①大事なもの・貴重な資源、②自然の中で大切な働き、役割を持っている、③生きものが生きていく上で欠かせないもの」という視点を持っていることは大事である。図 3-5 は、幼少期（0歳～5歳）の土との触れ合いの機会の多少とその後（小6～中2）の「土が好き」の割合を調査した結果を示している。この図から、幼少期に土との触れ合いの機会が多かった子どもほど、「土が好き」の割合が高いことが明らかである。逆に、幼少期に土とほとんど～全く触れ合わなかった子どもは、土が好きではなくなっていることを示して

いる。幼少期に土に多く接し、土の感性を身に付けた子どもと土にほとんど接する機会がないまま成長した子どもとの間には土に対する嫌悪感の有無に明らかな相関が認められたことから、生涯の自然あるいは土に対する基盤づくりとして、幼少期は土の感性を培う極めて重要な時期と言える。幼少期の自然体験活動は、子ども達の意欲や規範意識、学力、自然への関心など、様々な能力を育てる（山本ら、2005）。四出井（1993）は「子供時代の自然の中での遊びは子供の一生に影響する重要なもので、自然の寛容さを子供の心の中に育む意義がある」としている。また、「里山は明るいアカマツ林や雑木林で子供たちが遊ぶ場としてよい。かつて里山は堆肥や木灰の産地で農用林と称され、木は薪や柴、炭として使われてきた。その後、化学肥料や電気、石油の普及とともに里山の利用は減り、現在は放置林となり無用の存在となっている。」と指摘する。里山に広がる森林は、地面がふかふかで心地よい。子ども達が明るいアカマツ林や雑木林に入って、最初に気づいたこととしてあげたことで最も多かったのは気持ちがよかったこと、次いでひんやりしたこと、足元の土の軟らかさなどであった（表 3-10）。子ども達にとっては土の軟らかさはふだん気づかなかったこととして新しい体験であり、発見となっていた。また、落ち葉のにおい、土のにおいがしてとてもいいにおいだったと好感を持ったことが印象的であった。「土の山がたくさんあった」という土の山はモグラの作った山を指す。

表 3-10 幼稚園児（年長）の林に入って最初に気づいたこと

林に入って最初に気づいたこと	割合%
ひんやりしたこと	52.9
土がふかふかして軟かかったこと	41.2
少し暗かったこと	38.2
大きな木があったこと	17.6
いろいろな虫がいたこと	35.2
落ち葉のにおいや土のにおいがしたこと	23.5
静かだったこと	14.7
土の山がたくさんあったこと	29.4
カエルを発見したこと	5.9
きれいな花が咲いていたこと	20.6
気持ちがよかったこと	67.6

調査対象：幼稚園児（年長）34人（2010年）

「土と接する最適期はいつ頃か」を親や小・中・高校教師に質問した結果、4～7歳が最も多く、次いで8～11歳、0～3歳の順で、12歳以降はわずかであった（図 3-6）。また、「土を教える最適期はいつ頃か」では8～11歳が親、教師とも約6割であり、次いで12～15歳であった（図 3-7）。様々な状況において優れた意思決定を下すために必要な能力であるメタ認知能力と言語能力との結びつきは強い（中山、2012）と言われており、児童期前期には周囲の状況と自己の能力を考慮して起こりうる事態を予測すると見られている（藤谷、2011）。いずれも、幼少期から児童期に土壌教育を適切に行うことがよいと考えている。まさしく、この時期は土壌リテラシーを育成する上での重要な時期であり、土に対する感性を育む最適期である。

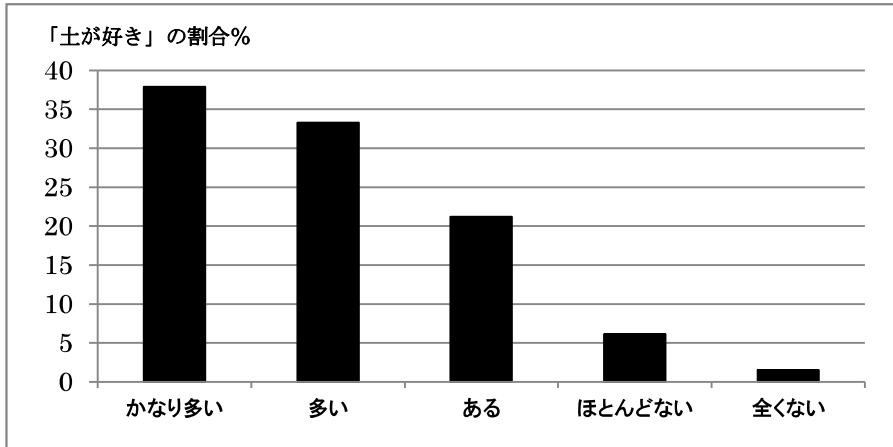


図3-5 幼少期（0歳～5歳）の土との触れ合いの機会の多少とその後（小6～中2）の「土が好き」の割合
アンケート対象者：小6～中2の児童生徒66名（2013年～2015年）

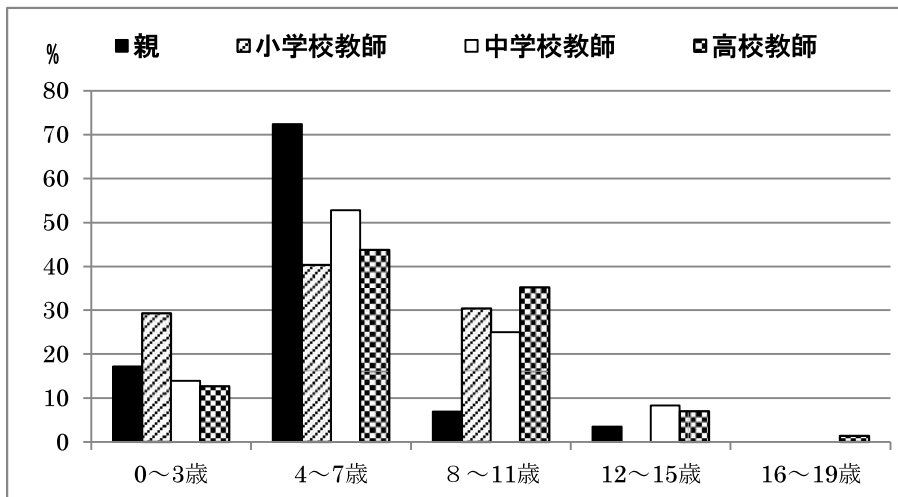


図3-6 土に接する最適期

調査対象：親29名、小学校教師23名、中学校教師36名、高等学校教師71名（2014年～2015年）

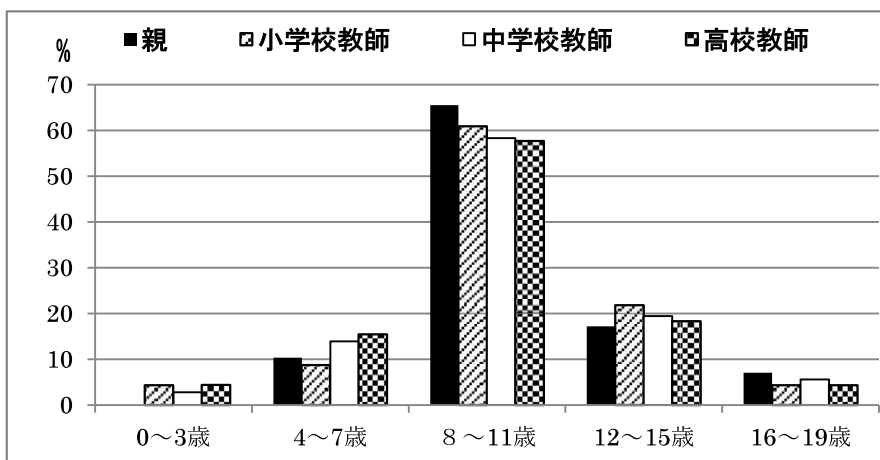


図3-7 土を教える最適期

調査対象：親29名、小学校教師23名、中学校教師36名、高等学校教師71名（2014年～2015年）

(2)児童・生徒期の土壌教育

小・中・高等学校における土壌教育を実践するには土の教材化、カリキュラム化が必要である（小原ほか、1998；福田、2004a）。図3-8は、土壌リテラシーの向上に向けた土壌の教材化、カリキュラム化の筆者試案である。幼児期や児童期の早期（小学校低学年）には泥んこ遊びや土いじり、野外遊びなどを通して土に触れる機会を持ち、土に対する感性を育てる。土の感触やにおい、色などの違いから、様々な土の存在を知る。また、石や砂との違いを比較する。小学校中・高学年の児童は、自然の成り立ちやしくみに興味を持ち、関心が高い。土は、自然の中で様々な機能を有する構成要素として重要である。小学校中学年において土を学習する機会が現行学習指導要領ではなくなっているが、地面の温度や養水分を保持する土、地層の最表層としての土層は取り上げられているので、花壇作りや穀物（イネなど）づくり、野菜づくりを体験する機会を設けて、農業や植物成長と土との関わりを観ることから土に興味・関心を持たせる。土は、地球陸地の多くの生きものを育む存在であるが、地面の温度や地中の温度と生きものの生活を関連づけて学習する。また、土層を認識するために地層の授業の中で、その最表層に土層が分布していることを取り上げる。

中学校では土を使った様々な観察・実験を実施し、土の性質・機能を知るとともに土への興味・関心を高める。中学校では土中の分解者を扱い、この分解者が自然の物質循環を進めるうえで重要な役割を果たしていることを説明する。また、分解者の微生物が実際に活動していることを土の呼吸量の測定を通して確認させる。この時、自然の中での土の存在がどんな意味を持ち、どんな役割を果たしているかを十分に理解させる。また、土と人間とのかかわりについて触れ、近年の人間活動による人工物（プラスチック、農薬など）や廃棄物の増大のため、自然の循環が大きく崩れていることについても考えさせる。土がどのように生成されるかを落ち葉をめくっていき、土になっていく過程を観察したり、様々な土の中の土壌動物の種類と数を比較することから、土の違いや土の自然度を学習する。とはいえ、土壌動物が土壌から抽出されて観察するため、各種土壌によって土壌動物の種類に相違があることは考察されず、土壌と土壌動物との関連がわかりにくい。そこで、土壌が無機鉱物や腐植、水、空気、様々な生物から構成された総体であると捉え、土壌からの二酸化炭素発生速度（土壌呼吸）を測定する実験を行う。この実験は、簡単かつ明瞭であり、「土が活着している」ことを実感できる。中学校では、技術で栽培の授業が実施される。そこで、土の養分吸着や水分保持、浄化機能などを学習するので、この中で土壌破壊・汚染と関連させて扱い、土を正しく認識させる。

高等学校では土の役割、土と人との関わり、多様な土壌、土壌問題を学習し、土の正しい認識を深め、土壌保全の意識や態度・行動を育成する指導をしたい。人為的な影響による土壌破壊や汚染によって、生命存続の危機につながっていることに気づかせる。土壌は、歴史的な産物であり、人間の過度な働きかけによって機能が失われたり、土壌そのものを喪失してしまうと、その回復が難しく、数千年を要することになる。特に、近年の森林伐採による表土流出や過耕作、化学肥料多投などによる土壌侵食、土壌の塩類化などは深刻である。自然体験や授業を通して、生命活動を支える基盤である「土壌」を理解させ、適切な人間活動を営むことが重要であることを認識させる必要がある。特に、理科や社会、保健、家庭、総合的な学習の時間などの土壌内容を扱う教科目が土壌を教科横断的に取り上げることが土壌保全の意識・態度・行動を育成する上で必要となる。そして、土壌リテラシーを育成する一歩としたい。例えば、地歴科地理では日本及び世界の様々な土壌が取り上げられているが、それぞれの土壌特性が理解されず、用語の名前を覚える程度の知識となってしまう。また、土壌侵食や土壌の塩類化、砂漠化など土壌破壊や重金属汚染の問題が理科や地歴、公民、保健で取り上げられているが、その原因や解決に向けた対策、改善などを踏み込んで述べている教科書は皆無である。様々な土壌の特性や土壌破壊・汚染のしくみ、改善を考えていくには、土壌を科学的に捉え、土壌と人間生活との関わりを考える学習が必要である。また、食糧生産と人口問題、環境浄化と土壌、文明と土壌など、土壌を幅広く取り上げ、扱うことが高等学校段階では求められる。

家庭教育、保育園・幼稚園教育（幼児期）

泥んこ遊び、野外遊び、土の上を歩く（領域「環境」） **土に対する感性**

学校教育（児童・生徒期）

①小学校 **土体験・土への関心・理解**

- 土に触れる、土を観る、野外体験（生活・理科、社会、総合的な学習の時間）
- ・土遊び（粘土細工・泥だんご）
 - ・土の感触（土の軟らかさ、土の乾湿、土の粘り気など）
 - ・花壇作り、穀物（イネなど）づくり、野菜づくり（土の中の養分・水分）
 - ・石と土（土のでき方）
 - ・地面の温度（ヒートアイランド）
 - ・花壇作り、穀物（イネなど）づくり、野菜づくり
 - ・土と砂との違い（土団子と砂団子）
 - ・土の断面（表土は黒い、土はどこまで続く、土の中の生き物）
 - ・土って何だろう
 - ・土の層（土色、表層土と下層土、土の中の生き物）

②中学校 **土の性質・機能の正しい認識**

- 様々な土の観察・実験（理科、社会、技術家庭技術分野、芸術、総合的な学習の時間）
- ・土の生成過程を調べる・・・土壌断面、落ち葉のゆくえ（落ち葉めぐり）、土壌有機物・腐植
 - ・土壌生物を調べる・・・土壌動物、土中の分解者（土壌微生物）
 - ・土の多様性を調べる・・・土の色、土の呼吸、土の自然度
 - ・土の機能を調べる・・・養分吸着・水分保持、浄化機能
 - ・陶芸づくり

③高等学校 **土壌保全の意識・態度・行動の育成**

- 自然を構成する土壌、人間と土壌を学ぶ（理科生物・地学・化学、地歴地理、公民現社、芸術、保健体育・保健、家庭、国語・国語表現、外国語・英語、総合的な学習の時間）
- ・植生と土壌・・・遷移と土壌形成
 - ・植生・土壌・気候の関係
 - ・農業と土壌
 - ・日本と世界の土壌・・・チェルノーゼム、ポドゾル、テラロッサ、テラローシャ、ラテライト、赤黄色土、泥炭土、黒泥、砂漠土、栗色土、褐色森林土、黒ボク土、グライ土
 - ・資材としての土壌
 - ・土の破壊・汚染（土壌侵食、土壌の塩類化、砂漠化）と土壌保全
 - ・土壌汚染と健康
 - ・地産地消

成人教育

土壌に配慮した判断・態度・行動

↓・公務員研修・企業研修、図書館・博物館等生涯学習機関の活用、その他

土壌リテラシーの向上

*学校教育では、関連する教科科目として国語、外国語、道徳などが入る場合がある。

図3-8 小・中・高等学校等における土壌リテラシーの向上に向けた土壌の教材化、カリキュラム化

生物や人類の生存と深く関係している土壌問題を1教科1科目のみで考えていくのは難しい。世界の土壌分布と植生・気候分布との対比から、土壌成因について考察させる。また、植物遷移と土壌形成との関係から、植生のクライマックスと土壌の熟成について理解させる。「総合的な学習の時間」の中で、自然・環境学習を实践する学校はある。その実践例を見ると、農作業の中での土づくりであったり、堆肥づくりである。また、林業体験の中で落ち葉堆肥をつくる活動も見られる。これらの活動を通して、土に接し、土に触れる機会は生まれる。しかし、大半は作業で終わってしまっている。その実践の中で、土壌の様々な機能などについて解説する機会を作ることが土壌理解につながる。「総合的な学習の時間」のアドバイザー依頼された折、授業の中で土壌断面観察を実施し、土壌形成過程を説明した。生徒たちは土壌に関心を持ち、土の重要性を学んでいた。土壌は学際的な色彩が強く、横断的・総合的な課題の学習となる「総合的な学習の時間」の中で扱うことは望ましい。また、土壌教育を環境教育や消費者教育などとコラボレーションして土壌を扱うのがよい。土壌を環境学習教材として取り上げる場合にも、この時間で扱うことができる（総合的な学習における環境学習研究会、2002）。アメリカでは理科教育改革が進んでおり、STS教育（Science, Technology and Societyの略：1980年代に社会学的に科学・技術のリスクにアプローチする研究が登場し、3者が深く関わることを視野に入れた教育）以降教科の統合に伴う理科カリキュラムの構築が検討されている（南新ら、2003）。我が国では、知識を教える教育から自ら学び考える教育への転換が求められている。自然を理解させる上で土壌を総合的に取り上げ、土の存在意義を考えさせる教育は新しい学習の一形態となると考えられる。

(3) 幼児期から成人までの発達段階に応じた土壌教育

「土壌への関心度」を年代別に調べた結果、10代～30代では低く、40代～50代でやや高くなり、60代以降で関心を持つ人たちが増加することがわかった（図3-9）。図1-1及び図1-2と図3-9との相関から、「土壌への関心度」には幼少期の土体験が深く関わっている。また、土壌問題に対する年代別関心度の比較では、高校生はやや低かったものの世代格差はあまり認められなかった（図3-10）。しかし、子ども期に土への関心を高めることは、土壌リテラシーの育成には不可欠である。また、土壌リテラシーを育成するには幼少期～児童期の土壌教育はとても重要である。つまり、この時期は土に対する感性を育み、土壌リテラシーの基礎・土台づくり期であると捉えている。その後、生徒期には社会とのつながりの中で土壌を考えていく指導が必要となる。特に、様々な地球環境問題と関連させて土壌問題に視点を当てて扱っていくことが大切であり、土壌保全の意識・態度・行動の育成を図る時期と考えている。さらに、成人教育の中で土壌に配慮した判断・態度・行動がとれる土壌問題を実践することが土壌リテラシーを身に付けるために重要となる。今日、グローバル化の進展が著しく、国際社会の中で地球環境に配慮した思考や態度、行動等が求められることは必然である。それ故、幼児期から成人までの発達段階に応じた土壌教育を適切に行い、国民の土壌リテラシーの育成、向上に向けた取組は重要である（図3-11）。我が国は、他国に資源や食糧などの多くを依存しており、それは他国の土壌に依存していることと同義である。私たちにとって、土壌は決して遠い存在ではない。しかし、多くの人たちはふだん土壌に接する機会が少なく、土壌への関心・理解は乏しい。

表3-11は、小学校6年生、中学校3年生、高校3年生を対象に土に対する関心・理解のアンケート調査結果をまとめたものである。「土は身近な存在である」と思っている児童・生徒は決して多くはない。土は食物をつくり、水を蓄えてくれる。このよう生産機能や保水機能により、食糧や飲料水が確保されている。また、土は私たちの生活と密接に結びついている。土が様々な方面で使われている実例をあげ、泥石けんや泥パック、クレイシャンプー、陶磁器、レンガなどを教材として教室に持ち込んだりして土の汎用性を説明するとよい。また、陶器やオカリナ、化粧品づくりに挑戦させるのもよい。これらを実践すると、子ども達は土を身近に感じるようになる。様々な創意・工夫のある授業づくりが、児童・生徒の土壌への翰林・理解を高め、土壌への探究心が芽生え、成長することを実感している。

土壌は、小学校、中学校、高等学校で、様々な教科目で取り上げられているが、系統性や関連性、一貫性が欠如している。例えば、中学校と高等学校の理科教科書には土壌動物が取り上げられているが、分解者として物質循環の重要な位置にあることを学習する点で、大差はない。ツルグレン装置を用いて抽出して観察する点も同じ

である、重複している。扱う視点を変えれば、問題はないが、観察実験の内容を検討することが必要である。表3-9 から、土壌研究者の取り上げたい小学校、中学校、高等学校における土壌内容について、教科横断的な関わりを考えて系統性や関連性、一貫性を十分に精査して教科配置していくことが重要である。

表3-11 土に対する関心・理解（「はい」または「そう思う」の割合%）

質問項目	小学校6年	中学校3年	高校3年
土は身近な存在である	15.2	9.7	7.4
土いじりは好きである	24.2	17.6	12.6
土は嫌いである	9.1	37/3	36.8
土は自然の中で大事な働きをしている	63.6	45.1	28.4
土1cm ができるのに数百年かかる	3.0	5.9	6.3
土は様々な工業資材として用いられている	6.1	11.8	9.5
泥石けんや泥パックを知っている	27.3	56.9	58.9
おいしい氷は土の層を通して作られる	12.1	15.7	13.7
将来土に関係する仕事をしたい	18.2	2.0	2.1
土の授業はあまりない	51.5	70.6	83.2

小学校6年33名、中学校3年51名、高校3年95名（2008年）

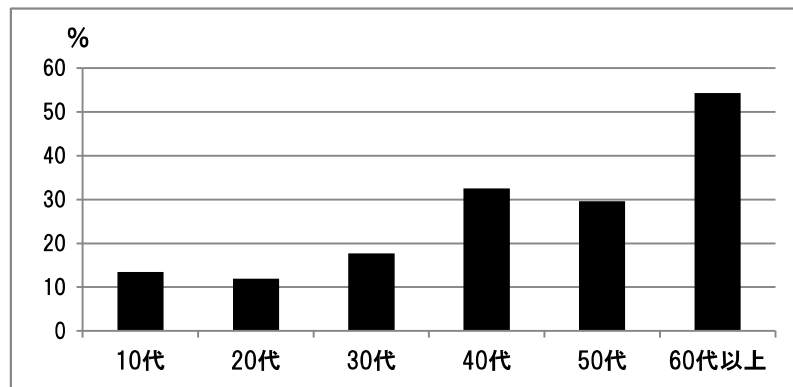


図3-9 「土壌への関心度」の年代別相違

10代217、20代143、30代51、40代39、50代27、60代35名（2011～2014調査）

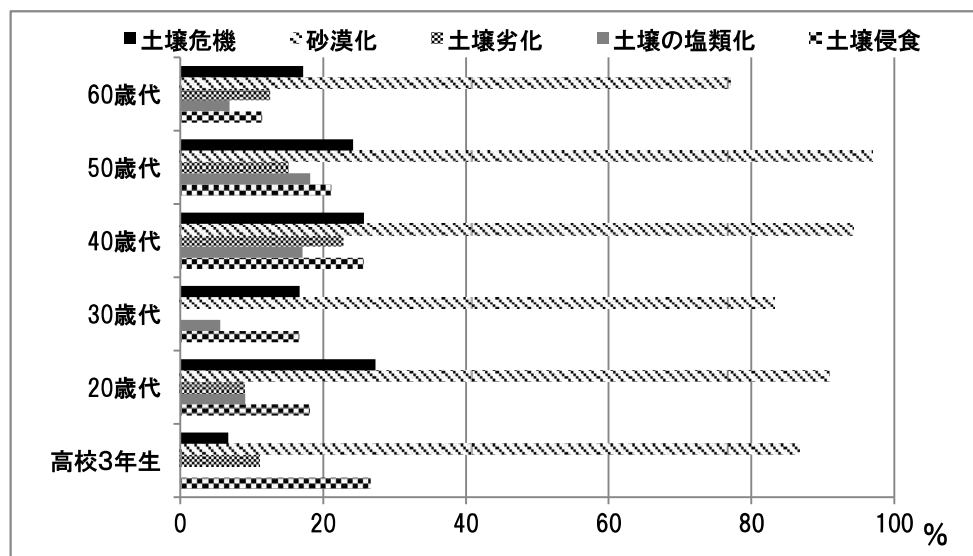


図3-10 土壌問題に対する年代別関心度の比較

「関心がある」割合を%で示す。調査対象:高校3年生45名、20歳代11名、30歳代18名、40歳代35名、50歳代33名、60歳代87名（2010年）

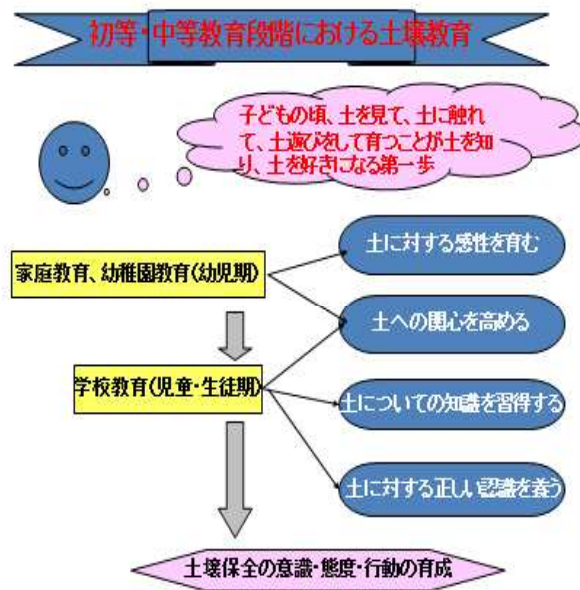


図 3-11 幼少期及び初等・中等学校教育段階における土壌教育の流れ

第2項 教科横断的な土壌教育の構築

土壌は、教科領域や分野が多岐に渡る学際的な教材である。そのため、土壌内容は様々な教科・科目に分かれているが、小・中・高等学校間や教科・科目間の系統性や関連性があまり見られない。その上、学校現場では教科間連携などがほとんどないため、生徒の土壌理解を困難にしている。土壌研究者及び学校教員が扱うことが望まれる土壌内容・項目から策定した土壌のミニマム・エッセンシャルズを学校段階別に整理し、その関連性を示したのが、図 3-12 である。この図から、世界人口増大と先進国の経済活動拡大が途上国の天然資源や化石燃料を消費して、様々な地球環境問題を誘発したことが明らかである。気候変動や温暖化、土壌劣化などの進行は、食糧や水の不足をもたらす。近年の途上国の経済発展による食生活の変化は、過放牧や過耕作、過開発、森林伐採に拍車をかけている。その結果、土壌劣化はさらに進むという、負のスパイラルに陥っている。土壌問題の解決には、行き過ぎた人間活動の是正が必要であるが、人口増加抑制や貧困対策、格差是正対策を行っていかねばならないことから、教科横断的な土壌教育を構築していくことが必要である(図 7-13)。教科横断的な学習は、2002 年度から学習指導要領に導入された「総合的な学習の時間」がある。しかし、教科主体の学校教育には馴染まず、多くの教員の戸惑いが大きく、成果をあげることが難しかった。とはいえ、これが継続しているのは、変化の激しい時代に社会で役立つ能力は教科を越えて育成しなければならない(中央教育審議会答申、2008)。いかに社会が変化しようとする必要の資質や能力として位置付けられた「生きる力」の理念に基づき、環境教育や情報教育、キャリア教育、モノづくり教育、食育、安全教育など、社会の変化への対応の観点から教科等を横断して扱う必要性が明示されている。国立教育政策研究所教育課程研究センター(2013)は、「変化の激しい社会においては、人との関わりの中で課題を解決し、社会にとって意味のある解を提案し、社会自体をよりよい方向へと変化させていくことができる「生きる力」を有した人間が求められている。」とし、この「21 世紀を生き抜く力」を具体的に「21 世紀型能力」として規定し、教科横断的に育成が求められる資質・能力として提案している。教科横断的な学校教育の取組には、従来型の教科中心のカリキュラムでは対応できない。天笠(2013)は、「教科横断的なアプローチを発展させたカリキュラムマネジメント(学校教育目標の実現に向けて、カリキュラムを編成・実施・評価し、改善をはかる一連のサイクルを計画的・組織的に推進していく考え方であり手法)の開発が課題である。」としている。つまり、カリキュラムマネジメントは学校組織を支え、作っていく学校マネジメントの中核となるものである。安彦ら(2002)は、学校マネジメントについて「それぞれの学校において、学校教育目標の達成を目指して教育活動を編成し展開する中で、人的・物的等の教育条件の整備とその組織運営にかかわる諸

活動を管理して実現を図るとともに、教育活動の持続的な改善を求めた創意的な機能」と定義している。このカリキュラムマネジメントを学校教育の中で実現していくには、学校マネジメントを進め、教科横断的な学校教育システムを構築していく必要がある。

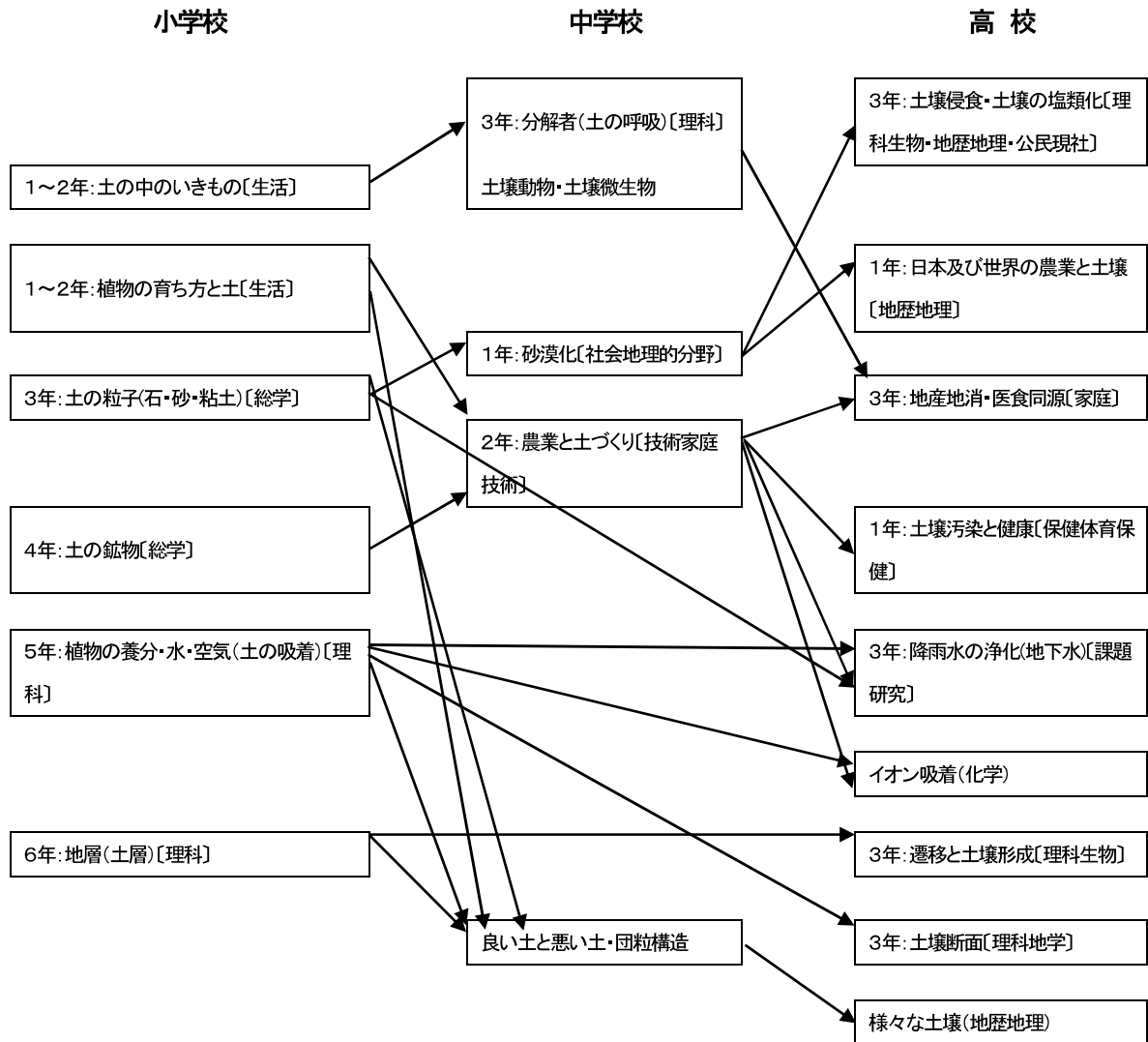


図 3-12 小学校・中学校・高等学校で取り上げたい土壌内容の教科横断的な関わり

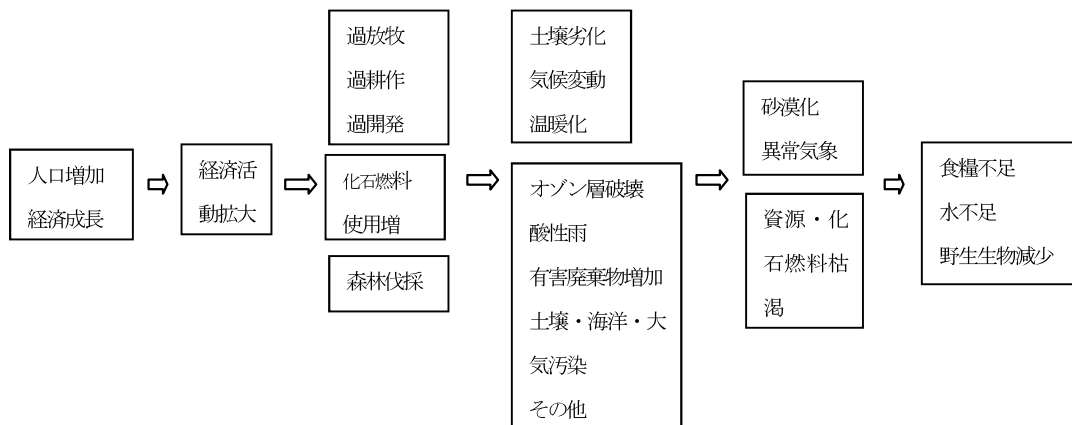


図 3-13 土壌危機に関わる様々な要因

第3項 諸機関と学校教育との連携の構築

土壌リテラシーを育成する土壌教育を推進するには、幼稚園や学校教育だけでは難しい。近年、高大連携や「子ども大学」（小学生が大学で講義などを受講：埼玉県）などが実施されている。また、SSH校（Super Science High School の略、スーパーサイエンスハイスクール：平成 14 年度から実施されている事業で、「将来の国際的な科学技術人材を育成 することを目指し、理数系教育に重点を置いた研究開発を行う」ことを目的としたもの（文部科学省科学技術・学術政策研究所、201））における機関連携や大学教員・研究者等の出前授業など、その在り方は多様化している。また、都道府県・市町村の総合教育センターや教育研究所、生涯学習施設（博物館・公民館・図書館・野外活動センター・ビジターセンター・少年自然の家等）、大学、学会、研究所・試験研究所、民間企業等、様々な機関を活用したり、コラボレーションすることで、土壌リテラシーの育成のための方法や場の幅が大きく広がっていく（図 3-14）。諸事業を実践する場合、国・地方行政の主催あるいは後援を申請し、バックアップを受けることは、PR や他機関利用などの観点でとても有効である。田中（2001）は、「学校と地域組織の協働に関する研究の中で、学校・家庭・専門家 や専門機関・「地域組織」（主にボランティアな市民団体や住民組織）が協働し、時には行政に働きかけるなどして、間接的に子どもの総合的な成長を支援すること＝「アドボカシー・アプローチ」の重要性を指摘している。

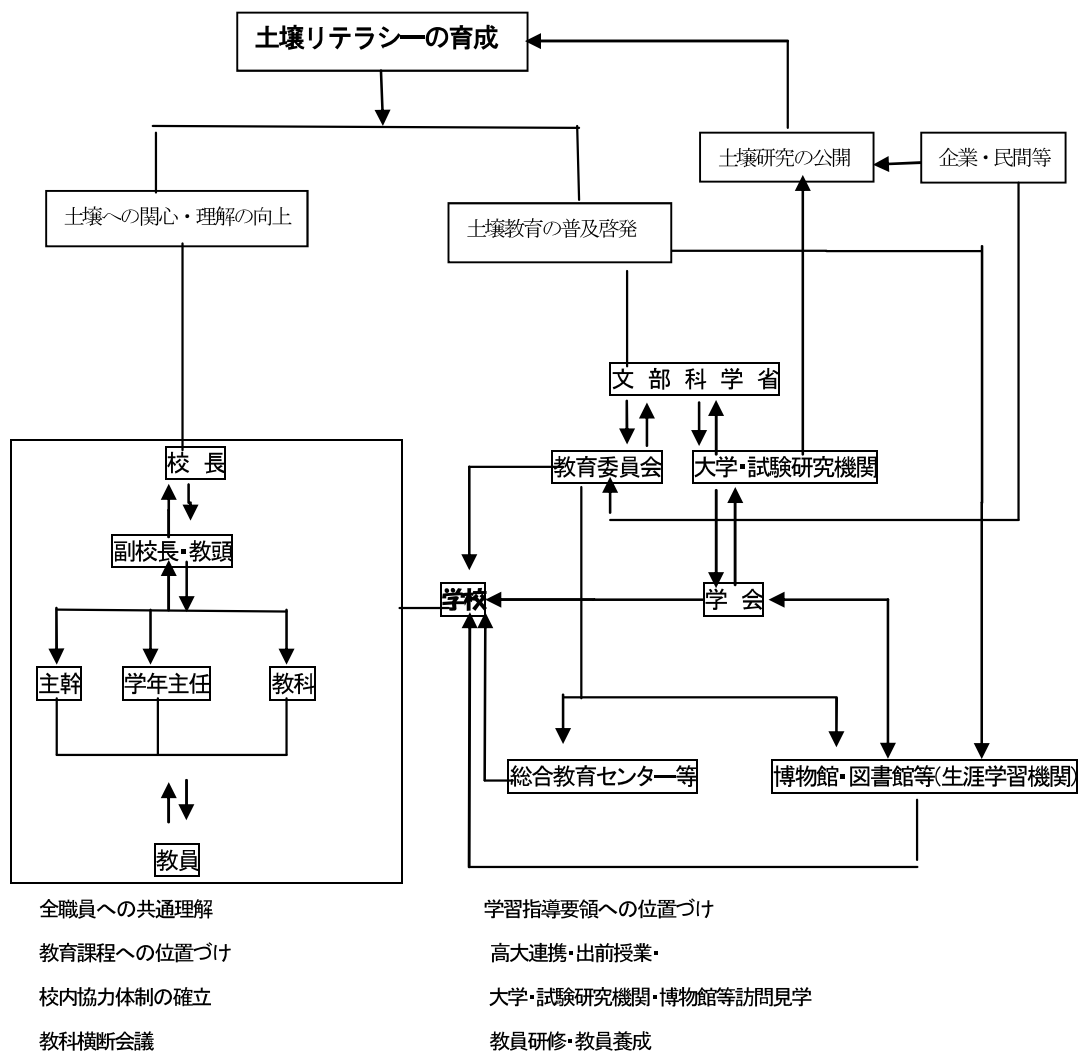


図 3-14 土壌リテラシーの向上に向けた土壌教育の推進に向けた諸機関との連携の在り方の関係図

第3節 まとめ

本章では、土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育の在り方を探るため、日本と諸外国の教科書調査と生徒及び教師対象のアンケート調査を実施した。その結果、土壌記載は欧米では17～15項目、オセアニアでは11～9項目、ロシア・エジプトでは7項目、アジアでは8～4項目が取り上げられ、記載されていた。教科書における土壌の取り扱いには、欧米諸国のアメリカ型とアジア諸国の日本型に分かれることが判明した。また、土壌専門家の考えや要望、現職教師の考えなどを調査し、その結果を反映させた土壌内容のミニマム・エッセンシャルズを策定した。さらに、第二次世界大戦後～現在の学習指導要領を調査し、土壌内容・項目および土壌指導の変遷を明らかにした。その結果、学習指導要領の変遷は日本社会の構造変化と深く関わっており、土壌内容・項目の記載が大幅に削減されてきた背景には産業構造の転換があったことが明確となった。すなわち、戦後復興の中、工業国への道に進んだ我が国は実学教育から科学技術教育重視に変わっていき、理科や社会科から農業や林業、土あるいは土壌などの記述は激減していった。そして、ゆとり教育の徹底に伴う指導内容の精選・厳選により、小学校第3学年理科で長く取り上げられてきた「石と土」が削除され、小学校課程で土を学習する機会が失われた。しかし、小学校低～中学年の土の教育は、土壌リテラシーの基となっている関心や情動の面で極めて重要であることから、次期学習指導要領の改訂作業を進めている文部科学省に「石と土」の復活などに関する要望書を提出した。このことは、土壌教育の重要性をアピールする機会となったと捉えている。

第4章 土壤リテラシーを高め、理解を進める土壤教材の開発 と土壤授業の改善

第4章 土壌リテラシーを高め、理解を進める土壌教材の開発と土壌授業の改善

OECD（経済協力開発機構）が実施した生徒の学習到達度調査（PISA）と IEA（国際教育到達度評価学会）が実施した国際数学・理科動向調査（TIMSS）の二つの国際学力調査から、日本の中学生は①「科学的リテラシー」は上位クラスにあること、②理科の「勉強は楽しいと思う」、「得意な教科であると思う」生徒が少なく国際平均値より低いこと、③「希望の職業に就くために理科でよい成績を取る」と思う生徒の割合は小さく、調査国中最下位に近いこと、④勉強に対する意欲は参加国中で最も低いレベルであること、⑤授業以外での学習時間は参加国平均よりもやや低いこと、などが明らかとなった。また、理科離れの改善は遅々としており、「興味・関心・意欲」を重視する「確かな学力」は改善途上である。理科離れなどの改善には、知的好奇心や探究心を刺激し、意欲を喚起する授業の形成が不可欠である。理科は小学校時から中学校1年までは「好き」な教科のトップであったが、中学校から高校時には「好き」と言う生徒は急減し、高校3年では最下位であった（図4-1）。寺川（1990）は、『教材』ということばには、単に具体的な事物や現象としての素材の側面（ハードウェア）だけにとどまらず、素材が象徴している「何を学ばせようとしているか」という意味的側面（ソフトウェア的側面）が強いと指摘する。現行学習指導要領（文部科学省、2008b；2008c；2009）には、理科の目標として、小学校では「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持った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。」、中学校では「自然の事物・現象に進んでかかわり、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力の基礎と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。」、高校では「自然の事物・現象に対する関心や探究心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する。」を掲げている。いずれも、「観察、実験などを行い」とあり、理科教育においては観察・実験などは大きな柱となっている。そこで、土壌教材の開発では、観察・実験などに着目した。児童・生徒が土壌に関心を持ち、土壌を調べ、土壌を理解できる観察・実験などを開発し、それを使った授業の実践を通して評価することとした。

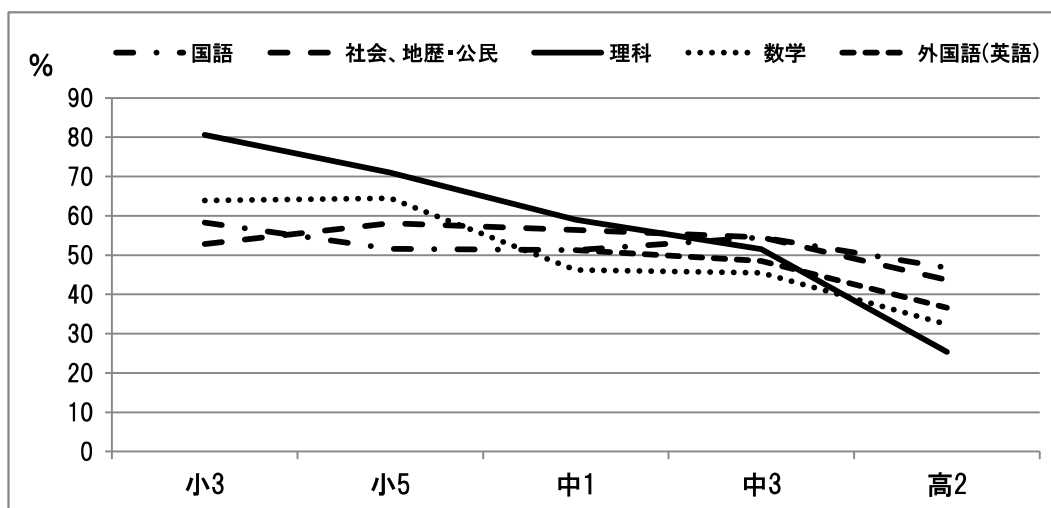


図4-1 小学生・中学生・高校生の各教科の「好き」の割合の変化
調査対象者：小3:36名、小5:31名、中1:39名、中3:33名、高2:71名

第1節 定性分析的視点に基づく土壌教材開発の必要性

文部科学省（2007）は、PISA2006 調査結果を「科学への興味・関心や科学の楽しさを感じている生徒の割合が低く、観察・実験などを重視した理科の授業を受けていると認識している生徒の割合が低い」と分析している。学習指導要領の改善の基本方針には、「(7) 理科については、その課題を踏まえ、小・中・高等学校を通じ、発達の段階に応じて、子どもたちが知的好奇心や探究心をもって、自然に親しみ、目的意識をもった観察・実験を行うことにより、科学的に調べる能力や態度を育てるとともに、科学的な認識の定着を図り、科学的な見方や考

え方を養うことができるよう改善を図る。」が示されている（文部科学省、2009）。また、文科省は学習意欲の向上を図るために観察・実験など、実生活と関連付けた指導や科学的に解釈する力や表現する力の育成を目指した指導、日常生活に見られる自然事象との関連や他教科等との関連を図った指導の充実を求めている。

児童・生徒の土に対する関心や理解、知識を高め、自然における土の重要性に気づかせるには言葉で土を説明するだけでなく、実際の土を使った観察・実験などを実施することが必要である。また、自然を構成する要因のうち、最も関心が薄い土に目を向けさせるには、簡易で面白く、わかりやすい観察・実験の開発が不可欠である。土の教材化を進める（北林、2011）上で、重要なことは、子どもの視点で考えることである。そして、このような観察・実験の開発には、定性分析的視点に基づくことが必要と考え、児童・生徒の眼前で興味を引き付けるものとするを重視した。定性分析とは、化学変化について色やにおいなどの変化を5感によって感覚的に調べることで捉える分析法である。この方法は、物質の濃度、量を化学分析で明らかにする定量分析と異なり、簡便で、わかりやすい。そして、この定性分析の手法で観察・実験を開発することにより、児童・生徒の眼前で一目瞭然の結果が得られるものであれば、興味・関心は高まると考える。そして、児童・生徒が「なぜ」、「どうして」と強い関心を寄せれば、知的好奇心が刺激され、科学的探究心が生まれると考える。表4-1には、小学校、中学校、高等学校の各学校段階で実践したい、定性分析的視点に基づいた土の性質・機能・構造等を理解させる簡易な観察・実験を示し、それぞれの観察・実験を実践することが望ましい学校段階を明示した。このうち、主に筆者が教材開発した4と5、6、7、11、12、14について、次に述べる。

表4-1 土の性質・機能・構造等を理解させる簡易な観察実験

No.	土の性質・機能・構造等	簡易な観察実験	実践したい学校段階
1	土の粘土	泥だんごづくり	小学校
2	土の生成	落ち葉めぐり	中学校
3	土の鉱物	わんがけによる鉱物の洗い出し・観察	小学校
4	分解者の活動	土壌呼吸（簡易濾紙法）	中学校～高等学校
5	土壌断面	土壌断面観察、ミニ土壌断面モノリス（断面標本）づくり	高等学校
6	土の構成物	土の粒子の分離（振とう法）	小学校
7	土の吸着機能	青インク水溶液の無色化	小学校
8	土の有機物（腐植）	燃焼による土色変化	高等学校
9	土の三相分布	気相・液相・固相	中学校～高等学校
10	土壌動物	ツルグレン法による抽出・同定	中学校
11	土の浄化機能	土による汚濁水の浄化	高等学校
12	植物遷移と土壌形成	河原～土手間の植物の移り変わりと土壌断面観察	高等学校
13	土の緩衝機能	酸・アルカリ溶液の中性化	高等学校
14	水の土壌浸透	土壌中の水の浸透速度	中学校
15	土壌微生物	寒天培地上のデンプンの糖化、写真用フィルム感光層の分解	中学校
16	土壌の自然度	土壌動物による土壌の自然度判定	中学校

第2節 土壌教材開発

第1項 土壌呼吸

土壌呼吸とは、土壌が酸素を消費して二酸化炭素を排出する現象であり、主に土壌中の動物や微生物、植物根などが行う呼吸を指している。それ故、土壌呼吸の大きさは微生物などの活性の度合いを表しているといえることができる。土壌呼吸の大きさを知る場合、土壌が消費する酸素量を調べるかあるいは土壌から発生する二酸化炭素量を調べるかのいずれかである。地球温暖化が問題となっている中で、生徒にとって二酸化炭素は関心が高く

なっている。そこで、二酸化炭素の発生速度を調べる方法を取り上げ、土壌呼吸として算出する。土壌呼吸を測定する方法として、1987年に二酸化炭素検知管を用いる方法を開発した(福田、1988a:1988b;1988c)。この方法を簡単に説明する。ビニール袋に生土50gを入れた後、袋の口にピンチコックとゴム管付きのガラス管をテープで固定する。エアポンプで袋を膨らませた後、ピンチコックにより閉じる。常温で24時間放置後、二酸化炭素検知管の一方をカットして検知器に接続し、他方をカットしてゴム管に接続後、検知器を引く(図4-2)。吸引後、二酸化炭素検知管の変色域から濃度を測定する。この二酸化炭素検知管を用いる方法は、その後教科書等でも取り上げられている。しかし、二酸化炭素検知器が高価であること(理振法で購入可能である)、消耗品である検知管の値段が高いこと、測定時間がかかることなどの理由で、土壌呼吸の実験だけに用いるために購入するのは難しい。そのため、中学校で購入しているところは必ずしも多くはない(中学校53校調査中、二酸化炭素検知器を保有する学校32.1%)。中学校理科教科書に土壌呼吸が取り上げられていることから、二酸化炭素検知管法に替わって簡易な方法で土壌呼吸測定が可能となることが望ましいと考えていた。

土壌からの二酸化炭素の発生速度を測定する方法としては、Walter(1952)の考案した密閉吸収法が知られている。この密閉吸収法は、野外(桐田、1971;瀬戸ら、1978;坂上ら、1984)及び室内(田辺ら、1966)で測定可能である。密閉吸収法では、土壌表面に容器を被せ、この容器内に入れたアルカリ溶液に土壌呼吸で発生した二酸化炭素を一昼夜程度吸収させ、溶液に吸収された二酸化炭素量を滴定で求めて土壌呼吸量を算出する。福田(1986)が密閉吸収法によって土壌からの二酸化炭素の発生速度を測定したことはあるが、この方法は測定に時間がかかること、定量分析があること、機材や試薬が高価であることなどから生徒実験として取り上げることは難しい。

そこで、Walterの密閉吸収法の変法であるスポンジ吸収法(Yodaら、1982)からヒントを得て、濾紙を使用することを考案した。密閉吸収法は定量分析法であるが、土壌呼吸を定性的に確認する方法がないかについて模索した結果、濾紙にアルカリ溶液を浸み込ませる時にフェノールフタレイン液を滴下して赤くすることを考え付いた。フェノールフタレインは指示薬であり、pH8.3~13.4で赤くなり、pH8.2以下で無色である。このフェノールフタレインによって土壌呼吸を定性的視点で調べることが可能と考え、簡易濾紙法と名付けた。その後、濾紙片や容器の大きさ、アルカリ溶液の濃度などを検討していき、簡易濾紙法による土壌呼吸の測定実験法を確立した(福田、1988a;1988b)。密閉吸収法と簡易濾紙法による土壌呼吸速度に齟齬があるか否かを確認するため、比較実験を行った。両測定方法により各調査地点で土壌呼吸を測定した結果、表4-2の通りであった。両法とも雑草地や野菜畑、芝生、森林では土壌呼吸量は高く、グラウンドや空き地、道路、駐車場では低かった。この結果から、定性分析による簡易濾紙法で測定した土壌呼吸と定量分析による密閉吸収法による結果との間にほぼ相関が認められ、土壌呼吸法として簡易濾紙法が活用可能であることが明らかとなった。

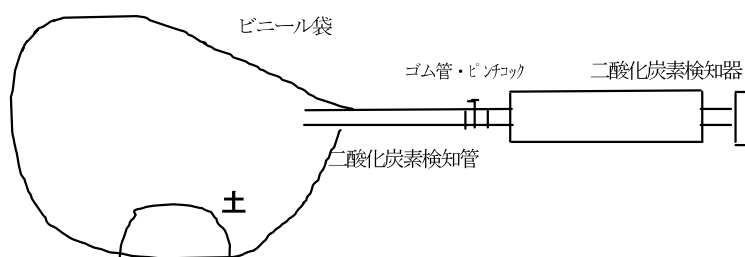


図4-2 二酸化炭素検知管を用いた土壌呼吸の測定

表 4-2 各調査地点における二酸化炭素の発生速度

調査地点	密閉吸収法	簡易濾紙法
	CO ₂ 発生速度(CO ₂ -Cmg/m ² /day)	CO ₂ 発生速度(CO ₂ -Cmg/10 ³ cm ² /hour)
コナラ林	3258	9.13
マツ林	2490	7.38
野菜畑	3869	11.2
ヒノキ林	2115	6.59
グラウンド	841	3.25
芝生地	3082	13.1
道 路	437	1.37
砂 場	165	0.25
雑草地	4218	11.8
空き地	796	3.55
駐車場	188	0.98
コンクリート	26	0.27

測定は8月。各調査地点に3ヶ所測定装置を設置し、測定後平均値を算出し、土壌呼吸速度とした。

土壌呼吸は、地温や水分、無機化合物含量、土壌生物量など、様々な要因に影響を受ける。特に、地温は大きな要因である。地温の上昇は、土壌微生物活動を活発にするため、土壌呼吸と深く関わる。土壌動物は土壌呼吸全体のわずか5%前後しか占めない(金子、2007)とされる。図4-3は、気温と地下10cmと地下1mの地温の月別変化を示している。地温の年間の変化量は、地下の深さが大きい方が小さかったが、いずれも気温に比べて小さかった。土壌呼吸と地温との関係を見ると、 $R^2=0.9226$ と高く、相関があることが認められた(図4-4)。比較的短い時間で濾紙片の色の変化を確認する簡易濾紙法では、可能な限りアルカリ溶液の濃度を低くする必要がある。しかし、地温の高低が土壌呼吸速度に影響するため、アルカリ溶液の濃度が難しくなる。その他、野外及び室内で土壌呼吸実験を実施する上での留意点を上げる。

- ①アルカリ溶液の濃度は、土壌呼吸実験を実施する時期が夏場の場合は0.1~0.5規定、冬場の場合は0.01~0.05規定、春あるいは秋には0.05~0.1規定に設定する。
- ②容器を地面に設置する時は、土中に少し入り込む程度まで容器を上から押しつける。
- ③土壌が乾燥している場合あるいは大雨の直後は、土壌呼吸が停滞しているので、測定しない。
- ④指示薬のフェノールフタレイン溶液の作成・保存は、次のようにする。
 - (ア)フェノールフタレイン1gをとり、エタノール(95%)90mlで溶かし、水を加えて100mlにする。濃度は1%である(無8.0~9.8赤)。
 - (イ)フェノールフタレイン溶液は蒸発しやすいので、密閉した容器に入れて保存する。
- ⑤アルカリ溶液である1規定(1mol/L)水酸化ナトリウム溶液の作成・保存は、次のようにする。
 - (ア)水酸化ナトリウム40gを水に溶かして100mlとする。
 - (イ)作製は、実験直前が良い。また、1規定濃度のアルカリ溶液を原液として希釈する方法で作製し、密閉ができる容器に入れて保存する。
 - (ウ)作製したアルカリ溶液は、なるべく保存しないで使い切るようにする。
- ⑥事前に調合した試薬等を用いて土壌呼吸を測定し、濾紙片の色が変化するまでの時間を確認する。

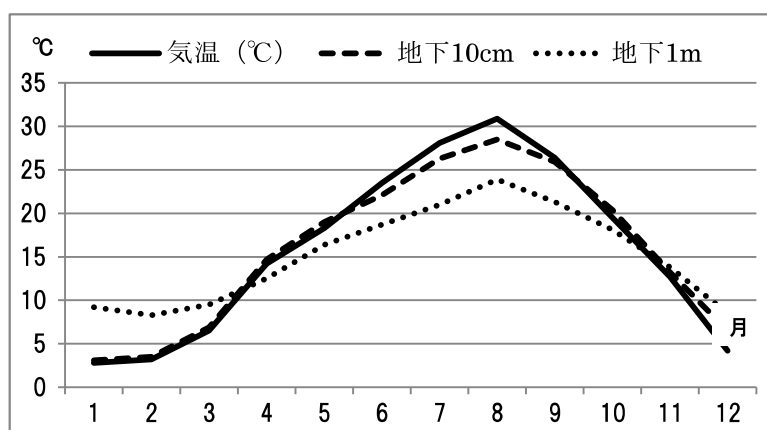


図 4-3 気温と地温の月別変化 (埼玉県飯能市、2010 年)

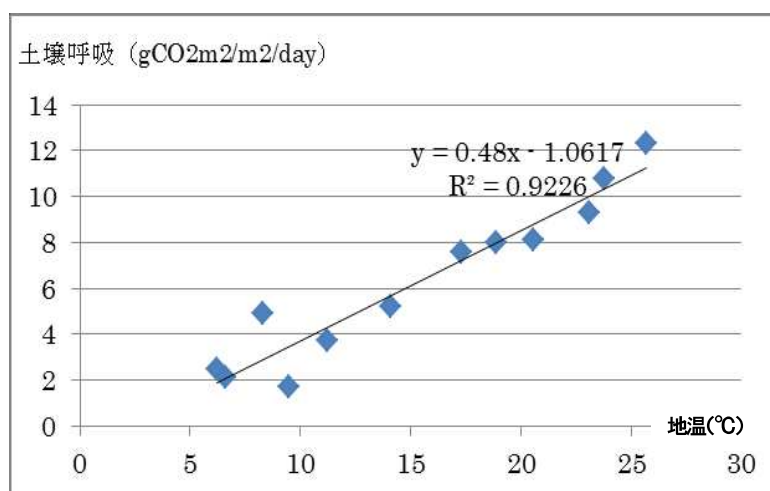


図 4-4 土壌呼吸と地温との相関

第2項 土壌粒子

土の構成成分は、無機物と有機物の大きく二分される。土は、石礫や砂、シルト、粘土の粒子と動植物の死骸、植物根、動物、微生物、空気、水、無機物などから成る総体であり、無機物と有機物からなる。土の粒子は、礫 2.0mm 以上、粗砂 2.0~0.2mm、細砂 0.2~0.02mm、シルト 0.02~0.002mm、粘土 0.002mm 以下の大きさである (図 4-5)。粘土の中で 0.001mm 以下のものをコロイドと呼ぶ。これらの粒子は、土によって含まれている割合が違う。この様々な大きさの土の粒子を分別する簡易な方法を開発した。この開発に着手するきっかけは、高校で実践した土壌断面観察である。表層から下層に行くに連れて砂からシルト、粘土の含量が増していくことを手触りで確認していた時にある生徒が土壌粒子の分別を簡単にする方法がないかを聞かれた。その後、この方法を模索している時、わんがけの実験をヒントに振とうする方法を考案した。500ml ペットボトルを用意し、それに土を容器の 1/4 ほど入れ、水を 3/4 ほど加えてふたをした後、激しく 1 分間振とうし、静置する。この方法で、簡単に土を構成する粒子を分離することができることがわかった。

静置後、500ml ペットボトルを横から虫メガネあるいはルーペで観察すると、沈殿の速度の違いから一番底には大きな砂粒、その上には小さな砂粒、さらにその上には細かいシルト、少し濁った水の中には粘土が浮遊している様子が見られる (写真 4-1)。また、水面には腐った落ち葉や小さな動物が浮いていることがわかる。この考案した方法を小学生に体験してもらったが、土が大小様々な粒子から作られていることがとてもよくわかったと好評であった。また、双眼実体顕微鏡で水面の落ち葉などを観察し、特に動いている小動物に興味集中していた。小学生は、ダニ、トビムシ、ムカデ、ダンゴムシなど様々な動物を確認していた (簡易検索性を配布)。この実験で、小学生はペットボトルの振とうが楽しかったことから、振とう後どうなるかを真剣に観察していた。

土の粒子実験では、土が様々な粒子からなること、生物の遺骸が含まれていること、いろいろな動物がいることを目で見て確認できるので、土そのものを説明するのに最適である。砂の感触はザラザラ、粘土はヌルヌルしていることを併せて体感させる。

小学校第3学年理科の「石と土」が学習指導要領から削除され、土を学習する機会が失われている。とはいえ、土壌リテラシーの土台となる小学校の児童期に土を学習する意義は極めて大きいことから、小学校第5学年の「流水の働き」で「流れる水には、土地を侵食したり、石や土などを運搬したり堆積させたりする働きがあること」、小学校第6学年の「土地のつくりと変化」で「土地は、礫、砂、泥、火山灰及び岩石からできており、層をつくって広がっているものがあること」の指導の中で、土地の最表層にある土を取り上げ、扱う。そして、この授業の展開の中で、土の粒子を取り上げる機会を設けたい。また、土の下に小石や砂、粘土、火山灰、岩石の層（地層）を発達させている地層の学習につなげていくことが望ましい。土を説明する際には、土がいくつかの層に分かれることを観察させたい。この土層について、詳細な説明は不要であるが、特に表層土が重要な部分であることに触れたい。学習指導要領の目標にある「雨水が地面を流れていく様子や雨上がりの地面の様子を観察し、流れる水には地面を侵食したり、石や土、砂、泥などを運搬したり堆積させたりする働きがあることをとらえるようにする。」の指導では、世界的な課題となっている「土壌侵食」を話題として取り上げる機会となる。土壌侵食は、風雨によって表土が流されたり、風によって運び去られる現象であるが、土として最も重要な表土が失われると、不毛の地となっていったり、食糧生産力が低下することになっていくことを説明する。土の粒子分別にはペットボトルと水があれば、いつでも、どこでも、誰でも簡単に実践できる。

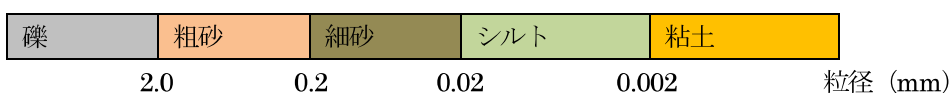


図 4-5 土壌粒子の大きさ

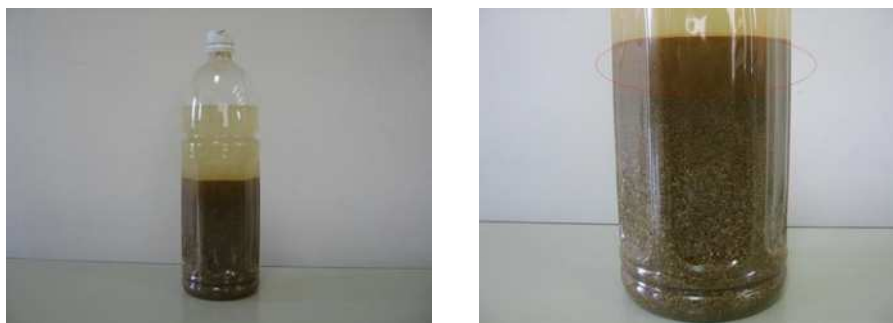


写真 4-1 土の粒子実験

第3項 土壌吸着

土は、生物生産機能、有機物分解機能、養分貯留機能、水分保持機能、水・大気浄化機能、物資循環機能、緩衝機能、生物多様性保全機能など、様々な機能を有している物質である。松本（2010）は「それらの機能は土壌がイオンを吸着・交換・固定する機能と有機物を分解する機能の二つの基本的な機能に依存している」と指摘する。土壌材料の母材である岩石（一次鉱物）は、長い時間をかけて風化され、その過程で二次鉱物である粘土鉱物や無機質粒子を創り出す。粘土鉱物は微細結晶粒子が積み重なって形成された集合体で、地球の表面近くに存在する岩石の平均元素組成を反映して、酸素、ケイ素、アルミニウム、鉄などを主成分とした層状ケイ酸塩鉱物である（松本、2010）。層状ケイ酸塩鉱物の微細結晶粒子は微細な有機高分子化合物である腐植とともに土壌コロイドを形成する（松本、2010）。土壌コロイドは電気的に両性物質であって、陰荷電と陽荷電を帯び、陽イオンと陰イオンの両方を交換保持する（松本、2010）。この性質によって、土壌は吸着機能を有している。

土の吸着機能を確認する簡単かつわかりやすい実験を開発することを試みた。定性的視点に基づく教材開発を第一義として考案したのは、青インク (Blue ink) 水溶液を用いる方法であった。500ml ペットボトルを下から 11.5cm で横断し、上半分を下半分に重ねる (漏斗を作る)。漏斗の部分にティッシュペーパーを詰めて濾過装置を作った後、漏斗部分に砂や土を約 5cm 装填する。その後、水で薄めた青インク溶液 50ml をスポイトまたはピペットで少しずつ滴下していき、落水の色を観察する。砂からの落水は青色、土からの落水は薄い青色～無色となり、吸着機能の有無を簡単に調べることができる。青インク (Blue ink) 以外に様々な色素溶液について、土壌吸着の可否を確認した結果、表 4-3 の通りであった。青インクではブルー・ブラックとブルーがあるが、土壌吸着実験として適しているのは、ブルーインクである。ブルーインクの色素はイオン化 (プラス) しており、土壌コロイド表面がマイナスに荷電されているため、引き付けられて土壌に吸着される。その結果、青色が失われて無色透明な水となる。しかし、ブルー・ブラックは黒味が流れ出すので、落水は黒っぽくなる。ブルー・ブラックは、第一鉄イオンが酸化して第二鉄イオンに沈殿することを利用して作られているため、吸着されない。また、絵の具や墨汁の色素はイオン化されないため、土壌に吸着されず、無色透明な水となって落水することはない。この土壌吸着実験は、全国各地で取り上げられ、実践されているが、うまくいく場合と失敗する場合は報告されてきた。筆者が著作した通りに実験したがうまくいかなかったのはなぜかという問い合わせが多かった。その多くは、ブルー・ブラックインクを使用していた。実験の留意点として、以下の 3 点がある。

- ①砂や土を装填したら、その上から軽く指で押す。その後、口を下にして机に軽く落としながら、隙間が少なくなるようにする。
- ②青インクは、ブルーインクを使用する。
- ③スポイトなどで青インク液を滴下する時は、少量ずつ砂あるいは土全体に広がるように滴下する。

表 4-3 いろいろな色素の土壌吸着の可否

いろいろな色素	土壌吸着の可否
黒インク (Black)	×
青インク (Blue)	○
青インク (Blue Black)	×
赤インク (Red)	×
水彩用絵具	×
墨汁	×

○ : 吸着する × : 吸着しない

第 4 項 土壌浄化

土には、物質を吸着する性質がある。土は、汚濁原因物質を吸着し、水を浄化する機能を有する。降雨水に含まれる汚染物質等は、土壌の間隙を通り抜ける過程で土壌吸着される。また、土壌中に入った有害な有機物質は微生物によって分解され、無毒化されるため、地下水はきれいな水質となる。この浄化機能を確認するには、汚濁水を土に通して得られた流出水の汚れが減少したことを明らかにしなければならない。一般に、水質分析は微量定量であり、実験器具や試薬が高価で、操作も難しいため、中学校や高等学校で実験することは困難である。。筆者は、簡易に水質分析ができる「パックテスト」 (市販されている、図 4-6) を活用することを考え、汚濁水と流出液を分析した結果、十分に分析可能であることを実証した。

パックテストは簡易の水質分析器具で、ポリエチレンチューブの中に調合された試薬が密封されていて、調べたい水を吸い込み、水の色を定性的に標準色と比べて濃度を読み取るという簡単なものである。パックテストによって、水の汚れの指標である pH やアンモニウム、亜硝酸、硝酸、リン酸、COD (化学的酸素消費量) などを分析することができる。この実験では、土壌吸着で使用したペットボトルの濾過装置を使用することは可能ではあ

るが、汚濁物質の吸着精度をあげないと、汚濁水の通過前後の濃度差をパックテストによって判断することは難しくなる。そのため、濾過装置は、ガラス管を加工して自作することが必要となる。

〈器具・試薬〉

ガラス管、ヤスリ、パックテスト（アンモニア態窒素、リン酸、COD、pH）、ピペット、100ml ビーカー
〈カラムの自作〉

- ①内径 12mm のガラス管を長さ 170mm で、管の表面に軽くヤスリで傷つけて切断する。
- ②ガラス管の長さ 160mm の位置をガスバーナーで温める。
- ③温めた後、ガラス管の両側を持ち、軽く引っ張る。
- ④温めたところが伸びで、キャピラリー状になる。
- ⑤細くなった部分のガラス管の長さを切断して 25mm とする。
- ⑥このようなカラムを各班は 3 本作製する。

〈注意事項〉

ガラス管を用いたカラム作製では、手袋をして火傷をしないように十分に注意して行う。また、ガラス管を両側に引っ張る時には、周辺に人がいないことを確認してから行う。さらに、ガラス管を切断する時は、ヤスリで少し傷つけてから行うが、破片が飛び散らないように十分に注意して行う。



図 4-6 パックテスト（共立理化学研究所の図から転用）

〈土壌の装填深度を決める実験〉

カラム内に装填する土壌の厚さを決定するため、次の実験を行う。

- ①カラムを 5 本用意し、それぞれスタンドに設置する。
- ②土壌（畑土使用）を 0、2、5、10、15cm の厚さに装填する。
- ③それぞれのカラムの下に 100ml のビーカーを置き、汚濁水をピペットで少しずつ注入する。
- ④浸出してきた落水のアンモニア態窒素及びリン酸、COD、pH をパックテストによって測定する。

実験の結果は、図 4-7 の通りであった。この結果から、アンモニア態窒素の濃度は土壌の厚さ 15cm で 0mg/l であり、リン酸濃度及び pH は 10~15cm で変化が見られなくなった。COD は、15cm で最大になっていたため、さらに土壌の厚さを 20cm として測定した結果、50mg/L であったことから、カラムに装填する土壌の厚さを 10~15cm とすることとした。しかし、5cm の差異は大きいので、装填する土壌（畑土使用）の厚さを細かく変えて汚濁水を注ぎこみ、浸出液のアンモニア態窒素濃度を調べた結果、図 4-8 の通りであった。アンモニア態窒素濃度が 0 となる土壌装填深度は 12cm であった。畑土以外の土壌では、水田土の 9.0cm からグラウンド土 19.5cm と異なっていた（表 4-4）。

林土は、一般に土壌孔隙が大きく、土壌粒子の大きさが様々であるため、カラム内への土壌の装填の仕方によって得られるデータにばらつきが生じ易い。また、水田土はカラムへの装填が難しい。さらに、グラウンド土は物質の吸着性が低く、0ppm となる土壌深度が大き過ぎる。そこで、授業で実施する実験では入手しやすく、比較的粒度が揃っているため、装填しやすい畑土を用いることとした。そして、5種類の畑土の装填深度を様々に設定して、浸出液の濃度との関係をアンモニア態窒素について調べた結果、図 4-8 の通りであった。この図から、

土壤装填の深さが12cm以上で、浸出液のアンモニア態窒素が5種類の畑土でほぼ0ppmとなることが明らかとなった。そこで、カラムは全長15cmとし、土壤装填深度を12cmとすることとした。この実験の留意点として、次の2点をあげる。

- ①あらかじめ、汚濁水の分析を実施し、分析可能か否かを確認する。
- ②ガラス管に装填する時、隙間がないようにする。砂や土の詰まり具合により、浄化力は変わるので注意する。

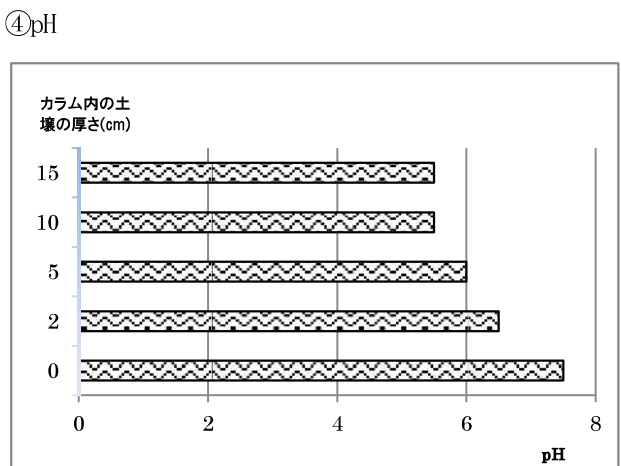
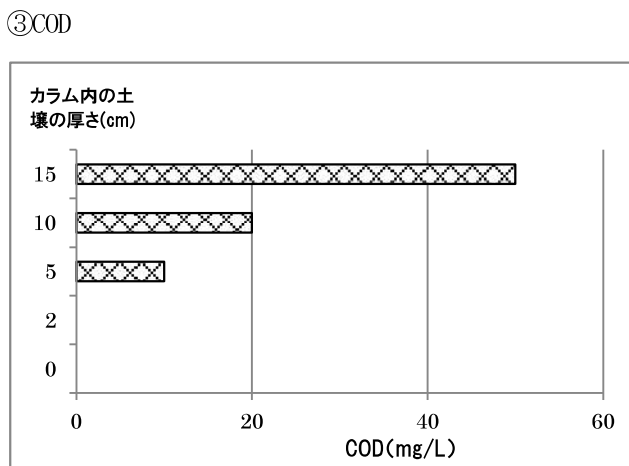
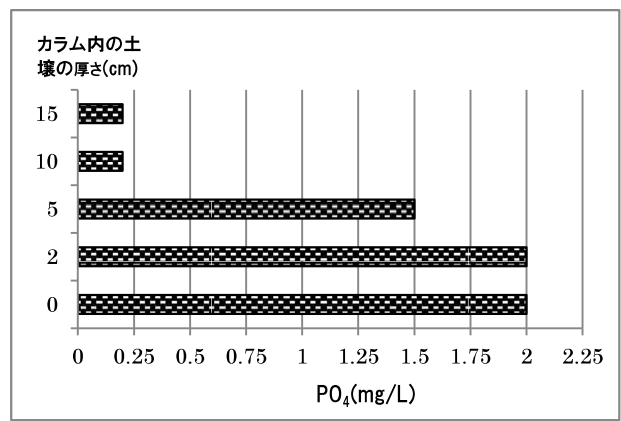
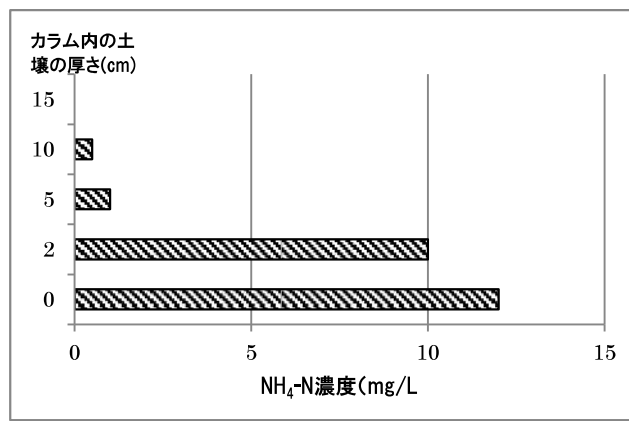


図4-7 各種分析項目とカラム内の土壌の厚さとの関係

汚濁水:アンモニア態窒素8.0mg/L、リン酸2.0 mg/L、COD0.0 mg/L、pHは7.6。

表4-4 浸出液のアンモニア態窒素濃度が0 μg/lとなる各種土壌別深度

使用した土壌	アンモニア態窒素濃度が0 μg/lとなる土壌深度 (cm)
畑土	12.0
グラウンド土	19.5
林土	15.5
水田土	9.0

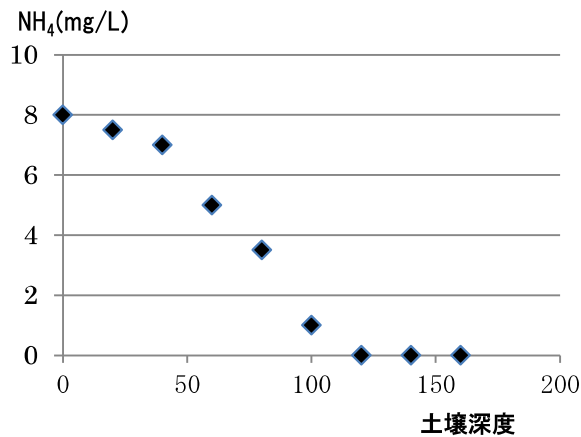


図 4-8 土壤深度と浸出液のアンモニア態窒素濃度との関係
汚濁水のアンモニア態窒素濃度は 8.0mg/L であった。使用土壤は畑土とした。

第5項 植物遷移と土壤形成

現行学習指導要領高等学校理科の生物基礎では、「植物遷移と土壤形成」が取り上げられている。一次遷移、二次遷移、乾性遷移、湿性遷移が用語として解説され、遷移と土壤形成との関係が記述されている。土壤は、岩石が物理的、化学的風化作用を受け、生物の死骸等が混入して腐植化する生物的作用を受けて生成される。しかし、この過程の詳細な説明はなく、実際に観察することがないため、生徒が理解することは難しい。そこで、生徒が「植物遷移と土壤形成」の授業でどの程度理解できたかを確認するため、授業終了時に質問紙法により調査を行った。その結果、表 4-5 の通りであった。この結果から、「授業を聞いて、遷移と土壤との関係を理解することはできた」とする生徒は約 3 割と少なかった。すなわち、遷移が進み、土壤が形成されていくとさらに遷移が進むという過程を説明しても、理解できていない生徒が多かったということである。また、「遷移と

表 4-5 授業「植物遷移と土壤形成」の理解及び実習に関する調査 (%)

	強く思う	思う	思わない
質問 1	7.5	22.6	69.9
質問 2	13.2	66.0	20.8

調査対象：高校3年 53名

質問 1. 授業を聞いて、遷移と土壤との関係を理解することはできたと思いますか。

質問 2. 遷移と土壤形成の関係を確認する実習を野外で行ってみたいと思いますか。

土壤形成の関係を確認する実習を野外で行ってみたい」という生徒は多かった。そこで、遷移と土壤形成との関係が理解できる観察・実験について、指導方法や教材開発を行った。しかし、なかなか適切な方法が見つからなかった。そして、アメリカの生物や生活科学などの教科書 (Charles H. Heimler, 1987; Peter Raven ら, 2016; Robert Brooker ら, 2016; Michael J. Padilla ら, 2007) から「遷移と土壤形成」を確認する方法や場所のヒントを得た。教科書の「Succession」の章の中の「ミシガン湖岸に沿った砂丘」には、「湖の近く」と「湖岸の半ば」、「湖岸」の 3 地点の自然の様子が説明され、「やがて、マツ林に移行し、土中の腐植は増える。マツ林からカシ林となると動物の種類や数が増え、昆虫や樹上生活する動物の宝庫となる。腐った木や葉で覆われている林床にはミミズ、コオロギ、ナメクジ、カタツムリ、ヤスデが見られる。カエデ林がこの地帯の極相である。この林は水を貯え、土壤を豊かにする。」、「無数の微生物 (主にバクテリアやカビ) は生物遺体を分解する。この分解した遺体はシルトや砂、粘土と混ざり合って土壤を形成する。」と記述されている。この記述にヒントを得て、長い時間を要

する植生と土壌形成の関係について、定点観察を行い、各点を接続する方法で確認することを試みた。実際に野外に出て、植生の豊富な地点から植生がほとんど見られない地点が連続しているところを探した。このようなところでは、土壌形成の状態が異なることから、植生と関わって調べることにより、土壌と遷移の関係が理解しやすくなると考えた。その結果、河川敷から土手につながっている地域でスポット的に植生の変化が見られることから、植物遷移と土壌形成を仮想して捉えることができることがわかった。そして、実際に植生の見られない地点、未発達な地点、草地、林地の各所で土壌調査を実施した。裸地から始まり、地衣類・コケ植物→1年生植物→多年生植物→低木林→陽樹林→陰樹林→極相と遷移する過程で土壌形成されていく。岩石や砂地に地衣類・コケ植物が見られ、河原に1年生植物（オオアレチノギク・ヒメジョオンなど）、岸辺に多年生植物（ススキ・チガヤなど）、斜面に低木林（ヤマツツジなど）、陽樹林（ハンノキ・アカマツ・コナラ・クヌギなど）、陰樹林（アラカシなど）が広がり、土壌の層厚が増していき、層位が発達していく様子が観察された。このような、スポット調査による「植物遷移と土壌形成」の疑似体験的な実証の試みは他に見られず、新しい手法と言える。

第6項 ミニ土壌断面モノリス(土壌標本)

土壌理解を図るためには、土壌断面観察は重要である。土壌が水平方向だけではなく、垂直方向にも発達していることを知る生徒は少ない。それは、実際に土壌を掘って断面観察したり、露頭に露出している土壌断面を見たことがないためである。土壌断面観察を実施する場合、学校内あるいは隣接する畑や林などで試坑を掘る（事前に所有者の許可を得る）ことから、土壌断面づくりを実施し、その観察をするという一連の作業を実体験させることが望ましい。しかし、断面観察の効果は試坑を作ったり、断面を調える等に時間を要する割には、成果は左程上がらないのが実態である。その主な理由は、クラス全員の生徒が試坑を観察するには人数が多過ぎることである。そのため、実際に試坑に入って間近で層位を観察することは難しくなる。とはいえ、生徒たちが土壌断面の前で各層位を自分の眼で見て、直接手で触れて確認することは重要である。そのため、あらかじめいくつかの試坑を準備しておき、観察人数を少なくすることも可能であるが、一人の教師がそれぞれの試坑の断面を説明することになり、膨大な時間がかかってしまう。そこで、ミニ土壌断面モノリス（断面標本）づくりの実践に取り組むこととした。生徒一人一人がミニ土壌断面モノリスを作成する作業を実施することにより、関心が高まるとともに自作したものへの愛着が生まれる。その結果、授業に積極的に参加するようになり、土壌への関心・理解が進むことが想定される。

土壌断面モノリスの作製方法には、土壌断面に接着剤を塗った麻布などを貼り付け、一定時間後に剥ぎ取る方法（剥がす剥ぎ取り法）と土壌サンプルを各層位から採取し、接着剤を塗布した板に置いていくという方法がある（浜崎ら、1983）。筆者は、後者に注目し、授業向けに改良した開発を行った。材料は、ベニヤ板（縦20cm、横15cm）、木工用ボンド、スプレー式接着剤である。

（ミニ土壌断面モノリス作成の手順）

- ①適当な場所を選定し、シャベルで深さ100cm程度の試坑を掘る。
- ②断面を移植ゴテで整える。
- ③層位を観察した後、各層位から土壌試料を採取する。
- ④教室に戻った後、ベニヤ板に木工用速乾ボンドを塗布する。
- ⑤各層位の土壌資料を層位順に貼り付ける。
- ⑥一昼夜静置した後、土壌表面に接着剤をスプレーする。
- ⑦層位名を書いたプレートを貼り付ける。

第7項 土壌中の水の浸透

降った雨がグラウンドに溜まっているのに、畑や林には溜まらないことに疑問を持つ児童・生徒がいる。それは、水の浸透速度や量が異なるからである。この事実を確認する簡単な観察・実験方法を検討し、開発した。直

径 20mm の無色透明の塩ビ管を使って、土壌中の水の移動速度を測定する方法を考案した。塩ビ管は、長さ 1 m のものを用意し、土壌中に先端を差し込み、上端から水を注いで減っていく時間を測定し、水が浸透していく速度を測定する（福田、1993b）。プラスチック管には目盛を付け、ストップウォッチで水位が 10cm 低下するのに要する時間を測定していく。プラスチック管は内径 20mm、長さ 100cm のものを用意する。このプラスチック管 10cm に入る水量は 31.4ml であり、単位時間当たりの浸透水量に換算することができる。

土壌は固相・液相・気相から構成されている。このうち、気相は土壌の孔隙であり、降った雨は一度孔隙内に保持され、重力によって下方に移動していく。それ故、孔隙の少ないグラウンドと孔隙の多い畑や林では水の滞留量や浸透速度が異なり、降雨後の水溜りの様子が異なると考えることができる。

第3節 まとめ

本章では、児童・生徒に土壌への興味・関心を持たせ、土壌を科学的に探究する教材の在り方を模索し、その開発を行った。理科教育では、他教科にはない観察・実験などがあり、その実践を通して科学的な見方や考え方を養い、科学的探究心を育み、科学的自然観を育成することを目標とする。それ故、土壌を教材とした観察・実験などの開発は、簡易で面白く、わかりやすい定性分析的視点に基づくことを重視することとした。また、児童・生徒ができるだけ身近にある材料を使って観察・実験器具や装置を自作し、自作器具などを使って観察・実験させることに心がけた。特に、筆者が開発した観察・実験などのうち、児童・生徒及び教師に好評を博した土壌呼吸、土壌粒子、土壌吸着、土壌浄化、植物遷移と土壌形成、ミニ土壌断面モノリス、土壌中の水の浸透に関する教材開発について述べ、授業教材として優れている点を明らかにした。開発した観察・実験方法は、実際に授業で実践を繰り返し、正確さや再現性が確認された。それぞれの開発教材あるいは観察・実験手法は、学会誌等に寄稿し、全国各地で活用され、実践されている。

第5章 土壌リテラシーを高める土壌教育実践と評価

第5章 土壌リテラシーを高める土壌教育実践と評価

児童・生徒の生活体験や自然体験が減少し、理科離れが進む中、児童・生徒の興味・関心を高める自然観察や実験などの体験的な学習を実施し、理科好きな生徒を育成することは、我が国の今後の科学技術発展のために必要不可欠であると考えられる。現行学習指導要領では、小学校、中学校、高等学校の理科教育等を通して児童・生徒が知的好奇心や科学的探究心を持ち、創造的な能力を育成していく上で、自然に親しみ、目的意識を持った観察・実験を行うことは重要である。2006年のPISA調査（Programme for International Student Assessmentの略：経済協力開発機構（OECD）による国際的な生徒の学習到達度調査）結果から、我が国の実態は「科学への興味・関心が低く、観察・実験等を重視した理科の授業を受けていると考える生徒が少ない。」と分析されており、観察・実験等を充実する時間を確保し、生徒の科学に対する興味・関心や意欲を高めることが必要である。

生徒に「自らやってみる」、「わかる」、「できる」ことを実感させ、「日常生活で理科学習や科学が役立っている」ことに気づかせることは重要である。この達成感や成就感、理科学習の意義や有用性を体験的に実感させることが、生徒の学ぶ意欲を高めることにつながると考える。土壌は普段接する機会が乏しく、関心が持たれない自然物であることは、既に述べた。探究的な活動では、子ども自らの発想や予想、仮説を持って観察、実験や課題研究に主体的に取り組んでいくことが重要となる。そして、この過程を充実させることにより「確かな学力」を身に付けることができる。

第1節 生徒の発想を生かした土壌授業の構築

生徒の発想を生かした土壌授業を構築するため、書籍やインターネットなどから土壌について関心のある内容あるいはテーマを中学校5校及び高校3校の生徒たちに自由に考えさせ、提案させた。その中から、中学校では15テーマ、高校では21テーマ（表5-1）を選定し、授業や課題研究を行ってきた。そのうち、特に関心を持たれたテーマとして、中学生は「あなたの足の下にはどのくらいの動物がいるか」、「土は水をクリーンにする」、「土は表土が命」、「いろいろな土の色」、「おいしい水ができるわけを探る」、高校生は「粘土を使って焼き物を作ろう!」、「土の資材性を追求する」、「土壌呼吸を測る」、「土の中の宝石探し」、「クマムシ、カニムシ、オケラを探そう」を選出した。「コンポストによる土づくりにチャレンジ」は、中学生、高校生ともに選出された。これらのテーマについては、授業で取り上げ、観察・実験などを実施した。

例えば、授業「月には土はあるか」では中学3年生及び高校2年生に授業前に確認したところ、「ある」が中学生57.3%、高校生60.5%、「ない」が16.0%、30.9%、「わからない」が26.7%、8.6%であった（中学生75名、高校生97名）。「月には土がある」と答えた理由のうち半分が「何となく」であり、その他は「地球にあるから」、「地球と兄弟だから」などであった。「月には土がない」と答えた理由はやはり半分以上が「何となく」であり、その他は「水や空気がないから」、「生き物がいないから」などであった。1969年7月20日にアメリカの宇宙船アポロ11号が月面に着陸し、二人の飛行士がそこに降り立った。そして、月面を歩き始めた。二人が歩いた後には、人類初の足跡がはっきりと残されていた。当時、この感動的なシーンが全世界に配信された。生徒たちに、当時の映像を見てもらい、飛行士の残した足跡の下にあるのが土かどうかを話し合った。その結果、8割以上が土と答えていた。月の表面には粉状あるいは砂粒のようなほこりが立ち上がり、土ではないかと話題にもなった。しかし、それは土ぼこりではないことが判明した。月から持ち帰った岩石には粘土や腐植は全く見られず、付着生物も発見されなかった。月には生命が確認されず、土らしいものは存在しなかった。月には空気がなく、水も存在しない。また、昼間の月面温度は110℃に達し、夜間は-150℃となる。このような過酷な環境下では生物は生存不可能である。土ができるには、岩石の風化物に生物遺体加わる必要があり、生物の存在は不可欠である。さらに、空気や水の存在、働きが必要である。月には、土の材料（母材、レゴリス）はあるが、土はない。このように、土の生成には生物の存在は欠かせない。そのため、生物が陸上に進出する以前は、陸地は荒涼とした大地であったと推定されている。授業「68億人を支える食糧生産基盤の土壌が危ない」では土壌侵食、流出による土壌喪失、土壌劣化、土壌汚染等を取り上げたが、生徒たちは図書館等で調べてグループ発表を行った。あるグループは地球上の農耕地の多くが低地に発達しているため、地球温暖化による海面上昇は世界各地の農耕地を失うことにつながる危険があることを発表していた。他のグループは土壌が地表のわずか数

表 5-1 土壌を使った授業のテーマ一覧及び関心度

①中学生対象

番号	課題研究テーマ	サブテーマ	関心度
1.	「月には土はあるか」	月の岩石には微生物がいなかった	7.4
2.	「熱帯の土はなぜ赤い」	ラテライトはレンガ	5.2
3.	「あなたの足の下にはどのくらいの動物がいるか」	土の中は知られざる世界—土壌生物を探る—	11.2
4.	「土の温度を調べる」	土の中は快適か？	4.4
5.	「土は表土が命」	表土には生物がいっぱい！	9.7
6.	「林の土と校庭の土の違いを調べよう」	色や堅さ、生物の生息量を比較する	4.8
7.	「ミミズの糞と団粒」	ミミズは土づくりの名人	1.2
8.	「土は水をクリーンにする」	土の浄化機能を調べる	11.6
9.	「土の保水能を探る—降雨のゆくえ—」	水の循環を考える	3.3
10.	「コンポストによる土づくりにチャレンジ」	ゴミの分解をするのはだれ？	15.4
11.	「いろいろな色の土」	土の色は何で決まる？	9.1
12.	「落ち葉のゆくえを探る」	腐った落ち葉はどうなる？	3.8
13.	「おいしい水ができるわけを探る」	ミネラルウォーターはどのようにしてできるか	8.7
14.	「68億人を支える食糧生産基盤の土壌が危ない」	土壌浸食、流出による土壌喪失、土壌劣化、土壌汚染等を考える	1.1
15.	「自然界の物質循環に果たす土の役割」	林の循環マップ作りにチャレンジ	3.0

②高校生対象

番号	課題研究テーマ	サブテーマ	関心度
1.	「土の断面を調べよう」	土を掘ってみよう	4.8
2.	「粘土を使って焼き物を作ろう！」	粘土はどうして焼くとかたくなる？	10.3
3.	「土による養分保持」	土の粒子がミネラルをキャッチする	3.7
4.	「土の生成を探る」	土ができるまでの気の長い話	1.5
5.	「土の資材性を追求する」	泥パックを科学する	14.0
6.	「土壌破壊や土壌汚染のニュースを集めよう」	新聞や雑誌に見られる様々な環境問題	1.1
7.	「岩石表面の着生地衣・コケと土壌形成」	がれ地を観察する	0
8.	「土の保肥力」	土と砂で保肥力の違いを調べよう！	3.1
9.	「表土が黒っぽい理由を探る」	腐植の色はどんな色？	0
10.	「土1gの中の生物たち」	微生物は分解者	0.6
11.	「土壌呼吸を測る」	土と砂を較べよう	10.3
12.	「土の成分を細かく分けよう」	土は何からできている？	0
13.	「土に住む微生物」	栄養培地にカビのコロニーをつくる	0
14.	「コンポストによる土づくりにチャレンジ」	ゴミの分解をするのはだれ？	7.1
15.	「土の中の宝石探し」	土壌鉱物を調べる	9.2
16.	「土壌劣化を考える」	過剰な農業による土壌の酷使、知力低下をどう防ぐ	0
17.	「土染めを体験しよう」	様々な土を使ってハンケチを土染めする	9.0
18.	「菌根菌を観察する」	アカマツの林で菌根菌を探そう	0
19.	「表層土と下層土の違いを調べる」	表層土と下層土の有機物量、生物量を調べる	0
20.	「土の持つ緩衝力」	土は環境の変化を緩和する	0.9
21.	「クマムシ、カニムシ、オケラを探そう」	この動物に会いたい！	9.1

関心度：中学生は15テーマの中で関心を持ったものを5テーマ、高校生は21テーマ中から10テーマを選択し、それぞれ全

体に占める割合(%)を関心度とした。選択生徒総数：中学生5クラス合計195名、高校生6クラス合計158名(2009年～2010年)。

十cmから数mの薄い層であり、この薄層で農業が集約的に営まれ、人類は化学肥料や農薬を開発・利用して農業生産性を向上させてきたこと、人口増加に伴う食糧増産は土壌酷使となり、世界各地の耕作地で土壌侵食や流出などの問題が生じていることを発表した。土は食物をつくり、養分や水を蓄える。このような生産機能や保水機能により、食糧や飲料水が確保されている。森は自然のダムであり、降水が地面に染み込んでいく間に浄化する役割を持っているが、森林破壊が土壌流出や土壌劣化を招き、最終的には砂漠化に至っている地域がある。この他、様々な土壌情報が発表され、生徒間で意見交換や質疑応答があり、マルサスの人口論を紹介しながら将来の人口増加と食糧不安をどう解決したら良いかなど、活発に討議していた。

授業「土の生成を探る」では、生徒たちは岩石に付着した地衣やコケの下の土を観察し、土のできる様子を調べたことを発表した。そして、土壌生成のしくみや歴史を地球の歴史と関連づけてまとめていた。地球が誕生したのは約46億年前、そして生命が水中で誕生したのは約38億年前である。約20億年前には光合成により水を分解し酸素を発生する微生物が出現した。この微生物の活動により、水中に酸素が増え好気性菌が出現した。やがて、酸素は空気中にも増加し始め、上空には地表に降り注いでいた紫外線を遮断するオゾン層が形成された。この間、生命は水中で進化し、様々な生物が出現した。やがて、その中から陸上に進出するものが登場し、今から約3億5千万年前の古生代シルル紀には最初の原始植物が陸上に出現し始め、少し遅れて動物も上陸した。植物が茂ると地上に有機物が蓄積し、微生物が分解するという協同により土の形成が始まった。その後、土の動物たちも土づくりに加わっていったと考えられる。陸地を土が覆うようになる2億年前(古生代石炭紀)にはシダ植物の大森林が形成されるようになった。地球は土を持つことにより約5百万種(推定では約5千万種、現在175万種が確認されている)もの多様な生物が生存している惑星である。生徒たちは、地球のごく薄い表層部にある土こそが地球創生の壮大なドラマの主役であるとしていた。また、この地球表面を覆う薄膜の土壌に未知なる遺伝子プールがあり、今後の地球環境問題や食料問題、疫病などを解決する大事なカギが潜んでいることをまとめていた。これらの課題研究テーマについては、他校でも実践されたが、生徒たち及び教師たちの多くが、表5-1の全テーマを課題として取り組むには教科の枠を超えた多様な学問領域からの知やアプローチが不可欠であることに気づき始めていた。

第2節 開発教材活用の実践事例とその評価

第1項 土壌呼吸(中学校)

濾紙法による土壌呼吸実験は、フェノールフタレインが二酸化炭素に反応して赤色から白色に変化する指示薬であることを活用している。この濾紙片の変色は鋭敏であり、変化を眼前で確かめることができる。この実験は、土が呼吸していることを実感できること、比較的簡単・短時間にできること、再現性があること、などの点で優れている。中学校では分解者の働きが土壌呼吸の測定を通じ、捉えにくい土壌での分解作用を量的に把握することができ、目に見えない土壌中の分解者の活動を知ることができる。授業は2時間続きであり、課題研究であった。授業の導入として、中学校3年生に「土は生きている」という小学校の国語の教材(植山、1993;全国国語教育実践研究会編、1994)をプリント配布し、「『土は生きている』ことについて、どう思うか」を調査した。その結果、「強く思う」と「思う」と答えた中学生はわずか4.9%であった(図5-1)。後日、高校生について同じ質問をした結果、ほぼ同様の傾向であったことから、なぜ「土は生きている」と思わないのかを質問したところ、「土は無機物であり、生きていることはあり得ない」、「土が生きているということは呼吸しているあるいは生まれ、成長し、老化して死ぬということなどがあるとは考えられない」と答える生徒が多かった。そこで、実際に簡易濾紙法を使って土の呼吸を調べる課題研究を実施した。

①材料及び試薬

無色透明なガラス容器またはプラスチック容器、濾紙片21×30mm(東洋濾紙NO.53)、濾紙台(濾紙片を置く台で針金で自作する)、ピンセット、ストップウォッチ、地中温度計(または温度計)、土壌硬度計、ねじ付き

試験管、三角架、ガスバーナー、アルカリ・フェノールフタレイン混液（0.005～0.01N NaOH 溶液にフェノールフタレインを加えた混液）

②実験方法

a. 野外での測定

ア 野外の適当な測定場所が決まったら、地面に針金の濾紙台をさし、その上にアルカリ・フェノールフタレイン混液の入った管ビンからピンセットで取り出した濾紙片を置く。

イ すばやく容器を覆いかぶせ、少し強く押してその口を地面に2 cm 位入れる（図5-2）。

ウ 容器を覆いかぶせた時をスタートとして、濾紙片が赤色からピンク、さらに白色になるまでに要する時間を測定する。

エ 校庭、畑、雑木林、砂場など様々な地点で測定する。

オ 土壌硬度を土壌硬度計（山中式土壌硬度計）により測定する。

b. 室内での測定

ア 濾紙片をアルカリ溶液（水酸化ナトリウム水溶液）とフェノールフタレインを混ぜた液に浸す。

イ 土と砂を入れた試験管を用意し、それぞれにアの濾紙片をピンセットですばやく入れ、ゴム栓でふたをする。

ウ 土を入れない試験管にアの濾紙片をつるしたものを対照とする。

エ 試験管にふたをした時をスタートとして、3本の試験管内の濾紙片の色が白くなるまでの時間を測定する。

クラスを6班に分けて、班ごとに校内外の様々な地点で土壌呼吸の測定を行った。各班はそれぞれ地点を定め、装置を設置してろ紙片の変色に要する時間を測定し、記録していた。教室に帰り、各班のデータをまとめた結果、表5-2の通りであった。この表から、土壌呼吸は雑草地や畑、雑木林で大きく、グラウンドや造成地では小さく、最小の砂場では濾紙片白変に45分05秒を要した（写真5-1）。次いで、室内で各種土壌を使って測定した結果を表5-3に示した。焼土では呼吸量が0であった。呼吸源である土壌生物が死滅したことが理由であることは、ほとんどの生徒が理解していた。「室内の測定」のウの対照の意味が分からなかった生徒がいたので、「ある条件の効果を調べるために、他の条件は全く同じにして、その条件のみを除いて行う実験」であることを説明した。すなわち、試験管に土壌を入れない以外は土壌や砂を入れた実験の場合と全く同じ方法で土壌呼吸を調べる。何も入れない試験管内では二酸化炭素は発生しないので濾紙片の変色はない。それは、土壌から二酸化炭素が発生して濾紙片を変色させた証にもなる。野外と室内で、土壌呼吸実験を実施した生徒から、いくつかの質問や疑問が出された。これらの質問等について、班別の話し合い、その回答を発表し合った。

生徒たちは、二酸化炭素が濾紙片に吸収されて変色したことには半信半疑であった。そこで、全員の前で一人の生徒が試験管にアルカリ・フェノールフタレイン混液を浸した濾紙片を入れ、息を吹き入れてゴム栓でふたをした後、濾紙片が白変したことを演示した。この演示実験では、濾紙片は瞬時に赤色から白色に変わり、生徒たちは土壌が呼吸していたことを確認していた。また、「土が呼吸している」、「土は生きている」ことには違和感を覚える生徒が少なからずいた。また、それについての質問があった。生徒たちは、回答に窮していた。土壌は鉱物粒子や無機化合物、土壌有機物、土壌生物などから成り、水と空気を含む総体である。つまり、土壌には植物や動物、微生物が棲んでおり、土壌の一部と捉えられる。土壌生物や植物根は呼吸しており、二酸化炭素を排出している。これが、土壌呼吸となる。この「土は生きている」という多分に比喩的表現とはいえ、決して土壌は生物ではない。松中（2003）は、「土壌が生物であると混同するのは、現に慎まなければならない。」と苦言を呈している。中学生や高校生が「土は生きている」ことから、土壌を生き物として捉えないように配慮することは当然である。土壌によって呼吸の大きさに差がある理由について、生物量や生物活動などがあげた生徒がいた。そのいずれが関係しているかについては、両方と答える生徒が多かった。

これらの実験を通して、生徒たちは砂と土壌が異なること、各種土壌によって呼吸量に差異があること、土壌呼吸は土壌生物の活動によって生じていることを明らかにしていた。土や砂に生息する土壌生物を測定すると、両者の関係が一層明らかとなる。また、同じ土でも朝、昼、夜などの時間あるいは季節によって土壌呼吸量は変化する。これらの探究実験から、「土壌の違いによって、なぜ呼吸量が異なるか」、「一日の時間あるいは季節

によって土壌呼吸量が変化するのはなぜか」などについて、意見交換や議論を行って考察していた。このような課題実験を通して、土壌を科学的に認識させ、科学的見方や考え方を養うことができたと考えている。

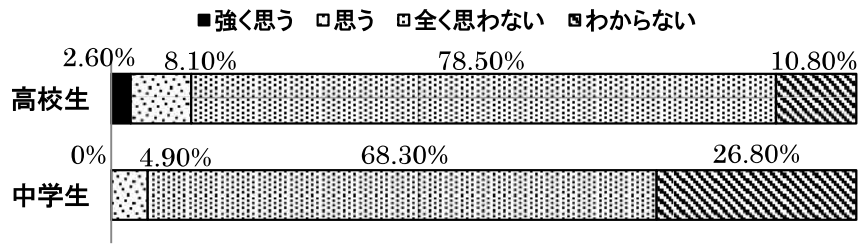


図5-1 「土は生きている」ことに対する中学生及び高校生の回答
調査対象：中学校3年41名、高等学校3年37名（2012年）

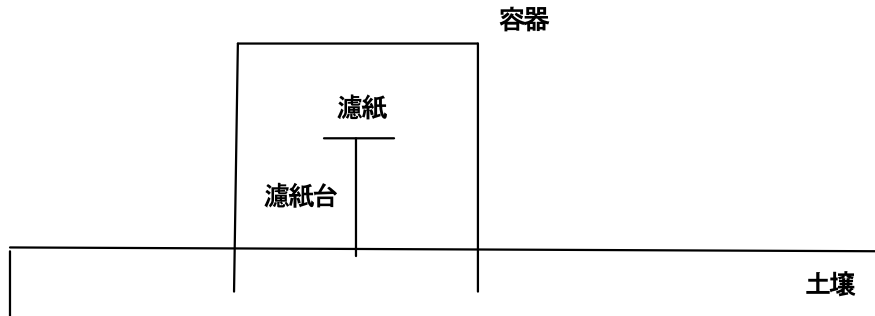


図5-2 野外における土壌呼吸測定装置

表5-2 各種土壌における土壌呼吸・土壌硬度・地温（野外）

調査地点	濾紙白変に要した時間	土壌呼吸速度
雑木林	3分51秒	6.33
グラウンド	22分18秒	1.09
畑	2分49秒	8.68
雑草地	2分11秒	11.2
砂場	45分05秒	0.54
造成地	23分42秒	1.02

表中の数値は各班の平均値を示す。土壌呼吸速度（CO₂-Cmg/100cm²・h）は濾紙片のアルカリ量に吸収される二酸化炭素量から換算した。

表5-3 各種土壌における土壌呼吸（室内）

各種土壌	濾紙片白変に要した時間	土壌呼吸速度
グラウンド	8分12秒	2.98
畑土	1分50秒	10.5
雑木林土	3分16秒	5.89
造成地土	11分10秒	1.72
花壇土	2分08秒	9.02
雑草地土	1分25秒	13.6
プランタ土	1分35秒	12.2
砂	39分00秒	0.49
焼土*	変化せず	0

*畑土を10分強熱し、焼土とした。土壌呼吸速度（CO₂-Cmg/100cm²・h）：換算法は表5-2と同じ。

表5-4 グラウンドの各地点における土壌呼吸

測定場所	濾紙片白変に要した時間	測定地点の様子	土壌硬度 (mm)	人間の影響の大きさ
1	21分15秒	トラック内、草なし	18.5	中
2	15分29秒	トラックの外側で雑草あり	16.8	小
3	9分32秒	校庭の隅の桜の木の下	13.2	極小
4	26分50秒	トラック周辺でかたく、草なし	22.5	大



写真5-1 土壌呼吸 (左から対照、畑土、砂)

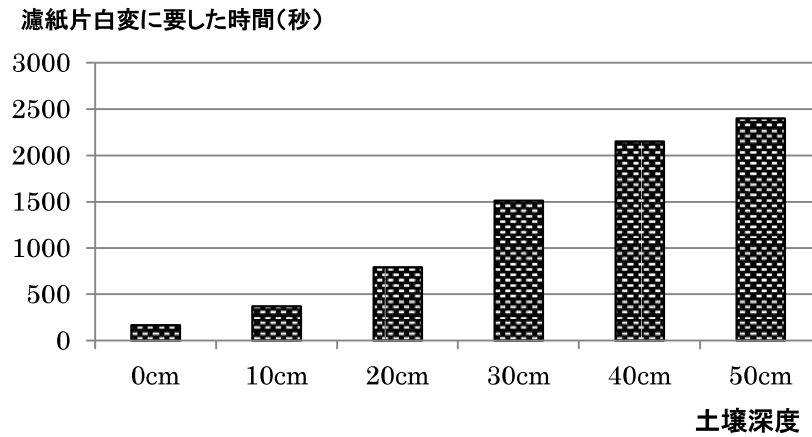


図5-3 土の深さによる呼吸量の違い (畑)

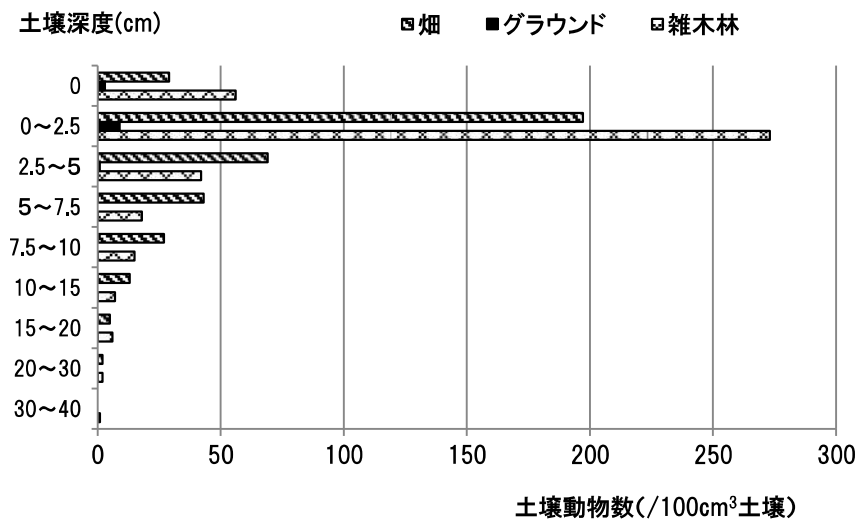


図5-4 土壌深度別の土壌動物生息数

授業の最後に、メソポタミア文明が栄えた現在のシリアからイラクにまたがるかつての「肥沃な三日月」地帯が、砂漠となった経緯を説明した。ここは、チグリス・ユーフラテス川が流れる水に恵まれた地帯で小麦生産が盛んであったが、人口増加とともに生産性向上のために土壌酷使が始まり、高温、乾燥地帯での塩類集積が進んで砂漠化してしまった。そして、土壌中のあらゆる生物が死に絶えて、死んだ土になってしまった。このような土壌破壊が進んで、文明が減ってしまった歴史的事実は他のも見られる。今日、世界の土壌は過耕作や過放牧、森林伐採などに加えて食糧増産により、過度の負荷がかけられ、劣化が広がっている。「土は間違った使われ方をすると、死んだ土になってしまう」と倉林(1986)は警告する。生徒たちは、土壌呼吸実験に強い関心を持ち、授業後自主的に課題を設定し、観察・実験を行っていた。グラウンドの各地点における土壌呼吸を測定し、その結果(表5-4)から人間の影響の大小と土壌呼吸との関係を植生の有無や土壌硬度の調査を踏まえて考察していた。また、教師のアドバイスをヒントに土壌深度別の土壌呼吸を調べ(図5-3)、深度が増すに連れて土壌呼吸が小さくなることを確認した。その後、各層の土壌生物の種類と総数(表5-5)を調査し、両者が深く関係していることを明らかにした。このような発展学習こそが、課題研究のねらいでもある。これらの結果から、生徒たちは深度別土壌呼吸と土壌動物数が相対していることを結論づけていた。

(4) わかったこと・わからなかったこと・疑問なこと・感想など(一部)

- ・土が呼吸している、生きていること。私たちの班はみんな土の見方が変わってしまった。
- ・変色にグラウンドでは時間がかかり、雑木林では早かった。呼吸速度の計算が難しかった。濾紙の白変までに時間がかかっているということは呼吸量が少ないということはわかった。
- ・畑で調べたらすぐに変ってしまったのに、校庭ではすごい時間がかかった。土が呼吸していることはすごい。校庭は窒息状態にある土じゃあないかと思った。
- ・土壌硬度のはかり方が難しかった。
- ・土の呼吸は植物が生えているところで盛んだった。
- ・濾紙片の色の変化がどうしておこるかがわかった。
- ・土の種類で、土の呼吸は違っていた。雑木林や雑草地、畑の土は呼吸量が大きく、グラウンドや造成地の土は小さかった。それは、人間の関わりが影響していると思った。表面の土を削ったり、踏んだり、雑草を取ったりしているグラウンドや造成地の土は死んでいる土、あまり人間の影響が及ばない、植物が生えている雑木林や雑草地、人間が耕したり、肥料を加えている畑の土は元気な土であった。
- ・土に対する見方が変わってしまったような気がする。
- ・砂が呼吸しているのは間違いかと思う。石も呼吸しているのか。
- ・色の変化がおもしろかった。なかなか変わらないと思っていると突然変わるので見ているのが大変だった。
- ・土壌呼吸がこんな簡単に調べられるのには驚いた。土にもいろいろな健康状態があるんだなあと思った。
- ・畑や雑木林の土はやわらかく、いかにも生きていう感じがした。造成地や校庭は人間のために死んでしまった土という感じがした。
- ・土を元気にするにはどうしたらよいかを考え、土が死んでしまうことは避けたい。
- ・畑や林の土の呼吸が大きいとは思っていたが、かなりかたい雑草地の呼吸が思ったより大きいのは不思議だ。
- ・元気で健康な土は、呼吸が盛んな土と考え、土の呼吸が盛んな土にはたくさんの分解者がすんでいる土であるう。
- ・土の呼吸実験は、とても楽しかった。ろ紙片の色がすぐに白く変わる土となかなか変わらない土があり、呼吸量が違うことがよくわかった。目に見えない二酸化炭素が発生して酸性に向くとろ紙の色が変わることは人の呼吸を入れるとパッと変わるのでわかったが、化学反応式はわからなかった。
- ・呼吸が小さい土は元気ではないのは、人間も同じ。元気な土ってどんな土か。呼吸の盛んな土は土の生物が活動を活発にしている土。

- ・土が呼吸していることはとても不思議だと思う。今までは生きていたとは思わなかったのに、ゴミを捨てられても、削られてもなんとも思わなかったが、今はそうは思わない。
- ・私たちが足で踏みつけている土はたぶん悲鳴をあげていると思う。コンクリートの下の土はどうなるのか。苦しんでいると思う。
- ・土の呼吸が盛んだということは土の中にたくさん生物がいるということか。
- ・土は冷たく、死んでいると思っていた。

これらの感想の中から、「土が活着ている」ことを実感した生徒は多く、土を元気にしたり、保全する方法に話が進んでいた。授業後の生徒の感想をカテゴリー化すると、(1)土の見方・捉え方の変化、(2)濾紙片の変色、(3)土の呼吸実験の面白さ・楽しさ、(4)土が呼吸している・活着ていること、(5)土が死ぬこと・土の悲鳴、(6)土を元気にすること、(7)土の呼吸と土壤生物、(8)砂・石と土の呼吸、(9)土の呼吸速度、(10)土への興味・関心、(11)土の種類と土壤呼吸、に大別できた。感想の中で最も多く述べていたのが(4)であり、それが(5)の認識を高め、(6)に繋がっていると考えられる。また、(3)と(7)との関わりから、(11)が考えられている。土の呼吸が、人との関わり大きさによって影響を受けることを述べた感想は、理解が人的影響にまで踏み込んでおり、土の見方・捉え方の変化に至っている。

生徒たちは、砂・石と土の違いを呼吸の違いとして捉えている。また、生物の有無、生物量の違いから、砂・石と土あるいは土の種類を考えているのは、発展的である。これらの感想のカテゴリー間関係をまとめた図が、図5-5である。濾紙片の変色の差異から、土が呼吸している・活着ていることを認識するとともに、土が死ぬこと・土の悲鳴を考えている。そして、土を元気にすることを模索している。呼吸実験の面白さ・楽しさを通して、土への興味・関心を高め、土の見方・捉え方の変化に連動している。

表 5-5 各調査地点における土壤動物の種類と数

土壤動物名	雑木林	グラウンド	野菜畑	砂場
クモ類	7		12	
アリ類	23	5	18	1
カメムシ類	11		15	
ミミズ類	39		23	
ダンゴムシ	17		3	
ヤスデ類	6		1	
トビムシ類	63	1	25	
ダニ類	91	9	72	
ムカデ類	32		3	
ハサミムシ類	8			
甲虫幼虫	5			
ハエ幼虫	3			
ザトウムシ	1			
陸産貝類	2			
ヨコエビ	5			
ゴミムシ類	15			
アザミウマ	2			
カニムシ	1			
その他	3		5	1
合計	334	15	172	2

土壤動物数はツルグレン抽出法によって 100cm³当たりの総数を3カ所平均値として算出した。

表 5-6 土壌呼吸実験後の感想のカテゴリー別人数

感想のカテゴリー	人数
土の見方・捉え方の変化	7
濾紙片の変色	3
土の呼吸実験の面白さ・楽しさ	9
土が呼吸している・生きていること	17
土を元気にすること・土の健康	5
土が死ぬこと・土の悲鳴	10
土の呼吸と土壌生物	3
砂・石と土の呼吸	1
土の呼吸速度	1
土の種類と土壌呼吸	6
土への興味・関心	11

感想文記載生徒数：中学校第3学年 41名中 39名

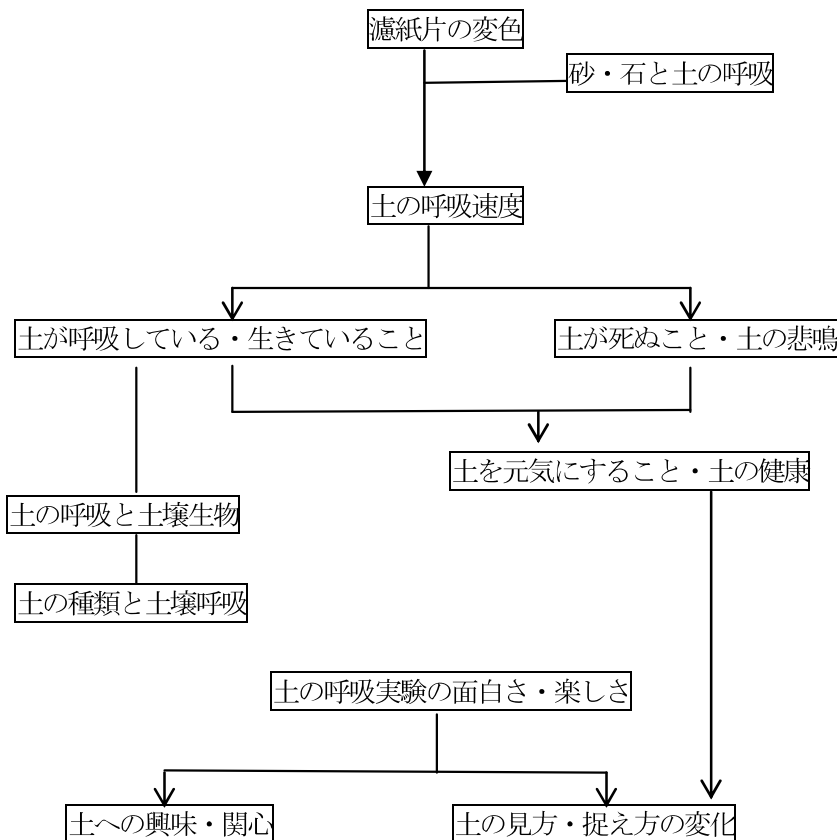


図 5-5 感想のカテゴリー間関係図

第2項 土の粒子（小学校）

1989年の小学校学習指導要領理科では、第3学年で単元「石と土」で、「ア 土は場所によって手触りや水のしみ込み方に違いがあること」、「イ 土は、小石、砂、粘土などからできていて、その混じり方は場所によって違いがあること」が指導内容として取り扱われていた。1998年の学習指導要領改訂により、「土と石」は削除され、小学校課程で「土」を単元として取り上げる機会が失われた。2008年の現行学習指導要領にも受け継がれており、第5学年の「植物

の発芽と成長」、「流れる水のはたらき」、第6学年の「地層」、中学校第3学年で「自然界のつり合い」で、それぞれ付随的に扱われるだけとなっている。そのため、土壌の取り扱いが断片的、付随的であり、系統性がなく、土壌全体を把握し、理解することは難しくなっている。

土の粒子の実験は、「石と土」の中で実施していたが、現在は第5学年で扱われている「流れる水のはたらき」の中で実践することが望ましいと考える。指導内容は「流れる水には、土地を侵食したり、石や土などを運搬したり堆積したりする働きがあること」とあり、「侵食・運搬・堆積」を受ける土の構成粒子を実際に観察させることは意義深いと考えている。児童は、土は石や砂の小さな粒子の集まったものと捉えている。しかし、実際には落ち葉の腐ったものや土の中の生きもの、空気などが含まれている。土の粒子の実験は、土の構成成分を知る上で、簡単でわかりやすい実験である。実験方法を説明し、出前授業で実施したことを述べる。

①器具

500ml ペットボトル、ルーペあるいは虫メガネ、砂、生土

②実験方法

ア 500ml ペットボトルに砂あるいは土を4分の1程度入れ、それに水を4分の3程度加える。

イ それぞれのペットボトルを激しく1分間振とうする。振とう後、静置する。

ウ ペットボトルの横側から水の中の様子を見る。

エ 沈殿物をルーペなどを使って観察する。

③結果・考察

土の粒子実験は、小学生の出前授業で実施した。この実験は楽しく、土が大小様々な粒子から作られていることがとてもよくわかったと好評であった。何で分別されるのかわからないという児童がいたが、他の児童が「重いものほど早く落ちるからだよ」と説明していた。この実験で、ある児童は「土砂が川を流れていく時、一番遠くまで運ばれるのは細かい粒子で、大きな石などは上流に残るから、上流ほど大きな石が多く、下流ほど土の粒子は小さいということになる」と話していた。このような捉え方ができることに感動した。また、水田の土を入れて実験した児童は、他の児童のものと同濁った水の色が違うことに気づいていた。このような気づきや発見は貴重であり、その後の学習に生かしていくことが大事である。水面に浮かんでいた落ち葉などをシャーレに取り、双眼実体顕微鏡を使って観察した。児童たちは、特に活発に動く小動物に興味を持った。ダニやトビムシ、ムカデ、ダンゴムシなど様々な動物が見られた(写真5-2)。

その後、児童らはいろいろなところで土を採取し、学校に持ってきた。そして、それぞれの土をペットボトルに入れ、水を加えて振っていた(写真5-3)。このような自主活動を通して、まとめたのが表5-7である。土は、いろいろであり、粘土や土粒、砂、石、落ち葉、生物などの混ざりもので、これらの混ざりものの量によって、土の特徴が変わってくることを結論としていた。この自主実験や結果は、その後模造紙にまとめ、出展して高く評価された。

表 5-7 児童の「土の粒子」の自主観察・実験の結果

採取土	水のにごり	水面の浮遊物	土の粒子
校庭土	にごりは早くなかった	なし	浮遊している粘土が少なく、沈んでいるものは同じ位の大きさの砂粒と小石、土粒
畑の土	長時間にごっていた	アリ・ミミズ	浮遊している粘土、沈んでいる細かい土粒と砂粒
林の土	長時間にごっていた	落ち葉、生きもの(ダンゴムシ・アリ・クモ・ムカデ・トビムシ・ダニ)	浮遊している粘土がおおい。大小の土粒、砂粒などの沈殿物。
水田土	超長時間にごっていた	稲わら、ミミズ	浮遊している粘土が多く、厚く沈殿していた。砂粒は少ない。
川原土	にごらなかつた	なし	浮遊している粘土はわずか〜ほとんどない。砂粒、小石の沈殿、土粒なし。

土の粒子実験では、ペットボトルの振とうが楽しいという声があり、観察・実験に気持ちを集中させる上で効果的であった。土が様々な粒子からなること、生物の遺骸や糞が含まれていること、いろいろな動物がいることを視覚的に確認できるので、土そのものを説明するのにとても良い方法であった（小学校教師 79 名のうち、75 名が「とてもよい」、「よい」と回答した）。砂の感触はザラザラ、粘土はヌルヌルしていることを併せて体感させた。土がどんな構成物からなるかを簡単な土の粒子分別実験を実施すると一目瞭然である。説明は、実験後にすると理解が増していることがわかる。ペットボトルと水があれば、いつでも、どこでも、誰でも簡単に実践できる点で優れている。教師たちの評判はよく、多くの学校で実践するようになっている。秦ら（2010）は、「地球の最表層にある土は、粘土と砂と礫が混ざったものであるという組成から見た認識に加えて、有機物が混ざって自然環境の中で長い間に変化し作られてきたものであり、また、それが動植物の生活を支えているという認識を培うことも大切である。」と指摘している。児童・生徒の土離れが進む今日、指導内容の中で土を取り上げられる機会を積極的に見つけ、土を解説したり、観察・実験をする必要があると考える。



写真 5-2 狭山市立水富小学校出前授業（雑木林土の観察及び土壌実験）



写真 5-3 土の粒子実験

第3項 土の吸着（小学校）

現行学習指導要領理科では、小学校第5学年で「植物の成長」が取り上げられ、発芽や成長には養分や水が必要であることが説明されている。しかし、養分や水が土から吸収されることには触れていない。そのため、土の機能や役割が理解されない。養分吸着や水分保持は、土の重要な機能である。児童への質問で、6割以上は土中に養分や水分があることは知っているが、土による養分吸着や水分保持のしくみがわかる児童はわずかであり、ほとんど認識されていない（表 5-8）。しかし、その後中・高等学校学習指導要領に取り上げられていないので、養水分吸着・保持のしくみはわからないままとなる。そこで、児童がペットボトルで自作した、簡単な実験装置を使って、砂と土で養分や水分の吸着・保持の実験を実施し、そのしくみを理解させる授業を行った。

表 5-8 土の養分・水分の存在や吸着・保持のしくみに対する認識（%）

土の機能	土中にあることは知っている	土中にあるしくみがわかる
土の養分	66.7	4.2
土の水分	84.7	8.3

小学校5年：72名

①器具・試薬

500ml ペットボトル、カッターナイフ、ティッシュペーパー、メスシリンダー、ピペット、青インク

②実験方法

ア 500ml ペットボトルをカッターナイフで横に切る。

イ 上半分の口の部分に脱脂綿を詰めて下半分に重ねる（漏斗を作る）。この装置を3本作製する。

ウ 漏斗の部分にティッシュペーパーを詰めて、それぞれに砂、土を約5cm 装填したもの、何も入れないもの（対照とする）を作り、それぞれに水で薄めた青インク溶液 50ml をピペットで少しずつ滴下していく。

エ 落下水の色を観察し、砂と土で比較する。

オ 砂と土で得られた落水をそれぞれメスシリンダーで定量し、保水能を比較する。

③実験結果・考察

1 クラス 36 名の児童たちは、6 名ずつの班に分かれてペットボトルを切って自作の実験装置を3つ作った。切断した上半分を逆さにして下半分に重ねて、土、砂、何も入れないものを用意した。その後、それぞれに青インク水溶液を 50ml ずつ注入し、漏斗の口から落ちてくる液体について、①何色になるか、②滲出してくる液体の量はどの位か、を事前に話し合わせた。各班で話し合った後、班ごとに予測したことを発表した（表 5-9、表 5-10）。落水液の色の予測（表 5-9）では、無色というものはなかった。そのため、各班の結果を発表した時には強い衝撃を受けたようであった。児童たちは青インク水溶液が土を通過して、少しずつ落ちてくる液体の色が無色になっていることに驚き、一方の砂を通過して落ちた液体が青色（わずかに薄くなっていた）であったことから、特に無色になった理由を知りたがっていた。また、落水量の予測（表 5-10）では「何も入れないものが最も多く、次いで砂、土の順」が圧倒的に多く、12 班中 10 班で予測していた。各班の発表後、実際に推論が正しいか否かを検証するために実験を行った（写真 5-3）。青インク水溶液を注入した後、落水量を調べた実験結果から、落水量は土で 12.9ml、砂で 39.5ml、何も入れないもので 47.2ml であり、児童たちの予測通りとなった（表 5-11）。そして、実際に推論が正しいか否かを検証するために実験を行った（写真 5-4）。児童たちは、推論したことにより、興味・関心が高まり、実験に集中していた。青インク水溶液を注入した後、全員が落水に注目した。しばらくすると滲出水が滴下してきた。各落水の色は何も入れないものが濃い青色、土が無色、砂がほんのわずかなった青色であった（表 5-11、写真 5-5）。

児童たちは、砂は隙間が多く、通り抜けていく水量が多く、土は隙間が少ないので通り抜ける量が少なかったと考えていた。土が水分を保持するしくみを各班で話し合ったが、説明できる班はなかった。その後、児童たちはなぜ土と砂で青インク水溶液の落水液の色に違いが生じたかを話し合った。しかし、なかなか答えが見つからない様子であった。児童は、吸着・保持実験を体験し、土についていろいろなことを調べたいという意欲が湧いていた。中には、土によって吸着や保持の力に違いがあるのではないかと考えたり、なぜ砂にはその力がないのかに疑問を持つ児童がいた。児童たちは、校庭の土と畑の土、林の土で養分吸着力や水分保持力に違いがあることを調べる実験を試みた。そして、自作のペットボトルを用いて実験を行い、土によって水分保持力（保水率）に違いがあることを明らかにした（図 5-6）。

表 5-9 落水液の色の予測

落水液の色	班数
何も入れないものは濃い青色で、砂と土はやや濃い青	4
何も入れないものは濃い青色で、土と砂は薄い青	2
何も入れないものは濃い青色で、土は薄い青、砂はやや濃い青	3
何も入れないものは濃い青色で、砂は薄い青、土はやや濃い青	1
わからない	1

小学校 5 年：72 名（12 班）

表 5-10 落水量の予測

落水量	班数
何も入れないものが多く、砂と土は少し少ないがほぼ同じ	1
何も入れないものが最も多く、次いで土、砂の順	1
何も入れないものが最も多く、次いで砂、土の順	10
わからない	0

小学校5年：72名（12班）

表 5-11 砂・畑土の物質吸着能及び保水能の比較

媒体	滲出液の色	落水量 (ml)
土	無色	12.9
砂	やや薄くなった青色	39.5
何も入れないもの	濃い青色	47.2

落水量は12班の平均値を表す。

④児童の感想のカテゴリー別分析

児童の感想を現行指導要録の4つの観点「関心・意欲・態度」、「思考・判断」、「技能・表現」、「関心・理解」をカテゴリーとして分別したのが、表 5-11 である。この表から、児童が記述した文では「関心・意欲・態度」の21人、「関心・理解」の17人が圧倒的に多かったが、「思考・判断」と「技能・表現」はわずかであった。実験後の発表の中で、各班の児童たちは①青インク液の浸透後の落水の色が土は無色、砂は青色であったこと、②この違いから土と砂の性質や働きに差異があること、③予測との整合性、④実験が楽しく、わかりやすかったこと、などを報告していた。その後、実験の感想を書いてもらった（表 5-12）。

児童の感想の中には、「土に全くきょうみがなかったのに、この実験で土にきょうみを持つようになった。こんなに実験が楽しいと思ったのははじめてだった。」、「デジカメ写真をとったので親にも実験を見てもらいたい。」などがあり、この実験に対する児童の関心は高く、意欲的に取り組んでいたことがわかる。それ故、児童に土の働きを気づかせる強いインパクトを与える実験となったことを確信している。「青インク水の青色が無色になった時は、みんな何でといていた。また、砂では青色のままだったので、何でと思った。」という感想にある「何で」という知的好奇心を喚起する実験であることは重要である。「下敷きをこすると紙などが吸いつくのと一緒だと思った。」と気づき、思考が広がっていた。「土と砂はつぶのこまかさのちがいで思っていた。砂をとったあと、出てきた水は青色であった。土のように水をきれいにする性質を、砂は持っていないことがわかり、土と砂はちがうことがわかった。」ことから、土と砂の違いを理解していることは明らかである。

⑤児童の青インク液の吸着の理解

児童の多くは、「わからないこと」として青インク水溶液がなぜ土に吸着されるのか、なぜ砂に吸着されないのかをあげていた。そして、そのしくみを知りたいとする感想が多かった。教師は、土による養分吸着のしくみが難しいので、説明し難かった。青インク水溶液は青い色素がイオン化しており、マイナスに荷電されている土の粒子表面に吸着されることによって無色になったこと、砂の表面は荷電されていないためイオン吸着されないため青色のままであったことを話した。インクに含まれる青い色素はプラスのイオンとして溶け込んでおり、土の表面に吸着される。一方、砂ではほぼそのまま流出してくる。小学校では、もちろんイオンの学習はしていない。しかし、黒板に土の粒子を描き、その表面がマイナスに荷電されていることを示して、カルシウムやマグネシウム、水素、アンモニアなどのプラスのイオンが結合していることを説明したが、概要はつかめていた様子であった。ヴィゴツキー（2003）は、最近接発達領域について「教育学は子どもの発達の昨日ではなく、明日を目指すなければならない。その時にのみ教育学の最近接発達領域の中で今横たわっている発達過程を、教授・学習過程の中で呼び起こしうるのである」と述べている。「知りたい」という欲求が「理解したい」という情動を

起こし、教師の説明に懸命にわかろうとしていた。堀村（2013）は、「ヴィゴツキーの発達論が知的能力のみならず、情動や欲求などの発達の力動性の観点から構成されている。」と指摘する。児童同士の会話に、「プラスとマイナスは引き付けあうから、土に青いインクのプラスがくっ付いた」、「砂の表面はプラス、マイナスがないからくっ付かない」などから、かなり理解していることを示していた。中村（1998）は「最近接発達領域とは、子どもがある課題を独力で解決できる知的発達の発達水準と大人の指導の下や自分より能力のある仲間との共同でならば解決できる知能の発達水準との隔たりをいう。この隔たりは、今は大人や仲間の支援の下でしか問題の解決はできないが、やがては独力で解決が可能となる知的発達の可能性の領域を意味している。小学校理科第3学年で、「磁石」を学習し、N極、S極を知る。児童の中には、この磁石の原理と同じで、イオンのプラスとマイナスが引き合うことを考えていた。引き合う点では同じであるが、N極、S極と＋、－とは異なることを説明した。水の保持については、土や砂の中にある大小様々な隙間に水が入り込んで保たれている様子を画像で示しながら説明した。児童は、双眼実体顕微鏡で、土と砂の隙間の大きさや数などを観察したことから、土と砂で保持する量に違いがあることを理解していた。また、児童は、様々な調査地点の土と砂による降水量の比較から、土によっても水分保持に大きな差があることを確認していた（表5-13）。このような自主的な発展学習が実施されたことは、児童の学習意欲や探究心の向上の表れとみている。

表 5-12 児童の実験後の感想文のカテゴリー別分析（2007年）

感想のカテゴリー分類	児童の感想文（一部抜粋） 感想文提出人数：児童 36 名	記述児童数 （総計）
関心・意欲・ 態度	<ul style="list-style-type: none"> ・真剣に実験に取り組んだのは初めてだった。おもしろかった。 ・おもしろい実験だった。土についてもっとしらべてみたい。 ・実験が楽しく、かんたんな手づくりのもので実験できるのがすごいと思った。 ・わかりやすかった、このような実験をもっとやって欲しい。 ・何で、青色がきえたのか、とてもふしぎに思った、もっと土のことを学びたい。 ・デジカメ写真をとったので親にも実験を見てもらいたい。 ・土のことはよくわからなかったのに、この実験で土に関心を持つようになった。 ・土をとった青水は無色になったのに、砂の方は青色のままだったことが予測と違っていた。 ・青インク水の青い色が無色になった時は、みんな何でといっていた。また、砂では青色のままだったので、また何でといっていた。 ・土に全くきょうみがなかったのに、この実験で土にきょうみを持つようになった。こんなに実験が楽しいと思ったのははじめてだった。 	21
思考・判断	<ul style="list-style-type: none"> ・土が物質を吸いつける働きを持つ性質があることが、土の表面がマイナスになっているという説明ですこしわかった。下敷きをこすると紙などが吸いつくのと同じだと思った。 ・この実験から、土にはものを吸着する性質があることがわかり、なぜ土をとった地下水がきれいになるかということがわかった。 ・ペットボトルを使って土をつめ、雨水をためて飲み水をつくることができることを考えた。 ・土と砂はつぶのこまかさのちがいと思っていた。砂をとったあと、出てきた水は青色で土のように水をきれいにする性質は持っていないことがわかり、土と砂はちがうことがわかった。 	5
技能・表現	<ul style="list-style-type: none"> ・実験はかんたんだった。うちに帰ったら実験してみんなをおどろかせたい。 ・ペットボトルをきってじっけんきぐをつくるのがたのしかった。みんなで協力してじっけんをすることができ、はっぴょうできた。 	3
	<ul style="list-style-type: none"> ・土と砂のちがいがとてもよくわかった。 ・土の中では養分と水でたもたれるしくみがちがうことがよくわかった。 	

知識・理解	<ul style="list-style-type: none"> ・土にものを引きつける力があることを学んだ。実験は楽しく、よくわかった。 ・土の中の養分が同じしくみで、土に保たれていることが理解できた。 ・雨水が土にしみこんで移動していくうちに水をきれいにするのがわかった。 ・土がすごいはたらきを持っていることを知ることができた。 ・青インク液の青い色素はイオンとして存在していることを知った。イオンは電気を持った物質のようだ。 ・土の粒は、表面がマイナスで、青い色素をひきつける力がある。そのため、土をつうかした水は無色になった。 ・土ってすごいパワーをもっているんだとおもった。 ・土にはよごれた水をきれいにする力があるが、砂にはないことがわかった。 	17
-------	---	----



写真 5-4 土の吸着機能の実験

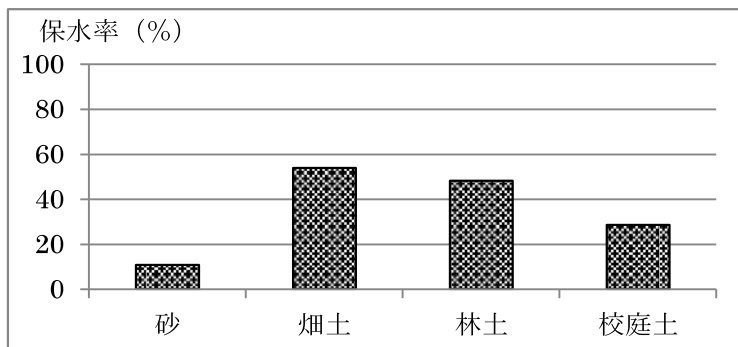


図 5-6 各種土壌と砂の保水率の相違

表 5-13 各種の土と砂による落水量の比較

土の種類	落水量 (ml)	水分保持率 (%)
畑の土	28	72
林の土	39	61
校庭の土	52	47
砂	92	8

水 100ml を注入し、落水量を測定する。

水分保持率は $(100 - \text{落水量}) / 100 \times 100\%$ で算出する。



写真 5-5 青インク水溶液を土と砂に通過させた後の落水の色の比較

第 4 項 土壌の浄化機能 (中学校及び高等学校)

(1) 中学校

現行の中学校学習指導要領理科第 2 分野では、「自然と人間」で「自然環境を調べ、自然界における生物相互

の関係や自然界のつり合いについて理解させるとともに、自然と人間とのかかわり方について認識を深め、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し判断する態度を養う。」とある。人間活動により生じた様々な汚染物質等を土壌あるいは微生物が吸着、分解していることを簡単な実験を通して確認することは、指導目標の達成につながる。また、中学校段階では教科社会等で地球環境悪化の現状が取り上げられる。それ故、学習指導要領の指導内容にある自然環境の保全と科学技術の利用の在り方を考えさせる観察・実験を行うことが必要である。土壌による浄化は、まさしく指導目標に適う内容といてよい。

①材料および試薬 100ml ビーカー

砂、生土、自作カラム（太管部分：長さ 15cm、内径 3cm）、鉄製スタンド、脱脂綿、100ml ビーカー、汚濁水（排水）、パックテスト（pH、アンモニア態窒素、リン酸測定用）

②実験方法

実験で用いるカラムは、高価であるため、自作した。自作法は第4章に触れている。

ア 自作のカラムを鉄製スタンドに設置し、脱脂綿を詰めてから砂、土壌を 12cm の深さまで装填する（図 5-7）。装填する時は、隙間が少なくなるように机に軽く打ちつけながら行う。

イ カラムの細管の下に 100ml ビーカーを置く。

ウ 排水溝から採取した汚濁水（50ml）をカラム上部から少しずつ注入する。

エ 透過水をパックテストにより、pH とアンモニア態窒素、リン酸の濃度を測定する。

オ 汚濁水もエの方法で測定する。

カ 汚濁水と落水の pH とアンモニア態窒素、リン酸の濃度を比較し、土壌による汚濁水の浄化について考察する。

結果は、表 5-14 に示した。吸着機能実験から土には吸着機能があり、砂にはなかったことから、汚濁水中のアンモニアイオン、リン酸イオンの吸着は両者で明らかに異なっていた。土の浸出液のアンモニア及びリン酸濃度は低下しており、浄化されていることが判明した。一方の砂では変化はほとんど見られず、浄化機能がなかった。土壌によるろ過（物理的作用）、土壌中の粘土鉱物や腐植等による吸着（化学的作用）、土壌に生息する生物の活動による生物分解（生物的作用）によって汚濁物を除去する。多段土壌層法は、土壌の浄化機能を活用した汚水処理であり、家庭排水や下水・排水、汚濁河川水などの処理に実用化されている（佐藤ら、2015）。若月ら（1989）は多段土壌層法による浄化により、家庭生活排水に含まれていた全窒素の 57%、全リンの 99%、BOD の 99% を除去したことを報告している。土の浄化機能は、土の吸着性や微生物などの働きによっている。

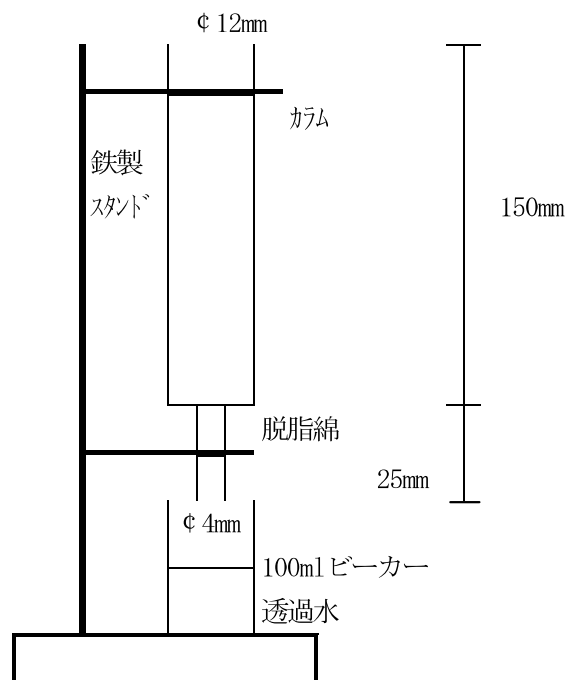


図 5-7 土の浄化機能を確認する実験装置

③結果・発表

雑木林土を使用して汚濁水を浄化する実験を行った。その結果、汚濁水の pH はアルカリから中性になり、アンモニア態窒素濃度は大きく、リン酸濃度は少し改善されていることが判明した（表 5-14）。土には物質を吸着する性質があり、土壤コロイド表面がマイナスに荷電されているため、陽イオンを吸着するが、陰イオンは吸着されない。そのため、アンモニア態窒素濃度が 8.0mg/L から 2.5mg/L に減じた一方、リン酸濃度は 1.0mg/L から 0.7mg/L への変化に過ぎなかった。生徒たちに、調べたいことがあるかを聞いたところ、発展課題として「様々な土壤で浄化機能に差異があるかを確認したい」、「浄化装置を作ってみよう」などをあげていた。課題では6カ所の調査地で、それぞれの土壤に汚濁水（雑排水）を注入し、NH₄-N の浄化率を測定した結果、図 5-8 の通りであった。この結果から、浄化能は植物が生えている土壤で大きく、植物の生えていない土壤で小さいこと、砂には浄化能がほとんどないことが明らかとなった。そして、生徒たちは大地の表面を覆う植物は土壤を守るとともに、土壤を作る働きをしていることに気づいた。

植物がほとんど生えていない河原では、土壤生成がなく、砂には浄化能がない。また、グラウンドの土は植物が生えても抜かれ、地面が踏み固められるため、そこにある土壤は熟成が進まず、浄化能が茶畑や雑草地、雑木林、スギ林に較べて低いと考察していた。土壤による物質吸着の仕組みは、授業の中で解説した。土壤中で養分を直接蓄える成分は、粘土鉱物と腐植で、間接的には土壤微生物や有機物も関与している（日本土壤協会、2014）。また、生徒たちは「浄化装置の作製を試みる」を発展課題として取り組み、様々な浄化装置を作製し、展示していた。それぞれの自作の浄化装置は、1ℓのペットボトルの底を切り落としてキャップをし、逆さにしてその中に砂や小石、土、落枝葉などを層状に詰めたものであった。そして、詰められたものや厚さは各班で様々であった。各班の浄化装置には汚濁水や米のとぎ汁などを注ぎ込んだ時の透過水の浄化率のデータが添えられていた。浄化機能が優れていた最優秀作品は、後日表彰した。アンケート調査を実施した結果、土壤について「知りたい」という割合が観察・実験後に急増していた（図 5-9）。その主な理由は、生徒自らが知りたい、調べたいと考えたことを実際に観察・実験を行い、真理探究を实践できたことにある。

表 5-14 土による浄化機能

汚濁水 媒体	滲出液		
	pH	NH ₄ -N (mg/L)	PO ₄ (mg/L)
汚濁水	7.4	8.0	1.0
土	6.2	2.5	0.7
砂	7.0	8.0	1.0

pH、NH₄-N濃度、PO₄濃度はパックテストによった。

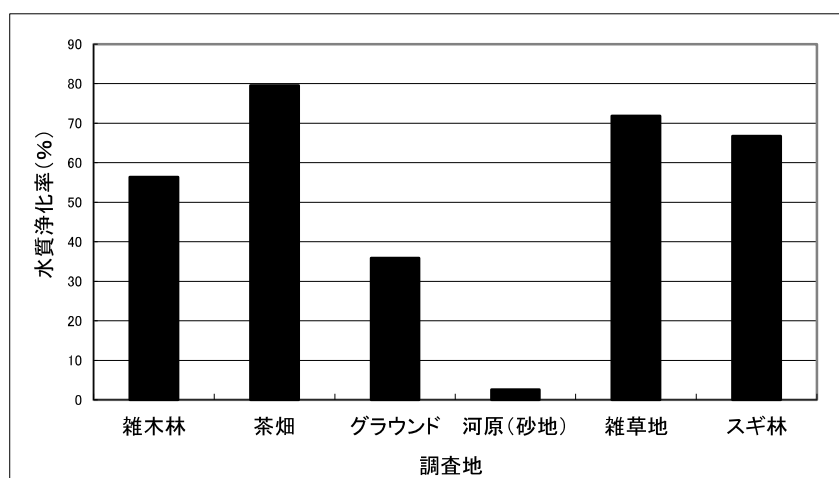


図5-8 各種土壤における水質浄化率 (NH₄-N)

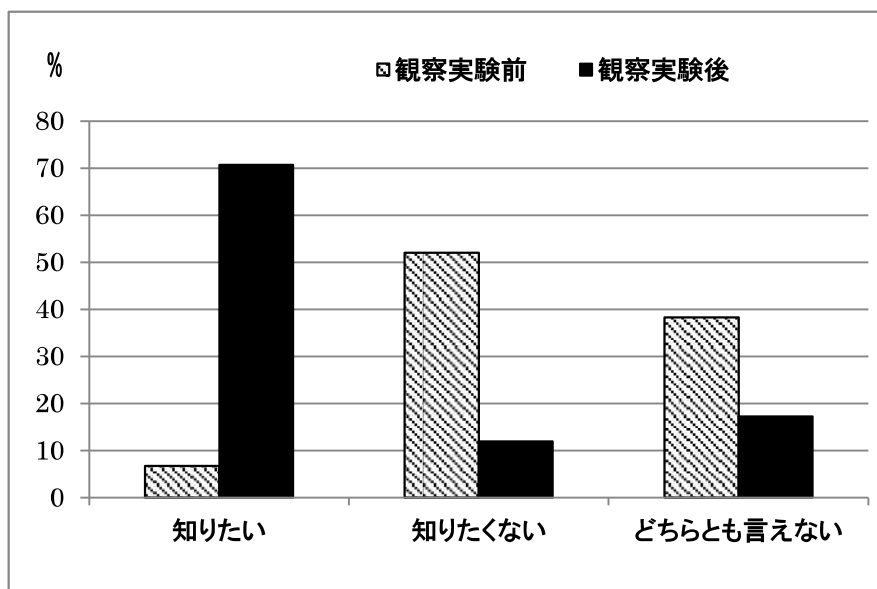


図5-9 観察・実験前後の土壌学習への意欲の変化
調査対象：中学3年生75名

【発展課題】

- ・様々な土壌で浄化機能に差異があるかを確認する。
- ・台所排水や洗濯排水、汚濁河川水などの浄化を試験する。
- ・浄化装置の作製を試みる。

④生徒の感想

- ・土の浄化力に本当に驚いた。土について何も知らないことがわかった。
- ・土には、水をきれいにする働きがあることが実験でよくわかった。
- ・砂では、汚濁水はきれいにならなかったのに、土ではきれいになっていた。砂と土の違いがパックテストの色ではっきりと区別できた。
- ・ガラス管でカラムを作ることが難しかった。でも、楽しかった。バーナーで温める程度がよくわからず、何回も失敗してしまった。引っぱって伸ばすのも難しかった。
- ・パックテストは、色で判定するので、どっちの濃度か決めるのがむづかしかった。
- ・いろいろな土で汚濁水の浄化力を比較した。土によって、大きな違いがあり、とても勉強になった。
- ・土が話題になったことはなかった。土の浄化機能を学んだので、親にも話したい。
- ・土について関心は全くなかったのに、今は土に関心が強く、土について知りたいと思っている。その土が人によって開発されたり、森林伐採で流されたりして砂漠化の危険があるという話を聞いて何かできないか考えている。でもいい考えが浮かばない。友達に聞いてもみんなわからないと言う。

(2)高等学校

高等学校の課題研究で、土壌浄化能を取り上げ、実践した。学習指導要領（文部科学省、2009b）では、「理科課題研究」の目標として「科学に関する課題を設定し、観察、実験などを通して研究を行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに、創造性の基礎を培う。」とある。具体的には、課題を設定して仮説の設定、実験の計画、実験による検証、実験データの分析・解釈、推論など、探究の方法を用いて研究を行い、研究報告書を作成させ、研究発表を行わせることで、科学的に探究する能力と態度を育て創造的な思考力を養うことがねらいである。この課題研究は、1989年学習指導要領理科の中に、生物Ⅱなどの「Ⅱを付した科目」の内容の一部として、問題解決能力の育成を図る目的で位置付けられたのが始まりである。そして、現行学習指導要領では、「理科課題研究」は理科科目の一つとなっている。

課題研究テーマは2つとし、一つは各種土壌の浄化能の比較であり、他は深度の異なる土壌の浄化能調査だった。生徒たちは5班に分かれ、1班7名とした。5班は、校庭土、林土、裸地土、畑土、水田土をそれぞれ選び、カラムに装填し、汚濁水を注入して滲出した落水の水質分析を行った。水質項目は、アンモニア態窒素、リン酸、COD、電気伝導度、pHとした。アンモニア態窒素、リン酸、CODはパックテスト、電気伝導度は電気伝導度計で測定した。汚濁水は、側溝の雑排水を採取し、浄化能実験に用いた。各種土壌の浄化能調査の結果、表5-15の通りであった。この表から、浄化能は水田土が最も高く、次いで林土、畑土の順であった。それに較べて、裸地土や校庭土は低かった。土壌の浄化能は、土壌の吸着性に起因する。このことから、生徒たちは吸着性の強い土壌は浄化能に優れ、吸着性の弱い土壌は浄化能が劣ると考えた。土壌の吸着性を担うのは、粘土であり、腐植である。水田土は粘土含有が多く、アンモニア態窒素、リン酸、CODとも浄化水濃度は0 mg/Lであった。また、林土は、粘土化（粘土の生成）が進み、腐植に富む土壌である。

次いで、各班は分担して林土の深度の異なる土壌をカラムに詰め、その上部から汚濁水を注入し、滲出液のpH、アンモニア態窒素、リン酸、CODの濃度を測定し、浄化を調べた結果、表5-16に示した通りであった。この表から、土壌による浄化は上層より下層の土壌の方が大きいことが明らかとなった。各班の生徒は、「なぜ下層の土壌程、浄化が大きいのか。」、「表層土の浄化が小さい理由は何か。」について話し合い、まとめた。その後、各班は話し合った結果を発表し、質疑応答を行った。そして、浄化が表層土で小さい理由は、降雨水の浸透速度が表層の土壌では大きく、あまり土壌吸着されないまま、下層に浸透していくためであるという結論に達した。それは、表層土は団粒構造が発達していて有機物に富み、黒っぽい色をしている。また、表層土には多数の生きものが生息しており、ミミズなどが作った多くの孔隙がある。一方、下層の土壌は孔隙が少なく、粘土含有が高いが、有機物はほとんど含まれていない、黄褐色を呈している。水の浸透は緩やかで、この間に吸着が行われるため、下層土では水質浄化されていく。生徒たちは、表層土と下層土の土壌孔隙の違いを実体顕微鏡で確かめたり、指の感触で粘土量の多少を確認していた。また、土壌有機物量の多少は土色帖を使って土壌の色から判断していた。ある班では、表層土と下層土の土塊を水の入ったビーカーに入れた時の気泡の発生の様子から土壌孔隙量の多少を判断していた。

土壌には物質を吸着する性質があり、この性質によって肥料が保持されたり、浄化能として機能する。2012年に実施したSSH校（Super Science High schoolの略で、将来の国際的な科学技術関係人材を育成するため、先進的な理数教育を実施する高等学校）での土壌浄化能を扱った授業では、原発事故による放射性物質や産業廃棄物などの汚染物質を吸着保持して、長く土壌中に貯留する場合があることが話題となった。課題研究では、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに、創造性の基礎を培う目標があるが、土壌汚染物質の除染についても議論され、生徒同士の意見交換が積極的に行われた。

表5-15 各種土壌による汚濁水浄化能の相違

水 質	pH	電気伝導度	COD	NH ₄ -N	PO ₄
汚濁水	7.2	490	60	23.5	8.5
校庭土	6.9	205	25	14.0	3.5
林 土	5.8	85	5	2.5	0.2
裸地土	6.1	270	35	13.5	4.0
畑 土	6.2	55	2	6.0	0.5
水田土	6.5	110	0	0	0

電気伝導度：mS/cm、COD・NH₄-N・PO₄：mg/L

表 5-16 深度別に異なる土壌の浄化能の相違

水 質		pH	COD	NH ₄ -N	PO ₄
汚濁水		7.3	70	50	2.0
土の深度 (cm)	1	7.2	65	45	2.0
	10	7.0	50	25	1.8
	20	7.0	35	15	1.5
	30	6.9	25	0	0.4
	50	6.8	10	0	0
	70	6.8	10	0	0
	100	6.6	10	0	0

COD・NH₄-N・PO₄ : mg/L

(ブランク濃度－土壌あるいは砂を通過した落水の濃度) /ブランク濃度の割合を浄化率として算出し、表層土と下層土、砂による NH₄-N と PO₄ の浄化力の相違を調べた結果、図 5-10 のようになった。この結果から、生徒たちは NH₄-N 浄化率は下層土、PO₄ 浄化率は表層土で大きかったこと、砂は浄化能が認められなかったことを報告した。そして、生徒たちは土壌の構成物は腐植とレキ、砂、シルト、粘土であり、腐植粘土複合体を形成していること (久馬、1997)、土壌溶液中のイオン保持の主体は土壌コロイド (粘土と腐植等で構成) であり、マイナスに荷電されていることなどを書籍 (船引、1972) で調べた。そのため、K⁺、Na⁺、NH₄⁺、Ca²⁺、Mg²⁺ などの陽イオンを電気的に結合させて保持する機能を持っていること、NO₃⁻、PO₄³⁻、SO₄²⁻などの陰イオンはアロフェン (SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃ の水和物が結合した非晶質鉱物で、火山灰土に多く含まれる) 及び Fe、Al の水酸化物などの陽性コロイドに吸着されること (佐々木ほか、1974 ; 松中、2003) を考察した。この実験で使用した雑木林土は黒ボク土壌であり、火山灰土である。火山灰土から成るアロフェン質土壌はリン酸吸着力が大きく、固定されて植物がリン酸欠乏となりやすい (日本土壌肥料学会 編、1983) ことから、表層土の浄化率が高くなったと結論した。一方、NH₄-N 浄化率が下層土で大きかったのは粘土が多く含有されているため、積極的に陽イオンである NH₄⁺ が吸着された結果であると結論した。

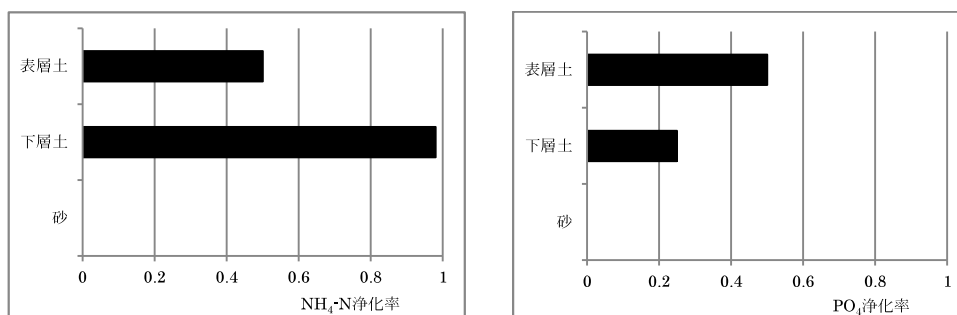


図 5-10 表層土、下層土、砂による NH₄-N と PO₄ の浄化力の相違
表層土、下層土は林土である。

第5項 植物遷移と土壌形成 (高等学校)

高等学校理科生物 (現在は {生物基礎}) の教科書には、「植物遷移と土壌形成」が取り上げられている。溶岩台地に地衣植物やコケ植物が侵入し、遺骸となって溶岩の風化物と混じり合って、薄い土壌を形成していく。土壌が生成されていくと、草本が繁茂していく。さらに土壌が厚くなっていくと、陽樹が生えていく。やがて、土壌が醸成し、陰樹に移行していく。極相に達するのに数百年～千年を要するため、再現は不可能である。教科書 (浅島ら、2012 ; 嶋田ら、2012) には桜島における火山植生の遷移が例として取り上げられており、裸地→地衣・コケ (0

～20年) →草本 (20～50年) →低木 (50～100年) →クロマツ林 (100～130年) →アラカシ林 (150～200年) →タブ林 (500～700年) と遷移する。この間に、土壌が形成されていく。しかし、教科書の解説だけでは高校生は植物遷移と土壌形成との関係をなかなか理解できない (表 4-5)。そこで、野外調査を踏まえて、遷移と土壌形成の関係を確認することとした。

1. 授業計画

授業は、第3学年の生物の中で、「植物遷移と土壌形成」の観察・実験を実施した。事前に、第一次遷移、第二次遷移、乾性遷移、湿性遷移を解説し、土壌断面観察を実施した。そして、本授業に入った。授業実践に先立ち、授業計画 (表 5-17) を作成し、学習活動及び指導上の留意点 (表 5-18)、観点別評価基準の概要 (表 5-19) を設定した。これらの作成・設定により、授業目標が明確化し、達成の評価が容易になる。

2. 野外実習及び観察・実験

野外では、班別行動とし、調査場所について侵入すること、調査することなどを、土地の地権者並びに河川事務所 (河原) に事前に申し入れ、許可を取っていることを生徒に伝えた。とはいえ、むやみに植物や動物を採取したり、踏み荒らししたりしないこと、ゴミ等は持ち帰ることなどを注意事項として話した。

①実験器具

地図、標高計、ポール、植物図鑑、検土杖、土色帖、植生記録用紙、断面記録用紙

②野外調査及び観察・実験 (鈴木、2005; 林ら監修、2003; 矢野ら、2003; 牧野、1985; 日本土壌肥料学会土壌教育委員会編、2006)

ア 現地では、河原から丘に向かって歩き、植生が変わる地点にポールを立てる。調査地点を地図に記す。各ポール地点の標高を標高計で測定する。

イ 河原に戻り、河原や各ポール間の植生調査 (植物図鑑によって検索) を行い、用紙に記録する。

ウ 植生調査を行った地点の土壌調査を行う。検土杖を使って、断面の様子を確認し、用紙に記録する。その際、土色帖を使って、土色を調べる。

エ 土性は、手触りで砂の感じ、サラサラ感、粘り気などを判断する。

オ 土壌断面を A 層、B 層、C 層の 3 層に大まかに分け、それぞれの発達の程度を把握する。

3. 結果及び考察

近隣の河原に行き、河川敷から陸地に向かって進み、植生の変化と土壌形成の関係を調査した。調査の結果、河原から丘に向かって砂礫地から未熟土、やや成熟した土壌、土壌断面構造の発達した土壌へと変化する様子を確認し、植生の変化とタイアップしていることを確認した (写真 5-6)。生徒たちは、河原や斜面林、アカマツ林の各調査地点での植生調査とともに土壌調査 (土の厚さ、層位の発達程度、粒径組成) を行った (図 5-10、表 5-17)。本時では、野外実習及び観察・実験を通して植物遷移と土壌形成の関係を知る疑似調査体験である。詳細な学習活動及び指導上の留意点は、表 5-18 に示した通りであり、時間的経過を度外視して地衣・コケ→草本類→陽樹の各場面における土壌発達と植生との関係を調査することで、植物遷移と土壌形成の関係を確認することに主眼点を置いたものである。

高等学校における学習評価について、評定に当たっては知識や技能のみの評価など一部の観点に偏した評定が行われることのないように、『関心・意欲・態度』、『思考・判断・表現』、『技能』及び『知識・理解』といった観点による評価を十分踏まえながら評定を行っていくとともに、評定が教師の主観に流れて妥当性や信頼性等を欠くことのないよう学校として留意する (国立教育政策研究所教育課程研究センター、2012b) としている。評価の 4 つの観点は、自然を愛する心情、問題解決の能力、自然の事物・現象についての理解を育成し、科学的な自然観を身に付けさせる上で重要である (図 5-11)。また、中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会 (2010) は、「学習指導要領を踏まえ、『関心・意欲・態度』、『思考・判断・表現』、『技能』及び『知識・理解』に評価の観点を整理し、各教科等の特性に応じて示された観点に基づき、各学校で適切な観点を設定すること。」とある。これを受けて、観点別評価基準の概要を活用して、4 つの観点から生徒の評価を実施する (表 5-19)。

表 5-17 「植物遷移と土壌形成」に関する授業計画表

単元・章	時間	学習内容		ねらい
植生の遷移 遷移の過程 とそのしく み	3	事前学習	第一次遷移、第二次遷移、乾性遷移、湿性遷移の違いについて整理する 野外実習を行う場所と調査地点を地図にプロットし、野外実習上の注意点を確認する。	植物遷移と土壌形成の関係をモデル化し、双方の移り変わりを理解する。
課題研究	1	野外実習 観察実験	植物遷移と土壌形成の関係を調査する。各調査地点で落ち葉を採集する。 砂とシルト、粘土を手ざわりで区別する。 各調査地で植生・土壌・標高を調査し、記録する。 砂礫から未熟土、成熟土への変化と植生の変化との関係をモデル化する。	野外実習を通して、植物遷移と土壌形成の関係を探究する。 現地で、植生調査や標高、土壌調査を実施し、班全体でデータを処理し、まとめ、考察する。
		植物同定 まとめ	各調査地点で採集した落ち葉を教室で図鑑を使って同定する。 各班ごとに調査結果・考察を発表し合い、植物遷移と土壌形成の関係を模造紙にまとめる。	
	1	発表	各班は模造紙にまとめたことを発表する。	

使用器具等：地図、ルーペ、ものさし・巻尺、ビニール袋、学習テキスト、植物図鑑、発表資料

表 5-18 本時（野外実習及び観察・実験）の学習活動及び指導上の留意点

過程	学習活動	指導上の留意点
導入 (5分)	遷移について復習する。 予想を話し合い、本時の観察実験を整理する。	前時までの授業の学習内容を振り返る。 本時の実習内容およびその目的を発表させる。 実習上の諸注意を伝える。
展開 (35分)	各地点における植生と土壌の形成状況（手触り、層厚、断面形態等）を確認し、記録する。 データをまとめる。 実地調査結果に基づいて話し合いを行い、遷移と土壌形成を考える。	実習校項目・内容を確認する 各班を巡視して、正しく観察実験されているかを確認する。 データの取り方・まとめ方が正しく行われているかを確認する。
まとめ (10分)	観察実験実習レポートをまとめる。 予想と観察結果から考察する。	班員との話し合いから自分の考えをまとめさせる。 次回の授業時に各班の実習成果を発表させる。

生徒たちは、砂とシルト、粘土の区別が難しく、何度も手ざわりでその違いを確かめ合っていた。その確認ができるようになり、各地点で植生と土壌調査を実施していた。また、現地でペットボトルを使って土壌粒子の分散実験（第4章第2項）を行っていた。各地点の観察の結果、各班が協力してまとめた作図（図 5-12）から、植生と土壌形成の関係を学習することができた。河原のすぐ近くの砂地には植生は見当たらず、土壌生物も肉眼では確認できなかった。川の水量が増えると常に水をかぶるところであり、有機物や養分は洗い流されてしまう。砂地にはツルヨシやススキなどが生えており、その植物の根元には土らしいものがわずかに見られた。河原の砂礫地に散在する礫表面にも地衣類が見られるものがあるが、土壌は形成されていなかった。川から離れていくと砂地ではあるがチガヤなどの植生が辺り一面に広がっており、表面にはうっすらと土の層が存在し、その厚さは1.4cmであった。これは、薄いA層であり、そのすぐ下はC層の砂であった。ここは、水かさが増えても水をほと

んどかぶらないところである。

河原から丘の方に進むと岩があり、その表面には地衣やコケ類が生えており、地衣を剥がしても土壌は確認できないが、コケ類の下にはわずかに1.5~2.1mmの未熟土が確認された。さらに川から遠ざかると次第に斜面となるが、そこにはニセアカシアなどが自生しており、掘ってみると土層の分化が進んでいた。A層の厚さはチガヤ地よりも増しており、土を手にとると粘土が含まれていることが確認でき、一層土らしくなっていた。しかし、斜面地の所々では降水に伴い、A層の土が常に流去してしまう不安定な場所があり、その土はざらざらという感触があり、土壌化が進んでいなかった。アカマツが自生しているところはなだらかな斜面~平地であり、土の流去は少ないことが考えられる。それ故、A層とB層の層厚は4.7cm~11.4cmと厚く発達していた(表5-20)。さらに、河原から離れた地点はクヌギ・コナラ・アカシデなどの平地林となっており、土壌の厚さは13.5~17.9cmであった。これらの地点での土の生成過程は、図5-13、図5-14にまとめることができる。

この実習を実施したクラスでは、植物遷移と土壌形成の関係について「よく理解できた」と「少し理解できた」を合わせると84.9%に達したことから、この実習の意義はとても大きいと言える(表5-21)。「教科書の解説のみ」の授業クラスでは19.1%であり、大きな差異があった。この結果から、教科書の解説のみではなく、野外実習や観察・実験を実施することにより植物遷移と土壌形成の関係をイメージすることができていたと考えることができる。生徒は、植物遷移に伴う土壌の形成について教科書の解説のみで理解することは難しく、これは「全く理解できなかった」と「あまり理解できなかった」を合わせると68.1%に達していたことから明らかである。

表5-19 観点別評価基準の概要

観 点	関心・意欲・態度	思考・判断・表現	観察・実験の技能	知識・理解
評価基準概要	植物遷移と土壌形成の関係について関心を持ち、意欲的に探究しようとする。	植生と土壌が密接に関わり合っていること、双方は長い年月をかけて移り変わっていくことを考察し、導き出した考えを表現している。	植物遷移と土壌形成について現地実習で観察し、実験することを通して、基本的な操作を習得し、それらの過程や結果を的確に記録し、整理している。	植生の移り変わりや土壌形成の関係を理解し、知識を身に付けている。
評価方法	課題研究ノート 質疑応答	課題研究ノート	レポート 実習への取組の観察	定期考査

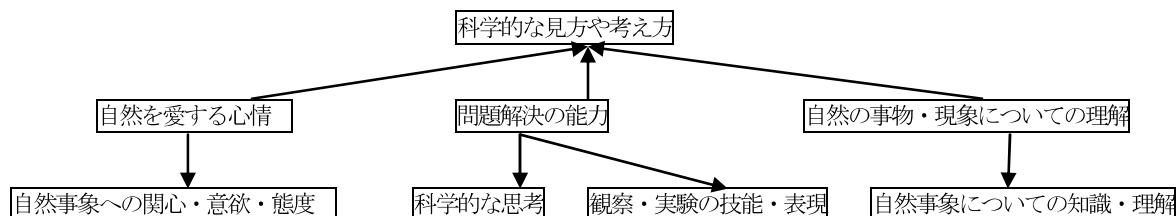


図5-11 評価の観点

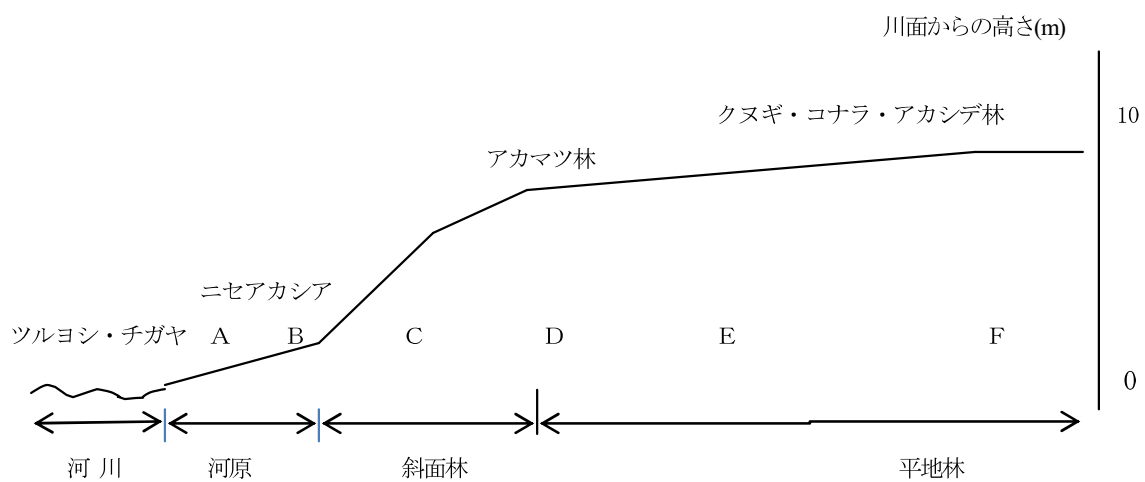


図 5-12 河原や斜面林、アカマツ林における各調査地点 (埼玉県秩父市)

表 5-20 各調査地点での土の厚さ、層位の発達程度、粒径組成

地点	土の厚さ (A層とB層) (cm)	標高 (m)	層位の発達程度	粒径組成
A	0.0	0.2	未発達	粗砂、レキ
B	0.2	0.8	ごく薄いA層と基盤の砂層	粗砂、シルト、レキ
C	1.4	1.7	薄いA層と基盤の砂層	粗砂、シルト、レキ
D	4.7	4.5	A層とC層、ごく薄いB層	粗砂、シルト、粘土、レキ
E	11.4	7.0	A、B、C層の分化	粗砂、シルト、粘土、レキ
F	17.9	8.2	A、B、C層の分化	細砂、シルト、粘土、レキ

土の厚さは、11班 (2クラス) の調査結果の平均値を表す。



河原のツルヨシ



アカマツ林



コナラ・クヌギ林



岩を覆う地衣・コケ類

写真 5-6 植物遷移と土壌形成スポット (埼玉県秩父市)

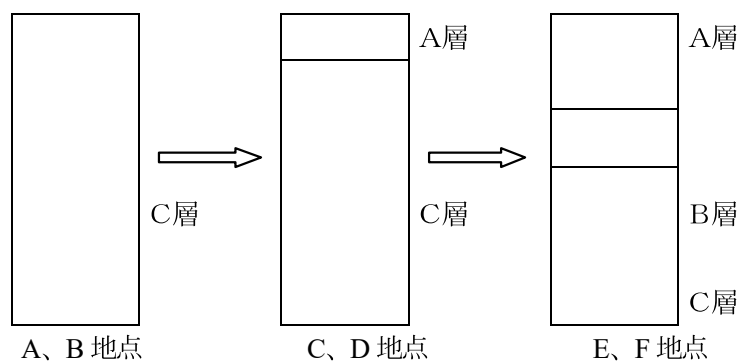


図 5-13 各調査地点における土壌形成から見た土壌の生成過程

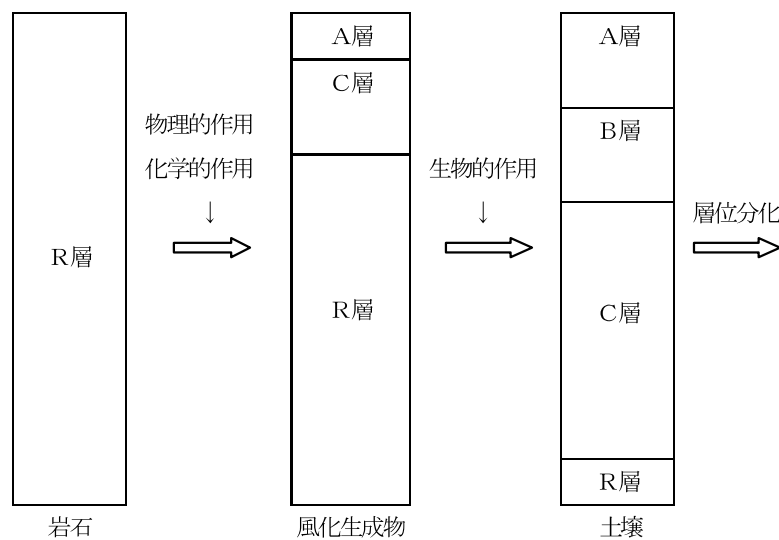


図 5-14 土壌の生成過程における物理的、化学的、生物的作用

表 5-21 「教科書の解説のみ」の授業クラスと「教科書の解説+野外実習」の授業クラスの生徒の理解度の相違 (%)

授業方法	よく理解できた	少し理解できた	あまり理解できなかった	全く理解できなかった	どちらとも言えない
教科書の解説のみ	4.2	14.9	44.7	23.4	12.8
教科書の解説+野外実習	62.3	22.6	7.5	5.7	1.9

生徒数 (高校3年) : 「教科書の解説のみ」 : 47名、「教科書の解説+野外実習」 : 53名

表中数値は、「植物遷移と土壌形成の関係を理解できたか」という問いに対する回答割合を示している。

第6項 ミニ土壌断面モノリスの作製(高等学校)

高等学校の理科生物あるいは地学の教科書には土壌断面模式図が記載され、簡単な層位の説明があるが、日本の代表的な土壌の断面記載図や写真や説明はない。アメリカの科学などの教科書には土壌断面写真、模式図が記載され、解説されているはかりでなく、州別に編集された教科書の中には州の代表的な土壌断面写真や断面形態図、解説がある。高校生物、地学担当の教師 (47名) に、「土壌断面について説明するか」を尋ねると、「説明する」という割合はわずか6.4%に過ぎず、「土壌断面を観察したことがある」割合は12.8%であった。また、高校3年生に土壌断面に関する質問をした結果、「土壌断面を見たことがある」、「土壌を掘ったことがある」生徒は、とても少ないことがわかった (表 5-22)。また、「土壌は地層のようにいくつかの層に分かれている」と思っている生徒は、2.4%に過ぎなかった。「土壌の本当の姿は断面に表れる」と考える生徒も少なかった。土を掘ったことがない生徒が大半であり、「土壌の厚さは1m位である」と考える生徒は約4分の1であった。こ

の結果から、断面観察を実施し、層位があること、各層位の特徴、土壌生成の過程を確認することとした。しかし、選択者が多いこと、時間を要することなどから、土壌断面に関心を持たせ、理解を図るため、併せてミニ土壌断面モノリスの作成を試みた。

1. 授業計画

高校第3学年の課題研究の授業として、「土壌断面を探る」を取り上げた。授業は2時間連続であるので、1時限目は近隣の雑木林（事前に許諾申請済み）で土を掘って、試坑を作り、断面観察を行った。

2. 野外実習及び観察・実験

①実験器具

地図、標高計、検土杖、土色帖、土壌硬度計、調査用紙、シャベル、移植ゴテ、軍手、竹串、ルーペ、巻尺、剪定ばさみ、土壌断面記録用紙

②観察実験方法（土壌調査法編集委員会編、1978；日本ペドロロジー学会編、1997；森林土壌研究会編、1998）

エ 土壌を掘り、約1mの試孔を作る。土壌断面を垂直にしたら、飛び出している植物根を剪定ばさみで切り揃え、移植ゴテで整形する。

オ 断面全体を観察する。土色や湿り気、粒度の大きさ、土性、石礫の有無、植物根の有無、孔隙の量などを5感を使って調査し、いくつかの層位に区分する。土壌断面をA層、B層、C層にほぼ分けたら、土色帖や土壌硬度計を用いて調査し、必要に応じて修正し、3層の境界に竹串を刺す。巻尺を断面横に垂らし、写真を撮る。

a. 土色は黒色、褐色、黄褐色などと表現するが、土色帖を用いると色相、明度、彩度が数値で表される。

b. 土壌の硬さは、指を押し当てて、その感触で堅軟を決めるが、土壌硬度計を用いて測定すると、数値として表すことができる。

c. 粒度は、ルーペを用いて調べる。

d. 土性は、親指と人差し指で土壌をつまみ、捏ねてみて砂の感じか、粘り気を感じるか、サラサラ感があるか、などの手触り、感触で判断する。粘着性や可塑性は少し水を加えた土をもんで伸びるか否かで判断する。

e. 腐植は、土色の黒味の程度で判断する。黒っぽい場合は、腐植に富み、明るい土色は腐植が少ない。

f. 孔隙は、土の隙間や穴を見て大きさや量を判断する。

カ 土壌断面の層位別特徴を記録用紙に記載する。

キ 各層位の土壌サンプルを採取する。

ク 教室に戻り、調査した結果を模造紙にまとめる。

③留意事項

- ・野外で土壌断面調査を実施する場合は、あらかじめ地権者の許可を得ておく。
- ・スコップで穴を掘る際は、周辺に気を使うなど、怪我のないように注意する。
- ・掘り上げた土壌は、積み上げておき、観察後は層位を崩さないように埋め戻していき、なるべく元の状態に復元する。

3. 結果及び考察

約1mの試坑を掘り、断面を整えてから、生徒たちに断面全体を見て気づいたことをあげさせた。最初に、気づいたことは土の色の異なる層が重なっていることであった。また、植物の根がある深さまで生えていること、下層に大きな石があることなどが発表された。その他、層別にザラザラやヌルヌル、ベトベトなどの手触りや硬さ、湿り気、根や石礫の有無の観察によって、大きくA層、B層、C層の三層に分けた。最後に、三層の上下のあるO層とR層の存在を確認した。O層（堆積有機物層）は、さらにL層（未分解の落葉層）、F層（やや分解の見られる腐植層）、H層（分解が進んだ腐植層）に分かれる。担当教師は、生徒全員に土壌の色彩を判定する土色帖、土壌の硬さを測る土壌硬度計、1m以下の土壌断面を調べる検土杖を示し、それぞれを用いた判定法や測定法を説明した後、実演を行った。生徒各自は、観察結果を断面記録用紙に記載し、写真を撮った後、各層位から土壌サンプルをビニール袋に入れて持ち帰った。表層の落ち葉や下層の小石等もサンプリングした。観察後、掘った土を埋め戻した。

表 5-22 高等学校理科の課題研究選択者に対する土壌断面に関する調査

質問事項	「はい」または「そう思う」と答えた割合 (%)
土壌断面を見たことがある。	3.5
土壌を掘ったことがある。	8.2
土壌は地層のようにいくつかの層に分かれている。	2.4
土壌の厚さは1 m位である。	24.7
土壌は岩石が風化してできる。	48.2
土壌は岩石層の上であり、気候や生物、人為などの影響を受ける。	61.2
土壌の本当の姿は断面に表れる。	5.9

調査対象：高校3年 85名 (2004～2006年)

【土壌断面観察の生徒の記録 (1時限)】

最初に雑木林の土を1 mぐらい掘り、断面観察を行った。掘っている途中で先生から「掘っていて何か気づいたことはないか」と聞かれた。表層は掘りやすかったが、下に行くほど掘りにくくなったこと、掘っていくと途中からシャベルに土がへばりつくようになったことが掘り始めた時と違っていることなどを答えた。その他、根の張り方や小石の大きさ・数などに違いがあった。この班の生徒全員が土の中を観察するのは初めてだった。断面をよく見てもよくわからなかった。調査用紙には土色や硬度(堅さ)、湿り気、植物根の有無などの調査項目があるので、一つずつ調べていった(表5-23)。調査結果から、表層から下層まで同じように見えていた断面が、実際には深さによってかなり違っていることが確認できた。表層のA層は黒っぽい色をしており、下層の褐色のB層と区別することができた。さらに下層のC層になると灰色っぽく、小石が含まれており、B層との違いが確認できた。

教師から、「土の層は大きくA層、B層、C層、R層に分かれており、特にA層が重要である。A層の上にはさらにO層という層があり、これは落ち葉などが積もった層である。その落ち葉などの有機物が腐って、土の無機的な鉱物質と混ざり合って土が生成される。自然界では、植物(生産者)が光合成によって物質生産し、それを動物(消費者)が利用する。落葉・落枝などの枯死した植物体や動物の死骸、排泄物は、土中に入ると土壌動物の餌となる。そして、微生物(分解者)によって無機物まで分解され、再び植物に吸収・利用されて物質循環していく。土壌中の有機物が腐ったり、複雑に化合する過程で腐植が作られ、土の色を黒っぽくする。A層にはたくさんの小動物や微生物が生息しており、生物の活動が盛んなところである。それ故、A層は土壌活性が最も高い層である。このA層の土1 cmがつくられるのに約百年かかること、そして1 mの深さの土ができるのに約1万年という長い年月を要する。」ということが説明された。自分たちが今日掘った1 m下の土は、約1万年前の土ということがわかり、感動した。また、長い土の歴史を感じた。土はまさしく歴史的な資源である。

2時限目は、教室に持ち帰った土壌サンプルを使って、ミニ土壌断面モノリスを作製した。各自が記載した断面記録用紙とスクリーンに映し出された現場での土壌断面写真をを見て、ノートに5分の1の断面縮図(O層、A層、B層、C層、R層の5層)を描く。次に、その図をベニヤ板に描く。ビニール袋に入った各層位の土壌等を確認したら、ベニヤ板に木工用ボンドを塗り、A層、B層、C層の土壌を葉さじで取りだし、それぞれの場所に置いていく。最後に落ち葉、根、小石などを置く。この状態で一昼夜置き、翌日に層位名を書いた紙を貼り、土壌モノリスの表面を薄めたクリアラッカーを噴霧して土壌粒子を固め、少し湿った感じにする。完成後、生徒はミニ土壌断面モノリスを持って、全員の前で土壌断面について感想を話した。

表 5-23 ある生徒の土壌断面記録

層位区分	層厚 (cm)	土色	腐植	土性	硬度 (cm)	石礫の分布	根の有無	湿り気	孔隙
0層	1								
A層	0-20	暗褐色	頗る富む	粘性弱	2	なし	大根～細根に富む	やや湿	大小多
B層	20-80	褐色	含む	粘性中	12	わずか	中～細根少し	やや乾	中小少
C層	80-100	黄褐色	乏しい	粘性強	25	小礫	細根わずか	乾	なし
R層	130-	灰褐色	なし	粘性強	29	中～小礫	なし	乾	なし

【ミニ土壌断面モノリス作製の生徒の感想（2時限）】

- ・土に断面があることを初めて知った。実際に断面を観察したので、土壌のつくりや層位がわかり、興味を持った。B層の土壌は粘り気が強く、指でこねて細長くすることができた。また、これが粘土であることを知った。
- ・穴を掘るのは大変だった。最初は順調だったが、途中からかたくなって掘りづらかった。
- ・ミニ土壌断面モノリスを作った経験は貴重だと思った。土壌断面のことがとてもよくわかった。
- ・土には全く関心がなかったのので、すごい勉強になった。土が自然の中で重要な存在であることを知らなかった。断面を見て土が少しずつでき上がっていくことを知り、これを機に土について関心を持っていきたいと思った。
- ・ミニ土壌断面モノリスづくりでは、できるだけ自然に近いものを作るように心がけた。そのため、根や小石をピンセットで取り、貼り付けていったので、精巧なものできた。
- ・土の中をはじめてのぞいた。表面の数 cm の薄い部分だけが土だと思っていたが、本当の姿は断面にあったということを知ることができた。複雑な構造をしているので、説明だけでは理解できなかったが、ミニ土壌断面モノリスを自分で作ったことにより、土をよく知ることができた。
- ・ミニ土壌断面モノリスを家族に見せ、説明する積りである。学校で学んだことを家で話すのは、小学生の時以来である。
- ・土壌が層状に重なっているのは、大発見である。土を掘っている時には気付かなかった。植物の根が結構深くまで入っているのを見て、生命力の強さを感じた。土には小さな穴がたくさんあることも知った。土の色は表層近くは黒いのに、下に行くとき明い茶色になるのが疑問であったが、落ち葉などの有機物の色とのことで、そこに土壌動物がいるわけがよくわかった。

第7項 土壌中の水の浸透(中学校)

「降った雨は畑にはたまっていないのに、なぜグラウンドにはたまるとか」という生徒の疑問が寄せられた。中学校理科第二分野では「自然界のつり合い」のところで、分解者として土壌動物及び微生物が扱われる。生徒が最も親しみを持つ土壌動物（表 5-24）であるミミズは、「生きた耕耘機」と言われ、土壌に盛んにトンネルを作る。この時、水の浸透実験をするのがよいと考えた。教科書には、水の浸透の記述や実験はない。ミミズは落ち葉などを土と一緒に取り込み、1日に自分の体重と同じくらいの量の土を食べる。これらを、強力な筋肉層を持つ砂嚢で細かく砕いて腸で消化分解し、糞として 500g/匹を排泄する（中村、2011）。このトンネルが土壌の通気性や水の浸透性、透過性を増加させ、土壌生物が住みやすくする。しかし、人為的に踏み固められたり、裸地化したり、化学肥料や農薬の施用によって生物の少なくなった土壌は孔隙が減少し、水の浸透性や透過性が低下する。土壌中の水の浸透性や透過性を簡単に測定する方法として、プラスチック管を使うことを考えた。表層土と深度 10cm、40cm の下層土にプラスチック管を設置し、上部にロートを入れ、水を灌ぐ（図 5-15）。10 分後に水位が低下した距離を測定し、1 時間に換算した数値をグラフ化したのが、図 5-16 である。この図から、表層土で水の浸透速度が最も大きく、下層に行くほど低下した。また、林や畑、グラウンドなどの各地で水の浸透速度を測定する実験を行った。その結果、水の浸透速度は畑が最も大きく、次いで雑木林、水田と続き、グラウンドと裸地では小さかった（図 5-17）。畑の土壌はよく耕されており、孔隙が多いことが考えられる。一方、水田

は湛水する土地であり、粘土の含有が多い土壌である。それ故、水の浸透能は小さい。雑木林土壌にはミミズやモグラが多く生息しており、孔隙は多い。しかし、深くまで耕耘しているはたけとは異なり、下層は圧密の状態であり、水の浸透は抑えられる。石崎（1984）は、減水深が関東ローム地で1、440mm/day、水田で1、050mm/day、裸地で10mm/dayであることを報告している。

表 5-24 生徒が知っている土壌動物

知っている土壌動物	答えた生徒数	全体の割合 (%)
ミミズ	77	97.5
ダンゴムシ	63	79.7
ムカデ	57	72.2
アリ	70	88.6
クモ	61	77.2
ハサミムシ	18	22.8
トビムシ	49	62.0
ダニ	34	43.0
ヒル	19	24.1
センチュウ	12	15.2
ヤスデ	22	27.8
クマムシ	31	39.2
ワラジムシ	9	11.4
ザトウムシ	7	8.9
カニムシ	3	3.8
モグラ	65	82.3
幼虫	11	13.9
シロアリ	5	6.3
シデムシ	3	3.8
ナメクジ	4	5.1
ゴキブリ	2	2.5
アザミウマ	1	1.3

中学3年生：79人

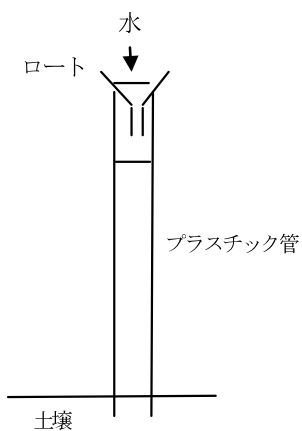


図 5-15 土壌水の浸透速度を測定装置

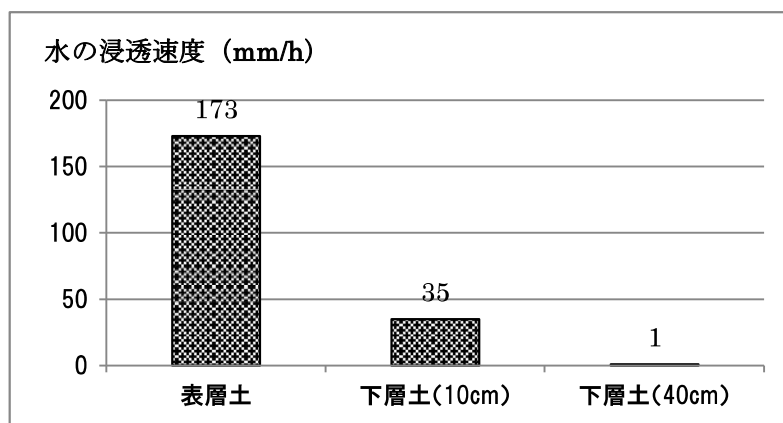


図 5-16 雑木林土壌の深度別水の浸透速度

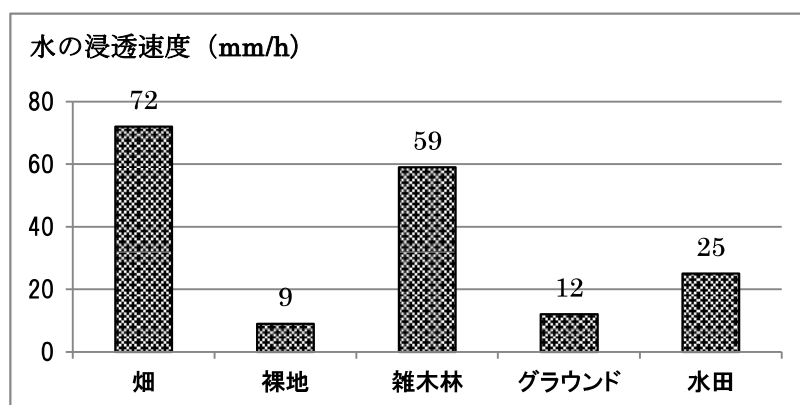


図 5-17 調査地別土壌の水の浸透速度の違い

この実験により、生徒は降雨後にグラウンドに水溜りができるのに、畑にはできない理由を理解していた（表 5-25）。

生徒の感想

- ・表層からわずか40cmの深さの土では、1時間で10mmくらいしか水がしみ込んでいかないことには正直びっくりした。
- ・畑に設置したプラスチック管の中の水が減っていく様子がわかり、浸透していることがわかった。グラウンドではあまり減っていかなかったことから、水たまりができることが理解できた。
- ・降った雨が地下水まで行くのにどのくらいかかるのだろうか。地面から深くなるほど、水はゆっくりと浸透していくのだから、想像できないくらいかかると思う。
- ・近隣の林でミミズの観察をした時、モグラの掘り出した土の山が見られた。ミミズが出した糞の山を探すこともできた。ミミズやモグラは降った雨水の通り道を作る動物たちである。ミミズが多い土はふかふかしている。林の土とグラウンドの土は全く違う。降った雨は林にはたまらないが、グラウンドにはたまるのは、歩いてみればよくわかる。でも、実験したので、もっとよくわかった。
- ・ミミズは腐った葉の混じった土を食べ、固まった糞を排泄している。この糞が土の団粒をつくり、水の浸透をよくしている。しかし、農薬や化学肥料の使用でミミズは減っているということの本で読んで、土の能力が低下している人間の行為に矛盾を感じている。
- ・プラスチック管の水の減り方が、畑とグラウンドで全く違うことに強い興味を持った。この実験は、土の中のすき間に水がたまったり、水の通り道になっていたことがわかっておもしろかった。

表 5-25 観察・実験前後の生徒の土壌理解の相違

質問事項	実験前	実験後
降雨後にグラウンドに水溜りができる理由がわかる。	26.9	91.0
土壌は、固相、気相、液相からなる。	6.4	95.6
土中の水の浸透速度は、表層から下層に行くに連れて小さくなる。	11.5	76.9
畑や林の土は踏み固められていないので孔隙が多いが、裸地やグラウンドの土は踏み固められているので孔隙が少ない。	75.6	93.6
ミミズが棲んでいる土壌の通気性や水の浸透性はよい。	87.2	92.3
地表面の土は乾いているが、土中の土は湿っている。	62.8	79.5

表中数値は「はい」と答えた割合 (%) を表す。

調査対象：中学3年生 78名 (1998年)

第3節 児童・生徒の学習成果

現行の学習指導要領では、理科の目標について、小学校「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。」(文部科学省、2008b)、中学校「自然の事物・現象に進んでかかわり、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力の基礎と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。」(文部科学省、2008c)、高等学校学習指導要領「自然の事物・現象に対する関心や探究心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する。」(文部科学省、2009a;2009b)と記している。小学校の「自然に親しみ」は児童が関心や意欲をもって対象とかかわること、中学校の「自然の事物・現象に進んでかかわり」は生徒が主体的に疑問を見付けるために不可欠であり、学習意欲を喚起すること、高等学校の「自然の事物・現象に対する関心や探究心を高め」では知的的好奇心や探究心を喚起し、主体的に学ぼうとする態度を育てることとしており、中央教育審議会(2008)答申の「生きる力」に通じるものである。すなわち、「生きる力」とは「変化の激しい社会を担う子どもたちに必要な力は、基礎・基本を確実に身に付け、いかに社会が変化しようと、自ら課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力、自らを律しつつ、他人とともに協調し、他人を思いやる心や感動する心などの豊かな人間性、たくましく生きるための健康や体力が不可欠であることは言うまでもない。」と定義されており、理科目標は児童・生徒の主体性を育て、自ら学び、自ら考えることを求めている。本章では、児童・生徒の情動面の関心・意欲・態度を高める観察・実験を実践し、表5-26のような結果を得た。この表から、「関心が持てた」、「意欲的に取り組むことができた」、「内容が理解できた」は、全ての観察・実験で8割以上に達していたことから、関心や意欲の情動面はほぼ目標を満たした。「実験器具等を作ったり、使うことができた」、「グループの話し合いができた」はほぼ目標達成できたと考えている。「結果をまとめる(中高生は考察する)ことができた」、「自分の考えや意見が発表できた」と考える児童・生徒は、5～7割程度であり、日頃の授業でほとんど実践されないことが影響していると考えられる。小・中・高校生ともに「自然や土あるいは土壌を大切にしていきたい(中高生は保全に寄与したい)」に対する肯定の回答は土壌呼吸実験後以外は3～8割と観察・実験によって幅があったが、態度の評価としては不十分であり、目標達成とはなっていないと考えられる。

表 5-26 土壌を使った観察・実験後の児童・生徒に対するアンケート調査の集計

観察・実験	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
土壌呼吸	92.0	97.3	84.0	86.7	73.3	76.0	64.0	80.0
土壌粒子	91.1	93.3	86.7	82.2	66.7	62.2	64.4	46.7
土壌吸着	97.2	95.8	90.3	94.4	73.6	84.7	69.4	62.5
土壌浄化	90.2	92.7	70.7	80.5	61.0	75.6	51.2	56.1
植物遷移と土壌形成	86.8	81.1	71.7	84.9	58.5	86.9	54.7	32.1
ミニ土壌断面モノリス	91.8	88.2	95.2	85.9	75.3	83.5	81.2	69.4
土壌中の水の浸透	96.2	92.4	89.4	83.5	67.1	88.2	69.6	77.2

質問事項①～⑧について、「強くそう思う」・「そう思う」の合計割合を%で表した。

- ①関心を持てた、②意欲的に取り組むことができた、③実験器具等を作ったり、使うことができた、④内容が理解できた、
⑤結果をまとめる（中学生は考察する）ことができた、⑥グループの話し合いができた、⑦自分の考えや意見が発表できた、
⑧自然や土あるいは土壌を大切にしていきたい（中学生は保全に寄与したい）

観察実験別調査対象

「土壌呼吸」：中学校3年75名、「土壌粒子」：小学校5年45名、「土壌吸着」：小学校5年72名、「土壌浄化」：中学校3年41名、「植物遷移と土壌形成」：高校3年53名、「ミニ土壌断面モノリス」：高校3年85名、「土壌中の水の浸透」：中学校3年79名

科学的探究は、見通し→〔自然事象に対する気付き→課題の設定→仮説の設定→検証計画の立案→観察・実験の実施→結果の処理→考察・推論→表現・伝達〕→振り返り、という過程で行われる（図5-18）。メタ認知力を高める上で、振り返りは重要である。この探究の過程を通して科学の方法を習得させ、自然に対する興味や関心、探究心を高め、科学的に探究する能力と態度を育てるように指導を行うことが大切である。中学校理科目標にある「自然の事物・現象に進んでかかわること」は、生徒が主体的に疑問を見付けるために不可欠であり、学習意欲を喚起する点からも大切なことである（文部科学省、2008c）。生徒の知的好奇心を育て、体験の大切さや日常生活、社会における科学の有用性を実感させる上で自ら学ぶ意欲は重要である。堀（1998;2003）は、「子ども自身が科学的概念を獲得し問題解決力を養っていくためには、学習前と学習後の自己の知識や考え方の変容を自覚することが必要である」と指摘する。児童の知識や考え方を明確にさせることにより、自己の既有的概念が、理科の学習を通してどのように変わったかを自覚することは、概念を科学的に構成していくために重要である。土壌呼吸の観察・実験を例にとり、生徒の関心・意欲の高まり、理解の増進を学習活動の経過に従って、表5-27に示した。

中学校第3学年（41名）の理科第二分野の出前授業では、2時間続きで展開された。教科書の単元「自然界のつり合い」では、分解者が扱われており、菌類や細菌類について記述されている。また、高等学校生物の教科書では、根粒菌や菌根菌、アゾトバクター、クロストリジウム、硝化細菌などの土壌微生物が登場し、それぞれの働きが説明されている。自然界においては、植物（生産者）が作った有機物を消費者（動物）が食べ、植物及び動物が死ぬと土壌動物や土壌微生物によって無機物にまで分解され、それが再び植物に吸収される、という物質循環が生じている。しかし、中学生あるいは高校生はこのようなダイナミックな物質循環を理解しきれていない（福田、1995b;2004a）。また、中学校で扱う土壌動物や土壌微生物に関する観察・実験では、ツルグレン装置による抽出や寒天培地上のデンプン分解（ヨウ素デンプン反応）が扱われているが、土壌と離脱していることから分解者と土壌との関係を正しく認識している生徒は少ない。土壌呼吸は、主に土壌微生物が有機物である腐植を分解する時に酸素を消費して二酸化炭素を排出する現象である。土壌呼吸は、土壌を総体として分解者の活動を調べることにより、自然界で土壌が果たしている機能や役割などの理解にもつながる。今日温暖化が深刻となっているが、全地球の土壌中には約15,500億トンの炭素が有機物として存在（地上部の植物炭素の2.8倍に相当）

する（梁、2009）ことから、温暖化と土壌呼吸が深く関わっている。そのため、高校では土壌呼吸と温暖化を課題研究として取り上げることができる。

授業では、授業は、5～6名を1班とする班別学習とした。事前に調査した結果を表す図5-1から、「土は生きている」ことについて「強く思う」0%、「思う」4.9%であり、「思わない」68.3%、「わからない」26.8%であり、大半は否定的であった。そこで、「土が生きている」現象として土壌呼吸を確認することとした。生徒は、実験で確認する前に土と砂について呼吸しているか否かを考えさせ、班ごとに話し合い、仮説を設定した。実験後、仮説と実験結果が一致した場合には生徒は仮説が正しかったことになる。一方、両者が一致しなかった場合には、生徒は仮説を振り返り、見直し、再検討を加えることとした。

生徒は、土壌呼吸実験を通して土が呼吸していること、砂が呼吸していないことを確認し、その違いについて考えていた。その結果、土には生き物が生息しており、その活動の結果、呼吸産物である二酸化炭素が排出されて水酸化ナトリウム水溶液に吸収され、化学反応を起こしてpHが変化し、その変化により、水溶液に含まれていたフェノールフタレインの呈色が赤色から無色に変えたことを多くの生徒が理解した。その後、生徒たちはいろいろな土によって呼吸に違いがあるかに関心を持ち、それを確かめる実験を自発的に行った。このような実験は、想定していたので、あらかじめ各所でサンプリングしておいた土を用いた。そして、様々な土による呼吸の違いを確認した。各班のまとめ・考察では、土壌呼吸と人の土への働きかけについて取り上げており、生徒たちは堀（1998;2003）の指摘する「学習前と学習後の自己の知識や考え方の変容」を自覚しはじめていることを認めることができる。

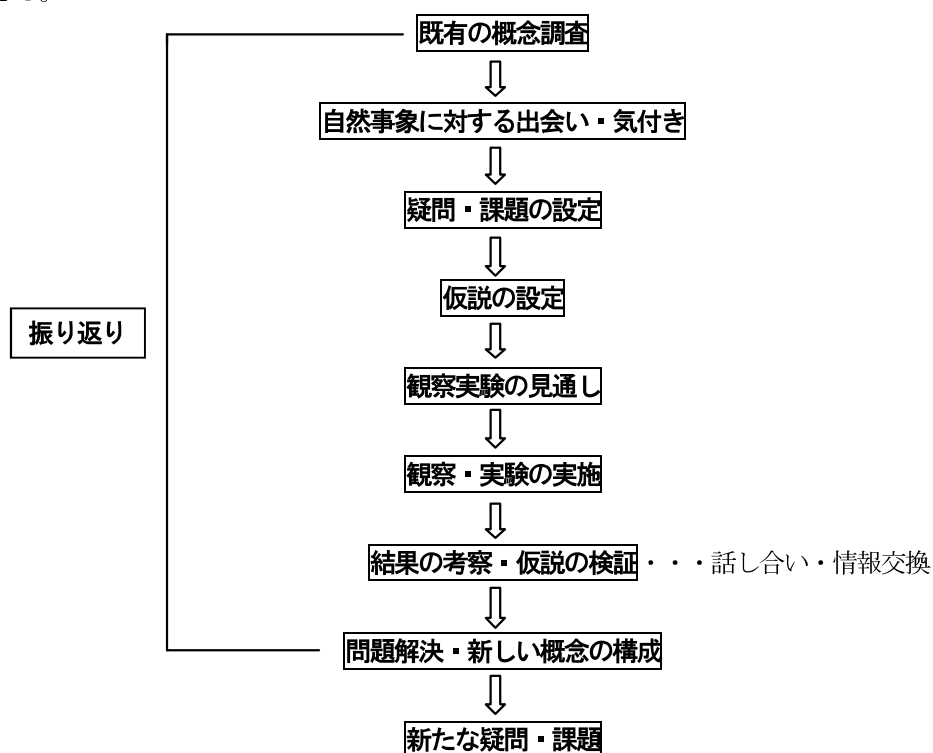


図5-18 問題解決を図る学習過程

表5-27 「土壌呼吸」に関する学習活動状況

時間 (分)	教師の活動	A班の活動	B班の活動	全体の活動
1時限目				
0～3	質問「土は生きている」についてどう思うか。仮説設定。どうしてわかるか。	生きていると思う。	生きているとは思わない。	話し合い: 「そう思う」班1、「そうは思わない」班7.

3~7	その理由は何か。	呼吸している。	呼吸していない。	話し合い
7~12	どうしたら確認できるか。 実験方法は、	土中に分解者がいて呼吸している。	土は岩石が細かくなったもので無機物であり、呼吸しない。	話し合い
12~14	簡易ろ紙法の説明。	実験して確かめる。	実験して確かめる。	話し合い
14~17	実験器具・試薬・方法説明	わからない。	わからない。	全員がわからない。
17~24	質問があるか。	おもしろそう。	本当にわかるの。	各班とも実験方法などを理解。
24~27	水酸化ナトリウム溶液のCO2 吸収とフェノールフタレイン	なし	ろ紙の色が変わるとなぜ呼吸とわかるのか。	全体では質問は1つ
27~31	液のpH変化による変色を簡単に説明。 砂と土を用意したので、それぞれの呼吸について仮説を考 えることを指示。	pHの相違とフェノールフタレインの色の変化の関係を確認。	pHの相違とフェノールフタレインの色の変化の関係を確認。	「よくわかった」「何となくわかった」が78.7%、「わからない」が21.3% (実験後再度説明)
31~35	実験を開始する。	砂は呼吸しないが、土は呼吸する。	砂、土とも呼吸しない。	話し合い
35~48	砂については継続観察することを指示。	ろ紙片の色の変化に着目。 土は2分57秒で白くなったのに、砂は10分経っても変わらない。	ろ紙片の色の変化に着目。色が本当に変わった。土は3分15秒で白くなった。でも砂は変化なし。なぜか。	全ての班でろ紙片の色の変化は土で確認、他班でも砂は変化していない。
48~50		交代で観察継続。	交代で観察継続。	交代で観察継続。
2時限目				
0~3	20分以上が経過したが、砂の方のろ紙片の色は変わったか。	変わらない。	変わらない。	他班も変化あり。
3~10	班毎に仮説を検証する。	ほぼ仮説は正しかった。	砂の変化なしは正しかったが、土は呼吸していた。	仮説が正しかったのは1班のみ。
10~15	質疑	①どんな土でも呼吸しているか。調べてみたい。	②土は無機物なのになぜ呼吸するか。	③砂と土の違いは何か。 ④土の呼吸は土中の生きものの呼吸ではないか。
15~22	①~④について各班で話し合ってみよう。各班の発表。	校庭の土は踏みつけられて呼吸していないかも。分解者が呼吸している。土は土つぶだけではなく根や分解者を含めたもの。砂には生き物がいない。 校庭土を調べる。	土の呼吸は、土の中の生き物の呼吸かな。砂には生き物が少ないので呼吸していない。土によって呼吸は違うと思う。生き物の数が違うから。	土で呼吸に差はあまりないと思う。土はどこでも変わらない。土が呼吸するというのは変な気がする。
22~25	土の違いによって呼吸が違うかどうか確かめてみよう。1時間目に使った土は畑土、校庭土、林土、造成地土、雑草地土などで比較してみよう。時間がないから各班で違う土		林土を調べる。	他班も造成地土、雑草地土、花壇土、プランタ土の呼吸を分担して調べる。

25～40	の呼吸を調べることを指示。 実験を開始する。結果が出たら、黒板に板書することを指示。	8分12秒で変わった。他班の結果を見て土による違いがあることがはっきりした。	3分16秒。	造成地土 11分10秒、雑草地土 1分25秒、花壇土 2分08秒、プランタの土 1分35秒。 土によって呼吸量が全く違っていた。
40～48	各班のまとめ・考察 発表・意見交換	<ul style="list-style-type: none"> ・土と砂のちがいがわかった。 ・林や雑草地の土壌呼吸は大きく、校庭や造成地は小さいことがわかった。これは、人の土への働きかけの影響が深く関わっていると考えられる。 ・人の影響の大きい畑や花壇、プランタの土の呼吸が大きかったのは、人が肥料や水を与えるなどしているからではないか。 ・関心のなかった土を知ることができてよかった。 		
48～50	新しい概念の構成・新たな課題	<ul style="list-style-type: none"> ・「土が生きている」ことを学ぶことができた。土が気持ちよく呼吸できる環境づくりをしたい。 ・「土壌呼吸」は、根や分解者の呼吸であり、呼吸が盛んな土は生き物が住みやすい土ということがわかり、新しい発見である。 ・土についてもっと知りたい。 ・土を元気にするにはどうしたらよいか。 ・土の呼吸が温度の影響を受けると聞いたので、温暖化と土壌呼吸との関係について調べてみたい。 		

授業前に「土は生きている」について調査した結果：生きている4.9%、生きていない68.3%、わからない26.8%

児童・生徒が既存の概念をもとに科学的な知識や概念を自ら構成していくためには、外界からの新情報を自らが取り入れ、実験・観察や意見交換等のフィルターを通して新たな認知構造に変容していく必要がある。そして、新しい概念による変容を自覚し、科学的な概念へと構成していく。課題として、以下の点があげられる。

- ・実験の目的を明確にし、結果と考察を記述するに当たっては、十分な思考と話し合いの時間を確保する。
- ・実験方法を考えたり、実験結果について予想を立て、その結果からどのようなことが分かるのかをあらかじめ考えてから実験を行ったりする習慣を身につけさせる。

第4節 まとめ

本章では、土壌リテラシーを高める土壌教育の在り方を模索するため、前章で開発した7つの観察・実験などを活用した授業実践を通して、児童・生徒の反応や感想などから、成果分析及び評価を行った。児童・生徒に土壌への関心を持たせ、理解を促す授業を開発することは、重要である。それには、児童・生徒が積極的に参加する授業の構築が必要であると考え、生徒の発想を生かした課題テーマに基づく土壌授業づくりを行った。生徒たちの自由な発想は豊かで、限りなく広がり、教科の枠を超えた多様な学問領域からの知やアプローチが不可欠であることを痛感した。

世界各国の教育改革の潮流は、断片化された知識や技能ではなく、人間の全体的な能力をコンピテンシーとして定義し、それをもとに目標を設定し、教育施策をデザインしようとしている。我が国では、次期学習指導要領が検討されているが、教育課程全体としての教科横断的なつながりを重視し、「各教科等の文脈の中で身に付けていく力と教科横断的に身に付けていく力とを相互に関連付けながら育成していく必要がある。」と指摘されて

いる（文部科学省教育課程部会、2016）。土壌教育は、理科や社会科をはじめ、多くの教科科目との関わりの中での構築が必要である。本章では、第4章で開発した土壌教材を活用した授業実践を行った中で、児童・生徒から要望された疑問などを生かし、疑問点や不明な点が残った場合は他教科と連携して解決策を見出していく必要があることを感じた。

開発した観察・実験などは、いずれも現行学習指導要領の目標としている児童・生徒の科学的探究心の啓発、科学的自然観の育成につながる自発的な発想に基づく授業展開や児童・生徒の興味を刺激する開発教材を生かした授業実践により、児童・生徒の土壌への関心・理解は増進し、成果を上げることができた。特に、課題実験や研究では、生徒が自主的に課題設定し、推論して実験等を実施していたことは、目的意識を持った観察・実験等を満たすものであり、積極的に土を理解し、土を認識するに至っていたことが窺えた。

第6章 土壌リテラシーを育成する教科横断型土壌教育の構築と実践

第6章 土壌リテラシーを育成する教科横断型土壌教育の構築と実践

21世紀の知識基盤社会では、知識・技能とともに変化に対応して自ら課題を設定し、教科書の知識だけでは答えを見出し難い問題に解を見出し、地球レベルの諸課題に対して様々な分野、枠組み、領域を超え、多様な知識を集結して解決策を見出していかなければならない。この課題解決には、探究的な資質・能力が必要であり、そのような能力を育成するには教科横断型教育などを展開することが重要となる。そして、国民全てが持たなければならないリテラシー教育を基盤にしつつ、論理性や創造性の高い人材の育成を果たしていかなければならない。国立教育政策研究所教育課程研究センター（2013）は、21世紀型能力について「『生きる力』としての知・徳・体を構成する様々な資質・能力から、特に教科・領域横断的に学習することが求められる能力を汎用的能力として抽出し、それらを「基礎」・「思考」・「実践」の観点で再構成したものであり、知と心身の発達を総合した学力である。」としている。そして、21世紀型能力は「『思考力』と『実践力』を関連づけることによって学んだことを価値づけしたり、実生活（社会生活）における意味ある行為へつなげたりすることを意識しており、個別の教科ではなく学校教育全体を通して育成することが期待される力である。」と述べている。

近年、土壌問題（土壌劣化・土壌侵食など）は世界的に広がりつつあり、人口や貧困、資源、食糧などと複雑に絡み合っており、解決には困難を極めている。それ故、土壌を教科の枠を超えて取り上げ、あらゆる教科・科目の知を総動員して、様々な領域や観点から思考し、実生活の中で保全に向けた行動を見出すことが必要である。

第1節 21世紀型能力の育成に向けた土壌教育の在り方

「知識基盤社会」・「多文化共生社会」・「情報化社会」が進展する今日、複雑で激しく変化する社会を生きるために教育改革が急進している。このような社会では、単なる知識や技能だけではなく、それらを活用して問題解決できる能力が必要となる。この21世紀型能力を世界は、「キー・スキル」（イギリス）や「コンピテンシー」（OECD、EU、ドイツ・フィンランド・ニュージーランドなど）、「21世紀型スキル」（アメリカ）、「汎用的能力」（オーストラリア）、「共通基礎」（フランス）、「核心力量」（韓国）などと呼んでいる。我が国では、1996年中央教育審議会が「生きる力」として「基礎・基本を確実に身に付け、いかに社会が変化しようと、自ら課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力、②自らを律しつつ、他人と共に協調し、他人を思いやる心や感動する心などの豊かな人間性、③たくましく生きるための健康や体力」を定義した。2012年度報告書（国立教育政策研究所教育課程研究センター、2012a）では、「人間関係を大切にしながら集団で協力して課題を解決する心性」を提唱している。すなわち、21世紀型能力としての「生きる力」を知・徳・体のバランスのとれた力として、教科・領域横断的に育成すべき資質・能力の視点から基礎、思考、実践で再構成したものとしている（国立教育政策研究所、2013）。

世界各国は、21世紀の知識基盤社会で求められる創造的思考力や問題解決力、分析力、協働力などの能力を育成する教育改革を実行し始めている。中央教育審議会（2012）は、「知識量のみを問う従来型の学力や主体的な思考力を伴わない協調性は通用性に乏しくなる中、現状の高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜は知識の暗記・再生に偏りがちで、思考力・判断力・表現力や主体性を持って多様な人々と協働する態度など、真の学力が十分に育成・評価されていない」と指摘し、『教科型』に加えて現行の教科・科目の枠を越えた思考力・判断力・表現力を評価するため、『合教科・科目型』及び『総合型』の問題を組み合わせるというものである。そして、入試改革と並行して『合教科・科目型』及び『総合型』の導入を現行学習指導要領下で進めていく」としている。一方、課題探究型アクティブ・ラーニング（溝上、2007；2014；；須永、2010）や反転学習（中村ら、2012）、ESD（日本学術会議環境学委員会環境思想・環境教育分科会、2008；宇土ら、2012）などの新しい指導法、「思考力・判断力・表現力」の評価法としてのパフォーマンス評価（中央教育審議会教育課程部会、2010）やポートフォリオ評価などの評価法、さらにルーブリックが学校教育に取り入れられ始めており、教育改革は急速に進みつつある。与えられた知識を獲得し、受容する「学習」から、自らの知的好奇心等を基盤にした既存の知識の批判的な捉え直しを通じた創造的な「学び」が、より問われるようになってきた。授業においても一定の教材を用意してその知識内容を効率的に相手に伝達する「学習」のスタンスから、自分にとって本当に重要な「学び」を拓

いていくことが学び手には求められているのである（田中俊、2015）。ルーブリックは知識注入型から児童・生徒参加型の授業への転換から、評価法が大きく様変わりした表象である。児童・生徒は、求められる結果がどの程度達成される途上にあるか、またどの程度達成されたのかについて、より認識を深められる。この点が、ルーブリックが評価のためのツールとしてのみならず、評価観の変容を促すツールとして位置づけられる理由である（山田ら、2015）。

社会の変化に対応して求められる資質・能力を育成する観点から将来の教育課程を考える場合、体系的な学校種や学年、領域・教科の構成、人間を全体的にとらえ、思考力等（知）と道徳性等（心）を関連づけることが必要であることを示唆している（国立教育政策研究所教育課程研究センター、2012b）。現在、様々なグローバル課題が噴出しているが、土壌問題もそのうちの一つである。グローバル課題である土壌について、教科を超えて横断的、合教科的に取り上げ、多面的にアプローチし、問題解決策を探る教育手法を構築することは重要である。吉崎（1999）は、「わが国の学校教育が抱えている問題点の1つは、各教科で学習したことが子どもの中でバラバラに分断化されていることである。」と述べ、「ある教科で習得した知識や技能を他の教科の学習に生かそうとはなかなかしない。」と指摘する。土壌は、様々な教科科目で取り上げられて学習しているが、「チェルノーゼムやプレーリー土はなぜ肥沃であり、世界穀物生産の代表的な場となっているか」という課題に答えられる高校生は皆無である。地理や生物、地学の知識を総動員して考えることはしない。すなわち、知の総合化を図る思考力等の育成が求められる。また、土壌問題を引き起こしている原因として、無計画な自然開発や廃棄物投棄、食生活の変化などの人為的な影響を上げることができる。この点では、人々の価値観や生き方の変容が問題解決には欠かせないわけで、道徳性等が問われることになる。この観点から、土壌教育の在り方を模索し、教科横断型土壌教育を構築して、その実践を通して土壌を深く学び、土壌リテラシーの育成を図る手法は、まさしく教育改革を先取りするものと考えられることができる。

第2節 教科横断型土壌教育の構築

吉崎（1999）は、「21世紀の社会で活躍する子どもたちは、私たち大人以上に、総合化された知識や思考・判断力を要求されることになる。このような状況を考えたとき、現在の教科学習の閉塞性を改善する1つの方策として、総合的学習への期待は大きい。」と述べている。そして、「教科学習→合科学習（複数の教科を組み合わせた学習）→総合学習（教科の枠組みにとらわれない学習）というように、現段階から「選択教科」学習の一部で合科学習（異教科T・Tの学習）を試行しておくことが大切である。」としている。

橋本康ら（2010）は、問題解決が困難な社会問題を取り上げて、その問題の解決の在り方を児童・生徒が個々に考察することが可能になる授業を開発した。その際、「教科固有の論理」を生かした単元を開発し、数学―家庭科―社会科、理科―家庭科―社会科をつなぎつつ、それぞれの教科の学習の「発展学習」として位置付けられるものを想定したとしている。また、綿井ら（2005）は「生徒の『土』に対する関心が低い現状を改善するには、『土』に関する新しい教育プログラムを開発し、積極的に普及啓蒙していく必要がある。」ことを指摘する。土の学習は様々な教科や科目に亘って行われる。しかし、各教科・科目の土の内容の連結が果たされないまま、児童・生徒の土の理解が不消化の状態にある。地球環境を構成し、生態系を支える役割を持っている土は教科横断的に学習することが必要である。

児童・生徒の土への関心の低さ、知識の乏しさが、土壌リテラシーの育成を難しくしている。土壌は、多様な教科・科目で取り上げられており、今日の土壌問題解決には各教科科目の専門知を束ねた総合知の育成が求められる。そこで、本研究では従来型の教科・科目中心の授業形態を教科横断型の授業とする土壌教育の構築（図6・1）を目指した。そして、小学校、中学校及び高等学校での授業実践を通して改善を重ねていき、新しい授業形式として確立することを目標とした。実際には、総合課題を設定し、多様な教科科目からアプローチして児童・生徒の土壌への関心・理解を高め、必要な知識を身に着けさせるとともに教科横断的に課題解決する方策を探ってきた。その結果、土壌をコアとした教科横断型の学習指導方法を開発する試案を作成することができた。この試案に基づき、高等学校で実践を行い、問題点、課題を洗い出し、改善を行った。

しかし、学校現場で教科横断型の授業を展開するには、土壌を取り上げ、扱っている教科科目担当者の協力を得なければ難しい。そこで、教科横断型土壌教育の授業実践プロセスを図 6-2 の通りとした。この試案を学校責任者である校長に概要説明し、校長から各教科主任、そして教科科目担当者へと説明されていった。教科横断型土壌教育の授業を実践する上で、校長のリーダーシップが重要となる。教師主導型授業から課題解決型授業への転換を試みる上で、その理念や授業法などを理解して教職員に働きかける。教科横断的な学習は、1999年改正の学習指導要領（文部科学省編、1999a;1999b）に登場した「総合的な学習の時間」に表れている。しかし、教科横断型の土壌教育は各教科科目の中で土壌に関する共通の課題をいくつか設定し、それらの課題について各教科科目の特色を生かした授業を展開していく中でアプローチしていく。そして、各教科科目が集まった「総合授業」を行って、共通課題の解決に向けた意見交換等を行い、まとめる。最後に、4つの観点から評価する。

その後、校内に土壌を学習指導している教科・科目担当者会議を開催した。この会議で、土壌指導の新しい方法として、従来のような教科型ではなく、教科横断型による土壌教育である試案を実験的に実践することについて話し合う。次いで、各教科・科目で使用している教科書の中の土壌記載をPDF化し、試案作成者に送付した。試案作成者は、それらをまとめた後、各教科・科目担当者に送付する。各担当者は、事前に資料に目を通しておき、次の担当者会議で質疑を行い、共通課題を設定する。その後、各教科・科目担当者の授業を互いの授業を参観し、情報交換する。土壌に関するすべての授業終了後、児童・生徒は教科横断型課題に取り組み、パワーポイント、ポスター等を使ってまとめる。そして、発表・質疑応答を行い、反省とさらなる課題を整理して次年度の教科横断型授業につなげていくこととした（PDCA サイクル）。このような教科横断型土壌教育の実践を行い、生徒及び教師へのアンケート調査を実施した。そして、アンケート集計結果や様々な声から改善を加えていった。

今日、グローバル化が急速に進展しており、将来国際社会で活躍することが期待される児童・生徒の地球課題に対する関心や理解力、考える力などの育成は必須である。文部科学省の施策の一つである「スーパー・グローバル・ハイスクール」は英語力だけではなく、グローバルな問題を考える力を高めることを目的にした高等学校づくりを目指している。それには、教科を超えた教科横断型学習の実践が必要であることが指摘されている。この教科横断型学習は、地球環境問題を考え、その解決に向けた探究的学習であるESD（Education for Sustainable Development の略、持続可能な発展のための教育）と通ずるところがある。ESDは、環境問題や国際理解、貧困、人権、気候変動、平和、開発、防災、資源・エネルギー、生物多様性など、多岐に渡る分野が関わって、知識・理解を進め、価値観のもとに行動する人材を育て、持続可能な社会を構築する教育活動である。この活動を通して、思考力、判断力、表現力を身につけることができる。土壌は学際的な教材であり、教科横断的に取り上げるには適している。特に、上記の様々な土壌や土壌問題を課題として、各教科科目の特性を活かして探究的に調べることができる。

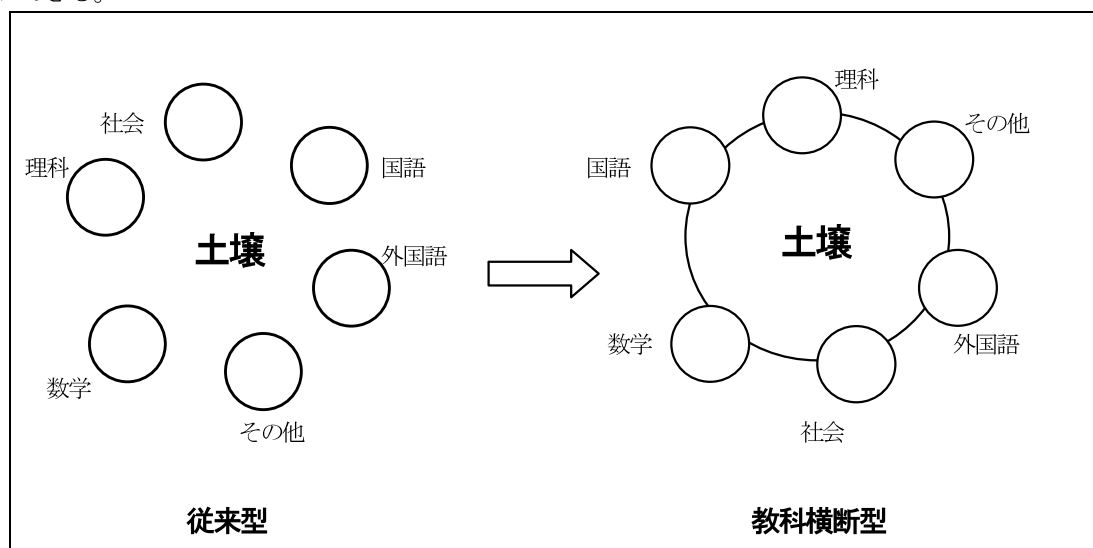


図 6-1 「従来型」と「教科横断型」の模式図

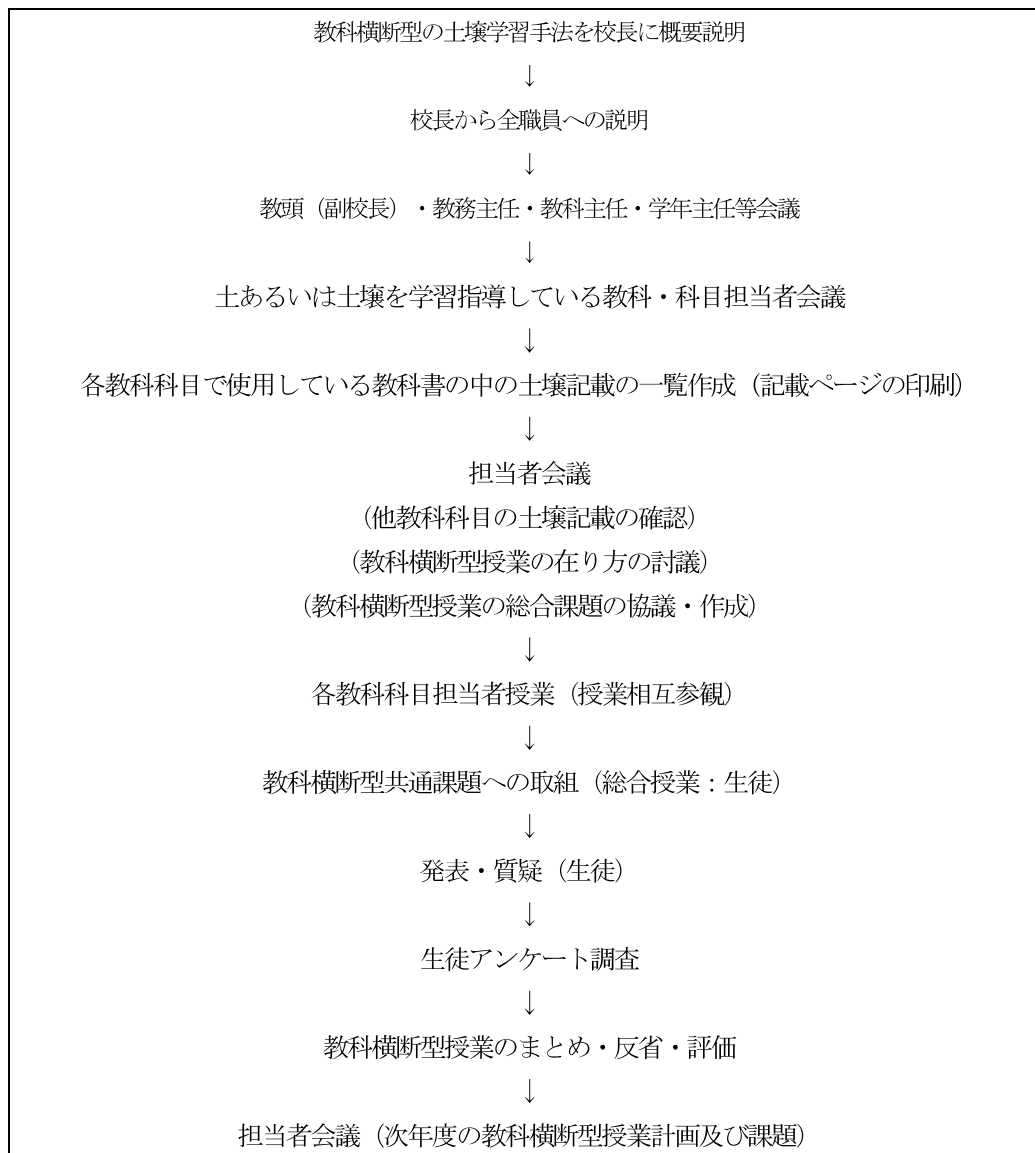


図 6-2 教科横断型土壌教育の構築に向けた関連教科・科目担当者による会議プロセス

実際に土を扱っている教科科目を現場教師に確認すると、地歴地理を最も多くあげ、次いで理科生物や地学、公民現社の順であった（図 6-3）。その結果、関連教科・科目担当者会議では、地歴・公民、理科が主導する形で進行していった。

教科横断型土壌教育の実践では、評価に関して各教科科目担当者間で共通認識しておくことが重要であると考えている。理科の評価では、指導要録の評価の観点の変更されてきており（表 6-1）、1977年には情意の評価項目として「態度」が設定された。1991年には各教科「観点別学習状況」欄の「関心・態度」に「意欲」が加えられた。そして、1980年の「知識・理解」「技能」「思考」「関心・態度」の順が、「関心・意欲・態度」「思考」「技能・表現」「知識・理解」と変更された。学習意欲の育成は大きな教育課題である。中学生に「理科を勉強すると何に役立つか」を問うと、3年生では75%が受験と答えている（理科教育研究会、2006）。そして、「なぜ」、「どうして」という知的好奇心を高めること、「わかる」、「できる」という成功体験が学習意欲を高めることが、学習意欲を育成するとしている。評価の観点の順序を旧指導要録と逆転させ、「関心・意欲・態度」を最初の項目とし、「知識・理解」を項目の最後とした。天野（1993）は、「学習は、関心・意欲の形成を前提に思考を深め、判断力を養い、技能や表現力を養い、その結果として知識・理解に至る。そして知識・理解がさらに知的好奇心を呼びさまし、また関心・意欲を高めて学習態度を形成し、思考を深め学習の次元を高めていくという構造が基本となっている」と述べている。岩崎（2007）は、「指導要録における情意に関する評価

の妥当性や信頼性については、昭和 23 年通知での学籍簿改訂から恒常的に議論が行われてきた」と指摘する一方、「多くの学校においては、評価規準・評価基準を設定して、目標に準拠した評価を実施している。具体的には、評価規準・評価基準を教師＝児童生徒＝保護者で共有するルーブリック、学習の成果を蓄積するポートフォリオ等に照らして学習を振り返る自己評価票といった評価ツールやそれらを仲立ちにして教師と児童生徒が学習の進捗状況を話し合うカンファレンス（会議）といった評価方法などを挙げる事ができる。」としている。教科横断型土壌教育を実践するに当たり、教科科目担当者会議では理科の評価の観点として「関心・意欲・態度」、「思考・判断・表現」、「技能」、「知識・理解」の4点について評価することを共通認識した。

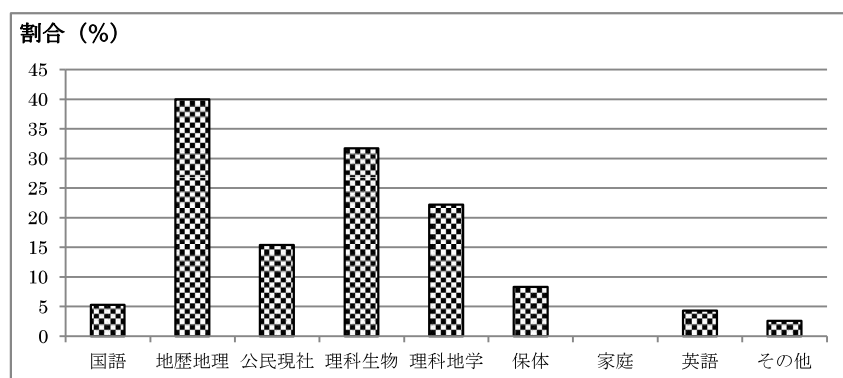


図 6-3 高等学校教師が土を扱っている教科科目別の割合

調査担当校：国語 19、地理 25、公民 13、生物 41、地学 9、保体 12、家庭 9、英語 23、其他 3

表 6-1 理科の評価の観点の変遷

改訂年	指導要録「観点別学習状況の評価」
1947 年	「理解」・「態度」・「能力」（中学校は「理解」・「能力」・「習慣」）
1958 年	「関心」・「思考」・「技能」・「知識・理解」・「応用・創意」
1969 年	「知識・理解」・「能力」・「思考」
1977 年	「知識・理解」・「技能」・「思考」・「関心・態度」
1989 年	「関心・意欲・態度」・「思考」・「技能・表現」・「知識・理解」
1998 年	「関心・意欲・態度」・「思考」・「技能・表現」・「知識・理解」
2010 年	「関心・意欲・態度」・「思考・判断・表現」・「技能」・「知識・理解」

第3節 高等学校における教科横断型土壌教育の実践

第1項 学習指導要領に記載された指導内容から見た教科横断型土壌教育

小・中・高等学校の各教科・科目の教科書に見られる土壌記載内容等（表6-2）を見ると、多岐に渡っていることがわかる。小・中学校では、主に理科と社会、高等学校で理科生物・地学と地歴地理、公民現代社会を主として多様な教科科目で取り上げられていることが明らかである。そこで、主に高等学校における教科横断型土壌教育の構築・実践に取り組んできた。高等学校「地理歴史・地理A」の「現代世界の特色と諸課題の地理的考察」で「環境、資源・エネルギー、人口、食料など」、「地理歴史・地理B」の「現代世界の系統地理学的考察」で「気候・植生・土壌」や「世界の資源・エネルギー、食料問題」が取り上げられる。理科では、「理科・科学と人間生活」の「人間生活の中の科学」で「土壌微生物」が取り上げられる。「生物基礎」の「生物の多様性と生態系」で「生態系と物質循環」が取り上げられる。「生物」の「生態と環境」で「遷移と土壌形成」や「生物多様性」が取り上げられる。「化学」の「有機化合物の性質と利用」で「有機肥料」が取り上げられる。「地学基礎」の「変動する地球」で「岩石の風化」や「土壌」、「保健体育・保健」で「土壌汚染と健康」が取り上げら

れる。

表6-2 現行学習指導要領に基づく小・中・高等学校の各教科・科目の教科書に見られる土壌記載内容等

学校段階	教科・科目	土に関する内容など
小学校	生活	土の中のいきもの
	社会	農業と土
	理科	地温、植物の成長と養分、地層の最表層に黒土・赤土
中学校	技術家庭・技術	土の種類、作物と土・肥料、土壌要因、単粒構造・団粒構造
	社会・地理的分野	世界と日本の自然、永久凍土、赤土（関東ローム）
	理科第二分野	分解者、物質循環、（炭素の循環、窒素の循環）、実験（土中微生物の働き）
高等学校	地歴・地理	気候帯・植生帯・土壌帯、成帯土壌・間帯土壌、土壌侵食、土壌の塩類化、世界の様々な土壌（ラトソル・砂漠土・赤黄色土・赤色土、黒色土（チェルノーゼム）・栗色土・プレーリー土・褐色森林土・ポドゾル・ツンドラ土・永久凍土、ラグール・テラロッシヤ・テラロッサ）、日本（褐色森林土・ポドゾル）
	公民・現社	生態系の循環と土壌、土壌汚染
	理科・生物基礎	課題研究（例「土壌の探究」）、母材、腐植、落葉層・腐植層、団粒構造、土壌と遷移、ラテライト・チェルノーゼム・ポドゾル、分解者・物質循環、根粒菌、亜硝酸菌・硝酸菌・脱窒菌、実験（分解者による有機物分解、森林林床土壌と校庭裸地の水分量の比較、遷移と土壌養分）、物質循環、植物遷移と土壌形成、団粒構造、土壌侵食
	理科・生物	非生物的環境要因、土壌動物・土壌微生物、土壌流出、実験（地衣動物の種類と個体数調査）
	理科・化学基礎	窒素肥料
	理科・化学	イオン交換樹脂、土壌保水剤
	理科・地学基礎	砂漠化、黄砂、凍土
	理科・地学	土壌（土壌定義）、関東ローム、火山灰土壌、黒ボク土、構造土
	保健体育・保健	土壌汚染と健康
	芸術・美術	絵具、粘土細工、陶芸
	芸術・音楽	土の楽器
	家庭	地産地消
	外国語・英語	soil erosion
総合的な学習の時間	野外土壌調査	

「理科・理科課題研究」で「科学に関する課題設定、観察実験」が取り上げられる。第3学年「家庭（家庭総合）」の「食生活の科学と文化」で「食生活」が取り上げられる。

例えば、高等学校の実践では生物の「土壌動物」、「物質循環における土壌の役割」、「植物遷移と土壌形成」、地学の「岩石の風化・侵食」、「土壌断面」、「火山灰」、地理の「気候・植生・土壌」、「世界の土壌と農業」、家庭の「食物の栄養素」、「地産地消」、保健の「風土病」などを扱う時に授業資料を共有し、情報交換・連携した授業を展開する。そして、それぞれの教科担当が参加して実践する総合課題授業では、生徒たちが「土壌侵食・流出の原因と防止対策」、「放射性物質による土壌汚染のしくみと除染」、「土壌劣化と食糧生産」、「医食同源を考える」などを共通テーマ（表6-3）として考察し、発表・質疑応答を行った。

例えば、総合課題の「身近な土壌資材を追求する」では、近年話題となっている泥化粧品の一つである『クレイパック』や『クレイ洗顔フォーム』、『クレイシャンプー』、『クレイパウダー』等の製品を持ち込み、解説する。このようなパフォーマンスによって生徒たちの土の資材性に対する関心は高まる。一例を挙げると、高等学校理科の授業で、マッド・ハンド&ボディ・ローション（ニュージーランド）を教室に持参して授業を行ったことにより、特に女子生徒の「土は汚い」という気持ちや考えが大きく変わった（表6-4）。むしろ、土が私た

ちをきれいにする、健康にするという感覚さえ、芽生えていた。このような身近な話題や生活用品などを利用した授業や観察・実験を通して生徒たちの土に対する関心や理解は顕著に高まり、土の見方や捉え方さえ変容する児童生徒は決して少なくない。

土が他にどのような資材として活用されているかを調べさせると、生徒たちは強い関心を持ってインターネット等を使って調べる。土は気相、液相、固相の3層から成り、固相は礫、砂、シルト、粘土の4種類の土壌鉱物と腐植、生物から成る。粘土鉱物は、その生成過程の違いで、砂やシルトなどの一次鉱物と粘土の二次鉱物に分類される。この粘土鉱物は、陶磁器や瓦、レンガ・磚子などの耐火物、タイル、セメント、化粧品、薬、顔料・塗料、セラミックスなどの様々な工業原料や材料として幅広く使われている(図6-4)。また、製紙用やゴムの充填剤、製紙のコーティング剤、原油の脱色精製剤、止水材・遮水材、放射性廃棄物処理剤、土壌改良剤、農薬の分散剤などとしても幅広く利用されており、私たちの生活とも密接に結びついている(日本粘土学会編、1997)。

表 6-3 土壌教育に関する教科科目内容と教科横断総合課題(高等学校)

教科科目	土壌教育における関わり	教科横断総合課題
国語	「怒りの葡萄」	<ul style="list-style-type: none"> ・土壌劣化・侵食の原因及び解決の方策を考える ・穀倉地帯の土壌(チェルノーゼム、パンパ土、プレーリー土)の特徴とは何か ・土壌問題と食糧生産との関係を考察する ・森林伐採と土壌流出・砂漠化との関わりを探る ・地球温暖化による永久凍土融解の問題点とは何か ・土壌と健康との関係「医食同源」・「身土不二」・「風土病」を考える ・身近な土壌資材(医薬品・化粧品・陶器・セラミックス・絵具・土の楽器など)を追及する ・森—川—海のつながりによる土壌ミネラルと海洋生態との関わりを調べる ・土壌呼吸と温暖化との関係を考える
理科・生物	土壌生物、団粒構造、遷移と土壌形成、土壌断面、土壌侵食	
理科・地学	岩石の風化・侵食、土壌断面	
理科・化学	有機肥料	
地理歴史・地理	植生帯・気候帯・土壌帯、世界の土壌分布、土壌と農業、土壌侵食・塩類化	
地理歴史・日本史	地租	
地理歴史・世界史	三圃式農業、輪作	
公民・現代社会	土壌侵食	
家庭	地産地消	
保健体育保健	土壌汚染と健康	
芸術・美術	絵画・粘土細工、陶器づくり・彫刻	
芸術・音楽	土の楽器	
外国語・英語	「soil erosion」	
その他(総合的な学習の時間等)	地域の環境調査	

表 6-4 泥石けんやマッド・ローション、クレイシャンプなどの製品を使った授業前後の生徒の土に対する反応

質問事項	授業前		授業後	
	男子	女子	男子	女子
土は汚い	46.9	56.9	22.4	5.2
土に触れたくない	63.3	77.6	34.5	12.1
土は私たちに健康をもたらす	4.1	12.1	36.6	79.3

調査人数：高校3年男子49名、女子58名(1996年)、表中数値は%を表す。

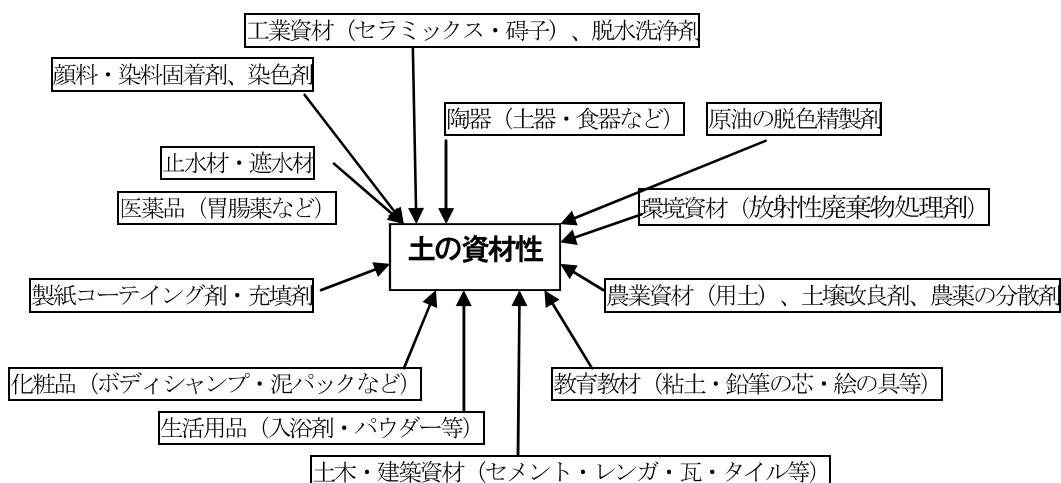


図 6-4 土壌の多面的な価値からのアプローチ

第 2 項 教科横断型授業「総合課題授業」の構築

21 世紀の社会が求めている能力は、様々な知識を束ねる総合知を活用して課題解決の糸口を探る叡智や実行力である。現代社会は環境問題やエネルギー問題、少子・高齢化問題などの様々な課題を抱えており、人類社会全体に関わる問題である。このような課題を解決するには、一つの教科・科目、一つの専門分野だけでは到底無理である。その解決には文理融合が不可欠である。もちろん、専門知が重要であることは明らかではあるが、専門知を有機的に結合していく能力の方が遥かに汎用性は高い。グローバル化が進展する社会で、総合知はますます重要視されていく。しかし、教科科目の境界が明確である現行の学習指導要領の基では、教科を横断して土壌教育を展開することは、教育課程の編成を変更しない限り、円滑に進行しない。教科横断型授業の開発研究(松田、2011)や実践は少ない。そこで、主に土壌を取り上げる生物や地学、地理担当者あるいは家庭や保健担当者も加わって協議し、相互の関連を図り、教科横断的に授業を作っていく必要がある。そして、実践後に正しく評価する学習活動を展開することが重要である。

土あるいは土壌を学習指導している教科・科目担当者会議には、理科の生物、地学、地歴科地理、保健体育科、家庭科、国語、芸術科の教師が集合した。最初に、教科横断型教育の概要、その必要性の動向、先進的な取組などを説明した後、図 6-2 の教科横断型授業の構築に向けた関連教科・科目担当者による会議プロセスを確認し、全員で了解して実行することとした。また、教科・科目担当者は、教科横断型課題を準備、作成し、それぞれの課題に総合授業として取り組ませ、発表・質疑を行った。総合課題としては、様々な土壌問題の中で「土壌侵食」を設定した。土壌劣化によって引き起こされる土壌侵食は、最も深刻な 21 世紀の環境問題である。それは、食料生産や木材生産、養分・水分の貯留、生物多様性の維持など、人類を初め地球生命の基盤となっているからである。わずか 1 cm の土壌形成には数百年を要する。この貴重な地球財産である土壌が瀕に欠けた人間活動の結果、喪失してしまう。人間活動に起因する土壌劣化は、約 20 億 ha、全植生地のおよそ 17% に達する(松中、2013)。一方、地球人口は増え続けており、2050 年には 96 億人に達すると推定されている。松中(2013)は、「土壌保全に努力しなければ、古代文明が衰退したと同じように、現代文明もまた衰退してしまうだろう。地球表面の平均して 18cm の厚みにしか過ぎない土壌の保全に人類の将来がかかっている」と警告している。土壌劣化は、「土壌の物理・化学性が変化し、土壌が有する食料生産などの多様な機能が正常に働かなくなる現象であり、その原因として土壌侵食による土の喪失、重金属汚染や塩類集積などの化学性変化、農業機械による圧密などの物理性変化が上げられる。」(谷山、2010)。深刻な土壌劣化は、世界の土壌の 4 分の 1 に達しているが、谷山(2010)は「降水による土壌侵食(水食)の被害面積が最も広く、全世界では約 11 億 ha に及び、強～極強度の劣化をうけた土地は 2 億 ha を超えている。地域的にはアフリカとアジアの被害面積が多い。風食による被害地は全体で 5.5 億 ha に達し、強～極強度の劣化を受けた土地の割合は全体の約 5% である。化学性変化は 2.3 億 ha、物理性変化は 0.8 億 ha である。アフリカ

や南米では養分の減少が広大な乾燥地をかかえるアジアやアフリカでは塩類集積が主体であるのに対し、工業化や農業の機械化が進んだヨーロッパでは、汚染と圧縮が主な現象である。」と報告している。

それ故、この総合課題テーマを設定し、取り組むことは現生人類の課題であり、その課題解決に向けて思考し、判断し、表現することの可否が教科横断型授業の成否を決めると言っても過言ではない。また、中央教育審議会（2008）答申では、これからの能力として課題発見・解決能力、論理的思考力、コミュニケーション能力、多様な観点から考察する能力（クリティカル・シンキング）などの育成・習得を求めている。

土壌侵食に関する記述を各教科書で見ると、地学基礎では「過放牧により植生が失われて表土流出し、乾燥表土から発生する砂塵が周辺に堆積し、砂漠化する。」、地理Aでは「大規模な農業開発は、土地の生態系を無視して強行されることが多く、森林破壊や土壌侵食・劣化を招いている。」、地理B教科書では「黄土高原では年間降水量が300～600mmと少なく、土壌侵食が深刻である。」と記述されている。しかし、高校生は土壌侵食についての知識はほとんどない（図3-2）。生徒の中には、小学校や中学校時に文明崩壊の主要原因に森林破壊と連動する土壌侵食があることは学習している。小学校6年と中学校2年の国語の教科書に取り上げられているのは、いずれもイースター島の文明崩壊である。前者は「イースター島にはなぜ森林がないのか」（鷲谷、2005）、後者は「モアイは語る——地球の未来」（安田、2015）という文章の中で、人口増大が森林伐採、土壌の劣化・侵食をもたらし、文明が衰亡することが記述されている。

佐藤（1997）によると5世紀初め頃、イースター島に辿り着いた20～30人の人口は1600年頃には9千人に達し、人口増大に従って農耕や家の建築、調理、カヌー製作のために木々が伐採されていったとされる。それに加えて、700年以前に始まったモアイ像の製作に大量の木材を必要とし、森林伐採がさらに進み、17世紀には森林を喪失した。森林破壊は、土壌劣化・侵食を招き、作物の生産は大きな打撃を受け、食料不足・飢餓を来し、人口を養うことができなくなって文明社会は崩壊していった。そこで、実際に土壌侵食をテーマとして、高等学校2校で教科横断的に授業を展開したので、各教科の授業を紹介し、次いで総合授業における生徒のまとめを述べる。

土壌は、様々な教科科目で取り上げられている。「土壌侵食」を教科横断的に各教科科目からアプローチした結果、表6-5のような土壌の指導内容が授業実践された。様々な教科科目担当者が積極的に授業を展開し、「土壌侵食」へのアプローチを行った。授業担当者は、それぞれの教科・科目の特色を発揮し、授業展開していた。国語総合で取り上げられた「怒りの葡萄」は、アメリカの作家ジョン・スタインベック（John Ernst Steinbeck、1902-1968）の小説である。初版は1939年であり、この小説でスタインベックは1940年にピューリッツァー賞を受賞した。その後、ノーベル文学賞を受賞（1962年）した。ほとんどの生徒は、この小説を知らず、映画上演されたことも知らなかった。1930年代、アメリカ中西部で深刻なダストボウル（砂嵐）が発生し、耕作不能となって土地を追われて流民となった農民が続出し、社会問題となった。この地帯は、我が国の輸入穀物の一大供給地である北アメリカの肥沃な穀倉地帯を形成する中央プレーリーであり、1939年代にダストボウルと呼ばれる風食による表土流亡が深刻であった（大倉、2010）。現在、世界では耕地の4分の1が土壌劣化しているが、最も深刻なのは降雨や強風によって表土が流亡する土壌侵食である。世界の山地の土壌侵食速度は $5\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ （約 $0.5\text{mm}/\text{年}$ ）であり、山地を含めない陸地の平均土壌侵食速度は $0.5\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ （約 $0.05\text{mm}/\text{年}$ ）である（駒村ら、2000）。また、普通畑で $0.5\sim 5\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ 、農地の裸地状態で $15\sim 20\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ 、荒廃地で $200\sim 300\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ 、アメリカのワタ・トウモロコシ畑で $30\sim 50\text{m}^3/\text{ha}/\text{年}$ である（駒村ら、2000）。特に、生徒たちは裸地状態の森林伐採地では急速な土壌侵食が生じ、集約的な農業経営が行われている農地での土壌侵食が進んでいることに気づいていた。また、芸術・音楽の授業では土で作られた楽器が取り上げられたが、土笛（オカリナなど）、ウドゥ（土太鼓）、土鈴などがある。オカリナは、小学生の時に演奏をしたことがあるという生徒が多く、よく知られていた。近年は、プラスチックなどで作られているものがあるが、オカリナの材料は粘土である。土によって音色が違うと言われる。粘土は、高温で焼くと、ケイ素が溶けて土のすき間をつなぎ、硬くなる。粘土には、粘性と可塑性があるが、熱によって失われる。生徒の中には、「粘土はそのほか、どんなことに使われているのか。」という質問があり、理科や社会科の教師が答えていた。粘土は陶器や鉛筆の芯、石鹸やシャンプー、医薬品、化粧品、プラ

スチック、紙の原材料である。例えば、紙の中にはカオリンやタルクなどの粘土が入っており、その役割はパルプのすき間を埋めて滑らかにすること、紙を白くすることである。音楽の時間であったが、生徒からは様々な質問が出された。その他の授業についても興味深い内容であふれており、教師たちは互いの授業を参観し合っており、教師たちの貴重な研修の場となっていた。

表 6-5 「土壌侵食」に対する各教科科目からのアプローチ

教科科目	土に関する指導内容	「土壌侵食」へのアプローチ
国語・国語総合	小説「怒りの葡萄」を読む。	ダストボウルから土壌侵食を考える。
地歴・日本史	地租から、土地の価値を評価する。	土地には良し悪しがある。
地歴・世界史	原始人が洞穴の壁に絵を書き残しているが、それは土を使って描いたものである。また、古代文明が土壌侵食によって崩壊していった経緯を考察する。中世ヨーロッパで三圃式農業や輪作が行われ、地力の維持や病虫害を避けるため、同じ土地には異なる作物を期間を置いて周期的に栽培する農法が発達したことを解説する。	人類が農耕を始めて以来、土壌活用が続いたが、人口増加によって土地生産性の過大な要求が土壌崩壊や悪化につながった。その結果、土壌劣化が進み、侵食を受ける土地が広がっていった。その対策のため、人々は様々な農法を開発し、確立した。
地歴・地理	気候・植生・土壌が相互に関連し合って成立していることを、世界の気候・植生・土壌の分布図を見つづ解説する。世界の主要な土壌（チェルノーゼム、ポドゾル、ラテライトなど）の特徴をまとめる。また、近年の土壌侵食や土壌の塩類化などの土壌問題を取り上げ、その原因と対策を考察する。過放牧、過耕作、過開発、森林破壊などが土壌侵食の原因となっている。	世界には気候や植生により、様々な土壌が存在する。大型農業の発展（大型機械の導入、化学肥料・農薬の使用など）や気象異変により、土壌侵食等が発生している。森林伐採や農業開発は土壌侵食を招いており、気象異変なども加わって土壌劣化・侵食、さらに砂漠化の原因ともなっていることを考える。
公民・現代社会	森林喪失により、洪水やがけ崩れなどの災害が生じる。	植林などの土壌保全対策を施すことにより、土壌侵食を防止することができる。
芸術・美術	絵の具の始まりは、赤や黒、黄色の土など色のついた泥である。現在はほとんどが石油から合成された顔料である。 彫刻の素材は粘土である。	粘土は粘土層から採取される。粘土の種類や焼き方などにより、有田焼や備前焼、萩焼、清水焼、樽岡焼、丸谷焼などがある。
芸術・音楽	土で作られた楽器には、土笛（オカリナなど）、ウドウ（土太鼓）などがある。	土の素材を生かした楽器の音色から大地の音を連想する。大地を覆う土に関心を持たせる。
理科・生物基礎	土壌には団粒構造と単粒構造がある。腐植と粘土などが結合して、土壌粒子の塊である団粒を形成する。保水性に富みながら排水性・通気性がよく、植物の生育に適する。団粒構造を発達させるためには、堆肥や緑肥などの有機物を投入する。	単粒化すると、土壌粒子がバラバラになり、侵食を受けやすくなる。アメリカの農地では大型農機の導入による踏圧、化学肥料・農薬使用による土壌生物の減少により、単粒化が進んでいる。そして、風食や水食の被害が拡大している。
理科・地学基礎	過放牧により植生が失われて表土流出する。乾燥地では、蒸発によって塩類鉱物が地表面に晶出する塩類化が進行している。	土壌侵食が過放牧などの人為的作用によることから、人間生活の見直しを考える。

理科・地学	岩石は風化、侵食を受け、地殻の最表層に土壌を形成する。花崗岩由来のまきや火山灰由来の黒ボク土の特徴を解説する。	土壌断面の表層土と下層土に分かれ表層土は植生により覆われており、土壌侵食を受けにくい。
外国語・英語	「Soil erosion」に関する文章を読む。	世界の環境破壊の一つである土壌侵食に関する文を読む。英文のため、生徒は地球レベルで深刻視されている土壌侵食を理解しながら読むので、強い関心を持つ。
家庭科・家庭基礎	中学校では地産地消を題材とした授業が行われるが、高校では食の安心・安全や環境問題、スローフード、フードマイレージと関連付けて扱う。また、地域農業の活性化の観点から扱う。日本は、世界一のフードマイレージを記録する国で、食料の6割を海外に依存している。それ故、世界一の土壌輸入国となっていることに気づく。	農地の土壌侵食が深刻化する中、地産地消は食の安全や地域活性などととも土壌侵食を抑制することにもつながることを気づかせる。トウモロコシ1kgを作るのに2kgの土壌侵食を引き起こすと言われる。
保健体育・保健	ダイオキシンや農薬、産業廃棄物、重金属、放射能などの土壌汚染による健康被害の実態を知る。	土壌は環境を浄化する機能を持っている。とはいえ、大量の排出や投棄はその機能を越えており、土壌汚染をもたらしている。人々の健康を害する汚染は土壌を劣化させ、土壌侵食となっていくことを考える。
総合的な学習の時間	地域の様々な環境を調べる。森林や田畑、空き地、グラウンド、公園などにおける土壌を観察し、植生や土壌生物を調査する。 農林業体験を通して、土壌を学習する	土壌の感触や硬さ、色などが異なることから土の多様性を知るとともに土壌生物の多少などから人為の影響の大きさととの関係を考察する。

第3項 教科横断型授業「総合課題授業」の実践

(1)単元及び評価基準等

各授業終了後、生徒は総合課題授業（表6-6）に参加した。生徒たちは、班別に分かれて総合課題である「土壌侵食」の解決のために各自が取り組むべき改善方策を話し合った。総合課題授業及び評価基準は、次の通りとした。

1. 学年 高校2年
2. 単元「教科横断教科・科目」
理科・生物、理科・地学、地歴・地理、地歴・日本史、地歴・世界史、公民・現代社会、国語・国語総合、外国語・英語、家庭、保健体育・保健（総合授業）
3. 単元目標
様々な授業を通して、総合課題「土壌侵食」の解決策を考える
4. 評価基準
評価基準は、①～④とし、ルーブリック表（表7-6）を用いて評価し、生徒に開示し、手渡す。
①関心・意欲・態度
土壌侵食に関心を持ち、意欲を持って学習活動に取り組んでいる。
②思考・判断・表現
土壌侵食について課題を見出し、その解決を目指して思考を深め、適切に判断し、表現している。

③技能

主体的に土壤保全のために必要な生活の改善、管理などの技術を身に付けている。

④知識・理解

土壤侵食について科学的に理解し、土壤に配慮した人間生活を営むための知識を身に付けている。

5. 本時の目標

生物生存や食糧生産の基盤である土壤の劣化が進んでいることを理解するとともに、その問題点に気づき、その課題解決のために各自が取り組むべき改善方法について考える。

6. 本時（1時間）の学習展開

調べる、まとめる、解説するという言語活動を取り入れることで、知識、理解を深めることができる。また、意見をまとめ、発表する能力を高めるために話し合いの時間を十分に確保する。他者の意見を共有することで、自己の考えを深めることができる。積極的な話し合いをし、土壤への配慮を踏まえたシール記入ができる。他班のシールに書き込まれた内容から新たな気づきが生じる。意欲的に取り組む態度や関心を高めるため、新聞記事やテレビ視聴などの身近で新しい報道内容を積極的に取り入れる。この時、読んだ内容・視聴した内容から気づいたこと、考えた事を文章にまとめさせる。意見をまとめ、発表する能力を高めるために、グループワークやプレゼンテーション、ディベート・ロールプレイなどを積極的に取り入れ、アクティヴ・ラーニング手法による双方向的な授業展開を実施する。生徒たちは、班別に分かれて総合課題である「土壤侵食」の解決のために各自が取り組むべき改善方策を話し合った結果をシールに書き込み、黒板の白紙に張り付けた。

(2)授業実践

共通課題を教科横断的に捉え、多面的な授業成果として土壤侵食を防ぐための様々な方策を創出する努力が、貼り出されたシールから読み取れた（図6-5）。その後、各班から土壤侵食を防ぐ方策が発表され、生徒全員で活発な質疑応答、意見交換が実施された。この時、各教科担当教師も方策を考え、生徒たちから求められた時には、積極的に発表していた。

シールには「日本の食料自給率を上げて、外国依存をやめる政策を実行する」、「ライフスタイルを改善し、肉食化の進行を抑制する」、「人間の価値観を変える教育を行う、国のエゴより地球環境の改善を優先する」など、人間の生き方、価値観、ライフスタイルなどに触れるものがあった。「価値観」、「ライフスタイル」については、様々な意見が出て収拾がつかなくなったため、今後の総合課題とした。「地産地消の促進（食の安心・安全）」では、日本食のことが話題となり、食の外国依存により日本人が食文化を失っていることが話し合われた。また、家庭科教師から食材に含まれる様々な微量元素が日本食離れによって不足していることが子どものアトピーや体の変調をきたしているという指摘があることが話された。それを聞いた生徒たちは、食糧自給率や地産地消の問題を取り上げ、農林業を主体とした地域創生の重要性や自国の農業を発展させる意義を主張していた。近年、コメ離れが急速に進んでおり、パンやパスタ、中華など、小麦が主食となりつつある。家庭科の教師から、パンの主食化により、グルテンの成分の影響による健康問題が潜んでいることが話された。米の1人当たりの年間消費量は、1962年度の118kgをピークに一貫して減少傾向にあり、2013年度には57kgにまで減少している。また、コメの需要量は毎年約8万トンずつの減少している。

全体質疑の中で、生物基礎の授業でアメリカの農業では大型機械の導入、肥料・農薬の多年の使用等で土壤団粒の単粒化が起こって侵食を受けやすくなり、被害が拡大しているとの話があったが、団粒構造（写真6-1）を実際に見たことがないのでわからない。団粒構造は簡単に見られるかが問われた。実際に、教室に実物を持っていき、生徒たちに団粒と単粒の土を見比べてもらった。また、団粒と単粒の土をボードに薄く広げて斜めに置きボード下にポリ容器を設置して、ボード上方からジョーロで水を撒き、それぞれどのくらいの量の土が流出したかを実験した。その結果から、団粒構造を持つ土壤は水に強いことを知った生徒たちは、単粒化の防止を考えていた。

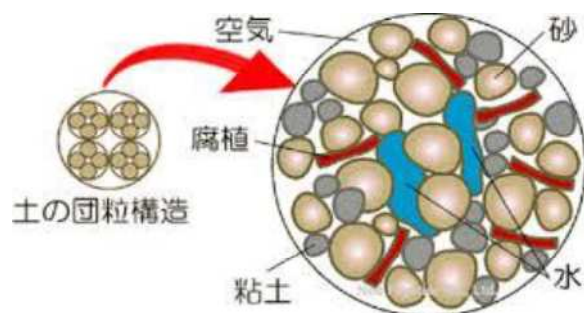


写真 6-1 土の団粒構造図
(blog.new-agriculture.com より掲載)

表 6-6 教科横断型授業「総合課題授業」の学習展開

	学習内容・活動	指導上の留意（観点別評価）
導入 (3分)	<ul style="list-style-type: none"> ・前時の授業を復習する。 ・本時の内容を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・土壌侵食が生じる要因を考えさせる。
展開 (42分)	<ul style="list-style-type: none"> ・各授業で学習したことを整理する。 ・土壌保全に向けた生活の実践できる方法をシールに書き出す。 ・班内で話し合い、まとめを行う。 ・各班の話し合い結果を発表する。 ・各班の発表内容から、新たな気づきをプリントに書き加える。 	<ul style="list-style-type: none"> ・グループ討議を通して、自分の考えを深めさせる。 ・机間巡視しながら積極的に作業を進めるように働きかける。 ・聴く・話す・意見をまとめるなど主体的な学習を实践させる。
まとめ (5分)	<ul style="list-style-type: none"> ・本時で学んだことを確認する。 ・自己評価を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 授業の振り返りができるよう自己評価をさせる。

メモシールの中から、各班は関心のある内容について調べて発表を行った。「土壌侵食とは何か」、「土壌侵食はなぜ広がっているか」、「土壌侵食が深刻な理由は何か」、「土壌侵食を防止するにはどうするか」について、各班の発表概要をまとめると次の通りであった。

①「土壌侵食とは何か」

- ・土壌侵食は、降雨や流水、風などによって、表土が流亡、飛散する現象である。
- ・土壌侵食の原因は、過度の放牧や森林伐採、耕作、開発などで、生態系の破壊や砂漠化を招く。
- ・土壌侵食は、表土流出によって食糧生産できなくなり、食料危機の要因となっている。

②「土壌侵食はなぜ広がっているか」

- ・土壌劣化は世界の農地の約4分の1で進んでいる。
- ・降水量の減少や人間活動（過農耕、過放牧、森林伐採、過開発など）により毎年600万haが砂漠化している。
- ・20年間で世界の5000億トンの表土が流失した。
- ・アメリカでは、グレートプレーンズ地帯で1930年代に大規模な土壌侵食が発生した。不適切な農業と少雨が主因であり、肥沃な表土が失われた。ジョン・スタインバックは、「怒りの葡萄」を著し、アメリカ中西部で発生したダストボウル（砂塵）によって流民となった農民の過酷な生活を描いた。後にスタインバックはノーベル賞を受賞し（1962年）、作品は映画化された。
- ・アメリカでは、大型機械を使って耕作するため、深耕となり、風食を受けやすくなる。
- ・日本の水田は、土壌侵食が起こりにくい。



図6-5 各班から提出された土壌侵食への対応策（ボードに貼られたメモシール）

・アメリカ合衆国は「世界の穀倉」である。「トウモロコシ1トンで2トンの土が失われる」と言われ、農作物輸出は、土と水の輸出である。土の持っている回復力を超えて農業を続けると、土は死に瀕し、やがて様々な土の持つ機能は失われてしまう。団粒構造が維持できなくなって、土はやせ衰え、風によって侵食されていく。また、乾燥すると砂漠化していく。

③「土壌侵食が深刻な理由は何か」

- ・土壌中には多様な生物が生息しており、また多くの植物が生きていくには土壌の存在が必要である。そのため、土壌流出や土壌飛散による土壌喪失は生物多様性を失う。
- ・長い時間をかけて生成された土壌が短時間に失われるが、再生には数千年を要する。
- ・水が保持されなくなり、水不足を招く。
- ・生物が住めない砂漠化が進行する。
- ・様々な自然遺産や文化遺産を失う。

④「土壌侵食を防止するにはどうするか」

- ・我が国では国土の約68%を森林が占めているが、安価な輸入材を大量輸入することにより熱帯林伐採し、深刻な表土流出などの土壌破壊を招いている。そのため、国内の森林崩壊が進んでおり、大きな矛盾を孕んでいる。土壌侵食を防止するには、国産材を積極的に使用し外材輸入を止めること、森林伐採地を植林することなどを実行し、土壌保全に努める。
- ・森林伐採で裸地化した土地は、植生で被覆する。
- ・土壌の単粒化によって侵食を受けやすくなるので、団粒化することが土壌侵食を防止することになる。土壌への有機物施用を推進し、腐植を増やして土壌生物を活性化させる。
- ・日本の穀物自給率は28%、食料自給率は40%である。そのため、毎年5800万トンもの食料を海外から輸入している。しかし、1940万トンの食料が毎年廃棄されている。この量は1日1800カロリーで暮らしている途上国の人たち4600万人分の食料に相当する。日本の食糧自給率を高めていくことが、食料の外国依存を減少させ、強いては外国の土壌を守ることになる。日本は農山村地域の高齢化が進み、過疎化が急進している。農業生産者の高齢化が進んで耕作放棄地は増え続けている。食糧輸出は土壌輸出と同義と言われる。外国では、土壌を疲弊させて食糧輸出しているといっても言い過ぎではないと見られている。食糧自給率の向上は、日本だけでなく世界と環境のためにも重要である。特に、土壌保全の観点から重要なことである。

(3)ルーブリックを使った評価

教師主導の一斉授業の中で、生徒が考える機会は極めて少ない(図6-6)。児童・生徒一人一人の課題やつまずき、到達状況は、明確に把握され、自覚していることが大切である。また、自らの到達状況を客観的に捉え、明確な目標をもって学習に取り組むことにより、自ら学び、自ら考える力、学習意欲が育成される。どこまで目標達成しているかがわかることによって、何が足りないかも把握でき、次の目標に向かって努力することができる。ルーブリックは、形成的評価を可能にするため、個に応じた指導を充実できる。

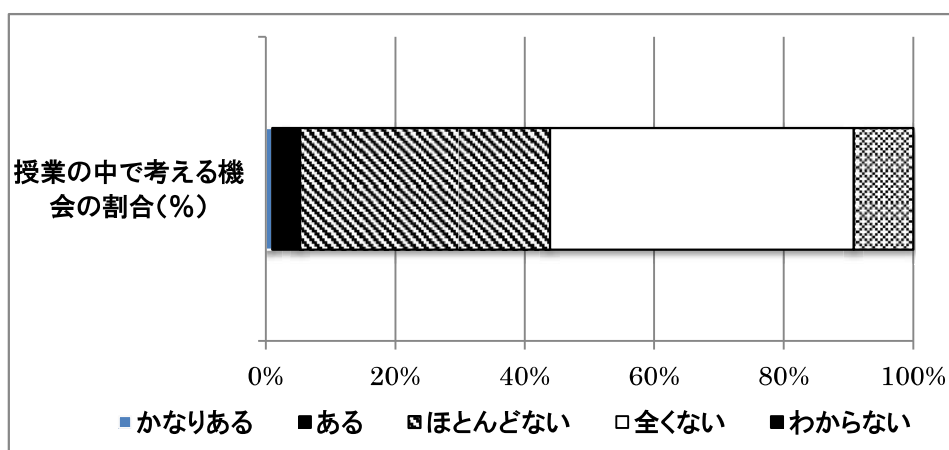


図6-6 授業の中で考える機会の割合
調査対象者：高校2年生134名(2012年)

表 6-7 生徒用ルーブリック

評価の観点	S	A	B	C
関心・意欲・態度	土壌問題に関心・意欲を持って自ら進んで学習した。	土壌問題に関心・意欲を持って学習した。	土壌問題に関心・意欲はあったが、学習が不十分であった	土壌問題に対して関心・意欲が全く持てなかった。
思考・判断	よく考え、十分に判断ができていた。	考えは十分であったが、判断することが不十分であった	考えは十分であったが、判断することが不十分であった	考えがまとまらず、判断することができなかった。
技能・表現	まとまった資料を使い、積極的に発表できた。	資料は十分であったが、発表が不十分であった。	資料は十分であったが、発表が不十分であった。	資料ができず、発表できなかった。
知識・理解	土壌問題を理解し、説明することができた。	土壌問題を理解していたが、説明することができなかった。	土壌問題を多少理解できていたが、説明はできなかった。	土壌問題を理解できなかった。

評価対象：高校2年生 134名

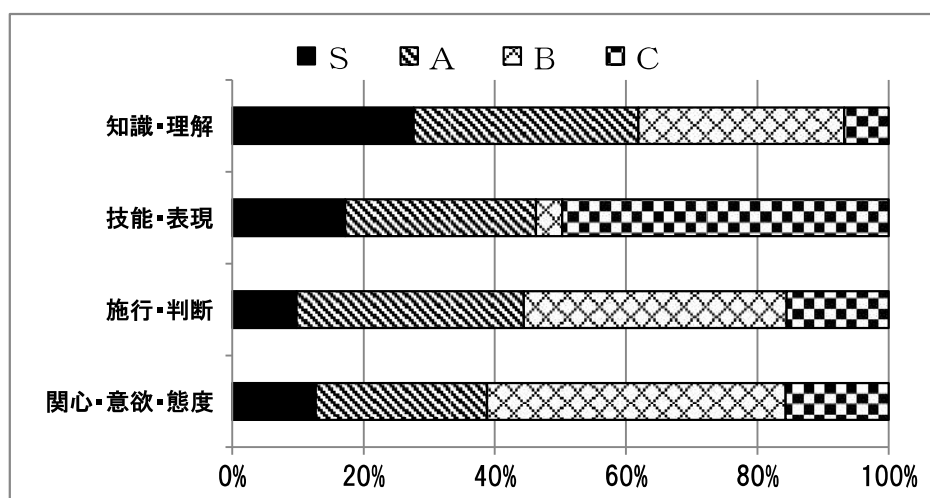


図 6-7 ルーブリック評価表における評価観点別の評価基準分布割合

評価対象：高校2年生 134名

土壌問題を教科横断型授業で実践した後、学習指導要領の4つの観点を評価項目としてルーブリック評価した結果、評価基準S、A、B、Cの分布割合は、図6-7の通りであった。技能・表現でCが目立ったのは、普段の授業で発表したり、資料を作成する機会がないためであると考えられる。SとAの合計では、知識・理解だけが6割を越えていたが、関心・意欲・態度の育成に向けた改善が必要である。

第4項 SSH校における授業実践

筆者は、SSH校に12年間運営指導委員（現在委員長）として、SSH校運営事業に関わっている。そして、SSH校で講演や授業実践を行ってきた。理数に特化した教育課程のもと、外部の大学や試験研究機関、博物館などと連携し、最先端の研究、技術や基礎研究などを学ぶことを通して、理系大学に進学する生徒を増やし、将来の我が国の研究、技術の人材育成を目指す高等学校であり、新しい学び方を試みるのに適した学校と言える。SSH校では生徒は理数を得意とする生徒が多く、普段から新聞等で科学ニュースを読んだり、理工系の書籍に積極的に目を向けている。しかし、土壌に関する書物や科学雑誌、話題・ニュースなどはほとんど出会っていないし、関心がない。授業で土壌に関する話題を取り上げ、説明すると、初めて聞いたという生徒が大半で、大きな関心を寄せる。生命や宇宙、バイオ、先端産業などには強い関心を寄せるが、農業や林業、地質、環境・生態などに対する関心はあまりない。一方、難解な理数、工学、医学・薬学などには関心が高い。このような生徒が多い中で、

土壌を取り上げ、授業実践した。授業の導入として、表 6-8 の質問をしたが各問いに「わかる」と答えた生徒の割合は極めて低かった。

「地球上に土壌が形成されたのはいつ頃か」について、わかると答えた生徒に確認したが、実際には誤答が多く、正しく答えられた生徒はわずかであった。また、「他の惑星や衛星（例えば月）には土壌はあるか」についても正答はわかると答えた生徒の半分くらいであったが、それがなぜかを正しく答えられる生徒は少なかった。この質問で「わからないことがわかる」ことが大事であり、自分を客観視して認知する。このメタ認知は、「認知過程の調整」を行う認知活動と考えられている。メタ認知とは、人間が自己を認識する場合において、自己 モニターの思考そのものや行動そのものを対象として把握し認識することであり、メタ認知を行う能力をメタ認知能力という。生きる力とは、「①自分で課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する能力、②自らを律しつつ、他人と協調し、他人を思いやる心や感動する心など、豊かな人間性とたくましく生きるための健康と体力」と定義されている。メタ認知は問題解決能力を高めるためになくしてはならない重要な役割を担っている。「自らを律しつつ」は「自らをモニターし、コントロールする」ことであり、メタ認知に通じている（中村、2006）。

その後、授業では「なぜ土壌は植物を育てたり、食糧生産の場となれるのか」という問いに答えを出すことを課題 1 とした。1 班 6 名のグループを作り、班内で話し合っ て結論をまとめる。そして、班内の考えや意見を発表し、他班からの質問を受ける。参考として、考える糸口となる情報を提供する。まず、地歴地理では「気候帯・植生帯・土壌帯」が取り上げられ、扱われている。教科書を見ると、詳細に記されている。また、食糧生産量を増加させるために、人は化学肥料を作り、土壌に撒くことを人類は考えてきた。6 種類の土壌を入れた白バットを用意し、生徒たちに自由に観察させる。土壌を触ったり、においを嗅いだりして、特徴を見出し、表 6-9 に観察してわかった土壌の特徴を記入する。そして、植物の育ち方を予測する。白バットの中の土壌は明かさず、各土壌の特徴から植物が育つか否かを推理させる。この時、5 感を最大限使って特徴を見出そうとした体験が重要であり、色やにおい、感触、粒の大きさ（粒度）、湿り気、腐植などを観察していた。これらの観察要素が的確であり、それらを総合して植物の育ち具合を予測していた。生徒たちの予測は、ほぼ正しかった。また、土壌と砂の違いに気づいていた生徒がいたが、両者の違いは植物を育てる基盤となるか否かを知る上で重要なポイントとなる。

表 6-8 SSH 校の高校 3 年生の環境あるいは土壌に関する知識の度合い

質問事項	わかる割合 (%)
土壌とは何か	50.7
土壌はどのようにしてできるか	11.3
地球上に土壌が形成されたのはいつ頃か	69.0
他の惑星や衛星（例えば月）には土壌はあるか	71.8
1 cm の土壌が生成されるのにどのくらいの年月を要するか	7.0
1 g の土壌中にはどのくらいの生きものがいるか	2.8
砂漠化は 1 年間でどのくらいの広さで進んでいるか	2.8
アマゾンには世界の生物の何%くらいの生物種が生存しているか	12.7
世界三大穀倉地帯の地域名とそれぞれの土壌名は何か	26.8
良い土壌とはどのような土壌か	9.9
現在、世界の土壌が危機的状態にあると言われるが、どんな危機か	4.2

調査対象：高校 3 年生 71 名

表 6-9 5 種類の土壌の特徴

白バット No	様々な土壌	土壌の特徴 (感触、色など)	植物の育ち方
1	グラウンド土	ザラザラ、ゴミのにおい、黒土、砂・小石まじり	あまり育たない
2	畑土	さらさら、泥くさい、土粒がそろっている、軟らかい、やや湿っている	良く育つ
3	雑木林土	暗黒色、かびくさい、大小様々な土塊、小動物が多い、腐った落ち葉が含まれている	良く育つ
4	砂土	ザラザラ、灰色、砂のにおい、土の感じがでない	育たない
5	水田	粘る、灰褐色、堅い、ネトネトしている	少し育つ
6	裸地土	ザラザラ褐色、生ぐさい、乾いていて堅い、砂・小石まじり	あまり育たない

表 6-9 から、「植物が育つ土壌とはどんな土壌か」を課題 2 として、班内討議をさせた。植物が育つには、根が健康に育つ土にしなければならない。根が育つ土は、通気性、排水性、保水性に優れ、保肥性（肥料分を保つ力）のある土で、これらの条件を満たしているのが団粒構造の土である。生徒たちは、様々な話し合いにより、他人がどんな考えを持っているか、自分の意見はどうか分かる。また、自分では考えが及ばない、素晴らしい回答が出される場合があり、学ぶことが楽しく、充実していたという感想を述べた生徒がいた。

第5項 「従来型」と「教科横断型」の授業法による土壌に対する関心・理解の比較

21 世紀の食糧生産を考える際、農地面積が現在より増えることが難しいこと、環境異変、途上国の食生活の変化など、マイナス要因が多く、世界で食糧不足が不安視されている。しかし、最も懸念されるのは、土壌劣化である。劣化とは何か、劣化するとどうなるか、劣化がどのくらい進んでいるか、などを説明すると、とても強い関心を寄せていた。一方、途上国の単収が低い理由は、窒素肥料の投入量が少ないためであり（川島、2008）、途上国の経済発展が見込まれる中、肥料投与による食糧増産が期待される。とはいえ、現在の土壌劣化の原因として化学肥料の投与による疲弊がある。化学肥料の使用を繰り返すと、土壌のミネラルバランスが崩れ、農作物のミネラルやビタミンの含有量が変化する。高等学校の課題研究で生徒に図 6-8 を示し、ほうれん草の栄養分の変化の原因が何かを班で話し合わせた。そして、各班から発表してもらった。ある班は土壌中のミネラルが植物遺体の分解→ほうれん草の吸収というサイクルから化学肥料の土壌への施肥によって変わってしまったのではないかと報告した。また、ある班の生徒からは人々の体に変調を来たすのではないかと疑問が寄せられた。生徒たちは、活発な意見交換をして、食糧問題と土壌に関心を持つとともに、世界の土壌問題と日本の食糧確保を問題提起していた。日本の食糧自給率が 28% と著しく低いことに対して、科学技術力を武器に経済大国になっているからよいという考えと気象異変や土壌劣化・侵食、砂漠化あるいは人類の肉食化などの進行が心配される近

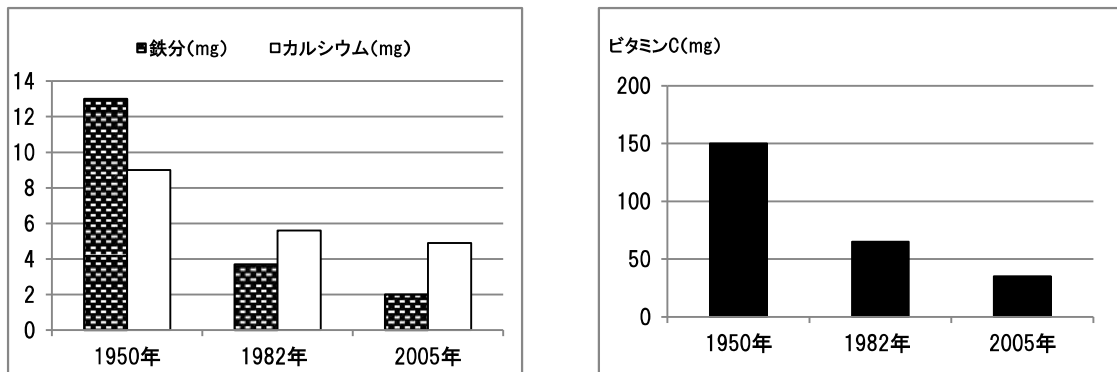


図 6-8 ほうれん草に含まれるビタミンC、鉄分、カルシウム含量の変化

(「文部省科学技術・学術審議会・資源調査分科会、1950 ; 1982 ; 2005」より、グラフ作成)

未来に日本は食糧確保できないで飢餓状態になるという考えが集団を大きく二分する中、結論が出ないまま授業終了となった。「身土不二」や「健土健民」は、作物を健康に育てて、健康な食料を作れば、人の健康が維持されることを表している（松中、2013）。この議論を通して、生徒たちは考える力（批判的思考力）を身につけることの大切さを学んでいた。学校教育法第 51 条（高等学校における教育の目標）3 には、「個性の確立に努めるとともに、社会について、広く深い理解と健全な批判力を養い、社会の発展に寄与する態度を養うこと。」とある。この批判的思考（クリティカル・シンキング）能力は、コミュニケーション能力や問題解決能力とともに育成したい目標となっている（楠見、2012）。授業では、ケイ素が骨密度上昇や高血圧予防、硝酸塩・亜硝酸塩のガン抑制、マグネシウムの糖尿病・高血圧に対する効果、ホウ素の脳機能・骨形成への関与など（渡辺ら、2012）の元素が土壌から農作物、畜産物を通して、人間の健康に深く関わっていることを紹介した。

教科横断型授業後の「土壌侵食」に対する関心・理解の変化（図 6-9）では、授業前にほとんど関心を持っていなかったが、共通課題である「土壌侵食」の調査に教科横断的に取り組ませた結果、生徒の関心・理解はかなり向上していることがわかった。質疑の中で、生徒からは「生物基礎の教科書にアメリカの農業では土壌団粒の単粒化により侵食が進んで被害が拡大していると書かれていたが、団粒構造（写真 6-1）を実際に見たことがないのでわからない」ということが出された。その後、実物観察をしたことで、土壌侵食の理解は進んだ。「黄砂について興味を持った」、「世界の土壌侵食が深刻であることがわかった」、「土壌侵食が生じるしくみがわかった」、「土壌侵食の原因が理解できた」などについては成果が得られたが、「土壌侵食の防止行動に参加してみたい」という行動育成や「土壌保全は大切である」という考え方については必ずしも十分とは言えなかった点が課題である。

教科横断型授業は、正解のない社会問題やグローバルな問題を取り上げ、アクティヴ・ラーニング手法によって課題解決していくものである。高等学校学習指導要領解説「総合的な学習の時間編」総説（文部科学省、1999b）には、「21 世紀は新しい知識・情報・技術が政治・経済・文化をはじめ、社会のあらゆる領域での活動の基盤として飛躍的に重要性を増す、いわゆる「知識基盤社会」の時代である。」ことが記されている。また、「外部との連携を強化することが大切である。とりわけ高等学校の「総合的な学習の時間」では、地域にある大学等の高等教育機関、各種研究機関や団体等との連携が期待されている。」としている。この知識基盤社会において求められる課題解決力、生涯学習力、多文化・環境共生力などを育成する「総合的な学習の時間」では、横断的・総合的な学習や探究的な学習の実践が重要である。

1998 年学習指導要領に創設された「総合的な学習の時間」の目標には、「横断的・総合的な学習や探究的な学習を通して、自ら課題を見付け、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、よりよく問題を解決する資質や能力を育成するとともに、学び方やものの考え方を身に付け、問題の解決や探究活動に主体的、創造的、協同的に取り組む態度を育て、自己の在り方生き方を考えることができるようにする。」とあり、横断的学習の必要性が示されている。その後、「総合的な学習の時間」以外の教科での横断的学習への取組の重要性が指摘され、教科横断型授業が注目されるようになった。教科横断型土壌教育授業で得られたことは、各教科で修得した土壌の知識や技能等を相互に関連付けて「知の総合化」を図ることができたことである。高校生の「土壌侵食」への関心や知識は高まり、その保全に向けた解決策を考えるなど、飛躍的な知識活用や問題解決への積極的な取組ができていた。しかし、その取組を普段生活にどのように反映されて行くかについては、必ずしも達成されたわけではない。現在、全世界では水食の被害面積は約 11 億 ha、風食による被害面積は 5.5 億 ha に達する（佐久間ら、1998）。村上（2013）は、「全世界の耕作可能地は陸地 149 億 ha の中 32~44 億 ha と推定されており、現在までのこのうち 15 億 ha が耕地化されている。逼迫する食糧需要を満たすために今後毎年約 2 千万 ha の耕地化が必要と予測される。」としているが、「穀物作付面積は 1950 年に 5.9 億 ha であったものが 1981 年には 7.3 億 ha で極大となり、2001 年には 6.7 億 ha へと減少した。」としている。そのため、約 8.8 億 ha の原生林（FAO、2012）が農耕地拡大の対象となることが予測されており、今後森林破壊による土壌侵食が深刻化することは避けられない。

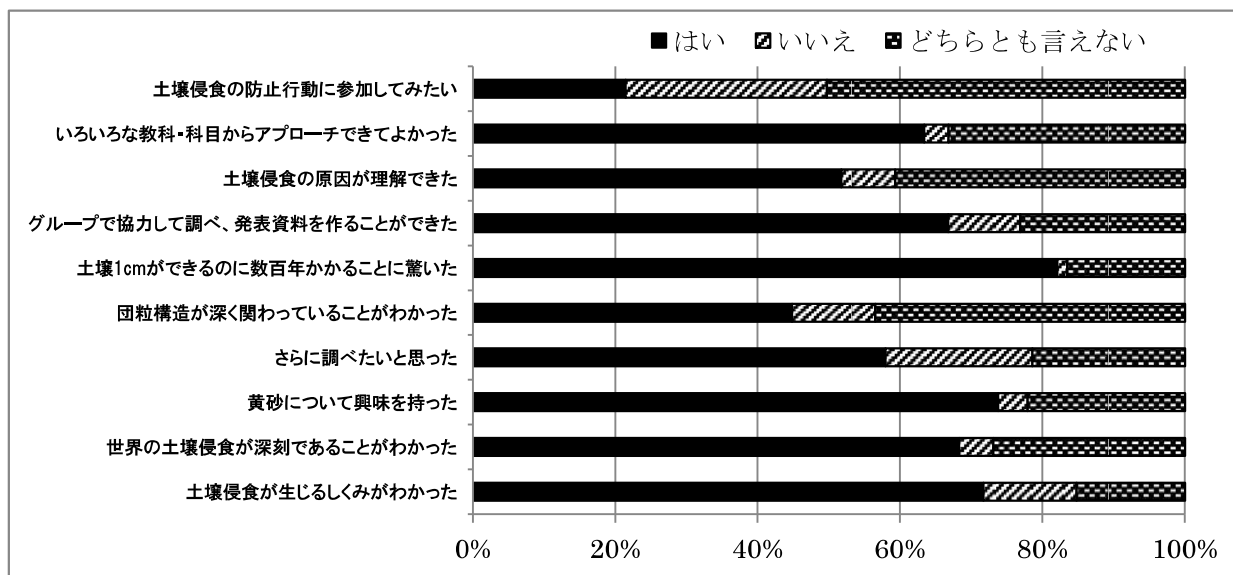


図 6-9 教科横断型授業後の「土壌侵食」に対する関心・理解の変化

アンケート調査対象：高校2年生・高校3年生合計 145名 (2013年)

第4節 教科横断型土壌教育の課題

「教科横断型」授業の実施前は「土に対するイメージ」や「土は汚い、嫌い」という感情的にマイナスな考え方、捉え方の割合が高かったが、実施後はそれが大きく減じており、土のイメージや感情が変化していることが明らかとなった(表 6-10)。そして、「土の感触やにおいは好き」、「土は人の扱いで変わる」、「土は大事なもの」と考える生徒が実施前に比べて大きく増加していた。課題研究授業を体験した生徒たちの変容を確認したアンケート調査の結果は、表 6-11～表 6-13 である。表 6-11 から「土に関心を持った」、「土の存在が身近になった」と感じる生徒が増えていた。しかし、「土の破壊や汚染の問題や保全に取り組んでみたい」は 29.5% (実施前は 11.1%)、「将来土について研究してみたい」は 16.4% (実施前は 5.4%) であり、必ずしも関心や理解の増大の反映とはならなかった。

土壌侵食を考える授業を「従来型」と「教科横断型」で行った後に調査した結果を見ると(表 6-12)、生徒の土壌に対する関心・理解は「教科横断型」で大きく増加していることがわかった。特に、「土壌に関心を持った」、「土壌侵食の問題を総合的に考えることができた」、「土壌侵食の原因がよくわかった」、「土壌について深く学ぶことができた」については、「従来型」と較べて大きく増加していた。しかし、「土壌侵食の防止につながる生活を考える」、「土壌侵食の原因がよくわかった」については変化が小さく、具体的な改善策や行動の在り方までには考えが至っていない。この点は、今後の課題である。綿井ら(2005)は、「我が国は先進国として、環境・食料問題に対応する科学技術を開発し世界をリードしていく人材を、そして後継者不足が懸念されている日本農業の担い手を育成していくためには、理科離れを食い止めることに加え、明日を担う子供たちに、土の大切さや土壌資源の有限性を正しく認識させ、土や環境を保全する態度を育成することが極めて重要である。子供たちの知的好奇心や現場の問題解決能力を引き出す上で大いに効果が期待される。」と指摘する。

「教科横断型」授業体験による中学生及び高校生の土に対する捉え方の変容を、表 6-13 にまとめた。この表から、「土の学習に興味を持った」、「土や自然を調べたり、実験するのが楽しい」、「自然や地球環境に関心を持つようになった」がいずれも 75%以上であり、土壌リテラシー育成の第一歩となる結果である。それに対して、「意見交換や話し合いができるようになった」、「課題研究に積極的に参加できるようになった」のは4割台と低かった。これは、ほとんどの授業が教師主導であり、それに慣れているためと考えている。「土壌問題の防止や解決につながる生活を考える」、「土壌問題の改善に関わる仕事をしたい」についての変化は小さく、具体的な改善策や行動の在り方までには考えが至っていない点は、今後の課題である。次期学習指導要領では、「生きる力」の具体化を図り、①生きて働く「知識・技能」の習得、②未知の状況にも対応できる「思考力・判断力・表現

力等」の育成、③学びを人生や社会に生かそうとする「学びに向かう力・人間性」の涵養を示している（中央教育審議会教育課程企画特別部会、2016a;2016b）。学校が育てるべき学力は「生きて働く力」と捉え、「主体的・対話的で深い学び」を目指す授業改善が必要としている。そして、文部科学省は「学習意欲の向上を図るために学ぶ意義、自己の進路・希望する職業等との関連を意識させた指導の充実」を求めている。

教科横断型授業を実践した教員に対するアンケート調査の結果は、表6-14の通りであった。「土壌をいろいろな教科からアプローチしたことから総合的な授業を展開することができた」、「教科横断型授業を通して、土壌を深く知ることができた」、「他教科・科目でどんな内容を教えているかを知ることができてよかった」、「様々な教科・科目から共通課題に取り組みさせたのはよかった」という項目では、いずれも高い割合で肯定されていた。これは、教科横断型授業の大きな成果であると捉えている。様々な教科科目を担当する教師たちが一堂に会して共通課題に取り組む授業を展開できたことは、学際的色彩の強い土壌教材を扱う土壌教育のこれからの姿であり、児童・生徒の21世紀型学力の育成を果たすことができる教育手法であると考えている。生徒は、積極的に意見を述べるようになった。実践を通して、生徒の課題解決力や批判的能力、根拠のある推論力などは育っていたが、その反面下記の①～⑥の課題が明らかとなった。とはいえ、多くの労力は児童・生徒の満足感や達成感、成就感などによって報われることから、今後とも改善していく価値は極めて大きいと言える。また、土壌を多面的に扱ったり、様々な課題に対応することにより、科学探究の手法を習得するとともに、アクティブ・ラーニングを実践することで自分の考えを发表或し、他人の意見を聞いて自分の考えを振り返ったりする機会が生まれ、深い学びを体験できる。土壌は、自然あるいは人間生活と密接に関わっており、教科等の枠を超えた横断的・総合的な学習、探究的に学習を行う教材として優れている（図6-10）。それ故、創意工夫のある土壌教育を実践することによって子どもたちの思考力・判断力・表現力等を育むことができる。

- ①学校全体で取り組むには、校長のリーダーシップは欠かせない。それには、校長が十分に教科横断型の授業を理解・認識することが重要である。
- ②担当者会議時間設定や課題設定など、準備にかなりの時間を要するので、分担が必要である。
- ③他教科の授業の情報収集や資料作成など、事前準備することが多い。
- ④綿密に連絡・調整することが大事となる。
- ⑤各教科科目担当が関心のある共通課題を選定するのが難しい。
- ⑥生徒のデータ解析・考察、発表資料作成・発表指導・発表練習など、細かい作業やそれに伴う準備に時間がかかる。
- ⑦教科中心型授業を長く実践している中で、教師の指導法の共通理解・認識など難しかった。

総合的な学習の時間については、その課題を踏まえ、基礎的・基本的な知識・技能の定着やこれらを活用する学習活動は、教科で行うことを前提に、体験的な学習に配慮しつつ、とともに、各教科における基礎的・基本的な知識・技能の習得にも資するなど教科と一体となって子どもたちの力を伸ばすものである。

表6-10 野外での土に触れる実習前後の土に対するイメージ・感情の変化

質問項目	実習前	実習後
土に対してよいイメージはない	76.7	28.8
土に触れると気持ちが落ち着く	1.4	15.1
土の感触やにおいは好きである	4.1	40.0
土は気持ち悪く好きではない	68.5	42.7
土は汚いので触りたくない	83.6	47.9
農作業は好きな方である	12.3	67.1
土は人の扱いで変わる	6.8	50.7
土は大事なものである	13.7	67.1

表中数値は「はい」「そう思う」と答えた%を表す。高校2年：134名。

表 6-11 生徒アンケート調査—土について—

質問項目	かなり思う	思う	あまり思わない	全く思わない	どちらとも言えない
土に関心を持つようになった	32.4	45.9	14.5	20.9	6.3
土の存在が身近になった	25.6	42.5	17.4	4.4	10.1
土の知識が増え理解が進んだ	27.5	38.2	11.1	5.3	17.9
土について気になったり、考えたりするようになった	21.7	32.4	24.6	2.5	18.8
土の破壊や汚染の問題や保全に取り組んでみたい	5.8	23.7	38.1	12.1	20.0
将来土について研究してみたい	9.7	6.7	41.8	29.1	20.8

高校2年：134名

表 6-12 「従来型」と「教科横断型」の授業法による土壌に対する関心・理解の比較

質問事項	従来型	教科横断型
土壌について深く学ぶことができた	18.2	77.1
授業に積極的に参加することができた	11.6	65.4
自分の考えや意見を述べることができた	1.1	59.1
土壌侵食が深刻であることが理解できた	9.4	55.1
他人の考えや意見を聞くことができた	2.8	71.6
土壌侵食の問題を総合的に考えることができた	5.0	82.7
まとめや発表により、土壌理解が増した	0	57.5
自然界で土壌は重要な役割を果たしている	10.5	68.5
土壌に関心を持った	21.5	93.7
土壌は人為的影響を強く受けることがわかった	37.6	63.8
土壌侵食を防止する具体策がわかった	1.7	15.0
土壌侵食の原因がよくわかった	16.0	77.9
土壌侵食の防止につながる生活を考える	6.1	24.4
土壌保全は大切であると強く思った	22.7	59.8

高校3年：従来型（教科・科目型）181名、教科横断型127名

表中数値は「はい」の回答%を表している（2014年）。

表 6-13 「教科横断型」授業体験による変容

質問事項	中学生	高校生
土の学習に興味を持った	78.4	75.6
意見交換や話し合いができるようになった	48.6	43.9
土や自然を調べたり、実験するのが楽しくなった	83.8	85.4
考えたり、調べたりすることが好きになった	56.8	65.9
いろいろな教科の観点で総合的に考察することができるようになった	59.5	51.2
課題研究に積極的に参加できるようになった	45.9	41.5
みんなの前で発表することが苦にならなくなった	54.1	61.0
土壌問題の防止や解決につながる生活を考える	21.6	17.1
自然や地球環境に関心を持つようになった	83.8	80.5
勉強する意味や目的を見出せるようになった	51.3	53.7
土壌問題の改善に関わる仕事をしたい	8.1	4.9

調査対象：中学生37名、高校生41名。表中数値は%を示す（2013年）。

表 6-14 教科横断型授業を実践した教員に対するアンケート調査（％、高等学校）

質問項目	教科担当教員		
	理科	地歴・公民	家庭・保健
土壌断面をはじめて観察した	87.0	90.9	88.9
土壌をはじめて掘った	78.3	90.9	100
土壌侵食の発生のしくみは知らなかった	69.6	45.5	88.9
土壌実験をはじめて行った	73.9	81.8	77.8
土壌 1cm ができるのに数百年を要することは知らなかった	91.3	100	100
土壌は岩石が風化して崩れて生じると思っていた	60.9	54.5	77.8
大学で土壌を学んだことはなかった	95.6	81.8	100
土壌が様々な粒子や有機物からなることを実験で知った	56.5	63.6	88.9
チェルノーゼムやプレーリー土が肥沃な理由がわかった	82.6	81.8	88.9
土壌が水をきれいにすることが吸着実験でよくわかった	91.3	100	100
他教科・科目でどんな内容を教えているかを知ることができてよかった	91.3	100	100
様々な地球課題を解決するには教科横断型授業は重要である	87.0	90.9	77.8
様々な教科・科目から共通課題に取り組みせたのはよかった	82.6	81.8	88.9
教科横断型授業を通して、土壌を深く知ることができた	95.6	81.8	88.9
土壌をいろいろな教科からアプローチしたことから、総合的な授業を展開することができた	91.3	90.9	100

アンケート調査対象教師：理科 25 名（生物 17、化学 5、地学 3）、地理歴史・公民 11 名（地理 8、現代社会 3）、家庭・保健 9 名（家庭 3 名、保健 6 名）、表中数値は「はい」と答えた割合（％）を示す（2013 年）。

食糧生産

疾病・健康 地産地消・身土不二・健土健民

酸性雨 土壌汚染（化学物質・放射性物質等残留毒性）・食品汚染

温暖化 土壌機能（生物育成・分解・養水分保持等）

森林伐採 土壌教育 水源涵養・水質浄化

砂漠化 生物多様性

土壌資材（煉瓦・瓦・土器・セラミックス、医薬品・化粧品、セメントなど）

水産物・林産物生産 土壌劣化（土壌侵食・土壌の塩類化等）

物質循環

図 6-10 土壌を取り巻く様々な因子

第5節 まとめ

本章では、土壌を教科横断的に扱うことを模索し、その方策を構築して高等学校で実践した結果をまとめた。具体的には、従来型の教科科目中心の授業形態を教科横断型の授業として土壌教育を構築・実践し、従来型の授業との比較から教科横断的土壌教育の効果を明らかにした。「従来型」に較べて「教科横断型」では、生徒の学習成果は大きく、土壌への関心・理解は高まった。この成果には、ルーブリック評価法を取り入れたことが貢献していると考えている。課題は、担当者会議時間設定や課題設定、指導法の共通理解・認識など、周到に準備しなければならないこと、連絡・調整すること、児童・生徒のデータ解析・考察、発表資料作成・発表指導など、様々なことがある。これらについて、かなりの時間を割いて準備しなければならない。とはいえ、児童・生徒の満足感や達成感、成就感などは大きいことから、授業実践の意義は極めて大きいと言える。また、児童・生徒の土壌教育実践が終生の土壌リテラシーの育成に醸成していくには、長い時間を要する。それ故、生涯学習としての土壌教育の充実・発展を期して、小・中・高等学校連携や諸機関との連携を併せて考えていく必要がある。さらに、21世紀型能力の育成に向けて、環境教育や産業教育、防災教育などと連携して多面的に土壌を捉える教科横断的土壌教育としていくことは、今後の課題である。

第7章 幼稚園児および小学生、大学生、成人の土壌教育

第7章 幼稚園児および小学生、大学生、成人の土壌教育

第1節 幼稚園児の土壌教育

教育基本法第1章第二条（教育の目標）の四には「生命を尊び、自然を大切に、環境の保全に寄与する態度を養うこと。」を受けて、幼稚園教育要領（文部科学省、2006）には身近な環境とのかかわりに関する領域「環境」が設定されている。この領域の目標は「周囲の様々な環境に好奇心や探究心をもってかかわり、それらを生活に取り入れていこうとする力を養う。」こととしている。幼稚園教諭研修会では、土の絵の具を使った絵描きや泥だんごづくりを説明し、参加者に実体験してもらった。後日、ある幼稚園では「土で絵を描く」活動を行った。園児たちは土探しや土の絵の具づくりを体験し、絵を描き、絵の展示会を開催した結果、土に触れ、土の様々な色を発見し、土への好奇心を抱いていた。黒色や茶色、灰色、赤黄色などの絵の具を作っていた。発表会では、園児たちから「みどり色やおお色の土はないの」、「土の色は石の色なんだよね」など、様々な不思議や知りたいことが出された。絵本「土のコレクション」

（栗田、20046）を見た園児たちは「こんなにいろいろな色の土がある」と感激していた。その後、園児の中には「こんな色を発見した」といって、関西や東北など、各地の土を小瓶に入れて幼稚園教諭に見せていた。また、保護者会では泥染め（浅野ら、2009a；日本林業技術協会編、1990；平野ら、2002）が行われた幼稚園もあった。

平成22年8月30日（月）～9月1日（水）の2泊3日で、K幼稚園の園児（年長組、24名）の富士山登山を実行した（写真7-1）。筆者は、自然塾塾長として招かれ、同行した。バス到着地点の5合目は2、305mの森林限界付近であった。すなわち、標高2、400mより高くなると、火山荒原となり、樹木はほとんど見られなくなった。森林限界近くでは、ミヤマハンノキ（根粒菌共生）やフジザクラ、ハクサンシャクナゲ、コケモモ、レンゲツツジ、カラマツなどが生育していた。そこを越えると、辺りに樹木がなくなっていき、砂礫地をひたすら登っていった。時々休憩をとったが、辺り一面砂礫であり、ところどころに窒素栄養を必要としないイタドリやオンタデが見られる程度であった。子ども達からは「何で木が生えていないの」とか「溶岩はどこから来たの」、「なぜ雲ができるの」、「降った雨はどこに行ったの」、「雲はどこで発生するの」などと数多くの質問が出された。即答は避けて、「何でかな」と子ども達に質問を返し、一緒に考えたりした。休憩時には、足元の岩粒を手にとって「この岩のかけらを見てみよう」と話し、ルーペで見せせたりした。第一日目の山小屋に着くまでに岩にへばりついている地衣類、コケ類なども説明した。3、000m近くにある山小屋に宿泊した。夕食後、園児や親、教師の全員が集まり、「何でも会議」が開催された。この会議では、疑問に思ったこと、不思議なこと、発見したことをお互いに話し合い、子ども達が思考し、発表し、判断していく。途中で行き詰った場合には、塾長である筆者が解説したり、ヒントを出す。質問は、植物や昆虫、鳥、星、岩石、など、様々であったが、ここでは「何で木が生えていなかったか」について、園児と筆者とのやり取りを、以下に述べる。

園児：さっき、黒っぽい小石にヒントがあるといっていたけど、あれは溶岩だよ。

塾長：その通り、溶岩のかけらだね。

園児：それには、小さな穴が一杯あった。

園児：地面がすべて溶岩だった。

塾長：溶岩はどこからくるのかな。

園児：富士山が爆発した時に、その噴火口から流れ出したものだよ。

塾長：幼稚園の地面と違うのかな。

園児：幼稚園のは土だよ。

塾長：じゃあ、富士山の木が生えていないところの地面にあるのは土ではないのかな。

園児：違う。土ではない。

塾長：何でわかるの。

園児：かたい。歩いた感じが全く違う。

園児：そうか。土ではないので、木は育たない。

塾長：土だとどうして育つのかな。

園児：土には木が育つための養分があるからだと思う。

塾長：木が育つためには養分だけでいいかな。
園児：それに水が必要。
塾長：養分と水以外に何かあるかな。
園児：わからない。
塾長：富士山と幼稚園で大きな違いがあることに気づいたかな。
園児：おうちがない、コンビニがない、スーパーがない、テレビがない……。
塾長：環境の違いは？例えば、温度はどうか。
園児：2500mを過ぎた時、急に寒くなった気がした。
講師：いいところに気が付いたね。みんなが登ってきたところで、「葉っぱの形が違ってきたよ」という話をしたね。高いところまで登ってくると、広い葉っぱがだんだん減って針状の葉っぱになるんだね。
園児：葉っぱが丸まって、寒さと戦っているんだよね。
講師：その通り。もっと高いところでは葉っぱは丸まっても寒さに耐えられないのかな。
園児：夏なのにこんなに寒いんだから、育たない。
塾長：富士山に降った雨はどうなるの。
園児：溶岩のすき間から流れていってしまう。
塾長：水は岩の中にはたまらない。どこへいってしまうのかな。
園児：塾長さんが歩いている時、富士山には川はないんだと聞いていたよ。
園児：きっと地下水だよ。地下にたまっているんだと思う。
塾長：他に何か違う考えがあるかな。
園児たち：ない。
園児：富士山の底には大きなどうくつみたいなものがあるって、そこに地下水がたまっているって聞いたことがある。
塾長：富士山の5合目から少し上に登ると、植物が生えないのは砂礫地で土がないこと、寒いこと、水がないことでいいかな。
園児：種が飛んでこないというのも理由かな。
園児：種は鳥がはこんでくるから違うよ。
塾長：こんな高いところに鳥が飛んでいるかな。
園児：イワツバメを見た。
塾長：植物が生えない理由はいいかな。
園児たち：いいです。
塾長：土は植物を育てたり、いろいろな動物の生活場所になっている。また、土は落ち葉や動物のしがいを分解する働きをしている。その大事な土が、今風で吹き飛ばされたり、水に流されてなくなってしまうということが世界で起こっている。その原因は、人間が森の木をばっさいしすぎたり、食りょうをつくるために土に負担をかけたり、肉をつくるために放牧しすぎたりしたことにあるらしい。
園児：土がなくなったら植物は生えない。
塾長：どうしたら土を守れるかな。
園児：食りょうをむだにしない。
園児：木を大切にす。
塾長：伐採された木は何に使われるのかな。
園児：家をつくるのに使う。
園児：机やいす、ゆか、かべ、それから……。
塾長：紙をつくったり、まだ発展していない国や地域では燃料にしているんだ。
園児：紙を大事に使うことも土を守ることになる。

塾長：そうだね。

園児：大きな木を切ってしまうと、同じ大きさになるまでに何年かかるのだろう。

園児：20～30年かな。

園児：もっとかかるよ。50年以上。

塾長：木はいろいろなものに使われるとても大切な資源。そして、土を守ることもしている。「森は土を作り、土は森を育てる」って言われているんだ。

園児たちには、難しい内容を加えて様々な説明を行ったが、想像を超える関心の強さと理解には驚かされた。本当は、決して理解していないのではないかという考えもあるが、質問や回答は適切であった。溶岩や火山灰、スコリアなどで覆われた地域では、岩場のすき間などで水分確保と強風から身を守る場所、わずかな土壌が溜まる場所を探したり、根を発達させ、葉っぱを地面すれすれに大きく広げたりするなど、生き物たちはそれぞれ生き残り戦術をとっている。強風や水のほとんどないところでは、スギゴケなどの蘚苔類やハリガネゴケ、チズゴケなどの地衣類が岩にへばりついて生活していた。その様子を観察した子供たちは、自然の中で過酷な戦いを経て生き続けている生命の不思議さ、偉大さに感動している様子であった。



写真 7-1 富士山登山の様子

中央教育審議会（1996）は、子どもたちの今日的な課題を解決する方策として、「生きる力」を育むことや自然体験、生活体験などの機会を増やすことの必要性を指摘している。青少年教育活動研究会（1999）の報告を見ると、生活体験や自然体験の豊富な子どもほど、道徳観・正義感が身についているとしている。また、山本ら（2005）は自然活動を多く体験して卒園した小学1～4年生は運動能力や体力が高く、自然への理解が深く、望ましい生活習慣が身についている子どもであると結論している。さらに、平野（2008）は自然体験活動を多くした青少年は「問題解決能力や豊かな人間性などの『生きる力』がある」、「体力に自信がある」、「環境問題に関心がある」、「得意な教科の数が多い」などの特徴を明らかにしている。今日、屋外遊びをする子どもたちが減り、夜更かしをしたり、偏食する子どもが増えている。核家族化や少子高齢化に伴い、集団で遊ぶことは少ない。特に、幼少期の自然体験活動や野外遊び体験は子どもの感性を育むとともに子ども同士の関係性やコミュニケーション力を身に付ける絶好の機会である。その貴重な体験が失われている昨今、子どもたちの気力や体力、好奇心、探究心などが備わっていない。

学校教育法 23 条 3 は、旧法の「身近な社会生活及び事象に対する正しい理解と態度の芽生えを養うこと」が「身近な社会生活、生命及び自然に対する興味を養い、それらに対する正しい理解と態度及び思考力の芽生えを養うこと」と改正された。それを受けて、幼稚園教育要領には「幼児期において自然のもつ意味は大きく、自然の大きさ、美しさ、不思議さなどに直接触れる体験を通して、幼児の心が安らぎ、豊かな感情、好奇心、思考力、表現力の基礎が培われることを踏まえ、幼児が自然とのかかわりを深めることができるよう工夫すること」と示されたが、その実践は広がっていない。その主な理由は、野外活動の安全性の問題と教師の自然体験に関する指導力不足及び不安である。21 世紀は日本を含め、世界は大きく転換しようとしている。グローバル化の急速な進展の中、将来の稀有な人材である子どもたちの素晴らしい将来には、幼少期の実体験は貴重である。

幼少期の自然体験がその後の子どもの特性にどのような影響を与えるかについて、筆者は高校2年生319名(男子183名、女子136名)を対象に調査した結果を図7-1に示した。すなわち、幼少期(幼稚園～小学校3年)の自然体験活動(どろんこ遊び、虫とり、魚釣り、キャンプ、山登り、川遊び、海水浴、ハイキング、林遊び、雪遊び、砂遊びなど)の有無を調べて「かなりある」・「ある」と「あまりない」・「ない」の2グループに分類し、積極性や責任感、自然への関心、忍耐力、協調性、思いやりなどとの関連を調査した(福田、2011b)。その結果、積極性や責任感、自然への関心、協調性と幼少期の自然体験活動との関係は相関が高く、それらが自然体験活動によって醸成されていることがわかった。この傾向は正義感や誠実さ、公共心でも認められた。一方、忍耐力は「あまりない」・「ない」がともに6割を超えており、必ずしも醸成されないことを示していた。近年、忍耐力は生活習慣や食生活とも深く関わるということが指摘されている。また、思いやりは2グループ間でほとんど差異がなかった。

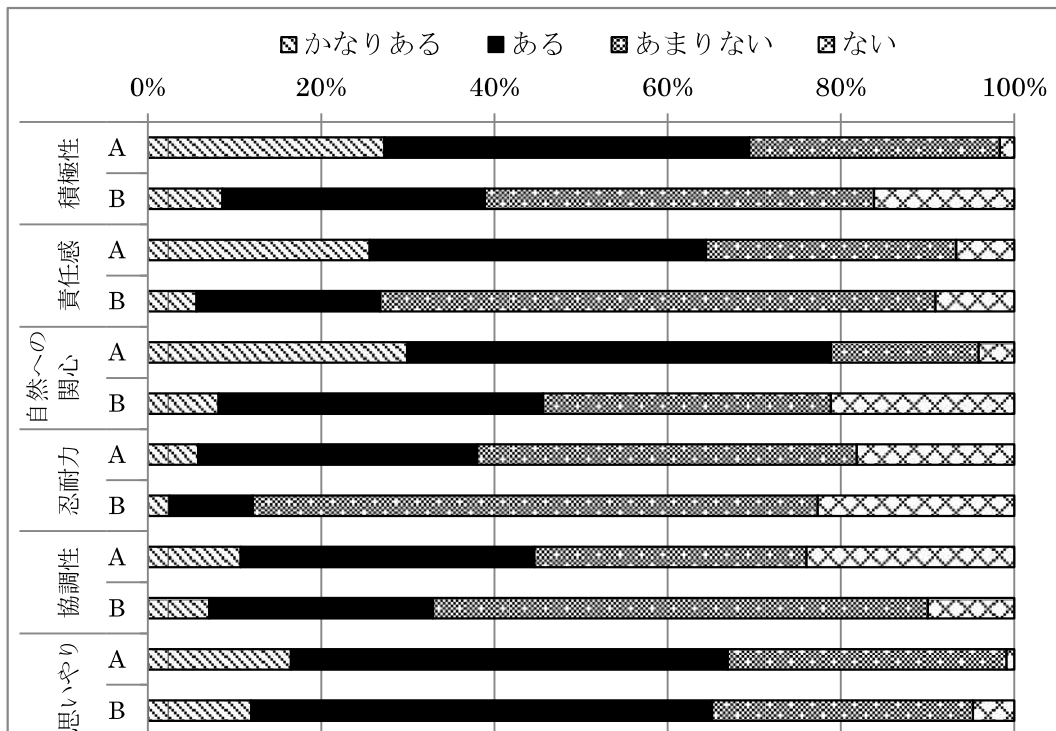


図7-1 幼少期の自然体験がその後の子どもの特性に与える影響
 幼少期(幼稚園～小学校3年)の自然体験活動が「かなりある」・「ある」をA、「あまりない」・「ない」をBとしている。

海洋学者のレイチェル・カーソンは、自著「センス・オブ・ワンダー」(レイチェル・カーソン、1996)で「子どもたちの世界は、いつも生き生きとして新鮮で美しく、驚きと感激にみちあふれています。もしもわたしが、すべての子どもの成長を見守る善良な妖精に話しかける力をもっているとしたら、世界中の子どもに、生涯消えることのない『センス・オブ・ワンダー<神秘さや不思議さに目を見はる感性>』を授けてほしいとたのむでしょう。『知る』ことは『感じる』ことの半分も重要ではないと固く信じています。子どもたちがであう事実のひとつひとつが、やがて知識や知恵を生み出す種子だとしたら、さまざまな情緒やゆたかな感受性は、この種子をはぐくむ肥沃な土壌です。幼い子ども時代は、この土壌を耕すときです。美しいものを美しいと感じる感覚、新しいものや未知なものにふれたときの感激、思いやり、憐れみ、賛嘆や愛情などのさまざまな形の感情がひとたびよびさまされると、次はその対象となるものについてもっとよく知りたいと思うようになります。そのようにして見つけた知恵は、しっかりと身につきます。」と著し、幼児期から自然の不思議さ・素晴らしさに触れることの大切さを説き、かけがえのない自然や環境を保全するための生涯変わらない感性を築く最も大事な時間であることを述べ、幼児期の感性教育の重要性を指摘している。同様なことはピアジェも「心をときめかす驚きは、

教育や科学的探求において、本質的に原動力になるものである。優れた科学者を他と区別するのは、他の人が何とも思わないことに驚きの感覚を持つことである。」（上岡ら、2007）と述べている。自然に関する人間の感性を高めるには、幼少時の原体験が重要である（小林ら、1993）。岩本ら（2007）は、幼児の感性や意欲を高めることを目指し、土や砂を生かした保育実践を教育課程に位置づけ、取り組んで成果をあげている。

第2節 小学校低学年児童

学習指導要領の変遷を見ると、1989年の改訂により小学校第1学年と第2学年の理科と社会が廃止され、生活科が新設された。また、1998年の改定では「総合的な学習の時間」が新設され、小学校第3学年の単元「石と土」が削除された。そこで、生活科の目標の中には「自分と身近な動物や植物などの自然とのかかわりに関心をもち、自然のすばらしさに気付き、自然を大切にしたり、自分たちの遊びや生活を工夫したりすることができるようにする。」ことが記されている。そこで、生活科の出前授業で、土の色を教材として取り上げた授業を実践した。児童に「土にはどんな色があるか」を聞き（参考までに高校生にも同じ質問）、まとめたのが図7-2である。この図から、高校生、高校生ともにくろやちゃいろが圧倒的に多く、幼少期の土との出会いがインプットされて視聴している様子が窺えた。くろやちゃいろ以外では、高校生であかやきいろ、褐色、オレンジ、灰色、あお、しろ、小学生でオレンジとの回答が割合としては低かったがあげていた。実際には、土色は黒、褐、黄、赤、白、青の他、これらの色が混じり合った色など、様々である。小学生には、これらの色の土が入った管ピンを提示した。子ども達は、口々に「きれい」、「こんなにいろいろな色の土がある」と感激を表していた。中には、「赤い土が欲しい」という児童がいた。全員に黒土と赤土と褐色土の入った管ピンを配布したが、とても喜ぶとともに土に関心を持ったようである。土の色に子どもは反応性が高く、土を用いて作った絵の具を使った絵描きや泥染めなど、色彩心理の面でも興味深い（加藤、2009）。

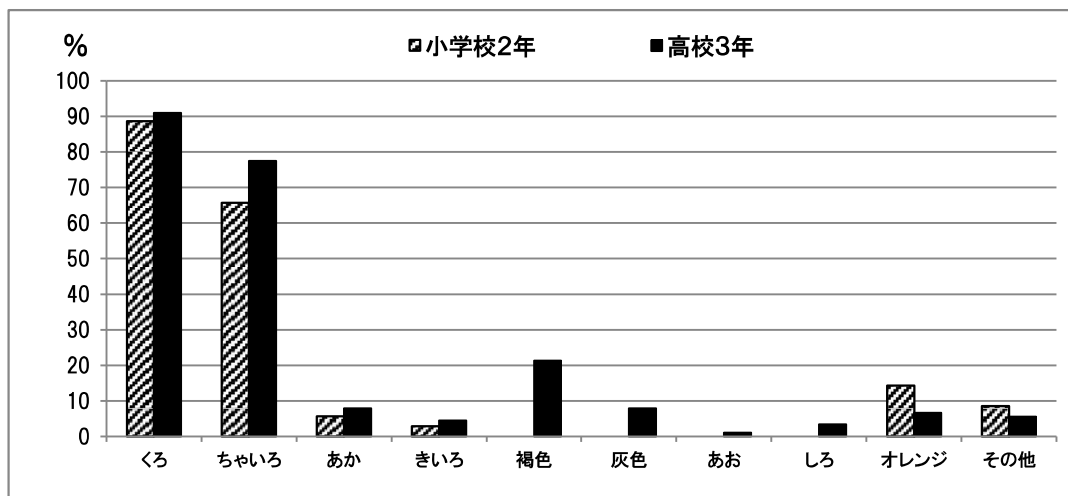


図7-2 小学生と高校生のイメージする土色

調査対象：小学校2年35名、高校3年89名

「土はどんな色をしていると思いますか」に対する回答割合 (%) を示す。

第3節 大学生の土壌教育

幼児教育学科学生を対象に自然体験活動に対する考えを調査した結果、表7-1の通りであった。「自然に興味・関心がある」学生は少なく、「自然系科目（自然科学概論、生活科学、環境科学など）を履修・習得した」割合はわずか3.4%に過ぎなかった。2年後は、大半が保育園か幼稚園などに就職していく学生たちである。しかし、現場の園長に聞くと、「自然については子どもたちが好きで、興味があるので、話題となることが多い」、「幼児期の自然体験は重要と言われているのに知識や経験がない」「身近なチョウやトンボ、花などに全く関心がない教師が多く困っている」、「若い先生は花壇の土づくりなどが全くわからないし、調べようともしない」など

と話しており、「自然についてはしっかり学んできて欲しい」と言う。アンケート調査では、「地球環境問題には関心がある」学生は18.8%であり、学生の多くは「理系科目が好きではなく得意ではない」と答えていた。また、「幼児の自然体験活動の方法はよくわからない」学生が半分以上を占めていた。一方、「幼児期の自然活動は大切である」、「幼児には自然遊びをさせたい」とする学生は3割以上であった。このような現状、自然体験活動の実践が課題となっていることを考えると、幼児教育学科では自然系科目のうち、いくつかは必修化させた方が望ましい。また、自然体験活動に関する実習を積極的に導入するカリキュラム作成を考えたい。また、現場の保育士あるいは教師には自然体験活動実践園での研修会を展開するなど、資質や実践力の向上に努めたい。五感を通して自然の不思議さ、美しさ、すばらしさなどに感動する体験は、豊かな人間性を育成するとともに本物の自然や実物を利用して科学的に思考することやいろいろな考えを巡らすことによって創造力の育成につながる。幼少期の自然体験活動は子どもたちの感性を刺激し、豊かな表現力、発想力を生み出し、児童期・青年期の科学への興味や関心・理解を高め、探究心、思考力の基盤を作る。そして、21世紀を担う人材として成長していくと考えている。地球環境悪化が深刻さを増す中で、次世代を担う人材育成の最も大切な時期に当たる幼稚園・保育園が自然体験活動に関するカリキュラムを作り、実践していくことは極めて重要である。そして、一人でも多くの人達が自然に関心を持ち、考え、行動していくことが地球危機を救うことになる。

表 7-1 幼児教育学科学生の自然体験活動に対する考え

質問事項	はい	いいえ	どちらとも言えない
自然に興味・関心がある。	28.6	67.1	4.3
自然系の科目を履修・習得した。	3.4	9.7	86.9
理系科目は好きである。	8.3	73.5	18.2
理系科目は得意である。	5.5	86.5	8.0
地球環境問題には関心がある。	18.8	58.2	33.0
幼児には自然遊びをさせたい。	37.2	52.6	10.2
幼児の自然体験活動の方法はよくわからない。	50.8	25.2	24.0
幼児期の自然活動は大切である。	32.9	10.2	56.9

調査対象：幼児教育学科2年325人、表中数値は%を示す（2010年～2014年）。

表 7-2 教員養成系大学の学生を対象とした土壌に関するアンケート調査

質問事項	はい	いいえ	わからない
土には関心がない。	74.5	6.2	19.3
土についてよくわからない。	82.0	9.3	8.7
小さい頃、親から「土は汚いから触らない」と言われた。	39.1	55.3	5.6
小学校～高校時に土の学習をしたことがある。	36.6	56.5	6.9
普段土について考えたり、話題になることはないほとんどない。	83.6	10.6	5.8
ダニやトビムシを見たことがある。	8.1	91.3	0.6
小さい頃、泥んこ遊びをした。	24.2	66.5	9.7
土には触れたくない。	59.6	18.0	22.4
岩石や砂が細かくなると土になる。	45.3	17.4	37.3

アンケート対象者：総計161名、表中数値は%を示す（2014年～2015年）。

教員養成系大学の学生に将来について調査した結果、95%は中学校や高校の理科や技術科の教員を志望していることがわかった。表7-2から、「土には関心がない」、「普段土について考えたり、話題になることはないほとんどない」学生が多いのは、土に接する機会や土体験が減少していることが関係していることが考えられるが、

「土についてよくわからない」、「ダニやトビムシを見たことがある」、「小学校～高校時に土の学習をしたことがある」は土壌学習が乏しいことと深く関わっている。また、「土には触れたくない」のは、「小さい頃、親から『土は汚いから触らない』と言われた」ことや「小さい頃、泥んこ遊びをした」ことと関係していると考えられる。

筆者は、幼児教育学科短大及び教員養成系大学で環境科学、地球自然、植物育成に係る授業を担当し、それらの中で土壌を取り上げた内容〔土壌とは、地球の歴史と土壌、土壌生成、土壌の性質と機能（土壌組成・構造、育成・吸着・浄化・分解機能）、土壌生物、地球環境と土壌保全（土壌劣化・侵食・塩類化、温暖化と土壌）、食料生産と土壌、観察・実験など〕を实践した。アクティヴ・ライニング導入による授業を展開し、学生たちは「人間活動と土壌」を課題としてグループワーク、ディベートを行い、パワーポイントにまとめてプレゼンテーションを行った。最後に授業アンケートを実施した。その結果、短大、4大の学生とも土壌に関心を持ったり、知ることができた学生の割合が8割を越えていた（表7-3）。「土壌問題の解決には人間の働きかけが重要である。」ことに気づいたことは成果であったが、「土壌保全に向けた行動をしたい。」が4～5割であり、その具体的方法がわからなかったことが考えられるが、改善すべき課題として認識している。「子ども達に土を教えることは重要である。」と捉える学生は7割以上であったが、「保育士や教師になったら、土を教えたい。」割合が教員養成系大学学生で半数近くしかなく、その理由を聞いたところ、教科書やカリキュラムで土壌はあまり取り上げられていないこと、教科で土壌がそれほど重視されていないことなどをあげていた。溝上（2014）は、教育現場では「一方的に教員が講義を行い、学生はただひたすらそれを聴く。そのような従来型の学びのスタイルを改善し、学生が主体的な学ぶスタイルに移行する。」と「教える」から「学ぶ」へのパラダイム転換を指摘する。このアクティヴ・ラーニングは、21世紀の最大の課題である環境問題の一つである土壌問題を扱うには、学生たちの積極的な学びが見られたこと、学生たちの個人力、グループ力が得られたことからとても有効な教育手法であると考えている。

表7-3 土壌に関する全授業後のアンケート調査結果

質 問 事 項	幼児教育学科学生	教員養成系大学学生
土壌に関心を持った。	91.7	86.3
土壌について知ることができた。	82.8	83.7
自分で調べて発表できたことがよかった。	76.9	67.7
グループ討議がよかった。	85.5	69.6
調べ方、まとめ方が学べた。	88.3	58.9
土壌保全に向けた行動をしたい。	41.5	50.3
子ども達に土を教えることは重要である。	83.4	76.4
保育士や教師になったら、土を教えたい。	73.5	52.8
土壌問題の解決には人間の働きかけが重要である。	95.7	87.0
土壌のでき方や様々な機能を持っていることは全く知らなかった。	87.1	64.0

調査対象：幼児教育学科学生 325 人、教員養成系大学学生 161 名

表中数値は「強くそう思う」、「そう思う」と答えた合計%を示す（2012年～2015年）。

第4節 成人の土壌教育

博物館で開催された土壌教室に参加された一般成人に「土壌呼吸と温暖化」を演題として、講義と観察・実験を実施した（2009～2012年、参加者総計71名）。概ね、午前は土壌断面観察、野外土壌呼吸測定、午後は室内土壌呼吸測定、講義、班別まとめ・発表を実施した。土壌呼吸は、簡易濾紙法によって測定した。図4-3を示し、土壌呼吸と地温とが強い相関関係を持つことから、地球温暖化が土壌呼吸の上昇に深く関わることを懸念されていることを説明し、実際にインキュベーターを使って実験を行った。参加者を班別とし、各班が別々の土壌、砂

を使って測定実験を行った。各班は、試験管に土壌や砂を10gづつ取り、水酸化ナトリウム水溶液とフェノールフタレイン液の混液に浸した濾紙片を入れてゴム栓をした後、インキュベーターに入れて濾紙片の変色に要する時間を測定した。各班の結果は、その結果を表7-4に示した。この表から、温度上昇によって土壌呼吸が畑土で2.3倍、林土で1.7倍グラウンド土1.2倍、裸地土1.1倍高まっていることが明らかとなった。砂はほとんど変化がなかった。また、筆者が密閉吸収法によって算出し、グラフ化した図7-3を測定法や分析法などをパワーポイントで解説しながら提示した。これらの図表をもとに土壌呼吸と温暖化についてグループ討議や意見交換を行った。

表7-4 温度上昇が土壌呼吸に与える影響

各種土壌・砂	温度20℃	温度30℃	温度上昇による土壌呼吸の増加
林土	19	11	1.7倍
グラウンド土	53	45	1.2倍
畑土	9	4	2.3倍
裸地土	73	67	1.1倍
砂	496	479	1.0倍

表中の温度20℃時と30℃時の数値は、濾紙片の変色に要した時間（秒）を表す。

その取組について、表7-5の「成人向けルーブリック」により、自己採点していただいた。自己評価の結果は、表7-6の通りであった。この「成人向けルーブリック」では、1975年に開催されたベオグラード会議で示された6つの環境教育の目的を評価項目として設定した。ベオグラード憲章では、環境教育の目的は「環境とそれに結びついた諸問題に関心をもつ人の全世界的な人間の数を増加させること。その人たちは、知識、技能、態度、意志をもち、現在の問題の解決について、個人的にも集団的にも貢献をなしえ、現在だけでなく将来の新しい問題の解決にも貢献しうる人たちであること。」とし、環境教育の目標として、環境問題への関心、知識、態度、技能、評価能力、参加の六つをあげている。この憲章は、今日の環境教育のフレームワークとなっている。この6つの評価項目のうち、認識、知識は達成度が高かったが、評価能力、参加は低かった。土壌リテラシーの育成には、土壌教育の実践が「関心・理解」を高め、「態度・技能」がアップし、「評価能力・参加」が発揮されることが必要であり、最も重要な参加や行動に反映されていくことが望まれる。もはや、今土壌保全に向けた行動をしていかないと、地球の土壌は疲弊しきっていることから守れない。

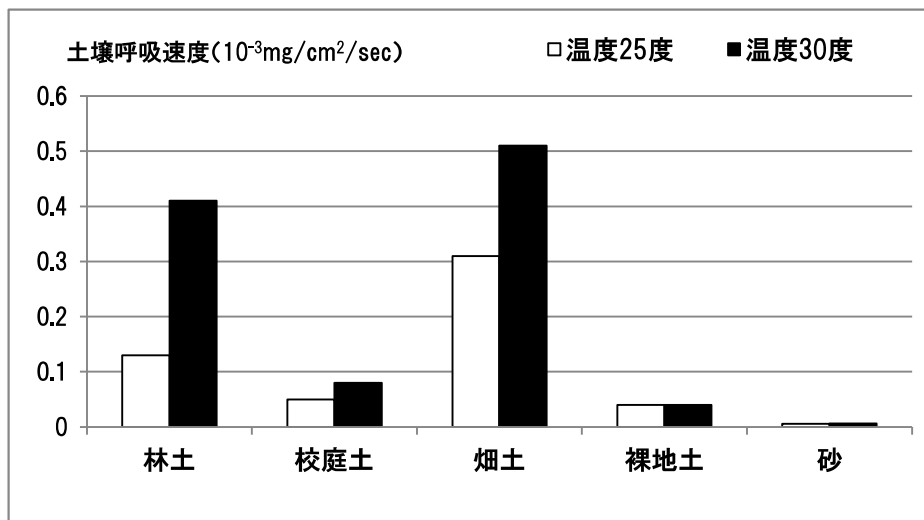


図7-3 温度上昇と土壌呼吸との関係

表7-5 成人向けルーブリック

評価基準	ステップ5	ステップ4	ステップ3	ステップ2	ステップ1
認識	土壌への関心は高く、知識・理解がかなりある。	土壌への関心は高く、知識・理解が多少ある。	土壌への関心はあり、知識・理解が多少ある。	土壌への関心はあるが、知識・理解が乏しい。	土壌への関心がなく、知識・理解が乏しい。
知識	温暖化以外の知識もあり、土壌呼吸との関わりを深く理解している	知識があり、土壌呼吸との関わりを理解している	知識はあるが、土壌呼吸との関わりをあまり理解していない。	知識は多少あるが、土壌呼吸との関わりをあまり理解していない。	知識はなく、土壌呼吸との関わりを全く理解していない
態度	資料を積極的に集め、まとめている。	資料を集め、まとめている	資料を集め、少しまとめて始めている。	資料を集めたが、まとめている	資料を集めたり、まとめることをしない。
技能	観察実験等を手際よく行っている。	観察実験等を行っている。	観察実験等を行っているが、失敗することがある。	観察実験等がうまくできない。	観察実験等を行うことが全くできない。
評価能力	土壌問題をしっかりと把握している。	土壌問題を多少把握している。	土壌問題を考えようとしている。	土壌問題を考えることはあまりない。	土壌問題を全く考えていない。
参加	土壌保全に向けて積極的に行動している。	土壌保全に向けて多少行動している。	土壌保全に向けた行動を考えている。	土壌保全に向けた行動はほとんどしていない。	土壌保全に向けた行動は全くしていない。

表7-6 成人向けルーブリックの自己評価

評価基準	ステップ5	ステップ4	ステップ3	ステップ2	ステップ1
認識	15.5	39.4	35.2	7.0	2.9
知識	14.1	32.4	39.4	11.3	2.8
態度	9.9	19.7	40.8	16.9	12.7
技能	8.6	15.4	35.2	29.6	11.2
評価能力	4.2	9.9	21.1	38.0	26.8
参加	1.4	9.9	12.7	26.8	49.2

調査対象：総計71名、表中数値は%を表す。

海洋研究開発機構（2008）は、「永久凍土地帯は北半球の地表の24%を占め、現在大気中に存在する2倍の量の炭素を閉じこめている。」「シベリアの永久凍土の融解が急速に進んでいる。」と指摘する。また、梁（2009）は、「全地球の土壌中には約15,500億トンの炭素が有機物として存在（地上部の植物炭素の2.8倍に相当）することから、温暖化と土壌呼吸が深く関わる」と指摘している。土壌呼吸は地温と高い相関があり（図4-4）、地温の上昇は土壌呼吸に反映する。今後、地球温暖化が進行する中で、膨大な量をバイオマスとして貯留する土壌の呼吸が増大することが懸念される。特に、我が国の木材自給率の推移を見ると、1955年94.5%、1975年71.4%、1985年35.6%、2000年18.2%と低下し続け、その後少しずつ回復して、2015年には30.8%まになっている。とはいえ、未だ70%近くは外材に依存している。熱帯林伐採後、裸地化して高温化に曝されているため、土壌腐植は短時間で分解されてしまう。また、薄い表土が豪雨とともに流出する光景は多く見られ、やがて砂漠化していく。そして、世界の森林面積の変化を見ると、2000年から2010年まででおよそ5200万ヘクタールが減少したと推定されている（FAO、2010）。世界の森林資源が急速に失われていることにより、野生生物の絶滅危機や温暖化の加速、森林生態系を支えている土壌喪失など、様々な問題が噴出している。しかし、多くの成人は地球が抱えている諸問題をあまり知らないのが実態である。

大学における成人向けの公開講座では、「土と健康」、「土の文化」を講演した。かつては、人間生活には土食の慣習があったとされているが、現在でも病気の予防や治療に土壌が供されている。「アフリカのタンザニアなどでは主に妊婦が土を食べることが報告されているが、土の粘土が有毒な物質を吸着することで悪阻の防止に役立つのではないか。」（久馬、2010）としている。土は、薬の原料ともなっており、人々の健康と深く関わっ

ていることを先人たちは知っており、土を活用していたと考えられる。2015年、大村 智博士は抗寄生虫薬「イベルメクチン」の開発により、ノーベル生理学・医学賞を受賞した。オンコセルカ感染症、疥癬症などの治療薬として威力を発揮し、数億人を救ったと言われる。この物質は、ゴルフ場近くの土から採取した微生物の放線菌が作る抗生物質「エバーメクチン」である。土1gには数千万～数億匹の生物が生息しているが、その大半は調べられていない。特に、自然が豊かで地球上の全生物種の半数以上が生息する熱帯林では、実に98%の生物種が不明とされている。この膨大な生物の中には、将来新しい抗生物質を創出し、難病などを解決する可能性がある種が多数いることが考えられている。しかし、地球上では森林伐採などにより、土壌侵食が急速に進み、表土が猛スピードで失われている。これは、まさに人類の無計画な開発によって大切な地球財産が失われていっていることを示している。

神社は自然崇拜が始まりとされ、自然物である山や森、樹木、岩石などが信仰された。小野(2005)は、「弥生時代には土地を守る神として「産土神」がまつられ、崇められるようになった。『古事記』には石土毘古神という土と家屋を守る神が登場する。陰陽道では『土公神』という神をまつる。」と述べている。我が国では、建築工事前には必ず地鎮祭を行う。参加者は小グループに分かれて、「日頃土とどのような関わりを持っているか」を話し合った。各グループからは、土は農林業を通して食糧などを生産したり、食していること、壁や塀、蔵、土間、土器や陶磁器、レンガ・瓦などとして活用していること、泥石鹸・クレイシャンプー、土の脱臭剤・吸着材、農業資材など、様々な例が出された。小野(2005)は、「日本の気候は四季によって温度や湿度の周年変化が大きいので、その変化をやわらげるためには『土』を材料に使った伝統的な和風建築は科学的にも理にかなった住居様式と言える。」と指摘する。

第4節 まとめ

サルやシカなどの動物が土を食べることは知られているが、「土食は塩分やリン酸などの不足しがちな元素を摂取するための行動である。」(久馬, 2010)と考えられている。

土壌リテラシーの育成には、幼少期から大人の一貫した土壌教育が必要である。それ故、学校教育、生涯学習教育における土壌教育の充実が重要である。特に、幼少期は自然に対する生涯の土台を築く大切な時期であり、様々な自然体験を5感を使って積極的に実践し、感性を身につけて欲しい時期である。我が国は、1960年代の経済成長に伴って、産業構造が大きく転換し、農林業離れ、土壌離れが進み、現在に至っている。学校教育における土壌教育の進展とともに幼児期、大学在学期、さらに成人期における土壌教育の実践が土壌リテラシーの育成となる。

幼児期には、自然の中での遊びや体験を通して、感性を育み、磨く時期であり、レイチェル・カーソンの表現する生涯消えることのない「センス・オブ・ワンダー」を身に付ける重要な成長期である。幼稚園児が富士登山体験の中で木や草、コケ・地衣、溶岩・岩石、空気、水、土、雲、星など、様々な観察や対話、コミュニケーションを通してみたこと、感じたことはとても貴重であると感じた。砂礫地を登る途中で、植物が見られなくなり、土を捉え、食料と結びついていたことは大きな発見である。幼稚園に戻った後も土の話をする園児がいたことから、土壌リテラシー育成の第一歩となったと考えている。幼児教育学科短期大学及び教員養成系大学の学生たちの大方は、将来保育士あるいは教師として子ども達の教育等に関わる職業に就く。しかし、家庭教育や学校教育における土壌教育の消極さゆえに土壌への関心・理解が乏しいのが実態である。短大・4大で、土壌を取り上げ、講義や観察・実験を実施した後のアンケート調査では、土壌への関心・理解は進み、土壌教育の成果が認められた。とはいえ、土壌保全に向けた行動、将来の教育活動の中での土壌教育などについては消極的であり、課題として残った。

成人への土壌教育は、博物館での観察会・科学教室等で実践した。温暖化と土壌呼吸を題材として実験等を踏まえ、グループ討議や意見交換、発表等を行った。その後、自己採点法でルーブリック評価してもらった。その結果、認識、知識は達成度が高かったが、評価能力、参加は低かった。土壌リテラシーの育成には、土壌教育の実践が「関心・理解」を高め、「態度・技能」がアップし、「評価能力・参加」が発揮されることが必要であり、最も重要な参加や行動に反映されていくことが目標であったが、十分には達成されなかった。この点が、環境教育の抱える課題であるが、土壌リテラシー育成にも欠かせない目標である。

第8章 諸機関等と学校教育との連携に基づく土壌教育の模 索と実践及び課題

第8章 諸機関等と学校教育との連携に基づく土壌教育の模索と実践及び課題

第1節 諸機関等と学校教育との連携に基づく土壌教育の模索と実践

21世紀は「知識基盤社会」の時代を迎え、グローバル化が進行する中で、学校教育では「生きる力」を育成する基本理念のもと、子どもの「確かな学力」や「豊かな人間性」などを育むことが求められている。知識・技能の活用力や自分とは異なる文化や背景をもつ人々との関係構築力などを育成することは、変化の激しい社会を生き抜いていく上で、重要である。このような要請に応える学校づくりを進めていくためには、学校の資源だけではなく、学校外の資源を積極的に生かしていくことが必要である。2006年には教育基本法が改正され、その第13条には「学校、家庭及び地域住民等の相互の連携協力」に向けて学校、家庭及び地域住民その他の関係者は、教育におけるそれぞれの役割と責任を自覚するとともに、相互の連携及び協力を努めるものとする。」と規定され、新しい時代にふさわしい教育を実現するには社会全体で子どもの教育に取り組む必要性が求められている。高等学校学習指導要領理科の課題研究では、「指導に効果的な場合には、大学や研究機関、博物館などと積極的に連携、協力を図ること」とあり、「大学や研究機関、博物館などと学校が適切に連携を行うことで効果的な指導が行われていることから、例えば先端科学や学際的領域に関する研究など課題の内容等によっては、大学や研究機関、博物館、科学館などとの積極的な連携、協力を図るようにすること」を示している。連携先としては、これらの機関や施設のほか、教育センターや企業などが考えられる。専門的な指導を受けたり、連携先の機器などを活用したりして、研究の質を高めることが大切である。」としている（文部科学省、2009b）。

土壌リテラシーの育成は、図8-1に示した通り、様々な関係機関と連携して土壌教育していくことにより、達成できると考える。教員は、①理科研修センター（総合教育センターに改変）、②学会、③自然系博物館、④大学等で土壌に関する研修会や観察会、公開授業等で土を学ぶことができる。筆者は、これらの機関で土壌観察会や研修会、土壌研究発表、公開シンポジウム等を体験した。そして、学校教育や社会教育、生涯学習教育を通して、児童・生徒、学生、成人、親、教師などの土壌教育に関わってきた。その結果、着実に人々の土壌への関心は高まり、土壌理解が進み、土壌の大切さ、重要性の認識を持たれる割合が増加した。特に、児童・生徒は知的好奇心が旺盛であり、出前授業等で「土の不思議」をテーマに話をしたり、実験等を行うと強い関心を持つ。また、教師は土壌についての様々な知識や情報、観察実験を入手すると教材化し、学校現場に持ち帰って実践することにつながる。

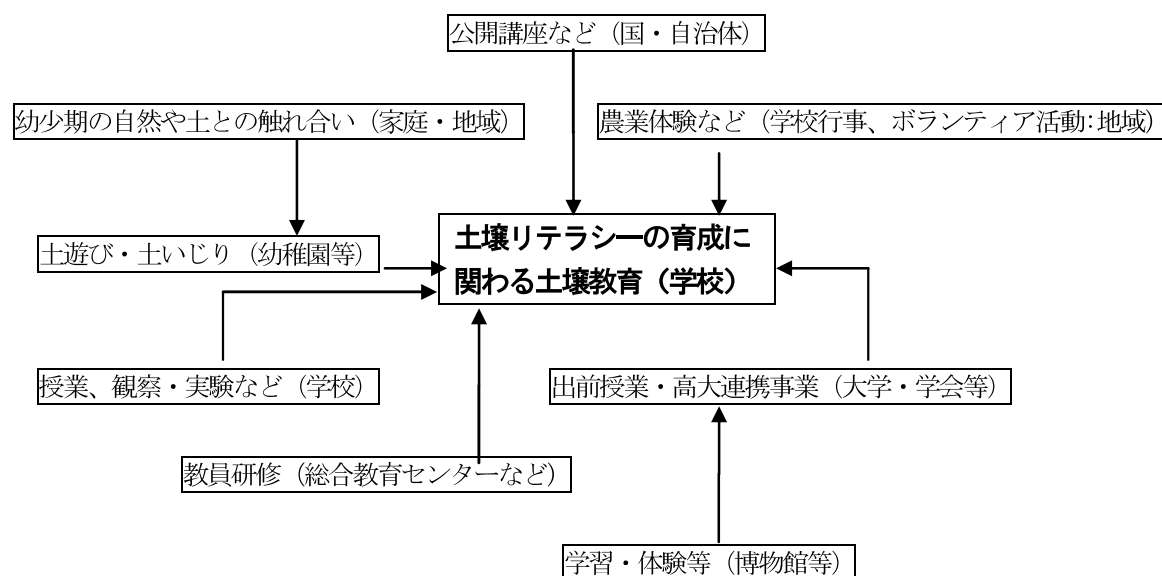


図8-1 土壌リテラシーの育成に関わる土壌教育

理科研修センターでは、土壌呼吸や土壌吸着実験を取り上げ、強い関心を持たれ、その後学校現場で実践されたことが多数報告された。東京都教育研究所では3泊4日で小・中・高校教員対象の現地巡検が実施され、土壌断面観察や野外での土壌呼吸測定実験、土壌動物による自然度調査、土壌形成過程の観察(福田、1995b、1995c、1996a、1998b)を行った。この時もそれぞれの勤務校で土壌実験等を実践したという報告が多数あった。日本自然保護協会等主催の土壌観察会(第1回～第7回)では、褐色森林土や黒ボク土、未熟土、褐色低地土、グライ土、泥炭土を観察し、簡易土壌モノリス作成実習、様々な実験などを行った。土壌観察会が珍しかったことから参加者は全国各地から集まっていた。自然観察指導員対象であったが、小・中・高校教員も参加していた。このような機会を積極的に設定することにより、あまり関心を持たれていない土壌を学校現場で取り上げられるようになる。児童・生徒に土壌教育を実践するには、まず教師が土壌を知ることが第一歩であることから貴重であると考えている。

第2節 諸機関と学校教育との連携の構築

土壌リテラシーを育成する土壌教育を推進するには、幼稚園や学校教育だけでは難しい。近年、高大連携や博学連携などが盛んである。また、埼玉県は小学生が大学で授業を受講する「子ども大学」(当事業は2010年度から始まり、子供の学ぶ力や生きる力を育むとともに地域で地域の子供を育てる仕組みを創るため、子ども大学の開校を推進している。)を開催している。私が担当した「子ども大学」では、小学生4～6年52名が雑木林内の樹木の観察後、落ち葉めぐりと土壌断面観察を体験する授業を行った。落ち葉めぐりでは、腐った落ち葉が土に変化していく様子を観察した。また、土壌断面観察では小学生たちが交代でシャベルを使って試坑を掘っていった。穴掘りは全員が初めてであり、断面の土の色や硬さ、粘り気などが変化することを実体験した。授業後のアンケート調査で小学生の実に9割以上が土に興味を持ち、土が層を持っていること、土の中にいろいろな動物がいること、腐った落ち葉が混じって黒っぽい土になること、下の土は茶色く粘っていること、さらにその下の層には石があることなどをまとめていた。土壌観察後、今世界の土が風雨によって失われたり、汚染されて砂漠化したり、土の働きがなくなっていること、森林を守ることや食糧が作られなくならないように土を保全することの大切さなどを説明すると、しっかりと学んでいた。

中学生が校外授業で博物館を訪れた時には、土壌モノリスを使って説明したり、野外で採集した土を使って様々な観察実験を実施した。その後、生徒たちの発表では普段の学校の授業とは異なる学習をして新鮮だったこと、館内展示に興味を持ったこと、土の観察実験に強い関心を持ったことなどを発表していた。さらに、大学や学会と連携して数多くの幼稚園や小・中・高等学校で出前授業を実践した。このような学校と学校外の教育機関あるいは生涯学習機関などとの連携による様々な学習機会の提供は大きな成果を上げている。そして、園児や児童・生徒の関心・理解・知識の増進などにつながっている。大学、学会、博物館の他にも、都道府県・市町村の総合教育センターや教育研究所、生涯学習施設(動物園・植物園・水族館・公民館・図書館・野外活動センター・ビジターセンター・少年自然の家等)、研究所・試験場、民間企業等、様々な機関を活用したり、コラボレーションすることで、土壌教育の推進や土壌リテラシーの育成のための方法や場の幅が大きく広がっていく(図8-2)。

大学や研究機関を児童・生徒が訪れ、専門家の話を聞いたり、施設の見学をしたりする。事業を円滑に推進するには、国・地方行政の主催あるいは後援があるとよい。申教育基本法に記されている通り、他機関等との連携・協力の推進は、我が国の教育が改善・発展していくことになる故、連携のための申請手続きを行って、バックアップを受けられるようにしたい。

多くの学校外施設では、様々な植物や動物、地質、星座などの自然教室や観察会、探鳥会、調査研究等が実践されている。しかし、土壌観察会を実践しているところは驚くほど少ないのが実態である。かつて、筆者が県立自然史博物館に所属していた時、全国の自然系博物館における土の取り扱いに関する実態調査を実施した(福田、1996b)。その結果、土壌標本や土壌モノリスなどの土壌展示、土の解説版、リーフレットなどがあるという博物館はわずか数%に過ぎず、土壌観察会あるいは自然観察会の中での土の説明などを実施している博物館は皆無に近いことが明らかとなった。また、土を研究している学芸員が極めて少ないことも判明した。土に関する解説書

あるいは冊子があれば、それを観察会で活用することができることから、土壌専門の学会で作成し、配布したことがある（福田、1995c）。小崎（2008）、小崎ら（2009）は、エコツーリズムの中で土壌・環境・理科教育を拓く試みをしている。現在、我が国では超高齢化が進み、過疎化や耕作放棄地などが大きな問題となっている。今後、これらの課題解決策としてのグリーン・ツーリズムやアグリフォレストなどを展開・実践する自治体も増加しており、親子や学校が積極的に体験する方策として、土壌教育活動を考えていくことは重要である。

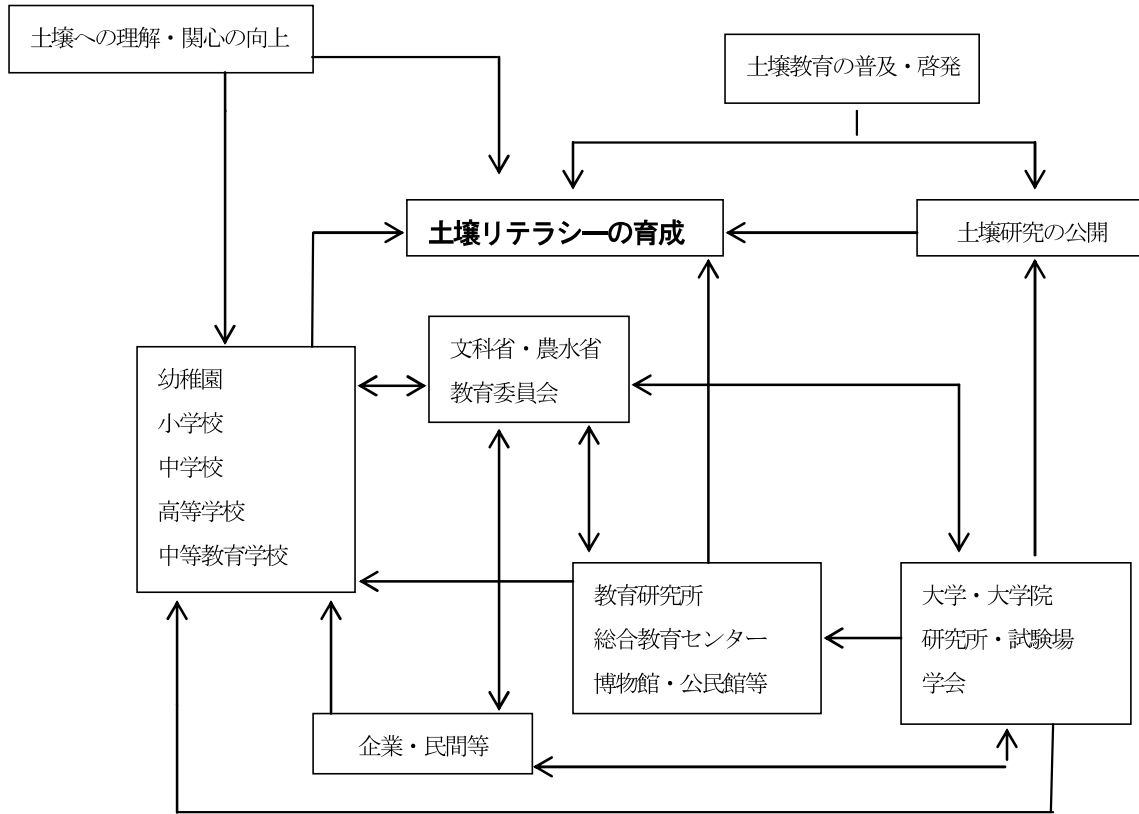


図8-2 土壌リテラシーの向上に向けた土壌教育の推進に向けた諸機関との連携の在り方の関係図

第1項 日本土壌肥料学会における土壌教育の推進のための取組

日本土壌肥料学会は1927年に設立された。1982年には学会内に土壌教育検討会（1983年土壌教育強化委員会、1984年土壌教育委員会に名称変更）が設置された（木内、1984）。設立当時は、様々な環境問題が地球的規模に拡大し始め、土壌劣化に伴う砂漠化が深刻となりつつあった。また、環境教育の普及が叫ばれ、土壌への関心・理解の増進が求められていた。設置後、土壌教育の実態把握のために全国の小・中学校教師対象のアンケート調査を実施したり、小・中学校教科書の土壌記載内容の検討を行ってきた（木内、1987）。1990年代には土壌教育委員会の活動はほとんど行われなくなり、低迷していた。筆者は、2004年に日本土壌肥料学会土壌教育委員会委員長（～2014年）を委嘱され、改めて学校教育における土壌教育の課題を調査した。その結果、児童生徒の土への関心が低いこと、教師の土の知識・理解が乏しいこと、教科書における土の取扱いに問題があること（土壌の内容項目が様々な教科科目に散在している上関連性や系統性が薄い、土壌を使った観察実験が少ない、土壌の指導書がない、土壌記述に誤り及び不明な点があることなど）、親の子どもへの土の指導に問題があること、などが明らかとなった（福田、2014b）。そこで、①親子参加の土壌観察会、②教師対象の土壌研修会、③普及啓発本の作成、④学習指導要領への土壌指導項目・内容に関する文部省（現在文部科学省）への提言・要望、⑤社会人等対象の土壌観察会などを実行してきた（図8-3）。

児童生徒及び一般成人への土壌の理解増進と土壌教育の普及啓発

昭和57年 土壌教育検討会設置
昭和58年 土壌教育強化委員会設置

【取組及び成果の内容】

- ・土壌教育の普及啓発（昭和58年度～平成3年度）
- ・小・中学校教師対象アンケート調査
- ・小・中学校教科書の土壌記載内容の検討
- ・自然系博物館における土壌モノリスの展示促進
- ・諸外国と我が国の教科書における土壌記載比較
- ・文部省への土壌指導・記載に関する申し入れ

【効果】

- ・学習指導要領、教科書における土の記載内容等の改善
- ・土壌モノリス館の開設

平成4年 土壌教育委員会設置

学校教育

- ・小・中学生親子対象の公開講座「土の話と観察会」（科研費補助金による）開催（平成11年度）
- ・普及本の刊行
「土をどう教えるかー新たな環境教育教材ー」（古今書院）（平成10年度）
「土の絵本〔全5巻〕」（農山漁村文化協会、平成15年度）
- ・文科省SPP事業による「土壌教育ワークショップ」（福岡県教育委員会後援）（平成16年度）
- ・小・中・高等学校での土壌教材づくり等の指導助言及び土壌教育の実践（平成10年度以降）

- ・親子の土への関心や理解増進の普及啓発
- ・教師等への土壌教育による授業への積極的取組

社会教育

- ・全国各地の「自然観察の森」での土壌観察会の実施及び土壌モノリス・土壌リーフレットの寄贈及び土壌解説板の設置（平成11年度以降）
茨城県牛久自然観察の森（平成11年度）
神奈川県横浜自然観察の森（平成12年度）
群馬県桐生自然観察の森（平成13年度）
福岡県油山自然観察の森（平成14年度）
宮城県仙台市太白山自然観察の森（平成15年度）
北海道栗山町生きものふれあいの里（平成16年度）

- ・子供から成人までの土壌理解促進
- ・自然観察の森への土壌モノリス及び土壌リーフレットの寄贈
- ・自然観察の森の観察コースに土壌解説板設置
- ・各所での土壌モノリス等を活用した土壌教育の普及啓発推進

平成17年 土壌教育部会設置

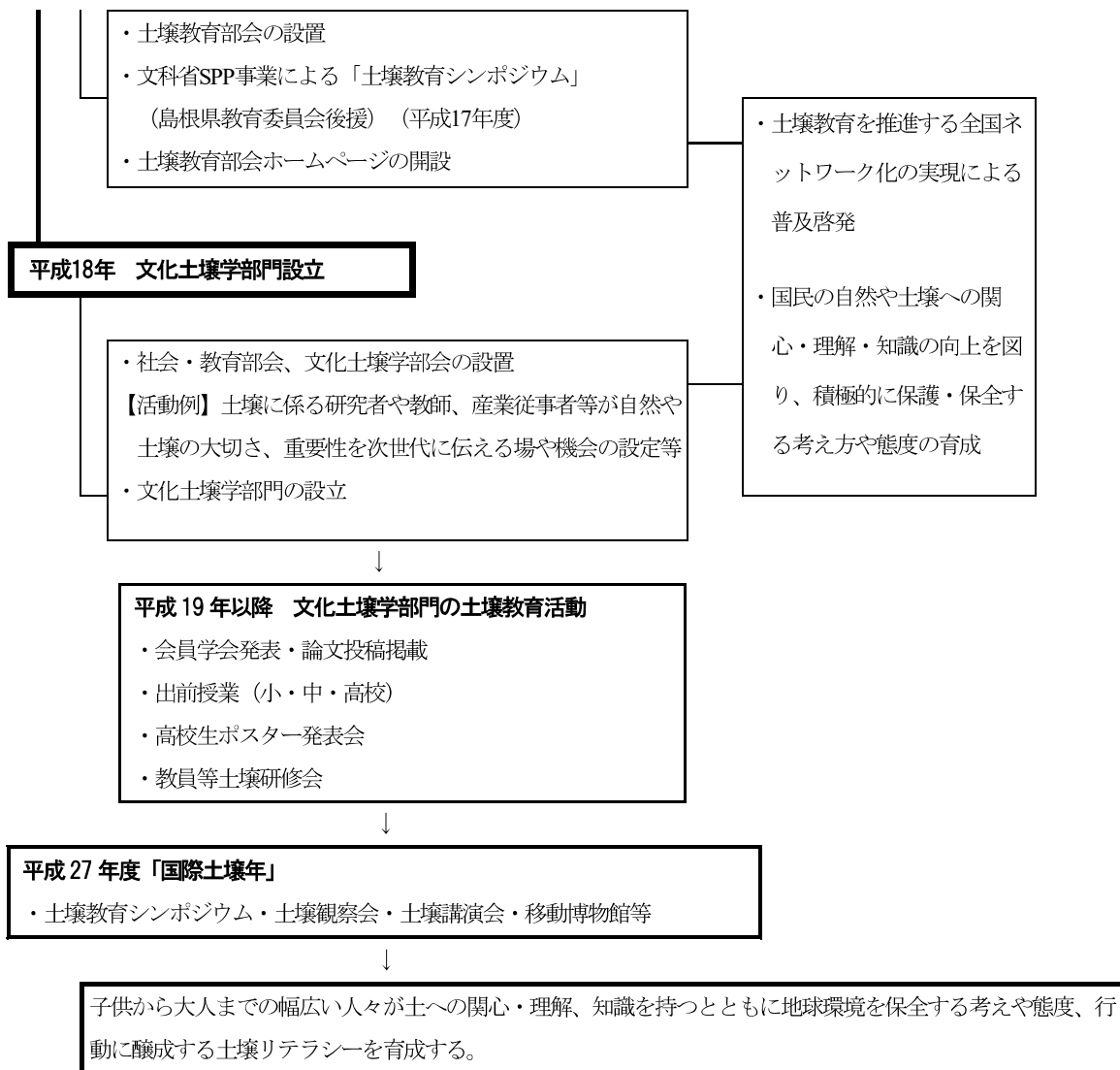


図 8-3 日本土壤肥料学会における土壤教育の普及啓発活動への取組

(1)土壤観察会

1990年代に入り、委員会は土壤の理解増進、土壤教育の普及啓発に観察会が重要と考え、1995年に科学研究費補助金研究成果公開促進費(B)の交付を受け、小学生を対象とした「土の話と観察会」(東京農工大学)を開催した。1999年から2009年の間の全国10カ所の「自然観察の森」(牛久、横浜、桐生、油山、太白山、豊田、姫路、栗東、和歌山、廿日市の各自然観察の森)における土壤観察会を実施した(写真8-1、写真8-2)。この開催には、多くの親子や教員、児童生徒、一般成人が参加し、室内と野外における土壤講義や観察実験などを実施した。また、開催各地で土壤モノリス・観察リーフレットを作製し、それぞれの自然観察の森に寄贈してきた(福田ら、2011;福田、2014b)。また、土壤解説板の設置を行っている。さらに、10カ所で調査した土壤断面の写真及び層位区分データを「土壤の観察・実験テキスト-自然観察の森の土壤断面集つきー」(日本土壤肥料学会土壤教育委員会編、2014)に記載した。その後、各開催地では観察会などの際に土壤モノリスや観察リーフレットを活用しており、大変好評であるとの報告を受けている。

以下に、最後の10カ所目に開催した土壤観察会について述べる。開催日時は2009年8月21日(金)、場所は廿日市市おおの自然観察センター「廿日市自然観察の森」、タイムテーブルは下記の通りで、主催は(社)日本土壤肥料学会土壤教育委員会、後援は廿日市市、廿日市市教育委員会、広島県教育委員会であった。当日は小学生の親子が5組、一般の方が6名参加し、野外で土壤断面観察や室内で土壤呼吸や浄化能の実験、土壤生物の観察、土の絵の具を使った塗り絵を行った。親子とも観察実験等は初めてのことで、「土の中にたくさんの動物が

いたのに驚いた」、「土の断面をはじめて見た。表面近くの黒いところが土として大事な働きをしていることを知った。」、「土の浅いところと深いところで色や硬さなどが違っていた。土の中がどうなっているのかがよくわかった。」、「土も呼吸しているので、生きているということなので不思議だった。土が気持ちよく呼吸するようにしていきたい。」、「土の絵の具で絵を描いたのは楽しかった」などの感想が聞かれた。

タイムテーブル

- 09:30 受付
- 10:00 開会
- 10:00 福田土壤教育委員会委員長（挨拶）
- 10:02 廿日市市課長（挨拶）
- 10:05 諸注意（園長）および参加者自己紹介
- 10:20 土壌の断面観察と土壌の生成過程の説明
実験試料採取（矢内委員）およびモノリス採取実演
- 12:00 昼食
- 13:00 土壌呼吸の観察実験
土壌生物の観察
土壌の浄化能の観察実験
土の絵の具
- 15:00 アンケート記載
- 15:15 実験の講評
- 15:30 解散



写真 8-1 土壌観察会の様子



写真 8-2 土壌実験の様子

(2)教師対象の土壌研修会

2004年には小・中・高校教師対象のSPP（Science Partnership Project：文科省施策）事業として「土壌教育ワークショップ」を九州大学（福岡県教育委員会後援）で開催し、講義、野外実習、観察実験、情報交換等を実施した。参加教師たちは土壌への関心を高めるとともに土壌に対する理解を深めた。2009年、幼稚園～高校教師対象の土壌研修会（狭山市立水富公民館）を開催した（福田、2009b）。その後も毎年土壌研修会を実施している（智光山公園、埼玉県立川の博物館等）。研修内容は、午前（1）雑木林下の土壌断面観察（土壌断面づくり、層位区分調査）（2）観察「落ち葉のゆくえ」（3）水分浸透速度調査、午後（1）観察実験〔①土壌鉱物、②土壌粒子（レキ・砂・シルト・粘土の区分）、③団粒構造・単粒構造、④土壌動物、⑤土壌呼吸、⑥土壌による吸着・水分保持〕（2）講義「土を探る」「土壌危機を考える」などを実施した（福田、2013c）。参加した教師対象のアンケート調査から「土をどう扱ったらよいかわからない」「土は大事だと思っているが知識が乏しい」「土の生成や働きが教科書に載っていない」「土を扱う時間がない」などの理由で、授業で土を取り上げる機会がほとんどないと指摘された。土壌研修会後のアンケート調査（過去2年間の集計：参加教師等203名）から「土に

関心を持った」(93.6%)「土壌や自然に関する様々な知識を得ることができた」(88.2%)「研修会の内容等を授業で取り上げたい」(79.3%)「土を使った観察実験を授業の中で実践したい」(57.6%)「土は児童生徒に興味を持たせる科学教材としてよい」(71.9%)「土壌破壊や汚染の仕組みが理解できた」(82.8%)「土壌保全は遺伝子保存や食糧生産、水源保持などの面から重要である」(91.1%)など、実施前より土壌への関心や理解が高まっていることがわかった。その反面「土はバラエティに富んでいて扱いにくい」(53.7%)「土壌断面観察は専門的であり、実験はテクニックを要する」(76.8%)「土は大切であるが授業で扱う時間がない」(65.5%)などの課題が明らかとなった。2011年、SSH校における土壌観察会を実施し「加治丘陵の植生と土壌」というテーマで露頭観察(地層と土壌、土壌断面)、生態調査(植生と土壌、植物遷移と土壌等)を行った(福田、2011a)。近年、児童生徒の土の研究が多くなり、教師の土壌を取り上げた論文も少しづつ出てきている。また、土壌をテーマとした出前授業の依頼が増える傾向にある。土壌研修会等の実施後、土壌教育に取り組む学校が報告されるなど、学校教育における土壌教育の普及が着実に広がっていることを実感している。今後、更なる土壌教育の普及啓発に向けて土壌教育研修活動の一層の充実に努めることが効果的であると考えている。

(3)普及啓発本の作成

日本土壌肥料学会土壌教育委員会は、今日まで土壌教育の推進に向けて普及本を作成し、出版してきた。1998年教師向けの普及本として「土をどう教えるかー新たな環境教育教材」(古今書院)を刊行した。この書籍は学習指導要領に準拠しており、事例を多数掲載している。その後、学習指導要領の改訂に伴い、改訂版として「土をどう教えるかー現場で役立つ環境教育教材」(古今書院)(浅野ら、2009)を出版した。この書籍は上巻・下巻からなり、上巻は小学校及び中学校、一般向けのものとし、図表や写真、イラストを多く取り入れ、授業や野外観察などでそのまま使えるように編集した。一方、下巻は高等学校向けで、社会や環境の中での「土壌」の役割を理解できるように編集した。生徒は地球上の生態系・食物連鎖・物質循環の基盤になっている「土壌」の役割を理解するとともに、食料生産や資源として人間社会に果たす「土壌」の重要性を学ぶことができる。また、様々な観察実験や課題研究、トピックスを掲載した。さらに、理科(生物、地学、化学など)、家庭科、地歴科(地理)など、土壌に関連した高校の教科科目に役立つ資料と課題学習マニュアルを付記した。

2002年、親子向けの本として「土の絵本」(農山漁村文化協会)を刊行した(日本土壌肥料学会編、2002)。この本は「土とあそぼう」「土の中の生き物」「土と作物」「土と風景」「環境を守る」の5分冊からなっており、幼稚園や学校、図書館、博物館、児童センターなどで広く読まれている。大学では授業教材として使用しているところもある。その後、この絵本は産経児童出版文化賞を受賞した。

学校教育現場や土壌観察会等で活用されることを目指して、「土壌の観察・実験テキストー土壌を調べよう」(日本土壌肥料学会土壌教育委員会編、2006)を出版し、その改訂版である「土壌の観察・実験テキストー自然観察の森の土壌断面集つきー」(日本土壌肥料学会土壌教育委員会編)(日本土壌肥料学会土壌教育委員会編、2014)を出版した。

(4)学習指導要領への土壌指導項目・内容に関する文部省(現在文部科学省)への提言・要望

1983年、土壌教育強化委員会は教科書の土壌記載についての改善を文部省に提言した。1985年には土壌教育に関する要望書を都道府県・大学などの教育関係者、国会議員、博物館などおよそ土壌教育に関係した機関・人々に送付して、土壌教育強化への理解を求めた。1997年には学習指導要領改訂に向けて関連教科の土壌記載内容の改善を提案・要望した。2009年には改定案の土壌の取扱いに対して詳細なパブリック・コメントを文部科学省に送付した(福田、2009a)。2015年、国連が「国際土壌年」を決議した。我が国は、GSP(Global Soil Partnership)に加入し、深刻化している土壌劣化に貢献することを示しており、今後土壌問題を理解し、保全する態度や行動を備えた人材育成に向けて教育することは必然となる。そこで、小学校、中学校、高等学校理科あるいは生物などの教科科目で取り上げることが望まれる土壌内容について、現行学習指導要領に欠如している単元項目として、小学校では「石と土」(1998年まで取り上げられていた)、中学校では「土壌呼吸」、高等学校では「土壌断面」を導入することを要望書に盛り込んだ(平井ら、2015;福田、2015b)。そして、2015年に日本土壌肥料学会の要望に賛同した19学会が加わった要望書を作成され、学会長より文部科学省に提出された。

(5)出前授業

日本土壌肥料学会は、2009年に出前授業と高校生ポスター発表会を新事業として設置した。2010年、狭山市立水富小学校（主催・後援：狭山市教育委員会・埼玉県教育委員会・日本土壌肥料学会）で出前授業を実施した。対象学年は第6学年、授業時間は8時50分～12時40分の4時限であった。

1. 実施概要

日本土壌肥料学会は、2009年に出前授業と高校生ポスター発表会を新事業として設置した。そして、その年の京都大会で出前授業を京都市立北白川小学校（京都市教育委員会・日本土壌微生物学会・日本ペドロロジー学会後援）、高校生ポスター発表会（京都大学、京都府教育委員会後援）を京都大学で開催し、ともに好評を博した。

対象学年は第3学年と第6学年、授業時間は10時50分～12時20分の1時間30分であった。実施概要は、下記の通りであった。

1. 日 時：2009年8月28日

2. 授業場所：体育館

3. 実施学年：第3学年60名、第6学年52名

4. 日程

10:45 小学3年生と6年生が体育館に集合

10:50 学校長挨拶

10:55 日本土壌肥料学会土壌教育委員会福田委員長挨拶

11:00 授業概要説明：実験の種類と実験方法、進め方の説明

11:05 授業「土の秘密を探る」

課題1 「3種類の土がどこの土かを5感で調べる」

課題2 「土の粒子を観察する」

課題3 「土が水をきれいにする（土の吸着）」

12:00 DVDによる土壌動物および土壌呼吸の説明

12:10 実験のまとめ：土の粒子、土の吸着

12:15 授業のまとめと挨拶

5. 児童の反応

55分で3つの課題に取り組み、4グループともほぼ予定通り実験が進行し、期待された結果が得られた。児童たちは熱心に実験を行っていた。最初に「土を触りたくない」、「土は汚いもの」と思っている児童に挙手させたが、数十人が手を挙げた。しかし、土の実験ではほぼ全員が取り組んでいた。土の粒子では、重力が働いて大きい粒が早く沈み、細かい粒がゆっくり沈んで層になることを正しく答える児童が多かった。また、水面に浮いているのは枯れ葉などの有機物であると答える児童もいた、あるグループではアリが浮いて動いているのを発見し、ミミズやムカデなどがいないかを真剣に探していた。その後、土の中の世界を探究する授業が生まれ、様々な研究が行われた。この出前授業の中でも話題になったミミズの調査を実施し（図8-4）、ミミズの土づくりなどの興味深い報告があった。

土の吸着実験では、青インク液が土や砂を通るとその色が薄くなっていたのを見て喜んでた。各グループとも土混じりの砂（砂場の砂）の方が林の土より吸着されていた。粘土の存在を知らない児童には砂の方が土より吸着されると捉えられる可能性があるため、土と砂の吸着力の違いに気付かせるために予め洗浄した砂を用いたり、川砂を用意の方がよいと考えられた。最後に全児童に授業の感想を聞いたが、課題実験を通して土に興味を持った児童が多かったことがわかり、出前授業の当初の目標は概ね達成できたのではないかと。

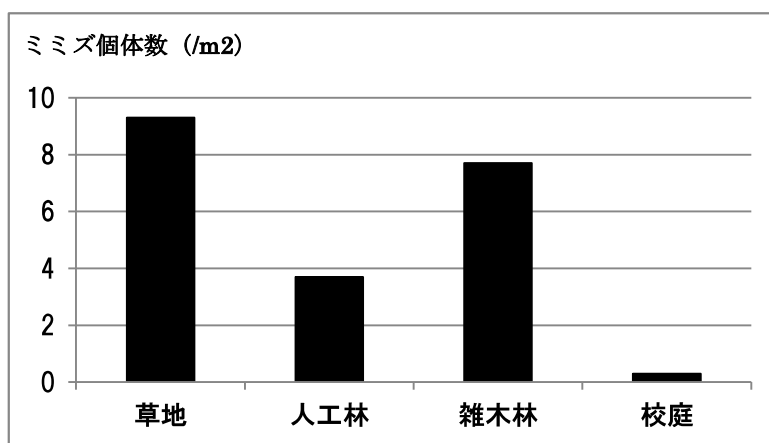


図 8-4 各調査地点におけるミミズの生息数

2012年鳥取大会では、鳥取大学附属中学校第3学年を対象に出前授業「土の不思議を探る」を実施し、土の話・土壌断面観察、観察実験（土壌粒子、土壌吸着、土壌呼吸）を行った。授業終了後実施したアンケート調査から、授業に対して「よくわかった」・「わかった」が87.8%「とても楽しかった」・「楽しかった」が92.3%と好評であった。また、土について「強い関心を持てた」・「関心を持てた」が75.7%であり、ほぼ目的を達成できた。さらに、生徒の感想を読むと「実験が楽しかった」「わかりやすかった」「土の重要性を知った」「ふだん考えない土について学んだことはとてもよかった」「土の話は初めて聞く内容であり、土の大切さがよくわかった」「食糧を作る土が世界の至る所で劣化していることを知って、食糧をムダにしないととも土をもっとしっかり学びたいと思った」など、出前授業を通して土壌に興味・関心を持った生徒が多いことがわかった。2010年度北海道大会は北海道大学で開催された。出前授業は長沼町こども理科教室「土をしらべよう！」（長沼町教育委員会との共催）で開催し、①土を当ててみよう、②土壌動物の観察と土壌呼吸、③土の粒子の違い、④土の吸着・保水性の実験の4課題を行った。

(6)学会内の部会・部門の新設

2004年には、筆者は土壌教育委員会の活動の活発化、広域化及び初等・中等教育あるいは生涯学習における土壌教育の普及啓発、理解増進のために日本土壌肥料学会に土壌教育部会を新設することを強く要望した。学会評議員会、理事会ではなかなか理解されなかった。その後、趣意書を提出して再三きめ細かい説明を行った。そして、2005年に第5部門「土壌生成・分類・調査」内に「土壌教育部会」が新設された。その翌年には、第9部門「文化土壌学部会」が新設され、「土壌教育部会」は「社会・教育部会」に改められ、これに「文化土壌学部会」が併合され、「社会・文化土壌学」部門に昇格した。

十年間の委員長を含めて16年間に及ぶ土壌教育委員会等の活動は、我が国の土壌教育の普及・啓発に大きな役割を果たし、様々な実績を上げてきたとって過言ではない（図8-3、表8-1）。埼玉県内の小・中・高等学校における土壌教育の実施状況率を2000年と2012年で比べると、小学校では多少下がったが、中学校と高等学校では上がっていた（図8-5）。小学校での実施率低下は、学習指導要領の変更の影響と捉えている。また、土壌観察会及び研修会への参加率（1回平均換算）は小・中・高等学校教員ともに上がっていた（図8-6）。いずれも、上昇率は小さかったものの土壌教育委員会の活動の成果が表れたものと見ている。

土壌は、生物学（動物学、植物学、微生物学）、物理学、化学、理学、農林学、工学、土地盤学、資源学、考古歴史学、人文地理学、芸術学、文学、地質学、環境学、生態学、医学、薬学、健康学、火山地震学、考古学、粘土学、窯業学などと多面的な関わりを持っており、学際融合的な学問領域を開発する絶好の自然物である。陽（2010）は、「人間が健康な環境で健康に生きるためには、健全な土壌と健全な作物と健全な水を保全しなければならない。21世紀に早急に必要な科学は、農業と人間の健康に関わる生命科学ではないか」と指摘し、農業と健康に関わる環境問題を取り上げている。そして、「土壌はそこに生きている民族の思想・宗教・意識・生活・健康など文化・文明・生業に深く関わっている。」と述べている。教科・科目領域を超えた新しい指導法を模索

表 8-1 我が国の土壌肥料の普及啓発の歴史

1912	肥料懇談会設立
1933	日本土壌肥料学会設立
1982	日本土壌肥料学会に土壌教育強化委員会設置
1983	初中等教育における土壌教育に関する全国アンケート調査実施、文部省に教科書の土壌記載改善に関する提言
1984	土壌教育強化委員会を土壌教育委員会に名称変更
1985	「土壌の教育充実に関する要望書」を大学・教育委員会・衆参両議院文教委員会等に配布・陳情
1995	小・中学校教師のための副読本「教師のための土のはなし」（古今書院）刊行、小学生対象「土の話と観察会」（東京農工大学、科研費補助金研究成果公開促進費(B)）開催
1997	学習指導要領改訂に伴う関連教科書の土壌記載内容改善要望書提出
1998	日本土壌肥料学会土壌教育委員会編「土をどう教えるか—新たな環境教育教材—」（古今書院）刊行
1999～2009	全国各地（計 10 ヶ所）「自然観察の森」における土壌観察会実施（各地で土壌モニリス・観察リーフレットを作製・寄贈）
2002	日本土壌肥料学会編「土の絵本（全5巻）」（農山漁村文化協会）刊行（2003 産経児童出版文化賞受賞）
2004	日本ペドロロジー学会シンポジウム「土：生きている地球遺産・次世代への継承を教育現場から考える」開催、九州大会（九州大学）「土壌教育ワークショップ」（SPP 事業）開催
2005	第5部門「土壌生成・分類・調査」内に「土壌教育部会」新設 島根大会（島根大学、島根県教育委員会後援）土壌教育30周年記念シンポジウム「土と向き合って—土壌教育の重要性を考える—」開催
2006	第9部門「社会・文化土壌学」新設（「社会・教育部会」と「文化土壌学部会」が設置） 日本土壌肥料学会土壌教育委員会編「改訂版土壌の観察・実験テキスト—土壌を調べよう—」刊行、土壌教育委員会が文部科学大臣賞（理解促進部門）受賞
2009	京都大会（京都大学）で第一回高校生ポスター発表会（京都府教育委員会後援）開催（第二回以降継続事業）、出前授業開催（京都市立北白川小学校：京都市教育委員会・日本土壌微生物学会・日本ペドロロジー学会後援）、日本土壌肥料学会土壌教育委員会編「土をどう教えるか—現場で役立つ環境教育教材—」上巻・下巻（古今書院）刊行
2010	北海道大会（北海道大学）で出前授業「土をしらべよう！」開催（長沼町こども理科教室、長沼町教育委員会後援）、学習指導要領公示に対するパブリック・コメント（土壌内容等）を文部科学省に提出
2011	第54回科学技術週間イベント「親と子の土の教室—土のふしぎを発見しよう—」（日本ペドロロジー学会・東京農工大学共催、農林水産省後援）開催（2012 第55回と2013 第56回は埼玉県立川の博物館にて開催）
2012	鳥取大会（鳥取大学）で出前授業（鳥取大学附属中学校）開催
2013	名古屋大会（名古屋大学）でミニシンポジウム「海外の土壌教育の報告から日本の土壌教育を考える」開催、学会員対象「学習指導要領改訂に向けたアンケート調査」実施
2014	日本土壌肥料学会土壌教育委員会編「改訂版土壌の観察・実験テキスト—自然観察の森の土壌断面集つき—」刊行
2015	国際土壌年 日本土壌肥料学会等主催の多数のシンポジウム開催、事業（移動博物館等）開催。

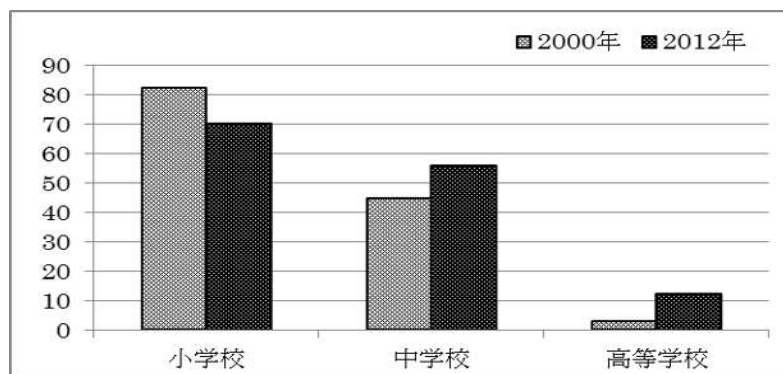


図8-5 小・中・高等学校における土壌教育の実施状況の変化
(小学校 17 校、中学校 13 校、高等学校 19 校)

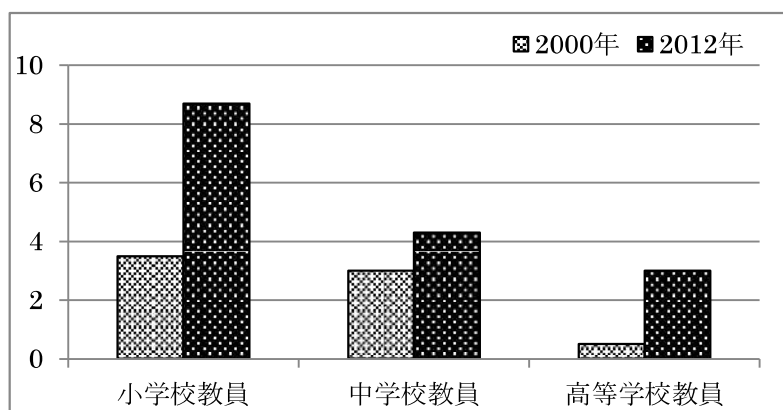


図8-6 土壌観察会及び研修会への参加率（1回平均換算）の変化
教員数（小学校 31 名、中学校 35 名、高等学校 73 名）

することが求められる（福田、2010b）。今日、地球では自然環境や資源・エネルギー、人口・食料、紛争、疫病蔓延などの様々な課題が山積する中、21世紀を担う子どもたちに農林業あるいは国土保全、環境教育の重要性を土壌と関連づけて取り上げ、指導していくことは重要であり、地球課題解決に向けた人材を育成することは教師や研究者、大人たちの使命であり、役割である。学会発表、論文投稿などの状況から、土壌教育に関わる研究や取組は必ずしも活発とは言いがたい。2015年度の4つの学会の全国大会における研究発表およびポスター発表を調査した結果、土壌教育に係る発表が極めて少ないことが明らかとなった（表8-2）。その中でも、日本地理教育学会及び日本土壌肥料学会における土壌関係の発表数はそれぞれ4.5%、2.8%であり、幾多ある学会の中では土壌教育について積極的に取り上げ、研究したり、実践している学会と言える。とりわけ、日本土壌肥料学会土壌教育委員会は土壌の普及啓発に積極的に貢献してきており、その活動は2015年の「国際土壌年」を機に活発化している。その実践例を、以下に述べる。

表8-2 2015年度各学会全国大会における土壌に係る研究発表およびポスター発表

各種学会	土壌教育に係る発表数／総口頭研究発表数 (%)	土壌教育に係るポスター数／総発表ポスター数
日本生物教育学会	1/72 (1.4)	0/57
日本地理教育学会	2/44 (4.5)	—
日本環境教育学会	1/173 (0.6)	0/39
日本土壌肥料学会	9/327 (2.8)	2/72

第2項 博物館における土壤教育の推進のための取組

教育基本法第3条には、「国民一人一人が、自己の人格を磨き、豊かな人生を送ることができるよう、その生涯にわたって、あらゆる機会に、あらゆる場所において学習することができ、その成果を適切に生かすことのできる社会の実現が図られなければならない。」（文部科学省、2006）と生涯学習の理念が明示されている。博物館法第2条には「『博物館』とは「歴史、芸術、民俗、産業、自然科学等に関する資料を収集し、保管（育成を含む）し、展示して教育的配慮の下に一般公衆の利用に供し、その教養、調査研究、レクリエーション等に資するために必要な事業を行い、あわせてこれらの資料に関する調査研究をすることを目的とする機関・・・」とあり、博物館では資料収集、整理保管、調査研究、展示、教育普及などが行われる機関である。また、同法第3条の2には「博物館は、その事業を行うに当つては、土地の事情を考慮し、国民の実生活の向上に資し、更に学校教育を援助し得るようにも留意しなければならない。」ことが記されている。学習指導要領理科では、指導計画の作成と内容の取扱いに「ウ 博物館や科学学習センターなどと積極的に連携、協力を図るよう配慮すること。」と明記されている。しかし、多くの人々は土壤に対して関心が乏しく、土壤リテラシーが低い現状にある（福田、2010c）。来館者の約4割は幼児・児童・生徒及び学生であるが、そのうちの7割以上は小学生である（表8-3）。また、残りの約6割は一般成人であるが、その9割は60歳以上である。

全国の自然系博物館等の調査を実施した結果、土壤展示や解説をしている館は少なく、土壤をテーマとした自然観察会等も乏しいことが明らかとなった（福田、1996a）。また、土壤の取扱いの実態調査の結果（表8-4）、土壤を収蔵の対象としている博物館等は16.5%であり、土壤を展示しているところは15.7%であり、その大方は土壤を収蔵対象としている館であった。土壤の展示内容は、土壤生物や土壤定義、土壤の機能に関するものが多かった（表8-5）。展示方法は、土壤の解説パネルが5割を超えており、次いで土壤の解説リーフレット26.3%、土壤モノリス15.8%、土壤標本10.5%の順であった（表8-6）。このような展示状況で、土に関心を持たせることは難しく、「土に関心を持った」という割合は低かった（図8-7）。つまり、「土についてはほとんど印象に残っていない」というのが実態である。土壤を広く普及啓発するには、博物館の展示あるいは解説に土壤を積極的に取り上げること、博物館主催の様々な観察会等に土壤を取り上げること、土壤専門家を配置することなどが考えられ、生涯学習の視点で土壤教育を推進することも必要である。日本土壤肥料学会土壤教育委員では、全国各地の博物館で各種観察会や研修会、講演会等を実践してきたが、その結果多くの人たちが土への関心を高め、土の保全に向けた様々な取り組みを実践し、その活動を広げている（福田、2014b）。そして、この実践を学校同志、学校と大学、学校と国・地方自治体、企業等と連携するなど、博物館事業への参加が縁で連携が広がっている。そして、産官学が共同して取り組むことが更なる普及啓発につながると考える。

表8-3 来館者の年代別割合

来館者の年代	割合%
幼稚園	2.4
小学生	27.2
中学生・高校生	5.2
大学生	4.4
20代	0.9
30代	2.9
40代	3.7
50代	3.2
60歳以上	50.1

参加者総数：790名

表 8-4 全国の博物館における土壌の取扱い

質 問 事 項	「はい」の回答率
観察会等で土をテーマとしたものを実施しているか	18.2
土壌展示はあるか	15.7
土壌を収蔵しているか	16.5
土壌担当者はいるか	4.1

調査対象 135 館、アンケート回収率 89.6% (1996)

表 8-5 土壌の展示内容

展示している土壌内容	割合 (%)
土壌の定義	78.9
土壌の性質	31.6
土壌の機能	57.9
土壌の生成	21.1
土壌生物	89.5
土壌断面	15.8
様々な土壌 (日本各地・世界)	5.3
その他	5.3

調査対象：表 3-12 で土壌展示している博物館等

その他：資材としての土壌

表 8-6 土壌の展示方法

展示方法	割合 (%)
土壌モノリス	15.8
土壌の解説リーフレット	26.3
土壌図	5.3
土壌の解説パネル	57.9
土壌標本	10.5
その他	5.3

調査対象：表 3-12 で土壌展示している博物館等、その他：他の展示物の中で解説等

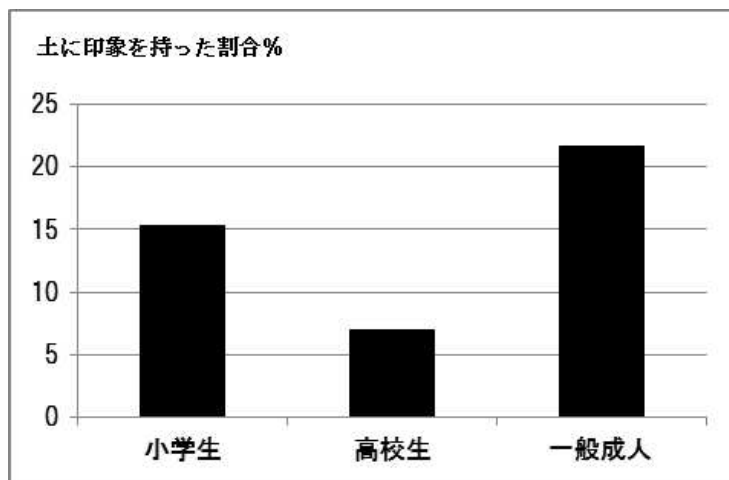


図 8-7 博物館の土の展示に対する印象
 グラフは「土に印象を持った」割合を示す。
 小学生 72 名、高校生 43 名、一般成人 51 名

第3項 農林水産省との開催

近年、様々な機関におけるアウトリーチ活動が盛んとなっている。国の諸機関では、省間機関と連携はもちろん、外部関係との連携を積極的に作っている。筆者は、2005年の文化土壌学部門設立後、農水省政策課との話し合いにより、委員会活動の共催・後援での開催、パンフレット（農水省作成）の提供等の便宜を図ることを確約した。その後、国の科学技術週間イベントに主催者として参加した（図8-8、図8-9）。土壌教育委員会独自で開催した土壌観察会等とは違って、様々な地域からの参加があった。農林水産省から無料提供のあった「日本や世界の土の種類や分布」、「日本の農産物・コメ」の本、冊子、資料などを配布し、参加者から喜ばれた。また、事業のPR等をしていただいたことも大きな支援であった。

(1) 第52回科学技術週間イベント「親と子の土の教室」（日本ペドロロジー学会・東京農工大学共催、農林水産省後援、会場東京農工大学、2011年）（図8-8）

3歳児から小学校低学年の子どもとその保護者19組が参加した（写真8-3）。参加者の構成は、子ども25名、保護者24名であった。大学構内の林の土と畑の土について、あらかじめ掘られていた試坑を見ながら観察した。参加者は、試坑の中に入って、実際の断面を前に各層の土の硬さを指で押して確かめたり、触って粘り気や湿り気確かめていた。光る泥ダンゴづくりでは、子ども達はこねたり、丸い形を整えたりするなど、熱心に取り組んでいた。幼少期の土との触れ合いは、土壌リテラシー育成の土台づくりとして重要である。また、土の中に入って断面観察したことは、子ども達に強い印象となっていた。

(2) 第53回科学技術週間イベント「親と子の土の教室—土のふしぎを発見しよう—」（会場埼玉県立川の博物館、2012年）（図8-9）

参加者は、小学生15名、中学生1名、保護者8名の計24名であった。土に関する話・観察実験について、「よくわかった」が子75%、保護者66%、「わかった」が子25%、保護者34%であった。また、興味を持ったものは「土の話」が子0%、保護者17%、「観察・実験」が子100%、保護者83%、「その他」は子、保護者とも0%であった。観察や実験で関心を持ったものとして、土のだんごづくり、土による水の浄化、土の粒子をあげていた。これまでに土の観察会に参加した人はなく、全員が初めてであった。土に対する関心は子供、保護者とも「大変持った」あるいは「持った」と答えていた。

第52回科学技術週間イベント「親と子の土の教室」	
日時	2011年4月24日（日曜日）13時00分～16時00分
場所	東京農工大学府中キャンパス（東京都府中市幸町3-5-8）
主催	日本土壌肥料学会 土壌教育委員会
共催	日本ペドロロジー学会、東京農工大学
後援	農林水産省
参加者	3歳児から小学校低学年の子どもとその保護者19組
講師	福田 直（武蔵野学院大学・土壌教育委員会委員長） 田中治夫（東京農工大学） 森 圭子（埼玉県立川の博物館） 浅野眞希（筑波大学）
スタッフ	筑波大学及び東京農工大学学生9名
内容	1. 光る泥ダンゴづくり 2. 土のなかみを調べよう 3. 林の土と畑の土
参加費	無料

図8-8 第52回科学技術週間イベント「親と子の土の教室」

〔感想〕

- ・場所により土がちがうことがわかってとてもおもしろかった（小1）
- ・土がとても大事なことがわかりました（保護者）
- ・土の中のどうぶつがたくさんみられてよかった（小1）
- ・だに、とびむし、くも、あり、だんごむしがいた（小1）
- ・土のいきものがたくさんいるので、じぶんでもしらべてみたい（小3）
- ・体験できたり、土をさわれたりして楽しかった
穴に入って土をほるのが楽しかった（中1）
- ・土のいろがちがうのがきれいだった（小2）

(3)第53回科学技術週間イベント「親と子の土の教室—土のふしぎを発見しよう—」（会場埼玉県立川の博物館、2012年）

参加者は、小学生19名、中学生1名、保護者8家族28名が参加した。午前は、土壌断面観察を実施した。赤色土、黒色土、ポドゾル土、黒ボク土、灰色低地土（水田土）、博物館前未熟土などの国内外の土壌モノリスを解説した。多少専門用語もあったが、子どもたちは一生懸命聞いていた。続いて「土のつぶをしらべよう」と「土が水をきれいにするのをたしかめよう」の実験を行った。子ども達は博物館前の土をペットボトルに入れ（図8-3）、水を加えて真剣に振り、静かに置いた。粒子が沈殿する間に土による浄化実験を行った。濾紙を三角ロートに詰め、土を入れた後薄めた青インク液を垂らしてどんな色の水が落ちてくるかを調べた。子どもたちはほぼ透明な水が落ちてきたことにとても興奮していた。何で青色が消えたのかを子ども達に聞くと「青色の物質が土にとられたから」「青インクが土によって分解されたから」という答が返ってきた。講師から、白板に図を描いて土や腐った植物の表面がマイナスの電気を帯びていること、そのマイナスにインクの青色の物質（プラスに荷電）が吸着されることを説明した。また、放射性物質のセシウムもプラスを帯びていて、土に吸着されることを解説した。そのため、除染する必要があることも話したが、子ども達の関心は高かった。土の粒子の実験では、ペットボトルの様子を観察させて、どんなことがわかったかを質問した。粒子が沈んでいること、大きい粒子が下に沈み、小さな粒子ほど上に重なっていることが答えられた。講師から、水面に浮いているものは何かを聞かれると、葉っぱという答が返ってきた。また、粘土は最も小さい粒子で沈殿に時間がかかること、土が作られるには岩石が細くなるだけではできないことや生物の死骸や腐った落ち葉などが混じって長い時間をかけて土になっていくことを説明した。そのため、土ができるのに生物の働きが必要であること、月には土がないのは生物が生存していないことなどにも触れた。「土の中の動物を観察しよう」では博物館前の土をハンド・ソーティングで採集し、次いでツルグレン装置にセットして落下動物を顕微鏡で観察した。そして、撮影装置を用いてスクリーンに土壌動物を映し出した。子どもたちは「何かいる」とスクリーンに食い入るように見ている。ハンド・ソーティング法ではアリやクモ、ダンゴムシ、シロアリ、ハサミムシなど、ツルグレン法ではダニやトビムシ、ジムカデ、カニムシ、センチュウなどの小動物を観察した。その後、博物館収蔵のミミズ（長さ30 cm位の大型ミミズなど）やモグラの液浸標本、ミミズの糞塚標本を見て、親子が歓声をあげていた。



写真8-3 平成24年度第53回科学技術週間イベント

「親と子の土の教室—土のふしぎを発見しよう—」

2012年度第53回科学技術週間イベント

「親と子の土の教室—土のふしぎを発見しよう—」

1. 日 時 平成24年4月22日(日) 13:00~15:30 (12時30分より受付)
2. 場 所 埼玉県立川の博物館 (大里郡寄居町小字小園 39、<http://www.river-museum.jp/>)
アクセス：車：関越自動車道花園 IC から8分、TEL048-581-7333
公共交通機関：東武東上線鉢形駅下車徒歩20分 東武東上線寄居駅下車 タクシー10分ある
いは東秩父村営バス博物館下車徒歩1分
3. 対 象 小学生とその保護者20組(先着順)
4. 主催・共催・後援 主催：日本土壌肥料学会、共催：埼玉県立川の博物館、後援：農林水産省、埼玉県教育委員会
5. 内 容

13:00	挨拶・諸連絡
13:10~14:10	土の観察：「土はどうやってできるのかな？」・「土の断面をみてみよう」
14:20~15:20	土の実験：「土のつづをしらべよう」・「土が水をきれいにするのをたしかめよう」・「土の中の生きものたちをみてみよう」
15:20	まとめ・アンケート記載
15:30	解散・館内自由見学(観覧料無料)
6. 講 師 福田 直(武蔵野学院大学・土壌教育委員会委員長)・安西徹郎(全国農業協同組合連合会)・瀧勝俊(愛知県農業総合試験場)・森 圭子(埼玉県立川の博物館)
6. 参 加 費 無料(自家用車で来られる場合は駐車料金¥300がかかります)
7. 申 込 方法 A4用紙に参加者(子どもと保護者の両方)の氏名、性別、お子様の年齢・学年、住所、連絡先をご記入の上、埼玉県立川の博物館(FAX 048-581-7332)までお申込みください。平成24年4月17日(火)を締切日とし先着順とします。
8. 備 考 観察を行いますので、汚れてもよい服装等でご参加ください。昼食・飲み物は各自でご用意ください。埼玉県立川の博物館には駐車場及びレストランがあります。

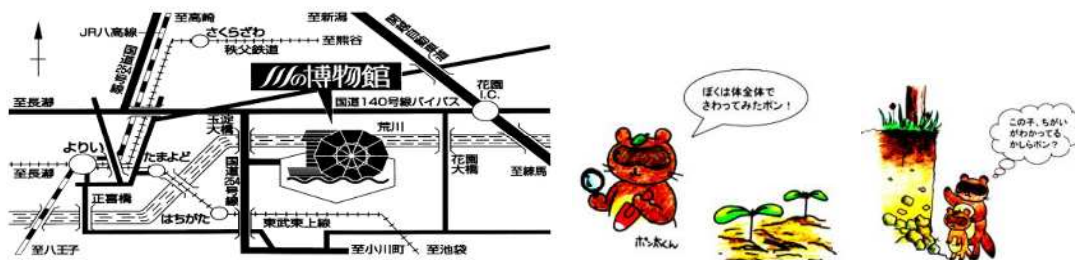


図8-8 科学技術週間イベントの「親と子の土の教室」

「土だんごづくりをしよう!」では、作るのに時間がかかるため、あらかじめ博物館支援員が手伝い、完成間じかまで作成しておいた。子どもたちは、最後の磨きのところを体験した。土だんごは子どもたち全員に持ち帰ってもらった。最後に簡単なアンケート調査を行った「楽しかった」「わかった」「もっと調べたい」など、おおむね好評であった。保護者からも「土に関心が持てた」「土ができるのに生物の存在が大切であること、土によるセシウムの吸着、土にはいろいろな断面があることを子どもと一緒に学ぶことができるとてもよかった」など、参加してよかったという声が多く聞かれた。また、今年の夏休み—研究のテーマとして、土を取り上げたいとする家族が何組かあった。

土壌教育委員会の諸事業については、農林水産省や諸学会、都道府県教育委員会、市町村教育委員会などの共催・後援を受けて実施している。今後、文部科学省、小・中・高等学校理科研究会及び農業高等学校研究会、都道府県・市町村総合教育センター、博物館、公民館・少年自然の家・野外活動センター・自治センター・ビジターセンターなどに共催・後援を働きかけていきたい。また、学校現場などとのコラボレーションやネットワークづくり（土壌観察会、土壌教材づくり等）、他学会（日本ペドロジー学会や日本土壌微生物学会、日本土壌動物学会、日本生態学会、日本理科教育学会、日本環境教育学会、日本科学教育学会、日本農学会、日本生態学会、日本植物学会、日本土木工学会等）・研究機関等との連携に基づいた様々な新事業開催を考案することを考えていきたい。

土壌教育委員会は、現在の教育諸課題や動向を鑑み、今後の活動の更なる活性化に向けて新しい施策を考えていくことが必要と考える。具体的には、①地球環境が深刻視されている今日、土壌の重要性・大切さを子どもから大人まで多くの人たちに気づかせ、関心を持たせること、②理科離れが進んでいる児童・生徒に魅力のある土壌教材を開発して積極的に取り上げて指導すること、③生涯学習の一環として自然・環境・産業・文化・経済・健康・防災などとの関わりとしての土壌を幅広く普及・啓発すること、などの視点を持って、土壌教育を実践し、土壌リテラシーの育成に努めることが求められる。

近年、世界各地で発生している土壌破壊や汚染、砂漠化は人為によるところが大きく、土壌への配慮に欠けた過耕作や過放牧、開発などに起因している。無計画な森林伐採や土地利用形態の急激な変化などに伴う土壌侵食や喪失、劣化などの破壊や農薬、産業廃棄物などによる土壌汚染を防ぐ対策を施すことは急務である。2015年は「国際土壌年」となる。生物生存、植物育成、農林漁業、養水分保持などの基盤であり、物質循環の要である土壌資源、様々な資材となる土壌を守らなければ、21世紀の人類社会あるいは地球の存続は難しいとの指摘もある。今こそ、世界が改めて深刻な土壌危機を認識し、その保全に向けた行動を起こしていかなければならない。特に、土壌教育は重要であり、その取組を通して、多くの人々、中でも次代を担う子供たちに土の大切さや土壌資源の有限性を正しく認識させ、土や環境を保全する考え方や態度を育成する必要がある。

第4項 校内外における授業と学びの度合い

諸機関等と高等学校との連携に基づく教育活動は、一斉授業のみの実践とは大きく異なる。これからの教育の在り方は、学校・家庭・地域の連携のもと、諸機関等からの支援を受けて子どもの能力育成や成長を図っていくことが重要である。学校が地域連携を進める上で地元の農家や博物館・公民館などと協力体制をつくることは比較的容易である。筆者は、「土壌の不思議を探る」という内容を様々な授業形態別に実践し、それぞれの学びの度合いを調査した結果、表8-7に示した通りとなった。すなわち、「深く学べた」と「ある程度学べた」を合わせると「農業体験」が最も高く93.5%であった。次いで、「博物館実習」89.7%、「グループ学習」87.3%、「課題研究」80.5%、「観察・実験」76.0%と続き、「一斉授業のみ」では53.9%であり、他と比べて低かった。この結果から、「農業体験」や「博物館実習」のように、体験・実習や他機関との連携による学びは極めて有効であることが分かる。

様々な授業形態と関心・理解との関係を示したのが、表8-8である。この表から、高校生の関心・理解が「かなり高まった」と「高まった」の合計では「博物館実習」が最も高く92.3%であった。次いで、「農業体験」87.1%、「観察・実験」88.0%、「グループ学習」84.5%、「課題研究」83.3%の順で、最も低かったのは「一斉授業のみ」の47.9%であった。関心・理解についても「博物館実習」と「農業体験」はともに高かった。次期学習指導要領では「深い学び」の実践が必須であり、様々な関連諸機関との連携やアクティブ・ラーニングの教育手法が重要となる。

表 8-7 様々な授業形態と高校生の学びの度合いとの関係

学びの度合い	授業形態別回答率 (%)					
	一斉授業のみ	観察・実験	課題研究	博物館実習	農業体験	グループ学習
深く学べた	10.3	25.3	36.1	41.0	41.9	49.3
ある程度学べた	43.6	50.7	44.4	48.7	51.6	38.0
学ぶことができたとは言えない	35.0	14.7	13.9	8.0	6.5	2.7
どちらとも言えない	11.1	9.3	5.6	2.3	0.0	9.9

調査対象：「一斉授業のみ」117名、「観察・実験」75名、「課題研究」36名、「博物館」39名、「農業体験」31名、「グループ学習」71名、
質問：「土壌について学べたか」、「一斉授業のみ」以外の授業形態でも一斉授業は実施した。

表 8-8 様々な授業形態と高校生の関心・理解との関係

関心・理解	授業形態別回答率 (%)					
	一斉授業のみ	観察・実験	課題研究	博物館実習	農業体験	グループ学習
かなり高まった	6.0	25.3	58.3	53.8	54.8	32.4
高まった	41.9	62.7	25.0	38.5	32.3	52.1
全く高まらなかった	47.9	10.7	13.9	5.1	9.8	9.9
どちらとも言えない	4.2	1.3	2.8	2.6	3.2	5.6

調査対象：表2と同じ、質問「土壌への関心・理解は高まったか」

現在、児童・生徒の教育は学校だけでは十分とは言えず、文部科学省教育課程部会（2016）は「子供たちの体験的な学習の場を広げ、豊かな社会性をはぐくんでいくために、社会教育施設、青少年教育施設、文化施設、スポーツ施設などの公共施設や企業等の機関との連携を積極的に図り、教育の場を広く考えて、教育活動を展開していくことが必要である。」と指摘する。「知識基盤社会」の時代においては、「基礎・基本を確実に身に付け、いかに社会が変化しようとする課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力とともに、自らを律しつつ、他人とともに協調し、他人を思いやる心や感動する心などの豊かな人間性、たくましく生きるための健康や体力など」である「生きる力」を育むことが求められており、「深い学び」を行って「何ができるようになるか」を迫及しなければならないとされる（中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会、2016）。

中央教育審議会（2006）は、答申で「急速な科学技術の高度化や情報化等の変化に対応していくためには狭義の知識や技術のみならず、自ら課題を見つけ考える力、柔軟な思考力、身に付けた知識や技能を活用して複雑な課題を解決する力及び他者との関係を築く力等、豊かな人間性を含む総合的な「知」が必要となる。」ことを指摘している。また、我が国の学校教育においては、変化の激しい社会を担う子どもたちに必要とされる力をいわゆる「生きる力」とし、この「生きる力」は学校教育のみならず、実社会における多様な体験等と相まって生まれ伸張していくものであり、子どもたちが学校の内外で、その発達段階に応じて「生きる力」を育むことができるような環境づくりが求められていることを強調している。

土壌は学際的な自然であり、教科等の枠を超えた横断的・総合的な学習、探究的な学習、生徒の興味・関心等に基づく学習など創意工夫を生かした教育活動を行うことが重要となる。本研究の結果、諸機関との連携に基づく土壌教育を実践した結果、児童・生徒の土壌への関心・理解を高め、土壌リテラシーを育むことにつながることを確認することができた。21世紀に入り、世界の土壌はますます劣化が進んでおり、即座に全人類が土壌危機の事実を知り、土壌保全していくことを真剣に考え、行動していくことがますます重要となる。

第3節 まとめ

本章では、大学や学会、国や地方の行政機関、都道府県・市町村総合教育センター・教育研究所、生涯学習施設（博物館・動物園・植物園・水族館・公民館・図書館・野外活動センター・ビジターセンター・少年自然の家等）、研究所・試験場、民間企業、試験研究機関等の外部諸機関と学校との連携に基づく土壌教育の在り方と実際の実践を通して、大きな成果が得られることを明確にした。諸機関等との連携に基づく土壌教育の実践により、子ども達の知的好奇心や科学的探究心が増し、土への関心や理解は飛躍的に進むことが明らかとなった。特に、学校近隣の農家と連携した農業体験や地元の自然や歴史、文化等を学ぶ場である博物館や公民館、資料館等を活用した学習は比較的容易に実行できる。その他、様々な諸機関と連携した教育活動では、専門的な知識を有する研究者等の講話や施設見学、実験など、貴重な体験をすることにより、児童・生徒の学びの度合いや関心・理解が高まることが分かった。また、外部諸機関との連携課題について考察し、その解決策をまとめた。一方、筆者は日本土壌肥料学会土壌教育委員会に所属していることから、土壌教育の普及啓発、理解増進を図るため、当学会に土壌教育部会を開設することを要望した。その結果、総会で文化土壌学部門の承認が決まり、土壌教育の発展に大きく貢献したと考えている。また、全国各地で土壌観察会や土壌研修会、出前授業などを実践してきた。さらに、観察会等を実践した全国の自然観察の森博物館には、その場所で作製した土壌モノリスや解説リーフレットを寄贈してきた。その結果、土壌教育の実践校や博物館における土壌観察・展示等が増しており、子ども～大人までの幅広い層で土に関心を持たれ、世界の土壌問題を考える人々が着実に増加している。当委員会は土壌教育の普及啓発に向けた児童書の「土の絵本〔全5巻〕」（農山漁村文化協会、2002年）、学校教師向けの「土をどう教えるか―新たな環境教育教材―」上巻・下巻（古今書院）（2009年）、学校教師や野外観察指導者向けの「土壌の観察・実験テキスト」（2014年）等を出版された。これにより、学校などにおける土壌教育活動が広がったと認識している。

終章 本研究の成果と今後の課題

終章 本研究の成果と今後の課題

21世紀に入り、地球環境問題はますます深刻となっている。21世紀が「環境の世紀」と言われる所以である。温暖化やオゾン層破壊、森林喪失、生物多様性の減少などに加えて、様々な環境問題と密接に関わる土壌破壊・汚染が急速に進行していることが、人類をはじめとする生物の生存に不安を投げかけている。この地球環境問題に向けて、全人類が早急に取り組まなければ、取り返しがつかないことが指摘されている。2015年にはCOP21が開催され、パリ協定が発表された。また、同年国連は「国際土壌年」として決議し、実行した。いずれも、全人類が温暖化や土壌危機を真剣に受け止め、その抑制あるいは改善にむけて歩み始めなければならないことを全世界に向けて強く発信したものである。

土壌は、食糧などの生産基盤であり、生物生存の場である。20世紀には、世界人口が爆発的に増加していく中で、肥料や農薬などの施用、灌漑施設・設備の発達、大型機械の導入、品種改良などにより、食糧増産を果たしてきた。しかし、近年耕地土壌は疲弊し、森林伐採後の表土流出などが進み、国連は土壌が危機的状況にあることを力説している。また、近年の温暖化や気候変動などが加わって、食糧生産量の確保が危ぶまれる事態となってきた。そして、現在世界の飢餓人口は、7億9、500万人に達している。

このような情勢の中、我が国は土壌を基盤とする食糧の72%（食料としては60%）、木材の69.2%を輸入している。特に、私たちの生存と深く関わる食料自給率は先進国の中で最も低くなっている。しかし、その一方で食料廃棄量は世界第一位である。我が国は、年間5、800万トンの食料を輸入し、1、940万トンを廃棄している。この量は、世界食糧支援量である740万トンを遥かに超えている。また、我が国は世界有数の森林大国であり、国土の68%を占めている。それにもかかわらず、熱帯材などを大量伐採し、輸入している。このような矛盾を、土壌問題と絡めて学校教育の中で取り上げ、児童・生徒に情報提供して考えさせ、課題解決力を育成することは極めて重要である。しかし、土壌への関心・理解、知識は児童・生徒だけが乏しいのではなく、学生から成人に至るまで幅広い層に見られる現象である。そして、多くの国民は今世紀の土壌危機の状況を把握していない。

本研究の目標は、21世紀の深刻な地球課題である土壌危機に鑑み、土壌に関心・理解が薄い我が国の次世代を担う児童・生徒の関心を高め、理解を進める土壌教育を開発し、構築することである。そして、児童・生徒から成人の土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育を学校教育の中で実践し、評価して確立することである。そして、研究に取り組んだ結果、下記の成果をあげることができたとともに新たな課題を発見したので、以下に示す。

I. 研究の成果

本論文は、ほとんど研究されていない土壌リテラシーについて概念規定し、その育成に向けた土壌教育を構築するため、教材や授業、カリキュラム開発などを幼児から児童、生徒、学生、成人に至る幅広い発達段階で実証的に取り組み、数多くの意義や知見を明らかにした。日本と世界の土壌教育比較について、各国の教科書調査や児童・生徒及び教師に対するアンケート調査に基づいて分析し、欧米豪とアジアで差異を確認した。また、日本が戦後、一次産業から二次産業への転換を図ったことにより、学習指導要領の土壌の取扱いが大きく後退していったことを明らかにして、土壌の取扱いの改善の必要性を提言した。さらに、定性的視点に立った土壌教材の開発は、土壌理解を推進する上で画期的であり、児童・生徒及び教師に好評である。特に、土壌リテラシーに関する研究はほとんどなく、その育成に向けた取組や提言は、理科教育や社会科教育、環境教育などに多くの示唆を与える重要な資料となり得る。

1. 土壌教育の歴史的経過

土壌リテラシーを定義し、土壌教育の歴史的経過を明らかにした。土壌教育の創成には、1972年の国連人間環境会議の開催で環境教育の推進が議決されたことが深く関わっている。当時は、環境破壊・汚染の悪化が進み、地球的規模に拡大していた。その後、環境教育の目標等を定めたベオグラード憲章の制定がきっかけとなり、1970年半ばに環境教育は欧米に始まり、世界に広がった。その頃、米国で土壌教育が発祥し、各国に普及していった。我が国では、1980年代に土壌教育の実践や研究が少しづつ見られるようになった。食糧や木材等の外国依存が大きい国として、土壌劣化の進展、食糧不足の懸念等を考えると、土壌教育は極めて重要であると言える。

先行調査研究から、土壌に関する授業実践研究や教材研究等が多く、土壌の大切さ、重要性に気づかせる土壌教育に関する論文は少なく、土壌リテラシーに関する論文等は皆無に等しい状況であることを指摘した。

2. 児童・生徒、学生、成人の土壌に対する興味・関心・理解

児童・生徒から成人の土壌に対する関心・理解の度合いや教師の土壌教育への取り組みの実態をアンケート調査から明らかにした。その結果、児童・生徒の土に対する興味・関心は低く、基本的な知識が乏しいことが明確になった。また、小学校や中学校、高等学校の理科教師で大学時に土壌を学習した割合は低く、その後の教員研修会等での学習機会も少ないことがわかった。沼田（1987）がアメリカで実施した環境質の重要性の評価報告を受けて、我が国の市民及び高校生を対象として調査した結果、アメリカ市民に比して土壌評価が著しく低く、両国間の土壌の重要性に対する認識の大きな隔たりの原因が何かを明らかにするとともに、子どもから大人の土壌への関心・理解を高め、土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育を構築し、実践していくことが重要であることを明確にした。今日、世界の土壌劣化や侵食が深刻な状況にあるが、その実態を知っていると日本の高校生は1割程度である（欧米の高校生は約7割）。国連は、地球環境問題の解決施策として教育の充実、具体的行動のとれる人材育成などをあげており、環境整備や実効性を求めて各国政府等に発信している。世界の土壌劣化や砂漠化の進行を抑制し、改善する上で、土壌から恩恵を受けている全人類が土壌に関心を持ち、その知識を得て保全に向けて行動することは重要である。そして、土壌保全に向けた態度、行動を包含する土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育の構築が必要である。

諸外国の教科書調査及び教師対象のアンケート調査を実施し、日本のそれぞれと比較した。その結果、欧米諸国の教科書には土壌記載が多く、土壌観察や土壌実験が豊富であり、日本及びアジア諸国の教科書と大きく異なることを明らかにした。また、土壌教育に対する積極性が日本及びアジア諸国に較べて、欧米の教師で高く、土壌理解が進んでいることが判明したことは成果である。

3. 学習指導要領の変遷と土・土壌の取扱い変化

土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育の在り方を探るため、日本と諸外国の教科書調査と生徒及び教師対象のアンケート調査を実施した。その結果、土壌を教材として積極的に取り上げる欧米諸国のアメリカ型とやや消極的なアジア諸国の日本型に分かれることが判明した。また、土壌専門家の考えや要望、現職教員の考えなどを調査し、その結果を反映させた土壌内容のミニマム・エッセンシャルズを策定することができた。さらに、第二次世界大戦後から現行の学習指導要領を調査し、土壌内容・項目及び土壌指導の変遷を明らかにした。その結果、学習指導要領は日本社会の産業構造の変化を強く反映しており、土壌内容・項目の記載が大幅に削減されてきた背景には産業構造の大転換があったことが明確となった。すなわち、戦後復興の途上、工業国への道に進んだ我が国は実学教育から科学技術教育の重視に変わっていき、学習指導要領理科及び社会科から農業や林業、土あるいは土壌などの記述は激減していった。さらに、ゆとり教育の推進に伴う指導内容の厳選により、小学校第3学年理科で長く取り上げられてきた「石と土」が削除され、小学校課程で土を学習する機会が失われた。しかし、小学校低から中学年の土の教育は関心や情動の面で極めて重要と考え、次期学習指導要領の改訂作業を進めている文部科学省に「石と土」の復活などに関する要望書を提出したことは、土壌教育の重要性をアピールする機会となったと捉えている。

4. 土壌リテラシーの育成を図る土壌教育の構築

現行学習指導要領では、土壌は理科や社会、生物、地学、地理などの様々な教科科目で取り上げられている。世界が抱えている土壌問題は、過度の人間活動（過耕作、過放牧、化学肥料・農薬の多投、森林伐採、過開墾など）による疲弊が原因となっている。土壌劣化や侵食等の土壌問題は、人口増大による食糧増産や食生活の変化、便利で快適な生活への移行などが関わって、土壌に負荷を与えている。日本は、長く土壌改良が行われ、農業生産に適する土壌に恵まれている。しかし、戦後の産業改革により、外材依存国となり、木材の72%を輸入している。一方、食糧や木材輸出国では、食糧増産あるいは森林伐採により、外貨を獲得している。それ故、土壌問題解決には様々な知識を結集して総合的に判断していかなければならない。それには、教科横断的な土壌教育を構築することやアクティブ・ラーニングによる意見交換や討論などの土壌教育手法の実践、学校と外部諸機関との連携に基づく土壌教育を構築することが必要であると考え、模索した結果、成果が得られた。

(1) 興味・関心を高める土壌教材の開発

児童・生徒に土壌への興味・関心を持たせ、土壌を科学的に探究する教材の在り方を模索し、変化などを感覚的に見て判断する定性的な視点で観察・実験教材の開発を行うことができた。特に、児童・生徒、教師に好評を博した土壌呼吸、土壌粒子、土壌吸着、土壌浄化、植物遷移と土壌形成、ミニ土壌断面モノリス（土壌標本）、土壌中の水の浸透に関する開発教材について取り上げ、授業教材として優れている点を明らかにした。これらは学会誌等に寄稿したが、その後全国各地で反響を呼び、活用実践されている。

土壌リテラシーを高めるために児童・生徒の発想を生かしたテーマに基づく授業づくりに心がけ、積極的に参加する授業構築を行った結果、児童・生徒の豊かな発想に根差した多様な課題テーマが生まれた。これらの課題に向かうには、教科の枠を超えた学問領域からの知やアプローチが不可欠であることが判明した。また、前章で開発した開発教材を活用した授業実践を行った。いずれも、現行学習指導要領の目標としている児童・生徒の科学的探究心の啓発、科学的自然観の育成につながる自発的な発想に基づく授業展開や児童・生徒の興味を刺激する開発教材を生かした授業実践となり、児童・生徒の土壌への関心・理解は大幅に増し、独創的な課題探究となって成果を上げることができた。特に、課題実験や研究では、生徒が自主的に課題設定し、仮説を推論して実験等を実施し、結果から考察する過程を経てまとめていたことは、目的意識を持った観察・実験等を満たすものであり、積極的に土壌を理解し、土壌を認識するに至っていたことが窺えた。

(2) 教科横断的な土壌教育

土壌を教科横断的に扱うことを模索し、その方策を構築して高等学校で実践した結果をまとめた。具体的には、従来型の教科科目中心の授業形態を教科横断型の授業として土壌教育を構築・実践し、従来型の授業との比較から教科横断的な土壌教育の効果を明らかにした。「従来型」に較べて「教科横断型」では、生徒の学習成果は大きく、土壌への関心・理解は高まった。課題としては、担当者間の会議時間の設定や総合課題設定、指導法の共通理解・認識、周到な準備、連絡・調整、児童生徒のデータ解析・考察、発表資料作成・発表指導など、様々な解決すべき点があることが明らかとなった。これらを改善するには、かなりの時間と労力を割いて準備しなければならないが、システムを構築することにより、解決できると考えている。特に、総合課題の選定は重要であり、この課題に取り組むことにより、児童・生徒の意欲や関心を引き出し、自ら調べ、課題解決していくことが重要であると捉えた上、この学習過程をアクティブ・ラーニング、ルーブリックを用いた評価によって体験することにより、「深い学び」を可能にすることができた。その結果、児童・生徒の満足感や達成感、成就感を高めることができた。

環境教育や産業教育、防災教育などと連携して多面的に土壌を捉える教科横断的な土壌教育としていくことにより、21世紀型能力の育成を図ることができる。また、学校教育では教科横断型授業を実践することが土壌を多面的に学習するとともに21世紀型能力の育成にもつながること、行政・関連機関との連携が有効であることを明らかにすることができた。その結果、児童・生徒の土壌への関心・理解は大きく前進した。また、教師や成人の土壌への関心・認識は高まった。そして、地球課題である様々な土壌問題に強い関心を持つとともにその解決に向けた考えを積極的に持つ態度や姿勢を示す人たちが増加している点で大きな成果と考えている。

(3) 学校と外部諸機関との連携に基づく土壌教育

外部諸機関と学校との連携に基づく土壌教育の在り方を考察し、実践を通して、児童・生徒の関心や理解が飛躍的に進むことが明らかとなった。特に、専門的な知識を有する研究者等の講話や施設見学、観察・実験、実習の体験などにより、児童・生徒の土の捉え方などは大きく変容していた。また、諸機関と連携する上での課題について考察し、その解決策をまとめた。文部科学省や農林水産省、都道府県・市町村、大学、試験研究機関、博物館などと学校とが連携構築することにより、土壌教育が飛躍的に広がってきている。特に、日本土壌肥科学会では学校と博物館等の連携の下、土壌観察会や出前授業などを実践した結果、子どもから大人までの幅広い層で土壌に関心が持たれ、土壌の大切さや重要性に気づき、世界の土壌問題を考える人々が着実に増加するなど、成果を上げている。

(4) 生涯学習的な視点による土壌教育

学校教育における土壌教育を成果のあるものとしていくには、土との触れ合いを通して土の感性を育み、土壌リテラシーの基盤を作る幼少期が極めて重要な時期であることを実践実証した。また、学校後の大学在学期や成人期における土壌教育は土壌リテラシーを着実に身に付ける上で重要であり、積極的な実践が求められることが明らかとなった。将来保育士あるいは教師を志望している幼児教育学系及び教員養成系の大学・短期大学の学生に対する土壌教育実践では、土壌への関心・理解は高まったものの将来の教育活動の中での土壌教育実践の在り方、土壌リテラシーとして育みたい土壌保全に向けた参加や行動に必ずしも反映されていないことが明らかとなり、大きな課題であると考えている。成人では保全の考えや態度、行動が不足しており、生涯学習視点からの土壌教育の構築が有意義であることが判明した。

本研究では、小学校、中学校、高等学校で取り上げる土壌内容の関連性や系統性を示し、教科横断的な関わりで授業構築している意義は大きい。幼稚園、小学校、中学校、高等学校間の連携を進める上で参考となるものと考えられる。児童・生徒から成人の土壌リテラシーを育成するには幼少期からの土壌教育が必要であること、幼少期は土壌リテラシー育成の揺籃期に当たり、土と接し、土と触れ合うことで土に対する感性が育まれること、土壌への関心・理解を進めるには教材開発・実践が重要であること、教科横断的な土壌教育が必要であること、生徒期には土壌の性質や機能などを理解させる指導、社会とのつながりの中で土壌を考えていく指導が必要となることなどを明確にするとともに、それぞれの成長段階で展開する土壌教育を構築することができたことが成果と考えている。また、様々な地球環境問題と関連させて土壌問題に視点を当てて扱っていくことが大切であり、21世紀のグローバル人材に必要な土壌保全の意識・態度・行動の育成を図るプロセスを確立することができたと考えている。さらに、成人教育の中で土壌に配慮した判断・態度・行動がとれる土壌教育を実践することが土壌リテラシーを身に付けるために重要と考え、系統的、継続的な土壌教育を行う上で行政や諸機関との連携構築が不可欠であることを実践を通して明らかにしたことが成果である。

II. 課題

我が国の次世代を担う児童・生徒の土壌への関心を高め、理解を進める土壌教育を開発・構築し、児童・生徒から成人の土壌リテラシーの育成に向けた土壌教育を構築し、学校教育の中で実践・評価して確立できたことは、大きな成果と考えているが、新たな課題として下記の諸点があげられるので、今後その解決に向けて鋭意努力していきたいと考えている。

1. 学習指導要領における土あるいは土壌の取扱い

学校教育は、学習指導要領に基づいて行われる。それ故、学習指導要領で土あるいは土壌を積極的に取り上げることが重要である。現行学習指導要領における土あるいは土壌の取扱いは不十分であり、今後土壌教育を推進する上で最も大きな課題である。次期学習指導要領を検討する文部科学省への要望は行っているが、採択されることを願っている。

2. 教科横断型授業の構築

教科横断型授業は、児童・生徒の満足感や達成感、成就感などが大きいことから、実践の意義・成果は極めて大きい。しかし、担当者会議時間設定や課題設定、指導法の共通理解・認識など、周到に準備しなければならないこと、連絡・調整すること、児童・生徒のデータ解析・考察、発表資料作成・発表指導などに時間を要すること、など様々な課題がある。また、土壌は、生物、地理、地学にすみ分けられている。今後、関連教科目のカリキュラムについて根本的に考えていく必要がある。さらに、21世紀型能力の育成に向けて、環境教育や産業教育、防災教育などと連携して多面的に土壌を捉える教科横断的、総合的な土壌教育としていくことが課題である。

3. 他機関との連携づくりの簡素化

学校と大学や研究機関、博物館などが適切に連携を行うことで、効果的な土壌教育が行われ、十分な成果をあげることが明らかとなった。しかし、連携先を見出し、連絡を取って、講師や施設利用・見学、体験学習などの依頼・申込みなどを行うことに相当な時間と労力を要することがわかった。それ故、連携先や連携内容、講師などのリストづくりが課題である。

4. 教材開発及び授業開発

児童・生徒は、土壌を使った魅力ある観察・実験、実習に強い興味・関心を持つことが明らかとなった。そして、魅力ある、面白い観察・実験や実習は、定性的視点を重視した開発教材に基づくことから、試行錯誤を繰り返しながら開発した土壌観察・実験の実践で得られる児童・生徒の関心・理解の高まりは大きな成果と言える。しかし、開発した土壌教材の簡易性や再現性にテクニックを要することから、その精度を高めていくことが課題である。例えば、土壌吸着実験では土壌の詰め方によって青インク液の濾過による脱色がうまく行かない場合があるなど、改良の余地があると考えている。また、子どもの発達段階と土壌のイメージ力を考えた時、観察・実験の定性的視点と定量的視点の組み合わせ、ウェート、重みが分かれる。それ故、発達心理学の視点を取り入れて、組み合わせを考えていく必要がある。

5. 生涯学習的視点

土壌リテラシーを育成する土壌教育は、幼少期から成人に至るそれぞれの過程で達成目標に従って実施することが望ましい。そして、本研究では、成長過程を幼少期、児童期、生徒期、学生・成人期に分けて、土壌教育の達成目標を定めることができたことは、成果である。しかし、学生や成人の頃から芽生える土壌リテラシーを確実に身に付けているかは、常に疑問を抱いていた。今後、土壌リテラシーの育成を図り、土壌課題解決に向けた取組や行動にまで昇華する土壌教育を構築することが課題である。それには、自然科学の視点だけではなく、社会的視点を加えた土壌教育とすることが肝要である。

地球は「土の惑星」であり、太陽系惑星の中で唯一土壌を持った星である。この地球上の大切な土壌資源を保全して失われないようにしていくことが必要である。それには、多くの人たちが土に関心を持ち、土の性質や働きを知って土の大切さ、重要性に気づくことが土を保全していく第一歩となる。2015年の「国際土壌年」を機に地球の土壌危機の認識を世界が共有し、土壌教育を積極的に実践する取組を世界で進めていかなければならないと考えている。この研究を機に、世界の人々が土壌危機を共有し、土壌保全に向けた考えや行動がとれる土壌リテラシーを育成する土壌教育を世界に発信するとともに世界と交流して土壌教育に関する研究を進めていく所存である。

文 献

文献

- 青山正和、2010：土壌団粒形成・崩壊のドラマと有機物利用、pp.173、農山漁村文化協会
- 赤江剛夫、2016：実感する土壌教育、土壌の物理性第132号、1-2
- 明石茂生、2005：気候変動と文明の崩壊、成城大学経済研究(169)、37-87
- 安彦忠彦他、2002：新版現代学校教育大事典 第1巻、ぎょうせい
- 天笠 茂、2013：カリキュラムを基盤とする学校経営、pp.255、ぎょうせい
- 天野正輝、1993：『教育評価史研究—教育実践における評価論の系譜—』、pp.328、東信堂
- 有吉佐和子、1975：複合汚染、pp.621、新潮社
- 浅川 晋・木村真人・小野信一、2008：白鳥神社と水田農業（補遺）、農業と科学、598、11—14
- 浅野真希・田村憲司・東 照雄、2007：土じょうはどうやってできるのかな？、筑波大学土壌環境化学研究室
- 浅野真希・伊藤豊彰・菅野均志・柴原藤善・鈴木武志・瀧 勝俊・田中治夫・田村憲司・橋本 均・東 照雄・平井英明・福田 直・矢内純太、2009a：『土をどう教えるか—現場で役立つ環境教育教材—』上巻（日本土壌肥科学会土壌教育委員会編）、上巻 pp.129、古今書院
- 浅野真希・伊藤豊彰・菅野均志・柴原藤善・鈴木武志・瀧 勝俊・田中治夫・田村憲司・橋本 均・東 照雄・平井英明・福田 直・矢内純、2009b：『土をどう教えるか—現場で役立つ環境教育教材—』下巻（日本土壌肥科学会土壌教育委員会編）、pp.245、古今書院
- 浅野真希、2012：日本における土壌教育の現状と課題、第四紀研究 Vol. 50 (2011) No. 5、221-230
- 浅島誠他、2012：生物基礎、pp.256、東京書籍
- 浅海重夫、2001：土壌地理学、pp.302、古今書院
- 荒木祐二・齊藤亜紗美・田代しほり・石川莉帆、2015：団粒構造の指標化による学校園土壌の診断法、技術科教育の研究 20、1-7
- D. A. バッカーリ、2009：迫り来るリン資源の危機、日経サイエンス
- デイビッド・モントゴメリー（片岡夏実訳）、2010：土の文明史 pp.362、築地書館
- 独立行政法人国立オリンピック記念青少年総合センター、2004：「青少年の自然体験活動に関する実態調査」報告書—平成15年度調査—、1-24
- 土壌版レッドデータブック作成委員会、2000：わが国の失われつつある土壌の保全をめざして～レッド・データ土壌の保全～、pp.88、日本ペドロロジー学会、
- 土壌教育強化委員会、1983：初中等教育における土壌教育についての現場 小、中学校教師の考え方と実態についての全国アンケート結果報告、日本土壌肥科学雑誌、54、269-271.
- 土壌汚染技術士ネットワーク、2009：イラストでわかる土壌汚染、pp.198、技報堂出版
- 土壌調査法編集委員会編、1978：土壌調査法、pp.522、博友社
- 土壌標準分析測定法委員会編、1986：土壌標準分析・測定法、pp.354、博友社
- 土壌環境分析法編集委員会編、1997：土壌環境分析法、pp.427、博友社
- Drohan, P. J. et al.、2010:The “Dig it!” Smithsonian Soils Exhibition: Lessons Learned and Goal for the Future、Soil Science Society of America Journal 74、607-705
- 江橋慎四郎編、1987：『野外教育の理論と実際』、pp.256、杏林書院
- 尹 喜淑、2009：中国ハルビン市における小中学校教師の環境教育に対する意識、兵庫教育大学連合大学院学校教育学研究報告、119-128
- FAO、2010：世界森林資源評価2010（概要）、国際農林業協働協会版
- FAO、2011a：Scarcity and degradation of land and water: growing threat to food security
- FAO、2011b：The state of food and agriculture 2010-11、Rome、FAO
- FAO、2011c：The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture、pp.285
- FAO、2012：林産物需給と木材産業、森林・林業白書、1-17

- FAO・ISRIC・IUSS、2006：World reference base for soil resources. 128p、World Soil Resource Reports、103、FAO.
- 羽生 一予・森澤 建行・田村 憲司、2015：いわき市「土曜学習」における土壌教育に対する児童の評価と土壌に対する意識変化、環境情報科学 学術研究論文集 29、247-252
- 橋本佳世子・近森憲助・喜多雅一・武田 清・村田勝夫、1999：土壌における有機物の分解：その定量化および教材化の試み、粘土科学 39(2)、103、12-28
- 秦 澄江・少林 浩道・秦 明德、1998：土教材化に関する研究Ⅱ—総合的視点に立つ土学習の構想、日本理科教育学会 全国大会要項 (48)、71
- 秦 明德・松本一郎、2010：理科における土教材開発の視点、島根大学教育臨床総合研究 9、111-122
- 畑 明郎、2001：土壌・地下水汚染、pp. 233、有斐閣
- 畑 明郎編、2011：深刻化する土壌汚染、pp. 264、世界思想社
- 林 弥栄・畔上 能力 監修、2003：樹木 見分けのポイント図鑑、pp. 336、講談社
- 橋本康弘・荒井紀子・伊禮三之・山本博文・香川喜一郎・奥山和彦・下池未紗・松田真依・市川 薫・籙木優佳・永井良次、2010：『教科横断型授業』の開発研究（Ⅰ）—2008・2009年度協働実践研究プロジェクトでの取り組みから—、福井大学教育実践研究第35号、67-78
- 浜崎忠雄・三土正則・小原洋・中井信、1983：土壌モノリスの作製法改訂版、農技研資B、18、1-27
- 永川 元 2001. 環境教育における土壌学習のための教材—リバーサルフィルムの腐食を利用する土壌評価法の開発. 理科教育学研究 42(1)、31-38
- 東 照雄、1990：わが国の土壌教育の現状と課題、アジア地域農業教育研究会編「アジア諸国における農業教育の現状と課題：アジア地域教育開発計画研究開発委嘱事業報告書」、筑波大学農林技術センター、1-16
- 東 照雄、2004：日本土壌肥科学会土壌教育委員会ウェブサウトー委員会の歩み、
http://www.soc.nii.ac.jp/jssspn/edu/cat_7_.html.
- 東 照雄・平井英明・田中治夫・菅野均志・山本広基・福田 直・福田 恵・松本一郎・藤本順子、2006：土と向き合って—土の重要性を考える、日本土壌肥科学雑誌、77、451.
- 樋口利彦・木内知美、1987：博物館・植物園における土壌の取り扱いに関する実態調査、環境教育研究、10、51-60.
- 樋口利彦、1990：小・中学校における土壌教育の日本と海外の比較—教科書調査を主として—、野外教育（東京学芸大学 野外教育実習施設研究報告）1、25-35.
- 樋口利彦、2004：参加型環境学習プログラムにおける土壌の存在と可能性、ペドロジスト 48-2、93-99
- 樋口利彦、2005：親子向けの環境学習イベントにおける土壌の展示とインタープリテーションの実施から学ぶ土壌教材開発の視点、環境教育学研究（東京学芸大学環境教育実践施設研究報告）15、53-57.
- 平井英明・櫻井克年・広谷博史・鳥居厚志・米林甲陽、1989：小学生、中学生、高校生、大学生を対象とした土に関するアンケート調査、ペドロジスト 33(1)、33-74.
- 平井英明、1989：集え若者今こそ土壌調査だ” に参加して、ペドロジスト 33 (2)、213
- 平井英明、2007：土壌の観察会の概要、日本土壌肥科学雑誌 78、227
- 平井英明、篠崎亮介、星野幸一、2011：小学校理科、社会科および生活科の学習指導要領における土の取り扱い方の変遷と小学校理科における土の学習内容の提案、日本土壌肥科学雑誌 82-1、52-57
- 平井英明・岡本 直人・小暮 健太・布川 嘉英、2014：学校及び社会における土壌教育実践講座：2. 土壌断面と農地の生産力から土壌の重要性を伝える野外観察の手引き、日本土壌肥科学雑誌 85(5)、473-480
- 平井英明・赤羽幾子・福田 直、2015：学習指導要領の次期改訂に向けた「土壌教育に関する要望書」の文部科学省への提出の背景と経緯、595-598
- 平野愛理、齋藤益美、脇田登美司、2002：土による衣料用繊維の染色、岐阜女子大学紀要 第31号、71-74
- 平野吉直、2008：「自然体験活動」の成果と意義、中央教育審議会ヒアリング資料
- 平山良治、1991：展示用モノリスとしての超大型土壌薄片の作成、ペドロジスト、35、2-12.

- 平山良治・小原 洋・田村憲司・丹下 健・金子文宜、2000：わが国の失われつつある土壌の保全を目指して—レッドデータ土壌の保全—、ペドロジスト、44、40-48。
- 平山良治、森 圭子、2013：土壌モノリスを収集し展示する意義は何か？、川博紀要 13 号、29-32
- 平山良治、森 圭子、2016：博物館等活動での土壌教育の実例、川博紀要 16 号、13-16
- 保坂義男・大木久光・高堂彰二・大岩敏男、2013：トコトンやさしい 土壌汚染の本、pp. 154、日刊工業新聞
<https://soracom.jp/iot>
- 福田 直、1986：生態系における土壌微生物の役割を明らかにする実験システムの確立に関する研究、pp. 38、昭和 61 年度文部省科研費補助金研究報告書
- 福田 直、1987：土壌の教材化に関する研究—土壌教育の在り方と土壌を使った観察・実験の開発・検討—、pp. 108、須賀印刷
- 福田 直、1988a：土壌の教材化、第 18 回関東理科研究発表会千葉大会要項・研究発表会資料
- 福田 直、1988b：土壌を使った環境教育—人為的影響の異なる土壌間における CO₂ 発生速度の相違—、埼玉生物 28、22-24
- 福田 直、1988c：土壌を使った観察・実験—土壌呼吸—、遺伝 42-4、裳華房、105-110
- 福田 直、1989a：土壌を使った環境教育—各種土壌における細菌・放線菌及び糸状菌数—、埼玉生物 29、16-20
- 福田 直、1989b：生物教育における「土壌」の取り扱いに関する考察（第一報）、埼玉毛立川越南高等学校紀要第 2 号、1-72
- 福田 直、1989c：土壌微生物の観察・計数、遺伝 43-7、裳華房、102-107
- 福田 直、1990a：小・中・高等学校における土壌教育のあり方（「土の世界」編集グループ編『土の世界』、pp. 159）、朝倉書店、152-156
- 福田 直、1990b：土壌の教材化—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、1990c：初等中等教育段階における環境教育の現状と課題、筑波大学農林技術センター研究報告、23-44
- 福田 直、1991：初等中等教育段階における土壌教育の現状と課題、筑波大学農林技術センター研究報告、21-45
- 福田 直、1992a：土壌の教材化に関する研究、平成 4 年度文部省科研費補助金研究報告書、pp. 110
- 福田 直、1992b：自然史百科「土のできかた」、埼玉県立自然史博物館、1-2
- 福田 直・坂上寛一、1993a：埼玉県内荒川流域の土壌生態に関する研究（第 1 報）山地・丘陵・台地及び低地の土壌断面形態と層別別溶存イオン分布について、埼玉県立自然史博物館研究報告 No. 11、1-35
- 福田 直、1993b：土壌中の水分移動を確認する簡易実験法による層別別移動速度の測定、自然観察指導員研修会資料集、11-19
- 福田 直、1993c：自然史だより 22「土の話—土は生きている—」、埼玉県立自然史博物館、3-4
- 福田 直、1994a：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、1994b：身近な土を題材とした環境教育の実践、環境教育 4-1、61-67
- 福田 直、1994c：土を使った観察・実験(2)—土による養分吸着および保持、遺伝 48-11、裳華房、54-60
- 福田 直・坂上寛一、1994d：埼玉県内荒川流域の土壌生態に関する研究（第 2 報）—石灰岩母材土壌とチャート母材土壌における土壌溶液のイオン分布について、埼玉県立自然史博物館研究報告 No. 12、5-31
- 福田 直、1994d：自然史だより 23「『科学教室』に参加した小学生からの手紙、埼玉県立自然史博物館、3-4
- 福田 直、1995a：土を教材とした探究活動、科学教育研究 19-1、59-65
- 福田 直、1995b：土壌呼吸を探究的に調べる、科学教育研究 19-2、121-129
- 福田 直、1995c：土作りの主役 土壌微生物を調べよう（やってみよう理科の最新版）、pp. 191、朝日新聞社
- 福田 直、1995d：博物館におけるボランティア活動の現状と課題、埼玉県博物館連絡協議会報告集、15-22
- 福田 直、1995e：土を教材とした探究学習—生徒に探究させる観察・実験—、遺伝 49-10、裳華房、89-94
- 福田 直、1995f：高等学校における土壌教育—土壌を使った探究活動—、理科の教育 44-1、58-62
- 福田 直、1995g：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、256-261

- 福田 直、1995h：土のなかのいきもの（「土の話と観察会」）、日本土壤肥料学会土壤教育委員会、1-16
- 福田 直、1995i：土作りの主役 土壤微生物を調べよう（理科の自由研究「最新版やってみよう」、pp. 191）、朝日新聞社
- 福田 直、1996a：博物館等における土の取り扱いに関する実態調査. 環境情報科学 25-1、126-133
- 福田 直、1996b：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、1996c：基礎教養講座「教師のためのやさしい‘土の科学’」Ⅰ. 土とは何か—土のでき方を探る、理科の教育 45-1、55-59
- 福田 直、1996d：基礎教養講座「教師のためのやさしい‘土の科学’」Ⅱ. 土の断面—断面モノリスをつくる、理科の教育 45-2、44-49
- 福田 直、1996e：基礎教養講座「教師のためのやさしい‘土の科学’」Ⅲ. 土壤生物—土中の分解者を調べる、理科の教育 45-3、46-51
- 福田 直、1996f：基礎教養講座「教師のためのやさしい‘土の科学’」Ⅳ. 土地利用と土壤、理科の教育 45-4、44-48
- 福田 直、1996g：基礎教養講座「教師のためのやさしい‘土の科学’」Ⅴ. 土の機能—土の浄化能および緩衝能、理科の教育 45-5、52-56
- 福田 直、1996h：基礎教養講座「教師のためのやさしい‘土の科学’」Ⅵ. 土壤教育のあり方—土壤指導の視点. 理科の教育 45-6、52-57
- 福田 直、1996i：土を使った学習指導の実践. 科学教育研究 19(2)：121-129
- 福田 直、1997a：土壤呼吸速度の教材性と環境教育的効果に関する検討. 環境教育 7-1、2-11
- 福田 直、1997b：表土が危ない！. ナチュラルアイ No. 37、日本生態系保護協会、1-12
- 福田 直、1998a：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、1998b：学校開放講座「身近な自然を調べる—森林と土壤」、埼玉県立人間高等学校紀要第2号、67-99
- 福田 直・長谷川 寛・大小治悦夫、1999a：在来タンポポと外来タンポポの生態分布と土壤との関わり合い. 埼玉県立自然史博物館研究報告 17、47-55
- 福田 直、1999b：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、葦華房
- 福田 直・坂上寛一・平山良治・小作明規、2001：多摩川上支流の土壤生態に関する研究. pp. 105、財団法人とうきゅう環境財団
- 福田 直、2004a：環境教育としての土の教材性に関する研究. 環境教育 13-2、3-12
- 福田 直、2004b：初等・中等教育段階における土壤教育の現状と課題. ペドロジスト 48-2、109-116
- 福田 直、2006a：わが国における小学校・中学校・高等学校の土壤教育の現状と展望、日本土壤肥料学会雑誌 73-5、597-605
- 福田 直、2006b：我が国における小学校・中学校・高等学校の土壤教育の現状と展望. 季刊肥料 104号、18-37
- 福田 直、2007：雑木林の自然—里山の危機がもたらす土壤危機、駿河台大学公開講座資料、1-27
- 福田 直、2009a：平成21年度新学習指導要領公示に対するパブリック・コメント、1-3
- 福田 直、2009b：配布資料「子ども大学さやま—土を科学する」、武蔵野学院大学・武蔵野短期大学、1-3
- 福田 直、2010a：土壤教育の課題と改善の試み. 地理 55-3、pp. 22-30
- 福田 直、2010b：わが国における小・中・高等学校の土壤教育の現状と展望. (社)日本土壤肥料学雑誌 77-5、597-605
- 福田 直、2010c：わが国における小・中・高等学校の土壤教育の現状と展望. 季刊肥料 104、18-37
- 福田 直・浅野真希・菅野均志・矢内純太、2010：「土をどう教えるか」、古今書院、22-51
- 福田 直 2011a. 森林と土壤生態. 埼玉県立川越高等学校出前授業資料、1-16
- 福田 直、2011b：幼少期の自然体験活動と子供の変容（「自然体験からかかわりと表現へ」入門編、けやの森出版）、124-125
- 福田 直・東 照雄・木村真人、2011：第9部門 社会・文化土壤学. 日本土壤肥料学雑誌 82-6、586-600

- 福田 直、2012：『科学的リテラシー』を高める生物教育のあり方に関する研究. 武蔵野学院大学日本総合研究所 9、151-165
- 福田 直、2013a：『科学的リテラシー』を高める生物教育のあり方に関する研究—第二報—. 武蔵野学院大学日本総合研究所 10、133-147
- 福田 直、2013b：学力観の変遷—ナラティブ・アプローチによる 21 世紀型学力の模索と育成—. 武蔵野学院大学日本総合研究所 10、357-364
- 福田 直、2013c：小・中・高等学校等への土壌教育の推進. 日本土壌肥科学雑誌、84、363-366
- 福田 直、2014a. 土壌をコアとした学際融合的教育の構築に向けた取組. 日本土壌肥科学会講演要旨集第 60 集、177
- 福田 直、2014b:我が国の土壌教育の現状と課題—土壌教育委員会の活動 30 余年を振り返る—. 日本土壌肥科学雑誌、84-89
- 福田 直、2014c:海外と日本の教科書における土壌記載から見た土壌教育の比較検討(1)—日本とアメリカの教科書比較—. 武蔵野学院大学日本総合研究所 11、131-146
- 福田 直、2014d：新しい学問領域としての土壌教材. 日本環境教育学会第 25 回大会研究発表要旨集、164
- 福田 直、2015a：地理教育における土壌の取扱い. 日本地理教育学会第 65 回大会研究発表要旨集、236
- 福田 直、2015b：学習指導要領改訂に向けた学会員の要望調査結果の分析と土壌教育への提言. 日本土壌肥科学雑誌 86(5)、489-495
- 福田 直、2015c：総合知の教育、一般社団法人経営研究所シンポジウム基調講演資料、1-9
- 福田 直、2015d：日本と世界の土壌教育の歴史、第五回農業・環境・健康研究所シンポジウム資料、1-15
- 福田 直、2015c：日本と中国の環境教育の比較研究、武蔵野学院大学日本総合研究所、12、95-107
- 福田 直、2016:21 世紀型能力の育成にけるフレネ教育技法の導入の意義と課題、武蔵野学院大学研究紀要 12、105-119
- 福田 直、2017：関係諸機関との連携に基づく教育活動の構築に関する研究—土壌リテラシーの育成に向けた取組—、武蔵野学院大学研究紀要 13、131-146
- 藤井一至、2015：大地の 5 億年、pp. 229、山と溪谷社
- 藤谷智子、2011：幼児期におけるメタ認知の発達と支援、武庫川女子大紀要 59、31-42
- 藤原彰夫、1991. 土と日本古代文化 日本文化のルーツを求めて—文化土壌学試論、pp. 445、博友社
- 藤原俊六郎監修、2013：肥料と土づくりの絵本 (①～⑤)、各巻 pp. 36、農山漁村文化協会
- 藤原俊六郎、2013：図解 土壌の基礎知識、pp. 172、農山漁村文化協会
- 船引真吾、1972：新編土壌学講義、pp. 241、養賢堂
- 風呂和志、2006. 中学校理科における土の教材化に関する研究(授業研究・学習指導、日本理科教育学会 第 56 回全国大会、115
- 別府志海・佐々井 司、2015：国連世界人口推計 2012 年版の概要、人口問題研究、260-295
- 堀 哲夫、1998：問題解決能力を育てるストラテジー—素朴概念をふまえて(授業への挑戦)、pp. 240、明治図書出版
- 堀 哲夫、2003：学びの意味を育てる理科の教育評価、pp. 156、東洋館出版社、pp. 156
- 堀村志をり、2013：最近接発達領域は「可能性の領域」か—発達力動の観点からの考察—、東京大学大学院教育学研究科研究紀要 39、43-52
- 後藤逸男監修、2012：イラスト 基本からわかる土と肥料の作り方・使い方、pp. 160、家の光協会
- グローバル人材育成推進会議、2012：グローバル人材育成戦略 (グローバル人材育成推進会議 審議まとめ)、1-44
- 池田博明、1993：アメリカの「生物」教科書を見て、神奈川県理科部会会報 (37)、37-42
- 稲松勝子、1987：土をはかる、pp. 110、日本規格協会
- 井波律子、2002：土泥礼讃. pp. 64、INAX BOOKLET
- 一般財団法人日本土壌協会、2014：図解でよくわかる土・肥料のきほん、pp. 159、誠文堂新光社
- 石崎勝義、1984：土壌を利用した水環境の保全技術—雨水浸透と土壌浄化—、月間下水道 6、1-19
- 伊藤明彦、2008：学校で「土」はどのようにおしえられているか—地学教育の現状と課題—. ペドロジスト 52-1、51-53

- IUSS (International Union of Soil Sciences)、2013 : IUSS proclaims the International Decade of Soils 2015-2024
- 岩崎保之、2007 : 指導要録における情意に関する評価の変遷、現代社会文化研究、207-314
- 岩田進午、1985 : 土のはなし、pp. 200、大月書店
- 岩田進午、1991 : 土のはたらき、pp. 191、家の光協会
- 岩田進午、2005 : 「健康な土」「病んだ土」、pp. 181、新日本出版社
- 岩本廣美・平賀章三・前田喜四雄・上野由利子・竹内範子・木村公美・山田祐子・長谷川かおり・石田晶子・山口智佳子、2007 : 自然素材を活かした幼児の感性を高める保育実践の研究 ―土・砂との触れ合いを中心に―、奈良教育大学教育実践総合センター研究紀要、16号、159-167
- JA 全農肥料農薬部編、2014 : よくわかる 土と肥料のハンドブック、pp. 200、農山漁村文化協会
- ジャレド・ダイヤモンド (楡井浩一訳)、2005 : 文明崩壊 (上) (下) ― 滅亡と存続の命運を分けるもの、437p、433p、草思社
- ジャン・ブレーヌ (永塚鎮男訳)、2011 : 人は土をどうとらえてきたか―土壌学の歴史とペドロジスト群像、pp. 415、農山漁村文化協会
- 海洋研究開発機構、2008 : シベリアの凍土融解が急激に進行～地中の温度が観測史上最高を記録し地表面で劇的な変化が発生～、プレスリリース
- 科学技術庁、1993 : 平成5年度科学技術白書 (科学技術庁年報38) 「若者と科学技術」、pp. 293、大蔵省印刷局
- カーター、V.G.・デール、T. (山路 健訳)、1995 : 土と文明、pp. 332、家の光協会。
- 金子信博、2007 : 土壌生態学入門―土壌動物の多様性と機能―、pp. 199、東海大学出版会
- 加藤 實、2009 : 心理療法における「表現」とその意味に関する研究、岐阜聖徳学園大学紀要、教育学部編 43、73-93、73-93
- 上岡克己・上遠恵子、2007 : レイチェル・カーソン、pp. 175、ミネルヴァ書房
- 環境省自然環境局自然環境計画課、2000 : 環境省パンフレット「世界の森林とその保全」
- 菅野均志・平井英明・高橋 正・南條正巳、2008 : 1/100万日本土壌図、1990の読替えによる日本の統一的土壌分類体系-第二次案(2002)の土壌大群名を図示単位とした日本土壌図、ペドロジスト、52、129-133。
- 菅野均志・平井英明・高橋 正・南條正巳、2009 : 土壌教育教材としての日本および世界土壌図の試作、日土肥講要 55、201
- 菅野均志、2010 : なぜ学校教科書や資料集の土壌分布図を改訂する必要があるのか、地理、55 (3)、36-43。
- 川島博之、2008 : 「世界の食料生産とバイオマスエネルギー― 2050年の展望」、pp. 300、東京大学出版会
- KBI 出版編、1994 : 「土」土の生活文化史 土の博物館、pp. 195、KBI 出版
- 桐田博充、1971 : 野外における土壌呼吸の測定―密閉吸収法の検討3 カバーの底面積とCO₂吸収面積が測定値に与える影響―、日生態誌 21、43-47
- 木内知美、1984 : 昭和57・58年度土壌教育強化委員会報告、日本土壌肥科学雑誌、55、389-390
- 木内知美、1987 : 小・中学校における土壌に関する教育のあり方および実態とそれに関する2・3の考察、科学教育研究 11-3、120-129
- 木村真人、1997 : 土壌圏と地球環境問題、pp. 277、名古屋大学出版会
- 北林雅洋、2009 : 土の教材化に関する研究、日本理科教育学会四国支部会報、23-24
- 北林雅洋、2011 : 土の色の違いに着目した土の教材化に関する研究、日本理科教育学会四国支部会報、53-54
- 清野博子、2002 : 最新現場報告 子育ての発達心理学―育つ育てられる親と子、pp. 236、講談社
- 小舘誓治、2015 : 土ってなんだろう?身近なところで観察した「土と生き物」、ひとはく通信ハーモニー90、兵庫県立人と自然の博物館。
- 国立教育政策研究所、2004 : PISA2003年調査評価の枠組み OECD生徒の学習到達度調査、pp. 181、ぎょうせい

- 国立教育政策研究所教育課程研究センター、2012a：「教育課程の編成に関する基礎的研究報告書3」研究成果報告書『社会の変化に対応する資質や能力を育成する教育課程—研究開発事例分析等からの示唆—』、pp. 224
- 国立教育政策研究所教育課程研究センター、2012b：評価規準の作成、評価方法等の工夫改善のための参考資料（高等学校 理科）～新しい学習指導要領を踏まえた生徒一人一人の学習の確実な定着に向けて～、pp. 154
- 国立教育政策研究所教育課程研究センター、2013：「教育課程の編成に関する基礎的研究報告書5」研究成果報告書『社会の変化に対応する資質や能力を育成する教育課程編成の基本原則〔改訂版〕』、pp. 101
- 駒村正治・榎田 信弥・中村好男、2000：土と水と植物の環境、pp. 157、理工図書
- 国際農林業協働協会、2015a：特集国際土壌年 2015—健全な土壌は健全な食料生産の基盤—、世界の農林水産 Summer 2015 通巻 839 号、1-40
- 国際農林業協働協会、2015b：世界の食料不安の現状 2015 年報告、pp. 60、誠文堂
- 国際連合食糧農業機関、2015：改訂世界土壌憲章 2015、soil-survey-inventory-forum.net/?page
- 国際連合食糧農業機関 (FAO)、国連世界食糧計画 (WFP) および国際 農業開発基金 (IFAD) (国際農林業協働協会監訳、2015：『The State of Food Insecurity in the World 2015』(「世界の食料不安の現状 2015 年報告」)、pp. 56、誠文堂
- 小池一之・坂上寛一・佐瀬 隆・高野武男・細野 衛、1994：地表環境の地学—地形と土壌、pp. 212、東海大学出版会
- 鴻池久代・近森憲助・西村 宏、2003：木綿の布及びゼラチンの土壌による分解、粘土科学 42(3)、189
- 公益財団法人 農業・環境・健康研究所、2014：農業の視点から環境と健康を考える、伊豆の国だより第5号、1-23
- 小林辰至・雨森良子・山田卓三、1992：理科学習の基礎としての原体験の教育的意義、日本理科教育学会全国大会要項 (48)、71
- 少林浩道・秦 明德、1997：新しい土に関する教育の構想、野外学習のための土教材開発、日本理科教育学会全国大会要項 (47)、170
- 少林浩道・秦 明德、1998：土教材化に関する研究 I：子ども達の土壌断面観察とその理解、日本理科教育学会研究紀要 33-2、53-58
- 小林辰至・山田卓三、1993：環境教育の基盤としての原体験、環境教育、2 巻 2 号、28-33
- コルボーン、T. ら (長尾 力訳)、1977：「奪われし未来」、翔泳社
- 小崎 隆、2008：エコツーリズムが拓く土壌・環境・理科教育、日本土壌肥料学会講演要旨集、54、203。
- 小崎 隆・高橋美穂・伊ヶ崎健大・大山修一・真常仁志、2009：エコツーリズムが拓く土壌・環境・理科教育 (2) —「エコツアー：体験！砂漠化」の企画—、日本土壌肥料学会講演要旨集、55、200。
- 小山雄生、1990：土の危機、pp. 228、読売新聞社
- 熊野善介、2002：科学的リテラシーの再検討と日本の文脈での再構築—全米科学教育スタンダードと PISA の科学リテラシーの比較とその後の論文を基盤として—、『新しい科学リテラシー論に基づく科学教育改革の基礎研究』、40-51。
- 熊澤喜久雄、1978：リービッヒと日本の農業、肥料科学 1、40-76
- 熊澤喜久雄、1986：キンチとケルネル—わが国における農芸化学の曙—、肥料科学 9、1-41
- 倉林三郎、1980：粘土と暮らし、pp. 196、東海大学出版会
- 倉林三郎、1986：生きている土、pp. 158、古今書院
- 栗田宏一・芳村俊一、2001：秘土巡礼 土はきれい、土は不思議、pp. 72、INAX BOOKLET
- 栗田宏一、2004：土の色って、どんな色？月刊たくさんのふしぎ 252 号、pp. 40、福音館書店
- 栗田宏一、2006：土のコレクション、pp. 47、フレーベル館
- 黒杭清治、2002：理科離れについて考える、工業教育 50 巻 4 号、27-34
- 京都大学農学部農芸化学教室編、1965：農芸化学実験書 (増補) 第二巻、pp. 566、産業図書
- 楠見 孝、2012：批判的思考について—これからの教育の方向性の提言—、中央教育審議会高等学校教育部会資料、1-28
- 久馬一剛・庄子貞雄・鍛塚昭三・服部 勉・和田光史・加藤芳郎・和田秀徳・大羽 裕・岡島秀夫・高井康雄、1984：新土壌学、pp. 271、朝倉書店
- 久馬一剛・永塚鎮男編、1987：土壌学と考古学、pp. 214、博友社

- 久馬一剛・小崎 隆・井上克弘・米林甲陽・木村真人・和田真一郎・波多野隆介・有光一登・金野隆光・若月利之・三枝正彦・松本 聰、1997：最新土壌学、pp. 216、朝倉書店
- 久馬一剛、2005. 土とは何だろうか？、pp. 299、京都大学学術出版会
- 久馬一剛、2010：土の科学 いのちを育むパワーの秘密. pp. 206、PHP 研究所
- 久馬一剛、2011：古代中国の土壌認識について、肥料科学 33 号
- 久馬一剛、2015：草創期日本土壌学とペドロジー、ペドロジスト第 59 巻第 2 号、75-89
- レスター・R・ブラウン、1991：「地球白書—ワールドウォッチ」、pp. 384、ダイヤモンド社
- 前田正男・松尾嘉郎、1974：土壌の基礎知識、pp. 206、農山漁村文化協会
- 前田正男編、1976：肥料便覧第 2 版、pp. 223、農山漁村文化協会
- 牧野富太郎、1985：原色牧野日本植物図鑑、pp. 396、北隆館
- 益田裕充、2005：中学生の「分解者による分解」概念形成の実態と土の理解がその形成に与える影響 Vol. 29
- 町田 洋・小野 昭・河村善也・大場忠道・山崎 晴雄・百原 新、2003：第四紀学、pp. 323、朝倉書店
- 松田淑子・荒井紀子・伊禮三之・山本博文・橋本康弘・池島将司・行壽浩司・二丹田雄一・山田志穂・吉村祐美、2011：『教科横断型授業』の開発研究（Ⅱ）—2009・2010 年度協働実践研究プロジェクトでの取り組みから—、福井大学教育実践研究第 36 号、35-42
- 松井 健、1977：理科教育の宝庫「土」に学ぶ、理科教室、20（7）、6-12.
- 松井 健、1979：ペドロジーへの道、pp. 266、蒼樹書房
- 松井 健、1988：土壌地理学序説、pp. 316、築地書館
- 松井 健・岡崎正規、1993：環境土壌学、pp. 257、朝倉書店
- 松本健一、2006：泥の文明、pp. 240、新潮選書
- 松本 聰、2010：土壌の機能、地球環境 Vol. 15 No. 1、9-14
- 松尾嘉郎・奥菌寿子、1989：絵とき生きている土の世界、pp. 136、農山漁村文化協会
- 松尾嘉郎・奥菌寿子、1990a. 絵とき地球環境を土からみると、pp. 136、農山漁村文化協会
- 松尾嘉郎・奥菌寿子、1990b：絵とき ヒトの命を支える土、pp. 136、農山漁村文化協会
- 松尾嘉郎・奥菌寿子、1992：絵とき 土と遊ぶうーからだで感じる地球のいのち、pp. 136、農山漁村文化協会
- 松中照夫、2004：土壌学の基礎、pp. 389、農山漁村文化協会
- 松中照夫、2013：土は土である、pp. 211、農山漁村文化協会
- 松下佳代編著、2012：『〈新しい能力〉は教育を変えるか 学力・リテラシー・コンピテンシー』、pp. 319、ミネルヴァ書房
- 陽 捷行、1991：土壌生態系のガス代謝と地球環境、1. 総論、土肥誌 63、445-450
- 陽 捷行、1994：土壌圏と大気圏—土壌生態系のガス代謝と地球環境、pp. 145、朝倉書店
- 陽 捷行編著、1995：地球環境変動と農林業、朝倉書店
- 陽 捷行、2004：農業活動と地球規模の炭素および窒素循環、農業生態系における炭素と窒素の循環、農業環境研究叢書第 15 号、農業環境技術研究所編、1-16
- 陽 捷行、2005：土壌から考える農と環境、イリュウム、Vol. 17、No. 1、41-56
- 陽 捷行、2006：土壌と人類；文化—文明—生業、土肥誌 77、429-438
- 陽 捷行、2007a：農医連携の視点から肥料を考える、肥料 106、22-25
- 陽 捷行、2007b：農と環境と健康、pp. 311、清水弘文堂書房
- 陽 捷行編著、2007c：代替医療と代替農業の連携を求めて、養賢堂
- 陽 捷行、2008a：土壌が語る文化・文明・生業・健康 日本土壌肥料学会に設立された社会・文化土壌学部門、化学と生物 46-8、582-585
- 陽 捷行、2008b：土壌が語る文化、食農と環境、3、1-9
- 陽 捷行・東 照雄・小野信一、2008c：第 9 部門 社会・文化土壌学、土肥誌 79、665-662

- 陽 捷行、2010：農業と健康に関わる環境問題 一半世紀にわたる歴史とわれらの研究史一、肥料科学、第32号、1～86
- 陽 捷行、2015：18cmの奇跡、pp168、三五館
- 陽 捷行・東照雄・小野信一、2009：第9部門 社会・文化土壌学、日本土壌肥料学雑誌 79(6)、655-662
- 南新秀一・佐々木英一・吉岡真佐樹、2003：『新・教育学—現代教育の理論的基礎—』、pp. 280、ミネルヴァ書房
- 水原克敏、2010：学習指導要領は国民形成の設計書—その能力観と人間像の歴史的変遷、pp. 291、
- 溝上慎一、2007：アクティブ・ラーニング導入の実践的課題、名古屋高等教育研究、269-287
- 溝上慎一、2014：アクティブラーニングと教授学習パラダイムの転換、pp. 196、東信堂
- 三石初雄・大森享編、1998：小学校の環境教育実践シリーズ3「生きている土・生きている川」、pp. 186、旬報社
- 宮崎貴吏・安藤秀俊、2004：酸性雨・樹幹流・土壌を対象とした高等学校化学における環境教育の実際—一部活動での測定データを授業に活かす—、科教研報 Vol. 22 No. 1、89-94
- 森 幸一・太田義人・高桑正樹、2006：土壌動物を用いた環境教育教材の開発に関する研究—指標生物としてのササラダニ類、環境教育 15-2、56-65
- 村上公久、2013：静かにしのび寄る危機 土壌浸食：土壌浸食問題と土壌保全の方策、聖学院大学論叢 25(2)、91-104
- 無藤 隆・岡本祐子・大坪治彦、2009：よくわかる発達心理学、pp. 216、ミネルヴァ書房
- 文部科学省編、1999：高等学校学習指導要領、pp. 388、独立行政法人国立印刷局
- 文部科学省編、1999：高等学校学習指導要領解説 総合的な学習の時間編、pp. 88、独立行政法人国立印刷局
- 文部科学省編、2006：平成18年版科学技術白書 第1部 未来社会に向けた挑戦—少子高齢社会における科学技術の役割—、国立印刷局、pp. 387
- 文部科学省、2006a：小学校理科、中学校理科、高等学校理科指導資料—PISA2003（科学的リテラシー）及びTIMSS2003（理科）結果の分析と指導改善の方向—、pp. 221、東洋館出版社
- 文部科学省、2006b：平成18年版科学技術白書、82-104
- 文部科学省、2007：OECD生徒の学習到達度調査（PISA）～2006年調査国際結果の要約～、1-15
- 文部科学省、2008a：幼稚園教育要領、pp. 132、教育出版
- 文部科学省、2008b：小学校学習指導要領、pp. 237、東山書房
- 文部科学省、2008c：中学校学習指導要領、pp. 237、東山書房
- 文部科学省、2009a：高等学校学習指導要領、pp. 141、東山書房
- 文部科学省、2009b：高等学校学習指導要領解説理科編、pp. 131
- 文部科学省、2014：高大接続特別部会（第16回）配付資料
- 文部科学省、2016：平成28年版科学技術白書、43-50
- 文部省科学技術・学術審議会・資源調査分科会、1950：日本食品標準成分表
- 文部省科学技術・学術審議会・資源調査分科会、1982：四訂版日本食品標準成分表
- 文部省科学技術・学術審議会・資源調査分科会、2005：五訂増補版日本食品標準成分表
- 文部科学省教育課程部会、2016：教育課程内外の教育活動、家庭や地域社会との連携等に関する資料、1-19
- 文部科学省編、2014：学習指導要領データベース一覧・・・・・・・・
- ・昭和22年度小学校・中学校学習指導要領理科編（試案）
 - ・昭和22年度小学校・中学校学習指導要領社会科編（試案）
 - ・昭和22年度高等学校学習指導要領 物理・化学・生物・地学（試案）
 - ・昭和26年度小学校学習指導要領社会科編（試案）改訂版
 - ・昭和26年度中学校・高等学校学習指導要領理科編（試案）改訂版
 - ・昭和26年度中学校・高等学校学習指導要領社会科編Ⅰ 中等社会科とその指導法（試案）改訂版
 - ・昭和27年度小学校学習指導要領理科編（試案）改訂版
 - ・昭和33年度小学校学習指導要領、中学校学習指導要領、高等学校学習指導要領
 - ・昭和43年度小学校学習指導要領、中学校学習指導要領、高等学校学習指導要領

- ・昭和 52 年度小学校学習指導要領、中学校学習指導要領、高等学校学習指導要領
 - ・平成元年度小学校学習指導要領、中学校学習指導要領、高等学校学習指導要領
 - ・平成 10 年度小学校学習指導要領、中学校学習指導要領、高等学校学習指導要領
 - ・平成 20 年度小学校学習指導要領、中学校学習指導要領、高等学校学習指導要領
- 文部科学省、2015：高等学校学習指導要領解説理科編理数編. pp.232、実教出版
- 文部科学省科学技術・学術政策研究所、2015：スーパーサイエンスハイスクール事業の俯瞰と効果の検証、DISCUSSION PAPER No. 117、1-92
- 文部科学省教育課程部会、2016：次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめ（案）のポイント、教育課程部会教育課程企画特別部会資料 1、1-17
- 森 一夫、2009：21 世紀の理科教育、pp.176、学文社
- 森田康夫、2011：アメリカの地理・歴史教科書の検証と国土教育（後編）－日米「地理」教科書比較と内村鑑三『地人論』－、JICE REPORT vol.20、1-18
- 村上憲郎、2013：SNS と IoT (Internet of Things) が切り拓く、ビッグデータ 2.0 の世界、情報管理 56(2)、71-77
- 中井 信、2008：土壌モニリスと土壌情報システム、ペドロジスト、52、1.
- 中井 信・小原 洋・戸上和樹、2006：土壌モニリスの収集目録及びデータ集. 農業環境技術研究所資料、29、118p、農業環境技術研究所.
- 中野政詩・宮崎 毅・塩沢 昌、1995：土壌物理環境測定法、pp.248、東京大学出版会
- 中嶋常充、1985：土を知る 一土と作物のエコロジー、pp.230、地湧社
- 中村和夫、1998：『ヴィゴツキーの発達論－文化・歴史理論の形成と展開－』、東京大学出版会、p.43-52
- 中村太戯留・脇田玲・千代倉弘明・田丸恵理子・上林憲行、2012：スキル習得型の学習における反転授業の活用法の検討、日本認知科学会第 29 回大会、430-433
- 中村祥一、2006：学習活動におけるメタ認知の活用について ～小学校での実践例をとおして～、千葉県総合教育センター一紀要、115-116
- 長沼祥太郎、2015：理科離れの動向に関する一考察、科学教育研究 Vol.39 No.2、114-123
- 永塚鎮男、1989：教師のためのやさしい土壌学. 理科の教育 5～9 月号
- 永塚鎮男、2011：ドクチャーエフの思想がわが国の土壌学に及ぼした影響、肥料科学第 33 号、107～139
- 中村好男、1998：ミミズと土と有機農業、創森社、pp.128
- 中村好男編著、2011：ミミズのはたらき、pp.144、創森社
- 中山遼平・四本 裕子、2012：メタ認知、<https://bsd.neuroinf.jp/wiki/メタ認知>
- 日本土壌協会監修、2014：図解でよくわかる 土・肥料のきほん、pp.160、誠文堂新光社
- 日本土壌協会編、2012：土壌診断と作物生育改善、pp.236、日本土壌協会
- 日本土壌協会編、2013：土壌診断と対策、pp.288、日本土壌協会
- 日本土壌協会編、2014：土づくりと作物生産、pp.130、日本土壌協会
- 日本土壌肥料学会編、1981：土壌の吸着現象－基礎と応用－、pp.160、博友社
- 日本土壌肥料学会編、1983：火山灰土－生成・性質・分類、pp.204、博友社
- 日本土壌肥料学会編（西尾道徳・東 照雄・樋口利彦・福田 直・植田善太郎・栗栖宣博）、2002：土の絵本、1 巻～5 巻、そだててあそぼう、シリーズ 36、農山漁村文化協会
- 日本土壌肥料学会編、2009：土と食糧（普及版）－健康な未来のために－、pp.224、朝倉書店
- 日本土壌肥料学会編、2010a：土と食糧、pp.212、朝倉書店
- 日本土壌肥料学会編、2010b：「文化土壌学からみたリン」、pp.196、博友社
- 日本土壌肥料学会編、2013：土壌微生物実験法、pp.375、博友社
- 日本土壌肥料学会監修、2014：土・肥料のきほん、誠文堂新光社、pp.159
- 日本土壌肥料学会「土のひみつ」編集グループ編、2015：土のひみつ ー食料・環境・生命ー、朝倉書店、pp.228

- 日本土壌肥料学会編、2015：世界の土・日本の土は今、pp.126、農山漁村文化協会
- 日本土壌肥料学会土壌教育委員会編、2006：土壌の観察・実験テキスト—土壌を調べよう！—、pp.118、日本土壌肥料学会
- 日本土壌肥料学会土壌教育委員会編（伊藤豊彰・菅野均志・坂本一憲・佐々木絵里・田中治夫・田村憲司・橋本均・東照雄・平井英明・深野基嗣・福田直・古川信雄）、2014：「土壌の観察・実験テキスト—自然観察の森の土壌断面集つき—」、pp.108、日本土壌肥料学会
- 日本学術会議環境学委員会環境思想・環境教育分科会、2008：提言学校教育を中心とした環境教育の充実に向けて、pp.108
- 日本生態系協会、2001：環境教育がわかる事典—世界のうごき・日本のうごき、pp.429、柏書房
- 日本粘土学会編、1997：粘土の世界、pp.257、KDDクリエイティブ
- 日本ペドロロジー学会編、1997：改訂版土壌調査ハンドブック、pp.169、博友社
- 日本林業技術協会編、1990：土の100不思議、pp.217、東京書籍
- 日本野外教育研究会編、2001：「野外活動—その考え方と実際」、pp.206、杏林書院
- 西尾道徳、1989：土壌微生物の基礎知識、pp.206、農山漁村文化協会
- 農林水産省編、2010：かけがえのない農地を守るために—耕作放棄地対策推進の手引き—、1-52
- 農林水産省統計部編、2011：2010年世界農林業センサス第7巻 農山村地域調査報告書—都道府県編、農林統計協会
- 農林水産省、2015：農林業センサス、大臣官房統計部経営・構造統計課センサス統計室
- 農林水産省、2016：農林業センサス、大臣官房統計部経営・構造統計課センサス統計室
- 沼田真、1987：都市の生態学、岩波書店、pp.225
- 岡島秀夫、：土の構造と機能—複雑系をどうとらえるか—、pp.268、農山漁村文化協会
- 奥村裕之・北野日出男、1994：土壌動物のはたらきの教材化に関する素材研究—ミミズとダンゴムシが土壌に与える影響を中心として—、環境教育VOL.4、NO.1
- 小原洋・小崎隆・坂上寛一・竹迫紘・東照雄・樋口利彦・福田直、1998：土をどう教えるか、pp.118、古今書院
- 小野信一、2005：土と人のきずな、新風社、pp.174
- 大羽裕・永塚鎮男、1988：土壌生成分類学、pp.338、養賢堂
- 大橋欣治、2015：水と土の文化論、pp.468、東京農業大学出版会
- 大倉利明、2010：世界の土壌劣化、地球環境 Vol.1 No.1、3-7
- 大政正隆、1977：土の科学、pp.225、日本放送出版協会
- 大政正隆、1951：ブナ林土壌の研究、林土調報、1-243
- 大野春雄監修、1998：土—なぜなぜおもしろ読本—、山海堂
- 大竹久夫 編著、2011：リン資源枯渇危機とはなにか、pp.226、大阪大学出版会
- ペドロジスト懇談会編、1984：土壌調査ハンドブック、pp.169、博友社
- ピーター・トムプキンス、クリストファー・バード、1998：土壌の神秘、pp.687、春秋社
- P.ロバーツ（神保哲生訳）、2012：食の終焉、pp.544、ダイヤモンド社
- レイチェル・カーソン（上遠恵子訳）、1996：センス・オブ・ワンダー、pp.60、新潮社
- レーチェル・ルイス・カーソン（青樹築一訳）、2004：沈黙の春、pp.394、新潮社
- 理科教育研究会、2006：未来を展望する理科教育、pp.230、東洋館出版社
- 陸維・横張真、2008：中国における環境教育の変遷と緑色学校プログラムの成立、ランドスケープ研究、Vol.71、817-820
- 劉継和・田中実、2000：中国における環境教育の発展、北海道教育大学環境教育情報センター環境教育研究15-32
- 梁乃申、2009：地球温暖化に伴う森林土壌有機炭素の変動を探る、国立環境研究所ニュース28巻1号
- 林野庁、2014：平成25年木材需給表
- 坂上寛一・久戸瀬哲・浜田竜之介、1984：自然教育園における植生と土壌微生物相、自然教育園報告15、13-19

- 産学連携によるグローバル人材育成推進会議、2011：産学官によるグローバル人材の育成のための戦略、1-27
- 佐久間敏雄・梅田安治編著、1998：土の自然史—食料・生命・環境—、pp. 241、北海道大学図書刊行会
- 佐々木清一、古坂澄石、山根一郎、岡島秀夫、川口圭三郎、熊田恭一、船引真吾、青峰重徳、高井康雄、1974：改訂新版土壌学、pp. 262、朝倉書店
- 佐々木和也・本田泉・木村厚志・神山晃一、2012：伝統左官による土壌教育の試み、宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要第 35 号、239-244
- 佐藤朝代・石井佐恵美・福田 直、2013a：自然の教育カリキュラム ふれる 感じる 気づく—年少編、pp. 128、ひとなる書房
- 佐藤朝代・石井佐恵美・福田 直、2013b：自然の教育カリキュラム ふしぎの心をふくらませる—年中編、pp. 120、ひとなる書房
- 佐藤朝代・石井佐恵美・福田 直、2013c：自然の教育カリキュラム 冒険する 仲間と学びあう—年長編、pp. 128、ひとなる書房
- 佐藤邦明・吉木沙耶香・岩島範子・若月利之・増永二之、2015：多段土壌層法における地域資源の活用による土壌の通水性改良と水質浄化能との関係、水環境学会誌 38(5)、127-137
- 佐藤孝裕、1997：環境破壊と文明の衰亡、別府大学短期大学部紀要第 16 号、43-54
- 佐藤 学、2003：リテラシー概念とその再定義、教育学研究 70(3)、292-301
- 佐藤真久（研究代表者）、2009：平成 21 年度横浜市業務委託調査「持続可能な開発のための教育（ESD）」の国際的動向に関する調査研究、pp. 215
- 櫻井克年、1990：若手研究者を中心とした土に関する一般書作り、ペドロジスト第 34 巻第 2 号、35-41
- シーア・コルボーンら（長尾 力訳）、1977：「奪われし未来」、pp. 466、翔泳社
- 四手井綱英、1993：森に学ぶ：エコロジーから自然保護へ、pp. 241、海鳴社
- 滋賀県総合教育センター、2004：環境教育に関する研究—土壌動物を素材とした環境教育教材の開発—ササラダニ類を指標生物とした環境調査—研究紀要第 46 集
- 嶋田正和ほか、2012：生物基礎、pp. 304、数研出版
- 森林土壌研究会編、1998：改訂版森林土壌の調べ方とその性質、pp. 334、林野弘済会
- 新谷真悟・川村寿郎・星 順子・佐野 尚・狩野克彦、2011：土からみる環境の移り変わりの学習—仙台市立高森小学校における実践事例—、宮城教育大学環境教育研究紀要第 4 巻、37-43
- 総合的な学習における環境学習研究会、2002：環境学習、pp. 287、清水書院
- 住 明正・太田猛彦、2004：考えよう地球環境(3) 森と水と土の本、pp. 47、ポプラ社
- 須長一幸、2010：アクティブ・ラーニングの諸理解と授業実践への課題—activeness 概念を中心に—、関西大学高等教育研究—創刊号、1-11
- 鈴木庸夫、2005：樹木図鑑、pp. 367、日本文芸社
- 青少年教育活動研究会、1999：子どもの体験活動等に関するアンケート調査報告書
- 瀬戸昌之・松前恭子・田崎忠良、1978：林床における二酸化炭素の発生速度の季節変化と土壌の生物及び環境条件に関するいくつかの考察、生物環境調節 16-4、103-108
- 杉山修一、2013：すごい畑のすごい土、pp. 190、幻冬舎
- T. Fukuda、1990：Environmental Education in Elementary and Secondary Schools—Present Conditions and Problems as seen from the School Level—、TASAE University of Tsukuba、117-133
- T. Fukuda、1991：The Present Conditions And The Future Problems of Environmental Education. TASAE University of Tsukuba、149-171
- 高橋英一、1984：肥料の歴史—人間活動とのかかわり合い、Vol. 22、No. 9、671-673
- 高橋英一、2004：肥料になった鉱物の物語、pp. 172、研成社

- 高橋 剛、2002：中学校理科において自然環境保全の意識を高める学習の進め方に関する研究—土壌を用いた自然環境調査を中心に—（第1報）．岩手県立総合教育センター教育研究、14-17
- 高橋 剛、2003：中学校理科において自然環境保全の意識を高める学習の進め方に関する研究 —土壌を用いた自然環境調査を中心に—（第2報）、岩手県総合教育センター教育研究
- 田辺市郎・渡辺 巖、1966、微生物に関する研究法 その1 土壌微生物作用の研究法、日本土壌肥科学雑誌 37、46-54
- 谷本雄治、2005：『土をつくる生きものたち』、pp. 32、岩崎書店
- 谷山一郎、2010：食料増産、環境変動と世界の土壌資源、第32回農業環境シンポジウム、1-2
- 田村憲司、2002a：現代土壌肥科学の断面 [17] —土壌の環境教育の普及と啓蒙—、農業および園芸、77、618-632.
- 田村憲司、2002b：土壌多様性とその保全、地球環境 Vol. 10 No. 2、145-152
- 田村憲司、2008：土壌の環境教育の普及と地域・学校・家庭との連携、第25回土・水研究会資料、農業環境技術研究所、11-16
- 田村憲司、2011：土壌に触れ合う環境教育の推進 土とは何か - 土壌体認識の重要性、情報誌 CEL Vol. 97、32-35
- 田村憲司・高橋純子、2016：学校及び社会における土壌教育実践講座(6) 土壌教育における放射能教育、日本土壌肥科学雑誌 87(1)、49-53
- 田中治夫・瀧 勝俊・菅野均志、2015：学校および社会における土壌教育実践講座 4. 土壌の特性や機能が実感できるアトラクティブな室内実験、日本土壌肥科学会雑誌 86、120-125
- 田中久徳、2006：科学技術リテラシーの向上をめぐる一公共政策の社会的合意形成の観点から、レファレンス 662、57-83
- 田中雅文、2001：学校と地域組織の協働（『学校と地域でつくる学びの未来』）、ぎょうせい、137-158
- 田中俊也、2015：授業の方法と教師の役割（子安増生・田中俊也・南風原朝和・伊東裕司共著 『教育心理学[第3版]』有斐閣）、135-152
- 寺川智祐編、1990：『教職科学講座第21巻理科教育学』、pp. 208、福村出版
- 東京大学農学部編、2011：土壌圏の科学、pp. 135、朝倉書店
- 塚本良則、1998：森林・水・土の保全、pp. 138、朝倉書店
- 塚本明美・岩田進午、2005：だれでもできるやさしい土のしらべかた、pp. 127、合同出版
- 都留信也、1994：土のある惑星、pp. 126、岩波書店
- 「土の世界」編集グループ、1990：土の世界—大地からのメッセージ—、pp. 159、朝倉書店
- 中央教育審議会、1996：「21世紀を展望した我が国の教育の在り方について（第一次答申）」
- 中央教育審議会、2006：答申「新しい時代を切り拓く生涯学習の振興方策について～知の循環型社会の構築を目指して～」
- 中央教育審議会、2008：答申「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について」、1-151
- 中央教育審議会教育課程部会、2010：児童・生徒の学習評価の在り方について（報告）
- 中央教育審議会、2012：新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～（答申）、pp. 167
- 中央教育審議会、2014：新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜の一体的改革について（答申）、pp. 31
- 中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会、2016a：「次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめ」、1-100
- 中央教育審議会教育課程企画特別部会、2016b：資料1「次期学習指導要領に向けたこれまでの審議のまとめ（素案）のポイント」、1-17
- 都筑良明、2009：日本の学校教育における環境教育と土木学の教育の可能性についての考察、土木学会教育論文集 Vol. 1、6、65-74

- 植村耕作、1977：中学校の教科書における「土のとりあつかい」とその問題点. 理科教室、20（7）、13-18
- 植山俊宏、1993：環境教材としての説明的文章「生きている土」(教育出版小学6上)を中心に、京都教育大学環境教育研究年報第1号、41-54
- 宇土川徹朗、2009：土に含まれるマイクロ粒子の観察から環境を学ぶ. 日産科学振興財団理科/環境教育助成成果報告種、1-5
- 宇土泰寛・川野幸彦・松原道晴、2012：ESD(持続発展教育)と社会科・理科教育のつながり、椋山女学園大学教育学部紀要5、1-12
- 梅宮善章・妹尾啓史・松中照夫・後藤逸男・筒木 潔・犬伏和之・安西徹郎、2001：土壌学概論、pp.219、朝倉書店
- 梅埜國夫・富樫 裕・白井 馨・福田 直・滝沢利夫・上田 博・冷川昌彦、1989：ミニマム・エッセンシャルズの策定に基づいた高校生物教育課程の開発研究. 文部省科学研究費補助金(一般C)研究成果報告書
- 梅埜國夫・富樫 裕・下野洋・上田 博・滝沢利夫・白井馨・冷川昌彦・福田 直、1989：ミニマム・エッセンシャルズの策定に基づいた高校「生物」教育課程試案、生物教育29(1・2)、3-15
- 梅澤 実、2000：土を調べる 総合的学習調べよう 身近な自然. 学研
- 畦 浩二・鎌谷泰州、2012：土壌微生物の新たな教材開発：中学校理科「自然と人間」への導入を目指して、Hikobia 16(1)、105-110
- ヴィゴツキー-L.S.(土井焜三・神谷栄司訳)、2003：『「発達の最近接領域」の理論—教授・学習過程における子どもの発達』、三学出版
- V.G.カーター・T.デール(山路 健訳)、1995：土と文明. pp.332、家の光協会
- 和田秀徳、1977：ペドロジー—土壌学の基礎、pp.494、博友社
- 八木一行・高田裕介 2014. 国連世界土壌デーおよび国際土壌年、農業と環境 No. 168
- 山根一郎、1988：土と微生物と肥料のはたらき、pp.193、農山漁村文化協会
- 山本裕之・平野吉直・内田幸一(2005) 幼児期に豊富な自然体験活動をした児童に関する研究、国立オリンピック記念青少年総合センター研究紀要、第5号、pp.69-80.
- 矢野正孝・谷山竜平・田原太一、2002：土壌を教材に用いた環境教育：生きている土：地域交流としての出前授業、日本高専学会誌 3(別冊)、67-73
- 矢野正孝、2002：土壌を用いた環境教育. 高等専門学校教育と研究創造教育実践事例集(日本高専学会)3号
- 矢野 佐・石戸 忠、2003：現色植物検索図鑑、pp.246、北隆館
- 山田嘉徳・森 朋子・毛利美穂・岩崎千晶・田中俊也、2015：学びに活用するルーブリックの評価に関する方法論の検討、関西大学高等教育研究6号、21-30
- 山野井徹、2015：日本の土、pp.250、築地書館
- 山岡寛人、1997：球環境子ども探検隊⑥ 土のふしぎな力を育てよう. pp.61、フレーベル館
- 矢内純太、2010：博物館における土壌教育の可能性 土壌教育の課題と改善の試み. 地理55-3、44-51
- 安田喜憲、2015：中学校国語2「モアイは語る—地球の未来」、光村図書、pp.324
- 全国農業協同組合連合会肥料農薬部、2010：だれにもできる土壌診断の読み方と肥料計算、pp.101、農山漁村文化協会
- United Nations、2014：General Assembly 「Resolution adopted by the General Assembly on 20 December 2013 — World Soil Day and International Year of Soils」、1-3
- 八幡敏雄、1989：すばらしき土壌圏、pp.167、地湧社
- 横山和成監修、2015：土壌微生物、pp.195、誠文堂新光社
- 横山和成、2015：図解でよくわかる 土壌微生物のきほん、pp.160、誠文堂新光社
- 吉田武彦、1986：J. リービヒ『化学の農業および生理学への応用』、北海道農業試験場研究資料第30号、1-152
- 吉崎静夫、1999：総合的学習のカリキュラム開発と授業設計、日本教育工学雑誌23、17-22
- 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は異種中の窒素、リン及びBOD成分の除去とその浄化能の評価、日本土壌肥科学雑誌60、335-344

- 鷺谷いづみ、2005：新編 新しい国語6年上「イースター島にはなぜ森林がないのか」、東京書籍
- 綿井博一・瀬田穂乃佳・佐々木千恵子・米倉功蔵・比佐 昭・溝口 勝・宮崎 毅、2005：理科離れが進む初等・中等教育における土壌教育の実践、平成17年度農業土木学会、pp.648-649
- 渡辺和彦・後藤逸男・小川吉雄・六本木和夫、2012：土と施肥の新知識、pp.255、農山漁村文化協会
- 渡辺弘之監修、1979：土壌動物の生態と観察、築地書館、pp.146
- 渡辺弘之、2011：土のなかの奇妙な生きもの、pp.182、築地書館
- 全国国語教育実践研究会編、1994：「たんぼぼのちえ」「生きている土」：教材研究と全授業記録、pp.255、明治図書出版
- 全国農業協同組合連合会肥料農薬部、2010：だれにもできる土壌診断の読み方と肥料計算、pp.101、農山漁村文化協会
- Alfred E Hartemink、Alex McBratney; Budiman Minasny、2008：Trends in soil science education: Looking beyond the number of students *Journal of Soil and Water Conservation*63、3; Research Library pg. 76A-83A
- Charles H Heimler、1987：Focus on life science、pp.1267、Columbus、Ohio;Merrill
- Dokuchaev、V.V.、1893：The Russian Steppe:Study of the Soil in Russia、Its Past and Present.St.Peterburg
- Eric C. Brevik、2009：The teaching of soil science in geology、geography、environmental science、and Agricultural programs. *Soil Survey Horizons* 50、120-123
- Eric C. Brevik、Sergio Abit、David Brown、Holly Dolliver、David Hopkins、David Lindbo、Andrew Manu、Monday Mbila、Sanjai J. Parikh、Darrell Schulze、Joey Shaw、Ray Weil、David Weindorf、2010：Soil Science Education in the United States: History and Current Enrollment Trends、*Journal of the Indian Society of Soil Science* Vol62、No4
- Eric C. Brevik、Sergio M. Abi、David Joseph Brown、David Weindorf、2014：Soil Science Education in the United States: History and Current Enrollment Trends、*Journal of the Indian Society of Soil Science*、Vol. 62、No. 4、pp 299-306
- Eric C. Brevik、2017：A History of Soil Science Education in the United States、*Geophysical Research Abstracts* Vol. 19
- Hartemink、A.E.、A.McBratney.、2008：A soil science renaissance、*Geoderma*148、123-129
- Hilgard、E.W.、1891：Soil Studies and Soil Maps.*Overland Monthly* 18、607-616
- Hulya Gulay、Sevket Yilmaz、Esin Turan Gullac and Alev Onder、2010：The effect of soil education project on pre-school children、*Educational Research and Review* Vol. 5(11)、pp. 703-711
- Hülya Gülaya、Alev Önder、Esin Turan-Güllaç、üevket YÖlmaz、2011：Children in need of protection and learning about the soil: A soil education project with children in Turkey、*Procedia Social and Behavioral Sciences* 15、1839-1844
- Hülya Gülay Ogelman、2012：Teaching Preschool Children About Nature: A Project to Provide Soil Education for Children in Turkey、*Early Childhood Education Journal*、Vol.40、Issue 3、177-185
- Herrmann、L.、2006a. Soil Education: A Public Need - Developments in Germany since the Mid 1990s.、*J. Plant Nut. Soil Sci.*、169、464-471
- Herrmann、L.、2006b：The curriculum of Soil Education in German、*Journal of Plant Nutrition and Soil Science* Vol.169、Issue 3、464-471
- Krzic M、Wilson J、Basiliko N、Bedard-Haughn A、Humphreys E、Dyanatkar S、Hazlett P、Strivelli R、Crowley C、Dampier L. 2014. Soil 4 Youth: charting new territory in Canadian high school soil science education. *Nat. Sci. Educ.* 43: 73-80
- T. L. Hansmeyer and T. H. Cooper、1983：Developing Interpretive Soil Education Displays、*d. Nat. Resour. Life Sci. Educ.*、Vol. 22、no.2、131-133

Walter, H. , 1952, Eine einfache Methode zur Ökologischen Erfassung des CO₂-Factors am Standort, Ber. Dtsch. Bot. Ges. , 65, 175-182

Wasson, R. J. , 2006 : Exploration and Conservation of Soil in the 3000-Year Agricultural and Forestry History of South Asia

Willy H. Verheye, 2012 : SOILS, PLANT GROWTH AND CROP PRODUCTION – Vol. III – Soil Education and Public Awareness -

Yoda, K. , Nisioka, M. , 1982: soil respiration in dry and wet seasons in a tropical dry-evergreen forest in Sakaerat, N. E. Thailand, Jap. J. Ecol. , 32(4) , 539-541

各国教科書一覽

A. T. XPNHKOBOH, 2003 : ECTECTBOHAHNE, MOCKBA

Ben Franklin, 2000 : Science, McGraw-Hill School Division, McGraw-Hill, pp. 624

C. H. Heimler, 2008 : FOCUS ON Life Science, pp. 509, Charles E. Merrill Publishing Co.

Biology, Person, pp. 1267

C. Lizeraux, et al dir. , 2008 : Sciences de la vie et de la Terre 5e, Hachette Education, pp. 216

C. Lizeraux, et al dir. , 2008 : Sciences de la vie et de la Terre 6c, Hachette Education, pp. 207

C. Lizeraux, et al dir. , 2008 : Sciences de la vie et de la Terre 6e, Bordas, pp. 176

Gammon, P. , 2003 : Framework Science 8, Oxford University Press, pp. 53

Garms. , et al. , 1970 : Die Natur, Georg Westermann Verlag, pp. 223 Gert. Haala, u. a. , 2003 : Natura, Biologie für Gymnasien, 5/7-8/9, Klett,

Gert. Haala, u. a. , 2004 : Natura, Biologie für Gymnasien, 8/9, Stuttgart.

Gert. Haala, u. a. , 1980 : Natura, Ernst Klett Verlag, pp. 240 Robert Barrass, 1981 : Human Biology-Made Simple-, William Heinemann Ltd. , pp. 303

George G. Mallinson, et al, 1978 : Science-UNDERSTANDING YOUR ENVIRONMENT, pp. 220, Silver Burdett Company

Greenway, T. , et al. , 2008 : Collins KS3 Science Book 2, Harper Collins Publisher, pp. 125

Horst Bickel. , et al. , 1970 : Natura, Ernst Klett Verlag, pp. 304

Indra Prakash, et al. , 1989 : Basic Secondary School Biology (For Class X), Arya Book Depot, pp. 216

Jacques Escalier, et al dir. , 2008 : Biologie, Ferhand Nathan, pp. 144

Jenifer Burden, et al, 1978 : GCSE Biology, OXFORD, pp. 269

J. Guichard dir. , 2003 : Sciences expérimentales et technologie CE2, Hachette Education

J. Guichard dir. , 2003 : Sciences expérimentales et technologie CM, Hachette Education, pp. 142 Harry K. C. Shukla, et al. , 1984 : Secondary School Biology (For Class IV), Arya Book Depot, pp. 224

Kenneth R. Miller and Joseph S. Levine, 2008 : Prentice Hall Biology , Pearson Prentice Hall, pp. 1146

Ludwig Bauer et al dir. , 2008 : Sachbuch 4. Schuljahr, R. Oldenbourg, pp. 128

M. -C. Hervé, et al dir. , 2008 : Sciences de la vie et de la Terre 3e, Bordas, pp. 35

MaryL Date, 2008 : FOCUS ON Life Science, Glencoe/Mcgraw-Hill , pp. 615

Michael J. Padilla, Ioannis Miaoulis , Martha Cyr, 2007 : Focus on Life Science, pp. 728, Pearson Prentice Hall

Neil A. Campbell, et al. , 2008 : Biology 8th Edition, Pearson Benjamin Cummings, pp. 1393

Paddy Gannon, 2004 : Framework Science, OXFORD, pp. 158

Peter Raven, George Johnson , Kenneth Mason, Jonathan Losos, Susan Singer, 2016 : Biology 11th Edition, pp. 1408, McGraw-Hill Education

Robert Brooker , Eric Widmaier, Linda Graham , Peter Stiling, 2016 : Biology 4th Edition, pp. 1440, McGraw-Hill Education R. S. Mittal, et al. , 1989 : Science, Arya Book Depot, pp. 392

S. K. Ahuja, et al. , 1986 : Basic Biology (For Class IX), Arya Book Depot, pp. 21

- Science Kaleidoscope、205 : Key Stage 3、Heinemann Educational、pp. 215
Sylvia Mader.、et al、2014 : Inquiry Into Life14/e、Mcgraw-Hill、 pp. 864
- Stephen Nowicki、et al、2008 : McDougal Littell Biology、McDougal Littell、 pp. 1052
- Werner Gruninger.、et al.、1979 : Wege in die Biologie I、Ernst Llett Stuttgart、pp. 1936
- 自然五年級第一学期 (試用本)、2008 : 上海科技教育出版社、pp. 13
- 生命科学初中第一冊 (試用本)、2007 : 上海教育出版社、pp. 6-7
- 生命科学初中第一冊 (試用本)、2007 : 上海教育出版社、pp. 54-65
- 自然五年級第二学期 (試用本)、2008 : 上海科技教育出版社、pp. 43-44
- 科学七年級第一学期、2007 : 上海教育出版社、pp. 163
- 劉曉桂主編、2003 ; 地球環境 (下)、龍騰文化、pp. 193
- ジョン・ヘムン・ユンギョンイル (1985)、生物Ⅰ、志學社、pp. 295
- ジョン・ヘムン・ユンギョンイル (1985)、生物Ⅱ、志學社、pp. 295
- イギテほか (2004)、生物Ⅱ、大学書林、pp. 430
- 楊義賢ほか (1988)、精準高中生物、精準出版、pp. 267
- キムソンウォンほか (2009)、中学校科学1、ダダコムコミュニケーション (韓国科学創意財団発行)、pp. 280
- 浅海 誠ほか、2012 : 生物Ⅰ、東京書籍、pp. 304
- 有馬朗人ほか、2012 : 理科の世界3年、大日本図書、pp. 308
- 磯崎行雄ほか、2011 : 地学基礎、啓林館、pp. 232
- 木川達雄・谷本英一ほか16名、2011 : 生物基礎、p. 207、啓林館
- 松田時彦ほか、2003 : 高等学校地学Ⅱ、啓林館、pp. 288
- 松田時彦ほか、2007 : 高等学校地学Ⅰ改訂版、啓林館、pp. 264
- 中村桂子ほか、2011 : 科学と人間、実教、pp. 182
- 小川勇二郎ほか、2011 : 地学基礎、数研出版、pp. 238
- 小川勇二郎ほか、2013 : 地学、数研出版、pp. 390
- 小川勇二郎ほか13名、2012 : 地学基礎、pp. 222、数研出版
- 太田次郎ほか、2004 : 高等学校生物Ⅱ、pp. 300、啓林館
- 力武常次ほか、2003 : 高等学校地学Ⅱ 地球と宇宙の探究、数研出版、pp. 264
- 島崎邦彦ほか、2002 : 地学Ⅰ 地球と宇宙、東書、pp. 192
- 嶋田正和ほか、2009 : 改訂版 高等学校生物Ⅱ、pp. 320、数研
- 田中隆荘ほか、2012 : 高等学校 改訂 生物Ⅰ、第一学習社、pp. 288
- 田中隆荘ほか、2012 : 高等学校 改訂 生物Ⅱ、第一学習社、pp. 336
- 湯島 誠ほか、2013 : 生物、p. 479、東京書籍
- 湯島 誠ほか、2012 : 生物、東書、pp. 486

付属資料

「土壌肥料に関する歴史」年表（世界）

「環境史年表 昭和・平成編」（2004、河出書房新社）等参照

- BC. 10000 頃 狩猟採集生活から農業生活への転換
- BC. 9000 頃 栽培農業始まる
- BC. 6000 頃 メソポタミア定住農耕
- BC. 2000 頃 中国黄河流域農耕始まる
- アリストテレスの『動物誌』
- 古代ローマ プリニウスの『博物誌』（全37巻）
- 18c ビュフォン「博物誌」
- 1570 ヘレスバハ「農業書」耕地にクローバーなどマメ科植物の牧草を栽培する農法を記載
- 1639 徐光啓「農政全書」
- 1650 世界人口約5億人
- 1700 農地：地球の陸地面積の7%
- 1731 トウル「土壌栄養説」
- 1761 ワーレリウス「腐植栄養説」
- 1769 ワット蒸気機関発明、イギリスで産業革命起こる
- 1770 ヤング「農業経済論」
- 1804 ド・ソシュール「植物による二酸化炭素吸収」
- 1806 チリ硝石・グアノ発見（フンボルト）
- 1809 A. テーア「合理的農業原論」（腐植栄養説）（～1812）
- 1823 J. F. L. ハウスマン（地質学的土壌分類）
- 1828 尿素的合成（ヴェーラー）
- 1840 リービッチ「無機栄養説（鉱物説）」、アメリカで産業革命始まる
- 1843 J. B. ロース「過リン酸石灰」、英
- 1860 ザックス水耕法（植物の成長：窒素、リン、カリウム、硫黄、カルシウム、マグネシウム、鉄必要）
- 1861 ジョン・ティンダル（水蒸気・二酸化炭素・オゾン・メタンなどが主要な温室効果ガス）
- 1877 シュレッシング・ムンツ「消化細菌発見」、ウォーリントン「有機体窒素の無機化」
- 1883 V. V. ドクチャエフ「ロシアのチェルノーゼム」（土壌生成因子）
- 1886 ヘルリーゲル・ウィルフアルト（独、マメ科植物根と根粒菌との共生によって空中窒素固定）
- 1892 E. W. ヒルガード「土壌と気候の対応に関する研究」
- 1896 スヴァンテ・アレニウス（著書『宇宙の成立』：石炭などの大量消費によって今後大気中の二酸化炭素濃度が増加すること、二酸化炭素濃度が2倍になれば気温が5～6°C上昇する可能性があること）
- 1900 アルトナ博物館設立（土壌断面見本）、世界人口約15億人
- 1913 アンモニア合成法（ハーバー、ボッシュ）
- 1930 アメリカ土壌侵食「ダストボウル」、ヨーロッパで気温上昇観測、アルプス氷河後退
- 1938 キャレンダー「大気中CO₂濃度上昇観測」、DDT（スイス、ミュラー）
- 1941 BHC（仏）
- 1944 パラチオン（独）、ディルドリン（米）
- 1954 ソ連世界最初の原子力発電所建設、塩化カリ工場設立（独シュタスフルト）
- 1960 世界人口約30億人
- 1962 R. カーソン「沈黙の春」（化学汚染警告）、ベトナム戦争での枯葉剤散布、A. ファロウ（地質学的土壌分類）
- 1969 国連環境計画(UNEP)発足

- 1971 ラムサール条約採択 (1975 発効)
- 1972 国連人間環境会議 (ストックホルム)、ローマクラブ報告書『成長の限界』、ロンドン条約 (廃棄物の海上投棄・洋上焼却規制採択)、国連環境計画 (UNEP) 設立
- 1973 ワシントン条約 (野生動植物保護採択)
- 1975 国際環境教育専門家会議 (ベオグラード) 「ベオグラード憲章採択」
- 1977 環境教育政府間会議 (トビリシ) 「トビリシ宣言・勧告」、国連砂漠化防止計画 (ナイロビ)、環境教育国際会議 (テサロニキ)
- 1978 マルサス『人口論』
- 1979 スリーマイル島原子力発電所事故、長距離越境大気汚染条約締結 (ジュネーブ)
- 1982 国連環境計画特別会議 (ナイロビ)
- 1985 酸性雨原因物質削減「ヘルシンキ議定書」締結、ウィーン条約 (オゾン層保護)
- 1986 チェルノブイリ原発事故
- 1987 モントリオール議定書「10年後にフロン半減」、南極のオゾン 50%に減少、世界人口約 50 億人
- 1988 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の設立、ソフィア議定書採択 (酸性雨対策)
- 1989 有害廃棄物の越境移動およびその処分の規制に関するバーゼル条約採択、ヘルシンキ宣言「特定フロンの全廃」
- 1990 地球温暖化防止行動計画、アメリカで「環境教育の推進等のための法律」制定
- 1992 環境と開発に関する国連会議 (地球サミット、リオデジャネイロ) : 「気候変動枠組条約」、「生物多様性条約」、「21 世紀に向けて持続可能な開発を実現するための具体的な行動計画 (アジェンダ 21)」採択
- 1994 砂漠化防止条約採択
- 1995 COP1 (気候変動枠組条約第 1 回締結国会議、ベルリン)
- 1997 地球温暖化防止条約第 3 回締約国会議 (気候変動枠組み条約締約国会議) COP3 (京都) 「京都議定書」採択、テサロニキ宣言 (持続可能な社会の構築のためには環境教育が不可欠)
- 1998 COP4 (ブエノスアイレス) 各国対立顕著、世界各地で異常気象・記録的高温記録
- 2000 COP6 (ハーグ)、国連ミレニアム・サミット (ニューヨーク、2015 年までに達成すべき 8 目標)
- 2002 持続可能な開発に関する世界首脳会議 (ヨハネスブルグ)
- 2005 京都議定書発効、C011 (モントリオール)
- 2007 IPCC 第 4 次評価報告書・統合報告書、アル・ゴアノーベル平和賞受賞
- 2008 COP14 (ボズナニ)、G8 北海道洞爺湖サミット
- 2009 G8 ラクイラサミット (2050 年までの長期目標として温室効果ガス排出量を世界全体で 50%、先進国全体で 80%削減することを合意、産業革命以降の気温上昇が 2°Cを超えないようにすべきとの広範な科学的見解認識)
- 2010 COP16 (カンクン)
- 2011 世界人口 70 億人、福島原発事故
- 2012 COP18 (カタール) 京都議定書約束期間 2013 年~2020 年、地球サミット (リオ+20) 開催「我々の求める未来」を採択
- 2013 COP19 (ボン) 2015 年合意を通じた適応の強化、2020 年までの緩和の野心向上について「再生可能エネルギー、エネルギー効率、CCS (二酸化炭素回収・貯留) の強化を含むエネルギー転換」をテーマに開催され、有識者や国際機関からのプレゼンテーションを受けて各国による意見交換が行われた。しかし、締約国間の対立状況が打開されず、正式な議論を行う機会がないまま会合期間が終了した。
- 2014 国連気候変動会議 (ボン) 開催
COP20・COP/MOP10 (リマ、国連気候変動枠組条約第 20 回締約国会議および京都議定書第 10 回締約国会議) 開催、IPCC 第 5 次評価報告書公表 (20 世紀半ば以降の温暖化が人間の影響による可能性極めて高い)
- 2015 ポスト 2015 年開発アジェンダに関する宣言採択 (予定)、国際土壌年

「土壤肥料に関する歴史」年表（日本）

- 1697 宮崎安貞農業全書全10巻刊行
- 1875 農事修学場設置、札幌学校（翌年札幌農学校）開校
- 1876 イギリスよりキンチ招聘
- 1878 足尾銅山鉍毒事件、駒場農学校開校
- 1981 ドイツよりケルネル招聘
- 1882 ドイツよりフェスカ地質調査所に招聘（1883日本全国土壤調査、土性図・解説書作成）
- 1986 東京帝国大学設立
- 1887 農学会設立
- 1893 農事試験場及び6支場設置
- 1899 肥料取締法公布
- 1901 麻生慶次郎 土壤学・肥料論講義開始
- 1904 恒藤規隆「日本土壤論」
- 1907 麻生慶次郎・村松舜祐「土壤学」
- 1912 肥料懇談会設立（1914土壤肥料学会に改組、1934日本土壤肥料学会に改称）
- 1916 全国的な施肥標準調査事業計画
- 1916 大工原銀太郎「土壤学講義（上巻）」
- 1917 鈴木重礼「土壤生成論」
- 1918 米騒動
- 1919 大工原銀太郎「土壤学講義（中巻）」
- 1921 川瀬惣次郎「土壤学」
- 1922 神通川イタイイタイ病
- 1923 石灰窒素と合成硫安の製造開始
- 1929 関豊太郎「新撰提要土壤学」
- 1934 川村一水「土壤学講話」
- 1937 安中亜鉛精錬所塩害
- 1942 大杉 繁「一般土壤学」、食糧管理法
- 1946 農地改革
- 1948 麻生慶次郎「土壤学」
- 1950 内山修男「土壤調査法」
- 1956 水俣病（熊本・水俣湾）
- 1961 四日市喘息
- 1965 水俣病（新潟・阿賀野川）
- 1967 公害対策基本法制定、イタイイタイ病原因究明
- 1968 大気汚染防止法制定
- 1970 農用地土壤汚染防止法制定、水質汚濁防止法制定、海洋汚染防止法制定
- 1971 環境庁発足
- 1991 土壤汚染に係わる環境基準
- 1993 環境基本法施行
- 1994 環境基本計画決定
- 1995 食管法廃止と食糧法制定
- 1998 地球温暖化対策推進法公布
- 1997 京都議定書採択（2005発効）

- 1999 食料・農業・農村基本法公布
- 2002 土壤汚染対策法公布
- 2006 有機農業推進法施行
- 2011 原発事故による放射性物質拡散
- 2015 TPP（環太平洋連携協定）、「国際土壤年」（国連）

「環境教育・土壤教育に関する歴史」年表（日本）

- 1912 肥料懇談会設立（1914 土壤肥料学会に改組、1934 日本土壤肥料学会に改称）
- 1919 大工原銀太郎「土壤學講義上巻」
- 1948 国際自然保護連合設立（用語「環境教育」初出）
- 1954 土壤微生物談話会（日本土壤微生物学会）
- 1958 ペドロジスト懇談会（1958 年日本ペドロロジー学会）、粘土研究会（1958 年日本粘土学会）、土壤物理研究会（1958 年土壤物理学会）、
- 1959 日本植物生理学会、森林立地懇話会（1959 年森林立地学会）
- 1968 プラウデン報告書（イギリス、環境を題材）
公害対策基本法制定、全国小中学校公害対策研究会発足
- 1969 スウェーデン 初等教育学習要領改訂（環境問題重視）
- 1970 アメリカ合衆国 環境教育法制定
- 1972 スtockホルム国連人間環境会議、自然環境保全法制定
- 1975 ベオグラード国際環境教育会議（ベオグラード憲章）
- 1977 トビリシ環境教育政府間会議
小・中学校学習指導要領改訂（環境問題重視）
- 1978 高等学校新学習指導要領改訂（環境問題重視）
- 1982 土壤教育検討会設置
- 1983 土壤教育強化委員会に改変
- 1986 環境省「環境教育懇談会」設置
- 1990 アメリカ合衆国 環境教育推進法
- 1991 環境教育指導資料 一中・高等学校編（文部省）
- 1992 国連環境・開発サミット in ブラジル ―（アジェンダ21）
環境教育指導資料 一小学校編（文部省）、土壤教育委員会に改組
- 1997 「環境と社会」国際会議開催（テサロニキ）
- 1998 土壤肥料学会土壤教育委員会編「土をどう教えるか―新たな環境教育教材―」刊行
- 1999～2009 全国各地（計 11 ヲ所）「自然観察の森」における土壤観察会実施
- 1999 中央環境審議会「これからの環境教育・環境学習」答申
- 2002 日本土壤肥料学会編「土の絵本（全5巻）」刊行
- 2003 「土の絵本（全5巻）」（産経児童出版文化賞受賞）
環境の保全のための意欲の増進及び環境教育の推進に関する法律」制定・公布
- 2005 国連「持続可能な開発のための教育の 10 年」
第5部門「土壤生成・分類・調査」内に「土壤教育部会」新設
- 2006 第9部門「社会・文化土壤学」新設（「社会・教育部会」と「文化土壤学部会」設置）
- 2007 新環境教育指導資料（小学校版）21 世紀環境立国戦略
- 2015 「国際土壤年」（国連）記念事業開催

謝辞

本研究を進めるに当たり、主査を務めていただいた日本女子大学教授 田部俊充先生、副査の同大学教授 田中雅文先生、同大学教授 吉崎静夫先生、宇都宮大学教授 平井英明先生、筑波大学教授 田村憲司先生に心より感謝申し上げます。

また、東京農工大学元教授 坂上寛一先生には研究を進める契機を与えていただきました。

調査に当たっては、武蔵野学院大学・大学院、武蔵野短期大学、東京学芸大学、埼玉県立川越高等学校をはじめ、埼玉県内外の各幼稚園、小学校、中学校、高等学校の多大なるご協力をいただきました。未筆ながら、記して謝意を表する次第です。