

身近な雑草の季節動態に着目した自然体験学習の提案

A proposal for nature-based experiential learning with focus on seasonal dynamics of weed vegetation

荒木祐二*1 鈴木芙実*2

Yuji ARAKI Fumi SUZUKI

*1 埼玉大学教育学部

Faculty of Education, Saitama University

*2 入間市立藤沢北小学校

Fujisawa-kita Elementary School, Iruma city

持続可能な食料生産システムの構築に向けて、食料生産と農地環境の関係を理解する上で、雑草は有用な教材になり得る。しかし、雑草の季節動態に関する教育向けの基礎資料が整理されておらず、教育的活用が図られていない。本研究では、小学校内にみられる雑草植生の季節動態を定量的に評価し、自然体験学習のための有効な活用法について検討した。ロゼットの形態で越冬する植物の姿を扱う授業を実践し、その教育効果について考察した。

キーワード：雑草植生、フェノロジー、自然体験学習、環境教育、身近な自然

1. はじめに

昨今の人口増加と人間活動がもたらす食料・環境問題は看過できない状況にあり、環境に配慮した持続可能な食料生産システムの構築が急務とされている。ヒトと自然が共存するために、農業は食料の安定供給を実現しながら総合的有害生物管理 (IPM) や総合的生物多様性管理 (IBM) によって環境への負荷を軽減させるとともに、生物多様性を維持できる栽培技術を普及させることが求められている。農業生産においては栽培作物の育成技術のみならず、地域固有の生態系にも目を向け、その積極的理解と保全に努めることが重要であると考えられる。

栽培作物のエンドユーザーである消費者が、生態系サービスを十分に理解し、自らのライフスタイルを制御する能力を培うためには、幼少期から小・中学校にはじまり高等教育にいたるまで生物多様性に親しみ観察する能力を培うための教育システムを充実し、さらに生涯を通じて学習を続けることによってその能力を深めていくことが肝要である¹⁾。この教育と学習の場として、自然生態系と農業生態系におけるフィールド学習は、生態系サービスと生物多様性のさまざまな要素の関係を理解するとともに食料生産が生物多様性と深いかわりがあることを認識する上で大きな効果を発揮する¹⁾。

教育現場では、平成 20 年の学習指導要領改訂に伴い、児童・生徒の「生きる力」の育成を重視した教育活動の一つとして、小学校では身近な自然を対象とした自然体験の充実が図られている。身近な自然を体験的に学ぶことは、自然の現象・事象について実感の伴った理解を図り、科学的な見方や考え方の育成につながる。また、自然に対する興味・関心の向上、生物を愛護する態度を育成するなどのさまざまな意義を有する²⁾。一方、中学校では技術・家庭科技術分野において「C 生物育成に関する技術」が必修化され、地域固有の生態系に配慮した栽培学習の実践が始まっている³⁾。栽培学習において環境をみつめる教材として農業を扱う場合、農耕地の生物的・非生物的環境の変化と自然生態系の機能との相互関係について具体的な視点の提示が前提となっていなければならない⁴⁾。農耕地の自然は人類がつくりあげた農地生態系であり、雑草が農地生物多様性の土台となっている⁵⁾。こうしたことから、技術教育を通して生産と環境保全を認識するためには、小・中学校の連携を図り、雑草植生の視点を取り入れた体験的な栽培学習の実践が有益であると考えられる。

学校敷地内にみられる栽培植物や自生植物は、児童・生徒にとって身近な自然環境の一つである。なかでも校庭に生える雑草は、都市や農山村を問わず生育し、共通性のある素材として教材化が図

られている⁶⁾。雑草の教材化に関する実践例として、校庭の植物を対象とした「植物図鑑づくり」⁷⁾や土壤環境の勾配と植物群落の多様性との関係性の把握⁴⁾などが報告されており、いずれも雑草の教材的価値を高く評価している。また、木俣(1996)は、「雑草の生物学的な基本特性を環境学習の視点からとらえると、たとえば、植生の遷移の初期段階、生物季節、土地利用と植被の状況、栽培植物との相互関係、国際貿易と帰化植物、都市化の進行と雑草種の消長、野生植物の採集と利用、除草剤の環境負荷など、いくつも興味深い話題が考えられる」と述べ⁸⁾、雑草が多彩な学習テーマを提供する学習教材であることを示唆している。加えて、奥埜ら(1987)は、小中学校理科の教科書における植物の生活史に関する題材を取り上げ、生物が季節の変化に応じた生命行動を行っていることを具体的に学ぶことの重要性を説いている⁹⁾。身近な自然の理解は、よりよい環境を創造するための糸口になり得る。この利点を用いて学校農園の雑草植生を教材として活用することは、持続可能な食料生産システムの構築に向けてきわめて有益な学習効果を期待することができる。しかし、現状では雑草植生を教材として利用することは珍しく、とくに季節動態に着目した教育的活用例はほとんどみられない。これは雑草の活用を

念頭においた教育向けの基礎資料が整理されていないことに起因すると考える。こうした雑草植生の理解は栽培学習の中核を担う中学校技術科の生物育成で学習することが望まれる。しかしながら、現時点で中学校の学校農園が栽培学習に利用されている事例は少なく、一方で、小学校ではどの学校農園でも植物の育成に関する体験的な学習が実施されている¹⁰⁾。

そこで本研究では、小学校構内にみられる雑草について生態学的な観点から定量的に評価し、雑草の種類や量の分布、季節動態を把握するとともに、雑草植生の成立要因を環境や人為的影響と関連付けて明らかにした。また、本研究で得られた雑草のフェノロジーに関する基礎資料をもとにした実践授業を提案し、自然体験学習のための有効な活用法について検討した。本研究の意義は、「生きる力」の育成の要点となる身近な生き物を対象とした自然体験学習の立案への寄与である。本研究で得られる学校園(畑や花壇)を含む学校構内の雑草に関する基礎資料は、身近な植物と生活環境とのかかわりを題材とした学習に必要とされる基礎的な情報を提供する。また、雑草の季節変化に着目した教育的活用例を提案・実践することで雑草の教材的価値の再評価が図られると考える。

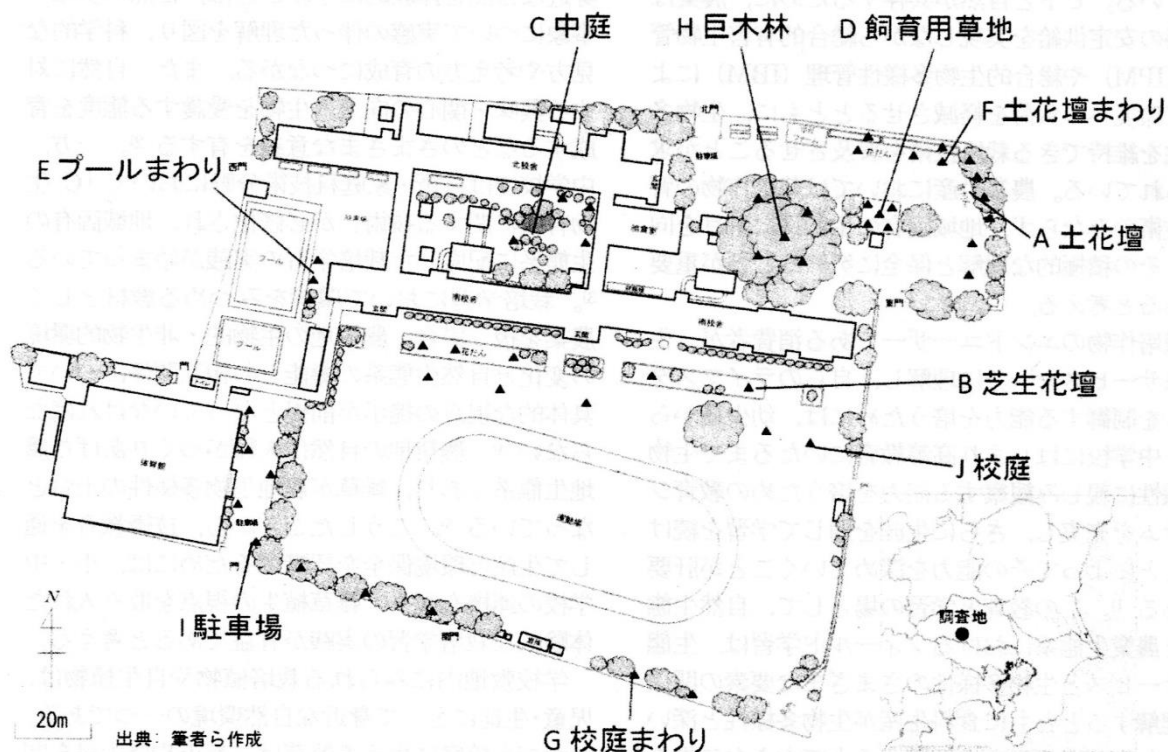


図1. 飯能市立第一小学校のフィールドマップ。A~Jは区分した植分であり、▲は方形区を表す。

2. 調査地の概要

調査は埼玉県飯能市立飯能第一小学校の敷地内で行った(図1)。飯能市は埼玉県西南部に位置し(35°50'N, 139°19'E 付近)、面積は193.2km²(東西約24.8km, 南北約16.8km)で県面積の約5.1%を占める。市面積の約7割は西部の山地であり、約3割は東部に広がる丘陵や台地、低地である¹¹⁾。気候は東日本型で、かつ内陸的な傾向を示す。この地域の2010年の年平均気温は15.2℃、最暖月(8月)の平均気温は28.7℃、最寒月(1月)の平均気温は4.2℃である¹¹⁾。気温を基に算出した吉良(1948)¹²⁾の暖かさの指数(WI)、寒さの指数(CI)は、それぞれ123.6℃・月、1.2℃・月であった。平均湿度は76.0%、年間降雨量は1,575mm/年であり、雨量の約30%は9~10月にもたらされる。首都圏にありながら多様な自然に恵まれた飯能市は、平成16年に環境省から全国13のエコツーリズム推進モデル地区の1つに指定された。現在は地域住民が一体となり、環境保全活動に取り組んでいる。

飯能第一小学校は秩父山地から分岐した天覧山の麓に位置する(海拔およそ100m;面積3ha)。飯能市域ではもっとも創立の早い小学校で、明治5年に学制が頒布されると、その翌年「飯能学校」としてつくられた。小学校創立以前には聖天様が祀られており、その社叢は聖天林と呼ばれていた¹³⁾。この林は現代にも引き継がれ、小学校構内には樹高20m、直径1mを超える巨木がいくつか残存している。本学校には、埼玉県が配置したみどりの学校ファームをはじめとする学校園(畑や花壇)が広く認められ、用途に応じた栽培活動が盛んに行われている。

3. 調査方法

3.1 植分の分類

野外調査は2011年6~11月にかけて実施した。調査地内を踏査して植生や立地の状況を記録するとともに、測量と航空写真(Google マップ)の判読により校内配置図と樹木分布を記したフィールドマップを作成した(図1)。また、相観により校内にみられる雑草植生を10の均質な植分(下記のA~J)に区分した。

A 土花壇: 小学校構内の北東に位置し、児童が理科や生活科の授業で草花や作物といった栽培種を育てる学校園として利用されている。6月の調

査時にはサツマイモやホウセンカが植えられていた。10月には一部の花壇でサツマイモが繁茂していた。

B 芝生花壇: 南校舎前に設置され、草花のほかにはウメやモミジなどの樹木が植栽されている。児童が授業等で使用することは少なく、土花壇に比べて粗放的に管理されている。

C 中庭: 南校舎と北校舎の間に囲まれた閉鎖的な空間となっている。児童の学級からよく見えるこの場所には、ため池や多様な植栽樹が存在し、庭園のような風景を呈している。日常的に児童が立ち入ることはなく、人為的な影響の少ない場所になっている。

D 飼育用草地: 東門の近くで裏庭の中央に位置する飼育用草地は、児童が飼育しているチャボやウサギを放すスペースとなっている。まわりは高さ1mほどのフェンスに囲まれ、児童が立ち入る頻度は少ない。フェンスの外にはアオギリ(樹高10mほど)が植栽され、被陰される部分が多い。

E プールまわり: 構内の西側にあるプールのまわりにも雑草が繁茂している。地面には砂利が敷き詰められており、日当たりは良い。児童玄関が近くにあるが、児童の往来は少なく、ほとんど放置されている。

F 土花壇まわり: 土花壇のまわりに位置し、砂地となる場所を調査対象とした。近くにブランコやすべり台などの遊具があり、休み時間になると児童が遊んだり走り回ったりする姿がみられ、比較的踏圧の頻度の高い場所になっている。

G 校庭まわり: 校庭を囲む景観の中でも、主として正門から体育館にかけて道路沿いに植栽される桜並木の林床を調査対象とした。地面は校庭と同様に固められた砂地である。

H 巨木林: 北門から東門にかけて、樹高20m、直径1mを超える巨樹(主にケヤキ)が数個体残存する。林冠がうっぺいしているため、林床には日が届きにくい。また、巨木林は児童用玄関の正面に位置し、通学路として児童の往来が激しいため、土壌は硬く踏み固められている。

I 駐車場: 地面はコンクリートで被われている。ふきだまりなどで砂がたまる隙間に、植物がわずかながら生育している。

J 校庭: 地面は乾燥しやすい砂地で、体育の授業や休み時間等に高頻度で利用されるため、踏み固められて硬くなっている。植生はほとんどみられない。

3.2 植生調査

上述の各植分内に方形区(1m×1m)を設置し、植物社会学的手法による植生調査(以後、植生調査と略記)を行った。調査地における野外調査は、2011年6~11月に実施した。

それぞれの方形区では、まず階級を区分し、階級ごとに地上高と植被率を調べた上で、個々の出現種について優占度と群度を、Braun-Blanquet (1964)¹⁴⁾に準じた基準に従って求めた。植物名は、原則として「日本原色雑草図鑑」¹⁵⁾、「日本の帰化植物」¹⁶⁾に従った。

3.3 環境調査

種組成の成立と生育地の環境との関係を調べるために、植生調査と同方形区内において以下の項目を測定した: 温度(気温(地上130cm)、地表温度(地上0cm)、地中温度(地中5cm))、土壤環境(硬度、含水率、酸度(pH)、電気伝導度(EC))、日射量。日射量は、魚眼レンズ(シグマ製4.5mm F2.8 EXDC Circular Fisheye HSM)を用いて各方形区の中央で高さ50cmの位置において全天空写真を撮影し、全天写真解析プログラムCanopOn 2.03c¹⁷⁾により天頂加重散乱光(SOC: Standard Overcast Sky)を算出した。また、各方形区において約250gの土壌を採取し、実験室に持ち帰って、窒素(N)、リン酸(P)、カリウム(K)の濃度を(Milwaukee社製MT6003型測定器)を用いて測定した。

3.4 解析方法

3.4.1 CCAによる多変量解析

CCA(Canonical Correspondence Analysis, 正準対応分析)は対応分析(反復平均法)を基礎とする手法である。環境条件に関するデータを参照しながら対応分析の結果を補正し、サンプル、種および環境条件の三者の関係を分析する序列化手法としてよく利用されている¹⁸⁾¹⁹⁾。序列化によって得られたサンプルスコアや、分類によって得られた調査地点のグループを、環境条件のデータと対比させることにより、その要因から見た個々の群集や調査地点の位置づけを明らかにすることができる²⁰⁾。CCA解析にはPC-ORD Version 5.1 for Windows (MjM Software Design)を用いた。

本研究では、6月の48方形区と10月の48方形区の合計96方形区のうち、無植生の方形区が含まれる駐車場(10方形区)と校庭(10方形区)の植分を割愛した76方形区を解析の対象とした。

また、現地調査によって得られた101種(1m調査に枠内出現種の合計)のうち、3方形区未満(3%未満)に出現した種を偶出種とみなして除外した57種を解析に用いた。

3.4.2 種多様度指数による解析

種多様性という語は、ときに種の豊かさのみを指し、ときに種の豊かさと均等性を合わせた概念として用いられている。そのため、種多様度を解析するには、いくつかの指数を組み合わせる使用することが奨励されている²¹⁾。本研究では以下に示す2つの指数を用いた:

(1) Simpsonの多様度指数 D' ²²⁾:

$$D' = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

(2) Shannon-Weiner 関数 H' ²³⁾:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

ただし、 p_i は種*i*の相対優占度、 S は出現種数、 H' の単位にはnatを用いた。本解析では、 p_i はすべての出現種について求めた優占度(Braun-Blanquet scaleの中央値)の合計に対する種*i*の優占度の割合とした。

4. 結果

4.1 飯能第一小学校にみられる雑草植生

小学校構内で実施した植生調査(1m学校構の方形区内)により、出現種数は、6月には76種、10月には71種、出現総数として101種が確認された。両調査月の共通種は46種であり、6月に偏在した種数は30種で10月に偏在した種数は25種だった。

植生調査がなされた86方形区(校庭の10方形区を除く)の種組成は、植物社会学的表操作により総合常在度表にまとめられた(表1)。小学校構内でみられた草本植生は、カタバミースズメノカタビラ群落の1群落とコナスビーイヌタデ亜群落とニワホコリ亜群落の2つの亜群落に類型化された。

(1) カタバミースズメノカタビラ群落

48か所の方形区の種組成は、カタバミが6月と10月の双方で優占し、スズメノカタビラも主に6月で優占となることで特徴づけられた(表1)。このほかオヒシバやオオバコなども高頻度で認めら

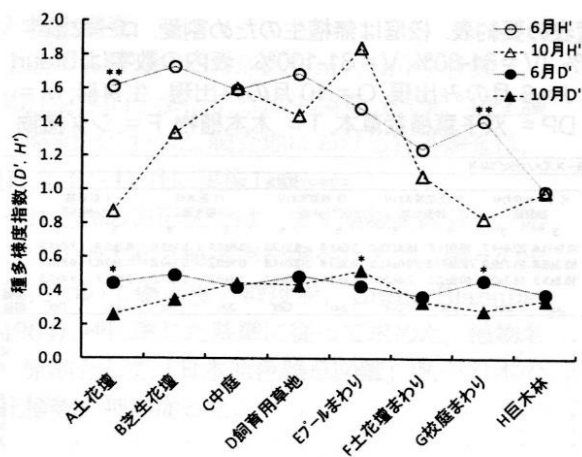


図2. 各植分の種多様度指数(D' , H'). アスタリスクは6月と10月の間に有意差があることを示す(* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$; t検定).

されているシバもほとんどの方形区で確認された。6月の偏在種として、アオカモジグサやスズメノカタビラ、スギナなどがみられ、10月にはコメヒシバやコニシキソウ、アキメヒシバ、エノコログサなどが偏って出現した。他の植分と比較して、植生高や植被率が高く、種の豊かさを示す多様度指数も高い値を示した(表1, 図2)。植生高は6月が $39.6 \pm 11.6\%$ 、10月が $39.3 \pm 15.6\%$ となり、6月にはアオカモジグサが、10月にはチガヤが生育して高い値を示した。植被率も6月で $99.0 \pm 2.2\%$ 、10月で $94.2 \pm 4\%$ と著しく高かった。

C 中庭: 6月と10月ともに、植栽のシバとシダ植物のイヌワラビがすべての方形区に出現し、優勢となった。6月にはイヌムギやオランダミミナグサ、オニタビラコなどが偏在した。また、植分を特徴づける標徴種としてコモチマンネングサとコブナグサが抽出された。植被率は6月が $78.0 \pm 8.4\%$ 、10月が $75.0 \pm 19.4\%$ となり、コナスピ・イヌタデ亜群落の平均値(6月 79.3% 、10月 77.5%)に近い値を示した(表1)。種数をみると、6月は 19.8 ± 7.3 種/ m^2 で全植分の中でもっとも多くなった。10月も 15.8 ± 2.3 種/ m^2 と多くなり、中庭に出現する種の多様さが特徴づけられた。

D 飼育用草地: 6月と10月ともにアオスゲやシロツメクサ、ヘビイチゴ、カタバミ、イヌタデ、セイヨウタンポポなどが高頻度で出現し、優勢となった(表1)。さらに標徴種としてツボスミレとクサイチゴ、ヒメクグが抽出された。ヒメクグは10月にのみ出現した。植被率6月($97.6 \pm 4.3\%$)、10月($96.4 \pm 3.6\%$)ともに90%を超え、シバも植えられており、地表はほぼ完全に覆われていた。

植生高は芝生花壇に次いで高かった(6月 $31.2 \pm 11.9\text{cm}$ 、10月 $36.7 \pm 4.3\text{cm}$)。

(3) ニワホコリ亜群落

この亜群落はニワホコリが10月で優占になることで特徴づけられ、プールまわり、土花壇まわり、校庭まわり、巨木林、駐車場の5植分によって構成された(表1)。6月の平均植生高は $6.8 \pm 2.9\text{cm}$ 、平均植被率は $21.4 \pm 38.4\%$ 、平均種数は 5.4 ± 3.7 種/ m^2 となった。また、10月の平均植生高は $8.8 \pm 5.2\text{cm}$ 、平均植被率は $18.3 \pm 34.5\%$ 、平均種数は 3.9 ± 2.7 種/ m^2 となり、コナスピ・イヌタデ亜群落と比較すると、全体的に種数・植被率など植物量が少ないことが示された。プールまわりを除く4つの植分では、各植分を特徴づける標徴種が抽出されなかった。ニワホコリ亜群落を構成する植分の出現種をみると、6月の共通種はスズメノカタビラ、10月の共通種はニワホコリ、6月と10月の共通種はカタバミであった。

E プールまわり: 砂利の上にシバが敷かれており、そこにカタバミやウラジロチコグサ、セイヨウタンポポ、ハルジオン、カタバミなどが高頻度で混交した。この植分には、アレチギシギシとアカバナユウゲショウが出現し、標徴種となった。10月になるとアキメヒシバやコメヒシバ、ニワホコリ、コブナグサなどのイネ科が出現するようになり、種数は6月の 15.3 ± 3.2 種/ m^2 から10月の 18.7 ± 2.5 種/ m^2 に増加し、同様に種多様度指数も有意に大きくなった。植被率も6月で $83.3 \pm 5.87\%$ だったのに対し、10月には $91.7 \pm 2.9\%$ となりほぼ完全に地表を覆うようになっていた。

F 土花壇まわり: シバが敷かれるほか、スズメノカタビラやオオバコ、カタバミ、セイヨウタンポポなど踏圧に耐えうる種が多く認められた。6月にはイヌムギ、エノコログサが偏って出現し、10月にはアキメヒシバやコメヒシバ、オヒシバ、スズメノテッポウ、スズメノヒエが偏在した。いずれもイネ科の雑草が多く確認された。出現種数はプールまわりの約半分であった(表1)。10月の植生高では、最高種が 35.6cm (アキメヒシバ)、最低種が 3.1cm (コメヒシバ)となり、同植分内においても方形区の設置場所により測定値に大きな差がみられた。植被率は6月の $79.0 \pm 17.5\%$ に比べ、10月には $70.0 \pm 41.2\%$ に減少した。

G 校庭まわり: 出現種数は6月で 5.4 ± 1.1 種/ m^2 、 3.0 ± 0.7 種/ m^2 であり、著しく低かった(表1)6月にはオオバコが多く出現し、10月にニワホコリやオヒシバが数個体出現する程度だった。

表 2. 各植分における気温、地表面温度、地中温度、
土壌硬度、土壌含水率、EC、pH、SOC の平均値。
アスタリスクは、6月と10月の間に有意差があるこ
とを示す(*: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$; t
検定)

		A土花壇	B芝生花壇	C中庭	D飼育用草地	Eプールまわり
気 温 (°C)	J	25.7	28.7	27.3	29.1	30.3
	O	23.4	25.9	22.4	25.1	25.0
地 表 面 温 度 (°C)	J	26.1	30.0	27.3	27.9	30.0
	O	18.3	25.0	19.1	20.9	25.2
地 中 温 度 (°C)	J	25.7	29.4	26.6	25.8	28.1
	O	17.3	20.6	18.5	17.7	21.6
土 壌 硬 度 (kg/cm ²)	J	0.5	4.2	4.7	3.7	9.8
	O	2.3	3.9	4.9	3.3	5.8
土 壌 含 水 率 (%)	J	8.0	9.5	9.6	7.5	6.1
	O	9.0	10.3	9.9	5.9	11.0
土 壌 EC (mS/cm)	J	0.03	0.04	0.06	0.02	0.03
	O	0.07	0.05	0.06	0.02	0.08
pH	J	5.1	4.3	4.6	5.2	5.7
	O	5.5	5.5	5.6	5.5	5.7
光 SOC (%)	J	-	-	-	-	-
	O	74.7	82.0	46.5	41.6	52.7

植生高は6月が 5.0 ± 1.6 cm, 10月が 5.2 ± 2.4 cm
となり、ともに低い値となった。種数と種多様度
指数(D')は6月と10月の間に有意差がみられ、
10月に比べて6月の方が種数が多く、多様性も高
いことが示された(図2)。この植分では標徴種が
抽出されなかった。

H 巨木林: 植被率は、6月と10月ともに1%未
満となり、季節間でも有意差はみられなかった。
出現種をみると、被度は小さいものの6月と10
月ともにオオバコが高頻度に出現していた。また、
6月にはオニタビラコ、10月にはアキメヒシバが
高頻度ながらも矮性を呈する個体が散在する程度
だった。

I 駐車場: 地表がコンクリートで覆われている
ため無植生の方形区も存在したが、砂のふきだま
りに雑草がわずかに生育する程度だった。両月と
ともに出現が確認された共通種はカタバミとウラジ
ロチチコグサのわずか2種であった。その他の種
も出現頻度は概ね1~20%程度だった。

J 校庭: 校庭で調査対象とした5方形区はすべ
て無植生となった。

4.2 植分間および季節間の環境傾度比較

各植分間で種組成の違いがみられた要因を検
討するため、標徴種が抽出された5つの植分(土
花壇、芝生花壇、中庭、飼育用草地、プールまわ
り)について、環境データを比較した。

(1) 温度

気温と地表面温度、地中温度ともに、プールま
わりを除く植分において6月と10月との間に5%
水準(t検定)の有意差が認められた(表2, 図3)。
土花壇ではどの温度も1%水準(t検定)で有意な
差がみられた。

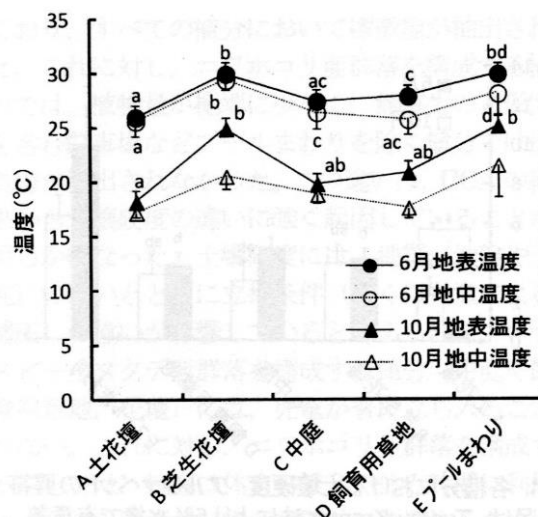


図 3. 各植分における地表温度と地中温度。アルファ
ベットの異符号は、Turkey-Kramer 法により 5%水
準で有意差があることを示す。

気温は、6月には植分間で有意差がみられ、樹
木に被陰される土花壇がもっとも低く(25.7°C)、
日当たりのよいプールまわりがもっとも高い数値
を示した(30.3°C)。10月には植分間で有意差が
みられなかった。地表面温度は、6月と10月とも
に土花壇と中庭、飼育用草地の3植分で類似して
いた(図3)。芝生花壇とプールまわりの間にも有
意差はみられなかった(Turkey-Kramer 法)は6
月と10月の測定値が類似していることが示され
た土花壇と中庭では、6月と10月の平均値に大き
な差がみられた(平均値の差=土花壇 7.8°C, 中庭
8.2°C)。6月と10月ともに植分間での差が大きく、
とくに10月では芝生花壇とプールまわりの温度
が、土花壇よりも有意に高くなった($P < 0.05$;
Turkey-Kramer 法)。地中温度は、地表面温度よ
りも0.5~2°Cほど低く、芝生花壇と飼育用草地で
はその差が比較的大きかった。

(2) 土壌硬度

6月と10月との間に有意差が認められたのは、
土花壇だけだった($P < 0.05$, t検定; 表2, 図4)。
他の植分では季節間で大きな変化はみられなかつ
た。植分間で比較すると、6月の土花壇の土壌は
軟質(0.5kg/cm²)となり、プールまわりの土壌
(9.8kg/cm²)は顕著に硬化となった($P < 0.01$,
Tukey-Kramer 法)。6月の芝生花壇と中庭、飼育
用草地の間には有意差が認められなかった。また、
10月には植分間に有意差は認められなかった。

(3) 土壌含水率

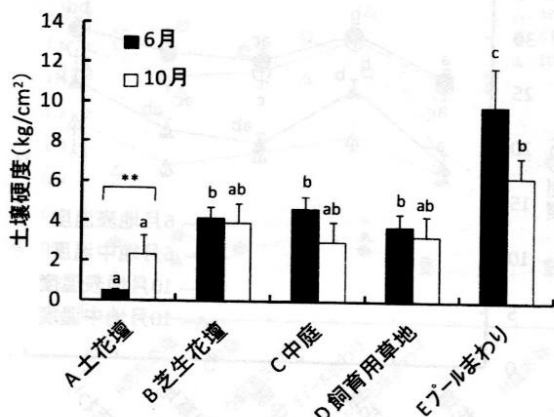


図4. 各植分における土壌硬度. アルファベットの異符号は, Turkey-Kramer 法により5%水準で有意差があることを示す. アスタリスクは6月と10月の間に有意差があることを示す(*: $P < 0.01$, t検定)

プールまわりでは6月と10月との間に有意差が認められた ($P < 0.05$, t検定; 表2). 全体をみるととくに10月の測定値が高く, 芝生花壇・中庭・プールまわりでは10%前後の値を示した. 飼育用草地では5植分のなかでもっとも低い値を示し, 6月に比べ10月には含水率が低下した.

(4) 土壌 pH

土花壇, 芝生花壇, 中庭の3つの植分において6月と10月との間に有意差が認められた ($P < 0.05$, t検定; 表2). 土花壇と芝生花壇は同じ花壇という区分であるが, 6月の測定値には有意差がみられた ($P < 0.01$, Tukey-Kramer 法). 6月の芝生花壇と中庭の測定値は他の植分に比べ, やや低い値を示したが, 10月はすべての植分が pH5.5-5.6 の範囲の値を示し, 中酸性の土壌であることが示された.

(5) 土壌 EC

すべての植分において10月の方がより高い値を示したが, 増加幅は植分により異なった. 土花壇とプールまわりにおいて6月と10月の測定値に有意な差が生じた ($P < 0.05$, t検定; 表2).

(6) 土壌成分

窒素の測定値は植分間で顕著な差が確認されず, すべての植分でもっとも濃度の低い trace となった. リン酸は, 土花壇, 芝生花壇, 校庭まわりで low となり, 他の植分に比べやや高い濃度であることが示された. カリウムは, 植分間の差異がもっとも顕著となり, プールまわりと土花壇まわりで, もっとも低い値を示し, 校庭でもっとも高い値となった. しかし, 本分析では土壌の保存

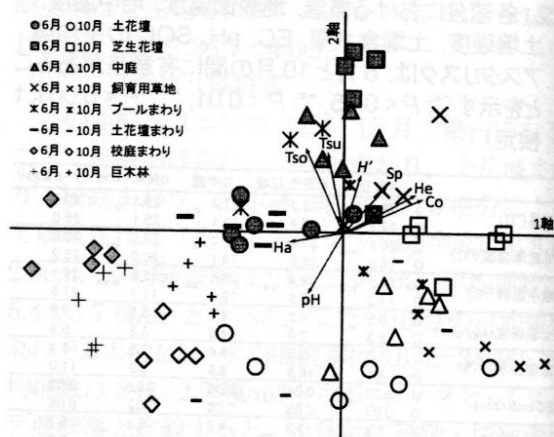


図5. CCAによる96方形区の序列づけ. Tsu: 地表温度, Tso: 地中温度, Ha: 土壌硬度, pH: 土壌酸度, Co: 植被率, He: 植生高, Sp: 種密度, H': 種多様度指数. 異なるマークは植分と調査時期の違いを示す.

状態や試薬の状態が芳しくなく, 目測による比色分析ではやや正確性が欠けると判断した.

(7) 天頂加重散乱光 (SOC)

プールまわりは方形区間の測定値の幅が大きく, 各植分間の中間的な値を示した ($52.7 \pm 32.9\%$; 表1). 土花壇は周囲の樹木の有無により間空率が異なるものの相対的に高い値を示した ($74.7 \pm 14.2\%$). 芝生花壇は, 校庭に面し, 植栽樹の個体サイズが比較的小さいことからほとんど被陰されることがなく, SOCは高い値を示した ($82.0 \pm 4.0\%$). 中庭は周囲を校舎に囲まれており, 飼育用草地では囲いの隅やすぐそばに樹木が植栽されていることから日陰が多く, SOCが低かった (中庭: $46.5 \pm 12.7\%$, 飼育用草地: $41.6 \pm 11.6\%$).

4.3 CCAによる調査区の序列づけ

各方形区 (6月の10月の合計78方形区) における植生の情報 (植被率と植生高, 種数, D' , H'), および環境要因 (地表温度と地中温度, 土壌硬度, 土壌含水率, 土壌 pH, 土壌 EC, SOC) を用いた CCA 解析により, 各方形区は座標平面上で図5のように序列づけされた. ここでは, CCAにおいて固有値の高い1軸 (固有値=0.277) と2軸 (固有値=0.257) を採用した.

CCAの結果, (1)地表温度と地中温度の軸上で6月と10月の方形区が明確に分かれること, (2)土壌硬度の高い値を示す方向と植被率や植生高を示す方向がほぼ対極の関係にあること, (3)植被率

と植生高、種数の向きはほぼ同調することが明らかになった。

また、植分間の配列をみると、コナスビーイヌタデ亜群落の構成植分は、地表面温度と地中温度、 H' の高い方から芝生花壇、中庭、土花壇の順に配列された。飼育用草地は植分内の種多様度にはばらつきがみられ、表面温度と地中温度はやや低いが芝生花壇や中庭と同程度の種多様性が認められた。一方、ニワホコリ亜群落の構成植分は、プールまわりや土花壇まわりはコナスビーイヌタデ亜群落と種組成が類似する反面、校庭まわりと巨木林は土壌硬度が顕著に硬いため第1軸の低スコア側に大きくはずれた。6月にみられた植分間の配列傾向は10月でもほぼ同様にみられた。

5. 考察

小学校構内において立地の異なる9タイプの植分を対象とした植生調査を6月と10月に実施した結果、雑草植生はカタバミ・スズメノカタビラ群落としてまとめられた。カタバミは、6月と10月ともに全植分において高頻度での出現が確認された。本種は、家の周辺や庭、道ばた、畑地などに広く生育するごく普通の雑草で、春早くから夏にかけて盛んに生育する¹⁵⁾。こうしたカタバミ特有のフェノロジーや生態学的特性が、本調査地の環境と調査時期での出現頻度に寄与したものと考ええる。また、カタバミの近縁種であるムラサキカタバミは外来生物法により要注意外来生物に指定されており、繁殖力の強さが示されている²⁴⁾。この繁殖力の強さや生育環境への適応力の高さにより高頻度かつ広範囲に出現が確認されたが、身近な植物の多様性を壊す危険をはらんでいるため、注意して管理する必要がある。また、スズメノカタビラはとくに6月に高頻度で出現した。本種は、繁殖力が盛んで一面に群集をつくることがあり、根は浅いが株になるので除去しにくい¹⁵⁾。カタバミやスズメノカタビラのように高頻度かつ広範囲に出現する種のほとんどが6月と10月ともに出現が確認された。小学校では定期的に除草作業が施されるが、繁殖力の強い両種は、そうした人為的攪乱への耐性を有し、どの場所でも優勢となることがうかがえる。

2つの亜群落間では、種数・植被率・植生高などの植物量に顕著な差異が認められた。コナスビーイヌタデ亜群落を構成する植分は、概して種数が多く、高い植被率で覆われ、高い植生高を呈し

ており、すべての植分において標徴種が抽出された。これに対し、ニワホコリ亜群落を構成する植分では、植物量が極端に少なく、無植生の方形区を含む駐車場などプールまわりを除く植分では標徴種が抽出されなかった。この違いは、CCAの結果から土壌硬度の違いに強く起因していることが明らかになった。土壌硬度には、地質（地盤や土性）の違いとともに立地条件（とくに児童による踏圧）の違いが影響していると考えられる。コナスビーイヌタデ亜群落を構成する植分（中庭や飼育用草地、花壇）には、児童が普段立ち入ることはない。これに対し、ニワホコリ亜群落を構成する植分では、校庭は体育の授業や休み時間に利用されたり、巨木林は児童玄関前に位置するため児童の往来が激しいことから強い踏圧がかかる。こうしたことから、亜群落間の種組成や植物量の違いは、一義的に児童らの踏みつけによる土壌硬度の差異に起因することが示唆される。

加えて、植分間の種組成の差異についても亜群落間と同様に、土壌硬度と手入れの程度が強く起因することがうかがえる。学校内には、(1)児童の往来により踏みつけの頻度・強度が著しい場所や、(2)花壇や畑として利用され、施肥や水やり等土壌環境が整備される場所、(3)定期的に除草作業が行われ人為的攪乱を強く受ける場所、(4)人の立ち入りが少なく閉鎖的な場所や学習に利用されることはなく粗放的な管理がなされる場所などがみられ、雑草植生に及ぼす空間的な人為的攪乱の異質性

(heterogeneity)が認められる。これらの人為的攪乱の頻度と強度の違いが土壌硬度を決定づけ、植分間の植物量や種組成の違いに強く作用していると考ええる。土花壇は理科や生活科などの栽培学習で利用され、耕作や草取りなどの管理が施される。そのため、雑草の被度や群度は小さい。これに対し、やや粗放的な管理がなされる芝生花壇は、芝が高い植被率を占め、野生種と栽培種が混在する半自然的な植生となっている。また、プールまわりには駐車場としての利用や雑草防除等の目的から砂利が敷かれ、硬い土壌となっている。その結果、アレチギシギシやツボミオオバコなど川岸や線路沿いといった荒地に生育する種が繁茂する植生を呈している。校庭まわりや巨木林は、児童の踏みつけの頻度が高いことから土壌が著しく固められ、出現種はスズメノカタビラやオオバコといった、植生高が低く、踏みつけに適応を示す種が散在している。

さらに、6月と10月の季節間でも種組成の差異が顕著にみられた。地表温度と地中温度が種組成の違いを決定する要因の一つになることは、CCAによる序列づけによっても明らかにされている(図4)。なお、各植分において6月と10月にそれぞれ偏在する種が同程度出現し、両季節間で種数や植物量に大きな違いが生じない(t検定で有意差なし)ことは興味深い。各植分には一定の環境容量があり、雑草植生はその範囲内において植物量を動的に維持しながら種組成を変えていく可能性が示唆される。

雑草はもっとも身近な場所に生育する植物である。そのため、植物の生活、自然環境の質を表す指標、さらには生活文化や文明史を学ぶためのたいへん有効な環境学習の教材である。すなわち、雑草を知ればその土地の環境がわかり、地域固有の生態系の理解につながる。さらに、雑草の季節動態に目を向けることで、身近な生態系の時間変化を捉えることができ、環境に関する理解が深められる。しかし、それでも雑草の種類が分からず、生態学の知識がない教員は、雑草を授業で取り扱うことに抵抗を感じるだろう。こうした観点から、雑草の種類がわからなくても、雑草の分布を空間的・時間的に把握するための教材として、以下に述べる学校内のロゼット調査を提案したい。

6. 実践授業の提案

6.1 雑草のフェノロジーに着目した自然体験学習の視点

本研究によって作成された雑草の季節動態に関する基礎資料をもとに、雑草のフェノロジーに着目した自然体験学習種を実施した。ここでは、寒い季節に適応した植物の姿(ロゼット)に着目した授業を提案し、その結果から雑草の教材的価値について再評価した。

授業の目的は、寒い季節に適応した植物の姿(ロゼット)を知り、暖かい季節の姿との違いを意識しながら観察を行い、植物の季節に応じた形態変化について理解させることである。さらに、生育環境の違いと植物体の数や種類の違いとの関連性を取り上げることで植物の成長と環境とのかわりについての見方や考えを養う。教科書にもロゼットの写真等は掲載されているが、植物がなぜそのような形態しているか、どのような場所で見られるか等の記述はほとんどない。本授業では、

冬の植物の観察を通して、他の季節と異なる点を見つけるだけでなく、季節変化や立地の違いと関連付けて「なぜ」、「何のために」姿を変えたのかという点に重点を置き、授業を展開した。

6.2 授業実践

- ・授業名:「一小のロゼットマップをつくろう!」
- ・日時:平成23年12月8日(木)第3・4校時
- ・場所:飯能市立飯能第一小学校
- ・対象児童:第4学年2組33名(男子16名、女子17名)

・単元名:「季節と生物」

・単元目標:身近な動物や植物を探したり育てたりして、季節ごとの動物の活動や植物の成長を調べ、それらの活動や成長と環境のかかわりについて考えをもつことができるようにする。

(1) 導入:冬の植物の姿について考える

はじめに、児童にタンポポの絵を描いてもらい、何人かの絵を紹介しながらいつの季節のタンポポを描いたのか問いかけた。ほとんどの児童が開花している状態を描き、数名が綿毛の状態を描いていた。季節を問うと、綿毛についてはやや答えがばらついたが、開花時期についてはほとんどの児童が春だと回答した。これを踏まえて、「いまの時期のタンポポはどうなっているのだろうか?」と問いかけると、「わからない」、「枯れている」、「種になっている」といった回答となり、児童が冬の植物の姿を十分に認識していない様子が確認された。

(2) 説明:冬の環境に適応した植物の姿(ロゼット)について知る

児童に冬の植物の姿について予想させた後、タンポポの冬の姿であるロゼットについて写真を用いて説明した。「いまの時期のタンポポはこのような姿をしています」と言い、写真を掲示すると「見たことある」「葉っぱだけなんだ」と驚いた様子の児童が多く、ロゼットに対する興味の高さが窺えた。ここでは、ロゼットという呼称が植物の形態を表す固有名詞であること、タンポポのほかにもロゼットの姿を呈する植物がいることを簡単に説明した。説明後、児童に実際にロゼットをみたことがあるか問いかけたところ、半数近くの児童が挙手をした。学校や通学路で目にしたことがあるということから、「学校のどのようなところにロゼットがあるのだろうか?」という疑問を提示し、調べたい場所やそこにどのくらいロゼットがあるか



図6. 野外におけるロゼット調査のようす。

予想した後、実際に野外での観察活動を通して調べることにした。

(3) 活動：ロゼットの個体数をカウントし、全体図と部分図をスケッチする

学校内を6つのカテゴリに区分し、班ごとに一つの場所を調査した。観察の目的を明確にするため、以下の3つの課題を提示し、ワークシートに記入するようにした。

・課題①：ロゼットの数を知る

20cm×20cm 枠内に出現するロゼットの個体数を調べる(図6)。ロゼットの個体数のカウントは二人一組で行い、その他はすべて児童が一人ひとり行う作業とした。使用した枠は、国産材間伐材からつくられた割り箸を利用し、四隅をセロハンテープで固定して作成した。

・課題②：ロゼットの特徴をスケッチする

一個体を選び、ロゼットの全体図と一部を拡大した部分図を記録する。

・課題③：生育場所の特徴を知る

調査した場所の特徴(気温・地表温度・日当たり)を記録する。地表温度は教師が測定する。

観察活動を行うため校舎から出ると、児童は「あったあった!」とすぐにロゼットを見つけることができていた。また、「いろんな形がある」、「これはタンポポのロゼットかな」など種の違いがあることも理解できている様子がみられた。スケッチを行っている児童には、「においや手ざわりはどうか」と声をかけ、視覚だけでなく、触感やにおいなどの情報も記録するよう意識づけた。

(4) まとめ：調べた結果をロゼットマップに記録し、わかったことを話し合う

調査場所ごとにロゼットの個体数を発表し、ロゼットマップ上に記録した。B0サイズに印刷したロゼットマップ(図7)を取り出すと「すごーい、

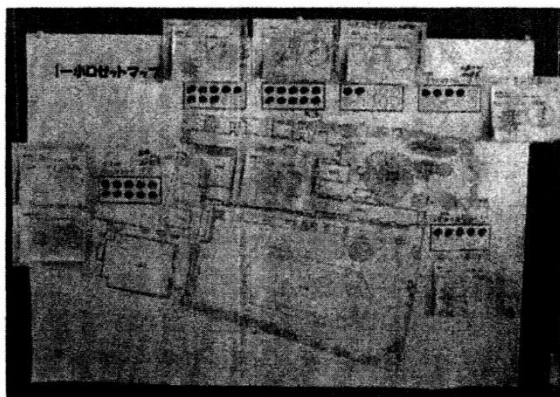


図7. ロゼットマップ(B0サイズ)を用いたロゼット調査のまとめ。

「一少の地図だ!」など児童の反応がとてもよかった。児童にはA4サイズに縮小したロゼットマップを一人一枚配布し、他の班の結果と一緒に確認できるようにした。調査から巨木林の個体数が少ないこと、中庭ではロゼットの個体数や種類が多かったことなどの結果が得られ、自分の調査地と比較して「あの場所は少ないんだ」、「学校にもいろんな種類があるんだ」と数の違いや種類の多さに驚いた児童もいた。どうしてこのように個体数や種類に違いがみられるか問いかけると、意欲的に挙手をして発表する児童は少数であるものの、「巨木林は地面が固いから植物が成長しにくい」、「日当たりが悪い場所はロゼットが少ない」といった環境とのかかわりに着目した回答がみられた。

6.3 実践授業の成果と課題

(1) 授業後のアンケート結果

授業後、授業に関するアンケートを児童に記入してもらい、その結果をまとめた(表3)。その結果、児童が楽しみながら植物の季節に応じた形態変化や植物と環境とのかかわりについて理解できたこと、ロゼットのカウント作業に難しさを感じた児童が多くみられたこと、授業を通して身のまわりの植物に対する興味や関心が向上したことなどがわかった。アンケートの自由記述には以下のような意見があがった。

・いつもと違う道具を使ったりロゼットをみつかることもとても楽しかったです。葉っぱのはえてる真ん中が赤くて、葉脈も赤くなっていました。
・ロゼットはいろいろな種類があり、いっぱいあることが知れてよかったです。もっと植物のことが知りたくなりました。

- ・場所によって、ロゼットの数が違いました。大きいロゼットの下に小さいロゼットもあったりしました。

- ・似ている葉があったけど、毛がはえているのと、はえていないので違かった。重ねてあるロゼットがあったから、みつけにくかったです。

- ・植物も自分が必要なように姿をかえられるなんてびっくりしました。

- ・ロゼットはいろいろの形があって数えるのが大変でした。でも楽しかったです。

(2) 成果

本自然体験学習の成果として以下のことが挙げられる。(1)野外で雑草を実際に観察したり、ロゼットをカウントしたりし、児童が主体的に活動に参加し、さらにその結果について自分たちで考察することができた。(2)ロゼットのスケッチを行うことで、色や形、大きさ、手触りなどの違いから、タンポポに限らずさまざまな植物が季節に応じて形態を変化させていることについて実感を伴った理解を図ることができた。(3)ロゼットの全体図だけでなく部分図をスケッチさせることにより、葉や茎にある毛や葉脈など細かい部分まで観察することで、諸感覚を働かせながら自然とかわり、自然に接する関心や意欲を高めることができた。(4)調査結果をロゼットマップにまとめることにより、野外活動の目的を明確にするとともに、視覚的に出現数の差異を捉えさせることができた。(5)授業後のアンケート結果で「もっと観察したい」という意見が多かったことから(86.7%)、身近な植物に関する興味や関心の向上を図ることができた(表3)。

(3) 改善点

授業後のアンケート結果で枠の中のロゼットを数えるのが難しかったという意見が多かったことから(表3)、導入時に教室内で説明するだけでなく、外に出てから実際にデモンストレーション

しながら丁寧に説明する必要があった。また、調査場所により児童の活動量に差がみられたため、全員が出現数の少ない場所と多い場所を調査できるようにしたり、出現数の少ない場所を練習場所とし、導入時に全員で取り組むなどして工夫することが求められた。

7. おわりに

本研究では、学校内の雑草植生を植物生態学的手法により明らかにし、雑草の季節動態に着目した教育向けの基礎資料づくりをめざした。この成果を踏まえて実践した自然体験学習では、児童が身近な植物に対して興味を示し、主体的に授業に取り組む姿がみられた。また、授業後のアンケート結果から児童の知識の習得や興味・関心の向上がみられ、雑草の教材的価値に一定の評価が得られた。しかし、授業内容を難しいと感じる児童が多いことから、授業時数の設定、展開や指導の工夫についての改善が求められた。

花壇や中庭などの雑草に目を向けた自然体験学習を通じて、児童らは雑草の種類・量と環境とのかかわり、ならびに雑草の生き残り戦略について実感を伴って理解することができた。小学校4年生を対象とした本研究の試みは、持続可能な食料生産システムの構築に向けた技術教育の導入として位置づけられる。本研究を契機として、小学校高学年で農地生物多様性に対する関心をさらに高め、中学校技術科の生物育成において地域固有の生態系に配慮した作物栽培のあり方を学習することが望まれる。

今後は、本研究で作成された基礎資料をもとにした教育的活用例のさらなる提案とその有用性について検討を深める必要があると考える。また、身近な植物を題材とした授業を実施する上で、教師の植物に関する知識の低さが指摘されている。

表3. 実践授業に関するアンケート結果. 有効回答数 30 名.

質問項目	肯定		否定	
	とても	やや	やや	とても
今日の授業は楽しかったですか	30 (100.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
季節によって植物のすがたが変わることがわかりましたか	30 (100.0%)		0 (0.0%)	
育つ場所によって植物の数や種類に違いがあることがわかりましたか	30 (100.0%)		0 (0.0%)	
植物の季節ごとのすがたについてもっと知りたくなりましたか	16 (53.3%)	12 (40.0%)	1 (3.3%)	0 (0.0%)
2人1組での観察活動はうまくできましたか	19 (63.3%)	11 (36.7%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
ロゼットの数をかぞえるのはむずかしかったですか	7 (23.3%)	13 (43.3%)	7 (23.3%)	3 (10.0%)
身のまわりの植物についてもっと観察してみたいですか	17 (56.7%)	12 (40.0%)	0 (0.0%)	1 (3.3%)

常に教育現場の声に耳を傾け、実情に適応した自然体験学習の提案や教材開発、評価基準の設定に務めることが肝要となる。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、飯能市立飯能第一小学校の澤田清志校長をはじめとする教職員の皆様には、調査地と授業実践の場を快くご提供いただいた。野外調査では、埼玉大学教育学部技術専修の成田優也氏、石川莉帆氏、田代しほり氏、服部貴文氏、大山央人氏、高橋信子氏、永峰崇大氏にご助力いただいた。ここに記して厚く御礼申し上げます。なお、本研究は埼玉大学の平成 23 年度総合研究機構プロジェクト研究費（プロジェクト番号：A11-11、代表：埼玉大学 荒木祐二）の補助を受けて実施された。

引用文献

- 1) 日本学術会議農学委員会植物保護科学分科会：植物保護科学の展望－農業生産の向上と生物多様性－，日本学術会議，26pp. (2011)
- 2) 文部科学省：小学校学習指導要領解説 理科編，大日本図書，p.7-11 (2008)
- 3) 文部科学省：中学校学習指導要領解説 技術・家庭編，教育図書，p.28-31 (2008)
- 4) 寺井謙次，高屋敷元木，小林真人：技術・家庭科「栽培」領域の教材構成における環境学習の展開，日本産業技術教育学会誌，35(4)：311-318 (1993)
- 5) 種生物学会（編）：農業と雑草の生態学 侵入植物から遺伝子組み換え作物まで，文一総合出版，p.247-272 (2007)
- 6) 西川恒彦，本田修：旭川市における小学校敷地の植物，生物教材，16：93-97 (1980)
- 7) 藤島弘純：校庭に生える植物（草本）の特性と教育技術の開発－植物図鑑づくり－，理科教育学研究，44(2)：109-122 (2004)
- 8) 木俣美樹男：雑草と環境学習，雑草研究，41(1)：1-8 (1996)
- 9) 奥埜良信，出野卓也，加藤憲一：四季を通じての植物教材の活用，大阪教育大学紀要第V部門，36(1)：103-117 (1987)
- 10) 田代しほり，荒木祐二，齊藤亜紗美，石川莉帆：学校園の土壌環境に関する栽培教育学的研究－埼玉県内の小中学校を例に－，日本産業技術教育学会第 24 回関東支部大会（千葉），講演要旨集，p.35 (2012)
- 11) 飯能市：統計はんのう（平成 22 年度），<http://www.city.hanno.saitama.jp> (2011)
- 12) 吉良竜夫：温量指数による垂直的な気候帯のわかちかたについて－日本の高冷地の合理的利用のために，寒地農学，2：143-173 (1948)
- 13) 浅見徳男：埼玉ふるさと散歩，さきたま出版会，p.16-19 (1990)
- 14) Braun-Blanquet, J.: Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde, 3 Aufl. Springer-Verlag, Wien and New York, 865pp. (1964)
- 15) 沼田真，吉沢長人（編）：新版・日本原色雑草図鑑（新版（改定）第 10 刷），全国農村教育協会，414pp. (2002)
- 16) 清水建美（編）：日本の帰化植物，平凡社，337pp. (2003)
- 17) 竹中明夫：全天写真解析プログラム CanopOn2，<http://takenaka-akio.org/etc/canopon2/index.html> (2009)
- 18) Ter Braak, C.J.F.: Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis, Ecology 67: 1167-1179 (1986)
- 19) Ter Braak, C.J.F.: The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis, Vegetatio 69: 69-77 (1987)
- 20) Gauch, H.G.: Multivariate analysis in community ecology, Cambridge: Cambridge University Press, 298pp. (1982)
- 21) 伊藤秀三，宮田逸夫：群落の種多様性. 植物生態学講座 2 群落の組成と構造（伊藤秀三），朝倉書店，p.76-103 (1977)
- 22) Simpson, E.H.: Measurement of diversity, Nature 163: 688 (1949)
- 23) Shannon, C.E. and Weaver, W.: The mathematical theory of information, University of Illinois Press, Urbana (1949)
- 24) 環境省：要注意外来生物リスト，<http://www.env.go.jp/> (2011)