

弘前大学大学院教育学研究科  
平成 26 年度修士論文

## **理科教育における環境を題材とした学習の指導方略に関する研究**

弘前大学大学院教育学研究科教科教育専攻理科教育専修

13GP209 久野 文也

## 目次

第1章	研究目的	1
第1節	研究の背景	2
第2節	研究目的	5
第3節	研究方法	5
第2章	理科における環境に関する学習の取り扱い	9
第1節	小学校学習指導要領解説理科編の分析	10
第2節	中学校学習指導要領解説理科編の分析	12
第3節	小学校理科教科書および教師用指導書（学校図書出版）の分析	13
第4節	中学校理科教科書（学校図書出版）の分析	19
第5節	考察	21
第3章	理科学習内容と学術論文の比較	23
第1節	理科における環境に関する学習を扱った学術論文の抽出	24
第2節	小学校理科学習内容と学術論文の比較	30
第3節	中学校理科学習内容と学術論文の比較	32
第4節	考察	34
第4章	外来種による影響を題材とする活動教材の開発	39
第1節	各教科書における中学校理科単元「自然と人間」での外来種の扱い	40
第2節	環境要素、個体数の変動を取り扱う環境教育教材	41
第3節	外来種の影響を扱う活動教材の準備物および活動方法	44
第4節	開発した教材の試行結果および得られる可能性のある結果と原因	47
第5節	考察	49
第5章	外来種による影響を題材とする活動教材の理科授業への導入	53
第1節	開発した教材の単元への導入	54
第2節	開発した教材の授業への導入	59
第3節	大学生を対象とした模擬授業における反応	65
第4節	考察	68
第6章	開発した教材を導入した授業の評価項目および評価規準の設定	71
第1節	評価規準および指導と評価の計画	72
第2節	評価方法	73

第3節 授業における評価の判断基準	76
第4節 考察	79
第7章 総合的考察	81
第1節 総合的考察	82
第2節 今後の展望	85
附録	86
附録1：平成20年度改訂小学校学習指導要領に準拠した，学校図書出版小学校理科 教科書および教師用指導書（朱書編・詳説編）での環境に関する記載	87
附録2：平成20年度改訂中学校学習指導要領に準拠した，学校図書出版中学校理科 教科書での環境に関する記載	92
附録3：開発した教材で使用するカードおよび池	99
附録4：外来種の影響を扱う活動を取り入れた授業の指導案例	104

謝辞

# 第 1 章

## 研究目的

## 第1節 研究の背景

近年，地球温暖化やオゾン層の破壊などが問題となり，日本のみならず世界的に環境教育の重要性が求められている。1972年にストックホルムで開催された国連人間環境会議で採択された『人間環境宣言』によって環境教育の必要性が指摘され，会議が開かれた1970年代は環境の保護・保全手法にとどまらず，自然環境に大きな負荷をかけている社会や文化の在り方にも目が向けられるようになった。1987年にはブルントラント委員会最終報告書により，「持続可能な開発（Sustainable Development）」の概念が示された。持続可能な開発は「将来の世代のニーズを満たす能力を損なうことなく，今日の世代のニーズを満たす開発」と定義されている。また，ブルントラント報告書では，8つの主要問題として，「人工と人的資源」「食料安全保障」「都市化の課題」「エネルギー」「工業」「種と生態系」「共有地の管理」「紛争と環境悪化」が挙げられている。2002年にはヨハネスブルグ・サミットにて，「持続可能な開発のための教育（Education for Sustainable Development／ESD）」が提唱された。国立教育政策研究所教育課程研究センター（2014）「環境教育指導資料【幼稚園・小学校編】」では，ESDの基本的な考え方として図1－1のように示している。ESDは環境学習，国際理解学習，エネルギー学習など，さまざまな内容が含まれており，近年では環境教育はESDの構成の一つの視点として扱われており，環境保全と環境問題の解決が環境教育の目標ではないと広く解釈することができる。

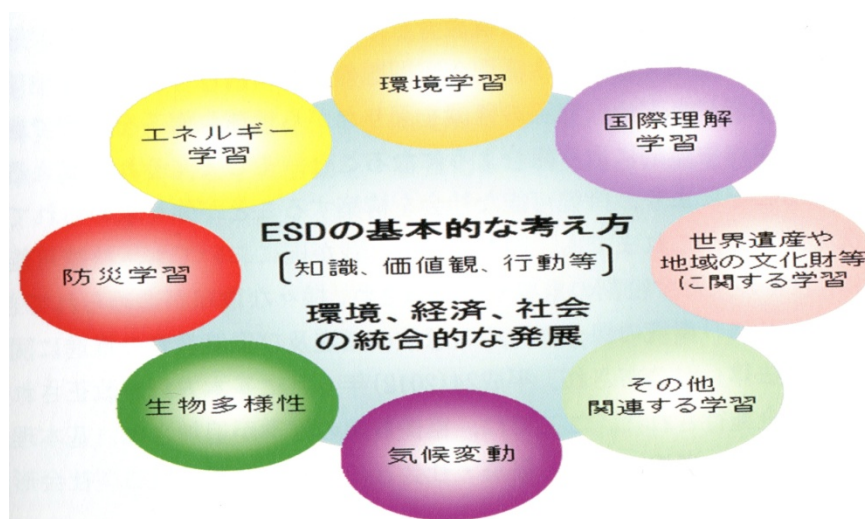


図1－1 ESDの基本的な考え方

また，日本科学者会議（2008）「環境事典」において，「環境教育」の項目で，近年の環境教育の目標の流れから，持続可能な未来のための教育が不可欠となったとして，環境教育における持続可能な未来のための教育を次のように示している。

体験活動を通じて、環境教育はまず「教育」の本質を実現するところであり、次に「環境」の教育を行う、というように考えられる。前者において、感受性豊かな心の教育がめざされ、知・情・意が統合されて人格の完成として「信」を備えた人間像が浮かび上がる。後者において、自然環境の中で生命の輝きを経験し、生態系の仕組みを体験的に知ることによって、「問題解決能力」と「生きる力」が培われる。その成果として、もしも心豊かな人格性が育成されるなら、環境問題について無関心ではいけない、主体的な行動をする世代が育つことになる。こうした環境教育は、持続可能な循環型社会の実現に向けての教育である。

環境事典から、感受性の育成と、「環境」の教育において生態系の仕組みを体験的に知るなど環境について知識を得ることにより、環境問題について無関心ではいけない世代が育つような環境教育は、持続可能な循環型社会の実現に向けての教育であるということがわかる。

環境教育についての研究は国内外においてさまざまなものがあり、アンケートによる生徒の意識調査、教材開発や授業実践などがみられる。授業実践や教材開発に着目してみると、例えば、阿斯娅ら（2006）や川村ら（2011）は地球温暖化やオゾン層破壊といった環境問題についての学習を行う実験装置の開発を行っている。綾ら（2006）はエネルギー変換教材を開発し、環境を保全する態度を養うことができる授業を行っている。また、Rankin と Lewis（2003）は捕食者・被捕食者の関係をシミュレーションする教材の開発を行い、Liggit ら（2004）は放課後における湿地の教育活動を行い、大鹿ら（2007）では炭素の循環に関する教材開発を行っている。以上のような、環境そのものについての知識を得るための学習を充実するための研究も行われている。このように、環境教育とは環境問題だけではなく環境保全も取り扱い、環境に対する態度の変容や、環境そのものについて知識を得るための教育も環境教育には必要であると考ええる。

これらの教材を用いる場面として、自然の事物・現象や科学を扱う理科のなかで扱うことが考えられるが、現時点の学校の理科学習で利用する際、どのような場面が適しているだろうか。平成 20 年 1 月の中央教育審議会「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」の理科の改善の基本方針を見ると環境教育について次のように示されている。

(オ) 理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会をもたせ、科学への関心を高める観点から、実社会・実生活との関連を重視する内容を充実する方向で改善を図る。また、持続可能な社会の構築が求められている現状に鑑み、理科についても、環境教育の充実を図る方向で改善する。

また、その改善の具体的事項の中では次のように示されている。

(カ) 環境教育の一層の推進から、地域の特性を生かし、その保全を考えた学習や、環境への負荷に留意した学習の充実を図る。

これらから、環境教育は持続可能な社会の構築を目指すために必要なものであり、そうした社会を目指すためにも環境についての知識を得ることは必要であること、環境についての知識の獲得を促すための教材開発や教育活動が大切であることがわかる。理科においては、保全を考えた学習や、環境への負荷に留意した学習の充実とあるように、理科という教科において環境教育に関する学習の充実が重視されていることがわかる。

また、改善の具体的事項（カ）について、現行の小学校学習指導要領解説理科編では以下のように説明されている。

持続可能な社会の構築のために、各教科等において環境に関する学習の一層の推進が重視されている。理科においては、例えば、第3学年「身近な自然の観察」の学習は、「生態系」の学習の初歩と位置付けることにより、環境教育という観点から学習の充実を図ることが考えられる。また、例えば、第6学年「水溶液の性質」の学習は、児童とともに学習後の廃液の処理について考えることにより、環境への負荷に留意した学習の充実を図ることが考えられる。さらに、生物を対象とした学習は、生命を尊重しようとする態度の育成はもとより、環境保全の観点から、より充実した指導の工夫、改善を考えていくことができる。

この文章で例示されているように、環境に関する学習の一層の推進のために小学校理科では単元「身近な自然の観察」「水溶液の性質」や生物を対象とした学習を中心として、環境に関する学習の一層の推進が重視されていることが分かる。また、他の単元においても環境教育の観点を導入することの必要性を読み取ることができる。中学校においては、改善の具体的事項（カ）について、以下のように説明されている。

理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会をもたせる観点から、実社会・実生活との関連を重視する内容を充実すること、持続可能な社会の構築が求められている状況に鑑み、環境教育の充実を図る方向で内容を見直すことを述べ、その上で具体例として、第1分野、第2分野の最終項目「科学技術と人間」、「自然と人間」についての改善を示している。

この文章では中学校理科「科学技術と人間」「自然と人間」は環境教育の充実を図る具体例として示されている。また、あくまで例としてあげられていることから、小学校と同様、さまざまな単元において環境教育の観点を導入することができると考えられる。

## 第2節 研究目的

第1節で述べたように、環境教育の重要性が高まってきている。そうしたなか、日本の理科教育に関わる研究がされている「日本理科教育学会」「日本科学教育学会」「日本物理教育学会」「日本化学会」「日本生物教育学会」「日本地学教育学会」や、環境教育について研究が行われている「日本環境教育学会」を見てみると、教材開発や授業実践などさまざまな研究がなされていることがわかる。

しかし、小学校理科ではさまざまな単元での環境教育の充実が示唆されており、中学校においても最終単元にはさまざまな学習内容が存在しているが、学術論文がそういった環境に関する学習内容すべてを網羅しているとは考えにくい。また、河川や大気、土壌の調査方法や実験方法が数多くあるように、環境についての知識を得るための教材や教授法も、実験観察の手法や学習方法が多様であるほうが望ましいと考える。

本研究では、まず、理科学習における環境の扱いを明確にする。次に、理科学習内容と環境教育に関する学術論文との関係を整理することにより、学術論文の研究動向や、理科における環境教育のさらなる推進のための課題を明らかにする。これにより、環境に関する学習の充実のための教材開発や授業構築を行う。教材開発では、教科書の学習内容を分析し、環境に関する理解を深められるものをめざした。授業構築では、環境に関する思考力や判断力の育成をめざした。

## 第3節 研究方法

研究方法の概念図を図1－2に示す。本研究では、まず、現行の中学校学習指導要領解説理科編及び教科書の内容の分析を行い、理科学習の現状について探った。具体的には、それらの記載について、2007年の環境教育指導資料小学校編に記載されている環境を捉える視点に基づき分析した。2014年発行の環境教育指導資料【幼稚園・小学校編】には理科の学習内容と環境をとらえる視点の関係を示した箇所が無く、また本研究の当初には発行されていないため、本研究では2007年のものを使用している。環境教育指導資料小学校編では、平成10年改訂理科学習指導要領の理科の学習内容と、環境を捉える視点の関係が表1－1のようにまとめられている。



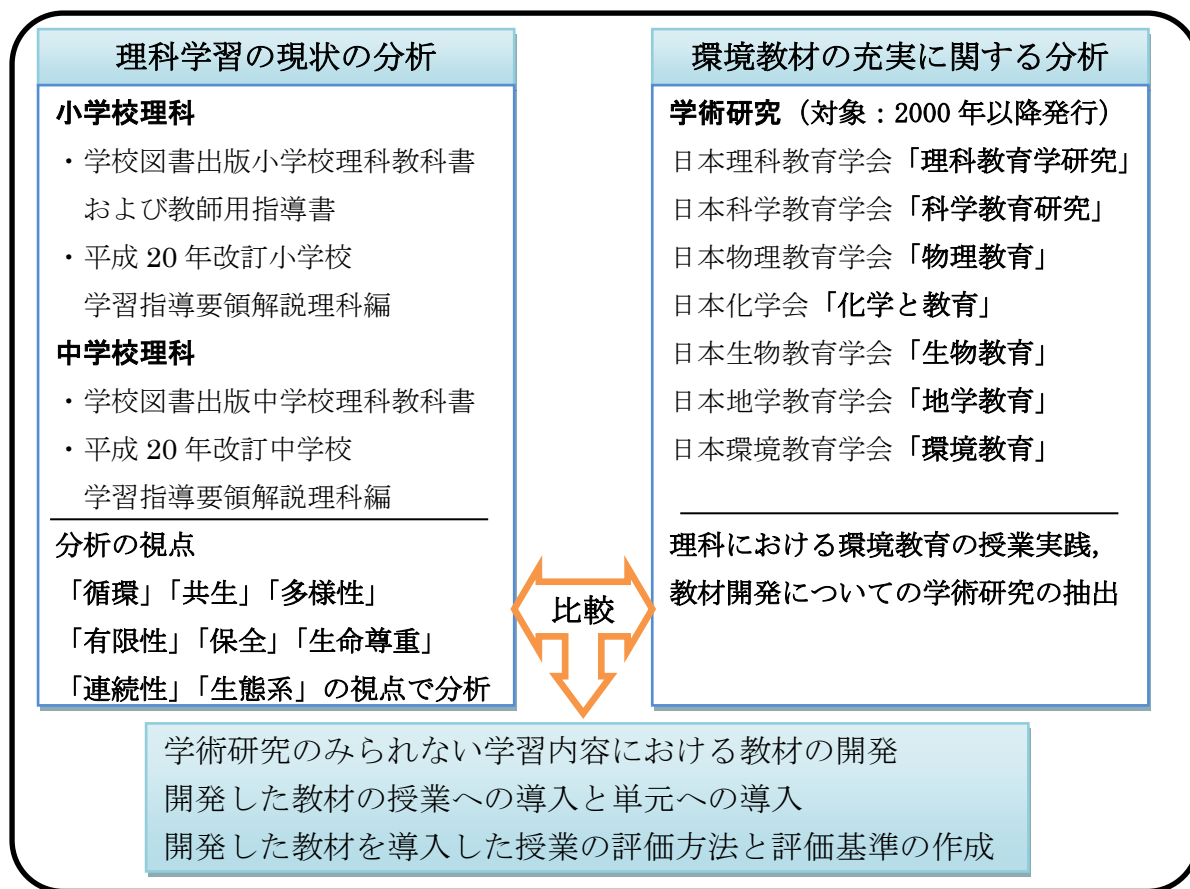


図 1－2 研究方法の概念図

表 1－1 環境教育指導資料における，環境を捉える視点と平成 10 年改訂理科学習指導要領の理科の学習内容の関係

理 科 の 学 習 内 容 の 例	環境をとらえる視点の例
季節と生き物 人の体のつくり ものの温まり方 燃焼と空気 自然界の水の行方 流れる水の働き	循環
植物や昆虫の育ち方 季節と生き物 生きもののくらしと環境	共生
季節と生き物 生きもののくらしと環境 流れる水の働き	多様性
生き物と環境 電気や水の働き 燃焼と空気 電流の働き	有限性
生き物と環境 流れる水の働き	保全
植物や昆虫の育ち方 季節と生き物 植物の発芽・成長・結実 生き物のくらしと環境	生命尊重
植物や昆虫の育ち方 植物の発芽・成長・結実 人や魚の誕生	生命の連続性

出典 環境教育指導資料小学校編

本研究では、理科の学習内容を環境をとらえる視点から分析する際、中学校第2分野「自然と人間」などで、生物相互の関係や生物と非生物の関係について学習するため、「生態系」という概要をとらえる視点も必要であると考えた。そこで、ここで示されている「循環・共生・多様性・有限性・保全・生命尊重・生命の連続性」の7つの環境をとらえる視点に「生態系」を加えた8つの視点で平成20年改訂小・中学学習指導要領解説理科編及び教科書の分析を行う。

学術論文について、2000年以降の日本理科教育学会発行『理科教育学研究』、日本科学教育学会発行『科学教育研究』、日本物理教育学会発行『物理教育』、日本化学会発行『化学と教育』、日本生物教育学会発行『生物教育』、日本地学教育学会発行『地学教育』、日本環境教育学会発行『環境教育』の中で環境について研究がされていたもののうち、理科における授業実践や教材開発を中心とした論文を抽出した。抽出した論文の内容を、小・中学校理科の学習内容の分析結果と比較することで、学術研究がみられない学習内容を明らかにし、教材を開発する単元を選定した。

教材開発では、教科書や現行の学習指導要領解説理科編を分析し、その学習内容を踏まえた教材を開発する。その際、学術研究や環境教育に関する学習を活動を通して学ぶことができる「プロジェクト・ワイルド」などを参考にした。開発した教材は、試行を繰り返して、得られる結果とその原因について考察を行った。

次に、開発した活動教材を取り入れた授業の開発と単元への導入を行った。授業への導入では、授業の中で活動をどのように扱うか考察を行い、ワークシートの作成を行った。単元への導入では、学校図書の年間指導計画を参考にした。そして、この授業における評価方法と評価基準を作成するものとした。

引用・参考文献

国立教育政策研究所研究課程センター（2007）環境教育指導資料小学校編，株式会社東洋館出版社

国立教育政策研究所研究課程センター（2014）環境教育指導資料【幼稚園・小学校編】，株式会社東洋館出版社

Liggit Peggy, Moore-Hart Margaret & Daisey Peggy (2004) Get Wet: Bringing Water & Wetland Education to After-School Programs, The American Biology Teacher, pp.122-127

文部科学省（2008）中学校学習指導要領解説理科編，大日本図書株式会社

文部科学省（2008）小学校学習指導要領解説理科編，大日本図書株式会社

文部科学省（2008）「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（答申）」

日本科学者会議（2008）環境事典，旬報社

大鹿居依・佐藤崇之・向平和・大鹿聖公（2007）中学校理科「自然と人間」における物質循環に関する教材開発 - 「炭素の旅」の開発と授業実践評価 - ，理科教育学研究 Vol.48 No.1，pp.13-19

Rankin W.T. & Lewis Norma G. (2003) An Ecological Simulation, The American Biology Teacher, pp92-99

# 第2章

## 理科における 環境に関する学習の取り扱い

## 第1節 小学校学習指導要領解説理科編の分析

平成20年改訂小学校学習指導要領解説理科編の各学年の目標及び内容の中で、環境をとらえる視点に該当する記載を抽出した。その結果をもとにして、学習指導要領解説における単元と環境をとらえる視点との関係をまとめると表2-1のようになる。なお、単元と視点の合致する点を「○」で示している。小学校学習指導要領解説理科編を見ると、「生物と環境」以外の生命・地球領域の生命に関する単元のすべてで【生命尊重】をねらいとしていた。

学年別に見ていくと、第3学年「昆虫と植物」は「生物の多様性と共通性」に関わるものであり、環境をとらえる視点の【多様性】を扱うことができる。「身近な自然の観察」は「植物に集まる昆虫や植物に生息する昆虫の様子を観察」することから、植物と昆虫がかかわって生きていることをとらえることができる。また、「自然環境の中で、生物の採集は必要最小限にとどめるなど、生態系の維持に配慮するようにし、環境保全の態度を育てるようにする」とある。よって「身近な自然の観察」では【共生・生態系・保全】に沿った学習を行うことができる。

第4学年では「季節と生物」が「生物の多様性と共通性」、「生命の連続性」に関わるものであるため【多様性・連続性】を扱うことができる。

第5学年「植物の発芽、成長、結実」は「生命の連続性」に関わるものであると示されている。受粉について「自然の中では、風や昆虫などによって花粉が運ばれて受粉し結実することにも触れるようにする。」とある。これらのことから「植物の発芽、成長、結実」の学習内容は【連続性・生態系・共生】に関わるものであることが分かる。「動物の誕生」は「生命の連続性」に関わるものであるため【連続性】を扱うことができる。

第6学年では、物質・エネルギー領域でも環境に触れられている単元が見られた。「水溶液の性質」では、「使用した廃液などについても、環境に配慮し適切に処理する必要があることを指導する」ことから、環境保全の態度を育てることができると思われるため【保全】について扱うことができる。「電気の利用」は、「エネルギーの変換と保存」、「エネルギー資源の有効利用」に関わるものである。この単元では、「エネルギー資源の有効利用という観点から、電気の効率的な利用についてとらえるようにする。このことについて、例えば、手回し発電機や蓄音機を用いて、発光ダイオードと豆電球の点灯時間を比較すると、発光ダイオードが豆電球より長く点灯することなどからとらえられるようにすることが考えられる。」とあることから、エネルギーの【有限性】について触れられている単元であることが分かる。生命・地球領域では、「人のからだのつくり」と「植物の養分と水の通り道」は人やほかの動物について空気や食べ物という物質を取り込んだり排出することを学び、植物も水や空気という物質を取り込んだり排出することを学ぶ。このことからこれらの単元は生きものと外界で物質が【循環】していることについて学習することができると考えられる。「生物と環境」は、「環境を保全する態度を育て」ることがねらいである。

表2-1 小学校学習指導要領解説理科編における単元と環境をとらえる視点の関係

学 年	単 元 名	循 環	共 生	多 様 性	有 限 性	保 全	生 命 尊 重	連 続 性	生 態 系
第3学年	物と重さ								
	風やゴムの働き								
	光の性質								
	磁石の性質								
	電気の通り道								
	昆虫と植物			○			○		
	身近な自然の観察		○			○	○		○
	太陽と地面の様子								
第4学年	空気と水の性質								
	金属、水、空気と温度								
	電気の働き								
	人の体のつくりと運動						○		
	季節と生物			○			○	○	
	天気の様子								
	月と星								
第5学年	物の溶け方								
	振り子の運動								
	電流の働き								
	植物の発芽、成長、結実		○				○	○	○
	動物の誕生						○	○	
	流水の働き								
	天気の変化								
第6学年	燃焼の仕組み								
	水溶液の性質					○			
	てこの規則性								
	電気の利用				○				
	人の体のつくりと働き	○					○		
	植物の養分と水の通り道	○					○		
	生物と環境	○	○			○			○
	土地のつくりと変化								
	月と太陽								

また内容では「生物が水及び空気を通して周囲の環境とかがわって生きていることをとらえる」ようにする際に「地球上の水は、海や川などから蒸発し、水蒸気や雲となり、雨となるなど循環していることをとらえるようにする。」と明記されている。さらに食物連鎖についても扱われているため、「生物と環境」は【保全・循環・共生・生態系】に関わる学習内容であるといえる。また、「本内容は、持続可能な社会の構築という観点から、水や空気に関する環境問題との関連で扱うことが考えられる」と明記されていた。

## 第2節 中学校学習指導要領解説理科編の分析

現行の中学校学習指導要領解説理科編の各学年の目標及び内容の中で、環境をとらえる視点に該当する記載を抽出した。その結果をもとにして、学習指導要領解説における単元と環境をとらえる視点との関係をまとめると表2-2のようになる。なお、単元と視点の合致する点を「○」で示している。

表2-2 中学校学習指導要領解説理科編における単元と環境をとらえる視点の関係

分野	単元名	循環	共生	多様性	有限性	保全	生命尊重	連続性	生態系
第1分野	身近な物理現象								
	身の回りの物質					○			
	電流とその利用								
	化学変化と原子・分子								
	運動とエネルギー								
	化学変化とイオン								
	科学技術と人間		○		○	○			
第2分野	植物の生活と種類			○					
	大地の成り立ちと変化								
	動物の生活と生物の変遷	○		○			○		
	気象とその変化	○							
	生命の連続性						○	○	
	地球と宇宙								
	自然と人間	○	○			○			○

第1分野では「身の回りの物質」で「廃棄物は適切に処理するなど、環境への影響など

にも十分配慮する」とあることから、【保全】について考えることができる。「科学技術と人間」では、「エネルギー資源など、我々の生活を支える科学技術に利用可能な資源は有限であることに気付かせ」、「自然と人間の共存が不可欠であることを認識させ」、「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」することが求められていることから、【有限性・共生・保全】について扱うことができる。

第2分野では「植物の生活と種類」は「植物の花、茎、根についての観察、実験を通して、植物の体のつくりの【多様性】と共通性にきづかせる」こと等がねらいである。「動物の生活と生物の変遷」は「植物と動物の生活や種類で学習した生物の多様性は、進化によってもたらされたものであることを知ることを通して、生物についての総合的な理解を深めさせるとともに、生命を尊重する態度を育てる」「自然界には様々な動物が生存していることにきづかせ、生命を尊重する態度を育てる」ことが大切であるため【多様性・生命尊重】に関する内容である。また、「動物の消化・吸収・呼吸・血液循環などの働きを物質交換の視点でとらえさせること」から、物質の【循環】に関わる。「気象とその変化」は「水の【循環】を扱い、循環が太陽エネルギーによって引き起こされることにも触れる」とある。「生命の連続性」では「生物の生殖や遺伝の学習を通して、生命の【連続性】について認識を深め、【生命を尊重】する態度を育てることが重要」である単元である。「自然と人間」は「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」ことが目標である。その中で、「自然界における生物相互のつながりや物質の循環について考察させる」とあることから、この単元は【循環・共生・保全・生態系】に関わる単元であることが分かる。

### 第3節 小学校理科教科書および教師用指導書（学校図書出版）の分析

教科書分析では、現在のところ青森県全域で使用されている学校図書出版の教科書を使用した。平成20年改訂学習指導要領に準拠した学校図書出版の小学校理科教科書及び教師用指導書の文章や写真・図などのうち、環境教育指導資料小学校編で示されている環境をとらえる視点に該当するものを抽出した。その分析結果を表2-1に追加すると、表2-3のようにまとめられる。教科書等の分析により新たに環境について触れられていると分かった単元と環境をとらえる視点については赤く色をつける。例えば、第3学年「昆虫と生物」の【保全】の視点は、教科書の分析から新たに読み取ることができるため、赤丸にした。また、第4学年の「金属、水、空気と温度」は教科書の分析から【循環】について触れられていることが分かったため、単元名と「○」を赤く色付けた。



表 2－3 小学校理科教科書の単元と環境をとらえる視点の関係

学 年	単 元 名	循 環	共 生	多 様 性	有 限 性	保 全	生 命 尊 重	連 続 性	生 態 系
第3学年	物と重さ								
	風やゴムの働き								
	光の性質								
	磁石の性質								
	電気の通り道								
	昆虫と植物			○		●	○		
	身近な自然の観察		○	●		○	○		○
	太陽と地面の様子								
第4学年	空気と水の性質								
	<b>金属、水、空気と温度</b>	●							
	<b>電気の働き</b>				●				
	人の体のつくりと運動						○		
	季節と生物			○			○	○	●
	天気の様子								
	月と星								
第5学年	<b>物の溶け方</b>					●			
	振り子の運動								
	<b>電流の働き</b>				●				
	植物の発芽、成長、結実		○	●			○	○	○
	動物の誕生			●		●	○	○	
	流水の働き								
	天気の変化								
第6学年	<b>燃焼の仕組み</b>						●		
	水溶液の性質	●				○			
	てこの規則性								
	電気の利用				○	●			
	人の体のつくりと働き	○					○		
	植物の養分と水の通り道	○				●	○		
	生物と環境	○	○			○	●		○
	土地のつくりと変化								
	月と太陽								

第3学年「昆虫と植物」では【多様性・生命尊重・保全】に関する記載が見られた。植物の体のつくりをとらえる場面で「できるだけ多くのものに出会わせ、植物の体のつくりの共通性をとらえさせるとともに、植物の多様性や自然の不思議さにも触れさせたい。」(朱書編)とあることから、植物の【多様性】について触れることが分かる。また、こん虫の体のつくりについての学習では、野外で昆虫を採集し、観察が終わったら逃がすように書かれている。その逃がす際の注意として「昆虫を野外ににがすときは、とってきた場所以外の場所に、にがしてはいけません」(教科書)と書かれている。これは【多様性】の中の【遺伝的多様性】に関わるものである。また、【遺伝的多様性】という階層で【保全】の態度を育むことが考えられる。【生命尊重】については、植物の観察に際して「児童の自分の観察するものを決めさせておく」(朱書編)ことや、チョウの観察後にもといた場所ににがすなどの活動によって生物を愛護する態度を育てることができると記されている。「身近な自然の観察」では【共生・保全・生命尊重・生態系・多様性】に関わる記載が見られた。この単元では観察や採集等を通して「食べものとすみかの関係に気付かせる」(詳説編)ことがねらいである。また、観察中に「アブラムシの寄生した植物を見つけたら、しばらく観察させ、アリの行動に注目させるようにする」(詳説編)とある。これらのことから、観察・採集等で【生態系・共生】について扱うことができる。観察したことを、色・大きさ・見つけた場所等で並び替える活動から「生物には多様な生き方があることをつかませたい。」とあることから、【多様性】についても扱われていることが分かる。また、昆虫を採集する際に「生き物をむやみに採集したり傷つけたりしないこと」(朱書編)、にがす場合に「もともとその地域にいない生き物を放してはいけない」という、【生命尊重・保全】についての記載も見られた。

第4学年では「金属、水、空気と温度」で教科書の読み物として自然の中の水のめぐりについて記載があり、【循環】について触れることができることが分かった。「電気の働き」では教科書の読み物で、乾電池は使いきりであること、充電式電池は資源の節約になること、光電池は光がある限り電気を作ることができることが記載されており、【有限性】をとらえるとともに、環境について考えることができる単元であることが分かった。「人の体のつくりと運動」では、動物を触るときに「動物に愛情を持って接するように指導する」(朱書編)ことで【生命尊重】の態度を育てることができる。「季節と生物」では1年を通して様々な生き物の様子を調べる単元であり、図2-1のように教科書にカエル・ツバメ・アゲハ等多くの生き物の写真が多く載せられていることから、生物の【多様性】について学ぶことができる単元であることが分かる。



図2-1 第4学年「季節と生物」の教科書の記載

また、種を残して生命をつなげる、卵やさなぎで冬を越すなど、生命の【連続性】に関わる記載が見られ、「生命を尊重する態度について指導を行う」という記載がある。さらに、教師用指導書（詳説編）の中の、「私の工夫 環境教育への発展」では【生態系】について学習することができると考えられる。これらから「季節と生物」は【多様性・生命尊重・連続性・生態系】に関わる単元であるとわかった。

第5学年「物の溶け方」では、教師用指導書（詳説編）の中の「私の工夫 ろ過を使って環境問題に取り組む」という活動から【保全】について考えることができる。「電流の働き」では、「読み物 モーターで発電」（教科書）があり、「太陽光発電や風力発電についても触れ、環境問題に配慮した新たな発電や節電の在り方についても考えさせたい。」（朱書編）とあることから、資源が【有限】であることから新たな発電・節電の在り方へつながれると考えられる。「植物の発芽、成長、結実」では【共生・生命尊重・連続性・生態系・多様性】に関する記述が見られた。この単元では、様々な実験を行うことで発芽、成長、結実のために必要なことについて学習していく。その中で、「さらに丈夫に育てていきたい」という目標を立て、その成育条件を追及していく」（朱書編）ことで【生命尊重】の態度を育てることができる。自然界での受粉の仕方について「読み物 花粉の運ばれかた」（教科書）から、植物が受粉するために虫や風・水などの周りの生き物や環境とかがわって生きていることが分かるため【共生・生態系】との関連で扱うことができる。そしてこの単元の最後に図2-2のように「生命のつながりという観点をもちながら、植物の一生をまと

めていく」(朱書編) ことで生命の【連続性】について学ぶことができる。また、発展学習として、「いろいろな植物の花粉を観察させ、植物によって花粉の形に特徴があることをとらえ」(朱書編) ることで、植物の【多様性】について触れることができることが分かる。「動物の誕生」でも単元の最後に「動物・植物・人の生命のつながりをまとめる」(朱書編) ことから生命の【連続性】について学ぶ。この単元で卵から生まれた子メダカが「My メダカとなり生命をいとおしむ心情を育てることにもなる。」(朱書編) ことから、【生命尊重】の態度を育むことができる。そして育てたメダカに関して「育てたメダカは野外に放してはいけない」(教科書) から【保全・多様性】について触れることができることが分かる。

第6学年「燃焼の仕組み」では物が燃焼することの扱いについて「酸素は、そのすべてが20億年という年月をかけて地球上の緑色植物から生成されてきたものであることを知らせ、地球環境を考えていく気持ちを育てていきたい。」と記載があることから、植物の偉大さに気付き【生命尊重】の態度を育てることができると思われる。また二酸化炭素と地球環境について考えることにつながる単元であることが分かる。「水溶液の性質」では「実験後の廃液は、量は少ないものの、そのまま流すのは環境教育上からも好ましくない。」ことから【保全】について考えていくことができる。また、「雨水は、酸性」(教科書) から工場や自動車から出る気体が酸性雨の原因であることが分かるため、物質の【循環】について触れることができると考えられる。「電気の利用」では教師用指導書(朱書編) で過程からの二酸化炭素排出量の内わけが示されており「消費電力を抑えることが、地球の環境保全につながる」(朱書編) ことから、【保全】について考えることができる。また、「読み物安く長持ち「発光ダイオード」」(教科書) から、ダイオードを使うことでエネルギー資源を無駄に使わずに済むことを知ることから【有限性】について触れることができると思われる。「人の体のつくり」では「心臓は休みなく動いていることなどから、人体の不思議さ



図2-2 第5学年「植物の発芽・成長・結実」の教科書の記載



を感じ取らせ」たり「メダカの尾びれには、細かい血管が走っていることや、その中を血液が同じリズムを刻んで流れていくのを観察させる」（朱書編）こと等から【生命尊重】の態度を育てることができる。「植物に養分と水の通り道」では「植物と日光の関係に気付かせていく中で、校庭の花壇などで植物の葉のつき方を見せ、いかに日光を確実に受けようとしているか見せ」（詳説編）ること等から【生命尊重】の態度を育てることができる。また、交通量の多い松の葉の気孔の様子を観察することから、【保全】について考えることができる。「生物と環境」では【循環・共生・保全・生態系・生命尊重】にそった内容が見られた。「人が環境に及ぼす影響を少なくするためにしている取り組みについて身の回りから探し、話し合う。」（朱書編）活動等から【保全】の態度を育てることができる。学習の中で生物と空気とのかかわりについて「自然界における植物の役割の大きさに気付かせ」ることで、【生命尊重】の態度を育てることができる。生物と水の関わりを調べたりする活動では、「生物は、水を通して周囲の環境とかかわって生きていることを理解」（朱書編）することから【生態系】についての学習内容であることが分かる。そして生物と空気、水、食べもののかかわりについてまとめているときに、図2-3のように、水や空気が【循環】していることが分かるようにまとめられている（教科書）。食物連鎖の学習では、「すべての生物は、「食べる」「食べられる」の関係でつながって」いることから、【共生】について扱うことができる。このほかにも、「便利な生活が生み出す二酸化炭素が酸性雨や地球温暖化に結びついていることに気付かせる。」（詳説編）や「生物が生きていくために必要な水が汚れた場合、どのような影響があるのかを推論し、話し合う。」など環境問題についても扱うことが分かる。

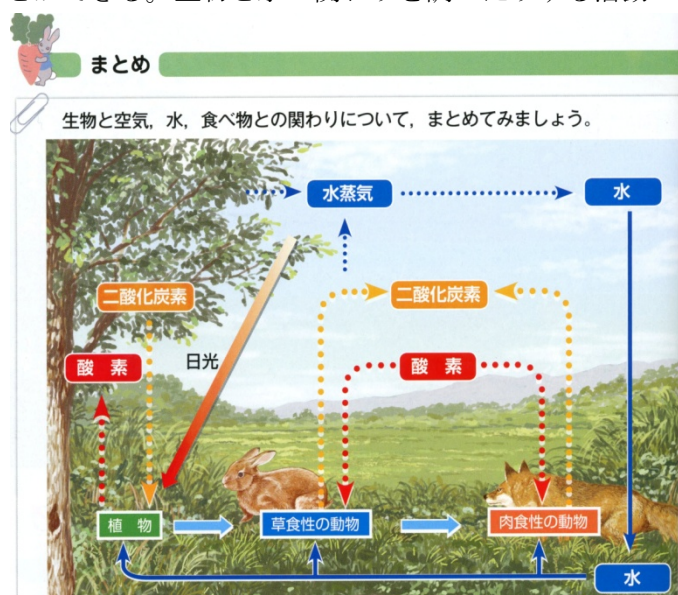


図2-3

第6学年「生物と環境」の教科書の記載

#### 第4節 中学校理科教科書（学校図書出版）の分析

現行の学習指導要領に準拠した中学校理科教科書の内容を、環境教育指導資料小学校編で示されている環境をとらえる視点に基づいて分析した。方法としては、中学校理科教科書の文章や写真・図などのうち、環境教育指導資料小学校編で示されている環境をとらえる視点に該当するものを抽出した。その分析結果を表2-2に追加すると、表2-4のようにまとめられる。教科書分析の結果新たに環境について触れられていると分かった単元と環境をとらえる視点については赤く色をつける。例えば、第1分野「化学変化と原子・分子」の【循環】の視点は、教科書の分析から新たに読み取ることができるため、単元名と「○」を赤く色付けした。

表2-4 中学校理科教科書の単元と環境をとらえる視点の関係

分野	単元名	循環	共生	多様性	有限性	保全	生命尊重	連続性	生態系
第1分野	身近な物理現象								
	身の回りの物質					○			
	電流とその利用								
	<b>化学変化と原子・分子</b>	●							
	運動とエネルギー								
	化学変化とイオン								
	科学技術と人間	●	○		○	○			
第2分野	植物の生活と種類		●	○			●		●
	<b>大地の成り立ちと変化</b>	●			●	●			
	動物の生活と生物の変遷	○		○			○		
	気象とその変化	○							
	生命の連続性			●		●	○	○	●
	地球と宇宙								
	自然と人間	○	○			○			○

「身の回りの物質」では「科学の窓 捨てる水溶液に注意」で川などを汚さないように気をつける必要があること、排水は下水処理場できれいにしてから川に流されることについて記載があることから、川の【保全】について考えることができる。「化学変化と有機物の燃焼」では「科学の窓 呼吸と有機物の燃焼」から二酸化炭素→植物→人→二酸化炭素という、炭素の移動として【循環】について触れることができる。と考える。「科学技術と人間」では、本文から火力発電に使用する地下資源に限りがあること・大気汚染の原因となる物質をできるだけ少なくする技術が必要とされていることについて触れられている。また、「科学の窓 ライフサイクルアセスメント」(図2-4)から、二酸化炭素炭素の循環について考えることができ、単元の最後で「地球上で、持続可能な社会をつくるように努めよう」とあることから、【循環・共生・有限性・保全】について触れることができる単元であることが分かる。「植物の生活と種類」では、「必要以上に植物を傷つけない」ことから、【生命尊重】の態度を育むことができる。また、「科学の窓 なかまをふやすために」(図2-5)では【共生・多様性・生態系】について触れることができる。「大地の成り立ちと変化」では「科学の窓 マグマの熱の利用」から【有限性・保全】について触れられており、「発展 岩石の循環」で炭素以外の物質の【循環】について扱うことができる。「動物の生活と生物の変遷」では「発展 生物はたがいに関わり合いながら進化する」で【共生・生態系】に関わる記述が見られ、進化の中で「発展 体のつくりが似通う例」から生物の【多様性】に触れることができる。「気象とその変化」では「大気をめぐる水」で水の【循環】について大きな図での説明がある(図2-6)。「生命の連続性」では「発展 シダ植物とコケ植物」からシダ植物等と水とのかかわりがあり、シダ植物等の一生が円になっていることから【生態系・連続性】を扱うことができる。また、メダカの色や形質の遺伝から、【多様性・保全】について触れることができる(図2-7)。「自然と環境」では、「科



図2-4 「科学と人間」における教科書の記載



図2-5 「植物の生活と種類」における教科書の記載



学の窓 サクラソウとマルバチの関係」で【共生・生態系】に関わる記述があり、酸素と二酸化炭素が生態系の中で【循環】していることを学ぶ。また、水質調査などで【保全】について考えることができると思われる。



図 2-6 「気象とその変化」  
における教科書の記載

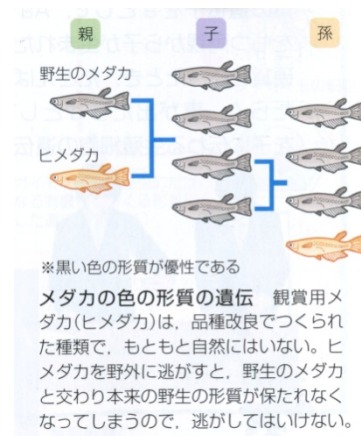


図 2-7 「生命の連続性」  
における教科書の記載

## 第 5 節 考察

現行の学習指導要領解説理科編及び教科書を分析した。小学校では単元「昆虫と植物」「身近な自然の観察」「金属、水、空気と温度」「電気の働き」「人の体のつくりと運動」「季節と生物」「物の溶け方」「電気の働き」「植物の発芽・成長・結実」「動物の誕生」「燃焼の仕組み」「水溶液の性質」「電気の利用」「人の体のつくりと働き」「植物の養分と水の通り道」「生物と環境」で環境をとらえる視点と関連のある記載が見られた。中学校では第 1 分野「身の回りの物質」「科学技術と人間」、第 2 分野で「植物の生活と種類」「動物の生活と生物の変遷」「気象とその変化」「生命の連続性」「自然と人間」において環境をとらえる視点と関連のある記載が見られることがわかった。以上のことから、理科学習は環境をとらえる視点と関連のある学習内容が数多くあり、さまざまな単元において環境教育を推進することが可能であると考えられる。



## 引用・参考文献

- 学校図書株式会社（2011）みんなと学ぶ小学校理科 3 年教師用指導書詳説編，学校図書
- 学校図書株式会社（2011）みんなと学ぶ小学校理科 3 年教師用指導書朱書編，学校図書
- 学校図書株式会社（2011）みんなと学ぶ小学校理科 4 年教師用指導書詳説編，学校図書
- 学校図書株式会社（2011）みんなと学ぶ小学校理科 4 年教師用指導書朱書編，学校図書
- 学校図書株式会社（2011）みんなと学ぶ小学校理科 5 年教師用指導書詳説編，学校図書
- 学校図書株式会社（2011）みんなと学ぶ小学校理科 5 年教師用指導書朱書編，学校図書
- 学校図書株式会社（2011）みんなと学ぶ小学校理科 6 年教師用指導書詳説編，学校図書
- 学校図書株式会社（2011）みんなと学ぶ小学校理科 6 年教師用指導書朱書編，学校図書
- 日高敏隆ほか 55 名（2011）みんなと学ぶ小学校理科 3 年，学校図書
- 日高敏隆ほか 55 名（2011）みんなと学ぶ小学校理科 4 年，学校図書
- 日高敏隆ほか 55 名（2011）みんなと学ぶ小学校理科 5 年，学校図書
- 日高敏隆ほか 55 名（2011）みんなと学ぶ小学校理科 6 年，学校図書
- 文部科学省（2008）中学校学習指導要領解説理科編，大日本図書株式会社
- 文部科学省（2008）小学校学習指導要領解説理科編，大日本図書株式会社
- 霜田光一ほか 25 名（2012）中学校科学 1，学校図書
- 霜田光一ほか 25 名（2012）中学校科学 2，学校図書
- 霜田光一ほか 25 名（2012）中学校科学 3，学校図書

# 第 3 章

## 理科学習内容と学術論文の比較

## 第1節 理科における環境に関する学習を扱った学術論文の抽出

2000年以降に発行された『理科教育学研究』『科学教育研究』『化学と教育』『生物教育』『地学教育』『環境教育』の中で、環境教育に関する授業実践や教材開発を中心とした研究を抽出した。抽出した学術論文を、表3-1、表3-2、表3-3、表3-4、表3-5、表3-6に学術誌ごとに具体的に示す。なお、物理教育学会発行『物理教育』において、理科における環境に関する学習の授業実践・教材開発は、「研究報告 Research Reports」として記載されており、「研究論文 Research Papers」では見られなかったため、本研究では対象外とした。

表3-1 『理科教育学研究』において抽出した学術論文

著者	発行年	タイトル	主なテーマ	対象
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方法の開発 -	土壌の調査と評価	高校
福井 亘	2002	重度の肢体不自由をもった生徒への触角を活用した環境教育と概念地図法を使った評価の一事例	概念地図法 自然体験学習	肢体不自由
森本弘一 松村佳子 江藤芳彰	2002	紫外線の生物影響を示す教材の有効性	紫外線影響調査	高校
森川晋平 川上昭吾	2004	魚類を指標生物に加えた新しい水質判定方法の開発	河川調査	小学校 中学校 高校
杉江 薫 水谷裕之 井原聡博 宮井拓哉 尾関 徹	2004	酸性降水の河川水への影響を調べるための簡易水質調査法の提案	酸性雨・河川調査	小学校 中学校
綾 美幸 小川武範	2006	中学校におけるエネルギー変換学習用教材の開発と授業実践 - 自然エネルギーを中心として -	自然エネルギー変換 エネルギー変換	中学校

大澤 力	2006	幼児の発達を促す望ましい自然体験に関する一考察 - ビオトープを中心とした教育効果の構造的把握における検討 -	ビオトープ 自然体験	幼稚園
大鹿居依 佐藤崇之 向 平和 大鹿聖公	2007	中学校理科「自然と人間」における物質循環に関する教材開発 - 「炭素の旅」の開発と授業実践評価 -	「炭素の旅」 炭素循環	中学校
鶴田孝一 小池 守 高津戸秀	2009	自動車排気ガス浄化実験を用いた中学校における環境教育の授業実践研究	排気ガス浄化実験	中学校
市川智史	2010	自然の循環に関する中学生向け体験型環境教育プログラムの考案と試行	土から始まり，土へ 戻る自然の循環 自然体験	中学校
山本容子	2010	日本の環境教育におけるディープ・エコロジー思想の導入視点の実践的検討 - 高校生物における自然との一体化体験の実践を通して -	ディープ・エコロジー 自然体験	高校
塩俵 昂平 安藤 秀俊	2013	小学校におけるビオトープを用いた自然体験活動が児童に及ぼす教育的効果 - 土壌生物・種子散布の指導事例をもとに -	ビオトープ 土壌動物の観察 種子散布体模型の作製	小学校

表 3 - 2 『科学教育研究』において抽出した学術論文

著者	発行年	タイトル	主なテーマ	対象
加茂川恵司	2004	木材新素材を起点としてどのように新しい社会への学習を展開できるか	木材新素材	記載なし
三崎 隆 青木 悟	2005	スターリング・エンジンの教材化によるエネルギー変換の学習に関する事例研究	エネルギー変換 ものづくり教材	中学校
川村康文 田代佑太	2011	多人数対応型地球温暖化デモンストレーション実験機	環境問題学習	中学校 高校

表 3-3 『化学と教育』において抽出した学術論文

著者	発行年	タイトル	主なテーマ	対象
永沼孝敏 藤川卓志 菅原愛子 越後谷郁子 及川喜美子 大坪博子 小田切順子 黒沢徳子 佐々木篤 国井恵子 安原富士子 山口勝三	2000	環境情報の簡易モニタリング法に関する研究（Ⅲ） NO <sub>2</sub> 1 ヶ月平均濃度測定容器の開発と、仙台市内の広域一斉調査	大気調査	中学 高校
黒河伸二 筒井浩司 前田友和 成富利秀	2000	環境学習のためのCOD簡易測定法の開発	河川調査	小学校 中学校
村田吉彦 高木春光	2004	高校化学生徒実験を環境にやさしくする試み	環境にやさしい実験	高校
下村博志 下坂知子 神宮瑞美 小林辰至 高津戸秀 林康久 山下伸典	2004	学校現場で実施可能な自作光度計を用いる定量分析実験ーモリブデンブルー法による飲料水及び環境水中イオン状シリカへの応用ー	河川のイオン状シリカ定量方法の開発	中学校
早藤幸隆 古林伸浩 高津戸秀 今倉康宏	2005	酸化チタンの光触媒作用を活用する環境教育教材の開発（1）ーホルムアルデヒドの定量分析と浄化ー	環境汚染物質の浄化	高校
阿斯娅克里木 堀雅宏 渡辺祐司 高島武雄	2006	オゾン層破壊モデル実験装置の開発と方法の確立	オゾン層破壊モデル実験	

中島道夫 岡島俊哉 木塚敬子 岩本祥典 石原秀太	2007	酸化還元反応の呈色を利用した 環境教育教材の研究	大気汚染物質の測定	中学校 高校
--------------------------------------	------	-----------------------------	-----------	-----------

表 3-4 『生物教育』において抽出した学術論文

著者	発行年	タイトル	主なテーマ	対象
森本弘一 熊谷敏丈 内山由紀	2000	ゾウリムシを用いた紫外線障害とその光回復効果を学ぶための教材開発	紫外線影響調査	中学 高校
松田仁志	2003	バナナの果皮に及ぼす紫外線の作用の実験	紫外線影響調査	中学校 高校
大鹿聖公	2006	中学校理科第 2 分野「自然と人間」における活動教材の効果について - 環境教育プログラム「プロジェクト・ワイルド」を用いた授業実践 -	プロジェクト・ワイルド 「オー・ディア」 自然界のつり合い	中学校
真山茂樹 加藤和弘 大森 宏 清野聡子 國府田かおり 押方和宏	2008	珪藻による河川の水質判定シミュレータ“SimRiver”の試用と評価	河川調査シミュレーション 人間と環境の関わり	中学校 高校
近 芳明 大村嘉人	2008	都市部と校外に移植したウメノキゴケの成長の違いと環境教材の可能性	大気環境調査	高校
川添敏弘 大澤 力 市川直子 松香光夫	2009	幼稚園における ESD につながる環境教育の在り方についての考察 - 全国調査によるビオトープの現状と実践活動を通して -	活動事例 自然体験学習 ビオトープ	幼稚園
大鹿聖公 大鹿居依 佐藤崇之 向 平和	2009	中学校理科第 2 分野「自然と人間」における活動教材の効果について その 2 - ProjectWild(PW)を改良したアレンジ版活動教材「トンボ池を守ろう！」を使った授業実践から -	プロジェクト・ワイルド 「トンボ池を守ろう！」 人間と環境の関わり	中学校

表 3-5 『地学教育』において抽出した学術論文

著者	発行年	タイトル	主なテーマ	対象
大島良 宮下治	2000	高等学校地学における地下水を用いた環境教育 - 生徒の認識の実態と新教材の開発 -	地下水 分布・流動・水質	高校
川村教一 三木武司 泉谷俊郎	2009	香川県豊島の産業廃棄物処分場跡における環境地質学の教員研修の実践：モデル教材を用いた地質汚染可視化の有効性	地質汚染モデル	教員
中野英之 村松容一	2010	酸性河川のリン除去機構を理解するための教育実践	酸性河川調査 岩石の化学的風化	高校
中野英之 田中出帆	2012	コロイド溶液を用いた光害モデル教材の開発	光害	小学校 中学校 高校

表 3-6 『環境教育』において抽出した学術論文

著者	発行年	タイトル	主なテーマ	対象
藤井信英	2002	高等学校での「地球温暖化／気候変動」の授業分析	地球温暖化 気候変動	高校
福田直	2004	環境教育としての土の教材性に関する研究	土壌調査	高校
阿斯娅克里木 堀雅宏	2008	オゾン層破壊モデル実験装置の学校環境教育への適応方法の検討	オゾン層破壊モデル 実験	小学校 中学校 高校
紅露 瑞代 米澤義彦 喜多雅一	2009	河川の自浄作用に及ぼす添加微生物群の影響	微生物群溶液による 河川の本来の自浄作用学習	小学校 中学校 高校
荻原彰 福山薫 永田成文 宮岡邦任	2010	大学共通教育における河川景観教育の実践	大気環境調査	大学



## 第2節 小学校理科学習内容と学術論文の比較

抽出した学術研究の中から、その筆者が小学校でも扱いが可能であると述べているものや、実験方法等が簡単なため小学校で扱いが可能と思われるものを抜き出した。そして第2章第3節で示した、小学校学習指導要領解説理科編での環境の扱いと、それに準拠した学校図書出版教科書・教師用指導書（朱書編・詳説編）の分析結果から、環境をとらえる視点が1つでも含まれている単元を抽出し、学術論文と比較すると、表3-7のようになった。なお、論文数の下の、理・科・物・化・生・地・環はそれぞれ『理科教育学研究』『化学教育研究』『物理教育』『化学と教育』『生物教育』『地学教育』『環境教育』を表している。研究が盛んに行われている単元をオレンジ色、学術研究が見られなかった単元を紫色で示した。また、単元名を括弧でくくったものは、学習指導要領解説理科編や教科書分析では環境をとらえる視点が見られなかったが、学術論文でその単元に該当する研究がみられたものである。小学校では、「昆虫と植物」「身近な自然の観察」「季節と生物」「月と星」「電流のはたらき」「植物の発芽、成長、結実」「流水のはたらき」「水溶液の性質」「電気の利用」「生物と環境」の単元で学術論文が見られた。特に、「生物と環境」に学術論文が集中していた。

表 3－7 小学校理科単元と学術論文の対比

年	単元	論文数							活動例
		理	科	物	化	生	地	環	
3	昆虫と植物	1							ビオトープ
	身近な自然の観察	1							ビオトープ
4	金属，水，空気と温度								
	電気の働き								
	人の体のつくりと運動								
	季節と生物	1							ビオトープ
	（月と星）						1		光害モデル教材
5	物の溶け方								
	電流の働き	1							風力発電機製作
	植物の発芽，成長，結実	1							ビオトープ
	動物の誕生								
	（流水の働き）	1							河川の自浄作用と微生物群
6	燃焼の仕組み								
	水溶液の性質	1							酸性雨 pH 調査
	電気の利用	1						1	風力発電機製作 地球温暖化/気候変動学習
	人の体のつくりと働き								
	植物の養分と水の通り道								
	生物と環境	5	1		1	3		1	水質調査 排気ガス浄化実験 炭素循環シミュレーション プロジェクト・ワイルド 地球温暖化実験 ビオトープ 自然の循環体験プログラム 河川の自浄作用と微生物群

### 第3節 中学校理科学習内容と学術論文の比較

抽出した学術研究の中から、その筆者が中学校でも扱いが可能であると述べているものや、実験方法等が中学生でも実施可能であり、中学校で扱いが可能と思われるものを抜出した。そして第2章第4節で示した、中学校学習指導要領解説理科編での環境の扱いと、それに準拠した学校図書出版教科書の分析結果から、環境をとらえる視点が1つでも含まれている単元を抽出し、学術研究と比較すると表3-8のようになった。なお、論文数の下の、理・科・物・化・生・地・環はそれぞれ『理科教育学研究』『化学教育研究』『物理教育』『化学と教育』『生物教育』『地学教育』『環境教育』を表している。

表3-8 中学校理科単元と学術論文の対比

分野	単元	論文数						活動例
		理	科	物	化	生	地	環
第1分野	身の回りの物質							
	化学変化と原子・分子							
	科学技術と人間	2	2					1 エネルギー変換学習 スターリングエンジン教材化 自動車排気ガス浄化実験 地球温暖化デモンストレーション実験
第2分野	植物の生活と種類							
	大地の成り立ちと変化							
	動物の生活と生物の変遷							
	気象とその変化							
	生命の連続性							
	(地球と宇宙)						1	
	自然と人間	6			5	6		3 プロジェクト・ワイルド SimRiver 水質調査 紫外線作用調査 土壌調査 ウメノキゴケ成育調査

研究が盛んに行われている単元をオレンジ色、学術研究が見られなかった単元を紫色で示した。第1分野では「身の回りの物質」「化学変化と原子・分子」の内容に関連する学術研究は見られなかったが、「科学技術と人間」に関連する内容の学術研究は多く見られた。第2分野でも、「植物の生活と種類」「大地の成り立ちと変化」「動物の生活と生物の変遷」「気象とその変化」「生命の連続性」の内容に関連する学術研究は見られなかった。しかし「自然と人間」の内容に関連する学術研究は20編見られた。このことから、学術研究は各分野の最終単元に集中していることが分かった。また、中学校理科の学習内容の分析では、単元「地球と宇宙」において環境を捉える視点と関わりのある記述はみられなかったが、学術論文では単元「地球と宇宙」における教材開発の学術論文が見られたため単元名を括弧でくくった。

次に、研究が盛んに行われている単元「自然と人間」の学習内容と学術論文を比較した。学習内容では、学校図書出版理科教科書単元B-6生物どうしのつながり第1章「生物と環境」・第2章「生態系におけるつり合い」、最終単元「自然・科学技術と人間」第1章「自然と人間」が、学習指導要領解説理科編（7）自然と人間に相当すると判断した（図3-1）。以上の教科書の単元における環境に関する学習項目（図3-2）と学術論文を比較すると表3-9のようになる。

B-5	生命のつながり	120
第1章	生物の成長	122
第2章	世代のつながり	126
	学習のまとめ・単元末問題	148
B-6	生物どうしのつながり	151
第1章	生物と環境	152
第2章	生態系におけるつり合い	160
	学習のまとめ・単元末問題	166
B-5 B-6	どんな仕事？	167
B-7	地球と宇宙	168
第1章	太陽系とその中の天体	172
第2章	地球から見た天体の動き	188
第3章	恒星の世界～宇宙の広がり～	204
	どんな仕事？	208
	学習のまとめ・単元末問題	209
最終単元	自然・科学技術と人間	212
第1章	自然と人間	214
第2章	科学技術と人間	232
第3章	自然環境の保全と科学技術	242
	どんな仕事？	252

図3-1

（7）自然と人間に相当すると判断した教科書における学習内容  
※赤破線は筆者による

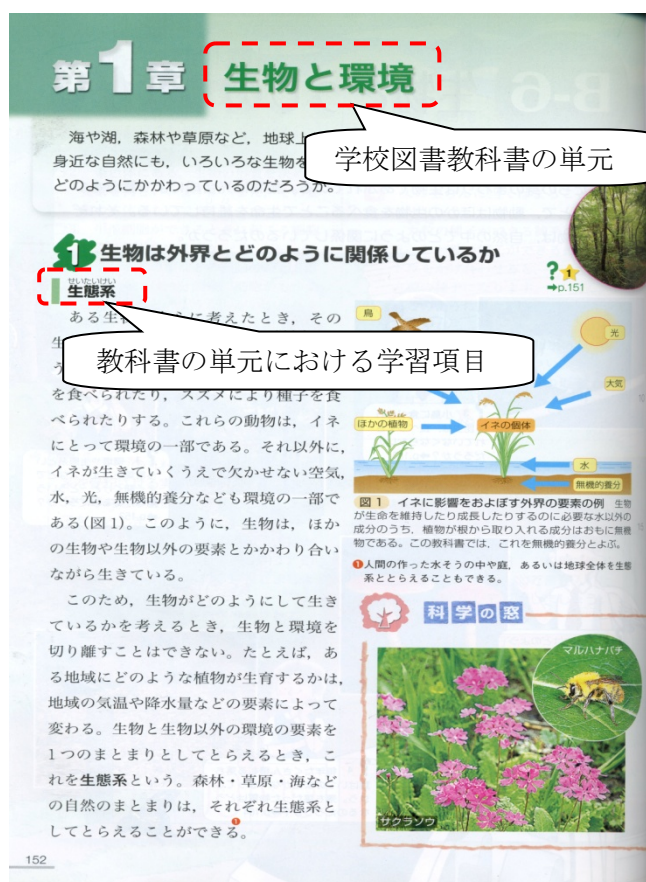


図3-2 学習項目の例

※赤破線および吹き出しは筆者による

表 3－9 教科書の単元における学習項目と学術論文の比較

教科書の単元	学習項目	学術論文の例
生物と環境	生態系（環境・生態系）	オー・ディア
	食物連鎖（食物連鎖・食物網）	オー・ディア
	生産者と消費者（生産者・消費者）	
	分解者（菌類・細菌類・分解者） ＜実験 土中の小さな生物のはたらきを調べよう＞	河川の自浄作用と微生物群
生態系におけるつり合い	生物量（生物量）	オー・ディア
	生物量のつり合い	オー・ディア
	物質の循環	炭素循環
自然と人間	＜観察 大気の流れ具合を調べよう＞ ＜チャレンジ 身近な水の水質を調べよう＞	水質調査 大気調査 ウメノキゴケ育成調査 SimRiver
	生物をめぐるつり合い（外来種・在来種）	
	水をめぐるつり合い	河川の自浄作用と微生物群
	大気をめぐるつり合い(温室効果・地球温暖化)	地球温暖化モデル実験
	フロンとオゾン層	オゾン層破壊モデル実験
	自然環境の保全	

表 3－9 の学習項目の（ ）内は、教科書に太字で表されている重要語句である。また、＜ ＞内は、教科書で表されている観察や実験・チャレンジなどの活動である。赤で示した重要語句は、中学校で使用可能と思われる学術論文がみられなかった学習項目を示している。このように、研究が盛んである単元においても、学術論文がみられない学習内容があることがわかった。

#### 第 4 節 考察

2000 年以降に発行された『理科教育学研究』『科学教育研究』『物理教育』『化学と教育』『生物教育』『地学教育』『環境教育』を対象とし、理科における環境に関する学習を扱った学術論文の抽出を行った。抽出した学術論文と小・中学校理科学習内容を比較した。小学校では多くの学術論文が「生物と環境」に集中していた。中学校でも第 1 分野、第 2 分野の最終単元に学術論文が集中していることがわかった。したがって、この単元は環境に関する学習内容を特に充実させやすいと考えられる。しかし、さらに詳細に分析するために、

中学校学習指導要領「自然と人間」の学習内容に該当する学校図書の教科書の3つの単元「生物と環境」「生態系におけるつり合い」「自然と人間」と学術論文を比較すると、多くの学術研究が集中している単元「自然と人間」でも、生産者と消費者および外来種や在来種を取り扱う授業実践・教材開発を行った学術論文が見られなかった。

このことから、環境に関する学習を充実するためには、以下の2点が挙げられる。

- ①学術論文がみられない単元における教材開発・授業開発
- ②研究が盛んに行われている単元において、研究がみられなかった学習内容における教材開発・授業開発

研究が盛んである単元は、環境に関する学習内容の教材開発・授業開発がしやすいために研究が集中していると考えられる。また、中学校第2分野「自然と人間」の学習内容である外来種の影響は実験を行うことが困難であり、調べ学習や教科書を読む学習となり、体験的に知識を得ることが難しいと考えた。

そこで本研究では、②研究が盛んに行われている単元において、研究がみられなかった学習内容における教材開発と授業開発を行うこととし、学術論文による研究がみられなかった外来種と在来種の間を扱う活動教材の開発と授業への導入を図ることとした。

引用・参考文献

- 阿斯娅克里木・堀雅宏（2008）オゾン層破壊モデル実験装置の学校環境教育への適応方法の検討，環境教育 Vol.17 No. 3，pp.14-24
- 阿斯娅克里木・堀雅宏・渡辺祐司・高島武雄（2006）オゾン層破壊モデル実験装置の開発と方法の確立，化学と教育 Vol.54 No. 2，pp.106-109
- 綾美幸・小川武儀（2006）中学校におけるエネルギー変換学習用教材の開発と授業実践 - 自然エネルギーを中心として -，理科教育学研究 Vol.47 No. 1，pp.25-33
- 藤井信英（2002）高等学校での「地球温暖化／気候変動」の授業分析，環境教育 Vol.11 No. 2，pp.26-34
- 福田直（2004）環境教育としての土の教材性に関する研究，環境教育 Vol.13 No. 2，pp. 3-12
- 福井亘（2002）重度の肢体不自由をもった生徒への触角を活用した環境教育と概念地図法を使った評価の一事例，理科教育学研究 Vol.42 No. 3，pp.37-41
- 早藤幸隆・古林伸浩・高津戸秀・今倉康宏（2005）酸化チタンの光触媒作用を活用する環境教育教材の開発（1）－ホルムアルデヒドの定量分析と浄化－，化学と教育 Vol.53 No. 4，pp.231-234
- 市川智史（2010）自然の循環に関する中学生向け体験型環境教育プログラムの考案と試行，理科教育学研究 Vol.50 No. 3，pp.15-25
- 加茂川恵司（2004）木材新素材を起点としてどのように新しい社会への学習を展開できるか，科学教育研究 Vol.28 No. 2，pp.101-111
- 川村教一・三木武司・泉谷俊郎（2009）香川県豊島の産業廃棄物処分場跡における環境地質学の教員研修の実践：モデル教材を用いた地質汚染可視化の有効性，地学教育 Vol.62 No. 2，pp.51-59
- 川村康文・田代佑太（2011）多人数対応型地球温暖化デモンストレーション実験機，科学教育研究 Vol.35 No. 3，pp.256-263
- 川添敏弘・大澤力・市川直子・松香光夫（2009）幼稚園におけるE S Dにつながる環境教育の在り方についての考察 - 全国調査によるビオトープの現状と実践活動を通して -，生物教育 Vol.49 No. 1，pp. 8-17
- 近芳明・大村嘉人（2008）都市部と校外に移植したウメノキゴケの成長の違いと環境教材の可能性，生物教育 Vol.48 No. 4，pp.221-228
- 紅露瑞代・米澤義彦・喜多雅一（2009）河川の自浄作用に及ぼす添加微生物群の影響，環境教育 vol.18 No. 3，pp.27-34
- 黒河伸二・筒井浩司・前田友和・成富利秀（2000）環境学習のためのC O D簡易測定法の開発，化学と教育 Vol.48 No.11，pp.764-767
- 松田仁（2003）バナナの果皮に及ぼす紫外線の作用の実験，生物教育 Vol.44 No. 1，pp.19-27

- 真山茂樹・加藤和弘・大森宏・清野聡子・國府田かおり・押方和宏（2008）珪藻による河川の水質判定シミュレータ“SimRiver”の試用と評価，生物教育 Vol.48 No.1・2，pp.10-20
- 三崎隆・青木悟（2005）スターリング・エンジンの教材化によるエネルギー変換の学習に関する事例研究，科学教育研究 Vol.29 No.4，pp.294-307
- 森川晋平・川上昭吾（2004）魚類を指標生物に加えた新しい水質判定法の開発，理科教育学研究 Vol.44 No.3，pp.21-27
- 森本弘一・熊谷敏丈・内山由紀（2000）ゾウリムシを用いた紫外線障害とその光回復を学ぶための教材開発，生物教育 Vol.40 No.3・4，pp.139-144
- 森本弘一・松村佳子・江藤芳（2002）紫外線の生物影響を示す教材の有効性，理科教育学研究 Vol.43 No.1，pp.19-27
- 村田吉彦・高木春光（2004）高校化学生徒実験を環境にやさしくする試み，化学と教育 Vol.52 No.1，pp.42-45
- 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 of 腐食を利用する土壌評価法の開発 - ，理科教育学研究 Vol.42 No.1，pp.31-37
- 永沼孝敏・藤川卓志・菅原愛子・越後谷郁子・及川喜美子・大坪博子・小田切順子・黒沢徳子・佐々木篤・国井恵子・安原富士子・山口勝三（2000）環境情報の簡易モニタリング法に関する研究（Ⅲ）NO<sub>2</sub> 1ヶ月平均濃度測定容器の開発と、仙台市内の広域一斉調査，化学と教育 Vol.48 No.9，pp.596-599
- 中島道夫・岡島俊哉・木塚敬子・岩本祥典・石原秀太（2007）酸化還元反応の呈色を利用した環境教育教材の研究，化学と教育 Vol.55 No.9，pp.470-473
- 中野英之・村松容一（2010）酸性河川のリン除去機構を理解するための教育実践，地学教育 Vol.63 No.1，pp.19-29
- 中野英之・田中出帆（2012）コロイド溶液を用いた光害モデル教材の開発，地学教育 Vol.65 No.3，pp.117-124
- 荻原彰・福山薫・永田成文・宮岡邦任（2010）大学共通教育における河川景観教育の実践，環境教育 Vol.20 No.2，pp.16-25
- 大澤力（2006）幼児の発達を促す望ましい自然体験に関する一考察 - ビオトープを中心とした教育効果の構造的把握による検討，理科教育学研究 Vol.47 No.2，pp.13-19
- 大鹿聖公（2006）中学校第2分野「自然と人間」における活動教材の効果について - 環境教育プログラム「プロジェクト・ワイルド」を用いた授業実践 - ，生物教育 Vol.45 No.3，pp.170-180
- 大鹿聖公・大鹿居依・佐藤崇之・向平和（2009）中学校第2分野「自然と人間」における活動教材の効果について その2 - Project Wild (PW) を改良したアレンジ版活動教材「トンボ池を守ろう！」を使った授業実践から - ，生物教育 Vol.50 No.1，pp.1-10
- 大鹿居依・佐藤崇之・向平和・大鹿聖公（2007）中学校理科「自然と人間」における物質



- 循環に関する教材開発 - 「炭素の旅」の開発と授業実践評価 - , 理科教育学研究 Vol.48  
No. 1 , pp.13-19
- 大島良・宮下治 (2000) 高等学校地学における地下水を用いた環境教育 - 生徒の認識の実態と新教材の開発 - , 地学教育 Vol.53 No. 6 , pp283-293
- 霜田光一ほか 25 名 (2012) 中学校科学 3 , 学校図書
- 下村博志・下坂知子・神宮瑞美・小林辰至・高津戸秀・林康久・山下伸典 (2004) 学校現場で実施可能な自作光度計を用いる定量分析実験ーモリブデンブルー法による飲料水及び環境水中イオン状シリカへの応用ー , 化学と教育 Vol.52 No. 5 , pp332-335
- 塩俵昂平・安藤俊秀 (2013) 小学校におけるビオトープを用いた自然体験活動が児童に及ぼす教育的効果 - 土壌生物・種子散布の指導事例をもとに - , 理科教育学研究 vol.54 No. 2 , pp.189-199
- 杉江薫・水谷裕之・井原聡博・宮井拓哉・尾関徹 (2004) 酸性降水の河川水への影響を調べるための簡易水質調査法の提案 , 理科教育学研究 Vol.45 No. 1 , pp.11-19
- 鶴田孝一・小池守・高津戸秀 (2009) 自動車排気学浄化実験を用いた中学校における環境教育の授業実践研究 , 理科教育学研究 Vol.50 No. 2 , pp.99-106
- 山本容子 (2010) 日本の環境教育におけるディープ・エコロジー思想の導入視点の実践的検討 - 高校生物における自然との一体化体験の実践を通じて - , 理科教育学研究 Vol.51 No. 2 , pp.109-124

# 第4章

## 外来種による影響を題材とする 活動教材の開発

## 第1節 各教科書における中学校理科単元「自然と人間」での外来種の扱い

外来種と在来種の扱いについて探るため、現行の学習指導要領理科編に準拠した中学校理科教科書の分析を行った。各出版社における外来種の侵入経路、外来種が在来種に与える影響、在来種が外来種による影響を受けた結果を表4-1に示す。

表4-1 各教科書における外来種の扱い

出版社	原因	影響	結果
大日本図書	食料として持ち込んだ (カンジキウサギ)	(在来種の肉食動物が増え、草食動物が減少)	在来種の個体数の変動の つり合いが保てない
学校図書	人の活動によって持ち込まれ、野生化	在来種の捕食 病気の持ち込み 生息場所の競合 食物の競合	在来種の減少 環境の変化
教育出版	食用・観賞用等持ち込み 貨物機や貨物船・荷物などに紛れて侵入	在来種の捕食	つり合いが崩れる 在来種の種数や個体数の 急激な減少
啓林館	ブラックバスの持ち込み ワカメの持ち込み	在来種の捕食	在来種の減少 ロブスターが呼吸困難になり死亡(環境の変化)
東京書籍	マングースの持ち込み	アマミノクロウサギの捕食 生息場所の競合(イタドリ)	自然界のつり合いを崩す 姿を消す恐れ(在来種)

赤文字で示したように、外来種が在来種に与える影響として、5社中4社が在来種の捕食の影響を扱っている。次に多く扱われている影響として、緑で示した生息場所の競合が扱われていた。その他の影響として、病気の持ち込みや食物の競合が挙げられる。また、大日本図書では、直接在来種に害を与えるのではなく、在来種の肉食動物の個体数を増加させることによって在来種の草食動物へ間接的に影響を与える可能性もあると扱われている(図4-1)。外来種の侵入による影響を受けた結果としては、5社中4社が在来種の減少を扱っている。また、3社が自然界のつり合いを崩すことを扱い、2社が環境の変化を扱っている。

以上のことから、中学校において外来種の影響を扱う教材では、生息場所・食物といった環境要素、個体数の変動についても扱うことがわかる。

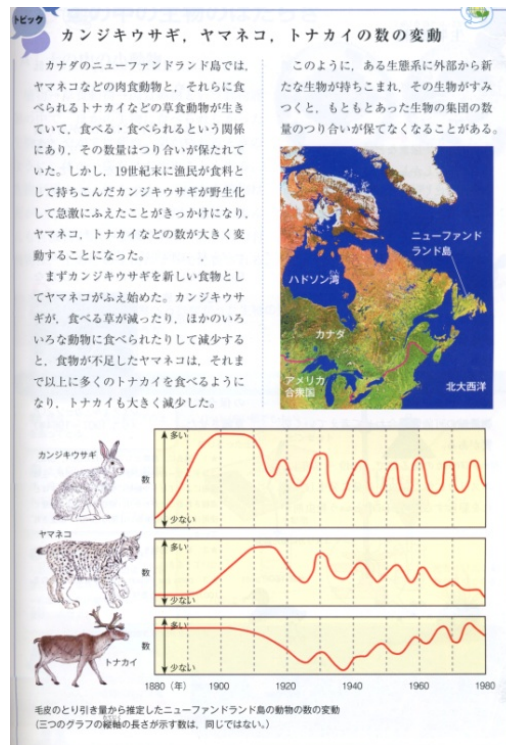


図 4 - 1

大日本図書における外来種の扱い

## 第2節 環境要素、個体数の変動を取り扱う環境教育教材

環境要素、個体数の変動を取り扱うものとして、例えば世界的な環境教育教材である「プロジェクト・ワイルド」の「オー・ディア」が挙げられる。「プロジェクト・ワイルド」の概要を日本の Web サイトより引用し、以下に示す。

プロジェクト・ワイルドとは、環境について学び、環境保全活動を行うことで、わたしたち人間が野生生物と共存し、地球環境に良い影響を与えることを目的としている『環境教育プログラム』です。

プロジェクト・ワイルドは、米国において長い時間をかけて、教育者・環境保全・自然保護に関わる人、野生生物管理者、企業や産業の代表者など多くの人の協力を得て開発されました。

プロジェクト・ワイルドでは、1つの活動を、アクティビティと呼んでいます。それぞれのアクティビティは、多くの実地試験を経て、科学的根拠に基づいて作成されており、教育上の優れた価値を有しています。

プロジェクトワイルドとは？ <http://www.projectwild.jp/PWtoha.html>

プロジェクト・ワイルドにはさまざまなアクティビティがあり、プログラムは幼稚園から高等学校のさまざまな教科の中で活用することができる。日本では各地でプロジェクトワイルドエデュケーター養成講習会が開かれており、講習を受け資格を得ることによって「プロジェクト・ワイルド活動ガイド」を受けとることができる。

そのうちの1つの活動である「オー・ディア」は対象が小4～高3であり、対象人数は15人以上が理想とされている。活動の簡単な説明を以下に示す。

I. 児童・生徒を①～④までの番号に分け、図4-2のように配置する。

II. ①の児童・生徒はシカ役となる。シカ役は生きるために、環境要素から食物、水、隠れ家いずれかを確保することで、子孫を残し、次年度まで生きることができる。

III. ②～④の児童・生徒は環境要素となる。

IV. シカ役の児童・生徒は、その年に食物、水、隠れ家の何を必要とするか決め、環境要素の児童・生徒は食物、水、隠れ家の何になるかを選ぶ。

V. シカ役・環境要素役は互いに背を向け、シカは必要なものを、環境要素役はどの環境要素かを示す。(食物のサイン：腹に手を当てる、水のサイン：口を押さえる、隠れ家のサイン：頭の上で両手を合わせて三角形(屋根の形)をつくる)

VI. 合図と同時に振り向き、シカ役は自分が必要とする環境要素を求め、シカエリアから環境要素エリアに行き、必要な環境要素となっている児童・生徒を連れてシカエリアに戻ってくる。これはそのシカが自分の必要な物の確保に成功し、その結果、繁殖にも成功したことを示す。必要な環境要素を得られなかったシカは死んで生息地の一部となり、次の年は環境要素となる。

VII. 進行役の指導者はシカの数記録する。

VIII. 10～15年経過したら、この活動について話し合わせる。

IX. 活動中に記録したデータを示し、シカの数グラフを作成する。

X. 話し合いの中で、この活動で学習したことを子どもたちが要約する。

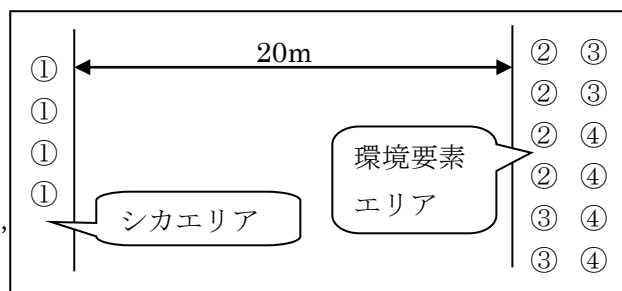


図4-2 オー・ディアの始めの並び

応用 (オー・ディアの活動を数年間行った後、「捕食者」を取り入れた活動)

I. 捕食者は「捕食者の巣」として指定された区域からゲームを始める。捕食者はスキップまたはジャンプで移動する。

II. 捕食者がシカを捉えることができるのはシカが生息地に向かう時で、生息地とシカの陣地の間のみ。

III. 捕食者は、捕まえたシカを捕食者の巣に連れて帰る。連れて帰ったシカは次の年に捕食者となる。

IV.シカを捉えることができなかった捕食者は死に、次の年は環境要素となる。

V.指導者は、各年のシカと捕食者の数を記録する。

VI.児童・生徒がグラフを作成する。

大鹿（2006）は環境教育プログラム「プロジェクト・ワイルド」の「オー・ディア」を用い、「環境の時間的な変化」、「自然界のつり合いが自然環境に及ぼす影響」、「生き物と外的環境との適応」という観点を選択し、プロジェクト・ワイルドの活動の1つである「オー・ディア」を用いて授業実践を行っている。

大鹿（2006）における授業の流れ（図4-3）と得られた活動結果（図4-4）を示す。大鹿（2006）は、「オー・ディア」の活動を授業に導入することにより、積極的に授業活動が行われ、動物の個体数の変化、動物の生存に関わる環境要因の影響について、生徒の理解が深まったとしている。また、授業において作成したグラフと実際の動物の個体数の変化の様子を活動の体験を通して連想させることが可能となり、グラフの理解力も高められているとしている。

導 入	動植物が生きていくために必要なものは何か？ （環境要因の確認）
展 開	活動の説明 活動①の実施（シカと環境要因） 活動②の実施（シカとオオカミと環境要因）
ま と め	活動結果を用いたグラフの作成 グラフの解説（生物のつながり） グラフの比較およびまとめ

図4-3 大鹿（2006）の授業の流れ

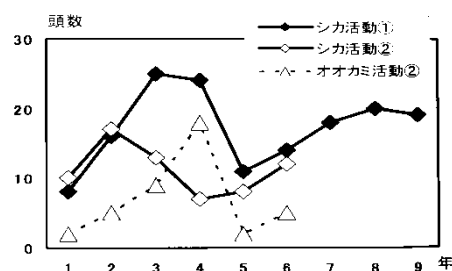


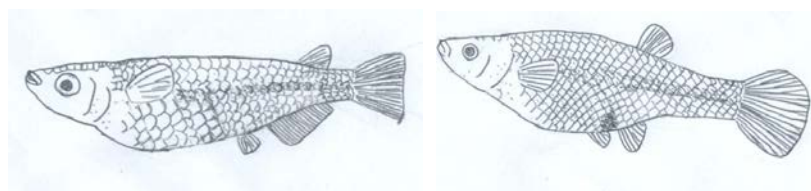
図4-4 大鹿（2006）の活動結果

第3章第3節において、外来種の影響を扱った学術研究がみられなかった。本章において外来種の影響の教科書中の扱いを明らかにした。出版社によって教科書に記載される外来種の影響には違いがあるが、4社の教科書において在来種の減少が扱われている。また、3社が自然界のつり合いを崩すことを扱い、2社が環境の変化を扱っている。このように、外来種の侵入による在来種の個体数の変化や外来種と環境との関係を学習するが、外来種の影響を実験したり観察したりすることは困難である。したがって、外来種の影響を扱う教材で「生息場所の競合」「食物の競合」を学習する場面において、活動などを通して、動物と環境要素との関係について理解を深めることが必要であると考ええる。また、実際に活動を行うことで個体数のグラフの変動の原因についての理解を深めたい。こうした環境についての理解を深めた生徒が環境に対して行動をする時に、根拠をもった判断ができると考える。そこで、環境要素や個体数の変動を扱うことができ、外来種による捕食、すみかや生息場所の奪取を扱う活動教材を独自に開発した。教材の作成の際の留意・工夫点として、教室で行うことができること、簡単な活動であること、特別な用具を必要としないこととした。また、実際の環境下での正確さを求めるよりも、思考力を養うことで科学的に

判断できる生徒を育成することを目的とした。

### 第3節 外来種の影響を扱う活動教材の準備物および活動方法

開発した教材では、魚類の在来種と外来種を取り扱う（図4－5）。在来魚は植物プランクトン・動物プランクトンを食べ、外来種は動物プランクトンを捕食する。両者とも流れの穏やかな川や池を生活空間とし、岩や水草の影を隠れ家とする。体長は5 cm未満であり、春から秋にかけて産卵することができるものとした。このように、すみかや生殖の時期、体長などが共通していることがわかる。ただし、生殖能力は外来魚の方が高く、外来魚は在来種よりも攻撃性があることとした。また、在来種は外来種よりも耐寒性に優れているとし、外来種がすべてにおいて勝っているというわけではないようにして、活動結果の予想を困難とした。



	在来種	外来種
食べ物	植物・動物プランクトン	動物プランクトン
生活空間	流れの穏やかな川や池	
隠れ家	岩や水草のかけ	
体長	5 cm未満	
生殖期間	春から秋	
生殖能力	在来種 < 外来種	
耐寒性	在来種 > 外来種	
攻撃性	在来種 < 外来種	

図4－5 開発した教材で扱う在来種と外来種の形態と特徴

開発した活動教材は、成魚1匹ずつが次の季節まで生き延びるために必要とする環境要素をサイコロで決め、個体数の変化をシミュレーションする活動である。教材では、1グループにつき、サイコロ1個、春夏秋冬の池を示すプリント4枚、魚類や食べ物・すみかを示すカード18枚、クリップ18個を使用する（図4－6）。クリップは外来種の導入後、在来種と外来種を区別するために用いる。

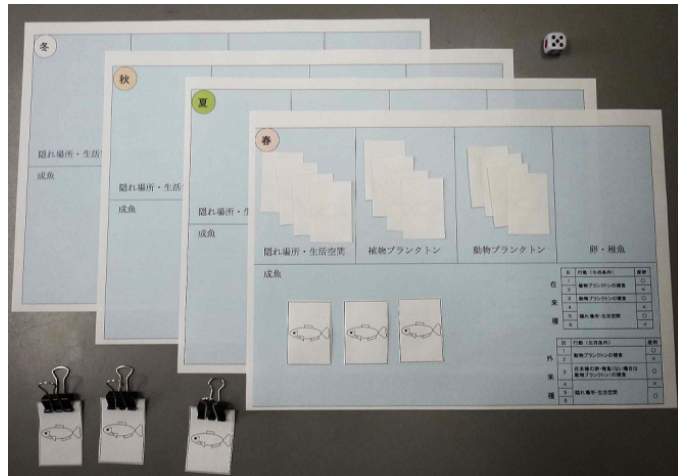


図 4－6 開発した教材で用いる道具

活動の詳しい進め方を以下に示す。

- ①池（図 4－7）には春夏秋冬があり、植物・動物プランクトン（食物）、隠れ家・生活空間（生息地）にカードが 4 枚ずつ存在しており、バランスがとれている。在来種の成魚が 3 匹おり、次の季節まで生き延びるために食物・生息地のいずれか 1 つを必要とする。

隠れ家 生活空間	植物プラン クトン	動物プラン クトン	卵 稚魚
成魚			

図 4－7 池を表すプリントの概要

- ② 1 匹の成魚が必要とするものをサイコロを振って決める。（図 4－8 参照）
- ③ 必要とするものが決まったら、池から必要とするもの（食べもの・生息地）のうち 1 つとり、池の外に置く（消費されたことを示す）。そして、生きるために必要なものを獲得できた成魚は次の季節に移動する（生き延びることができた）。ただし、成魚が産卵したときは、成魚が生き延びるために獲得したカードは次の季節の卵・稚魚となる（卵・稚魚を産むのに使用された）。
- ④ 生きるために必要なものが得られなかった成魚は死に、池の外に置く。



- ⑤すべての成魚の行動が終わったら、生き延びた魚と卵・稚魚の数を数え、個体数とする。
- ⑥使われなかった食物や生息地は次の季節にそのまま移す。池の外にあるものは、3つの条件が同程度になるように等しく分ける（池のバランスを保つため）
- ※3つの条件が同数の場合は左から順に置いていく。
- ⑦夏秋冬も同様に行う。
- ※春に生まれた卵は、夏の終わりに成魚になり、秋から成魚として生きるために必要なものを獲得していく。
- 例）春：産卵 → 夏：卵・稚魚 → 秋：成魚として活動する  
 夏：産卵 → 秋：卵・稚魚 → 冬：成魚として活動する
- ⑧2年目の春に、人の手によって外来種が侵入する。外来種の成魚や稚魚には目印としてクリップをつける。
- ⑨外来種も在来種と同様に、生きるために必要なものを獲得することで、生き延びる。
- ⑩外来種の方が攻撃性があるため、在来種よりも先に行動する。すべての外来種の行動が終わってから在来種は行動することができる。

#### 春・夏・秋

在来種行動表			外来種行動表		
目	行動（生存条件）	産卵	目	行動（生存条件）	産卵
1	植物プランクトンの捕食	○	1	動物プランクトンの捕食	○
2	植物プランクトンの捕食	×	2	動物プランクトンの捕食	×
3	動物プランクトンの捕食	○	3	在来種の卵・稚魚（ない場合は動物プランクトン）の捕食	○
4	隠れ家・生活空間	×	4	隠れ家・生活空間	×
5	隠れ家・生活空間	○	5	隠れ家・生活空間	○
6	隠れ家・生活空間	×	6	隠れ家・生活空間	○

#### 冬

在来種行動表			外来種行動表		
目	行動（生存条件）	産卵	目	行動（生存条件）	産卵
1	死亡	×	1	動物プランクトンの捕食	×
2	植物プランクトンの捕食	×	2	動物プランクトンの捕食	×
3	動物プランクトンの捕食	×	3	死亡	×
4	隠れ家・生活空間	×	4	隠れ家・生活空間	×
5	隠れ家・生活空間	×	5	死亡	×
6	隠れ家・生活空間	×	6	隠れ家・生活空間	×

図4-8 在来種、外来種の行動表

在来種、外来種の特徴を示すため、在来種と外来種の行動を別にした。例えば、繁殖力は外来種の方が強いと設定したため、産卵できる目は在来種の3つに対し、外来種は4つとした。それに対し、在来種の方が耐寒性は高いと設定したため、冬に死亡する目を在来種は1つとし、外来種は2つとした。外来種の攻撃性は、在来種より外来種が先に行動できると設定することで表した。

#### 第4節 開発した教材の試行結果および得られる可能性のある結果と原因

開発した教材は1回30分程度で行うことができ、確率によってさまざまな結果を得られる。在来種と外来種の個体数変動の実験では次の6通りの結果が予想される。

- ①在来種の絶滅
- ②共に生存するが、外来種が優性
- ③共に生存するが、在来種が優性
- ④外来種が絶滅する
- ⑤両者絶滅する
- ⑥在来種が1年目で絶滅する。

この活動を30回試行したところ、在来種が全滅する結果が21回（70%）得られた。また、在来種と外来種が共に生存する（外来種優性）結果が8回（26.7%）、在来種と外来種が共に生存する（在来種優性）結果を1回（3.3%）得ることができた。それぞれの結果に対する原因と、30回の試行では現れなかった結果と原因を示す。なお、グラフの青線は在来種の個体数変動を表し、赤線は外来種の個体数変動を表している。

##### ①在来種の全滅（70%）（図4-9）

在来種の卵、稚魚を捕食する。また、繁殖力の高い外来種がどんどん殖えていく。さらに、外来種は先に行動できる優位性を持っていることから、在来種の番までに隠れ家、生活空間と動物プランクトンの環境要素を消費してしまうことがある。これらが原因で在来種が生き延びるための条件が無くなることによって生じる。

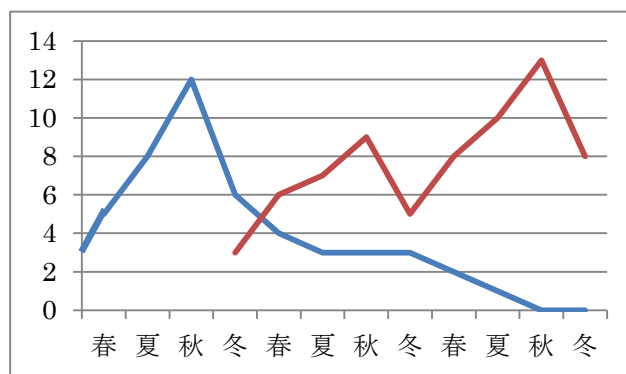


図4-9 「在来種の全滅」の結果例

②共に生存するが、外来種が優性（26.7%）（図4-10）

在来種と外来種の隠れ家、生活空間が共通で、外来種が優位であるため、在来種の数が増加する。しかし在来種のエサは植物プランクトンの目が2つ、動物プランクトンの目が1つとなっているため、植物プランクトンを消費することで生き延びることができる。また、外来種の繁殖が緩やかであったり、外来種が冬にある程度死ぬことも予想される。

外来種が侵入する前の1年目と侵入してからの2年目以降の在来種の個体数の平均を見ると、明らかに2年目以降の個体数が少ないことが分かる。

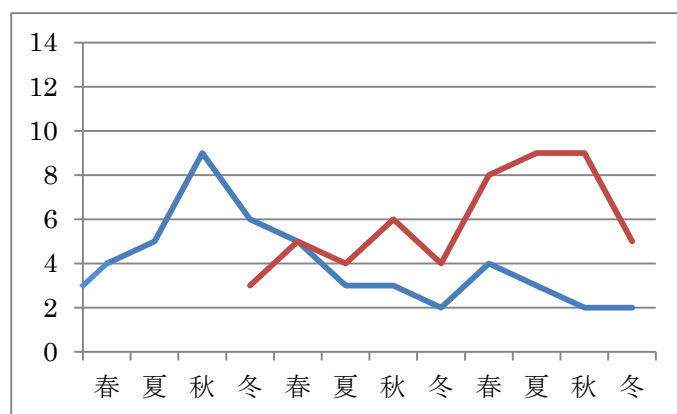


図4-10 「共に生存するが、外来種が優性」の結果例

③共に生存するが、在来種が優性（3.3%）（図4-11）

この結果は、外来種があまり繁殖しない、冬の寒さが原因で死亡する個体が多いことでおきる。この結果が現実として現れる場合は、外来種の繁殖に適した環境ではなかった（水の流れが速い等）、外来種にとってその土地の寒さは厳しすぎ、適応することが難しい等が考えられる。

③の結果では、外来種による在来種の捕食や住みかの奪取が、在来種の脅威としてきづきにくい、外来種が先に行動していることから多少は見られる。

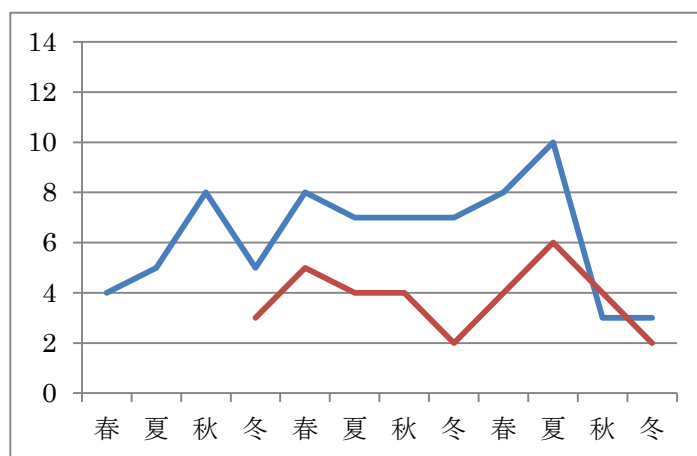


図4-11 「共に生存するが、在来種が優性」の結果例

#### ④外来種が絶滅する

この結果が生じる原因として考えられるのは、外来種がほとんど繁殖しない（秋は絶対に繁殖しない）ことと、冬に外来種が寒さによって死亡する目（3または5）しか出ない場合が重なったときのみ起こる。この結果が現実で現れる場合は、その土地の気候は在来種が適応できる寒さではあったが、外来種は寒さに弱く、その土地は寒すぎたということが考えられる。

#### ⑤両者絶滅する

この結果が生じるのは、

- I. 在来種が外来種によって駆逐された後に、外来種が④のように冬に死亡する目（3または5）のみ出る
  - II. どちらも秋に繁殖せず、冬には死亡する目（在来種は1，外来種は3と5）のみ出る
- この2つの場合である。

I の場合は、外来種の影響を確認することができたあとに外来種が死亡するため、①や②の結果と同様の影響を見ることができ、外来種も土地に定着できない場合があるという結果も得られる。現実でこの現象が起こるとすれば、攻撃性が強い外来種のために、在来種が早々に絶滅したこと、その土地は外来種にとって生き延びることができないほどの寒さであったと考えることができる。

II の場合は、在来種も全て寒さによって死亡することから、この年の冬の寒さは例年以上に厳しい寒さであったと考えることができる。

#### ⑥在来種が1年目で絶滅する。

この結果は、1年目の秋に在来種が産卵せず、冬にサイコロの目がすべて1の場合に生じる。この結果が出た場合はもう一度行わせることが必要になる（1年目の結果と2年目以降の結果を比較するため）。ただし⑥の結果になる確率は非常に低い。

### 第5節 考察

5社の中学校理科の教科書における外来種の扱いの分析から、外来種の影響の学習では、生息場所・食物といった環境要素、個体数の変動についても扱うことがわかる。したがって、外来種の影響を扱う教材では、環境要素、個体数変動も扱う必要があると判断した。環境要素、個体数の変動について扱うことのできる研究として大鹿（2006）がある。その活動の詳細は本章第2節で示したが、生徒が環境要素やシカ、オオカミ役となり、シカとオオカミの個体数の変動を扱う活動である。この活動のように、動物と環境要素、個体数

の変動についても扱うことのできる、外来種の影響を取り扱う活動教材の開発を独自に行った。

この教材では、環境要素として、植物プランクトン・動物プランクトン（食物）、隠れ家・生活空間（生息場所）を扱い、また、外来種は在来種の卵や稚魚を捕食するため、教科書で扱う外来種の影響のうち、在来種の捕食、食物の競合、生息場所の競合を扱うことが可能である。また、それぞれの行動を1匹1匹詳細にみることができるため、環境要素の変化がわかりやすい。さらに、個体数の変動のグラフと行動を結びつけやすい。

活動ではさまざまな結果を得ることができる。結果と原因については本章第4節で述べたが、それぞれの結果に対する効果と注意点を示す。

#### ①在来種の全滅

この結果を引き起こす原因を考えさせることで、生徒は、外来種によって捕食という直接的な影響や、在来種が住みかを追い出される、食物を奪われる等外来種によって生活場所が荒らされることにきづくことができる。この結果になった生徒は外来種を侵入させてはいけないということにきづくと考えられる。

しかし外来種は必ず定着できるわけではないし、在来種も必ず全滅するわけではない。従って授業のまとめの前に他のグループの結果を示すことが必要である。

#### ②共に生存するが、外来種が優性

2年目以降の在来種の減少を引き起こした原因を考えさせると、外来種によって隠れ家・生活空間やエサ（動物プランクトン）を奪われたことで、在来種が生きにくくなったことにきづくことができる。

しかし、どちらも生き残っている状況のため、外来種の侵入を許してもよいと考える生徒も出てくる可能性がある。そうした生徒のために、まとめの段階の前に在来種のみで数年間活動を行ったグラフを用意し、そのグラフと自らの結果を比較させる。また、在来種が全滅したグループの結果を示す。この2つから、外来種によって在来種が影響を受けること、最悪の場合在来種は絶滅してしまうため、外来種の侵入を許してよいかどうかもう一度考えさせる。

#### ③共に生存するが、在来種が優性

外来種による在来種の捕食や住みかの奪取が、在来種の脅威としてきづきにくい、外来種が先に行動していることから多少は見られる。活動中に個体数の変動を記載しておけば、たとえ影響が少なくてもきがつくことができるだろう。しかし、外来種よりも在来種の個体数が勝っているため、外来種の侵入を許しても良いと考える生徒が出てくる。従って、まとめの段階の前に、在来種のみで数年間活動を行った場合を例にあげたり、①や②のグループの結果を示し、外来種によって影響を受けた場合を示す。

#### ④外来種が絶滅する

この結果が出た場合、外来種が在来種に大きな影響を与えないため、グラフだけでは外来種の脅威を感じる事が難しい。従って③の結果と同様に、活動中に在来種の個体数が減少する原因を記載することが重要である。まとめの段階の前には他のグループの①や②の結果を示し、外来種があたえた影響を確認することで、外来種の侵入を許して良いか考えさせる。

この結果からは、外来種が必ずしも土地に定着できるわけではないということが可能なため、生徒にも外来種が死亡した原因に注目させ、現実の世界の場合は寒すぎたということに注目させたい。

#### ⑤両者絶滅する

I の場合は、①や②の結果と同様の影響を見ることができ、外来種も土地に定着できない場合があるという結果も得られる。外来種はその土地に定着する場合もあることを示すため①～③の結果も示す。

II の場合は、外来種が侵入してから全滅するまでにわずかでも影響がなかったか考えさせる必要がある。そのため、活動中に在来種が受けた影響を記載することが必要である。

#### ⑥在来種が1年目で絶滅する。

1年目を始めから行わせるのでは時間がかかりすぎるため、1年目の秋から等途中から行わせることが考えられる。

このように、さまざまな結果が予想されるが、発表などでさまざまな意見を知ることや、教師の支援によって、外来種のさまざまな影響を知ることができる。また、指導者側で在来種のみでこの活動を数年間行った場合のグラフを用意し、それぞれの結果と比較させる。これにより、外来種が侵入しない場合の方が在来種の個体数が一定であったり、わずかではあるが影響を受けているときづくことができると考えられる。また、在来種が受ける影響が少ないときや、受けた影響を忘れないために、在来種が何かしら影響を受けたらその都度それを記載することも必要であると考ええる。

引用・参考文献

有馬朗人ほか 57 名 (2012) 理科の世界 3 年, 大日本図書

米国環境教育協議会 (CEE, Council for Environmental Education) (2012) プロジェクト・ワイルド 2004 年版 [本編], 一般財団法人 公園財団, pp.146-149

細矢治夫・養老孟司・下野洋・福岡敏行ほか 25 名 (2012) 自然の探究中学校理科 3, 教育出版

大鹿聖公 (2006) 中学校第 2 分野「自然と人間」における活動教材の効果について - 環境教育プログラム「プロジェクト・ワイルド」を用いた授業実践 -, 生物教育 Vol.45 No. 3, pp.170-180

岡村定矩・藤嶋昭ほか 49 名 (2012) 新しい科学 3 年, 東京書籍

霜田光一ほか 25 名 (2012) 中学校科学 3, 学校図書

塚田捷・山極隆・森一夫・大矢禎一ほか 57 名 (2012) 未来へ広がるサイエンス 3, 新興出版社啓林館

Project\_WILD, <http://www.projectwild.jp/PWtoha.html>, (12 月 9 日閲覧)

# 第 5 章

外来種による影響を題材とする  
活動教材の理科授業への導入



## 第1節 開発した教材の単元への導入

現行の中学校学習指導要領解説理科編における外来種の取り扱いと、中学校理科教科書（学校図書出版）の内容および学校図書 Web サイトの年間指導計画から、開発した教材の単元への導入を図る。

中学校学習指導要領では、外来種については第2分野（7）自然と人間の単元において扱われ、次のように示されている。

### （7）自然と人間

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。

#### ア 生物と環境

##### （ア）自然界のつり合い

微生物のはたらきを調べ、植物、動物及び微生物を栄養の面から相互に関連付けてとらえるとともに、自然界では、これらの生物がつり合いを保って生活していることを見いだすこと。

##### （イ）自然環境の調査と環境保全

身近な自然環境について調べ、様々な要因が自然界のつり合いに影響していることを理解するとともに、自然環境を保全することの重要性を認識すること。

#### イ 自然環境の調査と環境保全

##### （ア）自然の恵みと災害

自然がもたらす恵みと災害などについて調べ、これらを多面的、総合的にとらえて、自然と人間のかかわり方について考察すること。

#### ウ 自然環境の保全と科学技術の利用

（ア）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、持続可能な社会を作ることが重要であることを認識すること。

（7）自然と人間では、はじめに自然環境を調べ、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・認識を深め、最終的に自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について考察し判断する態度を養うことがわかる。

(7) 自然と人間の内容の取扱いでは次のように示されている。

ア アの(ア)については、生態系における生産者、消費者及び分解者の関連を扱うこと。その際、土壌生物にも触れること。

イ アの(イ)については、生物や大気、水などの自然環境を直接調べたり、記録や資料を基に調べたりするなどの活動を行うこと。また、地球温暖化や外来種にも触れること。

ウ イの(ア)については、地球規模でもプレートの動きも扱うこと。また、「災害」については、記録や資料などを用いて調べ、地域の災害について触れること。

エ ウの(ア)については、これまでの第1分野と第2分野の学習を活かし、第1分野(7)のウの(ア)と関連付けて総合的に扱うこと。

※下線は筆者による

外来種は、ア 生物と環境、(イ) 自然環境の調査と環境保全のなかで、自然のつり合いに影響を及ぼす要因の一つとして学習する。中学校学習指導要領解説理科編では、ア 生物と環境、(イ) 自然環境の調査と環境保全についての中で、内容の取扱いをさらに詳しく記載している。

ここでは、動植物の生態、大気の状態、河川や湖沼の水質などを調べる活動を行い、その観察結果や資料を基に、人間の活動などの様々な要因が自然界のつり合いに影響を与えていることについて理解させ、自然環境を保全することの重要性を認識させることがねらいである。なお、ねらいを実現するために「(ア) 自然界のつり合い」についての学習を踏まえて行うことが重要である。

※下線は筆者による

以上のことから、外来種の影響を扱う場面では、「(ア) 自然界のつり合い」の学習内容のうち、【食物網による生物同士のつながり】【自然界で生活している生物の間のつり合い】【物質の循環】【生物とそれをとりまく環境を一つのまとまりとしてとらえたものが生態系であること】を踏まえることが必要であると考え。それを具体的に表すと次のようになる。

#### 【食物網による生物同士のつながり】

外来種の影響として、在来種の捕食という影響以外に、外来種と在来種の食物の競合があげられる。したがって、外来種が食物網に影響を与えたことを認識するために、外来種が侵入する以前の在来種とその食物の関係を把握する必要があると考える。

#### 【自然界で生活している生物の間のつり合い】

生産者、消費者、分解者は互いに関わり合いながら生活している。そのため、増え続けることはなく、また、食物となる生物や天敵の存在によって個体数は変動しながら balan

スを保っている。外来種の侵入によってそのバランスにどのような影響を与えるのか学習する。開発した教材では、食物（プランクトン）が少ないと捕食者の数が減ることで、生物間でつり合いが保たれていることに気づくことができる。

#### 【物質の循環】

生態系内では生産者、捕食者、分解者間で物質の循環が行われている。活動では、炭素・酸素などの細やかな物質の循環は扱うことができないが、食物が消費されることにより、捕食者が増えること、捕食者が死ぬことにより生活環境へ戻ることで、おおまかな物質の循環を表している。

#### 【生物とそれを取りまく環境を一つのまとまりとしてとらえたものが生態系であること】

生物（消費者）が生きるためには、食物、空気、水だけでは生活することができない。生活の場となる森や川などの空間や、天敵から身を隠すための隠れられる場所、子供を産むことができる環境などが必要である。外来種はそういった環境にも影響を与える。活動では、池のプリントとそこに存在するカードを含めた全体が池の生態系である。

教科書における外来種の扱いについては第3章第1節で示したとおり、在来種の捕食、病気の持ち込み、生息場所の競合、食物の競合が扱われている。

学校図書 Web サイト、年間指導計画の例を公開しており、最終単元の自然・科学技術と人間の1. 自然と人間は表5-1のように示されている。

表5-1 学校図書年間指導計画の例における外来種に関する学習の評価例

学習内容	自然現象への関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	自然現象についての知識・理解
<ul style="list-style-type: none"> <li>・人間の活動と外来種の関係を知り、外来種が環境に与える影響を考察する。</li> <li>・人間の活動が水や大気の組成に与える影響を知り、それを防ぐ対策の必要性を理解する。</li> <li>・自然のつり合いを保ち、自然環境を保全することの重要性を理解する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外来種について興味を持つ。</li> <li>・環境問題に興味を示し、身近な問題から発展させ、地球全体が抱える問題を詳しく調べようとする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外来種が環境に与える影響を考察できる。</li> <li>・自然環境の保全のために、自分たちでできることを考えることができる。</li> <li>・大気汚染などの環境問題は、地球規模での対策が必要なことを認識できる。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・外来種が環境に与える影響を説明できる。</li> <li>・人間の活動が自然界に及ぼす影響や、自然環境を保全するための取り組みが重要であることを説明できる。</li> </ul>

学校図書年間指導計画から、外来種についての学習の評価は「外来種について興味を持つ」「外来種が環境に与える影響を考察できる」「外来種が環境に与える影響を説明できる」の3点であることが分かる。

本章で示した学習指導要領解説理科編での外来種の扱い、教科書における外来種の扱い、学校図書における中学校理科年間指導計画から外来種の学習の流れとして筆者は図5-1のように考える。

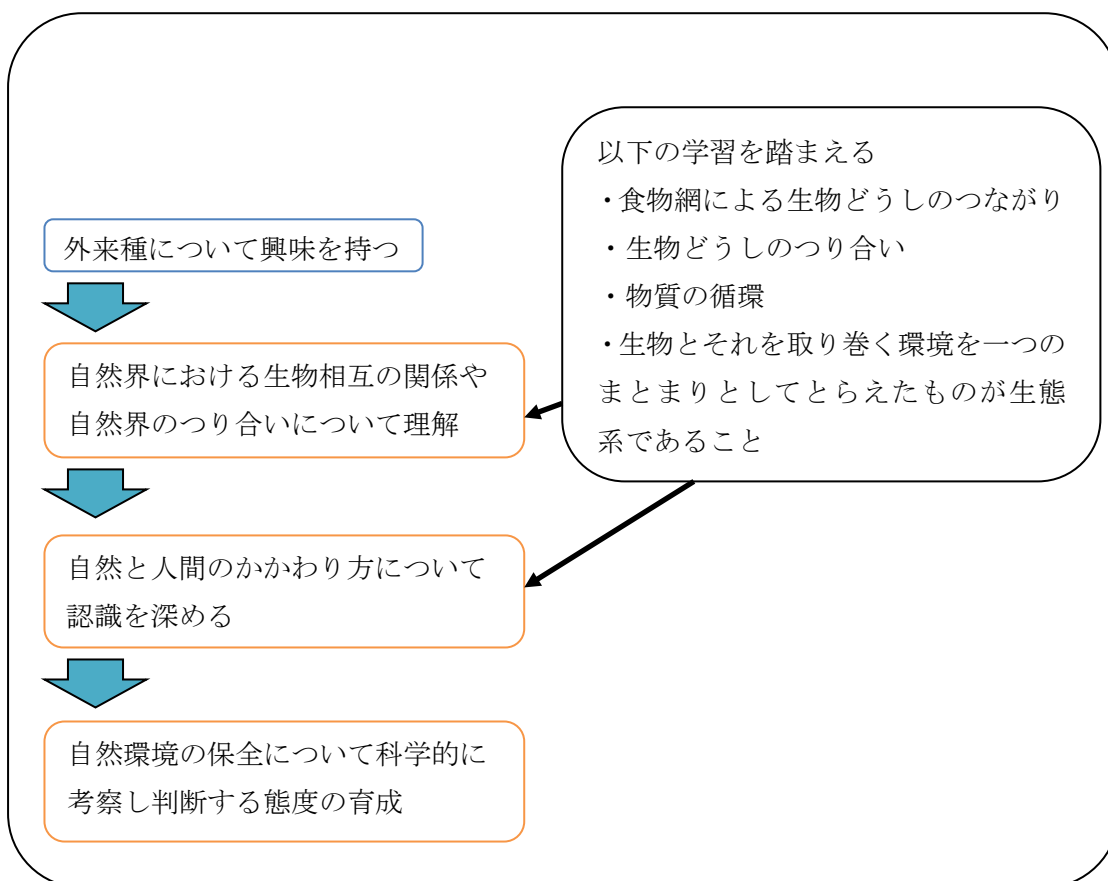


図5-1 外来種の学習の流れ

図5-1で示した外来種の学習の流れのなかに、開発した活動教材の導入を考える。開発した活動教材では、学校図書で示されている影響のうち、在来種の捕食、生息場所の競争、食物の競争を扱うことができるが、病気の持ち込みの影響を扱うことはできない。また、活動1回で約30分の時間を使うことから、学校図書年間指導計画に示している、外来種について興味をもたせる時間が少ないと考えた。そこで、外来種の影響を扱う時間を2時間設定し、第1時には外来種について興味を持たせること、自然界における生物相互の関係や自然界のつり合いに影響を与える要因の1つとして外来種の影響を学習する。第2時では、似たような生活を送る魚同士を例として、活動を行わせることにより、外来種のどのような行動により、自然界のつり合いに影響が出るのか、また、環境要素のどの部分

に影響を与えたのかを体験的に理解させることを目的とした。また、(7) 自然と人間では、「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。これは、外来種の影響の学習では、なぜ侵入を許してはいけないのか、生態系のどこに影響が出るのかを考えて説明できる力であると考ええる。以上の2時間の学習を終えた生徒が、外来種の影響について生態系のどこに影響が出るのかを説明することができるようにする(図5-2)。

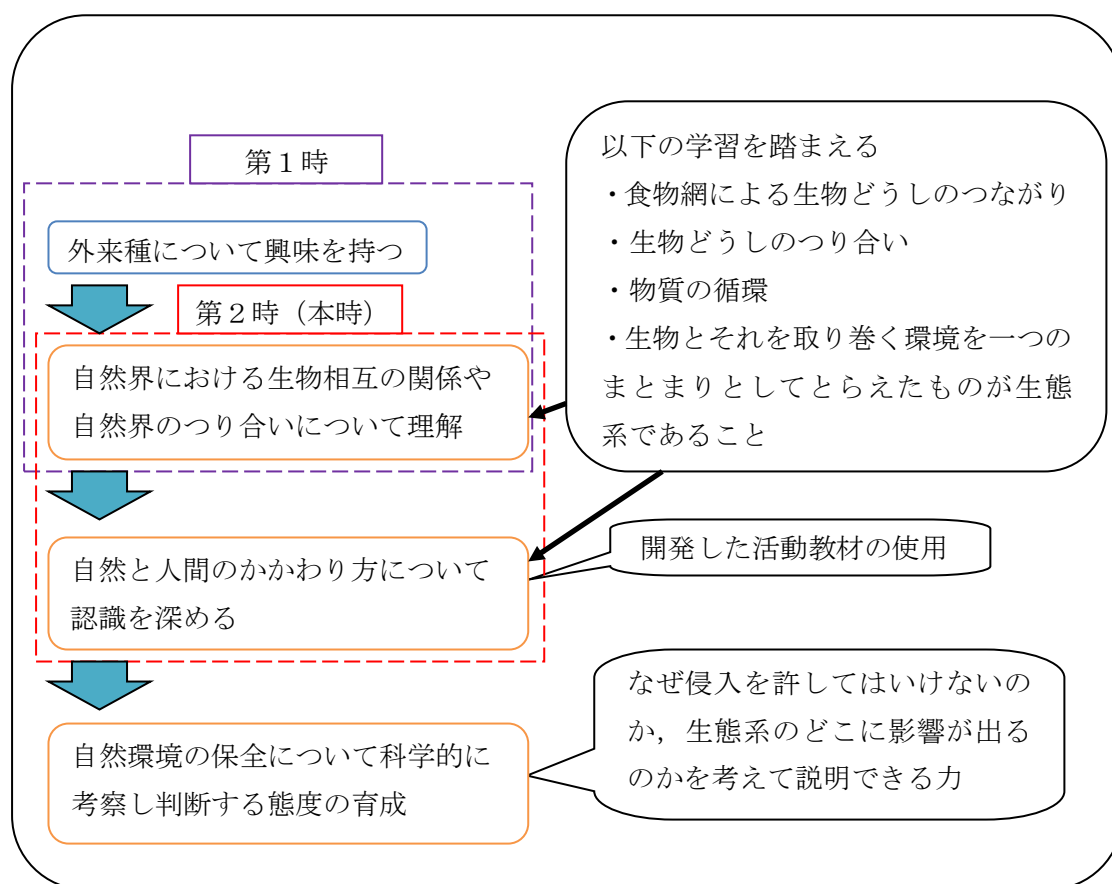


図5-2 単元への活動教材の導入

## 第2節 開発した教材の授業への導入

開発した活動教材を導入した授業の流れを表5-2に示す。

表5-2 開発した活動教材を導入した授業の流れ

	活動内容	指導の留意点
導入部 5分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・どのような影響を受けるのか疑問を持つ。</li> <li>・大きな影響を受けるのか予想をする。</li> </ul>	在来種と外来種の特徴をまとめた表を見せる。
展開部 40分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・活動方法を把握する。 (活動を行いながら春と夏の季節を教師と生徒一緒に行う。)(5分)</li> <li>・活動の続きを行う。 (個体数の変動の原因を記載する。)(25分)</li> <li>・活動結果の結果をグラフにまとめ、個体数の変動の原因を考察する。(5分)</li> <li>・結果を発表する。(5分)</li> </ul>	<p>※開発した活動教材の使用</p> <p>班単位で活動を行う。</p> <p>在来種のみで数年間分活動を行った結果を示す。</p> <p>予想される結果の解説</p>
まとめ 5分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・魚類以外の外来種の侵入を許しても良いか考察する。</li> </ul>	

開発した活動教材では、特徴の似ている在来種と外来種を取り扱う。導入部では、両者の特徴はほとんど同じであることを説明し、同じような特徴を持つ生物の侵入でも、在来種は大きな影響を受けるのだろうか、どのような影響を受けるのだろうかと疑問を持たせる。

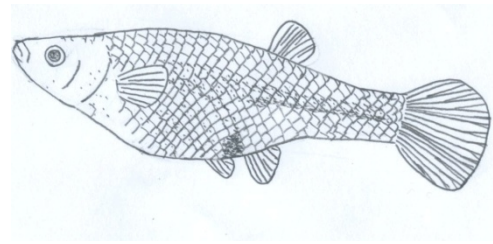
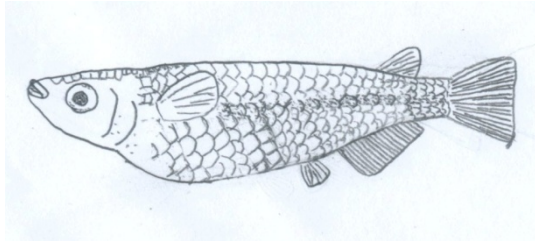
展開部では、活動方法を記載したワークシートを配布し、教師と生徒が一緒に春と夏の季節を行いながら、活動方法を把握する。活動は、在来種と外来種の行動表の見間違いや、環境要素のカードの移動の間違いをしやすいため、4人程度の班単位での活動を想定している。1年目の秋から生徒のみで活動の続きを行い、在来種や外来種の個体数に大きな変動があった場合はその原因を記載させる。活動が終わったら、発表に向けて、班で得られた結果とその原因を考察する。このとき、在来種のみで数年間分活動を行った結果を示す。結果の発表では、さまざまな結果を示すため、結果が同一ではない班を選び発表させる。この際、発表された結果それぞれの解説と、授業では出てこなかった結果(在来種の全滅、在来種と外来種の生存)があれば、教師側でその結果を示し、その結果が起こりうる原因を説明する。

まとめでは、魚類以外の外来種として昆虫を取り上げ、外来種の侵入を許しても良いか考察させる。その際、外来種を逃がそうとしている友人を説得するためになぜ外来種の昆虫を放してはいけないか、または放しても大丈夫だと判断したか理由も記入させる。

この授業の指導の流れに沿ってワークシートを作成した (pp.61-64)。ワークシートはA4用紙4枚で、1, 2枚目には、在来種と外来種の特徴をまとめた表および活動方法である。3, 4枚目は、生徒が結果を書き込む表やグラフ、授業のまとめにおいて考察するための問題文がある。活動結果を書き込む表と表の間には、個体数の変動があった場合にその時のできごとを記載するためのスペースを空けている。

# 在来種と外来種の関係と個体数変化

## ○基本情報



	在来種	外来種
食べ物	植物・動物プランクトン	動物プランクトン
生活空間	流れの穏やかな川や池	
隠れ家	岩や水草のかげ	
体長	5 cm未満	
生殖期間	春から秋	
生殖能力	在来種 < 外来種	
耐寒性	在来種 > 外来種	
攻撃性	在来種 < 外来種	

## ○進め方

この活動はカードを使って個体数をシミュレーションする活動です。

①池（A4用紙）には春夏秋冬があり、植物・動物プランクトン（食物）、隠れ家・生活空間（生息地）にカードが4枚ずつ存在しており、バランスがとれている。在来種の成魚が3匹おり、次の季節まで生き延びるために食物・生息地のいずれか1つを必要とする。

②1匹の成魚が必要とするものをさいころを振って決める。（表1を参照）

③必要とするものが決まったら、池から必要とするもの（食べもの・生息地）のうち1つとり、池の外に置く（消費されたことを示す）。

そして、生きるために必要なものを獲得できた成魚は次の季節に移動する（生き延びることができた）。ただし、成魚が産卵したときは、成魚が生き延びるために獲得したカードは次の季節の卵・稚魚となる（卵・稚魚を産むのに使用された）。

④生きるために必要なものが得られなかった成魚は死に、池の外に置く。

⑤すべての成魚の行動が終わったら、生き延びた魚と卵・稚魚の数を数え、個体数とする。

⑥使われなかった食物や生息地は次の季節にそのまま移す。池の外にあるものは、3つの

隠れ家 生活空間	植物 プランクトン	動物 プランクトン	卵 稚魚
成魚			

A4用紙の池



条件が同程度になるように等しく分ける（池のバランスを保つため）

※3つの条件が同数の場合は左から順に置いていく。

⑦夏秋冬も同様に行う。

※春に生まれた卵は、夏の終わりに成魚になり、秋から成魚として生きるために必要なものを獲得していく。

例) 春：産卵 → 夏：卵・稚魚 → 秋：成魚として活動する

夏：産卵 → 秋：卵・稚魚 → 冬：成魚として活動する

⑧2年目の春に、人の手によって外来種が侵入する。外来種の成魚や稚魚には目印としてクリップをつける。

⑨外来種も在来種と同様に、生きるために必要なものを獲得することで、生き延びる。

⑩外来種の方が攻撃性があるため、在来種よりも先に行動する。すべての外来種の行動が終わってから在来種は行動することができる。

○表1 在来種・外来種の行動表

・春・夏・秋

在来種の行動表

目	行動（生存条件）	産卵
1	植物プランクトンの捕食	○
2	植物プランクトンの捕食	×
3	動物プランクトンの捕食	○
4	隠れ家・生活空間	×
5	隠れ家・生活空間	○
6	隠れ家・生活空間	×

外来種行動表

目	行動（生存条件）	産卵
1	動物プランクトンの捕食	○
2	動物プランクトンの捕食	×
3	在来種の卵・稚魚（ない場合は動物プランクトン）の捕食	○
4	隠れ家・生活空間	×
5	隠れ家・生活空間	○
6	隠れ家・生活空間	○

・冬

目	行動（生存条件）	産卵
1	死亡	×
2	植物プランクトンの捕食	×
3	動物プランクトンの捕食	×
4	隠れ家・生活空間	×
5	隠れ家・生活空間	×
6	隠れ家・生活空間	×

目	行動（生存条件）	産卵
1	動物プランクトンの捕食	×
2	動物プランクトンの捕食	×
3	死亡	×
4	隠れ家・生活空間	×
5	死亡	×
6	隠れ家・生活空間	×

●めあて

--

●活動内容

1. 在来種と外来種の個体数変動の変化をシミュレーションし、各季節の個体数を表に書く。  
※在来種や外来種の個体数が減ったときはどんなことが起きたのかメモをしよう。
2. 在来種と外来種の個体数をグラフで表し、在来種の個体数の変化について考察する。

【1年目】

	春	夏	秋	冬
在来種				

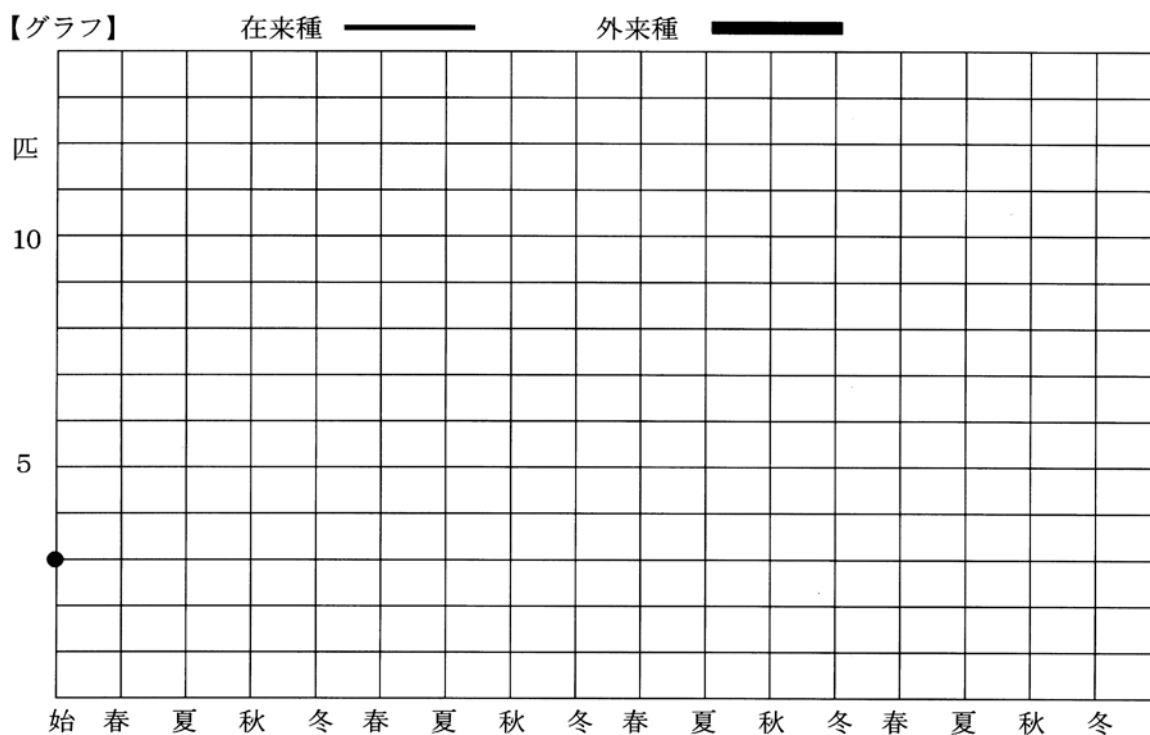
【2年目：外来種の侵入】

	春	夏	秋	冬
在来種				
外来種				

【3年目】

	春	夏	秋	冬
在来種				
外来種				

【グラフ】



- 外来種が侵入したあと、在来種の個体数はどのように変化しただろう。また、在来種の個体数が増えたり減ったりしたとき、池の中でどんなことが起こったのだろう。


- まとめ


- A君は外国産のからだの大きなカブトムシが大好きである。A君の住んでいる地域ではクワガタムシは大量に見られるが、カブトムシが見られない。そこで、ペットショップで購入して繁殖した外国産カブトムシを野外に放すことで、クワガタムシと外国産カブトムシがA君の住む地域で見られるようにしようとしている。あなたはA君と一緒に外国産カブトムシを放しますか？それともA君を止めますか？理由も含めて説明しなさい。（カブトムシもクワガタムシも同じ樹液をエサとする。カブトムシは土の中に隠れ、クワガタムシは樹皮の下に隠れる。カブトムシの方が力が強く、エサを獲得しやすいものとする。）


### 第3節 大学生を対象とした模擬授業における反応

理科教師あるいは小学校教師をめざす弘前大学教育学部学生を対象とし、開発した活動教材を導入した授業を行った。学生は大学院2年1名、大学院1年2名、学部学生3年（教育実習未経験）の合計16名である。1班～4班までは学部3年生4名ずつの班、大学院生3名の班の計5班で活動を行った。活動では、5班中4班が在来種の全滅の結果を得た。1班は外来種と在来種がどちらも生存（外来種が優性）の結果を得た（図5－3）。授業後、学生にアンケート（p.66）を実施し、活動前の結果の予想とその理由、班で得られた結果とその原因、活動を終えて感じたこと、ほかの班との結果の比較から考えたこと、教材・授業に対する感想をたずねた。

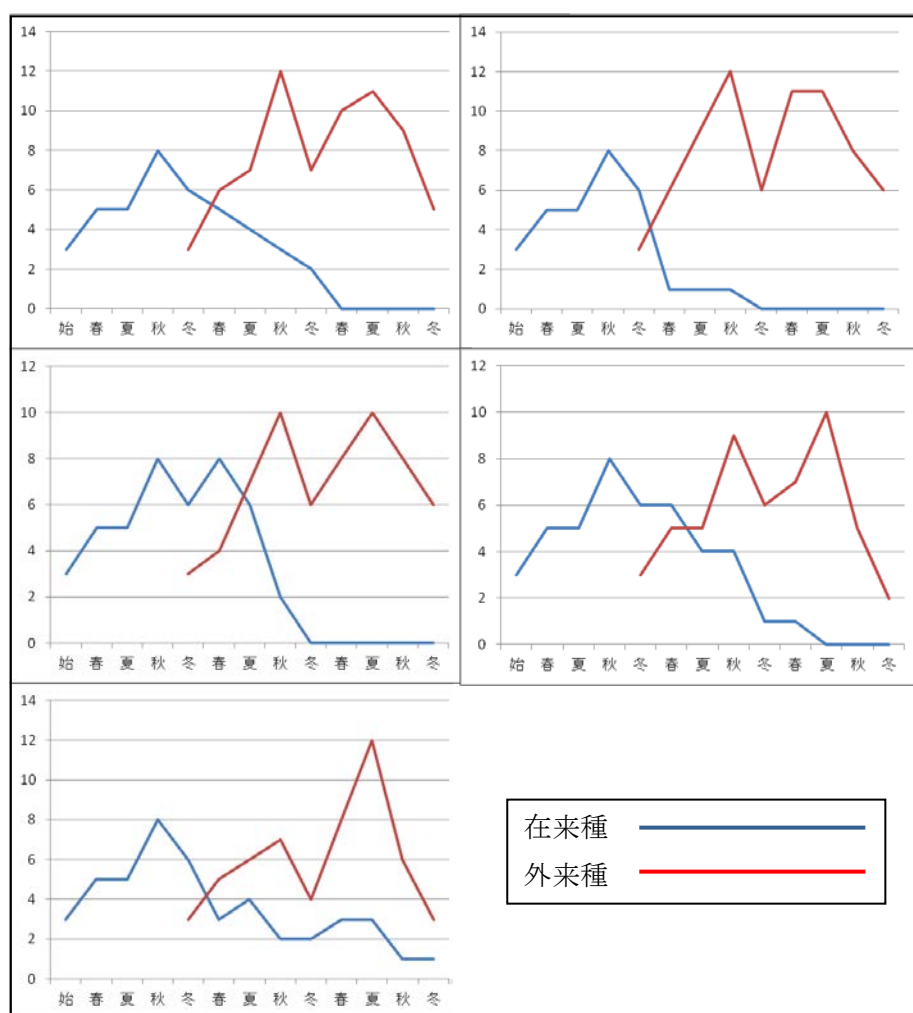


図5－3 模擬授業における活動の結果

1) どのような結果になるとあなたは活動前に予想しましたか？

在来種の全滅      在来種と外来種が共に生存する      外来種が全滅する  
在来種と在来種どちらも全滅する      その他（      ）

2) 1) で答えた理由を書いて下さい。

3) あなたの班の結果はどうになりましたか？

在来種の全滅      在来種と外来種が共に生存する      外来種が全滅する  
在来種と在来種どちらも全滅する      その他（      ）

4) あなたの班で得られた結果の一番の原因は何ですか？

5) 班での活動を終えて感じたことは何ですか？

6) 他の班の結果とあなたの班の結果を比べて、考えたことは何ですか？

7) 教材，授業に対する感想

模擬授業における大学生の反応を以下に示す。

【原因について】

- ・ 外来種同士の競争（在来種と外来種の生存（外来種優性））
- ・ 外来種によって生活空間や餌が無くなって、在来種が生き残れなかった（在来種の全滅）
- ・ 外来種が一気に増え、隠れ家や餌、繁殖が無くなってきたから（在来種の絶滅）
- ・ 在来種は幸運にも生き残った（在来種と外債種の生存（外来種優性））
- ・ （外来種が）冬の寒さや外来種同士の（資源の）取り合いで死ぬ数も多かった（どちらも生存）
- ・ 卵食べられた（全滅）

【活動結果や外来種の影響に対する驚き】

- ・ これほどまでに多くの班が外来種の絶滅になるとは思いませんでした。
- ・ 生き残らずに全滅という班が多くて驚いた。
- ・ 3匹放っただけで、在来種が全滅するとは思わなかった。
- ・ 外来種が侵入することで、在来種が全滅しうるんだなという感覚を初めて知った。
- ・ たった3年やっただけで、全滅まではいかないだろうと思った。

【活動に対する興味・関心・意欲】

- ・ わかりやすく楽しい。
- ・ とても楽しく交流でき、協力もできた。
- ・ ゲームのようで楽しみながらできる。

【外来種の影響の理解】

- ・ 外来種と在来種の関係について理解することができ、勉強になった。
- ・ 教科書に載っているグラフを見るだけよりも、なぜ・どのように、在来種が減ってしまうのかということが時間の流れとともにはっきり見えた。
- ・ 在来種が生き残った班もいたが、数は確実に減っているため、やはり外来種へのダメージは少なからず出ると考えた。

また、活動をする中で、「一般的にどう断定して良いのか疑問」「実際の池の中でも全滅してしまうことの方が多いのか？」といった、活動が実際の池のことを表しているのか疑問に思う学生が存在した。

#### 第4節 考察

開発した活動教材の単元および授業への導入を図り、模擬授業を行った。外来種の影響を扱う場面では「食物網による生物同士のつながり」「自然界で生活している生物の間のつり合い」「物質の循環」「生物とそれを取りまく環境を1つのまとまりとしてとらえたものが生態系であること」を考慮しなければならないと考え、開発した活動教材ではこの4点に考慮した。開発した教材では、学校図書が扱っている外来種の影響のうち、在来種の捕食、生息場所の競合、食物の競合を扱うことができる。しかし、病気の持ち込みに関しては導入することで活動内容が難しくなることが考えられ、活動では導入しなかった。活動1回で約30分の時間を使うことから、学校図書年間指導計画に示している、外来種について興味をもたせる時間が少ないと考えた。そこで、外来種の影響を扱う時間を2時間の授業時間を設定し、第2時において開発した活動教材を授業へ取り入れた。

開発した活動教材では、似た特徴を持つ在来種と外来種を取り上げることで、どのような結果が得られるのか予想を困難にし、活動への意識付けをはかるとともに、体格差がない外来種からは大きな影響を受けるのだろうか疑問を持たせることができる。活動の説明では、春と夏の活動を教師が黒板やスライドで示し、生徒がそれを見て実際に手を動かし教師と一緒にすることで、活動方法を把握できるようにした。これにより、環境要素の移動や卵・稚魚の移動がわかりやすく、時間短縮にもなる。さらに、1年目冬に在来種が死亡してしまった場合は黒板やスライドに夏の終わりの状態が示されているため、1年目秋からまた活動を行うことができる。活動では多くの教科書では扱っていない「外来種の侵入による在来種の個体数の変動」のグラフを机上で作成することができる。その結果はさまざまであるが、授業の中で在来種のみで数年間活動を行ったグラフと得られた結果を比べさせる。これにより、外来種の侵入によって、在来種が徐々に駆逐されていく様子や、それまで維持できていた在来種の個体数のバランスが崩れていくことを生徒が視覚的に理解することができる。

この活動は班単位で行うことを想定しており、1時間の授業の中で複数の結果を得ることができる。同じ結果が出ることはほとんど無い。在来種が全滅してしまう班や、最終的にどちらも生存している班も出ることが予想される。こういったさまざまな結果を生徒が発表したり、教師が解説することで、全滅という結果を得た班は「全滅していない班でも個体数が減っている、やはり影響を受けている」ときづくことができる。どちらも生存した班では、多くの班が絶滅していることに驚くとともに、ほかの班では外来種による影響が大きかったことにきづく。外来種が全滅してしまった班がいても、外来種が全滅するまでの結果から多少の影響を受けたことを読み取ることができるほか、発表段階で多くの班が在来種の絶滅、減少という結果を得ていることを知り、外来種を侵入させないことが大切であるときづかせることができる。

授業のまとめ部分において、友人が外国産カブトムシを地域の自然に逃がそうとしてい

た場合、生徒自身がどのような行動をするか考えさせる。友人がカブトムシを逃がすことによって、もともと地域に生息していたクワガタムシはどのような影響を受けるのか考え、友人に逃がさないように説得するか、特に影響はないだろうかを考える。この問いによって、生徒が身近な環境を考える時に、根拠をもった判断を行う訓練になると考える。

環境教育では、環境に対して行動を起こすことも求められているが、その行動を考える時に自分なりに考えた根拠をもっていることは大切である。たとえば、学校図書 p.246 では、バイオエタノールを扱っている（図2-4）。バイオエタノールはトウモロコシやサトウキビが空気中の二酸化炭素を取り込んで光合成で作った有機物がもとになっているため、バイオマスエネルギーを燃やした時に出る二酸化炭素は前の年か数年前に大気にあった二酸化炭素由来である。そのため、二酸化炭素の量はプラスマイナスゼロとカウントされる。しかし、植物を育てるためにトラクターが化石燃料で動き、肥料や農薬が工場で作られ、運ばれるまでにエネルギーが消費されるなど、バイオエタノールを作るまでにさまざまなエネルギーが使われる。このように環境に優しいように見えても実際にはあまり環境に優しい場合もある。環境に配慮した行動をとることができる人材を育てるためにも、根拠をもった判断をすることは大切と考える。

学生の反応では、「たった3匹放っただけ」「たった3年だけで」全滅することに驚く学生が多く、外来種の影響についても、「なぜ・どのように、在来種が減ってしまうのかということが時間の流れとともにはっきり見えた」といった感想が得られた。したがって、中学生においても、似たような外来種でも大きな影響を受ける場合があるという驚きを与えることができる。さらに、「在来種を食べる」以外にも、「食物の奪取」「生息場所の奪取」といった環境要素に影響を与え、在来種が減少する場合もあることにも気づかせることができ、外来種の影響について理解や興味が深まるだろうと考える。



引用・参考文献

文部科学省（2008）中学校学習指導要領解説理科編，大日本図書株式会社  
霜田光一ほか 25 名（2012）中学校科学 3，学校図書

評価規準及び年間指導計画の詳細 学校図書株式会社 中学校 理科  
<http://www.gakuto.co.jp/hirika/down.html> （2014 年 12 月 12 日閲覧）

# 第 6 章

開発した教材を導入した授業の  
評価項目および評価規準の設定

## 第1節 評価規準および指導と評価の計画

学校図書年間指導計画の評価規準より、外来種の学習では、外来種について興味を持つこと（自然現象への関心・意欲・態度）、外来種が環境に与える影響を考察できる（科学的な思考・表現）、外来種が環境に与える影響を説明できる（自然現象についての知識・理解）を評価することがわかる。開発した教材を導入した活動は2時間を想定しており、以上を踏まえると、教科書最終単元「自然・科学技術と人間」第1章「自然と人間」第2節「人間の活動は自然界のつり合いにどう影響するか」の評価規準（表6－1）および指導と評価の計画（表6－2）は次のようになる。

表6－1 人間の活動は自然界のつり合いにどう影響するかにおける評価規準

自然現象への関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	自然現象についての知識・理解
①外来種について興味を持つ。 ②環境問題に興味を示し、身近な問題から発展させ、地球全体が抱える問題を詳しく調べようとする。	①外来種が環境に与える影響を考察できる。 ②自然環境の保全のために、自分たちにできることを考えることができる。 ③大気汚染などの環境問題は、地球規模での対策が必要なことを認識できる。		①外来種が環境に与える影響を説明できる。 ②人の活動が自然界に及ぼす影響や、自然環境を保全するための取り組みが重要であることを説明できる。

表6－2 人間の活動は自然界のつり合いにどう影響するかにおける指導と評価の計画

題材	時	主な学習活動	評価規準	評価方法
自然と人間	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>人間の活動と外来種の関係を知り、活動を通して外来種が環境に与える影響を考察する。</li> <li>【本時2／4】</li> <li>人間の活動が水や大気の組成にあたえる影響を知り、それを防ぐ対策の必要性を理解する。</li> <li>自然のつり合いを保ち、自然環境を保全することの重要性を理解する。</li> </ul>	自然現象への関心・意欲・態度①	
			科学的な思考・表現① 自然現象についての知識・理解①（本時）	①ワークシート ②ワークシート （本時）
			自然現象への関心・意欲・態度② 科学的な思考・表現②	
			科学的な思考・表現③ 自然現象についての知識・理解②	

## 第2節 評価方法

学習評価の方法としては、以下のようにさまざまなものが存在する。

### 【パフォーマンス評価】

もっている知識を使って、優れた活動を実演させたり、高度な作品作りを実演させたりするもの。パフォーマンス評価は図6-1の課題により評価が行われる。図から、さまざまな課題を総合的に判断して評価を行うものであることが分かる。

パフォーマンス課題では評価に際し、得意な部分と得意ではない部分があるとして、以下のようにあげられている。

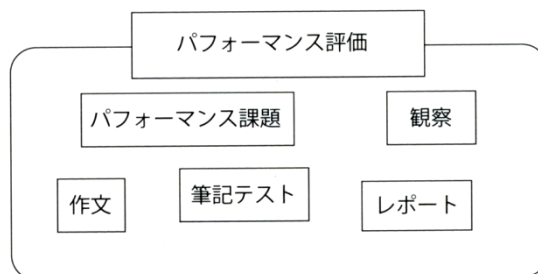


図6-1

パフォーマンス評価とパフォーマンス課題  
出典：日本理科教育学会（2012）今こそ理科の学力を問う

- ①評価の4観点のうち、「知識・理解」を評価するのには適さない。
- ②「思考力・判断力・表現力」はまさにパフォーマンス課題が受け持つ。ただし、筆記テストで測定できる部分もある。
- ③「技能」において器具の操作を含む場合パフォーマンスが必要である。

出典：日本理科教育学会（2012）今こそ理科の学力を問う

### 【オーセンティック評価（真正の評価） Authentic Assessment】

日本カリキュラム学会（2001）「現代カリキュラム事典」では、オーセンティック評価は以下のように示されている。

子どもたちに、大人が現実＝真正の世界で取り組むものと同様の課題に取り組ませて、その課程で子どもたちが示す活動・作品といった作業実績が評価対象の基軸に据えられる。ここには、学力評価において、学校内でしか役に立たない能力ではなく、社会的・現実的問題解決の能力＝真正の能力を重視し、さらに子どもを知識・意味の再認・再生に終始する受動的役割から、それらを生産する積極的な活動主体へと転換させようとする意図があるものと考えられる。ただし、「真正の評価」という用語がもつ含意は、論者により多様であるというのが実状である。

また、日本理科教育学会（2012）「今こそ理科の学力を問う」では、オーセンティックタスク（現実に関わりうるような状況や文脈を設定した評価課題）は本来、さまざまな内容を含んだ総合的な課題であり、数日、時には数週間、数ヶ月といった長期にわたって取り組む課題として例示されている場合が多いとされている。

### 【ポートフォリオ評価】

学習活動の過程や成果などの記録や作品を保存，それを用いて評価し，児童生徒や保護者にその成長の過程や今後の課題を示す。

日本カリキュラム学会（2001）「現代カリキュラム事典」では，ポートフォリオの基本的な実施の順番として次のように示されている。

- ①目的をはっきりさせる。
- ②学習物を集める
- ③いつでもどこでも何でも評価する
- ④評価規準に沿って選ぶ
- ⑤検討会で振り返る
- ⑥学習物を入れ替える
- ⑦発表したり，報告書を提出する

ポートフォリオは長期にわたり，資料を集めるだけでなく，子どもも教師も振り返りながら，必要な修正・改善をしていく方法である。

### 【概念地図法】

中村・稲垣（1998）は，概念地図を次のように説明している。

ある概念に関係のある言葉をいくつか選び出し，配置し，矢印のついた線で結び，線の横に関係づけのための言葉を記入する方法である。

概念地図法は学習ツール，評価ツールとしての利用があり，「今こそ理科の学力を問う」（2012）ではそれぞれの意義・利点を次のように挙げている。

#### ●学習ツールとしての利点

「自分はこのような考えをしているのだ」という自らの思考を自覚すること。  
自らが作成した概念地図を俯瞰することで，学習の振り返りを行うことができる。  
他者との会話を促進したり，自らの思考に対して他者からフィードバックを得たりする機会が得られる。

#### ●評価ツールとしての意義

ラベルの個数や内容，それらラベル間のリンクの生む，リンキングワードの内容，全体の形状や階層性といった観点から評価することができる。

近年では，概念地図の製作のデジタル化もされている。

### 【描画法】

中村・稲垣（1998）は、描画法を次のように説明している。

事象についての自分の考えを、絵に描いて表現する方法である。

言葉では表しにくいイメージや考えを絵を用いて表現するのに適した道具が描画法である。

描画法を用いることで、教師側が「子どもの考えを把握しやすく」なったり、「考えていることの表現方法が口頭での説明や文章に限られてしまうことで、彼らの思考を停止してしまうように思います。～中略～子どもたちが表現しやすい方法として有効ではないかと思っています。」といった利点が挙げられている。しかし、「描画法を取り入れた最初の段階では、どのように描画すればよいのかかわからない子どもたちも多く、少し訓練が必要」、「描画法そのもの、考えを図にするのになれるまで時間がかかりました。」など、子どもの慣れが必要であること、「描画法を活用するとなると最低、「描画→発表（できれば印刷）→意見交換→まとめ」のような流れが必要」というように、時間での工夫が必要であることもあげられている。

### 【運勢ライン法】

運勢ライン法は文学作品の観賞用ツールとして提案されたものであり、理科授業においては学習者の情意的な面を記録できる。学習者が授業を「おもしろい」と感じたり、理論に対する納得などの認知的側面を記録する。

日本理科教育学会（2012）「今こそ理科の学力を問う」では、運勢ライン法の可能性として次のように示されている。

運勢ライン法は主観的な表現法であるが、本来的に主観的な要素である情意的な側面の変容を時系列で記述するのに適した方法である。理科授業においてはコミットメントのみならず、授業への参加の意欲や楽しさなど、授業の成立に関わる個人的で主観的な要因の変容を調べるのに適している。

運勢ライン法は、簡単な練習によって1回10秒程度で調査できるようになるので授業や思考の流れを妨げずに測定でき、学習者全員のデータを個別に得ることができる貴重な道具である。運勢ライン法と面接法などの組み合わせによって授業における学習者の個人的な学習過程を詳細に知ることができる。さらに、失敗している学習者に対する事後の個人的指導の指針を示す事ができる。

評価方法に関しては、本節で示したようにさまざまなものが考えられる。開発した教材を導入した授業は評価の観点として、「外来種が環境に与える影響を考察できる（科学的な思考・表現）」「外来種が環境に与える影響を説明できる（自然事象についての知識・理解）」の2点を評価するものとしている。また、通常1時間の配当の授業内容を2時間に分けて学習を行っているため、授業内で評価を行うことのできるものが望ましいと考えた。したがって、長期間における評価を行うパフォーマンス評価、ポートフォリオ評価、時間の工面が必要である描画法は適さないと考える。概念地図法も、生徒が慣れるまで時間がかかると判断した。短時間で行うことのできる運勢ライン法は、思考・表現や知識・理解を評価するのに適さない。

オーセンティック評価（真正の評価）は、長期の課題が多いとされているが、短期でも可能ではあると判断し、問題文の作成を試みた。しかし、外来種の導入に関しては、経済的な問題等も絡んでいることが多く、理科授業内容の範囲を超え、短期での評価も難しいと考えた。

そこで、授業内での発表前の班での考察と、授業のまとめ部分の昆虫を題材とした外来種の影響の問題文の解答から評価を行うことが妥当であると判断した。

### 第3節 授業における評価の判断基準

本授業では、「外来種が環境に与える影響を考察できる（科学的な思考・表現）」「外来種が環境に与える影響を説明できる（自然現象についての知識、理解）」を評価する。

授業における各班の結果と原因の発表前の考察の段階では、活動の結果とその原因である外来種の影響（外来種による捕食・食物の競合・生息場所の競合）を記述する。したがって、ここでは科学的な思考・表現を評価する。その評価の判断基準を表6－3に示す。

表 6－3 科学的な思考・表現の評価の判断基準

評価規準	判断基準・手だての例
<p>[科学的な思考・表現]</p> <p>外来種が環境に与える影響を考察できる。</p>	<p>&lt; Aのキーワード・具体例 &gt;</p> <p>活動の結果を読み取り、活動結果から読み取ることができる外来種から受ける影響（外来種による捕食・食物の競合・生息場所の競合など）と、その結果を引き起こす環境の変化（隠れ家・生活空間や食べ物の減少など）を説明することができる。</p>
	<p>&lt; Bのキーワード・具体例 &gt;</p> <p>活動の結果を読み取り、活動結果から読み取ることができる外来種から受ける影響（外来種による捕食・食物の競合・生息場所の競合など）を記述することができる。</p>
	<p>&lt; Cの生徒への手だての例・具体例 &gt;</p> <p>外来種から受ける影響を記述することができない。</p> <p>在来種の個体数の大きな変化はいつ起こったのか聞きだし、その時の在来種の生活環境はどのような状態であったか、そのような生活環境になった原因は何か問いかけ、気づかせる。</p>

評価Aの例と評価Bの例を以下に示す。

評価Aの例

活動では、在来種が全滅した。外来種は在来種と同じ生息場所を必要とし、在来種から生息場所を奪った。そのため在来種の番には生息場所が無くなって、毎年徐々に減っていった。

評価Bの例

活動では、在来種が全滅した。外来種は在来種から生息場所を奪ったため。

次に自然現象についての知識，理解の評価基準を作成する。評価はワークシートの記述から評価する。作成したワークシートの問題文は以下の通りである。

A君は外国産のからだの大きなカブトムシが大好きである。A君の住んでいる地域ではクワガタムシは大量に見られるが、カブトムシは見られない。そこで、ペットショップで購入して繁殖した外国産カブトムシを野外に放すことで、クワガタムシと外国産カブトムシがA君の住む地域で見られるようにしようとしている。あなたはA君と一緒に外国産カブトムシを放しますか？それともA君を止めますか？理由も含めて説明しなさい。（カブトムシもクワガタムシも同じ樹液をエサとする。カブトムシは土の中に隠れ、クワガタムシは樹皮の下に隠れる。カブトムシの方が力が強く、エサを獲得しやすいものとする。）



問題文から、外来種と在来種のご食物は同じものであること、隠れ家は異なること、外来種の方が有利でありエサ食物を獲得しやすいことがわかる。したがって、在来種が受ける影響として「食物の奪取」が考えられる。

このことから、この問題文から予想される生徒の解答として、例えば以下のような解答が挙げられる。

解答①

外来種のカブトムシと在来種のクワガタムシは食べ物と同じで、もし外来種がエサ場を独占してしまったら、在来種が食べ物を得ることができなくなって、数が減ってしまうかもしれない。だから、外来種のカブトムシは逃がさない方が良いと思う。

解答②

外来種と在来種で食べ物を奪い合うから、逃がさない方が良いと思う。

解答③

空白 または 「賛成」「反対」の意思表示のみ

解答①は、「外来種による影響」「在来種が影響を受けた場合予想される結果」を示している。また、外来種がエサ場を独占→在来種が食べ物を得られない→数が減るというように、わかりやすく説明している。

解答②は、「外来種による影響」を示しており、反対の理由として「食物の競合」をあげている。

解答③は、空白、または意思表示のみである。

以上のような予想される解答例の評価の判断基準を作成した（表6－4）。

表 6－4 自然現象についての知識・理解の評価の判断基準

評価規準	判断基準・手だての例
[自然現象についての知識・理解] 外来種が環境に与える影響を説明できる。	< Aのキーワード・具体例 > 外来種から受ける影響を推測し、在来種が影響を受けた場合予想される結果（個体数の減少）を示している。また、外来種がエサ場を独占→在来種が食べ物を得られない→数が減るというように、わかりやすく説明している。
	< Bのキーワード・具体例 > 自らの意見と、その理由として在来種が外来種から受ける可能性のある影響を推測している。
	< Cの生徒への手だての例・具体例 > 外来種から受ける影響を推測することができない。 問題文から、外来種と在来種の特徴を整理し、食物が共通であることに気づかせる。

この活動後では、多くの生徒が外来種の侵入には反対すると考えられるが、A君に反対しない場合も考えられる。その場合、例えば、在来種と外来種が競合しないほどの広大な生活空間・エサとなる樹液が存在するなどの理由が書かれていれば、評価の段階ではAまたはBとする。

#### 第4節 考察

本章では、授業における評価について考察した。開発した教材を導入した授業では、「科学的な思考・表現」および「自然現象への知識・理解」を評価する。評価の方法としては、パフォーマンス評価やポートフォリオ評価など、さまざまな評価方法があるが、本時は本来の1時間の授業内容を2時間の授業にしているため、時間や評価する内容を考慮した結果、授業内で用いるワークシートの記述から評価を行うことが妥当であると判断した。それに伴い、ワークシートの評価の判断基準を作成した。これを用いることにより、2時間の授業以外に評価するための特別な活動を取り入れることなく、評価を行うことができると考える。外来種の侵入を許しても良いか考察を行う場面では、多くの生徒が侵入を許してはいけないと判断すると考えられるが、まれに条件付きで侵入しても在来種への影響は無いと大丈夫だと解答する生徒が出てくるとも考えられる。理科の評価としては、その判断に筋道が立っていると判断できればAまたはBの評価を与えても問題はないと考えるが、後にその地域に住んでいるほかの生物には影響が出る可能性もあること、前時の授業から、病気の持ち込みも考えられるなど支援が必要であると考えられる。

引用・参考文献

堀哲夫(2013)教育の本質を問う 一枚ポートフォリオ評価 OPPA 一枚の用紙の可能性,  
株式会社東洋館出版社, p.116

中村迅・稲垣成哲(1998)授業への挑戦 160 理科授業で使う思考と表現の道具ー概念地  
図法と描画法入門ー, 明示図書出版株式会社

日本カリキュラム学会(2001)現代カリキュラム事典, 株式会社ぎょうせい, pp.-190-191

日本理科教育学会(2012)今こそ理科の学力を問うー新しい学力を育成する視点ー, 株式  
会社東洋館出版社, pp.224-260

評価規準及び年間指導計画の詳細 学校図書株式会社 中学校 理科,  
<http://www.gakuto.co.jp/hirika/down.html> (2014年12月12日閲覧)

# 第7章

## 総合的考察

## 第1節 総合的考察

近年、環境教育の必要性が高まり、国内外において環境教育についてさまざまな研究がなされている。理科においても、平成20年1月の中央教育審議会の「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（答申）」の理科の改善の基本方針および改善の具体的事項から、環境教育に関する学習の充実が重視されていることが分かる。また、さまざまな単元での環境教育の可能性が示唆されている。そこで本研究では、理科における環境の扱いの現状の把握と、先行研究と環境に関する理科学習内容の関係の整理を行うことで、現在の理科教育における環境教育の推進のための課題を明らかにし、環境に関する学習の充実のための教材開発や授業構築を行った。

第2章より、小学校学習指導要領解説理科編および教科書、教師用指導書（朱書編・解説編）を環境教育指導資料小学校編に記載されている環境をとらえる視点に基づいて分析すると、第3学年の単元「昆虫と植物」「身近な自然の観察」、第4学年の「金属、水、空気と温度」「電気の働き」「人の体のつくりと運動」「季節と生物」、第5学年の「物の溶け方」「電流の働き」「植物の発芽、成長、結実」「動物の誕生」、第6学年の「水溶液の性質」「電気の利用」「人の体のつくりと働き」「植物の養分と水の通り道」「生物と環境」の単元で環境をとらえる視点に関連のある記載がみられた。このことから、小学校理科の単元の多くは、環境教育指導資料小学校編で示されている環境をとらえる視点に関わっているため、さまざまな単元で環境教育に触れることができると考えられる。中学校学習指導要領解説理科編および教科書の分析では、第1分野で「身の回りの物質」「科学技術と人間」、第2分野の「植物の生活と種類」「動物の生活と生物の変遷」「気象とその変化」「生命の連続性」「自然と人間」の単元において、環境をとらえる視点に関連のある記載が見られた。中学校学習指導要領解説理科編では、環境教育の充実を図る単元として「科学技術と人間」「自然と人間」を挙げている。ここでは2単元しか挙げられていないため、中学校学習指導要領解説理科編のみの分析では多くの単元で環境教育が求められているととらえることができない。しかし、中学校学習指導要領解説理科と教科書を照らし合わせた分析から、中学校においても多くの単元で環境をとらえる視点に関わる記載が見られるため、中学校でも小学校と同様に多くの単元で環境教育を充実することが可能であると考えられる。

第3章では、小・中学校理科学習内容と学術研究の関係性を整理した。整理した結果から、学術論文は小学校理科の単元「生物と環境」、中学校理科の各分野最終単元に集中していることがわかった。そこで、中学校においては学習内容と学術論文の関係を詳細に分析したところ、第2分野最終単元では学術研究が多数あるが、学術論文がみられない学習内容が存在していることがわかった。このことから、理科において環境に関する学習を充実するためには、①学術研究がみられない単元ごとにおける教材や授業開発、②学術研究が多数みられる単元の中で、学術論文がみられない学習内容を対象とした教材や授業開発の2点が考えられる。本研究では、②を採用した。外来種の影響を扱う学習では、授業展

開が読み物や映像の活用や調べ学習になりやすく、外来種の影響によって在来種の個体数がどのように変動したのか生徒が想像しにくいと考えた。そこで、教材開発およびそれを導入した授業開発を行う題材として、外来種の影響を扱うこととした。

第4章では、まず各出版社の教科書における外来種の影響についての記載を調べた。教科書では、5社中4社が「外来種による在来種の捕食」を扱い、2社が「在来種と外来種による隠れ家・生活空間の競合」を扱っている。その他にも「食べ物の競合」や「病気の持ち込み」といった影響が扱われていた。これについて、外来種の影響を題材として、隠れ家・生活空間や食べ物の競合、外来種による捕食の影響を扱う活動教材の開発を行った。食べ物や隠れ家や個体数の変動を扱った研究として、大鹿ら（2006）がある。大鹿らは中学校において『プロジェクト・ワイルド』の「オー・ディア」を実践し、体験的な学習で生徒の理解を向上させているが、これは外来種を扱う教材ではなく、本研究の目的に合わせて捕食者を外来種に置き換えても、外来種による捕食という影響しか扱うことができない。そこで、環境要素や個体数の変動を扱うことができ、外来種による捕食、すみかや生息場所の奪取を扱う活動教材を独自に開発した。開発した活動では、すみかや生殖の時期、体長などが共通した魚類の在来種と外来種を取り扱う。用いるものはサイコロと春夏秋冬の池を示すプリント、魚類や食べ物・すみかを示すカード、クリップである。

在来種や外来種はある季節から次の季節まで生きるために食べ物やすみかを必要とする。必要とするものをサイコロで決め、在来種と外来種の個体数の変化をシミュレーションする。なお、「外来種は在来種に先駆けて行動できる」というルールを設けて外来種の攻撃性の高さを表し、外来種は在来種の卵を捕食することとした。また、「外来種は在来種よりも寒さに弱い」というルールを設けて活動結果の予想を困難にした。中学校学習指導要領解説理科編では、（7）自然と人間 ア 生物と環境 （イ）自然環境の調査と環境保全において、自然界のつり合いについての学習を踏まえたうえで、人間の活動などのさまざまな要因が自然界のつり合いに影響を与えていることを理解させ、自然環境を保全することの重要性を認識させることがねらいである。自然界のつり合いでは、食物網や自然界の物質の循環などの学習を通して、生物の間につり合いが保たれていることを扱い、生物とそれを取り巻く環境を一つのまとまりとしたものが生態系であることを学習する。そこで、開発した教材は池を表すプリントと、その中のカードすべてをあわせて生態系を表し、その中で成魚の個体数を左右するものとして食べ物や生活空間といった環境要素を扱った。また、死んだ成魚は環境要素となることで、簡易的ではあるが物質の循環を示した。

活動では、「在来種が全滅する」「外来種と在来種がともに生存する」「外来種が全滅する」「外来種と在来種がともに全滅する」という結果が予想される。そこで、活動を30回試行したところ、在来種が全滅する結果が21回得られた。この結果は、外来種が先に行動することにより在来種が生きるために必要な食べ物やすみかが奪われることや、在来種の卵が捕食されることが原因で起きていた。さらに、外来種の繁殖によりその影響は大きくなっていた。また、外来種と在来種がともに生存する結果が9回得られた。この結果は、

在来種が上記の影響を受けつつも、生存条件が残っていることや、外来種が冬の寒さによって死亡することから、在来種が受ける影響が比較的少なかったことで得られた。この活動を行うことで、外来種や在来種の行動をひとつひとつ考えながら追うことができ、外来種の影響について体験的に理解することが可能であると考ええる。また、なぜ、どのように在来種が影響を受けたのかイメージしやすいと考える。

第5章では、活動教材の理科授業への導入について検討した。活動は30分程度の時間を要し、外来種の影響のうちの「病気の持ち込み」は扱わない。したがって、外来種についての学習を2時限分設定し、1時限目に外来種の影響を一通り学習した後に、次の1時限分で活動を取り入れた授業を行うことが望ましいと考えた。活動を取り入れた授業の導入部では、両者の特徴はほとんど同じであることを説明し、同じような特徴を持つ生物の侵入でも、在来種は大きな影響を受けるのか、どのような影響を受けるのかという点に疑問をもたせる。展開部では春と夏の季節を教師と生徒が合同で行い、時間の短縮を図った。活動結果は班ごとに異なるため、発表を行うことにより、自身の班では得られなかった結果も参照することができる。授業のまとめ部分では外来種の侵入の可否について生徒が根拠をもって考える場を設け、環境に対する思考力の育成を図った。

この活動を取り入れた模擬授業を主に大学生に対して行い、様々な反応を得た。活動から外来種の影響について理解することができたこと、在来種の減少の原因のひとつとして環境要素が変化したことが挙げられていた。また、活動を楽しみながら行うことができたという声や、たった3匹の3年間の活動でここまでの影響を受けたというような驚きの声も聞かれた。

第6章では評価規準を作成した。さまざまな評価方法があるが、活動教材を用いた授業ではワークシートによる評価が妥当であると判断した。本時では、外来種が環境に与える影響を考察できる（科学的な思考・表現）、外来種が環境に与える影響を説明できる（自然現象についての知識、理解）を評価する。「科学的な思考・表現」は発表前の班での考察の段階のワークシートを評価する。「自然現象についての知識・理解」は、授業のまとめ部分における、昆虫の外来種の侵入の可否について自身の意見を記述する活動から評価する。これにより、2時限分の授業以外に評価するための特別な活動を取り入れることなく、評価を行うことができると考える。ただ、外来種の侵入の可否について自身の意見を記述する場面で、「外国産の昆虫なら日本では繁殖できないだろう」などといったような条件付きではあるが、侵入しても在来種への影響は無いため大丈夫だと解答する生徒がいる場合も考えられる。そういった場合では、その地域に住んでいるほかの生物には影響が出る可能性もあること、前時の授業から、病気の持ち込みも考えられるなど教師による支援が必要であると考ええる。

以上のように、開発した教材を用いることで、活動内容に興味を持って取り組むことができ、外来種の影響の理解を促すことができる。また、活動をひとつひとつじっくり行い、グラフを作成することにより、個体数の変動をイメージしやすくなると考えられる。この

活動を取り入れた授業では、さまざまな班の結果を共有することにより理解が深まり、自分の行動を決める設問を設け、実際に考えさせることにより、環境に対する思考力や判断力を養うことが可能である。

ただし、本教材は実際の池における生態系を正確に表したものではなく、あくまで外来種の影響を理解させることを重視した教材である。例えば、実際には生き物が生存するためには食べ物や生活空間、水などのすべての要素を必要とするのに対し、活動では1種類のみとしている。また、教材ではモデルとなった魚類は存在するが、現実で同様の生態をしているとは限らない。そのため、教材では在来魚と外来魚というように魚類の名称を明らかにしていない。

外来種は、侵入してもその環境に適応できない種も多く存在する。外来種が定着するか、定着できないのか、どのような影響が出るのか、それらを予想することは困難である。さまざまな可能性が考えられる。模擬授業の大学生の反応でも紹介したが、ここで得た結果を一般的なものとしてとらえるのではなく、様々な結果があり、現実でも予想が困難であることを理解させたる教材としたい。

## 第2節 今後の展望

本研究で開発した教材は、中学校第2分野「自然と人間」において、学術論文が見られなかった外来種を取り扱った。外来種の影響については実験や観察により理解させることが難しく、教科書を用いた説明や調べ学習が行われることが多いと考えられるが、開発した教材を用いることにより、「外来種による捕食」「食物の競合」「生息場所の競合」を体験的に理解することが可能である。また、さまざまな班の結果を知ることにより、外来種から受ける影響や結果の予想は困難であることに気づくことができると考える。

今後は、開発した教材を導入した授業を実践することにより、その効果の実証を行う。そのため、生徒用のアンケートの作成や、活動を行うことにより外来種の影響が印象に残るのか、小テスト、中間テストなどにより判断したいと考えている。

また、中学校第1分野および小学校においても、環境に関する学習内容がわかりにくい、教材が必要であると思われる学習内容において教材を検討していきたい。



# 附録

附録 1：平成 20 年度改訂小学校学習指導要領に準拠した、学校図書出版小学校理科教科書  
および教師用指導書（朱書編・詳説編）での環境に関する記載

第 3 学年における教科書および教師用指導書(朱書編・詳説編)の環境に関する記載

単元	環境をとらえる視点	教科書	朱書編	詳説編
物と重さ				
風やゴムの働き				
光の性質				
磁石の性質				
電気の通り道				
こん虫と植物	多様性	逃がすときはとってきた場所以外の所に逃がしてはいけない	もともとその地域にいない生き物を放してはいけない	
	多様性		できるだけ多くのものに出会わせ、～植物の多様性や自然の不思議さにも触れさせたい	
	保全	逃がすときはとってきた場所以外の所に逃がしてはいけない		
	生命尊重		1人1本ずつの栽培	
	生命尊重		植え替えは根を傷つけないように指導	
	生命尊重	根の観察後は水を十分あげる	できるだけもとの状態に戻しておく	
	生命尊重		幼虫の誕生は感動的	
	生命尊重		羽化	
	生命尊重	観察終もといった場所に逃がす	チョウの成虫を自然に帰すようにする	
身近な自然の観察	生命尊重	生きものをむやみにとらない	生きものをむやみにとらない	
	保全	生きものをむやみにとらない	生きものをむやみにとらない	
	保全		もともとその地域にいない生き物を放してはいけない	
	生態系		周囲の環境とかかわって生きている	食べものとすみかの関係に気付かせる
	多様性		固有の形態がある	すべてに共通点をもつものはいない
	多様性		この活動の中から、生物には多様な生き方があることをつかませたい。	
	共生			アブラムシの寄生した植物～アリの行動に注目させる
太陽と地面の様子				

第4学年における教科書および教師用指導書(朱書編・詳説編)の環境に関する記載

単元	環境をとらえる視点	教科書	朱書編	詳説編
空気と水の性質 金属、水、空気と温度	循環	読み物 自然の中の水のめぐり	自然の中で、水は地上や空を行ったり来たりしているようだ。ぐるぐる回っているよ。	
	循環		総合的な学習の時間とかかわりを持たせるといふ点から、水のめぐりと環境について話し合ってもよい。	
電気の働き	有限性	読み物 いろいろな電池		実験等で使い終わった乾電池については～環境に対する児童の認識を高めるようにしたい。
	有限性		日光の強さやエネルギーの大きさ、自然の素晴らしさと偉大さを実感できるようにしたい。	身の回りの光源から～日光を当てた時の結果を比較し、日光の働きの素晴らしさを実感できるようにしたい。
	有限性			環境問題に関する視点も比較する項目として取り上げるようにしたい。
人のからだのつくりと運動	生命尊重		動物を触るとき～愛情を持って接するように指導する必要がある	
季節と生物	多様性		動物の成長、数や種類の増加、活動の変化を、環境と関係づける視点に気付かせ、気温条件を取り上げる	
	多様性		生きものはさまざまな姿で冬を越していることに気付く	生きものはさまざまな姿で次の暖かい季節を待っていることをとらえるようにする
	多様性		それぞれに適した姿で越冬状態となるものが多いことをとらえる	
	連続性		ヘチマや大豆は枯れてしまいが、種を残し生命をつなげることを確認する	ヘチマや大豆は枯れてしまいが、種を残し生命をつなげることを確認する
	連続性		卵を産んだり蛹になったりする。そうすることで子孫を残し生き続ける	
	連続性			一年間のサイクルを意識できるよう、春から冬へとつながるよう円環にしたり、矢印でつなげたりする
	生命尊重		とっていい植物ととってはいけない植物～採集した後の管理	
	生命尊重		継続的に観察を行う	
	生命尊重		落ち葉や石などを取り除いて観察した場合は、必ず元に戻させる	
	生命尊重		むやみに草木をおったり、こん虫を捕まえたりせず	
	生態系			私の工夫 環境教育への発展 指標生物の活用
天気の様子				
月と星				

第5学年における教科書および教師用指導書(朱書編・詳説編)の環境に関する記載

単元	環境をとらえる視点	教科書	朱書編	詳説編
物の溶け方	保全			
振り子の運動				
電流の働き	有限性		太陽光発電や風力発電についてもるれ、環境問題に配慮した新たな発電や節電のあり方についても考えさせたい。	
植物の発芽、成長、結実	連続性		どんな植物でも花を咲かせ、受粉して、みな種子を育てて生命をつなげている	生命をつなげるために、雌花よりも多くの雄花を咲かせていることに気付かせたい。
	連続性		生命のつながりという観点をもちながら、植物の一生をまとめさせたい。	
	生命尊重	実験後の苗はよく日が当たる畑や花壇に植えかえ、肥料を与えて育てよう。	さらに丈夫に育てていきたいという目標を立てる。	実験後のインゲン豆は、日当たりのよい花壇に植えかえ、肥料を与えて育てる。
	共生		生物は周りの生物とかかわっている	「虫媒花」 かかわり合いの不思議さ
	共生		(花粉の運ばれ方から)生物は周りの生物や環境とかかわって生きている	
	生態系		生物は周りの環境、自然とかかわっている	「風媒花」 かかわり合いの不思議さ
	多様性		発展学習として、いろいろな植物の花粉を観察させ、植物によって花粉の形に特徴があることをとらえさせてもよい	
動物の誕生	連続性		動物・植物・人の「生命のつながり」をまとめる	
	生命尊重		Myメダカ	
	保全と多様性	育てたメダカは野外に放してはいけない	育てたメダカは野外に放してはいけない	
流水の働き				
天気の変化				

第6学年における教科書および教師用指導書(朱書編・詳説編)の環境に関する記載

単元	環境をとらえる視点	教科書	朱書編	詳説編
燃焼の仕組み	生命尊重		このような酸素は、そのすべてが20億年という歳月をかけて地球上の植物から生成されてきたものであることを知らせ、地球環境を考えていく気持ちを育てていきたい。	
水溶液の性質	保全		実験後の廃液は、量は少ないものの、そのまま流すのは環境教育上からも好ましくない。中和せずに大量の水で希釈しただけだと、絶対的な薬品の量は減らないので、環境に与える影響は変わらない。148	「水溶液の性質」を核とした総合化へのアプローチ
	循環	(読み物) 雨水は酸性	酸性雨は、森林の減少等地球規模の環境破壊を招く	
	循環		発展として酸性雨や環境問題まで広げたい	
てこの規則性				
電気の利用	保全		消費電力を抑えることが、地球の環境保全につながる	
	有限性	やってみよう 風力発電機を作ってみよう		
	有限性	読み物 長く持ち「発光ダイオード」		
人の体のつくりと働き	生命尊重	手早く観察し、観察した後はメダカをすぐに水に戻そう	心臓は休みなく動いていることなどから、人体の不思議さを感じ取らせたい。	
	生命尊重		メダカの尾びれには、細かい血管が走っていることや、その中を血液が同じリズムを刻んで流れていくのを観察させることにより、生命の素晴らしさを感じさせたい。	メダカの観察で実際に血管がたくさんあること、血液が同じリズムで刻んで流れていることを観察して、生命の素晴らしさを体感させたい。
	循環			
植物の養分と水の通り道	生命尊重		観察に使ったハウセンカは、捨てずに水にさして育てよう	校庭の花壇等で植物の葉のつき方を見せ、いかに日光を確実に受けようとしているか見せ、「植物も懸命に生きているんだ」というところを感じさせたい。
	保全		総通量が多い松と交通量の少ない松の気孔の様子を比較することで、環境問題を考えるきっかけにもなる。	
	循環			

生物と環境	保全		自然の奥深い仕組みを知り、自然を守っていかうとする意欲を育てる	生物にとって必要不可欠である水を汚すと、生物は生きてはいけなから、環境保護のことについて触れ、「10人と環境」につなげたい。
	保全		人が環境に及ぼす影響を少なくするためにしている取り組みについて身の回りから探し、話し合う。	生物にとってきれいな水が必要であることを気付かせる
	循環	生物と空気、水、食べものとかかわりについて、まとめてみましょう	陸上生態系における～全体としては非常に複雑な物質循環の流れが成り立っている。	地球も大きく見ると閉ざされた空間であり、あらゆるものが内循環していることを押さえる。
	生態系		生物と水とかかわりを調べたり、実験したりする中から、生物は、水を通して周囲の環境とかかわって生きていることを理解している。	
	生態系		地球上のほとんどの生物は、太陽の光の恵みでできていることを理解させたい。	
	生態系		(評価)生物が生きていくために必要な空気や水などの自然環境についてこう見・関心を持ち、生物と自然がどのようにかかわっているのかを進んで調べようとする。	
	生態系		人と水との関係や、生物がいていくために必要な水が汚れた場合、どのような影響があるのかを推論し、話し合う。	
	共生		人と植物はどんな関係なのかを推論し、話し合う。	
	共生	すべての生物は、「食べる」「食べられる」の関係でつながっています。	食物連鎖	私達が食べているものをたどっているとすべて植物にいきつくことに気付かせる。
	生命尊重		自然界における植物の役割の大きさに気付かせ、植物に対する畏敬の念が育つように配慮したい。	
	生命尊重			「心のノート」の言葉を引用するなどして、自然環境を大切にする心情を育む。
	そのほか		人は飲料水以外にもたくさん水を使っていることや、環境問題についての意見が出ることが予想される。	便利な生活が生み出す二酸化炭素が酸性雨や地球温暖化に結びついていることに気付かせる。
	そのほか		これまでの、ヒトや動物が生きていくために必要な水・空気・食べものと自然という関係付けから一歩深めた見方をさせる。	
土地のつくりと変化				
月と太陽				

附録 2：平成 20 年度改訂中学校学習指導要領に準拠した、学校図書出版中学校理科教科書  
での環境に関する記載

第 1 分野 教科書の環境に関する記載

単元	環境をとらえる視点	中学校教科書での扱い
(1) 身近な物理現象		
光と音		
力と圧力		
(2) 身の回りの物質		
物質のすがた		
水溶液	保全	水溶液をうすめても溶質がなくなるわけではありません。このため、工場からの排水や、私たちの学校や家庭から出る排水が、川などを汚さないように気をつける必要があります。（科学の窓）
状態変化		
(3) 電流とその利用		
電流		
電流と磁界		
(4) 化学変化と原子・分子		
物質の成り立ち		
化学変化	循環	多くの植物は、太陽の光のエネルギーを利用して、二酸化炭素や水などからデンプンなどの有機物をつくりだしています。これを光合成といいます。動物は、植物が作りだした有機物を取り入れて、生きるためのエネルギーを得ています。たとえば、私たち人が体内に取り入れたデンプンは、消化液のはたらきによってブドウ糖になります。このブドウ糖は炭素、水素、酸素でできています。ブドウ糖が、人が呼吸で取り入れた酸素と結び付くと、二酸化炭素と水になります。（科学の窓）
化学変化と物質の質量		
(5) 運動とエネルギー		
運動の規則性		
力学的エネルギー		

(6) 化学変化とイオン		
水溶液とイオン		
酸・アルカリとイオン		
(7) 科学技術と人間		
エネルギー	有限性	地下資源の量には限りがあり，今後も使用し続けることはできない。（本文）
	有限性	今あるエネルギー資源を有効に活用したり，使い続けてもなくなるしない新エネルギーを開発する必要がある。（本文）
	保全	ダムをつくると，もともとあった自然が破壊される（本文） 有害な排出ガスをできるだけ少なくする技術が必要とされている。（本文）
科学技術の発展		
自然環境の保全と科学技術の利用	循環	アルミニウムの製法とリサイクル（図より，缶→回収→溶かして再生→缶の循環が分かる）
	循環	バイオエタノールの製造（図より，トウモロコシ→バイオエタノール→二酸化炭素→トウモロコシの循環が分かる）
	有限性	現在では，化石燃料の使用の抑制だけでなく，有害な物質を出さない新エネルギーの開発への取り組みがなされている（本文）
	有限性	回収されたアルミニウムや鉄の空き缶，ペットボトル，ガラスびん，紙などの再利用（リサイクル）も進められている。これは，資源の有効利用とエネルギーの節約のために欠かせない取り組みである。（本文）
	有限性	アルミニウムや鉄などのリサイクルは，限られた資源の有効利用です。（科学の窓）
	保全	自動車用触媒 排気ガスに含まれる窒素酸化物や一酸化炭素などの有害成分が触媒内に入ると反応を起こし，無害な窒素や二酸化炭素，水に返還されて外部に排出される。 新エネルギーの利用・原子力の利用・資源の利用と環境保全（考えてみよう）



	保全	持続可能な社会とはどのような社会なのだろうか。資源の利用や環境の保全などの面から話し合ってみよう。（話し合ってみよう）
	共生	持続可能な社会をつくるためには、今後、どのような科学を発展させればよいだろうか。（話し合ってみよう）

第2分野 教科書の環境に関する記載

単元	環境をとらえる視点	中学校教科書での扱い
(1) 植物の生活と種類		
生物の観察		
植物のからだのつくりと働き	生命尊重	必要以上に植物を傷つけない。（注意）
	共生	リンゴや桜などの種子は、果実を食べた動物によって遠くまで運ばれ、分として体の外に出されます。オナモミ、イノコズチなどの種子は、動物の体にくっついて遠くまで運ばれます。（科学の窓）
	多様性	風で飛ばされる杉の花粉・衣服に付いたオナモミの果実・自分で種子を飛ばすホウセンカ・羽根のような形のイロハモミジ（写真から、植物の仲間を増やす工夫の多様性が分かる 科学の窓）
	生態系	タンポポ・マツ・カエデなどの種子は、風で運ばれやすいように綿毛や羽根がついています。ハスなどの種子は、水の流れによって運ばれます。（科学の窓）
植物の仲間		

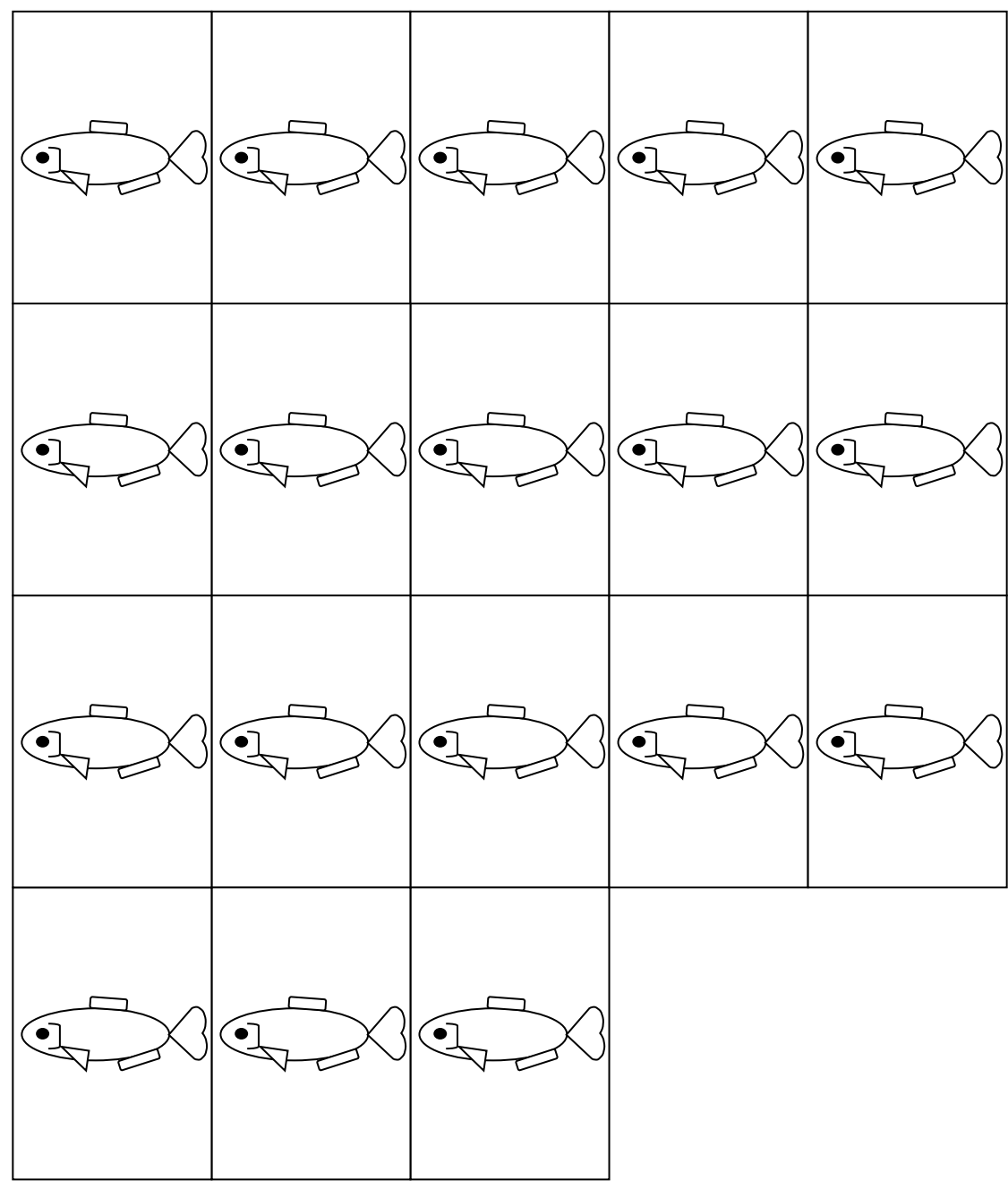
(2) 大地の成り立ちと変化		
火山と地震	有限性	マグマだまりから出る熱を利用した発電(地熱発電)も行われています。(科学の窓)
	保全	マグマだまりから出る熱を利用した発電(地熱発電)も行われています。(科学の窓)
地層の重なりと過去の様子	循環	岩石は長い時間をかけて地表と地球内部とを循環している。(発展)
(3) 動物の生活と生物の変遷		
生物と細胞		
動物のからだのつくりと働き	生命尊重	素早く観察して水槽に戻す(注意)
動物の仲間	多様性	せきつい動物は、卵や子のうみ方、呼吸のしかた、体のつくりや皮膚の様子などにより、魚類、両生類、は虫類、鳥類、ほ乳類に分類される。(本文)
生物の変遷と進化	共生	すべての生物は、現在でも他の生物や、その生活場所とかかわり合いながら進化をつづけている。(発展)
	多様性	前あしの例のように、もとをたどれば1つの器官であっても、様々な形と働きを持っていることがある。一方、まったく異なる器官から発達した部分でも、似通った形とはたらきを持っていることもある。(発展)
	生態系	すべての生物は、現在でも他の生物や、その生活場所とかかわり合いながら進化をつづけている。(発展)
(4) 気象とその変化		
気象観測	循環	太陽光の熱をエネルギー源として、水は地表と大気の間を大きく循環している。(本文)
天気の変化		
日本の気象		

(5) 生命の連続性		
生物の成長と殖え方	多様性	ジャガイモやサツマイモのいもからは芽や根が伸び、新しい個体になる。また、アメーバやゾウリムシなどは、細胞分裂によって、新しい個体を殖やすことができる。(本文)
	連続性	イヌワラビの殖え方・ゼニゴケの殖え方・スギゴケの殖え方の図が円になっている。(発展)
	連続性	ジャガイモやサツマイモのいもからは芽や根が伸び、新しい個体になる。また、アメーバやゾウリムシなどは、細胞分裂によって、新しい個体を殖やすことができる。(本文)
	生態系	シダ植物やコケ植物は、胞子をつくって殖える。被子植物とは異なり、これらの植物が生殖するときには、湿った場所や雨などの水が必要である。(発展)
遺伝の規則性と遺伝子	多様性	観賞用メダカ(ヒメダカ)は、品種改良で作られた種類で、もともと自然にはいない。ヒメダカを野外ににがすと、野生のメダカと交わり本来の野生の形質が保たれなくなってしまうので、にがしてはいけない。
	保全	観賞用メダカ(ヒメダカ)は、品種改良で作られた種類で、もともと自然にはいない。ヒメダカを野外ににがすと、野生のメダカと交わり本来の野生の形質が保たれなくなってしまうので、にがしてはいけない。
(6) 地球と宇宙		
天体の動きと地球の自転・公転		
太陽系と恒星	循環	太陽は地球を明るく照らし、暖めてくれる。これは、太陽がその活動によって、大量の光や熱エネルギーを宇宙空間へ放射しているからである。地球に届くのはそのほんの一部にすぎないが、そのエネルギーによって地表の平均温度は約15℃に保たれ、地球の大気や水を循環させている。(本文)

(7) 自然と人間		
生物と環境	循環	<p>動物に食べられなかった落ち葉や、動物のふんは、いずれなくなってしまう。また、枯れ木は、一見それを食べる生物がいらないのに、時間がたつにつれてぼろぼろになり小さくなっていく。これらの有機物はどのようにしてなくなっていくのだろうか。（考えてみよう）</p> <p>生態系の中での物質の循環の図から、炭素・酸素の循環が分かる。</p>
	共生	<p>サクラソウが生存するためには、マルハナバチ、ノネズミや小鳥、さらに、ノネズミや小鳥の食物となる十分な生物が必要です。（科学の窓）</p>
	共生	<p>同じ地域に住む生物どうしの間には、「食べる・食べられる」という関係があり、この関係は鎖のようにつながっている。（本文）</p>
	生態系	<p>生物と生物以外の環境に要素を一つのまとまりとしてとらえるとき、これを生態系という。（本文）</p>
	生態系	<p>マルハナバチが生きるためには、いろいろな植物が春から秋へと切れ目なく花を咲かせ続けていることが必要です。また、マルハナバチはノネズミや小鳥の古巣などを利用して巣をつくるので、ノネズミや小鳥などが十分に生活できる環境も必要です。（科学の窓）</p>
	生態系	<p>生物は環境から影響を受ける一方で、まわりの環境へ働きかけもしている。（発展）</p>
	生態系	<p>自然界では、ある生物が大発生したり、大きく減ったりすることもあるが、そのような場合でも、図5のように生物量が増減して、再びつり合いのとれた状態になる。（本文）</p>
自然の恵みと災害		

自然環境の保全と科学技術の利用	保全	マツの葉は、気孔に大気中のゴミがたまりやすい。そこで、マツの葉の気孔を調べると大気の汚れぐあいが分かる。（本文）
	保全	簡易水質検査試薬を使って、窒素化合物の濃度（生活排水などによる汚れを示す1つの目安）などを調べてみよう。（チャレンジ）
	保全	湖沼や河川を汚染させないために、私たちは生活の中で、何ができるだろうか。（話し合ってみよう）
	保全	世界的に植林が盛んに行われており、そこでは日本の技術が大いに役立っています。森林の保全は、地球の環境保全にとって重要な課題となっています。（科学の窓）
	生態系	水質調査の指標となる水性生物（チャレンジ 表） 水をめぐるつり合い 環境保全にとっての森林の役割
	生態系	琵琶湖には、人間がその周囲に住みつくはるか昔から、さまざまな生物が生息し、琵琶湖だけに住んでいる生物がたくさんいます。しかし、その生態系は、人間のさまざまな活動によって、この30～40年間に大きく変化しました。（科学の窓）
	生態系	排水中の有機物は、水中の微生物（分解者）によって分解され、このとき水中の酸素が消費される。有機物の量が多くなると消費される酸素の量も多くなるので、水中は酸素不足になる。（本文）
	生態系	地表は太陽光で暖められますが、森林のように植物でおおわれたところは、土がむき出しの所より暖まりにくくなります。 森林は、硬水として地上にもたらされた水を貯蔵して、土地の乾燥化を防いだり、土砂の流出を防いだりしています。 森林には、クマ、サル、シカなど多くのほ乳類や、鳥類、は虫類が、また、森林内の湿地には両生類などが生息しています。このほか、昆虫などの無せきつい動物もたくさんいます。地中には、ミミズやダニ、そして無数の菌類・細菌類がいて、落ち葉などを分解して土壌に無機物を供給しています。

附録 3：開発した教材で使用するカードおよび池





春	隠れ場所・生活空間	植物プランクトン	動物プランクトン	卵・稚魚
成魚	在来種	目	行動（生存条件）	産卵
		1	植物プランクトンの捕食	○
		2	植物プランクトンの捕食	×
		3	動物プランクトンの捕食	○
		4	隠れ場所・生活空間	×
		5	隠れ場所・生活空間	○
		6	隠れ場所・生活空間	×
外来種	外来種	目	行動（生存条件）	産卵
		1	動物プランクトンの捕食	○
		2	動物プランクトンの捕食	×
		3	在来種の卵・稚魚（ない場合は動物プランクトン）の捕食	○
		4	隠れ場所・生活空間	×
		5	隠れ場所・生活空間	○
		6	隠れ場所・生活空間	○



<div>夏</div> <div>隠れ場所・生活空間</div> <div>植物プランクトン</div> <div>動物プランクトン</div> <div>卵・稚魚</div>	<div>成魚</div> <div>在来種</div> <div>目</div> <div>行動（生存条件）</div> <div>産卵</div> <div>1 植物プランクトンの捕食 ○</div> <div>2 植物プランクトンの捕食 ×</div> <div>3 動物プランクトンの捕食 ○</div> <div>4 隠れ場所・生活空間 ×</div> <div>5 隠れ場所・生活空間 ○</div> <div>6 隠れ場所・生活空間 ×</div>	<div>外来種</div> <div>目</div> <div>行動（生存条件）</div> <div>産卵</div> <div>1 動物プランクトンの捕食 ○</div> <div>2 動物プランクトンの捕食 ×</div> <div>3 在来種の卵・稚魚（ない場合は動物プランクトン）の捕食 ○</div> <div>4 隠れ場所・生活空間 ×</div> <div>5 隠れ場所・生活空間 ○</div> <div>6 隠れ場所・生活空間 ○</div>
---	---	--



<div>秋</div>	隠れ場所・生活空間	植物プランクトン	動物プランクトン	卵・稚魚																					
成魚				<table><tr><th>目</th><th>行動（生存条件）</th><th>産卵</th></tr><tr><td>1</td><td>植物プランクトンの捕食</td><td>○</td></tr><tr><td>2</td><td>植物プランクトンの捕食</td><td>×</td></tr><tr><td>3</td><td>動物プランクトンの捕食</td><td>○</td></tr><tr><td>4</td><td>隠れ場所・生活空間</td><td>×</td></tr><tr><td>5</td><td>隠れ場所・生活空間</td><td>○</td></tr><tr><td>6</td><td>隠れ場所・生活空間</td><td>×</td></tr></table>	目	行動（生存条件）	産卵	1	植物プランクトンの捕食	○	2	植物プランクトンの捕食	×	3	動物プランクトンの捕食	○	4	隠れ場所・生活空間	×	5	隠れ場所・生活空間	○	6	隠れ場所・生活空間	×
目	行動（生存条件）	産卵																							
1	植物プランクトンの捕食	○																							
2	植物プランクトンの捕食	×																							
3	動物プランクトンの捕食	○																							
4	隠れ場所・生活空間	×																							
5	隠れ場所・生活空間	○																							
6	隠れ場所・生活空間	×																							
外来種				<table><tr><th>目</th><th>行動（生存条件）</th><th>産卵</th></tr><tr><td>1</td><td>動物プランクトンの捕食</td><td>○</td></tr><tr><td>2</td><td>動物プランクトンの捕食</td><td>×</td></tr><tr><td>3</td><td>在来種の卵・稚魚（ない場合は動物プランクトン）の捕食</td><td>○</td></tr><tr><td>4</td><td>隠れ場所・生活空間</td><td>×</td></tr><tr><td>5</td><td>隠れ場所・生活空間</td><td>○</td></tr><tr><td>6</td><td>隠れ場所・生活空間</td><td>○</td></tr></table>	目	行動（生存条件）	産卵	1	動物プランクトンの捕食	○	2	動物プランクトンの捕食	×	3	在来種の卵・稚魚（ない場合は動物プランクトン）の捕食	○	4	隠れ場所・生活空間	×	5	隠れ場所・生活空間	○	6	隠れ場所・生活空間	○
目	行動（生存条件）	産卵																							
1	動物プランクトンの捕食	○																							
2	動物プランクトンの捕食	×																							
3	在来種の卵・稚魚（ない場合は動物プランクトン）の捕食	○																							
4	隠れ場所・生活空間	×																							
5	隠れ場所・生活空間	○																							
6	隠れ場所・生活空間	○																							



<div>冬</div>	<div>隠れ場所・生活空間</div>	<div>植物プランクトン</div>	<div>動物プランクトン</div>	<div>卵・稚魚</div>
<div>成魚</div>	<div>在来種</div>	<div>行動 (生存条件)</div>	<div>産卵</div>	
<div>外来種</div>	<div>目</div>	<div>1 死亡</div>	<div>×</div>	
	<div>2 植物プランクトンの捕食</div>	<div>×</div>		
	<div>3 動物プランクトンの捕食</div>	<div>×</div>		
	<div>4 隠れ場所・生活空間</div>	<div>×</div>		
	<div>5 隠れ場所・生活空間</div>	<div>×</div>		
	<div>6 隠れ場所・生活空間</div>	<div>×</div>		

## 第3学年〇組 理科科学学習指導案

日 時：平成〇年〇月〇日〇校時

場 所：3年〇組教室

対 象：3年〇組生徒〇名

授業者：〇〇〇〇

### 1. 単元名 生物をめぐるつり合い

### 2. 指導に当たって

#### (1) 単元観

本単元は、中学校学習指導要領『理科』第2分野目標(4)「生物とそれを取り巻く自然の事物・現象を調べる活動を行い、これらの活動を通して生命を尊重し、自然環境の保全に寄与する態度を育て、自然を総合的に見ることができるようにする。」および内容(7)「自然と人間」ア「生物と環境」(イ)自然環境の調査と環境保全「身近な自然環境について調べ、様々な要因が自然界のつり合いに影響していることを理解するとともに、自然環境を保全することの重要性を認識すること。」を受けて設定したものである。

生物は光や温度、水、大気、土壌や食べ物、住みかなどに依存している。そのため、生物の個体数の増加には限度があるため自然界でつり合いが保たれている。この自然界のつり合いに影響を与えるものの一つが人の手による外来種の侵入である。外来種は、在来種を捕食したり、病気をもちこんだり、同じような生活のしかたの在来種から、生息場所や食物を奪ったりすることで、それまでの自然界のつり合いに影響を与え、在来種の減少や絶滅を引き起こすことがある。そこで本単元では、外来種が在来種に与える影響を生息場所や食べものに着目して理解し、説明できるようにする。

#### (2) 生徒観

生徒は、小学校第6学年で、生物が生きるために水や空気・食べものが必要であることを学習している。また、中学校第2分野第7単元「自然と人間」ア.生物と環境の(ア)自然界のつり合いで、食物網による生物どうしのつながりや、自然界で生活している生物のつり合いが保たれていることを学習している。また、外来種という言葉は、ニュース等で聴いているため、知っていると思われる。しかし、外来種が在来種にどのように影響を及ぼしているか具体的に理解していないと思われる。

そこで本時で活動を通して、外来種が在来種に与える影響を具体的に理解させる。また、単元を通して環境を保全するためにはどのような行動をするべきかなど、自然環境を保全する態度を養いたい。

### (3) 指導観

外来種が在来種に与える影響について知るためには、自然界では継続的に観察しなければならない。しかし、学校で継続的に観察するためには多くの時間が必要である。だからと言って、ただただ教科書を読むだけでは、知識を得るだけで、具体的に自然界で起きていることを想像することはむずかしい。そこで本単元で、在来種と外来種の個体数変動について活動を行うことで、自然界で起きている生息場所や食物などの取り扱いなどに気づき、外来種が在来種に与える影響について生息場所や食物に着目して説明できるようにする。

## 3. 単元の目標

身近な自然環境について調べ、様々な要因が自然界のつり合いに影響していることを理解するとともに、自然環境を保全することの重要性を認識する。

自然がもたらす恵と災害などについて調べ、自然と人間のかかわり方について考察する。

## 4. 単元の評価規準

自然現象への関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	自然現象についての知識・理解
①外来種について興味を持つ。 ②環境問題に興味を示し、身近な問題から発展させ、地球全体が抱える問題を詳しく調べようとする。	①外来種が環境に与える影響を考察できる。 ②自然環境の保全のために、自分たちでできることを考えることができる。 ③大気汚染などの環境問題は、地球規模での対策が必要なことを認識できる。		①外来種が環境に与える影響を説明できる。 ②人間の活動が自然界に及ぼす影響や、自然環境を保全するための取り組みが重要であることを説明できる。

## 5. 指導と評価の計画

題材	時	主な学習活動	評価規準	評価方法
自然と人間	2	・大気の汚れ具合を調べよう		
	4	・人間の活動と外来種の関係を知り，活動を通して外来種が環境に与える影響を考察する。【本時2／4】 ・人間の活動が水や大気の組成にあたえる影響を知り，それを防ぐ対策の必要性を理解する。 ・自然のつり合いを保ち，自然環境を保全することの重要性を理解する。	自然現象への関心・意欲・態度①	
			科学的な思考・表現①	ワークシート
			自然現象についての知識・理解①	ワークシート
			自然現象についての知識・理解② 科学的な思考・表現②	
			科学的な思考・表現③	
	2	・自然がもたらす恵や災害には，どのようなものがあるかを理解する。 ・身近な自然の恵みと自然災害について，施設を訪問したりウェブなどを使って調べ，レポートにまとめたり，発表したりする。		

## 6. 本時の指導

### (1) ねらい

- ・在来種と外来種の個体数変動の活動を通して，外来種が在来種に与える影響について生息場所や食べ物に着目し，考察することができる。

(2) 評価の判断基準

評価規準	判断基準・手だての例
<p>[科学的な思考・表現]</p> <p>外来種が環境に与える影響を考察できる。</p>	<p>&lt; Aのキーワード・具体例 &gt;</p> <p>活動の結果を読み取り，活動結果から読み取ることができる外来種から受ける影響（外来種による捕食・食物の競合・生息場所の競合など）と，その結果を引き起こす環境の変化（隠れ家・生活空間や食べ物の減少など）を説明することができる。</p>
	<p>&lt; Bのキーワード・具体例 &gt;</p> <p>活動の結果を読み取り，活動結果から読み取ることができる外来種から受ける影響（外来種による捕食・食物の競合・生息場所の競合など）を記述することができる。</p>
	<p>&lt; Cの生徒への手だての例・具体例 &gt;</p> <p>外来種から受ける影響を記述することができない。</p> <p>在来種の個体数の大きな変化はいつ起こったのか聞きだし，その時の在来種の生活環境はどのような状態であったか，そのような生活環境になった原因は何か問いかけ，きづかせる。</p>

評価規準	判断基準・手だての例
<p>[自然現象についての知識・理解]</p> <p>外来種が環境に与える影響を説明できる。</p>	<p>&lt; Aのキーワード・具体例 &gt;</p> <p>外来種から受ける影響を推測し，在来種が影響を受けた場合予想される結果（個体数の減少）を示している。また，外来種がエサ場を独占→在来種が食べ物を得られない→数が減るというように，わかりやすく説明している。</p>
	<p>&lt; Bのキーワード・具体例 &gt;</p> <p>自らの意見と，その理由として在来種が外来種から受ける可能性のある影響を推測している。</p>
	<p>&lt; Cの生徒への手だての例・具体例 &gt;</p> <p>外来種から受ける影響を推測することができない。</p> <p>問題文から，外来種と在来種の特徴を整理し，食物が共通であることにきづかせる。</p>

(3) 展開

段階	教師の働きかけ	予想される生徒の反応・活動	留意点・評価の場面と方法
導入 (5分)	1. 姿が似ていて、食べ物や生息場所も似ている外来種が池に侵入すると、在来種は多大な影響を受けるのだろうか疑問を持たせる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・似ている生物だから侵入しても大丈夫</li> <li>・ちょっとは影響を受けるのではないか</li> </ul>	ワークシートを配布し、外来種と在来種の生態を示した表を見せる。
展開 (40分)	2. 課題提示		
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">           在来種が住んでいる場所に外来種が侵入し定着すると、在来種はどのような影響を受けるだろう。         </div> 3. 活動の説明を行う。 4. 活動開始  5. 在来種と外来種の個体数の変化をグラフにし、個体数の変化の原因を考察させる。  6. 発表させる。(5分)	○一緒に春と夏を行い、ルールを把握する。 ○活動を行う。  ○在来種が急激に減った原因を記載する。 「外来種がすみかを奪った」 「外来種が稚魚を食べた」 ○在来種の個体数の変化と外来種の侵入を関係づけて考え、ワークシートに記入する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・外来種が侵入したことで在来種のすみかが少なくなったから(減少)</li> <li>・外来種に餌を奪われたため(減少)</li> <li>・稚魚が食べられたため(減少)</li> <li>・冬に外来種が全滅したため(増加)</li> </ul> ○個体数の変化とその原因について説明する。	説明しながら教師と生徒が一緒に春と夏の季節を体験する。 2人1組以上で活動を行わせる。 在来種・外来種の成魚や稚魚が死んだ時の原因を記載させる。  教師が在来種だけで4年間行った時の個体数と外来種が侵入した後の個体数を比べさせる。 冬に外来種が全滅した場合は外来種が侵入した春から秋の季節の在来種の個体数に着目させる。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">           科学的な思考・表現 (ワークシート)         </div>

	7. 発表された結果以外におこりうる結果を示し，その原因を説明する。		
まとめ (5分)	8. まとめをする。		
	9. 外来種の侵入により減少または絶滅した在来種の説明をする。 10. A君へ賛成か反対か考えさせる。		<div>           外来種の侵入によって，在来種は食べられるだけでなく，すみかや食べ物を奪われるなどの影響を受ける。ただし外来種はその土地に必ず定着できるわけではない。 </div> <div>           自然現象についての知識・理解 (ワークシート) </div>



# 謝辞

本論の研究を進めるにあたって、理科教育講座の先生方からご指導いただきました。まず、指導教員である佐藤崇之先生には理科教育学の観点からのご指導に加えて公私に渡り、また論文をまとめるにあたりご指導賜りましたこと、心より深く御礼申し上げます。東徹先生には理科教育学の観点から、大高明史先生には生物学の観点からご指導いただきましたこと、深く感謝いたします。

弘前大学教育学部理科教育講座の先生方には、論文をまとめるにあたって、アドバイス、適切なお助言をいただきました。ここに、深く感謝いたします。

最後になりましたが、ご協力いただきました弘前大学教育学部理科専修、弘前大学大学院教育学研究科の学生の皆様に心より感謝申し上げます。

弘前大学大学院教育学研究科

教科教育専攻理科教育専修

久野 文也