

学位論文

中学校理科における環境教育カリキュラム開発に関する研究

広島市立口田中学校

土屋 恭子

## 目次

### 序章 研究の目的と方法

#### 第1節 研究の背景

#### 第2節 先行研究

#### 第3節 研究の目的

#### 第4節 研究の方法

## 第I部 世代間倫理育成のための「世代間倫理の基礎的概念」形成に関する研究

### 第1章 環境への倫理観について

#### 第1節 ESDにおける倫理観の育成

##### 第1項 ESDの背景

##### 第2項 ESDにおける倫理観

#### 第2節 世代間倫理の育成

##### 第1項 環境倫理における世代間倫理

##### 第2項 世代間倫理育成のための理論的研究

#### 第3節 中学校理科における環境教育の利点

##### 第1項 中学校理科における環境教育の利点

##### 第2項 世代間倫理育成のための指導と中学校理科との関連

### 第2章 「世代間倫理の基礎的概念」の形成のための教材開発

#### 第1節 「世代間倫理の基礎的概念」の形成のための「過去－現在」型教材

#### 第2節 「イースター島の悲劇」の教材観

#### 第3節 「イースター島の悲劇」の授業構成

### 第3章 授業実践の結果と分析

#### 第1節 「世代間倫理の基礎的概念」の形成

第1項 先行する世代からの脅威と因果関係の理解

第2項 先行する世代からの恩恵の理解

#### 第2節 過去の事例学習による現在の理解

#### 第3節 「世代間倫理の基礎的概念」と未来世代への倫理観との相関性

#### 第4節 考察

## 第II部 持続可能な社会構築のための科学・技術の利用についての指導に関する研究

### 第4章 持続可能性の概念と科学・技術の利用について

#### 第1節 ESDにおける科学・技術についての指導

#### 第2節 持続可能性の概念と「デイリーの三条件」

#### 第3節 従前の環境教育との相違点

### 第5章 教材開発

#### 第1節 「科学技術と人間」単元の構成

#### 第2節 「デイリーの三条件」と「世代間倫理の基礎的概念」の概念形成

### 第6章 授業実践の結果と分析

#### 第1節 「デイリーの三条件」の概念形成

#### 第2節 科学・技術の問題点と利点の認識

第1項 科学・技術の問題点の認識

第2項 科学・技術の利点の認識

#### 第3節 科学・技術への意識の変化

#### 第4節 考察

## 終章 研究の成果と今後の課題

第1節 世代間倫理の育成

第2節 持続可能性の概念を観点とする科学・技術の検討

第3節 イギリスの事例からの視点

第4節 今後の課題

## 附録

資料1：持続可能性の概念（「デイリーの三条件」）形成に関わる評価問題

## 謝辞

序章  
研究の目的と方法

## 序章 研究の目的と方法

### 第1節 研究の背景

「持続可能な開発」(Sustainable Development)は、1987年、それまで二律背反と考えられていた地球環境保全と経済開発とを同時に行おうとする概念として、「世界と開発に関する世界委員会」(World Commission on Environment and Development:以下、WCEDと略記)で提起された(WCED, 1987)。この「持続可能な開発」の理念は、1992年国連環境開発会議(地球サミット)で合意され、その具体的な行動計画として「アジェンダ21」が採択された(田中, 2003: 12)。

「持続可能な開発のための教育」<sup>注1)</sup>(Education for Sustainable Development)(以下、ESDと略記)の根拠は、この「1992年の地球サミットに求めることができる。」(田中, 2003: 15)とされ、「アジェンダ21」の第36章では、教育、意識、啓発及び訓練の推進が扱われ、その第3節には「教育は持続可能な開発を推進し、環境と開発の問題に対処する市民の能力を高めるうえで重要である」(田中, 2003: 100)と述べられている。

1997年テサロニキ宣言では、ESDを「持続可能性に向けた教育全体の再構築」と位置づけ、「持続可能性という概念は、環境だけでなく、貧困、人口、健康、食糧の確保、民主主義、人権、平和をも内含するもの」(阿部他, 1999: 73)とされ、ESDには環境教育だけでなく貧困や格差を解決する開発教育などが含まれるとされる。さらに、テサロニキ宣言は、持続可能性について、「最終的に持続可能性は道徳的・倫理的模範」(阿部他, 1999, 73)であるとして、ESDにおける道徳的・倫理的規範の育成の必要性を指摘した。

また、テサロニキ宣言は、ESDと環境教育の関わりについて、それまでの環境教育のグローバルな取り組みなどを認め、「環境教育を『環境と持続可能性のための教育』と表現してもかまわない」(阿部他, 1999: 73)として、環境教育がESDに内包されることを明示した。このことから、環境教育を内包してESDを充実させる意図が窺えるが、同時に、それまでの環境教育は、その対象領域を拡張し、再構成したESDの一環としてのパラダイム転換を求められることになった。

一方、我が国では、持続可能な社会の構築と環境教育の関わりについて、例えば 1999 年『これからの環境教育・環境学習—持続可能な社会をめざして—』（中央環境審議会、1999）と題した中央環境審議会の環境庁への答申で言及されるなど、それまでの環境教育<sup>注2)</sup>のパラダイム転換を通して「持続可能な開発」を推進する意図が示され、環境教育に持続可能な社会の実現への貢献は求められた。

我が国での ESD への展開は、『国連持続可能な開発のための教育の 10 年』（UN Decade of Education for Sustainable Development）（以下、DESD と略記）を契機として、進められるようになった。ESD の目標を掲げ、その推進による「持続可能な開発」への貢献を明示したのは、2006 年国連持続可能な開発のための教育の 10 年関係省庁連絡会議（以下、関係省庁連絡会議と略記）による、「わが国における『国連持続可能な開発のための教育の 10 年』実施計画」（関係省庁連絡会議、2006）（以下、本文書を国内実施計画と略記）である。

DESD が、2002 年ヨハネスブルグの「持続可能な開発のための世界サミット」で、日本政府と日本の NGO により共同提案されたことは広く知られるが、この提案は同年第 57 回国連総会本会議で採択され、2005 年には、UNESCO が中心となって作成した『DESD 国際実施計画案』（DESD International Implementation Scheme）（以下、本文書を DESD-IIS と略記）が発行された。わが国の国内実施計画は、この DESD-IIS を受けて<sup>注3)</sup> 2006 年に策定され、2011 年に改訂された。以下に、2011 年に改訂された国内実施計画に掲げられている ESD の目標を引用する。

ESD の目標は、すべての人が質の高い教育の恩恵を享受し、また、持続可能な開発のために求められる原則、価値観及び行動が、あらゆる教育や学びの場に取り込まれ、環境、経済、社会の面において持続可能な将来が実現できるような行動の変革をもたらすことであり、その結果として持続可能な社会への変革を実現することです。

（関係省庁連絡会議、2011：4）

このように、国内実施計画は、ESDによる人々の行動の変革を通して持続可能な社会を実現するという方針を明示し、大学等を含む学校教育、社会教育、公的機関の場だけでなく、地域コミュニティ、NPO、事業者、マスメディアなど、あらゆる教育の場を、ESDの学習の機会とし、ESD実施の主体としての位置づけを明確にした。また、このような多様な主体による、主体者意識（オーナーシップ）を重視したESDにより持続可能な開発のために求められる原則、価値観及び行動の学習によりが進められることから、ESDの推進には、ノンフォーマル教育を含む多様な主体としての市民の参加が求められる。

一方、学校教育においては、例えば、2008年に改訂された『中学校学習指導要領（理科編）』（文部科学省，2008）では、ESDの視点を含む改訂がなされ、国立政策研究所を中心として実施された『学校における持続可能な開発のための教育（ESD）に関する研究』（国立政策研究所，2012）の報告書がまとめられるなど、国内実施計画を受けた取り組みが行われるようになった。

中学校理科においては、中学校学習指導要領理科改善の基本方針として、「持続可能な社会の構築が求められている状況に鑑み、理科についても環境教育の充実を図る方向で改善する。」（文部科学省，2008：3-4）と、「持続可能な開発」のための教育、すなわちESDの一環として環境教育を充実させることを示した。しかし、自然と科学にもとづいた内容を主に扱ってきた従前の環境教育には、社会文化的側面、経済的側面との関連性や「人間と人間との関わり」を含めた取り組みが求められる（佐藤，2011）など、中学校理科におけるESDの一環としての環境教育や、環境への倫理観の育成などが必要とされながらも、そのための環境への倫理観を育成する指導については、未だ確立されているとは言い難い。



## 第2節 先行研究

持続可能な社会の構築という必要性から生じたESDは、環境と開発の問題に対処する能力をもつ市民の育成を目的とし、基本的知識や技能だけでなく、自らの責任を自覚して社会の構築に参加する意欲や、その基盤となる環境への倫理観の育成が求められる。学校教育における環境教育やESDは、環境や社会に関心をもち続ける態度や、そのための基礎的な知識、技能を身につけ、生涯にわたるESDへつなげる機会として重要な意味をもつ。また、持続可能な社会の構築には、それを支える科学・技術が不可欠であり、その持続可能性を考慮して利用する能力が求められる。本節では、中学校理科における従前の環境教育で十分取り組まれてこなかった、次の二点に関わって、先行研究を概観する。

まず、環境への倫理観の育成に関わる先行研究として、理科教育における環境への倫理観育成の重要性は、様々な立場からの研究がある。例えば、鈴木（1996）は、環境問題の解決には人々の意識変革を促す教育の必要性があると、環境への倫理観育成の重要性を指摘する。また、中学校理科における環境への責任感や倫理観の育成を求めた堀内は、「環境に対して責任ある行動を取ることの必要性を十分に指導しなければならない。」（堀内，1992: 25）と指摘している。Lock（1998）は、理科の学習への興味や必要感を高める効果から、科学的知識をもとにした倫理的な問題などについての学習を求めている。

環境への倫理観の育成に関わって、アメリカの環境教育における価値観の教授法などを研究し、教え込みの手法や、価値明確化の指導などが用いられるとする、荻原の報告（2003）や、Palmer（2006）のアドボカシー（advocacy）のしめる役割の違いから、環境倫理の授業のタイプを分ける指摘などがある。また、教科におけるESDは、「あくまでも学習指導要領に沿った学習を進める中で実施できる」（岡本，2011：381）と、教科の指導目標、及び学習内容との関わりの必要性を岡本（2011）は指摘している。環境倫理を扱うには、環境倫理についての理論的研究が必要であるとする大辻（1998）の指摘もあるなど、中学校理科における環境への倫理観の育成のための指導は、未だ十分に研究されているとはいえない。

理科における環境への倫理観育成の指導について、例えば、山極（2002）は、自然科学

的な事象を環境倫理の視点で見るとし、理科における環境倫理育成の可能性を述べる。鈴木(1996)は、倫理観は個人の価値観を超えた人々に共通の価値観であることから、「人々と議論するなかで共通のものにそだてていくこと」(鈴木, 1996: 153)と述べている。しかし、その指導法については、例えば、授業にディベートを取り入れた山本(1996)などによる報告もあるものの、環境への倫理観育成を目指す確立した教材や指導法についての詳細な研究は少ない。

環境への倫理観育成を特定の教科だけで行うことは必ずしも十分とは言えないが、理科教育は、環境問題の自然科学的側面を中心として環境教育の一翼を担ってきており、中学校理科において環境への倫理観育成を求める指摘は少なくない。以上のことから、ESDの一環としての環境教育の充実には、義務教育段階最後の中学校において環境への倫理観を育成する指導のあり方の研究が求められる。

次に、科学・技術の利用に関わる先行研究を概観する。資源や環境をめぐる問題を解決し、持続可能な社会を構築するには、科学・技術が不可欠である。しかし、資源や環境の問題が生じた背景に、科学・技術の急速に拡大や発展があることも事実であり、科学・技術が資源や環境へ与える影響には、好影響もあれば悪影響もある。「持続可能な開発」で、科学・技術の持続可能な方向への構造的な変革が求められる(WCED, 1987)のもそのためである。

科学・技術の変革に関わって、例えば、小川(1993)は、科学・技術の研究開発に巨額な資金を要することから、「資金の流れを制御することで科学技術の方向を変えることも可能」(小川, 1993: 72-75)であるとして、市民による科学・技術の制御の可能性や必要性を指摘している。また、科学哲学などの立場から、環境問題などを含む科学・技術と社会が関わる問題において、市民の役割を重視する指摘は少なくない。例えば、戸田山(2011)は、科学・技術の利用に関わって生じる社会的な問題の議論などに、市民が関わる重要性を指摘し、特に2011年福島第一原発の事故(3・11)以降、我が国では、市民を含まない専門家だけによる、科学・技術の利用における社会的決定の危険性が認識されるようになったと述べている。

科学・技術に関わる社会的決定における、市民の役割の重要性は、理科教育の立場から

も指摘されている。例えば鶴岡（2009）は、科学・技術と社会の間に生じる問題の解決のプロセスに、市民による合意形成を採ることになると指摘し、理科を学ぶ価値のひとつとして、科学・技術の進むべき方向を知的で主体的に議論して、民主主義社会に参画する市民の育成をあげている。

これらの指摘を勘案して、ESDの一環としての環境教育での科学・技術の指導について検討すれば、科学・技術の持続可能な方向への変革においても、市民の科学・技術への関心や、科学・技術の持続可能性を考慮した意思決定や合意形成が必要となり、科学・技術の利用について、持続可能性という観点から科学・技術の問題点及び利点を検討し、その問題点及び利点を考慮して利用できる市民の育成が求められる。従って、このような能力を育成する指導では、科学・技術の利点だけでなく問題点を扱う必要がある。

しかし、環境教育においては、例えば、Berkowitz（2005）は、「科学やその知的手段は、我々が直面している環境問題の一部であり、それゆえ解決の役割を担えない。」（Berkowitz ,2005: 248）とする意見に強い警戒感を示し、このような幼い意見を否定して、「科学へのより精巧で生産的な見方に、できるだけ置き換えることは環境の教育者の義務である。」（Berkowitz ,2005: 248）と指摘して、科学・技術の有用性への認識を重視している。このように、資源や環境などの問題解決という、科学・技術の利点の認識を重視する反面、科学・技術の問題性は、従前の環境教育では扱われてこなかったとする研究もある（小川，1993）。

以上のことから、ESDの一環としての環境教育の充実には、義務教育段階最後の中学校において科学・技術の利用に関わる指導のあり方の研究が求められる。

### 第3節 研究の目的

本研究では、ESDの一環としての環境教育の充実を図るために、環境への倫理感の育成という視点、及び科学・技術の持続可能性を考慮した利用という視点から、中学校理科における環境教育カリキュラムを意図した指導のあり方を明らかにすることを目的とする。論文を二部構成とし、第Ⅰ部では、環境への倫理感という視点から、世代間倫理の育成を目指す指導のあり方を明らかにする。第Ⅱ部では、科学・技術の持続可能性を考慮した利用という視点から、持続可能性を観点とした科学・技術の検討の指導のあり方を明らかにする。

以下のように二点の課題を設定する。

課題1. 世代間倫理の育成を目指す指導のあり方を明らかにする。

課題2. 持続可能性を観点とした科学・技術の検討の指導のあり方を明らかにする。

本研究では、「アジェンダ21」第36章第3節の文言（田中，2003：100）をもとに、ESDを「持続可能な開発を推進し、環境と開発の問題に対処する能力を高めるための教育」と定義した。これは、ESDが環境教育だけでなく、開発教育、人権教育や平和教育を含むためである。また、環境教育を「自然環境の有限性に注目し、自然破壊を防ぎ、自然との調和に基づく、人類の恒久的存在を探究する教育」と、広辞苑の文言を援用して定義した。

さらに、本研究で「環境教育カリキュラム」の語を用いた理由は、次の二点からである。まず、本研究は、理科における、学習内容を活用した環境教育カリキュラムの開発を目的としており、総合的な学習などで取り組まれる、ESDの、例えばアドボカシー（advocacy）などを含むカリキュラムとの区別を明確にするためである。次に、本研究では、環境への倫理観などの育成を通して、主体的意思に根ざした持続可能な社会構築への意欲を醸成することを明確にするためである。

#### 第4節 研究の方法

本研究の目的は、ESDの一環としての環境教育の充実を図るために、環境への倫理感の育成という視点、及び科学・技術の持続可能性を考慮した利用という視点から、中学校理科における環境教育カリキュラムを意図した指導のあり方を明らかにすることである。この目的を達成するために、本研究は、理論的研究と実証的研究から構成した。理論的研究では、先行研究についての文献の分析を行い、実証的研究では、教材開発、それを用いた授業実践及び授業分析を行う。下図に研究の全体像を示した。

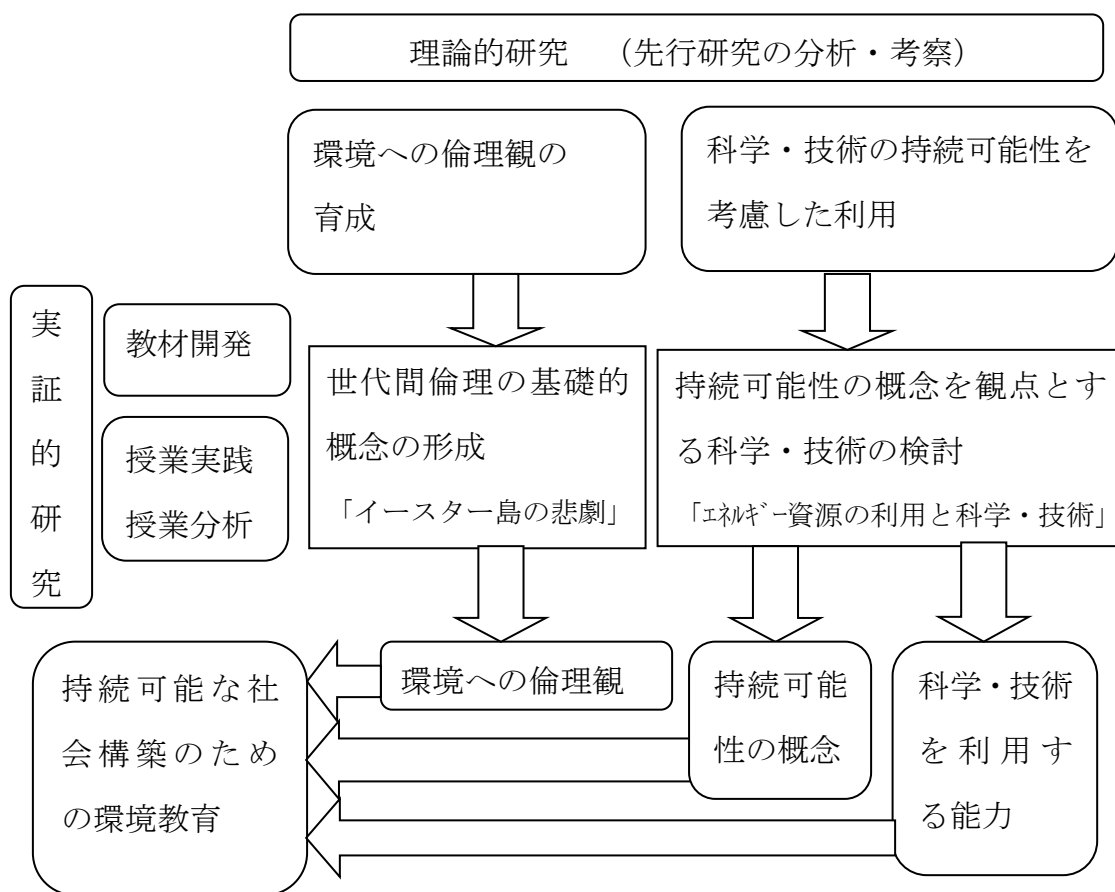


図1 研究の全体図

第Ⅰ部では、ESDにおける環境への倫理観の育成に関わって、ESDの背景や世代間倫理を中心とした環境倫理、また、世代間倫理を中心とした環境倫理育成のための指導、及び中学校理科における環境教育の利点について、先行研究の文献の分析などを中心に理論的に研究し、世代間倫理育成のための指導のあり方を明らかにする（第1章）。このような理論的研究をもとに、世代間倫理育成のための「世代間倫理の基礎的概念」を形成する指導の教材を開発し、開発した教材「イースター島の悲劇」の教材観や授業構成を明らかにする（第2章）。さらに、「イースター島の悲劇」を用いた授業実践を行い、その結果を分析する。これらの実証的研究から、理論的研究から明らかにした、世代間倫理育成のための指導の有効性を検証する（第3章）。

第Ⅱ部では、ESDにおける科学・技術の利用についての指導のあり方について、理論的研究により、その背景となる持続可能性を実現する科学・技術や、教材開発において予想される課題を明確にする。そして、その知見から教材で用いる持続可能性の概念を明らかにするために、先行研究の文献を分析する。また、持続可能性を考慮した科学・技術の利用についての指導のあり方を明らかにするために、環境教育における科学・技術の利用の指導に関わる先行研究を分析する（第4章）。このような理論的研究をもとに、持続可能性の概念を観点とする科学・技術の利点と問題点の指導の構成、及び第Ⅰ部の「世代間倫理の基礎的概念」との関わりを明らかにする（第5章）。さらに、開発した教材を用いた授業実践を行い、その結果を分析する。これらの実証的研究から、理論的研究で明らかにした、持続可能性を考慮した科学・技術の利用についての指導法の有効性を検証する（第6章）。

終章では、第Ⅰ部及び第Ⅱ部で得られた知見をもとに、中学校理科における環境教育のカリキュラム開発に関わる本研究の成果、及び今後の課題を明らかにする。

## 序章 注釈

注1) 日本ユネスコ国内委員会は、ESD (Education for Sustainable Development) の訳語として、2008年「持続開発教育」の使用を提唱したが、引用文献等で従来からの「持続可能な開発のための教育」が使用されているものの多く、二種類の訳語から生じる煩雑さを防ぐため、本研究では従来通り「持続可能な開発のための教育」という訳語を使用する。

注2) 環境教育の流れについて、新田(2003)は、高度経済成長期の公害や自然環境破壊を契機とした、「公害教育と自然保護教育の二つの原点」とし、さらに「自然体験学習並びに持続可能性のための教育(環境についての総合学習)」へと進展してきたことを指摘している(新田, 2003: 22)。

注3) 国内実施計画は、UNESCOのDESD-IISをうけて策定されたが、その経緯などについては第1章第1節第2項で述べる。

## 序章 引用文献

阿部治・市川智史・佐藤真久・野村康・高橋正弘(1999): 『『環境と社会に関する国際会議: 持続可能性のための教育とパブリック・アウェアネス』におけるテサロニキ宣言』, 『環境教育』, 8(2), pp. 71-74.

Berkowitz, A. R., Ford, M.E., & Brewer, C.A. (2005): A framework for integrating ecological literacy, civics literacy, and environmental citizenship in environmental education, Jonson, E.A., & Mappin, M.J., *Environmental Education and Advocacy*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, pp. 227-266.

中央環境審議会(1999): 『これからの環境教育・環境学習－持続可能な社会をめざして－』, 東京: 大蔵省印刷局.

堀内一男(1992): 「子どもの環境意識と環境教育」, 沼田眞(監修)・佐島群巳・堀内一男・山下宏文(編), 『学校の中での環境教育』, 東京: 国土社, pp. 22-27.

関係省庁連絡会議(2006): 「我が国における『国連持続可能な開発のための教育の10年』実施計画」.

- 関係省庁連絡会議（2011）：「我が国における『国連持続可能な開発のための教育の10年』実施計画（ESD実施計画）」。
- 国立政策研究所（2012）：「学校における持続可能な発展のための教育（ESD）に関する研究」。
- Lock, R., & Ratcliffe, M.（1998）：Learning about Social and Ethical Applications of Science, Ratcliffe, M., *ASE Guide to Secondary Science Education*, Cheltenham : Stanley Thornes, pp. 109-117.
- 文部科学省（2008）：『中学校 学習指導要領解説 理科編』, 東京：大日本図書株式会社.
- 新田和宏（2003）：「持続可能な社会を創る環境育」, 開発教育協会, 別冊『開発教育』, pp. 22-30.
- 小川正賢（1993）：『序説 STS 教育 市民のための科学技術教育とは』, 東京：東洋館出版.
- 荻原彰（2003）：「アメリカの環境教育における価値観の教授法について」, 『科学教育研究』, 27(5), pp. 333-344.
- 岡本弥彦（2011）：「『持続可能な社会づくり』の視点に立った理科の学習指導」, 『理科の教育』, 60（6）, pp. 378-381.
- 大辻永（1998）：「理科の中で環境倫理をどのように扱うか」, 『理科の教育』, 47（8）, pp. 512-515.
- Palmer, C.（2006）：Introduction to Teaching Environmental Ethics, *Teaching Environmental Ethics*, Leiden : Brill, pp. 1-11.
- 佐藤真久（2011）：「理科教育からのESD—関係論的世界観, 参加, 対話型アプローチによる協同的学習プロセスの展開にむけて—」, 『理科の教育』, 60（6）, pp. 369-373.
- 鈴木善次（1996）：「環境教育の現状と問題」, 伊東俊太郎(編集), 『講座 文明と環境 第14巻 環境倫理と環境教育』, 東京：朝倉書店, pp. 148-160, 1996.
- 田中治彦（2003）：「『持続可能な開発のための教育』とは何か」, 開発教育協会, 別冊『開発教育』, pp. 12-21.
- 戸田山和久（2011）：『「科学的思考」のレッスン—学校で教えてくれないサイエンス』, 東京：NHK出版新書.



鶴岡義彦（2009）：「科学を学ぶ価値を考える」、『理科の教育』, 58(9), pp. 620-622.

World Commission on Environment and Development（1987）：*Our Common Future*,  
Oxford :Oxford University Press.

山極隆（2002）：「環境教育を中心とした教育課程の編成」, 日本理科教育学会（編）, 『理科教育学講座 1 理科の目標と教育課程』, 東京：東洋館出版社, pp. 306-328.

山本秀行・木谷要治（1996）：「授業にディベートを取り入れることによる環境倫理観の形成の可能性についての一考察」, 『日本理科教育学会研究紀要』, 37(1), pp. 1-11.

## 第 I 部

世代間倫理育成のための「世代間倫理の基礎的概念」形成に関する研究

## 第 I 部 世代間倫理育成のための「世代間倫理の基礎的概念」形成に関する研究

### 第 1 章 環境への倫理観について

### 第 2 章 「世代間倫理の基礎的概念」の形成のための教材開発

### 第 3 章 授業実践の結果と分析

#### 第 I 部の概要

環境倫理、特に世代間倫理は、持続可能な社会を構築しようとする意思の基盤であり、ESD ではその育成が求められる。しかし、環境倫理を育成するための指導については、未だ確立されているとは言い難い。そこで、第 I 部では、環境への倫理感という視点から、世代間倫理の育成を目指す指導のあり方を明らかにする。

第 1 章では、文献研究をもとに、ESD で環境への倫理感、特に世代間倫理の育成が求められる背景、及び世代間倫理育成の方策を明らかにする。また、世代間倫理の育成には、世代間倫理の基礎となる概念（現在世代の行為（選択）が、未来世代の生活に大きな影響（脅威と恩恵）を与える）の形成が必要であることが明らかにし、中学校理科の特質を活かしたこの概念の形成について検討する。

第 2 章では、「世代間倫理の基礎的概念（先行する世代の行為（選択）が、後継する世代の生活に大きな影響（脅威と恩恵）を与える）」と定義した概念を形成するための教材、「イースター島の悲劇」の教材開発やその授業実践について明らかにする。また、過去の環境破壊の事例を取り上げた教材から現在について考えさせることから「過去—現在」型教材としたこと、及びそれを用いた「世代間倫理の基礎的概念」を形成する指導を明らかにする。

第 3 章では、「世代間倫理の基礎的概念」を形成するために開発した「過去—現在」型教材、「イースター島の悲劇」を用いた授業分析を通して、その指導の有効性を検証し、本教材、及びそれを用いた指導法について考察する。

## 第1章 環境への倫理観について

本章では、世代間倫理の育成についての理論的研究を中心に、環境倫理や世代間倫理の位置づけなどについて述べる（第2節）。そのために、まず、環境への倫理観の育成がESDで求められる背景、及び環境教育とESDの関わりを明らかにする（第1節）。また、中学校理科における「世代間倫理」の育成を目指す教材を開発するために、先行研究をもとに、理科教育と環境教育との関わりや、中学校理科における環境教育の特質などを明らかにする（第3節）。

### 第1節 ESDにおける倫理観の育成

#### 第1項 ESDの背景

地球環境問題に関する国際的な議論や取り組みは、The Club of Romeの報告書“*The Limits to growth*”（Meadows, et al., 1972：邦訳『成長の限界』）の地球の破局を避けるためには、現在の勢いで成長を続ける状態から、地球規模で釣り合いがとれ安定した状態へと移行する必要性を指摘する報告から始まった。The Club of Romeは、1968年に最初の会合が開かれた都市ローマに由来する民間組織であり、イデオロギーや、特定の国家の見解に偏らず、世界各国の科学者、教育者、経済学者、人文学者、経営者などから構成されたことが知られている。The Club of Romeについて、“*The Limits to growth*”の日本語版『成長の限界』の監訳者である大来佐<sup>注1</sup>（メドウズ他，1972）は、「このままの勢いで経済が成長し、資源が消費され、環境が汚染されていった場合、はたして地球がいつまで人間の棲息を保証しうるだろうか」（メドウズ他，1972：1）という問題意識からつくられたとする。

同じく『成長の限界』（メドウズ他，1972）のThe Club of Romeについての解説によれば、その活動目標が二つの段階に分けられ、第一段階の目標は、将来の危機を回避するために「人類の来るべき危機の諸要因とその相互作用を全体として把握しうるようなモデルを作成」することであり、第二段階の目標は、第一段階の分析結果から「新しい政策のあ

り方を検討し、世界的討論の場を通じ政策と政策当局者の考慮を促す」(メドウズ他、1972 : 199) ことであるという。この第一段階での人類の危機を把握するモデルの作成を委嘱されたのが、MIT (マサチューセッツ工科大学) のプロジェクト・チームであり、その研究成果をまとめた報告書が “*The Limits to growth*” である。

MIT のプロジェクト・チームは、コンピュータを用いて「ワールド3」と名付けた世界モデルを作り、大量の情報をもとに、加速度的に進みつつある工業化、急速な人口増加、広範に広がっている栄養不足、天然資源の枯渇、及び環境の悪化などについて分析して、その結論を以下のようにまとめた。

- (1) 世界の人口、工業化、汚染、食糧生産、及び資源の枯渇における、現在の成長の傾向を変えることなく続けるならば、今後 100 年以内に地球上での成長は限界に達するであろう。その最も起こりそうな結果として、人口と工業力、両方のかなり突然の制御できない衰退があげられるであろう。
- (2) こうした成長の傾向を改め、生態学的にも経済的にも安定した状態を確立して、遠い将来にわたって持続可能にすることは可能である。この地球規模で釣り合った状態は、地球上の人のそれぞれの基本的な物質的ニーズを満たし、しかもそれぞれの人が個人としての能力を実現する平等な機会をもつように計画できるであろう。
- (3) 世界の人々が、第1の結果よりよりむしろ第2の成果を目指して努力することを決意するのであるならば、そのための行動の開始が早ければ早いほど、その成功の見込みは大きくなるであろう。

(Meadows, et al., 1972 : 23-24)

この MIT の分析結果をうけて、The Club of Rome ではそのメンバーを中心とした国際会議を行い、その見解を “*The Limits to growth*” にまとめている。The Club of Rome の見解 (Meadows, et al., 1972) によれば、地球規模での破局を予想する MIT の報告に、疑問や批判を含む多くの論議があったものの、この指摘の重要性に関しては「本質的な意

見のくいちがいにはなかった」(Meadows, et al., 1972 : 186) という。さらに、この報告における「閉じた系における幾何級数的な人類の成長のありよう (the exponential nature of human growth within a closed system)」(Meadows, et al., 1972 : 189) を指摘した点は、それまで漠然とした不安として人々に意識されるだけであった地球の未来の問題を、「MIT が合理的で体系的に説明した」として、非常に高く評価されたという (Meadows, et al., 1972 : 186-189)。

The Club of Rome では、MIT で開始されたこの研究を、MIT だけでなく日本を含むいくつかの地域に広げて継続させるとともに、この分析結果をもとに、第二段階の目標である、地球規模で釣り合った状態を目指す新しい政策のあり方が検討できるよう、「政治家、政治立案者、科学者が公式な政府間の交渉に束縛されずに議論できる、世界的な公開討論の場の創設」(Meadows, et al., 1972: 196-197) を促す活動を始めるとする見解 (Meadows, et al., 1972) を明らかにしている。

しかし、経済の成長が絶対的価値であった当時の社会では、“*The Limits to growth*” に賛否両論さまざまな反響があったものの、地球という閉じた系のなかで成長し続ければ、(まして、それが幾何級数的な増加であれば<sup>注2)</sup>) 遅かれ早かれ限界に達するのは自明である。そこで、The Club of Rome のこの報告書をきっかけとして、破局を避け長期にわたって持続可能な生態系、及び経済的な安定性を打ち立てられる社会をつくろうとする、さまざまな国際的な議論が始められることになった。

「持続可能な開発」という理念は、このような世界的潮流のなかで、1987 年 World Commission on Environment and Development (以下 WCED と略記：通称 Brundtland 委員会) の報告書 “*Our Common Future*” (WCED, 1987 : 邦訳『地球の未来を守るために』) で提唱された。「持続可能な開発」は、それまで二律背反と考えられていた地球環境保全と経済開発とを同時に行おうとする概念である。とりわけ開発途上国における貧困と環境破壊との悪循環を断ち切るとして、次第に受け入れられるようになり、1987 年の国連総会でこの考え方を支持する決議がされるなど、世界的合意となっていく (柳下, 1992 : 68-69)。以下は、この報告書の「持続可能な開発」についてまとめられている部分である。

持続可能な開発は、未来世代がそのニーズを満たすための能力を危うくすることなく、現在世代のニーズを満たすよう確保することであり、人類には、持続可能な開発を創造する能力がある。持続可能な開発の概念には、いくつかの限界が含まれる。それは、絶対的限界ではなく、環境的資源に関わる科学技術や社会組織の現状、及び人間活動の様々な影響を緩衝する生物圏の能力によって制限をうける限界である。しかし、科学技術・社会組織を管理し、改良して、新たな経済成長の時代への道を開くことは可能である。

(WCED,1987 : 8、下線は引用者による)

このように、「持続可能な開発」という理念は、世代間での公正を求めて、今日の世代の欲求を将来の世代が自らの欲求を充足する能力を損なうことのない範囲で満たすことを求めると同時に、貧困それ自体を悪とみなし世代内での公正を求めている。Brundtland 委員会の報告書は、「国民の大多数が貧しい国々では、必要不可欠なニーズを満たすために、新たな経済成長の時期、及びその成長を持続させる資源の公平な分配を貧しい人々に保証する必要がある」(WCED,1987 : 8) と、貧困という課題を解決するために、開発途上国での経済成長、及びそのために必要な資源の分配を肯定する。さらに、貧困な地域では生態系の破壊などが頻発することあげ、それらを防ぎ生態系を持続させるためにも、途上国における経済成長の必要性を指摘する。このような考えによって「持続可能な開発」という理念は、途上国を含む世界の国々に広く受け入れられるようになった。

一方、基本的なニーズが満たされたより豊かな人々には、地球規模での「持続可能な開発」を実現させるために、「地球の生態系が支えられる範囲内でのライフスタイルを身につける」(WCED,1987 : 9) 必要があり、例えばエネルギー消費などの生活様式の変革を求めている。また、急速な人口増加にふれ、「持続可能な開発」には「生態系の潜在的な生産能力の変化と調和した人口の規模と成長」(WCED,1987 : 9) が必要であることを指摘して、現在、及び将来の世代のニーズと調和のとれた世代間での公正を実現させることを求めている。

WCED（1987）は、「持続可能な開発」が「調和のとれた固定的な状態というよりむしろ、資源の開発、投資の方向性、技術開発の方向付けにおける変化の過程であり、制度的な変革である」（WCED,1987：9）とし、現在の経済優先の開発や社会システムを変革し、地球規模で持続可能なシステムへと移行させる過程であり、世代間や世代内での公正を実現させる新たな型の開発を模索し実現する過程であるとし、これらの変革が、生活様式や資源の開発、技術開発などの改革とともに、途上国と先進国との調和を要すると考えられ、決して容易な取り組みではないことから、「持続可能な開発は、まさに政治的意思にかかっている」（WCED,1987：9）と、この理念を推進するには政治の強い意思が必要であると指摘する。

また、引用部分に下線で示したように「持続的開発の概念には、いくつかの限界（limits）が含まれる。」（WCED,1987：8）と、限界があることを明らかにしているものの、それらは「絶対的限界ではなく」（WCED,1987：8）と、限界を流動的なものにすることで、あいまいさを含むものの、初めて世界的な合意が形成できる内容となった。「持続可能な開発」の理念は、1992年国連環境開発会議（地球サミット）で合意され、その具体的な行動計画として「アジェンダ 21」が採択された（田中，2003：12）。

「持続可能な開発のための教育（ESD）」の根拠は、この「1992年の地球サミットに求めることができる。」（田中，2003：15）とされる。「アジェンダ 21」の第 36 章では、教育、意識、啓発、及び訓練の推進が扱われ、その第 3 節には「教育は、持続可能な開発を推進し、環境と開発の問題に対処する市民の能力を高めるうえで重要である」（田中，2003：100）と述べられている。

さらに、同節では以下のように指摘されている。

公式、及び非公式な教育は、人間の態度を変化させるために必要不可欠なものであり、これにより持続可能な開発を評価し達成することができる。教育は、また持続可能な開発と調和した「環境および道徳上の意識」、「価値観や態度」、「技術や行動」を成し遂げ、かつ意思決定に際しての効果的な市民の参加を得るうえで重要となる。

（田中，2003：100）



以上の指摘からは、「アジェンダ 21」が求める教育の再編成としての ESD<sup>注3)</sup>では、フォーマル教育だけでなくノンフォーマル教育も含まれることや、人間の態度の変化を促すことで「持続可能な開発」を推進しようとする意図が読み取れる。

本項では、地球環境問題に関する国際的な議論の流れの概要を、The Club of Rome の報告書 “*The Limits to growth*” (Meadows et al. 1972)、Brundtland 委員会の報告書 “*Our Common Future*” (WCED,1987) などからたどった。その結果、ESD の根拠は、1992 年「アジェンダ 21 (Agenda21)」を具体的な行動計画とする地球サミットとされるが、その背景には、The Club of Rome の報告書から始まったさまざまな国際的な取り組み、及び 1987 年 WCED の報告書で提唱された「持続可能な開発 (Sustainable Development)」という理念の世界的合意などがあることが明らかになった。また、「アジェンダ 21」から、ESD にはフォーマル教育、及びノンフォーマル教育が含まれること、持続可能な社会への変革のために人間の態度の変化を促す教育が求められることなどが明らかになった。

## 第2項 ESDにおける倫理観

1992年国連環境開発会議（地球サミット）での「持続可能な開発」の合意、及び「アジェンダ21」をうけ、ESDの概念や方向性を確認し、環境教育との関わりを明らかにしたのは、1997年テサロニキ宣言である。阿部は、テサロニキ宣言では「持続可能性のための教育は、持続可能な未来を達成するための手段」（阿部他，1999：72）と考えられることが確認されたと指摘する。テサロニキ会議は、持続可能性を達成するための教育、及びパブリック・アウェアネスの重要性の強調や、環境教育の重要な貢献についての検討などを目的として開催されたという（阿部他，1999：71）。テサロニキ宣言の一部を以下に引用する。

10. 持続可能性に向けた教育全体の再構築には、全ての国のあらゆるレベル学校教育・学校外教育がふくまれている。持続可能性という概念は、環境だけでなく、貧困、人口、健康、食糧の確保、民主主義、人権、平和をも包含するものである。最終的に持続可能性は道徳的・倫理的模範であり、そこには尊重すべき文化的多様性や伝統的知識が内在している。
11. 環境教育は今日までトリビシ環境教育政府間会議の勧告の枠内で発展し、進化して、アジェンダ21や他の主要な国連会議で議論されるようなグローバルな問題を幅広く取り上げてきており、持続可能性のための教育としても扱われ続けてきた。このことから、環境教育を「環境と持続可能性のための教育」と表現してもかまわないといえる。

（阿部他，1999：73）

以上のように、テサロニキ宣言では、環境教育はESDに内包されるとし、環境教育を「環境と持続可能性のための教育」と表現してもかまわないと強調して、環境教育とESDとの関わりを明らかにした。また、持続可能性の概念には、環境だけでなく、貧困、人口、健康、食糧の確保、民主主義、人権、平和などが含まれるとして、従来の環境教育の経験か

ら学びながらも、「人間と自然との関わり」を扱う狭義の環境教育から、貧困や人権なども含む「人間と人間との関わり」を扱う広義の環境教育への展開を求めている。

このようなテサロニキ宣言での指摘の背景として、田中は、「1990年代に行われた一連の国連・国際会議において、地球的な諸課題の相互関連性が認識されたことがある」(田中, 2003: 15-16)と指摘する。ここでの相互関連性とは、貧困、人口、環境の三つの課題が相互に絡み合っていることを指し、この認識から貧困などの問題を解決しなければ、人口や環境の問題解決には至らないことが国連などで認識され、持続可能性の実現には、貧困や格差の問題を解決する開発教育の必要性が認識されたとする(田中, 2003: 15-16)。

さらに、これらの問題解決には、「人間中心の開発と参加型の社会が必要であり、そしてそのためには成人教育こそ必要不可欠である」(田中, 2003: 16)とする1997年ハンブルグ宣言<sup>注4)</sup>での基本認識をあげて、田中は、「持続可能な開発のための教育とは、①生態系や環境保護を中心とした従来の環境教育、②人口、貧困、健康といった開発問題を扱う開発教育、③平和、人権、民主主義、共生といった平和教育・人権教育の内容、の三つの柱によって成り立つ」(田中, 2003: 16)と指摘する<sup>注5)</sup>。

一方、我が国においては、持続可能な社会の構築と環境教育の関わりについては指摘されてきた。例えば1999年『これからの環境教育・環境学習－持続可能な社会をめざして－』と題した、中央環境審議会の環境庁への答申では、「持続可能な開発」(中央環境審議会, 1999: 8)やテサロニキ宣言(中央環境審議会, 1999: 10)を引用するだけでなく、地球環境の危機的状況を指摘し、それに対処するには、現在の社会経済活動やライフスタイル、社会システムなどを見直して持続可能な社会を実現する必要があるとして、「人間と環境の相互作用について正しく認識し、実際の行動に生かしていく必要がある。」(中央環境審議会, 1999: 5)と、環境が人類に与える恵みや人間が環境に与える影響などの認識の必要性を指摘している。また、このような認識だけでなく、以下のように、具体的行動へと導くことを通して、持続可能な社会の実現への貢献を環境教育に求めている。

今日の環境教育・環境学習を、環境基本計画の趣旨にのっとり整理すると、「環境に関心を持ち、環境に対する人間の責任と役割を理解し、環境保全活動に参加する態度や問題解決に資する能力を育成すること」を通じて、国民一人ひとりを「具体的行動」に導き、持続可能なライフスタイルや経済社会システムの実現に寄与するものと位置付けられる。

(中央環境審議会, 1999 : 5)

また、この答申では、『関心の喚起→理解の深化→参加する態度や問題解決力の育成』を通じて『具体的な行動』を促すという一連の流れの中に位置づける」(中央環境審議会, 1999 : 24) と、環境教育推進の方向性があげられ、環境教育に人間と自然の相互作用についての理解だけでなく、環境への関心の喚起、環境に対する人間の責任という環境への倫理観の育成や具体的行動へと導くことを求めている。

さらに、社会的合意と環境行政推進との関わりについて、持続可能な社会構築のためには環境政策が必要であるとし、それらの政策を「推進するためには、社会的合意が前提となるものであり、これら社会的合意を促す基盤づくりも環境教育・環境学習が担っている」(中央環境審議会, 1999 : 9) と、社会的合意形成の基盤づくりにも、環境教育が重要な意味をもつと指摘する。

以上のように、この答申では、環境教育で扱う領域やテーマとして、「人間と自然の関わり」に関するものだけでなく、「人間と人間の関わり」に関する広義の環境教育への拡張を求め、そのような「人間と人間の関わり」を扱う場面では、世代間倫理や世代内倫理、社会づくりなどについての内容も含まれるとし、環境教育で目指すところは、「持続可能な社会の実現に収れんされる。」(中央環境審議会, 1999 : 11) と、環境への倫理観の育成や、社会的合意形成の基盤づくり、具体的行動へと導くことなどを求めている(中央環境審議会, 1999 : 7-12)。

しかしながら、この答申では、「持続可能な開発」を推進していくための教育として、例

えば、前述の田中の指摘のような、環境教育とともに開発教育や平和教育・人権教育を含む「持続可能な開発」のための教育（ESD）には言及されず、「持続可能な開発のための教育」や「ESD」の語も使われていない。

我が国では、『国連持続可能な開発のための教育の10年』（UN Decade of Education for Sustainable Development：以下 DESD と略記）を契機として、ESD への展開が進められるようになってきた。2005年から2014年を国連持続可能な開発のための教育の10年とする DESD が、2002年ヨハネスブルグでの「持続可能な開発のための世界サミット」において、日本政府と日本の NGO により共同提案されたことは広く知られる。この提案は、同年第57回国連総会本会議で採択された。

この決議の主文では、UNESCO に DESD の主導機関として「国家教育計画に盛り込む具体的対応の指針となる国際実施計画案」（開発教育協会，2003：93）の作成を要請すると同時に、UNESCO が作成する国際実施計画案に基づいて、『持続可能な開発のための教育の10年』を実施するため、国家教育計画に必要な具体的行動」（開発教育協会，2003：93）に追記することを、各国政府に呼びかけている。このように、DESD の具体的取り組みを実行する各国政府にとっての主導機関である UNESCO を中心として、『DESD 国際実施計画案』（DESD International Implementation Scheme）（以下、本文書を DESD-IIS と略記）は、既存の教育推進の流れとの関係も考慮して作成され2005年に発行された。

我が国では、この DESD-IIS を受けて2006年、「わが国における『国連持続可能な開発のための教育の10年』実施計画」（以下、本文書を国内実施計画と略記）が、国連持続可能な開発のための教育の10年関係省庁連絡会議（以下、関係省庁連絡会議と略記）により策定され、ESD の目標は以下のように掲げられた。

ESD の目標は、すべての人が質の高い教育の恩恵を享受し、また、持続可能な開発のために求められる原則、価値観及び行動が、あらゆる教育や学びの場に取り込まれ、環境、経済、社会の面において持続可能な将来が実現できるような行動の変革をもたらすことです。

(関係省庁連絡会議，2006：3。下線は引用者による)

このように、国内実施計画は、「持続可能な開発」のための「原則、価値観、及び行動が、あらゆる教育や学びの場において取り込まれ」と、あらゆる教育の場<sup>注6)</sup>を ESD の学習の機会と位置づける。さらに、大学等を含む学校教育、社会教育、公的機関の場だけでなく「地域コミュニティ、NPO、事業者、マスメディアなど、あらゆる主体」(関係省庁連絡会議，2006：6)を ESD 実施の主体として明記する。また、多様な主体がそれぞれの立場でのオーナーシップに基づいて ESD に取り組むとして、各主体に期待される取り組み(関係省庁連絡会議，2006：12-17)を明らかにし、「政府は、これらを促進するよう努めます。」(関係省庁連絡会議，2006：12)としている。

以上のように、ESD の推進では多様な主体による主体者意識(オーナーシップ)を重視し、これら多様な主体での活動を促進する行政の役割を重視する。このようなノンフォーマル教育も含む多様な主体での ESD の実施や行政の役割についての指摘は、DESD-IIS<sup>注7)</sup>に同様な指摘があり、我が国の環境教育、例えば中央環境審議会の答申<sup>注8)</sup>にも、国内実施計画ほど明確ではないものの、多様な主体での特徴を活かした環境教育・環境学習の推進・実践についての指摘(中央環境審議会，1999：26)がみられる。

また、ESD の学び方・教え方について、『『関心の喚起→理解の深化→参加する態度や問題解決力の育成』を通じて『具体的な行動』を促すという一連の流れの中に位置づけることが大切です。』(関係省庁連絡会議，2006：7)と、国内実施計画は「具体的な行動」の促進を重視するが、前述したように中央環境審議会の答申にも、同様な「具体的な行動」を促す

とする指摘がある（中央環境審議会，1999：24）。

以上のように、UNESCO の DESD-IIS、及びそれまでの我が国の環境教育の流れを受けて、国内実施計画は、DESD への取り組みをノンフォーマル教育も含む多様な主体での ESD の推進、及びそれらの活動への参加など「具体的な行動」の重視する方向性を示している。さらに、2011 年の国内実施計画の改訂<sup>注9)</sup>では、マスコミなどの ESD 普及啓発における役割の重要性を強調しており、持続可能な社会を構築するために、多様な主体における ESD、市民の ESD への参加など「具体的な行動」、マスコミによる ESD 普及啓発などを求めているものと推察できる。また、前掲した ESD の目標の最後の部分に、「その結果として持続可能な社会への変革を実現することです。」（関係省庁連絡会議，2011：4）と加えることで、ESD による人々の行動の変革を通して持続可能な社会を実現するという方針を明示している。

さらに、学校教育においても、学習指導要領、例えば、2011 年度施行の中学校学習指導要領の理科には、「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、持続可能な社会をつくることが重要であることを認識すること。」（文部科学省，2008：95）と、ESD の視点を含む改訂がなされ、また、学校教育での ESD の推進を目指す、例えば、国立政策研究所を中心として実施された『学校における持続可能な発展のための教育（ESD）に関する研究』（国立政策研究所，2012）の最終報告書がまとめられるなど、国内実施計画を受けた取り組みが行われるようになった。

以上で述べてきたように、環境教育と ESD との関わりについてまとめると、テサロニキ宣言以降、従前の「人間と自然との関わり」を扱う狭義の環境教育から、「人間と人間との関わり」への拡張を含めた広義の環境教育への展開が求められるようになった。我が国では、このような広義の環境教育は、（中央環境審議会の答申などで）「持続可能な開発」を推進していくための教育として位置づけられ、その重要性が認識されてきたが、DESD などを契機として、ESD を構成する要素として位置づけられるようになってきた。また、DESD では、ノンフォーマル教育も含む多様な主体での ESD の実施、及び ESD への市民の参加など「具体的な行動」などとともに、これらの ESD の主体者意識（オーナーシップ）を重視した活動の促進という行政の役割が重視されるようになってきた。

このような持続可能な社会構築のための政策実行には、その基盤となる社会的合意の形成が不可欠である。社会的合意と環境への倫理観との関わりについて、例えば加藤（2001）は、「合意形成は最終的にはすでに共有されている価値観に依存しています。『自然を守ろう』という価値観をまったく持たない人に『自然を守るべきだ』と論証したり、説き伏せたりすることはできません。」（加藤尚武，2001：223）と指摘する。加藤は、政策推進に社会的合意を要する民主主義の枠組みの中で、持続可能なシステムへと移行する政策を実行するには、「自然を守るべきだ」という価値観を基盤とした社会的合意が必要なことを指摘する。言い換えれば、環境に対する人間の責任を理解して自然環境を守ろうとする、環境への倫理観を基盤とした価値観の共有こそ、持続可能なシステムへと移行する社会変革の原点であると指摘する。

また、持続可能な社会の構築には、人類の大量生産・大量消費・大量廃棄といった経済活動優先の社会やライフスタイルの根本的見直しなどが求められる。社会システム変革に必要な社会的合意と同様に、このようなライフスタイルの見直しには「自然を守ろう」という環境への倫理観を基盤とした「具体的な行動」が求められる。さらに、DESD 国内実施計画で明示される、多様な主体の活動における ESD、及びその活動への多数の市民の参加などにも、環境などに対する人間の責任を理解して自然環境を守ろうとする環境への倫理観は不可欠と考えられる。

テサロニキ宣言では、貧困、人口、環境の相互関連性や成人教育の必要性の認識などを背景として、ESD が持続可能な未来達成の手段とされ、環境教育は ESD に内包されるとして、世代内の公正や世代間の公正など、倫理的な問題を含む「人間と人間との関わり」への展開、すなわち広義の環境教育へのパラダイム転換を求められることになった。この広義の環境教育は、我が国では「持続可能な開発」を推進するための教育として認識されてきたが、DESDなどを契機に ESD を構成する要素として明確に位置づけられるようになってきた。

また、テサロニキ宣言の引用部分に「最終的に持続可能性は道徳的・倫理的模範」（阿部他，1999：73）であるとされるように、持続可能な社会の実現には、社会システムの変革や環境行政を支える社会的合意、一人ひとりのライフスタイルの見直しが必要であり、



その基盤となる環境への倫理観が不可欠である。さらに、多様な主体での主体者意識（オーナーシップ）による ESD の推進や、それらの活動への市民の参加など「具体的な行動」の重視という DESD への取り組みにおいても同様に、その基盤となる環境への倫理観が求められる。このように、ESD に内包される環境教育においても、社会的合意や具体的な行動などの基盤となる環境への倫理観の育成が求められる。

## 第2節 世代間倫理の育成

環境倫理は、さまざまな人の関与によって成立し、地域によっても多様なものとされる。これらの環境倫理のうち、世代間倫理は、Hans Jonas（ハンス・ヨナス）により、未来世代への現在世代の責任として初めて導出された。その著書“*Das Prinzip Verantwortung : Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation*”（Jonas , 1979）邦訳：加藤尚武 監訳、『責任という原理』,東信社）から、世代間倫理導出の意図について、また、世代間倫理と「持続可能な開発」との関わりについての指摘などを検討して、ESDを構成する環境教育において、世代間倫理がその育成を目指すべき主要な倫理規範のひとつであることを明らかにする（第1項）。

さらに、環境倫理の育成、及び世代間倫理の育成についての理論的研究により、世代間倫理育成のための基礎となる概念を明らかにするとともに、知識をもとに倫理的な思考力を高めることを目的とする環境倫理の授業について明らかにする（第2項）。

### 第1項 環境倫理における世代間倫理

環境倫理について、例えば、Jardins（2001）は「環境倫理は、人間と自然環境との間の道徳的関係についての体系的説明である。」（Jardins, 2001 : 11）とし、環境倫理学では人間と自然環境との間の規範がどのようなもので、その責任の所在を明らかにするためにさまざまな説明が提案され、さまざまな理論があるとする。また、倫理（ethics）の語源が、ギリシャ語の習慣を意味するエートス（ethos）に由来することをあげ、どの社会にもその社会の典型的な信念、態度、慣例を決める基準があり、そのような意味での倫理について、どの社会にも「その社会に固有な倫理がある。」（Jardins, 2001 : 17）と、多様な社会における多様な倫理の存在を指摘する。

同様に、加藤（1996）は、環境倫理学が、さまざまな人の関与によって成立してきたとし、「その一人一人の主張の細かい部分は無視して、大まかな意味で『環境倫理学』が何を主張しているかを押さえておく必要がある」（加藤, 1996 : 22）として、環境倫理学の三つの主張を以下のようにまとめている。

- I. 自然の生存権の問題—人間だけでなく、生物の種、生態系、景観などにも生存の権利があるので、勝手にそれを否定してはならない。
- II. 世代間倫理の問題—現在の世代は、未来の世代の生存可能性に対して責任がある。
- III. 地球全体主義—地球の生態系は開いた宇宙ではなくて閉じた世界である。

(加藤, 1996 : 22) <sup>注10)</sup>

以上の三つの主張について、山内は、世界の破滅が現実的になる状況下においては、「三つの道徳的拘束事項と考えてよいであろう」とし、「これらの三つの事項はこれからの経済のあり方、政治のあり方、法のあり方を拘束する方向を示している」(山内, 2003 : 125)として、世界を破滅から守る規制などの根拠となる倫理規範であると指摘している。

加藤によってまとめられた環境倫理学の三つの主張のうち、世代間倫理は、未来世代の生存や人間らしい生活を可能にする責任を現在世代に求めたものであり、1979年にJonasにより導出された<sup>注11)</sup>が、その著書“*Das Prinzip Verantwortung : Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation*”(Jonas, 1979)の邦訳『責任という原理』(Jonas, 2000)から、世代間倫理導出には以下のようなJonasの強い意思があったことが窺われる。

こうした世界—人間が住むにふさわしい世界—が、未来もずっと存在しなければなら  
ない。未来もずっと、人類の名にふさわしい者達が、世界に住み続けなければならない。

(Jonas, 2000 : 20 : 強調文字は原典による)

以上のように、世代間倫理は、未来世代の人間らしい生活の保障を我々現在世代に求める倫理規範である。世代間倫理の重要性について、「現在世界のもっとも中心的な課題」であり、「『世代間倫理』(ハンス・ヨーナス)が存在しないならば、環境問題は解決しない。」(加藤, 1991 : 31)と加藤は指摘している。

また、「持続可能な開発」について、「現在のライフスタイルが向かうべき方向として妥当なかたちを提案している。」(Jardins, 2001 : 88) と支持する Jardins は、将来世代への我々の倫理的責任(すなわち、世代間倫理)と「持続可能な開発」との関わりに言及し、この「持続可能な開発」への哲学的支持の根拠は、将来世代への倫理的責任(すなわち、世代間倫理)、及び人口と消費の現在のパターンにあるとして、将来世代の権利を守るために、我々には三つの義務、すなわち「代替エネルギー源を開発するために誠実かつ真剣に努力する義務」、「エネルギー源を保全する義務」、将来世代の人々の「幸福に、理に合った機会を与える義務」(Jardins, 2001 : 82) があるとする。このように、Jardins は、世代間倫理は、「持続可能な開発」の根拠となる倫理規範であることを指摘している。

同様に、エネルギー資源について、加藤は化石燃料などの例を以下のようにあげて、世代間の公正な分配と世代間倫理の関わりを指摘する。例えば、石油・石炭は「地球の生態系が 35 億年かってため込んできた太陽エネルギーの塊」(加藤, 1998 : 11) であり、限られた世代で使いきってしまうことはエゴイズムであるとし、世代間での公正な分配を求める。さらに、彼は、経済的豊かさが資源に依存し、経済的豊かさを希求するほど資源を過剰に消費して、未来世代を犠牲にする現在の社会構造に言及し、それをくい止め「世代間の公正」な分配をするには、未来世代の人間らしい生活を保障する世代間倫理が不可欠であると指摘している(加藤, 1991 : 36-39)。

また、世代間倫理を「現在世界のもっとも中心的な課題」とし、「世代間倫理が存在しないならば、環境問題は解決しない」とする前述の指摘に関わって、加藤は、未来への責任という倫理は「近代倫理の構造的な欠陥」(加藤, 1991 : 38) であるとする。ここでの「近代倫理の構造的な欠陥」とは、共時的な人間の関係のみを扱う構造<sup>注12)</sup>の倫理学が、現在と未来という通時的な関係を扱えず、未来世代の権利を保障する倫理が明らかにされてこなかったことを指す(加藤, 1991 : 30-38)。

さらに、近代的な決定システムについて、「現代世代の未来世代に対するエゴイズムをチェックするシステムが内蔵されていない。」(加藤, 1991 : 33) と、現代社会の「約束、契約、投票、訴訟、立法というような人間相互の間の拘束力を生み出すような有効な決定は共時構造の中にある」ため、未来世代の権利は保障されないとし、このような未来世代の

権利が保障されない現代社会の構造の中で、環境問題解決のための規制などを実行するには、その基盤となる世代間倫理が不可欠であることを指摘している。

一方、鬼頭は『環境倫理』とは、『環境』に対してどのようにふるまうべきなのかという規範である。」(鬼頭, 2009 : 15) とし、環境に関わる具体的な問題に対するふるまい方は、さまざまなレベルでとらえられると、以下のような白神山地の環境保護の事例をあげて、地域における自然環境の持続可能な利用と環境への倫理観とのかかわりについて述べている。

白神山地は、青森県と秋田県の県境に位置するブナを主とする植生の『原生』的な自然環境<sup>注13)</sup>(鬼頭, 1996 : 174) であるが、1993年に世界遺産に登録され、その保護のために世界遺産地域で入林禁止などの措置が取られた。鬼頭は、例えばこの施策などについて、青森県側と秋田県側などでの考え方に違いが生じ議論が錯綜したことを取り上げ、「国家が、ある普遍的な環境倫理のあり方から保護していくというやり方」について、「現実には地域の人たちの生活との関係で、トラブルが発生しがちであった。」(鬼頭, 1996 : 159-160) と指摘している。さらに、そのような地域による考え方に違いは、自然と関わる文化などの地域での差異によることを指摘し、地域の多様な文化は人々の暮らしが社会的、経済的なつながりの中で成り立ち、文化的、宗教的なつながりとも関連して、それぞれの風土の中で形成されてきたと指摘している(鬼頭, 1996 : 202-236)。

鬼頭は、そのような地域の文化の多様性を理解せず、環境倫理の普遍性を妄信して規制や施策を押しつけるのではなく、「多様な文化を、普遍的な環境倫理とどう折り合わせていくのか課題となっている」(鬼頭, 1996 : 159) と、自然環境の持続可能な利用には、その地域の文化にふさわしい環境倫理を見出し、確立することが重要であると指摘している。

このように、地域にふさわしい環境倫理を求める鬼頭の指摘は、具体的な事例の研究に基づいており、環境倫理を普遍的なものとして決められた規制などにより、実際に地域で生じたトラブルや文化におよぼした影響などから考察されたものである。また、地域にふさわしい環境倫理を求める指摘は、それぞれの地域の背景にある多様な文化による、多様な環境倫理の必要性を意味するものでもある。

さらに、鬼頭は「地域のために、また子孫のために持続可能な利用をし、森林を守って

いこうとするありようを、地域の人たちがローカルな環境倫理として確立していくことこそが現在求められている」（鬼頭，1996：160-161）と、自然環境を守り持続可能な利用をするには、地域の人々の意思が不可欠であり、そのような意思の基盤として、「子孫のために」という世代を超えた倫理規範、言い換えれば世代間倫理の地域レベルでの確立の必要性を指摘している。

従って、鬼頭は、『環境』に対してどのようにふるまうべきなのか」という環境への倫理観として、それぞれの地域での多様な環境倫理の必要性を指摘するが、そのような環境倫理を確立し自然環境を持続可能に利用するには、世代間倫理という倫理規範を基盤とする、それぞれの地域の人々の意思が共通して必要であることを指摘している。このように、多様な地域の持続可能な環境の利用においても、世代間倫理の必要性は指摘されている。

本節では、多様な環境への倫理観のうちのひとつである、世代間倫理を中心に理論的に研究した。その結果、「持続可能性な開発」の根拠となる規範であるとする Jardins (2001) の指摘や、「持続可能性な開発」に内在する「世代間の公正」において未来世代の権利を保障する倫理規範であるとする加藤 (1991) の指摘、さらに、地域の多様な自然環境の持続可能な利用の基盤となる倫理規範であるとする鬼頭 (1996) の指摘などから、世代間倫理は、持続可能な社会を構築するための中核的倫理規範として位置づけられることが明らかになった。従って、「世代間倫理」は、ESD を構成する環境教育において、その育成を目指すべき環境への倫理観の主要な倫理規範のひとつと考え、第 2 項でその育成について理論的に研究する。

## 第2項 世代間倫理育成のための理論的研究

ESDを構成する環境教育において、環境への倫理観の育成、特に「持続可能な開発」の根拠とされる世代間倫理の育成が求められることは、本節第1項、及び第1節第2項で明らかにしたが、このような環境倫理の育成をめざす指導について、十分検討されているとは言い難い。また、環境倫理を扱うには、環境倫理についての理論的研究が必要であるとの指摘（大辻, 1998 : 8-11）もある。そこで、本項では、環境への倫理観の育成、とりわけ世代間倫理の育成について、「どのように環境倫理は育成できるのか。」という問いを中心として理論的に研究する。

環境倫理の必要性について、例えば、鈴木（1996）は水質汚染や地球規模の温暖化などの例をあげ、今日の環境問題の多くが不用物を共有空間に、それが受け入れられる範囲を超えて捨てられることによるとして、人々の意識変革を促す教育の必要性があると指摘する。また、このような意識変革のために、人々の間に共通の価値観を生み出すことが必要であり、環境倫理の確立が求められるとする（鈴木, 1996 : 152-153）。また、倫理観は個人の価値観を超えた人々に共通の価値観であることから、「環境倫理は特定のものによって一方的に押しつけられるべきものではない。一人一人が自分の価値観からスタートし、人々と議論するなかで共通のものにそだてていくこと」（鈴木, 1996 : 153）になると、共通のものに育てる過程での議論の重要性を指摘する。また、そのために周囲の環境や環境問題に関心を持ち、それらについての知識を身につけるなどの学習が必要になると、環境倫理の確立のためにも、環境や環境問題についての知識の必要性を指摘している（鈴木, 1996 : 152-154）。

荻原は、アメリカの環境教育における価値の枠組み（荻原, 2000）や、価値観の教授法（荻原, 2003）について研究し、アメリカの環境教育に携わる人々には、早くから「環境問題と人間の価値観が密接に関わっている」（荻原, 2000 : 89）ことが認識されていたと指摘している。また、環境教育で扱う価値を、「人と人の関係を律する価値」、及び「人と自然の関係を律する価値」の二つの枠組みで分け、前者に含まれる内容として、世代内での公正、及び世代間での公正をあげ以下のように指摘する。

環境教育の研究者や州の環境教育ガイドラインにおいてほぼ共通して取り上げられているのは、現在の世代内での公正、すなわち現在世代の間で見られる資源や環境の質の享受における著しい不平等を正すことと、現在世代と未来世代の間での公正、すなわち現在世代が資源や環境の質を劣化させないで、未来世代に世界を引き継いでゆくことの2つである。

(荻原, 2000 : 90)

以上のように、彼は現在世代と未来世代の間での公正、すなわち世代間の倫理は、アメリカの環境教育において共通して取り上げられていることを指摘している。

また、このような価値観の教授について、学習者の年齢<sup>注14)</sup>などによって「身につけるべき価値観を明瞭に提示する」教え込みの手法もとられるものの、「環境教育における価値観の押し付けを排し、各人の選択に任せるという、価値明確化の考え方」(荻原, 2003 : 341) が、広く様々な題材の教材で用いられるとする。彼は、この価値明確化の指導では、「正しい価値観を身につけさせようとしているのではなく、学習者が自らの価値観を吟味し、明確化することを促進する」(荻原, 2003 : 335) ために価値対立問題が取り上げられるとし、この手法は学習者が自らの価値観に気づかせるために行われると指摘している。

Palmer は、環境教育における環境倫理の授業の重要性を「環境倫理や環境的な価値観についての明確な授業が、あらゆる種類の環境教育の中核にちがいない」(Palmer, 2006 : 1) と指摘する。また、大学や大学院での環境倫理の授業を、アドボカシー (advocacy 政策提言など)<sup>注15)</sup>のしめる役割の違いで、四つのタイプ<sup>注16)</sup>に分け (Palmer, 2006 : 2-5)、そのうちのひとつ “pure intellectualist (純粋な知的研究主義者)” については、「環境への敬意とともに学生の倫理的思考力の発達を目的とする純粋に知的な学習課題のように見える。」(Palmer, 2006 : 3) と以下のように説明する。



環境に関わって生じる倫理的な問題 (issues)、及びこれらの問題について考えるために関連しそうな一連の倫理的アプローチや価値観の概要について導入する。学生は、クリティカルに考え、批判に対する論拠を熟考するよう主張を分析して、彼ら自身の堅実な主張を発達させ、その根拠を述べるよう奨励され、うまくいけばそれができるようになる。

(Palmer, 2006 : 3)

Palmer は、環境倫理の授業のひとつのタイプとして、知的な学習課題のような授業があることをあげ、このタイプの授業では、環境に関わって生じる倫理的な問題を取り上げることで、その問題に関連する倫理的アプローチや価値観を導入すると指摘している。さらに、このタイプの授業の目的は、前述のように「環境への敬意」、及び「倫理的思考力の発達」であり、「学生自身の信念や価値観、習慣などに影響を及ぼすことを目的とするのではない。また、環境保護の促進を目的とするわけでもない。」(Palmer, 2006 : 3) と、(学んだ授業の結果、学生が変容することになったとしても、) 学生の変容が目的ではないことを指摘している。

以上のように、環境教育における倫理観の育成などの重要性は、様々な立場から指摘され、そのための様々なタイプの授業があることが明らかになった。そのうちには、学習者の倫理的な思考力を高めるために、学術的な科目と同様に、クリティカルに考え論拠を熟考するタイプのものがあることが明らかになった。このタイプの授業は、環境に関わる倫理的な問題を取り上げること、及びこの問題について知識をもとに検討するとともに、倫理的なアプローチを取り入れる。従って、このタイプの授業は、教科の知識をもとに、倫理的なアプローチを取り入れて、授業を展開することが可能になると考えられる。

一方、世代間倫理の育成に関わって、加藤は、公害の原因となる企業で働いている従業員の例をあげ「自分の行為の結果としてある人がなんらかの被害を被ることになることを認識すると、その人に対するある種の義務や責任が意識されることがある。」(加藤, 1998:100) とし、未来世代に対する責任の自覚について以下のように指摘する。

環境問題に関しても、私たちの選択しただけでは未来世代の人々が悲惨な状況に陥る可能性が高いことを認識するなら、それによって未来世代の人々に対する責任が意識されることになるだろう。

(加藤, 1998:100-101)

以上のように、加藤は未来世代の人々への責任を自覚するには、未来世代の人々が悲惨な状況に陥る可能性が高いという、認識が必要であると指摘している。また、私たち現在世代の行為や選択の結果として悲惨な状況に陥るといふ、因果関係への理解の重要性を指摘して、「私たちの行為と未来世代の人々が味わう苦痛との間に成立する因果関係を十分に認識するなら、未来世代に対する『義務』と『責任』が自覚されることになるだろう。」(加藤, 1998:102-103) としている。

さらに、加藤は、未来の人々に恩恵をもたらせるという認識の重要性について「私たち現在世代には、未来の状態をある程度予測し、その状態を左右できる力がある。私たち現在世代の選択は、未来世代の人々の生活に大きな影響を与える。」(加藤, 1998:103) と、選択によっては未来世代へ恩恵をもたらせるという認識が重要であることを指摘している。ここでの「大きな影響」とは、現在世代の行為の結果としての未来世代への「脅威」だけでなく、未来の人々が健康に生活できる環境を整えて「恩恵」をもたらす選択もできるという認識である。すなわち、未来世代への脅威を防ぐ現在世代の選択は、未来世代への「恩恵」となり、そのような選択ができるという認識により、未来の人々のために「健康な生活を送るための条件を整えておく義務が意識される」(加藤, 1998: 103) と、未来世代への義務と責任、すなわち世代間倫理の自覚につながることを指摘している。

このような加藤の指摘からは、未来世代に対する責任の自覚、言い換えれば世代間倫理を育成するには、まず、私たち現在世代の行為などにより未来世代が悲惨な状況に陥る可能性が高いという認識(①脅威の認識)が必要であることが明らかである。すなわち、「現在世代の行為(選択)が、未来世代の生活に大きな影響(脅威と恩恵)を与える」という

認識である。そこで、この認識を世代間倫理育成のための基礎となる概念と位置づけ、図1-1に、この世代間倫理の基礎となる概念と世代間倫理の育成との関わりを図示した。また、この概念を未来世代の味わう悲惨さと現在世代の行為との因果関係の理解(②)、及び脅威を防ぐ選択ができることの認識(③恩恵の認識)から形成する指導により、未来世代への責任が意識され、世代間倫理が育成できると考えられる。

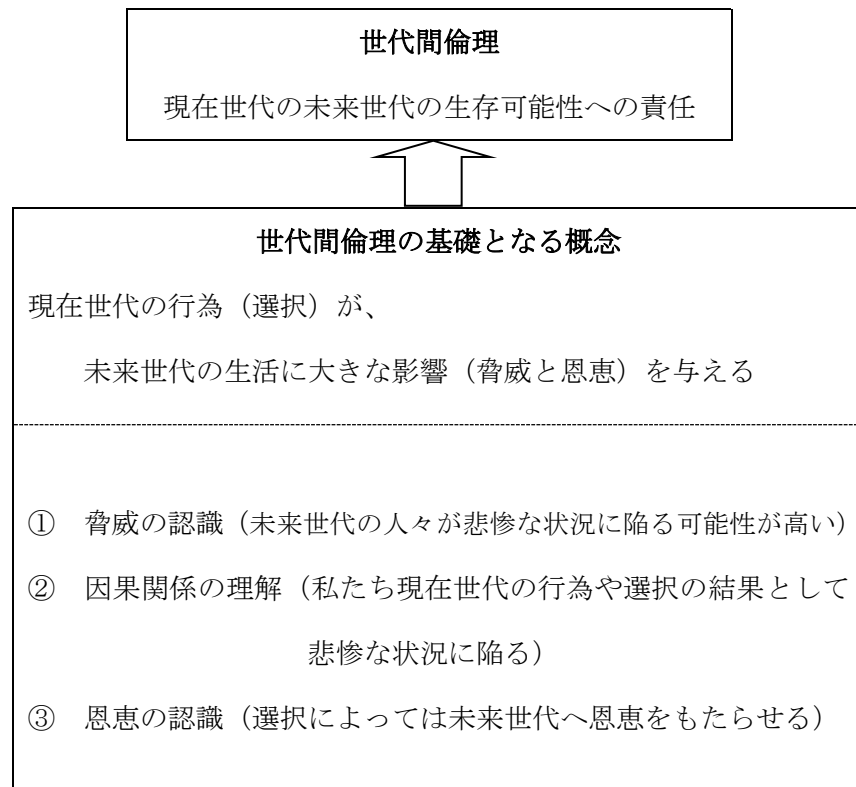


図1-1 世代間倫理の基礎となる概念と世代間倫理

この項では、世代間倫理育成のための指導について、先行研究をもとに理論的に研究した。その結果、世代間倫理など、環境への倫理感を育成することの重要性が明らかになった。また、環境倫理の授業には、環境に関わる倫理的な問題を取り上げ、学習者の倫理的な思考力を高めることを目的として、知識をもとに倫理的なアプローチを取り入れて学習するものがあることが明らかになった。さらに、世代間倫理の育成には、未来世代への脅威がおよぶことを認識する必要があるとする加藤の指摘から、「現在世代の行為(選択)が、未来世代の生活に大きな影響(脅威と恩恵)を与える」という認識を世代間倫理の基礎となる概念と位置づけ、中学校理科の知識をもとに、倫理的なアプローチを取り入れて、この概念を形成する授業が展開できないか、その可能性について第3節で検討する。

### 第3節 中学校理科における環境教育の利点

本節では、第2節で明らかにした世代間倫理育成のための指導と中学校理科との関わりについて検討する。そのために、まず、先行研究をもとに、中学校理科と環境教育やESDの関わり、中学校理科における環境への倫理観の育成、及び中学校理科における環境教育の特質などについて明らかにする（第1項）。次に、このような中学校理科における環境教育の特質などを活かした世代間倫理の育成を目指す指導や教材開発の方策について検討する（第2項）。

#### 第1項 中学校理科における環境教育の利点

第1節第2項でふれたように、ESDは「あらゆる教育や学びの場」に取り込まれるとされるが、ESDを構成する環境教育<sup>注17</sup>も同様に、「あらゆる教育や学びの場」に取り込まれる生涯を通じた学習と考えられ、学校教育における特定の教科だけで行えるわけではない。しかし、学校教育における環境教育は、生涯にわたって環境に関心をもち続ける態度の育成や、そのための基礎的な知識、技能を身につける機会として重要な意味をもつ。例えば、山極は、学校教育における環境教育の役割について以下のように指摘している。

環境教育は、学校教育だけでなく、家庭や地域との関連が深いこと、生涯学習への途を開くものであること、さらには、単に環境に関わる内容の知識・理解の習得にとどまらず、子どもの感性を刺激し、自然から主体的に学ぶために必要な技能、能力の育成や態度の形成に大きな役割を担っている。

(山極, 2002 : 309)

学校教育における環境教育は、生涯にわたる環境学習の基礎であり、知識・理解や、技能、能力の育成だけでなく、主体的に環境に働きかける態度や環境保全のための実践的な行動力を身につけさせることが重視される。

さらに、山極は、環境教育と教科の目標との関わりについて、環境問題が「経済社会問題、科学技術、倫理、生活環境など多方面に関連」することから、「学校においては、社会科、地理歴史科、公民科、理科、家庭科、保健体育科、生活科、道徳、特別活動など、それぞれの教科等の目標を達成するなかで併せて環境教育の目標（理解、能力、態度）が達成されるようにすることが望ましい。」（山極, 2002 : 312）と指摘している。同様に岡本（2011）は、学校でのESDについて、「あくまでも学習指導要領に沿った学習を進める中で実施できるもの」（岡本, 2011 : 381）と、ESDと教科の指導目標との関わりについて指摘している。

現行の中学校学習指導要領の理科は、第1章第1節第2項で明らかにしたように、ESDの視点を含むよう改訂され、持続可能な社会の構築の重要性の認識を目標として、「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」（文部科学省, 2008 : 95）することが掲げられている。第1分野では「エネルギー資源の利用や科学技術の発展と人間生活とのかかわりについて認識」（文部科学省, 2008 : 52）を深めるとして、エネルギー資源の有効利用などについて、第2分野では「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」（文部科学省, 2008 : 90）を深めるとして、自然環境の保全について指導することが求められる。従って、中学校理科における環境教育は、このようなエネルギー資源の有効利用や自然環境の保全の学習内容において、持続可能な社会の構築の重要性を認識させることを目標とし、しかも理科の特質をいかす指導を通して実施していく必要がある。

一方、中学校理科における環境への責任感や倫理観の育成を求める指摘もある。環境問題に関わる青少年の意識調査の結果などから、例えば堀内は、「地球的規模の環境問題への関心が小学校6年生から中学校3年生にかけて10%以上も高まることから、特に中学生には、“地球上に生活する一人ひとりがこの問題の重要性を認識し、環境に対して責任ある行動を取ることの必要性”を十分に指導しなければならない。」（堀内, 1992 : 25）と述べ、大嘉は、「青少年の意識の現状からみるならば、論理的に物事を考え思考する成長期にある青年前期（中学生）の段階から、未来環境の在り方を考えさせ創造させてゆくための教育指導がなされなくてはならない。」（大嘉, 1998 : 519）と述べて、青年前期（中学生）にお

いて環境に対する責任の自覚となどの教育指導の必要性を指摘している。

また、理科の学習への興味や必要感を高める効果から、科学的知識などをもとにした倫理的な問題などについての学習を求める指摘もある。例えば、Lock の「科学を倫理的な問題の検討に応用することが、生徒の知識の獲得や科学の方法の理解にも役立つ」(Lock, 1998 : 111-112) とする指摘<sup>注 18)</sup>や、鶴岡の「科学技術と関わって、自然環境と人間生活のかかわりに気付き、環境学習の必要性を認識した生徒に、科学や技術の『意味を問うこと』で、「青年期の生徒たちの、学習の興味や必要感を高めることも可能なはずである」(鶴岡, 1996 : 197) という指摘などである。

山極は理科の内容を「事象を環境倫理の視点で見る。」(山極, 2002 : 320) と、自然科学的な事象を倫理の視点からも見るができるとして、理科における環境倫理の視点からの指導の必要性やその可能性を指摘する (山極, 2002 : 320-321)。さらに、第 1 章第 1 節第 2 項で述べた、国立教育政策研究所による「学校における持続可能な発展のための教育 (ESD) の研究」では、持続可能な社会づくりのための概念として、表 1 - 1 に示すように、「相互性」「多様性」「有限性」、「公平性」「責任性」「協調性」の六つの構成概念があげられており、人を取り巻く環境のとらえ方に関する概念だけでなく、人の意思・行動の在り方に関する概念についても、学校での ESD においても指導することが求められている。

表 1-1 「持続可能な社会づくり」の構成概念の関係

上位概念 \ 視点	①多種多様な要素からなる視点	②互いに作用し合う視点	③ある方向へ変化している視点
〔1〕人を取り巻く環境（自然・文化・経済など）に関する概念	「多様性」	「相互性」	「有限性」
〔2〕人（集団・地域・社会・国など）の意思や行動に関する概念	「公平性」	「連携性」	「責任性」

（『学校における持続可能な発展のための教育（ESD）に関する研究』最終報告書より

引用：国立教育政策研究所，2012：5）

このように、堀内（1992）や大嘉（1998）の意識調査の結果に基づく指摘、Lock（1998）や鶴岡（1996）の理科の学習への興味を高める効果からの指摘など、中学校理科における環境への倫理観育成を求める指摘は少なくない。しかし、その指導法について、例えば、授業にディベートを取り入れた山本などによる報告（山本，1996）もあるものの、環境への倫理観育成を目指す確立した教材や指導法が存在するとは言いがたい。

そこで本研究では、環境倫理やその育成についての理論的研究をもとに、世代間倫理の育成を目指す指導法や教材を開発しようとした。また、理科の学習目標との関わりから、理科の特質をいかした指導や教材とする必要がある。そこで、このような指導法を開発するために、環境教育における理科の特質について検討する。

例えば、藤田（1996）は、中学校理科の環境教育で重視したい特質として、「自然環境要因相互の生態系的理解」や「人間活動と自然環境要因相互の基本的関係の理解」（藤田，1996：658-659）をあげている。また、鶴岡（1996）は、以下のように理科の特質を指摘している。



理科学的な知識・理解は、環境問題を、①原因・生成機構、②影響・被害、及び③対策・取り組みと区分した時、主に①と②の自然科学的メカニズムにかかわり、③の一部である技術対策にもかかわっている。

(鶴岡, 1996 : 197)

また、岡本(2011)は、表1-1に示した持続可能な社会づくりのための概念とされる六つの構成概念のうち、特に、「持続可能な社会をシステム(互いに作用している多種多様な要素からなり、ある方向へ変化している)ととらえて設定」(岡本,2011 : 380)される三つの構成概念「相互性」「多様性」「有限性」について、「自然をシステムととらえる点で理科教育(科学概念)との関連が強い。」(岡本,2011 : 380)と、ESDにおける理科の特質を指摘している。

先行研究を分析した結果、環境への倫理観の育成を含む環境教育は、特定の教科だけで行うことは十分とは言えないが、環境問題の自然科学的側面を中心とした環境教育を通して、理科教育はESDの一翼を担っており、生徒の意識の調査や、理科の学習への興味を高める効果などから、中学校理科において環境への倫理観育成を求める指摘も少なくない。また、中学校理科で世代間倫理の育成を目指す教材を開発する際には、理科の指導目標に含まれる、自然環境保全と科学技術の利用の在り方についての考察を通して、持続可能な社会構築の重要性を認識させることを目指し、理科の特質である、人間活動と自然環境要因相互の関わりや科学的メカニズムなど、科学的な知識という利点をいかして指導する必要がある。

一方、持続可能な社会の構築を目指すには、資源や環境の持続可能な利用が必要とされることは、第1節第1項で明らかにした。また、そのためには社会的合意や具体的行動などが必要であり、その基盤となる環境への倫理観の育成が求められることは、第1節第2項で明らかにした。さらに、様々な環境への倫理観のうち、世代間倫理は、「持続可能性な開発」の根拠であり、未来世代の権利を保障する倫理規範とされ、地域の多様な自然環境

の持続可能な利用においても、基盤となる倫理規範とされることは、第2節第1項で既に明らかにした。従って、世代間倫理は、持続可能な資源や環境の利用やそのための科学技術の利用の在り方を考察するために、その育成を目指すべき環境への倫理観の主要な倫理規範のひとつと考えられる。

## 第2項 世代間倫理育成のための指導と中学校理科との関連

本項では、本章第2節で明らかにした世代間倫理の基礎となる概念と位置づけた、「現在世代の行為（選択）が、未来世代の生活に大きな影響（脅威と恩恵）を与える」という概念（図1-1）を形成する指導のために、環境教育の拡張、及び中学校理科における特質をいかすことを視点として、その教材開発の方策について検討する。

理科におけるESDについて佐藤（2011）は、環境の持続可能な範囲で経済・社会の発展を考える概念の重要性から、自然と科学に基づく理科教育が、持続可能な社会づくりにおいて果たす役割が大きいと、環境教育における理科教育の役割の重要性を指摘している。さらに、「自然と科学に基づいた従来の環境教育（狭義の環境教育）にとどまらず、社会文化的側面、経済的側面との関連性にも配慮した取り組みが不可欠である。」（佐藤，2011：371-372）と、理科教育における広義の環境教育へ展開、及び「人間と人間との関わり」を含めた取り組みの必要性を以下のように指摘している。

今後、理科教育における環境教育の展開においては、他教科との関連を生かした上で、「人間一人間の関係性」や、社会文化的側面、経済的側面との関連性にも配慮をした「広義の環境教育」を射程にいれた取り組みを行う必要があるだろう。

（佐藤，2011：372）

同様に、中村は、理科における環境教育について、「自然科学の領域から一歩進んで、総合的な判断や価値づけを行う授業時間をもうけること」、及び教師と生徒、生徒と生徒の間での「意見を戦わしあう自己表現の場を設定される」（中村，1996:654）ことを重視した取り組みを求め、中学校理科における環境教育について以下のように述べている。

科学文化の発展による心地よい自分の生活とその背後に生じる環境問題の深刻化との矛盾の中で、自分の選択が迫られることを意識させることができればよいのではなかろうか。

(中村, 1996:654)

第1節第2項で述べたように、世代間の不公正などの倫理的な問題は、「人間と人間との関わり」へと環境教育を拡張した場面で浮上する。従って、倫理観の育成を目指す教材では、自然と自然の関わりや「人間と自然の関わり」を扱ってきた、狭義の環境教育を「人間と人間との関わり」へと拡張して行う必要がある。

そこで、本研究では、世代間の倫理的な問題を含む事例を取り上げ、理科教育の特質をいかした、人間活動と自然環境の相互の関係や自然科学的メカニズムの理解を基礎として学習するとともに、その対象を「人間と人間との関わり」へ拡張して、世代間の不公正な分配など、倫理的な問題に気づかせる指導を取り入れた教材として開発することとした。このような、科学的視点、及び倫理的な視点の両面から指導する、世代間倫理育成のための教材の開発についてさらに検討する。

第2節第2項で明らかにしたように、世代間倫理の育成には、世代間倫理育成のための基礎となる概念の形成（「現在世代の行為（選択）が、未来世代の生活に大きな影響（脅威と恩恵）を与える」という認識）が必要である。この概念の形成にあたっては、図1-1に示したように、①脅威の認識（未来世代の人々が悲惨な状況に陥る可能性が高い）だけでなく、私たち現在世代の行為と未来世代が味わう悲惨さとの②因果関係の理解や③恩恵の認識（選択によっては未来世代へ恩恵をもたらせる）が必要である。

「現在世代の行為（選択）が、未来世代の生活に与える大きな影響」とは、例えば、地球の大気圏の汚染や核廃棄物の蓄積、化石燃料の過剰消費など、人間が自然環境に影響を与え、時間とともに自然環境の悪化や資源の欠乏が進み、その結果として未来世代の生活が脅かされることなどが考えられる。このような内容は、資源の持続可能な利用に関わる

理科の学習内容にあたるものの、未来世代の生活の悲惨さなどは未だ明らかではない。従って、現在世代の行為による未来世代への影響について、生徒に理解させることには困難が予想される。

さらに、将来の環境や資源の変化は予測が難しく、地球温暖化などについても、例えば渡辺（2004：556-559）のような多様な意見があり、あいまいさが生じる。また、それらを科学的に理解するための高度な知識も含めて、既習事項をもとにした生徒の理解や教材の開発には困難が伴う。言い換えれば、未来世代へ脅威をおよぼす現在世代の行為について扱う場合、大気圏の汚染や核廃棄物の蓄積、化石燃料の過剰消費などの減少など未来世代の生活を脅かす可能性のある現象（①脅威の認識）については扱えるものの、その脅威と現在世代との因果関係（②）の既習事項をもとにした自然科学的メカニズムの理解、及び恩恵の認識（③）の扱いには困難が予想される。

そこで、過去の文明崩壊などの事例を、歴史的事実に基づいて自然科学的な視点から学習できないか検討した。近年、環境考古学の発達により、湖沼の堆積物中の花粉などの分析から、過去の環境（気候や森林の変遷、水面の変動など）の変化が解明されてきた。例えば、菅原（1996）は、次のように、地中海周辺、中国大陸、イースター島、北アメリカなど、森林破壊により文明が崩壊した事例が、世界の各地にあったことを指摘している。

文明が森林に侵入するようになると、森林は人間によって破壊され続け、結局は文明も衰亡させてきた。ギルガメシュ（人類最古のメソポタミアの神話であり、その主人公である王の名前。5000年前に森林を破壊し都市文明のもとを築いたとされる。）をはじめとする各地の諸文明の担い手たちは、森林資源を利用して文明を発展させてきたが、森林資源は有限であるので、やがては食いつぶすことになり、結局はみずからの文明を崩壊させた。

（菅原, 1996 : 253 : () 内は引用者による）

このような歴史的事実に基づいた過去の事例をとりあげれば、人間活動と自然環境の相互の関係や自然科学的メカニズムをもとにした自然環境の変化など、理科の特質を活かし

た指導ができるのではないかと考えた。言い換えれば、人間活動と自然環境の相互の関係や自然科学的メカニズムをもとにした①原因・生成機構、②影響・被害③対策・取り組みを活かした指導である。すなわち、先行する人々の過剰な伐採などの行為が①原因・生成機構となり、その影響を森林が受け、時間の経過とともに生態系の破壊が進み、後継する人々の生活を脅かして②影響・被害をおよぼすことになる。また、その事例の因果関係を理解すれば、森林破壊を食い止める③対策・取り組みなども検討できる。

さらに、このような事例において、先行する世代と後継する世代という「人間と人間との関わり」に着目させれば、先行する世代が後継する世代に与える大きな影響が理解できる。すなわち、教材開発の方針とした、理科教育の特質をいかす科学的視点、及び「人間と人間との関わり」に対象を広げた倫理的な視点の両面からの指導によって、世代間倫理の育成を目指す教材が開発できる。そこで、本研究では、歴史的事実に基づいた過去の事例をとりあげて教材化することにした。

## 第2章 「世代間倫理の基礎的概念」の形成のための教材開発

本章では、世代間倫理を育成するための教材の開発やそれを用いた指導について検討する。「先行する世代の選択が、後継する世代の生活に大きな影響を与える」という概念を世代間倫理の基礎的概念と定義したこと、この概念を過去の事例から現在を考える「過去－現在」型教材の学習から形成しようとしたことを明らかにする(第1節)。イースター島での環境破壊が文明の崩壊させた歴史を取り上げて教材「イースター島の悲劇」を開発したことやその教材観(第2節)、及び「イースター島の悲劇」の授業構成や指導案について明らかにする(第3節)。

### 第1節 「世代間倫理の基礎的概念」の形成のための「過去－現在」型教材

世代間倫理を育成するには、「現在世代の行為(選択)が、未来世代の生活に大きな影響(脅威と恩恵)を与える」という、世代間倫理の基礎となる概念(図1-1)を、その因果関係の理解とともに形成する必要があることは第1章第2節で明らかにした。そもそも世代間倫理は、現在、地球規模に広がりつつある環境や資源の問題が、未来世代の生存可能性すら脅かしかねない現状を背景として、現在世代の責任を問うものである。従って、世代間倫理の育成を目指すには、現在世代と未来世代という二つの世代の間での、環境の破壊や、資源の過剰消費についての問題を題材として取りあげることが考えられる。しかし、第1章第3節第2項で述べたように、現在世代と未来世代との問題を題材とする教材では、その開発や既習事項をもとにした理解に困難が予想される。

そこで、資源の過剰消費や環境破壊などを原因として、文明が崩壊した過去の事例において、「先行する世代の選択が、後継する世代の生活に大きな影響を与える」という(時代を特定しない)概念を形成することとし、「世代間倫理の基礎的概念」と定義した。すなわち、過去の事例を教材化して、「世代間倫理の基礎的概念」を、その因果関係の理解などとともに形成すれば、現在の資源の過剰消費や環境破壊についての知識から、現在世代の選択が未来世代の生活に大きな影響を与えることも認識できる。

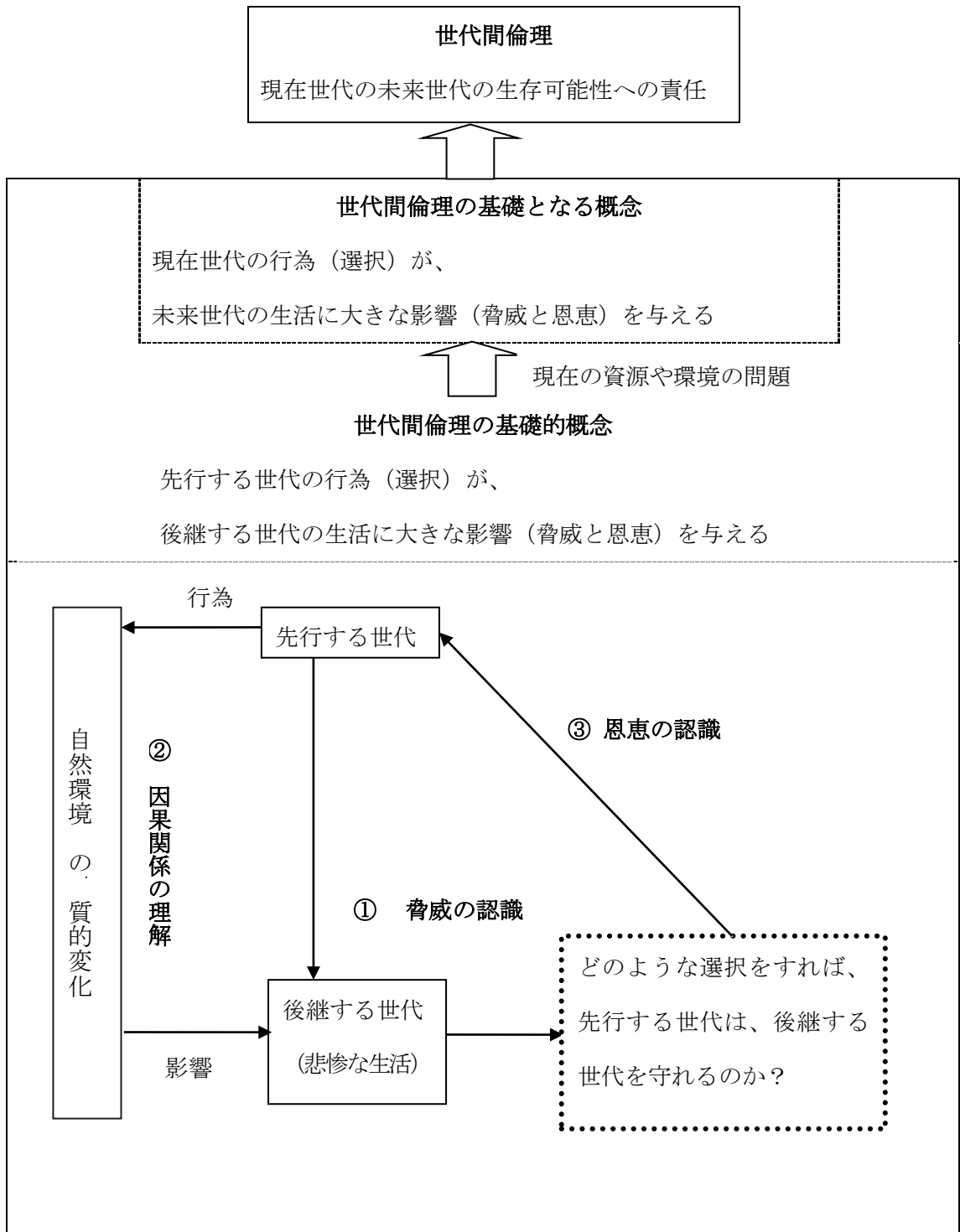


図1-2 「世代間倫理のための基礎的概念」形成の概念図



「世代間倫理の基礎的概念」形成についての概念図を図1-2に示す。歴史的事実にもとづくこのような事例では、後継する世代の味わった悲慘さ（脅威）は明らかであり①脅威の認識は容易にできる。また、先行する世代の資源や自然へ与えた影響や、それによって生じた環境の悪化、悪化した環境での後継する世代の悲慘な生活と、その②因果関係の理解については、既習事項をもとに、人間活動と自然環境の相互の関係や自然科学的メカニズムによる自然環境の変化という理科の特性をいかして指導できる。また、このような因果関係の理解から、「どのような選択をすれば、先行する世代は、後継する世代を守れるのか？」と発問することで、解決方法や対策を考えさせることができ、先行する世代が適切な解決方法を選択すれば、③後継する世代に恩恵をおよぼせることも認識できる。

図1-2に示すように、第1章第2節第2項で世代間倫理を育成するための基礎となると位置づけた、「現在世代の行為（選択）が、未来世代の生活に大きな影響（脅威と恩恵）を与える」という概念は、「世代間倫理の基礎的概念」に内包される。従って、「世代間倫理の基礎的概念」の形成、及び現在の環境や資源をめぐる問題の認識から、現在世代の行為（選択）が未来世代に影響を与えることは理解できる。図1-1にも示したように、世代間倫理の育成のための基礎となる概念が世代間倫理の育成につながることから、「世代間倫理の基礎的概念」の形成は、未来世代に対する責任（すなわち世代間倫理）の育成につながると思われる。そこで、この教材を過去の事例から現在を考えるという意味で、「過去-現在」型教材とした。

## 第2節 「イースター島の悲劇」の教材観

「世代間倫理の基礎的概念」形成のために、モアイ建立などによる過剰伐採に起因する環境破壊が文明の崩壊をもたらしたイースター島の歴史（ポンティング,1994：7-18）を取り上げて教材化し、「過去－現在」型教材「イースター島の悲劇」とした。

環境を構成する重要な要素である森林は、原材料やエネルギー源である樹木の供給源でもある。モアイ運搬などに大量の樹木が消費されたイースター島での森林破壊は、環境破壊と同時に資源の枯渇を引き起こした（木村,1986：136）。さらに、孤島という地理的条件により先鋭化され、後継する世代に救いようのない欠乏をもたらした（湯浅,1996：62-72）。唯一の脱出手段であるカヌーの材料すら失った後継する世代は、原始的で窮乏した生活を余儀なくされる。このようにイースター島の歴史では、後継する世代の味わった悲惨さは明らかであり、図1-2に示す①脅威の認識ができる。

その因果関係（図1-2に示す②）は、中学校理科における学習内容にあたる科学的知識をもとに指導できる。すなわち、先行する世代の樹木の過剰伐採は、森林の破壊、土壌（表層土）の流出を引きおこし、食糧不足や飢餓から文明の崩壊、原始生活への逆行へと至る。土壌（表層土）の流出から食糧であったタロイモなどの成長不良、食糧不足への過程は、学習指導要領の「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、土壌動物にも触れること。」（文部科学省,2008：91）とされる部分に該当し、土壌中の「菌類や細菌類などの微生物」が「有機物を分解して無機物にし、それを植物が利用している」（文部科学省,2008：92）という学習内容をもとに理解できる。

また、先行する世代の樹木の過剰伐採による森林破壊、及び後継する世代の受難は、学習指導要領の(7)「自然と人間」の主なねらいとされる「人間の活動など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るとともに、自然環境を保全することの重要性を認識させる」（文部科学省,2008：91）ための指導に相当する。さらに、森林の破壊や樹木など再生可能な資源の持続可能な利用について深く理解させることもできる。すなわち、樹木は、生長したり、芽吹いて個体数をふやして再生する再生可能な資源であり、伐採する量を再生する量より少なくとどめるなら、森林は持続可能となり破壊されることはない。

しかし、その範囲を超えた伐採を長期間続ければ森林は破壊される。言い換えれば、樹木など再生する資源の場合、その利用速度が再生速度を超えなければ、持続可能であり、森林の破壊は防ぐことができる。図1-3には、その概念図を示した。

人間と自然の関わるこのような現象を倫理的な視点からとらえれば、先行する世代の自然環境に与える影響が、後継する世代への脅威にも恩恵にもなりうることを示す。すなわち、後継する世代への脅威となるのは、先行する世代による資源の消費や環境への働きかけが持続可能な範囲を超え、環境や資源が持続できなくなった場合であり、後継する世代が環境破壊や資源不足など、悲惨な生活を余儀なくされる。

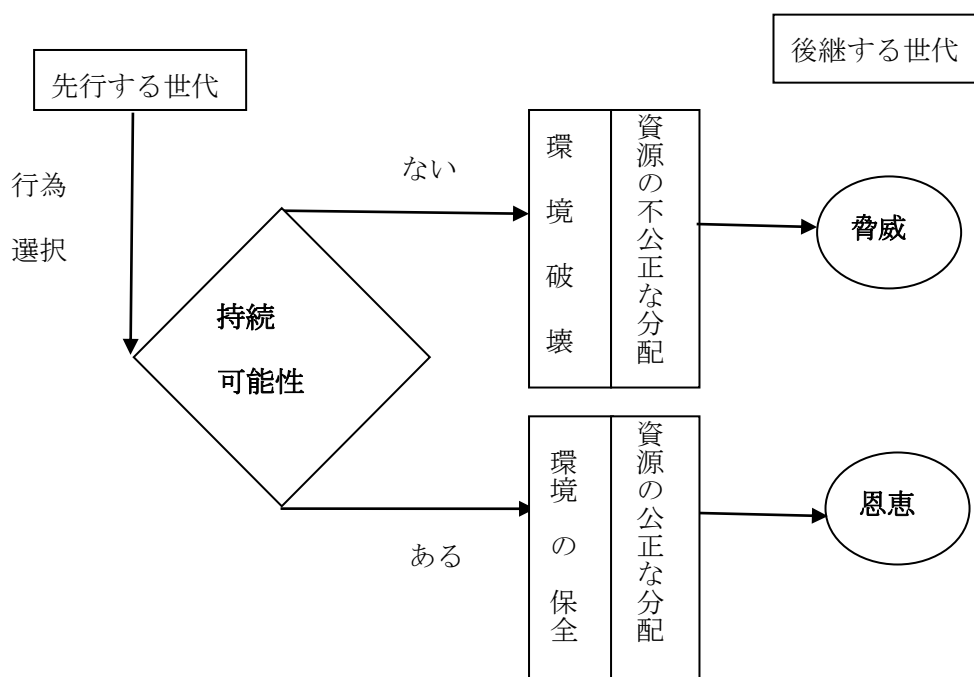


図1-3 後継する世代への脅威や恩恵と持続可能性の概念

しかし、同様な資源の消費や環境への働きかけも、持続可能な範囲にとどめるならば、自然環境や資源は持続され、後継する世代にとっては恩恵となる。言い換えれば、先行する世代が、環境への働きかけや資源の消費を持続可能な範囲内に制限するという選択をすることは、後継する世代への恩恵となり、図1-2に示す③恩恵の認識ができる。

このように、先行する世代が自然環境に与える影響は、程度によって後継する世代への脅威にも恩恵にもなりうるが、その規準となるのが持続可能性の概念である。ここでは、「デイリーの三条件」<sup>注19)</sup>の再生可能な資源の持続可能な利用の概念（「土壌、水、森林、魚、など、『再生可能な資源』の持続可能な利用速度は、再生速度を超えるものであってはならない。」（Meadows et al.,1992 : 46））を、持続可能性の概念として用いる。また、この再生可能な資源の持続可能な利用の概念を、本教材では科学的概念と捉え、学習の流れにおいては科学的思考力を評価する場面として位置づけた（表1-2参照）。

以上のように、この事例では、後継する世代への恩恵や脅威、環境や資源の持続可能性について具体的に学習できるだけでなく、モアイやイースター島が生徒に広く知られていることから、話題に対する興味や関心を喚起しやすく、印象的な教材にできると考えられる。これらの点から、イースター島の歴史は、先行する世代の選択と後継する世代の悲惨な生活との因果関係から「世代間倫理の基礎的概念」を形成するための優れた教材となると判断した。

さらに、先行する世代の過剰伐採は、森林を環境の構成要素と捉えれば、自然からの収奪、環境破壊であるが、樹木を原材料やエネルギー資源と捉えれば、後継する世代からの収奪、すなわち世代間での不公正な資源の分配にあたる。そのため、環境の保全だけでなく世代間での資源の公正な分配について学習する教材にもなる。言い換えれば、環境破壊に着目すれば、人間活動と自然環境の関係や自然科学的メカニズムという、理科の特質をいかした指導ができる。また、資源の不公正な分配に着目すれば、先行する世代の行為や後継する世代の悲惨な生活から、先行する世代が後継する世代に与える影響を理解させ、「世代間の公正」や先行する世代の責任など倫理的な視点からの指導ができる。このように、イースター島の歴史を事例とした教材では、「人間と自然の関わり」を中心とした科学的な視点からの指導と同時に、「人間と人間との関わり」を中心とした倫理的な視点からの

指導を取り入れ、「世代間倫理の基礎的概念」を形成する教材として開発できる。

### 第3節 「イースター島の悲劇」の授業構成

「イースター島の悲劇」の授業は、表1-2に示すように3時間から構成した。第1時の主な学習目標は、後継する世代の悲惨な生活、及び森林の減少に気付くこととした。そのため、「だれがモアイをつくったのか？」という発問を中心に、時代により変遷した森林の部分に着色する作業を加えた。資料プリントは、1700年頃の島民の悲惨な生活や島に森林のないこと、モアイ建立に大量の樹木と高度の文明や技術が必要であることなどが生徒に理解できるよう、平易な文章とした。また、太平洋の孤島というイースター島の地理的条件、モアイを作った採石場から「アフ」と呼ばれる建立場所へ運搬するために、大量の樹木が必要であったことが理解できるよう地図なども資料に加えた。さらに、かつてのイースター島に森林があったことを印象づけるため、森林の変遷に着色する作業は授業後半で行った。

第2時の主な学習目標は、前時で学習した悲惨な生活と先行する世代の過剰伐採との因果関係を理解することとした。そのため、「なぜ、森は失われてしまったのか？」という発問を中心に、先行する世代の過剰伐採が、その後の森林の破壊や土壌の流出を引きおこし、食糧生産の低下、飢餓の原因となった仕組みを図にまとめるなどの学習活動から構成した。

また、樹木が生長し再生することにもふれ、樹木の利用速度が再生速度を超えたとき、森林は持続できなくなることを補足した。さらに、因果関係を学習する際には、生徒の土壌についての科学的知識をもとに、人間（先行する世代）が自然に与えた影響が環境を悪化させ、その悪化がさらに人間（後継する世代）の生活に悪影響を及ぼす、自然環境と人間生活との相互作用という観点から指導した。第1時、第2時では、喰人などの事実を知り、生徒たちが大きな衝撃を受けることも予想され、その表情やようすを注意深く観察しながら授業を進めた。

表1-2 「イースター島の悲劇」学習の流れ（3時間）

学習目標	学習内容・学習活動	支援・準備など	評価規準
<p>1700年頃の島民（後継する世代）の悲惨で原始的な生活に気付く。</p> <p>時の経過とともに森林が減少したことに気付く。</p>	<p>先行する世代からの脅威との認識（2時間）</p> <p>だれがモアイをつくったのか？（1時間）</p> <p>1700年頃の島民の原始的で悲惨な生活や島に森林のないことから、島民の祖先がモアイをつくったとは考えられなかったことを知る。</p> <p>モアイ建立には、大量の樹木と高度の文明や技術が必要であることを知る。</p> <p>3つの時代の森林に着色して、イースター島の森林が失われていたことに気付く。</p>	<p>モアイの写真 資料プリントNo.1 地図*</p> <p>ワークシートNo.1 (資料プリントNo.2)</p> <p>森の模式的変遷** (AD590、AD950、AD1722)</p>	<p>【関心・意欲】 イースター島の環境や人々の生活に関心を持ち、意欲的に取り組もうとする。</p> <p>【科学的な思考】 時の経過とともに森林が減少したことに気付く。</p> <p>【技能・表現】 森林の部分に正しく着色できる。</p> <p>【知識・理解】 樹木が生活に不可欠な資源であったことを知る。</p>
<p>環境と人間生活が相互に影響を及ぼし合うことに気付く。</p> <p>先行する世代の過剰伐採と後継する世代の悲惨な生活の因果関係に気付く。</p>	<p>なぜ、森林は失われてしまったのか？（1時間）</p> <p>森林が消滅した理由を考えると、過剰伐採が環境を悪化させたことに気付く。</p> <p>樹木が生活に不可欠であったことに気付く。</p> <p>森林の消滅による環境悪化の仕組みや人々の生活の変化を図にまとめる。</p> <p>イースター島でおこった大混乱の原因を考えると、先行する世代の過剰伐採と後継する世代の悲惨な生活の因果関係に気付く。</p> <p>感じたり考えたりしたことを書く。 (自由記述)</p>	<p>資料プリントNo.3 ワークシートNo.2</p> <p>樹木がエネルギー源や原材料であったことを補足する。</p> <p>環境悪化の仕組みや人々の生活の変化の図を確認する。</p> <p>樹木の利用速度が再生速度を超えたとき、森林は持続できなくなることを補足する。</p>	<p>【関心・意欲】 現在の環境などとも関連させて、自分の考えをまとめられる。</p> <p>【科学的な思考】 樹木の伐採速度が再生速度を超えると、森林は持続できないことに気付く。</p> <p>【技能・表現】 環境悪化の仕組みや人々の生活の変化を図にまとめることができる。</p> <p>【知識・理解】 後継する世代の飢餓などの原因が、先行する世代の過剰伐採であったことを知る。</p>

	<p>先行する世代からの恩恵の認識（1時間）</p>	<p>過剰伐採と後継する世代の悲惨な生活の因果関係を確認する。</p>	
	<p>前時の学習内容を思い出す。</p>		
	<p>イースター島に悲劇を起こさないためには、どうすればよかったのか。</p>		
<p>先行する世代はその選択によっては、後継する世代を悲惨な生活から守れた（恩恵をもたらせた）ことに気付く。</p>	<p>悲劇を防ぐための対策を考えて書く。</p> <p>司会者の指示に従い順番に自分の考えを発表し合う。</p> <p>発表者を中心に、班の意見をまとめる。</p> <p>発表者（6名）が班の意見を発表する。</p> <p>話し合い活動を通して、イースター島の環境悪化を防ぐために、様々な方法があったことに気付く。</p> <p>自分の考えをまとめて書く。</p>	<p>ワークシート No.3</p> <p>班で司会者、発表者を決めることとその役割を指示する。</p> <p>班での話し合い活動を支援する。</p> <p>発表内容を補足しながら確認する。</p> <p>生徒の発表を例にあげながら、環境の悪化を防ぐために、様々な方法が考えられることを確認する。</p>	<p><b>【関心・意欲】</b> 意欲的に話し合いに参加できる。</p> <p><b>【科学的な思考】</b> 悲劇を防ぐために持続可能性を考えた具体的な対策が書ける。</p> <p><b>【技能・表現】</b> 自分の考えを分かりやすく伝えることができる。</p> <p><b>【知識・理解】</b> 先行する世代の選択によっては、後継する世代を悲惨な生活から守れたことを知る。</p>

（注：\*：木村,1986：108 から引用、\*\*：安田,1996：13 から引用）



第3時の主な学習目標は、先行する世代からの恩恵について認識させることとした。そのため、「イースター島に悲劇を起こさないためには、どうすればよかったか？」という発問を中心に、前時までの学習内容をもとに、班ごとの話し合い活動を中心に構成した。この際、各自の知識や生活経験などをもとに、多様な解決方法が出しやすいように話し合い活動を支援した。また、生徒が発表する際には、悲劇を防ぐためのさまざまな方法があったことを理解させるため、内容を補足し確認した。

このような話し合い活動を通して、自分の考えをまとめたり、班としての意見をまとめたりして発表することで、合意形成を体験させ、この過程においてコミュニケーション能力や表現力の育成も意図した。開発した「イースター島の悲劇」は、第3学年理科の単元「自然と人間」において、平成16年（2004年）1月末から2月にかけて、広島市の公立中学校4クラス155名を対象として実施した。

### 第3章 授業実践の結果と分析

本章では、「世代間倫理の基礎的概念」を形成するために開発した「過去—現在」型教材、「イースター島の悲劇」を用いた授業の分析を通して、その指導の有効性について検証する。そのために、授業における生徒の記述や授業のアンケート調査などを、以下の三つの観点から分析する。「世代間倫理の基礎的概念」が形成できたか（第1節）、過去の事例から現在の資源や環境の問題を考え、現在世代の選択の重要性が認識できたか（第2節）、「世代間倫理の基礎的概念」の形成と、未来世代に対する倫理観の育成との関わり（第3節）について明らかにする。さらに、これらの授業分析の結果から、第4節では「世代間倫理の基礎的概念」を形成する指導の有効性などについて考察する。

#### 第1節 「世代間倫理の基礎的概念」の形成

本節では、「イースター島の悲劇」の授業実践を通して「世代間倫理の基礎的概念」の形成ができたかを明らかにするために、先行する世代からの脅威と因果関係の理解（第1項）、及び先行する世代からの恩恵の理解（第2項）の両面から生徒の記述を分析する。

##### 第1項 先行する世代からの脅威と因果関係の理解

先行する世代の行為と後継する世代の悲惨な生活との因果関係（先行する世代からの脅威）についての理解の状況を、第2時のワークシート No.2、及び第3時のワークシート No.3の生徒の記述から分析し、それぞれ表1-3、表1-4に示す。

表1-3に示すように、設問「飢餓などの大混乱は、どんなことが原因だったのだろうか？（ワークシート No.2）」に、80%の生徒は、木や森林または環境などの語句を用いて自らの言葉で解答した。他の生徒も、資料の語句を引用するなど、飢餓などの大混乱が、先行する世代による大量の樹木の伐採という行為の影響によることを理解した。従って、全ての生徒が、先行する世代からの脅威を認識したと判断した。

表 1 - 3 先行する世代からの脅威の認識 (1 クラス 35 名)

評価規準	生徒の記述の例	観点と評価	人数
<p>【知識・理解】</p> <p>後継する世代の飢餓の原因が、先行する世代の過剰伐採であったことを知る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・木を切りすぎたこと</li> <li>・森林を大量に切ってしまったことが原因だ</li> <li>・森林破壊のせいでバナナやタロイモなどがとれないから</li> </ul>	<p>木や森林、環境という語句を使い自分の言葉で書ける。(A)</p>	28名
<p>飢餓などの原因は?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・資源の枯渇と食料の不足</li> <li>・モアイ</li> </ul>	<p>資料の語句を引用して書ける。(B)</p>	7名

さらに、先行する世代の行為と後継する世代の悲惨な生活との因果関係の理解については、第 3 時の授業での初めの設問「悲劇をおこさないためには、どうすればよかったか。(ワークシート No.3)」の記述から分析した。生徒の記述には、森林や樹木に関するものや人口に関するものがあった。そのうち、9 名は「木を切る量が、木が生える量より少なくなるように、木を切る量を制限すればよかった。」など、森林の持続可能性を考慮に入れて解答した。他の 27 名の生徒も「モアイを作りすぎなければよかった。」など、効果が期待できる対策を答えた。この点から生徒全員が、先行する世代の行為と後継する世代の悲惨な生活との因果関係を理解したことが確認できた (表 1 - 4)。

このような結果から、生徒全員が、後継する世代の受難が、先行する世代からの脅威であることを認識し、その因果関係を理解したと判断できた。

表 1-4 先行する世代の行為との因果関係の理解 (1クラス 36名)

評価規準	生徒の記述の例	観点(評価)	人数
【科学的な思考】 悲劇を防ぐための対策が考えられる。	<p>&lt;森林や樹木に関するもの&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>木を切る量が、木が生える量より少なくなるように、木を切る量を制限すればよかった。</li> <li>森林の量を見ていつなくなるか予測して、木に必要なだけしか切らないようにするなどの対策を立てる。</li> <li>木の生長がまにあうくらいのペースで木を切ればよかった。</li> </ul> <p>&lt;人口に関するもの&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>イースター島への移住を禁止し、人口をある程度少なめに保ち続けたら、木を大量に切られることはなくなると思う。</li> </ul>	<p>持続可能性を考えた具体的な対策が書ける。</p> <p>(A)</p>	9名
	<p>イースター島に悲劇を起さなためにはどうすればよかったか。</p>	<p>&lt;森林や樹木に関するもの&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>モアイを作りすぎなければよかった。</li> <li>人間は森林を大切にし、自然と供に生きていくべきだった。</li> <li>必要最低限の木だけをつかいカヌーやモアイ像を運び無駄な木はつかわず木を再利用する。</li> </ul> <p>&lt;人口に関するもの&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>木をあまり切らないようにするため子どもをあまりうまないようにする。(中国の一人っ子政策みたいに)</li> </ul> <p>&lt;その他&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>もっと早く環境破壊に気付けばよかった。</li> </ul>	<p>効果が期待できる対策が書ける。</p> <p>(B)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>島民がもっと支え合って食料を分かち合えばよかった。*</li> <li>ほかの国の文化を教わる。*</li> </ul>	<p>効果が期待できない対策しか書けない。(C)</p>	0名

\*の生徒は、おおむね満足できる (B) 記述もした。

## 第2項 先行する世代からの恩恵の理解

先行する世代からの恩恵（先行する世代の選択によっては後継する世代を悲惨な生活から守れたこと）についての理解の状況は、第3時の話し合い活動後に書いた生徒の感想（ワークシート No.3）をもとに分析した。

その結果、表1-5に示すように、半数（18名）の生徒が、「早く環境破壊に気付けばよかった」と予見性の重要性や、「たくさんの対策がでてきた」と対策の必要性などについて記述した。また、17名の生徒は、「モアイは、大量の木を使うから、もっと木を使わなくてすむような小さめのものにすればよいと思った。」など、環境破壊を防ぐ対策について具体的に記述した。

このように生徒全員が、先行する世代は、後継する世代に恩恵をもたらす選択ができたことを認識した。さらに、表1-5に\*で示した「地球の環境破壊もくい止めなければどんどん進んでいくので、くい止めなければいけないと思った。」と書いた生徒のように、現在の環境保全と関わって記述した生徒は3名いた。

授業分析の結果、生徒全員が先行する世代からの脅威をその因果関係の理解とともに認識し、先行する世代からの恩恵をほとんどの生徒が理解した。従って、開発した教材を用いた学習を通して、「世代間倫理の基礎的概念」が形成できることが明らかになった。

表 1 - 5 「先行する世代からの恩恵」の理解 (1 クラス 35 名)

評価規準	生徒の記述の例	観点 (評価)	人数
<p>【知識・理解】 先行する世代の選択によっては、後継する世代を悲惨な生活から守れたことを知る。</p> <p>班での話し合いや他の班の意見を聞いた後、自分の考えや感想をまとめてみよう。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・環境破壊はくいとめる方法はあるのに、それをしなかったからイースター島はこんなになってしまったのだろうと思った。地球の環境破壊もくい止めなければどんどん進んでいくので、くい止めなければいけないと思った。*</li> <li>・島民が協力して、木を切りすぎないように気をつければ<u>いい</u>と思いました。そして、早く環境破壊に気付けばよかったと思った。</li> <li>・みんなで考えてみるとたくさんの対策がでてきたのでびっくりしました。イースター島の人たちは今のことしか考えていなかったから、自らを死においやってしまったということがよくわかった。</li> <li>・人口を少なめにしたり、他国の文化を学ぶことは<u>すごくいいことだ</u>と思った。</li> <li>・自分は、イースター島の人口をこれ以上増やさないことを一番に考えないと<u>いけない</u>と思いました。そして、他の意見は、<u>環境や自然を大切に</u>していくことでした。それも重要なことだと思いました。</li> </ul>	<p>対策の必要性や予見性の大切さ、自然の大切さなどを記述した。(A)</p>	<p>18名</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無駄にしているものが絶対多いと思う。一度しか使えないものをたくさんつくるより、頑丈なものを作った方がいいと思った。</li> <li>・人口を増やすことは<u>できる</u>かもしれないけど、人口を減らして保ち続けるのは、とてもきびしいと思った。</li> <li>・モアイは、大量の木を使うから、もっと木を使わなくてすむような小さめのものにすればよいと思った。</li> </ul>	<p>環境を保全する対策を記述した。(B)</p>	<p>17名</p>

(注：過去の事柄を現在形で表現している部分をアンダーラインで示した。)

## 第 2 節 過去の事例学習による現在の理解

「過去—現在」型教材として開発した「イースター島の悲劇」の学習を通して、生徒が過去の事例から現在の環境などの問題を考えることができたかを検討するために、第 2 時の授業後の感想（表 1 - 6）や第 3 時の授業での記述（表 1 - 4、表 1 - 5）について、現在や未来の環境との関連という観点から分析した。

表 1 - 6 現在や未来の環境との関連（自由記述）（第 2 時；1 クラス 35 名）

生徒の記述の例	人数
<現在や未来の環境と関連した記述> 自然を破壊していくと、いつかしっぺ返しがかかるんだと思った。地球全体がこの島のようになくなってしまうように、環境破壊はくい止めないといけない。	12 名
<環境についての教訓として記述> 環境が悪化すれば、こういうことが起こるとということがよく分かった。	7 名

表 1 - 6 に示すように、第 2 時授業後の感想（自由記述；「授業で、感じたり考えたりしたことを書きましょう。」）として、現在や未来の環境と関連した記述や、環境についての教訓として記述をした生徒が半数以上いた。授業では、現在や未来の環境問題には全く触れなかったが、先行する世代の脅威を理解した生徒の多くは、過去の事例から現在や未来の環境問題を思いおこしたものと考えられた。

さらに、第 3 時の授業での記述（表 1 - 4）から、イースター島の悲劇を防ぐために、「リサイクル」や「省資源」、「ひとりっ子政策」など、現在行われている環境保全や人口問題などの対策をあげた生徒は、36 名中 30 名であった。また、授業で考えた対策には、「資源の計画的消費」（18 名）、「人口の抑制」（2 名）などのように、現在や未来の環境問題の解決方法となり得るものが多かった。「イースター島の悲劇を防ぐ」という過去の事例

での問題解決であるにもかかわらず、多数の生徒は、現在や未来の資源や環境問題にも通ずる対策をあげていた。

また、第3時の話し合い活動後に書いた感想には、表1-5の下線で示したように、過去の事例における対策などを現在形の時制で表現した部分があった。36名中18名の生徒の記述に、このような箇所が見つかった。これは生徒の自己評価や行動観察から非常に活発に話し合ったことも考え合わせると、話し合いに夢中になっている間に、過去と現在の区別があいまいになり、思わず現在の時制で記述したのではないかと推測した。以上の授業分析の結果、多数の生徒が学習した過去の事例を過去だけで終わらせず、現在や未来の環境保全と関連づけて考えていたと判断できた。

学習に用いた「イースター島の悲劇」は、過去の事例であり過去にさかのぼって問題を解決することはできない。しかし、このような問題の解決を考える際に、「環境破壊はくいとめる方法はあるのに、それをしなかったからイースター島はこんなになってしまったのだろうと思った。地球の環境破壊もくい止めなければどんどん進んでいくので、くい止めなければいけないと思った。」などの現在や未来の環境問題を思いおこした記述や、「木を切る量が、木が生える量より少なくなるように、木を切る量を制限すればよかった。」など、現在や未来の資源や環境の問題にも通用する対策をあげた生徒が多かった。また、約半数の生徒が、過去の事例の対策を現在形の時制で表現するなどの点から、過去の事例を現在や未来の環境と関連させながら考えた生徒も多かったものと判断できた。

「イースター島の悲劇」の学習は、多数の生徒にとって、現在や未来の資源や環境の問題について考える機会となった。特に、「イースター島の悲劇を防ぐ」という過去の事例での問題解決を話し合う際には、現在行われている資源や環境を保全する対策が多くあげられ、その意味、すなわち、将来の資源や環境の問題を解決する対策としての意味について考えることができた。「過去-現在」型教材としての「イースター島の悲劇」は、生徒の興味・関心を喚起し、大きな衝撃を与えることにより、過去の事例から現在の資源や環境の問題を考えさせることができた。



### 第3節 「世代間倫理の基礎的概念」と未来世代への倫理観との相関性

授業実践による「世代間倫理の基礎的概念」の形成は、未来世代に対する倫理観の育成につながったかを明らかにするため、授業後にアンケート調査を5件法（思う、少し思う、どちらとも言えない、あまり思わない、思わない）で実施した。

アンケート調査の4項目（「1. あなたは、環境問題に興味や関心があると思いますか」、「2. 今、生きている人々は、将来生まれてくる人々のために環境を守る努力をしなければならないと思いますか」、「3. あなたは、将来生まれてくる人々のために環境を守る努力をしたいと思いますか」、「4. 環境についての学習は必要だと思いますか」）について、それぞれ環境問題への興味・関心、「世代間倫理の基礎的概念」の形成、未来世代に対する倫理観の育成、環境学習の必要性の認識の度合いを示す指標と捉えた。この4項目について、それぞれの項目間の相関を求めた結果を表1-7に示す。

表1-7 授業後のアンケート（4項目）に対する評定のピアソンの相関係数

(N=138\*)

	平均評定尺度	1.	2.	3.	4.
1. 環境問題に興味・関心がある	(2.33)	1.00			
2. 未来の人々のために、今の人々は努力しなければならない	(1.28)	0.29	1.00		
3. 未来の人々のために努力したい	(1.75)	0.43	0.55	1.00	
4. 環境についての学習は必要	(1.87)	0.22	0.33	0.49	1.00

(注：授業後に実施したアンケートの対象生徒141名のうち、無回答の項目があった3名をのぞく。)

未来世代に対する倫理観の育成の度合いを示す 3. の項目は、2. 「世代間倫理の基礎的概念」の形成の度合いを示す項目との間に 0.55 と、正の相関性が認められた。このことから、「世代間倫理の基礎的概念」が形成されている生徒ほど未来世代に対する倫理観が育成されている傾向があると考えられた。

また、未来世代に対する倫理観の育成の度合いを示す 3. の項目は、環境問題への興味・関心の度合いを示す 1. の項目との間にも 0.43 と、正の相関性が認められた。このことから、未来世代に対する倫理観が育成されている生徒ほど、環境問題への興味・関心が高い傾向があり、その傾向があると考えられた。

さらに、環境学習の必要性の認識の度合いを示す 4. の項目は、未来世代に対する倫理観の育成の度合いを示す 3. の項目との間に 0.49 と、正の相関性が認められた。このことから、未来世代に対する倫理観が育成されている生徒ほど、環境学習の必要性を認識している傾向があり、その傾向があると考えられた。

授業実践の結果、ほとんどの生徒で「世代間倫理の基礎的概念」が形成できたこと、及びアンケート調査の結果「世代間倫理の基礎的概念」が形成されている生徒ほど、未来世代に対する倫理観の育成されている傾向があることから、「世代間倫理の基礎的概念」を形成する指導は、世代間倫理の育成に有効であると考えられた。

また、未来世代に対する倫理観が育成されている生徒ほど、環境問題への興味・関心が高く、環境学習の必要性の認識している傾向がみられることから、本指導は、環境問題への興味・関心を喚起し、環境学習の必要性を認識させる効果もあると考えられる。

## 第4節 考察

中学校理科における環境倫理の育成については、第1章第3節第1項で論じたように、中学生を対象とした意識調査の結果や、理科の学習への興味を高める効果などからその必要性の指摘は少なくない。しかし、環境への倫理観育成を目指す確立した教材や指導法が存在するとは言い難い。そこで、第I部では、環境への倫理感という視点から、世代間倫理の育成を目指す指導のあり方を明らかにした。すなわち、資源の過剰消費や環境破壊などを原因として、文明が崩壊した過去の事例を教材化して、「過去—現在」型教材「イースター島の悲劇」とし、その事例における後継する世代の悲惨な生活（①脅威の認識）、先行する世代による資源の過剰消費や環境破壊（②因果関係の理解）、及び選択によっては後継する世代に恩恵がもたらせた（③恩恵の認識）を通して、「世代間倫理の基礎的概念」（先行する世代の選択が、後継する世代の生活に大きな影響を与える）を形成して、世代間倫理の育成を目指そうとした（図1-2）。

本節では、このように開発した「過去—現在」型教材「イースター島の悲劇」について、この教材を用いた授業の分析から指導の有効性について検証する。さらに、本教材を用いて「世代間倫理の基礎的概念」を形成する、倫理的な視点、及び理科の特質をいかした科学的視点の両面からの指導について考察する。

まず、「世代間倫理の基礎的概念」を形成するために開発した、「過去—現在」型教材「イースター島の悲劇」を用いた指導について、以下の三つの観点から、生徒の記述や授業のアンケートなどについて分析して、その有効性を検証した。

- ①「世代間倫理の基礎的概念」が形成できたか（本章第1節）、
- ②過去の事例から現在の資源や環境の問題を考え、現在世代の選択の重要性が認識できたか（本章第2節）、
- ③「世代間倫理の基礎的概念」の形成と、未来世代に対する倫理観の育成との関わり（本章第3節）である。

授業の分析の結果から、以下のことが明らかになった。

- ① 生徒全員について「世代間倫理の基礎的概念」（先行する世代の選択が、後継する世

代の生活に大きな影響を与える)を形成することができた。

多くの生徒が、現在や未来の環境問題についての記述や、現在や未来の資源、及び環境の問題への対策の記述をしたことなどから、

- ② イースター島の過去の事例から現在の資源や環境の問題について考え、現在世代の選択の重要性が認識できた生徒が多かった。

アンケート調査の結果、

- ③ 「世代間倫理の基礎的概念」が形成されている生徒ほど未来世代に対する倫理観が育成されている傾向がある。

同様に、未来世代に対する倫理観が育成されている生徒ほど、環境問題への興味・関心の度合いが高く、環境学習の必要性の認識の度合いが高い傾向がみられることが、アンケート調査の結果から明らかになった。

以上のような授業分析の結果、「世代間倫理の基礎的概念」が形成できとことなどから、本教材を用いた指導は、世代間倫理(未来世代への責任)を育成するために有効な指導と考えられる。また、未来世代に対する倫理観が育成されている生徒ほど、環境問題への興味・関心、及び環境学習の必要性の認識の度合いが高い傾向がみられたことから、本指導は、生徒の環境問題への興味・関心を高め、環境学習の必要性を認識させるためにも有効な指導と考えられる。

本研究の教材開発では、世代間の公正に関わる倫理的な問題を含むイースター島の過去の事例を取り上げ、理科の特性をいかして科学的な視点から指導するとともに、「世代間倫理の基礎的概念」形成のために倫理的な視点からの発問などを取り入れて指導した。言い換えれば、学習の対象を「人間と自然との関わり」だけでなく「人間と人間との関わり」に拡張し、倫理的な問題を含む事例を取り上げ教材化して「過去—現在」型教材とし、科学的な視点、及び倫理的な視点から指導した。

すなわち、科学的な視点からの指導とは、この事例における人間が自然環境に与えた影響(第1時)や、その影響により自然環境が変化した仕組み(第2時)を理解させる、理科の特質をいかした指導である。倫理的な視点からの指導とは、後継する世代の生活の悲惨さ(第1時)や、その原因が先行する世代の行為にあったこと(第2時)を認識させ、

「人間と人間との関わり」から人の行動について考えさせる指導である。また、環境破壊を防ぐ対策（第3時）については、それまでの学習をもとに検討させた。

以上のように、本研究では、過去の倫理的な問題を含む環境破壊の事例を取り上げた「過去—現在」型教材を用いて、科学的な視点、及び倫理的な視点の両面から指導して、「世代間倫理の基礎的概念」を形成した。本研究でのこのような指導法について以下の三つの点から考察する。

まず、本研究において、「過去—現在」型教材を用いて「世代間倫理の基礎的概念」を形成した点について考察する。本来、世代間倫理は、現在世代の未来世代への責任の自覚であり、その基礎として「現在世代の行為（選択）が、未来世代の生活に大きな影響（脅威と恩恵）を与える」という概念の形成が必要である（図1-1）。しかし、現在世代の行為が、未来世代の生活に与える影響やその仕組みについては、ある程度予測されるものの確定した事実ではない。その未確定であることから学習に際して困難な点が生じると考え、本研究では過去の倫理的な問題を含む環境破壊の事例を取り上げて、時代を特定しない概念「世代間倫理の基礎的概念」（先行する世代の選択が、後継する世代の生活に大きな影響（脅威と恩恵）を与える）を形成することにした（図1-2）。すなわち、すでに起きてしまった受難は、予想されるがまだ起きていない（未来世代の）被害より、倫理的問題としてとらえやすい。また、予測されるが不確定な要素を含む未来の環境破壊に比べ、すでに起きてしまった環境破壊では、その影響や仕組みが明らかにされており、その因果関係や解決のための方策は学習しやすい。このように過去の事例を取り上げて「過去—現在」型教材として、科学的な視点、倫理的な視点の両面からの学習を通して、「世代間倫理の基礎的概念」を形成した。

授業分析の結果、①生徒全員について「世代間倫理の基礎的概念」を形成することができ、②イースター島の過去の事例から現在の資源や環境の問題について考え、現在世代の選択の重要性を認識した生徒が多いことが明らかになった。本指導では、過去の事例をもとに「世代間倫理の基礎的概念」を形成したため、現在や未来の問題についてふれることはなかったが、時代を特定しない「世代間倫理の基礎的概念」から、未来世代に先行する世代（すなわち現在世代）が大きな影響を与えることは認識できる。理科で学んだ知識や

日常生活での知識も含め、現在の資源や環境に関わる知識を、既に得ている生徒も多いと推測され、これらの知識、及び「世代間倫理の基礎的概念」の形成から、現在の資源や環境の問題に考えをおよぼし、現在世代の選択の重要性を認識したものと考えられる。

以上のように、授業分析の結果などから「過去—現在」型教材を用いて「世代間倫理の基礎的概念」を形成する学習は、現在の資源や環境の問題の意味について考え、現在世代の選択の重要性への認識を深めるきっかけになったと考えられる。

次に、本研究では、倫理的問題を含む事例において、科学的知識をもとに指導したが、科学的な視点から指導することで、どのようなメリットがあったか考察する。この事例における環境問題の原因や仕組みは、理科の特質をいかして、学習指導要領の「生態系における生産者、消費者、及び分解者の関連」(文部科学省, 2008 : 91)などの科学的知識をもとに指導した。さらに、森林破壊の仕組みは、樹木という再生可能な資源の持続可能な利用の概念から指導し、この概念が科学的概念と考えられることは第2章第2節で明らかにした。すなわち、図1-3に示したように、樹木の再生する量を超えた伐採を長期間続けることで森林は破壊されるが、伐採する量を再生する量より少なくとどめるなら、森林は破壊されず持続可能となる。このように、科学的知識をもとに根拠を明らかにして、環境破壊について理解できる。

また、この再生可能な資源の持続可能な利用についての学習を活用して、環境破壊を防ぐ対策は検討できる。すなわち、再生する量より伐採する量を少なくする、例えば、(表1-5に示した)樹木の消費を減少させる取り組みや森林の管理など、様々な対策が考えられ、その実行により森林破壊は防げることが理解できる。このように、環境破壊について、科学的知識を根拠として理解すれば、その知識を活用して解決策を考えることができる。以上のように、科学的な視点から指導するメリットとして、根拠を明らかにして環境破壊の原因や仕組みが理解できること、及びその知識を活用して環境破壊を防ぐ対策が検討できることがあげられる。

さらに、この事例での環境破壊は後継する世代の受難の元凶であり、環境破壊を防ぐ対策は、後継する世代を受難から守るための対策でもある。従って、このような根拠を明らかにした環境破壊の原因の理解、及びその活用により、事例で取り上げた倫理的問題を解

決する案、言い換えれば、代替案を提示することができる。先行する世代が後継する世代の生活を守り恩恵をもたらせることは、このような代替案から認識でき、先行する世代の責任に気づくことにつながる。言い換えれば、科学的な視点から指導するメリットとして、世代間の不公正という倫理的な問題について、根拠を明らかにしてその原因や対策を理解できること、及び後継する世代への先行する世代の責任の認識につなげる効果もあげられる。

近年、理科教育における論拠 (argument) <sup>注 20)</sup> の重要性が指摘されており、例えば、Driver は、argument の二つの重点のうちのひとつとして、辞書 (Oxford English Dictionary) にもある「主張や行動の道筋に賛成または反対する理由へと進める」意味があるとし、「理科教育の最も主要なゴールは、生徒に確信をもたせたり、我々がもつ考えについての根拠や理由を探し求めさせたり、彼らに信念や行動の道標としての思慮深さを獲得させることにある」(2000:291) と、教師が知的な主張 (knowledge claims) の理由や根拠を生徒に提供することの重要性を指摘している (Driver, 2000:291)。合意形成や具体的行動などが求められる環境学習においては、このような科学的知識をもとに根拠を明らかにして生徒を確信させることは、単なる知識だけに終わらせず、後継する世代への責任を果たす主張や行動などにつなげるために重要と考えられる。

最後に、本研究では、中学校理科において、倫理的問題を含む事例を取り上げて教材化し、倫理的な視点を取り入れて指導したが、このような視点を取り入れることで生じたメリットについて考察する。具体的な事例における倫理的問題に関わる原因や仕組み、解決方法について、生徒たちは興味をもって学習し、前述のような環境問題の原因や対策の検討を通して、生徒の科学的知識の理解や活用を効果的に促すことができた。また、ESD において持続可能な社会づくりの構成概念 (表 1-1) とされる、「相互性」や「有限性」の概念を形成する効果もあった。

すなわち、「世代間倫理の基礎的概念」形成のために、環境悪化の原因や仕組みについて、自然環境と人間生活との相互作用という観点から、生徒の科学的知識に基づいて指導した。この際の環境悪化の原因を自然環境と人間生活との相互作用という科学的視点から見ると、先行する世代が自然に与えた影響が環境を悪化させ、悪化した環境が後継する世

代の生活に悪影響を及ぼしたことが認識できる。一般的に、環境問題は人間活動と自然環境の相互の関係によって生じるため、人間と自然の「相互性」の概念は重要であるが、事例における環境悪化の原因について考えることで、この人間と自然の「相互性」（人間活動と自然環境が相互に関係を及ぼし合っていること）に気付くことができる。

同様に、この事例で後継する世代の受難について、世代間の資源の分配という視点から考えると、その原因は先行する世代による過剰な消費で資源が使い尽くされたことであり、そのことから資源が決して無限ではないことが認識できる。世代間で資源を公正に分配するには、その前提として資源の「有限性」を認識する必要がある。この事例における世代間での資源の分配について考えることから、資源の「有限性」に気付くことができる。

「相互性」や「有限性」の概念は、ESDにおいて持続可能な社会づくりの構成概念（表1-1）とされ、理科との関連が強いことは、第1章第3節で明らかにした。本教材の事例学習における「相互性」や「有限性」の概念は、環境悪化や後継する世代の受難に関わって形成できることから、これらの概念を環境や後継する世代への影響などとの関わりとともに学習することができる。

本研究では、環境倫理についての理論的研究の結果をもとに、理科の特質をいかした世代間倫理の育成を目指す教材を開発し、この教材を用いた授業の分析結果から指導の有効性について検証し、倫理的な視点と科学的視点の両面からの指導について考察した。授業分析の結果、本教材を用いた指導では「世代間倫理の基礎的概念」が形成できたことなどから、世代間倫理（未来世代への責任）を育成するために有効な指導であったと考えられる。また、指導についての考察の結果、科学的視点から指導したことにより、環境破壊の原因や解決策など、科学的知識をもとに根拠を明らかに指導できることから、生徒の主張や行動などにつながる確信をもった理解ができるというメリットがあり、中学校理科での学習をいかした環境への倫理観の育成を目指す指導ができることが明らかになった。さらに、本研究での「過去一現在」型教材のように、倫理的問題を含む事例を取り上げた教材を用いて倫理的な視点から指導するメリットとして、生徒の学習への興味を喚起し、科学的知識の理解や活用を効果的に促せるほか、ESDにおける主要な概念を形成できることも明らかになった。



## 第 I 部 注釈

注 1) 大来佐は、1969 年 6 月にローマ・クラブの設立者であるベッチェイ氏から参加を要請され、ローマ・クラブの常任委員となった。(メドウズ他, 1972 : 1-2)

注 2) 幾何級数的な成長や増加とは、倍増を繰り返すことである。しかも、倍増に要する時間は前に倍増した時と変わらないために、不注意と重なれば、定められ限界に突然近づくことになり、状況を改善、解決するための時間が残されない点にある。この幾何級数的な成長や増加について、フランスには子どものなぞなどがあり、その意味がよく伝わるので、少し長いが紹介しておく。

「あるところに池がありました。その池にはスイレンが咲いていて、その数は毎日二倍になります。もしこのスイレンをそのままにしておくと、30 日で池を完全に埋めつくし、水中の他の生物を窒息死させてしまいます。長いあいだ、スイレンの数はさほど多くないように見えたので、池の半分を覆うまでそのままにしておくことにしました。さて、それはいつのことでしょう。」

答えは、29 日めである。そのときには、池を救うための行動をとるのに 1 日しか残されていない。(21 日めには、池の 521 分の 1、25 日めでさえ、わずか 32 分の 1 しか覆われていなかった。スイレンは着実に倍増していたにもかかわらず、30 日という期間のほとんど終わりに近づくまで、まったく気づかれなかったか、もしくは取るに足りない変化としか見られていなかった (メドウズ他, 1992 : 23)。

注 3) 田中 (2003) は、「アジェンダ 21」で「環境および開発教育」という語句が頻出することから、この当時には、「持続可能な開発の教育のための中身として環境教育および開発教育が想定」(田中, 2003 : 15) されていたと指摘する。

注 4) 1997 年ハンブルグで開催された第 5 回国際成人教育会議で採択された。

注 5) 田中は、ESD に含まれる三つの内容のほか、目的や目標について、以下のようにまとめている。

1. 持続可能な開発のための教育は、環境教育、開発教育、人権・平和教育の三つの柱から成り立つ。
2. 持続可能な開発のための教育は、「教育と公正を基本とした循環型の社会づくり」を目的とした教育学習活動である。
3. 持続可能な開発のための教育の目標は、「公正」「共生」「循環性」を実現する社会づくりに「参加」することができるような能力や態度を養うことである。

(田中, 2003 : 21)

注6) ESD を実施する主体として、個人、家庭、大学等を含む学校、地域コミュニティ、NPO、事業者、業界団体、農林漁業者、関係団体、マスメディア、教員養成・研修機関、社会教育施設や公的な拠点施設、地方公共団体などが具体的にあげられ、「ESD は、多様な主体が、それぞれの立場で取り組むことが重要です。各主体は以下のような取組や役割が期待されます。政府は、これらを促進するように努めます。」(関係省庁連絡会議, 2006 : 12) とされ、各主体のオーナーシップについて、及び各主体間のパートナーシップの重要性についても言及している。また、例えば地域コミュニティについて、「地域における諸活動において ESD の視点を取り込み、老若男女様々な者の参加を通じて、以下のような取組や役割が期待されます。」として、子育て、まちづくり活動、お祭りなど様々な活動が明記されている。(関係省庁連絡会議, 2006 : 13)

注7) 佐藤 (2007) は、DESD-IIS が、ESD の学習の場として学校教育などのフォーマル教育のほかに、「ノンフォーマル、インフォーマル教育、コミュニティ、職場」(2007 : 79) を位置づけていると指摘する。また、佐藤 (2012) は、DESD-IIS では「今後の DESD 推進のためには、各ステークホルダー間のパートナーシップと、主体者意識 (オーナーシップ) の醸成が不可欠であることを強調している。」(2012 : 36) と、オーナーシップ、及び各主体間のパートナーシップの重要性が強調されていることを指摘している。

- 注8) 中央環境審議会は、環境教育を担う主体として「行政、事業者、民間団体、メディア、学校、住民などの活動」をあげ、「持続可能な社会を実現していくために、これらの活動がパートナーシップのもと、総合的に推進されていくことが必要」(中央環境審議会, 1999: 13) としている。
- 注9) 2011年の国内実施計画の改訂には、DESD後半における重点的取組事項の普及啓発の部分に、「マスコミや経済団体を含めた多様な主体との連携を一層進めます。」(関係省庁連絡会議, 2011: 12) と、改訂前にはなかった「マスコミや経済団体」が加筆されている。
- 注10) ここでは、(加藤, 1996: 22) から引用したが、この環境倫理学の三つの主張については、1991年の加藤の著書で既に発表されている(加藤, 1991: 1-12)。
- 注11) 山内(2003)は、ヨナスが現在世代の未来世代への配慮(世代間倫理)を義務として確立したことを指摘し、その義務を「創始者であることに由来する義務」(創始者である親が、後継者である子供を世話し保護し続けるのは、親の一方的責任であり、しかもこの責任は「自然によって与えられた唯一のケース」であるとされる。)と名付け、伝統的倫理学とは異なる、非相互性の原理を論証したと指摘する(山内, 2003: 116-117)。
- 注12) 近代倫理学では、「契約」という関係を基本にしているため、「契約」関係を結ぶことができない通時的な人間の間接関係を扱うことができないとされる。
- 注13) 鬼頭は、「この白神山地では、完全に手つかずで人間の手が入っていないというところはほとんどないといってもいい。」(鬼頭, 1996: 176) と指摘する。
- 注14) 教え込みの授業について、荻原は「倫理的に自立するのは、11~12歳とみなし、その年齢以上の学習者に対しては価値明確化の手法の意義を認め、その年齢以下の学習者については、教え込みが妥当だ」とするCadutoの考えを引用している。また、「貧困問題など、価値対立問題を構成することが困難な問題を扱う場合には、身につけるべき価値観を明瞭に提示する、価値観の教え込みの比重が大きくなっていく。」(荻原, 2003: 341) と、教え込みの授業が対立する価値が設定しにくい問題で用いられることを指摘する。

注15) アドボカシー (advocacy) の訳について、新田 (2003) は、「政治学や行政学では、アドボカシーとは、通例、『政治提言』と訳されています。また、NGOの世界では、アドボカシーを政治学や行政学で理解されているところの『政治提言』だけに限定せず、かなり広く (誤植か?) 意味で『政治提言』に関するキャンペーン活動や普及・啓発・教育活動を含めてアドボカシーを理解しています。」(新田, 2003 : 30) とする。ここでは、「政治提言」に関する教育活動の意味と考えられる。

注16) Palmer (2006) は、環境倫理学の授業の方向性について、その授業におけるアドボカシー (advocacy) のしめる役割の違いから、“pure intellectualist”、“ethical advocacy”、“environmental advocacy”、“specific advocacy” (Palmer, 2006 : 2-5) の4つにタイプに分けられるとする。

注17) 理科教育とESDとの関わりについて、例えば五島 (2011) は、理科が環境教育の推進の中心となってきたことを挙げ、「今後は、他教科や総合的な学習と積極的に連携し、従来の環境教育の枠組みを網羅したESDの中心の教科の一つとして、ESDを積極的に推進して行くことが望まれている。」(五島, 2011 : 386) と、理科教育では、環境教育の拡張や充実を通してESDに貢献できることを指摘する。

注18) Lock (1998) は、科学を倫理的な問題の検討に応用することが、科学に特有な貢献ができるとし、事実と意見の区別、クリティカルな考え方や根拠の重視、問題を解決しようとする科学者への見方の変化、より多くの生徒がより長く科学を学ぼうとするなどの効果があるとする。(Lock, 1998 : 111-112)

注19) 「デイリーの三条件」の三つの条件については、第Ⅱ部第4章第2節で述べるが、Dalyの「定常経済」(The Steady-State Economy) から生じた概念であり、「定常経済」の考え方は、熱力学の第一法則、及び熱力学の第二法則から導き出されたものとされる (Dobson, 1991 : 146-147)。従って、「デイリーの三条件」は、これらの二つの法則にもとづく科学的概念と考えられ、本教材では、その三つの条件のうちのひとつである、再生可能な資源の持続可能な利用の概念(「土壌、水、森林、魚、など、「再生可能な資源」の持続可能な利用速度は、再生速度を超えるものであってはならない。)」を科学的概念として扱った。また、再生可能な資源の持続可

能な利用の概念は、Twenty First Century Science の The Core Science course の教科書 (GCSE Science Higher Level Textbook) に取り入れられているが、この概念についての演習問題 (Questions) などからも、科学的概念として扱うことができると考えられる (UYSEG, 2006 a : pp.138-139)。

注20) argumentの語は、議論や論争という意味をもつが、辞書によれば「事実や論理をもとにして行う意見の主張または反論、自分と違う意見の人を説得しようとする議論。」とされ、論拠や論点、主張、理由などの意味ももつ。ここでは、論拠の語を用いた。

## 第 I 部 引用文献

阿部治・市川智史・佐藤真久・野村康・高橋正弘 (1999) : 『環境と社会に関する国際会議:持続可能性のための教育とパブリック・アウェアネス』におけるテサロニキ宣言, 『環境教育』, 8(2), pp. 71-74.

中央環境審議会 (1999) : 『これからの環境教育・環境学習ー持続可能な社会をめざしてー』, 東京:大蔵省印刷局.

Dobson, A. (1991) : *The Green Reader*, San Francisco :Mercury House.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000): Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms, *Science Education*, 84(3), pp. 287-312.

藤田哲雄 (1996) : 「中学校理科における環境教育的視点」, 『理科の教育』, 45(10), pp. 658-660.

五島政一 (2011) : 「中・高等学校理科において ESD を進める上でのポイント」, 『理科の教育』, 60 (6), pp. 386-389.

堀内一男 (1992) : 「子どもの環境意識と環境教育」, 沼田真 (監修)・佐島群巳・堀内一男・山下宏文 (編), 『学校の中での環境教育』, 東京:国土社, pp. 22-27.

Jardins, J.R. (2001) : *Environmental Ethics -An Introduction to Environmental Philosophy-*, Belmont, CA: Wadsworth Thomson Learning.

Jonas, H. (2000) :加藤尚武 (監訳), 『責任という原理 科学技術文明のための倫理学の

- 試み』, 東京: 東信堂.
- 開発教育協会 (2003): 「『持続可能な開発のための教育の 10 年』決議」, 開発教育協会, 『持続可能な開発のための学び 別冊 開発教育』, p. 93.
- 関係省庁連絡会議 (2006): 「我が国における『国連持続可能な開発のための教育の 10 年』実施計画」.
- 関係省庁連絡会議 (2011): 「我が国における『国連持続可能な開発のための教育の 10 年』実施計画 (ESD 実施計画)」.
- 加藤尚武 (1991): 『環境倫理学のすすめ』, 東京: 丸善ライブラリー.
- 加藤尚武 (1996): 「環境倫理学の成立」, 伊東俊太郎(編集), 『講座 文明と環境 第 14 巻 環境倫理と環境教育』, 東京: 朝倉書店, pp. 12-23.
- 加藤尚武 (1998): 『環境と倫理』, 東京: 有斐閣アルマ.
- 加藤尚武 (2001): 『環境学』, 東京: 東洋経済新報社.
- 木村重信 (1986): 『巨石人像 (モアイ) を追って』, 東京: NHK ブックス.
- 鬼頭秀一 (1996): 『自然保護を問いなおすー環境倫理とネットワーク』, 東京: 筑摩新書.
- 鬼頭秀一 (2009): 「世代間倫理の現在」, 鬼頭秀一・福永真由美 (編), 『環境倫理学』, 東京: 東京大学出版会, pp. 1-22.
- 国立政策研究所 (2012): 「学校における持続可能な発展のための教育 (ESD) に関する研究」.
- Lock, R., & Ratcliffe, M. (1998): Learning about Social and Ethical Applications of Science, Ratcliffe, M., *ASE Guide to Secondary Science Education*, Cheltenham: Stanley Thornes, pp. 109-117.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., & Behrens III, W.W. (1972): *The Limits to growth*, New York: Universe Books.
- メドウズ D. H.・メドウズ D. L.・ランダース J.・ベアランズ III W.W. (1972): 大来佐武郎 (監訳), 『成長の限界』, 東京: ダイヤモンド社.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., & Randers, J. (1992): *Beyond the Limits: Global Collapse or a Sustainable Future*, London: Earthscan Publications.

- メドウズ D. H.・メドウズ D. L.・ランダース J. (1992) : 茅洋一 (監訳)・松橋隆治・村井昌子訳, 『限界を超えて』, 東京 : ダイヤモンド社.
- 文部科学省 (2008) : 『中学校 学習指導要領解説 理科編』, 東京 : 大日本図書株式会社.
- 中村重太 (1996) : 「理科教育における環境教育の教材的視点」, 『理科の教育』, 45 (10), pp. 652-654.
- 新田和宏 (2003) : 「持続可能な社会を創る環境育」, 開発教育協会, 別冊『開発教育』, pp. 22-30.
- 大嘉徳男 (1998) : 「理科教育における環境教育の在り方について」, 『理科の教育』, 47(8), pp. 516-519.
- 荻原彰・戸北凱惟 (2000) : 「アメリカの環境教育に見られる価値の枠組みについての研究」, 『科学教育研究』, 24(2), pp. 89-97.
- 荻原彰 (2003) : 「アメリカの環境教育における価値観の教授法について」, 『科学教育研究』, 27(5), pp. 333-344.
- 岡本弥彦 (2011) : 「『持続可能な社会づくり』の視点に立った理科の学習指導」, 『理科の教育』, 60 (6), pp. 378-381.
- 大辻永 (1998) : 「理科の中で環境倫理をどのように扱うか」, 『理科の教育』, 47 (8), pp. 512-515.
- Palmer, C. (2006): Introduction to Teaching Environmental Ethics, *Teaching Environmental Ethics*, Leiden : Brill, pp. 1-11.
- Ponting, C. (1994) : 石弘之 (訳), 『緑の世界史 (上)』, 東京 : 朝日選書, pp. 7-18, 1994.
- 佐藤真久・阿部治 (2007) : 「『国連持続可能な開発のための教育の 10 年』の国際実施計画とその策定の背景」, 『環境教育』, 17(2), pp. 78-86.
- 佐藤真久 (2011) : 「理科教育からの ESD—関係論的世界観, 参加, 対話型アプローチによる協同的学習プロセスの展開にむけて—」, 『理科の教育』, 60 (6), pp. 369-373.
- 佐藤真久 (2012) : 「DESD の始まりと DESD 国際実施計画の策定」, 佐藤真久・阿部治 (編著), 阿部治・朝岡幸彦 (監修), 『持続可能な開発のための教育 ESD 入門』, 東京 : 筑波書房, pp. 27-46.

- 菅原聰（1996）：「あとがき」，安田喜憲・菅原聰(編集)：『講座 文明と環境 第9巻 森と文明』，東京：朝倉書店，pp. 253-254.
- 鈴木善次（1996）：「環境教育の現状と問題」，伊東俊太郎(編集) ，『講座 文明と環境 第14巻 環境倫理と環境教育』，東京：朝倉書店，pp. 148-160，1996.
- 田中治彦（2003）：『『持続可能な開発のための教育』とは何か』，開発教育協会，別冊『開発教育』，pp. 12-21.
- 鶴岡義彦（1996）：「環境教育の課題と理科教育の役割」，『SCIRE 中学校理科教育実践講座 人間と自然のかかわりを考える 11 環境教育と理科教育』，東京：ニチブン，pp. 190-199.
- 渡辺正（2004）：「教師のためのやさしい環境学 IV 地球温暖化ーホントの話？ー」，『理科の教育』，53（8），pp. 556-559.
- World Commission on Environment and Development（1987）：*Our Common Future*，Oxford :Oxford University Press.
- 山極隆（2002）：「環境教育を中心とした教育課程の編成」，日本理科教育学会（編），『理科教育学講座1 理科の目標と教育課程』，東京：東洋館出版社，pp. 306-328.
- 山本秀行・木谷要治（1996）：「授業にディベートを取り入れることによる環境倫理観の形成の可能性についての一考察」，『日本理科教育学会研究紀要』，37(1)，pp. 1-11.
- 山内廣隆（2003）：『環境の倫理学』，東京：丸善株式会社.
- 柳下正治（1992）：「地球環境問題の解決をめざして」，沼田眞（監修）・佐島群巳（編），『地球化時代の環境教育1 環境問題と環境教育』，東京：国土社，pp. 66-80.
- 安田喜憲（1996）：「森と文明」，安田喜憲・菅原聰(編集) ，『講座 文明と環境 第9巻 森と文明』，東京：朝倉書店，pp. 1-18.
- 湯浅浩史（1996）：「イースター島巨石文化の衰亡と森林破壊」，安田喜憲・菅原聰(編集) ，『講座 文明と環境 第9巻 森と文明』，東京：朝倉書店，pp. 62-72.
- UYSEG（the University of York Science Education Group）（2006 a）：*GCSE Science Higher Level Textbook*，Twenty First Century Science，Oxford University Press，pp. 120-147.



## 第Ⅱ部

持続可能な社会構築のための科学・技術の利用についての指導に関する研究

## 第Ⅱ部 持続可能な社会構築のための科学・技術の利用についての指導に関する研究

### 第4章 持続可能性の概念と科学・技術の利用について

### 第5章 教材開発

### 第6章 授業実践の結果と分析

#### 第Ⅱ部の概要

1997年テサロニキ宣言により、環境教育が「持続可能な開発のための教育（ESD）」に内包されることが国際的に認知され、広義の環境教育には世代間の公正などを含む拡張と充実を求められるようになったことは第1章第1節で明らかにした。持続可能な社会を構築するには、それを支える科学・技術が不可欠であり、科学・技術の利用について持続可能性を考慮した意思決定ができる市民の育成が求められる。そこで、第Ⅱ部では、科学・技術の持続可能性を考慮した利用という視点から、持続可能性を観点とした科学・技術の検討の指導のあり方を明らかにする。

科学・技術の持続可能な利用について考慮するには、持続可能性という観点から科学・技術の問題点と利点を認識することが必要となる。第4章では、持続可能性の概念を観点とした科学・技術の利点や問題点を扱う指導やそのための教材について検討する。また、理論的研究を通して、このような教材で用いる持続可能性の概念について明らかにする。さらに、科学・技術の指導についての先行研究から従前の環境教育との相違点などを明らかにする。

第5章では、このような理論的研究をもとに開発した、単元「科学技術と人間」の題材や構成について明らかにする。また、本教材で科学・技術の観点として用いる持続可能性の概念（「デイリーの三条件」）と第Ⅰ部「イースター島の悲劇」における「世代間倫理の基礎的概念」の概念形成との関連についても明らかにする。

第6章では、本教材を用いて実施した授業の分析を通して、指導の有効性について検証する。また、これらの分析結果から、科学・技術の検討の観点とした持続可能性の概念形成のメリットや、本指導による科学・技術への生徒の意識の変化などについて考察する。

## 第4章 持続可能性の概念と科学・技術の利用について

科学・技術の利用に関わる指導について検討するために、持続可能な社会やそれを実現する科学・技術について探る。また、科学・技術の利用について持続可能性を考慮して利用できる市民の育成を目指す指導について明らかにする（第1節）。また、そのための教材で用いる持続可能性の概念は、理論的研究により明らかにする（第2節）。さらに、先行研究の理論的研究をもとに、従前の環境教育との相違点や科学・技術の問題点を扱う指導の必要性を明らかにし、教材開発に際しての示唆を得る（第3節）。

### 第1節 ESDにおける科学・技術についての指導

「持続可能な開発」という理念が、1987年 World Commission on Environment and Development（以下WCEDと略記：通称Brundtland委員会）の報告書“*Our Common Future*”（WCED,1987）で提唱され世界的合意となったこと、及びこの理念には現在と将来のニーズとの調和を保障するための地球規模での社会システム（資源の開発、投資の方向、技術開発の傾向など）の変革が含まれることは、第1章第1節第1項で述べた。本節では、持続可能な社会を実現するための科学・技術の傾向の変革とはどのようなものか、また、そのような変革に寄与できる市民を育成するには、科学・技術の利用について、中学校理科における環境教育でどのような指導ができるのか検討する。

持続可能な社会を実現するための社会の変革について、例えばローマ・クラブの三番目の報告書である“*Limits to Growth : The 30-Year Update*”（Meadows et al.,2004：邦訳『成長の限界 人類の選択』）は、「持続可能であり充足して公正であるには、構造的な変革が必要であり、革命が必要である。それはフランス革命のような政治的意味のものではなく、農業革命や産業革命のような、はるかに深い重大な意味をもつ革命である」（Meadows et al.,2004：266）とし、「持続可能な社会においては、物質的な拡張ではなく、質的な発達が重視される」（Meadows et al.,2004：255）として、以下のように指摘している。

価値観と地球の限界についての最高の知識を応用し、持続可能性を高めるという社会的に重要な目標に役立つ種類の成長のみを選択するだろう

(Meadows et al.,2004 : 255-256)

このように、“*Limits to Growth : The 30-Year Update*” (Meadows et al.,2004) は、社会における持続可能性を高める選択を通して変革を進めることを指摘し、そのために必要な五つのツールとして、「ビジョンをつくること、ネットワークをつくること、真実を語ること、学ぶこと、そして愛すること」(Meadows et al.,2004 : 271) をあげ、持続可能な社会へのビジョンづくりのために、これは決定的なリストではないとしつつも、考慮すべき十七の項目を以下のようにあげている (Meadows et al.,2004 : 273-274)。

- 社会の最高の価値として、持続可能性、効率、充足、公正、美、コミュニティがあること。
- 万人のための物質的充足と安全。従って、個人的選択、及び共有された規範による低い出生率と安定した人口。
- 人々の品位を下げるのではなく高める仕事。社会のために最善を尽くすことや仕事の報酬としてのインセンティブが人々に提供される仕組みがある、同時にどのような状況でもそれぞれの人に十分な供給が保証される仕組みがある。
- 正直で、尊敬でき、知的で、謙虚な指導者、そして自分の仕事を守るより自分の仕事を成し遂げることに興味をもち、選挙に勝つより社会に奉仕することに興味をもつ。
- 目的ではなく手段としての経済、環境から搾り取るのではなく、環境の繁栄に奉仕する。
- 効率よく、再生可能なエネルギーシステム。
- 効率よく、循環型の物質システム。

- (光や熱などの)放出や廃棄物を最小限にする技術設計。技術と自然で処理できない(光や熱などの)放出や廃棄物を生じさせないという社会的合意。
- 土壌を育て、養分の回復や小動物の制御に自然のメカニズムを使い、汚染されていない食物を豊かに生産する再生型の農業がある。
- 多様な生態系の保全、及びその生態系と調和する人間生活の醸成；したがって、自然にも文化にも多様性があり、その多様性を人間が正当に評価している。
- 柔軟性、社会的変革及び技術的変革、知的な挑戦がある。科学の繁栄と、人間の知識の継続的な増大がある。
- 個人の教育の必須な部分として、システム全体をより理解すること。
- 経済力、政治的影響力、科学的調査の分散化がある。
- 短期的にも、長期的にもバランスのとれた考慮を可能にする政治構造があり；将来世代の利益のために今、政治的圧力をおよぼす方法がある。
- 市民にも政府にも、非暴力的な紛争解決の手腕において高度な技能があること。
- 世界の多様性を反映するメディア、同時に、適切で、周到で、タイムリーで、偏見のない、知的な情報を歴史的でシステム全体の文脈から提示することで、文化間を結びつける。
- 生きるための理由や、物質的な蓄積以外の自分を肯定するための理由。

(Meadows et al.,2004 : 273-274)

これら十七の項目のうちには、政治や経済、価値などに言及するものもあるが、例えば、第六番目の効率のよい再生可能なエネルギーシステムや、第七番目の効率のよい循環型の物質システムなどのように、実現するために科学・技術が不可欠と考えられる項目は、第六番目～第十三番目の八項目があげられている。このようなビジョンを実現させる科学・技術への構造的な変革を推進するには、科学・技術の持続可能性という観点からの検討に

よる利点や問題点の認識、及び認識をもとにその利用について選択する能力をもつ市民の育成が求められる。

以上の持続可能な社会の実現という視点から、中学校理科において科学・技術の利用について指導する際の注意点を検討してみよう。このような社会を実現するには科学・技術の変革が必要であり、そのためには、持続可能性を高める科学・技術について認識し、その利用について持続可能性を考慮して選択できる市民の育成が求められる。従って、科学・技術を持続可能性という観点から検討し、その利点や問題点を認識する指導が必要となる。さらに、このような指導のための指導法や教材の開発が必要であり、その際の課題について以下で検討する。

科学・技術を持続可能性という観点から検討し、利点や問題点を認識する能力を育成する指導の開発には、次の二つ課題が予想される。まず、教材で観点として用いる持続可能性の概念について明らかにする必要がある。中学校理科の教材で用いる持続可能性の概念は、生徒に無理なく理解でき、他の学習内容と矛盾のないものにすることが必要だが、この概念をめぐる様々な立場や解釈があるため、持続可能性の概念を明らかにすることは決して容易ではない。

「持続可能な開発」は、「未来世代がそのニーズを満たすための能力を損なうことなく、現在世代のニーズを確実に満たすような開発」という世界的に合意された理念であるが、概念としてはあいまいさ<sup>注1)</sup>が含まれる。“*Our Common Future*” (WCED, 1987) は、「持続可能な開発」に二つの概念が重要であることを以下のように指摘している。「それは、『必要物 (needs)』の概念、すなわち世界の貧しい人々にとって特に必須な必要物のことであり、主要な優先事項とされるべきことであり」、もう一つは「技術の状況及び社会組織の状況によって環境の能力に課される限界 (limitations) についての概念で、現在および将来の必要物を満たすためのものである。」(WCED, 1987 : 43) としており、「物理的な持続可能性 (physical sustainability) は、資源の利用、及び費用や利益の配分における変革への、このような考慮について注意をはらった開発政策なくしては守ることはできない。」(WCED, 1987 : 43) と指摘している。言い換えれば、この理念を実現するには、必要物や限界の概念をもとに、資源や環境の利用によって生じる利益などを公正に分配する

変革を通して、地球という閉鎖系のなかで資源や環境を物理的に持続させながら利用する必要のあることを指摘している (WCED,1987: 43)。

しかし、第 1 章第 1 節第 1 項でも述べたように、「持続的開発の概念には、いくつかの限界 (limits) が含まれる。」(WCED,1987: 8) と、“*Our Common Future*”(WCED,1987) は、限界があることは明らかにしているものの、絶対的限界は「現在の科学技術や環境をめぐる社会組織の状況及び、人間活動の影響を緩和する生物圏の能力」(WCED,1987: 8) によって変化すると、限界に流動性があることを指摘している。

例えば、第 I 部で述べた「デイリーの三条件」は、ローマ・クラブの三つの報告書、“*The Limits to growth*” (邦訳「成長の限界」)、“*Beyond the Limits : Global Collapse or a Sustainable Future*” (邦訳「限界を超えて」)、“*Limits to Growth : The 30-Year Update*” (邦訳「成長の限界・人類の選択」)において、理論的骨格とされる持続可能性の概念であり、資源や環境を物理的に持続させる概念であるが、“*Our Common Future*”(WCED,1987) では、ほぼ同じ内容の部分(再生可能な資源の利用)もあれば、違いがある部分(枯渇型資源の利用)もあり、持続可能性の概念をめぐる様々な立場や解釈があるという(加藤, 2005a: 41-66)。そこで、教材で用いる持続可能性の概念について、持続可能性の概念についての文献分析、及び中学校理科の他の学習内容などをもとに検討して明らかにする必要がある。

次に、資源や環境をめぐる問題を解決し、持続可能な社会を構築するには、科学・技術は不可欠であるものの、資源や環境の問題が生じた背景に、科学・技術の急速に拡大があることも事実である。言い換えれば、科学・技術が資源や環境へ与える影響には、好影響もあれば悪影響もあり、それぞれ科学・技術の利点や問題点となる。従って、このような教材で持続可能性の観点から科学・技術について検討すれば、その利点だけでなく問題点を扱う必要があり、科学・技術の問題点を扱うことが、生徒におよぼす影響について検討する必要がある。

例えば、Berkowitz (2005) は、環境リテラシー (ecological literacy) の一つの要素として、環境科学の本質を理解する必要があるとし、その中で特に「科学やその知的手段は、我々が直面している環境問題の一部であり、それゆえ解決の役割を担えない。」

(Berkowitz ,2005 : 248) という意見があることを指摘して、強い警戒感を示している。資源や環境の問題が、科学・技術の急速な拡大発展に伴って生じてきたことに起因すると思われるこのような意見について、「これらの単純な意見を否定し、科学へのより精巧で生産的な見方に、できるだけ置き換えることは環境の教育者の義務である。」

(Berkowitz ,2005 : 248) と、資源や環境などの問題の解決という、科学・技術の利点を認識させることの重要性を述べている (Berkowitz ,2005 : 248)。従って、科学・技術の問題性を扱うことで、科学・技術についての不信感、例えば環境問題の解決に有用でないと考えるなど、生徒の科学・技術への意識におよぼす影響についての検討が必要となる。

本節では、持続可能な社会の構築に寄与する市民を育成するために、中学校理科での環境教育において、科学・技術の利用についてのどのような指導ができるか検討した。その結果、持続可能な社会を築くには、科学・技術の構造的な変革が必要であり、科学・技術の持続可能な利用について考慮して利用できる市民の育成が求められることが明らかになった。そこで、このような能力を育成するために、持続可能性という観点から科学・技術について検討する指導をすることとし、そのような教材の開発における二つの課題を明らかにした。これらの課題については、第2節で持続可能性の概念について、第3節で科学・技術の問題点を扱う指導がおよぼす生徒への影響などについて明らかにする。



## 第2節 持続可能性の概念と「デイリーの三条件」

中学校理科において、科学・技術の持続可能な利用について学習する教材を開発するために、持続可能性という概念についての文献分析などを中心に理論的に研究した。近年わが国でも持続可能性という用語が様々な場面で使われるようになり、その背景として“*Our Common Future*” (WCED,1987) の世界的に合意された「持続可能な開発 (Sustainable Development)」、すなわち「未来世代がそのニーズを満たすための能力を損なうことなく、現代世代のニーズを満たすよう確保する」(WCED,1987: 8) 開発という理念があることはよく知られてきた。しかし、この理念を実現するための概念について言及したものは多くない。

「持続可能な開発」の概念について、“*Our Common Future*” (WCED,1987) は、この理念を実現するには、限界 (limitations) などについての概念の必要性を指摘し (WCED,1987: 8)、森林や漁業資源のような再生可能な資源 (renewable resources) や化石燃料や鉱物のような再生不可能な資源 (non-renewable resources)、空気や水の質、その他の自然構成要素への悪影響について言及している (WCED,1987: 43-46) ものの、第1章や前節でも述べたように、限界 (limits) には流動的要素が含まれる (WCED,1987: 8) として絶対的限界を明らかにせず、持続可能性の概念にあいまいさが含まれ多様に解釈されるようになった。

持続可能性の概念についての代表的な二つの解釈として、例えば、加藤 (2005b) は『ソフト・サステナビリティ』(きびしい規制を要求しない) と『ハード・サステナビリティ』(厳密に物理的に持続可能性を追求する) の対立 (加藤,2005b: 18) として説明されることを指摘している。加藤 (2005a) は、「ハード・サステナビリティ」の立場では、「地球の生態系が有限である以上、再生可能な資源への転換と処理能力以上の廃棄物を出さないことが持続可能性の条件」(加藤,2005a: 41) とし、「ソフト・サステナビリティ」の立場では、「枯渇型資源への依存や廃棄物の累積が続いたとしても、相対的に資源の使用効率が高まるなら持続可能性が保持されると主張する。」(加藤,2005a: 41) として、両者の対立は、主に化石燃料などの枯渇型資源の利用をめぐる点にあると指摘する。また、この論

争について、前節で述べたように WCED(通称ブルントラント委員会)の報告書の枯渇型資源の利用などに関わる解釈をめぐって生じているとして、WCED の報告書と「デイリーの三条件」との相違について指摘している。

「デイリーの三条件」は、経済学者である Herman E.Daly (ハーマン・E・デイリー)により提唱された。この主張は、地球という閉鎖系において、資源や環境を物理的に持続させるための三つの条件 (①再生可能な資源に関するもの、②再生不可能な資源に関するもの、③汚染物質に関するもの) からなる。前節で述べたように、この概念はローマ・クラブの三つの報告書の理論的骨格とされており (加藤,2005 b: 25-27)、その二番目の報告書である “*Beyond the Limits : Global Collapse or a Sustainable Future*” (Meadows et al.,1992) は、「デイリーの三条件」を以下のようにまとめている。

- ① 再生可能な資源について—土壌、水、森林、魚、など—持続可能な利用の速さは、再生する速度を超えてはならない。(例えば、魚の持続可能なとり方を例とするなら、残された魚の個体数によりもとに戻せる速さで捕まえるときである。)
- ② 再生不可能な資源について—化石燃料、高品質な鉱物、化石水など—持続可能な利用の速さは、再生可能な資源を持続可能に利用した場合で代用できる速さを超えてはならない。(石油の埋蔵量についての持続可能な利用を例とするなら、その収益を太陽集熱器や植林に計画的に投資して、使い果たした後もなお同等の再生可能なエネルギーを途絶えず得られるようにすることになる。)
- ③ 汚染物質の持続可能な排出については、環境に循環されたり、吸収されたり、無毒にされたりできる速度を超えてはならない。(例えば、汚水を小川や湖に持続可能に排出する場合を例とするなら、水中の自然生態系がその栄養分を吸収できる速度でなくてはならない。)

(Meadows et al.,1992: 46)。

加藤(2005b)は、この「デイリーの三条件」の①再生可能な資源について、「ブルントラント委員会の報告にも、ほぼ同じ内容が含まれている。」(加藤,2005b:27)と指摘している。しかし、②再生不可能な資源については、「第二項目についての見方がまったく違う。」(加藤,2005b:28)と、WCED(通称ブルントラント委員会)の報告書の「『化石燃料や鉱物のような再生不能資源は、それを使用すれば当然将来利用可能な量は減少する。しかし、だからといってこれを使用してはならないということではない。』」という部分などを引用し、「結局、枯渇までの成り行きを見ながら利用するという方針を示している。」(加藤,2005b:30)と、「枯渇型の資源への依存からの脱却」のために再生可能な資源の持続可能な利用への代替を明示する「デイリーの三条件」との相違を指摘している。

さらに、「ハード・サステナビリティ」と「ソフト・サステナビリティ」の相違の背景に資源の有限性などをめぐる理論的対立があるとして、加藤は、「その根底には、地球の有限性を絶対的に有限なものとして厳密に解釈するか、それとも『資源のコストが相対的に低下するなら、資源は無限として扱える』という相対主義を採用するかという理論的対立である。」(加藤,2005b:18-19)と指摘している。

さらに、「ソフト・サステナビリティ」の有限性を絶対的なものとして扱わない解釈とWCEDの報告書との関わりについて、加藤は「枯渇型資源の利用の限界が確定できないということは、限界がないことと同一ではないのに、多くの人は限界が不確定であるという理由で、その限界が存在しないかのような態度を取っている。」(加藤,2005b:28)と指摘して、限界はあるものの流動的であり、「画一的かつ確定的な限界がない」とするWCEDの報告書を、「ソフト・サステナビリティ」の立場では拡大して解釈し、化石燃料のような再生不可能な資源についても、まるで限界がないかのように利用しようとしていると指摘している。

同様に、蔵田(2009)も「強い持続可能性」と「弱い持続可能性」が区別できることを指摘し、「強い持続可能性」とは、「産業の発展よりも未来世代に対する義務を重視し、さらに自然の価値を重視するようなタイプの持続可能性」(蔵田,2009:89)であり、「弱い持続可能性」とは「現在の産業構造を維持するというタイプの持続可能性」(蔵田,2009:89)であると指摘している。

以上のように、「ソフト・サステナビリティ（弱い持続可能性）」の立場もあるものの、枯渇型資源の有限性について明確にしない解釈は、中学校理科の教材で用いるには困難が伴う。すなわち、現行の中学校学習指導要領（理科）では、第1章第3節第1項で明らかにしたように、持続可能な社会の構築の重要性の認識を目標とし、第1分野では「エネルギー資源の利用や科学技術の発展と人間生活とのかかわりについて認識」（文部科学省，2009：52）を深めるとして、エネルギー資源の有効利用などについて指導することが求められる。さらに、科学技術の利用に関わって、「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る。」（文部科学省，2009：56）として、多くの教科書でエネルギー資源の採掘可能な年数など、化石燃料等の枯渇に関わる内容が取り上げられる。従って、中学校理科において、枯渇型資源の有限性について明確にしない「ソフト・サステナビリティ」を持続可能性の概念として使用することは、他の学習内容との矛盾が生じる可能性がある。

一方、Daly の主張について、加藤は「生態系の全体的なシステムのなかの部分集合である経済圏は、その全体的なシステムの限界を守らざるをえないという自明なことを前提としている」（加藤,2005 a：55）と、経済活動が（有限で成長することもなく物質的には閉じている）生態系に原料の再生と廃棄物の吸収を要求している場合、その要求は生態学的に持続可能な水準にとどめおかなければならないとして提唱されたと指摘する。従って、この概念は地球の有限性を前提としていることを指摘しており、資源や環境を物理的に持続させる「ハードな持続可能性」の立場にあたる。

本章第1節でも述べたように、「デイリーの三条件」は“*The Limits to growth*”（邦訳『成長の限界』）、“*Beyond the Limits : Global Collapse or a Sustainable Future*”（邦訳『限界を超えて』）、“*Limits to Growth : The 30-Year Update*”（邦訳『成長の限界・人類の選択』）のローマクラブの三つの報告書の理論的骨格とされている（加藤,2005 b：24-27）だけでなく、例えば Dobson（1999）は、Daly について「持続可能な経済のあり方について、最も影響力のある初期の考えの大部分をつくり出した人である」（Dobson, 1991: 145）として、その *The steady-state economy*（定常状態の経済）について紹介（Dobson, 1991: 145-151）している。また、アメリカの環境倫理学者 Jardins（2001）

は、Daly について「持続可能性の経済学のおそらく最もよく知られた闘士」とし、その主張である「To develop（発展）と To grow（成長）の区別<sup>注2)</sup>が持続可能性の経済学の本質である。」（Jardins, 2001: 61）という指摘を引用している。さらに、経済学者であり、Daly の著書の訳者でもある新田(2005)は、Daly の論旨が 30 年以上にわたって常に一貫しているとし、「わが国では、メジャーと言えないと述べたが、少なくとも英語圏では、彼は持続可能性に関する研究の第一人者とみなされている。」（Daly, 2005: 333）としている。このように、「デイリーの三条件」は、地球の有限性を前提とし、「持続可能な開発」という理念を実現する中心的な概念と考えられる。生徒の発達段階から考え、「デイリーの三条件」には難解な部分もあるものの、化石燃料等の有限性など、他の学習内容と矛盾する可能性がある「ソフトな持続可能性」より理解しやすいと思われる。

持続可能性の概念についての文献研究の結果、中学校理科の教材で用いる場合、地球の有限性を前提する「デイリーの三条件」がふさわしいと考えた。この概念は「持続可能な開発」という理念の実現を目指す中心的な概念であり、資源や環境を物理的に持続させるための概念である。難解な部分もあるものの、他の学習内容との矛盾することはない。そこで、中学校理科において持続可能性の概念（「デイリーの三条件」）を形成し、その観点から科学・技術について検討して、科学・技術の資源や環境に関わる問題点と利点を認識させようとした。

### 第3節 従前の環境教育との相違点

ESDの目的である持続可能な社会の実現という観点から、環境教育における科学・技術についての指導を検討した結果、本章第1節で述べたように、資源や環境をめぐる問題を解決し、持続可能な社会を構築するには科学・技術は不可欠であるものの、資源や環境の問題が生じた背景には科学・技術の急速に拡大があり、科学・技術が資源や環境へ与える影響には、利点となるものもあれば問題点となるものもある。従って、持続可能な社会の実現には、このような点を考慮して科学・技術の利用について意思決定できる市民の育成が重要であり、そのためには持続可能性という観点から科学・技術の問題点と利点を検討する指導が必要となる。しかし、このような指導では科学・技術の利点だけでなく問題点を扱うこととなり、そのことが生徒におよぼす影響、例えば本章第1節で述べた科学・技術への不信感などについては、十分に検討する必要がある。本節では、まず、科学・技術の利点や問題点を扱う指導について、先行研究をもとにその必要性や課題を明らかにし、それらの示唆を活かして科学・技術の新たな指導について検討する。

科学・技術の従前の環境教育における扱いについて、例えば、小川は、STS教育のそれとの相違について、「科学技術そのものを問題として位置づける」（1993:25）STS教育に対して、環境教育では、「科学技術そのものの問題性は少なくとも表面に出ない。むしろ、問題性についての考察を取り扱わないことによって、暗黙裡にそのものの価値を肯定する立場である。」（小川，1993：25）と、従前の環境教育では科学・技術そのものの価値を認め、その問題点を扱っていなかったことを指摘している。

このような科学・技術の問題点の扱いの違いにもかかわらず、環境教育の目標と、STS教育の目的に共通する部分が多いことを小川は指摘し、「現代という科学技術社会において健全なる市民としての意思決定能力、問題解決能力を身につけさせる」（小川，1993：20）とするSTS教育の目的に対して、以下のように環境教育の目標をベオグラード憲章から引用している。

環境とそれに関する問題に気づき、関心をもつとともに、当面する問題の解決や新しい問題の発生を未然に防止するために、個人及び集団として必要な知識、技能、態度、意欲、実行力などを身につけた世界の人々を育てること

(小川, 1993: 24)

さらに、小川は「環境教育で取り扱う環境問題には、科学技術が深くかかわっている」(小川, 1993: 25) とし、関心をもつべき環境とそれに関する問題には科学・技術についての問題もあげられ、そのような「問題の解決や新しい問題の発生を未然に防止するため」に身につけるべき知識、技能などのうちに、科学・技術についての問題も含まれるとする考えから、環境教育の目標と、STS 教育の目的に共通する部分が多いと指摘しているものと推察される。ところが、このように共通する目標をもちながら、従前の環境教育が科学・技術の問題性を取り扱ってこなかったことについて、小川は「健全なる市民としての意思決定能力、問題解決能力を身につけさせる」(小川, 1993:20) ために科学・技術の問題性を取り扱う STS 教育との違いから、間接的に疑問を呈し、環境教育における科学・技術の問題性を扱うことの重要性を指摘していることが窺われる。

一方、環境教育において環境にやさしい各種の技術などの科学・技術の利点をあつかう必要性も指摘されている。例えば、大高は、小川と同様にベオグラード憲章の環境教育の目標をあげ、「学校教育における環境教育・学習は、環境問題の現状と原因を探り、関連の知識や技術を習得し、環境問題解決の方策を討論し、環境問題解決を目指す、というのが基本」(大高, 2008: 442) であり、このような環境教育では「子どもたちにしてみれば、汚れた水や空気、オゾン層の破壊で皮膚ガンになる、地球温暖化による海面上昇で水没する地域がでる、等々、環境問題は『暗い』話題を扱い将来への不安をかき立てがちである。」(大高, 2008:442) とし、環境教育がこのようなアプローチのみであれば、「環境教育は、子どもたちにとって『暗い』話題の学習になり、将来が悲観的なもの、『お先真つ暗』なものを受け取られないであろうか。」(大高, 2008: 442) と、環境に関心をもち、ふさわしい

行動様式を形成するためにも、将来に明るい見通しを与えるような話題を積極的に取り上げる必要があるとして、以下のように指摘する。

環境教育のテーマとして環境問題の解決に成功を収めた対策や有望な対策等々、将来に対して「明るい」見通しを与えるような話題を積極的に取り上げる必要がある、ということである。例えば、環境にやさしい各種の技術（太陽光・風力発電、地中で分解されるプラスチック）などである。

（大高，2008：442-443）

さらに、大高（2008）は、「お先真っ暗」な環境教育から脱却するためだけでなく、科学を学ぶ意義や有用性を実感させるためにも、環境教育では、各種の技術などが与える環境への好影響、言い換えれば科学・技術の利点を取り上げることが重要であることを指摘している。このような環境教育での「暗い」話題が子どもたちに与える影響についての大高（2008）の指摘と同様に、これから人間として成長していこうとする子供たちにとって欠くことのできない、自己への肯定感・信頼感・尊重感にすら影響するという指摘もある<sup>注3)</sup>。従って、環境教育における科学・技術の問題点を扱う指導についても、子どもたちに与える影響に十分配慮して取り組む必要がある。

先行研究をもとに、環境教育における科学・技術の扱いについて検討した結果、同じ環境教育の目標（ベオグラード憲章）にもとづいていても二つの異なる指摘があることが明らかになった。一方では、科学・技術の利用についての市民の意思決定能力を育成して環境問題を解決するには、その問題点を認識する必要があるとする小川（1993）の指摘である。また他方では、将来に対して「明るい」見通しをもたせ、環境への関心などを高め、科学を学ぶ意義や有用性を実感させるためにも、環境問題の解決に成功を収めた対策や有望な対策等々、科学・技術の利点を取り上げる必要があるとする大高（2008）の指摘である。

科学・技術についての新たな指導について、これら二つの示唆を視点として検討する。



本研究は、科学・技術の持続可能性を考慮して、その利用について意思決定できる市民の育成を目指して、持続可能性という観点から、科学・技術について検討して利点と問題点を明らかにするものである。従って、このような指導では、科学・技術の問題点を認識させ、意思決定能力、問題解決能力を身につけさせるために科学・技術の問題性を取り扱う STS 教育と同様に、環境教育において科学・技術の問題性を取り扱うことになる。

後者の将来に明るい見通しを与えるという視点からは、持続可能性という科学・技術の問題点を認識させるものの、本指導法は、それを解決する科学・技術の利点も取り上げる。例えば、小川は「科学的知識は暫定的なものであり、決して真理と同一視されるべきではない。それはただ単に一時的な地位を占めるだけなのだから。」(小川, 1993: 23) などの Cleminson の指摘を引用して新しい科学観としている。この科学的知識を暫定的なものとして捉える新たな科学観を前提とすれば、科学・技術もそのような科学的知識を基礎とする暫定的なものである。従って、このような考えから捉えなおせば、科学・技術の問題の認識は、新たな技術革新などへの方向性を示すことになる。また、その問題が焦点化されたものであれば、問題解決の糸口が見つけやすく、その問題点を克服した科学・技術の利点も明確になる。言い換えれば、持続可能性という観点から科学・技術について検討し、問題点が明らかになることで、それを解決する持続可能な科学・技術の利点も明らかになる。図 2-1 にその概念図を示す。

例えば、火力発電という技術について、持続可能性という観点から検討すれば、その化石燃料の使用、及び大量の CO<sub>2</sub> の排出が持続可能でない点である。それらの問題点が明確になれば、化石燃料の代替となるエネルギー源を用いる発電技術や、CO<sub>2</sub> を排出しない発電技術の利点が明らかになり、これらの特徴をもつ、例えばバイオマス発電<sup>注4)</sup> などの利点が明らかになる。このように、火力発電という技術の問題点の認識は、バイオマス発電という技術の利点を明確にし、持続可能な技術のための研究開発や技術開発の意味を鮮明に認識させることにつながる。

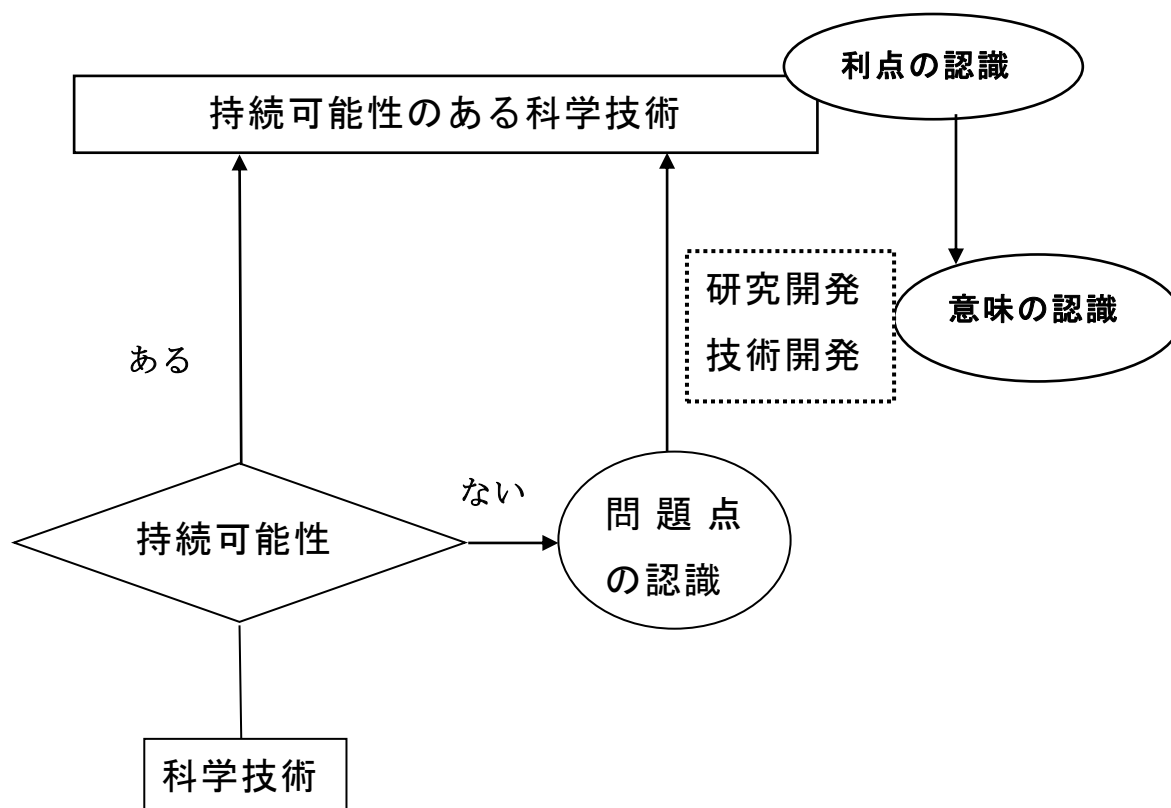


図 2 - 1 科学技術の意味の認識

以上のように、科学・技術を扱う新しい観点として、持続可能性の概念を用いることで、科学・技術の資源や環境に関わる問題点を認識すると同時に、持続可能な科学・技術の利点が認識できる。さらに、その問題点を解決する研究開発、技術開発の意味や、そのための努力が認識できれば、決して「暗い」だけではなく、将来に明るい見通しを与える話題になる。

このように、持続可能性という観点を明らかにして、科学・技術の問題を焦点化することで、持続可能な科学・技術の利点も明らかになり、科学・技術の利用について、その持続可能性を考慮した意思決定につながるとともに、子どもたちの将来への見通しを「暗く」することのない教材の開発ができる。また、本章第1節で述べた、環境リテラシーの要素として、環境科学の本質への理解を位置づける Berkowitz (2005) の指摘のように、資源や環境などの問題解決という科学・技術の利点を認識させることもできるものと考えられる。そこで、本研究ではこのような指導の有効性や生徒の科学・技術に対する意識への影響について検証するために、教材開発、及び授業実践を行うこととした。

## 第5章 教材開発

本章では、単元「科学技術と人間」の指導について、教材の構成や題材を明らかにする。持続可能性の概念を観点として科学・技術について検討する本教材は、発電という技術を題材として取り上げて開発した（第1節）。また、本教材の「デイリーの三条件」と第I部「イースター島の悲劇」における「世代間倫理の基礎的概念」の概念形成との関連についても明らかにする（第2節）。

### 第1節 「科学技術と人間」単元の構成

単元「科学技術と人間」は、第4章で述べた理論的研究をもとに開発した、科学・技術の持続可能性の概念を観点とした検討についての指導を中心として構成した。本単元は、二つの小単元「エネルギー資源の利用と持続可能性（4時間）」（表2-1）、及び「人間生活と科学技術（6時間）」（表2-2）から構成した。持続可能性の概念の形成、及び科学・技術の利用について検討する教材は、小単元「エネルギー資源の利用と持続可能性」において、発電という技術の利点と問題点を持続可能性という観点から検討する教材として構成した。小単元「人間生活と科学技術（6時間）」では、「持続可能な社会のための科学技術」をテーマとした課題研究を実施した。

小単元「エネルギー資源の利用と持続可能性」では、持続可能性という概念が必要となってきた背景および、「デイリーの三条件」を「持続可能性のための三つの条件」として指導した（第1時）。さらに、「デイリーの三条件」の理解に不可欠な、再生可能な資源、及び再生不可能な資源については、それぞれ化石燃料及びバイオマス为例として取り上げ、対比させながら指導した（第2時）。

再生可能な資源の例としてバイオマスを取り上げたのは、再生不可能な資源である化石燃料と同様、有機物の燃焼という化学変化でありながら、大気中の二酸化炭素濃度に影響を及ぼさない（カーボンニュートラルという）特徴のため、環境の持続可能性という観点からも対比できると考えた。さらに最近の急速な社会的認知の状況から、教材として取り

上げるにふさわしいと判断した。

小单元「エネルギー資源の利用と持続可能性」の後半では、持続可能性（「デイリーの三条件」）を観点として、発電技術について検討する学習内容から構成した。すなわち、現在の主な発電方式（水力発電、火力発電、原子力発電）をエネルギー資源の持続可能性、環境に影響をおよぼす物質についての持続可能性という観点から検討し、その問題点に気付かせた（第3時）。また、新しい発電技術（太陽光発電、風力発電、バイオマス発電）の特徴を表にまとめ、持続可能性という観点からの利点と効率などの問題点に気付かせた。さらに、それらの問題点を克服する技術開発の資金として、化石燃料などの収益を充てることで再生不可能な資源の持続可能な利用の仕方とされる（デイリーの三条件の②に相当）ことについて補足した（第4時）。

小单元「人間生活と科学技術（6時間）」では、「持続可能な社会のための科学技術」をテーマとした課題研究を実施し、表2-2に示すように、インターネットなどの情報をもとにしたレポートの作成やプレゼンテーションを主な内容とした。インターネットによる情報収集のために、検索のためのキーワードや参考となるサイトなどをあげて支援した。情報源として主にインターネットを用いたのは、科学・技術について、種類、量とも豊富で同時性のある情報が得られるからである。また、そのような科学・技術の具体的な営みに直接ふれることで、科学・技術をより身近に感じ、持続可能性を実現させようとする人々の努力に気付かせたいと考えた。

さらに、生徒間で情報を共有するためにプレゼンテーションを取り入れた。まず、生徒自身にテーマを決めさせ、各自で情報を収集して簡単なレポートを作成させた（2時間）。その後、関連したテーマごとに3～4名程度の小グループを編成して、各自で作成したレポートをもとに小グループ内で情報を交換させた。その後、クラス全体でのプレゼンテーションに向けて小グループで協力して準備をし、クラス全体でのプレゼンテーションを行った（4時間）。

開発した二つの小单元「エネルギー資源の利用と持続可能性」及び、「人間生活と科学・技術」を用いた授業は、第3学年理科の单元「科学技術と人間」において、平成19年1月から2月にかけて、広島市の公立中学校2クラス78名を対象として実施した。なお、こ

れに先立って、当該生徒は、平成 18 年 10 月末から 11 月初旬に、第 I 部で世代間倫理の育成を目指すために開発した、「過去－現在」型教材、「イースター島の悲劇（3 時間）」を用いて学習した。

表 2 - 1 「エネルギー資源の利用と持続可能性」学習の流れ（4時間）

学習目標	学習内容・学習活動	支援・準備など	評価規準
<p><b>「持続可能性」って？(2時間)</b></p> <p>持続可能性という概念の必要性に気付く。</p> <p>持続可能性のために三つの条件が必要であると知られていることを知る。</p>	<p>人類のエネルギー総使用量と人口の変化のグラフから、科学・技術の発達に伴う資源の大量消費や人口の増加などにより、資源や地球環境の持続可能性に問題が生じていることに気付く。</p> <p>持続可能性のためには、社会システムや、科学・技術、人々の意識などの見直しや変革が必要と考えられるようになってきたことを知る。</p> <p>デイリーの持続可能性のための3つの条件について説明を聞く。</p>	<p>ワークシーNo.1 図 人類のエネルギー総使用量と人口の変化</p> <p>地球規模で、人類がずっと人間らしく生活できるようにという思いから、持続可能性という概念が必要となったことを補足する。</p> <p>樹木の利用速度が再生速度を超えて、森林が持続できなくなったイースター島のことを思い出させる。</p>	<p>【関心・意欲】 持続可能性という概念に関心をもち、既知の事項や日常生活と関わらせながら意欲的に取り組もうとする。</p> <p>【技能・表現】 人類のエネルギー総使用量と人口の変化のグラフが読み取ることができる。</p> <p>【知識・理解】 持続可能性のための三つの条件を知る。</p> <p>【科学的な思考】 森林の持続可能性の例から、再生できる資源の利用速度は、再生速度を超えてはならないことに気付く。</p>
<p>エネルギー資源には、再生可能なものと、再生不可能なものがあることを知る。</p>	<p>バイオマス、化石燃料について知る。</p> <p>化石燃料とバイオマスについて、資源の再生可能性、大気中のCO<sub>2</sub>濃度への影響を表に整理して、再生不可能な資源と再生可能な資源とがあることに気付く。</p> <p>カーボンニュートラルの考え（バイオマスの燃焼で生成するCO<sub>2</sub>は、大気中のCO<sub>2</sub>濃度の増加につながらない。）について、説明を聞く。</p> <p>授業で感じたり考えたりしたことを書く。（自由記述）</p>	<p>ワークシート No.1 大気中のCO<sub>2</sub>濃度の増加が地球温暖化につながると言われていることを補足する。</p> <p>バイオマスは、（動物性のものも食物連鎖などを経て）光合成による有機物がもとになっているため、大気中のCO<sub>2</sub>由来していることを確認する。</p>	<p>【技能・表現】 バイオマスと化石燃料の特徴を表にまとめることができる。</p> <p>【科学的な思考】 カーボンニュートラルの考えを理解する。</p> <p>【知識・理解】 資源には、再生可能なものと、再生不可能なものがあることを知る。</p> <p>【関心・意欲】 資源の再生可能性に関心をもち、既知の事項と関連させながら考えようとする。</p>

**持続可能性と現在の日本の発電(2時間)**

持続可能性から見た現在の発電方式の問題点に気づく。

現在の日本での主な発電方式と、その原理についての説明を聞く。

水力発電、火力発電、原子力発電の特徴を表に整理し、持続可能性という観点などから、その特徴を表に整理して、どの発電方式にも問題点があることに気付く。

現在の日本の発電について、自分の考えをまとめて書く。(自由記述)

ワークシート No.2

エネルギー資源の持続可能性、生じる汚染物資などの持続可能性を考え、表にまとめるよう指示する。

長所や短所を知るには、いろいろな角度から検討する必要があることを補足する。

【知識・理解】 三つの発電方式の原理について知る。

【技能・表現】 三種類の発電方式の特徴を表にまとめることができる。

【科学的な思考】 持続可能性という観点から見た現在の発電方式の問題点に気付く。

【関心・意欲】 現在の日本の発電に関心をもち、既知の事項や日常生活と関わらせながら意欲的に考えようとする

エネルギーや環境の持続可能性のためには、研究開発や技術開発が必要であることを知る。

どの発電方式にも、問題点があったことを思い出す。

エネルギーを効率よく使う工夫や、新たなエネルギー資源の開発についての説明を聞く。

太陽光発電、風力発電、バイオマス発電について、エネルギー資源の持続可能性や生じる汚染物質など、特徴を表に整理する。どの発電方式にも問題点があることに気付く。

再生可能な資源を開発するための資金に関わるデイリーの考えについての説明を聞く。

これからの日本の発電のあり方について、自分の考えをまとめて書く。(自由記述)

前時の生徒の記述のいくつかを読み聞かせる。

ワークシート No.3

エネルギー資源の持続可能性、生じる汚染物資などの持続可能性を考え、表にまとめるよう指示する。

どの発電方式も、再生可能なエネルギーで持続可能性はあるが、多くの克服しなければならない問題点があることを補足する。

【技能・表現】 三種類の発電方式の特徴を表にまとめることができる。

【科学的な思考】 再生可能な資源を用いる発電方式には、持続可能性という利点と、経済効率などの問題点があることに気付く。

【知識・理解】 新たな研究開発、技術開発には、資金が必要であることを知る。

【関心・意欲】 これからの日本の発電のあり方に関心をもち、日常生活や既知事項と関わらせながら意欲的に考えようとする。



表 2-2 「人間生活と科学技術」学習の流れ（6時間）

学習目標	学習内容・学習活動	支援・準備など	評価規準
<p>様々な科学・技術が、持続可能な社会を実現するために利用されていることを知る。</p>	<b>持続可能な社会のための科学・技術って？（6時間）</b>		<p>【関心・意欲】いろいろな資料を集め、その出典が書ける。</p> <p>【技能・表現】読む人に分かりやすく（文章、図表など）表現を工夫できる。</p> <p>【科学的な思考】テーマについて多角的な見方を取り入れ、客観的、論理的にレポートを構成することができる。</p> <p>【関心・意欲】持続可能な社会の実現と関わって、自分の考えを訴えることができる。</p> <p>【知識・理解】科学・技術が、持続可能な社会実現のために役立つことを知る。</p>
	<b>レポートの作成（2時間）</b>		
	<p>持続可能な社会のための科学・技術についてレポートを作成することを知る。</p> <p>レポート作成のために、インターネットで検索し、資料となる情報を得る。</p>	<p>資料プリントNo.1</p> <p>持続可能性のための科学・技術について、多角的な見方をするために、複数のサイトから情報を集めるよう指示する。</p>	
	<p>レポートには、内容（調べたこと、わかったこと）だけでなく、テーマを選んだ理由や自分が伝えたいこと、訴えたいことなどが必要であることを知る。</p> <p>前時に収集した資料などを参考にして、レポートを作成する。</p>	<p>資料プリントNo.2</p> <p>レポート用紙（B4）</p> <p>レポートの自己評価表</p> <p>レポートの構成や評価の規準について説明する。</p>	
	<b>プレゼンテーションとその準備（4時間）</b>		
<p>レポートのテーマ別ごグループをつくり、前時に作成したレポートを使い、グループ内で発表する。</p> <p>プレゼンテーションのためのテーマや内容、役割分担について、グループごとに話し合う。</p>	<p>関連したテーマごとにグループをつくり、クラスでのプレゼンテーションすることを伝える。</p> <p>前時に作成した各自のレポートを用いてグループ内で情報交換し、クラスでのプレゼンテーションの準備をするように指示する。</p>		
<p>プレゼンテーションのための資料を作成する。</p>	<p>プレゼンテーションのための資料プリント用紙</p>		
<p>プレゼンテーション</p>	<p>プレゼンテーションのための資料プリント、発表順の指示ワークシートNo.3</p>	<p>【技能・表現】聞く人に分かりやすいよう、表現（資料、発表など）を工夫できたか。</p> <p>【科学的な思考】テーマについて多角的な見方を取り入れながら、論理的に発表や資料を構成できたか。</p> <p>【関心・意欲】持続可能な社会の実現のために、実行可能で効果的な提案ができたか。</p> <p>【知識・理解】持続可能な社会実現のために、科学・技術による様々な貢献ができることを知る。</p>	

## 第2節「デイリーの三条件」と「世代間倫理の基礎的概念」の概念形成

本指導においては、第4章第2節で明らかにしたように、持続可能性の概念として用いるために、「デイリーの三条件」（①再生可能な資源に関するもの、②再生不可能な資源に関するもの、及び③汚染物質に関するもの）の概念を形成した。また、第I部の教材「イースター島の悲劇」でも、第2章第2節で述べたように、森林破壊の原因を理解させるために「デイリーの三条件」のうち（①再生可能な資源に関するもの）の条件を用いた。本節では、両方の教材での「デイリーの三条件」の扱いの関わりなどについて明らかにする。

「エネルギー資源の利用と持続可能性」で形成した「デイリーの三条件」は、科学・技術の観点として用いた。すなわち、持続可能性という概念を用いることで、科学・技術の資源や環境に関わる利点や問題点は総合的にとらえられる。例えば、題材とした発電技術の場合、エネルギー資源、地球温暖化、放射性廃棄物など、様々な問題と関わりがある。しかし、持続可能性の概念からは、太陽光やバイオマスなどの（①再生可能な資源の再生速度を超えない）利用は持続可能であるが、化石燃料などの利用（②再生不可能な資源の消費は原則として）は持続可能ではない。③環境が無毒化できる速度を超えない汚染物質の排出は持続可能であるが、それを超えるCO<sub>2</sub>や放射性廃棄物は持続可能ではない。さらに、化石燃料の利用も、利益の一部を再生可能なエネルギー資源の開発や植林などに投資すれば、持続可能な利用の仕方となる。

このように、様々な問題を含む発電技術を持続可能性の概念を観点として検討することで、科学・技術の持続可能な部分と、持続可能でない部分は明らかにできる。その持続可能でない部分は技術としての問題点となり、持続可能である部分は技術としての利点となるため、科学・技術の問題点と利点も明らかになる。このように、「エネルギー資源の利用と持続可能性」において、「デイリーの三条件」を観点として用いる際には、科学・技術などの資源や環境と関わる多様な物質的条件について、その利点と問題点を総合的にとらえられる。

一方、第I部における「世代間倫理のための基礎的な概念」を形成する「イースター島の悲劇」では、この事例における森林破壊について森林の持続可能性という観点から理解

を深めさせるために、「デイリーの三条件」の①再生可能な資源に関するものの条件を用いた。I部で述べたように、この教材はイースター島の歴史を題材としたものであり、先行する世代の過剰伐採による森林破壊が、後継する世代に重大な脅威を与えた事例である。

この事例で森林が持続されず破壊されてしまった原因は、先行する世代の過剰伐採によるが、それは単に樹木を伐採したからというだけではない。樹木の伐採自体が問題なのではなく、伐採する量や速さ、すなわち樹木の生長を超える量の伐採を長期間続けたことが問題であり、森林の破壊の原因なのである。言い換えれば、樹木など再生可能な資源の場合、資源の利用自体が問題なのではなく、その利用速度が問題であり、持続可能な資源の利用を阻む原因なのである。この内容は、森林という①再生可能な資源の持続可能な利用（「土壌、水、森林、魚、など、『再生可能な資源』の持続可能な利用速度は、再生速度を超えるものであってはならない。」）の条件にほかならない。

また、「イースター島の悲劇」の指導においては、森林破壊を防ぐには「樹木の生長を超えないように、伐採を制限する必要があること」を確認した。すなわち、「樹木の生長を超えた」場合と「樹木の生長を超えない」場合とでは、樹木の伐採という行為の後継する世代に与える影響は全く違ってくる。「樹木の生長を超えた」伐採は、森林破壊につながり後継する世代への脅威となる。しかし、「樹木の生長を超えない」伐採では、森林は持続され後継する世代への恩恵となる。

図1-3に示したように、森林の持続可能性の理解により、先行する世代は後継する世代へ脅威だけでなく恩恵もおよぼせることが明らかになり、先行する世代の行為や選択によって、脅威を恩恵に変えられることが理解できる。このように森林破壊について、持続可能性を観点として検討することで、「先行する世代の選択が、後継する世代の生活に大きな影響を与える」と定義した、「世代間倫理のための基礎的な概念」を形成することができる。また、「イースター島の悲劇」では、森林の持続可能性の理解、及び「世代間倫理の基礎的な概念」の形成を通して、持続可能性のもつ意味が両面から理解できる。すなわち、先行する世代の行為や選択を評価する規準としての意味、及び時間を超えて後継する世代へ脅威や恩恵をおよぼす倫理的意味である。

第II部の科学・技術についての検討では、持続可能性のもつ、現在世代の行為や選択に

ついて評価する規準として用い、長い時間を超えた未来世代への脅威や恩恵という倫理的な意味まで扱っていない。しかし、既に学習した「イースター島の悲劇」での「世代間倫理の基礎的概念」の形成より、例えば、枯渇型資源の浪費など、世代間の不公正な分配の倫理的意味に気付かせる効果が期待できる。

## 第6章 授業実践の結果と分析

本章では、科学・技術について持続可能性を観点として検討する授業を行い、その授業の分析結果から指導の有効性について検証する。そのために、授業における生徒の記述や授業後の評価問題の結果、授業前後でのアンケート調査などをもとに①持続可能性（「デイリーの三条件」）の概念が形成できたか（第1節）、②持続可能性の概念を観点として発電技術の利点や問題点を認識できたか（第2節）、③授業後に生徒の意識はどのように変化したか（第3節）の三つの視点から分析する。また、これらの授業分析から、持続可能性の概念を科学・技術の検討の観点とした効果や、本指導による科学・技術への生徒の意識の変化などについて考察する（第4節）。

### 第1節 「デイリーの三条件」の概念形成

本節では、授業後に実施した評価問題（附録 資料1）の結果及び、第2時の授業後の感想（自由記述）から、「デイリーの三条件」の概念が形成できたかについて分析する。2クラス72名を対象として実施した評価問題の結果を、①再生可能な資源に関する概念、②再生不可能な資源の利用に関する概念、③汚染物質に関する概念について示す（表2-3）。授業後、「デイリーの三条件」のうち、①再生可能な資源に関する概念、及び③汚染物質に関する概念については、生徒の70名（約97%）が理解した。②再生不可能な資源の持続可能な利用に関する概念については、一部の生徒が理解した。②の再生不可能な資源の持続可能な利用の概念については、化石燃料などが再生不可能な資源であることおよび、その利用が原則として持続可能でないことは理解したが、その持続可能な利用の仕方の部分については、充分理解できない生徒が多かった。「デイリーの三条件」の②再生不可能な資源のこの部分については、複雑で難解であるものの15名（約21%）の生徒が理解した。

表2-3 持続可能性（「デイリーの三条件」）の概念についての理解（2クラス72名）

デイリーの三条件	正答人数
① 再生可能な資源に関するもの	70名 (97%)
② 再生不可能な資源の持続可能な利用に関する部分	15名 (21%)
③ 汚染物質に関するもの	70名 (97%)

さらに、「デイリーの三条件」と資源や環境などの持続可能性との関わりを理解したか、第2時の授業後の感想（自由記述）から分析した。なお、この記述については、詳細に分析するため1クラス36名を対象とした（表2-4）。その結果、授業後に32名（約89%）の生徒は、資源または、環境の持続可能性と関わる内容を記述し、多くの生徒が「デイリーの三条件」と資源や環境の持続可能性との関わりを理解したと考えられる。32名のうち、27名（75%）の者は資源の持続可能性と関わる内容を、約28%（10名）は環境の持続可能性と関わる内容を記述した。例えば「限りある資源はどんどん減っていくし、空気も汚す。（以下省）」の記述のように、資源の問題だけでなく環境の問題とも関わる記述をした者は、5名（約14%）いた。

また、16名（約44%）の生徒が、日常生活と関わる内容や環境への倫理観に関わる内容を記述していた。例えば、表2-4に示した「自分たちが毎日のように使っている灯油はものすごく重要だと気付いた。少し前、移動教室で全員が他のクラスに行った時、ストーブをつけたままだったことを後悔している。資源を使わないことはできないけど、速度を超えないようにすることはできるような気がする。」という記述のように、資源や環境の持続可能性と日常生活との関連について記述をした者が13名（約36%）いた。第2時までの学習（表2-1）は、「デイリーの三条件」や「再生可能な資源」、「再生不可能な資源」などを中心とした内容であったが、16名（約44%）の生徒は、日常生活などとも関わらせて認識した。さらに、環境への倫理観などを関わって記述した生徒もいた。

表2-4 「デイリーの三条件」と資源や環境の持続可能性との関わりを理解  
(1クラス36名)

授業で感じたこと、考えたこと (自由記述)	
生徒の記述	人数
<p>&lt;資源の持続可能性と関連した内容&gt; (27名)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・デイリーさんが気付いた三つの条件は、とても大切なものだと思います。再生可能な資源も取りすぎてはいけないことを知りました。化石燃料は限りあるものだから使いすぎてはいけないと思いました。</li> <li>・再生可能な資源の再生速度を利用速度がこえなければ持続できるので、できるだけ使う量を減らしたい。</li> <li>・再生することのできない化石燃料は、必要最低限だけ使って、再生することができるバイオマスを有効利用したらいいと思った。そしたら、CO<sub>2</sub>濃度が上昇しにくくなるから環境保護にもなると思う。</li> <li>・限りある資源はどんどん減っていくし、空気も汚す。それゆえ、環境を守るためにも、早々に枯渇せず汚染もしないエネルギー資源を利用できるようにしなければならないと思う。</li> </ul>	32名
<p>&lt;環境の持続可能性と関連した内容&gt; (10名)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・今、CO<sub>2</sub>濃度が上昇していて問題になっているけど、上昇しない方法もあるのでだと知って、とても感動しました。これからは、このような方法がさかんに取り入れられ、地球がはやく良い環境になればいいと思います。</li> <li>・バイオマス、カーボンニュートラルなど初めて聞く言葉ばかりだった。これから大人になるうえで、上手に資源を利用して、エネルギーを得ていきたい。また、大量の二酸化炭素の排出も上手にコントロールしていきたい。</li> </ul>	
<p>&lt;日常生活や環境への倫理観と関連した内容&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・将来、私達の子孫が私達のような良い生活を送るためには、私達がそれを意識して、資源を大切に再利用しなければならないと思った。</li> <li>・自分たちが毎日のように使っている灯油はものすごく重要だと気付いた。少し前、移動教室で全員が他のクラスに行った時、ストーブをつけたままだったことを後悔している。資源を使わないことはできないけど、速度を超えないようにすることはできるような気がする。</li> <li>・これからはバイオマスをどのように使っていくかで地球の将来が変わると思った。</li> <li>・限りある資源を有効に使わなければならない。私たち個人個人でも節約に努めるなど努力すべきだ。カーボンニュートラルなど技術がより進歩することが望ましい。</li> </ul>	16名
<p>&lt;その他&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・カーボンニュートラルとか、バイオマスとか難しくてよくわからないけど、やっているうちにだんだん分かってきて、何かすごいと思った。</li> </ul>	1名

「デイリーの三条件」の概念形成について分析した結果、①再生可能な資源に関する条件及び、③汚染物質に関する条件については、ほとんどの生徒が理解した。②の再生不可能な資源の持続可能な利用の概念については、化石燃料などが再生不可能な資源の利用が原則として持続可能でないことは理解したものの、その持続可能な利用の仕方の部分について理解した生徒は、約 5 分の 1 程度であった。また、授業後の感想として、多くの生徒（約 89%）が、資源または環境の持続可能性と関わる内容を記述したことから、多くの生徒が資源や環境の持続可能性のための概念として「デイリーの三条件」認識したものと考えられる。



## 第2節 科学・技術の問題点と利点の認識

本節では、開発した教材を用いた授業実践を通して、科学・技術の利点や問題点が認識できたかについて検討する。科学・技術の問題点の認識は、第3時の現在の発電方式についての記述（ワークシート No.2）から分析した（第1項）。科学・技術の利点の認識は、第4時の今後のエネルギー資源の在り方の記述（ワークシート No.3）から分析した。

### 第1項 科学・技術の問題点の認識

現在の発電方式（科学・技術）の問題点の認識は、第3時の授業（表2-1）、ワークシート No.2「現在の日本の発電について、感じたり考えたこと」の記述から分析した。なお、この記述については、詳細に分析するため1クラス35名を対象とした。（表2-5）

表2-5に示すように31名（約89%）の生徒が、現在の発電方式の問題点を指摘した。22名（約63%）は、資源や環境の持続可能性との関わりから、現在の発電方式の問題点を指摘した。従って、多数の生徒が発電方式という科学・技術の問題点を認識し、約3分の2の生徒が持続可能性という観点から問題点をとらえたと考えられる。

記述した内容は、発電の利用における問題点、例えば再生不可能な資源の利用や地球温暖化など、資源に関わる持続可能性や環境に関わる持続可能性を観点として指摘したものが多く、発電自体を否定するものはみられなかった。

さらに、エネルギー問題の解決について提案した記述もあり、その観点からも分析した。「たいていどの発電も再生不可能な資源を使っていて、いつかはエネルギーがなくなるので、新しく永遠に使える環境によい発電方法を考えるべきだと思う。」という記述のように、新しい発電技術の開発の必要性を指摘した者が10名（約29%）、「どの発電にもリスクがある。環境に影響をおよぼす。その中で、必要以上にエネルギーを使わないように工夫したり、または、もっとクリーンな発電について考えることが必要だと思う。」という記述のように、節電の必要性を指摘する者は6名（約17%）であった。

表2-5 科学・技術の問題点の認識 (1クラス 35名)

現在の日本の発電について、感じたり考えたこと			
評価規準	生徒の記述	観点と評価	人数
<p>【科学的な思考】 持続可能性という観点から見た現在の発電方式の問題点に気付く。</p> <p>現在の日本の発電方式について、感じたり考えたこと</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・たいていどの発電も再生不可能な資源を使っていて、いつかはエネルギーがなくなるので、新しく永遠に使える環境によい発電方法を考えるべきだと思う。</li> <li>・どの発電もエネルギーを得るためにはとても必要なものだが、環境にいいとは言えないことがわかった。埋蔵量も少ないのでしっかり考えて使わなければならないと思った。</li> <li>・埋蔵量に限りがあるから、今後、燃料がなくなったらどうするのだろうか？</li> <li>・どの発電にもリスクがある。環境に影響をおよぼす。その中で、必要以上にエネルギーを使わないように工夫したり、または、もっとクリーンな発電について考えることが必要だと思う。</li> <li>・いろいろな発電のしかたがあつて、たくさんのエネルギーを作れるのはいいけど、そのやりすぎによって、地球温暖化を進めてしまうのはいけないと思った。</li> </ul>	<p>資源や環境の持続可能性との関わりから、現在の発電方式の問題点が指摘できる。</p> <p>(A)</p>	22名
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長所もあるが、短所もあるから、うまくカバーしながら利用して行けたらいいなと思いました。</li> <li>・今まで、水力発電、火力発電、原子力発電などには問題はないと思っていたが、実際知ってみれば多くの短所があるのだと思った。電気はなくてはならないものなので発電は必要不可欠だが、その為に自然環境や地球がおかされては、この問題から目をそらす訳にはいけないと思う。</li> <li>・新しい発電方式を見つけないといけないと思う。</li> </ul>	<p>現在の発電方式に問題点があることが指摘できる。(B)</p>	9名
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・きちんと電気の未来について考えているんだと知って感心した。</li> </ul>	<p>発電方式に問題点があることが指摘できない。(C)</p>	4名

第3時までは、持続可能性という観点から、現在の発電について検討する学習内容であったが、発電の問題点の認識から、表2-5に示した例えば、「新しく永遠に使える環境によい発電方法を考えるべき」と問題解決のために新たな発電技術の必要性を指摘した生徒や、「しっかり考えて使わなければならない」と日常生活での電気の利用と関わる記述をした生徒など、対策の必要性に気付いたと思われる記述は半数ちかくの生徒にみられた。

持続可能性の観点から科学・技術の問題点について検討する授業（第3時）で、多数の生徒が、科学・技術の問題点を認識し、約3分の2の生徒が、再生不可能な資源の利用や地球温暖化など、資源に関わる持続可能性や環境に関わる持続可能性を観点として問題点をとらえたと判断できた。科学・技術の問題性の認識は、科学・技術の否定などにつながる可能性もあるものの、科学・技術全体を否定的に捉えた記述はみられなかった。また、持続可能性という観点を明らかにして問題点を認識したことで、半数ちかくの生徒が対策の必要性に気付き新しい発電技術や節電などに、具体的な解決方法を見出そうとしたことは注目に値する。

## 第2項 科学・技術の利点の認識

科学・技術の利点の認識については、第4時の授業（表1）、ワークシート No.3の「今後の日本のエネルギー資源について、感じたり考えたりすること」の記述から分析した。

表2-6に示すように、対象とした生徒72名のうち、48名（約67%）の生徒が、資源や環境の持続可能性のある発電への移行を待望する記述をした。発電を持続可能にするには、それを実現する科学・技術が必要である。従って、このような記述をした48名の生徒は、持続可能性を目指す科学・技術の必要性を間接的に指摘したと考えられる。

さらに、「化石燃料を少しずつ使うようにするとか、バイオマス発電など再生可能な資源を使った発電方法を研究すべきだと思う。」という記述のように、9名（約13%）の生徒は新しいエネルギー資源の研究開発などの必要性を直接的に指摘した。従って、48名の生徒が、科学・技術の利点を認識したと判断できる。また、科学・技術の利点を記述した48名の生徒のうち、35名がエネルギー資源と関わって持続可能性を求める記述を、19名が環境と関わって持続可能性を求める記述をした。「再生可能で、地球に悪影響を及ぼさないようなエネルギーをどんどん取り入れるべきだと思う。」という記述のように、資源と環境の両方と関わる記述をした生徒は6名であった。

さらに、日常生活と関わって持続可能性を目指す記述もかなりあったため、その観点からの記述についても表2-6に示した。その結果、25名（約35%）の生徒は、省エネルギーや4R運動のように、持続可能性を目指す日常生活での工夫や心構えなどについて記述した。そのうち、「バイオマス、風力発電などの新たな取り組みが進んでいけば、エネルギー資源の持続につながると思う。私たちも、エネルギーを節約するようにつとめるべき。」という記述のように、日常生活と科学・技術の両方に関わって持続可能性を目指す記述をした生徒は、5名（約7%）であった。

表2-5の分析から、32名（約89%）の生徒が現在の発電方式の問題点を認識し、表2-6の分析から、48名（約67%）の生徒が持続可能な科学・技術の利点を認識したことが明らかになった。

表2-6 持続可能性を目指す科学・技術の利点の認識 (2クラス72名)

今後の日本のエネルギー資源のあり方について、感じたり考えたこと		
観点	生徒の記述	人数
科学・技術と関連する内容	<p><b>&lt;資源の持続可能性と関連した内容&gt; 35名</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・今の状態でエネルギーを使いすぎると、いずれ人類が生きるためのエネルギーが足りなくなってしまう。だから、一刻も早く再生可能な資源に移行すべきだと思う。</li> <li>・未来の自分の生活や次以降の世代の人たちの生活が不便になることがないように、再生可能なエネルギー資源の開発・実用化を早く進めるべきだと思う。</li> <li>・目の前の快適さばかり追い求めるのではなく広い目で周りを見て行動する。再生不可能な資源が尽きてしまう前に、再生可能なエネルギーへ移行していくべき。</li> <li>・化石燃料を少しずつ使うようにするとか、バイオマス発電など再生可能な資源を使った発電方法を研究すべきだと思う。</li> <li>・バイオマス、風力発電などの新たな取り組みが進んでいけば、エネルギー資源の持続につながると思う。私たちも、エネルギーを節約するようにつとめるべき。</li> </ul>	48名
	<p><b>&lt;環境の持続可能性と関連した内容&gt; 19名</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日本は水、風、マグマの地熱、天気にもめぐまれているので、それをうまく利用したエネルギーがあるとよりクリーンな国になると思う。</li> <li>・太陽光発電や風力発電などの環境にやさしい発電方法を取り入れる。バイオマス発電を進める。</li> <li>・再生可能で、地球に悪影響を及ぼさないようなエネルギーをどんどん取り入れるべきだと思う。</li> </ul>	
日常生活と関連する内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コストがかかっても、再生可能なエネルギー資源へ移行すべきだと思う。コストはこれからだんだん下がっていくと思うし、今回の学習で、このままではいけないというのが、本当によくわかった。身近なことから、自分や家族でできることは実行しようと思う。</li> <li>・使いすぎず、まだ続く未来へ残していかなければならない。</li> <li>・今、日本はエネルギーを使いすぎていると思うので、もっと省エネをして、地球に優しくすべき!!</li> <li>・本当に必要なだけを使ったり作ったりする!! 積極的に4R運動に参加したらよいと思う。</li> <li>・一日中、一切電気を使わないというのは無理なので、少しずつ減らしていけばいいと思う。</li> </ul>	25名
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地球にやさしい発電方法をつかうと、エネルギーが少なくて、エネルギーを多くつくろうとすると地球に悪いのでむずかしいなと思った。 (無回答の1名を含む)</li> </ul>	4名

### 第3節 科学・技術への意識の変化

科学・技術への意識の変化を探るために、授業前後にアンケート調査（5件法および記述）を実施した。アンケート調査（記述）は、「科学・技術の進歩や発展によりわかるようになってほしいこと、できるようになってほしいこと」、「科学・技術にかかわる職業の人に、こうあってほしいと思うこと」を自由に記述させた。67名の生徒の授業前後での記述を、環境や資源の持続可能性に関わるもの、科学の利便性など環境や資源の持続可能性に関わらないもの、無回答の3つのカテゴリーに分け、その人数を表2-7の①に、記述例を表2-7の②、及び表2-7の③に示す。表2-7の②には環境や資源の持続可能性に関わる記述の例を、表2-7の③には科学の利便性など環境や資源の持続可能性に関わらない記述の例をまとめた。

表2-7の① 科学・技術と持続可能性の関わりの認識の変化

(2クラス67名)

科学・技術の発展などによりわかるようになってほしいことなど		
生徒の記述内容	授業前	授業後
資源や環境の持続可能性に関わる内容	18名	40名
資源や環境以外の利便性に関わる内容	28名	27名*
無回答	21名	7名

(\* 授業後には、資源や環境の持続可能性に関わる内容および科学の利便性などに関わる内容の両方を記述した生徒が7名いた。)

表2-7の①から、授業前後で環境や資源の持続可能性に関わる内容、及び無回答の生徒数が大きく変化したことが明らかになった。授業前には、21名（約31%）の生徒が科学・技術について無回答であったが、授業後には7名（約10%）に減少した。また、科学・

技術と資源や環境の持続可能性との関わりについて記述した生徒は、授業前には 18 名（約 27%）と比較的少数であったが、授業後には、40 名（約 60%）と、2 倍以上に増加した。

このように、授業前には科学・技術の利用について全く記述しなかった約 3 分の 1 の生徒のうちの約 3 分の 2（生徒全体の約 20%）が、授業後には科学・技術の持続可能な利用などについて記述し、授業を通して科学・技術の持続可能な利用について記述した生徒が授業後に 2 倍以上に増加したことなどから、科学・技術の持続可能な利用について気付いた生徒の増加が明らかになった。

また、表 2-7 の②には、環境や資源の持続可能性に関わる科学・技術の利用の仕方を記述した例を示した。具体性のある利用の仕方を記述したものを下線で示した。これらの例からわかるように、授業後の記述は授業前に比べ、科学・技術を利用について具体性のある記述が増えている。また、例えば、「あまりエネルギーを使わずに使える電気製品」や「太陽光発電の設備のコストをもう少し下げる」のように、科学・技術の身近な利用の仕方についての具体的な表現の増加がみられた。このような日常生活での利用など、授業を通して生徒は日常生活と科学・技術の関わりについて気付くようになったと考えられる記述の増加がみられた。

さらに、表 2-7 の②に影付きで示したが、「科学・技術に関わる人は、便利な生活のこと以外にも目を向けて、地球環境についても考えてもらいたい。」など、授業後には、科学・技術に利点と問題点があることを認識したうえで賢明に利用しようとする記述が増えた。また、表 2-7 の②に太字で示した、「地球で永遠にくらせる技術をつくってほしい。科学者はあきらめず頑張るほしい。」や「環境によいもの、そして、私たちにも協力できることを発見してほしいと思う。」のように、科学者を激励したり、要望しようとする記述も現われた。

表2-7の② 科学・技術と持続可能性の関わりでの認識の変化 (2クラス 67名)  
 資源や環境の持続可能性に関わる内容の記述例

科学・技術の進歩や発展によりわかるようになってほしいこと、できるようになってほしいことと科学・技術に関わる職業の人に、こうあってほしいと思うこと	
生徒の記述の例	
授業前 (18名)	授業後 (40名)
<ul style="list-style-type: none"> <li>・これ以上環境を壊さないで欲しい</li> <li>・科学・技術に関わる職業の人には、誠実であって欲しいと思います。失敗すれば人類とか地球も滅ぼしかねないし、そうなったら怖いから・・・。</li> <li>・科学・技術に関する職業の人には、もっと地球の資源不足を深刻に受けとめて欲しい。</li> <li>・もっと地球のためになつたらいい</li> <li>・科学・技術が発展することはすばらしいことだけれど、それによって環境がくずれたり自然のつり合いが保てなくなることはいけない。人間と自然が共存していける道を考えるべき</li> <li>・科学技術に関わる人は、環境のことも考えながら発展させてほしい。</li> <li>・ものをつくる時は、つねに環境のことを考えてつくってほしい。</li> <li>・地球温暖化につながらないようなものをつくっていったらよい。</li> <li>・二酸化炭素を減らしたり、もっと環境によいようにしてほしい。</li> <li>・地球温暖化が解決できるようになったらよいと思う。</li> <li>・オゾン層をつくる。</li> <li>・環境にやさしい物質が作られるとか・・・。</li> <li>・水の汚染についての解決</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地球がダメになるなら、科学技術は新歩・発達しないでほしい。</li> <li>・地球環境を優先し、もっと地球温暖化の対策を考えてほしい。</li> <li>・しっかり研究して、とにかく環境に影響のないように、科学の進歩や発展してほしい。</li> <li>・科学技術は、使い方しだいで世界を助けることもほろぼすこともできるのだから、それにかかわる人たちには「助ける」ことを考えてほしい。</li> <li>・科学技術に関わる人は、便利な生活のこと以外にも目を向けて、地球環境についても考えてもらいたい。</li> <li>・科学技術に関わる人には、お金もうけのことを考えるのではなくて地球のことを考えて開発してもらいたい。</li> <li>・科学技術の発展によって、ただ生活が便利になるだけでなく、地球環境が良くなるように発展したらいいと思う。</li> <li>・地球で永遠にくらせる技術をつくってほしい。科学者はあきらめず頑張るしてほしい。</li> <li>・環境によいもの、そして、私たちにも協力できることを発見してほしいと思う。</li> <li>・科学技術の進歩で、環境を良くできたらよいと思う。</li> <li>・科学技術に関わる職業の人には、<u>どんどん地球にやさしいエネルギーを生み出してほしい</u>と思いました。</li> <li>・日本のすぐれた技術で<u>再生可能なエネルギー</u>だけにしてほしい。</li> <li>・あまりエネルギーを使わずに使える電気製品とかができたらいいと思いました。</li> <li>・環境にやさしいものが開発されたり、使えないものが再利用できるシステムを作してほしい。</li> <li>・太陽光発電の設備のコストをもう少し下げること。</li> <li>・オゾン層を人工的に作れるといいと思う</li> <li>・二酸化炭素を別の何かに変える技術</li> </ul>



表 2-7 の③ 科学・技術と持続可能性の関わりでの認識の変化 (2 クラス 67 名)  
 資源や環境以外の内容の記述例

科学・技術の進歩や発展によりわかるようになってほしいこと、できるようになってほしいことと科学・技術に関わる職業の人に、こうあってほしいと思うこと	
生徒の記述の例	
授業前 (28 名)	授業後 (27 名)
<ul style="list-style-type: none"> <li>・動物と話せるようになりたい。</li> <li>・地震の予測</li> <li>・だれでも天体観測</li> <li>・ロケットがすごくなって、宇宙人がおるか確かめてほしい。</li> <li>・人間にはできない危険な作業ができる究極のロボット</li> <li>・宇宙について詳しく知りたい。</li> <li>・難病と言われている病気でも治せるようになって欲しいと思う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・いろんな動物の言っていることがわかるようになってほしい。</li> <li>・地震の予測</li> <li>・家事をしてくれるロボット</li> <li>・宇宙のはてがわかるようになったらいい</li> <li>・みんながほかの惑星に行けるようになったらいい。</li> <li>・宇宙に住めるようになる。</li> <li>・難病に苦しむ人が回復できるようになったり、ほかの星のことがわかるようになったらいいと思う。</li> </ul>

授業前後に、アンケート調査（5件法：1全くそう思わない、2あまりそう思わない、3どちらとも言えない、4どちらかというと思う、5そう思う）を実施した。1を1点、2を2点、3を3点、4を4点、5を5点として、項目ごとの授業前後での平均値を表8に示した。

授業前後の生徒の意識の変化を見ると、11)、13)、14)の三項目において、授業後の平均値が統計的に高くなった。そこで、授業前後を対応のある母集団として、その平均値の差をt検定で分析した。その結果、11)、13)、14)の三項目では、授業前後の平均値に有意な差が見られた。11)「将来、科学・技術に関わる仕事につきたい」の項目 ( $t(59)=2.21, p<.05$ )、13)「理科の学習は、環境について知るために役立つ」の項目 ( $t(59)=4.41, p<.05$ )、14)「理科の学習は、科学・技術について知るために役立つ」の項目 ( $t(59)=3.02, p<.05$ ) について、授業前より授業後の方が有意に高い得点を示した。これらの項目では、いずれも授業後に意識が高まったと判断できる。

11)「将来、科学・技術に関わる仕事につきたい」とする意識の変化の背景には、授業による持続可能性と関わる科学・技術の必要性や意味の理解への高まりがあるものと考えられる。また、「環境について知るために役立つ」や「科学・技術について知るために役立つ」という、理科の学習への意識の変化は、「将来、科学・技術に関わる仕事につきたい」とする意識の変化とともに、学習の有用性や身近さを実感させ、理科への興味・関心を高めることにつながると考えられる。

授業前後での生徒の科学・技術に対する意識について分析した結果、科学・技術の問題点を扱ったことによる科学・技術を学ぶ意義や有用性を認められなくなるなどの悪影響は認められず、むしろ科学・技術を具体的、肯定的に捉えたり、科学・技術の利点と問題点を認識して賢明に利用しようと考えたりする生徒が増えた。さらに、「将来、科学・技術に関わる仕事につきたい」とする生徒の有意な増加が認められた。

表 2-8 授業前後での生徒の意識の変化 (N=60\*)

項目	授業前の 平均値	授業後の 平均値	平均値の差 (標準偏差)	t 値 (有意確率)
1) 科学・技術に関心がある	3.28	3.33	.05 (1.05)	0.369
2) 科学・技術について、よく知っている	2.35	2.57	.22 (1.09)	1.539
3) 科学・技術は急激に進歩発展している	3.98	4.15	.17 (1.01)	1.277
4) 科学・技術の進歩発展で人間生活は快適になる	4.03	4.18	.15 (.80)	1.454
5) 科学・技術の進歩発展は人間を幸福にする	3.35	3.37	.02 (1.23)	0.105
6) 科学・技術の進歩発展は地球環境の悪化をまねく	3.83	4.07	.23 (1.14)	1.585
7) 科学・技術の進歩発展により地球環境問題が解決できる	3.05	3.07	.02 (1.32)	0.098
8) 科学・技術の進歩発展は地球の資源不足をまねく	3.67	3.83	.17 (1.32)	0.980
9) 科学・技術の進歩発展により地球の資源不足が解決できる	2.82	2.77	-.05 (1.20)	0.323
10) 科学・技術について、もっと知りたい	3.33	3.32	-.02 (1.08)	0.119
11) <b>将来、科学・技術に関わる職業につきたい</b>	<b>2.08</b>	<b>2.37</b>	<b>.28 (.99)</b>	<b>2.210 (.031)</b>
12) 理科の学習内容は日常生活に役立つ	3.32	3.48	.17 (.85)	1.524
13) <b>理科の学習内容は環境について知るために役立つ</b>	<b>3.57</b>	<b>4.02</b>	<b>.45 (.79)</b>	<b>4.411 (.000)</b>
14) <b>理科の学習内容は科学・技術について知るために役立つ</b>	<b>3.58</b>	<b>3.90</b>	<b>.32 (.81)</b>	<b>3.018 (.004)</b>

(\* 授業前後に実施したアンケート 67 名のうち、無回答の項目があった 7 名をのぞく。

授業前後の平均値に有意な差があった項目については**太字**で表記した。有意確率は、 $p < .05$  の項目のみ記載した。)

## 第4節 考察

第Ⅱ部では、科学・技術の持続可能性を考慮した利用という視点から、持続可能性を観点とした科学・技術の検討の指導のあり方を明らかにした。持続可能な社会の構築には、科学・技術の変革が必要とされ、その利用について持続可能性を考慮した意思決定のできる市民の育成が重要である。そのためには持続可能性という観点から、科学・技術の問題点と利点を認識することが必要である。そこで、本研究では、持続可能性を観点とした科学・技術の検討の指導のための指導法や教材を開発した。

理論的研究の結果、本教材では持続可能性の概念として「デイリーの三条件」を用いることにした。また、先行研究などから、環境教育における科学・技術の問題性を扱う指導では、生徒の科学・技術への意識などについての配慮が重要とされ、これらの示唆を活かして指導法を検討した。さらに、本研究では、このような持続可能性を観点とする科学・技術の検討の指導の有効性、及び生徒の科学・技術の意識への影響について検証するために、開発した教材を用いて授業実践を行った。

持続可能性を観点とする科学・技術の検討の指導について、以下の三点から、生徒の記述、評価問題やアンケート調査などを分析して、その有効性を検証する。

- ① 「デイリーの三条件」の概念が理解できたか（本章第1節）、
- ② 持続可能性という観点から、科学・技術の問題点と利点が認識できたか（本章第2節）、
- ③ 生徒の科学・技術への意識などは、授業前後でどのように変化したか（本章第3節）。

授業分析の結果、以下の三つの点が明らかになった。

授業後の評価問題の結果や生徒の記述の分析から

- ①ほとんどの生徒が「デイリーの三条件」の概念の多くの部分を理解した。「デイリーの三条件」の再生不可能な資源の持続可能な利用の部分については、約5分の1の生徒が理解した。

生徒の記述の分析から

②多くの生徒（約3分の2）が、持続可能性という観点から、科学・技術の問題点と利点を認識した。

授業前後のアンケート調査の結果から

③「将来、科学・技術に関わる仕事につきたい」と考える生徒が、有意に増加した。また、理科の学習について、「環境について知るために役立つ」や「科学・技術について知るために役立つ」とする項目についても、有意な増加が認められた。

以上のような分析結果から、本指導は、「デイリーの三条件」の概念形成や、持続可能性を観点とした科学・技術の問題点や利点の認識など、科学・技術の持続可能性を考慮した利用のために有効な指導と考えられる。また、授業前後で生徒の科学・技術に関わる仕事への意識の有意な変化が見られたことなどから、科学・技術を学ぶ意義や有用性に気付かせるために有効な指導であることが明らかになった。

本研究では、持続可能性（「デイリーの三条件」）の概念を形成し、この観点をを用いて科学・技術の利点や問題点を検討する教材を開発して、従前の環境教育では行われなかった科学・技術の問題性を扱う授業を実践した。また、「持続可能な社会のための科学技術」をテーマとした課題研究を行い、インターネットなどの情報をもとにレポートの作成やプレゼンテーションに取り組んだ。そこで、「デイリーの三条件」の概念に関わって、この概念を観点としたメリット、及び科学・技術についての生徒の意識の変化について考察するとともに、科学・技術の持続可能な利用についての意思決定という視点からの課題を明らかにする。

まず、科学・技術の観点として持続可能性の概念を用いたことによる、二点のメリットについて考察する。メリットの一点目は、科学・技術の問題点を焦点化した捉えたことである。科学・技術の問題性の認識は、科学・技術の否定につながる可能性もあるが、本指導では科学・技術そのものを問題として否定的に捉えるのではなく、その利用における持続可能性を観点とした、再生不可能な資源の利用や地球温暖化などの問題点として捉えた。

さらに、このような焦点化した問題点の認識は、持続可能な科学・技術の利点や新たな技術開発などの必要性の認識につながった。発電の問題点を認識した時点（第3時）で、すでにかんがりの生徒が新たな持続可能な発電技術の必要性を指摘した（表2-5）ことは、

本章第2節第1項で述べた。ここで取り上げた、例えば火力発電の場合、問題性があっても容易に否定できない技術であり、持続可能性を観点とした、化石燃料の使用、及びCO<sub>2</sub>の排出という問題点である。従って、この問題点を解決する発電技術（例えばバイオマス発電など）の利点の認識や待望につながり、問題点の認識からその問題点を克服する科学・技術の利点の認識に至ったものと推測できる。

本指導では、第4章第3節で述べたように、科学・技術の問題点の認識を糸口として、科学・技術の利点や持続可能性を実現する研究開発や技術開発の必要性を認識させようとい意図した（図2-1）。科学・技術の問題性の認識は、科学・技術の否定などにつながる可能性もある。しかし、本指導では、科学・技術の否定より、むしろ持続可能な科学・技術の利点や必要性を実感につながったと考えられる。

二つ目のメリットとして、持続可能性の概念を観点として問題点を明確に捉えたことから、解決の方策を日常生活に見出そうとする生徒もみられた。すなわち、電気の使い方など生徒が自分自身の日常生活を見直す機会となったことである。本章第1節、及び本章第2節第2項で述べたように、自らのライフスタイルの見直しや省エネルギーなど、日常生活での持続可能な工夫に関わる記述がみられた。本指導は、科学・技術と資源や環境の持続可能性との関わりを扱う授業であり、日常生活での持続可能な具体的行動には全くふれていない。しかし、持続可能な社会の構築には、日常生活での工夫や自らの生活の見直しも重要であり、本指導をきっかけとして、持続可能な行動の効果の再認識やライフスタイルの見直しも、持続可能性の概念形成などによるメリットとしてあげられる。

次に、③将来、科学・技術に関わる仕事につきたいと考える生徒が、有意に増加したことについて、科学・技術の持続可能な利用についての認識との関わりから考察する。表2-6の持続可能な発電技術への移行を求める記述や、表2-7の①の持続可能性と科学・技術の関わりを記述する生徒の顕著な増加などから、授業を通して、科学・技術の持続可能な利用について認識する生徒の増加が明らかになった。また、インターネットなどの情報から日常生活と関わる具体的な科学・技術の利用の仕方や、現在の科学・技術の取り組みなどを知り、科学・技術を日常生活と関わる身近なものとして認識したと考えられる。このように、科学・技術の持続可能な利用への期待感や、研究開発などの取り組みに気付

いたことで、「将来、科学・技術に関わる仕事につきたい」など、生徒の意識の変化が生じたものと考えられる。

また、このような科学・技術へ生徒の意識の変化とともに、理科の学習について「環境について知るために役立つ」や「科学・技術について知るために役立つ」という項目での有意な変化がみられたことから、学習の有用性を実感させ、理科への興味・関心を高めることにつながると考えられる。従って、このような科学・技術や理科の授業への意識の変化を通して、本指導法は、理科を学ぶ意欲を高める効果もあったものと考えられる。

本節最後に、科学・技術の利用についての意思決定や合意形成という視点から、本指導法について考察する。第Ⅱ部では、科学・技術の持続可能性を考慮した利用という視点から、持続可能性を観点とした科学・技術の検討の指導のあり方を明らかにした。本指導は、持続可能性の概念形成など、科学・技術の持続可能性を考慮するために有用な指導と考えられるものの、民主主義社会における科学・技術の持続可能方向への変革には、市民の科学・技術の持続可能性を考慮する能力だけでなく、意思決定や合意形成のための技能の育成が求められる。

例えば、Driver (2000) は、環境問題など社会における科学に関わる問題 (socioscientific issues) についての意思決定のために、生徒の自信やスキルを育成するには、「あらゆる種類における科学教育での論証活動 (argument) の機会を生徒に与える必要性がある」 (Driver, 2000:300) ことを指摘している。

また、イギリス前期中等教育 (14~16 才を対象とする) の科学のカリキュラムのひとつ、Twenty First Century Science の The Core Science course (必修履修部分)<sup>注5)</sup> には、例えば、土屋 (2013) が研究した、モジュール C2「材料の選択」の持続可能性の概念やライフサイクルアセスメント<sup>注6)</sup> (Life Cycle Assessment : 以下 LCA と略記) について学習する ESD の教材のように、「科学・技術についての意思決定 (IaS6)」<sup>注7)</sup> のために位置づけられ、意思決定や合意形成などの学習活動を取り入れた教材がある。カリキュラムを通して、このような教材は多種多様な設定で含まれ、将来、民主主義社会を構成する市民として重要な意思決定におけるスキルなどを育成する意図をもって構成されている。

科学・技術の利用についての意思決定や合意形成という視点から、持続可能性を観点とした科

学・技術の検討の指導について考察すると、イギリスで実践されているような、論証活動のスキルの育成を目指す機会を意図的に取り入れることはできなかった。論証活動のスキルを育成するには、科学教育での論証活動（argument）の機会が必要とする Driver（2000）の指摘からも、論証活動のスキルの育成を目指す指導についての検討は、科学・技術の持続可能な利用について指導する際の課題と考えられる。

第Ⅱ部では、科学・技術の持続可能性を考慮した利用という視点から、持続可能性を観点とした科学・技術の検討の指導のあり方を明らかにしようとした。理論的研究の結果、持続可能性の概念として「デイリーの三条件」を用いることとし、持続可能性の概念形成、及び科学・技術の利点や問題点の検討などから構成した教材を開発し授業を実践した。授業の分析結果からの指導の有効性についての検証とともに、持続可能性の概念（「デイリーの三条件」）を観点としたメリット、及び科学・技術についての生徒の意識の変化について考察した。

本教材を用いた指導では、「デイリーの三条件」の多くの部分についての概念を形成することができ、持続可能性という観点から科学・技術の問題点と利点が認識できた。また、指導についての考察の結果、持続可能性という観点からの科学・技術の問題点の認識は、科学・技術の利点や持続可能性を目指す研究開発の必要性への認識の糸口となり、「将来、科学・技術に関わる仕事につきたい」など、生徒の科学・技術への意識の変化につながったものと考えられた。また、本指導法では、理科の学習の有用性への認識や興味・関心を高める効果もみられ、理科を学ぶ意欲の高まりにつながるものと考えられる。さらに、本指導をきっかけとして、日常生活での持続可能な行動の効果の認識ができたことなどから、持続可能な社会構築のためのライフスタイルの見直しなど効果もあげられる。最後に、科学・技術の利用について持続可能性を考慮した意思決定における、意思決定のスキルなどに着目した場合、その育成を目指す指導やそのための教材の開発が必要と考えられる。



## 第Ⅱ部 注釈

注1) 例えば、Daly (1996) は『ブルントラント委員会の報告書 (Our Common Future)』のあいまいさについて、以下のように指摘している。「同報告書は、持続可能な発展を、将来世代の欲求を満たしつつ、現在世代の欲求も満たすような発展、として定義した。けっして空虚ではないものの、この定義は十分に漠然としていたので、幅広い合意が得られたのだった。おそらく、当時はこれが政治的に優れた戦略だった。つまり、明確に定義された概念をめぐって意見の不一致が生まれるよりも、漠然とした概念についての合意が得られたほうが好ましかった。しかし、1995年までにこの当初のあいまいさはもはや合意の基盤ではなくなり、意見の不一致を生み出す元凶となった。意味の不明確な用語を受け入れてしまうと、その用語に定義を与えることのできる誰かが一将来にわたって影響力をもとうとする大規模な政治闘争で自動的に勝利を収めることになるような状況を作り出してしまう。」(Daly, 2005\* : 2)。

(\* 1996年のDalyの著書“Beyond Growth—The Economics of Sustainable Development—”は、2005年に邦訳され、ここでは、邦訳されたものを引用した。)

注2) Jardins は、「To grow (成長) とは、『吸収または拡大を通して物質が追加されて規模が自然に増大すること』を意味し、To develop (発展) とは、『徐々に、より満ち足りた、よりすばらしい、よい良い状態へ至る可能性を拡大したり、認識したりすること』を意味する。(中略) 成長はしないが、発展する(進化する)生態系をもつ地球において、そのサブシステムである経済は、最終的には成長をやめるが、発展は継続できる。」(Jardins, 2001 : 61) とするDalyの指摘を引用している。

注3) 例えば、吉田(1999 : 127-128) は、以下のような14歳の不登校生徒の詩を引用し、環境問題には、人間として生まれてきた自己への肯定感・信頼感・尊重感にすら影響しかねない要素があることを警告している。

「人間 それは悪い生き物」

次から次へと 山をくずし 自然をはかいして  
他の生き物のことを 考えていない  
俺がその中の一人だと思いと 情けねえ  
みんな 人間様 人間様ってえらそうにしているけど  
他の生物の方が先に生まれて来ている  
……人間が ほろんだ時こそ 本当の平和が来るのだろう

(吉田, 1999 : 127-128)

注4) バイオマス発電では、燃料としてバイオマスを用いるが、「バイオマスはもともと大気中に存在する CO<sub>2</sub> を光合成によって有機物化したものであり、これを利用する過程で CO<sub>2</sub> が出てもトータルの収支はゼロである」(吉田, 2004 : 210) とされ、このことをカーボンニュートラルという。この発電では、CO<sub>2</sub> の排出は大気中の CO<sub>2</sub> 濃度に影響しないので、エネルギー源であるバイオマスを再生速度を超えない範囲で利用すれば持続可能となる。

注5) 例えば Millar (2007) は、21 st (Twenty First ) Century Science の The core Science course (必修履修部分) について、生徒の科学的リテラシーを育成するためのコースとして位置づけられ、「市民は、科学的知識の生産者というよりむしろ、消費者であるという認識を出発点」(Millar, 2007 : 44) として開発したことを指摘している。さらに、Millar (2007) は、「新しい科学・技術に関わる情報を効果的にいかし、より自信をもって判断や議論するために必要な知識や技能の育成する」(Millar, 2007 : 44) ために、各モジュールの話題について説明するための Science Explanation (従前的な自然科学の知識) や Ideas about Science (科学それ自体についての知識、科学技術と社会との調和についての知識など) から構成されていると指摘している。六つの Ideas about Science には、「IaS6 科学・技術についての意思決定」も位置づけられており、多種多様な設定での意思決定や、グループでの合意形成などからなる学習活動が含まれている。

注6) ライフサイクルアセスメント (LCA) とは、「製品やサービスなどが環境に与える

影響を、原料採取から設計、生産、流通、消費、廃棄に至るまでの各段階における資源・エネルギーの消費と環境負荷を定量的に評価することにより、環境負荷の低減および環境改善を図る手法」とされ、「ライフサイクルにおいて発生する環境負荷を総合的に解析・評価するため、より環境に負荷の少ない素材や設計、製品を選択するためのツールになる」（環境アセスメント研究会, 2000 : 24）ことが期待されている。

注7) 「IaS6 科学・技術についての意思決定」は、「科学・技術の恩恵、及び望まない結果の可能性の認識。新たな開発に経費を要するのは当然と気付く能力、(当然生じるべき価値) から (生じるかもしれない) 可能性のある問題を区別する能力、倫理的次元に関わる問題においても理性的に議論できる能力。」(Millar, 2007 : 45) とされる。

## 第Ⅱ部 引用文献

- Berkowitz, A. R., Ford, M.E., & Brewer, C.A. (2005) : A framework for integrating ecological literacy ,civics literacy,and environmental citizenship in environmental education, Jonson, E.A., & Mappin, M.J., *Environmental Education and Advocacy*, Cambridge, UK : Cambridge University Press, pp. 227-266.
- Daly, H.E. (2005) :新田功・蔵本忍・大森正之共訳,『持続可能な発展のための経済学』, 東京 :みすず書房.
- Dobson, A. (1991) : *The Green Reader*, San Francisco :Mercury House.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000): Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms, *Science Education*, 84(3), pp. 287-312.
- Jardins, J.R. (2001) :*Environmental Ethics -An Introduction to Environmental Philosophy-*, Belmont, CA: Wadsworth Thomson Learning.
- 環境アセスメント研究会 (編) (2000) :原科幸彦・横田勇 (監修),『環境アセスメントー基本用語事典ー』, 東京 : オーム社.
- 加藤尚武 (2005 a) :『環境と倫理 新版』, 東京 : 有斐閣アルマ.

- 加藤尚武 (2005b) : 『新・環境倫理学のすすめ』, 東京 : 丸善ライブラリー.
- 蔵田伸雄 (2009) : 「責任・未来一世代間倫理の行方」, 鬼頭秀一・福永真由美 (編), 『環境倫理学』, 東京 : 東京大学出版会, pp. 81-91.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., & Behrens III, W.W. (1972) : *The Limits to growth*, New York : Universe Books.
- メドウズ D. H.・メドウズ D. L.・ランダース J.・ベアランズ III W.W. (1972) : 大来佐武郎 (監訳), 『成長の限界』, 東京 : ダイヤモンド社.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., & Randers, J. (1992) : *Beyond the Limits : Global Collapse or a Sustainable Future*, London : Earthscan Publications.
- メドウズ D. H.・メドウズ D. L.・ランダース J. (1992) : 茅洋一 (監訳)・松橋隆治・村井昌子訳, 『限界を超えて』, 東京 : ダイヤモンド社.
- Meadows, D.H., Randers, J., & Meadows, D. (2004) : *Limits to Growth : The 30-Year Update*, White River Junction, Vt : Chelsea Green Publishing Company.
- メドウズ D. H.・メドウズ D. L.・ランダース J. (2005) : 枝廣淳子 (訳), 『成長の限界 人類の選択』, 東京 : ダイヤモンド社.
- Millar, R. (2007) : Twenty First Century Science: Principles and Practice , *Journal of Research in Science Education*, 47, pp. 42-48.
- 文部科学省 (2008) : 『中学校 学習指導要領解説 理科編』, 東京 : 大日本図書株式会社.
- 小川正賢 (1993) : 『序説 STS 教育 市民のための科学技術教育とは』, 東京 : 東洋館出版.
- 大高泉 (2008) : 「ESD としての環境教育と理科におけるその意義と課題」, 『理科の教育』, 57(7), pp. 440-443.
- 土屋恭子 (2013) : 「必修科学で学ぶ持続可能性とライフサイクルアセスメント(LAC)ー21st Century Science (イギリス前期中等教育) の場合ー」, 『環境教育』, 22(3), pp. 30-36.
- World Commission on Environment and Development (1987) : *Our Common Future*, Oxford : Oxford University Press.
- 吉田敦彦 (1999) : 『ホリスティック教育論』, 東京 : 日本評論社.
- 吉田文和 (2004) : 『循環型社会』, 東京 : 中央公論新社.

## 終章

### 研究の成果と今後の課題

## 終章 研究の成果と今後の課題

終章においては、これまでの研究を総括し、次の三点について論じる。まず、世代間倫理の育成(第1節)の指導のあり方である。次に、持続可能性の概念を観点とする科学・技術の検討(第2節)の指導の意味である。なお、これらについては、持続可能な社会の構築及び中学校理科という視点から明らかにする。第三点目は、科学・技術の持続可能な利用についての意思決定や合意形成という視点から、科学・技術の利用について指導する際の課題について、イギリスの事例を分析することで明らかにする(第3節)。第4節では、今後の課題を明らかにする。

### 第1節 世代間倫理の育成

まず、持続可能な社会の構築というという視点から、第I部で明らかにした、世代間倫理の育成を目指す指導の意味について検討する。「わが国における『国連持続可能な開発のための教育の10年』実施計画」(関係省庁連絡会議, 2006, 2011)などから、持続可能な社会は、ESDによる人々の価値観や行動の変革を通して実現するとされるが、このような社会の構築には、環境への倫理感などを基盤とする市民のESDへの参加の意欲が求められる。また、学校教育での環境教育やESDは、生涯にわたる環境学習やESDへとつながる入り口として重要な意味をもち、中学校理科の環境教育では、教科の目標や学習内容との関わりという制約の範囲内で、ESDへの参加の基盤となる、環境への倫理観の育成などが求められる。

本研究第I部で育成を目指した世代間倫理は、多様な環境倫理のひとつであり、Jardins(2001)の「持続可能性な開発」の根拠となる規範であるとする指摘などから、「持続可能な開発」の中核的な倫理規範と位置づけられ、その育成は、生涯にわたるESDや環境学習への意欲の基盤としての意味をもつ。現在世代と未来世代の間の世代間での公正が、アメリカの環境教育で共通して取り上げられるとする報告(荻原, 2000)からも、世代間倫理の重要性は明らかであり、ESDで育成を目指すべき、主要な倫理規範のひとつである。

第 I 部で明らかにした指導方法は、その授業分析から、「世代間倫理の基礎的概念」の形成など、世代間倫理（未来世代への責任）を育成するために有効であることが明らかになった。また、世代間倫理は、ESD 参加の基盤とされる環境への倫理観のひとつであり、「持続可能な開発」の中核的な倫理規範とされることから、その育成は、生涯にわたる ESD や環境学習への意欲の基盤としても期待できる。

次に、中学校理科という視点から、第 I 部で明らかにした、世代間倫理の育成のための指導方略の意義について検討する。ここでの指導方法は、世代間倫理の育成を目指して、過去の倫理的な問題を含む環境破壊の事例を取り上げた「過去—現在」型教材を用いて、科学的な視点及び倫理的な視点から指導し、「世代間倫理の基礎的概念」の形成を目指した。このような倫理的な問題を含む環境破壊の事例を取り上げた教材では、生徒が問題の仕組みや解決方法を意欲的に考えようとするところから、効果的に科学的知識の理解や活用を促し、知識の獲得などに役立てることができる。言い換えれば、中学校理科において倫理的な問題の検討に、学習した知識を活用する本研究での指導方略は、生徒に知識を効果的に獲得させることができる。

また、第3章第4節の考察から、第 I 部で明らかにした指導方法が、環境問題への興味・関心や環境学習の必要性を認識させるために有効であることが明らかとなった。環境学習の必要性を認識した生徒に、環境を研究する科学や、環境問題解決の手立てとして科学・技術が利用できることを認識させることで、科学・技術の基礎となる理科を学ぶ興味・関心や必要性の認識へとつなげる効果も期待できる。従って、中学校理科における世代間倫理の育成を目指す、この指導方法は、生徒の効果的な知識獲得、及び環境問題への興味・関心や環境学習の必要性を認識させることから、理科を学ぶ興味・関心の喚起につながる可能性がある。

以上のことより、第 I 部で明らかにした、世代間倫理の育成を目指す指導方略は、持続可能な社会構築への参加や理科を学ぶ意欲の効果からも、中学校理科における環境教育カリキュラムを実現するための重要な方略となる。

また、第 I 部で明らかにした、世代間倫理の育成の指導方略では、世代間倫理に関わる倫理的な問題を含む事例を取り上げ、学習者の倫理的な思考力を高めることを目的として、

科学的知識をもとに倫理的なアプローチを取り入れた指導のあり方について検討した。このような指導を通して、中学校理科で多様な環境への倫理観を育成することが可能となるように思われる。



## 第2節 持続可能性の概念を観点とする科学・技術の検討

ESDの一環としての環境教育では、環境と開発の問題に対処する能力をもつ市民の育成が求められる。持続可能な社会を構築するには、それを支える科学・技術が不可欠であるが、科学・技術の飛躍的な発展が地球環境問題に深く関わってきたことから、「持続可能な開発」は科学・技術の持続可能な方向への構造的変革を求めている。

このように、科学・技術の方向性を変えるには、その利用について市民の判断が必要とされるが、科学・技術の持続可能な方向への構造的変革においても、市民の科学・技術への関心や、持続可能な利用についての賢明な判断が必要となる。言い換えれば、科学・技術の利用について、持続可能性という観点から科学・技術の問題点や利点を検討し、その問題点や利点を考慮して意思決定できる市民の育成が求められる。

本節では、持続可能な社会の構築という視点、及び中学校理科という視点から、第Ⅱ部で明らかにした、持続可能性を観点とする科学・技術を検討する指導のあり方について検討する。

まず、持続可能な社会の構築という視点から、第Ⅱ部の指導で形成した持続可能性の概念（「デイリーの三条件」）の意味を考察する。「デイリーの三条件」は、ローマクラブの報告書の理論的骨格であるとする加藤（2005b）などの指摘により、地球の有限性を前提として持続可能な社会を実現するための中心的な概念である。「持続可能な開発」で求められる、科学・技術の持続可能な方向への変革には、持続可能性を観点とした科学・技術の利点や問題点の認識が必要である。従って、持続可能性の概念（「デイリーの三条件」）の形成は、それを観点とした科学・技術の利点や問題点の認識にもとづいて意思決定できるなど、科学・技術の持続可能な方向への変革を促すことにつながる。また、ライフスタイルの見直しのきっかけとなるなど、第Ⅱ部の指導での持続可能性の概念（「デイリーの三条件」）の形成は、日常生活での持続可能性を考慮した行動を促すことにもつながる。

さらに、持続可能性の概念は、イギリス KS3（14～16才）の科学カリキュラム、Twenty First Century Science の The Core Science course（必修履修部分）で取り上げられており、「デイリーの三条件」の再生可能な資源の持続可能な利用の概念は、教科書<sup>注1</sup>（UYSEG,

2006a: 138-139) の本文 (C2.SectionH:「それは持続可能ですか?」) に、イースター島の歴史とともに載せられている。本研究第Ⅱ部で開発した教材と、扱いは大きく異なるが、持続可能性の概念の形成に重点が置かれており、必修の学習内容とされている。

持続可能性 (「デイリーの三条件」) の概念は、地球の有限性を前提として「持続可能な開発」という理念を実現する中心的な概念であり、持続可能な社会の実現に必要な概念である。生徒の発達段階から考え、「デイリーの三条件」には難解な部分もあるものの、中学校理科の他の学習内容と矛盾しない。持続可能な社会の構築という視点から、持続可能性の概念 (「デイリーの三条件」) は、科学・技術の利用や日常生活の営みなど、社会システムを見直す規準としての意味をもつことから、環境と開発の問題に対処する能力の育成を目指す ESD において形成すべき概念である。

次に、中学校理科という視点から、第Ⅱ部で明らかにした、持続可能性を観点とする科学・技術を検討する指導のあり方について検討する。第Ⅱ部での授業分析の結果、「将来、科学・技術に係わる仕事につきたい」などの生徒の意識の変化が認められた。また、第6章第4節の考察により、第Ⅱ部での指導を通して、科学・技術の持続可能な利用に気付き、環境問題解決への期待感などから、このような科学・技術への意識の変化につながったものと推測できた。また、学習の有用性の実感や、理科への興味・関心を高める効果につながる、「環境について知るために役立つ」や「科学・技術について知るために役立つ」という、理科の学習への意識の変化も認められた。従って、第Ⅱ部で明らかにした、持続可能性を観点として科学・技術を検討する指導方略は、科学・技術や理科の授業への意識の変化を通して、理科を学ぶ意欲を高める効果が期待できる。

以上のことより、持続可能性を観点として科学・技術を検討する指導方略は、中学校理科における ESD の一環としての環境教育カリキュラムを実現するための重要な方略となる。

### 第3節 イギリスの事例からの視点

本節では、科学・技術の利用についての意思決定や合意形成という視点から、イギリスで行われている実践から、わが国の実践への視点を導出する。

イギリス前期中等教育(14~16才を対象とする)の科学のカリキュラムのひとつである、Twenty First Century Science の The Core Science course (必修履修部分)には、意思決定や合意形成などの学習活動を取り入れた多くの教材が含まれるが、Millar (2007)は、16歳までの科学の主要な目的を、市民として全ての生徒に求められる科学的リテラシーの育成にあるとし、そのために開発された The Core Science course (必修履修部分)について、「生徒の科学的リテラシー<sup>注2)</sup>の育成を目的として開発した」(Millar, 2007: 44)と述べている。従って、市民として必要な科学的リテラシーをどのように捉え、その育成をどのように目指すのか検討するうえで、The Core Science course は多くの示唆を含むカリキュラムと考えられる。

The Core Science course は、9つのモジュールから構成され、各モジュールでは、それぞれの話題が‘story’として取り上げられる。その話題について説明するために、従前的な自然科学の知識である、16種類の Science Explanation (科学が説明できる事実)が導入され、その話題と関わる学習活動を通して6種類の Ideas about Science (科学についての考え)を理解するよう構成されている。表3-1に The core Science course の16種類の Science Explanation、9つのモジュール、及び6種類の Ideas about Science を示す。

表 3 - 1 16 種類の Science Explanation

SE1	化学物質（物質についての考え）
SE2	化学変化（原子・分子のモデル）
SE3	材料の性質は、その構造によって説明できるのか
SE4	生物の相互依存性（共生）
SE5	生物における科学的循環（炭素、窒素など）
SE6	生物の基本単位としての細胞
SE7	生命の維持（主要な生命の過程と仕組み）
SE8	遺伝における遺伝子の理論
SE9	自然選択による進化の理論
SE10	病気における最近の理論
SE11	エネルギー資源とエネルギー変換の考え
SE12	放射の考え
SE13	放射能
SE14	地球の構造と進化
SE15	太陽系の構造
SE16	宇宙の構造と進化

（出典： Millar, R.: Twenty First Century Science: Principles and Practice , *Journal of Research in Science Education*, 47, pp.42-48, 2007.）

表 3 - 1 9 つの Science modules

B1	あなたとあなたの遺伝子
C1	空気の質
P1	宇宙の中の地球
B2	健康の維持
C2	材料の選択
P2	放射と生活
B3	地球上の生命
C3	食料の重要性
P3	放射性物質

(出典 : Millar , R.: Twenty First Century Science: Principles and Practice , *Journal of Research in Science Education*, 47, pp.42-48, 2007.)

表 3 - 1 6 種類の Ideas about Science

IaS1	データとその限界
IaS2	相関性と原因
IaS3	説明の展開
IaS4	科学的コミュニティー
IaS5	リスク
IaS6	科学・技術についての議論

(出典 : Millar , R.: Twenty First Century Science: Principles and Practice , *Journal of Research in Science Education*, 47, pp.42-48, 2007.)

表 3 - 1 に示すように、The Core Science course において「科学・技術についての議論」は、6 種類の Ideas about Science の項目のうちのひとつであり、16 種類の Science Explanation (科学が説明できる事実) などと同様、学習目標として明確に位置付けられている。

土屋 (2013) による Twenty First Century Science の The Core Science course の教科書分析の研究から、モジュール C2 「材料の選択」後半の Lesson 9 ~Lesson11 は、持続可能性の概念や製品のライフサイクル、ライフサイクルアセスメント (Life Cycle

Assessment : 以下 LCA と略記) を取り上げた ESD の教材である。Lesson11 の学習活動 AC2.15 (天然それとも合成? : Tシャツの選択) では、LCA の手法を用いて環境に影響の少ないTシャツを選ぶという意思決定を含むが、小グループでの合意形成や、レポートの作成が取り入れられる。この授業では、環境にやさしい消費や、LCA という新たな科学や手法の理解を目標とするだけでなく、根拠を明確にして意見を伝えることや、グループで意見をまとめることなどが明確に指示 (UYSEG, 2006 b: 73) されており、これらのことから意思決定や合意形成における論証活動 (argument) のスキルを育成する機会として意図されていることが推測できる。

例えば、Driver (2000) は、合意形成や説得の際の論証 (argumentation) やそのためのスキルの重要性について、「論証は、一他にもあるかもしれないが一疑問や問題 (issues)、議論の道理にかなった解決を目的とする。」という Siegel の言葉などを引用し、ある意見に賛成したり、反論したり、前提からそのような結論に至る道理を伝えるプレゼンテーションなどを通して、論証活動は、相手の説得を目指す「社会的で知的な言語活動」(Driver, 2000 : 292) であると指摘している。

また、彼女は、若い人々の科学に関わる論証活動のスキルを発達させることができるのは、「道理を説く (reasoning) 教師の聞き手であるだけの時」(Driver, 2000 : 291) ではなく、以下のような時であると指摘する。

彼ら自身のために、道理を説く (reasoning) ことを実行する時である。—それは、個人の主張を支持するために理由を明確にする時であり；彼らの仲間を説得したり、納得させようとする時であり；疑念を表現する時であり；疑問についてたずねる時であり；代替案との関係を説明する時であり；明らかにされていない点を指摘する時である。

(Driver, 2000 : 291)

以上のように、Driver (2000) は、論証活動のスキルを発達させられるのは、論証活動のこのような場面であるとし、科学の授業では、彼ら自身による説得を実行する論証活動の機会が必要であることを指摘している。

以上のことより、本研究で取り組むことが十分ではなかった論証活動のスキルの育成を目指す指導について、イギリスの事例は、重要な示唆を与えている。

#### 第4節 今後の課題

本節では、今後の課題を明らかにする。

本研究を通して、ESDの一環としての環境教育カリキュラムの充実を図るために、二つの課題が明らかになった。まず、環境への倫理観の育成という視点から、環境への倫理観は多様であり、環境教育カリキュラムを充実させるために、育成を求められる環境への倫理観は世代間倫理だけではない。第I部で明らかにした世代間倫理の指導方略は、学習内容との関わりから中学校最終学年に位置づけたが、例えば、加藤（1991）の指摘する自然の生存権や、鬼頭（1996）の指摘するローカルな環境倫理の育成であれば、より低学年での指導の可能性がある。このような環境への倫理観育成を目指す指導は、義務教育最終段階である中学校三年間のカリキュラムを見通した位置づけが必要であり、ESDの一環としての環境教育カリキュラムの充実を図るための今後の課題である。

次に、科学・技術の持続可能性を考慮した意思決定や合意形成という視点から、論証活動のスキルの育成を目指す指導は、わが国の教育や文化、社会の実情などを背景として検討する必要があり、ESDの一環としての環境教育カリキュラムの充実を図るための今後の課題である。伝統的にわが国の理科教育においては、教師は観察や実験などの実際の活動（practical work）には精通しているが、意思決定や合意形成にといった論証活動には精通していない。イギリスなどの事例を参考にしながら、意思決定や合意形成の意義と価値を再認識し、具体的な指導方略を考案することがもうひとつの課題である。



## 終章 注釈

注1) Twenty First Century Science の The Core Science course (必修履修部分) の教科書として、本研究で主に検討した Higher Level のほかに、基礎的内容を中心とした Foundation Level (UYSEG 2006 c) があるが、Higher Level の Section H の内容に相当する Foundation Level の Section G では、Higher Level の教科書に比べ、簡単な表現や練習問題で、割愛された内容もあるものの、持続可能性の概念や学習の流れについては、基本的に同じあつかいである。

注2) 21 st Century Science project team (2003) は、科学的リテラシーをもつ人について、以下のように指摘している。

我々は、科学的リテラシーのある人とは、このようなことができる人ではないかと考えている。

- 日常生活における科学・技術の影響を理解しその真価が評価できる。
- 健康やダイエット、エネルギー資源などの科学を含むことについて、その知識を用いて個人としての意思決定ができる。
- 科学を含む事柄についてのメディアの報道の本質的な点を読み取り、理解できる。
- 科学を含む事柄についてのメディアの報道について、その報道に含まれる情報及び、省かれている情報（こちらのほうがより重要なこともよくあるが）について、クリティカルに熟考できる。
- 科学が関連する問題 (issues) について、自信をもって議論に貢献できる。

(21 st Century Science project team, 2003)

## 終章 引用文献

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000): Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms, *Science Education*, 84(3), pp. 287-312.

- Jardins, J.R. (2001) : *Environmental Ethics -An Introduction to Environmental Philosophy*; Belmont, CA: Wadsworth Thomson Learning.
- 関係省庁連絡会議 (2006) : 「我が国における『国連持続可能な開発のための教育の10年』実施計画」.
- 関係省庁連絡会議 (2011) : 「我が国における『国連持続可能な開発のための教育の10年』実施計画 (ESD 実施計画)」.
- 加藤尚武 (1991) : 『環境倫理学のすすめ』, 東京: 丸善ライブラリー.
- 加藤尚武 (2005 b) : 『新・環境倫理学のすすめ』, 東京: 丸善ライブラリー.
- 鬼頭秀一 (1996) : 『自然保護を問いなおすー環境倫理とネットワーク』, 東京: 筑摩新書.
- Millar, R. (2007): *Twenty First Century Science: Principles and Practice* , *Journal of Research in Science Education*, 47, pp. 42-48.
- 荻原彰・戸北凱惟 (2000) : 「アメリカの環境教育に見られる価値の枠組みについての研究」, 『科学教育研究』, 24(2), pp. 89-97.
- 土屋恭子 (2013) : 「必修科学で学ぶ持続可能性とライフサイクルアセスメント(LAC)ー21st Century Science (イギリス前期中等教育) の場合ー」, 『環境教育』, 22(3), pp. 30-36.
- 21 st Century Science project team (2003) : *21 st Century Science - a new flexible model for GCSE science*, *School Science Review*, 85(310) ,pp. 27-34.
- UYSEG (the University of York Science Education Group) (2006 a) : *GCSE Science Higher Level Textbook*, *Twenty First Century Science*, Oxford : Oxford University Press, pp. 120-147.
- UYSEG (the University of York Science Education Group) (2006 b) : *Teacher and Technician Guide*, *Twenty First Century Science*, Oxford:Oxford University Press.
- UYSEG (the University of York Science Education Group) (2006 c) : *GCSE Science Foundation Level Textbook*, *Twenty First Century Science*, Oxford : Oxford University Press, pp. 120-123.

## 附 錄

資料1：持続可能性の概念（「デイリーの三条件」）形成に関わる評価問題

評価問題

問い デイリーは、環境や資源を持続可能にするために、下の文のように考えた。文中の（ ）に適切な語句を記入しなさい。

土壌、水、森林、魚など再生可能な資源は、利用速度が再生速度を（ ）なければ、持続可能である。また、汚染物質は、その排出速度が環境により分解、吸収できる速度を（ ）なければ、持続可能である。

問い 現在、再生不可能なエネルギー資源から再生可能なエネルギー資源への移行が、望まれており、再生可能なエネルギー資源の実用化にむけた技術開発や社会システムづくりが必要とされている。そのような技術開発などに必要な資金について、デイリーはどのように確保されるべきと考えたか。簡単に説明しなさい。

## 関連論文

土屋恭子・倉本龍・磯崎哲夫：「中学校理科における『世代間倫理の基礎的概念』形成に関する理論的・実践的研究」, 『理科教育学研究』, 48(1), pp. 63-73, 2007.

土屋恭子・磯崎哲夫：「中学校理科における持続可能な教育の単元開発とその指導に関する実践的研究—『デイリーの三条件』を手がかりとした科学技術の問題点と利点の検討—」, 『科学教育研究』, 34(1), pp. 24-37, 2010.

土屋恭子：「必修科学で学ぶ持続可能性とライフサイクルアセスメント（LCA）—21st Century Science(イギリス前期中等教育)の場合—」, 『環境教育』, 22(3), pp. 30-36, 2013.

## 謝辞

本研究にあたりまして、主任指導教員であります磯崎哲夫教授には、学位論文の作成から審査に至る過程で主査として、懇切丁寧にご指導いただきました。社会人大学院生として入学し、長期間にわたり研究と仕事を両立させることができたのは、先生のご配慮によるものであり、衷心より感謝の意を表します。

広島大学大学院教育学研究科 岩崎秀樹教授には、研究の方向性に関わって貴重なご示唆をいただきました。広島大学大学院教育学研究科 林武広教授には、研究の視点に関わって貴重なご示唆をいただきました。以上お二人の先生方には、研究の副査として、貴重な時間を割いていただき、ご指導を賜りました。また、広島大学大学院教育学研究科 三好美織准教授には、学位論文の作成にあたり有益なご示唆や励ましのお言葉をいただきました。以上の先生方に、心より感謝の意を表します。

広島大学名誉教授 中山修一先生には、研究に対する貴重なご助言や激励のお言葉をいただきました。北海道教育大学教育学研究科 高橋一將講師には、学位論文の作成にあたり有益なご示唆や励ましのお言葉をいただきました。また、社会人大学院生として入学する際には、広島大学大学院工学研究科在学中からの恩師 重田征子先生に、温かいご助言、ご支援をいただきました。以上の先生方に、心より感謝の意を表します。

本研究での授業実践やアンケート調査の実施などにおいて、同僚の先生方、生徒の皆さんにご協力をいただきました。心より感謝の意を表します。

さらに、同室でともに過ごし、研究について有益な討論をさせていただいた科学教育学研究室の学生の皆様に、心より感謝の意を表します。

以上のように、多くの方々のご援助があって、本論文が完成したことを述べ、謝辞といたします。

最後に、長い間の研究生生活を支え続けてくれた家族に感謝します。

2015年1月

土屋恭子