

高等学校「地学基礎」におけるESDの視点を踏まえた学習指導

—理科の基本概念「地球」の育成を目指して—

岡本 弥彦・杉田 泰一*・美澤 綾子**・佐藤 真久***・五島 政一****

岡山理科大学理学部動物学科

* 広島大学附属中・高等学校

** 静岡県立静岡高等学校

*** 東京都市大学環境学部環境経営システム学科

**** 国立教育政策研究所教育課程研究センター基礎研究部

(2019年10月30日受付、2019年12月9日受理)

1. はじめに

現行の学習指導要領（文部科学省、2009a）では、科学概念の理解などの定着を図る観点から、「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」などを科学の基本的な見方の柱として、学習内容の構造化が図られている。これは、平成30(2018)年に告示された新しい学習指導要領においても継承されている（文部科学省、2019a）。

しかし、「地球」に関する学習内容は、「エネルギー」「粒子」「生命」と比較すると、より多岐に渡った学際的なものが多いために体系化されにくく、小・中・高等学校を通じた学習内容の構造化を困難にしている。また、地球規模での環境問題や資源・エネルギー問題など、地球や人類を取り巻く環境は大きく変わりつつあり、理科と日常生活や社会との関連や、持続可能な社会づくりの観点からも、「地球」を捉える必要がある。

そこで、本稿では、「地球」に関連する先行研究や学習指導要領の記述を整理し、基本概念としての「地球」の育成を体系的に進める上での枠組みを提案するとともに、その枠組みに基づいた高等学校「地学基礎」における2種類の授業実践例について報告する。

なお、本稿は、日本地学教育学会第73回全国大会において研究発表したもの（岡本ほか、2019；杉田・岡本、2019；美澤・岡本、2019）を再検討し、まとめ直したものである。

2. 「地球」に関連する先行研究

2-1 地球モザイクについて

岡本・下野(2014)は、「地球」を「広大な宇宙空間の中で、太陽系の一員として、約46億年前に誕生し、太陽と地球内部のエネルギーにより、複雑なシステムを形成しながら、今後も変化し続けるもの」と定義するとともに、地学事象を共通的に捉えるための4つの視

点（表1）を設定し、それらの視点を明確にした授業実践例について報告した。また、各視点から学習内容を解釈し、「地球モザイク」と呼称して図解化し（図1）、その例を提示した（下野・岡本、2016）。

表1 地学事象を捉える視点（岡本・下野、2014）

「構成」	事象を比較したり、共通点や相違点を見いだしたり、分類したりするなどして、地学事象が多様な構成要素からなり、階層的な構造を有していることを捉える視点。
「関連」	事象の働き掛けやつながりを読み取るなどして、地学事象が太陽や地球内部のエネルギーなどにより生じ、他の事象に作用したり、物質やエネルギーが移動・循環したりしていることを捉える視点。
「時間」	事象を時間の推移の中で観察したり、現在の様相を過去の様相と比較したりするなどして、地学事象が時間の流れの中で、規則的・周期的・地質学的・不可逆的に変化していることを捉える視点。
「空間」	事象の位置関係や構造を、野外で直接観察したり、情報やモデルなどにより推定や俯瞰をしたりするなどして、地学事象が広大な空間の広がりの中で起きていることを捉える視点。

<p>構成「つくり」</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 火山は、溶岩、軽石、火山灰などの噴出物からできている。 ● 火山灰には、火山ガラスや鉱物が含まれている。 ● 火山ガスの主な成分は水蒸気である。 ● いろいろな形や噴火様式の火山がある。 	<p>関連「関わり」</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 火山の形や噴火様式は、マグマの性質と関係がある。 ● 火山活動が気候変動を引き起こすことがある。 ● 火山活動は、地球内部のエネルギーにより起きている。 ● 火山災害は、人間社会に大きな影響を与えることがある。
<p>空間「広がり」</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 溶岩流が山体の広い範囲に広がっているものがある。 ● 世界の主な火山帯は、プレートの沈み込み境界に沿って分布している。 ● 火山灰が地球全体に広がることもある。 ● 地球以外にも、火山のある天体がある。 	<p>時間「移り変わり」</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 噴火を周期的に繰り返す火山がある。 ● 噴火記録のない火山が活動し始めることもある。 ● 噴出物の調査から、過去の噴火の様子や年代が推定できることがある。

図1 「地球モザイク」の例（下野・岡本、2016）

これらは、「地球」をシステムとして多面的に捉える上では有効であると考えられるが、理科と日常生活や社会との関連の視点が欠けていることが課題であった。

2-2 アースシステム教育について

惑星としての地球に焦点を絞り、科学の見方・考え方を地球規模で捉えようとしたものに、アースシステム教育 (Earth Systems Education ; 以下、E S E と略す) が挙げられる (Mayer, 1991)。E S E は、アメリカ合衆国において、1980年代後半に中等教育段階での地球規模の科学的リテラシーの習得を目指した科学教育として創設されたもので、地球システムを基盤にした総合的な理科教育である。日本では、1993年以降に取り上げられるようになり、野外学習などの体験的な学習を体系化する際や、科学的リテラシーを育成するためのカリキュラム開発を行う際などに、E S E の考え方が取り入れられている (五島ほか, 2004)。

E S E では、7つの理解目標 (表2) が設定されている。それらにより、観察・実験などを通して地球システムを理解し、その相互作用を説明したり、その変化を予測したりするとともに、科学的な情報に基づいて環境や資源問題に対応することを目指している。また、地球の不思議さ・偉大さ・美しさといった美的価値を認めること、科学やその職業に関心を持つことなど、理科と日常生活や社会との関連についての視点も含まれている。

表2 アースシステム教育の理解目標

1	美しい地球：地球は、まれな美しさと卓越した価値を有する素晴らしい惑星である。
2	人間の影響：人間の活動は、集団的・個人的、意識的・無意識的にかかわらず、地球システムに影響を与えている。
3	科学技術：科学的な思考力や技術の発展によって、人間は地球や宇宙を理解したり利用したりすることができる。
4	システム：地球システムは、相互に作用する水・岩石・氷・大気・生命のサブシステムから構成されている。
5	時による変化：地球は、40億年以上の歴史を持ち、そのサブシステムは絶えず変化している。
6	大きい空間：地球は、太古からある広大な宇宙空間の中で、太陽系の小さなサブシステムとして存在している。
7	興味・仕事：多くの人々が、地球の起源・プロセス・進化についての研究に関係のある職業に就いている。

五島ほか(2004)

2-3 持続可能な開発のための教育について

日常生活や社会との関連を重視することに強く関与しているものとして、持続可能な開発のための教育 (Education for Sustainable Development ; ; 以下、E S D と略す) が挙げられる。現代社会には、気候変

動、生物多様性の喪失、自然災害、食料・エネルギー問題、紛争、貧困など、様々な問題が存在し、社会が持続不可能になることが危惧されている。そのため、環境・経済・社会・文化における持続可能な将来の実現を目指す E S D は、平成30(2018)年告示の学習指導要領における理念にもなっている。新しい学習指導要領では、その前文において、一人一人の生徒が持続可能な社会の創り手となることができるようにすることを求めており (文部科学省, 2019b)、教育課程の編成・実施において E S D の推進が重視されている。

国立教育政策研究所(2012)は、持続可能な社会づくりを捉えるための構成概念 (表3) を提案している。これらは、システム概念に基づいて構築されたものである。システム概念とは、「多種多様な要素から構成され、それらが相互関連的に作用しあい、ある方向へ変化しながら、全体としてまとまった機能を有しているもの」と捉えることができる。

表3 持続可能な社会づくりの構成概念

I	多様性：自然・文化・社会・経済は、起源・性質・状態などが異なる多種多様な事物から成り立ち、それらの中では多種多様な現象が起きていること。
II	相互性：自然・文化・社会・経済は、互いに働き掛け合い、それらの中では物質やエネルギーが移動・循環したり、情報が伝達・流通したりしていること。
III	有限性：自然・文化・社会・経済は、有限の環境要因や資源に支えられながら、不可逆的に変化していること。
IV	公平性：持続可能な社会は、基本的な権利の保障や自然等からの恩恵の享受などが、地域や世代を渡って公平・公正・平等であることを基盤にしていること。
V	連携性：持続可能な社会は、多様な主体が状況や相互関係などに応じて順応・調和し、互いに連携・協力することにより構築されること。
VI	責任性：持続可能な社会は、多様な主体が将来像に対する責任あるビジョンを持ち、それに向かって変容・変革することにより構築されること。

国立教育政策研究所(2012)

E S D では、地球をシステムとして捉えることと同様に、人間社会についてもシステムとして捉え、持続可能な社会づくりの在り方を的確に理解することが求められる。つまり、我々を取り巻く自然環境や社会環境がどのようなシステムを形成しているのかを把握し、持続可能な社会づくりを目指すにはどのようなシステムが必要であるのかを認識することが重要である。

表3の「I多様性」「II相互性」「III有限性」は、人を取り巻く環境に関する実態概念であり、自然環境や社会環境は多様な要素の集合体で、その要素の間に相互関係があり、ある方向へと不可逆的に変化しているという視点を与えている。また、「IV公平性」「V連携性」「VI責任性」は、人や社会などの意思や行動に關す

る規範概念であり、社会では多様な主体が生かされ、協働的な関係を築き、持続可能性という目的達成のために各主体が変容することが必須であるという視点を与えている。このように、ESDの視点は、地球システムの捉え方とともに、理科と日常生活や社会との関連とも極めて調和的である。

3. 「地球」を育成する上での枠組み

以上述べた、これまでの事例を整理し、「地球」の育成を体系的に進める上での枠組み(表4)を構築した。ESEの7つの理解目標を軸として、地球モザイクの4視点とESDの視点を関係付けた。そして、地球システムに関する観点(表4の網掛けのない部分)と、日常生活や社会との関連に関する観点(表4の網掛けの部分)も明確にした。

表4 「地球」概念育成の枠組み

	ESE	地球モザイク	ESD	
地球システム	1 美しい地球		環境・経済 社会・文化	日常生活や社会との関連
	2 人間の影響			
	3 科学技術			
	4 システム	構成	多様性 相互性 有限性	
	5 時による変化	時間		
	6 大きい空間	空間		
	7 興味・仕事		公平性 連携性 責任性	

4. 学習指導要領における「地球」

本研究では、高等学校「地学基礎」を実践の対象としている。そこで、学習指導要領の改訂に伴う「地学基礎」の変遷についても整理しておく。

「地学基礎」の内容項目についての新旧対照表を、表5に示す。継承されている項目(表5中の細線の矢印)は多いが、項目間で組み替えられているもの(表5中の太線の矢印)も見られる。

また、学習指導要領における目標等を新旧で比較すると、次のような特徴を見いだすことができる(以下、平成30年告示の学習指導要領を「新指導要領」と略す)。

「地学基礎」の性格及び目標については、「基礎」を付した科目であることから、「日常生活や社会との関連」に関しては新旧ともに重視されているが、新指導要領では、「学びに向かう力、人間性」の目標(3)において、自然環境保全に寄与する態度が新たに示されている。さらに、新指導要領においては「理科の見方・考え方」が示されたことから、「時間的な視点や空間的な視点」が明記されている。なお、「地学基礎」には、地球システムに関わる直接的な記述は見られない

が、新指導要領における4単位科目の「地学」では、「地球や地球を取り巻く環境の特徴は、長大な時間の流れや広大な空間の広がりの中で、多様な事物・現象が相互に関連しながら複雑に変化し続けていることである。」と示されており、地球システム概念がより顕在化されて記述されている。

表5 「地学基礎」の新旧対照

改訂(平成30年告示)	現行(平成21年告示)
(1) 地球のすがた	(1) 宇宙における地球
(7) 惑星としての地球	ア 宇宙の構成
⑦ 地球の形と大きさ ←	イ 惑星としての地球
⑧ 地球内部の層構造 ←	(7) 太陽系の中の地球
(4) 活動する地球 ←	(4) 地球の形と大きさ
(9) 大気と海洋 ←	(9) 地球内部の層構造
(2) 変動する地球	(2) 変動する地球
(7) 地球の変遷	ア 活動する地球
⑦ 宇宙、太陽系と地球の誕生 ←	イ 移り変わる地球
⑧ 古生物の変遷と地球環境 ←	ウ 大気と海洋
(4) 地球の環境 ←	エ 地球の環境

注) 現行の探究活動に関する項目は省略

次に、ESDと最も関わりの深い単元「地球の環境」について、新指導要領では「自然と人間が調和した持続可能な社会をつくっていくためには」の記述が登場し、ESDの視点がより重視されている。さらに、自然環境の変化の予測には不確実性や限界があること(有限性)、自然災害や災害対策を他の地域や世界と比較すること(多様性)、予測された被害を低減させる取組を立案すること(責任性)など、持続可能な社会づくりの構成概念(表3)との関連が深い記述も見いだすことができる。

以上のように、学習指導要領の改訂に伴い、「地学基礎」において、ESDの視点が顕在化され、「日常生活や社会との関連」は一層重視されている。理科の基本概念としての「地球」を身に付けること、つまり、地球システムの理解は、持続可能な社会づくりを捉える上においても重要な基盤にもなると言える。

5. 「地学基礎」での授業実践A

5-1 背景

地球をシステムとして捉え、それを構成する各サブシステムを関連付けた学習を「総合的」、各サブシステムを深く学ぶ学習を「分析的」とすれば、現行及び新学習指導要領における地球領域の内容は、小学校で総合的、中学校・高等学校で分析的な構成になっている。この現状を踏まえ、杉田(2018)は、持続可能な社会の形成を担う市民としての教養の深化、研究者育成

の両視点から、「地学基礎」を総合的な内容に再編し地球システム的な見方・考え方の育成を目指すことを提案した。また、杉田(2019)は、地球システム的な見方・考え方を「宇宙との関わりをもち、変化を続ける地球システムの全体像を、時間や空間、物質循環やエネルギーの視点によって捉え、宇宙と地球、地球を構成するサブシステムを相互に比較、関連付けて多面的に認識すること」として整理し、中学校理科で扱ったシステム(水の循環、生態系)との接続を考慮して、物質循環やエネルギーを基盤とした「地学基礎」のカリキュラム案を作成した(表6)。

表6 地学基礎カリキュラム案

テーマ	単元	概要
太陽と地球	①水の循環からみた地球	水の循環の過程において様々な地学的な事象・現象が見られることを、小学校理科や中学校理科で学んだことと関連させて整理して、太陽のエネルギーが関係する地球システムの存在に気付く。
	②太陽の概観	太陽の緯度別自転周期の違いを基に、太陽が流体でできていることに気付く、太陽の熱源を知る。また、中学校理科で学習した太陽の表面構造と関連させながら、太陽のエネルギーの放出という視点から太陽の表面活動を理解する。
	③地球の大気と海洋	地球の大気や海洋の層構造を見だし、太陽が各層構造に与える影響を知る。また、地球の熱収支と関連させながら、大気や海洋の運動に太陽のエネルギーが関係していることを認識する。
	④太陽系と生命の誕生	他惑星の特徴と比較しながら地球が水惑星である要因を見だし、エネルギーと物質の濃縮という視点から太陽系や生命の起源、地球の層構造形成や大気組成の変遷の概要を理解する。
	⑤地球と日本列島の概観	地球の形及び内部構造を探究史と併せて理解し、地球内部の熱にも触れる。地表の多様性として日本列島のジオパークを取り上げ、地球の諸活動と日本列島の形成の関係を理解する。
	⑥活動する地球	プレートテクトニクスに基づいて地表の事象・現象を理解し、それらが太陽や地球内部のエネルギー、物質循環と関係していることを認識する。
	⑦地球の変遷	太陽や地球内部のエネルギー、物質循環によってもたらされてきた地球環境と生物の関係の変遷史を理解する。
太陽と宇宙	⑧太陽の進化と宇宙の歴史	太陽の進化と宇宙の歴史の探究史に触れながら、それらをエネルギー、元素生成の視点から認識する。
地球と人間	⑨地球の環境	地球環境を地球システムの視点で捉え、地球と人間の関わりについての自らの考えをもつ。

本実践では、このカリキュラムを活用することで、ESDの視点を踏まえた地球システム的な見方・考え方の習得の可能性について検討した。

5-2 授業実践の概要

高等学校第2学年、「地学基礎」選択履修者(43人)を対象に、2019年4~6月において、表6に示す単元①~③を指導した。その後、単元④につなげるために、表7に示す課

題Ⅰ~Ⅲを1週間の期限を設けて家庭学習として取り組ませた。なお、単元④設定の意図は、単元①~③を地球システムと人間との関わりでの視点で整理すること、単元⑤・⑥の固体地球圏への学習に円滑に移行することである。

表7 単元をつなげるための課題

課題Ⅰ：私たち人間をはじめ、地球には生物が生存している。生物が陸上に生存するための条件を挙げよ。また、その条件を満たす地球環境はどのような過程を経て形成されたものか。コンセプトマップ及び文章によって説明せよ。 設定の意図：地球システム的な見方・考え方に基づく地球環境の変化や人間との関わりでの理解/ESDの視点「多様性・相互性・有限性」
課題Ⅱ：課題Ⅰに取り組む中で、「科学的な思考力や技術の発展によって、人間は地球や宇宙を理解したり利用したりすることができる」とこととしてどのようなことがあったか説明せよ。 設定の意図：日常生活や社会との関連の理解/ESDの視点「環境・経済・社会・文化」
課題Ⅲ：課題Ⅰに取り組む中で、地球環境の形成過程の説明を充実させるためには、今後、どのようなことを学ぶ必要があるか。 設定の意図：地球システムの理解を深めるためのメタ認知/ESDの視点「多様性・相互性・有限性」

5-3 生徒の反応

課題Ⅰでは、生物が生存する条件として、多くの生徒が「温度」「空気」「水」を挙げ、一部の生徒が「食物」「陸」を加え、各条件において関連する事象・現象をつなげたコンセプトマップを作成していた(図2)。しかし、各条件間の関係、陸と海の環境の共通点・相違点を整理して、陸の環境や生物にもたらす影響を検討し、説明することは不十分であった。

課題Ⅱでは、「オゾン層の役割についての理解が保全につながった」「地球の温度や大気組成が一定であるしくみの理解」といった具体的な事象のほか、「科学的な思考力によって各要素が複雑に関連していることが考察された」といった記述も見られた。

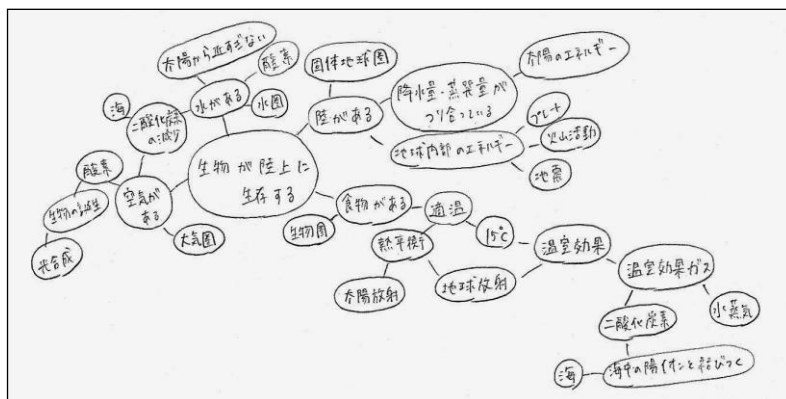


図2 生徒が作成したコンセプトマップ(例)

課題Ⅲでは、「地球の温度が生物の生存しやすい適温になる過程が曖昧だったので学びたい」「地球環境は割と太陽からのエネルギーによって左右されていると感じたので、太陽のエネルギーがどのように影響を与えているのかをもっと詳しく考えたい」等の記述が見られた(表8)。

表8 課題Ⅲ「今後学ぶ必要があること」の記述例

<p>【主に地球史に関すること】</p> <ul style="list-style-type: none"> 地球の温度が生物の生存しやすい適温になる過程が曖昧だったので学びたい。 大気の形成以前の海の形成、地球の形成、宇宙の形成に何が必要であったのか。 陸の形成やつくりについて学ぶ必要がある。また、河川や森林などの形成過程についても知りたい。 地球ははじめ火山活動や地殻変動などがとても活発だったが、生物が住めるほどおだやかになっていった経緯をもっと詳しく知りたい。 当初高温で水のなかった地球が、どのようにして地表の7割もの海をもつことになったか。地球の空気や環境の変化に、太古の生物はどのような影響をもたらしたのか。 <p>【主に現在の地球の姿に関すること】</p> <ul style="list-style-type: none"> 地球環境は割と太陽からのエネルギーによって左右されていると感じたので、太陽のエネルギーがどのように影響を与えているのかをもっと詳しく考えたい。 課題1で陸上について考えたので、海の生物に必要とされるもの、海の循環をもっと学んで海の中の視点から形成過程を考えたい。 温室効果ガスの他に、地球の温度を上昇させるものは存在しているのか。 <p>【主に宇宙と地球に関すること】</p> <ul style="list-style-type: none"> 地球の空気や環境の変化に、太古の生物はどのような影響をもたらしたのか。 今の地球の気候がなぜできているのか。宇宙やその他の条件について理解できると、さらに地球環境のことがわかるのではないか。 他の天体では熱平衡はどのようなになっているのか。 地球以外の星のでき方、温度、条件などを学んで地球と比較し、地球の何が生物に適しているのかを考え、学びたい。 宇宙にある星と地球の結びつき、星以外の宇宙環境とのつながりについては詳しく知らないの、そこを知ることも必要である。 <p>【主に地球と人間に関すること】</p> <ul style="list-style-type: none"> 現代の地球環境は人の営みと密接に関係しているので、人が地球環境にどのような影響を与えているのか学ぶ必要がある。 これから先も地球で生きるために、人間は何をこれからしていかねばならないのか。 <p>【主に学び方に関すること】</p> <ul style="list-style-type: none"> 生物、物理、化学の知識や思考の方法の全てを包括的に使っていく必要があると思った。
--

5-4 考察

課題Ⅰの記述について、次に示す分析1及び分析2に従って傾向を整理した。分析1「生物の生存条件について、各条件内において関連する要素のつながりを示している、さらに各条件間の関係を検討している」、分析2「生物の生存条件を『陸上』の視点から検討している」である。分析1の結果、各条件内において関連する要素のつながりを示すことができた生徒は約80%、各条件間の相互関係を示すことができた生徒は全生徒の約25%であった。分析2の結果、生物の生存条件を陸上の視点から検討することができた生徒は約

15%であった。

このことから、生物が生存する複数の条件の存在(多様性)、各条件に関連した様々な事物・現象のつながり(相互性)は概ね理解できていた。しかし、各条件間の関係(相互性)、陸と海の環境の違いを基にした生物・人間・自己とのつながり(相互性)の理解は不十分であった。相互性に注目すると、限られた範囲における相互性は理解できているが、広範囲における相互性の理解は不十分であると考えられる。しかし、これらの不十分な点は、生徒が今後学ぶ必要があると考えたこと(表8)の記述を考慮すると、単元④を学習すること、課題Ⅰのコンセプトマップ作成において生徒間交流を図って精査させる活動を取り入れることで一定程度の改善が期待される。また、地球システム的な見方・考え方の育成は、地学基礎のカリキュラム全体を通して学習内容を相互補完することによって行うことの重要性を示唆していると言える。なお、課題Ⅰは単元④終了後に、評価問題として活用できるものと考えられる。

課題Ⅱの結果から、生徒は事物・現象の存在の認識だけでなく、しくみの理解を図ることで、学習したことを日常生活や社会との関連の理解(環境・経済・社会・文化)に広げていた。つまり、日常生活や社会との関連の理解を図るためには、課題Ⅱで示した内容の新しいトピックを取り込んだ学習を必ずしなければならないというものでもなく、しくみの理解という視点で通常の学習を広げることで対応できることを確認した。

課題Ⅲの結果から、生徒は今後の学習姿勢として、時間(有限性)や空間、物質循環(相互性)やエネルギーの視点から自然の事物・現象を更に深く追究することを挙げていた。また、一部の生徒は、地球と人間の関わり(責任性)に触れ、特に人間が地球環境に及ぼす影響を考えようとしていた。

5-5 まとめ

提案したカリキュラムによる授業を通して、ESDの視点を踏まえながら地球システム的な見方・考え方を習得させる学習が可能であることを一定程度確認することができた。地球システムと生物・人間・自己の関わりを精査して捉えることなどに課題が残ったが、単元④の学習を通じて改善に努めることが可能であることの示唆を得た。

6. 「地学基礎」での授業実践B

6-1 背景

生徒が「地学基礎」で学習したことを日常生活や次の学習に生かすためには、どのような授業の工夫・改

善が必要であるかが本実践の課題である。「地学基礎」では、最終単元で「日本の自然環境」について学習する。そこでは、「日本の自然環境を理解し、その恩恵や災害など自然環境と人間生活とのかかわりについて考察すること」（文部科学省、2009b）が求められ、それまでの学習を振り返り、自然と人間との関わりについて科学的根拠に基づいて思考し、判断し、行動できるようにすることが期待されている。

単元「日本の自然環境」では、多種多様な要素を扱うため、既習の知識をつなぐシステム概念が重要になる。また、思考し、判断し、行動できるようにするために、教科書の内容と地域に想定される災害に関連させた教材も必要になる。そこで、学習内容をアースシステム教育の理解目標（表2）や持続可能な社会づくりの構成概念（表3）と関連付け、地域特性を踏まえ、実験・実習などの参加型アプローチを重視した学習プログラムを作成し、2019年2月に第2学年の理系「地学基礎・地学」選択者を対象に実践した。

6-2 授業設計

(1) 多様な自然環境とその恩恵

恩恵の例としては、多様な自然環境や水、鉱物資源などがある。これまで「地学基礎」で習得した知識を自然環境や恩恵と結び付けるためには、地球の活動が生み出したものと人間との関わりを教材にする必要がある。そこで、国内のジオパークを既習事項と恩恵・災害の視点で調べる時間を設けた。ここでは、ESEの7つの理解目標のうち、1（美しい地球）、2（人間の影響）、7（興味・仕事）を重視した。

(2) 地域の自然災害の予測と防災

自然災害の例としては、地震や火山活動、台風や豪雨によるものがある。地域の実例に触れるという点では、実践校の所在地である静岡県という土地柄から、南海トラフ地震、富士山の噴火、台風と防災情報の理解を教材にした。また、ハザードマップの活用については、生徒の関心の高さから、富士山火山防災マップを扱うことにした。ここでは、ESEの理解目標の3（科学技術）、4（システム）、5（時による変化）、6（大きい空間）を意識して教材を作成した。

6-3 実践した学習プログラム

プログラムの内容を表9に示す。①で「多様な自然環境とその恩恵」について学習し、②は恩恵と災害を教材にすることにより、自然の二面性を知ると同時に災害を学習することへの抵抗を減らそうとした。②、③、④で「地域の災害の予測と防災」を学習するが、発生する頻度の少ないものから多いものへ、災害が発生する場所が遠いところから近いところへと時間的・空間的スケールを変えた。また、本実践では、「ESDの視点に立った学習指導で重視する能力・態度」（国立教育政策研究所、2012）についても取り上げ、これらが実習を通して身に付けられるように工夫した。

表9 学習プログラムの内容

① ジオパークから見る日本の自然環境 【実習】日本にある世界ジオパークを調べる
② 富士山の恵みと災害 【実習】富士山火山防災マップの読み取り
③ 南海トラフ地震と防災 【実習】新旧地形図と被害想定を重ね合わせ
④ 台風と防災情報の理解 【実習】県内を通過した台風の気象データの比較

6-4 授業実践の評価

学習の前後での生徒の変容を評価するために、授業前と授業後に自然の恩恵と災害についてのコンセプトマップの作成を行った。図3に生徒が作成したコンセプトマップの例を、図4に「恩恵」と「災害」それぞれの授業前、授業後の回答数の変化を示す。生徒一人当たりの平均語彙数は、「恩恵」では授業前（14.0）

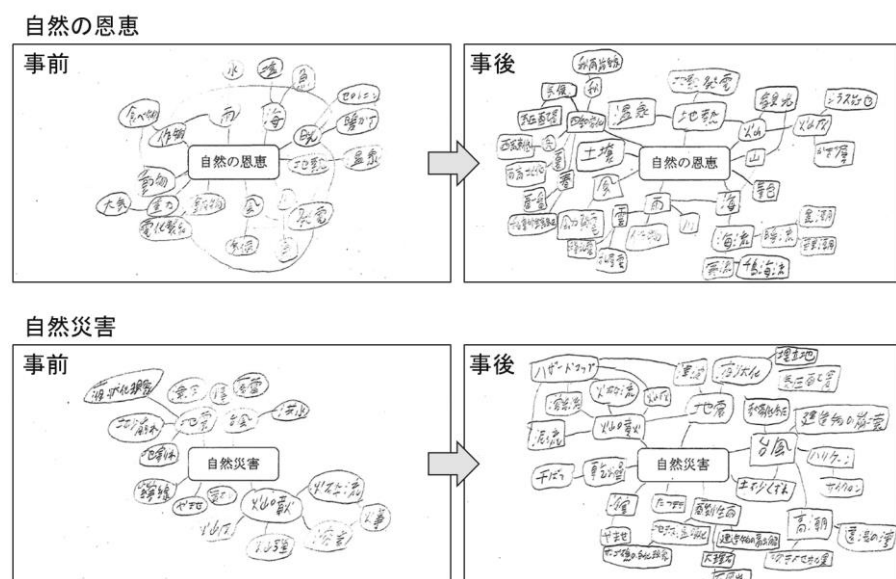


図3 生徒が作成したコンセプトマップの変化（例）

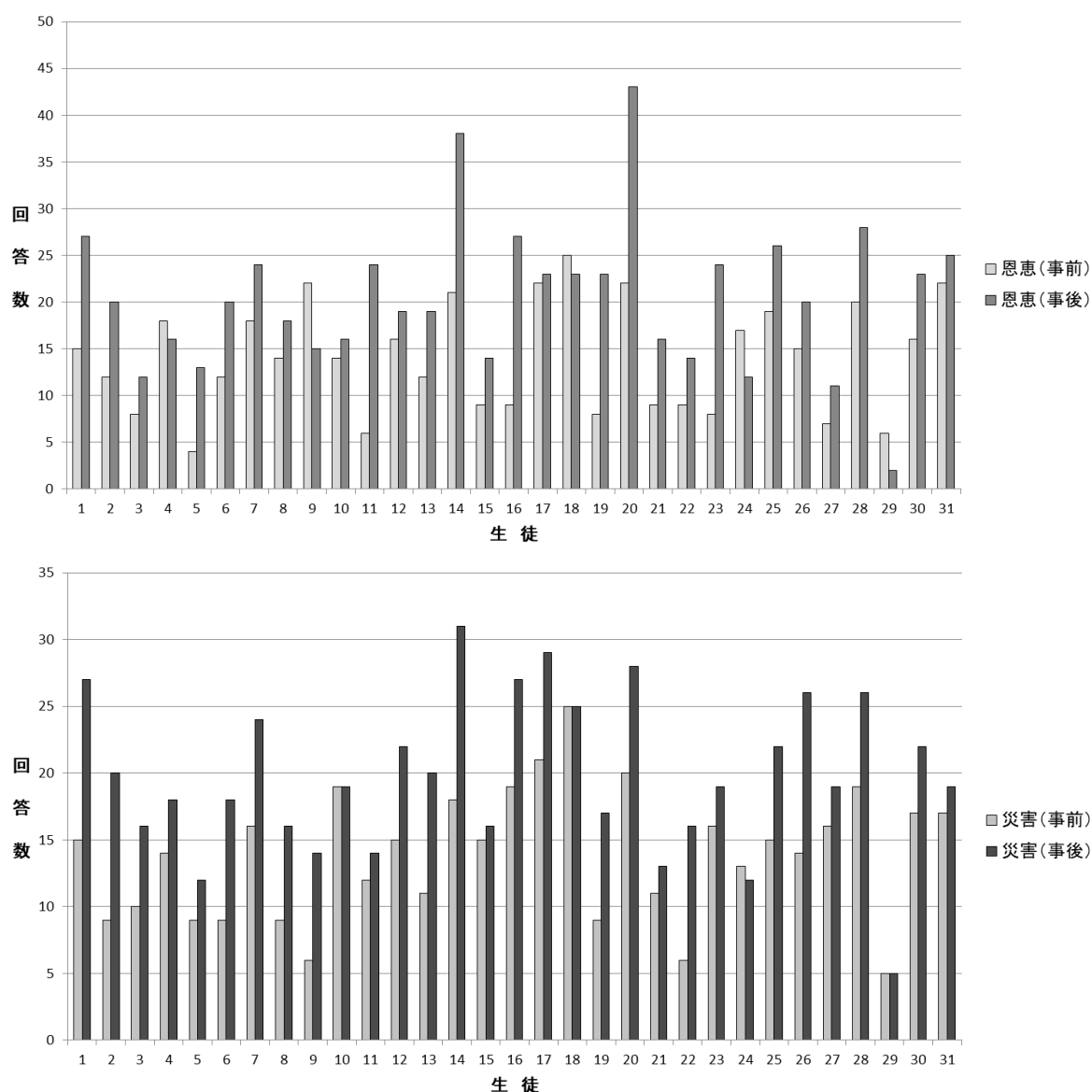


図4 授業前後でのコンセプトマップの回答数の変化

から授業後 (20.5) へ、「災害」では授業前 (13.9) から授業後 (19.7) へと変化し、両者共に授業後に回答数が多くなり、語彙が増えたことがわかる。なお、統計的な有意差は検証していない。

恩恵について、授業前には回答がなく、授業後に回答数が多くなったものに「景観」がある。これはジオパークを教材にしたこととE S Eの理解目標を取り入れたことによると思われる。災害については、授業後に「火山ガス」や「高潮」など用語が具体的になり、さらに数も増えた。

表10に生徒による授業評価を示す。これは授業で身に付けることができた「E S Dの視点に立った学習指導で重視する能力・態度」を複数回答可で選択させたものである。③多面的、総合的に考える力は、恩恵と

災害両方の授業で評価が高い。これは一連の授業を通して、既習事項と実社会・実生活が結び付いたことを

表10 生徒による授業評価での回答数 (n=30)

E S Dの視点に立った学習指導で重視する能力・態度	恩 恵	災 害
① 批判的に考える力	4	13
② 未来像を予測して計画を立てる力	3	20
③ 多面的、総合的に考える力	21	17
④ コミュニケーションを行う力	2	17
⑤ 他者と協力する態度	1	25
⑥ つながりを尊重する態度	16	9
⑦ 進んで参加する態度	21	20

意味するのではないかと思われる。

6-5 おわりに

この授業中、学習に意欲的に取り組んでいた生徒は、コンセプトマップの事前から事後で大幅に回答数が増えるなど、地学事象に関する知識の量とともに、事象のつながりという視点から思考力と表現力での変化も見られた。そして、そのような生徒は、表10の授業評価での回答数が多い傾向にあった。これらのことは、地域特性を踏まえた参加型アプローチを通して「ESDの視点に立った学習指導で重視する能力・態度」を活用し、既習事項を相互関連的に捉えたり、日常生活や社会と関連付けたりすることができたためであると考えられる。

7. まとめ

科学の基本的な見方や概念の一つである「地球」の育成を体系的に進めるために、地球システムを捉えるための視点、アースシステム教育の理解目標、持続可能な開発のための教育（ESD）の視点を取り入れた枠組みを提案した。また、「地学基礎」について新旧の学習指導要領を比較したところ、理科と日常生活や社会との関連やESDの視点が顕在化されていることを見出すことができた。これらにより、「地学基礎」の学習指導において、システム概念やESDの視点を踏まえることの重要性を指摘した。そして、これらの枠組みや視点に基づいて、高等学校2校において「地学基礎」の実践を試みた。

実践事例Aでは、持続可能な社会の形成者として必要な資質・能力の育成に寄与するために、地球システム的な見方・考え方を育成する地学基礎カリキュラムを作成した。このカリキュラムを活用し、単元をつなぐ3つの課題に取り組みさせたところ、持続可能な社会づくりの構成概念（多様性・相互性・有限性）を意識させるとともに、地球システム的な見方・考え方を習得させることができた。

実践事例Bでは、単元「日本の自然環境」において、学習内容をESEの理解目標やESDの視点（ESDの視点に立った学習指導で重視する能力・態度）と関連付けた学習プログラムを作成した。実践の結果、コンセプトマップの作成では、授業後に語彙の増加や用語の質的な変化が見られた。また、授業評価では「多面的、総合的に考える力」に関する回答率が高く、一連の授業を通して既習事項のつながりが形成されたと判断できた。

以上のように、高等学校「地学基礎」におけるESDの視点を踏まえた学習指導を通して、理科の基本概念「地球」の育成に一定の成果が得られたと考える。

新しい学習指導要領による教育課程の実施は、2022年度入学生からとなるが、地球システム概念の育成を重視する「地学基礎」の学習指導において、ESDの視点を踏まえることは、現行の教育課程においても配慮・重視すべきことであると考えられる。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(C)課題番号17k04826「ESDの視点を踏まえた『地球』領域の見方・考え方の育成に関する実践的研究」(研究代表 岡本弥彦)の一部を使用して行ったものである。

参考文献

- 1) 五島政一・下野 洋・熊野善介・Victor J. Mayer (2004) : 「アースシステム教育」の日本での検討と実践、地学教育、57(6)、183-201.
- 2) 国立教育政策研究所(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【最終報告書】、3-11、2012.
- 3) Mayer, V. J. (1991):Earth Systems Education: Origins and Opportunities, The Ohio State University Research Foundation, 63p.
- 4) 美澤綾子・岡本弥彦(2019):地学基礎におけるESDの視点を踏まえた学習(3)―「日本の自然環境」に関する授業について―、日本地学教育学会第73回全国大会秋田大会講演予稿集、16-17.
- 5) 文部科学省(2009a):高等学校学習指導要領解説理科編・理数編、実教出版、6-11.
- 6) 文部科学省(2009b):高等学校学習指導要領解説理科編・理数編、実教出版、102-103.
- 7) 文部科学省(2019a):高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説理科編・理数編、実教出版、13-19.
- 8) 文部科学省(2019b):高等学校学習指導要領(平成30年告示)、東山書房、17.
- 9) 岡本弥彦・下野 洋(2014):理科の基本概念「地球」を育成するための視点設定と授業実践、岡山理科大学紀要、第50号B、57-65.
- 10) 岡本弥彦・五島政一・佐藤真久(2019):地学基礎におけるESDの視点を踏まえた学習(1)―学習指導要領の新旧対照について―、日本地学教育学会第73回全国大会秋田大会講演予稿集、12-13.
- 11) 下野 洋・岡本弥彦(2016):科学概念としての「地球」のとらえ方と地球モザイクの提示、岐阜女子大学紀要、第45号、23-31.
- 12) 杉田泰一(2018):地学基礎の新たな単元構成と授業展開(2)、日本地学教育学会第72回全国大会茨城大会講演予稿集、107-108.
- 13) 杉田泰一(2019):地学基礎における地球システム的な見方・考え方の育成、広島大学附属中・高等学校中等教育研究紀要、65、53-67.
- 14) 杉田泰一・岡本弥彦(2019):地学基礎におけるESDの視点を踏まえた学習(2)―地球システム的な見方・考え方の習得について―、日本地学教育学会第73回全国大会秋田大会講演予稿集、14-15.

Educational Practices with the context of ESD
in the subject of Basic Earth Science
of selected Senior High Schools
—A Trial Case Analysis on the Students' Conceptualization
of “Earth” as Scientific Concept—

Yasuhiko Okamoto, Taiichi Sugita*, Ayako Misawa**,

Masahisa Sato*** and Masakazu Goto****

Department of Zoology, Faculty of Science, Okayama University of Science
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan

**Hiroshima University High School,*

***Shizuoka Senior High School of Shizuoka Prefecture,*

****Faculty of Environmental Studies, Tokyo City University,*

*****National Institute for Educational Policy Research*

(Received October 30, 2019; accepted December 9, 2019)

For the students' conceptualization of “Earth” as scientific concept, the authors conducted educational practices with the context of ESD in the subject of Basic Earth Science. In the preparation of the educational practices, a theoretical framework was examined and then developed by the authors with views of earth systems education and education for sustainable development. The framework was used for the design of lesson plan in the subject of Basic Earth Science, and the educational practices were conducted at the two selected senior high schools in Japan. As result of the case analysis, it can be said that the practices contributed to the students' conceptualization of “Earth” as scientific concept.

Keywords: earth science education; fundamental concepts of science; earth systems education; education for sustainable development (ESD); educational practices at the senior high school level.