

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：35302

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K04826

研究課題名（和文）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

研究課題名（英文）Practical Research for the students' conceptualization of "Earth" as scientific concept with views of earth systems education and education for sustainable development (ESD).

研究代表者

岡本 弥彦 (OKAMOTO, Yasuhiko)

岡山理科大学・理学部・教授

研究者番号：10367245

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、理科の「地球」領域を対象とし、科学概念としての「地球」を育成する上で有効な教材や指導方法を明らかにすることを目的とした。まず、システム概念や持続可能な開発のための教育（ESD）の視点などに基づいて、「地球」概念育成の枠組みを設定した。次に、その枠組みを通して学習内容を分析し、教材の開発や指導計画の立案を行い、小・中・高等学校等において授業を実践した。その結果、児童生徒は地学的な事物・現象を相互関連的な視点や時間的・空間的な視点で捉えたり、自然と人間との関わりを多面的に考えたりすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

理科の領域の内、「地球」に関する学習内容は、複雑で多岐に渡った学際的なものが多いため、他の領域と比べて体系化されにくく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・エネルギー問題の顕在化など、地球及び人類を取り巻く環境は大きく変わりつつあり、「地球」については、持続可能な社会づくりの視点からも捉える必要がある。本研究では、持続可能な開発のための教育（ESD）の視点などに基づいて、「地球」概念育成の枠組みを設定するとともに、その枠組みに基づいた小・中・高等学校等での実践事例を示すことができた。

研究成果の概要（英文）：This research aimed at developing educational materials and lesson plans for the students' conceptualization of "Earth" as scientific concept 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 (ESD). The framework was used for the design of educational materials and lesson plans, and the educational practices were conducted at the selected schools at primary, secondary and high school levels in Japan. As result of the case analysis, it can be said that these practices contributed to the students' conceptualization of "Earth" as scientific concept, which include: recognition of inter-connectedness of things and phenomena, time series and spatial understanding, and multi-faceted thinking on the relation between nature and human beings.

研究分野：理科教育

キーワード：地学教育 地球システム概念 ESD

1. 研究開始当初の背景

2008年に改定された学習指導要領(理科)では、科学概念の理解や基礎的・基本的な知識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、理科の構造化が図られている。これは、次期学習指導要領(2017, 2018)においても継承される。しかし、「地球」概念に関する学習内容(「地球」領域)は、複雑で多岐に渡った学際的なものが多いため、「エネルギー」「粒子」「生命」と比較して体系化されにくく、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・エネルギー問題の顕在化など、地球及び人類を取り巻く環境は大きく変わりつつあり、「地球」概念については、理科と実社会・実生活との関連や持続可能な社会の構築の視点からも捉える必要がある。このような状況下で、「地球」概念の理論的背景や枠組みを検討・整理し、「地球」領域の見方・考え方の育成を体系的に進める学習指導の在り方や指導事例を示すことは喫緊の課題である。

科学の基本概念や見方・考え方に関して、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は、Victor J. Mayer らによるアースシステム教育 ESE (Earth Systems Education; 1991) が挙げられる。そこでは、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だけでなく、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、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も目指している。

一方、国際算数・数学、理科教育動向調査 TIMSS (1997) では、科学概念と関わる内容が幾つかのカテゴリーに分類されているが、「地球科学」「生命科学」「物理化学」などととも、「科学技術史」「環境及び資源問題」「科学の本質」「科学と他の分野」など、実社会・実生活と関連の深いカテゴリーも含まれている。また、OECD による生徒の学習到達度調査 PISA (2006) においても、科学的な見方・考え方として「科学と技術が関係する生活場面の認識」「科学への関心、科学的探究の支持、天然資源、環境への責任ある行動」などが重視されている。

そこで、本研究では、「地球」領域の見方・考え方の育成に関して、地球システム概念の育成については、アースシステム教育 ESE の理解目標を取り上げ、理科と実生活・実社会との関連については、次期学習指導要領における基盤の理念である持続可能な開発のための教育 ESD (Education for Sustainable Development) の視点を取り上げる。そして、小・中・高等学校の学習内容の系統性を重視しながら教材開発や指導計画の立案を行い、各校種での実践研究を進めることとする。

2. 研究の目的

本研究では、「地球」領域における見方・考え方(「地球」概念)を児童生徒に育成する上で有効な教材や指導方法を明らかにすることを目的とし、その目的達成のために、次の3点を研究期間内に解決すべき課題とした。

課題1: 「地球」概念を、地球システム概念やESDの視点などから多面的・俯瞰的に捉え直し、構成概念の枠組み(「地球」概念育成の枠組み)を設定する。

課題2: 学習指導要領で示された理科の学習内容を、「地球」概念の枠組みから分析・整理し、小・中・高等学校の理科の各単元に適した教材の開発や指導計画の立案を行う。

課題3: 小学校理科B区分、中学校理科第2分野、高等学校理科「地学基礎」、教育センターでの野外学習プログラムにおいて授業実践を行い、「地球」概念の枠組みの有用性を評価するとともに、その成果をモデルプランとして教師用指導資料にまとめる。

3. 研究の方法

研究1年次(2017年度)は、課題1と課題2の理論研究に取り組んだ。先行研究や学習指導要領、教科



図1 「地球」概念育成の枠組み

用図書を分析し、「地球」概念の再構築及び学習内容の構造化を進めた。年度末には、実践研究で取り上げる単元を決定し、課題3の解決に向けての教材研究を進めた。

課題1の「地球」概念の再構築に当たっては、研究代表者がこれまでに行ってきた研究成果である地球モザイク（地学事象を捉える4つの視点）を基本とした。さらに、アースシステム教育ESEなどの地球システムに関する文献・資料を整理・分析し、地球科学的な視点や地学教育的な視点を充実させるとともにESDの視点を取り入れた。特に、国立教育政策研究所（2012）が提案している持続可能な社会づくりの構成概念（多様性、相互性、有限性、公平性、連携性、責任性）との関係を明確にした。図1は、今回設定した「地球」概念育成の枠組みと、ESEの視点（アースシステム教育の理解目標）、ESDの視点（持続可能な社会づくりの構成概念）、地球モザイク（地学事象を捉える視点）との関係をイメージ化したものである。

課題2の小・中・高等学校等における「地球」概念の育成については、「地球」概念の枠組みに基づいて、学習指導要領や理科の教科書の内容を整理・分析し、次年次の実践研究で取り上げる単元を決定し、教材の開発や指導計画の立案を行った。

研究2年次（2018年度）は、初年次の研究で選択した単元についての授業実践（課題3の解決）に取り組んだ。教材研究、指導計画の立案、学習指導案の作成、授業の実施及び学習評価等を通して、児童生徒に「地球」概念がどのように育成されるのかを検討した。授業実践は、小・中・高等学校及び教育センターの研究協力者（計6名）が担当し、研究代表者・分担者は、授業分析を行った。

研究3年次（2019年度）は、各実践研究の成果に基づいて、「地球」領域の授業展開をモデルプランとして整理した。これらの成果は、教員研修等での活用を想定した教師用指導資料（リーフレット）としてまとめた。

#### 4. 研究成果

##### (1) 小学校 第5学年「天気の変化」でのモデルプラン

単元「天気の変化」では、台風の動き方や地上への影響を学習する。日常生活や社会との関連を重視する観点から、学ぶ意義や有用性を実感させやすい単元である。

本実践では、長雨や集中豪雨、台風などの気象情報に基づいて、自然災害の防止や軽減に自ら進んで取り組めるような児童の育成を目指した。指導計画の作成に当たっては、持続可能な社会づくりの6つの構成概念を教材解釈や課題発見の視点として用いた（図2）。そして、理科と総合的な学習の時間での防災学習とを連携させ、総合的な学習の時間において児童自らが「台風についての理解が十分でない」という問題に気付くようにし、理科の学習の動機付けにした。

単元の前半では、台風の動き方のきまりがあるかどうかを雲の動き方や天気の変化の規則性と結び付けながら、仮説や結果の予想を持ち、台風の過去の進路データを用いて検証した。単元の後半では、台風の動きと地上への雨風の関係について、児童の生活経験や天気の変化の学習を基に、仮説や結果の予想を持ち、アメダスのデータや風速・風向のデータとを結び付けながら検証した。

児童は、「本当にそれでいいのと考え、自分の仮説をもう一度考え直すことができた。」など、問題解決を行う上で思考を深めていたり、「班のみんなと協力したからこそ、台風はうずのまいていっているところが台風だと分かった。」など、班で助け合いながら結論を導いたりしていた。本実践では、総合的な学習の時間において児童自らが作り上げた課題を理科の学習の動機付けとすることで、児童は必要感を持って意欲的に学習に取り組むことができた。また、ESDの枠組みを活用して指導計画を作成することで、問題解決を行う上での支えとすることができた。

##### (2) 中学校 第1学年「地層の重なりと過去の様子」でのモデルプラン

単元「地層の重なりと過去の様子」では、地層の重なり方や広がり方についての規則性を見いださせることがねらいである。

本実践では、地球システムを意識した指導展開を通して、個々の事物・現象を相互に関連付けたり、循環の視点で結び付けたりすることをねらいとした。指導計画の作成に当たっては、学習内容を、アースシステム教育の理解目標と関連付け（図3）、教師が地球システムを常に意識しながら指導を展開した。

単元の最後の授業では、大地の変化を地球規模で考えさせ、地層堆積モデル実験を実際の自然事象と関連付けて図で表現させた。生徒は、ワークシートに個人の考えを図示し、話し合いを通して班での考えをまとめた。そして、各班からの発表を教師が黒板にまとめ、クラス全体としての考えを整理した。生徒のワークシート（図4）からは、単元内で習得した知識を相互

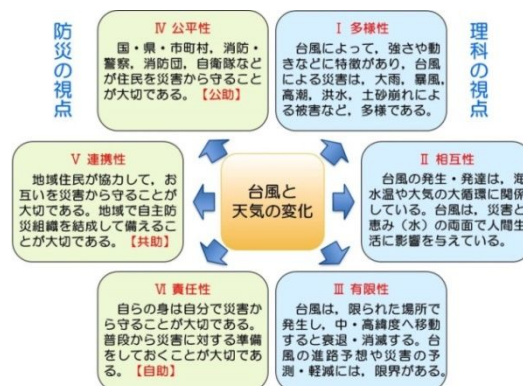


図2 ESDの視点による教材解釈

に関連付けて理解できている様子が見えられた。また、「地球規模で考えると、いろいろな循環やつながりを発見できた。」「地球環境はずっと変わり続けている。」「災害が起きるのも地球でのサイクルの一部である。」などの記述も見られ、生徒は、地球上で起きている事物・現象のつながりを相互関連的に解釈し、時間的・空間的な視点で捉えることができていた。

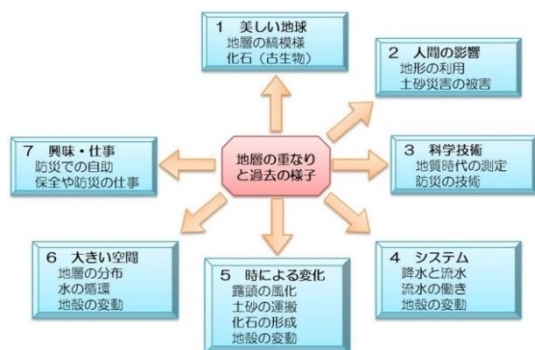


図3 ESEの視点による教材解釈

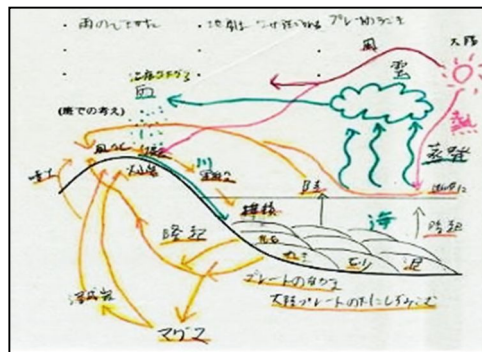


図4 生徒のワークシートの例

### (3) 高等学校 地学基礎「日本の自然環境」でのモデルプラン

「地学基礎」の最終単元「日本の自然環境」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関わりについて考察することが求められる。それまでの学びを振り返り、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・判断・行動できるようにすることが期待される。

この単元では、多種多様な構成要素を扱うため、システム概念の育成が重要である。そこで、学習内容を「地球」概念育成の枠組みと関連付けて指導計画を作成し実践した。自然の恩恵を学習する場面では、多様な自然環境や水、鉱物資源などを取り上げたいと考え、これまで「地学基礎」で学んだ知識を自然環境や恩恵と結び付けるために、日本にある世界ジオパークについて調べる時間を設けた。ここでは、アースシステム教育の理解目標のうち、「1 美しい地球」「2 人間の影響」「7 興味・仕事」を意識するようにした。

自然災害を学習する場面では、南海トラフ地震、富士山の噴火、台風を取り上げ、多様な防災情報を読み取らせるようにした。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った。ここでは、アースシステム教育の理解目標のうち、「3 科学技術」「4 システム」「5 時による変化」「6 大きい空間」を意識するようにした。

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5）。生徒一人当たりの平均語彙数は、「恩恵」では授業前（14.0）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増え、語彙が増えていた。こうした学習を通して、生徒は、既習事項と実社会・実生活を結び付け、自然と人間との関わりを多面的に考えることができていた。

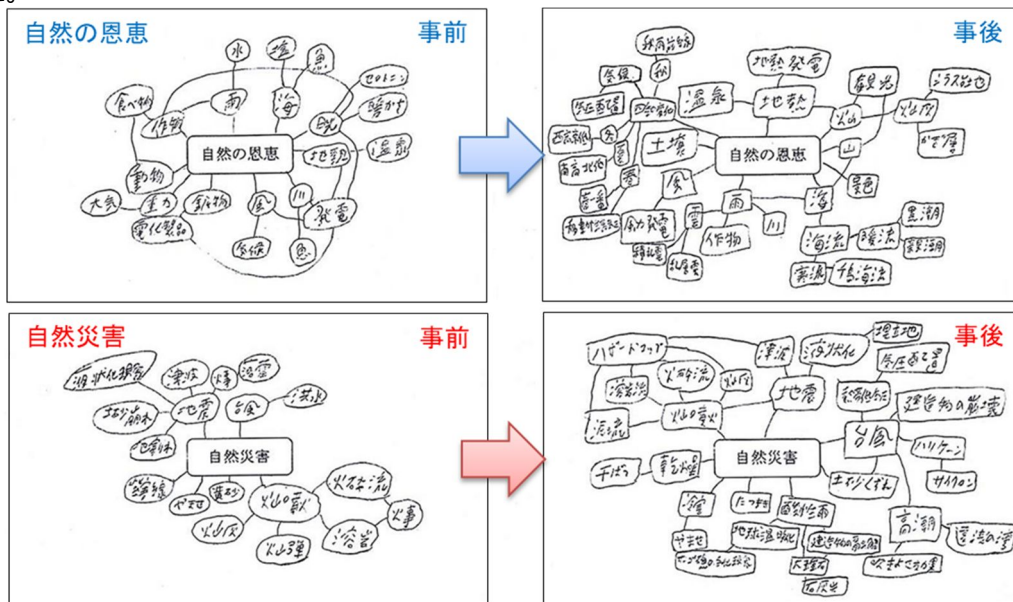


図5 学習前後でのコンセプトマップの変化

(4) 高等学校 地学基礎「太陽と人間」でのモデルプラン

地球をシステムとして捉えるためには、地球モザイクで示されたように、時間的な視点や空間的な視点に加え、各サブシステムや宇宙のつながりを意識することが可能になるように、物質循環やエネルギーの視点も強調して指導することが大切である。そこで、「地学基礎」の内容の一部について、「太陽と人間」を軸としてカリキュラムの枠組み(表1)を再編し、カリキュラム全体の底流に太陽のエネルギーを据えるよう工夫した。

表1 「太陽と人間」を軸にしたカリキュラム

テーマ	単元名	扱うシステム		
		固体圏	流体圏	宇宙
太陽と地球	①水の循環からみた地球	●	●	●
	②太陽の概観		●	●
	③地球の大気と海洋		●	●
	④太陽系と生命の起源	●	●	●
	⑤地球と日本列島の概観	●		●
	⑥活動する地球	●		
	⑦地球の変遷	●	●	●
太陽と宇宙	⑧太陽の進化と宇宙の歴史			●
地球と人間	⑨地球の環境	●	●	

「太陽と地球」の最初の単元は、中学校理科と接続する入口にするとともに、地球システムを意識させる導入とした。中学校理科で学習した水の循環を扱うことから始め、その上で、カリキュラムの軸となる太陽そのもの、続いて太陽と地球の関わりにつなげ、まとめとして地球の変遷を扱い、各サブシステムや宇宙が時間的・空間的に相互に関わり続けていることを認識できるようにした。

さらに、このような関わりが太陽や宇宙の歴史とつながっていることを「太陽と宇宙」で扱い、最後に地球システム的な見方・考え方を生かして現在の地球環境を捉えさせる「地球と人間」へと続け、持続可能な社会への関わり方を考えさせるようにした。

単元の学習を終えたときに、課題「太陽とホルンフェルス」の関係を、今まで学習したことをもとに詳しく説明しなさい。」を提示した(図6)。全体として各システム間のつながりを示すことができていた。

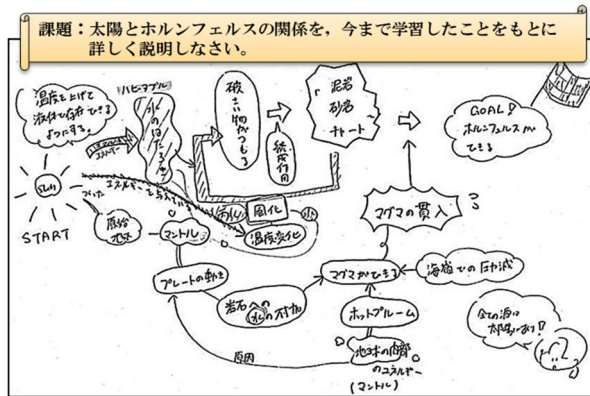


図6 まとめでのワークシートの例

(5) 教育センター「野外観察プログラム」でのモデルプラン

教育センターにおいて、隣接する公園内で見られる露頭を教材として、地層・地形の野外観察プログラムを実施した。観察に取り上げた地層は、新第三紀の砂岩、泥岩及び砂岩泥岩互層からなる。このプログラムでは、主に中学生を対象とし、センターを発着点として徒歩で移動しながら(約50分)、5つの地点で観察学習を行うものである。概観の観察から始め、各地点での観察を通して地学事象を理解し、最終的にそれらを総合的に解釈するといった展開(表2)で構成した。

表2 野外観察プログラムの指導計画

各地点での学習内容については、「地球」概念育成の枠組みを踏まえ、ESEとESDの視点から分析し、ねらいや内容を明確化した。そして、指導者は、ESEやESDの視点を意識しながら

ESE・ESDの視点からのチェックリスト		ESEの視点							ESDの視点					
観察地点	主な学習内容 (生徒の活動)	1 美しい地球	2 人間の影響	3 科学技術	4 システム	5 時による変化	6 大きい空間	7 興味・仕事	I 多様性	II 相互性	III 有限性	IV 公平性	V 連携性	VI 責任性
1	1. 田辺湾を展望する。 2. 新庄総合公園を展望する。	●												
2	1. 露頭の表面(構成物、風化の様子)を観察する。 2. 生痕化石を観察する。			●	●	●			●	●				
3	1. 砂岩泥岩互層を観察する。			●						●	●			
4	1. 断層を観察する。 2. 断層と地震の関係を理解する。				●	●								
5	1. 観察地点2を再訪し、もう一度、砂岩の露頭を観察する。 2. 大地が変動する様子について考察する。			●	●	●	●		●	●	●	●		

から指導し、観察時における生徒の眩きなどを見逃さないよう配慮した。

生徒は、各地点で地学的な見方や考え方を身に付けるとともに、それらを最終地点の観察につなげて考察することができていた。こうした学習を契機として、大地の変動を地球システムの営みとして認識することへと発展させることができた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 岡本弥彦・杉田泰一・奥 智紀・西田泰子	4. 巻 Vol. 33 No. 6
2. 論文標題 地球システム的な見方・考え方の育成を目指した理科の指導 - 中学校第1学年「地層の重なりと過去の様子」において -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本科学教育学会研究会研究報告	6. 最初と最後の頁 31-34
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 岡本弥彦・杉田泰一・美澤綾子・佐藤真久・五島政一	4. 巻 第55号
2. 論文標題 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 -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 岡山理科大学紀要	6. 最初と最後の頁 59-67
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 岡本弥彦・河本章宏・五島政一・佐藤真久	4. 巻 Vol. 33 No. 4
2. 論文標題 ESDの視点を取り入れた理科における指導方法の工夫改善 - 小学校第5学年「台風と天気の変化」において -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本科学教育学会研究会研究報告	6. 最初と最後の頁 67-70
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岡本弥彦・五島政一・佐藤真久
2. 発表標題 ESDと地球システム概念の育成
3. 学会等名 日本理科教育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本弥彦・五島政一・佐藤真久
2. 発表標題 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 -
3. 学会等名 日本地学教育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉田泰一・岡本弥彦
2. 発表標題 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 -
3. 学会等名 日本地学教育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 美澤綾子・岡本弥彦
2. 発表標題 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 -
3. 学会等名 日本地学教育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本弥彦・杉田泰一・美澤綾子・五島政一・佐藤真久
2. 発表標題 ESDの視点に立った「地球」概念育成の枠組み
3. 学会等名 日本地学教育学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 弥彦
2. 発表標題 アースシステム教育の再検討と授業設計への活用
3. 学会等名 日本科学教育学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本 弥彦・五島政一・佐藤真久
2. 発表標題 E S Dの視点に立った「地球」概念の育成
3. 学会等名 日本地学教育学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡本 弥彦・五島政一・佐藤真久
2. 発表標題 地球システムを学ぶ上での「持続可能な社会づくりの構成概念」の位置付け
3. 学会等名 日本 E S D 学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	佐藤 真久  (SATO Masahisa)  (00360800)	東京都市大学・環境学部・教授    (32678)	



## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	五島 政一 (GOTO Masakazu)  (40311138)	国立教育政策研究所・教育課程研究センター基礎研究部・総括研究官  (62601)	
研究協力者	杉田 泰一 (SUGITA Taiichi)	広島大学附属中・高等学校・教諭	
研究協力者	美澤 綾子 (MISAWA Ayako)	静岡県立静岡高等学校・教諭	
研究協力者	河本 章宏 (KOUJIMOTO Akihiro)	早島町立早島小学校・教諭	
研究協力者	奥 智紀 (OKU Tomonori)	岡山市立京山中学校・教諭	
研究協力者	西田 泰子 (NISHIDA Yasuko)	岡山市立京山中学校・教諭	
研究協力者	森田 浩二 (MORITA Koji)	和歌山県教育センター学びの丘・研修課長	