

機関番号：15201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500754

研究課題名（和文） 風化作用を軸とした地球システム教育に関する教材開発

研究課題名（英文） A study on the teaching materials for Earth system education  
centered on weathering

研究代表者

秦 明德 (HADA AKINORI)

島根大学・教育学部・教授

研究者番号：60198736

研究成果の概要（和文）：

岩石の風化作用は気圏、水圏、生物圏、岩石圏といった地球サブシステム間の相互作用として成り立っており、地球システムとして説明できる身近な好例である。本研究では風化作用を軸とした花崗岩地帯学習の在り方について取り上げ、地球システム教育の一般教育における重要性和その可能性について探った。具体的には システム論的視点にたった花崗岩類風化作用の教材開発・カリキュラム資料の作成するとともに、実験授業を行い、その評価を踏まえながら新しい地球学習のありかたについて提案した。

研究成果の概要（英文）：

Familiar example can be described as the Earth system, based on the interaction between atmosphere, hydrosphere, biosphere, lithosphere, such as Earth subsystem as the weathering of rocks. Covered in this study is based on the weathering granite area learning modalities, searched for importance in Earth system education general education and its possibilities.

Granitic rocks in weathering is specifically only on the viewpoint of systems theory teaching materials and curriculum materials to create and experiment teaching, while based on the evaluation suggested for those who are learning the new Earth.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：理科教育、地学教育、環境教育

科研費の分科・細目：科学教育

キーワード：風化作用、地球システム教育、教材開発、実験授業

## 1. 研究開始当初の背景

日本の地域・学校対応型の地学教材開発を行い、体系的に導入することにより、システム論的思考に基づくカリキュラム開発を行おうとするものである。本研究では風化作用を軸とした花崗岩地帯学習の在り方について取り上げ、地球システム教育の一般教育における重要性とその可能性について探ることとする。

## 2. 研究の目的

① 地球システム理解に必要な基礎基本的な学習素材の創出のため、野外調査を中心とした巨視的なアプローチと室内での観察・実験を中心とした微視的アプローチを組み合わせ、風化作用を中心とした花崗岩地帯学習に必要な教材開発を行う。

② システム論的視点にたった風化作用を軸とした花崗岩地帯学習に関する実験授業を行い、その評価を踏まえながら新しい地球学習のありかたについて提案する

## 3. 研究の方法

①花崗岩地帯における素材の特性を明らかにし、その教材性についての基礎調査を実施する。調査には、デジタルカメラを装備した偏光顕微鏡・生物顕微鏡・実体顕微鏡、デジタルビデオカメラ等を導入する。

② 教材化に関連する理科教育文献を収集・整理する。また研究協力者を組織し、教材開発に関する意見聴取を目的とした会議を定期的で開催する。これより得られた知見は、教材化の段階での基礎資料とする。

③ 風化作用を軸とした教材開発カリキュラムについて、実験授業を行うことを通して、本研究の成果について評価を実施する。

## 4. 研究成果

### 1 「土」概念形成上の問題点

土は地球の最表層を構成する物質であって、人間をはじめとする地球上に存在する全生命体にとって極めて重要で根元的な環境要素となっている。

古来より農耕民族であった日本人は、土を大切にし、土と共に生きてきた。また、子ども達にとっても土は遊びの対象として重要な位置を占めていた。しかし、農耕社会から工業社会さらに情報化社会への進展は、土を日本人から大きく遠ざける働きをした。さらに、今日の日本人の状況は、土についての自然科学的・社会的な理解が希薄となり、土を軽視する傾向さえみられる。その反映として、土は子ども達の身近な対象ではなくなりつつあり、汚い、嫌な存在として認識されるようになってきている。しかしながら、地球環境としての土の重要性はいささかも変化しないばかりか、むしろ環境破壊が危ぶまれる状況においては、土の保全は現代社会における重要課題となってきている。

このような状況のもとで、土に対する親しみを培うとともに正しい自然科学的理解と価値観を形成していくことができる土についての教育を確立することが急務となっている。科学者達が用いている科学用語としての「土」は、大きく分けて、2つの異なる使い方がなされている。その一つが土壌学的立場からのものであり、他の一つが土質力学的立場からのものである。

土質力学的立場では、岩盤上の未固結物質全てを土として定義づける。このような定義に従うと、海底・湖底・河川底の未固結物質や続成作用を十分受けなかった主に新第三紀以降の地層や堆積物中の砂岩や泥岩なども土として分類されることになる。

一方、土壌学的立場では、土は地殻の表面を覆う薄層であり、岩石風化物と動植物の腐朽分解物との混合物であり、地圏と気圏、水圏、生物圏の相互作用により生成されると定義づける。この定義からは「土」=「土壌」という捉え方となる。

このような状況に加え、日常語としての

「土」には実に多様な意味が存在することから、土概念の形成には、多くの問題がからんでくると考えられる。

## 2 土概念の実態

筆者は、子ども達がどのような土概念を形成しているのかを明らかにするため、小・中・高・大学生を対象に面接調査を実施し、次の結果を得ている。

(1) 子ども達の土判断は「粒は小さくて、柔らか

くて、湿っているものであり、茶～褐色系統の色をしている」ことが基準となつてなされている。

このような子ども達が行う土判断は土質力学的立場の見方に近い。なぜなら、土質力学的立場からは基盤岩上の未結晶物質すべてを土とみなすわけだから、基盤岩上の未結晶な物質の多様な存在様式の共通点が土の特徴を示すことになってしまうからである。

(2) 土の構成物として土粒子を想定している者が多く、大学生になつてもそのような考え方を持ち続けている者がいる。

このような誤認が生じる一つの原因は「地層を構成する土」とか「川につもった土」、「小石、砂、土」といった表現が教科書等で使用され、土を粒度を表現する用語として子ども達が理解しているためと推定できる。また、子ども達は、土のような細かいものは川の働きによって岩石が細片化することによって生成されるという概念を形成している。このことが土形成に関して誤概念を生み出すもう一つの原因となっている。

(3) 風化作用についても、概念が形成されていない場合が多く、子ども達は全く認識していないか、認識していても地表面における物理的現象として捉えている事が多い。化学的風化についてはほとんど認識がなく、風化の深度についても実際の姿とは大きく異なつて

いる。

(4) 土が有機物の分解作用を有する事については、各学年にわたって、多くの子どもが概念として持っている。特に中学3年生の教材として微生物の働きを学習するので、大学生は全員が分解作用に言及している。しかし、土の構成物や構造、成因等の土全体の認識と切り離された形で概念化がなされているため、統一性のある認識とはなっていない。

(5) 「土はもともと土であつて、これからは土であり続ける。」「土は水分を失って岩石になる。」等の土の生成過程や未来に対する考え方を持つ子どもが多い。

つまり、子ども達が土体験に乏しく、土を表面的、断片的に捉えており、概念として構造化されていないことを示している。この原因として、理科教育カリキュラムにおいて、土は教材として独立した扱いがなされていないため、土そのものに対する認識が断片的にならざるを得ないことがあげられる。

## 3 小・中学校における土教育の現状

平成元年版の学習指導要領によれば、理科教育における土の扱いは、次のようになっていた。小学校3年生で、単元「土と石」の中で扱われ、「ア.土は場所によって手触りや水のおしめ込み方に違いがあること」、「イ.土は、小石、砂、粘土などからできていて、その混じり方は場所によって違いがあること」が指導内容になっている。これは上述の土質力学的立場に立った内容であると解釈できる。小学校5年生の単元「植物の成長」では、植物の育ち方を扱う中で土の中の養分や水について触れている。しかし、土そのものの説明はない。平成10年版学習指導要領改訂により、小学校3年生の「土と石」の単元が削除された。これにより、小学校では「土」を独立して扱う単元はなくなり、5年生の「植物の発芽と成長」「流れる水のはたらき」などで付随

的に扱われるだけになった。中学校 3 年生で単元「生物界のつながり」の中で、土壌を扱っているが、バイオリアクターとしての側面のみが強調され、土（壤）全体を把握する学習とはなりにくくなっている。これらの点は平成 20 年版指導要領にもそのまま受け継がれている。

以上のように、小・中学校のカリキュラムの中では、土を一つのまとまりのある内容として扱っているところはなく、その扱いは断片的で系統性が存在しない。土が環境要素として極めて重要なものであるにもかかわらず、理科教育の中で軽視され、しかも系統性のない教材となっている。

筆者はこれまでの調査研究に基づき、子ども達が教育的配慮を伴った土体験に乏しく、土を表面的、断片的に捉えており、概念として構造化されていないことを指摘し、その原因として、理科教育カリキュラムにおいて、土は教材として独立した扱いがなされていないため、土そのものに対する認識が断片的にならざるを得ないことを示してきた。このような状況のもとで、土に対する親しみを培うとともに正しい自然科学的理解と価値観を形成していくことができる土についての教育を確立することが急務となっている。

#### 4 土教材開発の視点

土についての教育を構想するのに、上述の問題点を解決していくことが求められる。さらに、子ども達を取り囲む環境を構成する身近な自然の中から問題を見いだしたり、それを探求するところに、子ども達の興味・関心を引き出させ、さらなる探求を深めていく源があることを忘れてはならない。そのためには、学問領域にのみ縛られることなく、インターデシプリナリーな領域や総合的な領域を視野に入れたカリキュラムの開発が必要となってくる。

土教材開発に当たっては、学習者の発達段階を考慮する必要がある。幼児期・小学校前期、小学校後期、中学校・高等学校期の 3 期に分けて下記のように教材開発の視点を整理した。

##### (1) 幼児期・小学校前期

① 五感をフルに生かした体験活動することによって、自分の地域にあるさまざまな土に触れ、自然の土にはいろいろなものがあることを実感する。

② 土を使って遊ぶ・造る・育てる活動することによって、土に対する親しみを培うとともに、まわりのさまざまな動植物や人間生活にとって土がどんなに大切なものであるかを実感する。

##### (2) 小学校後期

① 地球の最表層である土は、岩石起源の砂や粘土と動植物やその腐朽物との相互作用によってできた、生命を育む生きた土であることを観察し、実感する。

② 土と人の生活とのかかわりや地域の土に関する諸問題を調査・追究することにより、土が自然環境の中で果たしている大きな役割に気づき、これからの自分の生活のあり方を考えることができる。

##### (3) 中学校・高等学校期

① 土への移行素材形成作用として岩石風化を扱う。岩石風化作用を気圏、水圏、生物圏、岩石圏の相互作用として捉える。

② 土は岩石風化物と生物やその遺骸との相互作用によりできる、地球環境における歴史的産物として捉える。

③ 土を、多孔質体・イオン交換体・バイオリアクターとして扱い、地球環境における重要性の認識に導く。

④ 土を砂漠化現象や土壌汚染等の地球環境問題の側面から取り上げ、地球環境に及ぼす人間社会システムの働きについて捉える。

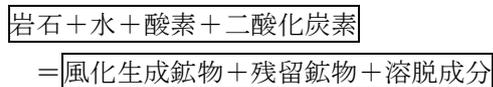
## 5 教材開発の事例紹介

学習者の発達段階を踏まえた土教材開発を進めてきているが、本小論ではそのうち中学校・高等学校期の視点①に対応する風化作用教材開発の事例を紹介する。

近年の地球科学の進展は、静的、部分的、記載的であった学問の性格を動的、総合的、システムテックなものに変えてきている。地球ダイナミックスをシステム論的思考で捉えようとする試みもその一つである。岩石の風化作用は気圏、水圏、生物圏、岩石圏の相互作用として成り立っており、地球システムとして説明できる身近な好例である。

### (1) 風化作用とはどのような現象か

岩石の風化作用には物理的要因と化学的要因があり、地表の岩石が細片化し、崩れていく現象として説明されてきている。これをシステムとして捉えると固体地球表面付近の岩石と水圏、気圏の3圏の相互作用であり、その間の物質移動は次式で表現することができる。



このうち、風化生成鉱物の種類や溶脱成分の量比は、その岩石が風化を受けた古気候が与えたエネルギーの強さやその継続時間によって決定される。

### (2) 地球システム教育としての風化作用教材の開発

岩石の風化作用を地域の自然を素材として、地球システム教育的視点から、その教材開発を試みた。花崗岩類は、他の岩石に比べ風化の影響を非常に受けやすく、風化深度も大きい。特に風化の影響を受けやすい花崗閃緑岩になると、百数十メートルに達することも珍しくない。このように風化作用の影響が顕著に現れる花崗岩類を素材として用いることは、現象を捉えやすく、その本質にも迫りやすい。

そこで、花崗岩類を素材としながら研究を進めた。その際の素材に関する検討項目は次の通りである。

### ① 花崗岩地帯の地形・景観の特質とその観察方法

#### ② 花崗岩風化露頭における五感を用いての風化殻分帯とその観察方法

#### ③ 偏光顕微鏡及び電子顕微鏡観察による各風化段階の鉱物相の同定

#### ④ X線回折による各風化段階の鉱物相の同定

#### ⑤ 風化進行に伴う花崗岩風化物及び構成鉱物の化学組成の変化

#### ⑥ 風化鉱物の脱水エネルギーに基づく結晶度の比較と古気候のエネルギー及び風化速度の推定

#### ⑦ 人工風化実験による風化初期段階の定量的把握

#### ⑧ 花崗岩地帯の段丘堆積物の風化度と基盤岩としての花崗岩の風化度の比較

#### ⑨ 花崗岩地帯を流下する河床堆積物の特質の把握

## 6 斜長石風化物の観察法の開発

花崗岩の主要造岩鉱物である斜長石は、風化に対して極めて敏感であり、風化の進行に伴い、溶脱を受けながら次第に地表付近で安定な粘土鉱物を形成していく。このような場合、直ちに電子顕微鏡レベルの観察による形態比較をしたりする前に、何よりもまず、五感を用いての観察を行うことが重要である。

未風化の状態での斜長石は、半透明でへきかいのよく発達した鉱物であるが、風化進行に伴い白濁化し、さらに粘土鉱物を形成していく。その変化の様子は、肉眼観察によってもある程度確認することができる。さらに、その変化を鋭敏に把握できる方法が指頭を用いての観察である。斜長石風化物を指頭間に挟み、擦りあわせて観察することにより、粒

子の大きさ、硬さ、含水量、粘りの度合いなどを観察することができる。また、指頭に薄膜状に引き伸ばされた粘土の光沢から粘土鉱物の種類の推測もある程度可能となる。

このような指頭を用いての感覚に訴える観察結果があつてこそ、電子顕微鏡下で幾種類かの形態の異なる粘土鉱物を見出したときの喜びや驚きをより大きなものに育て上げていくことになる。感覚を用いての観察事実と電子顕微鏡を用いての観察事実という、二つの事実の間に新しい関係性を見出していくことこそまさに発見的行為である。それは単に事実を確認することから事実と事実の関係を明らかにし、うなずき（理解すること）への道筋となっている。

肉眼観察と電子顕微鏡観察の間を埋める観察手段として用いられるのはルーペや光学顕微鏡である。これらの役割は両者の映像の中間にあつて、空間的イメージを段階的に無理なく連続させるところにある。さらに、斜長石の風化物の実態はメチレンブルー溶液との吸着反応といった化学的手法やX線回折法による結晶構造の同定といった物理的手法によっても明らかにする事が可能である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

- ① 秦 明德 松本 一郎、地球システム論に立脚した環境教育、島根大学教育臨床総合研究、査読無、第9号、2010、101-109
- ② 秦 明德 松本 一郎、理科における土教材開発の視点、島根大学教育臨床総合研究、査読無、第9号、2010、111-122
- ③ 秦 明德、理科教育最前線-「土」の教材開発-、理科の教育、査読無、第60巻702号、44-47

〔学会発表〕(計4件)

- ① 秦 明德、岩石風化作用に視点を置いた土教材の開発、日本理科教育学会、2010.08.08
- ② 秦 明德、理科における土教材開発の視点、日本地学教育学会、2009.08.23
- ③ 椿 英隆 秦 明德、地学野外観察における指導者の意識と望まれる支援、日本理科教育学会、2008.09.14
- ④ 秦 明德、花崗岩類風化殻と教材化の視点、日本地学教育学会、2008.08.18

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

秦 明德 (ハダ アキノリ)

島根大学・教育学部・教授

研究者番号：60198736