

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

下野 洋¹, 岡本弥彦²

¹岐阜女子大学文化創造学部初等教育学専攻, ²岡山理科大学理学部動物学科
(2015年11月20日受理)

A study for “Earth” as a Fundamental Concept of Science and Example about Earth Mosaic

¹Faculty of Cultural Development, Department of Cultural Development,
Major in Primary Education,
Gifu Women’s University, 80 Taromaru, Gifu, Japan (〒501-2592)

²Okayama University of Science

¹SHIMONO Hiroshi, ²OKAMOTO Yasuhiko

(Received November 20, 2015)

要 旨

学習指導要領（理科）（文部科学省, 2008）における科学の基本的な見方や概念の一つである「地球」を定義するとともに、その概念を育成するに当たった教材開発の基となる「地球モザイク」の考え方を提案した。また、「地球モザイク」の例として、中学校理科の「地層の重なりと過去の様子」「天気の変化」「火山活動と火成岩」、高等学校『地学基礎』と『地学』の「地球の環境」「地球の歴史」「大気と海水の運動」「火山活動と地震」に関する内容から、泥炭層・層雲・花こう岩・安山岩を取り上げて提示した。

<キーワード> 理科教育, 学習指導要領, 科学概念, 地球モザイク, 教材開発, 中・高等学校

1 はじめに

学習指導要領（理科）では、科学の基本的な見方や概念として「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」を柱とし、小・中・高等学校を通して理科の構造化を図っている。その「地球」については、「地球の内部」「地球の表面」「地球の周辺」に分けられている（文部科学省, 2009）。

本稿では、「地球」を「広大な宇宙空間の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」と定義した。その上で、システムを「多種多様な要素から構成され、それらが相互関連的な作用により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、これに時間・空間概念を付加するこ

とにより、「地球」を捉えるための4つの視点「構成（つくり）」「関連（関わり）」「空間（広がり）」「時間（移り変わり）」を設定した（岡本・下野, 2013）。これら4つの視点で学習内容の枠組みを整理して表した図を「地球モザイク」と呼称する（岡本・下野, 2014）。

これらの視点に基づいて学習内容のねらいを焦点化するとともに、その枠組みを整理して指導に当たれば、生徒の実感を伴った「地球」の理解が進むことが期待される。

なお、本稿は日本理科教育学会東海支部大会で発表（2015年11月）したものに加筆したものである。

2 「地球」を捉える4つの視点

「地球」を捉えるための4つの視点は、図1の「地球システム」に示したような関係にある。

また、筆者らは身近な自然環境について事象相互の関連性や時間的・空間的な視点で捉えられるものを「自然のパターン」と称し、その観点として「比較」「関連性」「変化」を

提案した（下野, 2013）。

「地球」を捉える4つの視点は、自然のパターン把握の観点に空間的な視点を付加したものである。

3 地球モザイクの例示

地球モザイクを作成することにより、「地球」の概念を育成するための学習を組み立てる際の学習のねらい、教材の構成、学習の方法、学習の展開などについての一通りの流れを把握することができる。ここでは、中学校理科の「地層の重なりと過去の様子」「天気の変化」「火山活動と火成岩」、高等学校『地学基礎』と『地学』の「地球の環境」「地球の歴史」「大気と海水の運動」「火山活動と地震」に関する「地球モザイク」について、主に岐阜県内で観察される地学的事物・現象の写真を用いて例示する。

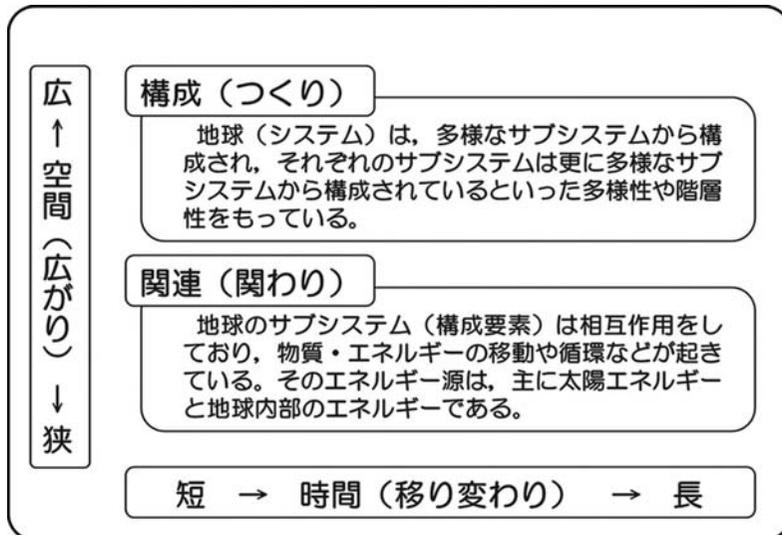


図1 地球システムにおける地球を捉える4つの視点

(1) 「地球（地表）の歴史」の地球モザイク例（図2）

中学校理科「地層の重なりと過去の様子」、高等学校「地学基礎」「地球の環境」, 「地学」の「地球の歴史」

構成（つくり） 地層（泥炭地）の構成物質は、砂礫、火山灰、泥炭であること。		関連（関わり） 地層構成物質の重なり方を調べると、泥炭地が形成された様子を推定することができること。
空間（広がり） 地形図と検土杖などで泥炭地の広がりを調べると、泥炭層の分布地域や湿原の位置・大きさを実感できること。	「泥炭層」	時間（移り変わり） 泥炭の炭素14による絶対年代測定値や花粉化石の種類から、泥炭生成時代や古環境が推定できること。

図2 「地球（地表）の歴史」の地球モザイク

ここでは、岐阜県蛭が野高原に分布する湿原を取り上げて例示する。

図3は、蛭が野湿原で観察される泥炭の産状を示している。地層の断面では、シャベルのところを境としてその下部には火山灰層が風化して粘土になった部分と上部にはミズゴケなどの植物が腐食せずに炭素分が濃縮して黒色の泥炭となったものが重なっている。【構成】

図4は、その泥炭から抽出した花粉化石を示している。花粉の種類や量を調べることにより、この泥炭地が形成された環境を推定することができる。【関連】

図5は、郡上市北部の蛭が野高原南部に広がる湿原（海拔は約1,000 m）とその背後にある大日が岳（1,709 m）の光景を示している。地形図と合わせてみると泥炭地が広く分布していることが分かる。また、検土杖など

で調べると、湿原の泥炭層の最深部は約2 mに及ぶことが知られている。【空間】

図6は、その泥炭層に関して、右側縦軸には絶対年代（年 B.P.）、横軸には花粉化石の温帯系と温暖系の和が占める割合（%）を表示したものである。グラフの中の点線は現在の蛭が野高原の気候（B+Cの割合は約60%）を示している。グラフ中の実線で示してあるのは、各時代における（B+C）の割合を約7,000年前から現在までの変化の様子である。これを見ると、約6,000年前から4,000年前くらいまでは現在の蛭が野高原より暖かい時期が続き、その後1,000年前くらいまでは現在の蛭が野高原より涼しい時期が続いていたことが推定できる。ちなみに、現在の蛭が野高原の気候は北海道の黒松内付近と同程度と思われる。また、実線グラフの（B+C）が少ない時期は寒冷系の植物花粉（例えば、



図3 泥炭の産状（蛭が野湿原）



図4 産出した花粉化石



図5 蛭ヶ野高原(湿原)の分布

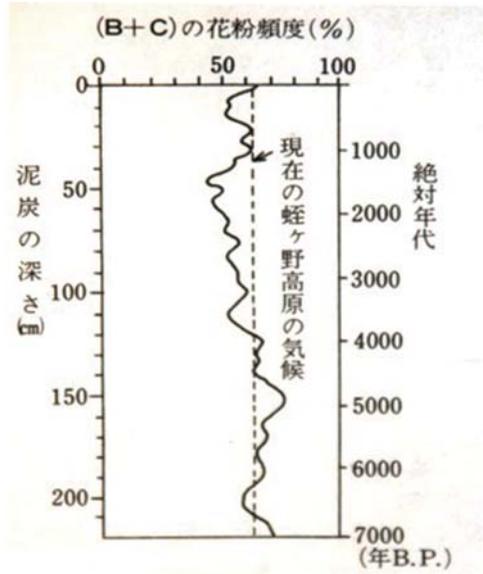


図6 古気候の変遷

モミ属, シラカバ属, ブナ属など)が多くなっていた時期でもある。このように, 泥炭の花粉分析から過去の気候(古気候)を推定する手がかりが得られるのである。

なおここで, Aは岐阜市より寒冷な地域に生育する植物の割合, Bは岐阜市より温暖な

地域に生育する植物の割合, Cは岐阜市周辺部に生育する植物の割合を示している。【時間】

なお, この事例は, 「岐阜県蛭ヶ野高原に分布する湿原の地質学的・花粉学的研究」(下野・藤, 1972)の知見を基にしたものである。

(2) 「天気の変化」の地球モザイク例(図7)

中学校理科「天気の変化」, 高等学校『地学基礎』「大気と海水の運動」

<p>構成(つくり) 多様な雲のうち, 白馬岳付近では層雲がしばしば観察できること。</p>	<p>関連(関わり) 谷間で焚き火の煙がたなびいていることから, 気温の逆転層が存在することが推測できること。</p>
<p>空間(広がり) 飛騨の高山, 古川盆地の上空を覆う雲海の衛星写真から, 層雲が水平方向に広がり, 谷間に入り込んでいることが分かること。</p>	<p>「層雲」 時間(移り変わり) 盆地上空を覆っている層雲(雲海)が気温の上昇とともに激しく運動をして, 時間とともに消滅していく様子が観察できること。</p>

図7 「天気の変化」の地球モザイク

ここでは, 岐阜県とその周辺の山岳地域で観察された層雲を取り上げて例示する。

図8は, 白馬岳にかかる層状の雲(層雲)を示している。多様な形状を示す雲(10種雲形)のうち, この付近では, 雨上がりの早

朝に層雲が観察されることが多い。【構成】

図9は, 秋晴れの早朝に, 岐阜県山県市の谷間において, 焚き火の煙がたなびいている様子を示している。煙の層より上空の気温が下層の気温より高くなっているため, 煙



図8 白馬岳にかかる層雲



図9 谷間に漂う焚き火の煙

は気温が高くなっている境界より上空には上っていかずにその境界面で水平方向にたなびいている。煙が漂っている境界面より上部の気温が高く下部の気温が低い関係にあること、つまり、気温の逆転層が存在することが分かる。【関連】

図10は、飛騨の高山、古川盆地の上空を覆う雲海（霧）の衛星写真（NASA・ランドサット画像）を示している。一定の高さまで上昇した気塊はその高さで水平方向に広がり、その高さの等高線に沿うように谷間に入り込んでいることが分かる。【空間】



図10 高山・古川盆地上空の雲海衛星写真

ここで例示した層雲のように、比較的低い高さに層状に連なる雲や煙は空間的にも時間的にも学習材として捉えやすい自然事象であ

図11は、飛騨古川周辺の盆地上空を覆っている層雲（雲海）が気温の上昇とともに激しく運動をして、時間とともに消滅していく様子を示している。早朝に発生したこのような層雲は、地上で見上げるとどんより曇った空であるため、その日の天気はあまり良くないのではないと思われるが、太陽の高度が増して気温が上がり始めると、静かに漂っていた雲海は、海拔1,000 mほどの峠から観察すると、図11のように上下左右に激しく動き、やがて雲の厚さも薄くなり消滅して上空には青空が広がる。【時間】



図11 晴れ上がる雲海（十三墓峠より）

る。これらの学習では、「雲海」「層雲」「霧」などの異なる用語が出現するが、いずれも同じ事象を意味している。

(3) 「花こう岩」の地球モザイク例 (図12)

中学校理科の「火山活動と火成岩」、高等学校『地学基礎』『火山活動と地震』

<p>構成 (つくり) 主に、石英・長石・黒雲母から構成されていること。 巨晶花こう岩 (ペグマタイト) では、造岩鉱物が大きく成長していること。</p>	<p>関連 (関わり) 岩体にはマグマが冷却する際に生じた方状節理が見えることがあること。 方状節理が河川の地形や景観に影響を及ぼすこと。</p>	
<p>空間 (広がり) 木曾駒ヶ岳一帯では、花こう岩が広く分布し、頂上部には岩塊が観察され、その間には幾筋もの谷が発達していること。</p>	<p>「花こう岩」</p>	<p>時間 (移り変わり) 時間とともに、風化が進みやすい岩石であること。 石英だけは変質せず硬い粒として残り、全体としてもろくなること。</p>

図12 花こう岩の地球モザイク

図13は、造岩鉱物が大きく成長した巨晶花こう岩 (ペグマタイト) を示している。その造岩鉱物は、一般に石英・長石・黒雲母であり、いずれの鉱物もマグマがゆっくり冷却していく過程でほぼ同じような大きさに成長したこと (等粒状組織) を示している。【構成】



図13 巨晶花こう岩の一部

図14は、長野県上松町地内の木曾川で見られる国指定の名勝史跡天然記念物である「寢覚ノ床」を示している。幾つもの花こう岩の箱を並べたような景観を呈している。これは、マグマが冷却するときに生じた方状節理に沿って風化や侵食が生じたことにより形成されたものである。【関連】



図14 「寢覚ノ床」に見られる方状節理

図15は、木曾駒ヶ岳 (2,956 m) の一帯に見られる花こう岩の景観を示している。頂上部には花こう岩の岩塊が見られ、その間には幾筋もの谷が発達している。花こう岩体が隆起してこのような高い山地を形成したものであり、極めて大きな空間を占めていることが想像できる。【空間】

図16は、岐阜県恵那市大井町の木曾川流域 (恵那峡) で見られる国指定の天然記念物

である「傘岩」を示している。花こう岩が長年の風化作用を受けて傘状の形になって残っているものである。花こう岩は風化しやすく、その際石英だけは変質せず硬い粒として残り、全体としてもろくなりマサ土へと変化している様子も観察できる。【時間】

ここでの学習では、花こう岩がマグマの冷却により生成した酸性の火成岩のうち等粒状組織を呈することや、その岩体が占める空間



図15 木曾駒ヶ岳の花こう岩地帯



図16 恵那峡の「傘岩」

的な大きさ、それらが地表近くで風化したときの様子を、実物の花こう岩やその景観を観察しながら学習することが望ましい。しかし、ここに揚げたような自然の景観に直接触れるような機会をもつことが難しい場合には、これら画像を基にして調べる学習を推奨したい。

なお、深成岩である花こう岩についての学

習では、火山岩の安山岩と比較観察させることにより、同じ火成岩であっても類似点や相違点が見いだされ、火成岩についての多面的な見方ができるようになると思われる。すなわち、パターン把握の観点のうち「比較」の手法を用いることにより、岩石の多様性を理解することにつながると考える。

(4) 「安山岩」の地球モザイクの例 (図17)

中学校理科の「火山活動と火成岩」、高等学校「地学基礎」「火山活動と地震」

構成 (つくり) 岩石薄片を顕微鏡で観察すると、斜長石・輝石などが斑晶として見える斑状組織を示していること。		関連 (関わり) 岩体にはマグマが冷却する際に生じた板状節理や柱状節理が見えることがあること。 板状節理が河川の地形や景観に影響を及ぼすこと。	
空間 (広がり) 大日ヶ岳では、その噴火により流出した溶岩や他の噴出物が地表面を被っていること。	「安山岩」	時間 (移り変わり) 時間とともに、風化が進み、時には「たまねぎ状」に風化するものが見られること。	

図17 安山岩の地球モザイク

図18は、偏光顕微鏡 (+ニコル) で観察した安山岩の斑状組織を示している。長方形で白黒の縦縞やリング状の縞模様(累帯構造)を示す斜長石や、写真右下の大きな結晶である輝石、写真下部中央の粒状の結晶であるカンラン石などが斑晶として観察できる。また、これら大きな結晶(斑晶)の周囲を埋め尽くしているのは、微細な結晶やガラス質(非結

晶)からなる石基の部分である。【構成】

図19は、岐阜県郡上市高鷲町の長良川源流付近の「夫婦滝」を示している。この滝が掛かっている崖は、安山岩の溶岩である。この付近の岩体にはマグマが冷却する際に生じた板状節理(ここでは水平方向の割れ目)が観察できるが、このような板状節理により河川の侵食に差が生じ、滝が形成されたものと

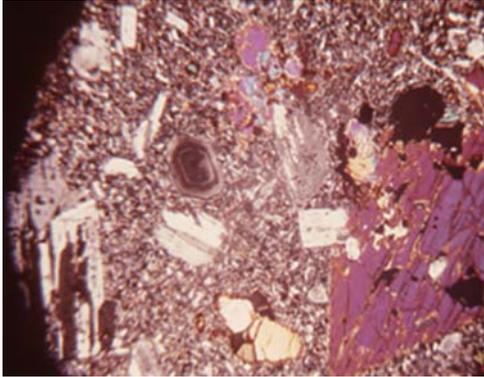


図18 安山岩の偏光顕微鏡写真



図19 板状節理が発達する安山岩の露頭

推測できる。【関連】

なお、この岩石の節理には板状節理のほかに柱状節理ができることがある。また、これら安山岩は郡上市、美濃市、関市を経て岐阜市の長良橋付近まで運ばれ、角が磨耗した丸い礫となっているのが川原で観察される。

図20は、100万年ほど前に噴火した大日ヶ岳（1,709 m）の景観を示している。図19の「夫婦滝」は、大日ヶ岳の噴火により流出した溶岩で形成されている。大日ヶ岳を遠方から見ると裾野が広がっているのが分かる。これは、山頂付近の火口からの多量の火山噴出物が基盤の岩石（濃飛流紋岩類、白鳥湖成

層など）を被い、なだらかな山容を形つくれたものである。【空間】

マグマが地上で冷却した溶岩は、時間が経つにつれて風化が進み、時には「たまねぎ状」に風化するものが見られる。

図21は、熊本城の石垣に見られる「たまねぎ状風化」である。この石垣の安山岩は、おそらく阿蘇火山に由来するものであろうが、その新鮮な安山岩を築城（17世紀始め）の際に用いたはずである。それがおよそ400年の年月を経た今日、表面から風化が進んで、このような「たまねぎ状」の割れ目が出現したのである（下野, 1997）。【時間】



図20 大日ヶ岳の山容



図21 石垣の「たまねぎ状風化」

4 おわりに

地球システムの捉え方を基に、「地球」の学習内容を教材化するに当たって「地球モザイク」の例示を試みた。この地球モザイクを作成することにより、「地球」の概念を育成するための学習を組み立てる際の学習のねらい、教材の構成、学習の方法、学習の展開などについての一通りの流れを把握することができる考えた。

このことには、次のような点で効果が期待できるものと思われる。

- ①地域の教育資源（野外での素材，博物館等の施設，地域人材）を活用できること。
- ②自然のパターン把握における視点を活用し，感性を高めることにつながる。
- ③地球モザイクの学習を中・高等学校の学年を越えて取り扱うことができること。
- ④例示された学習を基に，さらに焦点化した学習や発展的な探究活動につながる。

ただし，本稿で紹介した事例に関しては，このような扱いが可能であろうという提案に留まっている。今後，実践を重ねてその効果や問題点を整理しなければならないと考えている。諸賢のご批判をいただければ幸いです。

る。

なお，本研究は，科学研究費補助金基盤研究C課題番号24501068「理科の基本概念「地球」の再検討とその育成を図る地域教育資源の開発に関する研究」（研究代表：下野 洋）の一部を使用して行ったものである。

【主要参考文献】

- ・文部科学省（2009）：高等学校学習指導要領解説，理科編 理数編，実教出版株式会社，6-11
- ・文部科学省（2008）：中学校学習指導要領解説，理科編，大日本図書株式会社，63-95
- ・岡本・下野（2013）：システム・時間・空間から捉えた「地球」概念について，日本地学教育学会第67回全国大会大阪大会予稿集，132-133
- ・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—小学校理科第6学年「土地のつくりと変化」の指導を通して—，岡山理科大学紀要，第50号，B，57-65
- ・下野 洋（2013）：身近な自然を生かした理科授業，東洋館出版社，7-12
- ・下野 洋・藤 則雄（1972）：岐阜県蛭ヶ野高原の第四紀泥炭層の地質学的・花粉学的研究，第四紀研究，Vol. 11, No. 4, 181-192
- ・下野洋（1997）：身近な自然を調べる，東洋館出版社，172-173

