

地球規模の環境変動を考える教材の開発

川上 昭吾

愛知教育大学名誉教授

Development of teaching materials to study the environmental changes on a global scale

Shogo KAWAKAMI

Professor Emeritus, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

キーワード：環境教育教材開発 地球変動 地球上に酸素の誕生

1. はじめに

人類は科学技術を発展させ大量なエネルギーを使い、文明を維持している。そのために、環境は悪化の一途をたどっている。自然環境を保全することは人類共通の課題となっている。したがって、小、中、高等学校の学習指導要領では、環境保全が、すべての教科で大なり小なり扱われている。

理科は、とりわけ環境保全の扱いが多い。現行の中学校学習指導要領(理科)は、物理学、化学、生物学、地学という学問の体系に沿った内容となっており、環境保全は随所に配置されている。すなわち、第一分野では7種類の内容の最後に「(7)科学技術と人間」が置かれ、第二分野でも「(7)自然と人間」が置かれ、環境の保全が集中的に扱われている。この内容以外でも、たとえば「植物の生活と種類」、「気象とその変化」、および、その他の箇所でも環境保全が扱われている¹⁾。

環境保全の扱いは多いけれども、学問の体系に沿って配置されているがゆえに、環境を総合的に扱うという観点では十分でない。「Think globally, act locally」(地球規模で考え、足元から行動せよ)は、環境問題の行動指標として世界的に有名である。

そこで、「地球規模で考える」授業の内容と方法を開発することとした。

併せて中学校で授業を実践し、中学生の反応から授業の評価をした。

2. 構想

地球の46億年の歴史で起こった大きな自然現象の変化を学校の1時間の授業で扱ったら、学習者に地球上で起こった変化を鳥瞰的にみるという当に「Think globally」な見方を身に着けさせることができ、それは現在の環境教育の観点を広げる新しい提案となるであろうと考えた。

このような観点から、地球の歴史上起こった数々の自然現象の変化の中から筆者の考えで8種類を選び、それらが次から次へと連動して変化した姿を1校時でわかりやすく説明する教材を開発した。

3. 開発した教材

地球の歴史上に起こった数々の大きな変化は、前の事象が次の変化へと連動している。それらの大きな変化を「奇蹟」と銘打って以下のように説明した。

(1) 奇蹟1 地球の誕生

46億年前に、無数の小惑星が衝突して地球が誕生した。その時に、地球上のあらゆる物質が宇宙から送られてきた(図1a)。

地球に衝突する小惑星は衝突のエネルギーで溶けてしまう。地球はマグマの状態であった(図1b)。

小惑星とともに水も運ばれてきたが、水はたちまち蒸発して大気に蓄えられた。

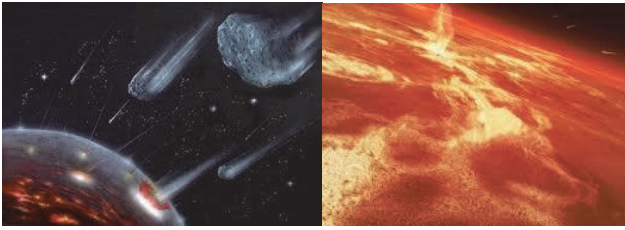


図1a 小惑星が衝突²⁾ 図1b マグマの地球形成²⁾

(2) 奇蹟2 海が誕生

小惑星が宇宙で尽きて衝突がなくなると地球は徐々に冷えてきた。すると、大気に蓄えられた水蒸気は豪雨となって地球に降り注ぎ (図2a)、およそ42億年前に海が誕生した (図2b)。

太陽の惑星の中で水が豊かに存在するのは地球のみである。

こうして生命誕生にとって必須な水が用意された。



図2a 水蒸気が豪雨に²⁾ 図2b 42億年前、海の誕生²⁾

(3) 奇蹟3 生物が誕生

海底の熱水が噴き出るところで熱水のエネルギーを使って原始の生命が無酸素状態で誕生した (図3a)。

およそ38億年前のことである。

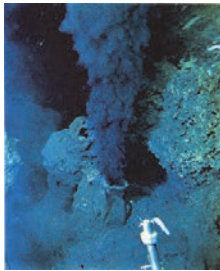


図3a 海底の熱水の噴出口で原始の生命が誕生²⁾

図3bはチャートの顕微鏡写真で、図3cは拡大図である。これが地球上に最初に誕生した生物だと考えられている。

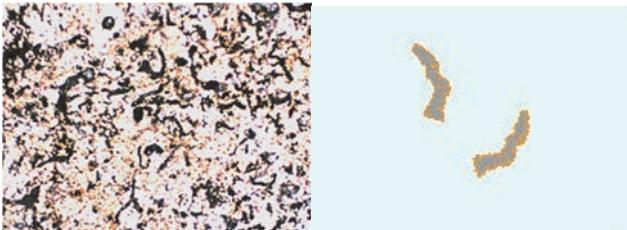


図3b チャート中の微化石²⁾ 図3c 微化石の拡大図²⁾

酸素がないところで生活する生物が、酸素を必要とする生物になるためには次なる奇蹟的な自然の変化が

必要であった。

(4) 奇蹟4 地磁気の誕生

36億年前には、地球内部の動きによって地球に磁場が生まれた。磁場の働きで太陽風がさえぎられ、地球に太陽風が届かなくなった (図4)。

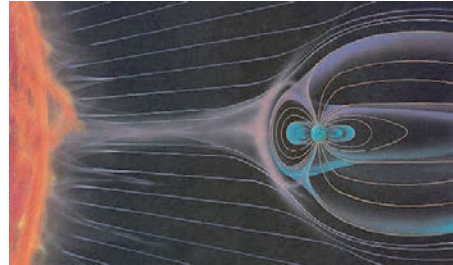


図4 地球に磁場が誕生し、太陽風が遮断³⁾

太陽風は、太陽から噴き出す極めて高温な粒子で、これが当たる場所では生物は生存できない。

つまり、地磁気は太陽風から地球を守るバリアーなのである。

バリアーが生まれ地球に太陽風が届かなくなったことは地球環境に極めて大きな変化が起こったことになる。

(5) 奇蹟5 酸素の生成

地磁気の働きで太陽風が遮断されると海の表層も生物が住むことができる環境となった。

35億年前頃になると、海底で誕生した生物は表層に移動しつつ、その過程で光合成という働きを獲得した。

光合成は、既に学習してきたように、水と二酸化炭素を材料として光のエネルギーを使って自己の体を構成する炭水化物を合成する働きである。その際、生物は酸素を発生させる。この光合成という驚くべき働きを生物自身が身に付け、太陽光を生きるためのエネルギーとして利用するようになる。

光合成機能を獲得した生物はシアノバクテリアである (図5)。



図5 藍藻—シアノバクテリアの仲間²⁾

シアノバクテリアは35億年前から25億年前にかけて活発に活動した。そして酸素が地球に排出され続け、地球上に酸素が蓄積していく。

(6) 奇蹟6 縞状鉄鋼層形成

シアノバクテリアが作り出した酸素は、海水中の鉄イオンと結びついて沈殿し、縞状鉄鋼層を作った(図6)。

20億年前のことであった。

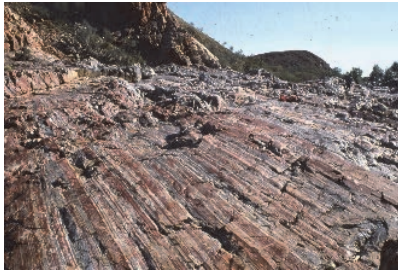


図6 縞状鉄鋼層の生成²⁾

なお、人類が使う鉄は縞状鉄鋼層から得ている。シアノバクテリアが人類の鉄文明の元となっていると言える。

また、人類は石油文明でもある。石油はシアノバクテリアの遺骸が蓄積変性したものと考えられている。

人類の今日の活動は、シアノバクテリアの長期間にわたる活発な活動の成果に支えられている。

(7) 奇蹟7 核膜を持つ生物が進化誕生

シアノバクテリアの活発な活動が10億年もの長きにわたり続いたことで、地球に酸素が蓄積された。

酸素中では、鉄も燃える(酸化する)ように、酸素は非常に強い酸化作用があることは理科の実験で確かめてきたことである。

酸素は当時の生物にとっても猛毒であった。そこで、生物は酸素から身を守るために核膜を作り、DNAを保護するように進化した(図7a)。

19億年前のことである。

核膜を持つ最古の生物として19億年前の地層からグリパニアが発見されている(図7b)。

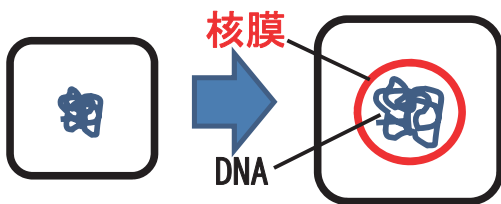


図7a 核膜をもつ生物が進化 (川上原図)



図7b グリパニアの化石(線状のもの)²⁾

つまり、現在私たちが普通に目にする生物(真核生物)が誕生するという大きな進化があったが、それは

シアノバクテリアが作り出した酸素によって促進されたのである。

(8) 奇蹟8 オゾン層の生成

シアノバクテリアの光合成作用の働きで発生した酸素は、海水中の鉄イオンと結びついたが、その反応が終わると酸素は空気中に蓄積するようになる。

大気中の酸素は、太陽光の働きでオゾンに変化し、オゾンは蓄積してオゾン層となった(図8a)。

およそ4.5億年前のことである。

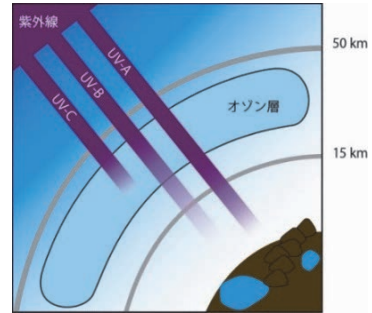


図8a オゾン層の生成²⁾

紫外線には波長の長短によってUV-A,B,Cがあるが、生物にとって有害なUV-C,Bをオゾン層が遮断することは、これまでの理科で学習してきたことである。

図8bは植物への紫外線の影響を調べた実験である。

インパチエンスを太陽光の下で育てると健全に育つ。健全なインパチエンスにUV-C,Bを24時間照射すると、インパチエンスは枯死してしまう(図8b)。



太陽の下で栽培→UV-C, Bを24時間照射→枯死

図8b 植物(インパチエンス)への紫外線の影響 (川上原図)

オゾン層の働きによって生物にとって有害な紫外線が地表に届かなくなったことで、4億年前にはそれまで海の中で進化してきた生物が陸上に進出するようになった(図8c)。

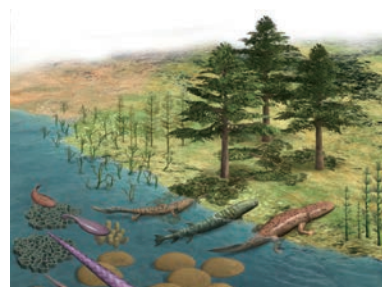


図8c 生物が陸上へ進出したイメージ図²⁾

生物と地球の共進化

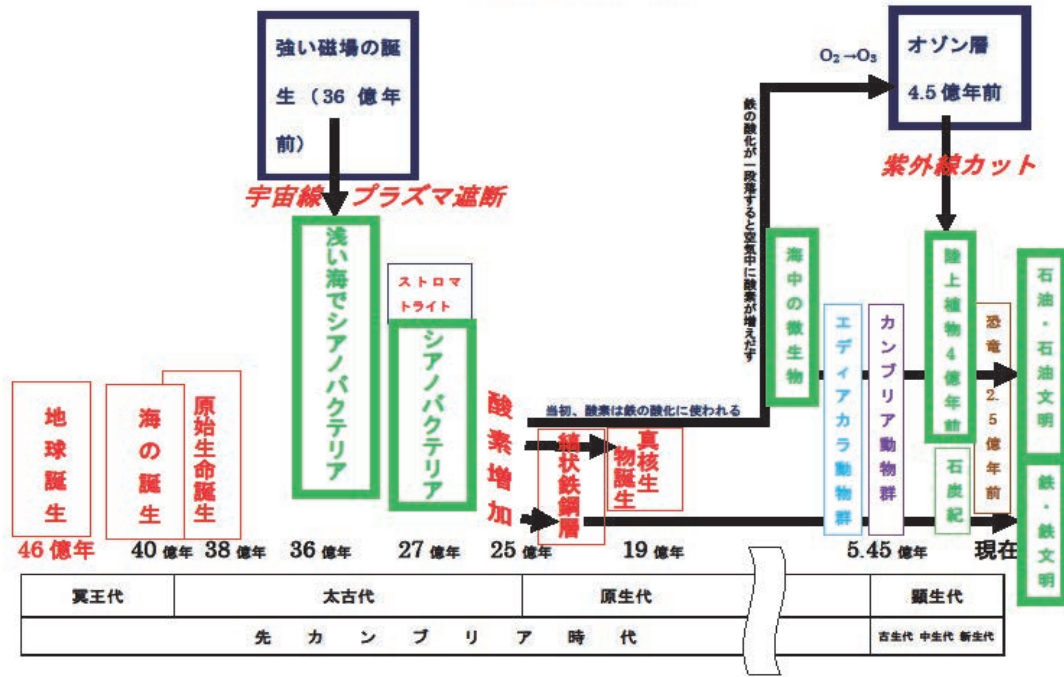


図9 生物と地球の共進化を鳥瞰 (川上原図)

その後、陸上では、大森林時代、恐竜時代など様々な変化があった。

私たち人類の誕生は700～800万年前のこととなる。この時間は地球の46億年の歴史の中ではほんの一瞬のことである。

(9) 授業のまとめ

奇蹟的な出来事を1枚の図にまとめると(図9)、「奇蹟」としか言えようのないような自然現象が次々と連動してきたことを見取ることができる。

地球の自然環境の中で生物は生きている。ところが、生物は、酸素を作り蓄積させて、地球の環境を大きく作り変えた。そして、酸素が充満した大気の中で生物は進化した。

つまり、地球と生物は共に影響しあって変化してきた。「地球と生物は共進化」をしてきたと言える。その共進化は「億年」というような非常に長い時間をかけてゆっくりと起きていたということである。

現在の環境問題は、人類があまりにも急速に環境を変えていることが原因で起こっている。

4. 検証授業

- (1) 学年 2 学年 1 学級、全 40 名
- (2) 実施日時 2018 年 3 月 13 日
- (3) 時間 50 分間
- (4) 準備

1 億年を 1 メートルに換算して地球の 46 億年

の歴史を長さ 46 メートルのロープで表し、これを教室の周囲に張った。ロープは教室を 1.5 周した。

「ロープ」上に、下記の「奇蹟」を示す紙を貼付し、各奇蹟が 46 億年のどの時期に当たるのか視覚的にわかるようにした(図10)。

- ・ 46 億年前 地球誕生
- ・ 42 億年前 海の誕生
- ・ 38 億年前 原始生命誕生
- ・ 36 億年前 強い磁場の誕生
- ・ 36 億年前 浅い海でシアノバクテリア
- ・ 20 億年前 縞状鉄鋼層
- ・ 19 億年前 真核生物誕生
- ・ 4.5 億年前 オゾン層誕生
- ・ 4 億年前 生物の陸上進出
- ・ 700 万年前 人類出現



図10 授業の様子 教室の周辺に「46億年ロープ」を張り巡らし、テレビ画面で内容を説明した。

- (5) 上述「3. 開発した教材」を大型テレビで映写して内容の説明をした(図10)。
 (6) 授業時間50分の内最後の10分間は質問とアンケート記入時間であった。

5. アンケート結果から授業を評価

アンケートの回答結果は下記のようにまとめられた。

- (1) この授業は勉強になりましたか。

回答結果は表1のようで、全員が「とても勉強になった」としている。

すべての内容がこれまでの理科教育では扱っていない内容であったためであろう。

表1 「この授業は勉強になりましたか」の集計結果

とても勉強 になった	勉強に なった	どちらとも 言えない	勉強になら なかった	合 計
40	0	0	0	40

- (2) この授業はわかりましたか。

新しい内容を非常に簡略化して説明したため、「わかる」ということについての印象を尋ねた。

その結果、35人が「よくわかった」と答え、5人が「わかった」と回答した(表2)。

説明は適切であったことが分かる。

表2 「この授業はわかりましたか」の集計結果

とても良く わかった	わかっ た	どちらとも 言えない	むずかし かった	合 計
35	5	0	0	40

- (3) この授業はおもしろかったですか。

授業への関心の程度を「おもしろかったか」と尋ねたところ、39人が「とてもおもしろかった」を、1人が「おもしろかった」としている。

新しい内容ではあったが、生徒には十分に興味を引く内容であったことがわかる。

表3 「この授業はおもしろかったですか」の集計結果

とてもおもしろ かった	おもしろ かった	どちらとも 言えない	おもしろく なかった	合 計
39	1	0	0	40

- (4-1) 一番わかりやすい説明はどれでしたか

8種類の「奇蹟」について最も「わかりやすい説明」を一つだけ選ばせたところ、表4のようになった。

シアノバクテリアによる酸素の発生を挙げたものが12人と最も多く、次いで「海の誕生」8人、「地球の誕生」7人と続く。「縞状鉄鋼層の形成」は0人、「生

物の進化」は1人だった。

酸素がシアノバクテリアという生物によってもたらされたということは、光合成の働きを理科で学習してきているから受け入れやすかったのではないだろうか。

表4 「一番わかりやすい説明はどれでしたか」の集計結果

1	酸素の生成	12 人
2	海の誕生	8
3	地球の誕生	7
4	生命誕生	5
5	地磁気の誕生	4
6	オゾン層の形成	3
7	生物の進化	1
8	縞状鉄鋼層の形成	0

- (4-2) 一番印象的な内容はどれでしたか

「印象的な内容」についても、「わかりやすい説明」の上位3項目と同様、「酸素の生成」「地球の誕生」「海の誕生」が上位であった(表5)。

「縞状鉄鋼層の形成」が印象の薄い内容として挙げられている。

表5 「一番印象的な内容はどれでしたか」の集計結果

1	酸素の生成	11 人
2	地球の誕生	10
3	海の誕生	8
4	地磁気の誕生	5
5	オゾン層の形成	3
6	生物の進化	2
7	生命誕生	1
8	縞状鉄鋼層の形成	0

- (3) この授業で、強く感じたことは何ですか。自由に書いてください。

6人の自由記述を下に示した。

(注) アンダーラインは筆者が付した。

<p>Ao君:シアノバクテリアによる大きな環境の変化のおかげで今の環境があることが印象に残りました。そして、酸素により鉄鋼層やオゾン層ができたことなど。</p>
<p>As君:今回の授業で、今まで雨が地球誕生後に降ったという結果だけ知って満足していたのが、衝突した小惑星に含まれていた水が大気になって雨が降ったという理由を考える授業を受けられて良かったと思った。今後わからないことの理由を考えていきたいと思う。</p>
<p>Fさん:長い地球の歴史を「ひも」であらわしていたので、その長さやそれぞれがどんな影響を与えたのかがとてもおもしろくて分かりやすかったです。今私たちが生きているのが46億年もの膨大な時間の中で起きた奇蹟の連続のおかげだと思うと、とても感動しました。</p>

S君:今まで、地球で生きることができるのは当然だと思っていたけど、この授業を通して、地球に生命が存在できるのには様々な奇蹟があったことによって、生物が生きやすい環境になっていったことを初めて知り、驚きました。今生きていることを当然のことと思わずに、命を大切にしていきたいと思いました。また、シアノバクテリアは本当に大切なものだという事も理解できて授業も楽しかったです。

Wさん:私たちは今、陸上で生活していて、それは当たり前前のことになっているけど、それが可能になったのは、4.5億年前、オゾン層が出現して、有害な紫外線を遮断できたからであって、オゾン層がなければ陸上での生活はできないというのを初めて知り、昔は人間の出すガスでオゾン層が破壊されていたので自分たちは破壊していかないようにしていかななくてはならないと強く感じた。

Yさん:地球誕生の46億年前から人類誕生までを、1億年を1mとして視覚的にとらえることができ、分かりやすくおもしろかったです。地球や海の誕生や酸素の生成など、全てが奇蹟で、その奇蹟によって自分たちが生きられているんだろうなと改めて感じた。

Fさんは「今私たちが生きているのが46億年もの膨大な時間の中で起きた奇蹟の連続のおかげだと思うと、とても感動しました。」と新しい知見を得て感動している。

Wさんの場合はオゾン層ができたので生物が陸上に進出できたことに驚くとともに、オゾン層を大切に思う気持ちが強まっている。

こここの示したのは6人のみであるが、全員が表現の違いはあるが、地球と生物の共進化という新しい知見に驚き、興味をひかれていた。

(5) まとめ

「この授業は勉強になったか」という問では、全員が「勉強になった」と答え、「わかりましたか」でも全員が「わかった」を選んでいる。「おもしろかったか」でも全員が面白かったとしている。勉強になり、分かり、おもしろい授業であったと言える。

「一番わかりやすい説明」、及び「一番印象的な説明」についての質問では、生徒の反応は分散しているが、どの内容でも印象的であったことは間違いのないようである。

自由記述は男女3名ずつ合計6名を抽出した。ここでも授業が分かりやすく、印象的であったことが述べられている。

以上のように、本授業は生徒にとって非常に印象的な授業であった。

筆者自身も、授業中の生徒のから、生徒が興味深く学習していることを確認できた。

6. おわりに

理科教育の中で、環境教育の教材はこれまでもさまざまな工夫がなされてきた。

現行学習指導要領の内容は物理、化学、生物、地学の学問を中心に編成されているために、環境教育の内容も学問の系統に関連して位置付けられている。「科学技術と人間」と「自然と人間」が、それぞれ第1分野と第2分野の最後に位置づけられている。それに基づいて、様々な環境教育が実践されている。このことはすばらしいことである。

ところが、環境問題は、学問分野を超えて生起しているということから、あえて問題を指摘するならば、自然科学の4分野を超える観点から環境を考えることが大切だということである。小、中学校の理科教育の内容を今日的な課題である「環境問題」の解決を中心において、根本から編成し直すという思い切った発想もあり得るのではないだろうか。本提案がそのような考えの起点になることを期待する。

なお、本内容の授業を現行学習指導要領下で行う場合は、単元「科学技術と人間」と「自然と人間」の冒頭で単元を見通すために、あるいは単元終末で全体をまとめるために使うことができる。電子データは提供するので、遠慮なく使っていただきたい。

<付>

本提案は、筆者が「蒲郡市生命（いのち）の海科学館」に勤めていて示唆を受け、構想したものである。

この科学館は、世界に通用する価値の高い展示品をそろえ、理科の内容を深めたり広げたりする知見が豊かに存在する。学校の教員の皆さんの利用を進める。

あるいは、オゾン層の学習、生物の進化などの学習、科学技術と人間、自然と人間などの学習の時、上記科学館で学習を深めることができることを生徒に紹介し、生徒自ら科学館を訪れて知見を広げる自主的な活動を促すとよいと思われる。

<謝辞>

学年末にもかかわらず授業実践を引き受けてくださった愛知教育大学附属名古屋中学校、および学年最後の授業を提供してくださった森川晋平教諭にお礼を申し上げます。

<文献資料>

- 1) 文部科学省(2008),『中学校学習指導要領(理科)』.
- 2) 蒲郡市生命の海科学館(2013),『展示解説書—地球と生命（いのち）の歴史を知るために』.
- 3) 名古屋大学宇宙地球環境研究所(2003),『地磁気ってなんだ』, www.isee.nagoya.ac.jp/pub/nanda/ste_geomag_j.pdf.