

地球の大気 (ELI+) 現在の大気の発達

準備：使えるものを利用して直径がほぼ 2 cmのボールを準備する。作成するのに時間がかかるかもしれないが、一度作成してしまえば何度でも使える。作製方法は 4 ページの準備するものに記す。必要な個数は以下の通り。

- 74個の緑色のボール - 水蒸気
- 12 個の黒色のボール - 二酸化炭素
- 9 個の黄色のボール - 硫黄酸化物
- 5 個の青色のボール - 窒素
- 3 個の赤色のボール - 酸素
- 1 個の茶色のボール - アルゴン
- 1 個の白色のボール - 水素

生徒への質問：地球の大気はなぜ重要なのか？ 次の指示に従って活動を進めると議論を深めることができる

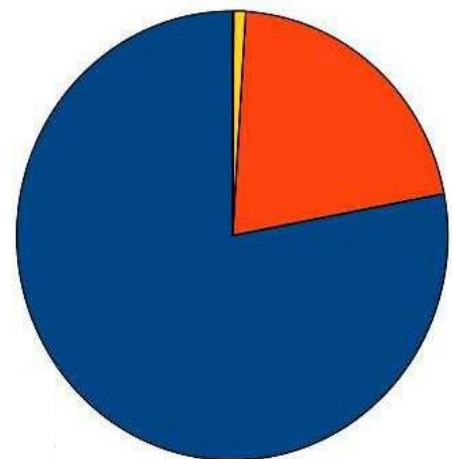
- ガラス瓶を冷蔵庫から取り出すか、やかんでお湯を沸かしてタイルを蒸気にかざし、水蒸気を凝結させて大気中に水が存在することを示す
- 石灰水に息を吹き込み、炭酸塩が沈殿して白く濁ることで、大気中に二酸化炭素が存在することを示す
- 植物が光合成を行うことを示す

議論が終わる頃には、生徒は地球上の生命にとって大気が欠かせないものと気づく。

右の円グラフに示した**現在の大気組成**について話し合う。‘その他’の 0.07%には、水素、オゾン、ネオン、ヘリウム、クリプトン、キセノンが含まれる。水蒸気は大気中の量が変化に富むのでこの図には示されていない。

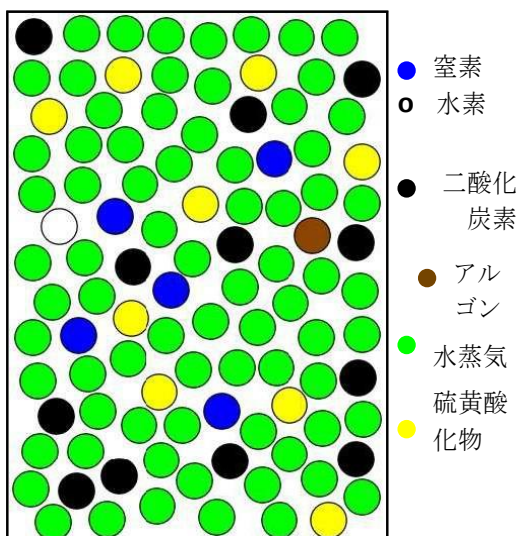
生徒への質問：人が中にいる状態で部屋を密閉したら、この部屋の大気はどのように変化するか？呼吸により酸素が減少し、二酸化炭素と水蒸気が増えるだろう。

- 窒素 (78%)
- 酸素 (21%)
- アルゴン (0.9%)
- 二酸化炭素 (0.03%)
- その他 (0.07%)



現在の大気組成

原始大気



生徒に地球の原始大気のモデルを作成するよう指示する。この原始大気中の気体は現代の火山ガスに含まれる気体の種類と似ていることを説明する。

A3 の紙か容器のどちらか最適な方に、以下のボールを置く。

- 74 個の緑色のボール - 74%の水蒸気
- 12 個の黒色のボール - 12%の二酸化炭素
- 9 個の黄色のボール - 9%の硫黄酸化物
- 5 個の青色のボール - 5%の窒素
- 1 個の白色のボール (0.4%の水素を表す)
- 1 個の茶色のボール (0.2%のアルゴンを表す)

現在の大気組成について生徒に尋ね、原始大気がどのように変わっていったかを指示する。進化中の大気 1 の図のように大気と海洋とに二分割にした A3 の白い紙を生徒に渡す。

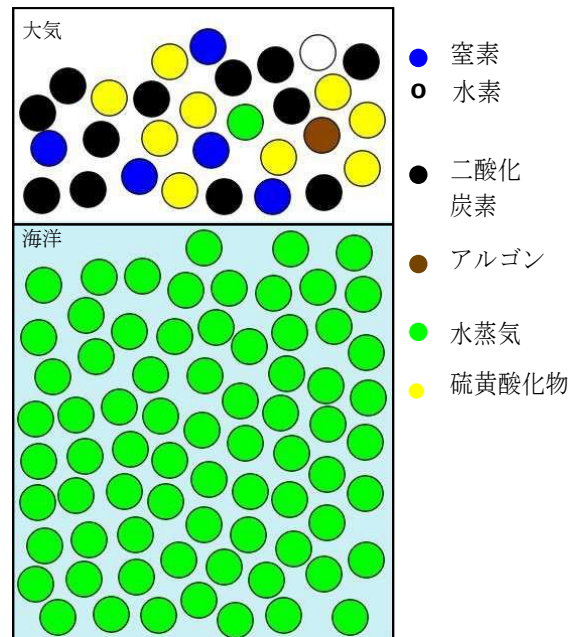
以下の質問は、色付きのボールを置くときのヒントになる。

• 水蒸気はどうなるか？ ヒント - 降雨

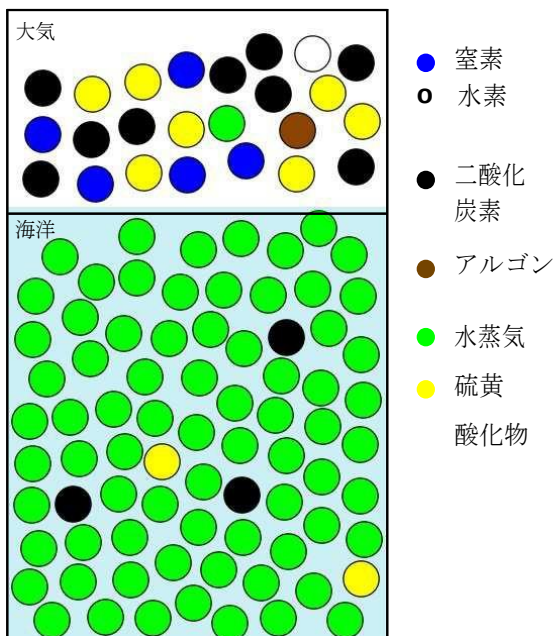
40 億年前、地球は十分に冷え、ほとんどの水蒸気が凝結して雨として降り注ぎ、原始海洋が形成された。

水蒸気を表す緑色のボールを、1 つを除いて全部、海洋に移動する。

進化中の大気 1



進化中の大気 2



• 二酸化炭素と硫黄酸化物はどうなるか？ 二酸化炭素と硫黄酸化物の両方とも雨水に溶けやすく、一部は海洋中に溶ける。二酸化炭素のボール 3 つと硫黄酸化物のボール 2 つを海洋に動かす。‘大気の進化’は、現時点で進化中の大気 2 のようになる。

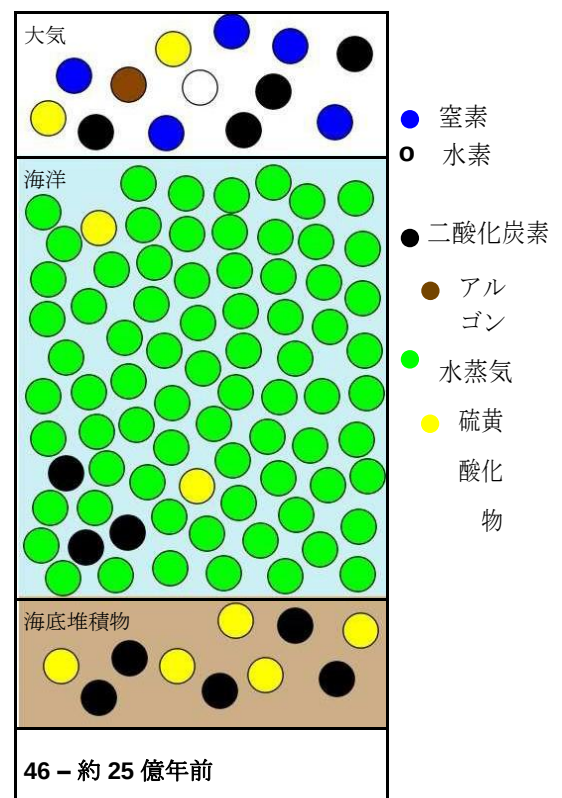
• 初期のバクテリアはどのような効果をもたらしたか？

それらは海洋が形成された直後に進化した。これら初期のバクテリアは成長時に海水中の炭素と硫黄の化合物を吸収した。死後は海洋底に沈み、海底堆積物中に取り込まれた。図に‘海底堆積物’を加え、進化中の大気 3 に示すようにボールを動かす。

現在の大気組成と、進化中の大気 3 の組成とを比較するよう生徒に指示する。

- 気体の比率に関して、明らかに異なることは何か？
- 何が起こったのか？

進化中の大気 3



進化中の大気には酸素が含まれない。光合成を行う藻類が海洋で出現し、光合成によってつくられた酸素は海水に溶けている鉄と反応し、沈殿して海洋底堆積物を形成した（約 22 億年前）。ここで赤色の酸素のボールを一つ、海底堆積物のところにおく。

• 水素はどこに行ったのか？

水素は最も軽い元素で、大気中を上昇し、宇宙空間へと出て行った。ここで白色の水素のボールを取り除く。

• 酸素はどのようにして大気中に含まれたのか？

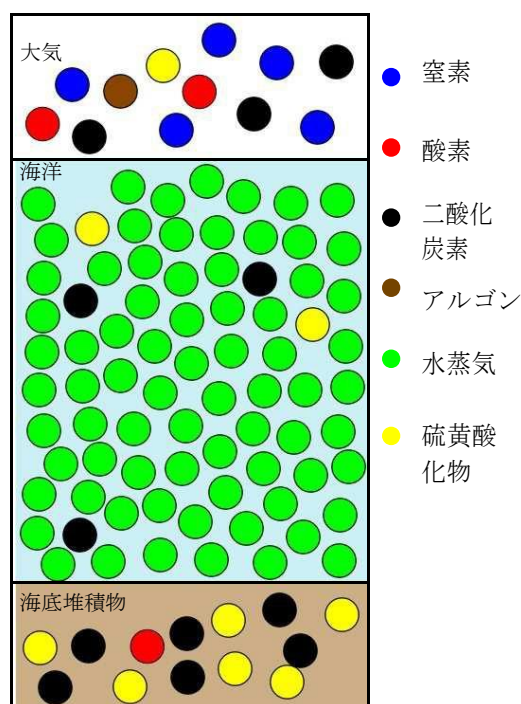
20 億年前までに海水中の鉄は酸素と結合してしまったので、酸素‘分子’が初めて大気中にみられるようになった。

赤い酸素のボールを 2 つ大気に加える - 進化中の大気 4

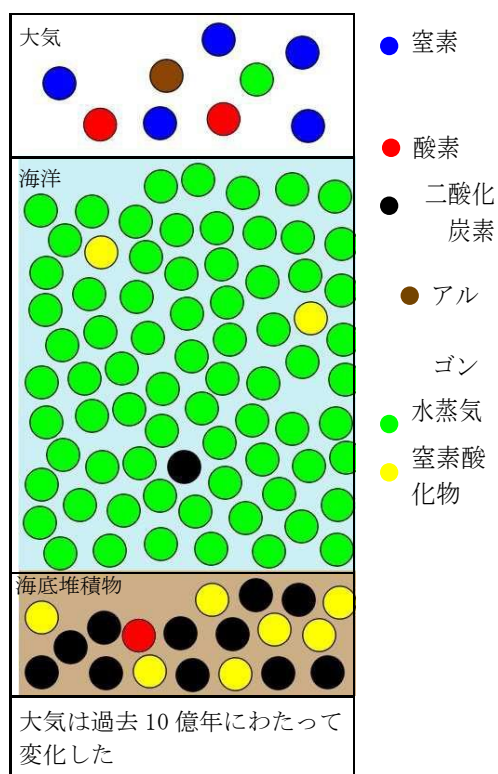
• 大気中に残っている二酸化炭素と窒素酸化物はどのようになるか？

次第に海洋に溶け、海底堆積物中に取り込まれる。黒色と黄色のボールを、大気から‘海底堆積物’へ動かす

進化中の大気 4



現在の大気と海洋



最終的に、A3 の用紙は左ようになる。大気は窒素が最も多く、次いで酸素、さらにアルゴンをわずかに含み、現在の大気に含まれる気体の割合と類似する。海水には炭素と硫黄の酸化物が少し溶けていて、それらからなる海底堆積物や岩石には炭素と硫黄、酸素の化合物が含まれる。

• 大気中の水蒸気はどのようになるか？

水循環を考える。

緑色の水蒸気のボール 2 つを海洋から水蒸気として大気に戻す。さらに、そのうちの 1 つは凝結して雨となって海洋に戻る。

指導の要領：

題名：地球の大気

副題：現在の大気の変遷

概要：この活動は大気や気候変動および温室効果ガスに関して議論する授業で実践できる

対象年齢：14-18 歳

活動時間：30 分、時間をかけて議論を行う場合はそれ以上

学習効果：

- 原始大気の模型を組み立てることができる
- 原始大気から現代の大気への変遷を示すことができる
- 現代の地球大気量は原始大気と比べてかなり少ないことを認識することができる

活動内容と関連事項：この活動は原始大気から現在の大気への変遷を実演するものである

発展的な活動：

太陽系の他の惑星、火星と金星の大気について調べる。

この活動に関する原理・原則：

- 現在の地球大気は、窒素 78%、酸素 21%、アルゴン 0.9%、二酸化炭素 0.03%から成る。残りの 0.07%には水素、オゾン、ネオン、ヘリウム、クリプトン、キセノンが含まれる。大気中の水蒸気量は可変性で、最大約 4%を占める
- 原始大気は現在の火山ガスと同様の気体からなる可能性が高い
- 初期の水蒸気は凝結して海洋を形成した
- 二酸化炭素と硫酸化合物は水に溶解し、初期のバクテリアの活動にともなって、海底堆積物に取り込まれた
- 光合成が開始し、初期の酸素が鉄と結びついて海底堆積物となった後、酸素‘分子’が大気中に放出された

思考力の発達：

原始大気から現在の大気へと変化するパターンを認識する。各段階で議論することによって客観的に把握できるようになり、模型を使って現在の大気について説明することで関連付けて考えるようになる。

準備するもの：

- 工作用粘土、丸めた紙、分子模型の玉、大理石、ビーズ、ゲーム用の駒などの入手可能なもので作った青、緑、赤、黒、黄、茶、白のボール
- A3 の白い紙（一部を区切ったもの）か、仕切りのある容器

参考になるサイト：

http://www.ux1.eiu.edu/~cfjps/1400/atmos_origin.html

大気の成り立ちに関する YouTube の動画

<http://www.youtube.com/watch?v=OaiAh-V0C2c>

原典：この活動は KS4 workshop ‘Life, atmosphere and everything’, Earth Science Education Unit、
<http://www.earthscienceeducation.com> をもとに作成した



活動の様子
Elizabeth Devon

©Earthlearningideateam. The Earthlearningidea team は、学校教育程度の地理や科学を通じて地学を教える教員指導者や教員のために、最小限の資金と手段で、毎週、教材開発をしようと努めるとともに、国際的な支援ネットワークを発展させるために各教材についてオンラインでの議論も行っています。‘Earthlearningidea’ はほとんど資金提供を受けていませんが、自発的な努力によって大きな成果を上げています。

この活動に含まれる著作物の著作権は、教室や実験室での授業に使用する場合に限り、放棄されており、一緒に掲載されている他の発行者からの著作物についても同様です。この著作物の利用を希望する場合は、いかなる組織の方も、the Earthlearningidea team に連絡をお願いします。

この活動に含まれる著作物の著作権者には許可を得よう努めていますが、万が一、著作権を侵害している可能性がある場合は改訂などを行いますので、我々に連絡をおねがいします。どのような情報でも構いませんので、お気づきの点がありましたら情報をお寄せください。

また、これらの文書に関して不明な点などございましたら、the Earthlearningidea team にご連絡ください。

The Earthlearningidea team の連絡先：info@earthlearningidea.com