

# 第13講 海洋と大気

http://ext-web.edu.sgu.ac.jp/koide/chikyu/

Email: chikyu2019@ykoide.com

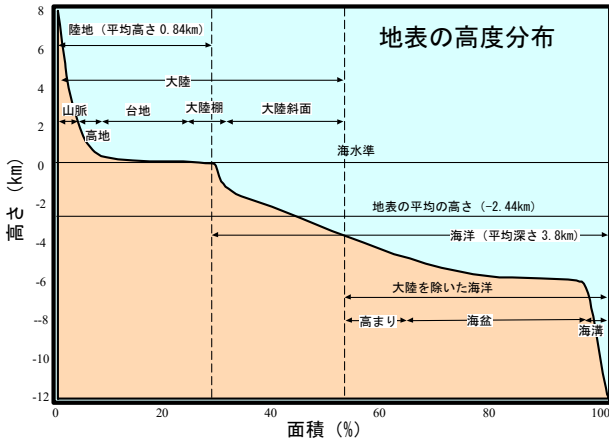
## ▼ パラドックス

### ▼ 海洋とはどんなものか

- 1 海洋とは、
- 2 生物の活動の場
- 3 H<sub>2</sub>O の特異性
  - ・ H<sub>2</sub>O は融点と沸点が高い：地球の環境では液体
  - ・ 密度が異常に大きい：地球表層環境の安定
  - ・ 水は極性分子：生命の誕生

### ▼ 海洋の特徴

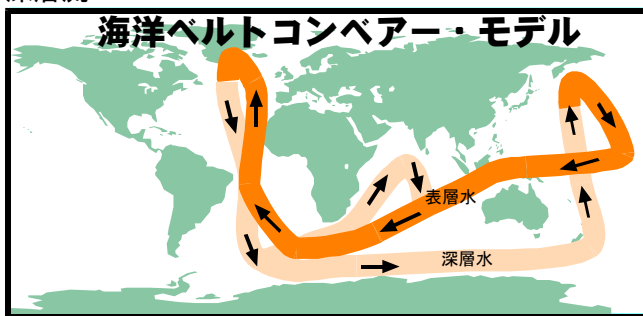
- 1 海水の成分
- 2 構造



深度分布  
て、つくられている。

### 3 海洋の仕組み

海流  
深層流



- 4 海水があるということ
- 5 海洋の未来

### ▼ 大気とは

「光」  
「風」

### ▼ 大気の変化

- 1 大気の組成は変化した

- ・ N<sub>2</sub> : 変化なし
  - ・ H<sub>2</sub>O : 海へ
  - ・ CO<sub>2</sub> : 石灰岩として大陸へ
  - ・ O<sub>2</sub> : 生命による合成
- 2 太陽の明るさの増加

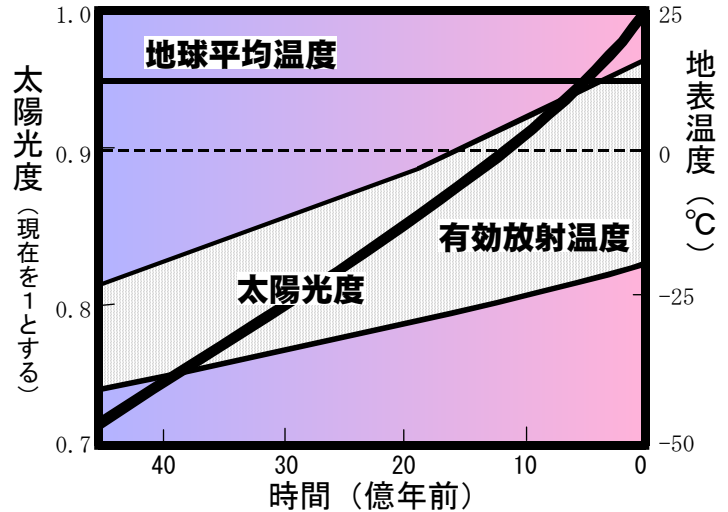
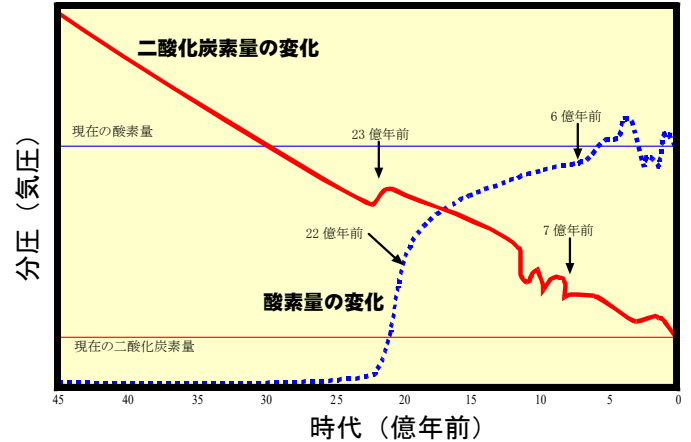


図 太陽の光度の変化と地球の温度

### 3 二酸化炭素の減少



### ▼ 大気的作用

- 1 大気の構造：バリアとしての役割
- 2 気温の平均化
- 3 生物に住みやすい環境を提供

### ▼ レポートについて

レポートは**時間厳守**です。

第3回 人類と野生生物はどうすれば共存できる  
でしょうか

締め切り：7月18日（木）24：00（時間厳守）

## 第13講 海洋と大気

<http://ext-web.edu.sgu.ac.jp/koide/chikyu/>

Email: [chikyu2019@ykoide.com](mailto:chikyu2019@ykoide.com)

### ▼ パラドックス

パラドックスとは、

- ・正しいと思われる前提から導き出される矛盾した結論
- ・あるいは、一般に正しいと思われることがあるのに、それに反することがある場合をいう。

「背理」、「逆理」、「逆説」などともよばれている。

語源は、ギリシア語の

para (超えた、外れた、反した) と

doxa (考え、通念)

を合成したものに由来する。

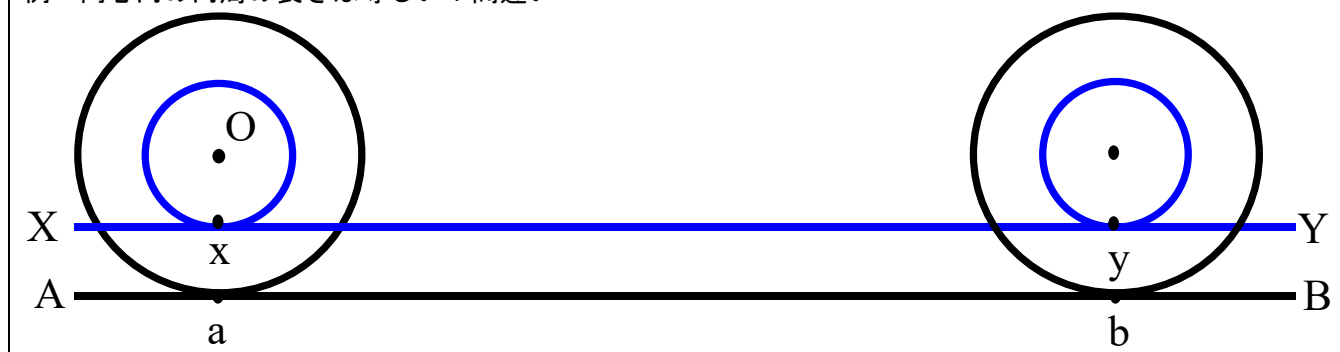
パラドックスが発生するのは、

- ・基礎となる前提や仮定が間違っている
  - ・正しいと思われていることが、社会や時代によって異なる
- である。

多くのパラドックスはきちんとつきつめてみると、原因がわかるはず。

しかし一部にはなかなか解決できず、その解明が科学の発展につながることもある。

例 同心円の円周の長さは等しい：間違い



このパラドックスは、ガリレイの「新科学対話 (上)」にも出ていて、ガリレイも間違った認識をしていた。

例 運動に関するゼノンのパラドックス：重要な示唆

- ・アキレスと亀：足の早いアキレスが、前を歩く遅い亀を追い抜けない
- ・2分法：ある地点から別の地点に移動することはできない
- ・飛矢不動：飛ぶ矢は空中で一瞬間停止するが、それがなぜ動くのか
- ・競技場：ある時間とその2倍の時間とは等しい

### ▼ 海洋とはどんなものか

#### 1 海洋とは、

地球を宇宙から見ると、青く見える。その青が、海である。海は地球の表面の7割という意味で、地球は水の惑星と呼んでもいい。海洋とは、液体の $H_2O$ 、水が分布するところである。

#### 2 生物の活動の場

陸地の平均標高は 840 メートル

最高標高はチョモランマ (エベレスト) の 8,848 メートル

陸地と海底の高度の差は約 20,000 メートル

20,000 メートルが地表とよんでいる標高の範囲である。そして私たち生物の活動の場生活の場は、地球の半径 6,400 キロメートルの 0.3 パーセント

### 3 H<sub>2</sub>Oの特異性

#### ・H<sub>2</sub>Oは融点と沸点が高い：地球の環境では液体

沸点（液体が固体になる温度、水が沸騰する温度）融点（固体が液体になる温度、氷が溶ける温度）

水素化合物の中では、水は沸点、融点が異常に高い多くの水素化合物（CH<sub>4</sub>、NH<sub>3</sub>、HF、H<sub>2</sub>S、H<sub>2</sub>Se、H<sub>2</sub>Teなど）は、常温で気体だが、水だけは液体である。

#### ・密度が異常に大きい：地球表層環境の安定

一般に固体のほうが液体より密度が大きいのに水は、一番密度が大きいのは、3.894℃の水である。

したがって、氷は水に浮く。この性質が、地球の環境に重要な働きをする。

海洋では、氷が浮くために、太陽の熱によって解けやすい状態に置かれている。もし氷が重く、海洋の底に沈むとしたら、氷は解けず、いったん寒冷化した地球はなかなか温かくなれないはず。

#### ・水は極性分子：生命の誕生

水は、電荷が中性だが、正負の電荷の中心がずれている。これを極性という。この性質のおかげで、水は大きな溶解能力を持つ。

ものが色々溶ける水の性質によって、いろいろな化合物を作ることができるようになる。その性質により、生命は誕生したはずである。

### ▼ 海洋の特徴

現在の海洋は、どのような、成分、構造、仕組みであるか。

#### 1 海水の成分

表 海水の成分

成分	濃度 (g/kg)	重量濃度 (%)
Cl <sup>-</sup>	19.35	55.07
Na <sup>+</sup>	10.76	30.62
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.71	3.68
Mg <sup>2+</sup>	1.29	3.68
Ca <sup>2+</sup>	0.41	1.17

海水に溶けているいろいろな塩類（無機質のイオン）の濃度を塩分という。海の塩分濃度は、3.5%である。1kgの海水中に35gの塩類が溶けていることになる。塩分濃度は地域や季節によって変化するが、その成分の存在比はほぼ一定である。

#### 2 構造

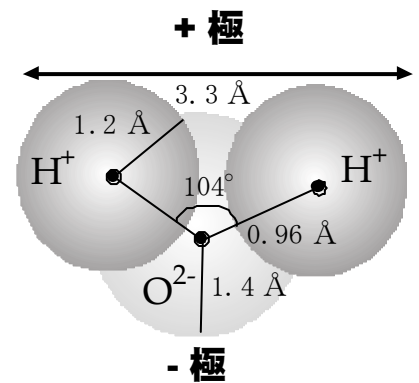
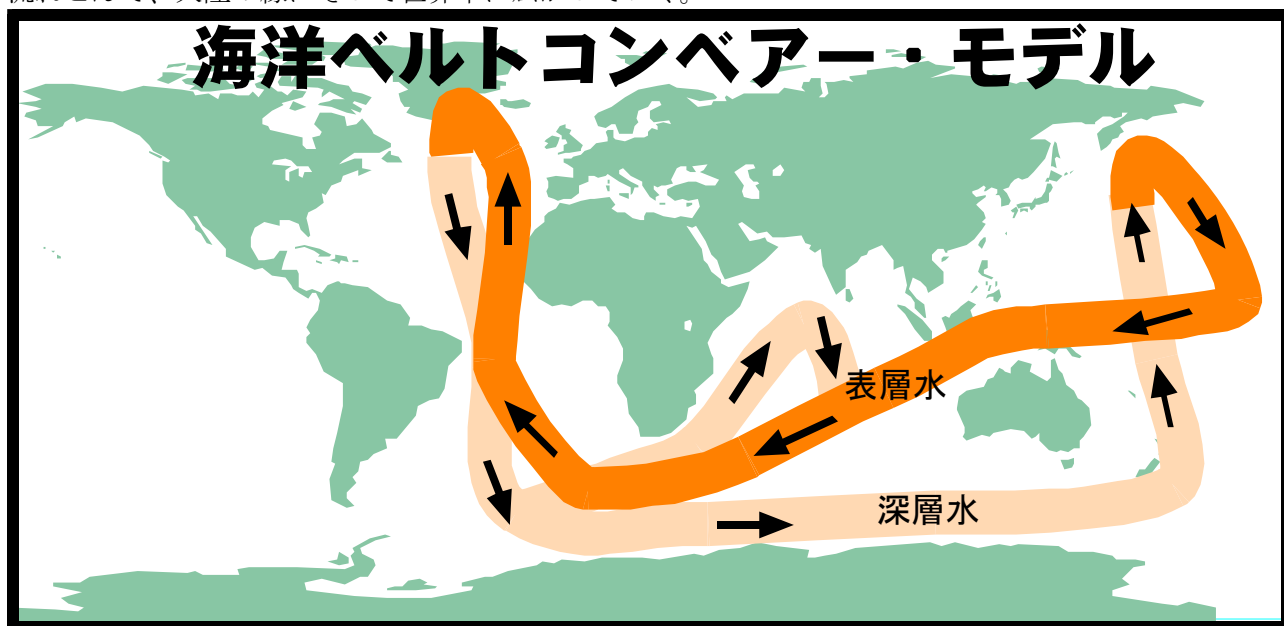


図1 H<sub>2</sub>O分子の構造



水深 500~1,000 メートルで水温が急激に変わる層より深いところでの表層の海流とは別の流れがある。ベルトコンベアーモデル (Broecker, 1991)

この層より深いところの流れは、世界中の海を回る。南極やグリーンランド沖の冷たい海水が、深海に流れこんで、大陸の縁にそって世界中に広がっていく。



グリーンランド沖の海水は、北太平洋まで 2000 年、かかって流れていく。

1969 年から 1978 年にかけて、アメリカ合衆国がおこなった大洋縦断地球化学計画 (Geochemical Ocean Section Study, GEOSECS) で、全世界の海洋が調べられ、海水を集めた。放射性炭素  $^{14}\text{C}$  (半減期 5730 年) によって、海水の年齢を調べられた。

#### 4 海水があるということ

地質の証拠をみると、38 億年前以降、海でできる堆積岩がどの時代にも残されている。それは、地球の表面の温度が、0~100°C の間で保たれていたということを示している。太陽からの距離が適度であったことを示している。

#### 5 海洋の未来

海洋は、将来も同じ海洋か。

マントルへの逆流が起こり始めたが、その後、波があるが、定常状態になっていると考えられる。つまり、今後、海水の量には大きな異変は起こりそうにもない。

海水の組成は、5 億 5000 万年前以降、あまり変化していない。今後とも変化していく兆しはない。

#### ▼ 大気とは

宇宙から地球を見ると、地球のまわりには非常に薄いもやのようなものがかかっていることがわかる。この薄いもやが地球の大気である。

私たちが住む大地には、ふりそそぐ光とそよぐ風がある。「風」と「光」は、私たちに、なくてはならない存在である。

##### 「光」

光は太陽エネルギーが地球に降り注いでいることである。

##### 「風」

地球は自転により、夜と昼が繰り返される。昼に暖められた大気は、軽くなる。夜の大気は冷たく、重くなる。昼夜で、大気にむらができる。そのむらは、大気の移動を生む。つまり、風がおこる。風は大気を循環させる。大気の循環によって地表の温度のむらが小さくなるように調節されていく。

地球の自転と大気、太陽光 (太陽エネルギー)、によって、大気の循環がおこる。

「空気」ということば、地球の大気に対する、固有名詞のようなものである。一般的には「大気」という。この大気という言葉は、他の天体も気体成分についても使うことができる。

## ▼ 大気の変化

### 1 大気の組成は変化した

大気はどのように変化してきたか。一番確実なところは、かつては、CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O を主成分で、O<sub>2</sub> が微量成分だったのが、現在（後述）の N<sub>2</sub>、O<sub>2</sub> を主成分で、CO<sub>2</sub> が微量成分とする大気に変化した。

表 地球の大気組成

圧力	0.1013 MPa	大気に還元
CO <sub>2</sub>	0.04 %	5~10 MPa
N <sub>2</sub>	78 %	
H <sub>2</sub> O	0.483 %	海：30 MPa
Ar	0.934 %	
O <sub>2</sub>	20.9 %	

#### ・ N<sub>2</sub> : 変化なし

N<sub>2</sub> は、昔も、今も、存在する。もともと、あったもの。

#### ・ H<sub>2</sub>O : 海へ

約 40 億年頃に、液体の水となって、以後、海（海洋）に液体として蓄えられている。H<sub>2</sub>O が液体として存在するのは、地球が、太陽からほどよい位置にいたからである。

#### ・ CO<sub>2</sub> : 石灰岩として大陸へ

石灰岩として、地殻へ蓄えられている。

CO<sub>2</sub> は、大陸の岩石含まれているカルシウムを、雨が溶かし、川が、海に運び、かつては化学的反応、現在は生物の殻やサンゴ礁として CaCO<sub>3</sub> として沈殿（固体化）し、プレートテクトニクスによって、石灰岩として大地に保存されている。

つまり、地殻と大気、海洋、生物、プレートテクトニクスの連携によって CO<sub>2</sub> の気体から固体への変換が絶え間なく続けられている。

これは、地球環境の大激変である。

地殻、生命の講義で説明する。

#### ・ O<sub>2</sub> : 生命による合成

生物がつくった。

約 27 億年前から生産がはじまり、

20 億年前頃から、大量生産しはじめた。

地球環境の大激変である。

5 億 5000 万年前に再度酸素の増加。

根拠：浅海での生物の進出

4 億 5000 万年前にオゾン層の形成。

根拠：生物の陸上への進出

その生産は今も続いている。

### 2 太陽の明るさの増加

核融合反応の理論に基づけば、太陽の核融合反応は、中心部の密度と温度が増えると、効率が良くなる。太陽は、形成後の時間と共に、明るさを増していく。したがって、太陽の放出エネルギーは、45 億年前には、今より 25~30% 少なかった。現在の地球大気の組成なら、20 億年前には、平均気温が 0℃ 以下であったことになる。

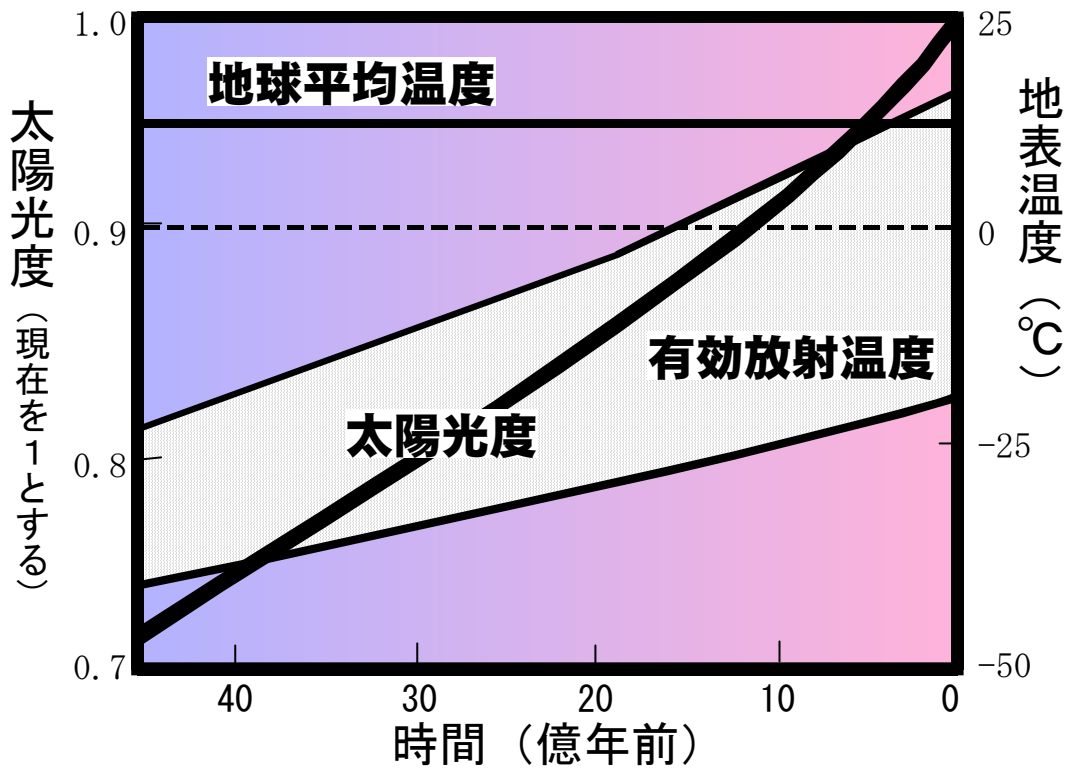
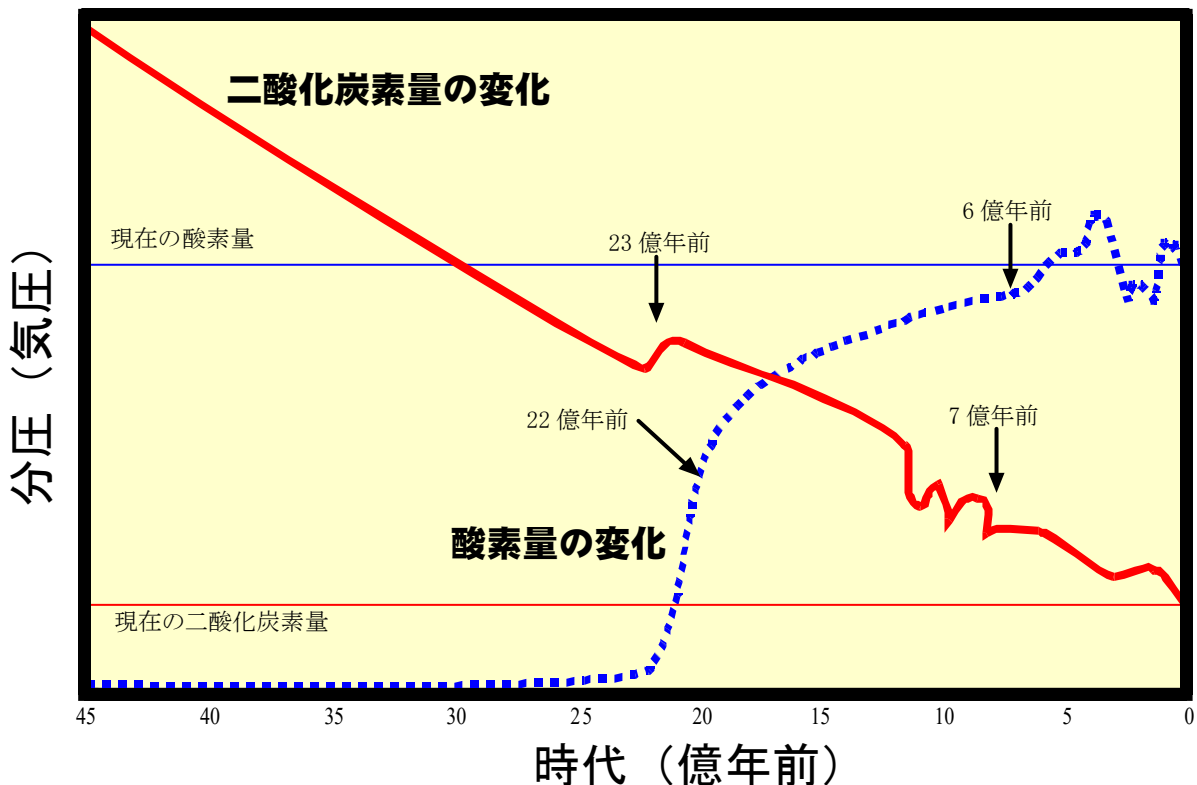


図 太陽の光度の変化と地球の温度

しかし、堆積岩の存在という証拠から、地表には 38 億年前から現在まで海があったことがわかっている。これをカールセーガンらが「暗い太陽のパラドックス」と呼んだ (Sagan & Mullen, 1972)。

### 3 二酸化炭素の減少

地球誕生当初の寒さは、二酸化炭素の温室効果が働いていたことで、地表は熱くなっていたと考えられる。その後、太陽が明るくなってくると、二酸化炭素が固定され、温室効果が衰えることで、その効果を抑えることができる。



「暗い太陽のパラドックス」は大気中の二酸化炭素の固定で解決される。



## ▼ 大気的作用

### 1 大気の構造：バリアとしての役割

太陽からは、生き物にとって有害な粒子（イオン）と電磁波がやってくる。それを、大気はバリアとなって防ぐ。

太陽からの粒子（太陽風という）は、地球の磁場によってはじかれる。それでも、大気圏に入ってくるものがオーロラとなる。だから、太陽から来る粒子によるオーロラは、北極と南極で対称のものができる。

オゾン層は紫外線をさえぎる。強い紫外線は生物のDNAを破壊する。地表で生きるためにはオゾン層はなくてはならない。オゾン層は、酸素分子と紫外線が反応してできる。酸素分子は光合成をする生物がつくりだしたものである。生物は自分たちが住みよように大気の成分を変化させてきた。

太陽以外の銀河電磁波（銀河風という）のおおくが磁気圏や大気によってはじかれている。

隕石や宇宙塵も地球に落ちてくる。宇宙塵は大気の中を落ちてくる間に、多くのが燃えつきてしまう。隕石や一部の宇宙塵だけが地表にふってくる。

このような有害な成分をとりのぞいてくれているのが、大気である。

大気は、バリアである。

私たちが光（可視光という電磁波）とよんでいるものが、地表にまで達する。大気のパリアを通りぬけたおだやかな太陽エネルギーによって、地球上の生物は生きている。

### 2 気温の平均化

地球の大気の運動には、規則性がある。季節によって少し変化するが、ほぼいつも同じような風がふいている。

例えば、ハドレー循環の一部となる赤道付近では、東からの貿易風とよばれる風  
中緯度付近には西から偏西風  
高緯度でも極を循環する風がふいている。

このような大気の運動で、大気をかき混ぜ、均質化がおこなわれている。大気の運動は、赤道付近をさまし、極付近をあたためる。大気の動きによって、大気ので表の付近の温度の均質化がおこなわれている。つまり、地表はおだやかな温度、環境に保たれている。

### 3 生物に住みやすい環境を提供

地球に海があるのは、大気がカバーしているからである。生物が陸から出て陸上生活できるのは、大気があるからである。

## ▼ レポートについて

レポートは**時間厳守**です。

第3回 人類と野生生物はどうすれば共存できるでしょうか

締め切り：7月18日（木）24：00（時間厳守）

