

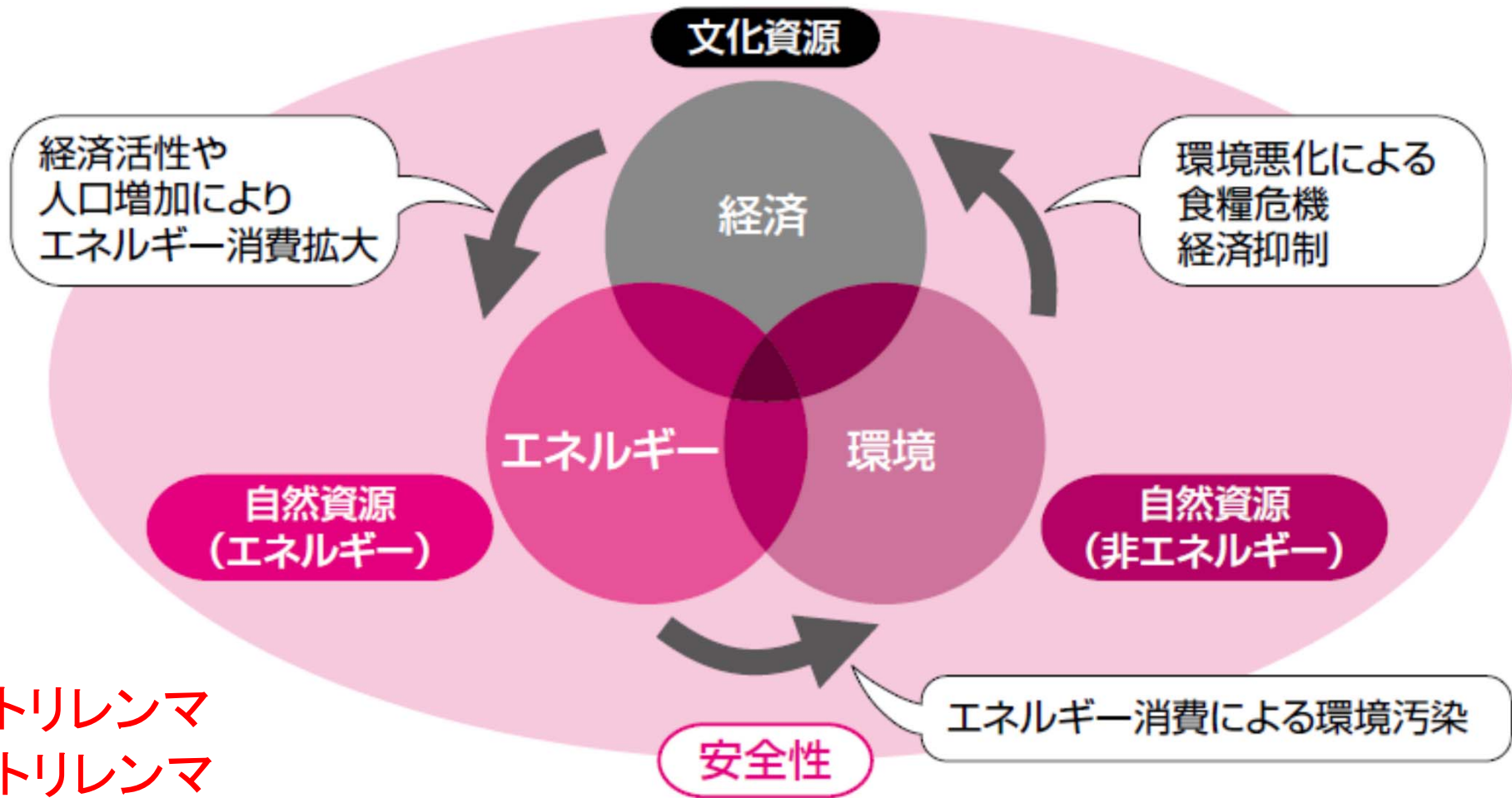
基礎セミナー
話題提供2

2018年10月18日
名大基礎セミナーB

環境の基礎

教員：山崎耕造

エネルギー(Energy)・環境(Environment)・経済(Economy)の
3つの問題(トリレンマ)と安全性(Safety)確保



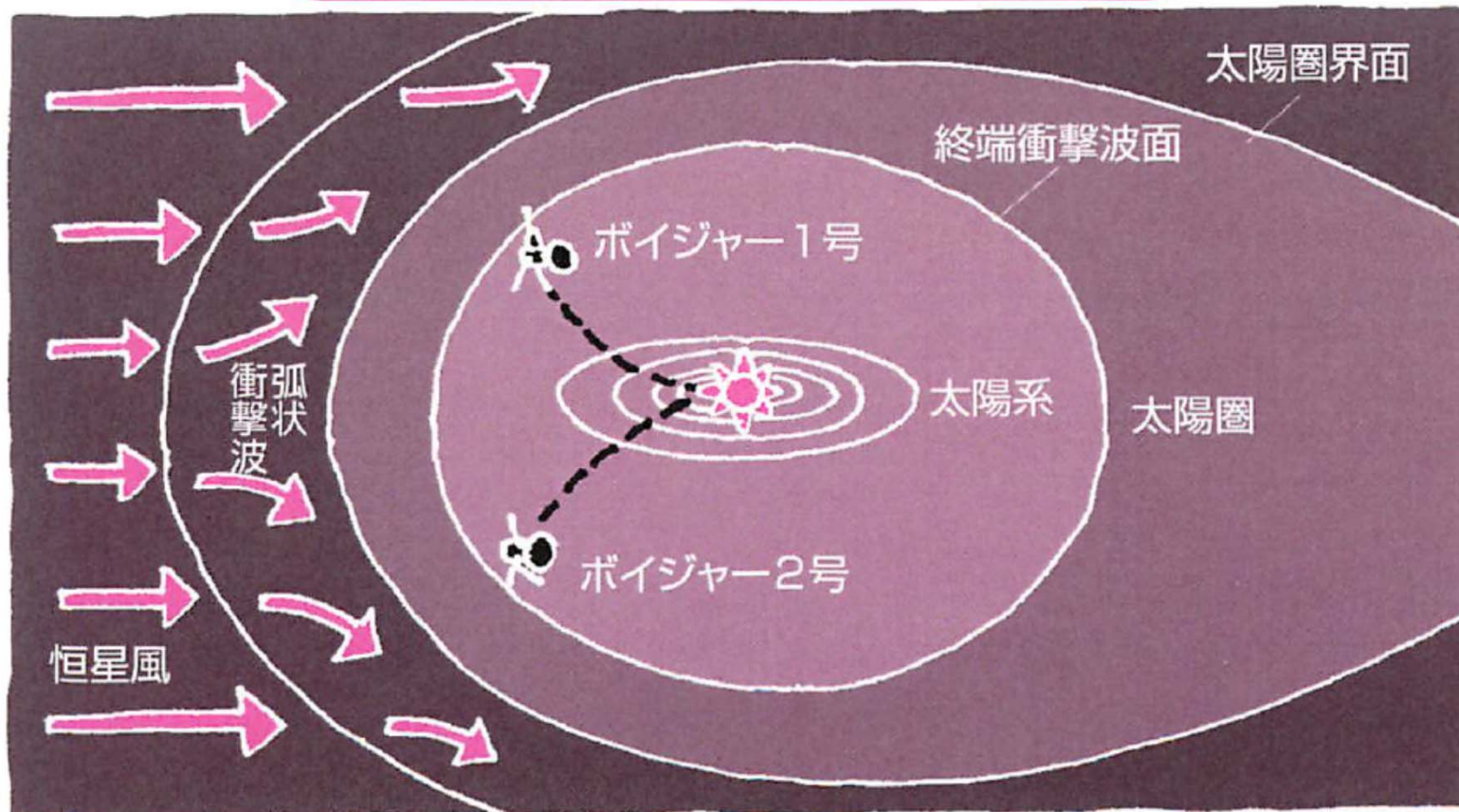
3Eトリレンマ
3Fトリレンマ

地球から宇宙へ



太陽圈

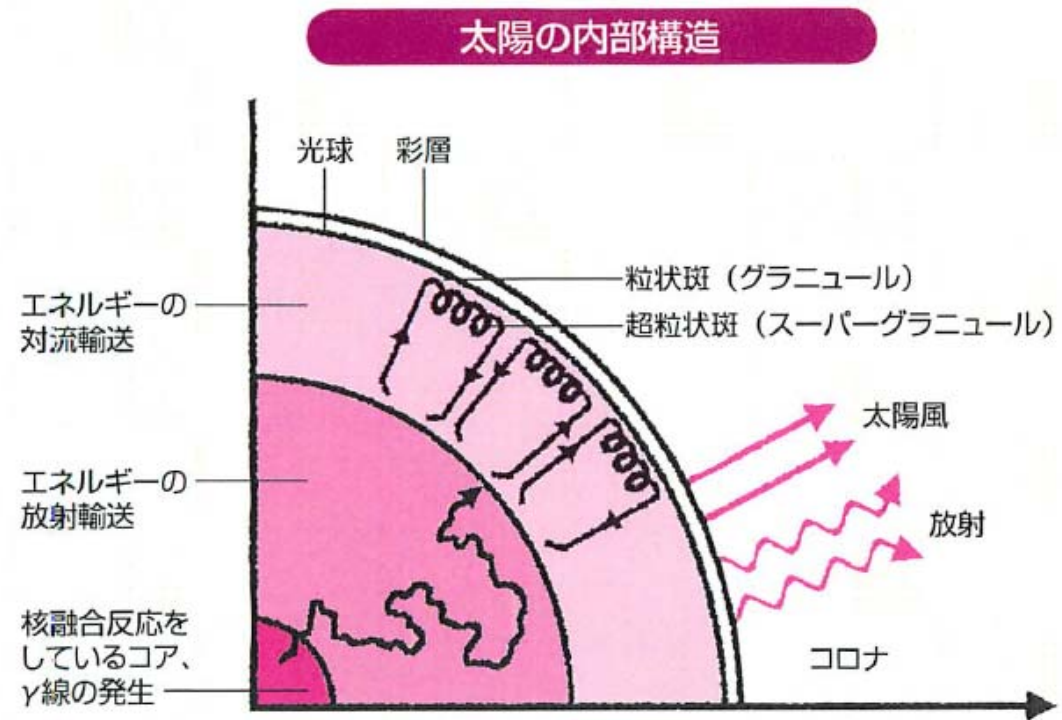
太陽風の広がり（太陽圏）



太陽風と恒星風とのバランスから、太陽圏が決まります。探査機ボイジャーは今、その終端の衝撃波面に差しかかっています。

トコトンやさしい「太陽の本」(山崎耕造著)より

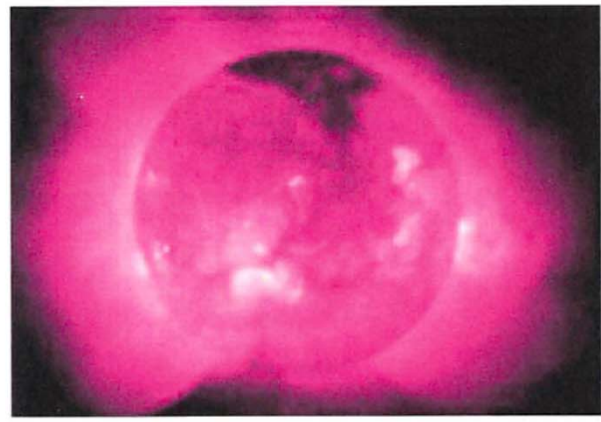
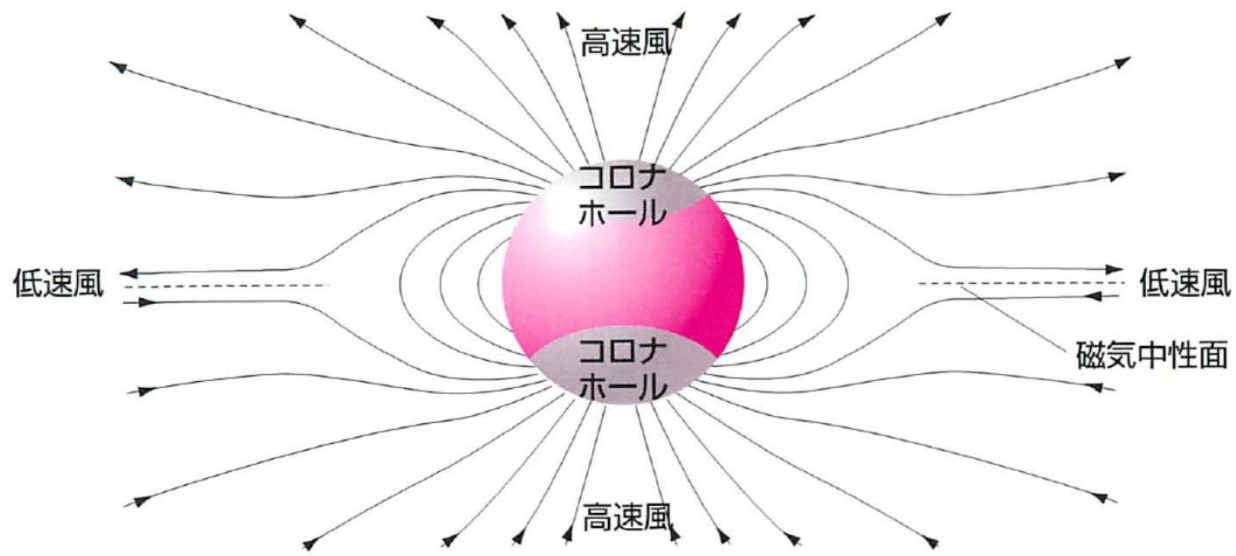
太陽の内部構造



太陽は大きなプラズマ球です。コアでの核融合反応でニュートリノとガンマ線が放出されます。ニュートリノは、直接太陽から地球に8分ほどで到達します。一方、ガンマ線（高エネルギー光子）は放射層の中の原子に吸収され、再放出されて、外側に行くに従い、エネルギーの低い多数の光子に変換されていきます。太陽の光になるのに数百万年かかります。

「太陽エネルギー発電の本」より

コロナホールからの太陽風



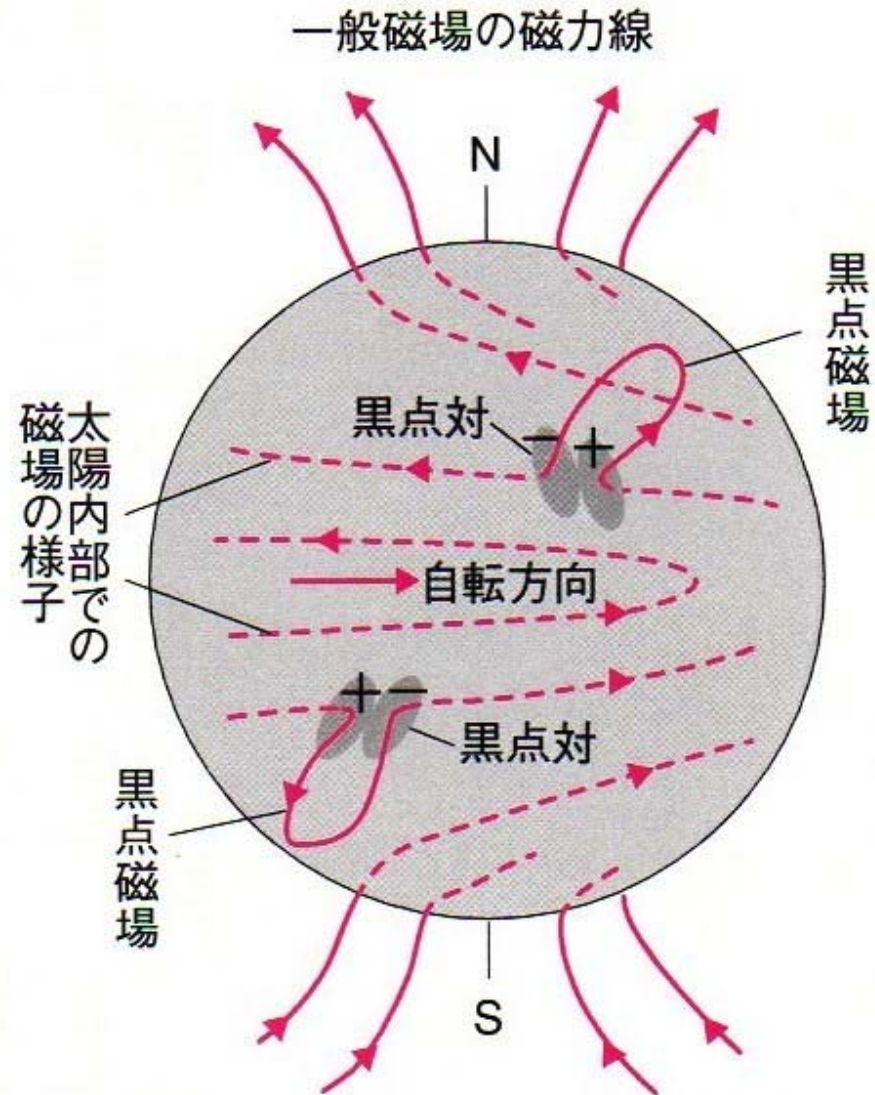
YOHKOHによる軟X線画像であり、極での暗部がコロナホールです。ここから磁力線が放射状に伸びており、高速の太陽風が流出しています。

写真提供：宇宙航空研究開発機構（JAXA）

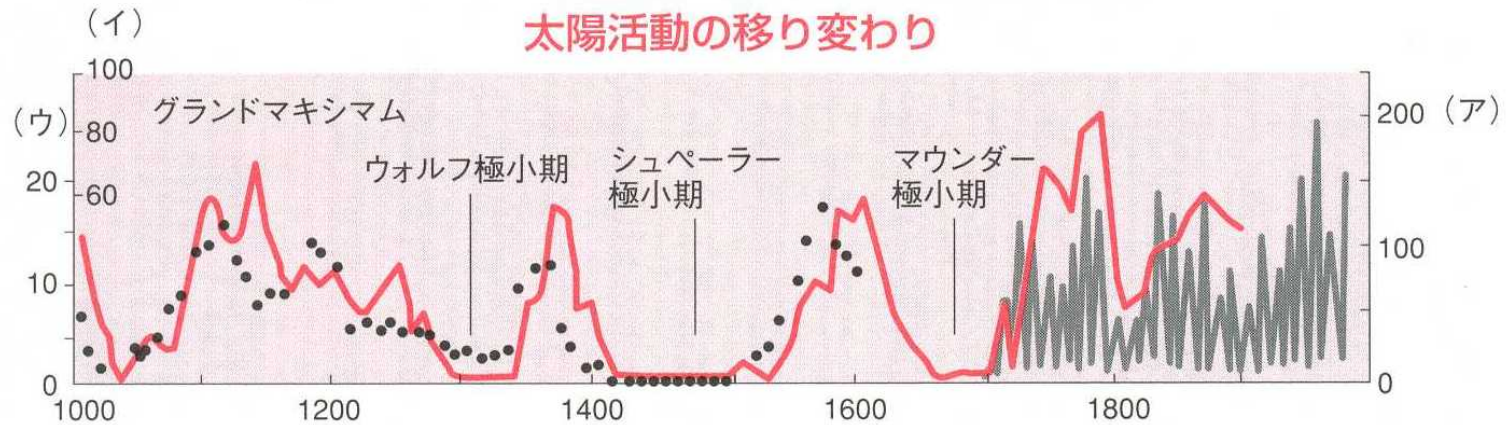
黒点对の生成

黒点是对で光球面に現れます。
太陽活動周期に従って黒点発生場所
が異なります。

- (1) 周期の初期（極小期近く）では
緯度30度付近
- (2) 極大期では緯度15度付近
- (3) 周期の後期（極小期近く）では
赤道付近



自然の影響としての寒冷化の可能性

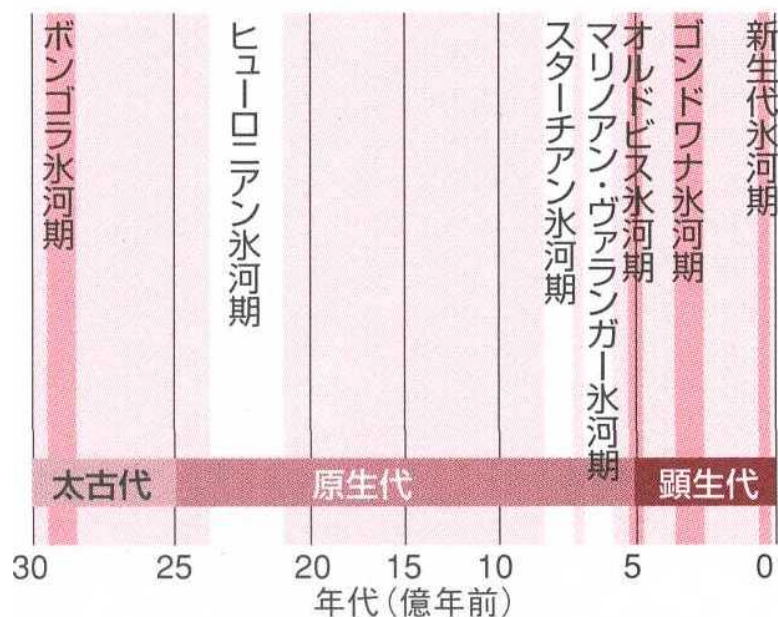


太陽活動を3つの量で表示しています。ヨーロッパの小氷河期と呼ばれていた寒い時期は、マウンダー極小期と一致しています。

- (ア) 太陽黒点数の年平均値（1650年から1990年までの針状曲線）
- (イ) 樹木の年輪の中の放射性同位元素炭素14のからの太陽活動度（1000年から1900年までの曲線）。銀河宇宙線が大気に入射するときに炭素14が作られますが、太陽活動が大きい時には銀河宇宙線の地球への侵入が少なくなり、光合成を行っている植物中の炭素14が減少します。
- (ウ) 北半球でのオーロラの発生数の10年毎の集計（黒丸）

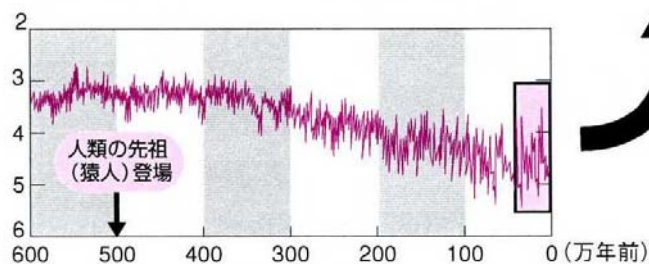
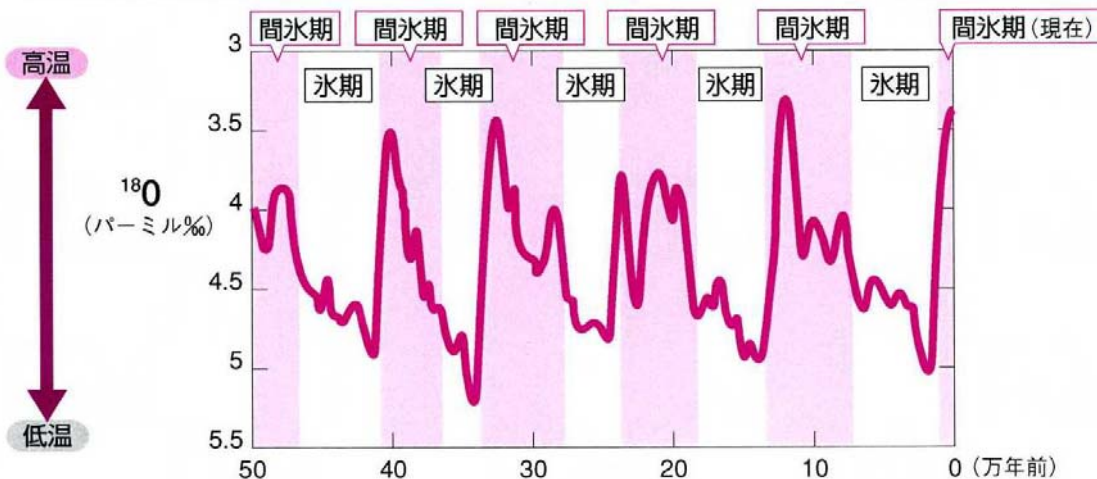
太陽活動の周期として、11年周期での黒点数変化がありますが、さらなる長期変動では3つの極小期が確認されています。

原生代の氷河期



3つの氷河期で地球の全球凍結があった可能性が大です。

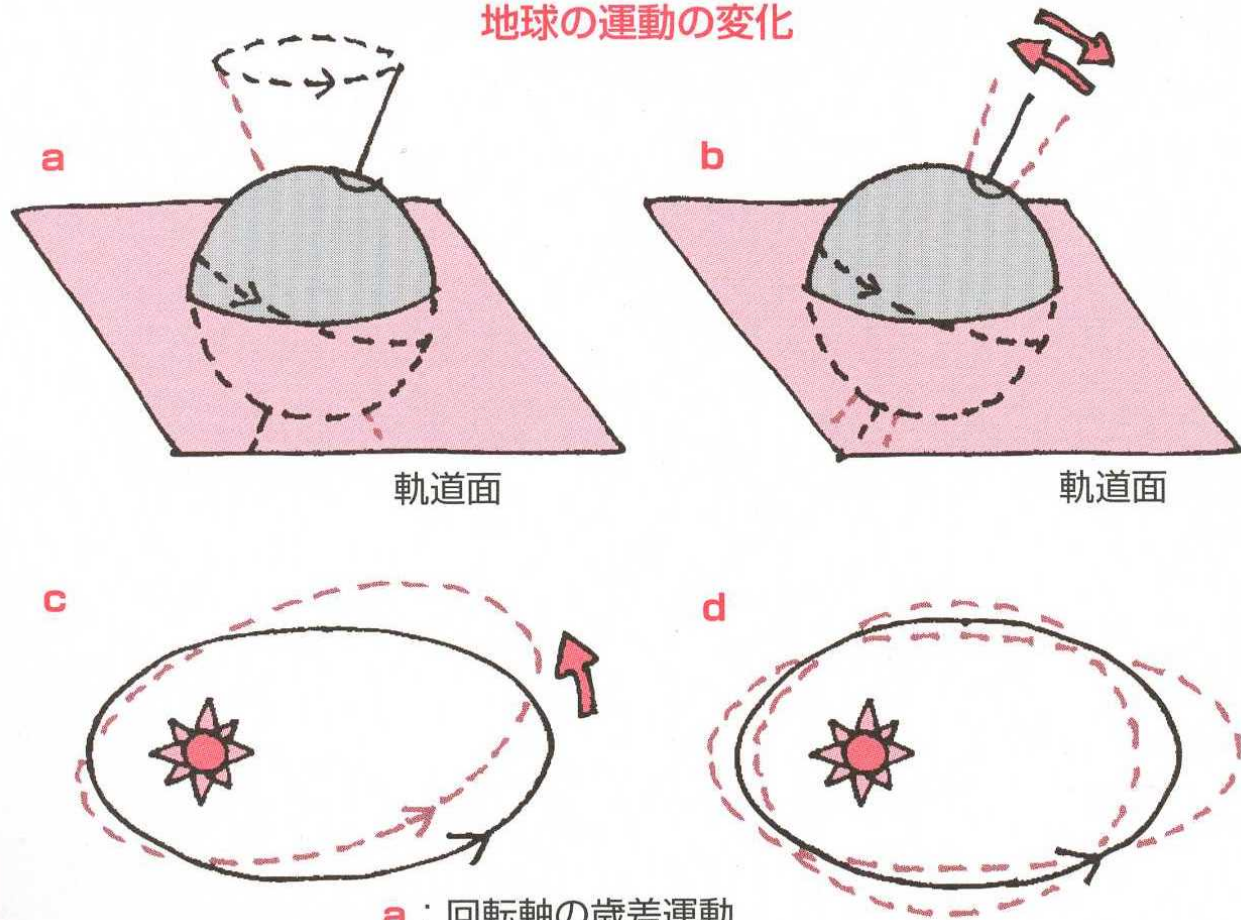
長期的な地球温度の変化 (海底堆積物での酸素同位体の千分率 (パーミル))



海水が蒸発する際
軽い原子番号16の酸素が
多く蒸発するので
氷河の氷は酸素18は少ない。
温度上昇時には氷が解けて
海水中の酸素18が低くなる。

ミランコビッチサイクル (日射量の長周期変動)

地球の運動の変化



軌道面

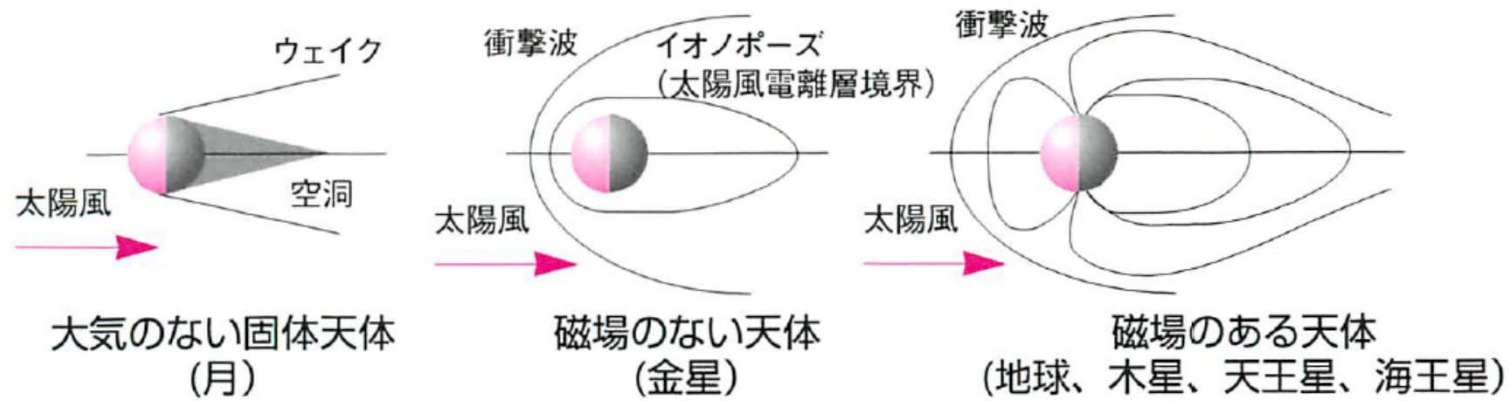
軌道面

- a : 回転軸の歳差運動
- b : 軌道面の傾きの変化
- c : 公転軌道面の変化
- d : 離心率の変化

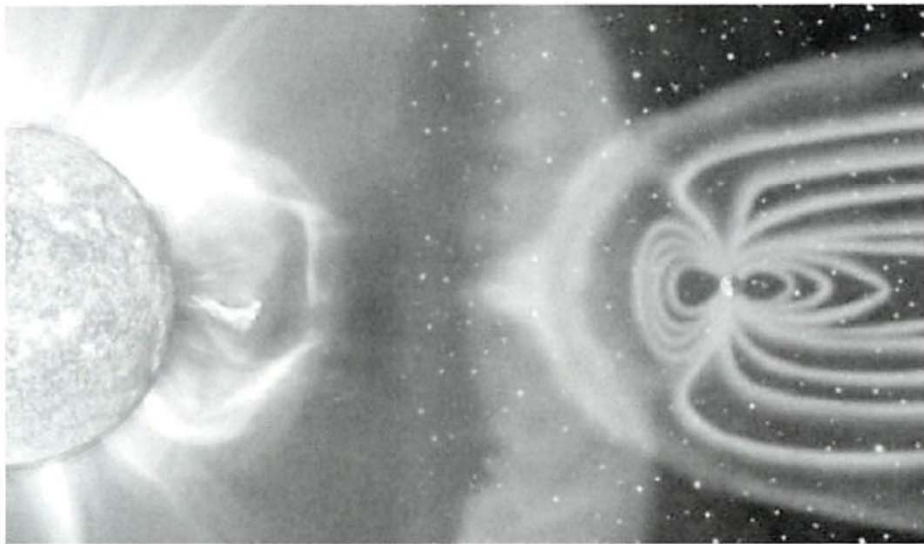
図では変化をすべて誇張してあります。

磁気圏

太陽風と磁気圏



CMEによるプラズマの流れと地球磁場とのつりあい



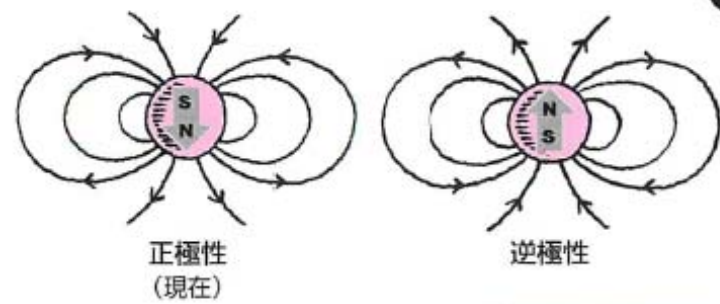
太陽からのプラズマの流れ（太陽風）や宇宙線は地球に直接届かずに地球磁場で和らげられています。

(イラスト提供：SOHO (ESA&NASA)
<http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/images/sunearth01.html>)

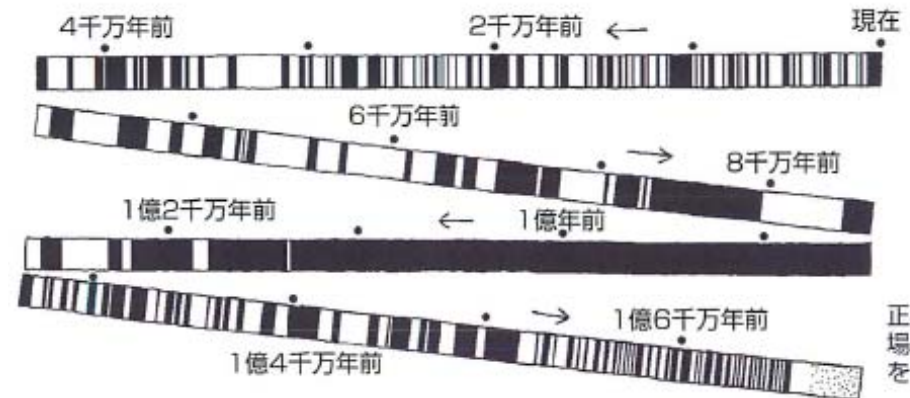
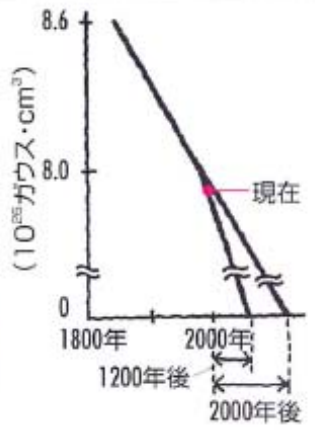
地磁気の発生

地球磁場の反転の歴史

地球磁気双極子のモーメントの変化



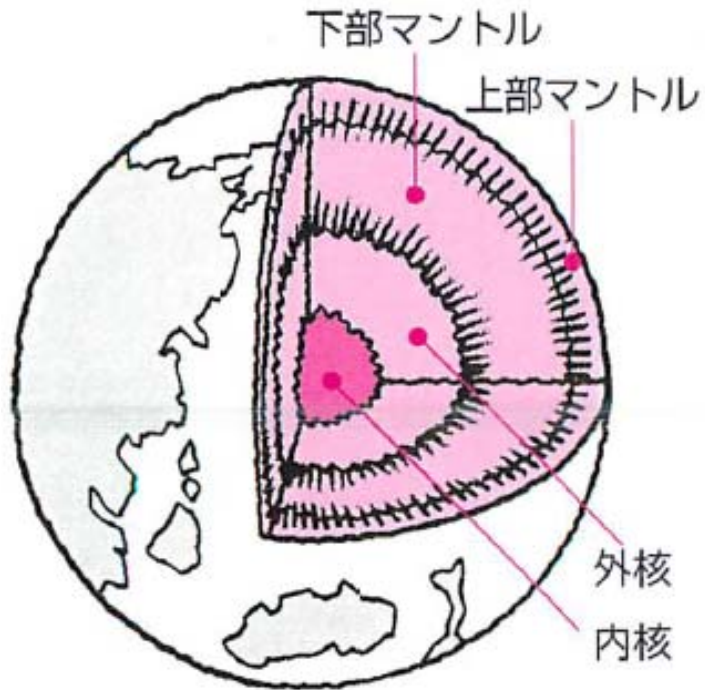
現在の地磁気は減衰しています



正極性 (現在の磁場) を黒、逆極性を白で示した。

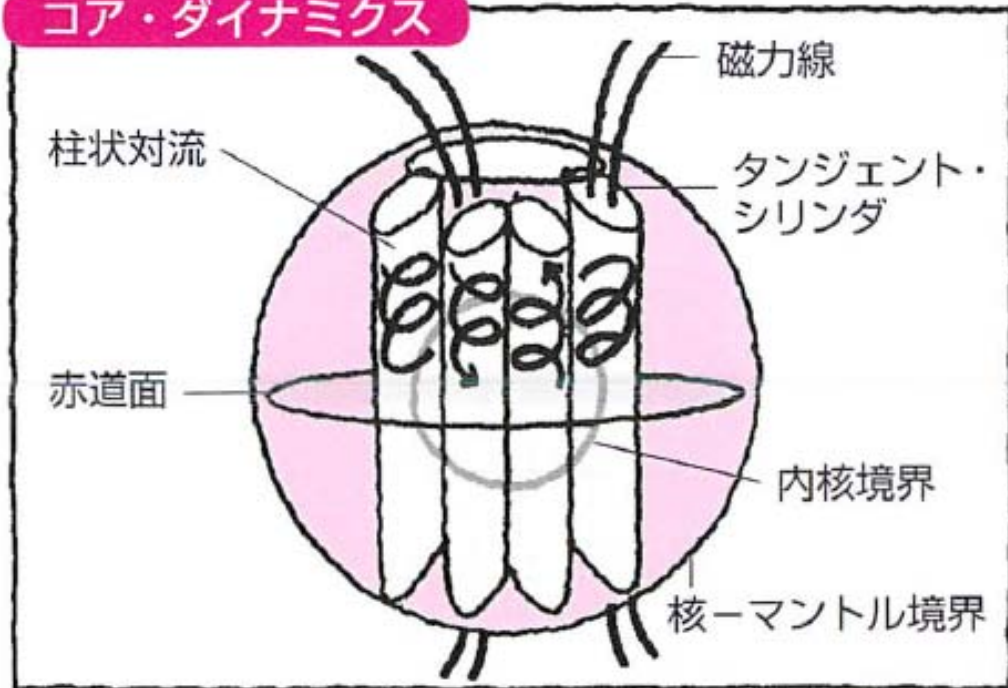
「プラズマの本」より

地球の内部とダイナモ



内核は固体金属の鉄
外核は液体金属の電磁流体

コア・ダイナミクス

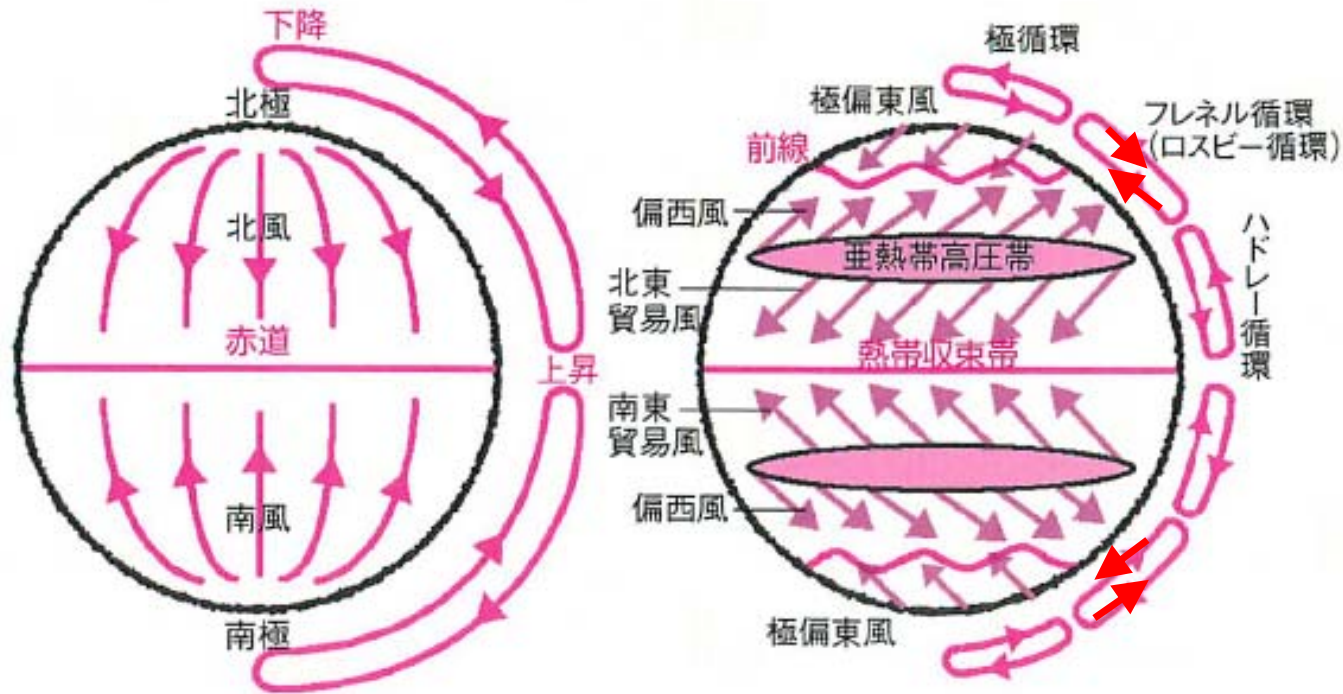


外核でのプラズマの流れが
磁場を生み出しています

「プラズマの本」より

大氣圈

世界の大気の大循環



地球が自転していない場合

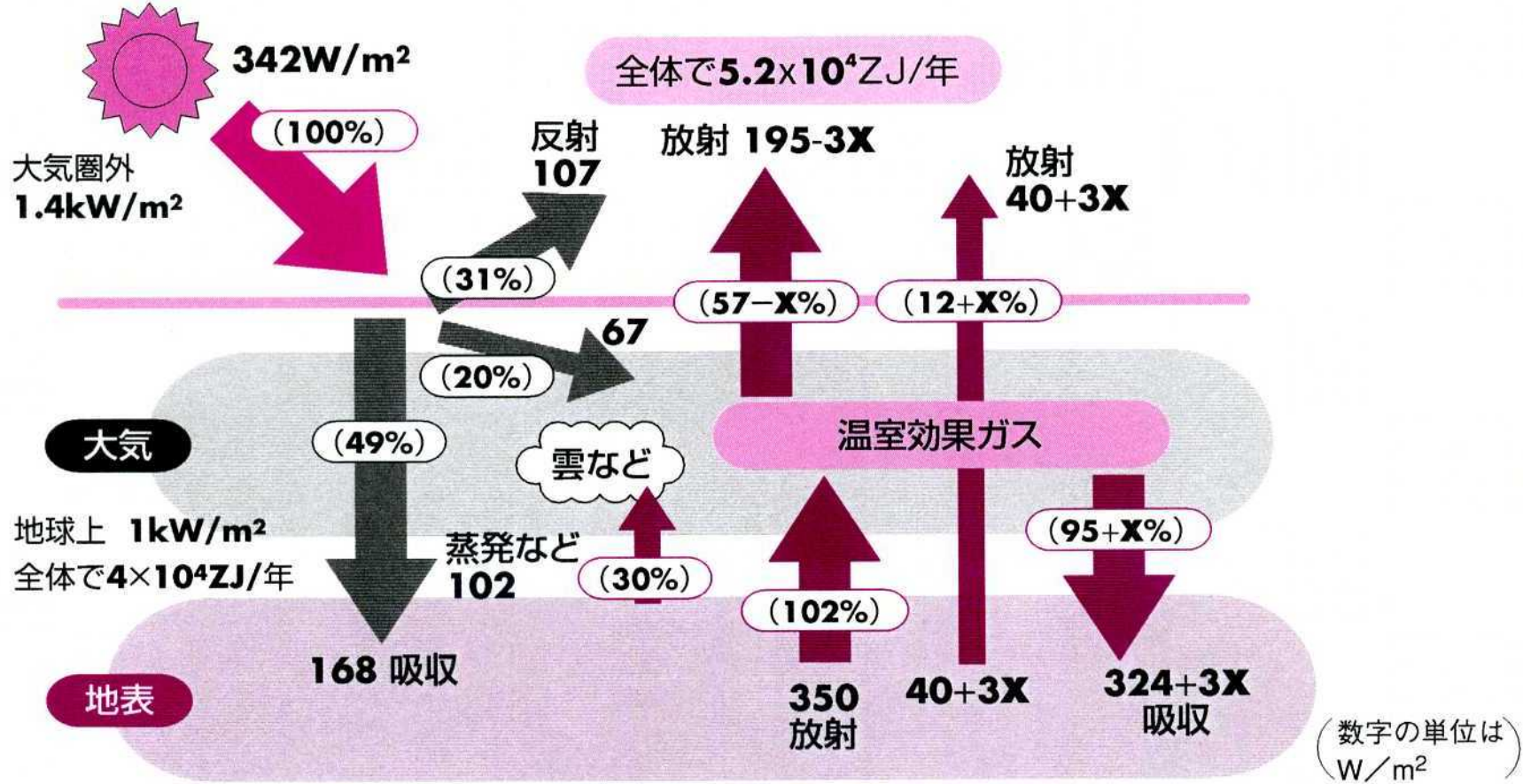
地球が自転している場合

太陽からの熱と地球の自転から、大気の流れがつけられます。

「トコトンやさしい太陽エネルギー発電の本」(山崎著)より

地球と大気のエネルギー収支

温室効果ガスの増加により、**X%**のエネルギーの遮断・吸収を仮定した場合



地球型惑星の大気組成と温室効果

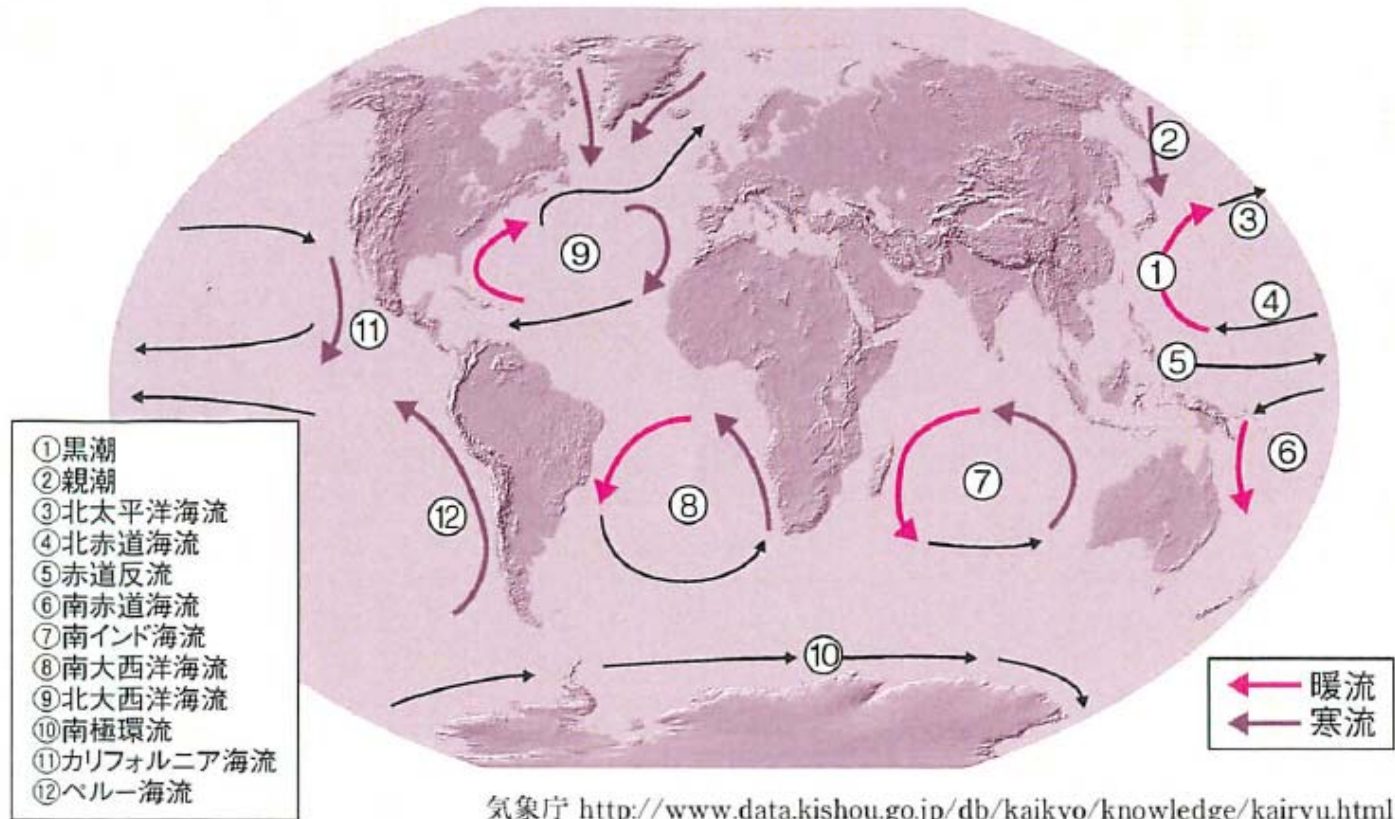
	表面気圧 (気圧)	主な温室 効果気体	温室効果気体が ない場合の地表気温	観測される 地表気温	温室効果
金星	90	>90% CO ₂	-46℃	477℃	523℃
地球	1	~0.04% CO ₂ ~1% H ₂ O	-18℃	15℃	33℃
火星	0.007	>80% CO ₂	-57℃	-47℃	10℃

(出典：IPCC(1990)；気象庁訳)

金星は気圧が地球の90倍で二酸化炭素も90%以上含まれていますので500度近くの温室効果がありますが、火星は気圧が極端に低く地球に比べて温室効果があまりありません。火星改造計画（テラフォーミング）では、二酸化炭素ガスによる温暖化計画も検討されています。

水圈

世界の海流の大循環





●コラム 熱塩循環

デイ・アフター・トゥモロー *The Day After Tomorrow*

2004年 米国SF／パニック映画

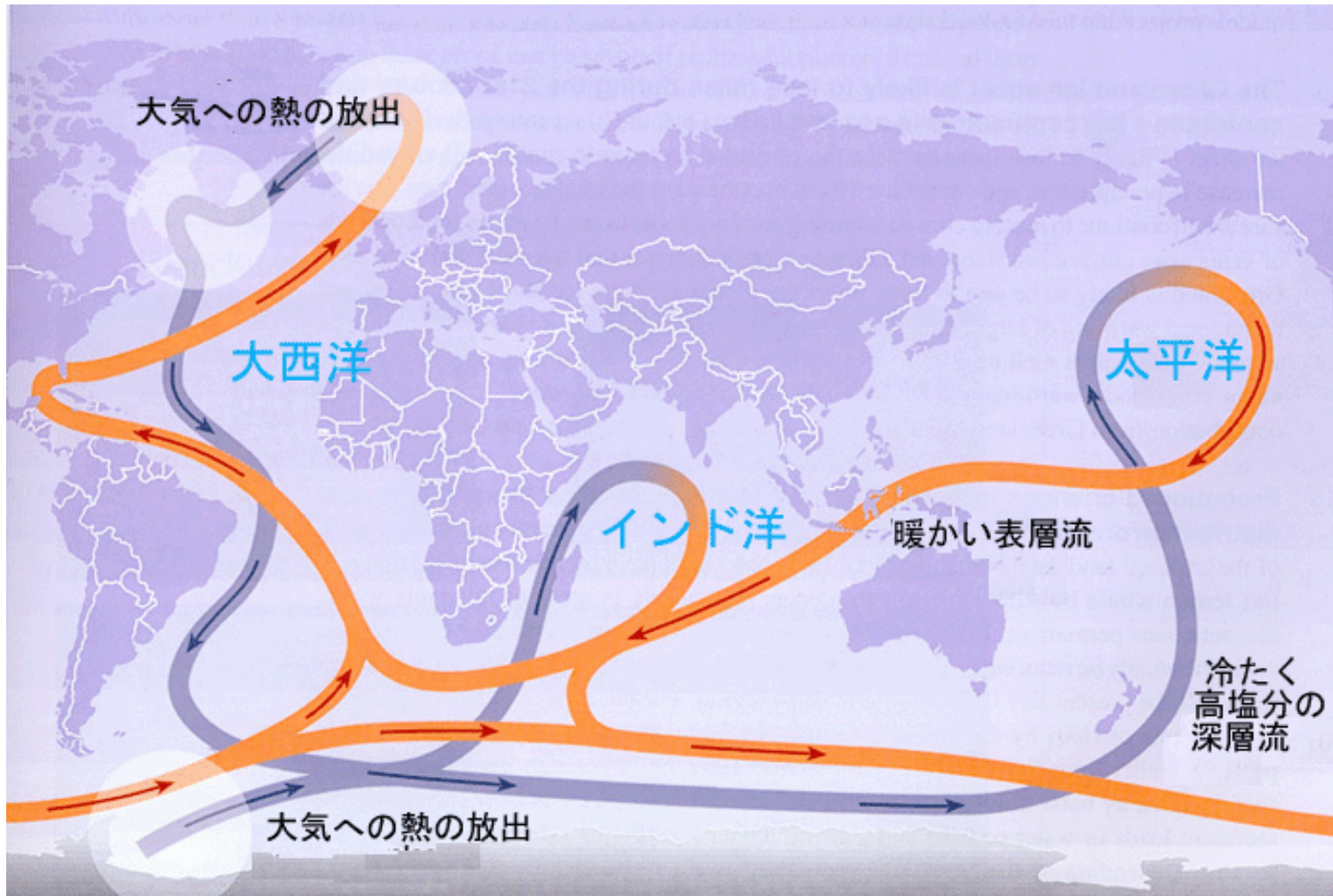
監督 ローランド・エメリッヒ

温暖化による海流の急変により、氷河期到来

深層 熱塩循環



コラム3 熱塩循環



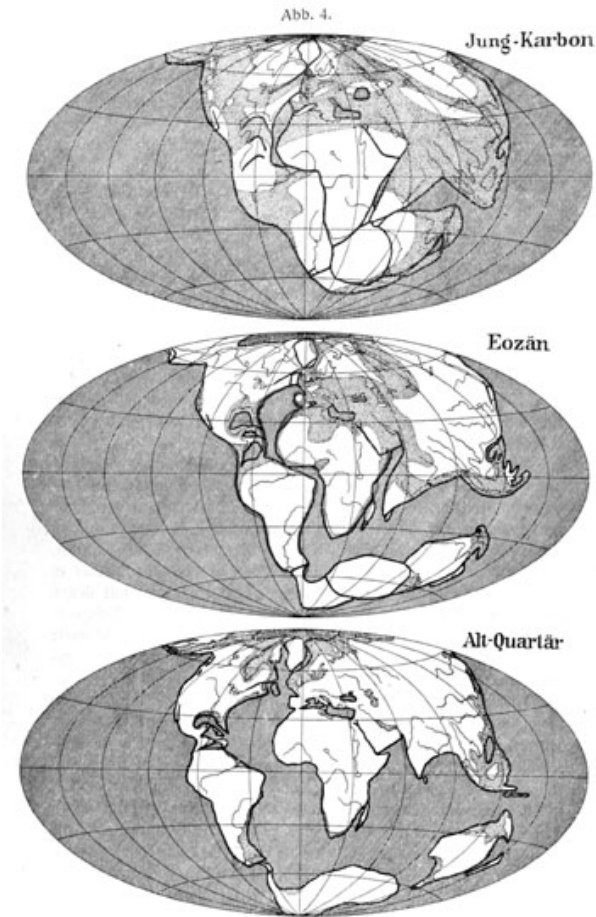
地圖

大陸移動説とウイilsonサイクル

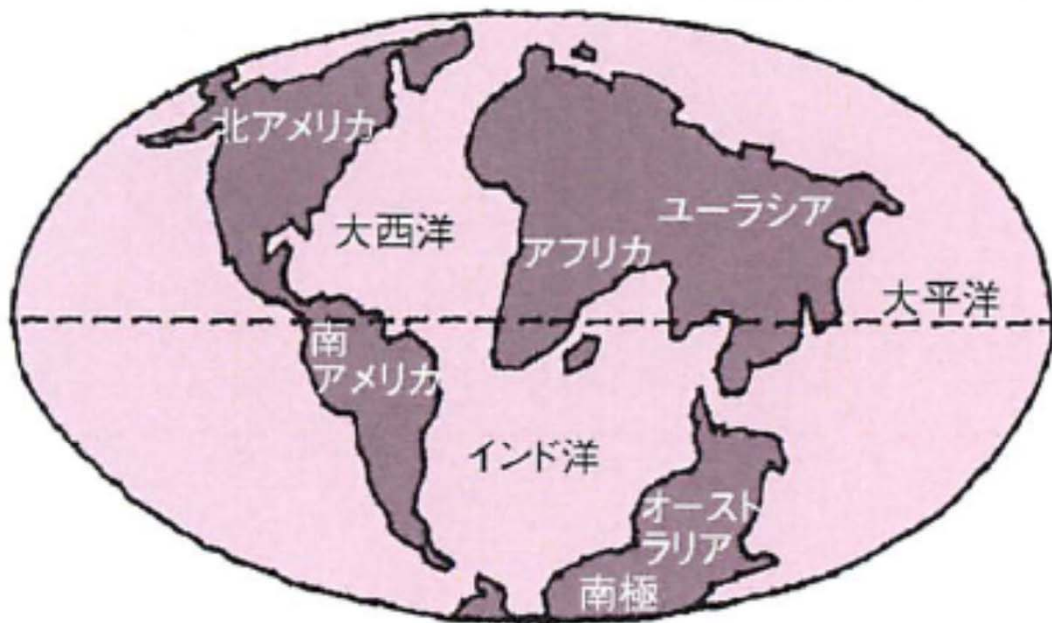
1912年 ドイツの地球物理学者
アルフレッド・ウェゲナー
著書『大陸と海洋の起源』

1966年 カナダの地質学者
ツゾー・ウイilson

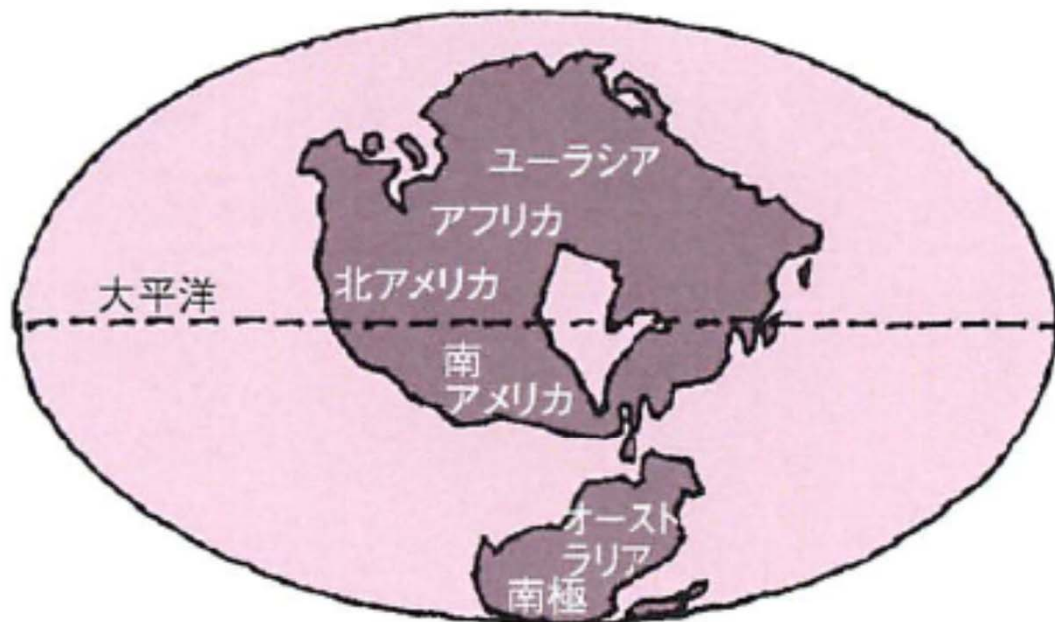
約10億年前 「ロディニア大陸」
約6億年前 「ゴンドワナ大陸」
2.5億年前 超大陸「パンゲア大陸」
現在
数億年後 新超大陸



地球の大陸の将来



1.5億年後の大陸の配置



2.5億年後の大陸の配置

生物圈

生物種の大量絶滅

地球環境の変化の3つの原因



地球の底から
(超大陸の分裂、他)



三葉虫の大量絶滅

宇宙から
(小惑星衝突、他)



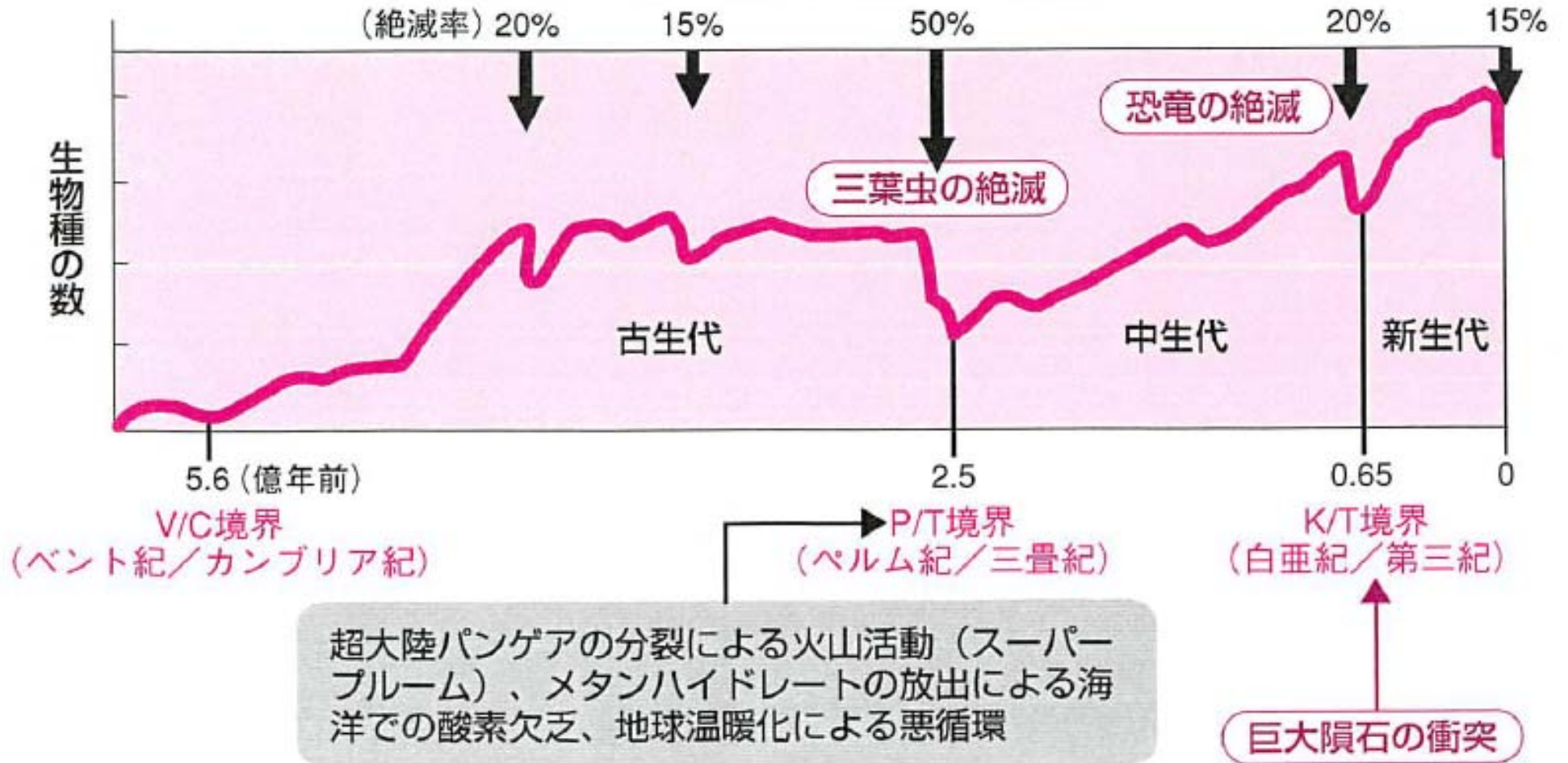
恐竜の大量絶滅

生物自身から
(酸素生成、人間活動、他)



現代の生物種の
大量絶滅

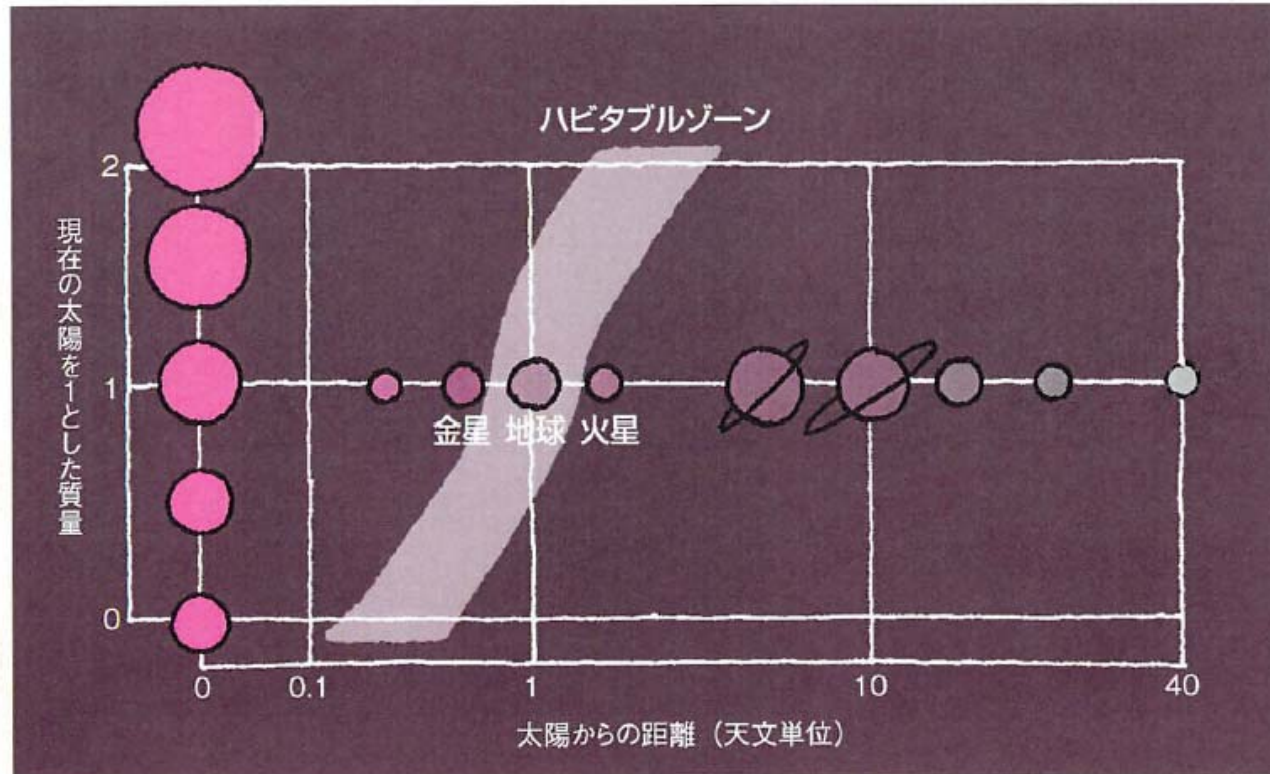
古生代以降の生物種の数の変化



「エネルギーの本」(山崎耕造著)より

ハビタブルゾーン

太陽の進化に伴うハビタブルゾーン(生存可能領域)の変化

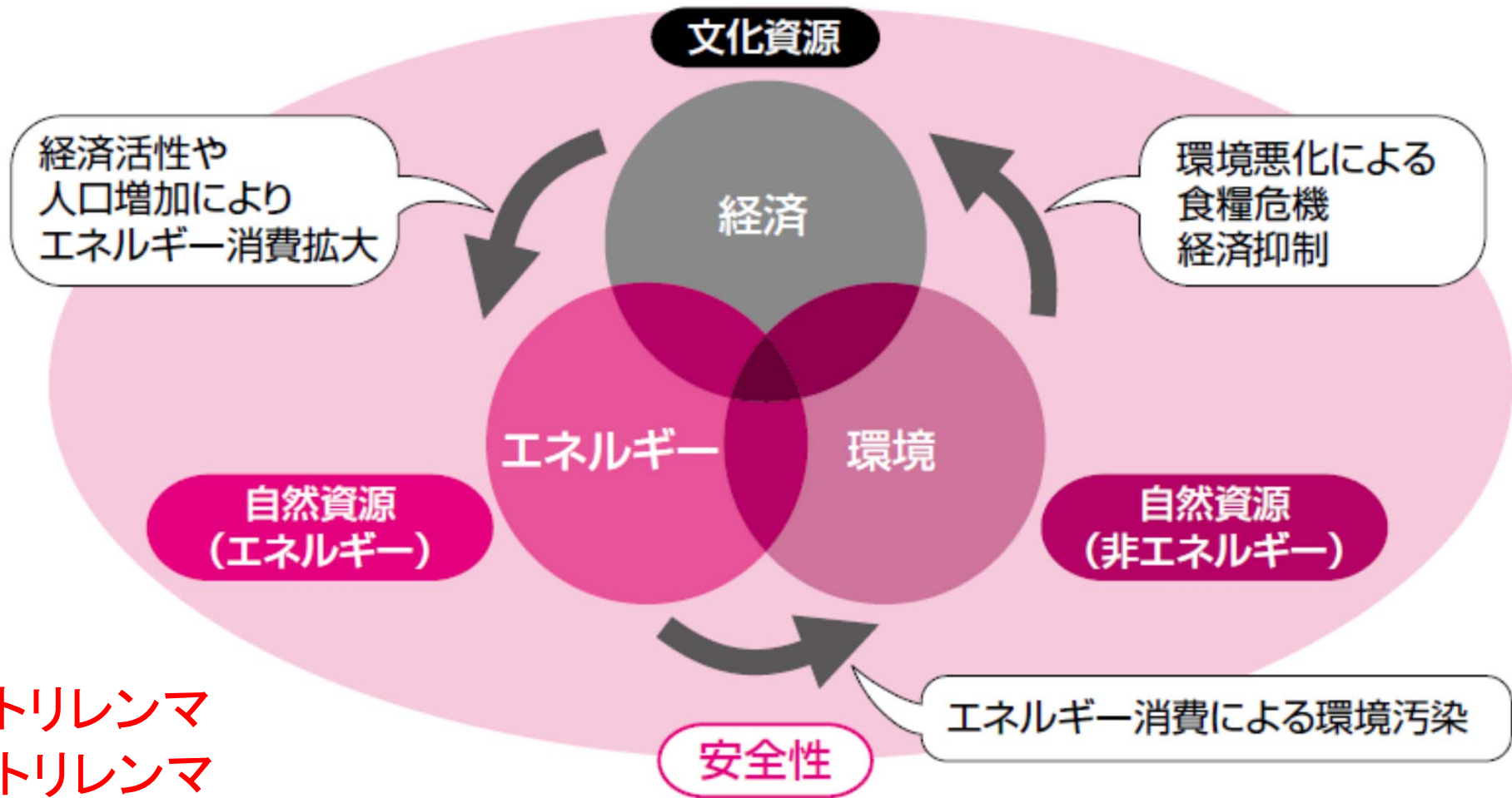


現在のハビタブルゾーンは、0.97~1.34 天文単位と考えられています。
1 天文単位は太陽と地球の距離 (~500 光秒= $\sim 1.5 \times 10^{11}$ m) です。

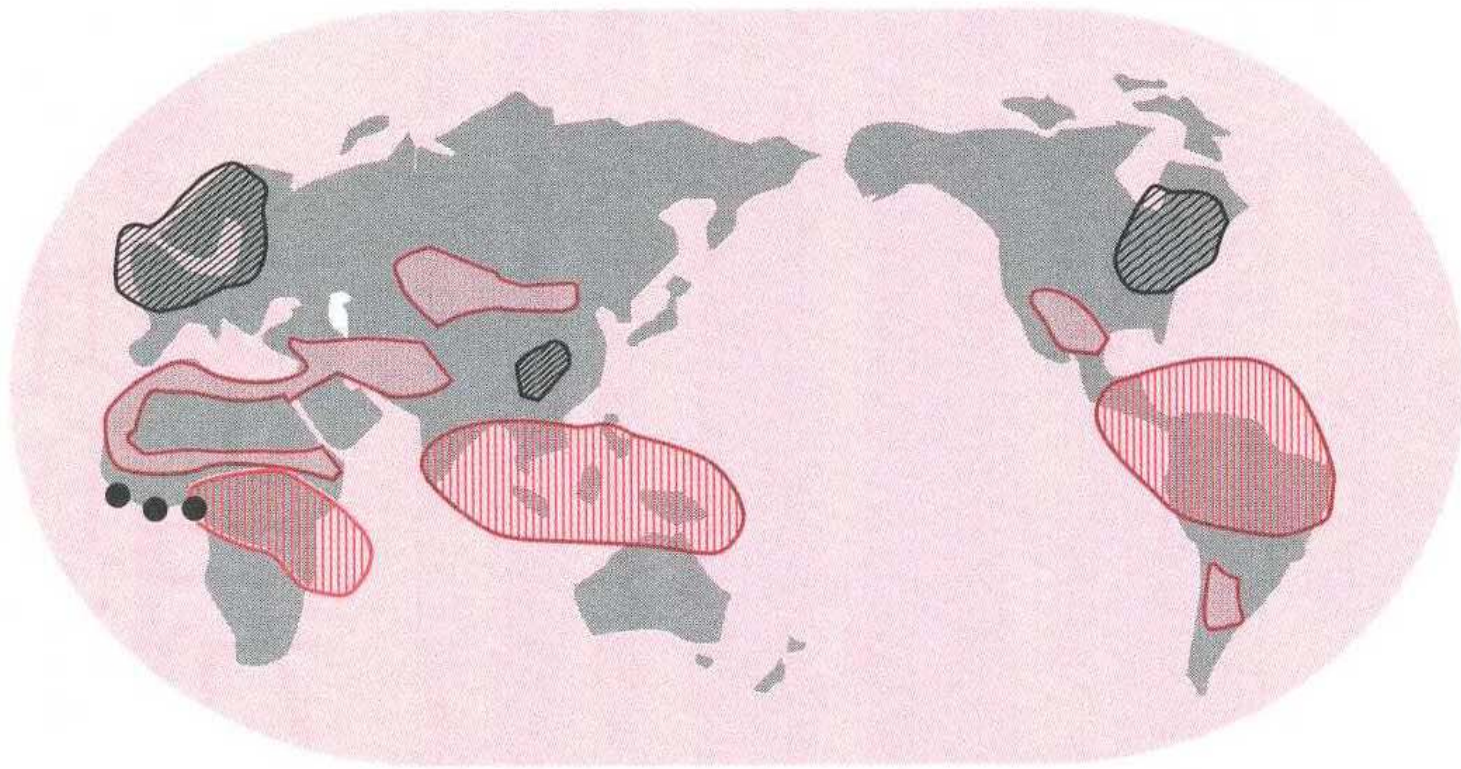
「太陽エネルギー発電の本」(山崎耕造著)より

現代の地球環境問題

エネルギー(Energy)・環境(Environment)・経済(Economy)の
3つの問題(トリレンマ)と安全性(Safety)確保



3Eトリレンマ
3Fトリレンマ



- ①地球温暖化
- ②オゾン層の破壊
- ③酸性雨
- ④砂漠化
- ⑤熱帯雨林の破壊
- ⑥有害廃棄物の越境移動

映画で見る環境問題



不都合な真実

(2006年 アメリカ)

地球温暖化問題の指摘

講演会の模様の

ドキュメンタリー

ノーベル平和賞
2007年10月

アル・ゴア前米副大統領(59)と
「気候変動に関する政府間パネル」
(IPCC、事務局ジュネーブ)に

英国での裁判 教材として使う時の留意点

Presentation is 'broadly accurate' but lacks balance

「9つの誤り」

1. 太平洋サンゴ礁が温暖化で沈みつつあり住民が避難している、の証拠はない
2. メキシコ湾流が止まって西ヨーロッパが氷期に入る、の可能性は非常に低い
3. 65万年の二酸化炭素と気温の相関の解釈は正しくない
4. チャド湖の縮小は地球温暖化が原因、ではなく人口増加等の影響と考えられる
5. キリマンジャロ山の雪が消えた原因は人工的な地球温暖化、は不明
6. ハリケーン・カトリーナは地球温暖化のため、は証拠不十分
7. ホッキョクグマが溺れたのは北極の氷が減ったから、は間違い
8. サンゴ礁の白化の原因は複雑
9. 近い将来に海面が急速に6m上昇する、は極端すぎる

最新版：
IPCC
第5次評価報告書



IPCC 第5次 評価報告書

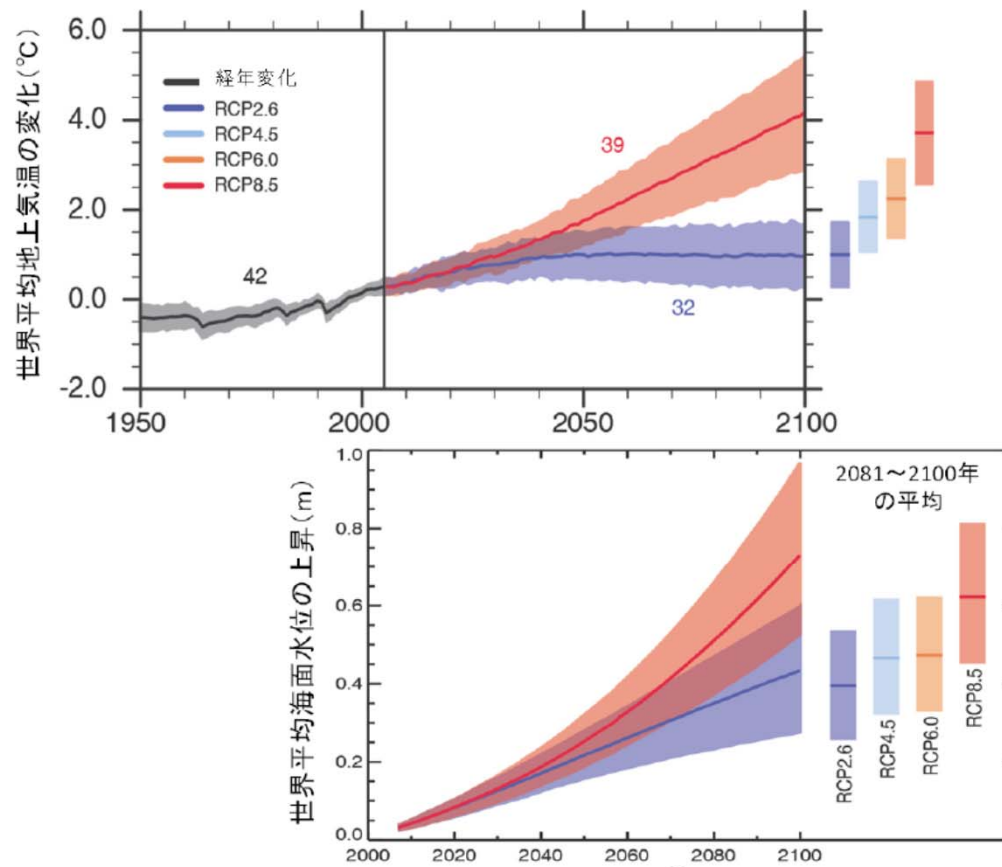


図4 複数の気候予測モデルに基づく1950～2100年の世界平均地上気温の経年変化(1986～2005年の平均との比較)(上図)及び複数の気候予測モデルと力学的諸過程を含む氷床モデルの組み合わせに基づく21世紀における世界平均海面水位の変化の予測(1986～2005年平均との比較)(下図)。全てのRCPシナリオに対して、2081～2100年の平均が取る可能性の高い値の範囲を縦のカラーバーで、対応する中央値を水平線で示している。