

皆の広場 素人の地球考④

【2】地球誕生後のできごと

- (1) 地球誕生後の出来事(総括表)
- (2) 地球年代(地質区分)
- (3) 先カンブリア時代の出来事
- (4) 超大陸(大陸移動)
- (5) 全凍結(スノーボール)
- (6) 地球は大丈夫か？

Rev1 2021年9月30日 (出典) 引用図等: (凡例)
 Rev2 2022年8月26日 雑誌ニュートン: (ニュートン)
 原本 2021年7月17日 ネット他: (ネット)

R7. 4. 25 永野 徹

(1) 地球誕生後のできごと一覧表

分類	地質年代	細分	億年前	記事
先カンブリア	冥王代	—	47~40	太陽・太陽系誕生、地球誕生46(骨格形成)
	始生代	古始生代	40~32	マクマ地球(隕石衝突:熱地球)、最古の岩、
		中始生代	32~28	海洋誕生、プレート移動、生命誕生
		新始生代	28~25	藍藻光合成
	原生代	古原生代	25~16	スーパ超大陸、光合成、大酸化イベント、氷期
		中原生代	16~10	ロデニア大陸、シアノバクテリア、真核生物誕生
		新原生代	10~5.4	雷玉地球、多細胞生物、エディアカラ生物
顕生代	古生代	カンブリア紀	5.4~4.8	生物のカンブリア爆発、全動物門出現
		オルドビス紀	4.8~4.4	オウムガイ、三葉虫、魚類誕生
		シルル紀	4.4~4.2	昆虫類、最古陸上植物
		デボン紀	4.2~3.6	両生類、シダ、種子植物
		石炭紀	3.6~3.0	4大大陸、シダ、昆虫、爬虫類
		ペルム紀	3~2.5	パンゲア大陸誕生
	中生代	三畳紀	2.5~2.1	パンゲア超大陸、恐竜出現
		ジュラ紀	2.1~1.5	ジュラ紀-パンゲア、ゴンドワナ分裂、大型恐竜
		白亜紀	1.5~0.66	恐竜繁栄・絶滅、現在の大陸分裂
	新生代	古第三紀	0.66~0.23	古第三紀-新哺乳類、日本海地溝帯
		新第三紀	0.23~0.03	新第三紀-ヒマラヤ山脈、古日本列島、ト祖先
		第四紀	0.03~現代	第四紀-人類時代、氷期・間氷期、日本列島

(2) 地質年代(46億年)

(2)-① 地質年代区分

- 先カンブリア紀(冥王代~始生代~原生代)
- 顕生代(古生代~中生代~新生代)

ネットより



(2)-② 地質年代構成比(46億年)

* <地球誕生以降>(億年前) 期間

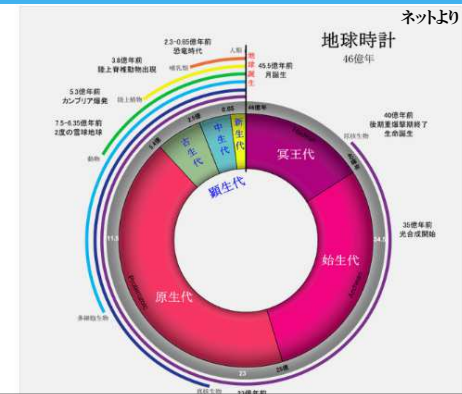
(A) 先カンブリア時代(≒40億年間) 88%

- 1) 冥王代(46~40) 6億年
- 2) 始生代(40~25) 15億年
- 3) 原生代(25~5.5) ≒20億年

(B) 顕生代(≒5.5億年間) 12%

- 4) 古生代(5.5~2.5) 3億年
- 5) 中生代(2.5~0.65) ≒2億年
- 6) 新生代(0.65~現在) ≒0.5億年

(2)-③ 地球時計表示(地質年代46億年)



(3)先カンブリア時代のできごと

※先カンブリア時代とは確実な化石が産出されない
原生代(≒5.4億年)以前を指す。
カンブリア時代以降の出来事は「生命の歴史」で
取り扱う事にする

- * 1)冥王代のできごと
- * 2)始生代のできごと
- 3)原生代のできごと

(3)-1) 冥王代できごと(46~40億年前)

冥王代とは:地球がマグマ状態で地質学的形状が存在しない年代を言う

○冥王代 (出来事)

※冥王代とは地質学的証拠が見つからない時代

単位(億年前)	説明
①46	地球誕生
②45	月誕生(惑星衝突ジャイアント・インパクト)
③46~38	原始海洋誕生 ・マグマ地球が降下し水蒸気凝結(雨)
④43	大陸誕生(現代の北米大陸程度) ・隕石が地表に落下しプレート誕生
⑤41~38	後期重爆撃期 ・小惑星衝突頻度の極大期
⑥40	世界最古の岩石(ウラン・鉛年代測定法) ・カナダ北部アズタ片麻岩

誕生直後の地球
(マグマ・オーシャン状態)



1)-1 地球誕生直後(冥王代:46億年前)

冥王代とは:地球が高温のマグマで覆われ岩石が存在しない時代
(地質学的証拠が存在しない)

(雑誌ニュートン)

冥王代初期のマグマ地球(原始惑星衝突)
大気: H₂水素 + H₄メタン



ジャイアント・インパクト(想像図)
地球誕生4000万年後:月誕生(45億年前)



(3)ー2 始生代のできごと (40～25億年前)

始生代とは: 最初の生命が発生した時代(海・小型大陸・生命)の誕生

1. 小型大陸誕生(地殻の塊が衝突と合体を繰り返す)
2. 大気中に酸素がなし(窒素とCO₂)
3. マグマが冷えて(岩石の形成開始)

主な出来事(海・大陸・生命の出現)

- * 40億年前: **世界最古の岩石**
- * 38億年前: **原始生命誕生**
(**原核生物**=核酸の連結物RNA)
- * 38億年前: **海の誕生**(水の惑星)
- * 38億年前: **プレート移動の痕跡**(マントル対流)
- * 27億年前: **シアノバクテリアの誕生**(大酸化事変)

2)ー1 始生代: 地球最古の岩石 (40億年前)

地球最古の岩石(カナダ: アカスタ片麻岩)

(多数の小惑星衝突で溶融岩石が地上に落下して小プレートが誕生)

(大気) 原始大気: 酸素は無く(水蒸気+CO₂)、その後火山誕生でCO₂とNH₄

海誕生後: 窒素が供給されて(CO₂+窒素)

片麻岩が露頭
(カナダ・グレートスレイブ湖)

(ネット)



カナダのアカスタ片麻岩(花崗岩)
片麻岩: 花崗岩が高圧変成された岩石



2)ー2 始生代: 海と生命の誕生痕跡 (40～38億年前)

※生命とは: 代謝と自己複製できるもの

原始海洋の痕跡(グリーンランド: イスア)

原始大気中の水蒸気が凝結して降雨
初期海洋は亜硫酸・塩酸で強酸性

始生代の枕状溶岩: 海が存在した痕跡
高温の溶岩が海水で急冷され誕生

(ネット)



生命誕生の痕跡

・イスア堆積岩(グリーンランド): 最古の堆積岩

・岩石中に軽い炭素C12=生物起源炭素を痕

出
・200～300℃海水とアミノ酸の化学反応で生命誕生



グリーンランドで見つかった約38億年前の堆積岩の一種「イリスア」。

2)ー3 始生代: 最古の大陸移動痕跡 (38～35億年前)

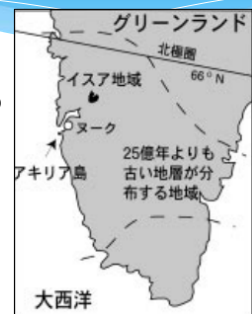
イスア地質構造には(枕状溶岩・縞状鉄鋼床・炭酸岩塩・礫岩層)が存在

※ウラン・鉛年代測定法: 岩石がマグマから固化した時点で原子の出入りが無くなり
崩壊前後のウランと鉛の存在比から半減期で計算される。

付加体を示すイスア地質構造(グリーンランド)

縞状鉄鋼床・炭酸岩塩・枕状溶岩。礫岩層がある
イスア地域の地質構造は**付加体の特徴を持つこと**
から**プレートがガスが溜まっていたと考えられる。**

(ネットより)



2) - 4 始生代：光合成バクテリアの誕生 (27億年前)

- ・地球磁場誕生で宇宙からの放射線が遮断され浅海に藍藻が移動。
- ・藍藻が深海から浅海へ移動して太陽光により光合成を開始(証拠:ストロマライト化石)
- ・藍藻(シアノバクテリア):酸素発生型光合成を行う細菌=光合成バクテリア

(ストロマライト)シアノバクテリアの集合体化石

37億年前の地球最古の光合成(大量の酸素発生)

西オーストラリア・シャーク湾

(ネットより)



縞状鉄鉱石(発生酸素吸収)
大酸化事変に繋がる



(3) - 1) 原生代のできごと (25~6億年前)

原生代とは:原始的な生命の時代
(全地球凍結・超大陸・オゾン層・真核生物)誕生

③-0 原生代の主な出来事(単位:億年)

- ①25億年前 火山活動活発化(太陽光遮断⇒寒冷化)
- ②24~22 大氷河期-全地球凍結(スノーボールアース)
氷河期にメタンハイドレートが貯蓄される
- ③21億年前 大酸化イベント(嫌気性微生物生滅)
メタン放出により温暖化が進み、大陸の化学風化が進み海に栄養塩が蓄積されて光合成が活発化。
- ④19~14 最初の超大陸出現(スーナ大陸)
- ⑤12 真核生物誕生(多細胞生物誕生)ミトコンドリアと共生
- ⑥12~10 ロディニア超大陸が形成された後に分裂が始まる。
- ⑦8~6 全球凍結(スノーボール・アース)
- ⑧6億年前 多細胞生物出現:エディアカラ生物が繁栄し紀末に絶滅

(3) - 2) 原生代の主なできごと

③-1 全地球凍結3回 (24~22、7、6億年前)

③-2 大酸化イベント(21億年前)

③-3 超大陸スーナ誕生(19億年前)

1 全地球凍結説(原生代に3回)

地球全体が赤道付近も含めて氷床・海水状態

※全地球凍結は原生代初期のヒューロン氷河期(24~22億年前)、原生代末期のスターチアン氷河期(7億年前)、マリアン氷河期(6億年前頃)と3回存在したと言う説が有力になりつつある。

2 大酸化イベント(21億年前)

大気中の酸素濃度が1万倍以上に増加。
※全地球凍結後、光合成が活発になり大気は酸素で満たされて(と書いても現在の99.99%、現在は0.1%)酸素濃度が増えて嫌気性バクテリアが絶滅
※氷河期が終わりメタンハイドレートが溶けてメタン放出により暴走的に温暖化が進み大陸の化学風化で大量の栄養塩が海洋に流れ込み藍藻光合成が活発になりO2が増えた

3 スーナ超大陸誕生(19億年前)

北アメリカ主要部・アイルランド・スカンジナビア

先カンブリア代 17億4千万年前



(4) 超大陸の変遷

超大陸名	億年	地質年代	記事
スーナ大陸	19	原生代 前期	最初の超大陸、北米大陸
パノチア大陸	15~10	原生代 中期	ロディニア超大陸形成~分裂
ロディニア大陸	11~7	原生代 後期	海が沈降しロディニア大陸分裂
ゴンドワナ大陸	6	古生代 カンブリア紀	南半球
ロレンシア大陸	5	古生代 オルドビス紀	北米大陸
パンゲア開始	3.5~3	古生代 石炭紀	超大陸パンゲア(全大陸合体)
パンゲア形成	2.5	古生代 ヘルム紀	超大陸1つ、巨大火山活動
パンゲア分裂	2	中生代 三畳紀	北ローラシア+南ゴンドワナ
ゴンドワナ分裂	1.8	中生代 ジュラ紀	北ローラシア+南ゴンドワナ
南ゴンドワナ	1.8	中生代 ジュラ紀	南米・亜非・南極・豪州(南半球)
ゴンドワナ大陸	1	新生代 古第3紀	東西ゴンドワナ大陸誕生
5大陸・南極	0.5~0.3	新生代 新第3紀	現在の大陸

(4)ー1) ヌーナ超大陸 (原生代: 19億年前) (地球上初の超大陸)

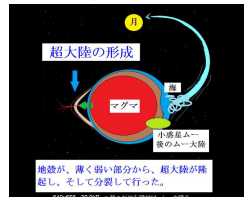
ヌーナ大陸

ヌーナとは北米と北米の頭文字の合成名。
原生代はまだ陸地の量は少なくヌーナ超大陸と言っても、大きさは現在の北米程度の大ききで大部分が北半球に位置した。

超大陸とは

地殻が薄く弱い部分から大陸が隆起し分裂と合体を繰り返しながら全て(80%以上)の大陸が集まった状態を超大陸と称する。

(ネットより)



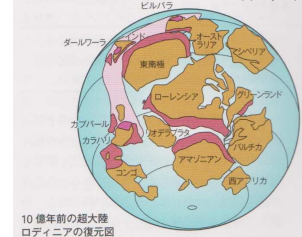
(4)ー2) ロディニア大陸 (11~7億年前) (4)ー3) ゴンドワナ大陸原生代 (6~5億年前)

②ロディニア大陸(11~7億年前)

③ゴンドワナ大陸(6億年前)

ロディニア大陸が分裂して北半球ローラシア大陸と南半球ゴンドワナ大陸となる。

(ネットより)



(4)ー4) パンゲア大陸(ヘルム紀2.5億年前)

④パンゲア大陸(3.5~2.5億年前)

ローラシア大陸の(北)と(南)が合体

(ネットより)



(左図)パンゲア大陸の詳細



(4)ー5) 未来の大陸

2000万年後の日本

(ネットより)

2億年後の世界大陸



(5) 全地球凍結 (スノーボールアース仮説)

原生代に3回: (①24~22億年前 ②7億年前、③6億年前)

①24億年前、大気に酸素は少なくメタンが大部分であったが、シアバクテリアが供給する酸素とメタンが反応して減少し温室効果が失われて地球の気温が急激に低下凍結説。
②③火山活動低下と二酸化炭素化が超大陸から供給される富栄養塩と反応して炭酸化が進み地殻に固定化され、大気中のCO₂濃度が著しく低下した事で温室効果が低下し氷床の太陽光反射が進んで一層寒冷化が促進されてスノーボールアースに至った説。

①ヒューロン氷河期 (24~22億年前)

②スターチアン氷河期 (7.15~6.8億年前)

③マリニアン氷河期 (6.5~6.35億年前)

- * [全地球凍結 (原生代に全3回)]
- * 太陽活動は現代の70%
- * 赤道も含めて全地球が凍結 (結果として)
- * カンブリア爆発と呼ばれる生物進化
- * 原生物の大量絶滅と生物進化
- * 嫌気性生物絶滅と好酸素性生物誕生
- * シアバクテリア光合成と鎖状鉄鉱床生成
- * 多細胞生物の誕生
- * 酸素呼吸を行う真核生物の繁栄
- * 火山活動によるCO₂で凍結解除
- * CO₂濃度は相当高く温室効果大

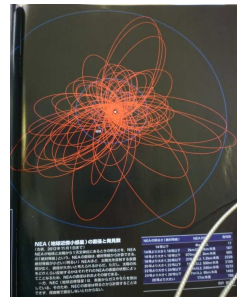


(6) 地球は大丈夫?

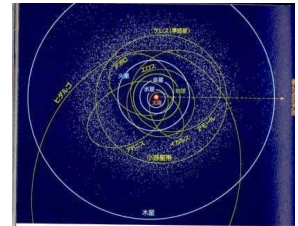
(6)-1 小惑星の衝突リスク

太陽の小惑星軌道

小惑星帯からの隕石
(火星と木星の間)



(雑誌ニュートン)



(6)-2 小惑星等の地球衝突頻度

(雑誌ニュートン)

小惑星の直径と地球への衝突頻度

小惑星の直径	衝突頻度	衝突エネルギー (TJ (約10 ¹² トン))	被害の程度
1m	10日に1度程度	約100トン	大気圏で燃えつきる
10m	数十年に1度程度	約10万トン	大気圏でほぼ燃えつきる
50m	1000年に1度程度	約1000万トン	クレーター
100m	1万年に1度程度	約1億トン	クレーター
1km	100万年に1度程度	約1000億トン	クレーター, 気候変動
10km	1億年に1度程度	約100兆トン	クレーター, 気候激変, 大量絶滅

直径1キロメートル以上の小惑星は、地球規模の気候変動を引き起こすおそれがある。小惑星の直径が小さくなればなるほど、被害は小さくなる反面衝突の頻度は高くなる。なお、地表に到達する固体は、直径1ミリメートル以下の小さな微粒子も含めると、1年間で合計約4万トンにも達する。

(6)-3 地球史最大の小惑星衝突 (1回/1億年)

「恐竜絶滅原因?」≒1億年前

- * ①年代: 中生白亜紀: 約1億年前
- * ②大きさ: 直径≒10km, 秒速約 (15~20) km/s
- * ③場所: ユカタン半島 (魔のハムユータ海域), 水深≒100M
 - ・重力異常、船の遭難場所
- * ④痕跡: クレータ直径≒180km, 深さ≒30km
 - 揺れ≒M11地震相当、津波高さ≒300M
- * ⑤環境破壊: 「衝突の冬」
 - ・衝突で舞い上がったチリにより太陽光線は遮られ、最低でも冬のような気候が数年続く。

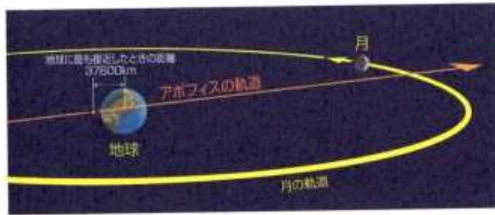
(6)-4) 近未来衝突か？

小惑星地球衝突リスク(雑誌:ニュートンより)

○小惑星アポフィス($\phi \approx 320\text{m}$)衝突？(NASA)

- ・第1回(8年後): 2029年大接近(スイングバイ)
- ・第2回(15年後): 2036年(衝突の危険性大?)

(雑誌ニュートン)

**(6)-5) 衝突時のクレータ規模
小惑星($\phi = 1\text{km}$)衝突時の場合**

(東京山手線 $\phi \approx 10\text{km}$ 程度と予想される)

(雑誌ニュートン)

