

皆の広場 素人の生命考④  
**「生命の歴史(2)」**

**[2] 先カンブリア時代の生命史**  
**[3] 顕生代1(古生代)**

最新版 2023年8月24日  
 Rev2 2022年8月26日  
 Rev1 2021年9月30日  
 原本 2021年7月17日

自文科 永野 徹

**[2] 先カンブリア時代の生命史**

\* 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。

\* **(1) 冥王代**  
 \* **(2) 始生代**  
 \* **(3) 原生代**

**(1) 冥王代の生命史 (46~40) 年前**  
**(生命の痕跡無し)**

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  
 マグマ地球とジャイアント・インパクトによる月誕生。

冥王代のマグマ地球(小惑星衝突)  
 ・原始大気(水蒸気+co2)  
 ・地表温度1000度以上  
 ・地表が数百度以下になり雨が地表まで届き海洋の誕生

ジャイアント・インパクト(想像図)  
 月誕生(45億年前)




**(2) 始生代の生命史 (40~25億年前)**  
**(始生代とは:地球上に始めて生命が誕生した時代)**

嫌気性細菌:始生代は大気中に酸素がなく(窒素とCO2)  
 好熱性細菌:マグマが冷えて岩石が形成され始めた時代(200°Cでもok)

**主たる生命史 (生命の誕生)**

- \* 40億年前:世界最古の岩石
- \* 38億年前:原始生命誕生(好熱性・嫌気性)  
 (古細菌は原核生物、DNA養生膜無し)
- \* 38億年前:海の誕生(水の惑星)
- \* 38億年前:プレート・テクトニクスの痕跡
- \* 27億年前:シアバクテリアの誕生  
 (大酸化事変)
- \*

### 始生代①: 海と生命の誕生 (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

**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=生物起源炭素を抽出  
 ・200~300°C海水とアミノ酸の化学反応で生命誕生



枕状溶岩 (生命の誕生・生命の痕跡)  
 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 (枕状溶岩)。

### 始生代②: 光合成バクテリアの誕生 (27億年前)

・地球最古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: ストロマトライト化石)  
 ・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

**(ストロマトライト) シアノバクテリアの集集体化石**  
 シアノバクテリアの最古の光合成 (大量の酸素発生)

**縞状鉄鉱石 (発生酸素吸収)**  
 大酸化事変に繋がる

西オーストラリア・シーグ湾




### 始生代③ 光合成バクテリアの誕生 (27~19億年前)

**ストロマトライト: シアノバクテリアにより形成された岩石**  
**縞状鉄鉱床 (Fe<sup>2+</sup>⇒Fe<sup>3+</sup>)**

**光合成 (シアノバクテリア: 酸素発生)**  
 ・写真は27億年前のストロマトライト (ホリエラ)  
 ・ストロマトライトは光合成生物であるシアノバクテリアの活動で形成された岩石。  
 ・27億年前シアノバクテリアが大量の酸素発生。

海中の2価鉄イオンが酸素を吸収して3価鉄に酸化して縞状に沈殿形成されたもの。  
 (19億年前まで続くが以降は形成されなくなる)  
 その後空気に酸素が徐々に増え始める。




### (3) 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

原生代の主な出来事 (単位: 億年)

① 25億年前	火山活動活発化 (太陽光遮断⇒寒冷化)
② 24~22	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イドが貯蓄される
③ 21億年前	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。
④ 19~14	最初の超大陸出現 (マーナ大陸)
⑤ 12	真核生物誕生 (多細胞生物誕生) ミトコンドリアと共生
⑥ 12~10	ロディニア超大陸が形成された後に分裂が始まる。
⑦ 8~6	全球凍結 (スノーボールアース)
⑧ 6億年前	多細胞生物出現: エディアカラ生物が繁栄し 紀末に絶滅

**原生代① 大酸化イベント (21億年前～)**

シアノバクテリアの光合成で大気中の酸素が急増 (20億年前: オムン型形成開始)

1) 大酸化イベント (21億年前～) 2) スーパー大陸誕生 (19億年前)

大気中の酸素濃度が1万倍増加。大地の化学風化が進み大量の栄養塩が海洋に供給され光合成生物の活動が活発化して莫大な酸素が放出された。

- ・ 全球凍結後、**光合成が活発**になり大気は酸素で満ち溢れて (現在の1/100)
- ・ **真核生物が誕生し、細胞内にミトコンドリアを持ち大型化**
- ・ 全球凍結終了後、**重いCO<sub>2</sub>が大気と海に供給された。**
- ・ CO<sub>2</sub>とオゾンハットレドで温室効果増大
- ・ 同時に大陸風化も進み栄養塩P等が海に供給され**シアノバクテリアが大繁殖**して光合成により**遊離酸素を放出**。
- ・ 21～19億年前から放出されたO<sub>2</sub>で**錆状鉄鉱床形成**。

先カンブリア代 17億4千万年前

北7洲が主要部・アフリカ・アジア・オーストラリア

超大陸スーパー

**原生代② エディアカラ生物群誕生 (6.2～5.5億年前)**

- ・ 6億年前に単細胞生物が進化して多細胞生物が誕生 (目で見える生物もあり)
- ・ エディアカラ生物群誕生 (原生代末期): **まだ硬い殻・骨格のない生物群**
- ・ エディアカラ生物群は次の時代カンブリア爆発で捕食生物に食べられ全滅

**エディアカラ生物群誕生 (6.2～5.5億年前)**  
エディアカラとは:  
オーストラリア・アデレード 北方で化石が見つかった場所の地名

**多細胞生物誕生 (6億年前)**  
エディアカラ生物群は地球上に初めて目に見える多細胞生物である。

- \* **海底軟体生物**が泥流により一瞬にして土砂に封じ込められ化石化したもの

Dickinsonia

Spriggina

Dickinsonia Spriggina

**原生代③ エディアカラ紀多細胞生物誕生 (6.2～5.5億年前)**

地球上初めて目で見える生物: 骨格・循環器無しで扁平な形状 (数cm～1M)

地球上初めての大きな生物

先カンブリア時代のいちばん最後の時代をエディアカラ紀という。この時代の生物をエディアカラ生物群という。エディアカラ生物群は地球上に初めて現れた、目で見ることのできる大きさの生物をもつ生物群だった。しかし、現在の生物とどのようなつながりがあるかは、よくわかっていない。

- キタメドゥーサ**  
エディアカラ紀の代表的な生物。扁平な身体を持ち、触手状の構造を持つ。化石はオーストラリアのエディアカラ地層で見つかった。
- ゾリアニウム**  
エディアカラ紀の代表的な生物。扁平な身体を持ち、触手状の構造を持つ。化石はオーストラリアのエディアカラ地層で見つかった。
- カネニオディスタス**  
エディアカラ紀の代表的な生物。扁平な身体を持ち、触手状の構造を持つ。化石はオーストラリアのエディアカラ地層で見つかった。
- スプリグナ**  
エディアカラ紀の代表的な生物。扁平な身体を持ち、触手状の構造を持つ。化石はオーストラリアのエディアカラ地層で見つかった。

**「先カンブリア時代の生命史」まとめ (46～5.5)億年前**

地質年	億年前	説明	
先カンブリア時代の生命	冥王代 46～40	生命の痕跡無し (地球表面は高温マグマ状態) 地球誕生後暫くは星屑の落下で高熱マグマ状態 原始大気: 水蒸気H <sub>2</sub> Oと炭酸ガスCO <sub>2</sub> 、Nは少ない	
	始生代	40～25	原始生命 (細菌) 誕生。大気は水蒸気とCO <sub>2</sub>
		38 27	原核 (マイクロ) 生物誕生 (嫌気性・好熱性細菌) シアノバクテリア (光合成) 誕生 (化石: ストロマトライト) 地球磁場誕生で浅海に生命が生息できるようになる。
原生代	25～5.5		
	21	大酸化イベント (大気中酸素量1万倍)。原核⇒真核生物へ	
	12	真核生物誕生: 各種機能の小器官を細胞内に取込む 小器官: 酸素利用ミトコンドリア、光合成のバクテリア	
	10～6 6.2～5.5	多細胞生物誕生 エディアカラ生物群: 骨格/循環器は無く目で見える生物	

**[3] 顕生代生命史 - 1**

**◆顕生代とは (4)古生代**

更新版 2023年8月24日  
 Rev2 2022年8月26日  
 Rev1 2021年9月30日  
 原本 2021年7月17日

自文科 永野 徹

**◆顕生代とは (5.5億年前～現代)**

1. 先カンブリア時代: 目に見えないバクテリア生物時代  
※末期に目に見える軟体生物誕生
2. 顕生代: 目で見える大きさの多細胞生物時代

- \* 顕生代 (現在まで=5.5億年経過)
- \* (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) =1億年

**(4) 古生代生物史 (5.5～3億年前)**

**古生代 カンブリア大爆発 (生物種が爆発的に誕生)**

(動物) 骨格動物誕生～節足動物誕生～魚類誕生～昆虫誕生～爬虫類誕生  
 (植物) 海中から陸上～胞子植物～裸子植物～種子植物へと進化

\* **古生代の生物史** (単位: 億年前)

(5.5～) <b>カンブリア紀</b>	カンブリア大爆発: 生物の爆発的進化、英国ワエールズ地方名 (骨格動物誕生: <b>エビ・カニ出現</b> )
(4.8～) <b>オルドビス紀</b>	<b>ワムガイ</b> 全盛期、 <b>三葉虫</b> 等の節足動物、ワエールズ地方名オルドビス紀に植物が海から地上に現れた
(4.4～) <b>シルル紀</b>	昆虫類誕生、植物が陸上進出 (4.3億年前) オゾン層完成、
(4.2～) <b>デボン紀</b>	魚類の時代～両生類、シダ植物、種子植物の出現、英国
(3.6～) <b>石炭紀</b>	ゴンドワナ・ローレンシア・バルチック・ユーラシア大陸、 <b>シダ最盛期</b>
(3.0～) <b>ペルム紀</b>	超大陸パンゲア大陸形成、 <b>爬虫類登場</b> 、 <b>ロシア</b>

**古生代①カンブリア紀生物のカンブリア爆発 (5.5～4.9億年前)**

カンブリア紀: 生物が爆発的に進化(動物部門が出揃う)  
 オゾン層が誕生: 強い紫外線が遮断され生物は地上に進出できた。  
 カンブリア紀: 初期: 海に目・足があるが骨格の無い生物が動き回っていた。  
 後期: 陸に外骨格(硬い殻)、内骨格(背骨)骨格を持つ生物誕生。

**三葉虫** (最初に目を持った動物)  
**ワムガイ** (脊椎動物: 魚の祖先)

カンブリア紀: ヒレを動かして海中を泳ぎまわる海の王様: **アノマロカリス** (捕食動物)  
**ハルキエニア**

三葉虫



ヒカイア



アノマロカリス



ハルキエニア



### 古生代② カンブリア紀 海の生物誕生 (5.5~4.9)

カンブリア紀化石から海では：**目や足が有る生物が泳ぎ回っていた。背中に神経の束が有る脊索動物：ピカイアから魚類・両生類・爬虫類・鳥類・哺乳類が誕生**

**海の中は動き回る生物でいっぱい**

カンブリア紀の海の中は、さまざまな形の生物の化石が見つかる。多くの生物には目や足が有る。動き回っていたことがわかる。わたしたちの想像もつかないような形の生物もいるが、その中には現在の生物の先祖に近いものも現れている。

**ピカイア** 全長50cm 背骨なし、脳は神経の束。海生動物。

**アノマロカリス** 全長100cm~1m 頭部は硬い殻で守られていた。海生動物。

**マルレラ** 全長50cm 頭に目や足が有る。海生動物。

**ワウラシア** 全長50cm 長い口ばさみで獲物を捕らった。海生動物。

**ディノミスタス** 全長20cm 海生動物。

**レトリキア** 全長20cm 海生動物。

### 古生代③ オルドビス紀 (4.9~4.4) ~ シルル紀 (4.4~4.2) の生物

海で多種類の魚が現れて**魚王国**(はじめ骨無し⇒背骨・ヒレ有りへ)  
 陸上植物最古の化石：**クワクワ**(胞子で繁殖・葉葉の区別なし)  
**4.3億年前オン層が完成**(植物：緑藻類・シジミが地上に進出；維管束無し)

**オルドビス紀 (4.9~4.4億年前)** オーム貝・節足動物が繁栄・魚アゴに骨なし

**シルル紀 (4.4~4.2億年前)** 魚類の時代：背骨・アゴ・ヒレができた  
 セノコケ(緑藻類・シジミ)：地上に進出

**ウミザンリ(虫翼類)** だ！ 系統的にはカブトガニに近いとされ、あとはクモやザリガニにも近い節足動物だ！

**ユウリブテリス**、**ステイロミリス**、**ミナブテリス**

最古の陸上植物の一つクワクワ(イネ科)の化石。自然史博物館

### 古生代④ オルドビス紀 (4.9~4.4億年) ~ シルル紀 (4.4~4.2億年)

**オルドビス紀：軟体動物(オウムガイ等)・足動物・顎無し魚**  
**シルル紀：脊椎動物：背骨有り(背骨・顎・ひれを持つ魚)**

**進化する魚たち**

わたしたち人類の祖先には長い背骨が有って、頭からの神経の束が有る。このように背骨をもつ生物を、脊索動物という。最終的に骨で支えられた硬い骨格が現れた。それが、魚も最初から長い背骨をもっていたわけではない。ハイコウイタナスなどの最古の魚は約4億1300万年前のカンブリア紀に現れたが、まだ長い背骨はなかった。

**ユウリブテリス** 全長20cm~1m 背骨なし、硬い殻。海生動物。

**エントセラス** 全長10cm 硬い殻。海生動物。

**サカカンパリス** 全長20cm 長い口ばさみ。海生動物。

**アンテロレビス** 全長10cm 長い口ばさみ。海生動物。

**コゾント** 全長10cm 長い口ばさみ。海生動物。

**【オルドビス紀からシルル紀の海】**  
 オルドビス紀の海では、イサの長い背骨で支えられた硬い骨格が、硬い骨格が現れていた。魚はまだ最初から長い背骨をもっていた。ひれは最初からなかった。シルル紀になると、魚が背骨、顎、ひれが現れた。長い背骨をもつ魚は、シルル紀に現れた。

### 古生代⑤ 魚の進化(オルドビス紀~シルル紀~デボン紀)

**オルドビス紀 (4.9~4.4億年前)：魚誕生(頭・無→有)**  
**シルル紀 (4.4~4.2億年前)：魚進化(多数ヒレ：尾びれあり)**  
**デボン紀 (4.2~3.6億年前)：魚進化(大きくなる・捕食・背骨頭有り)**

最初の魚が現れた。大きい魚は、ほんのりとした長い尾びれ(軟皮魚)をもった。

**クワドセラク** 全長1.2m 背骨が硬い。尾びれが長い。海生動物。

**クワマテウス** 全長15cm 背骨が硬い。尾びれが長い。海生動物。

**ダンクルオステウス** 全長6m 背骨が硬い。尾びれが長い。海生動物。

**タイロレビス** 全長50cm 背骨が硬い。尾びれが長い。海生動物。

**オステオレビス** 全長20cm 背骨が硬い。尾びれが長い。海生動物。

**ケアラサリス** 全長20cm 背骨が硬い。尾びれが長い。海生動物。

オウムガイ(腕足動物)の化石。自然史博物館

**古生代⑥ 生命の上陸 (海⇒陸) デボン紀 (4.2~3.6) ~石炭紀 (3.6~3.0)**  
 ※生命が上陸できたのは有害な放射線を通るオゾン層が出現していたから。

**(植物の上陸)** : 海草からシダの仲間上陸 (水分を吸い上げる根と茎が発達) ヨケはオルドビス紀に上陸  
 維管束植物誕生 (体を支持し水分と栄養分を地中から吸い上げる器官)  
 地上環境適応 (気孔による光合成で葉緑体を製造(ガス交換しくみを造った))

**(魚の上陸)** : 魚は植物の8000万年後に上陸。魚の胸ヒレと腹ヒレが足に変化して両性類へ

**(動植物の上陸)** : 動物は植物の3000万年後に上陸

**デボン紀 (4.2~3.6億年前)**  
 デボン紀: 魚類の時代: 魚に翼や背びれがある。  
 魚の胸ひれ尾ひれが手足となり両生類となる。  
 魚鱗上に進出: さそり・いもり等が陸上を這い回る

**石炭紀 (3.6~3.0億年前)**  
 両生類出現: 陸上節足動物が増える  
 巨大なシダ植物誕生: ロボク、フウノボク、ロボク  
 シダ植物の大森林誕生  
 ヒカゲノカスラ仲間・トクサ科






デボン紀の海の王者・ダンクルオステウス

フクロフクロ

シダ植物の巨大な森  
一億年前

**古生代のデボン紀 両生類の時代 (4.2~3.6) 億年前**  
 (魚類時代⇒両生類出現、昆虫誕生 ヒレ⇒足)

**魚から両生類へ**  
 植物が上陸してから3000万年たったころ、魚の中から陸に上るものが現れた。背びれの皮になった。呼吸器官が肺を形成する生活に適合して、成体物をまがしているうちに背びれと腹びれが伸びて、肺を呼吸するようになった。このころで両生類が誕生した。  
 ●イラストは魚の尾-アキロンから両生類の足まで

**アークオプテリス**  
 身長10cm 大きさは現在生きている魚の2倍

**プロトレピドアンデロン**  
 身長10cm 大きさは現在生きている魚の2倍

**アキロン**  
 身長10cm 大きさは現在生きている魚の2倍

**イクチオステウス**  
 身長1m アキロンステウスが上陸したからといって、陸に上ることができたのはアキロンステウスだけではない

**デボン紀の世界**  
 デボン紀はオゾン層が回復して陸に生きている動物は増え始めた。上陸したばかりの動物は、まだ陸に生きている魚とほとんど変わらない。しかし、植物が行う光合成のおかげで地上の酸素量はますます多くなり、約3億年前には動物の呼吸に必要な酸素が豊富になった。

**ユーストナアロン**  
 身長10cm 大きさは現在生きている魚の2倍

**サソリの仲間**  
 身長10cm 大きさは現在生きている魚の2倍



**古生代⑧ 石炭紀 (3.6~3.0) の植物**  
 ・シダ植物の全盛時代(石炭は石炭紀植物の化石)  
 リンボク(ヒカゲノカスラ仲間)、フウノボク(ヒカゲノカスラ仲間)、ロボク(トクサ科)

生物は海で誕生して以来、ずっと海の中で暮らしてきた。しかし、約34億年たったある日、とうとう上陸するものが現れました。陸の上で生きている動物が現れた。

**石炭紀の世界**  
 石炭紀は植物の時代。植物が陸に上り、森林が広がりました。この森林は、動物の息を吐き出し、酸素を供給しました。石炭紀の森林は、現在よりもはるかに湿潤で、多くの動物が生き残りました。

**シダ植物**  
 シダ植物は、石炭紀の主要な植物です。彼らは、水分を吸い上げる根と茎を発達させ、陸に上りました。

**ロボク**  
 ロボクは、石炭紀の主要な植物です。彼らは、水分を吸い上げる根と茎を発達させ、陸に上りました。

**フウノボク**  
 フウノボクは、石炭紀の主要な植物です。彼らは、水分を吸い上げる根と茎を発達させ、陸に上りました。

**アキロン**  
 アキロンは、石炭紀の主要な植物です。彼らは、水分を吸い上げる根と茎を発達させ、陸に上りました。

**イクチオステウス**  
 イクチオステウスは、石炭紀の主要な動物です。彼らは、水分を吸い上げる根と茎を発達させ、陸に上りました。

**サソリ**  
 サソリは、石炭紀の主要な動物です。彼らは、水分を吸い上げる根と茎を発達させ、陸に上りました。

**トクサ**  
 トクサは、石炭紀の主要な植物です。彼らは、水分を吸い上げる根と茎を発達させ、陸に上りました。

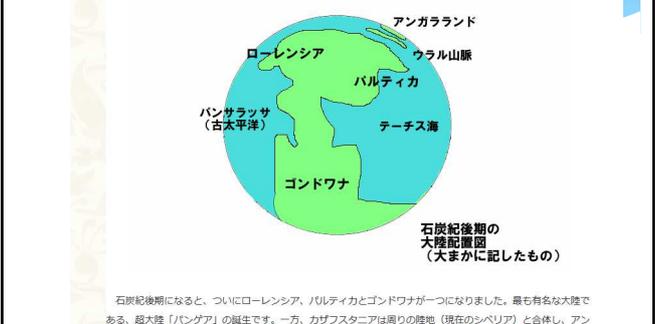


**古生代⑨ ペルム紀 (3.0~2.5) 史上最大の絶滅 (PT絶滅)**  
 (2.9) 億年前: ペルム紀に被子植物誕生 哺乳類の祖先が現われる  
 (2.5) 億年前: ヘルム紀に生物大量絶滅2回(三葉虫・アンモナイト・オウム貝)  
 「ブルームの冬」仮説: マントルで火山が活性化し光合成生物絶滅による酸欠事件

**大陸配置図 (大まかに記したもの)**

アンガラランド  
 ウラル山脈  
 ロールンシア  
 バルティカ  
 テーチス海  
 パンサラッサ (古太平洋)  
 ゴンドワナ

石炭紀後期になると、ついにロールンシア、バルティカとゴンドワナが一つになりました。最も有名な大陸である、超大陸「パンゲア」の誕生です。一方、カザフスタニアは周りの陸地(現在のシベリア)と合体し、アン



## 顕生代①「古生代の生命史」まとめ (5.5~2.5)7億年前

	地質年代	億年前	説明
古 生 代 の 生 命  ( 顕 生 代)	カンブリア紀	5.5~4.9	生物の <b>カンブリア爆発</b> (爆発的新種誕生と進化) 顕生代：目で見える大きさの多細胞生物へ
	オルドビス紀	4.9~4.2	生物が海から上陸 (4.3億年前オゾン層完成) 海草地上へ、魚は目有り骨無し、オーム目軟体動物時代
	シルル紀	4.4~4.2	魚類の時代、脊椎動物時代 魚に顎・背びれ、海藻クックソニアが上陸(茎/維管束ナシ)
	デボン紀	4.2~3.6	両生類時代：海の魚・節足動物が上陸してイモリ、サソリ 海の魚が大型化/背骨アゴ有り、海藻からシダ植物誕生
	石炭紀	3.6~3.0	シダ植物全盛 (石炭) ; リンボク・フウインボク・トクサ 昆虫誕生:トンボゴキブリ
	ペルム紀	3.0~2.5	被子植物誕生、爬虫類登場(生物大量絶滅の後で) 史上最大絶滅：三葉虫・サンゴ・アンモナイト、フスリナ