

は、先カンブリア時代とカンブリア紀の不整合（図 6）や、古胚類を含む石灰岩（図 7）の露頭も見られます。私は 2 回行きましたが、近年はさらに整備されたようです。



図 6 先カンブリア時代とカンブリア紀の不整合

図 7 古胚類



図 9 エディアカラの位置

図 8 エディアカラ生物群の記念切手（オーストラリアで購入）

（2）バージェス動物群

5 億 4200 万年前にカンブリア紀に入ると多細胞生物が一斉に多様化して現れます。その急激さから「カンブリア爆発」と呼びます。硬い骨格を持つ生物の進化は二段階で起きます。まず、カンブリア紀に入るとすぐに小さな棘や殻などせいぜい 1mm 程度の大きさの小型の骨格の化石が見つかります。Small shelly Fossils という意味で SSF と略されます（図 1）。SSF はケイ酸、炭酸カルシウム、リン酸塩などからできた微細な化石で、澄江で発見されたマイクロディクティオンの一部や海綿、軟体動物などの一部の様です。そしてしばらくすると（5 億 1800 万年前）様々な骨格を持った多細胞動物からなるバージェス動物群が出現します。バージェス動物群出現の 1500 万年ほど前の中華人民共和国雲南省のカンブリア紀の豊富な化石群が再注目され、澄江生物群 Chengjiang Biota と呼ばれます。バージェス動物群とよく似たものが産出されます。カンブリア紀の中頃のバージェス動物群は、世界各地から珍しい形態の動物化石が多数見つかっています。カナダのバージェス頁岩を代表として名がつけられています。変わった形のものとして 3 つ紹介します、一つは *Anomarocaris*（図 10）で、体長 50cm-1m と大きく、はじめは付属肢（腕）がエビの体と勘違いされました。カンブリア紀最大の捕食動物です。2 つ目は 5 つの目を持ち、頭の先からはゾウの鼻の

様なノズルが突き出している *Opabinia* (図 11) です。最初に発表された学会では失笑が起きたそうです。もう一つは緩く弓なりに曲がった棘をもつ、*Hallucigenia* (図 12) で、復元がむつかしかった生物です。三葉虫などを含め、目を持つ生物が現れたのも大きな特徴です。言い換えれば捕食者の出現を意味します。

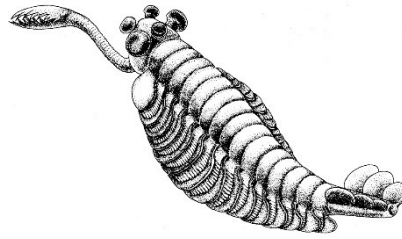
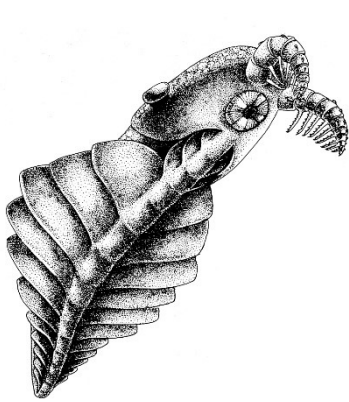


図 11 *Opabinia*

←図 10 *Anomarocaris*

図 12 *Hallucigenia*

(Wikipedia から)

バージェス頁岩はロッキー山脈のバンフ国立公園の近くにあります。バンフまでは行ったことがあります。当時はバージェスの位置を知りませんでした。後年、調べたら、現地に行くには予約が必要で当時の状況では1年待ちなので行くのは諦めました。

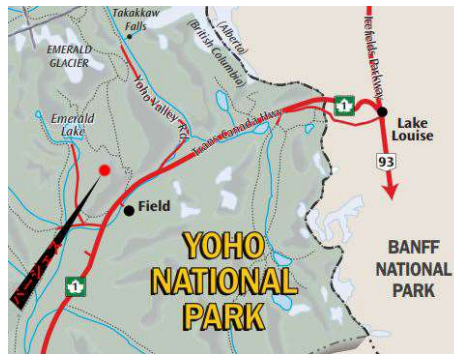


図 13 バージェス頁岩の位置

※エディアカラ生物群やバージェス動物群から産出する化石は、WEB サイトに多く載っていますので、関心のある方は WEB サイトをご覧ください。図 10・図 11 は Gould, S.J.1989 からです。

(3) 生物の上陸

生物は海水中で誕生したのは確かなようです。水がある環境から陸上に進出するのは大きな困難がありました。一つは、乾燥の問題です。生物は水がないと生息できません。2 つ目は太陽からの紫外線対策です。そして 3 つ目は、重力に対して耐えられるか（態勢をいかに保持するか）など多くの克服点がありました。

シアノバクテリアの光合成による酸素の放出によってオゾン層が形成されたのは 4.7 億年前のオルドビス紀中期からシルル紀にかけてのころと推定されています。オルドビス紀後期の大規模な氷期によって、海水面が低下し、陸上の淡水域では乾燥化が進み、淡水域に進出していた藻類のうち、乾燥化に耐性を持つ形質を獲得した種類が陸上植物に進化したと考えられています。植物化石の最古のものはシルル紀のクックソニアと考えられています。浅い水辺で繁殖していました。光合成のために大気中の酸素を利用したようです。現在の陸上生物はコケ植物とシダ植物が先祖ですが、クックソニアはそのどちらでもないことから、最初に上陸した植物は様々な種類の植物であったと考えられています。その中からコケ植物とシダ植物が生き残って現在につながっていったようです。乾燥対策として、体表を覆う水を通さないクチクラ層*という表皮細胞をつくり、光合成（水分を

保ちつつガス交換を行う)を行うために気孔をつくりました。シダ植物では気孔を発達させて(コケ類にはない)、地中から水分と栄養分を吸収する短い根を備え、リグニン*で維管束を作り出し、多様な維管束植物に進化していきました。シルル紀後期にリグニンを合成する植物が登場し、陸上で強固に直立できるようになりました。また、子孫を残すために生殖細胞(孢子)を空中散布する方法がとられました。散布は高いところからの方が効果的なため、シダ植物は背が高くなり、枝の先まで栄養を送るための通路は硬い細胞(維管束)で守られるようになりました(コケ植物は生殖に水が必要なため背を高くできませんでした)。維管束によって水平方向にも成長できるようになり、さらに、光合成機能を葉に集中させるように、枝の先に葉をつけるようになりました。オルドビス紀にはオゾン層が形成され地表に降り注ぐ紫外線は弱められており、植物の上陸に有利に働いたようです。オルドビス紀中期からシルル紀には陸上植物が出現したようです。

*クチクラ層 cuticle: 植物地上部の表皮細胞の外側に分泌されたロウ質の層で、疎水性の比較的かたい膜層。毛髪の際はキューティクルと呼ばれることが多いです。

*リグニン: 木化に関わる高分子の化合物成分で、重力に逆らって高く成長するために必要な強度を保つ成分です。

植物による光合成によって O₂ が増加して動物の上陸も可能になっていきます。デボン紀に登場した硬骨魚類のうち、肉鱗類(ハイギョやシーラカンスの仲間)が両生類へとつながっていきます。約 4 億年前のデボン紀初期に節足動物(昆虫)の陸上での進化・放散が始まったと考えられています。陸上への進出へのハードルとして「体内の水分保持」「ガス交換による呼吸」「重力に対抗する運動」があります。節足動物の体表は上皮細胞の表面をクチクラが覆う構造になっており、乾燥を防いでいます。排出も窒素排出物は尿酸などとして排出されます。小型の節足動物では、外皮は薄くガス透過性が高いため体表から組織に十分な酸素を供給できます。大型になるにつれて呼吸に特化した器官が必要となり、水生のものは鰓を発達させましたが、陸上では気管、気門などが造られました。陸を歩くようになると捕食者から逃げるため「肢の先端が鋭くなって重なりをなくす」「連続する肢の長さを違え、各肢の運動範囲が重ならないように干渉を避ける」「脚数を減らす」などが起こります。脚には重力に対抗するため体を地面の上方に支える役割がありますが、地面に垂直に脚を伸ばすと体の支えが不安定になるため、多くの場合 S 字に曲がる長い足を持ち、体重を地面に分散させました。ただし、この構造は限界があり、節足動物の体サイズの制約となっています。脊椎動物で陸上への進出を成し遂げたのは、魚類の一部から新たに出現した両生類の仲間です。約 3 億 6000 万年前に両生類は誕生し、後の爬虫類、鳥類、ほ乳類へ進化する元になっていきます。

引用・参考文献

福井県立恐竜博物館, 2006, 恐竜以前 エディアカラの不思議な生き物たち. 84 p.

Gould, S.J.1989, WONDERFUL LIFE. PEGUIN BOOKS, 347p.

川上紳一・東條文治, 2009, 地球史がよくわかる本. 秀和システム, 382 p.

村松憲一, 1997, オーストラリアの地質見学案内. 名古屋地学, 59, 17-26.

沢田 健ほか, 2008, 地球と生命の進化学. 北海道大出版会, 272 p.

Schopf, W. (Edi), 1983, EARTH'S EARLIEST BIOSPHERE. Princeton University Press. 543 p.

谷合 稔, 2014, 地球・生命-138 億年の進化. SBクリエイティブ, 270p.

土屋 健, 2023, 地球生命 無脊椎の興亡史. 技術評論社.288p.