

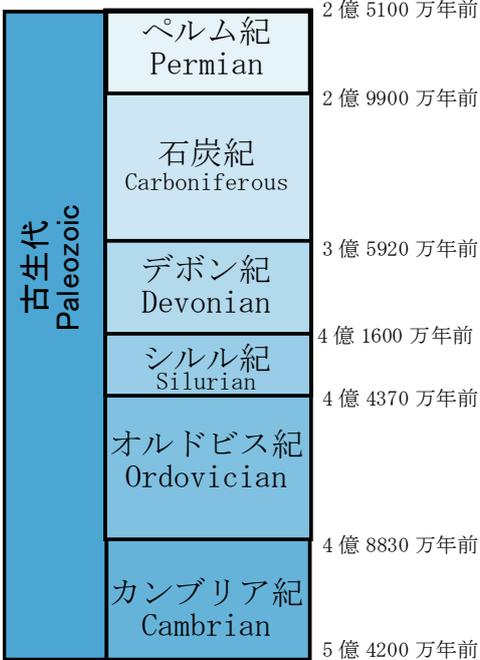
第9講 造山運動と謎の大絶滅：P-T境界

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

Email: chikyu2019@ykoide.com

▼ 古生代とは

- 1 時代区分
- 2 古生代の特徴



2つの造山運動

生物進化

- ・カンブリア紀直前からの生物の進化：カンブリア紀の大爆発（前回紹介）
- ・陸上生物の出現
- ・古生代末期の大絶滅

▼ 造山運動とは

- 1 地表に凸凹があるということ
- 2 ハットンの不整合

ジェームス・ハット (1726-1797)

齊一説：長い時間（過去）の存在

▼ 古生代の造山運動

- 1 2つの造山運動
 - 2 カレドニア造山運動
 - 3 バリスカン造山運動
- パンゲア超大陸

▼ 生物進化への影響

- 1 環境変化と生物進化

海ができ、海がなくなるということ

- 2 酸素濃度の変動
オゾン層の形成
酸素の量産
高濃度の酸素の環境
- 3 イアペタス海の消滅（シルル紀末）：カレドニア造山の終わり
- 4 リーク海の消滅（石炭紀後期）：バリスカン造山の終わり

▼ 大量絶滅

- 1 ビッグ・ファイブ

▼ 古生代と中生代の境界（P-T境界）

- 1 何があったか
 - 2 どこに地層があるのか
 - 3 どんな地層か
- ・チャート（犬山）
 - ・石灰岩

▼ 事件全貌

- 1 超酸素欠乏事件
- 2 大絶滅のシナリオ
「プルームの冬」

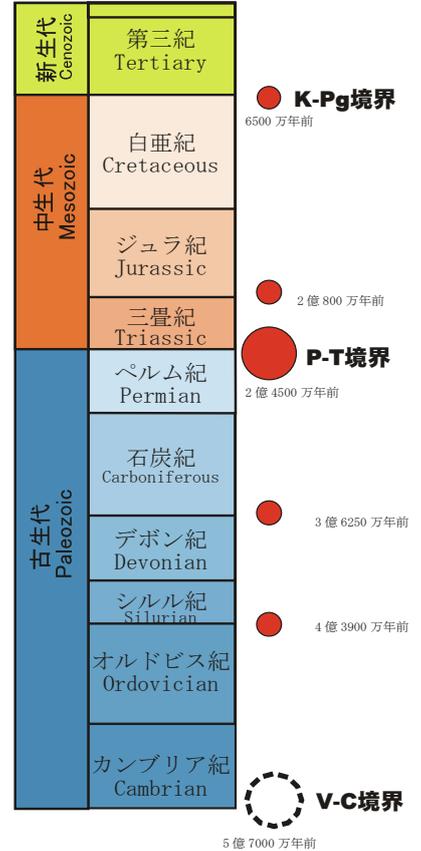
▼ レポートについて

レポートは**時間厳守**です。少しでも遅れたら加対象にしません。

第2回テーマ：地球環境は本当に悪くなっているでしょうか

締め切り：6月20日（木）24：00（時間厳守）

大量絶滅事件



第9講 造山運動と謎の大絶滅：P-T境界

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

Email: chikyu2019@ykoide.com

▼ 前口上：夢を実現するための方法9：信念を持ち説得する ジェームス・ハットン

能吏の Tak さん：能力ある県職員で、会議のときは合意の上で結論をかならず出すことにしていた。相反する立場があつて激しい意見がでて議論が紛糾しても、最後には何らかの双方が合意できる結論を導き、最後には笑顔で会議を終えるすべをもっていた。

たとえ自分以外の方が自分の業績を信じてくれなくても、説得をする必要がある。最大の反対者は、最大の協力者になることがある。説得する重要性。

ジェームス・ハットンの生涯：信念を持ち続け、その正しさを人に伝え続ける

▼ 古生代とは

1 時代区分

古生代は、

カンブリア紀（5億4200万年前～4億8830万年前：5370万年間）

オルドビス紀（4億8830万年前～4億4370万年前：4460万年間）

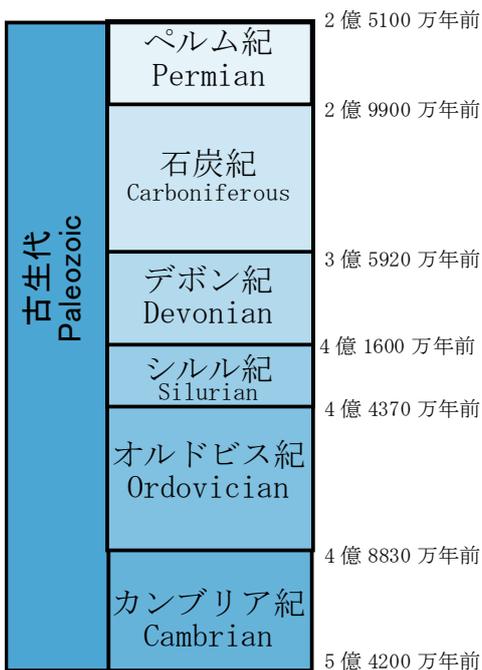
シルル紀（4億4370万年前～4億1600万年前：2770万年間）

デボン紀（4億1600万年前～3億5920万年前：5680万年間）

石炭紀（3億5920万年前～2億9900万年前：6020万年間）

ペルム紀（2億9900万年前～2億5100万年前：4800万年間）

に区分される。



2 古生代の特徴

2つの造山運動

地球規模の激しい変動が、何度か起こっている。

生物進化

- ・カンブリア紀直前からの生物の進化：カンブリア紀の大爆発（前回紹介）
- ・陸上生物の出現
- ・古生代末期の大絶滅

▼ 造山運動とは

1 地表に凸凹があるということ

現在、地球の凹凸があるということは、

- ・最近できた→昔は凹凸がなかった
- ・常に凹凸をつくる作用が働いている

2 ハットンの不整合

ジェームス・ハット (1726-1797)

ジェームス・ハットンは、医者免許を持っていたが医者として開業することがなかった。個人所得が十分あり、一生独身で通した。エディンバラで、妹と一緒に暮らした。

1785年 エディンバラ王立協会で講演、および講演抄録

1788年 エディンバラ王立協会紀要で論文の第1巻出版

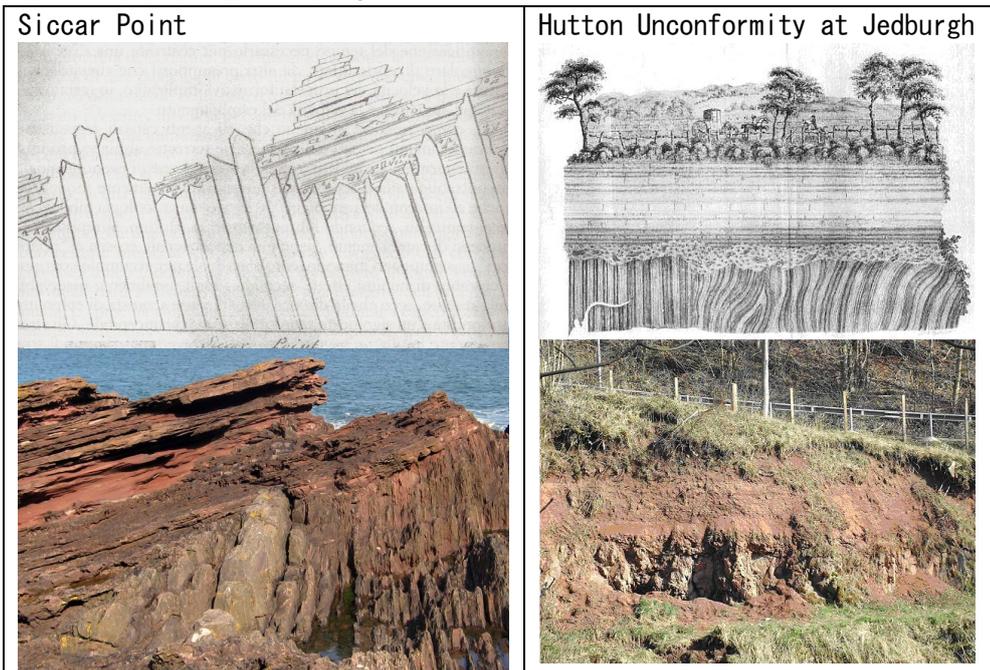
1788年6月 シッカー・ポイント (Siccar Point) を発見 Hutton Unconformity at Jedburgh, Scotland

斉一説を疑っている人と一緒に野外でその証拠を見つけに行った。ジョン・プレイフェア (エディンバラ大学数学教授、40歳) とサー・ジェイムズ・ホール (貴族で、科学者、費用、機材、作業員の提供、22歳) と共に、船でシッカー・ポイントを発見した。その結果、懐疑的な2名は、ハットンの説を信じるようになった。

1795年 「地球の理論」出版

それまで地球の歴史は6000年より若いと考えられていたが、ハットン (62歳) は、それより格段に長いと主張した。その根拠は、斉一説にもづいていた。

1802年「ハットンの地球理論の解説」をプレイフェアが出版。ホールは粘土を高い圧力で熱したら、岩石ができることを示した。



斉一説：長い時間（過去）の存在

シルル紀の垂直になった地層の上に不整合で、デボン紀の旧赤色砂岩が堆積している。カレドニア造山運動の証拠である。この露頭をみて、ハットンは、不整合という概念を発見した。これは、長い自然現象の積み重ねが、大きな変動へとつながることを説明する斉一説の提唱の場でもあった。

長い時間（過去）の存在を証明するという事は、「証明」という科学的な方法で人が説得できるということで、人が論理を重んじることが背景になければならない。社会が成熟していなければならない。

▼ 古生代の造山運動

1 2つの造山運動

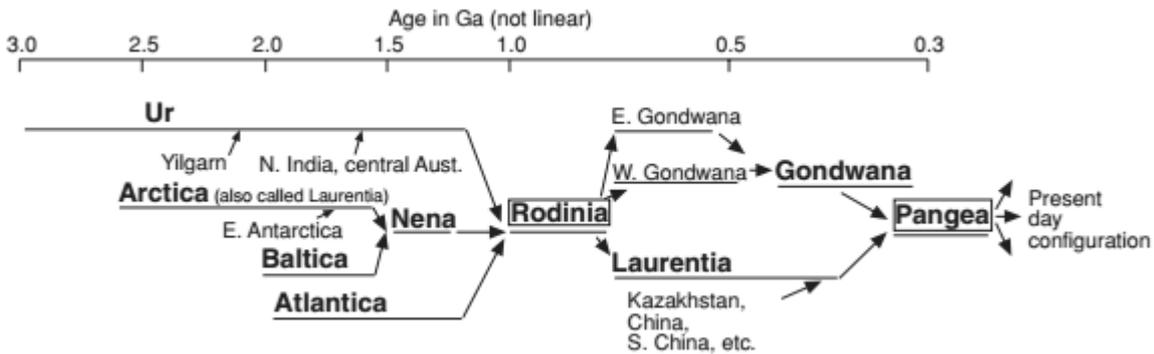
地球全体に及ぶ大きな地殻変動を、造山運動という。

古生代に

- ・カレドニア造山運動： Gondwana大陸の形成
- ・パリスカン造山運動： Pangea大陸の形成

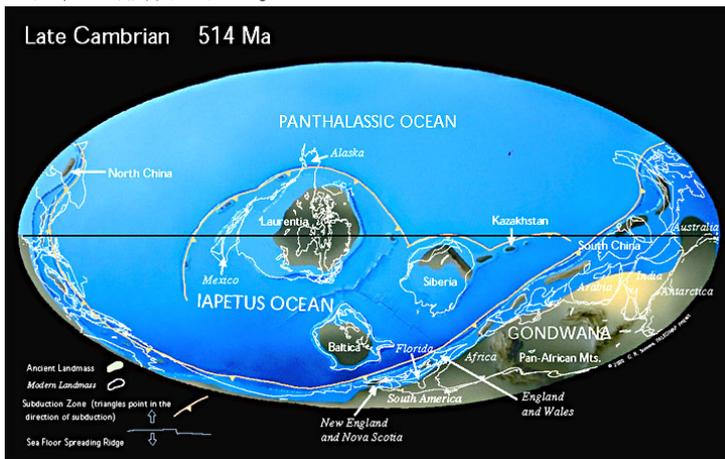
の2つの造山運動があった。

超大陸



2 カレドニア造山運動

カレドニア造山運動は、先カンブリア紀末からデボン紀にかけての活動イアペタス海 (Iapetus、古大西洋とも呼ばれる) という大きな海が、大陸同士の衝突で、シルル紀後期に消えた。衝突後、Gondwana大陸が形成された。



海の変化

カンブリア紀初期からオルドビス紀、シルル紀まで連続的に（整合で）堆積物がたまった。そのとき、3回の海進・海退サイクルがあった。

カンブリア紀は、海岸付近の浅い海でたまった堆積物から大陸棚の堆積物になり再び浅い海に変わる。

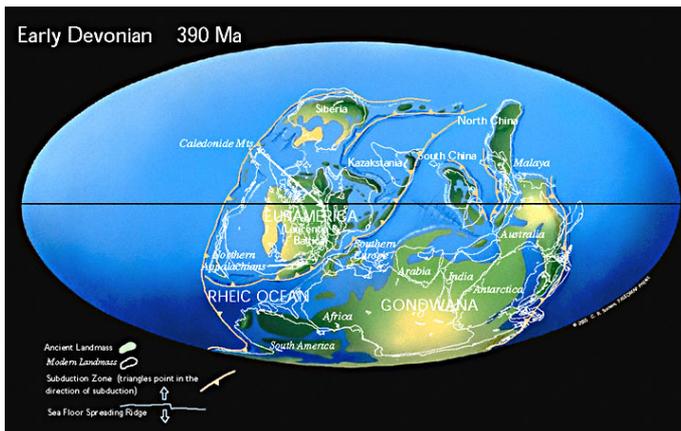
オルドビス紀は、浅い海の堆積物の上に火山噴出物の多い地層が重なる。

シルル紀は、干潟や海岸付近の堆積物と同時期にたまった大陸棚の堆積物がある。

衝突の証拠

三葉虫の化石が両地域で違っている。

3 パリスカン造山運動



<http://www.scotese.com/newpage5.htm>

概要

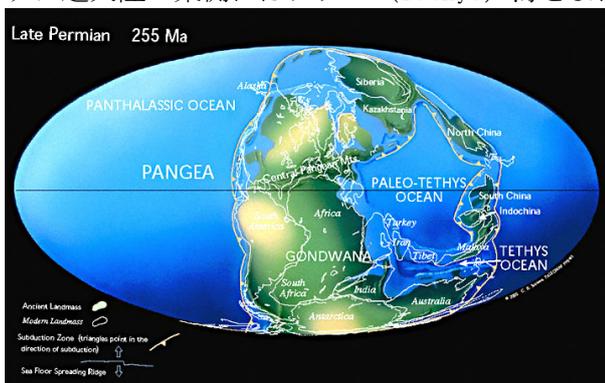
カンブリア紀から石炭紀かけての活動だが、主たる活動は、オルドビス紀からシルル紀にかけて起こった。大陸地殻が分れて（分裂して）、海洋地殻が形成され、北側の大陸地殻に、海洋地殻が沈み込みんだり、持ち上げられたりして、分かれていた大陸が再び衝突して、超大陸パンゲアが形成された。

パンゲア超大陸

3億0600万年前：造山運動がはじまり、2億5000万年前ころにパンゲア超大陸が誕生

石炭紀前期、北半球にあったユーラメリカ（シベリア、カザフスタン、ヨーロッパと北アメリカ、）大陸と南半球にあった Gondwana（南アメリカ、アフリカ、南極、オーストラリア、南中国）大陸が合体してできた。

北極から南極まで長く延びた大陸であった。残りは超海洋パンラタサ（Panthalassa）ができた。パンゲア超大陸の東側にはテチス（Tethys）海とよばれる巨大な湾があった。



<http://www.scotese.com/newpage5.htm>



海洋

デボン紀にリーク海（ミドローピアン海とも呼ばれる）が形成され、拡大し北側と南側に沈み込み帯が形成され、石炭紀後期まで堆積物が形成された。このときの大陸の衝突が、パリスカン造山運動帯とアパラチア造山運動帯となる。

▼ 生物進化への影響

1 環境変化と生物進化

激しい造山運動は、地球表層に大きな環境変化をもたらした。それは、生物の進化や生態系に大きな影響を与えた。ゆっくりした変化であるが、そのゆっくりさが生物の進化を促すかもしれない。

海ができ、海がなくなるということ

大陸の分裂・拡大で内海ができて、生物にはあまりメリットはない。

しかし、今まであった海洋と内海がつながることによって、生物は大きな、新しい環境を手に入れることになる。

海がなくなることは、生物にとっては、絶滅を意味する。しかし、進化をする猶予はあった。

2 酸素濃度の変動

オゾン層の形成

紫外線が減少し、生物が陸地で生活できる環境になる。時期は不明だが、古生代になってからではないかを考えられる。

酸素の量産

今まで、海洋での酸素生産が種であったのが、陸上植物が繁栄すると、酸素の生産が多くなり、酸素濃度が高くなる。

高濃度の酸素の環境

生物の巨大化の要因：巨大昆虫類の出現

森林の巨大：酸素の量産

30%以上の酸素濃度になると大火災が起りやすくなり、酸素は減少に転じる。

3 イアペタス海の消滅（シルル紀末）：カレドニアン造山の終わり

・シルル紀

サソリ類の進化（シルル紀）：空気呼吸が可能

最初の陸上植物（維管束植物）：シルル紀末

ハイギョ類の出現

・デボン紀

最初の森林が形成される。森林は、ソテツシダ類、シダ類、トクサ類、鱗木類などで構成された。淡水魚が生まれる。

最初昆虫化石（ライニユラ）：デボン紀前期

最初の両生類（イクチステガ）：デボン紀後期

4 リーク海の消滅（石炭紀後期）：パリスカン造山の終わり

原始的ハチュウ類の出現：完全な陸上生活：石炭紀後期

昆虫類、クモ類、カタツムリ類、サソリ類、ゴキブリ類の出現

低湿地帯では巨大樹木の森林：鱗木

裸子植物である針葉樹の出現

▼ 大量絶滅

1 ビッグ・ファイブ

時代の境界は大量絶滅がおこっている。顕生代の中で大きな絶滅は、ビッグ・ファイブとよばれている。

表 大量絶滅のビッグ・ファイブ

事件	時代	種の絶滅率(%)
白亜紀－第三紀 (K-Pg 境界)	6550 万年前	70
三疊紀－ジュラ紀	1 億 9960 万年前	76
ペルム紀－三疊紀 (P-T 境界)	2 億 5100 万年前	96
後期デボン紀	3 億 6700 万年前	82
オルドビス紀－シルル紀	4 億 4370 万年前	85

一番大きな大量絶滅は、古生代と中生代の境界ペルム紀 (Permian) と三疊紀 (Triassic) の境界なので、P-T 境界と呼ばれる。

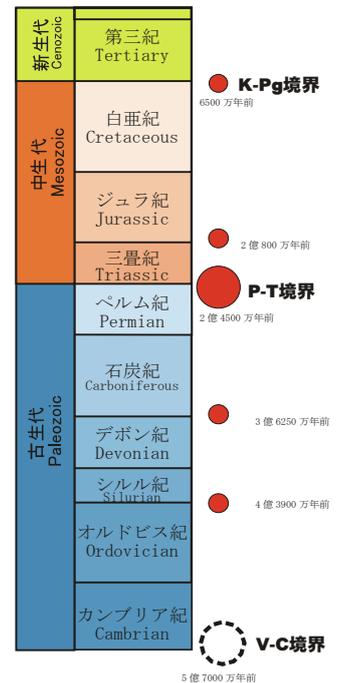
そのほかに、実は、地球史上大きな絶滅が 2 つ想定される。

- ・原生代と顕生代の境界 (V-C 境界)
- ・原生代前期の酸素の量産の大量絶滅です。

どちらも、絶滅の実態がわかっていないので絶滅の規模がわからないが、環境変化の大きさから考えると、もし、多くの生物が当時生きていたとしたら、当然、大量絶滅があったはずである。

そのいちばん小さい大量絶滅が K-T 境界の事件である。これが、中生代と新生代の境界となっている。

大量絶滅事件



▼ 古生代と中生代の境界 (P-T 境界)

1 何があったか

P-T 境界の大量絶滅は、現在わかっている絶滅では、最大規模のものである。この事件で、海洋域の無脊椎動物の属のレベルで、78~74%が絶滅している。

ある見積もり (Sepkoski, 1986) によれば、種のレベルで、最大で 96%が絶滅したといわれている。この事件は、陸上生物にも及んでいる。



2 どこに地層があるのか

P-T 境界の大量絶滅の研究は、大陸棚の浅海性の石灰岩でなされてきた。このような地層は、すべて、パンゲア超大陸の周辺で堆積したものである。しかし、このような地層の研究では、広大な海洋域の環境変化を知ることができない。そのため、海洋域の地層が重要である。最近まで、遠洋性の石灰岩の地層で、P-T 境界の連続露頭は知られてなかった。しかし、磯崎さんたちが、精力的に調べ、各地で、連続露頭を発見しだした。

現在、P-T 境界の連続露頭が知られているのは、以下の4箇所である。

岐阜県各務原市～愛知県犬山市

岐阜県大垣市赤坂

愛媛県東宇和郡城川町

宮崎県西臼杵郡高千穂町上村

中華人民共和国四川省朝天 (Chaotian) この地層は、大陸棚の石灰岩である。

表 P-T 境界の地層

地域	境界の岩石	境界のようす
犬山	黒色チャート	黒色有機質泥岩
赤坂	石灰岩	5mm 酸性凝灰岩
城川	ドロマイト	
上村	ドロマイト	1～3mm 淡緑色粘土層
朝天	石灰岩と泥岩	多数の白色酸性凝灰岩、数 cm～3m

火山灰層が、中国大陸に向で、厚くなる。中国の朝天周辺か、それより西側に巨大な火山があった可能性がある。それに、相当する適当な火山が見つかってない。

3 どんな地層か

・チャート (犬山)

深海底で、遠洋性のプランクトンが沈殿、堆積してできた岩石である。

陸や大気の影響をほとんど受けない環境である。

犬山のチャートから、

境界前後 1000 万年間放射虫化石がない

境界前後 1500 万年間チャートの堆積停止

境界前後 2000 万年間還元的堆積物の堆積
境界は対称的な岩相変化
という証拠が見つかった。

・石灰岩

海洋島、海山の上にたまる造礁性生物の遺骸によってできる岩石である。陸の影響を受けないが、大気や環境の変化を受けやすい。

前期三畳紀の「リーフ・ギャップ」

ペルム紀後期まで発達していたサンゴ礁が、ペルム紀最末期から三畳紀中期まで、発達しない現象をいう。

約 1000 万年間、サンゴ礁がない時期がある。しかし、日本列島には、付加体として P-T 境界の石灰岩が産出する。

▼ 事件全貌

1 超酸素欠乏事件

地層の証拠は、境界前後 1000 万年間放射虫化石がない
→遠洋性の表層のプランクトンにまで絶滅が及んでいる

境界前後 2000 万年間還元的堆積物の堆積

→海水循環の悪化や表層での酸素の生産停止

境界は対称的な岩相変化

→隕石の衝突では、対称性はない。

を意味する。

これを、「超酸素欠乏事件 (Superanoxia)」とよぶ。酸素欠乏の事件は、時々おこっている。

表 酸素欠乏の事件

事件の規模	期間
小さな海洋酸素欠乏事件	1 年から 10 万年継続 (たとえば、K-T 境界)
通常の酸素欠乏事件	10 年から 100 万年継続 (たとえば、ジュラ紀と白亜紀の境界)
超酸素欠乏事件	1000 万年継続 (P-T 境界)

2 大絶滅のシナリオ

P-T 境界直前の出来事で、地球規模のものは、パンゲア超大陸の分裂にむすびついているはずである。

超大陸の分裂は、巨大な暖かいマントルの上昇 (スーパープルームという) によって、激しい火山活動が起こる。

それが、地球規模の環境変化を起こしたのではないかと考え

「プルームの冬」

と名づけられて、研究されている

P-T 境界にみられる火山灰を供給した火山がもしかすると「プルームの冬」の原因かもしれない。

この火山灰は、酸性の火山で、噴出時期は 2 億 5900 万年前～2 億 5100 万年前である。

▼ レポートについて

自分の考えを書くようにしてください。**希望者のみ提出**して下さい。レポートは可能な限り e-mail で提出して下さい。紙によるレポートも受けつけます。充実した内容のレポートを出したのものには、多くの加点をします。レポートは**時間厳守**です。少しでも遅れたら加点対象にしません。

第 2 回テーマ：地球環境は本当に悪くなっているのでしょうか

締め切り：6 月 20 日 (木) 24 : 00 (時間厳守)