

原生代後期の氷河時代後の急速な地球温暖化

Rapid post-glacial Earth-warming at the end of Neoproterozoic

東條 文治 [1], 川上 紳一 [2], 吉岡 秀佳 [3], 岡庭 輝幸 [4]

Bunji Tojo [1], Shin-ichi Kawakami [2], Hideyoshi Yoshioka [3], Teruyuki Okaniwa [4]

[1] 京大・理・地球惑星, [2] 岐阜大・教育, [3] 都立大・理・化学, [4] 名大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Kyoto Univ., [2] Fac. Educ. Gifu Univ., [3] Dep. Chem., Tokyo Metropolitan Univ., [4] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ

原生代後期の氷河時代の証拠である氷河堆積物は世界各地で見られるが、この氷河堆積物は炭酸塩岩で覆われている。アフリカ南部のナミビアに露出する、7億年前の炭酸塩岩には縞が見られ、これを連続的にサンプリングし、縞の観察と分析を行った。縞には3種類のタイプが認定でき、縞の種類が規則的に変化するサイクルが繰り返し見られる。1サイクル内の縞の本数は1500から700程度に集中し、全体のサイクル内での全体の増減を示す1オーダー大きな周期性が見える。氷河時代から温暖な時代への回復が数万年オーダーという急速なものであった可能性がある。

原生代後期には、赤道域にまで氷床が発達した時代が、数回に渡って繰り返したと考えられている。原生代後期の氷河時代の証拠である氷河堆積物は世界各地で見られるが、この氷河堆積物はつねにcap carbonateと呼ばれる石灰岩で覆われており、一般に温暖な環境を示す石灰岩と氷河堆積物が対をなすという事実は、原生代後期の地球史を考える上で重要な地質学的謎とされてきた。さらに、このcap carbonateの下部では異常な炭素同位体比の負へのシフトが見られることや、平行葉理などの堆積構造がよく保存されているという特徴を持っている。このcap carbonateの縞の形成メカニズムやその堆積速度を明らかにすることは、当時の地球温暖化の実態を解明する上で重要な制約条件を与える。そこで、この縞が非常によく保存されている、アフリカ南部のナミビアに露出するcap carbonateを連続的にサンプリングし、縞の観察と分析を行った。

ナミビアには氷河堆積物とそれを覆う炭酸塩岩のシーケンスが2回繰り返している。サンプリングした試料は、このうちの下部のcap carbonateで、約7億年前、当時の南緯12°で溜まったものと考えられている。サンプリングポイントでは、cap carbonateは当時の基盤の上に直接溜まっていて、基盤とcap carbonateの間の層準は側方に厚いレンズ状の氷河堆積物を挟むことから、ここは当時氷河による浸食域であったことが分かる。この氷河によって平らに削られた基盤の上に、温暖化による海水準の上昇とともに海が入り、cap carbonateが堆積したと考えられている。サンプリングポイントでは、cap carbonateの全層厚は220mで、最下部の15mで縞が発達していて、その上ではストロマトライト状の構造に漸移し、上にいくにしたがって堆積構造は不明瞭になる。縞の明瞭な下部の15mについて連続サンプリングを行った。

サンプリングポイントの露頭では地層がほぼ垂直に立っており、足場を組んで水平に移動するステージの上にエンジンカッターを載せ、地層を水平に切り出すことで、3cm厚、幅5cm程度のプレート状の試料を15m分連続的にサンプリングした。連続サンプリングした試料は樹脂で固め、地層に垂直な断面で研磨し、20×40cmのプレート40枚に加工し、蛍光X線分析装置により、15mに渡る連続的な元素マッピングを行った。さらに、薄片レベルでの縞の観察や組成分析も行った。

石灰岩の縞には3種類のタイプが認定できた。一つ目のタイプ(タイプA)は、横に細長い板状のカルサイトの結晶が平行に配列し、煉瓦状に積み重なっているもので、このタイプが最も縞が平らで細かい。二つ目のタイプ(タイプB)は、カルサイトの結晶中に微細な球状のドロマイトの結晶が含まれるようになり、比較的シャープな不透明鉱物による層が挟まることによって縞ができている。不透明鉱物にはAl, Si, K, Fe, Tiなどが含まれる。三つ目のタイプ(タイプC)は、カルサイト中のドロマイトが増え、不透明の層がうねってくるものである。全体ではこの縞のタイプがAからCへと変化するサイクルが繰り返し見られる。

このサイクルとサイクルの境界には、ベインが挟まれていることが多く、路頭で周期的なへこみを作っているが、この縞のタイプの違いによるサイクルがベインによる変質とは考えられない。なぜならばベインの上下で縞のタイプがまったく異なる非対称な縞の分布をとるからである。つまりこの石灰岩の縞のサイクルは初成的なものであるといえる。また、タイプごとの平均的な縞の厚さを概算し、タイプごとの層の厚さから縞の本数を概算した。1サイクル内の縞の本数は1500から700程度に集中し、全体の13サイクル内での全体の増減を示す1オーダー大きな周期性が見える。

この縞の成因が、雨季と乾季といったような季節的な堆積物の河川からの供給量の増減と関連があれば、縞1本がほぼ1年でできたと考えられ、1サイクルは平均1300年、サイクル全体での増減を意味する1オーダー大きな周期はほぼ17000年といえる。後者については当時のミランコビッチ周期19000年の可能性がある。炭素同位体の変動がこの石灰岩の縞の部分で見られるが、この氷河時代から温暖な時代への回復が数万年オーダーという急速なものであった可能性がある。