

全地球凍結

～地球史と生命進化の謎～



理学系研究科 地球惑星科学専攻 准教授 田近 英一



図：カナダ・オンタリオ州に分布するヒューロニアン累層群ゴウガンダ層と呼ばれる原生代前期（約22.2億年前）の氷河堆積物。

かつて地球全体が凍りついていたという驚くべき事実が、最近になって明らかになりました。それは、いまから約22億～23億年前と約6億～7億年前、地質時代でいうと原生代の前期と後期にあたります。当時の生物は、大陸上にはほとんどおらず、大部分は海洋に生息していました。そのような時代に、赤道域まで氷に覆われるような極端な寒冷化（“全地球凍結イベ

ント”、あるいは“スノーボールアース・イベント”）が生じたというのです。地表の水がすべて凍ってしてしまうというこの破局的な地球環境変動は、当時の生命圏に深刻な打撃を与えたことは間違いありません。

当時の地球表面全体が氷に覆われていたことは、当時の赤道域における氷河堆積物の発見によって明らかになりました（図1）。赤道域で

氷河堆積物が形成されたということは、赤道域の大陸上に巨大な氷床（大陸氷床＝大陸スケールの氷河のことで、高い山の頂上部だけに形成される山岳氷河とは異なる）が存在していたことを意味します。そのような状況は、理論的には二つの可能性しか考えられません。すなわち、地球の自転軸が横倒しになっていて赤道域のみに氷床が形成されたか、それとも地球全体が氷に覆われていたか、のどちらかです。前者の可能性は、物理的に考えにくく、まったく賛同が得られていません。となると、当時は地球全体が凍結していたと考えざるをえない、ということになります。

地球全体が凍結していたと考えることによって、原生代後期の氷河時代に特有のいくつかの「謎」（酸化鉄の鉱床が10億年ぶりに形成されていること、氷河堆積物の上に熱帯性の炭酸塩岩が堆積していること、その炭素同位体比に異常値が認められること、など）を包括的に説明することができるため、この“スノーボールアース仮説”は大ブレイクしました。しかし、一方では、この仮説は従来の地球史観を覆すため、大論争を引き起こしました。なかでも、原生代後期の全地球凍結イベントを、当時すでに出現していた光合成藻類が生き延びることができたとはとても考えられない、という反論は深刻でした。しかし、数々の「謎」を統一的に説明できる魅力から、現在では多くの研究者がスノーボールアース仮説を支持しています。

私たちの研究グループでは、スノーボールアース仮説の名付け親であるカーシュビーク教授率いるカリフォルニア工科大学のグループと共同で、22億～23億年前の全地球凍結と酸素濃度増加の因果関係について研究を行っています。具体的には、当時の地質学的証拠が存在す

る、南アフリカ共和国、アメリカ合衆国、カナダ、フィンランドなどで地質調査を行うとともに、気候モデルや物質循環モデルを用いた数値シミュレーションを行っています。その結果、全地球凍結後と酸素濃度の増加との間の因果関係が少しずつ明らかになってきました。

現在のところ、全地球凍結は原生代前期と後期に少なくとも3回生じたらしく、大気中の酸素濃度の増加や、真核生物の出現、多細胞動物の出現といった生物の大進化とも因果関係があったのではないかと考えられるようになってきました。本講演では、原生代における全地球凍結イベントと大気中の酸素濃度増加との因果関係、そして生命進化との関連性に関する最新の知見を紹介します。