

原生代初期の地球システム変動

The Earth system variations during the Paleoproterozoic

田近 英一[1]; 多田 隆治[2]; 磯崎 行雄[3]; Kirschvink Joseph L.[4]; 浜野 洋三[5]; 永原 裕子[6]; 大河内 直彦[7]; 橘 省吾[8]; 山本 信治[9]; 後藤 和久[10]; 平井 建丸[11]

Eiichi Tajika[1]; Ryuji Tada[2]; Yukio Isozaki[3]; Joseph L. Kirschvink[4]; Yozo Hamano[5]; Hiroko Nagahara[6]; Naohiko Ohkouchi[7]; Shogo Tachibana[8]; Shinji Yamamoto[9]; Kazuhisa Goto[10]; Takemaru Hirai[11]

[1] 東大・理・地惑; [2] 東大・理・地惑; [3] 東大・総合・広域; [4] カルテック・地球惑星; [5] 東大・理・地球惑星物理; [6] 東大・院・理; [7] 固体地球フロンティア; [8] 東大・理・地球惑星; [9] 東大・理・地質; [10] 東大・理・地球惑星; [11] 東大・理・地球惑星

[1] Dept. Earth Planet. Sci., Univ. of Tokyo; [2] DEPS, Univ. Tokyo; [3] Earth Sci. & Astron., Univ. Tokyo Komaba; [4] GPS, Caltech; [5] Dept. Earth & Planetary Physics, Univ. of Tokyo; [6] Dept. Earth Planet. Sci., Univ. Tokyo; [7] IFREE; [8] Earth and Planet. Sci., Univ. of Tokyo; [9] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ; [10] Earth and Planetary Sci., Univ. Tokyo; [11] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ.

<http://www-sys.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~tajika/>

地球史において原生代初期(25-20 億年前)はとりわけ興味深い時代である。この時代には氷河期が三回以上繰り返し、少なくともその一回は全球凍結(スノーボールアース)イベントであった可能性が高い。また、大気中の酸素濃度がこの時期に急激に増加したことを示唆するさまざまな証拠が存在する。しかも、この両者(スノーボールアース・イベントと酸素濃度急増イベント)は互いに密接な関係にある可能性も指摘されている。本講演では、原生代初期における地球システム変動に関するレビューを行うとともに、我々のグループによる海外学術調査プロジェクトについて紹介する。

南アフリカの Griqua Town West 地域に分布する Transvaar 累層群 Makganyene 層は、原生代初期の氷河堆積物であると考えられている。Makganyene 層は Ongeluk 溶岩と呼ばれる洪水玄武岩に覆われており、その古緯度は $11 \pm 5^\circ$ と推定されている(Evans et al., 1997)。このことは、Makganyene 層が赤道域において形成されたことを意味する。すなわち、原生代後期の氷河期同様、原生代初期の氷河期も地球全体が氷に覆われるスノーボールアース・イベントであった可能性が高い(Kirschvink et al., 2000)。

大変興味深いことに、Makganyene 層の直上には、Ongeluk 溶岩をはさんで世界最大のマンガン鉱床(Hotazel 層)が存在する。酸化還元電位に基づけば、鉄の酸化には必ずしも酸素を必要しないが、マンガンの酸化には自由酸素の存在が不可欠である。したがって、地球史上最初でかつ最大規模のマンガン鉱床の形成は、氷河期直後に酸素濃度が急激に増加した可能性を強く示唆する(Kirschvink et al., 2000)。

原生代初期の地球システム変動を記録した地層は、南アフリカの他に北米、オーストラリア、北欧に分布している(Hambrey and Harland, 1981)。このうち、北米のカナダ南東部に分布する Huronian 累層群は原生代初期の地層がほぼ連続的に露出しており、この時代を通じてどのような地球システム変動が生じたのかを調べるのに適している。Huronian 累層群には、氷河性と考えられるダイアミクタイトが三層準存在する。しかし、どれが南アフリカの Makganyene 層に対応するのかはまだ不明である。同様に、オーストラリアや北欧でみられるダイアミクタイト(おそらく氷河堆積物)についても、その対応関係は分かっていない。原生代初期にスノーボールアース・イベントが生じたのであれば、それはグローバル・イベントであったはずであるから、グローバル・スケールでの地層対比を行うことが重要な課題である。

一方、最近の硫黄同位体の質量非依存性分別効果の発見は、24-20 億年前頃に大気中の酸素濃度が増加した可能性を強く支持する(Farquhar et al., 2000)。しかしながら、具体的にどの年代・地層を境に質量非依存性分別効果が見えなくなるのか、あるいは酸素濃度の増加は具体的にどのようなものであったか(急激に増加したのか徐々に増加したのか、一回のイベントであったのか何度も増減を繰り返したのかなど)については、まだ良くわかっていない。

さらに、主として北欧の岩石試料の炭素同位体比分析から、22.5-20 億年前頃に海水の炭素同位体比が 10% を超すというきわめて大きな正異常が生じたことが知られている(Karhu and Holland, 1996)。これは、大量の有機物が埋没されたこと、すなわち大量の酸素が放出されたことを意味する。この「大酸化イベント」(Great Oxidation Event; GOE)が、スノーボールアース・イベントや硫黄同位体の挙動、鉄・マンガン鉱床の形成などどのような関係にあるのかは全く不明である。

Huronian 累層群は、これらの変動をすべて記録している可能性がある唯一の候補である。私たちは、2002 年度から Huronian 累層群のほか、米国ワイオミング州に分布する Snowy Pass 累層群、南アフリカの Transvaar 累層群などの調査を行っている。古地磁気測定、堆積環境の復元、硫黄同位体比の質量非依存性分別効果、有機・無機炭素の同位体比変動などを詳しく調べることによって、原生代初期の地球システム変動の詳細や各変動の相互関係について有力な手がかりを得たいと考えている。