

地球進化史

地層記録から地球史・地球環境・テクトニクスを解読する

スタッフ

教授 尾上哲治

准教授 清川昌一

助教 佐藤峰南

地層は、地球表層部で生じたさまざまな環境変動を記録する最も優れたレコーダーです。地球表層部には、さまざまな周期で、テクトニクスや気候変動、天体衝突などのイベントを反映した地層が形成されます。これには、断層や褶曲などの変形構造と共に、海水準や生物多様性の変動が、堆積サイクル、碎屑物の組成変化、含まれる化石遺骸の記録として地層に保存されます。本研究分野の研究は、浮遊性微化石や同位体を用いた地層年代の決定、堆積造構環境を明らかにするための堆積相・変形相データの収集、碎屑物の組成の解析などを通して、地層中に残された変動記録を高い精度で解読し、地球表層部の進化過程を研究します。研究の対象となる地域には、国内の古～新生界はもとより、海外の先カンブリア時代の地層を始め、様々な地域と時代を含みます。本分野では、地層記録から地球史を明らかにするために、以下の様な研究を行っています。

(1) 大量絶滅の研究

顕生代には、何度かの大量絶滅を引き起こした海洋環境変動が報告されており、それらは、大規模な火成活動、隕石衝突、大気・海洋表層における酸素濃度の急激な低下などが原因と考えられています。これらの環境変動は、堆積岩中にイジェクタ層や黒色頁岩層(図1)といった特徴的なイベント堆積物として記録されており、それらを詳しく調べることにより、どのような環境変動が大量絶滅を引き起こしたかを知ることができます。本研究分野では、放散虫(図2)やコノドントといった微化石と、堆積学・地球化学的な手法を利用して、堆積岩に記録された環境変動と大量絶滅との関連性を解明する研究を進めています。



図1 海洋無酸素事変を記録したイタリア白亜系石灰岩中の黒色頁岩(矢印)。

(2) 堆積岩中の地球外物質に関する研究

地球進化史分野では、地球環境の大変化が予測できる地球外物質の寄与、つまり天体衝突や宇宙塵の大量流入といったイベントが、地球環境と生命に与えた影響についても研究を進めています。6500万年前の白亜紀末に、巨大隕石の衝突により恐竜絶滅が起こった説は有名です。最近では本研究分野の学生により、恐竜時代の黎明期にあたる約2億1500万年前の地層から、直径7 kmという巨大隕石が衝突した証拠が世界で初めて発見されました。このような天体衝突履歴の解読のみならず、堆積岩に保存された“宇宙塵の化石”から、太陽系での物質分布や移動の歴史も明らかにすることを目指しています。

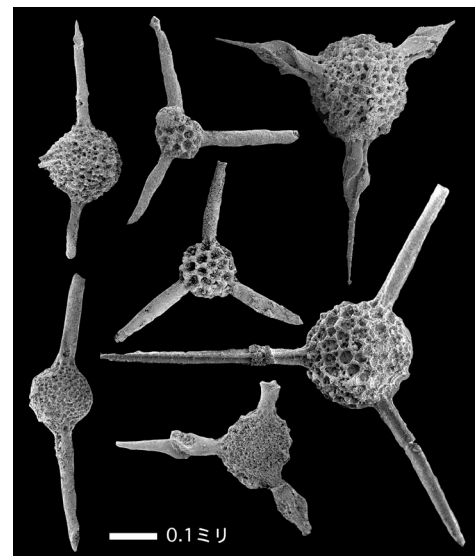


図2 後期三畳紀の放散虫化石種の一例。

(3) 失われた海洋底の環境記録

地球表層の7割は海洋地殻からできている。しかしプレートの沈み込みのために、1.8億年以前の海底環境を紐解くには、陸上に残された海洋底の記録を見つけ出す必要がある。日本列島には、付加体の一部として、海洋底起源地層が残されている。この失われた海洋底記録について、詳細な地質調査と年代情報を決める事で、失われた古海洋の地球環境記録を明らかにし、汎世界的な地球環境変動の解明を目指しています。

新生代 : 浅海域の生態系および環境復元

中生代 : 温暖化海洋の環境復元

古生代 : パンサラッサ海洋の復元

新新生代 : スノーボールアース時代

中新生代 : 安定化大陸時代

古新生代 : 大酸化事変

太古代 : 大陸の形成と酸素濃度上昇史

調査場所 : オーストラリア、カナダ、南アフリカ、
ガーナ、エジプト、ブラジル、東チモール、カリブ
海、日本列島各地 etc.

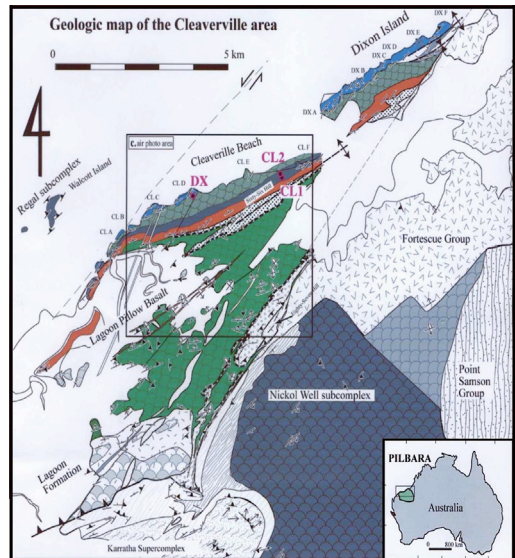


図3 オーストラリア西部クレバービル地域の太古代の地質図。太古代のコマチアイト質海洋底玄武岩(緑色)の上位に縞状鉄鉱層(BIF:赤色)や黒色チャート層(暗灰色)が重なる。Kiyokawa & Taira (1998)を簡略化して示す。

太古代 原始海洋 : 細菌の仲間のシアノバクテリアの活動により酸素の供給が始まりました。酸素は、原始海洋中に大量のイオンとして含まれていた鉄を酸化させ、太古代の海洋底に縞状鉄鉱床(BIF)を形成しました。BIFの出現は、地球の原始海洋での大きな変化を示します。BIFがどのような海洋環境下とメカニズムで生成するのか、などはまだ十分に明らかではありません。この分野では、当時の原始地球環境が地層記録としても最もよく保存されているオーストラリア西部のピルバラ・クレバービル地域(図3)やアフリカ、バーバートン帯が調査地域である。

原生代 海洋環境 : 原生代は大陸の安定・分裂の時代になります。初期には酸素濃度上昇事変がおこり、海洋表層では生物が発生、海底はその分解により酸素が奪われ、無酸素でより硫化物に富むユーキシニック海洋になると言われています。大陸分裂時には大プルーム活動がおこり、ロディニアなどの超大陸の形成分裂もおこります。スノーボールアース事件も、地球表層環境の暴走事件として不安定な地球環境の記録を残しています。海底地層はこれらの記録が唯一保存されているタイムカプセルであり、これらの記録をいろいろな手法を使って、解きほぐしていきます。

顕生代 生態系と海洋環境 : 顕生代に入ると大型生物が誕生します。特に沿岸生態系を支える造礁サンゴや二枚貝、海綿が形成する生物礁とその炭酸塩骨格には過去の生物群集、海洋環境が記録されています。地球環境変動に対する生物応答を読み解き、将来予測に役立てるための研究を行います。

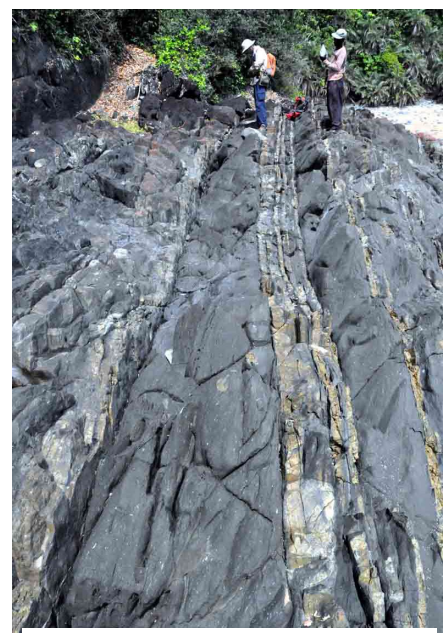


図4 23億年前の海底堆積層の分布状況(ガーナ)。

(4) 現在進行形の地層形成記録

鉄沈殿と海洋酸性化（薩摩硫黄島・鬼界カルデラ）

7300年前に起こった巨大カルデラ噴火（鬼界カルデラ）の痕跡について、海洋調査をもとに行っており、海底地形・音波探査により海底に埋もれているカルデラ噴火史を明らかにし、カルデラ噴火の周期やそれぞれの規模を決定し、将来の予知に役立てます。

また、カルデラ周辺の現在の地質現象に注目し、1) 鉄沈殿の現世のアナロジーである鹿児島県硫黄島の海底火山活動域において a) 鉄沈殿メカニズム：熱水活動の長期観測・気象条件などとのリンクに

よる沈殿作用の解明、b) 熱水活動と生物活動：チムニーマウンドでのバクテリアの生物活動の解明、c) 野外証拠の収集と採集した試料の地球化学的分析を通して、原始海洋環境の復元と考察、d) 酸化海洋と生物活動：サンゴ礁は生物が作る地球上で最も大きな炭酸塩岩の構造物であり、現代において最も生物多様性の高い海域の基盤となっています。海洋酸性化は造礁サンゴをはじめとする炭酸塩の殻を形成する生物にとって脅威となると考えられてきました。硫黄島周辺における強酸性温泉水がもたらした酸性海洋の生物活動の長期調査から、温暖化が海洋生物に与える影響の変化予測を試みています。



図5 現在の鉄沈殿場：鹿児島県薩摩硫黄島（鬼界カルデラの外輪山が陸上にみられる。酸性温泉が流出し、海洋が酸性化している。

(5) 小惑星衝突と地球環境変動

地球史を通じた生命進化は、地球環境異変とそれに続く大量絶滅によって駆動されてきました。しかし、環境変動を引き起こした主要因や、絶滅から多様化へ至る過程は各時代で異なるシナリオが提案されています。そのため、生物大量絶滅が記録されている時代境界の連続堆積物試料を高時間解像度でサンプリングし、小惑星衝突に鋭敏な地球化学的トレーサーとなる元素濃度・同位体比データの蓄積を進めています。また最近では、小惑星衝突イベントの履歴を効率的に復元するため、新たな微量元素測定法の開発にも取り組んでいます。地質学と宇宙化学を融合させた研究により、大規模な小惑星衝突にともなう大気-海洋系の変動メカニズムや、生態系の応答を明らかにすることを目指しています。



図6 白亜紀の陸成層（アメリカ・ノースダコタ州）における化石発掘調査および試料採取。

小惑星衝突にともなう大気-海洋系の変動メカニズムや、生態系の応答を明らかにすることを目指しています。