

## 初期太古代（35億年前）の中央海嶺付近における物理・化学的環境-水深と熱水組成の見積もり-

Physico-chemical environment of early Archean mid-ocean ridge: Estimation of the seawater depth and hydrothermal fluid composition

# 北島 宏輝 [1], 丸山 茂徳 [2]

# Kouki Kitajima [1], Shigenori Maruyama [2]

[1] 東工大・理・地球惑星, [2] 東工大・理・地惑

[1] Earth and Planetary Sci., T.I.T., [2] Earth and Planetary Sci., Tokyo Institute of Technology

太古代（3.5Ga）の中央海嶺における水深、また海洋地殻中を循環していた熱水の化学組成の見積もりを、太古代の地質体であるノースポール地域から得られる緑色岩、脈状重晶石・石英を用いて行った。緑色岩は海洋地殻上部1000mまで高二酸化炭素モル分圧の熱水によって変質され、Ca-Al珪酸塩鉱物が分解し炭酸塩鉱物を生じている。また、この循環した熱水は同じ深さにおいて350の温度で沸騰したことが流体包有物の研究から明らかになった。これらを用いて熱力学的計算を行った結果、熱水中のXCO<sub>2</sub>は約0.06、その時の圧力は約260barとなり、海洋地殻中の水圧を考慮すると中央海嶺での水深は約1600mという結果が得られた。

深海底の熱水噴出口周辺で生物のコロニーが発見されて以来、初期生命の誕生の場として海底の熱水噴出口付近が注目されるようになった。また、形状がよく保存されている最古生命化石は西オーストラリア北部に位置するノースポール地域で発見された (Awramik et al., 1983)。この化石を含むチャートは中央海嶺付近で形成された可能性があることが指摘されており (Ueno, 1999)、このチャートが堆積した太古代の中央海嶺付近における物理・化学的条件を明らかにすることは生命の発生・進化を理解する上でも非常に重要である。

ノースポール地域はこれまでの研究により、太古代の付加体であることが明らかになった。またこの地域は、約35億年の年代を示す花崗岩の貫入によってドーム状構造をなしているため付加した海洋地殻の断面が深さ約1.5kmまで露出している。本地域は、厚さ数kmの緑色岩とその上位に整合に接する厚さ数mから数十mの層状チャートからなるユニットがスラストによって数回繰り返している。またこの地域にはT-チャートと呼ばれる脈状の珪質岩が多くみられ、それらの75%に相当する1500本が最下部ユニットに集中し、ユニットの中でも上部に多くみられる。T-チャートの密度と周囲の緑色岩の変質の程度には正の相関が見られる。T-チャートは、当時の海底面に堆積したと考えられるユニット最上部の層状チャートを貫かず、正断層に沿って緑色岩に貫入していることより、中央海嶺に発達する正断層に沿って熱水が循環した通路をシリカが充填したものであると考えられている。本地域の中でも最下部ユニットは最もT-チャートが多くみられ熱水変質が進んでいることから中央海嶺での熱水循環による情報を多く残していると考えられる。さらに、本ユニットの中でも花崗岩による接触変成作用がなく緑色岩が連続して分布する地域を調査地域とした。調査地域には厚さ1435mの緑色岩が分布し、その上位を整合に厚さ数十mの層状チャートが覆っている。緑色岩は野外での産状などから玄武岩質緑色岩とドレライト質緑色岩に分けられる。玄武岩質緑色岩は、枕状構造をよく残しており主に上部に分布する。またドレライト質緑色岩は、比較的下部に分布する。T-チャートの分布は上部約1000mに限られ、それよりも下部には全くみられない。T-チャートが多く分布する上部の緑色岩は一般的に強い変質作用を受けている。調査地域は緑色岩に含まれる変成鉱物組み合わせにより大きく3つのゾーンに分けられる。ゾーンAは炭酸塩鉱物の出現で特徴づけられ、ゾーンBはアクチノライト出現で定義される。また、ゾーンCはホルンブレンドの出現によって定義される。ゾーンB-C境界は当時の海底面と考えられる層状チャートの走行と平行に分布することから、この境界は海洋底変成作用の特徴を残していると考えられる。また、ホルンブレンドが出現する境界は、他の変成帯などの研究から約350と見積もられている。ゾーンA-B境界はこの等温線であるゾーンB-C境界と斜交するため、この境界は温度の違いでなく流体組成、特に二酸化炭素の濃度の違いを示していると考えられる。またこの境界は以下の反応式で示される。



それぞれのゾーン境界が交わる場所ではこの反応が350でおきていると考えられるので、圧力が200~400bar、350±20の範囲で熱力学的計算を行い反応に関与した鉱物と共存した流体中の二酸化炭素モル分圧を求めた。得られた結果は、XCO<sub>2</sub> = 0.017 ~ 0.118でありこれらは現在中央海嶺の熱水噴出口において測定されているものより3~20倍高い値を示す。また本地域から得られた脈状の重晶石 (BaSO<sub>4</sub>) や石英中に含まれる流体包有物を加熱/冷却ステージとレーザーラマンを用いた測定を行った。流体包有物中の気相成分としては二酸化炭素、硫化水素が確認された。深度1000mより上部のサンプル中にみられる包有物の均質化温度は大きな幅 (Th = 86 ~ 366) を持つのに対し、1000m以深のものは狭い均質化温度幅 (Th = 117 ~ 160) を示す。これは1000mの深

度で熱水が沸騰したことを示しており、最低でも約1600mの水深に相当する圧力が必要となる。さらにこの圧力は二酸化炭素の濃度の増加に伴って増加する。太古代海洋地殻中を循環していた熱水について鉱物共生と熱水の沸点から求められた圧力・二酸化炭素モル分圧を満たすのは、圧力が260bar、二酸化炭素モル分圧が0.06のときあり、この圧力は中央海嶺での水深に換算すると約1600mなる。これは当時の中央海嶺は光の届かない深海であり、ノースポール地域で発見された生命化石は従来言われてるような光合成を行う生物ではなかったことを示唆している。