

## 中央海嶺の熱水系の数値シミュレーション：海水の相分離に注目して

Numerical simulations of mid-ocean ridge hydrothermal circulation including the phase separation of seawater

# 川田 佳史[1], 吉田 茂生[1], 渡邊 誠一郎[1]

# yoshifumi kawada[1], Shigeo Yoshida[1], Sei-ichiro Watanabe[1]

[1] 名大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ.

中央海嶺熱水循環とは、海水が地殻中割れ目を通り下部の熱源を冷却する作用である。本研究では、とくに海水の相分離の効果に注目して数値計算を行った。このような計算は、熱水に棲息する生物群集の環境条件がどのようなメカニズムで決まっているのかを知るために本質的に重要である。計算の結果、熱水循環が2層構造を取ることが分かった。相分離の結果、上層ではほぼ海水組成の熱水が循環し、下層には濃度の高い塩水が滞留する。このことは、熱水の温度や組成を決定する最も重要なメカニズムである。

中央海嶺では、海水が海洋地殻中の割れ目を通り、下部にあるマグマだまりを冷却し、再び噴出する（例えばブラックスモーカーとして観察される）。この循環は「中央海嶺熱水循環」と呼ばれている。熱水循環は海嶺域の熱輸送の主要な部分を担う。さらに、深海生物群集の条件を規定し、熱水変質作用を引き起こす。これらはすべて循環構造によっている。例えば、生物群集は水の温度組成に影響を受ける。これは熱輸送や化学反応の結果決まるのであるが、煎じ詰めれば循環の構造によるのである。

海水の相分離は、循環の構造を決める最も重要な要素と考えられている(Bischoff, 1989)。とくに、海嶺軸付近では、下部にマグマだまりが存在し、水を臨界温度以上に熱するので重要である。海水の相分離により海水と異なる組成の水が生成し、熱水のCl-組成を変化させる。相分離が起っている証拠のひとつとしては、海底で観測されるCl-組成の海水組成からのずれがあげられる(例えば von Dam, 1995)。

本研究では、相分離のダイナミクスを明らかにするために、熱水循環の数値計算を行った。相分離を組み込んだ数値計算は、今まであまり行われてこなかった。原因の1つは数値的な困難のためである。今回我々は、相分離がダイナミクスに及ぼす効果の基礎的な事項を確かめるために、2次元定常の計算を行った。現実的には、マグマだまりが連続的に存在するような「速い海嶺」の計算を行ったことに相当する。この場合、循環は下部のマグマだまりの冷却により駆動される。また海水はNaCl-H<sub>2</sub>O 2成分系と仮定した。今回とくに着目したのは、海底での熱水温度組成である。これらは観測可能な量であり、かつ下部の循環構造や相分離の情報を含むと考えられるからである。

地殻は一様な浸透媒質であるとする。海水は海嶺の周りで地殻に浸透し、モデル領域の底の高温部で暖められ、海底に流出する。今回海水はNaCl-H<sub>2</sub>O 2成分系であると考え、Pitzer et al.(1984)、Tanger and Pitzer(1989)およびAnderko and Pitzer(1993)の相図と状態方程式を用いて密度と気液共存組成を計算する。2相間の密度差により重力分離が起る。その分離速度の構成則を決めるためには各相の形状を決める必要がある。今回は、2つの相のうち質量分率の小さい相を球形、もう1つの相を連続であると仮定した。

基礎方程式は、質量、運動量、エネルギー、組成の保存式、および2相間の相対速度の式からなる。ブシネスク近似を採用した。

海底での境界条件は、海水が流入/流出できるように取る(Wilcock, 1998)。流入するものは海水そのもので、流出するものは暖められて組成の変わった海水である(温度組成の勾配0で流出)。循環領域の底の境界条件は、温度一定で、流体の出入りが無いものとする。今回の計算で、主なパラメータは、地殻割れ目の幅と、割れ目滴(泡)の半径である。

計算の結果、循環構造は2層になることが分かった。それぞれは、上部の循環層と、下部の濃い塩の滞留層である。下部の滞留層は、安定な密度成層が形成し対流しない。一方で、上部循環層はほとんど海水組成と同様であり、強い循環が起る。

ふたつの層を分けるのは海水の相分離温度付近である。それは、上部の循環層が海水組成になっていることから分かる。結果として、海底から噴出する熱水の温度は海水の相分離温度付近となる。

海底での熱水組成は、2層の境界付近の構造で決まる。この境界の上昇流側で、2相の領域が広く形成するからである。2相は密度差のために重力分離し、循環する熱水の組成を変化させる。噴出する熱水の組成は、重力分離と平均流の競合により決まる。重力分離が卓越するとき、濃い塩の相は速やかに落下して循環と切り放されるの

で、噴出する熱水の組成は海水と同様になる。また平均流と重力分離が同程度のとき、2つの相は相対移動しながらも平均場に乗って流れるので、海水組成より濃い熱水と薄い熱水両方が噴出する。