

I. はじめに

沖縄トラフは、琉球諸島の東シナ海に位置し、フィリピン海プレートのユーラシアプレート下への沈み込みにより形成された構造地質学的に活動的な背弧海盆である。本研究は、沖縄トラフ中部の伊平屋北部海丘、伊是名海穴熱水系から採取された硫化物・硫酸塩試料から分離した硬石膏、重晶石の硫黄・酸素同位体比から、これらの鉱物の沈殿メカニズムを議論することを目的とした。

II. 測定結果

硬石膏の $\delta^{34}\text{S}$ 値は、21.9~22.0‰で海水硫酸(21‰)よりも若干高く、 $\delta^{18}\text{O}$ 値は 7.2~9.8‰で、一つの試料を除いて海水硫酸(9‰)より軽い方向にシフトしている。一方、重晶石の $\delta^{34}\text{S}$ 値は、海水硫酸よりも明らかに重い方向へシフトし、 $\delta^{18}\text{O}$ 値は、硬石膏と同様に海水硫酸よりも軽い方向へシフトしている (Fig. 1)。

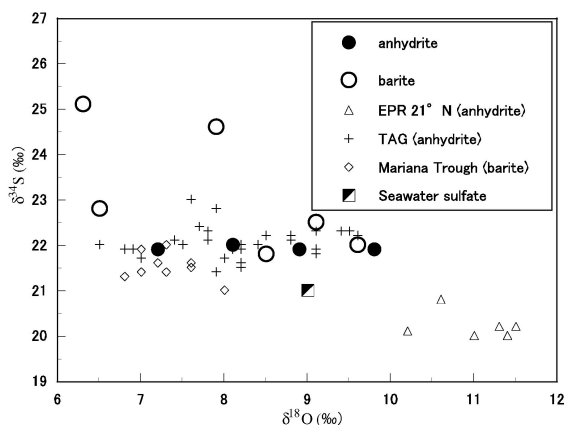


Fig. 1. Sulfur- and oxygen-isotope ratios of sulfate minerals. Data source: EPR 21° N; [2], TAG; [1], Mariana Trough; [3]

III. 硬石膏、重晶石の沈殿

海水が地下深部に浸透し、岩石と反応して熱水となる時、海水に含まれた SO_4^{2-} は 0 になると考えられる。さらに、熱水は周囲の岩石から Ca, Ba を溶脱し、これらを溶解している。硬石膏および重晶石は、海水と熱水との混合により沈殿する。そのため、硫酸塩鉱物中の $\delta^{34}\text{S}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 値は、沈殿場の硫酸イオンの同位体比を反映している [1]。

IV. 沈殿ステージ

今回測定した硬石膏、重晶石は、鉱物学的特徴から、硬石膏は熱水活動初期ステージに、重晶石は後期ステージに沈殿したと考えられる。流体包有物の充填温度は、重晶石が硬石膏よりも高温で生じたことを示し、これは沈殿ステージの違いに起因すると考えられる。

V. 同位体交換、硫酸還元反応

硫酸イオンの同位体比をシフトさせる要因として、同位体交換反応が考えられる。酸素の場合、仮に SO_4^{2-} が水(0‰)と同位体平衡に達したなら、 SO_4^{2-} の $\delta^{18}\text{O}$ 値は、200℃以上で海水硫酸よりも低くなり、200℃以下で高くなる。しかしながら、硫黄の場合、 SO_4^{2-} と H_2S が共存しなければならず、このような条件は一般に高温の海底熱水系では起こり得ない。

硫黄同位体比をシフトさせる他の機構として、硫酸還元が考えられる。硫酸還元により、同位体的に軽い硫黄・酸素同位体は優先的に還元され、残りの硫酸イオンの $\delta^{34}\text{S}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 値は高くなる。

VI. まとめ

熱水活動初期ステージにおいて、硬石膏は、海水と熱水との急激な混合反応により沈殿した。その際、 SO_4^{2-} 中の酸素は、水と部分的に同位体交換反応を起こした。また、 $\delta^{34}\text{S}$ 値が海水硫酸よりも若干高いことから、わずかに硫酸還元の影響も受けていると思われる。熱水活動後期ステージでは、海水はチムニーの壁を伝ってゆっくりと内部に侵入する。その間に硫酸イオンは熱を受け、酸素同位体交換反応を起こし、さらに、一部を還元され、今回測定した同位体比をもつ重晶石が沈殿したと考えられる。以上のメカニズムを Fig. 2 に示す。

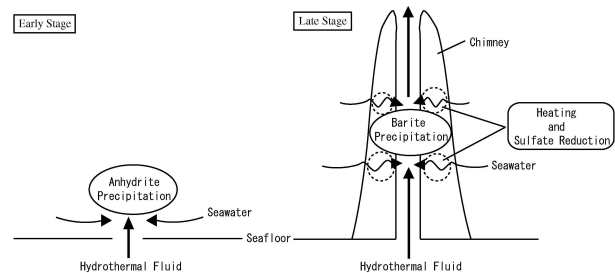


Fig. 2. Modeling of anhydrite and barite precipitation.

References

- [1] Chiba, H., Uchiyama, N. and Teagle, D. A. H. (1998): Stable isotope study of anhydrite and sulfide minerals at the TAG hydrothermal mound, Mid-Atlantic Ridge, 26° N. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **158**, 85-59.
- [2] Kusakabe, M., Chiba, H. and Ohmoto, H. (1982): Stable isotopes and fluid inclusion study of anhydrite from the East Pacific Rise at 21° N. *Geochem. J.*, **16**, 89-95.
- [3] Kusakabe, M., Maeda, S. and Nakamura, E. (1990): S, O and Sr isotope systematics of active vent materials from the Mariana backarc basin spreading axis at 18° N. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **100**, 275-282.