

Determining the role of water–gas–rock interaction in deep CO₂ emissions from thermal springs in the Southern Tibetan Rift System (南部チベット造山帯における深部 CO₂ の放出と水–岩石相互作用の役割)

Journal of Hydrology (IF=6.3)

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.133758>

Wei Liu¹, Yi Liu², Xiangang Xie², Maoliang Zhang², Sheng Xu² and Yuji Sano³

¹College of Resources and Environmental Engineering, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010051, China.

²School of Earth System Science, Tianjin University, Tianjin 300072, China.

³Marine Core Research Institute, Kochi University, Kochi 783–8502, Japan.

要旨

ヒマラヤ・チベット造山帯は、インドとアジアの衝突による激しい地殻変動が特徴で、チベット南部に一連の地溝帯と多数の地熱水系を生み出した。これらの地殻変動に関連した熱水活動は、大気中への深部 CO₂ の重要な放出源となっている。しかし、熱水の CO₂ フラックスを制御する因子はまだ十分に解明されていない。ここでは、南チベット地溝系 (STRS) から採取した 52 の温泉水の水質化学と同位体組成 (δD_{H_2O} 、 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 、 $\delta^{13}C_{DIC}$ 、 $\delta^{14}C_{DIC}$) のデータセットを、温泉水の化学組成と湧出量のデータと合わせて報告し、深部 CO₂ 放出の発生源、放出量、メカニズムを明らかにする。珪酸塩鉱物や炭酸塩鉱物の溶解と深部流体との混合は、主に Na–HCO₃ タイプの水を湧出する温泉で見られる。 δD_{H_2O} と $\delta^{18}O_{H_2O}$ のデータから、標高 4300～6000m に位置する周辺山地からの天水の涵養、マグマ流体との混合、水–岩石同位体交換、蒸発が示唆された。温泉の貯留温度は 65–182°C と推定され、深度は地表下 3km より浅い。炭素同位体のマスバランス計算から、CO₂ は主に地殻深部での変成と脱炭酸によって生成され、マントル炭素はごくわずかであることが明らかになった。我々は、深部から供給される CO₂ フラックスを $(1.71 \pm 0.18) \times 10^4$ t/yr と見積もった。この値を STRS 全体に外挿すると、深部 CO₂ フラックスは 2.13 ± 0.27 Mt/yr となる。我々のモデルは、熱水中の炭素の約 75% が方解石の沈殿によって地殻に隔離されたことを予測しており、これは 6.39 ± 0.81 Mt/yr の速度で CO₂ が放出されたことに相当する。結論として、活動的なヒマラヤ–チベット造山帯は、莫大な量の炭素貯蔵庫として、地球規模の炭素収支への重要な貢献をしていることを示している。