

論文審査の結果の要旨

氏名 戸丸 仁

本論文では、始めに、メタンガスと水から成るガスハイドレートの基本的性質と自然界における分布や産状とそれを規制する要因について詳細に解説されている。その上で、ガスハイドレートの資源としての重要性および地球史的な意義について述べられている。天然のガスハイドレートには大量の炭化水素ガスが包接されており、近年、次世代の天然ガス資源としての研究が盛んであることが紹介される。一方、ガスハイドレートの分解によって引き起こされる海底斜面の不安定化、ガスの湧出現象、メタンの放出に伴う環境変化など、地質学的意義も強調される。このような視点に立って現在の海底哀惜物のガスハイドレートを見ると、ガスハイドレート層の層厚、飽和率、分布など、正確に求められているデータが少なく、不明確な点が多い点を指摘する。そして、(1) 堆積物中のガスハイドレートの分布と量を明らかにすること、(2) そのような産状と分布を決定付けた地質条件が何であったのか、ガスハイドレート生成の地質モデルを提示すること、が本研究の目的であるとしている。ガスハイドレートの分布の概要は、地震探査によって示されるが、地質モデルの構築に必須は、実際の3次元的広がり、集積帯の分布などを明らかにするには、掘削によって試料を採取分析する必要がある。申請者の着目点は妥当であり、ガスハイドレートへの理解を深めるものである。申請者は、深部掘削によりガスハイドレートを含む堆積物がほぼ連続的に回収された南海トラフ、カスカディアマージンのハイドレートリッジ、およびカナダ・マッケンジーデルタの試料を堆積学的、地球化学的に分析し、結果を比較検討している。分析の手法は正確で信頼出来、質の高い大量のデータを扱うことにより、議論と結論の説得性が増している。

南海トラフにの砂岩層では、ガスハイドレート生成時の塩の除去効果、同位体分別効果による、低塩素イオン濃度異常（ $\sim 100\text{mM}$ ）と酸素同位体組成の正異常（ $\sim 5\text{‰}$ ）を確認し、ガスハイドレートの飽和率が約 80%に達することを明らかにした。注目すべきは、塩素イオン濃度異常のないガスハイドレートの存在が確認されない堆積物にも拘わらず、酸素同位体組成のみ、シルト岩中で約 1%高くなる異常の発見である。申請者はこれを、ハイドレート化した水のメモリー効果と解釈する。つまり、ハイドレート化に際し水は竈状に構造化されるが、この時の水は周りの構造化していない水より同位体的に重くなる。ガスハイドレートの分解によってガスが失われた後も構造化した水が残ると、この付近の水の同位体はハイドレートが無いにも拘わらず、重くなると予想される。このような異常に注目することにより、過去のハイドレートの生成と分解の歴史を復元することが出来る。

南海トラフのデータは、この地域ではガスハイドレートの安定領域が大きく変動したことを示唆する。

一方、オレゴン沖のハイドレートリッジはガスの湧出や大きな塊状ガスハイドレートで特徴つけられていることを明らかにした。塊状ガスハイドレートには含まれる堆積物から採取された間隙水は通常観察される変化とは逆に塩素イオン濃度の上昇（～1368mM）、同位体組成比（ $\delta^{18}\text{O}$:-0.75‰、 δD :-5.6‰）の低下が確認された。これは、ハイドレートの生成によってはき出された塩分が海洋に拡散せずに堆積物中にとどまったためと解釈する。このように活発なガスハイドレートの生成は、メタンの供給が高いためであり、リッジ頂部付近では、断層は粗粒堆積物を通路として大量のメタン、エタンが供給されている証拠を見つけている。つまり、ハイドレートリッジ頂部では、ガスの供給が大きすぎるため堆積物中をバイパスしてしまい、その結果、堆積物中での生成はごくわずかで多くは海底付近の塊状ハイドレートになったと考える。

マッケンジーデルタでは、酸素・水素同位体組成比深度プロファイルが階段状であること、その変化は過去のガスハイドレート安定基底の深化に対応していること、という、2つの重要な発見をした。ハイドレートの安定性は深度に大きく依存する。これから、マッケンジーデルタでのステップ状パターンは、氷期における氷床の発達と消滅に対応する圧力変化が関係していると主張する。

3つの地域を通じて、その表れ方は異なるが、ハイドレートの分布を集積の変化は、（1）基本的には海底の隆起・沈降や氷床の消長による圧力変化、（2）テクトニックな要因による割れ目系の発達と深部ガスの上昇が、ガスハイドレートの集積を促進していることを明らかにした。

本研究は膨大なデータに基づき正確な議論と斬新なアイデアを提案しており、学位（理学）の学位を授与できると認める。