

反射法地震探査による熊野トラフの泥火山と周辺堆積盆の地質構造

2010 年 3 月 自然環境学専攻 086631 谷岡慧

指導教員 准教授 芦寿一郎

キーワード ; 泥火山, 背斜, 断層, BSR, 熊野トラフ, 反射法地震探査

1. はじめに

泥火山は、深部の未固結な泥質堆積物が海底面に噴出して形成された山体である。泥火山の形成の要因は地域によって様々で、メタンガスの集積、速い堆積速度、粘土鉱物の脱水、褶曲や断層といった地質構造など、複数の原因が重なり噴出に至る。世界には約 1,800 の泥火山が発見され、その多くはメタンガスと深く関係している。Kopf (2002)は泥火山から年間 $1 \times 10^8 - 2 \times 10^9 \text{m}^3$ のメタンの放出を見積もっており、Milkov (2000)によると泥火山はメタンハイドレートの重要な集積システムの 1 つであるとし、そのメタン量を $10^{10} - 10^{12} \text{m}^3$ と見積もっている。また 2006 年のジャワ島にける泥火山の噴出の際には 13 人が死亡し、24,000 人が移転を余儀なくされた。このように泥火山は、地質現象上興味深いものであるとともに、環境・資源・災害の観点からも重要である。

熊野トラフは、紀伊半島の沖に位置する南北幅およそ 70 km、東西幅およそ 100 km の前弧海盆であり、南西方向から 4 cm/yr の割合でフィリピン海プレートの沈み込みを受けている。熊野トラフ内にはおよそ 10 の泥火山が確認されており、それぞれの泥火山において潜水調査による表層の観察や、表層堆積物や流体の化学分析が進んでいる。しかし泥火山周辺の地質構造に注目し、堆積層中の流体の挙動や、地質構造がどのように泥火山の噴出を規制するかに着目した研究調査はほとんど行われていない。また、前弧海盆に発達する泥火山の研究例は数少なく、IODP による地震発生帯掘削計画やメタンハイドレートの商業化に向けた調査が進行しており詳細なデータがそろいつつある熊野トラフは、前弧海盆の泥火山を研究するのに非常に適した場であるといえる。そのため本研究では、熊野トラフを例にとり、前弧海盆における泥火山と地質構造の関係を明らかにするとともに、BSR (Bottom Simulating Reflector)の特徴から地下の流体の挙動を考察する。

2. データ取得

本研究は熊野トラフで行われた反射法地震探査データを主に用いる。2008 年度の学術調査船「淡青丸」による KT08-18 次航海では、泥火山と周辺の地質構造を調べるため、泥火山群周辺にて約 1 km のグリッド状に 19 測線を設定し調査を行った。また、2002 年度の石油公団による基礎物理探査「東海沖～熊野灘」の調査報告書を参考にし、熊野トラフ広域の地質構造を考察した。

3. 結果と考察

3.1 断層伝播褶曲に規制を受ける泥火山

熊野トラフ中央部には北東-南西方向の大規模な断層伝播褶曲が 3 組認められ、調査域の泥火山はすべて、いずれかの断層伝播褶曲上に分布する。断層伝播褶曲の内部構造は複雑であり、その形状から断層伝播褶曲の発達には変動様式の異なる 2 つの時期があることが示唆された。ステージ 1 は主に小

規模な断層運動による変動時期で陸側の隆起と海側の沈降をもたらす。ステージ 2 は広域的な隆起運動を示す変動時期で、ステージ 1 の陸側の隆起部と海側の沈降部分の双方を含め熊野トラフ中央部に大規模な隆起をもたらしたと考えられる。

3.2 マッドリッジの発見と断層沿った泥ダイアピルの噴出

熊野トラフ中央部において、北西-南東方向の高まりが分布し、反射断面より連続した反射面の不明瞭域がその下に見られた。この高まりの表層には多数の礫が確認されているため、この構造は側方に連続した泥ダイアピルの上昇により形成されたマッドリッジであると解釈した。マッドリッジは断層伝播褶曲の頂上部付近の、北東-南西方向に連続する断層上に存在する。そのため断層面に沿った泥質堆積物の貫入・浮上（泥ダイアピリズム）がおこり、マッドリッジを形成したと考えられる。

3.3 BSR から推定される地下の流体移動

BSR の反射強度や形状と、泥火山下や背斜構造内での流体移動との関連が見出された。活動の活発な泥火山下の BSR の反射強度は弱い、もしくは BSR の反射面自体が認定できない。一方、活動を休止している泥火山下の BSR は反射強度が強い。これは活動期には流体の上昇によりガスハイドレートの分解や、フリーガスの散逸を引き起こし BSR の反射強度を弱めるが、休止期はガスハイドレートやフリーガスの濃集により反射強度を強めるためと推測される。また、泥火山下や背斜構造内で海底面の起伏から予想されるよりも浅い位置に BSR が認められ、同構造内における流体の上昇の可能性を示す。

3.4 泥火山噴出を規制する地質的要因

上記のことを総合して解釈すると、熊野トラフ内の泥火山の噴出は、断層伝播褶曲に強い規制を受けているとみられる (Fig.1)。泥火山が断層伝播褶曲上に存在する原因として、背斜構造内において軸に向かう流体の移動が起こることと、集積した流体が頂上部周辺に発達する断層に沿って海底面に噴出することが挙げられる。

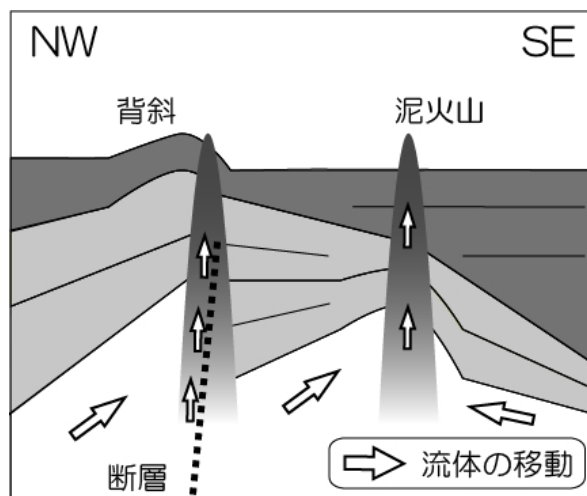


Fig.1 熊野トラフの泥火山噴出過程の模式図

4. 引用文献

Kopf, A. (2002): Significance of mud volcanism, Review of Geophysics 40.

Milkov, A.V. (2000): Worldwide distribution of submarine mud volcanoes and associated gas hydrates, Marine Geology, 167: 29-42.

石油公団 (2002) : 平成13年度国内・天然ガス基礎調査, 基礎物理探査「東海沖～熊野灘」調査報告書

Geological structures of mud volcanoes and the surrounding basin in the Kumano Trough by seismic reflection survey

March 2010, Global Marine Environment Studies, 086631, Kei TANIOKA
Supervisor; Associate Professor Juichiro ASHI

Key words; mud volcano, anticline, BSR, Kumano Trough, seismic reflection

1. Introduction

A mud volcano is surface edifice built by mud diapirism of deeper unconsolidated sediments. Driving forces of mud diapirism are different in each region. For example, abnormal high pore fluid pressure, buoyancy derived from inversion of density, and presences of gases produced by decomposition of organic matters are strong candidates. Mud volcano is important for environmental, resource and natural catastrophe aspects. It can be estimated that the annual amount of methane globally emanated through mud volcano is $\sim 2 \times 10^9 \text{ m}^3$ (Kopf, 2002). Milkov (2000) propose that mud volcano is one of important reservoirs for gas hydrate accumulation in sediment. A global estimate of methane accumulation in gas hydrate associated with mud volcanoes is $10^{10} - 10^{12} \text{ m}^3$ at standard temperature and pressure. Eruption of LUSI mud volcano killed 13 people in Java on 29 May 2006 and displaced 24,000 people. Now, approximately 2,500m³ of mud are expelled per day it is expected that the flow will continue for 30 years.

Around 10 mud volcanoes was identified in the Kumano Trough which is the forearc basin surrounded by the Southeast Japan Arc and the Nankai Trough. The Nankai Trough is trench between the Eurasian Plate and Philippine Sea Plate subducting northeastward at rate of about 4 cm/yr. Previous works, such as submarine surveys and piston-coring, reveal activity of mud volcanoes, inhabitation of chemosynthetic biological communities, the source layer of fluid/ materials, origin of methane and etc. Little attention has been paid to mud volcano occurrence in relation to tectonics in the Kumano Trough. The objective of this study is to analyze the relation between mud volcano formation and tectonics on the basis of seismic reflection data.

2. Data acquisition

Dense seismic reflection survey was conducted in the central Kumano Trough, where mud volcanoes are well developed, by R/V Tansei-maru on KT-08-18 cruise in summer 2008. We acquired 19 seismic profiles trending NE-SW and NW-SE in a dense grid with basically 1 km apart during the survey. In addition, seismic profiles, acquired by Fundamental exploration (Japan National Oil Corporation, 2002), are used as reference to reveal large-scale structures in the Kumano Trough.

3. Results and Discussion

3.1 Discovery of mud ridge on the fault

Our seismic profile discovers a NE-SW trending mud ridge, which is represented as successive obscure zone of seismic reflections corresponding to oval dome, on the fault seaward of the thrust anticline near the fault-propagation fold.

3.2 All mud volcanoes on fault-propagation folds

Three major fault-propagation folds trending NE-SW are detected in the central Kumano Trough. All mud volcanoes seem to be developed on these fault-propagation folds. We assume two stages in development of fault-propagation folds: firstly “thrust faulting stage” which is represented as local fault activity accompanying with seaward subsidence and, secondly “anticlinal folding stage” which is characterized by widespread uplift.

3.3 Fluid migration inferred by Bottom Simulation Reflectors (BSRs)

Amplitude and configuration of gas hydrate BSRs below the mud volcanoes and anticlines indicates the relationships between mud volcanism activity and fluid migration. High-amplitude BSRs are detected below inactive mud volcanoes and low-amplitude BSRs or lack of BSRs are observed below active mud volcanoes. These phenomena probably correspond to concentration of gas hydrate and/or free gas in inactive mud volcanoes and decomposition of gas hydrate and/or leak of free gas due to upward migration of fluid in active mud volcanoes. Convex-shaped BSRs below mud volcanoes and anticlines probably suggest fluid migration from deeper layers.

3.4 Mud volcano system in the Kumano Trough

Thrust anticlines probably play two important roles on development of mud volcanoes: anticlines allow the fluid migration along the layers to the anticlinal axis and fault planes facilitate the fluid/material migration from crests of anticlines to the seafloor.

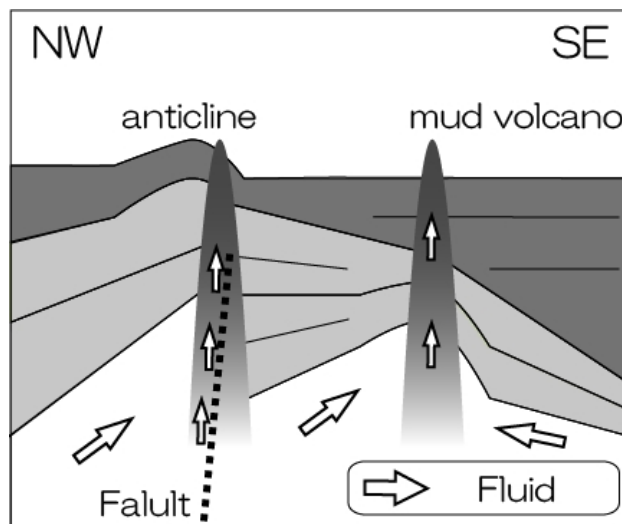


Fig. 1 Fluid migration in the Kumano

4. References

Trough

- Kopf, A. (2002): Significance of mud volcanism, *Review of Geophysics* 40.
- Milkov, A. V. (2000): Worldwide distribution of submarine mud volcanoes and associated gas hydrates, *Marine Geology*, 167: 29-42.
- Japan National Oil Corporation (2002): Fundamental Exploration (Tokai-oki to Kumano-nada)