

三次元反射法地震探査データを用いた 東部南海トラフ付加体における流体移動の研究

2009年3月 地球海洋環境学分野 76711 大塚宏徳
指導教員 准教授 芦 寿一郎

キーワード：メタンハイドレート、三次元反射法地震探査、南海トラフ

I. はじめに

近年、従来の化石燃料に代わる新しいエネルギー資源の開発が期待されている。特に資源小国である日本においてはメタンハイドレートが注目されている。メタンハイドレートは資源として注目される一方で、大量分解によって発生するメタンは気候に大きな影響を与えられている。メタンハイドレートの形成・分解過程を理解することは経済的な面および気候変動を理解する上でも重要である。メタンハイドレートの濃集はメタンを含む地層流体の移動に強く関係している。しかしながら、流体の経路については様々な形態を取りうるため現在でも完全には理解されていない。南海トラフは日本近海で最もメタン

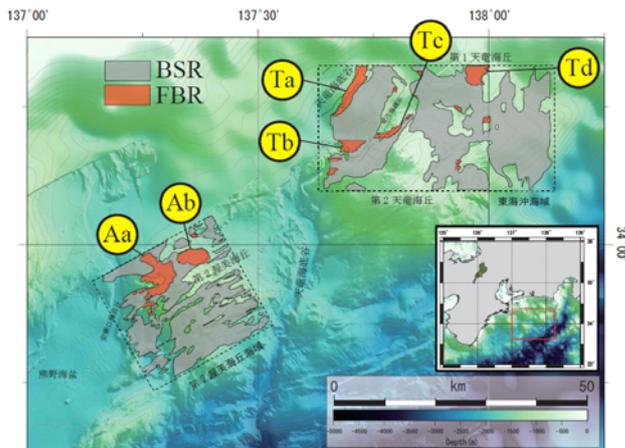


Fig.1 研究海域およびFBR,BSRの分布

ハイドレートの賦存量が多いと言われている。南海トラフにおける反射法地震探査の断面図では、海溝斜面や前弧海盆でメタンハイドレートの存在を示唆する海底疑似反射面 (**B**ottom **S**imulating **R**eflector)が広く認められている。本研究ではメタンハイドレートの生成に関わる流体の挙動・分布について明らかにすることを目的とする。

II. データおよび手法

使用データは経済産業省による平成14年基礎物理探査「東海沖～熊野灘」で得られた三次元反射法地震探査のうち、「東海沖海域」および「第2渥美海丘海域」の2海域である。

本研究では反射断面の解釈に加え、サイズミックアトリビュート解析（瞬間振幅、瞬間位相、瞬間周波数およびセンブランス）、反射面の傾斜方向について解析を行った。

III. 結果および考察

三次元反射断面上で BSR 縁辺から折り返し、時に蛇腹状に複数回の折り返しを見せるこれまで報告されていない特徴的な反射面が見られた。この反射面は本研究において「折り返し反射面(Foldback Reflector)」と呼ぶ。FBR をマッピングした結果、FBR は BSR 分布域と BSR が未発達な海域との境界部に見られ、主に天竜海底谷と竜洋海底谷に囲ま

れた海域、第1天竜海丘の南東斜面、および第2渥美海丘の北側斜面周辺に分布していることが明らかになった。特に良く発達している東海沖海域の4エリアについて Ta、Tb、Tc、Td、また第二渥美海丘海域における2エリアについては Aa、Ab と呼び、個々の特徴について詳細な観察を行った(Fig.1)。反射断面の観察により得られた折り返し反射面の規則性から、当該反射面に対し新しい解釈を加えた。

BSRの末端から層理面を切るように下位へ折り返す反射面を一次折り返し面と呼ぶ。しばしば二次、さらに三次以上の折り返し面が直前の折り返し部から下位へ向けて“じゃばら状”の形態を成しながら発達する。一次折り返し面はBSRとは逆の正位相を示し、以下の折り返し面は折り返すごとに位相が反転する。センブランスの結果から折り返し面はよく成層した堆積層中に発達し、断層などの変形や顕著な岩相変化のある部分では見られないことが示唆された。

折り返し面はBSRの発達する側とその外側における側方の seismic facies 境界を成している。BSRの下位に当たる層では相対的に低振幅で高周波成分に乏しい減衰した facies を示している。一方、BSRよりも外側の地層は正常な振幅、周波数特性を示す。音響速度解析(JOGMEC)では折り返し面は音響速度境界とよく対比することが示された。相対的に低速度な領域は相対的に減衰した領域に対応する。折り返し面の反射極性の変化は速度変化と整合的である。このような低速度、低振幅の異常は地層水に含まれるガス成分との関連を示唆する。折り返し面は顕著な不整合を超えてそれより下位には連続しない。また、不整合は逆位相の反射を示すことがしばしばであるため、下位層からの流体移動が示唆される。このとき、最下位の折り返し反射面が逆位相で不整合に到達する場合、折り返し反射面は不整合の反射に収斂する。正常な振幅・周波数を示すBSRの外側の領域へ凸に折り返している部分では、しばしば強反射のレイヤーが観察される。この強反射レイヤーは周囲に比べより高い透水性を持つことが期待され、BSR側の領域から外側の領域への流体のパスになっていると解釈できる。FBRと斜交する地層の傾斜方向を解析した結果、FBRの傾斜方向は周囲の地層の傾斜方向に規制されていることが解った。傾斜方向解析の結果

は、FBRの形成には層理に沿った流体の移動が関係していることを示唆している。これらの事実から、折り返し面はガスに関連した流体の分布や移動形態を示す重要な指標と考えられる。またFBRの形成には地層の隆起による地層流体への減圧効果や、背斜構造の形成が重要な役割を果たす可能性がある。(FBRの概念図をFig.2に示す。)

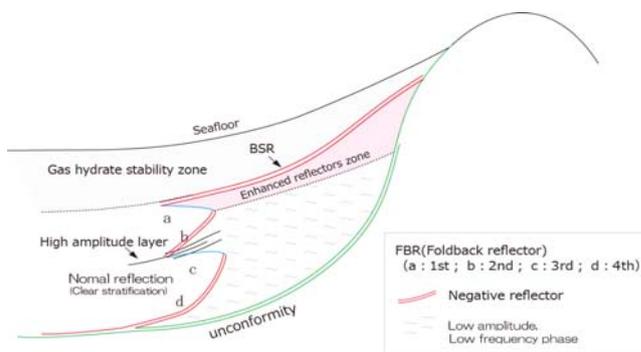


Fig.2 FBRの概念図

Study of fluid flow in the eastern Nankai accretionary prism using high-resolution 3D-seismic data

March 2009, Global Marine Environment, 76711 Hironori OTSUKA

Supervisor: Associate Professor, Juichiro Ashi

Keywords: methane hydrate, 3D seismic survey, the Nankai Trough

I. Introduction

During the recent years, development of new energy resources is expected to replace traditional fossil fuels. Methane hydrate is one of the big candidates for new energy resources, especially for Japan. On the other hand, explosive dissolving of methane hydrate is thought to have much effect on global climate. Consequently, understanding formation process of methane hydrate is significantly important for economically and for understanding global climate change. Methane hydrate accumulations are strongly related to migration of fluid including methane. However, fluid flow pathways are not fully understood at the present day. The Nankai trough is the largest methane

hydrate bearing area in Japan. Methane hydrate-related BSRs (Bottom Simulating Reflectors) on multichannel seismic reflection profiles are widely distributed in the trench inner slope and the forearc basins of the Nankai Trough. The aim of this study is to clarify fluid distribution related to accumulation of methane hydrate.

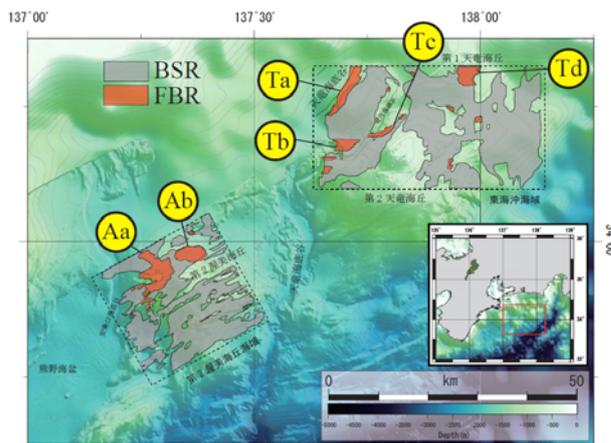


Fig.1 Study area and distribution of FBR&BSR

II. Data & Methods

High resolution 3D seismic survey, “Tokai-oki to Kumano-nada”, was conducted for methane hydrate exploration in the eastern Nankai Trough by METI in 2002. We used two areas of those data, called “Tokai-oki area” and “Daini Atsumi knoll area”.

In addition to observation of seismic section, we applied seismic attribute analysis including instantaneous amplitude, instantaneous phase, instantaneous frequency, and semblance. Dip direction analysis of seismic reflectors are also applied.

III. Results & Discussion

Our study focuses on zigzag-shaped specific reflectors on BSR margins on the 3D data. We call the reflectors “Foldback Reflectors (FBRs)” in this study. FBRs are observed in the area adjacent to the Tenryu Canyon and the Ryuyo Canyon (Ta, Tb, Tc), the southeastern side of the Daiichi Tenryu

Knoll (Td) and the area around the northern slope of the Daini-Atsumi Knoll (Aa, Ab). Distribution of FBRs are mapped on Fig.1. On the basis of following regularities, we have given new interpretation to FBRs.

From the edge of BSR, the 1st FBR generally extends down to lower formation below the BSR crossing sedimentary horizons. The following FBRs (often the 2nd, sometimes 3rd and above) extend down from the edge of the last FBR forming bellows-like shape. The 1st FBR indicates normal polarity (antiphase of BSR), and the following FBRs change their polarities alternately. Semblance attributes suggest FBRs are mostly developed in the well-stratified formation but not in the area of frequent fractures and the area of major lateral lithological change.

FBR generally corresponds to lateral seismic facies boundary between BSR distribution area and outside the BSR area. The formation beneath the BSR shows dimmed facies characterized by relatively low amplitude and lack of high frequency components in contrast to outside the BSR area of normal facies. Seismic velocity analysis (JOGMEC, personal communication) suggests that FBRs correspond to velocity boundaries, where the dimmed facies below the BSR coincides with relatively low velocity. The polarities of FBRs are also consistent with such velocity changes. Such dimmed facies with low velocity and low amplitude anomaly suggests relation to gas components in the formation water. The lowest FBR does not cross major unconformities, which often exhibit negative polarity suggesting fluid migration from the lower unit. In this case, the lowest FBR which shows negative polarity and reaches the unconformity is to be merged to the negative reflection of the unconformity. In addition, high amplitude layers are sometimes recognized at foldbacks convex to the outside the BSR area. These high amplitude layers probably having higher permeability are interpreted as conduits of gas-related fluid from the BSR distribution side to the outside the BSR area. Dip direction analysis indicate that the dip direction of FBR are controlled by the dip direction of surrounding formation. The results of the dip direction analysis suggest formation process of FBR is related to layer-parallel fluid migration. From these facts, FBR can be regarded as important proxy indicating distribution and migration of gas-related fluid. Effect of reduced pressure of pore water or formation of antiform caused by uplift might be related to formation of FBR.

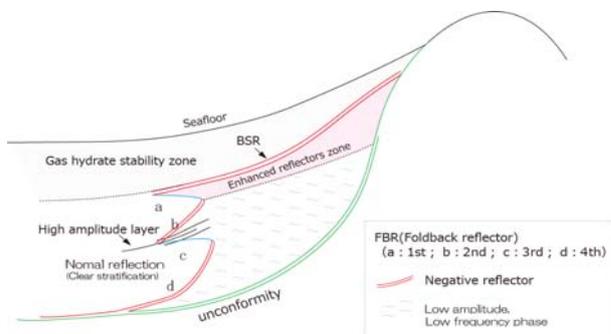


Fig.2 Schematic diagram of FBR