

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 26 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26610161

研究課題名(和文) 中新世の西南日本巨大海底扇状地の規模を探る

研究課題名(英文) Deciphering dimensions of the Miocene Large-scale Submarine fans in Shikoku Basin

研究代表者

成瀬 元 (Naruse, Hajime)

京都大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：40362438

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の結果として、四国海盆では中新世に沖合800 km近くまでタービダイトが届いていた可能性が明らかになった。海底扇状地はおおよそ15-11 Maに発達しており、最大で300 m以上の厚さを持つタービダイト互層から構成されている。この規模は、活動的縁辺域では世界最大級である。さらに、本研究では海底扇状地の理論モデルを構築し、四国海盆の海底扇状地チャネルを形成するためには、90%以上が泥質堆積物で構成される大流量の混濁流が必要となることを明らかにした。すなわち、四国海盆の大規模海底扇状地が発達していた際には、後背地である西南日本島弧では急激に化学風化および削剥が進行していたことが予想される。

研究成果の概要(英文)：This study revealed dimensions of the Miocene Large-scale Submarine fans in Shikoku Basin, which develops from 15 to 11 Ma and extend 800 km offshore, and are more than 300 m in thickness. This is one of the largest dimensions of submarine fans in active margins. In addition, this study produced a theoretical model of submarine fans, and estimated that the submarine fans in the Miocene Shikoku Basin were formed by turbidity currents that is composed mainly of muddy sediments (>90%). This implies that the chemical weathering and denudation are remarkably active in the provenance of the submarine fans.

研究分野：堆積学

キーワード：地質学 地震波探査 海底扇状地 南海トラフ 中新世

### 1. 研究開始当初の背景

海底扇状地とは、主に混濁流による堆積物(タービダイト)と半遠洋性泥岩からなる堆積地形である。一般に、海底扇状地の大きさは、堆積物の供給速度と地形の形成期間の長さに依存する。日本近海では堆積盆テクトニクスが比較的短期間に変動するため、一般に大陸(ex. アマゾン海底扇状地など)に比べて海底扇状地は小規模である(直径10~30 km)。ところが近年になって、IODP掘削や地震波探査の結果から、西南日本南方沖の四国海盆には驚異的な規模の海底扇状地が海底下に埋もれている可能性が明らかになった。

四国海盆とは、西南日本南方沖に広がるフィリピン海プレート上の背弧海盆であり、比較的最近のおおよそ15 Maごろまでに形成されたと考えられている。IODPによる南海トラフ掘削結果から、この四国海盆の北縁には中新世(10-15Maごろ)に堆積した厚い(>300 m)タービダイト砂岩が分布していることが明らかになった。プレート運動速度を勘案すると、タービダイトの発見された南海トラフのIODP掘削地点は、少なくとも当時の陸域から沖合200 kmに存在していたはずである。

従来、南海トラフコアにこのような中新世の厚いタービダイトが見られることは知られていたが、その規模の全貌や、この時期に南海トラフを超えて大規模なタービダイトシステムが発達する意義については十分に考察されていなかった。

### 2. 研究の目的

本研究は、フィリピン海プレート北部の四国海盆に分布している可能性のある中新世巨大海底扇状地の全貌を明らかにする。現在は存在しない規模の海底扇状地がかつて発達していたことは、この時期に西南日本島弧から異常な量の碎屑物が供給されていたことを示すのかもしれない。この巨大海底扇状地仮説を検証するため、本研究は地震波探査などにより四国海盆のタービダイトの形態復元を試みる。また、モデル計算により、このようなタービダイトシステムが発達するための条件について考察を行う。

### 3. 研究の方法

当初計画では、東京大学大気海洋研究所所属の新青丸によって四国海盆の地震波探査を行う予定であった。探査は主として海底表層から数百メートル程度の深さまでの堆積物を対象とし、従来よりも高解像度のデータ取得を行うことを予定としていた。調査範囲は四国および紀伊半島沖の800 kmにおよぶ2測線である。得られた探査断面を既存のODP & IODPコアの岩相データと対比し、タービダイトの分布を推定することが予定されていた。しかしなが

ら、新青丸の運行予算削減などにより、本研究のための航海は採択されなかった。そのため、本研究では、既存の「平成11年度大水深域における石油資源等の探査技術等基礎調査」の地震波探査データおよび南海トラフ周辺の3次元地震波探査データを再解析し、コア岩相データと対比することで、四国海盆の海底扇状地の規模推定を行った。

一方、地震波探査による調査の不足を補うため、本研究では海底チャネルの平衡形状に関する理論モデルを作成し、四国海盆上のタービダイトシステムの規模が持つ意義について考察を行った。海底扇状地が大規模化するためには、中部扇状地の自然堤防付きチャネルが安定的に維持されなくてはならない。そのためには、まず海底チャネルが存在する範囲では堆積速度が空間的に一定でなくてはならない。特殊なケースとして、完全にバイパス状態のチャネルでは、いたるところで堆積速度が0となることになる。そして、この自然堤防付きチャネルが安定的に保たれるためには、海底チャネル底に堆積する粗粒堆積物(砂)と、自然堤防に堆積する細粒堆積物(シルト)の堆積速度が一致する必要がある。自然堤防とチャネル底の堆積速度に差が生じればチャネルの深さが変動し、その結果流れの状態も変化するため、平衡状態が維持されなくなる。すなわち、混濁流が運搬する細粒堆積物が自然堤防を築くのに不足していたり、流れ下るにつれて使い果たされたりしてしまうと、中部扇状地チャネルを維持することはできなくなる。最終的に、チャネル底の堆積速度が自然堤防の堆積速度を上回ると、自然堤防が破堤して、下部扇状地の分岐流路が形成されることになる。本研究は、海底チャネル横断形の幾何モデルに海底扇状地の汎世界的なhydraulic geometry解析結果および水理学モデルを組み合わせて、中部扇状地チャネルの平衡状態が維持される区間の長さ、平衡状態が破れた際の流れの状態を推定した。また、流れのせん断応力の分布を考慮する際に、混濁流内の乱流運動エネルギー保存則を考慮し、浮遊砂の密度成層による乱流抑制効果がモデルに組み込まれるよう工夫したことが本研究の特色である。

### 4. 研究成果

解析の結果、四国海盆では中新世に沖合800 km近くまでタービダイトが届いていた可能性が明らかになった。四国海盆の南海トラフにおける地震波探査断面には、少なくとも3つの独立した海底扇状地(西武・中部・東部)が認められる。ボーリングコアの岩相から判断して、それぞれの海底扇状地はおおよそ15-11 Maに発達しており、最大で300 m以上の厚さを持つタービダイト互層から構成されている。その中

でも西部の海底扇状地に関しては「平成 11 年度大水深域における石油資源等の探査技術等基礎調査」の複数の側線において沖合までの分布が確認でき、徐々に厚さを減じながら、少なくとも現在の南海トラフから約 500 km 沖合までタービダイトが分布していることが推定された。すでに沈み込みによって失われた海洋プレート上に存在した分量を勘案すると、中新世においてはこれらの海底扇状地は海岸線から 800 km 以上にわたって沖合にまで分布していた可能性がある。この規模は、ベンガル海底扇状地に次ぐ世界最大級の物である。

さらに、本研究では海底扇状地の理論モデルを構築し、四国海盆において海底扇状地が発達した際の後背地の状況について考察を行った。その結果、四国海盆にみられるような 500 km を超えるような海底扇状地チャンネルが形成されるためには、90%以上が泥質堆積物で構成される大流量の混濁流が必要となることが明らかになった。すなわち、四国海盆の大規模海底扇状地が発達していた際には、後背地である西南日本島弧では急激に化学風化および削剥が進行していたことが予想される。このことは、四国海盆における 15-11Ma の半遠洋性堆積作用がその後の時代の 2 倍以上の堆積速度を示していたことと整合的である。

四国海盆において中新世の大規模海底扇状地が発見されたことは、(1)この時期の後背地の隆起削剥速度の推定、(2)南海トラフの状態推定、という 2 点から見て重要である。(1)一部は中国大陸から供給されていた可能性はあるものの、四国海盆の堆積物の大部分は西南日本島弧から供給されたことが堆積物組成から推定されている。西南日本島弧の隆起速度を見積もることは、フィリピン海プレートの沈みこみ開始および西南日本前弧域の異常火成活動という地史イベントが発生した 15 Ma における日本島弧のテクトニクスを考える上で重要な情報を提供するだろう。また、(2)混濁流が四国海盆の沖合へ流下していたということは、この時期に現在の南海トラフの位置には地形的窪みが存在していなかったことを示唆している。このことは、南海トラフの沈降を上回る速度で堆積物が供給されていたか、もしくは、そもそも南海トラフへのフィリピン海プレートの沈み込みが発生していなかったことを意味する。フィリピン海プレートの沈み込み開始のタイミングならびに沈み込み速度を制約するうえでも、四国海盆上の海底扇状地システムの研究は今後ますます重要になるだろう。

##### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 9 件)

すべて査読あり

成瀬 元, 2016, 火星のローブ状地形の成因 - 土石流堆積物逆解析による予察的検討 - .地学雑誌, v. 125(1), P. 163-170 .

成瀬 元, 2016, 海底チャンネル地形の多様性の要因:海底チャンネル理論平衡形状モデルからの検討 .石油技術協会誌, v. 81(1), p. 22-32.

Sasaki, H., Sasaki, Y., Saito-Kato, M., Naruse, H., Yumi, M., & Ishihara, Y. (2016). Stratigraphic variations in lacustrine sediment gravity-flow deposits intercalated in varved diatomite: An example from the Hiruzenbara Formation, Okayama Prefecture, southwest Japan. Quaternary International.

佐々木華, 石原与四郎, 佐々木泰典, 齋藤めぐみ, 成瀬元. (2015). 中部更新統蒜山原層の湖成年縞堆積物に挟在する洪水・斜面崩壊堆積物の堆積相と堆積頻度. 堆積学研究, 74(1), 45-53.

Talling, Peter J., et al. (30人中18番目) "Key future directions for research on turbidity currents and their deposits." Journal of Sedimentary Research 85.2 (2015): 153-169.

Park, Jin Oh, Hajime Naruse, and Nathan L. Bangs. "Along strike variations in the Nankai shallow décollement properties and their implications for tsunami earthquake generation." Geophysical Research Letters 41.20 (2014): 7057-7064.

Toshifumi Komatsu, Satoru Kato, Kento Hirata, Reishi Takashima, Yukari Ogata, Masahiro Oba, Hajime Naruse, Phuong H. T., Phong D. Nguyen, Huyen T. Dang, Truong N. Doan, Hung H. Nguyen, Susumu Sakata, Kunio Kaiho, Peter Königshof. "Devonian-Carboniferous transition containing a Hangenberg Black Shale equivalent in the Pho Han Formation on Cat Ba Island, northeastern Vietnam." Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 404 (2014): 30-43.

Steffen Kutterolf, Julie C. Schindlbeck, Rachel P. Scudder, Richard W. Murray, Kevin T. Pickering, Armin Freundt, Shasa Labanieh, Ken Heydolph, Sanny Saito, Hajime Naruse, Michael B. Underwood, and Huaichun Wu. "Large volume submarine ignimbrites in the Shikoku Basin: An example for explosive volcanism in the Western Pacific during the Late Miocene." Geochemistry, Geophysics, Geosystems 15.5 (2014): 1837-1851.

Toshifumi Komatsu, Hajime Naruse, Yasunari Shigeta, Reishi Takashima,

Takumi Maekawa, Huyen T. Dang, Tien C. Dinh, Phong D. Nguyen, Hung H. Nguyen, Gengo Tanaka, Masatoshi Sone. "Lower Triassic mixed carbonate and siliciclastic setting with Smithian-Spathian anoxic to dysoxic facies, An Chau basin, northeastern Vietnam." *Sedimentary Geology* 300 (2014): 28-48.

〔学会発表〕(計8件)

成瀬 元・阿部朋弥, 2016, 津波堆積物逆解析へ向けたフォワードモデルの開発, 日本堆積学会 2016 年福岡大会 .

Hajime Naruse, 2015, Governing factors to determine types of submarine fans: Consideration from the model of equilibrium profile of submarine channels, AGU 2015 Fall meeting.

成瀬 元, 2015, 海底扇状地の多様性の要因, 日本地質学会第 122 年学術大会 .

成瀬 元, 2015, 高濃度混濁流の平衡条件, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会

成瀬 元・後藤和久・菅原大助, 2015, 高濃度混濁流の発生条件, 日本堆積学会 2015 年筑波大会 .

NARUSE, Hajime; SUGAWARA, D.; GOTO, K. Estimation of capacity of suspended load considering effects of preservation of turbulent kinetic energy. In: AGU Fall Meeting Abstracts. 2014. p. 3501.

成瀬 元, 菅原 大助, 後藤 和久, 2014, 乱流運動エネルギー保存と干渉沈降を考慮した浮遊砂輸送キャパシティ, 日本地質学会第 121 年学術大会 .

成瀬 元, 新井 和乃, 2014, 津波起源タービダイトは巨大地震発生履歴を物語るか, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会 .

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

成瀬 元 (NARUSE, Hajime)  
京都大学・大学院理学研究科・准教授  
研究者番号：40362438

(2) 研究分担者

朴 進午 (Jin-Oh, Park)  
東京大学, 大気海洋研究所, 准教授  
研究者番号：70359199

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：