

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 8日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21540488

研究課題名（和文）急激な気候変動に対する海底扇状地の発達と二酸化炭素固定能力の  
応答の評価研究課題名（英文）Assessment for responses of submarine fan development and of its  
CO<sub>2</sub> storage capacity to rapid climate changes

研究代表者

中嶋 健（NAKAJIMA TAKESHI）

独立行政法人産業技術総合研究所・地圏資源環境研究部門・主任研究員

研究者番号：20357627

研究成果の概要（和文）：日本海富山深海長谷と南海トラフの海底扇状地の堆積物コアの解析から、数万年～10万年のタイムスケールでは気候変動により、100万年以上のタイムスケールではテクトニクスにより海底扇状地が発達し、大量の陸上植物起源の有機物を海底に運び、結果として大気中の二酸化炭素を海底に固定していることが判明した。また、急激な温暖化により降水量が増加すると、海底扇状地が発達して二酸化炭素固定能力が増加し、地球温暖化を和らげる作用があることが判明した。

研究成果の概要（英文）：Analysis of sediment cores from the Toyama Deep-Sea Channel in the Japan Sea and from a submarine fan in the Nanakai Trough revealed that submarine fan development was controlled by climate changes in the time scale of ten to hundred thousands years whereas it was controlled by tectonics in the longer time scale of million years. It was also clarified that submarine fan development was associated with transportation of abundant organic carbon derived from terrestrial plants into sea floors, thereby stored atmospheric CO<sub>2</sub> in the submarine fan. This study clarified the hypothesis that submarine fan development acted as a buffer for global warming if rapid warming took place. Rapid warming would result in increase in precipitation, which in turn, leads to submarine fan development, thereby increase capacity for CO<sub>2</sub> storage.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学，層位・古生物学

キーワード：古環境

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 陸上または浅海の砂が混濁流により深海底にもたらされ、堆積したタービダイト（混濁流堆積物）は海底扇状地を形成する。従来の海底扇状地発達モデル（Posamentier

et al., 1991）では、海底扇状地の発達時期は、海水準変動により基本的に支配され、氷河期のような海面低下期に発達して、現在のような高海面期には基本的には発達しないとされてきた。一方、海底扇状地発達時期は

海面変動よりも砕屑物を供給する陸上の気候により支配されるケースがベンガル海底扇状地等から報告されている (Weber et al., 1997; 2003)。最近ではタービダイトの中には洪水に直接起因するものがあることが堆積物の証拠から提唱された (Mulder et al., 2001; 2003)。これらの研究結果は、タービダイトが過去の洪水の規模や頻度を通じて陸上の気候変動を記録していることを示唆しており、タービダイトを用いた気候変動の長期間の連続的な復元と言う新たな研究分野の可能性を開いた。

(2) 海底扇状地の発達、新生代の気候の寒冷化に貢献した可能性がある。新生代のヒマラヤ・チベットの隆起により促進された、シリカ鉱物の風化による二酸化炭素の除去作用により気候が寒冷化したことは良く知られている (Tajika, 1998)。一方、陸上植物が吸収した二酸化炭素は、有機物の形態で洪水により、有機物が分解されにくい深海に運搬され、最終的にはヒマラヤ・チベットの隆起の産物である世界最大のベンガル海底扇状地及びインドス海底扇状地に安定的に固定されたと考えられる。しかし海底扇状地への有機炭素埋没による二酸化炭素固定能力と気候の寒冷化への貢献は未だ定量化されていない。二酸化炭素分圧の上昇による地球温暖化は地球全体として植物の生長を促し、水の蒸発量と降水量を増加させるため洪水を増加させ、海底扇状地の二酸化炭素固定能力を増加させると期待される。つまり海底扇状地は地球温暖化に対して緩衝効果 (負のフィードバック) を持つと推定される。

## 2. 研究の目的

(1) 海底扇状地の地球温暖化に対する緩衝効果を検証するため、過去の急速な気候変化に対応した海底扇状地堆積物の応答を調べることを目的とする。

(2) 高分解能の陸上気候変動とそれに対する海底扇状地の応答を解明するため、富山深海長谷から採取したコアの分析により、数万年から 10 万年の周期で繰り返された過去 25 万年間に至る高分解能の中部日本の陸上気候変動を復元し、それに対する海底扇状地の応答を解明する

(3) 国際深海掘削計画の熊野沖南海トラフ掘削への参加が実現し、長期間の解析にふさわしい試料が得られた場合には、熊野沖南海トラフの掘削試料を用いて、より長期間の気候変動およびテクトニクスを反映した海底扇状地の応答を復元する。

(4) 日本海富山深海長谷と熊野沖南海トラフ

との比較を行い、時間スケールや地域の違いによる海底扇状地発達様式や気候変動及びテクトニクスへの応答の違いを検討し、モデル化を行う。

## 3. 研究の方法

(1) 富山深海長谷から採取された 13m のロングピストンコアのタービダイトの頻度・層厚変化、粒度分析等堆積学的分析、有機炭素・窒素分析及び花粉分析を行う。このコアについては既に火山灰の同定が行われ、コア基底は 25 万年前に達することが判明している (中嶋他, 2003; 白井他, 2003) ので、この年代軸を基に、過去 25 万年間の 1 万年から 10 万年周期の長期間の気候変動とその応答の解明をタービダイトの時間変化から復元できることが期待される。

得られた解析結果を同一コアの花粉記録が示す気候変動及び陸上の既存の気候記録と対比する。

(2) 南海トラフの四国海盆で実施された国際深海掘削計画研究航海の Site C0011 および C0012 において掘削された、紀伊半島沖四国海盆の過去 2000 万年間にわたる地層試料の砂粒組成分析、花粉化石分析、有機炭素分析、炭素同位体分析、火山灰分析および FT 年代測定を行い、堆積物の後背地と推定される西南日本の発達史と気候変動史の解明を試みる

## 4. 研究成果

(1) 富山深海長谷から採取された 13m のロングピストンコアのタービダイトの頻度・層厚変化、粒度分析、有機炭素・窒素分析及び花粉分析を行った。その結果、過去 25 万年間の堆積物中の花粉組成に 10 万年周期の寒暖の陸上気候の変化が記録されており、タービダイトは寒冷期から温暖期に向かう時期に頻度・層厚・粒度ともに増加していることが判明した。このタービダイトの増加は、北アルプスにおける氷河の発達と融解による砕屑物の供給の増加に対応している可能性がある。タービダイトに含まれる有機炭素量と C/N 比の間には正の相関があり、陸起源の有機物の寄与が多いほど有機炭素量も多くなることを示唆している。このことから、タービダイト中には、陸上植物により有機炭素の形で固定された二酸化炭素が多量に蓄えられていると考えられる。また、タービダイトにより海底に固定される有機炭素は急激な温暖化の時期ほど多いことになり、定性的には海底扇状地が地球温暖化に対してバッファーとなってきたことが裏付けられた。この結果、これまでほとんどデータのなかった最終間氷期以前の中

部日本の陸上気候の記録を初めて連続的に解明するとともに、長周期の氷河性気候変動に対応した中部日本の陸上気候と深海のタービダイト・有機炭素固定能力の応答の一般的なモデル化に資するデータが得られた。

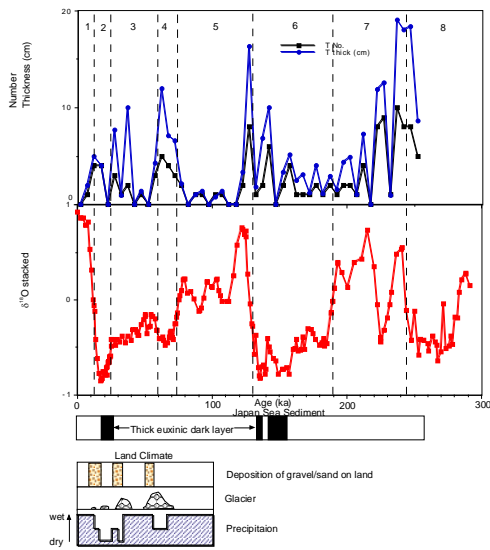


図1 富山深海長谷沿いのコアに記録された過去25万年間のタービダイトの千年あたりの頻度(黒)と堆積層厚(青)、過去25万年間の酸素同位体比曲線(赤)。これはほぼ気候の寒暖を表す。

(2) 南海トラフ沿いの四国海盆から採取された国際深海掘削計画掘削試料の花分析、有機炭素・炭素同位体比分析及び鉱物分析を行った結果、後背地と見られる西南日本の次のような、過去2000万年間の連続的な発達史、気候変動史の復元が可能になった。①2000万年前頃に四国海盆基盤の玄武岩が形成された。②その直後から遠洋性の石灰質の泥がゆっくりと溜まった。③日本海形成末期の1500万年前頃には、あちこちで火山活動があり、様々な組成と給源の凝灰岩が四国海盆に堆積した。④日本海形成後の1400-1200万年前に紀伊半島で大規模な山脈隆起があり、花粉と陸起源の有機物に顕著に富んだ紀伊半島起源の砂が四国海盆に海底扇状地を作って堆積した。⑤1200-900万年前は半遠洋性の泥のみが堆積し、凝灰岩がないことから火山活動の停止が推定された。この頃には紀伊半島を含む西南日本の隆起が終了したと考えられる。この時期までは花粉化石から暖温帯性の気候であったと推定される。⑥900万年前頃に、花粉化石にツガ属の産出が増加し、気候が冷温化したと推定される。800万年前頃に伊豆半島起源と推定される軽石を含んだ、花粉と有機物に乏しい砂岩が大量に堆積した。⑦750万年前以降は火山活動が活発で、花粉組成から推定される西南日本の

気候は、寒暖を繰り返してきたこと等が解明された。

また、陸から運ばれ海底に固定された有機炭素のフラックスの変化を見ると、西南日本陸上で植物が吸収した二酸化炭素が有機物となり、紀伊半島の山脈隆起により四国海盆に運ばれ、分解されにくい海底下に安定的に固定されたことを意味する。この有機物はプレートの沈み込みにより将来再び西南日本の付加帯にとりこまれ、メタンハイドレートや水溶性天然ガスのメタンの起源となる可能性も新たに判明した。

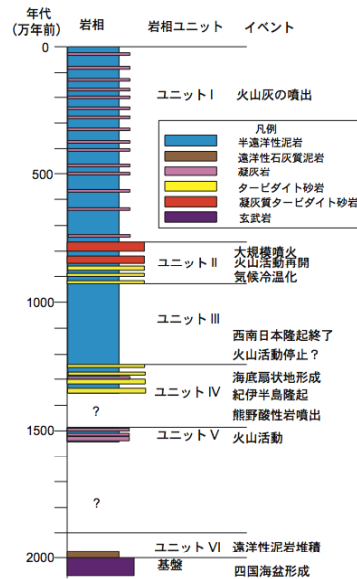


図2 掘削地点層序と主なイベント。

(3) 日本海富山深海長谷のコアのタービダイトの記録と南海トラフの掘削試料を比較すると、数万年-10万年のタイムスケールでは気候変動により、100万年以上のタイムスケールではテクトニクスにより海底扇状地が発達し、二酸化炭素固定能力を増加させて地球温暖化を和らげていることが判明した。特に急激な温暖化に対しては、海底扇状地は負のフィードバックを起こして温暖化を緩衝する応答をすることが実証された。国際的に見てもこれほどはっきりと緩衝効果を実証した例はなく、今後の世界の海底扇状地の二酸化炭素固定能力の定量的評価への道筋をつけたと考えられる。

### 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 1 件)

- ① Takeshi Nakajima, Hajime Katayama, Takuya Itaki, Climatic control on turbidite deposition during the last 70kyr along the Toyama Deep-Sea Channel, Central Japan Sea, SEPM Special Publication, 査読有, No. 92, 2009, pp.159-177, DOI・URL 無し

[学会発表] (計 5 件)

- ① Takeshi Nakajima, Hajime Naruse, Hirokuni Oda, Tohru Danhara, Akiko Obuse, Minoru Ikehara, Saneatsu Saito, Yusuke Kubo, Tectonic and climatic evolution of Southwest Japan inferred from sediment composition and FT ages of Sites C0011 and C0012, Exp. 322, NanTroSEIZE Stage2 - 2nd Post Cruise Meeting 2011.9.26, CSIC, Barcelona, Spain
- ② Takeshi Nakajima, Ben Kneller, Quantitative analysis of the geometry of submarine levees, Internal Architecture, Bedforms and Geometry of Turbidite Channels, Geological Society of London, 2011.6.21, Geological Society, London, UK.
- ③ Takeshi Nakajima, Jeff Peakall, William D. McCaffrey, Douglas Paton, Philip J. Thompson, Outer-bank bars: a new internal architecture within sinuous submarine channels, Internal Architecture, Bedforms and Geometry of Turbidite Channels, Geological Society of London, 2011.6.21, Geological Society, London, UK.
- ④ 中嶋 健, 成瀬 元, 小田 啓邦, 檀原 徹, 小布施 明子, 池原 実, 斉藤 実篤, 久保 雄介, IODP 第 322 次研究航海四国海盆掘削試料の堆積物組成分析と FT 年代測定結果から推定される西南日本の発達史と気候変動史, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, 2011.5.23, 千葉県, 幕張国際会議場
- ⑤ 中嶋 健, 片山 肇, 板木 拓也, 気候変動に規制された過去 7 万年間の富山深海長谷のタービダイトの堆積変動史, 日本地質学会, 2010 年 9 月 20 日, 富山県, 富山大学

[その他]

ホームページ等

[http://www.aist.go.jp/RESEARCHERDB/cgi-bin/namae\\_kensaku.cgi](http://www.aist.go.jp/RESEARCHERDB/cgi-bin/namae_kensaku.cgi)

(1) 研究代表者

中嶋 健 (TAKESHI NAKAJIMA)

独立行政法人産業技術総合研究所・地圏資源環境研究部門・主任研究員

研究者番号：20357627

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

無し