

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K14822

研究課題名（和文）日本海拡大期の回転運動と断層運動、沈降運動、火山活動の相互関係解明

研究課題名（英文）Understanding the interrelationships between tectonic rotation, faulting, and subsidence during the opening of the Sea of Japan

研究代表者

細井 淳（Hosoi, Jun）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・主任研究員

研究者番号：50760196

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究は棚倉堆積盆における日本海拡大期の回転運動と火山活動、沈降運動、横ずれ断層運動の関係解明を目的とし、野外地質調査と古地磁気分析、U-Pb年代測定を実施した。本研究によって、棚倉堆積盆において約30°の反時計回りを発見するとともに、棚倉堆積盆を埋積する新第三系の高時間解像度の年代層序を構築することができた。この年代層序に基づき、堆積速度や沈降運動、回転運動の時期等を考慮すると、約1720万年前～1660万年前に、棚倉断層帯の運動によって棚倉堆積盆は急速に沈降すると同時に、ブロック回転運動も生じたことは判明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は日本海拡大に伴った様々な事象を実証的に結びつけたものである。具体的には、日本海拡大に伴った棚倉断層帯の運動、堆積盆の形成～発達と回転運動を同時に引き起こしたことを発見した。日本海拡大は世界的に有名な背弧拡大イベントである。そのため本研究成果は、現世および過去の、世界各地の、様々な背弧拡大テクトニクスを検討する上で、世界的にも重要な成果であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：I conducted geological surveys, paleomagnetic analysis, and U-Pb dating to elucidate the interrelationships between tectonic rotation, volcanism, subsidence, and faulting in the Tanakura Basin during the opening of the Sea of Japan. As a results, a counterclockwise rotation of about 30° of the Tanakura Basin is found, and a high-resolution chronostratigraphy of the Neogene strata of the Tanakura Basin is constructed. Based on this chronostratigraphy, it is clear that the Tanakura Basin experienced rapid tectonic subsidence and block rotation due to the movement of the Tanakura Fault Zone from about 17.2 Ma to 16.6 Ma.

研究分野：地質学

キーワード：日本海拡大 回転運動 層序 棚倉断層帯 背弧拡大 堆積盆

1. 研究開始当初の背景

日本列島は 2500–1500 万年前頃、日本海の形成と拡大により、ユーラシア大陸から分断した。その際、東北日本は反時計回りに回転した (Otofuji et al., 1985, *Nature* 等)。当時の回転運動とテクトニクスについては未解明な点がある。いつ回転運動が起こったのか？回転運動と日本海形成・拡大に伴った断層運動と回転運動の関係は？回転運動と火山活動や沈降運動の関係は？などである。

回転運動の時期は大まかに 1800–1400 万年前頃と考えられていたが (Otofuji, 1996, *The Island Arc* 等)、近年、西南日本では 1750–1580 万年前の極めて短期間に回転したことが報告された (Hoshi et al., 2015, *Earth, Planets and Space*)。一方、東北日本の回転運動の正確なタイミングは分かっていない。そのため東北日本の回転運動が、西南日本の回転運動と同時だったか否かは不明で、両者の回転運動の関係もわからない。

日本海拡大による回転運動は、島弧が一体となって回転した説と (Otofuji et al., 1985, *Nature*)、断層で分断したブロック毎に回転した説 (Jolivet and Tamaki, 1992, *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*) がある。東北日本弧は地域毎に回転量と回転方向が異なり (Martin, 2011, *Tectonophysics*)、ブロック回転を引き起こした可能性のある大規模横ずれ断層が考えられているため (吉田ほか, 2017, 日本地方地質誌 東北地方)、ブロック回転説が有力だが、これらの大規模横ずれ断層は、棚倉断層以外でその存在が明確なものは殆ど無い。そのため、東北日本の横ずれ断層の運動と回転運動の直接的な関係は全く分かっていない。

また、日本海拡大期には回転運動に加えて、活発な火山活動や急速な沈降運動も起こったが、それらの相互関係は不明である。

2. 研究の目的

上記の背景から、本研究は棚倉堆積盆における日本海拡大期の回転運動と火山活動、沈降運動、横ずれ断層運動の関係解明を目的とする。具体的には棚倉堆積盆において、以下の点について解明・検討を行う。

- (1) いつ、どの程度の回転運動が起こったか？
- (2) 回転運動は棚倉断層の運動と関係があるか？
- (3) 回転運動と火山活動、沈降運動は同時期か？

3. 研究の方法

本研究は野外地質調査のデータに基づいて、各種分析と検討を進める。まず野外地質調査によって、棚倉堆積盆埋積層の正確な岩相層序を構築する。その上で古地磁気・岩石磁気分析に適した試料採取場所を選定する。採取した試料は段階熱消磁、段階交流消磁等の分析によって二次的な磁化成分を消し、残留磁化から堆積当時の古地磁気方位を調べる。また、古地磁気・岩石磁気分析によって構築された古地磁気層序に数値年代を加えるために、幾つかの層準を対象にジルコン U–Pb・FT 年代測定を実施する。

これらの測定結果も踏まえて、時間解像度の高い棚倉堆積盆埋積層の古地磁気層序を構築する。この古地磁気層序を基準として、古地磁気分析結果に基づく回転運動の時期や回転運動の方向と回転量、回転速度を明らかにする。また、既存の堆積盆発達史や盆地内火山活動の成果を踏まえて、棚倉堆積盆における回転運動と火山活動、沈降運動、棚倉断層の運動の関係解明を試みる。

4. 研究成果

上記の目的に従って研究を遂行した結果、以下のことが明らかになった。

・棚倉堆積盆埋積層の層序

野外地質調査と各種分析に基づく各地層の古地磁気極性、ジルコン U–Pb・FT 年代値から、棚倉堆積盆を埋積する新第三系の高時間解像度年代層序を構築することができた。この新第三系は約 1720–1520 万年の間の約 200 万年の間に形成されたことが判明した。その詳細な年代は、下位の地層から順に、北田気層～男体山火山角礫岩までが約 1720–1660 万年前、苗代田層が約 1660–1630 万年前、小生瀬層～内大野層が 1630–1520 万年前である。

・堆積盆の沈降と堆積速度の変化

各地層の年代と層厚の関係から堆積速度を見積もると、約 1720–1660 万年前の地層は約 1660–1630 万年前の地層よりも、堆積速度が数倍早いことが判明した (図 1)。この堆積速度が早い時期に、棚倉堆積盆では海進が起こったことが知られている (Hosoi et al., 2020, *J. Asian Earth Sci.* 等)。堆積盆の発達には棚倉断層帯の運動に左右されたため、棚倉断層帯の運動によって堆積盆が急速に沈降・発達したと考えられた。

・棚倉堆積盆における回転運動

古地磁気分析の結果、約 1720–1660 万年前の地層の古地磁気方位は約 15°西偏し、約 1660–1630 万年前の地層の古地磁気方位は約 15°東偏していることが判明した。両者の方位は信頼区間 ($\alpha 95$)

を超えて有意な差があることから、両者の差は回転運動の結果であることを示唆する（図 2）。地質学的に隣接する茂木町周辺では、同時期に回転運動が生じていないため（Hoshi and Takahashi, 1999, *Bull. Geol. Surv. Japan*），本研究で得られた回転運動は棚倉堆積盆のみで生じたブロック回

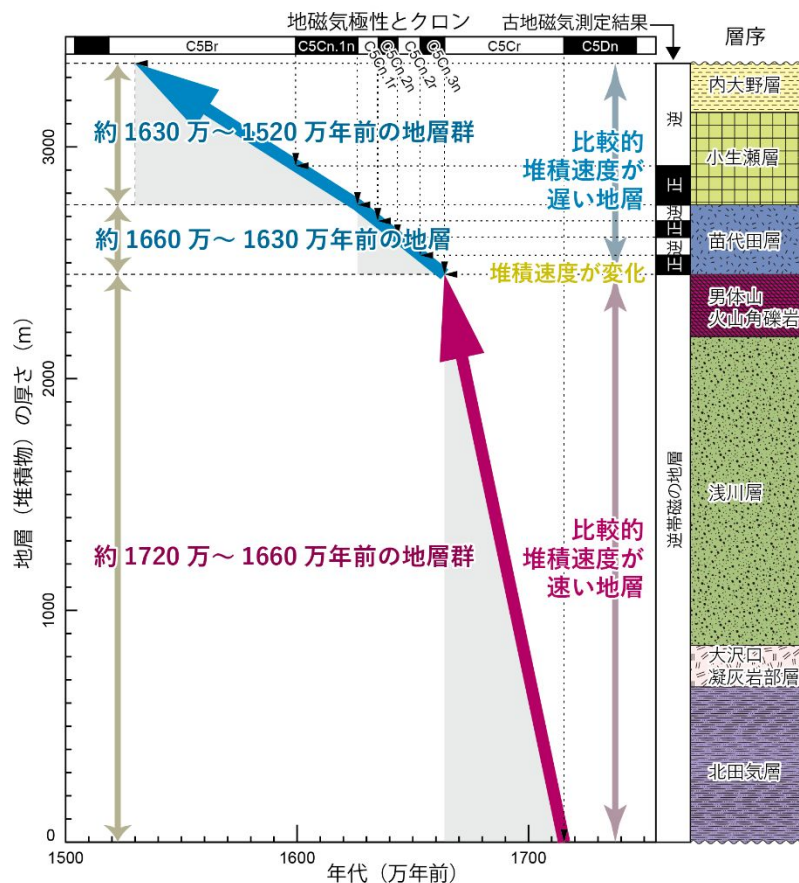


図 1 地層の年代と層厚の関係図（Hosoi et al., 2023, *Tectonics* を一部改変）

地層ごとの古地磁気方位記録 N

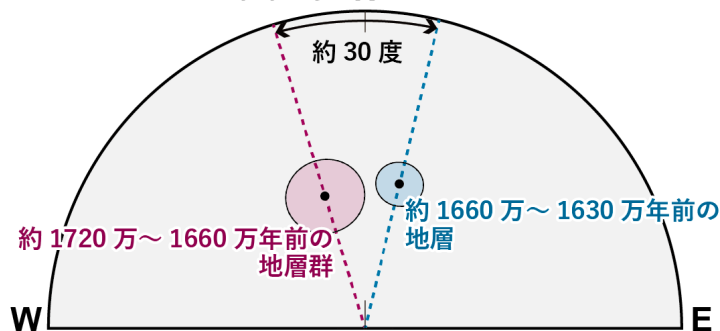


図 2 地層毎に得られた古地磁気方位（Hosoi et al., 2023 *Tectonics* を一部改変）

転運動であることが考えられた。

・棚倉堆積盆の発達と回転運動

以上の成果によって、約 1720–1660 万年前に棚倉断層帯の運動によって堆積盆は急速に沈降するとともに回転運動も同時に生じたことが判明した。この時期、日本海では大和海盆が拡大し（Nohda, 2009, *J. Asian Eath Sci.*）や西南日本弧では回転が生じた（Hoshi et al., 2015, *Earth, Planets and Space*）。棚倉堆積盆は、大和海盆の拡大に伴って棚倉断層帯が活動し、それによって棚倉堆積盆が形成・発達するとともに、堆積盆では沈降とブロック回転運動が同時に生じた可能性が考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hosoi J., Tanii Y., Okada M., Haneda Y.	4. 巻 42
2. 論文標題 Rotated Transtensional Basins Formed During Back Arc Spreading in Japan: Simultaneous Rapid Tectonic Rotation and Basin Subsidence	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Tectonics	6. 最初と最後の頁 e2022TC007642
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2022TC007642	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Hosoi Jun, Haji Toshiki, Iwano Hideki, Danhara Tohru, Hirata Takafumi	4. 巻 127
2. 論文標題 Age and associated stress field of the Miocene Tochiara Rhyolites using dikes in the Daigo Town, Northeast Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of the Geological Society of Japan	6. 最初と最後の頁 395 ~ 402
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5575/geosoc.2020.0041	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Amano Kazuo, Hosoi Jun	4. 巻 127
2. 論文標題 Research history of the Green Tuff region in NE Japan in relation to the Sea of Japan formation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of the Geological Society of Japan	6. 最初と最後の頁 381 ~ 394
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5575/geosoc.2020.0063	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hosoi Jun, Yamaji Atsushi, Iwano Hideki, Danhara Tohru, Hirata Takafumi	4. 巻 30
2. 論文標題 Age and associated stress field of middle Miocene back arc basalt magmatism in Northeast Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 e12379
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/iar.12379	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Amano Kazuo, Hosoi Jun	4. 巻 127
2. 論文標題 Research history of the Green Tuff region in NE Japan in relation to the Sea of Japan formation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of the Geological Society of Japan	6. 最初と最後の頁 381 ~ 394
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2020.0063	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hosoi Jun, Danhara Tohru, Iwano Hideki, Matsubara Noritaka, Amano Kazuo, Hirata Takafumi	4. 巻 190
2. 論文標題 Development of the Tanakura strike-slip basin in Japan during the opening of the Sea of Japan: Constraints from zircon U?Pb and fission-track ages	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Asian Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 104157 ~ 104157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jseaes.2019.104157	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Jun Hosoi, Yurie Tanii, Makoto Okada and Yuki Haneda
2. 発表標題 Rotated Transtensional Basins Formed During Back-arc Spreading in Japan: Simultaneous Rapid Tectonic Rotation and Basin Subsidence
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 細井 淳, 羽田裕貴, 岡田 誠
2. 発表標題 棚倉堆積盆を埋積する新第三系の古地磁気学的研究
3. 学会等名 日本地質学会第129年学術大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------