

日本海拡大時の大地の急速沈降と回転の同時発生 を発見 —地質調査が明かす棚倉断層帯沿いの 堆積盆の詳細な発達史—

細井 淳¹⁾・谷井 優理恵²⁾・岡田 誠³⁾・羽田 裕貴¹⁾

本稿は2023年6月に産総研・茨城大学が行ったプレスリリース (https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2023/pr20230626/pr20230626.html) に加筆修正したものです。

1. はじめに

日本列島は元々アジア大陸の一部でした。新生代になると日本海が形作られ始め、約2400万～1500万年前に日本海の拡大は最盛期を迎え、その結果、日本列島は大陸から分かれて現在のような島弧の形になりました。日本海拡大の際、日本列島は回転したことが古地磁気の記録から知られています。日本海拡大時の回転運動は、主に島弧の観音開きモデル (Otofujii *et al.*, 1985) 又は島弧内ブロック回転モデル (Jolivet *et al.*, 1995) で説明されています。しかし、東北日本ではデータ数が少ない上に回転の時期や規模、回転方向が調査場所によりまちまちなため、回転運動の解明はあまり進んでいません。

日本海拡大時の回転運動のメカニズムを解明するためには、日本海拡大時の古地理、すなわち当時の断層や堆積盆の形状やその分布を把握し、その上で当時の地層に記録された過去の地磁気 (古地磁気) 方位を調べる必要があります。しかし日本海拡大時に形成・活動した断層や当時の堆積盆の形状や分布は、その後の地殻変動などで乱されている上に、日本海拡大後の新しい地層によって覆われてしまっていることから、現在ではほとんど把握することができません。茨城県大子町周辺地域は、日本海拡大時の巨大な断層 (棚倉断層帯) とその運動により形成された堆積盆 (棚倉堆積盆) がほぼそのままの形で残る非常に珍しい地域です。そのため棚倉堆積盆は、日本海拡大のメカニズム、特に堆積盆の形成・発達と大地の回転運動の関係を検討する上で最適な地域です。

産総研では国の第3期知的基盤整備計画に従い、地質災害の軽減や地域振興・地方創生、学術的重要性の視点から地質図幅の整備を進めています。茨城県大子町周辺では今まさに地質図幅の整備 (5万分の1地質図幅「大子」) を進め

ています。本研究は5万分の1地質図幅「大子」整備のための地質調査と並行して、棚倉堆積盆の地層に記録されている古地磁気記録を調べました。結果、約1720万～1660万年前の限られた短期間の間に、棚倉断層帯に沿った堆積盆でのみ回転したことが明らかになりました。すなわち、棚倉断層帯の運動が原因となって、棚倉堆積盆の形成・沈降 (リフティング)・回転を同時に引き起こしたことを意味します。この研究の詳細は、国際誌「*Tectonics*」に掲載されています (Hosoi *et al.*, 2023)。

2. 研究の内容・成果

本研究は茨城県大子町周辺に分布する日本海拡大期の地層 (棚倉堆積盆の地層) を調査し、日本海拡大時の古地磁気記録を探りました。主にその目的は2つあります。1つは古地磁気層序学的研究によって、既存の年代層序の解像度を上げることです。研究の結果、正磁極期 (現在の地磁気方位と同じで磁石が北を指す時代) と逆磁極期 (現在の地磁気方位と逆、磁石の方位は南を指す時代) の地層があることがわかりました。それらの正・逆磁極期の年代と放射年代測定値 (Hosoi *et al.*, 2020 など) から、約1720万～1660万年前の地層群、約1660万～1630万年前の地層、約1630万～1520万年前の地層群を認定できました (第1図)。これは従来よりもはるかに精度よく地層の年代を解明できたことを意味します。

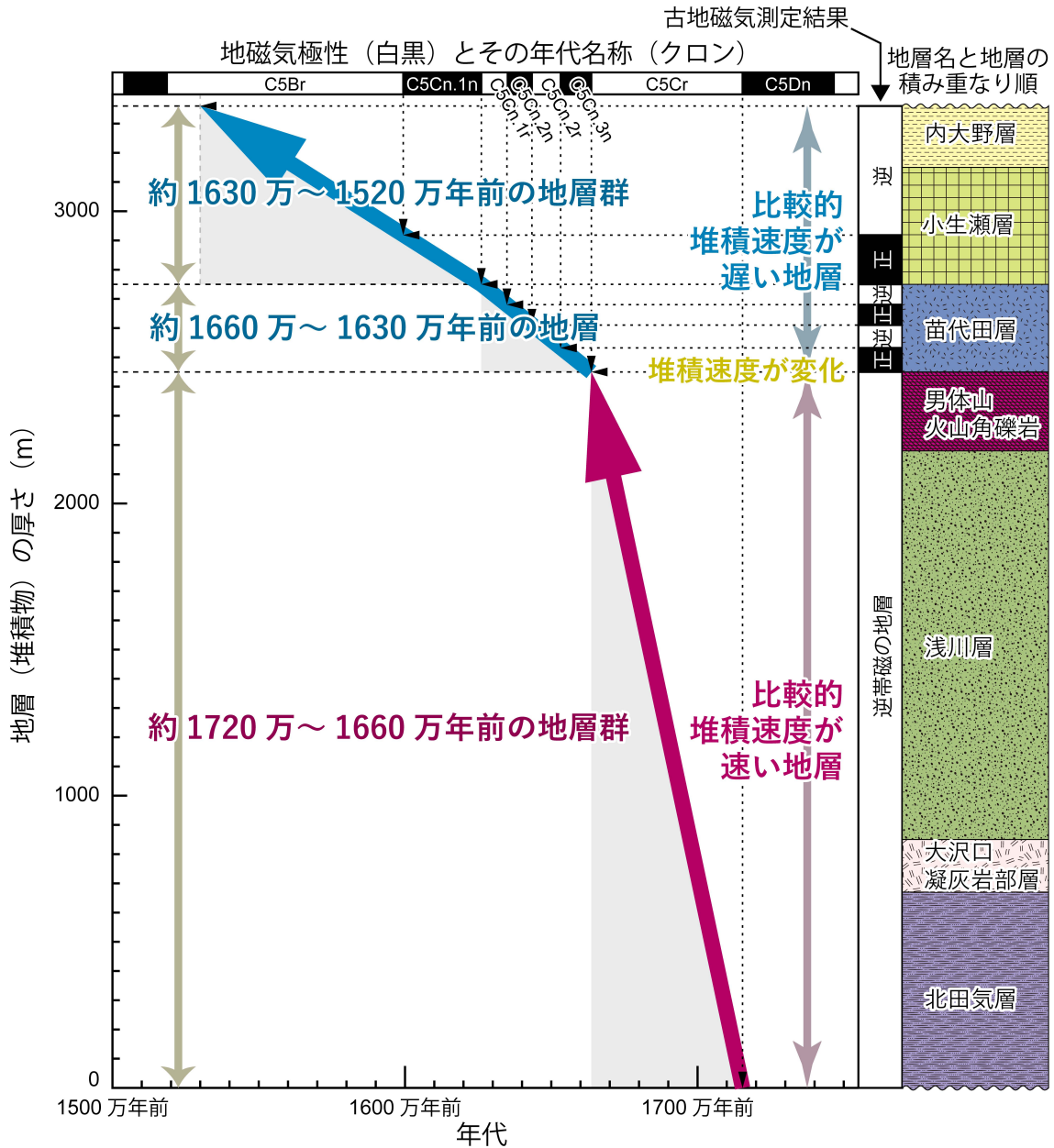
地層の年代層序を高精度に把握できたことにより、地層の年代と堆積物の厚さの関係から、堆積物が堆積盆を埋めた速度 (堆積速度) を高精度で見積もることができました。結果、特に約1720万～1660万年前の地層群は堆積速度が一段と速かったことがわかりました (第1図)。これは、堆積盆の沈降速度が速かった可能性を示します。実際にこ

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門

2) 茨城県立茨城東高等学校 〒311-3157 茨城県東茨城郡茨城町小幡 2524

3) 茨城大学理学部 〒310-8512 茨城県水戸市文京 2-1-1

キーワード：リフティング、ブロック回転、横ずれ断層、古地磁気、棚倉断層帯、棚倉堆積盆、日本海拡大



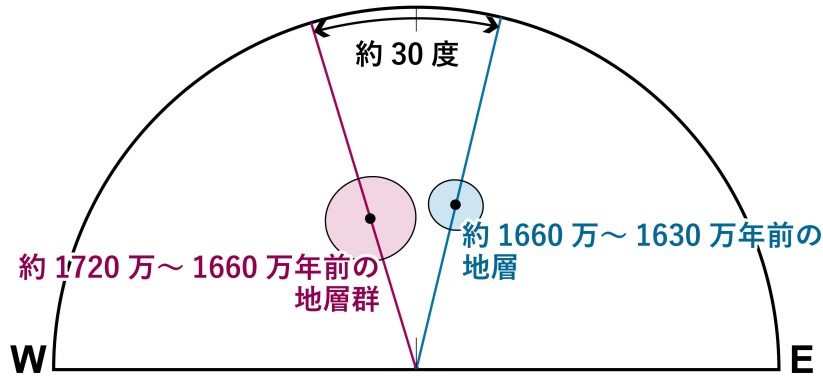
第 1 図 地層の年代 (横軸) と厚さ (縦軸) の関係図
 右側に地層と古地磁気測定結果で得られた地層の帯磁を示す。地層の帯磁方向 (正帯磁または逆帯磁) から細かい年代を求めることができる。また、地層の年代と厚さから、堆積速度を見積もることができる。地磁気極性は正磁極期が黒色、逆磁極期が白色で示される。
 ※原論文の図を引用・改変したものを使用しています。

の時代に堆積盆内では海進が生じたことが判明しています (天野ほか, 2011)。堆積盆の発達には棚倉断層帯の運動に左右されたと考えられるため、約 1720 万～1660 万年前に、棚倉断層帯の運動によって急速に堆積盆は沈降したと考えられます。

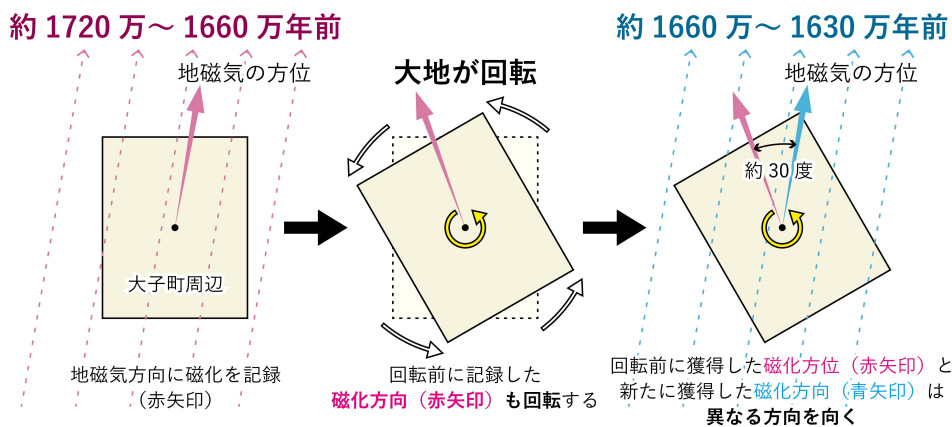
古地磁気学的研究の 2 つ目の目的が、日本海拡大時の回転運動と堆積盆発達史の関係を明らかにすることです。各地層に記録されている古地磁気の方角を比べた結果、約 1660 万年前以降の地層は、期待される当時の地磁気方位

とほぼ同じ方向 (南北方向) でしたが、約 1720 万～1660 万年前の地層の古地磁気方位は期待される方位から約 30 度ずれていることがわかりました。これは約 1720 万～1660 万年の間に、大地が約 30 度の回転をしたことを意味します (第 2 図)。ここで地質的に隣接する栃木県茂木町周辺の古地磁気方位記録を見ると同時期の古地磁気方位はずれておらず、回転運動は認められません (Hoshi and Takahashi, 1999)。すなわち、この研究で明らかになった回転運動は、棚倉堆積盆でのみ生じたものと考えられま

地層ごとの古地磁気方位記録 N



古地磁気方位の記録と大地の回転



第2図 地層ごとに得られた古地磁気方位と大地の回転の概略図
 約1720万～1660万年前の地層と約1660万～1630万年前の地層に記録された古地磁気方位が約30度異なる。
 ※上は原論文の図を引用・改変、下は原論文の図を引用・改変および本発表のために新しく作成した図を使用しています。

す。この原因は棚倉断層帯の運動と考えられます。棚倉断層帯の横ずれ運動によって、棚倉断層帯沿いに発達する堆積盆でのみ回転が生じたことが明らかになりました(第3図)。

以上の成果によって、今から約1720万～1660万年前、棚倉断層帯の横ずれ運動によって堆積盆は急速に沈降すると共に回転も同時に起こったことが判明しました。これは、日本列島を横断する大断層の運動が堆積盆の形成・沈降・回転を同時に引き起こしたことを初めて解明したものです。従来、東北日本における日本海拡大時の回転運動の時期や規模、回転方向は不統一でしたが、その原因は断層運動による堆積盆の発達の時期や程度が東北日本各地で異なるためである可能性が示されました。また、日本海拡大時には正断層の形成とその運動によって多くの堆積盆が形成・発達したと考えられていますが、本研究成果は正断層運動のみならず横ずれ断層の運動の影響も日本海拡大の発達史を検討する上で重要であることを示します。これは日

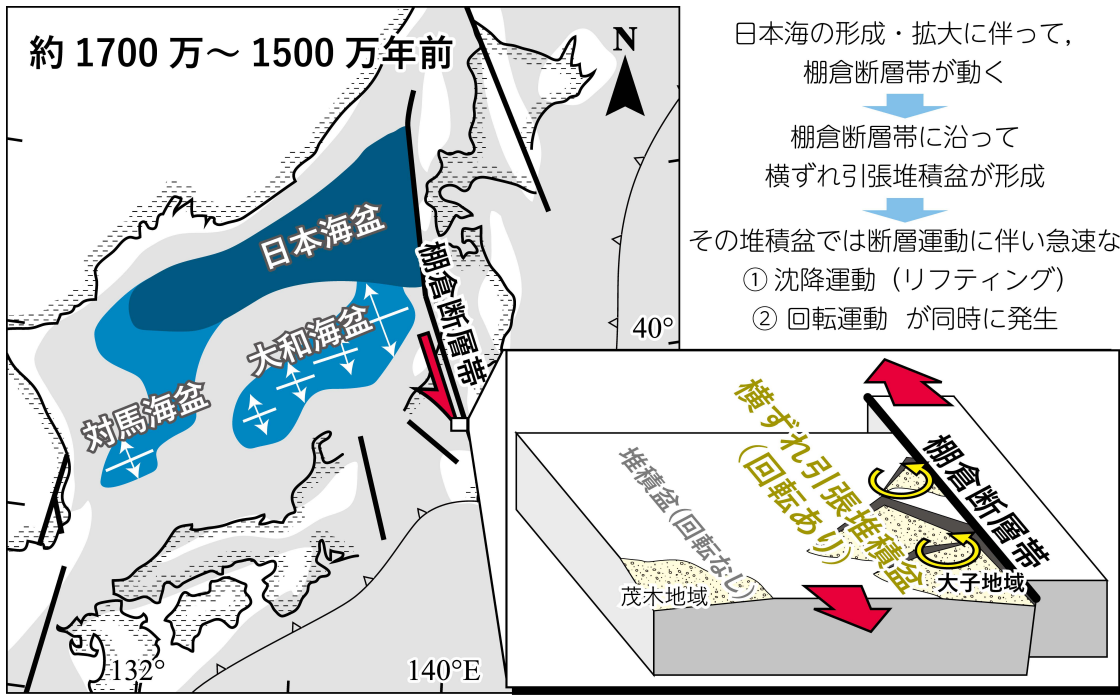
本海の拡大のみならず、世界の背弧拡大のテクトニクスの理解に貢献します。

3. 今後の予定

現在、本研究で明らかになった沈降・回転運動を引き起こした棚倉断層帯の断層運動について検討するために、岩脈や小断層を用いた古応力解析を進めています。また、これらの成果を含め、知的基盤情報の整備として大子地域の地質図幅を刊行する予定です。

文献

天野一男・松原典孝・及川敦美・滝本春南・細井 淳(2011) 棚倉断層の新第三紀テクトニクスと火山活動・堆積作用。地質学雑誌, 117(補遺), 69-87。
 Hoshi, H. and Takahashi, M. (1999) Miocene counterclockwise rotation of Northeast Japan: a review and new model.



第3図 日本海拡大の際に伴った棚倉断層帯の運動が堆積盆の形成・沈降・回転を引き起こしたイメージ図
 棚倉断層帯に沿った堆積盆でのみ回転が生じた。
 ※原論文の図を引用・改変および新しく作成した図を使用しています。

Bulletin of the Geological Survey of Japan, 50, 3–16.

Hosoi, J., Danhara, T., Iwano, H., Matsubara, N. and Amano, K. (2020) 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. *Journal of Asian Earth Sciences*, 190, 104157.

Hosoi, J., Tanii, Y., Okada, M. and Haneda, Y. (2023) Rotated transtensional basins formed during back-arc spreading in Japan: Simultaneous rapid tectonic rotation and basin subsidence. *Tectonics*, 42, e2022TC007642.

Jolivet, L., Shibuya, H. and Fournier, M. (1995) Paleomagnetic rotations and the Japan Sea opening. In Taylor, B. and Natland, J., eds., *Active Margins and*

Marginal Basins of the Western Pacific, Geophysical Monograph Series. American Geophysical Union, 77, 355–369.

Otofujii, Y-I., Matsuda, T. and Nohda, S. (1985) Opening mode of the Japan Sea inferred from the palaeomagnetism of the Japan Arc. *Nature*, 317, 603–604.

HOSOI Jun, TANII Yurie, OKADA Makoto and HANEDA Yuki (2023) Simultaneous rapid tectonic rotation and basin subsidence during the opening of the Sea of Japan: Detailed development of the basin along the Tanakura Fault Zone revealed by geological survey.

(受付：2023年8月1日)