

GS23 及び GB23 航海（九州北西方海域）における磁気異常観測の概要

佐藤 太一^{1,*}・高下 裕章¹・山下 幹也¹

SATO Taichi, KOGE Hiroaki and YAMASHITA Mikiya (2025) Preliminary results of geomagnetic surveys off northwest Kyushu during cruises GS23 and GB23. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 76 (4/5), p. 177–182, 4 figs. and 1 table.

Abstract: Geomagnetic surveys were undertaken to compile marine geophysical maps of the area off northwest Kyushu. A total magnetic anomaly map was created based on observations of the total magnetic field. The survey area contains a complex distribution of magnetic anomalies ranging from short to long wavelengths. The area west of the Goto Islands and east of Ikishima Island is marked by complex short-wavelength magnetic anomalies. In contrast, the area from west of the Goto Islands to south of Tsushima Island is characterized by a long-wavelength positive anomaly that trends northeast–southwest. Given the shallow water depth over most of the survey area, bathymetric data are insufficient to assess the seafloor topography. The short-wavelength magnetic anomalies likely reflect the occurrence of igneous rocks on the seafloor, as also observed on nearby islands. The northeast–southwest trending positive magnetic anomaly is presumed to correspond to the northern end of the belt of positive magnetic anomalies that extends from near the Senkaku Islands to the Goto Islands.

Keywords: off northwest Kyushu, Ryukyu arc, magnetic anomaly, bathymetry

要 旨

九州北西方海域において、海域地球物理図作成を目的とした地磁気観測を実施し、曳航式全磁力計の観測値に基づき全磁力異常図を作成した。調査海域は全域にわたり短波長から長波長の磁気異常が複雑に分布していることが特徴である。特に五島列島西方と壱岐諸島東方の海域では複雑な短波長の磁気異常が、五島列島西方から対馬南方にかけての海域では北東–南西方向に広がる長波長の正の異常が特徴的である。調査海域の大部分が浅海であるため海底地形データが得られておらず、表層の地形からの判断は難しいが、短波長の磁気異常については、周辺の島嶼部で見られる火成岩類が海底表層に分布しておりそれらに起因したものと考えられる。北東–南西に広がる正の磁気異常は、尖閣諸島周辺から五島列島周辺へ延びる正の磁気異常帯の北端部に相当すると推測される。

1. はじめに

GS23 及び GB23 航海では主として九州北西部海域の北緯 32 度 10 分から北緯 35 度、東経 128 度 10 分から東経 130 度 30 分の範囲、対馬、壱岐諸島及び五島列島などの周辺部において、地磁気観測を実施した。両調査航海に

における観測の全測線を第 1 図に示す。本報告書では、2 航海での曳航型セシウム磁力計 (G-882 型, Geometrics 社製) により得られた磁力データの処理方法とその解釈についての報告を行う。結果に基づき調査海域の地殻構造等についての簡単な解釈を示す。

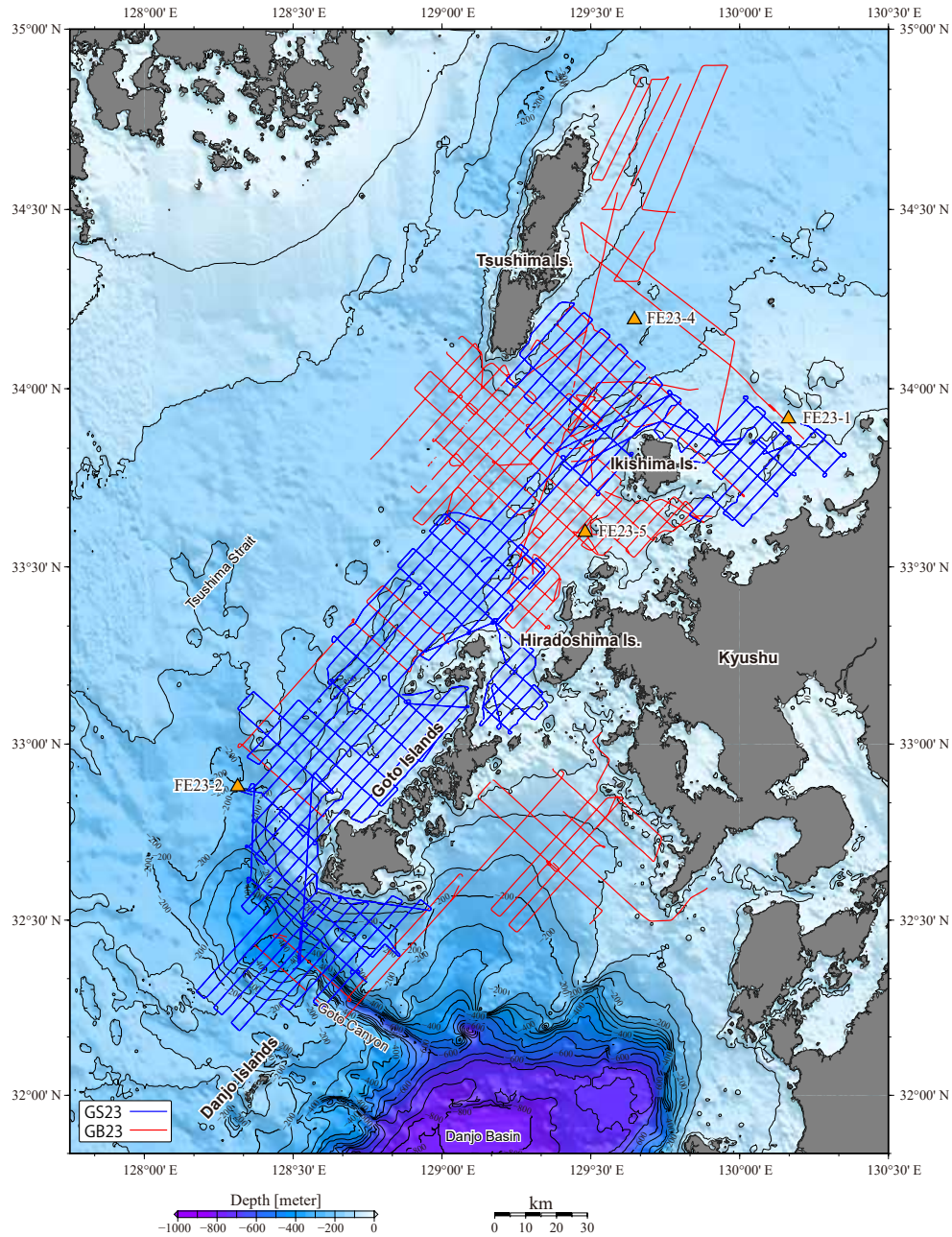
2. 装置及びデータ処理

GS23 航海 (2023 年 5 月 10 日–5 月 29 日) では東京海洋大学所有の「神鷹丸」を使用した。船の総トン数は 986 トン、全長は 64.55 m、幅は 12.10 m である。GB23 航海 (2023 年 10 月 19 日–11 月 27 日) では東海大学所有の海洋調査研修船「望星丸」を使用した。船の総トン数は 1,777 トン、全長は 87.98 m、幅は 12.80 m である。以下では各測定装置による観測状況及びそのデータ処理について記載する。

地磁気全磁力観測には産総研所有の曳航型セシウム磁力計 (G-882 型, Geometrics 社製) を使用した。本調査では船体磁気の影響を避けるために、磁力計を望星丸及び神鷹丸の船尾左舷側から約 300 m 後方に曳航し、音波探査と同時に曳航観測を行った。GPS からの正確な曳航距離は、神鷹丸では 329.95 m、望星丸では 362.11 m に相当する。データ収録は Geometrics 社のデータ収録ソフト (MagLog) を用いて実施した。MagLog にはセシウム磁力計から出力される時刻・全磁力・シグナルレベル値・

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

* Corresponding author: SATO, T., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: taichi-sato@aist.go.jp

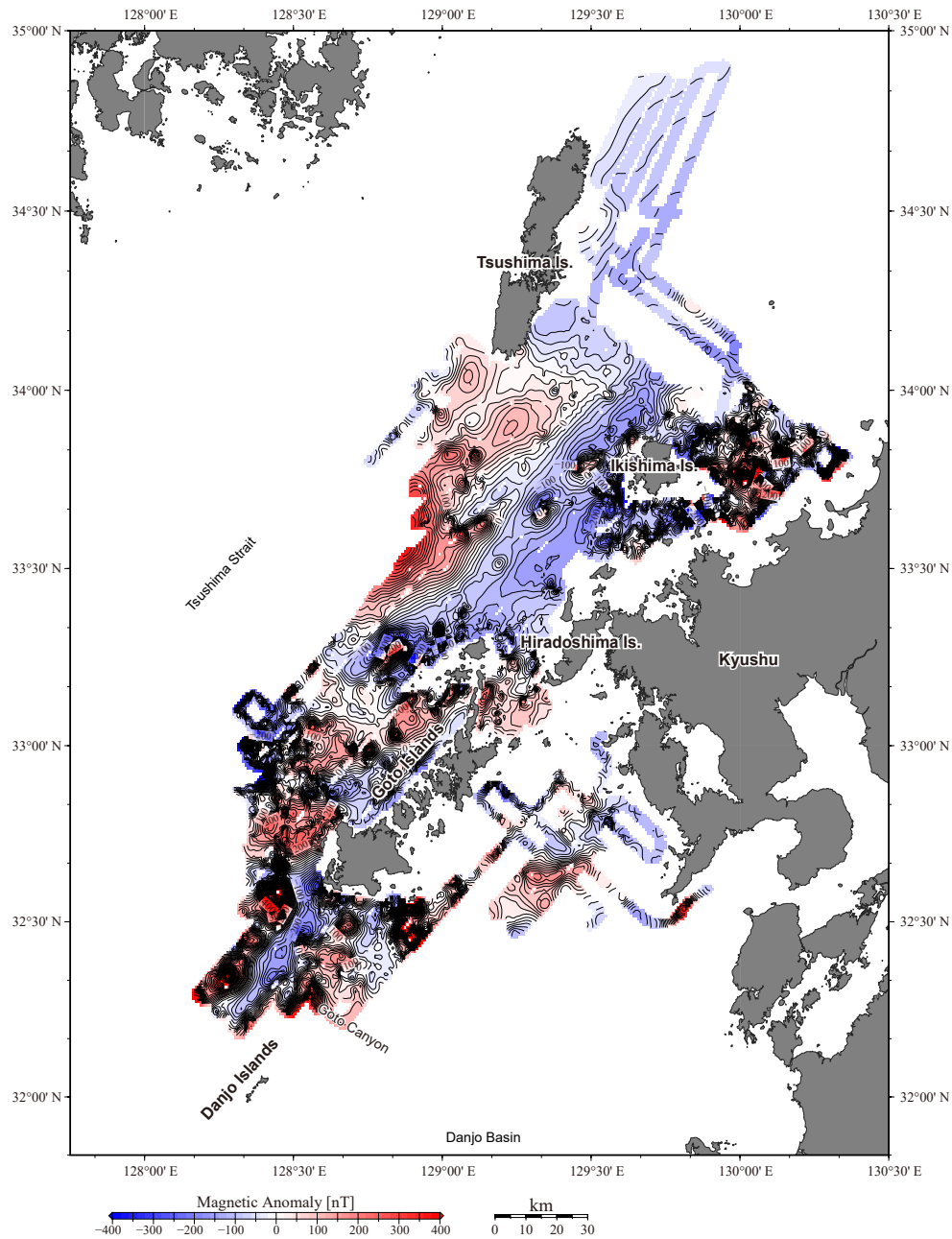


第1図 GS23及びGB23調査航海における磁気異常観測の全測線図。青線はGS23、赤線はGB23調査航海の測線を示す。オレンジ色の三角形は図内での8の字航走を実施した位置を示す。海底地形は日本海洋データセンターの500 mメッシュ水深データ (J-EGG500) を用いて作図した。

Fig. 1 Track lines of magnetic anomaly observations during the GS23 and GB23 cruises. The solid blue and red lines indicate the GS23 and GB23 survey lines, respectively. The orange triangles indicate the position of the figure-eight turns in the index map area. Seafloor bathymetry is plotted by using J-EGG 500 from Japan Oceanographic Data Center.

センサー深度データと船側のGPSデータ (NMEAフォーマット) が約0.1秒間隔で別々に取り込まれる。位置情報については、GS23航海では持ち込んだ産総研所有のGPSセンサー、GB23航海では望星丸のGPSデータからのデータをそれぞれ使用した。MagLogに取り込まれた全磁力

と位置情報データセットはGeometrics社のデータ描画ソフト (MagMap2000) を用いて結合し、緯度・経度と全磁力値の対応を行った。測定値はケーブル長補正、地磁気の日変化の補正などを経て、国際標準磁場 (IGRF 13th generation ; Alken *et al.*, 2021) を差し引くことで全磁力異



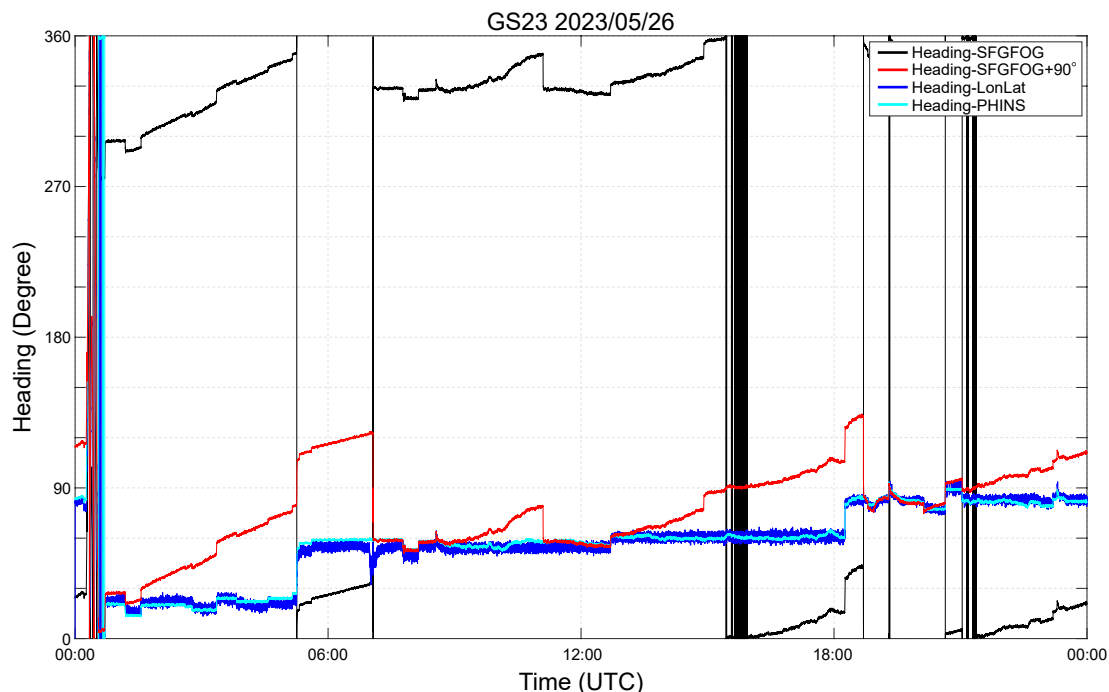
第2図 GS23 及びGB23 航海で得られた全磁力磁気異常図. グリッド間隔は0.5分とした. コンター間隔は20 nTである.

Fig. 2 Total magnetic anomaly map integrated by GS23 and GB23. The grid space was set to 0.5 nautical mile, and the contour interval is 20 nT.

常値に換算した.

続いて算出された全磁力異常に対して, 船体磁気の影響を仮定した交点コントロール補正計算 (x2sys : Wessel, 2010) を行った. GS23 航海では補正前の交点誤差の標準偏差は17.1 nTで, 補正後は17.0 nT, GB23 航海では補正前と補正後共に15.4 nTとなり大幅な改善は見られなかった. 測定値の時点で船体磁気の影響が小さかったためと考えられる. 続いて航海ごとに船体磁気を考慮した

交点コントロール補正後のデータに対して, 航海間でのオフセットを最小化するため交点コントロール補正計算を行った. 交点誤差の平均値は92.2 nT, 標準偏差は25.4 nTであった. 上記の交点コントロール補正を経て得られた2航海の全磁力異常値を統合し, GMT (Generic Mapping Tools ver. 6 ; Wessel *et al.*, 2019) のsurfaceプログラムを用いてグリッド間隔0.5分の全磁力異常グリッドデータを作成した(第2図). なおノイズと思われるスパ



第3図 GS23 航海時のヘディング値の時間変化の例.

Fig. 3 The example of heading variation during the GS23 cruise.

イク状の短波長の全磁気異常を抑えるために4 kmのメディアンフィルタを施した。

今回報告する2航海では、地磁気ベクトル観測も実施した。本報告書では結果については記載せず観測状況のみの報告とする。両航海とも産総研所有のフラックスゲート型深海三成分磁力計 (SFG-2009型, テラテクニカ社製) とGPS支援慣性航法システム (SFGFOG-20, テラテクニカ社製) を組み合わせたシステムにて収録を行った。本システムは船体動揺センサーと2つのGNSSセンサーを組み合わせたもので、ロール・ピッチ・ヘディングの精度が0.01度、内部のフィルタレートは1000 Hzとなり、産総研所有の三成分磁力計とデータを結合するため8 Hzで出力するように設定されている。センサー部はGS23航海では神鷹丸のコンパスデッキ上に、GB23航海では望星丸のブリッジデッキ後方のウインチルームの屋根部にそれぞれ設置した。加えてGS23航海ではGPS支援慣性航法システムの観測精度の確認のため、神鷹丸据え付けの光ファイバージャイロコンパス (PHINS: Model PAA00011, IXBLUE社製) による船体動揺データも同時収録した。ヘディング精度0.05度、ロールピッチ精度0.01度である。データ出力は0.1～200 Hzで行うことができる。神鷹丸では船に装備されている5 Hzの出力ポートを利用し取得した。設定変更も可能であったが、高い周波数で収録すると、運行上に使用されるほかの機器への通信に対し、位置情報の提供に遅延が生じる可能性があっ

たため、そちらを考慮して変更は実施していない。

GS23航海でのGPS支援慣性航法システム (SFGFOG) と船据え付けの光ファイバージャイロコンパスの船体姿勢データ (PHINS) の比較検討を行ったところ、SFGFOGのヘディングデータが約-90度のオフセットで観測されていることと、ドリフトがあることが明らかとなった (第3図)。GB23航海では、約+90度のオフセットで観測されているが、ドリフトは見られない (第4図)。望星丸では船据え付けの機器による船体動揺データは収録していないため、ここでは船の位置変化から算出した船のヘディングとの比較に基づく。SFGFOGヘディングの±90度のオフセットから、GS23とGB23航海でセンサーの設置の向きが逆であったと推測されるが、ドリフトの原因については今後検討が必要である。

地磁気ベクトルデータの船体磁気成分導出のために、8の字航走観測を2航海合わせて合計5回実施した。実施状況を第1表に示す。

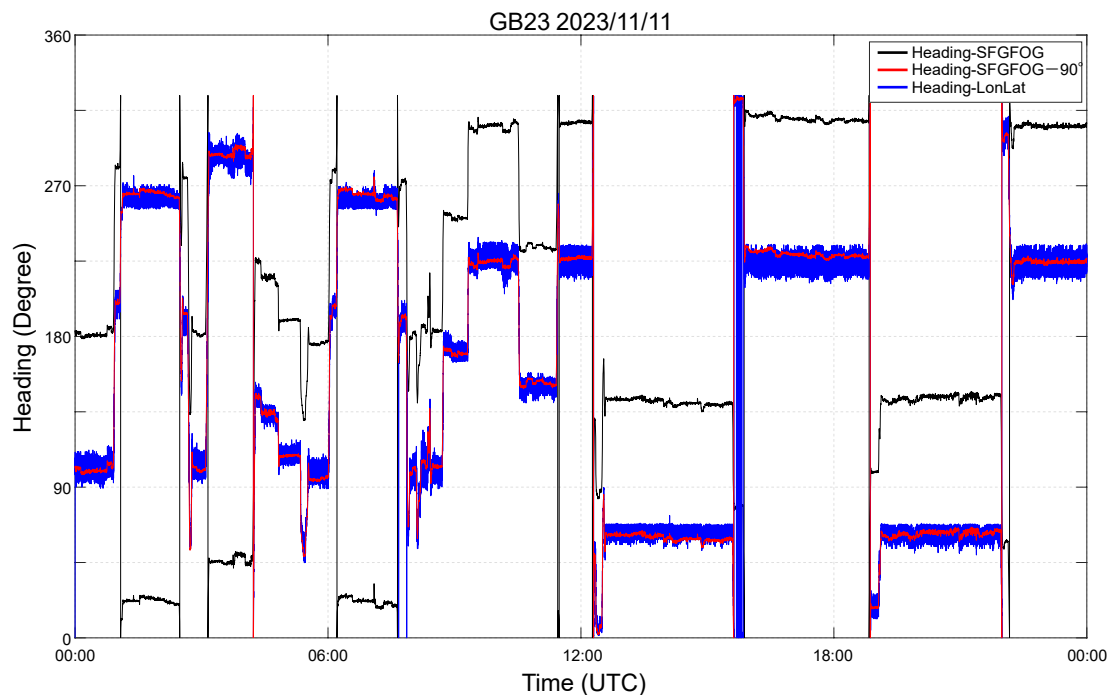
3. 結果と考察

五島列島周辺部及び壱岐諸島周辺は波長5～10 km程度の比較的短波長の磁気 (全磁力) 異常が特徴的である。磁気異常の振幅は-400～400 nTで変化している。北側を正、南側を負とするダイポール型の孤立した磁気異常や、正や負のピークが非常に複雑なパターンで密集した磁気異常が、五島列島周辺及び壱岐諸島東方の海域で顕

第1表 GS23及びGB23調査航海における8の字航走一覧.

Table 1 List of figure-eight turns during the GS23 and GB23 cruises.

Site name	Cruise	Date	Time(UT)		Position	
			Start	End	Latitude	Longitude
FE23-1	GS23	2023/5/13	3:16	3:32	33°54.95' N	130°09.84' E
FE23-2		2023/5/16	6:16	6:55	32°52.75' N	128°18.82' E
FE23-3		2023/5/26	0:17	0:31	30°59.85' N	131°22.36' E
FE23-4	GB23	2023/10/27	4:40	4:50	34°11.59' N	129°38.8' E
FE23-5		2023/11/1	7:17	7:29	33°35.84' N	129°28.87' E



第4図 GB23航海時のヘディング値の時間変化の例.

Fig. 4 The example of heading variation during the GB23 cruise.

著に見られる。一方対馬の東方及び南方では比較的長波長の磁気異常が特徴的である。磁気異常の振幅は-100～100 nTで変化しており、対馬の南方では短波長の正のピークが一部見られるものの、概してなだらかな正の磁気異常帯が北東-南西方向に広がっている。対馬の東方及び壱岐島・平戸島の西方では比較的長波長の負の異常を呈す。そのほかの特徴として、五島列島の福江島西方から南方にかかる五島海底谷周辺では、北東-南西方向に延びる正と負の磁気異常帯が挙げられる。

西南日本の全磁力異常の特徴については、大島ほか(1980)や大島(1987)に仔細に報告されており、調査海域の磁気的特徴は、広域的には台湾^{たいわんしんじ}東道褶曲帯(尖閣諸島周辺から五島列島周辺へ北東-南西へ延びる基盤の隆

起帯)の呈す正の磁気異常帯(Hsu *et al.*, 2001)と、壱岐諸島-北九州沿岸-若狭湾に至る壱岐丹後磁気区(陸域の三郡帯-蓮華帯とおおむね一致する)の2つの磁気異常帯に起因したものと考えられる。

五島列島には、福江島をはじめ中新世中期・更新世後期の火山岩が分布している(松井・河田, 1986; 松井ほか, 1989)。五島列島西方の短波長の磁気異常域は、その一部は火山岩類と分類されているが、大部分は中新世及び第四紀の堆積層として分類されている(本座ほか, 1979)。短波長の磁気異常は比較的浅部の火山体に起因すると推察されるが、五島列島西方の短波長の磁気異常域は、堆積層とされる海底下において比較的浅部に火山体が磁化物体として分布していることを示唆している。なお、こ

の短波長磁気異常域は、台湾宬道褶曲帯の直上に位置している。五島列島西方から対馬南方にかけての比較的長波長の正の異常も台湾宬道褶曲帯に位置しているが、こちらは基盤岩による正の磁気異常帯の北端部に相当すると考えられる。壱岐諸島東方の短波長の磁気異常域については火山岩類と分類されており(本座ほか, 1979), 壱岐島南東方に位置する名島・烏帽子島は鮮新世後期の玄武岩溶岩(松井ほか, 1997), 小呂島は鮮新世のアルカリ玄武岩(久保ほか, 1993)で構成された島とされる。壱岐島も中新世後期から更新世前期にかけての火成岩が分布している(松井ほか, 1997)。これら周辺の陸域の火成岩が海域においても海底面ないし海底下に磁化物体として存在していると考えられる。

今年度の地質調査航海で得られた海底地形(高下ほか, 2025)は、水深が非常に浅いためスワ幅が狭く(五島海底谷周辺を除いて1 km程度)、海底地形から海底火山や線状構造などの海底表面地形を判別することは非常に困難である。そのため地磁気異常データに、本プロジェクトでの音波探査や岩石採取の結果を統合することで、より詳細な海底の磁化物体に関する議論が可能と考えられる。

4. まとめ

九州北西部海域において地磁気観測を実施し全磁力異常図を作成した。五島列島西方と壱岐諸島東方では、短波長の磁気異常が非常に複雑なパターンとなり分布していた。水深が浅いため、地形調査のスワ幅が狭く、海底地形データから判断するのは難しいが、海底若しくは海底下に埋没した火成岩類が磁化物体であることが推測される。五島列島西方から対馬南方にかけての比較的長波長の正の異常は、台湾宬道褶曲帯の基盤岩による正の磁気異常帯の北端部に相当すると考えられる。

謝辞: 今年度の調査航海では、望星丸・神鷹丸の船長をはじめ、乗組員・運用士の方々、乗船研究者の皆様には調査機器の運用やデータ記録に関してご尽力いただきました。神鷹丸での観測の際は、東京海洋大学の古山精史朗助教に大変お世話になりました。望星丸における観測においては、玉井隆章技術員に大変お世話になりました。査読者の地質情報基盤センターの森尻理恵氏には有用なコメントを頂き感謝申し上げます。皆様に篤く謝意を表します。

文 献

- Alken, P., Thébault, E., Beggan, C. D., Aubert, J., Baerenzung, J., Brown, W. J., Califf, S., Chulliat, A., Cox, G. A., Finlay, C. C., Fournier, A., Gillet, N., Hammer, M. D., Holschneider, M., Hulot, G., Korte, M., Lesur, V., Livermore, P. W., Lowes, F. J., Macmillan, S., Nair, M., Olsen, N., Ropp, G., Rother, M., Schnepf, N. R., Stolle, C., Toh, H., Vervelidou, F., Vigneron P. and Wardinski, I. (2021) Evaluation of candidate models for the 13th generation International Geomagnetic Reference Field. *Earth, Planets and Space*, **73**(1), 48.
- 本座栄一・玉木賢策・湯浅真人・村上文敏・上嶋正人 (1979) 日本海南部および対馬海峡周辺広域海底地質図。海洋地質図, no. 13, 地質調査所。
- 高下裕章・佐藤太一・山下幹也・古山精史朗 (2025) GS23 及びGB23 航海九州北西海域における海底地形観測の概要。地質調査研究報告, **76**, 169–176.
- Hsu, S.-K., Sibuet, J.-C. and Shyu, C.-T. (2001) Magnetic inversion in the East China Sea and Okinawa Trough: Tectonic implications. *Tectonophysics*, **333**(1–2), 111–122.
- 久保和也・松浦浩久・尾崎正紀・牧本 博・星住英夫・鎌田耕太郎・広島俊男 (1993) 20 万分の1 地質図幅「福岡」。地質調査所。
- 松井和典・河田清雄 (1986) 20 万分の1 地質図幅「福江及び富江」。地質調査所。
- 松井和典・須田芳郎・広島俊男 (1989) 20 万分の1 地質図幅「長崎 (第2版)」。地質調査所。
- 松井和典・宇都浩三・広島俊男 (1997) 20 万分の1 地質図幅「唐津 (第2版)」。地質調査所。
- 大島章一 (1987) 日本周辺海域の地磁気異常分布の特徴。水路部研究報告, no. 22, 41–73.
- 大島章一・登崎隆志・小野寺 健 (1980) 西南日本周辺海域の地磁気異常。水路部研究報告, no. 15, 33–54.
- Wessel, P. (2010) Tools for analyzing intersecting tracks: The x2sys package. *Computers & Geosciences*, **36**(3), 348–354.
- Wessel, P., Luis, J. F., Uieda, L., Scharroo, R., Wobbe, F., Smith, W. H. F. and Tian, D. (2019) The Generic Mapping Tools version 6. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **20**, 5556–5564.

(受 付 : 2024 年 10 月 9 日 ; 受 理 : 2025 年 3 月 10 日)