

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

宇宙線生成核種を用いた佐渡島の完新世海成段丘の年代測定と
地震性地殻変動

研究代表者氏名 塚本 すみ子 1), 2)

研究分担者氏名 Kevin Norton 2)

研究分担者氏名 Luca Malatesta 3)

研究分担者氏名 片岡 香子 4)

1) LIAG Institute for Applied Geophysics 2) University of Tübingen 3) Helmholtz Centre
for Geosciences 4) 新潟大学災害・復興科学研究所

研究要旨

2024年に発生した能登半島地震は、海底活断層の活動を理解することの重要性を改めて知らしめた。佐渡島においても海成段丘面を撓曲させる外海府断層の主断層が海底に存在することが提唱されているが、外海府断層系の過去の活動はわかっていない。海成段丘の分布や年代は沿岸の海底活断層の活動を知る手がかりとなるが、佐渡島の完新世および更新世の海成段丘の年代は、MIS ステージと対比されているのみで数値年代はこれまで報告されていない。侵食段丘の年代を求める方法としては、宇宙線生成核種を用いた年代測定法があるが、一般的に用いられる¹⁰Be法は石英が必要なため、佐渡島の海岸段丘の地質には適用が難しい。そこで本研究では、火山岩の全岩に適用可能な³⁶Clの測定により佐渡島の海成段丘面の年代が測定可能かの検討を行うことを目的として、現地調査と試料採取を行った。

A. 研究目的

海底活断層においては、通常陸上で行われるトレンチ調査等が困難ため、過去の履歴を把握することが難しい。佐渡島においても外海府断層系(太田ほか, 1976, 1992, Malatesta ほか, 2025)、2007年中越地震と関連する佐渡海盆東縁断層(渡辺ほか, 2010)や1802年の小木地震と関連した海底断層の存在が指摘されているが(太田ほか, 1976)、それらの活動度はほとんど知られていない。佐渡島には完新世段丘が多く分布し、その高度や構成層に関する詳細な研究がある(田村, 1979)。完新世段丘は上記の海底断層の活動に起因する地震性地殻変動によって隆起したものであると考えられ、海底活断層の活動度を理解する重要な手がかりであるが、これまでその数値年代は報告されていない。侵食段丘の年代を決定する方法としては宇宙線照射によって新たに生ずる核種を測定することで、岩石が露出してから

年代を求める方法があるが、通常用いられる¹⁰Be法は多量の石英が必要であり、これも佐渡島の海岸段丘の地質では困難である。そこで、本研究は、火成岩の全岩に適用できる³⁶Clを用いて佐渡島の完新世段丘の露出年代の決定が可能であるかを検討することを目的とする。

B. 研究方法

³⁶Clは宇宙線の照射によりKやCaから新たに生成される核種であり、³⁶Clの量がわかれば、その生成率から海岸でプラットフォームが侵食を受け、露出してから年代測定が可能となる。研究対象地域は、完新世段丘のうち、段丘面の露出のよい1802年小木地震によって生じた段丘とした。小木半島は海岸全域にわたり、佐渡弥彦米山国定公園の特別保護地域に指定されており、今回試料採取を行ったのは、そのうち半島北部の第二種特別保護地域内である。現地調査は2025年9月

に行い、宇宙線生成核種による表面照射年代測定を行うため、段丘の表面を2つの側線(P1: 沢崎、P2: 江積、図1)に沿ってそれぞれ5試料を採取した。なお、当初は田野浦(P3)でも試料採取を予定していたが、この地点は小木地震での隆起量が少なく、調査期間中は干潮時にも側線の大部分が離水していなかったため、1試料のみを採取した。試料はいずれも中期中新世の小木玄武岩の溶岩(10試料)および溶岩中の岩脈(1試料)である(図2)。

試料の前処理は Schimmelpfennig ほか (2009) の方法に従い、チュービンゲン大学で行った。試料は粉碎した後、1mm 未満になるまでふるい分けを行った。ふるい分けした試料は、表面の汚染物質を除去するために、希釈した HNO_3 溶液中で2回エッチングした。ICP-MSによる主要元素および微量元素分析のため、ふるい分けられた試料から5gのサブサンプルを採取した。その後、洗浄済みの試料約20gをHFおよび HNO_3 の溶液中で酸分解し、遠心分離を行ってフッ化物を除去した。酸分解された試料は暗室に移され、 AgNO_3 を添加した後、一晚放置した。試料を再度遠心分離して AgCl 沈殿物を分離し、これを NH_4OH に溶解させた。硫酸塩および炭酸塩の不純物を除去するために $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ を添加した。試料は、5月に実施されるAMS分析まで、この状態で冷蔵庫に保管する。最終工程として、 AgCl を再沈殿させ、乾燥させた後、AMSターゲットに充填する予定である。AMS分析はケルン大学の加速器で2026年5月に行う予定である。

C. 研究結果

現地調査により、対象段丘から計10試料を採取した。また、これらの試料について前処理を完了し、 ^{36}Cl 測定に向けた AgCl 沈殿物を得た。しかしながら、本研究期間内にAMS測定を実施することができなかつたため、 ^{36}Cl 濃度および露出年代に関する定量的結果は得られていない。

D. 考察

試料のAMS測定により、検出可能な量の ^{36}Cl が得られるか、また小木地震に対応した年代が得られるか否かにより、 ^{36}Cl 年代測定法が佐渡島の海成段丘に適用可能かの検討を行う。適用可能な場合には、今後、試料採取地域を拡大し、他の完新

世段丘や、更新世段丘の年代測定に応用する。また、今回各地点で側線に沿って5試料ずつの試料を採取したが、水平方向に年代の差が認められれば、海岸における側方侵食の速度を計算することも可能である。

E. 結論

本研究では、佐渡島における海成段丘の年代決定のため、通常用いられる ^{10}Be 法が適用困難である地質条件を踏まえ、 ^{36}Cl を用いた宇宙線生成核種年代測定の適用可能性を検討した。その第一段階として現地調査および試料採取、試料処理を実施し、今後の年代測定に向けた基盤を整備した。

謝辞: 本研究における現地調査と分析は、LIAG Institute for Applied GeophysicsのViviana Bonerath氏とHelmholtz Centre for GeosciencesのDuhwan Keum氏にご協力いただいた。佐渡弥彦米山国定公園特別地域内における土石の採取は新潟県の許可を得た上で行った(新潟県環対第557号)。新潟県および佐渡市の関係各位にお礼申し上げます。

F. 研究発表

1. 論文発表 (掲載誌名・巻号・頁・発行年を記入し、 掲載論文あるいはPDFファイルを別紙で1部提出)

Malatesta, L. C., Sueoka, S., Weiß, N.-M., Gailleton, B., Tsukamoto, S., Ishimura, D., et al. (2025). Landscape signature of seismogenic faults in the off and onshore domains of the Noto Peninsula in Japan's back-arc. *Geophysical Research Letters*, 52, e2025GL116602.

<https://doi.org/10.1029/2025GL116602>

2. 学会発表 (学会名・発表年月・開催地なども記入)

Bonerath, V., Malatesta, L., Keum, D., Zhang, J., Rahimzadeh, N., Tsukamoto, S. (2025). Optimising luminescence dating protocols of erosive marine terrace sediments of Noto Peninsula, Japan. UK Luminescence and Electron Spin Resonance Dating Meeting 2025, 20. - 22.08.2025, St. Andrews, United Kingdom.

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得

- なし
- 2. 実用新案登録
なし
- 3. その他
なし

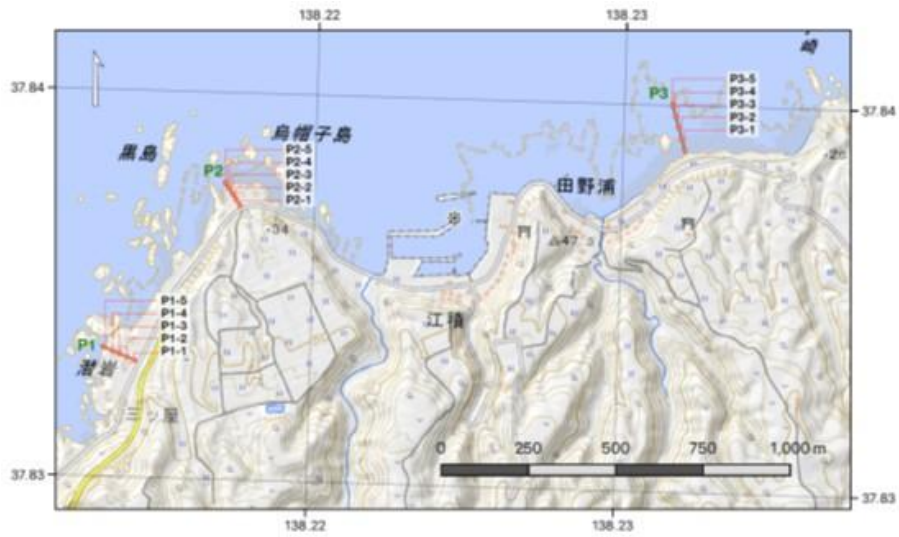


図 1: 試料採取地点の地形図。



図2: 試料採取地点の全景と採取試料の例。A) P1全景、B) P2全景、C) 試料P1-1、D) 試料P2-3。