

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 13 日現在

機関番号：34101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01237

研究課題名(和文) 日本列島のリアス海岸における中期更新世海成段丘の高分解能地形面編年

研究課題名(英文) High resolution dating of the marine terraces after the Middle Pleistocene around the ria coast, Japan

研究代表者

近藤 玲介 (Kondo, Reisuke)

皇學館大学・教育開発センター・准教授

研究者番号：30409437

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：日本列島のリアス海岸周辺における海成段丘は、離水年代が不明な場合が多い。そこで本研究では、リアス海岸などの海成段丘を対象にpIRIR年代測定法を適用し、中期更新世以降に形成された海成段丘の高分解能な地形面編年をおこなうことを目的とする。

本研究では、リアス海岸の周辺の海成段丘が発達する複数地域を研究対象地域とした。野外調査と年代測定の結果、調査対象地域においてはMIS 9からMIS 5aまでのpIRIR年代値が得られ、中期更新世以降の海成段丘の離水年代が明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海成段丘は、地域の隆起を示す地形であり、その地理的広がりや分布高度、そして離水年代を推定する研究が古くからなされている。地域の垂直的変異量を推定するためには海成段丘の正確な離水年代の算出が重要であるが、リアス海岸周辺では、被覆層やその中に挟在する鍵層の発見が困難であるので不明な点が多い。本研究の結果は、堆積物の絶対年代に基づきリアス海岸周辺における海成段丘堆積物の編年が可能であることが示されたので、pIRIR年代測定法を用いることで中期更新世以降の海成段丘の発達史を明らかにすることが可能であることが示された。

研究成果の概要(英文)： The marine terraces around the ria coast of the Japan islands often have unknown emerged age. Therefore, in this study, we apply the pIRIR dating method to marine terraces such as the ria coast, and aim to improve the resolution of the landform evolution of marine terraces formed after the Middle Pleistocene. In this study, we selected several regions where marine terraces develop around the ria coast as the study area.

As a result of field survey and pIRIR dating, age values from MIS 9 to MIS 5a were obtained in the study area, and the emerged age of the marine terraces since the Middle Pleistocene was clarified.

研究分野：自然地理学

キーワード：海成段丘 pIRIR年代測定法 リアス海岸 中期更新世 後期更新世 高分解能地形面編年

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本列島の海成段丘は、地盤運動の推移などを明らかにするための指標地形として、多くの地域で分布と離水年代に関する発達史的研究がなされてきた。特に、平野に分布する酸素同位体ステージ(以下、MIS)5eの段丘面は、地形と堆積物の保存がよく、鍵層が多く知られているため、比較的精度よく分布と年代が明らかにされている。しかし、リアス海岸の高位に分布する中期更新世の海成段丘面は、ほとんどの場合、直接年代法に基づくテフラは発見されず、MIS 5eの段丘面との地形的な新旧関係や年代不詳テフラの層序関係から MIS 7 や 9 などに対比されているに過ぎない。また、一般に日本の海成段丘では MIS 9 以降、等速で変動していると考えられているが(太田ほか, 2010)、上北平野などの中期更新世の鍵層が認められるごく限られた地域での海成段丘に基づいている。さらに、MIS 7 や 9 では海面変動曲線にサブステージが認められるので(Dutton et al., 2009)、中期更新世の海成段丘も MIS 5の段丘同様に細分化される可能性を持つが、これまでは MIS 7 や 9 のサブステージへの対比は明らかではない。加えて、リアス海岸では、波蝕棚が隆起した侵食段丘であることが多く、段丘堆積物や被覆層がごく薄いか認められない場合や、段丘地形が断片化し、汀線高度の認定が困難な場合が多い(小池・町田, 2001)。したがって、リアス海岸の地殻変動様式や、グローバルな海面変動と地域的な段丘地形発達の応答の関係については、概ね MIS 5eの限定的なデータや周辺の平野の段丘の発達史からの推定にとどまる場合が多い。しかし、2011年の東北太平洋沖地震以降、地域的な地殻変動に関する議論が、社会的な要請も含めて高まっており、リアス海岸地域も含めた陸域における変動地形の発達史の高分解能な再検討が急務である。

2. 研究の目的

日本列島のリアス海岸における中期更新世の海成段丘は、鍵層が発見されないことや、段丘堆積物や被覆層が認められない場合が多いため、離水年代が不明である。そのため、リアス海岸の中期更新世以降の地盤運動の推定は精度が低い。そこで本研究では、リアス海岸の海成段丘を対象に従来とは異なる年代測定手法であるルミネッセンス年代測定法を適用し、リアス海岸における中期更新世に形成された海成段丘の高分解能な地形面編年をおこなう。

本研究の地形面編年にあたっては、近年堆積物の年代測定に有効であるとされるルミネッセンス年代測定法の中でも、最新の手法である elevated temperature post-IR IRSL (以下、pIRIR; Buylaert et al., 2009) 年代測定法を適用する。編年結果と地形調査の結果に基づき、酸素同位体ステージ 9 以降の絶対年代に基づく「リアス海岸の海成段丘」の地理的広がりを明らかにする。

3. 研究の方法

本研究では、リアス海岸において 1) 写真判読による地形分類、2) 野外地形調査、3) ボーリング掘削、4) ルミネッセンス年代測定(pIRIR法)の適用、5) その他室内実験をおこなう。これらの中で、中心となるのは野外調査と pIRIR 年代測定である。野外調査では、第四紀学的記載に併せ、地形学的記載をおこなう。pIRIR 年代測定法は、堆積物から直接年代値を得ることが可能であり、広い適用年代幅を持つという利点がある。堆積物の露出が悪い地域では、ボーリング掘削をおこなうことで、層序を直接把握する。陸中海岸や能登半島では、既に離水年代が既知の段丘において、pIRIR 年代測定法の海成段丘研究への適用法の確立を行うとともに、MIS 9 から 5 とされる海成段丘面などにおいて離水年代を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 海成段丘の調査と試料採取

まず、事前の室内作業として、平成 29 年度の野外調査対象地の全域における空中写真判読をおこない、GIS ソフトウェアを用いて海成段丘の分類図を作成した。

陸中海岸は長大なリアス海岸が連続し、海成段丘の発達が良いことで知られている。まず久慈地域の段丘面において洞爺テフラを載せる海成層より試料の採取を行った。気仙沼地域では岩井崎周辺において海成段丘堆積物が未固結の基盤岩を覆うことが確認され、海成層と被覆層から試料の採取を行った。

志摩半島周辺においては、英虞湾の周辺に 3 面の海成段丘が断片的に分布する。いずれも海成層や被覆層はごく薄いか認められない場合が多い。英虞湾東方の甲賀地区周辺では最も高位の段丘面の構成層が露出し、生痕化石を多数伴う海成砂層が確認された。本地域では 2 地点で露頭記載と試料採取を行った。

佐渡島は特に北西海岸が凹凸に富んだ岩石質な海岸線形態を呈し、複数面の海成段丘が発達している。北西海岸周辺においては海成段丘堆積物や被覆層はごく薄いか認められない場合が多く、波蝕棚の隆起による侵食性の海成段丘であると考えられる。一方で、佐渡中央部の国中平野周辺部では、浅海性の堆積物が厚く堆積していることが確認された。露頭における野外調査では、最も広い段丘面を持つ国中平野東部の海成段丘露頭において海成のシルトおよび砂層の記載と試料採取を行った。あわせて国中平野西部では山地の辺縁部においてより上位の海成面が認められ、堆積物の記載と採取を行った。佐渡島北西部、二見地区周辺の台地では、複数の海成面が発達していることが確認された。最下位の面では海成層を薄く載せることが露頭で確認されたため記載と試料採取を行った。最上位の面においては、露頭が認められないため機械式ボー

リング調査を行った。ボーリングは2018年の5月に掘削され、総長約4mのコアを2本採取した。

奄美大島では西部の海岸線がリアス海岸の様相を呈するが海成段丘は発達しない。一方で、奄美大島北西部では2面の更新世海成段丘面が発達していることが知られ、海成層が被覆することが確認された。奄美大島北西部の笠利地区と周辺においては異なる段丘面の複数の露頭と、遺跡発掘調査区のトレンチにおいて海成段丘堆積物の記載と試料採取を行った。

能登半島では、MIS 5eに離水した海成段丘の模式地である平床台地において、海成層の試料採取を行った。能登半島中央部においては下位から3面および4面目の海成段丘において露頭の記載を行い、砂質およびシルト質な堆積物から試料採取を行った。

(2) ルミネッセンス年代測定

石英のOSL信号は約200 Gyで飽和することが経験的に知られており、日本ではMIS 5以前の堆積物への石英のOSL年代測定法の適用は困難である。そこで本研究では、より古い時代の堆積物に適用が可能とされる、長石を対象としたpIRIR年代測定法を適用する。本研究では、pIRIR年代測定法の適用にあたり、Thiel et al. (2010)などにしたがって、ポリミネラルフェイニングレインおよびカリ長石粗粒子を用いて等価線量を算出した。等価線量算出時の温度は225ないし290とした。各試料は等価線量算出後にフェーディングテストを行った。年間線量算出にあたっては、放射化分析によってウラン、トリウム、カリウム濃度を求め、含水比、試料採取地点の宇宙線量から推定した。試料処理は日本大学文理学部の暗室でおこない、測定は三重大学生物資源学部のRISOE製DA-15、DA 20を使用した。

(3) 結果

独立年代指標とルミネッセンス年代値の比較

陸中海岸では、洞爺テフラが覆う海成層のpIRIR年代測定をおこなった結果、およそ120 kaであった。能登半島の平床台地では三瓶木次テフラが覆う海成層を対象にpIRIR年代測定をおこない、約130 kaというpIRIR年代値を得た。これらのpIRIR年代測定によって海成層から直接得られる年代値はいずれもMIS 5eを示すことから、テフラ降下年代との整合性が示された。したがって、海成段丘を対象としたpIRIR年代測定は高分解能に適用が可能であると考えられる。

pIRIR年代測定結果

志摩半島、英虞湾周辺で採取された海成層からは、MIS 9を示す年代値が得られた。佐渡島中央部の堆積性の海成段丘からは、MIS 5e、およびMIS 7を示すpIRIR年代値が得られた。また、佐渡島北西部の沿岸に分布する海成層からは、MIS 5aおよびMIS 5eの年代値が得られた。佐渡島北西部の最高位の段丘面から得られたボーリングコアでは、海成層は認められないが、ローム層の基底付近のルミネッセンス年代値から本地域の最高位面がMIS 9に離水したことが示唆される結果となった。能登半島南部の高位面群の一部はMIS 9に離水したことが明らかとなった。奄美大島において採取された試料からは、MIS 5eおよびMIS 5cに離水したことを示唆する年代値が得られた。

(4) 考察とまとめ

佐渡島や能登半島の海成段丘における既存研究では、段丘地形の保存が良いことや、日本海東縁断層帯と沿岸域の地殻変動の関係の解明のためにこれまで議論がなされてきたが、本研究によってはじめて中期更新世の離水年代が示された。これらの地域では海成段丘面の周辺や段丘堆積物を断ち切る活断層も認められるため、絶対年代値に基づく地形的新旧関係からも、本研究で対象としなかった段丘面の変位量も含めて詳細な議論が可能となると考えられる。奄美大島をはじめとした南西諸島では、海成段丘の発達が良く、琉球海溝の沈み込みに関連した地殻変動の議論がなされてきたが、奄美大島では本研究によってはじめて絶対年代が示された。英虞湾周辺の海成段丘面は、南海トラフ地震に関連した隆起が寄与していると考えられる。現在の駿潮記録ではほぼ隆起-沈降は平衡状態であるとされるので、トラフにおける地震イベントでの隆起の蓄積が示唆される。陸中海岸においては気仙沼地域の岩井崎における最低位の海成段丘面がMIS 7の後半に離水したことが示唆された。陸中海岸では海成段丘の発達が良いことが知られるが、リアス海岸の水平形態に規定され、同一の段丘面の分布高度は断片的で連続しない場合も多い。したがって、陸中海岸の変位形式は極めて狭域での地域性を持つ可能性があると考えられるので、より高密度・多地点において海成段丘の離水年代を推定する必要があるといえる。

以上の本研究で得られた年代値は、多くがこれまで鍵層との直接的な層序が示されてこなかった地域における初めての絶対年代資料である。これらの絶対年代資料は、離水年代の推定が困難なリアス周辺の段丘堆積物の保存が悪い地域においても、薄い段丘堆積物や被覆層を用いて中期更新世以降の高分解能な年代測定が可能であることを示すものである。これらの結果は、日本列島の地域ごとの氷河性海面変動と地形面の応答や、地域的な地殻変動の正確な議論に資するものである。一方で、pIRIR信号は等価線量がおよそ1000 Gyで飽和することも確認された。このことは、本研究での測定方法の場合、年間線量によってはMIS 7~9で測定限界となる場合があるという今後の課題も示された。

<引用文献>

太田陽子,小池一之,鎮西清高,野上道男,町田 洋,松田時彦,「日本列島の地形学」,2010、東京大学出版会,220p.

A. Dutton, E. Bard, F. Antonioli, T.M. Esat, K. Lambeck and M.T. McCulloch., Phasing and amplitude of sea-level and climate change during the penultimate interglacial, *Nature Geoscience*, 2(5), 2009, 355-359.

小池一之,町田洋,日本の海成段丘アトラス,2001,東京大学出版会,122p.

J.P. Buylaert, A.S Murray, K.J. Thomsen, M. Jain, Testing the potential of an elevated temperature IRSL signal from K-feldspar, *Radiation Measurements*, 44, 2009, 560-565.

C. Thiel, M. Coltorti, Tsukamoto, S and M. Frechen, Geochronology for some key sites along the coast of Sardinia (Italy). *Quaternary International*, 222, 2010, 36-47.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 遠藤邦彦, 千葉達朗, 杉中佑輔, 須貝俊彦, 鈴木毅彦, 上杉 陽, 石綿しげ子, 中山俊雄, 舟津太郎, 大里重人, 鈴木正章, 野口真利江, 佐藤明夫, 近藤玲介, 堀 伸三郎	4. 巻 58
2. 論文標題 武蔵野台地の新たな地形区分	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第四紀研究	6. 最初と最後の頁 353-375
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.4116/jaqua.58.353	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 丸山優香, 近藤玲介, 津市教育委員会	4. 巻 19
2. 論文標題 専修寺境内出土瓦塔について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 三重大史学	6. 最初と最後の頁 1~13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 矢野梓水, 百原 新, 近藤玲介, 宮入陽介, 重野聖之, 紀藤典夫, 井上 京, 横田彰宏, 嵯峨山積, 横地 稜, 横山祐典, 富士田裕子	4. 巻 27
2. 論文標題 大型植物化石群から復元した北海道北部猿払川湿原群の発達過程	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 植生史研究	6. 最初と最後の頁 17~30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Tsukamoto Sumiko, Kondo Reisuke, Lauer Tobias, Jain Mayank	4. 巻 41
2. 論文標題 Pulsed IRSL: A stable and fast bleaching luminescence signal from feldspar for dating Quaternary sediments	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Quaternary Geochronology	6. 最初と最後の頁 26~36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.quageo.2017.05.004	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 該当する

1. 著者名 Obrochta S. P., Andren T., Fazekas S. Z., Loughheed B. C., Snowball I., Yokoyama Y., Miyairi Y., Kondo R., Kotilainen A. T., Hyttinen O., Fehr A.	4. 巻 18
2. 論文標題 The undatables: Quantifying uncertainty in a highly expanded Late Glacial-Holocene sediment sequence recovered from the deepest Baltic Sea basin-IODP Site M0063	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geochemistry, Geophysics, Geosystems	6. 最初と最後の頁 858 ~ 871
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2016GC006697	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 該当する

1. 著者名 近藤玲介, 横田彰宏	4. 巻 148
2. 論文標題 UAV による空撮画像のローカル な地形把握と防災利用の試み	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 地質と調査	6. 最初と最後の頁 37 ~ 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 近藤玲介・横地 穰・井上 京・宮入陽介・富士田裕子・横山祐典
2. 発表標題 北海道東部, 根釧台地における海成段丘上の湿原の形成年代
3. 学会等名 日本地理学会2020年春季学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近藤玲介・横地 穰・井上 京・富士田裕子・宮入陽介・加藤ゆき恵・横田彰宏・重野聖之・紀藤典夫・百原 新・吉田明弘・横山祐典
2. 発表標題 北海道東部, 根釧地域における段丘上の湿原の形成史 歯舞湿原の事例
3. 学会等名 2019年度北海道地理学会秋季学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮入陽介・近藤玲介・横田彰宏・重野聖之・富士田裕子・横山祐典
2. 発表標題 泥炭ウイグルマッチングを用いた高精度14C年代決定
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉中佑輔・堀 伸三郎・須貝俊彦・鈴木毅彦・石綿 しげ子・上杉 陽・近藤玲介ほか6名
2. 発表標題 東京台地部・低地部の地形・地質の再検討:大量ボーリング解析と精密地形解析に基づく
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢野梓水・百原 新・近藤玲介・宮入陽介・重野聖之・紀藤典夫・井上 京・横田彰宏・嵯峨山積・横地 穰・横山祐典・富士田裕子
2. 発表標題 大型植物化石群から復元した北海道北部猿払川湿原群の発達過程
3. 学会等名 第 34 回日本植生史学会大会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤瑞生, 近藤玲介, 横田彰宏, 竹内真司
2. 発表標題 北海道大谷地層中にみられる注入構造とその特徴
3. 学会等名 第28回環境地質学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮入陽介, 近藤玲介, 横田 彰宏, 重野聖之, 富士田裕子, 横山祐典
2. 発表標題 泥炭ウイグルマッチングを用いた高精度14C年代決定-樽前火山 (Ta-a) テフラを用いた検証-
3. 学会等名 日本第四紀学会2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 近藤玲介, 植村杏太, 重野聖之, 塚本すみ子, 内藤尚輝, 竹村貴人, 遠藤邦彦, 坂本竜彦
2. 発表標題 pIRIR年代測定法による東京西南部, 世田谷層の層序
3. 学会等名 日本第四紀学会2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yosuke Miyairi, Reisuke Kondo, Hiroko Fujita, Yusuke Yokoyama
2. 発表標題 Sequential radiocarbon measurement on peaty sediments to reconstruct high precision age model of marsh deposits
3. 学会等名 23rd International Radiocarbon Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 植村杏太, 近藤玲介, 遠藤邦彦, 内藤尚輝, 竹村貴人
2. 発表標題 東京西南部における更新統軟弱泥層の世田谷層 のテフラ層序と分布の再検討
3. 学会等名 日本第四紀学会2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 近藤玲介、重野聖之、横田彰宏、坂本竜彦、富士田裕子
2. 発表標題 北海道北部頓別平野の沿岸部における低地の地形発達史
3. 学会等名 日本地理学会2017年秋季学術大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 内山りゅう・近藤玲介・富川 光・平嶋健太郎・森 哲也	4. 発行年 2019年
2. 出版社 山と溪谷社	5. 総ページ数 144
3. 書名 NHKスペシャル 見えないものが見える川 奇跡の清流銚子川	

1. 著者名 近藤玲介（分担執筆）	4. 発行年 2017年
2. 出版社 志摩市	5. 総ページ数 286
3. 書名 『おとっしやよー！志摩！！』（執筆箇所：第4章 志摩の自然環境 1. 志摩半島の地形と海）	

〔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
研究分担者	竹村 貴人 (Takemura Takato) (30359591)	日本大学・文理学部・教授 (32665)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	宮入 陽介 (Miyairi Yosuke) (30451800)	東京大学・大気海洋研究所・特任研究員 (12601)	
研究 分担者	坂本 竜彦 (Sakamoto Tatsuhiko) (90271709)	三重大学・生物資源学研究科・教授 (14101)	
研究 協力者	塚本 すみ子 (Tsukamoto Sumiko)	ライプニッツ研究所・Leibniz Institute for Applied Geophysics・Senior Researcher	