

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：34101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750108

研究課題名(和文)北日本における中期更新世以降に形成された海成段丘面の高分解能編年

研究課題名(英文)Chronology of marine terraces after the Middle Pleistocene in northern 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) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、北日本の海成段丘面を対象に従来とは異なる年代測定手法であるpIRIR年代測定法を適用し、絶対年代に基づく地形面編年の結果から中期更新世以降の海成段丘発達史を明らかにするものである。

北日本における広域での野外調査と室内実験の結果、いくつかの地域の海成段丘面は、従来の間接的な推定年代と比べると大幅に段丘面の形成年代が異なることが明らかとなった。これらの結果は、北日本におけるローカルな地殻変動傾向の正確な推定に重要な基礎資料となりうる。

研究成果の概要(英文)：In northern Japan, it has been difficult to construct a detailed chronology of marine terraces of the Middle Pleistocene, due to the lack of the marker tephra layers and to the deformation of original landforms by strong past periglacialiations. The lack of age constraint has prevented studies of precise geomorphic development and estimation of uplift rates in this area. This study applies a post-IR IRSL (pIRIR) dating to marine terraces in northern Japan. The results of field survey and experimental data indicate that chronology of marine terraces based on pIRIR ages in several area is different from known ages. These chronological data are important evidence in order to estimate Quaternary crustal movements in northern Japan.

研究分野：自然地理学・第四紀学・ルミネッセンス年代測定学・地形学

キーワード：北日本 海成段丘面 中期更新世 pIRIR年代測定法 地形発達史 テフラ

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地形発達史的研究がなされてきた。特に、酸素同位体ステージ (以下、MIS) 5 の海成段丘面は、段丘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、より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 5 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 (宮内, 1985)。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 (たとえば, 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、北日本では、離水後の海成段丘面や堆積物が、氷期中の周氷河作用によって著しい擾乱や丘陵化が生じ、その結果、汀線高度の認定が困難な場合が多い (三浦・平川, 1995; 小池・町田, 2001)。したがって、北日本沿岸部の地殻変動様式や、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 5 の限定的なデータに依存している。しかし、2011 年の東北太平洋沖地震以降、東北日本弧の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、北日本の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

本研究では、北日本の広域の地域において、MIS 7 と 9 を中心とした海成段丘の高分解能な編年を行い、離水年代を明らかにすることを目的とする。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 pIRIR 年代測定法 (Thomsen et al., 2008) を適用し、中期更新世以降の海成段丘を対象に高分解能な編年をおこなう。

3. 研究の方法

本研究では、北海道北部、北海道南西部、本州北部において 1) 写真判読や無人航空機 (unmanned aerial vehicle: UAV) 空撮による数値標高モデルに基づく地形分類、2) 野外地形調査、3) 機械式ボーリング掘削、4) pIRIR 年代測定の適用、5) その他室内実験 (テフラ分析など) をおこなった。野外調査では、第

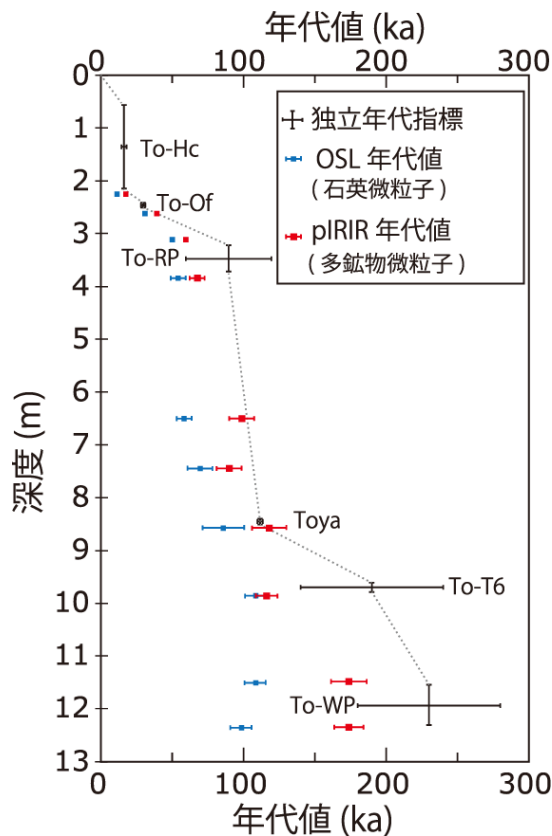


図 1 上北平野周辺におけるローム層のルミネッセンス年代値と独立年代指標の比較
テフラの年代値は町田・新井, 2003 などにに基づく。これらテフラの中では洞爺 (Toya), 十和田大不動 (To-Of), 十和田八戸 (To-Hc) の各テフラは信頼性の高い降下年代が既に知られている。pIRIR 年代値はこれら 3 枚のテフラの降下年代とよく一致する。

四紀学的記載に併せ、周氷河作用を視点に入れた記載をおこなった。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。陸中海岸の高位面群においては堆積物の露出が悪いので、ボーリング掘削をおこなうことで層序を直接把握した。上北平野においては、既に離水年代が既知の海成段丘被覆層を対象に、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、その後北日本の広域において MIS 7 や 9 を中心とした中期更新世以降に形成された海成段丘の編年に pIRIR 年代測定法を適用した。

4. 研究成果

平成 26 年度には、本州北部上北平野において、既に指標テフラによって離水年代が概ね明らかとなっている中期更新世の海成段丘を対象に pIRIR 年代測定法の有効性を確認するとともに、pIRIR 年代測定の各種実験条

件を確立した(図 1). 併せて, 北海道北部や本州北部陸中海岸などにおいて海成段丘の野外調査と試料採取を行った. 陸中海岸では従来 MIS 15 と考えられている地点(岩手県田野畑村周辺)において機械式ボーリングをおこない, コア試料を得た. 平成 27 年度には北海道北部オホーツク海側の頓別平野周辺や, 北海道南西部の瀬棚平野周辺・噴火湾周辺, 襟裳岬周辺などを対象に, 中期更新世海成段丘の野外調査と試料採取を行った. 特に北海道瀬棚平野では, 海成段丘だけではなく, 周辺の河成段丘や斜面堆積物も対象とした総合的な地形・堆積物調査を行った. 最終年度である平成 28 年度には北海道瀬棚平野の海成段丘面において未知の中部更新統の海成層を対象に機械式ボーリング掘削をおこない, コア試料を得た.

これらの調査と室内実験の結果, 北日本における中期更新世以降に形成された海成段丘の被覆層を含めた海成段丘堆積物への pIRIR 年代測定法の適用条件が明らかとなったとともに, 複数の海成段丘面からの絶対年代値に基づき海成段丘の離水年代が決定された.

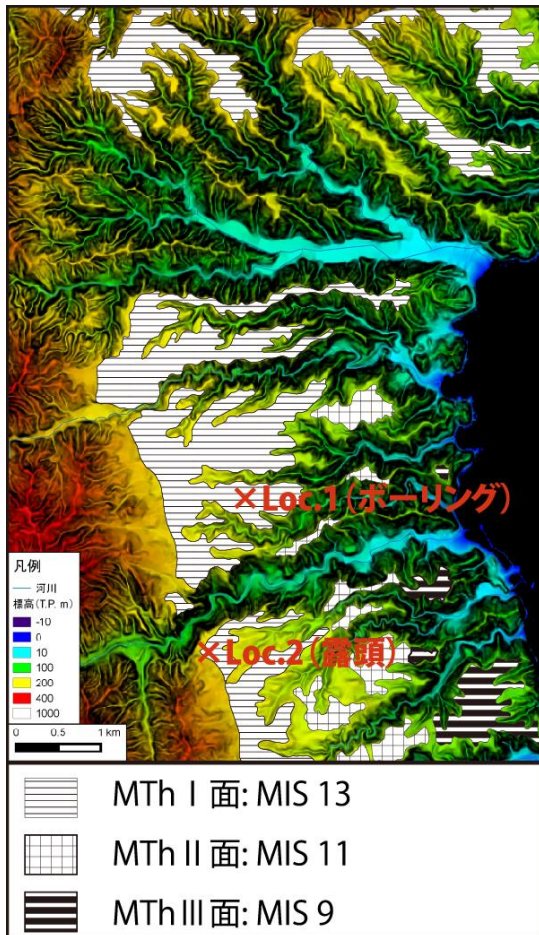


図 2 陸中海岸北部(岩手県田野畑村周辺)における海成段丘面
図示した海洋酸素同位体ステージは本研究結果に基づく.

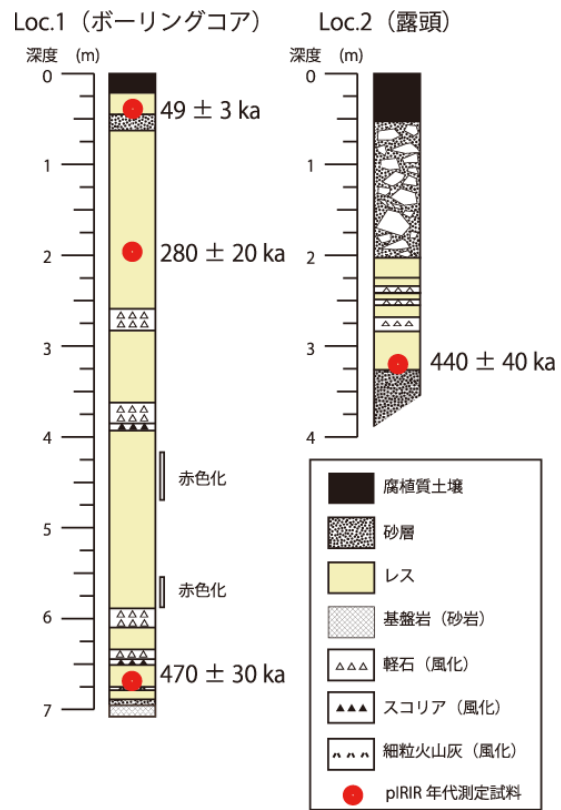


図 3 陸中海岸北部におけるコア試料 (Loc. 1) と露頭 (Loc. 2) 柱状図と pIRIR 年代値

北海道北部の頓別平野周辺では, 離水年代が不明な複数の海成段丘面より, MIS 9 や MIS 7.1 を示す pIRIR 年代値が得られた. また, 不明瞭な地形形態のみからこれまで MIS 5.5 の海成面と考えられていた頓別平野南東部の段丘面は, MIS 5.1~4 の河成面が含まれることが明らかとなった. 北海道南西部の瀬棚平野には複数の海成段丘面と河成段丘面が存在する. 瀬棚平野では, 段丘の基盤をなす鮮新統~中部更新統と考えられている海成層(瀬棚層や大谷地層)の編年も併せて試み, 瀬棚平野の発達史を復元した. 瀬棚層の上限年代はこれまで不明な点が多かったが, 年代測定の結果, 約 40 万年前程度であることが明らかとなり, 引き続き時代の MIS 10 や 8 に対比される河成段丘や MIS 7.1 や MIS 5.5 に離水した海成段丘の発達史が明らかとなった.

陸中海岸北部(岩手県田野畑村周辺)では, 遠方の上北平野周辺での鍵層(Toya テフラ)が挟まれる海成段丘面との地形的新旧関係に基づき, これまで MIS 19 と考えられていた海成段丘面が, コア試料や露頭で採取された試料の pIRIR 年代測定結果から MIS 13 に対比されることが初めて明らかとなった(図 2 および 3). 陸中海岸南部(宮城県気仙沼周辺)では, 間接年代推定法(赤色風化殻の記載)によって従来は MIS 5.5 と考えられてい

た海成段丘面が、実際には MIS 7.1 に離水した可能性があることが明らかとなった。

これらの絶対年代値に基づく海成段丘の離水年代や発達史から、ローカルな隆起沈降史の詳細が従来の推定値とは大きく異なる場合が多いことなどが明らかとなった。たとえば、北海道南西部の瀬棚平野では、MIS5.5 に対比される海成段丘面の基盤をなす海成層である大谷地層が MIS 7.1~7.5 の複数のサブステージに堆積したことが明らかとなった。この事実は、本地域が中期更新世以降に一樣に等速隆起したのではなく、地域的な沈降ないしは定常傾向から、最終間氷期最盛期である MIS 5.5 までの間に隆起傾向へ変化したことを示唆する結果である。また、本州北部の太平洋岸においては、陸中海岸北部においては従来考えられていたよりも海成段丘面がより新しい時代に離水したことを示し、一方で陸中海岸南部では既存の推定年代よりも実際には古い時代に離水した段丘面が存在する結果が得られた。陸中海岸でのこれらの結果は、三陸のリアス海岸における隆起傾向は広域にわたり一様ではなく、地域によって大きく速度が異なる複雑な地殻変動傾向を呈することが指摘できる。

これらの研究の過程では、特にリアス海岸において、海成段丘面の地形の保存が良い場合も、海成段丘堆積物の保存が悪いか、ほとんど認められず、海成堆積物を対象とした pIRIR 年代測定が困難であった場合がある。そのため、波蝕棚が隆起した侵食性の海成段丘では、海成層を被覆する地層の絶対年代値に基づき離水年代を推定したことが多い。今後、中期更新世の海成段丘面の離水年代の推定をおこなう際には、波蝕棚を構成する基盤岩の露出年代（岩盤の埋没年代）をルミネセンス年代測定法によって求める手法的改良を行うことで、さらに高分解能な海成段丘面の編年をおこなうことが期待できる。また、海成層の堆積時の深度や堆積プロセスによっては、不完全ブリーチにより年代値を過大評価してしまう場合が認められるので、対象とする岩相によってはルミネセンス年代測定法の中でも Pulsed IRSL 年代測定法 (Tsukamoto et al., 2017) を適用することが有効であろう。

<引用文献>

- ① Dutton, A., Bard, E., Antonioli, F., Esat, T M., Lambeck, K., McCulloch, M T., Phasing and amplitude of sea-level and climate change during the penultimate interglacial, *Nature Geoscience*, vol. 2, 2009, pp. 355-359
 - ② 小池一之、町田 洋編、『日本の海成段丘アトラス』、東京大学出版会、2001、122p
 - ③ 町田 洋、新井房夫、『新編 火山灰アトラス 日本列島とその周辺』、東京大学出版会、2003、360p
 - ④ 三浦英樹、平川一臣、北海道北・東部に
 - おける化石凍結割れ目構造の起源、*地学雑誌*, vol. 104, 1995, pp189-224
 - ⑤ 宮内崇裕、上北平野の段丘と第四紀地殻変動、*地理学評論*, vol. 58A、1985、pp. 492-515
 - ⑥ 太田陽子、鎮西 清高、野上 道男、松田時彦 (著)、町田 洋、小池 一之、『日本列島の地形学』、東京大学出版会、2010、204p
 - ⑦ Thomsen, K J., Murray, A. S., Jain, M., Botter-Jensen, L., *Laboratory fading rates of various luminescence signals from feldspar-rich sediment extracts, Radiation Measurements*, Vol. 43, 2008、pp. 1474-1486
 - ⑧ Tsukamoto, S., Kondo, R., Lauer, T., Jain, M., *Pulsed IRSL: A stable and fast bleaching luminescence signal from feldspar for dating Quaternary sediments, Quaternary Geochronology*, vol. 41, 2017、pp. 26-3
5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)
- [雑誌論文] (計 3 件)
- ① Sumiko Tsukamoto, Reisuke Kondo, Tobias Lauer, Mayank Jain, Pulsed IRSL: A stable and fast bleaching luminescence signal from feldspar for dating Quaternary sediments, *Quaternary Geochronology*, 査読有、vol. 41, 2017、pp. 26-36
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871101417300274>
 - ② S. P. Obrochta, T. Andren, S. Z. Fazekas, B. C. Loughheed, I. Snowball, Y. Yokoyama, Y. Miyairi, R. Kondo, A. T. Kotilainen, O. Hyttinen, A Fehr, The undatables: Quantifying uncertainty in a highly expanded Late Glacial-Holocene sediment sequence recovered from the deepest Baltic Sea basin-IODP Site M0063, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 査読有、2017、pp. 1-14
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016GC006697/abstract;jsessionid=D7C2F447344727D63AED4E98E736719B.f02t03>
 - ③ 近藤玲介、OSL 年代測定法による北海道北部、利尻火山における側火山群の形成年代、*駿台史学*、査読有、No. 153、2015、p. 17-36
- [学会発表] (計 7 件)
- ① 近藤玲介、重野聖之、横田彰浩、塚本すみ子、乾 茂年、宮入陽介、横山祐介、富士田裕子、竹村貴人、竹下千栄子、坂本竜彦、右代啓視、北海道北部頓別平野

- 周辺の沿岸部における完新世の砂丘および沖積層のルミネッセンス年代、日本地球惑星科学連合 2016 年大会、2016 年 5 月 26 日、幕張メッセ（千葉県・千葉市）
- ② 近藤玲介、塚本すみ子、横田彰宏、植村杏太、五十嵐八枝子、坂本竜彦、北日本における中期更新世に形成された海成・河成段丘の pIRIR 年代測定、日本地球惑星科学連合 2016 年大会、2016 年 5 月 22 日、幕張メッセ（千葉県・千葉市）
- ③ 近藤玲介、塚本すみ子、坂本竜彦、遠藤邦彦、本州北部における中期更新世に形成された海成段丘の pIRIR 年代—特に三陸海岸北部について—、日本地理学会 2016 年春季学術大会、2016 年 3 月 22 日、早稲田大学（東京都・新宿区）
- ④ 近藤玲介、横田彰宏、塚本すみ子、坂本竜彦、pIRIR 年代測定法による北海道渡島半島周辺における中期更新世段丘面／堆積物の編年、日本第四紀学会 2015 年大会、2015 年 8 月 29 日、早稲田大学（東京都・新宿区）
- ⑤ Sumiko Tsukamoto, Tobias Lauer, Reisuke Kondo, Pulsed IRSL – A stable and fast bleaching feldspar luminescence signal for dating young water-lain sediments–, The international union for Quaternary Research : INQUA XIX CONGRESS, 2015 年 7 月 29 日、名古屋国際会議場（愛知県・名古屋市）
- ⑥ 近藤玲介、五十嵐八枝子、塚本すみ子、北海道北部、頓別平野周辺における海成／河成段丘の pIRIR 年代と MIS 9 海成層の花粉記録、日本第四紀学会 2014 年大会、2014 年 9 月 6 日、東京大学（千葉県・柏市）
- ⑦ Reisuke Kondo, Sumiko Tsukamoto, Yaeko Igarashi, Kunihiro Endo, Tatsuhiko Sakamoto, Luminescence chronology of the Middle Pleistocene marine terraces in northern Japan using post-IR IRSL, 14th Luminescence and Electron Spin Resonance Dating Conference 2014, 2014 年 7 月 8 日、Montréal (Canada)

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究協力者

塚本 すみ子 (TSUKAMOTO, Sumiko)
坂本 竜彦 (SAKAMOTO, Tatsuhiko)
竹村 貴人 (TAKEMURA, Takato)
佐藤 雅彦 (SATO, Masahiko)