

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K03757

研究課題名(和文) 脱皮成長の生物殻を用いた過去1500年間の数日～数週間スケールの降水量復元

研究課題名(英文) Reconstruction of precipitation during a few days and weeks by using biotic shells of grow

研究代表者

山田 桂 (Yamada, Katsura)

信州大学・学術研究院理学系・教授

研究者番号：80402098

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：西暦1400年以降の夏季の降水量と、災害史との関係を明らかにするため、島根県中海を調査地として、堆積物の柱状試料と現在の表層堆積物を用いて、堆積物の化学組成、粒度分析や微小甲殻類の貝形虫殻の分析を行った。その結果、過去の短時間での夏季降水量を反映する底層塩分のばらつきは、1450～1500年、1600～1650年ごろは他の時期に比べて大きかった可能性があることが明らかになった。1580～1640年は山陰地方の気象災害史において大雨・洪水などの被害報告が多かった時期であり、災害記録との一致も見られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、短時間降水量やそれに関連する災害が多く発生している。過去100年間については気象観測記録に基づいて過去の気候変動を把握できるが、近年見られない規模の降水量が多発する現在、さらに時間を遡って過去の短時間降水量を把握することは重要である。本研究では、過去500年ほどについて夏季の短時間降水量のばらつきやその頻度を復元し、歴史記録とおおよそ一致する傾向が認められた。今後さらに時代を遡って復元を行えば、将来の気候変動予測や災害への対策に役立つデータが得られると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Ostracods, grain-size, and chemical compositions of the core and bottom sediments of the Lake Nakaumi were examined to clarify relationships between short-term summer precipitation and disaster history since 1400 AD. The variation of the bottom water salinity reflecting past summer precipitation within a few days were relative large during 1450 - 1500 and 1600 - 1650. Since number of disasters for the flood and heavy rain was large between 1580 and 1640, large variation in bottom water salinity is consistent with disaster history in the Sanin district based on historic documents.

研究分野：古生物学

キーワード：降水量 過去500年 中海 夏季

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

世界の気象現象は1980年代後半から急激に変化したと言われている。日本でもこの10年間で97%の市区町村で水害・土砂災害が起こった(国交省HP「水害対策を考える」)。このような水害を引き起こす要因の一つである集中豪雨は、同じ場所に数時間~数日にわたって大量の雨をふらせるもので、日本の降水量100mm以上の年間日数は1981年以降増加している。近年急増する水害への対策を講じるためには、過去の降水量はどの程度だったのか、過去の集中豪雨の発生頻度はどれくらいか、を関連する数日~数週間の時間スケールで具体的な数値に基づき知る必要がある。

過去の降水量を1000年間以上にわたって復元する場合、サンゴ骨格や鍾乳石のように連続して生成された物質が用いられる。これらの時間分解能を向上させるには、試料を出来る限り細分する必要がある。現在の試料分取技術では、1つの試料が示す時間の最短は1年であり(Xu et al., 2016)、数日~数週間の時間スケールで降水量を復元した例は国内外を問わず、1850年以降の気象観測データをのぞいて存在しない。そのため、歴史書に記録された水害との対比の際は数年間の平均降水量が用いられ、実際の集中豪雨の時間スケールに基づく比較は行われてこなかった。

2. 研究の目的

本研究では、西南日本に位置する中海(汽水湖)を研究対象とし、コア試料中の貝形虫殻の $\delta^{18}\text{O}$ および堆積物の化学組成・粒度分析を用いて、西暦500年以降の夏季の定量的降水量を数日~数週間スケールで復元し、それらと災害史との関連について、検討することを目的とする。

3. 研究の方法

目的を達成するため、中海における柱状試料および表層堆積物試料を採取した。

柱状試料は記載、色測定後、帯磁率および軟X線撮影用試料を採取した。残りは1cm厚にカットし、粒度、全炭素・全窒素・全硫黄分析、貝形虫殻分析用試料とした。これらの試料は63 μm のふるい上で水洗し、残渣を常温で乾燥させた。そこから試料を選択して貝形虫殻を拾い出し、群集変化を検討した。また、粒度分析は全ての試料について、CNS分析は2cmごとに行った。

表層堆積物試料は、定点を設け、平成30年7月豪雨の期間を含む2018年6月15日から7月25日にかけて数日に一度の割合で計15日間採取を行った。エクマンバージ採泥器により採取した底質表層堆積物は、63 μm のふるい上で水洗し、残渣を常温で乾燥させた。泥から軟体部の付着した成体の貝形虫 *Bicornucythere bisanensis* 殻を各試料8個取り出し、片殻を炭素・酸素同位体比の分析用試料とした。分析は1殻ずつ行った。底層水温及び塩分は国交省が湖心部で定期観測し公開しているデータを用いた。

本研究において新たに採取した試料と2015年に採取済みの柱状試料の残渣から、中海で最も卓越する *B. bisanensis* 殻を抽出し、同位体比質量分析計を用いて酸素炭素同位体比を分析した。

4. 研究成果

1) 現生試料における殻の炭素・酸素同位体比と底層塩分との関係について

計105殻から炭素・酸素同位体比が得られた。酸素同位体比の値の多くは-1.0~0.5‰であったが、5試料からこれらより低い酸素同位体比が得られた。また、調査期間の後半はこれらより高い酸素同位体比が多く見られた。同じ底質試料内の各貝形虫殻の酸素同位体比のばらつきは0.4~2.5‰であった。

一般に中海の夏季の日平均底層塩分は32程度で推移し、一定以上の降水があった後は数日間、25程度まで低下する。調査日とその前後を含む6/1~7/25までの松江市の日降水量及び湖心部底層の塩分と殻の酸素同位体比を比較すると、最も多くの値が集中した-1.0~0.5‰の酸素同位体比を示した個体は定常時に殻を形成した個体であり、より低い値の5個体は降水による塩分低下時に殻を形成した個体と考えられる。また、降水から中海の底層塩分変化に反映されるまでの時間差と、気圧の影響により日本海から海水が中海底層に流入する影響を考慮した周辺の降水量と中海の底層から得られた貝形虫殻の酸素同位体比との相関を検討した。その結果、従来より両者にはより強い相関が認められた。

2) 柱状試料の年代およびCNS、粒度変化について

採取したコアの堆積年代を決定するため、4試料の ^{14}C 年代測定を外部に委託して行った。その結果、採取したコア試料は西暦500年以降の連続した堆積物を記録していることが明らかになった。この堆積速度は、これまでの中海の柱状試料から得られた堆積速度とほぼ一致している。

この柱状試料について、軟X線写真を撮影し、堆積構造や粒度変化の有無を確認した。また、粒度分析、全有機炭素、全有機窒素、全硫黄量の分析を行った。粒度分析は274試料全てに

ついて分析を行った。全体の傾向としては、平均径は上方に向かって徐々に減少していた。また、最頻径はコア深度180~160 cmにかけて低下し、それ以外のところは安定した値を示した。加えて、深度30 cm, 84 cm, 122 cm, 124 cmの4試料で突出して高い平均径を示した。全有機炭素、全有機窒素、全硫黄量の分析については、粒度分析結果を参考に160試料を選び行った。これら全てに共通して、最下部からコア深度166 cmにかけて徐々に低下し、その後コア深度44 cm付近から最上部にかけて増加した傾向を示した。

3) 貝形虫1殻ごとの酸素同位体比変動

新たに採取したコア試料から得られた貝形虫*B. bisanensis*の成体殻の酸素・炭素同位体比について、特に、粒度分析、全有機炭素量、全窒素量の値に急激な変化が認められ、イベント堆積物の可能性がある試料を選び、分析に用いた。コア深度65~82 cm, 131 cm, 207 cm, 246 cmの層準について、貝形虫1殻ごとの酸素・炭素同位体比を得ることができた。酸素同位体比は1~-2.5‰で変化し、試料におけるそのばらつきは0.1~2.4と幅が認められた。特に、コア深度76 cm, 80~82 cmの試料から得られた貝形虫殻の酸素同位体比の値のばらつきは他と比べて小さく、酸素同位体比値は0‰以上と高い値を示した。中海では、貝形虫*B. bisanensis*の成体殻の酸素同位体比は夏季の数日~数週間の底層塩分を反映していることから、数年間の夏季の底層塩分の変化が大きな時期と小さな時期があったことが明らかになった。

2015年に採取ずみの試料の残渣から、計315個体について酸素炭素同位体比を1殻ごとに分析した。得られた酸素同位体比は1.0から-2.5‰を示し、その多くは0から-1.5‰の範囲に集中した。また、まれに他の個体の酸素同位体比から離れて、-2.0から-2.5‰程度の低い値を示す場合が見られた。得られた酸素同位体比の多くは-1.8~0.4‰の範囲に含まれており、この範囲より小さな値は12点、大きな値は7点認められた。同一試料内の殻の酸素同位体比の値のばらつきは、コア深度110~90 cmでは他の深度の試料内のばらつきに比べて小さかった。これらの層準は1500~1600年ごろに相当すると考えられる。

4) 考察

中海において夏季に殻を作る*B. bisanensis*殻の酸素同位体比は底層塩分を反映することがわかっており、本課題での分析データを総合すると、過去1400~1650年の中海における底層塩分は、1500~1570年ごろは他の時期に比べて短時間での底層塩分の変化が少なかった可能性があることが明らかになった。これらの値を現在の中海における同種の成体殻の酸素同位体比と比較すると、平成30年7月豪雨の時の塩分低下時（最大日降水量100mm程度、底層塩分27‰）より低い酸素同位体比の個体が見られ、それらは1450~1500年、1600~1650年頃が多かった。山陰地方の気象災害一覧（田坂，2014）によると、1580~1640年は干害が少なく、大雨・洪水・水害の発生が続いた時期であり、これらの災害記録と矛盾はないことが明らかになった。

引用文献

田坂郁夫，2014，山陰地域の気象災害一覧，汪編，山陰地域における自然災害データベースの構築および防災研究拠点の形成．73P.

Xu, C., Zheng, H., Nakatsuka, T., Sano, M., Li, Z., & Ge, J., 2016, Inter-and intra-annual tree-ring cellulose oxygen isotope variability in response to precipitation in Southeast China. *Trees*, 30(3), 785-794.

国交省 HP「水害対策を考える」，

https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/kiroku/suigai/suigai.html（2022年6月）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 廣瀬孝太郎・瀬戸浩二・辻本彰・中村英人・安藤卓人・入月俊明・香村一夫	4. 巻 27
2. 論文標題 中海Nk-3C地点における湖底表層堆積物層序および過去約600年間の地球化学的環境の変化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Laguna	6. 最初と最後の頁 41-57
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 Okumura Yutaka, Matsuoka Hiromi, Arakawa Hisayuki, Tokanai Fuyuki, Suzuki Atsushi, Irizuki Toshiaki, Kajita Hiroto, Hara Motoyuki	4. 巻 87
2. 論文標題 The influence and impact of tsunamis on the microorganism assembly of Nagatsura-Ura Lagoon, Miyagi, northeastern Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 121 ~ 130
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12562-020-01472-8	査読の有無 有
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 Luque Patricia Lastra, Sakai Saburo, Murua Hilario, Arrizabalaga Haritz	4. 巻 7
2. 論文標題 Protocol for Sampling Sequential Fin Spine Growth Intervals for Isotope Analysis in the Atlantic Bluefin Tuna	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fmars.2020.588651	査読の有無 有
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 該当する
1. 著者名 坂井三郎	4. 巻 2
2. 論文標題 炭酸塩の安定同位体レーザー吸収分光法の開拓	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ぶんせき	6. 最初と最後の頁 52-56
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 佐々木聡史・入月俊明・卜部厚志・林 広樹・瀬戸浩二・酒井哲弥	4. 巻 27
2. 論文標題 長崎県壱岐市芦辺港における完新世の古環境と相対的海水準変動	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Laguna	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 Yamada Katsura, Masuma Tetsuro, Seto Koji, Uchida Masao, Amano Atsuko, Sampei Yoshikazu	4. 巻 471
2. 論文標題 Paleoenvironments and relative sea-level changes caused by regional tectonics during the last 4500 years in Kumihama Bay, northern Kyoto Prefecture, central Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Quaternary International	6. 最初と最後の頁 332 ~ 344
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.quaint.2017.11.029	査読の有無 有
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 Katsura Yamada, Kazuma Kohara, Minoru Ikehara & Koji Seto	4. 巻 9
2. 論文標題 The variations in the East Asian summer monsoon over the past 3 kyrs and the controlling factor	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5036
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-41359-y	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 Huang Huai-Hsuan May, Yasuhara Moriaki, Iwatani Hokuto, Yamaguchi Tatsuhiko, Yamada Katsura, Mamo Briony	4. 巻 45
2. 論文標題 Deep-sea ostracod faunal dynamics in a marginal sea: biotic response to oxygen variability and mid-Pleistocene global changes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Paleobiology	6. 最初と最後の頁 85 ~ 97
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/pab.2018.37	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 山田 桂, 楠 慧子, 飯田 里菜, 久須美 農夫	4. 巻 127
2. 論文標題 貝形虫化石群集に基づく新潟県新津丘陵北部域の更新世の古環境変化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 575 ~ 591
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5575/geosoc.2021.0013	査読の有無 有
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 Giletycz Slawomir Jack, Lin Andrew Tien Shun, Yamada Katsura, Wang Liang Chi, Chien Chih Wei, Lou Jiann Yuh, Huang Neng Wei, Ting Che Yung, Shih Kuo Wei	4. 巻 46
2. 論文標題 Ephemeral landform development following rapid coastal uplift in the southern orogen of Taiwan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth Surface Processes and Landforms	6. 最初と最後の頁 2379 ~ 2394
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/esp.5183	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 Irizuki Toshiaki, Takahashi Jun, Seto Koji, Ishiga Hiroaki, Fujihara Yuki, Kawano Shigenori	4. 巻 174
2. 論文標題 Response of bay ostracod assemblages to Late Holocene sea-level, centennial-scale climate, and human-induced factors in northeast Beppu Bay, Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Marine Micropaleontology	6. 最初と最後の頁 102002 ~ 102002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marmicro.2021.102002	査読の有無 有
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 -

〔学会発表〕 計12件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 瀬戸浩二・香月興太・仲村康秀・安藤卓人・齋藤文紀・渡辺正巳・辻本彰・入月俊明
2. 発表標題 斐伊川東流イベントの年代とそれによる宍道湖の堆積システムの変遷
3. 学会等名 第 28 回汽水水域研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田 桂・中山浩嗣・榎本雄一・坂井三郎・瀬戸浩二
2. 発表標題 数日ごとに採取した試料を用いた貝形虫1殻の 180と塩分変動
3. 学会等名 日本古生物学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山田 桂・入月俊明
2. 発表標題 3.0~2.6 Maの日本海浅海~中層域の定量的古水温変動
3. 学会等名 日本地質学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久須美農夫・楠 慧子・飯田里菜・山田 桂
2. 発表標題 新潟県新津丘陵における更新世の貝形虫化石群集を用いた古環境
3. 学会等名 日本地質学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤原勇樹・入月俊明・高橋潤・瀬戸浩二・香月興太・山田桂・Jin- Young Lee
2. 発表標題 九州北部沿岸域における過去約3,000年間の貝形虫と堆積物分析に基づく古環境の復元
3. 学会等名 日本古生物学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamada, K., Suzuki, Y., Nakamura, M., Hoyanagi, K., Lin, T.-S. A.
2. 発表標題 Pliocene and Pleistocene fossil ostracods in northwestern and southwestern Taiwan
3. 学会等名 Third Asian Ostracod Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naka, Y., Sakurai, H., Iida, R., Yamada, K., Irizuki, T.
2. 発表標題 Paleoenvironmental changes during the Late Pliocene in the eastern part of the Uonuma Hills, Minamiuonuma City, Niigata Prefecture, Central Japan
3. 学会等名 Third Asian Ostracod Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fujihara, Y., Irizuki, T., Seto, K., Katsuki, K., Yamada, K., Lee, J.-Y., Lim, J.
2. 発表標題 Temporal changes of paleoenvironment and ostracode assemblage during the last ca. 4,000 years in Shushi Bay, Tsushima Island, southwest Japan
3. 学会等名 Third Asian Ostracod Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田 桂・小原一馬・池原 実・瀬戸浩二
2. 発表標題 過去3000年間の東アジア夏季モンスーン強度と太陽活動との関連
3. 学会等名 日本古生物学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田 桂・黒木健太郎・池原 実・瀬戸浩二
2. 発表標題 中海における過去1700年間の夏季及び冬季の底層塩分変動
3. 学会等名 汽水域研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 HOU-CHIEN LIN、Li Lo、Chi-Ui Kan、Katsura Yamada
2. 発表標題 Preliminary study Of down core benthic foraminifera distribution in Lake Nakaumi, Japan
3. 学会等名 中華民國地球物理學會與中華民國地質學會 _109年年會學術研討會
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田 桂 , 藤原 天音
2. 発表標題 貝形虫 1殻ごとの酸素同位体比分析による中海の数日 から 数週間の底層塩分変動
3. 学会等名 令和3年度高知大学海洋コア総合研究センター共同利用・共同研究成果発表会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔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	瀬戸 浩二 (SETO KOJI) (60252897)	島根大学・学術研究院環境システム科学系・准教授 (15201)	

6. 研究組織（つづき）

	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	入月 俊明 (IRIZUKI TOSHIAKI) (60262937)	島根大学・学術研究院環境システム科学系・教授 (15201)	
研究分担者	坂井 三郎 (SAKAI SABURO) (90359175)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・海洋機能利用部門(生物地球化学プログラム)・主任技術研究員 (82706)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
その他の国・地域 台湾	台湾大学			