

貝の炭素年代測定値が示す意味
Meanings of radiocarbon age of molluscan shells

宮田佳樹^{1*}・南雅代¹・西本豊弘²・松崎浩之³・中村俊夫¹
Yoshiki Miyata^{1*}, Masayo Minami¹, Hiroyuki Matsuzaki³, Toyohiro Nishimoto², Toshio Nakamura¹

¹名古屋大学年代測定総合研究センター・²国立歴史民俗博物館・³東京大学工学部原子力国際センター (MALT)

¹Center for Chronological Research, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-8602, Japan.

²National Museum of Japanese History, Jonai-cho, Chiba 285-8502, Japan.

³Department of Nuclear Engineering and Management, University of Tokyo, Bunkyo-ku 113-0032, Japan (MALT)

*Corresponding author. E-mail: miyata@nendai.nagoya-u.ac.jp

Abstract

We investigated radiocarbon age differences among marine shells, animal bones, charred woods and charred seeds from layer IV, at the Higashi michi no ue (3) archaeological site, Japan, which was occupied during the first half of the early Jomon period (3900-3750 cal BC). We attributed the differences to marine reservoir effects, which differed among these organisms because of differences in their habitats and diets. The ages of *Corbicula japonica*, *Crassostrea gigas* and *Ruditapes philippinarum* (molluscan shells) show 180 yrs, 270 yrs and 450 yrs older than the ¹⁴C age of the charred woods, which corresponded to the actual age of the archaeological site, respectively. This indicates the habitats of these molluscan shells change from fresh water to open sea water, so that the salinity of the habitats of these molluscan shells gradually increases into the level of the open sea water. According to the age of *Ruditapes philippinarum*, the marine reservoir correction value (ΔR) for the Tsugaru Warm Current, which flows around Shimokita peninsula, is 60 ± 90 ¹⁴C years (N = 2).

The radiocarbon ages were, in an increasing order, charred woods, charred seeds ~ animal bones < marine molluscan shells ~ marine fish bones < charred materials on potsherds. The different reservoir effects thus reflect difference in the diets or habitats of the shellfish, marine fish, and charred materials on potsherds found at the site.

Keywords: Radiocarbon dating; Marine reservoir effect; Molluscan shell; Marine reservoir correction value (ΔR); Sea Current

キーワード: 炭素年代測定; 海洋リザーバー効果; 貝; ローカルリザーバー効果 (ΔR); 海流

1. はじめに

炭素年代測定は、文献資料のない旧石器時代、縄文時代、弥生時代などの研究に大きな力を発揮する研究手法である。これまで遺跡から出土した考古遺物に対して、数多くの放射性炭素年代測定が行われてきた。その対象は、土器付着炭化物、炭化材、炭化種実、貝、人骨や動物骨、土壌など、非常に多岐にわたる。

得られた炭素年代測定値が、考古学的に想定される年代と一致する場合はよいが、特に海洋の影響を受けた試料を測定すると同時代よりも数百年古い炭素年代を示す場合があり（海洋リザーバー効果）、測定した遺物の由来や出土状況などを考慮し、得られた年代値を検討する必要がある。そこで、特に、同じ遺跡の同じ包含層から出土した複数種の貝試料を含む遺物を炭素年代測定することにより、遺跡周辺の海流・水塊構造などの海洋環境を考慮して、貝試料の年代測定値の示す意味について考察した。

2. 海洋リザーバー効果

宇宙線によって生成した炭素14 (^{14}C) は、速やかに二酸化炭素 ($^{14}\text{CO}_2$) に変換された後、炭素循環によってよく攪拌されるため、大気中には一定濃度存在している。その二酸化炭素を取り込み光合成を行う陸上植物、それを食べる動物という食物連鎖によって、陸上の動植物は大気と平衡で同じ炭素14濃度を示す。一方、地球表層部の炭素の95%を占める海洋も、炭素14濃度がほぼ均一な二酸化炭素のリザーバー（貯留槽）である。海面では、海流を形成し大気と絶えず炭素交換が行なわれているため、海洋表層部（100～200m程度）では炭素14濃度はよく混合されており一定である。しかし、この海洋表層部における炭素14濃度は、大気中に比べると平均5%低い値を示す。これは、海洋表層部（大気—海洋間）で炭素14を含む CO_2 が海洋に溶解するのに要する時間のうちに、放射壊変によって減少するためである。この現象を炭素14の海洋リザーバー効果（Marine reservoir effect）と言う。

海洋リザーバー効果の大きさはR値と呼ばれ、炭素14年代の大気からの偏差（炭素年； ^{14}C years）で表される。R値は時間の関数であり、同じ場所でも時代によって変動することが知られている。貝類は魚類や海獣などとは異なり、ほぼ同じ場所から移動しないため、その海域の炭素14濃度を反映している。したがって、核実験起源の炭素14の影響がない1950年以前の貝の炭素14年代から、その海域の海洋リザーバー効果（R値）を見積もることができる。

さらに、炭化材や炭化種実の炭素14年代は、その遺跡における当時の大気と平衡にある陸上の有機物の炭素14濃度を反映している。したがって、同時に出土した海洋の影響を受けた遺物の炭素年代から、炭化材（炭化種実）の炭素14年代を減じることにより、当時その遺物が受けていた海洋リザーバー効果の影響を推定することができる。

また、R値は、主として炭素14濃度の低い深層水循環の影響を受け、海域によって大きく変動するため、同時代の全海洋の R の平均値（～400炭素年（ ^{14}C years）前後で時間変動する）との差を取り、ローカルリザーバー効果（ ΔR 値）として表示する。

特に、北海道周辺の海洋リザーバー効果は最大 $R=1000$ (炭素)年 ($\Delta R=600\sim 700$ ^{14}C years)に達する場合があります、北海道、北東北の遺跡の土器附着炭化物の炭素年代測定に大きな影響を与える。プロッカーのベルトコンベアーと言われる深層水循環によって、北大西洋で沈み込んだ深層水が1500~2000年かけてベーリング海で湧昇するため、北太平洋には炭素14濃度の低い海水が供給される (Broecker et al., 1991; 野崎, 1994)。さらに、ベーリング海から太平洋に流れ出る北太平洋中層水の流れを補うためアリューシャン列島北部から、オホーツク海に表層海流が流れ込むことにより、東サハリン海流が形成される。その結果、北方海域を起源とする寒流である、親潮や東サハリン海流は大きなリザーバー効果 ($R=700\sim 800$ (炭素)年; $\Delta R=300\sim 400$ ^{14}C years)を示す(図1)。一方、対馬海流を起源とする津軽暖流や宗谷暖流は親潮などの寒流に比べて、やや小さいリザーバー効果 ($R=\sim 500$ (炭素)年以下; $\Delta R=\pm 100$ ^{14}C years)を示す。(海洋リザーバー効果の詳細に関しては、学術創成研究“弥生農耕の起源と東アジア”の News Letter vol.7 今村峯雄「海洋リザーバー効果について」を参照)。

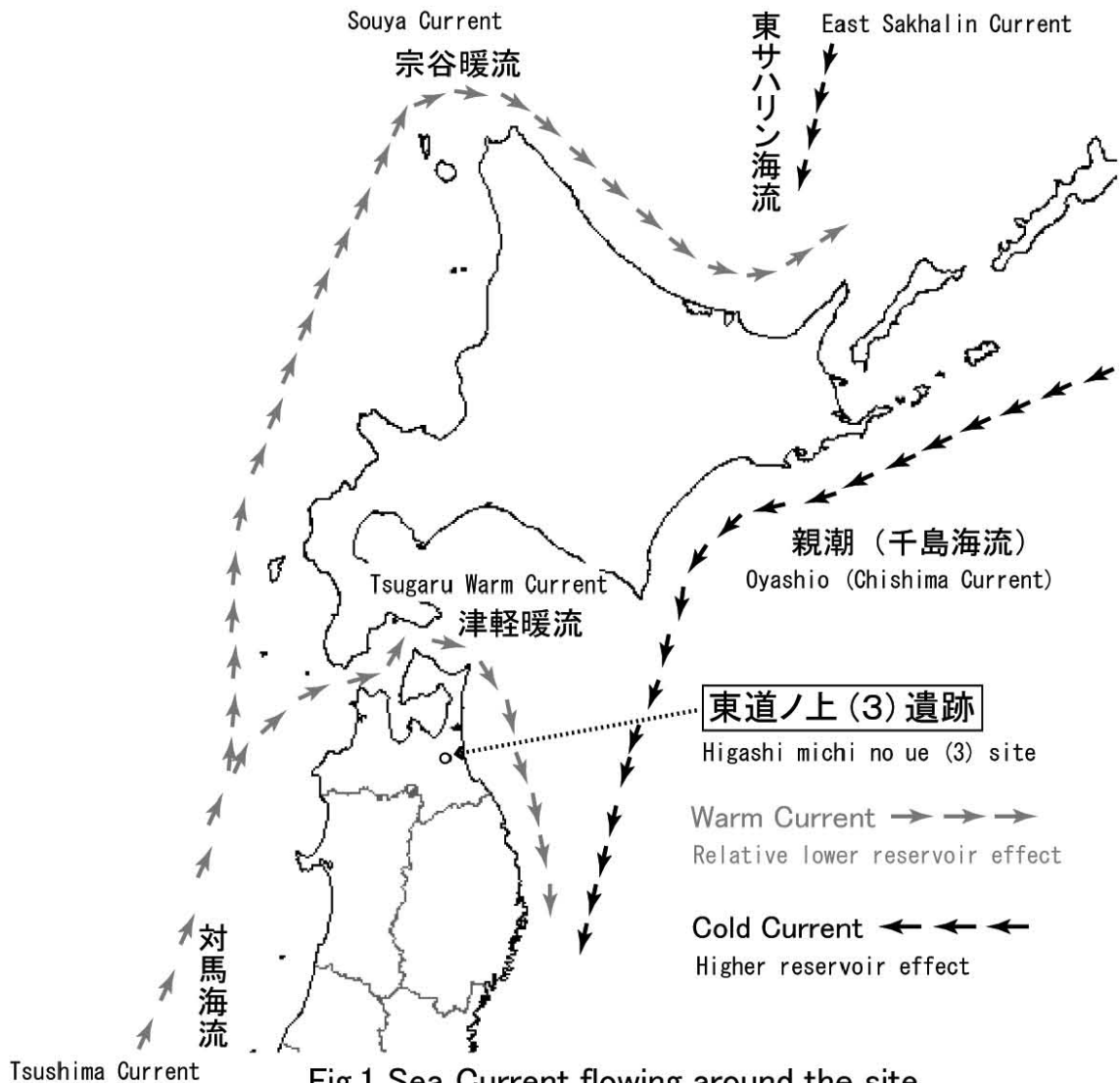


Fig.1 Sea Current flowing around the site

図1 遺跡周辺の海流図

3. 結果

東道ノ上(3)遺跡IV層貝14出土遺物の炭素年代測定結果に関して考える(表1)。この貝層は、土器型式で言うと、円筒下層a式の時期に当たる。当時の大気と平衡にある陸上の有機物としてオニグルミと炭化材の年代の平均(4960±35 BP)を基準にして考える(図2)。図2では、試料が陸上から海洋へと変化していくにつれて、測定した年代は古くなり、海洋リザーバー効果の影響は大きくなっていく。陸獣であるイノシシは陸上の有機物を食べるので、オニグルミ、炭化材とほぼ同じ年代を示している。貝の年代に関しては、ヤマトシジミ、マガキ、アサリと淡水から外洋へと貝の生息域が変化していくのに対応して、塩分濃度は大きくなり、海洋リザーバー効果の影響が強く現れている。その結果、ヤマトシジミは180年、マガキは270年、アサリは平均450年遺跡よりも古い年代を示した(ヤマトシジミ(MTC 7444)は誤差が大きいため、除外する)。また、前述したように、この地域は当時内湾であったと考えられるため、アサリやスズキの年代は沿岸を流れる津軽暖流の影響を受けていたと考えられる。したがって、アサリの測定値の平均から津軽暖流の ΔR 値として、 $+60 \pm 90$ ^{14}C years (at 4960±35 BP)が見積もられる。このように、貝の生息域を特定することにより、貝試料から得られた炭素年代測定値を利用して、当時遺跡周辺を流れていた津軽暖流の海洋リザーバー効果を推定することが可能になった。

次に、AOKH B13(内面土器付着炭化物“コゲ”)について考えてみる。このコゲの示す炭素年代は、当時遺跡周辺を流れていた津軽暖流よりもさらに、100年古いリザーバー効果を示している。この原因は、津軽暖流よりも大きなリザーバー効果を示す寒流の影響を受けた食材を調理したためと考えられる。また、安定同位体組成($\delta^{13}\text{C}$, -18.3‰; $\delta^{15}\text{N}$, +12.2‰)から、この“コゲ”は海産魚類や海獣などに由来する可能性が示唆される。したがって、津軽暖流の下層にはより大きな海洋リザーバー効果を持つ親潮系の水塊が存在するため、この付着炭化物は親潮水系で生育した何らかの深魚を起源とするものであるのか、あるいは、海洋リザーバー効果の大きなサハリン、ベーリング海などの北方から回遊してくる海獣や鮭などを調理した痕跡であるのかもしれない。

最後に、同じ円筒下層a式期の東道ノ上(3)遺跡出土ヒト遊離歯5点の年代測定結果について考えてみる(米田, 2006)。その年代は、5120~5340 BPで、ちょうど陸上の有機物の示す年代とアサリ、スズキなどの海産物の示す年代の間に位置している(図2)。したがって、炭素年代測定の結果から、この地域の縄文人は、海と陸の両方のタンパク質を摂取していたと考えられる。

これらの炭素年代の関係をまとめてみる。

炭化材、炭化種実(遺跡の年代) ~ 陸獣骨 < 貝類・魚類 < 土器内面付着物(コゲ)

Table 1. Radiocarbon ages of marine shells, charred seeds, charred woods, animal bones, marine fishes, and carbonized materials adhering to pottery excavated from the Higashi michi no ue 3 archaeological site.

表1. 東道ノ上(3)遺跡IV層貝14出土遺物の炭素年代と海洋リザーバー効果(R), ローカルリザーバー効果(ΔR)

試料番号	機関番号	試料名	炭素年代 BP	R* 14C years	ΔR* 14C years
AOKH S8	MTC 7412	オニグルミ	4910 ± 30	-	-
AOKH C6	MTC 7410	炭化材	5005 ± 35	-	-
AOKH B11	PLD-6043	イノシシ	4920 ± 30	-40 ± 50	-425 ± 55
AOKH K17	MTC 7444	ヤマトシジミ**	5210 ± 150	250 ± 150	-135 ± 155
AOKH K17	MTC 7565	ヤマトシジミ**	5140 ± 60	180 ± 70	-205 ± 75
AOKH K16	MTC 7443	マガキ	5230 ± 60	270 ± 70	-115 ± 75
AOKH K15	MTC 7442	アサリ**	5380 ± 60	420 ± 70	35 ± 75
AOKH K15	MTC 7562	アサリ**	5430 ± 50	470 ± 60	85 ± 70
AOKH B13	PLD-6045	スズキ	5425 ± 25	465 ± 45	80 ± 50
AOKH 3	MTC 7408	土器付着炭化物"コゲ"	5505 ± 35	545 ± 50	160 ± 60

測定値の誤差は全て1標準偏差

*海洋リザーバー効果(R), ローカルリザーバー効果(ΔR)は, オニグルミと炭化材の平均(4960±35 BP)から算出した

**ヤマトシジミとアサリはそれぞれ同じ個体を測定した

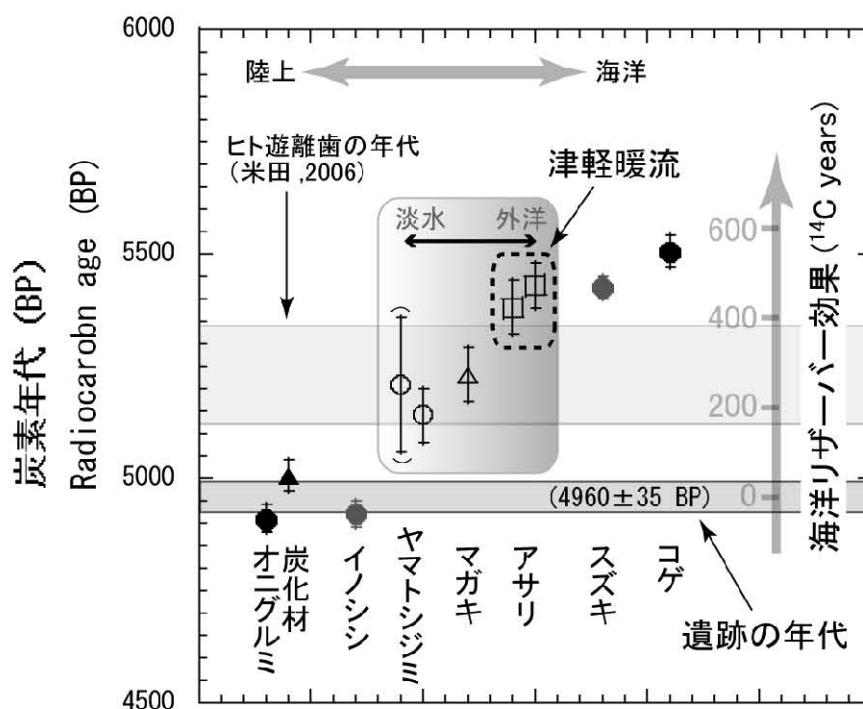


Fig.2. Radiocarbon ages of archaeological remains from the "Higashi michi no ue 3 site."

図2 東道ノ上(3)遺跡IV層貝14出土遺物の炭素年代

4. 結論

考古学的な由来がきちんと整った遺跡の同一包含層から出土した複数の遺物に対して、炭素年代測定を行った。複数の遺物間の見かけ上の炭素年代の大小関係を、測定した遺物の由来や生育環境などを考慮して、考察した結果、それらの複数の遺物の炭素年代の関係を海洋リザーバー効果の観点から、包括的に理解することができた。陸域から海洋へと測定した試料を並べてみると、海の影響が強くなるにつれて、海洋リザーバー効果が強く現れる。逆に、その関係から大きく外れるものは、その試料特有の理由が存在するのか、あるいは、もともと異なる層位に存在した試料が混入した場合である可能性が強く疑われる。

例えば、東道ノ上(3)遺跡から出土した貝類が示す海洋リザーバー効果の大きさは、ヤマトシジミが180年、マガキが270年、アサリが450年と次第に大きくなっていく。このことは、貝類の生息環境が淡水から外洋へ変化し、塩分濃度が上昇することに対応している。外洋の影響を強く反映するアサリの炭素年代値から、当時遺跡周辺を流れていた津軽暖流のリザーバー年代を推定した。つまり、測定に用いた複数種の貝の種別、生息域をきちんと特定することが非常に大切である。

さらに、現在から過去(当時)にかけての遺跡周辺の海流・水塊などの海洋環境を推定することにより、(貝試料から推定された)遺跡周辺を流れる海流のリザーバー年代よりも古い海洋リザーバー効果を示す遺物の起源を推定することも可能である。例えば、内面土器付着炭化物である“コゲ”は、遺跡周辺を流れる津軽暖流の示すリザーバー効果よりもさらに、100年古い海洋リザーバー効果を示した。この“コゲ”の化学組成と遺跡周辺の水塊構造を検討した結果、この“コゲ”は、より大きなリザーバー効果を示す親潮水系の魚介類や北方から回遊してくる海獣や鮭などを調理した痕跡であるのかもしれない。

人骨を含めた各遺物が示す炭素年代は、海洋の影響を受けた程度(海産物を摂取した割合)に応じて変化する。その原理をうまく利用することによって、複数の遺物間にみられる見かけ上の炭素年代の大小関係から、当時の遺跡環境における、各遺物の食性の関係(摂取した食料の違い)を読みとることができるかもしれない。

今後、炭素年代を狂わせる海洋リザーバー効果という現象を逆手にとって、例えば同時代の海洋環境に存在するものの人間が直接利用することが困難であった深魚を摂取する海獣、遺物として出土しにくい表層の魚介類などを摂取する海鳥などの動物骨やそれらを調理した際に生じる土器付着炭化物などを用いて、当時の海洋環境を評価し、生業を復元する研究に発展していくかもしれない。

終わりに、このような詳細な炭素年代測定値の検討が可能になったのは、丁寧な発掘と遺物の整理同定作業の上に、より確からしく、繰り返し再現性の高い炭素年代測定が行われるようになった、近年の加速器技術の進歩による成果が大きい。

謝辞

本稿の内容の一部は、新弥生時代のはじまり第4巻『弥生農耕のはじまりとその年代』“遺物にみられる海洋リザーバー効果”と重複する。

参考文献

Broecker, T. (1991) The great ocean conveyor. *Oceanography* 4, 79-89.

青田昌秋 (1975) 宗谷暖流の研究. 低温科学 物理篇 33, 151-172.

西本豊弘・年代測定研究グループ (2006) 青森県東道ノ上 (3) 遺跡の炭素14年代測定結果について. 「東道ノ上 (3) 遺跡」, 32-33.

野崎義行 (1994) 『地球温暖化と海』 東京大学出版.

米田穰 (2006) 東道ノ上 (3) 遺跡から出土したヒト遊離歯の同位体分析. 「東道ノ上 (3) 遺跡」, 27-30.

日本語要旨

本研究では、遺跡出土試料における貝試料の炭素年代測定値が示す意味を明瞭に理解するために、東道ノ上(3)遺跡の同一包含層から出土した様々な貝、陸獣骨、炭化材、炭化種実などの遺物の炭素年代測定を行った。

東道ノ上(3)遺跡から出土した貝類が示す海洋リザーバー効果の大きさは、ヤマトシジミが180年、マガキが270年、アサリが450年と次第に大きくなっていく。このことは、貝類の生息環境が淡水から外洋へ変化し、塩分濃度が上昇することに定性的に対応している。さらに、アサリの示す炭素年代から、当時の遺跡周辺を流れる津軽暖流のローカルリザーバー効果は、 $\Delta^{14}\text{C} = 60 \pm 90 \text{ }^{14}\text{C years}$ と推定される。各遺物の生息域や食性の違い、さらに、遺跡周辺の外洋の水塊構造を考慮することにより、当時遺跡周辺を流れていたと推定される津軽暖流より古い炭素年代を示す土器付着炭化物は、より大きなリザーバー効果を示す寒流の影響を受けた魚介類や北方から回遊してくる海獣、鮭などを調理した痕跡であると推定できる。

遺物の炭素年代を年代が大きくなるにしたがって、順番に並べてみる。

炭化材、炭化種実(遺跡の年代) ~ 陸獣骨 < 貝類・魚類 < 内面土器付着炭化物(コゲ)

このリザーバー年代の違いは、貝類、魚類、内面土器付着炭化物の生息域や食性の違いを反映している。