

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年5月30日現在

機関番号：27101
 研究種目：挑戦的萌芽研究
 研究期間：2012～2012
 課題番号：24656315
 研究課題名（和文） 貝殻に記録された情報による水域生起事象の推定方法および環境再生への利用方法の開発
 研究課題名（英文） Estimation of past aquatic environment in terms of shells in coastal zone and development of rehabilitation methods
 研究代表者
 楠田 哲也 (KUSUDA TETSUYA)
 北九州市立大学・国際環境工学部・教授
 研究者番号：50037967

研究成果の概要（和文）：

有明海のアサリ、サルボウを対象として成長線間隔と本数を計測する手法を確立した。この手法を利用し、各種の貝殻の成長線を読み取り、成長線スペクトルを作成可能とした。その結果、干出がないと0.60本/日、干出があれば1.5本/日となった。また、¹⁴Cを用いて生育年代を推定することができた。さらに、海域での実試験から貝殻の損壊速度は18%/年となったので、ほぼ10年は遡ることができることが判明した。

研究成果の概要（英文）：

Applicability of growth line of shells to estimate aquatic environment in terms of *Ruditapes philippinarum* (short neck clam) in Ariake Bay, Japan is investigated. The growth line of the shell is formed by both internal (physiological) reaction and external stresses. The distance of growth lines, that is, growth rate is shown to depend on water temperature and physical disturbance in addition to the amount of food, anoxia and exposure of harmful substances which are stated already, but not to depend on change of brightness. The shell is corroded physically and biologically by 17% per year, that is, 80% per 10 years in Ariake Bay. Therefor embedded shells in sediments are available to estimate past aquatic environment. $\delta^{14}\text{C}$ is available to estimate growing its period in Ariake Bay. The proposed method is applicable to estimate physical disturbance for shells. Further research is needed for estimation of impacts by malnutrition, anoxia, etc.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学：土木環境システム

キーワード：貝殻、水環境推定、成長線、¹⁴C、アサリ、水温

1. 研究開始当初の背景

多くの閉鎖性水域では、劣化し続ける生物生息環境の再生が課題になっている。この再生を目指して生物生息環境の再生実証試験が各地でなされている。しかし、水質・底質観測が実施され始めた過去20年より以前の栄養塩、農薬負荷量、貧酸素水塊等の水質データはほとんどなく、しかも現時点においても観測地点数が少ないために、環境劣化の因

果関係の解明には困難を極めている。底質に関しては、PbやCsの鉛直分布から底質堆積速度を推定し、これを用いて堆積物粒度や珪藻の鉛直分布から過去の水環境を明らかにすることが試みられているが、未だ、易分解性のプランクトンや貧酸素水塊の発生状況を明らかにしていない。そこで、成長線等貝殻に残された記録と長期データのそろっている気象記録等をもとに、生物生息環境を

劣化させてきた事象の発生状況と程度を長期、広域にわたり推定できるようにすることが求められている。

2. 研究の目的

複数種の貝殻の成長線、貝殻の炭酸カルシウム骨格の $\delta^{14}\text{C}$ 比率と対象水域の気象、水象データを対比することにより、水域の生物生息環境に影響を与える事象の生起と程度を過去に遡って推定できる手法を開発し、この手法を有明海に適用し、貝殻から正確な長期環境変化情報を抽出し問題解決に資せるようにすることを目的とする。

主要解明目標は以下の通りである。

(1) 同一種の貝の成長速度と水温、餌量との関係性の確認、摂餌停止時の成長速度低下現象出現日時と死亡日時の確認

(2) 貝殻の ^{14}C による生存年代の推定法の検討

(3) 個体が示す環境インパクトに関わるデータを同一種の個体群の結果を連続させ、過去の水象事象の広域推定を可能にするこの検討

(4) これらの結果を用いて環境劣化の因果関係を推定できるようにし、水域の生物生息環境の再生方策を提案するための支援ツール化への検討

3. 研究の方法

(1) 採取日が明確なアサリの成長速度と水温との関係性の確認、および現地試験による摂餌停止時の成長速度低下現象出現の確認

(2) アサリの $\delta^{14}\text{C}$ による生存年代の推定法の検討

(3) アサリ貝の損壊速度に関する現地試験

(4) これらの結果を用いて環境劣化要因の推定を可能にする支援ツール化への検討

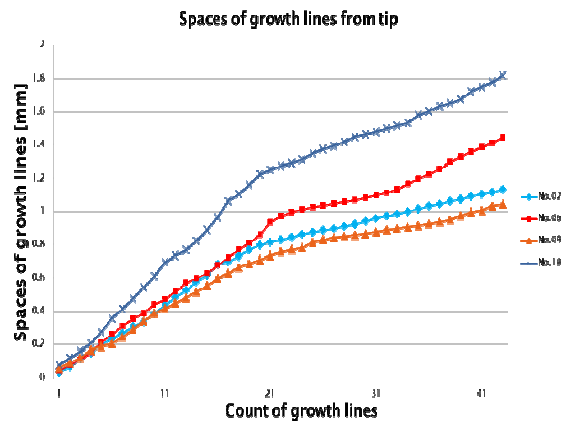
4. 研究成果

(1) アサリの成長線解析

成長線は干出時に生じるとする説と本来的に自律的にも生じるとする説があるので、確認するために現地試験を実施した。試験項目は干出・非干出、明・暗条件、蛍光物質2種である。試験結果は、成長速度は明・暗条件、蛍光物質の種類には寄らず、干出・非干出に大きく左右されることが判明した。非干出条件下における成長線本数は1日当たり0.60本となった。一方、干出の場合には、1日当たり1.53本となった。1日当たりの本数は非干出のほぼ2.5倍となり、しかも、分布幅が大きかった。干出により成長線数が多くなったことは確かであるが、干出回数に対する関係性は見られなかった。

成長線生成速度を確認するために同一地

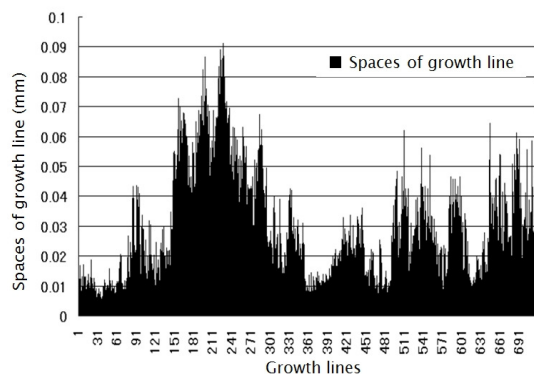
点にて採取されたアサリの成長状態を比較したものが図1である。これは、2012年5月6日に採取した佐賀県佐賀市川副産のアサリの成長線間隔を腹縁から殻頂に向けて読み取り累加したものをグラフ化したものである。有明海のアサリは3年間でほぼ3cmに成長するので、1日あたりの平均成長量はおおよそ $2.74 \times 10^{-3}\text{cm}$ となる。得られた成長速度の大きさはこの値とほぼ同等である。また、成長線間でほぼ3cmに成長するので、1日あたりの平均成長の20本目あたりから成長速度がしばらく低下している。水温の上昇期であるので、別の理由があると思われる。



図—1 アサリの成長状況比較
(2012年5月6日佐賀市川副産)

2011年4月6日に採取した佐賀県藤津郡太良町産のアサリで計数できた成長線の総本数は720本であった。これは、殻長部の外殻は溶解・薄肉化する可能性があり、殻頂まで読み取れないことによる。読み取り最終点までの外周距離は2.2cmであったので、成長線の平均間隔は $3.06 \times 10^{-3}\text{cm}$ である。また、図2にこの成長線の間隔を読み取ったものを示す。この図の150本目から270本目までと500本目から読み取れた最後の720本目にかけて高い成長部分を読み取れた。

図—2 成長線の長期分布 (2011年4月6日採取の佐賀県太良町産のアサリ)



有明海の水温はノリ養殖期（10月-3月）のみ水産海洋技術センターにより観測されている。長期の水温を推定するために、この記録と気象庁の過去の気象データと成長線を比較すると、沿岸浅海域では最低気温と最低水温になる日にほぼ差がないことが判明した。2011年の最低水温は2月1日で水温5.5℃（次の観測日は2月4日で7.4℃）、気温は2月3日の0℃であった。このことにより、有明海では貝殻の成長線が水温（気温）に連動していることが明らかになった。

(2) 貝殻の溶食

有明海のCaイオン濃度は大牟田川地先（福岡県観測点 St.8）において平成23年の平均で364mg/Lである。海水中でのCaイオン濃度は過飽和であるので化学的に溶解することはなく、生物の付着繁殖による溶解、外力による破損などが主原因である。そのため、佐賀県海洋技術センターの六角タワー直下の水底にアサリを相互に接触しないようにプラスチックネットで包み、容器に収納しタワー基礎に固定した。このサンプルを適宜回収し減少質量を算定した。その結果を表1に示す。アサリの貝殻は有明海では力学的な衝撃、付着生物による溶食作用により年率17%で損耗した。この割合で進行すると10年後の残存率は13%となる。したがって、海底面に露出して存在している貝殻も損傷・破壊し徐々に細粒化している。埋没している貝殻を利用すれば20-30年は遡ることが可能と推定される。

表-1 有明海におけるアサリ貝殻質量の減少（25個平均g）

	年月日	経過 日数	投入 質量	引上 質量	残存 率
投入	2011/6/2	0	—	—	—
引上	2011/8/30	89	1.782	1.711	0.96
	2011/10/12	131	1.693	1.565	0.92
	2012/1/30	241	1.637	1.429	0.87
	2012/3/20	290	1.641	1.391	0.85
	2012/8/31	454	2.072	1.541	0.74
投入	2011/8/30	0	—	—	—
引上	2011/10/12	43	1.448	1.417	0.98
	2012/1/30	153	1.693	1.594	0.94
	2012/8/31	367	2.512	1.950	0.78

また、実験室で行った同様の試験では、表1-2に示すようにほとんど減少しなかった。

(3) 生息年代の推定

アサリに限らず腹足類の殻における¹⁴Cの存在比率から近年の生育年代を推定することができる。¹⁴Cの半減期は5730年で放射性炭素年代測定法として利用されているが、

表-2 実験室におけるアサリ貝殻溶解速度（5個平均質量g）

	年月日	経過 日数	投入 質量	引上 質量	残存 率
投入	2013/2/10	0	2.516	—	—
引上	2013/4/17	57	2.516	2.507	0.99

1950年代における水爆実験により環境中の¹⁴Cの存在比率が高まったことを利用するものである。大気中の¹⁴Cが植物に吸収され朽ちたのち土壌に移行したり大気に戻る。また、水中の溶け込んだものは最終的に海域に移り生物を構成することになる。したがって、¹⁴Cの濃度は、場所と時代で変化する。そのため、採取年月日の確定しているものを基準としてある地区での検量線を作成し、その地区で成長した未知の貝の生育年代を推定することになる。図-3は採取日（死亡日）の確定している貝殻の $\delta^{14}\text{C}$ の値と標本等を示す。

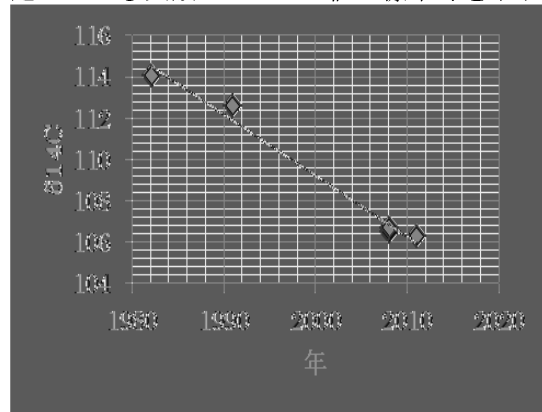


図-3 $\delta^{14}\text{C}$ の年代決定検量線
★は北緯33°07'00", 東経130°16'00"地点で採取したアサリの生育年代推定結果

この値を用いて作成した検量線と湾奥海岸線から南に10kmの地点（北緯33°07'00", 東経130°16'00"）地点にて採取したアサリの破片の推定年代を図-3上に★で示す。この結果から、有明海ではアサリとサルボウの1980年以降現代までの時代推定がほぼ可能であることが解る。

(4) 考察

水域の環境を貝殻の成長線から推定する手順は、取得した貝殻の生育年代の推定、その生育年における貝殻に記録された時期の推定、成長線の読み取り、気象データ等との比較による水象の貝殻への記憶内容の推定となる。これらのうちの成長線の読み取りとその内容が意味するものの推定に際しては、時間的に長期にわたり遡れるようにする必要がある。そこで、先ず、過去の水象の推定について考察する。図-2で、最低の成長量が現れる50本目を最低水温の2010年2月1日とすると、次の最低の成長量となる361本目まで311本あり、この間を365日とすると一日当たりの成長線数は0.85本となる。採取日(死亡日)が4月6日であることから2月1日からの経過日数65日に0.85を乗じると55本となりこの仮定に大きな矛盾は見られない。気象データから2009年6月23日から24日に台風が有明海周辺を通過しているため、2月1日から143日後の122本目、つまり483本目付近の成長が遅くなった部分がストレスを受けたと説明できる可能性が高い。また、図-1における腹縁から20本目から45本目付近まで成長が停滞しているのがみられるが、採取日が2012年5月6日であり、気象データから2012年4月3日から5日にかけて九州を低気圧が通過したことが解っており、成長線をほぼ1日に0.85本とすると成長速度の低下を時化によると説明できる。

これらの推定には、いくつかの仮定がなされている。成長線生成は自律的成長線生成と外部ストレスによる成長線生成を長期組み合わせた結果として生じ、その場合の平均的値を採用している。この点に関しては、種々の影響要因があるので、実海域において蛍光物質に暴露した貝を飼育試験するなど、さらなる検討が必要である。

残存貝殻に記録された情報と比較的そろっている過去の水象情報や水質情報を組み合わせることにより過去の水域の環境状態が推定可能になると、環境劣化の因果関係を明確にすることができるので、水域の環境再生を科学的に、かつ、効率的に実施できるようになる。あわせて、環境の変化を理解しやすくなる。この手法は全国だけでなく、世界各国に適用可能となるので、水環境再生のみならず生態系保全や生物多様性保全にも資することが可能になるので、さらに検討する予定である。

(5) まとめ

成長線の生成は、自律的生成と外的ストレス(干出、揺動、化学物質負荷など)により生じ、成長線だけでなく成長肋にも外形的に現れている。有明海産アサリの成長線生成は

自律的生成で0.6本/日、干出ストレス下でほぼ1.5本/日であった。しかし、干出ストレス下での成長線間隔の分散は大きい。有明海湾奥部の浅海域では年間平均では0.85本/日となった。

- 1) 成長線生成に明・暗条件は寄与しない。
- 2) 成長線生成は水温に依存し、低水温時には成長線間隔は短くなる。
- 3) アサリの貝殻は有明海では力学的な衝撃、生物による溶食作用により年率17%で消耗した。この状態が継続するときの10年後の残存率は13%となる。
- 4) 有明海湾奥部において貝の生育年代を推定するのに $\delta^{14}\text{C}$ の値を利用できる。
- 5) 成長線解析は水象の推定に有効な手法であるが、化学物質の負荷、貧酸素水塊の発生等水質事象一般の推定にはさらなる検討を要する。

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1件)

- ①. 楠田哲也、壽福 聡、阿野 睦：貝殻の成長線による水環境推定に関する基礎的研究、土木学会環境工学研究論文集、2013 投稿中。

[学会発表] (計2件)

- ①. 壽福 聡、阿野 睦、楠田哲也：貝殻成長線分析を用いた成長線の個体差の検討、日本水環境学会九州支部研究発表会、平成25年3月16日、北九州市立大学

- ②. 阿野 睦、楠田哲也：環境指標となる貝殻の成長線を生み出す原因の検討、日本水環境学会研究発表会、平成25年3月13日、大阪工業大学

[図書] (計0件)

6. 研究組織

- (1) 研究代表者 楠田 哲也

(KUSUDA TETSUYA)

北九州市立大学・国際環境工学部・教授

研究者番号：50037967

- (2) 研究分担者 門上 希和夫

(KADOKAMI KIWAO)

北九州市立大学・国際環境工学部・教授

研究者番号：60433398