

## 酸化還元電位の低い環境でのカキ殻の溶解

山野井英夫

Dissolution of Oyster Shells in Low Oxidation Reduction Potential Seawater

Hideo YAMANOI

キーワード：カキ殻，溶解

炭酸カルシウムとある種の有機質を主成分とする巻貝や二枚貝など貝類の殻<sup>1)</sup>は、一般的な海水環境中では比較的長期間にわたってその形を保つことが経験的に知られており、多孔質で餌料生物培養効果の高いマガキ *Crassostrea gigas* (以下カキ) の殻を利用した人工魚礁の効果も知られている<sup>2)</sup>。

一方、カキ殻を軟泥質の海底に撒布すると、徐々に埋没していくように見えるその過程において、底生生物の現存量を著しく増大させる効果があることが知られ、簡便で効果の大きい底質改良の手法として期待が持たれている<sup>3,4)</sup>。しかし、この種の試みには比較的長い歴史があるものの、実際に海底に撒いたカキ殻が数年で目に見えて少なくなったり、あるいは細片化していくかのように見えることの原因が、波浪等による散逸なのか、破碎、溶解なのか長い間明らかでなかった。

この疑問に実験的に明快な答えを与えることは実はかなり難しい。実際の海底にカキ殻を撒布すると、漁労や遊漁など第三者による予期できない関与の可能性を排除できないし、開放的地形である場合はもちろん、例え閉鎖的な静穏域であっても波浪や潮流の影響は無視できるものではない。また、このような外部因子を排除するため陸上水槽に試験区を設置すると、海洋環境の再現とは言い難い。

また、海水中でカキ殻が溶解するとしても、想定される溶解度は僅少であり、試験には厳密な秤量が要求される。にもかかわらず、あらかじめ洗浄して重量を測定したカキ殻を、泥中に埋めて、一定時間経過後に再び取り出し、洗浄し、再度重量測定するという一連の操作の過程で、脆弱なカキ殻の一部を壊し、流失させてしまう可能性を否定できないことから、溶解か流失かという微妙な問題への答えは得にくかった。

著者は今回、岡山県東部のアマモ場やその周辺において、泥分の多い海底でコアを採取し、-10cm層の酸化還元電位(以下ORP)とpHを測定し、容器内でその環境の一部を再現することで、カキ殻の溶解速度の推定を試みた。その概要を以下に報告する。

### 材料と方法

**米子湾の底質測定** 2003年7月28日、日生町鹿久居島米子湾中央部の海底からダイバーにより海底のコアを採取した。船上で直ちに-10cm層のORPとpHを、pHメーター(堀場, D22)と、試験紙(Duotest, pH5.0-8.0, Macherey-Nagel)を用いてそれぞれ測定した。コアは2回採り、それぞれについて測定を行った。

**pHに与えるカキ殻の影響** 海水(pH8.14)を1.0N濃度の塩酸水溶液でpH5.1に調整し、3本のメジュール瓶に250mlずつ分注した。これに、105°Cで恒量となるまで乾燥させた2×2cm前後のカキ殻数枚約12gを投入し、121°Cで15分間オートクレーブ処理した。次いで、密栓して25°Cのインキュベーターに4週間おいた後、ORPとpHを測定した。対照としてpHを操作しない海水を3本おいて、同様の測定に供した。

**低ORP海水がカキ殻に与える影響** カキ殻が存在する場合、海水の酸性状態を維持することが事実上困難であったことから、ORPのみが低い状態に着目した試験を行った。低いORPを特徴とする細菌培養用のチオグリコール酸塩培地(Difco Fluid Thioglycollate Medium)を海水で調整し(pH8.1)、3本の50ml用メジュール瓶にそれぞれほぼ口切り一杯まで(約65ml)注ぎ入れた。次いで、105°Cで恒量となるまで乾燥させた約4g前後のカキ殻(約2×2cm)を入れて121°Cで15分オートクレーブ処理した。この時、別途測定した冷却後の

ORPは-303mVであった。密栓して25℃のインキュベーターに4週間おいた後、色調に変化がなく、低ORPが維持されていることを確認した。次いで、ガラス繊維濾紙(Whatman, GF/D, 150mm)にカキ殻を流し出し、蒸留水で十分に洗浄し、濾紙ごと105℃で恒量となるまで乾燥させ、濾紙に残ったカキ殻を秤量した。対照には培地成分を含まない無調整の海水を用いた。

### 結果と考察

**米子湾の底質測定** 米子湾における測定結果を表1に示した。底質は弱酸性で、ORPは非常に低かった。この結果は、大多府島沖合の泥質アマモ場がかつて報告した-300mV前後という値<sup>5)</sup>とほぼ同じであり、泥質の海底が共通して強い嫌気状態、つまり低いORP環境にあること、及び弱酸性状態であることが再確認された。

**pHに与えるカキ殻の影響** 実験前後のpHの変化等を表2に示した。ORPがわずかにマイナスのままであったことから密栓状態が維持されていたことがわかるが、試験区のpHはアルカリ側に変動し、中和傾向にあった。炭酸カルシウムが酸に溶解することは一般にも広く知られているが、炭酸カルシウムが中和作用も有することは

細菌培養用培地作製にあっても利用されていることであり<sup>6)</sup>、それがここでもカキ殻で確かめられた。しかし、同時に、海底泥中の酸性状態と低ORP状態という2つの環境を、メジュール瓶などで同時に長期間維持できないこともわかった。

カキ殻の有するこの中和作用が、軟泥海底中で、殻から遠く離れた周辺まで広範囲に強く影響を及ぼすとは考えにくいものの、カキ殻の微細構造内部や、ほとんど接した部分では効果的に作用し、細菌の増殖や、アマモ *Zostera marina* の根毛の成長などに有利に働いている可能性も考えられた。

**低ORP海水がカキ殻に与える影響** 試験に供したチオグリコール酸塩培地は、チオグリコール酸及びシスチンを強力な還元剤として含む細菌用の培地で、極めて低いORPを特徴としている。本培地は空気、すなわち酸素に触れるなり急速にORPがプラス側に向かって変動するので、実験終了時にカキ殻を取り出す作業の後にORPを測定することができなかった。しかし、添加されている指示薬の色調に何ら変化が無かったことから、ORPが低いまま維持されていたことは明らかであった。ここでわかるように、低酸素状態の海水であった対照区では、4週間でカキ殻の減少はわずか0.19%で、実験の誤差、あるいは一般に知られている炭酸カルシウムの溶解度の範囲内と思われたのに対し、低ORP条件にあった試験区の減少率は平均1.79%に達した。

この結果は、海水だけでは低ORP環境を維持できないのでやむなく用いた細菌用培地という特殊な条件下で得られた値であり、海底環境とは厳密には異なる。ただ、4週間で1.8%という減少率は、カキ殻が約1年で元の約80.4%、2年で64.7%、3年で52.0%にまで減少することを示唆しており、実はカキ殻撒布海域における経験値とほぼ合致する。

また、カキ殻の中和作用のために実験そのものが設定できなかったが、海底泥が弱酸性状態にあることも実際のカキ殻撒布海域でカキ殻の溶解を一層促進しているこ

表1 米子湾の底質環境 (2003年7月28日)

-10cm層		
	ORP	pH
1回目	-332	5.0
2回目	-252	5.0

表1 米子湾の底質環境 (2003年7月28日)

-10cm層		
	ORP	pH
1回目	-332	5.0
2回目	-252	5.0

表3 低ORP環境下におけるカキ殻の溶解

	カキ殻重量			平均(%)
	開始時(g)	終了時(g)	差(%)	
試験区(-303mV)	3.947	3.934	-0.013 (-0.33)	1.79
	3.978	3.880	-0.098 (-2.46)	
	4.477	4.366	-0.111 (-2.48)	
対照区(65mV)	4.828	4.820	-0.008 (-0.17)	0.19
	4.956	4.944	-0.012 (-0.24)	
	4.751	4.744	-0.007 (-0.15)	

とは疑いようがない。カキ殻のもつ餌料培養効果を利用するため、海底へのカキ殻撒布を実施した場合、数年おきに追加撒布するなどの維持管理方策が必要であろう。

#### 文 献

- 1) 椎野季雄, 1969: 水産無脊椎動物学, 培風館, 345pp.
- 2) 野田幹雄・田原 実・片山貴之・片山敬一・柿元 皓, 2002: 内部空隙をもつ管状基質が無脊椎動物, 特に魚類餌料動物の加入に与える効果, 水産増殖, 50, 37-46.
- 3) 山野井英夫・小橋啓介・難波洋平・小見山秀樹・尾田 正・藤澤邦康, 2005: 軟泥干潟の底生生物相に及ぼすカキ殻粉末撒布の影響, 岡山水試報, 20, 22-25.
- 4) 山野井英夫・難波洋平・小見山秀樹・植木範行・尾田 正・藤澤邦康, 2005: 軟泥域潮下帯の底生生物相に及ぼす粗粉碎カキ殻散布の影響。岡山水試報, 20, 26-28.
- 5) 山野井英夫, 2004: 岡山県大多府島沖におけるアマモ根圏細菌叢の周年変化, 岡山水試報, 19, 11-12.
- 6) 坂崎利一, 1978: 新細菌培地学講座下巻, 近代出版, 431pp.