

貝殻のイオン濃度と成長の研究

慶應義塾高等学校 3年

S.I. K.K. A.K. H.T. K.T.

概要

国産ホタテガイの貝殻から粉末を採取し、原子吸光分析装置を使って Na・Mg・Ca のイオン含有量を分析した。貝の産卵期から年輪は 3 ~ 4 月ごろ形成されると考え、Na・Mg のイオン量推移のグラフと照らし合わせ、貝殻の一年間のイオン量変化を調べた。その結果、貝の生態に伴う貝殻のイオン量変化と海水のイオン成分の変化に関連があることが証明された。逆に貝殻のイオン変化を調べれば海水の成分を知ることができる。また補足として、Na・Mg のグラフは逆相関を示したが、これは Na が貝殻に入り込む隙間の大きさが貝殻を構成する $MgCO_3$ と $CaCO_3$ で異なるので、 $MgCO_3$ と $CaCO_3$ の構成比によって含まれる Na の量が変化するためである。

はじめに

<貝の生態について> この実験の分析材料の貝は国産のホタテガイである。ホタテガイの生態について調べると、ホタテガイの産卵は水温が 8 ~ 9 の時に起こる。今回の分析材料を国産ホタテガイの主要な養殖場である陸奥湾産と仮定すると、陸奥湾の年間の水温から材料のホタテガイの産卵期は 3 ~ 4 月であると考えられる。

ホタテガイの年輪は、産卵時のエネルギーの大量消費により貝殻の成長率が低下するために形成される。よって貝の年輪ができるのは産卵の時期だという生態を前提にして、貝殻中の成分の変動と時期の関係を明らかにするためにこの研究を行った。

<貝殻の成分について> 貝殻の主要な成分は $CaCO_3$ である。ただし Ca の代わりに、同じ 2 価の陽イオンである Mg が混入することもある。



分析材料

国産のホタテガイ（縦12.5cm、横13.5cm）

産卵 水温が 8 ~ 9

産卵期 3 ~ 4 月（陸奥湾）

方法

分析材料のホタテガイには 2 本の年輪が確認できたので、その年輪に線を入れた。その 2 本の年輪の入れた線の間を 4 等分し、年輪に沿う

ように線を入れた。それと同じ間隔で残りの部分にも線をいれ、貝全体を 12 等分した。その際、貝殻のちょうどがい側から 1, 2, 3...とナンバリングした。

12 等分した 1 つ 1 つの部位をドリルで粉末状にし、約 0.2 グラムずつ採取してサンプルを 12 個採取した。取ったサンプルを 3.5% の硝酸に溶かし、原子吸光測定機を用いて、Ca, Na, Mg の各イオン濃度を測定した。

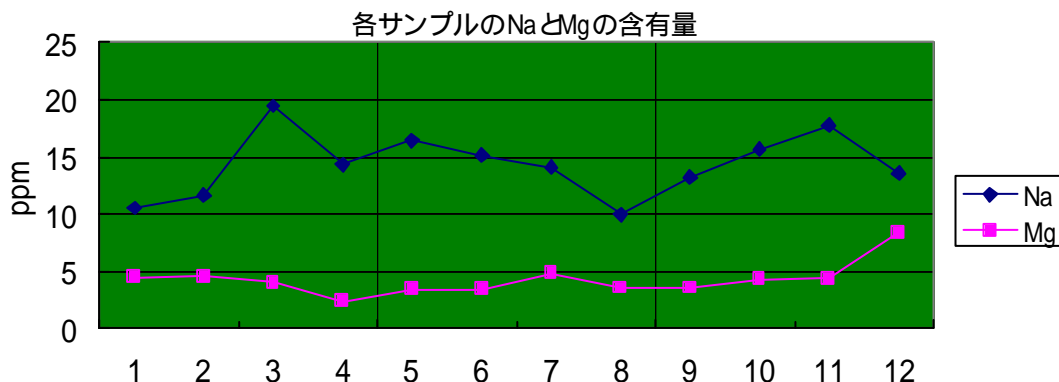
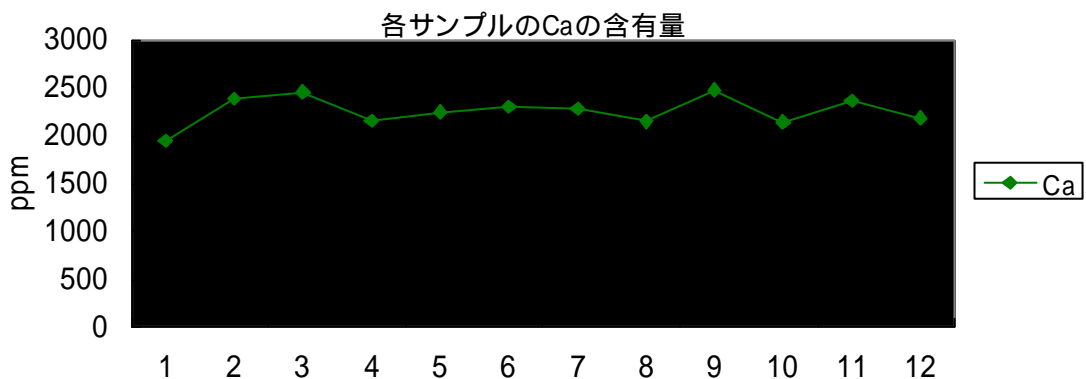
さらに、年輪の前後を詳しく分析するために、年輪を挟んだナンバー 4 と 5、8 と 9 をそれぞれ 2 等分し、方法 2 と同じように成分分析を行った。その際サンプルのナンバリングは、ちょうどがい側から 4-1、4-2、5-1、5-2、8-1、8-2、9-1、9-2 とした。

結果

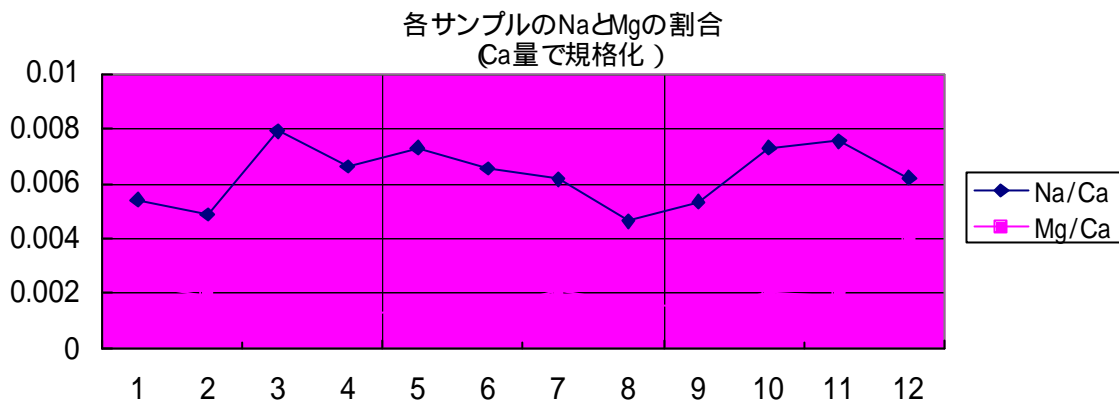
表 各サンプルのイオン含有量

sample No	Ca(ppm)	Na(ppm)	Mg(ppm)	Na/Ca	Mg/Ca
1	1950.1134	10.5592	4.4777	0.0054147	0.0022961
2	2388.5110	11.6262	4.5637	0.0048675	0.0019107
3	2455.7823	19.4371	4.0196	0.0079148	0.0016368
4	2161.7536	14.3120	2.3850	0.0066205	0.0011033
5	2248.1374	16.4301	3.4301	0.0073083	0.0015258
6	2306.4464	15.1372	3.4154	0.0065630	0.0014808
7	2282.0037	14.0879	4.8410	0.0061735	0.0021214
8	2150.9556	9.9968	3.5677	0.0046476	0.0016587
9	2476.1905	13.2450	3.5501	0.0053490	0.0014337
10	2145.9493	15.6532	4.2921	0.0072943	0.0020001
11	2363.0505	17.8111	4.4104	0.0075373	0.0018664
12	2184.0315	13.5587	8.4026	0.0062081	0.0038473

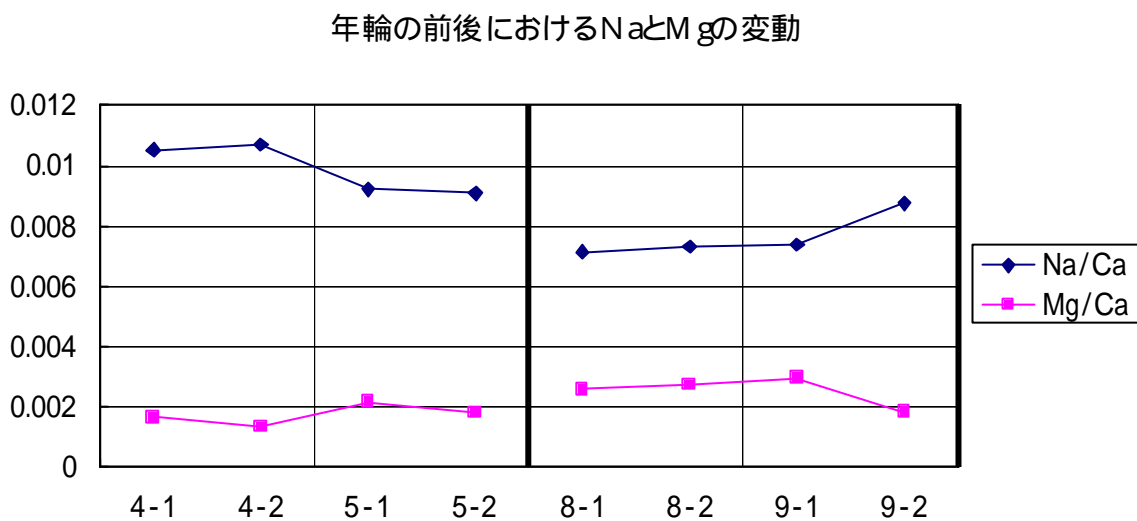
グラフ 1・2 各サンプルの陽イオン含有量



グラフ 3 Ca イオンで規格化した Na と Mg の変動



グラフ 4 年輪の前後における Na、Mg の変動 (Ca で規格化したもの)



サンプルによって酸に溶解した粉末の量に多少の誤差があるため、実験で求めたイオン濃度の変動は貝殻のイオン含有量の変動ではない可能性がある。貝殻は本来 CaCO_3 を主成分としているため、グラフ 1 のようにサンプルによって値が変動するのはおかしい。つまりこれは貝殻粉末を量り取る際に生じた誤差と考えられる。このため、Na や Mg のイオン濃度の変動を表す際には、Ca のイオン濃度で割って規格化することで、サンプルごとの測定値の誤差をなくしグラフ化した (グラフ 3・4)。

グラフ 3 および 4 より、年輪の前で Na の割合が減少し、Mg の割合がやや増加することがわかった。Na と Mg は逆相関になっているが、増減の時期に多少ずれが見られた。

考察

1. 海水中のイオン変動が貝殻のイオンの含有量に影響を与えるメカニズム

ホタテガイは海水中で生活し、必要な元素は海水中から取り込んだり、植物プランクトンや動物プランクトンを摂取して取り込む。植物プランクトンは水中の CO_2 と水を利用して光合成を行い、動物プランクトンは植物プランクトンを摂取するので、海水中の生物はすべて海水を材料としてできていると言われている。貝殻も貝が取り込んだ物質やイオンを用いてつくられるので、海水中のイオンの変動が貝殻中のイオンの変動に影響を与えると考えられる。

2．貝殻の Na イオンの割合が変化する理由

ホタテガイの貝殻に年輪ができるのは、ホタテガイの産卵期である3～4月頃と考えられる。つまり、3～4月頃の海水のイオン成分の変化と、貝殻の年輪付近のイオン成分の変化を比較すれば、海水のイオン成分が貝殻のイオン成分の変化に影響を与えているのかを知ることができる。

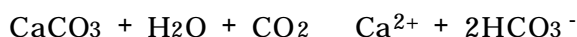
年輪のできるころ、Naの割合は減少している。この時期に起きる海水の変化から、Naのイオン濃度が変化する理由を考えてみる。3～4月頃、ホタテガイの主産地と考えられる陸奥湾のような湾内では、陸地に積もっていた雪が融けて雪融け水として海に流れ込む。海水中のイオン量に変化がないと考え、淡水が大量に流入することによって相対的に海水のNaイオンの濃度は薄まる。

さらに、貝殻を構成する成分は主にCaCO₃であるが、水温の低い冬期にはCaCO₃に含まれるMgCO₃の割合が増加する(後述)。Naが炭酸塩をつくることはなく、主に貝殻を構成する結晶の隙間に入り込んでいたと予想されるが、MgCO₃を含む結晶はCaCO₃だけの結晶よりも隙間が小さく、ゆえに冬には隙間に入り込むNaの量が減るのではないかと考えられる。これはグラフからも読み取れるようにNaとMgが逆相関である理由にもなると言える。

3．貝殻の Mg イオンの割合が変化する理由

次に、Mgの濃度が変化する理由を考える。Mgは貝殻中ではCaCO₃を置き換える鉱物MgCO₃として存在していると考えられる。3月～4月には、雪融け水が陸地から流れ込む。その際に通過する岩石や土壌からMgイオンを溶かして海に運ぶ。こうして海水中のMgイオンの濃度は上昇すると考えられる。よって、貝殻中のCaCO₃に紛れ込むMgCO₃の量が多くなると考えられる。

CaCO₃については水温の変化によって溶解度が変化することも知られている。CaCO₃が溶解する化学反応式は以下のように表される。



この化学反応式は、海水中のCO₂の量が増えると平衡が右に移動し、CaCO₃が溶解することを意味している。冬期は海水温が低下し、CO₂の溶解度が増す。よって、冬につくられた貝殻の成分には他の時期に比べてCaCO₃の量が減少し、相対的にMgCO₃の含有量が多くなると考えられる。このことはグラフからも読み取れる。

以上のように、3～4月頃の海水イオンの変化の理由を考察したが、これは材料の産地と推定される陸奥湾が内湾であるために起こると考えられることである。遠洋では海水のイオン濃度は常に一定に保たれるため、陸から影響の大きい内湾でのみ上記の理由は通用すると思われる。

まとめ

分析に使用したホタテガイの貝殻では、年輪の前後でMgイオンが増えNaイオンは減るといった変動が見られた。このホタテガイが生息した陸奥湾では、3～4月は海水中のMgイオンが増えNaイオンは減ると考えられ、貝殻のイオン成分がそれと同様の変化をしていると考えられる。よって海水中のイオン成分の変化は貝殻のイオン成分の変化に影響を与えていることがわかった。また、貝殻のイオン成分の変動を調べることで、その貝が生息した海の化学成分

を知ることができる。このことを応用すれば、化石の貝に含まれる成分を調べることで、その貝が生息していた大昔の海水の成分を知ることができるかもしれない。

謝辞

慶應義塾大学工学部鹿園研究室の荒川貴之さんおよび研究室の皆さんには、実験を色々サポートしていただき、また研究室の原子吸光分析装置などの高度な実験機材を使わせていただき、その結果精度の高い実験結果を得ることが出来た。また、武蔵工業大学講師の荻谷宏さん、神奈川県生命の星・地球博物館の平田大二さん、佐藤武宏さんには、この実験の考察に的確なアドバイスをいただいた。ここに深く感謝申し上げます。

参考文献

「リズムカルな地球の変動」 増田富士雄著 岩波書店 1993年
<http://www.pref.miyagi.jp/suisan-resc/kensyu/dentohotate.html> ホタテガイの生態について