

酸性化海水がサンゴの石灰化および骨格の微量元素比に与える影響

2010年3月 自然環境学専攻 086613 小崎 沙織

指導教員 教授 川幡 穂高

キーワード ; 造礁サンゴ、海洋酸性化、 $p\text{CO}_2$ 、石灰化、微量元素

I. はじめに

産業革命以後、人為起源による大気中への二酸化炭素放出量の増加によって、地球温暖化と共に海洋酸性化が重要な問題となっている。海洋酸性化とは、大気中の二酸化炭素が海水に溶け込むことで二酸化炭素分圧 ($p\text{CO}_2$) が上昇し、海水のpHが低下する現象である。酸性化は炭酸カルシウムに対する飽和度も低下させるため、炭酸カルシウム骨格を形成する海洋生物に大きな影響を及ぼすと危惧されている。特に熱帯域から亜熱帯域に生息する造礁サンゴは、多様な生物の生息場を与え豊かな生態系を形成するサンゴ礁域の基盤生物であり、サンゴの石灰化はサンゴ礁生態系にとって重要な役割を担っている。これまでに造礁サンゴ類に対する海洋酸性化の影響について多くの研究結果が報告されているが、対象サンゴ種、実験期間、実験条件等の違いによって異なる結果が報告されている。また、成体に比べサンゴの初期生活段階に対する影響についての研究は少ない。

一方、サンゴ骨格は高解像度で長期の環境記録を保持していることから、古環境復元のプロキシとしての有用性が期待されている。特に骨格中に含まれる微量元素は、骨格形成時の海洋環境を反映しているため、近年多くの研究が進められている。しかし、海水の $p\text{CO}_2$ がサンゴ骨格中の微量元素組成にどう作用するかについては未だ明らかにされていない。

本研究では、環境を精密に制御した飼育実験を行い、将来予測される海洋酸性化に対する造礁サンゴの石灰化の影響を評価すること、およびサンゴ骨格中の微量元素が海水の $p\text{CO}_2$ の間接指標として有用であるかを検証することを目的とした。

II. 材料と方法

南西諸島のサンゴ礁域に広く分布するコリンポーズ型の枝を持つ群体のコユビミドリイシ *Acropora digitifera* と塊状群体のハマサンゴ *Porites australiensis* を対象サンゴ種とし、採集は沖縄本島北部瀬底島で行った。コユビミドリイシは、骨格形成初期である幼生定着後の幼サンゴと成体を用いた。二酸化炭素ガスの添加によって海水の調整を行い、コユビミドリイシは海水の $p\text{CO}_2$ を 300、400 (control)、600、800、1000ppm の 5 段階、ハマサンゴは pH7.4、7.6、8.0 (control) の 3 段階に設定し、水温 (27°C) および光量一定の環境下で流水系の室内水槽飼育を行った。幼サンゴは飼育後に骨格重量の測定を行い、成体サンゴは飼育開始前と飼育期間中および終了後に水中重量法によって骨格成長率を求めた。また、成体サンゴに関しては光合成パラメータ (光合成活性指数、褐虫藻密度、クロロフィル量) の測定も行った。飼育終了後、骨格から組織を剥離した後、誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) によって骨格中の Mg/Ca 比、Sr/Ca 比、Ba/Ca 比および U/Ca 比の測定を行った。

III. 結果と考察

3.1 酸性化海水が造礁サンゴの石灰化に及ぼす影響

酸性化海水中で飼育した4週間後のコユビミドリイシの成体の骨格成長率は $p\text{CO}_2$ による変化は見られなかったが、飼育10日後の幼サンゴの骨格成長量は $p\text{CO}_2$ の上昇に伴い有意な減少が見られた(ANOVA, $F_{4,299}=9.97$, $p<0.05$, *post hoc* Tukey-HSD test, Fig.1)。成体の光合成パラメータの結果からは、実験前後および $p\text{CO}_2$ の変動による光合成の変化は見られなかった。今世紀末に予測される海洋酸性化環境下では、コユビミドリイシの石灰化に関して、成体はそれほど影響を受けないが、共生藻を持たない幼サンゴの石灰化に影響を及ぼす可能性が示唆された。低 $p\text{H}$ の海水環境下で飼育した8週間後のハマサンゴの骨格成長率は、 $p\text{H}$ の低下に伴って有意な減少が見られ(ANOVA, $F_{3,89}=21.24$, $p<0.05$)、光合成活性指数も低下したことから共生藻への影響も確認された。また群体によって成長率が異なったことから、種内間で酸性化に対する応答が異なることが示された。外的ストレス耐性の強い塊状ハマサンゴでも、強い酸性化環境下では影響を受けることが示されたので、今後は近未来の酸性化環境下で評価を行うことが重要である。

3.2 酸性化海水が骨格の微量元素に与える影響

コユビミドリイシ幼サンゴの各微量元素は、 Ba/Ca 比と $p\text{CO}_2$ とに相関が見られたものの、他の微量元素に関しては $p\text{CO}_2$ と骨格成長量に対する変動は見られなかった。成体サンゴの微量元素では、 Mg/Ca 比に $p\text{CO}_2$ との相関が見られたが、骨格成長速度との依存性も見られ、先行研究との整合性が示された(Reynaud et al., 2007)。また Sr/Ca 比は、 $p\text{CO}_2$ と骨格成長率に依存性が見られなかったため、これまで知られている水温指標としての信頼性が高まった(Beck et al., 1992)。一方、成体のコユビミドリイシとハマサンゴの U/Ca 比と $p\text{CO}_2$ ($p\text{H}$)に有意な相関が見られ($r^2=0.17$, 0.79 , $p<0.05$)、海水の $p\text{CO}_2$ の指標としての有用性が示唆された(Fig. 2)。しかし、5群体の試料を用いたコユビミドリイシの値はばらつきが大きく、一方で1群体のみの結果であるハマサンゴはきれいな相関が見られたことから、群体の違いによるばらつきを考慮する必要があり、試料数を増やした追試およびさらなる考察を行う必要がある。

IV. 引用文献

Beck, J.W. et al. (1992) : Science, 257, 644–647; Reynaud, S. et al. (2007) : Geochim. Cosmochim. Acta, 71, 354–362

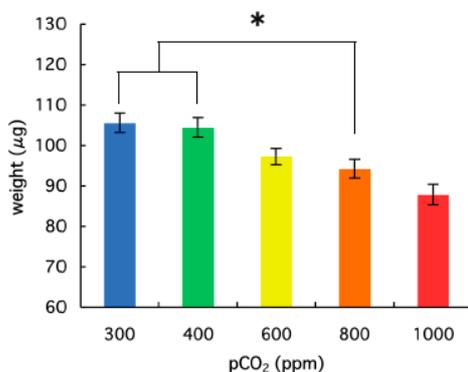


Fig. 1 酸性化海水で飼育した10日後のコユビミドリイシ幼サンゴの骨格成長量 (n=60, mean \pm SE, *: $p<0.05$)

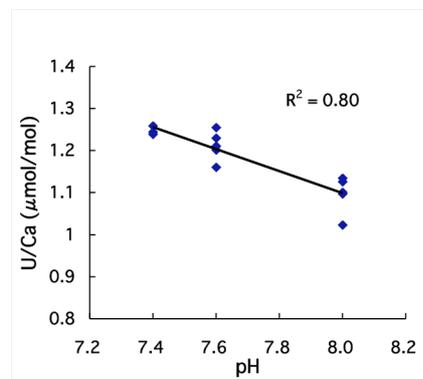


Fig. 2 $p\text{H}$ に対するハマサンゴの骨格中の U/Ca 比

Effects of acidified seawater on calcification and trace elements of coral skeletons

March 2010 Department of Nature Environmental Studies 086613 Saori OZAKI

Supervisor ; Professor Hodaka KAWAHATA

Keywords: hermatypic coral, ocean acidification, pCO₂, calcification, trace elements

I. Introduction

The rising CO₂ concentration in the atmosphere is changing the carbonate chemistry of the ocean. Elevated partial pressure of CO₂ (pCO₂) has caused significant decrease in surface seawater pH and carbonate ion concentration. Therefore, ocean acidification has a negative effect on calcification of marine calcifying organisms. Especially, hermatypic corals are basic animals in coral reef ecosystems, so their calcification is a key to determine the health of reef ecosystems. Many researches have been studied on coral calcification, but the results of these studies have been differed from species, culture experiment periods and experiment conditions. In addition, the growth of the skeleton of polyp corals has been little studied.

On the other hands, the geochemical compositions preserved in the coral skeleton are used to reconstruct the past marine environments. Although trace elements of coral skeleton have been used as proxies for marine environment, such as sea surface temperature and upwelling, factors, it has been little studied on the relationship between seawater pH and trace elements of coral skeleton.

The aim of this study is to clarify the effects of acidified seawater on coral calcification and incorporation of trace elements into coral skeleton by rearing experiment with controlled environment factors.

II. Materials and Methods

Colonies of *Acropora digitifera* and *Porites australiensis*, which are the dominant species around the Ryukyu Islands, were collected at Sesoko Island, in the northern part of Okinawa, Japan. We reared polyp corals and adult coral nubbins of *A. digitifera* in seawater with different pCO₂ settings (300, 400, 600, 800, 1000ppm), and adult coral nubbins of massive *P. australiensis* in seawater controlled different pH settings (7.4, 7.6, 8.0) controlled by CO₂ bubbling. Calcification rate of adult coral was calculated by weighting coral nubbins following buoyant weight technique once a week during the period of experiments, while skeletal growth of polyps was evaluated by measuring the dry weight of each skeleton at the end of experiments. Photosynthesis parameters are measured both during and after experiments. The ratios of trace elements (Mg/Ca, Sr/Ca, Ba/Ca and U/Ca) in coral skeletons were analyzed by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS).

III. Results and Discussion

3.1 Effects of acidified seawater on coral calcification

The results of *A. digitifera* showed that the growth rate of adult corals had no significant correlation against pCO₂, but dry weight of polyp skeletons decreased with increase in pCO₂ (ANOVA, $F_{4, 299} = 9.97$, $p < 0.05$, *post hoc* Tukey-HSD test, Fig. 1). In addition, photosynthesis parameters (maximum quantum yield of PS II, zooxanthella density, and chlorophyll) of adult coral had no significant correlation with pCO₂. Under ocean acidification predicted in the end of this century, skeletal growth of polyp corals of *A. digitifera* before acquiring zooxanthella may be affected. Growth rate of *P. australiensis* typically showed a positive correlation with pH (two-way ANOVA, $F_{8,89} = 21.24$, $p < 0.05$), and maximum quantum yield of PS II, as well. However, growth rates were different among colonies, suggesting that their responses to acidification varied among the colonies.

3.2 Effects of acidified seawater on trace elements of coral skeleton

Trace elements of polyp skeletons of *A. digitifera* showed no significant correlation against pCO₂ and skeletal weight, except for Ba/Ca. Mg/Ca of adult coral of *A. digitifera* were significant correlation with pCO₂ and growth rate, which corresponds to Reynaud et al. (2005). In contrast, the relationship between Sr/Ca and both pCO₂ and growth rate was negligible. Therefore, Sr/Ca is expected to be a robust proxy for seawater temperature, as suggested previously (e.g. Beck et al., 1992). On the other hand, U/Ca of adult corals of *A. digitifera* and *P. australiensis* showed a positive correlation with pCO₂, suggesting that U/Ca in corals may be useful as a proxy for seawater pCO₂ (pH), although more experiments should be required.

IV. Reference

- Beck, J.W. et al. (1992) : Science, 257, 644–647
- Reynaud, S. et al. (2007) : Geochim. Cosmochim. Acta, 71, 354–362

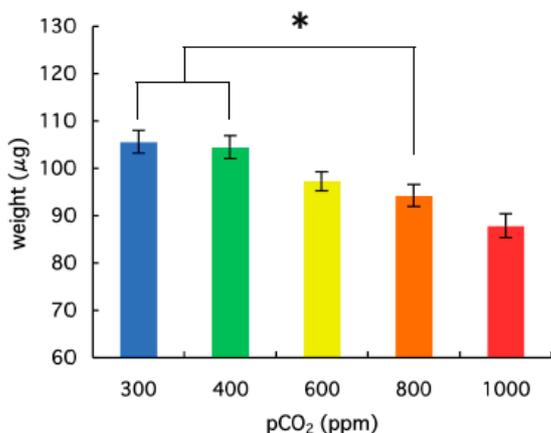


Fig.1 Skeletal growth of polyp corals of *A. digitifera* vs. pCO₂ (mean ± SE) n=60, * :p<0.05 (Tukey-HSD test)

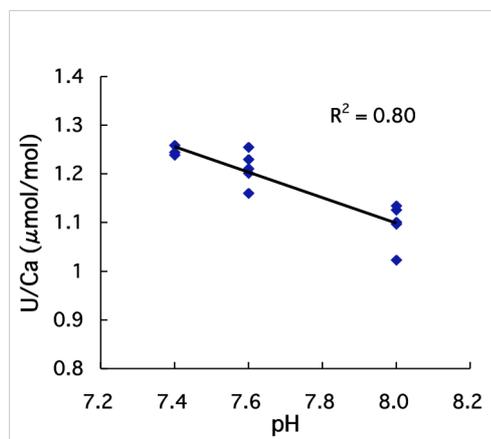


Fig.2 U/Ca ratios in the skeleton of *P. australiensis* as a function of pH