

「環境低負荷型の社会システム」  
平成 8 年度採択研究代表者

## 茅根 創

(東京大学大学院理学系研究科 助教授)

### 「サンゴ礁によるCO<sub>2</sub>固定バイオリアクター構築技術の開発」

#### 1. 研究実施の概要

サンゴ礁は、光合成・石灰化を通じてすべての生態系の中でもっとも活発に炭素循環に関わっている。本研究の目的は、サンゴ礁における炭素収支の評価を行なうとともに、サンゴ礁における炭素循環メカニズムに基づいて、生態系を活用したCO<sub>2</sub>制御技術を提案することである。これまでに、サンゴ礁海域における炭素循環評価のための計測システムを開発し、裾礁型サンゴ礁である石垣島においてCO<sub>2</sub>、炭酸系、物理量などの1年間の通年観測に成功した。観測結果によって、サンゴ礁の群集代謝と物理環境の変動に伴ってCO<sub>2</sub>がどのように吸収・放出されるかが明らかになった。現在、堡礁型サンゴ礁の典型であるパラオ諸島において、連続観測を進めている。今後は、これらの成果をまとめ、サンゴ礁の評価・診断手法を開発するとともに、サンゴ礁生態系・炭素循環モデルを構築し、CO<sub>2</sub>制御技術を提案する。

#### 2. 研究実施内容

##### (1) サンゴ礁の類型化と基本プロセス・基本条件の調査

サンゴ礁をその地形条件によって類型化し、典型的サンゴ礁として、琉球列島石垣島(裾礁型)、パラオ諸島(堡礁型)、カヤンゲル環礁(小環礁・卓礁型)を選定し、地形と生物分布、流れなど物理環境の調査を行なった。調査結果に基づいて、サンゴ礁における流れなどの物理環境モデルと物理環境に規定された生物分布モデルを構築した。また生物分布の季節的・経年変化を明らかにして、変化を規定する要因について考察した。とくに1998年夏に起こったサンゴの大規模な白化については、石垣島における白化前後のサンゴ分布の定量的な解析によって、種ごと・群集ごとの白化の程度と白化後の回復過程について追跡調査を実施し、地球温暖化のシミュレーションとも言える白化現象のメカニズムと炭素循環に与える影響を精査することができた。

##### (2) 統合型計測システムの開発と保守・運用

サンゴ礁における炭素収支を評価し、循環メカニズムを解明するために必要な計測項目を検討し、その計測手法を開発した。とくに海水中のCO<sub>2</sub>の連続計測、炭酸系(全炭酸・アルカリ度)の精密計測、炭酸系の連続計測について、従来様々

な制約から実現していなかったこれらの計測手法を新たに開発した。これら計測システムを、その他の炭素循環メカニズムを解析する上で必要な他の物理量（水温，流れ，塩分，光，溶存酸素）とあわせて，統合型CO<sub>2</sub>計測システムを開発し，全長5 m程度のボート（クレスト号）に搭載して，1998年9月から1999年9月まで1年間の連続通年観測の保守・運用に成功した。さらに，島から遠く離れておりボートの係留が困難なパラオ諸島サンゴ礁において連続計測を実施するために，海底に水没設置するCO<sub>2</sub>などの計測システムを開発して，その運転を続けている。これらシステムは，サンゴ礁だけでなく，大型船の入れない沿岸域の炭素収支の評価一般に適用可能なものである。

### (3) 石垣島における炭素収支の通年観測

クレスト号によって，1998年9月～1999年9月まで1年間のCO<sub>2</sub>変動の通年連続観測に成功した（図）。サンゴ礁海水中のCO<sub>2</sub>濃度は，日中 200 μatm から夜間 600 μatm まで，きわめて大きな日周変動を繰り返している。基本的に，日中の低下は光合成に，夜間の上昇は呼吸に対応している。さらに冬期には全体としてCO<sub>2</sub>濃度が低く，下記には高いという明瞭な季節変化がある。こうした季節変化には，水温の直接的な要因と，光合成・石灰化・呼吸などの生物代謝が季節的に異なるという生物的な要因との両方が関わっている。



図 1998年9月～1999年9月の石垣島サンゴ礁海水のCO<sub>2</sub>分圧変化

通年観測期間中5回、集中観測を行なった。通年観測開始時の1998年9月における白保サンゴ礁群集の純光合成生産は40-120 mmolC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>、石灰化生産は170 mmolC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>である。光合成生産は低めで、その直前に発生したサンゴ白化の影響が現れている可能性がある。白化によって、生物群集構成の変化によるサンゴ礁のCO<sub>2</sub>代謝の変化という大規模な現場実験の機会が得られ、モデルの構築に組み込むことができると考えている。

### 3. 主な研究成果の発表（論文発表）

茅根 創・波利井佐紀・山野博哉・田村正行・井手陽一・秋元不二雄：琉球列島石垣島白保・川平の定測線における1998年白化前後の造礁サンゴ群集被度変化．*Galaxea: JCRS.*, 1 (1999), 73-82.

Kayanne, H., Kudo, S., Hata, H., Yamano, H., Nozaki, K., Kato, K., Negishi, A., Saito, H., Akimoto, F., Kimoto, H.: Monitoring system for changes in coral reef water pCO<sub>2</sub> and community metabolism. *Proc. 2nd Int. Symp. CO<sub>2</sub> in the Oceans*, (1999) 407-411.

Nozaki, K., Kimoto, H., Kudo, S., Kato, K., Negishi, A. and Kayanne, H.: Development of continuous monitoring system for total inorganic carbon and total alkalinity in seawater: Application to coral reef environments. *Proc. 2nd Int. Symp. CO<sub>2</sub> in the Oceans*, (1999) 555-558.

Saito, H., Kimoto, H., Nozaki, K., kato, K., Negishi, A. and Kayanne, H.: Comparative experiment of pCO<sub>2</sub> measuring instruments in coral reef environments. *Proc. 2nd Int. Symp. CO<sub>2</sub> in the Oceans*, (1999) 573-576.

Yamamuro, M.: Importance of epiphytic cyanobacteria as food sources for heterotrophs in a tropical seagrass bed. *Coral Reefs*, 18 (1999), 263-271.

Yamano H., Kayanne H., and Yonekura N.: Internal structure and late Holocene evolution of Kabira Reef, Ishigaki Island, Southwest Japan. *Proc. IGCP Congress*, (1999), 239-242.

Yamano, H., Kayanne, H., Yonekura, N. and Kudo, K.: 21-year changes of backreef coral distribution: causes and significance. *J. Coastal Research*, 16 (2000) 99-110.

Yamano H., Miyajima T., and Koike I.: Importance of foraminifera for the formation and maintenance of a coral sand cay: Green Island, the Great Barrier Reef, Australia. *Coral Reefs* 19 (2000),51-58.

Iizumi, H. and Yamamuro, M.: Nitrogen fixation activity by periphytic blue-green algae in a seagrass bed on the Great Barrier Reef. *Japan Agricultural Research Quarterly* 34 (2000), 69-73,