

阿嘉島のサンゴ礁における 水質環境

青木 豊明

大阪府立大学工学部

林原 毅

水産庁西海区水産研究所
石垣支所

- クシバルにおける夏季の水質の日周変化 -

An aquatic environment of coral reefs around Akajima Island

- Daily changes in water quality at Kushibaru in summer season -

T. Aoki

T. Hayashibara

はじめに

阿嘉島臨海研究所では、水質環境のモニタリングと、水質とサンゴの生育状況との関係を明らかにする目的で、阿嘉島周辺のサンゴ礁域の水質調査を定期的に実施してきた(木村ほか 1993、林原 1995)。その結果、周年を通しての大まかな変化状況は把握できたが、日周変化、特に浅所のサンゴ群集が経験する日中の高水温や昼夜のDOの変化は調査できていなかった。しかしこれらはサンゴの白化現象など、サンゴ群集の成立とも深く関わっている可能性があり、平常の変化様態を把握することは重要である。

近年、湖や閉鎖性海域においては富栄養化に伴う植物プランクトンの異常増殖によるアオコ、もしくは赤潮の発生がひんぱんになり、社会問題化している。著者の一人の青木は、環境水中の微量化学種の高感度連続定量法の開発に関する研究に携わっており、現在は、アンモニア、亜硝酸イオン、硝酸イオンなどの無機三態窒素の高感度な定量法について研究している(Aoki *et al.* 1983, Aoki 1990, Aoki and

Wakabayashi 1995)。一方、環境水中の炭酸塩の挙動も、地球環境的な視点から注目されているが、著者らは携帯用の水中炭酸塩の連続定量法についても報告した(Aoki *et al.* 1993)。しかしながら、これらの分析法はこれまで主に、湖水や河川水などに適用し(速水ほか 1996、Aoki *et al.* 1996)、海水域への適用はほとんど行ってこなかった。そこで地球温暖化の原因となる炭酸ガスの固定化と、栄養塩類の挙動が十分に解明されていないサンゴ礁において、これらの分析法の適用を試みたので、ここではその一部を報告する。なお、あらかじめ述べておくが、阿嘉島周辺においては栄養塩類の濃度が低く、変化の傾向を捉えがたかったので、以下では主に一般的な水質の日周変化について報告する。

調査地点と測定方法

阿嘉島のサンゴ礁の形は、基本的には裾礁である。調査は、阿嘉島の西岸に位置し、北面に面するクシバルの裾礁域で行った。

第一の調査地点は、クシバル海岸中央部の砂浜から海岸線に垂直に延ばした測線上に設けた(図1)。ここでは礁池は発達せず、干潮時には砂浜から約200mまでの礁原がほぼ全体的に干出する。それより先は縁脚-縁溝構造が発達した礁斜面につながり、縁脚の先端部は水深20mに達して砂底に続く。礁斜面上は造礁サンゴが豊富に繁茂し、その中心はテブル状ミドリイシ類であった。

第二の調査地点は、クシバル礁原の西端に突き出した岩礁(クシバルハナリ)と砂浜の間にある窪み

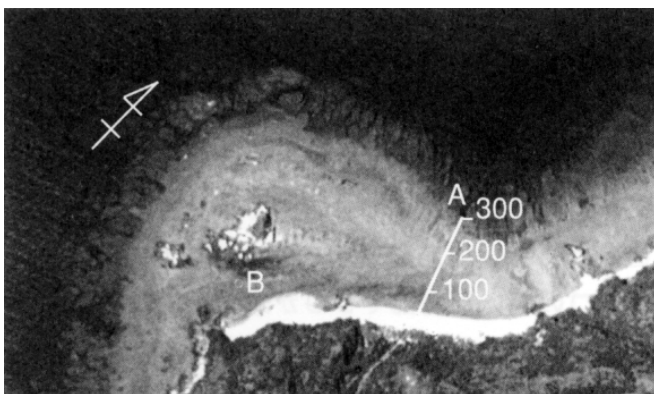


図1. 調査地点であるクシバル(A)とタイドプール(B)
Aにおける距離の単位はm

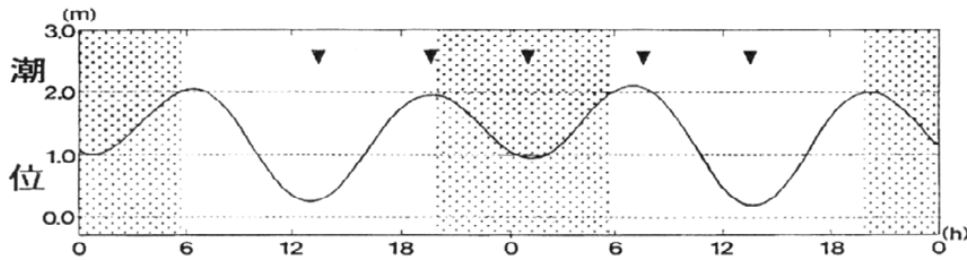


図 2. 1994 年 7 月 8-9 日の那覇の潮位変化 (計算値に基づく) : 測定時、網掛け部は夜間 (日没から日の出まで)

(以下、タイドプールと称する)の中央部に設定した(図 1)。タイドプールは、干潮時には外海から完全に隔離され、最深部の水深は約 4 m 近くになる。

ここでは、大型の塊状ハマサンゴ類をはじめ、エダコモンサンゴ、ユビエダハマサンゴなどの礁池を特徴づけるサンゴ群落が見られた。

現場では、Y S I 社の C T D センサー (Model-3800)を用いて、深度、水温(W T)、p H、溶存酸素(D O)、塩分を測定した。採水はスキングによって行った。水中の全炭酸(T I C)は、現場で密封褐色ビンに採取した水を直ちに阿嘉島臨海研究所に運び、2 時間以内に著者らが報告した方法で定量した。クロロフィル a の定量は、現場で 10 リットルの海水を採取し、直ちにガラスフィルターろ紙(G F F)でろ過したものをアルミホイルに包んで冷暗所に保存し、1 週間以内に U N E S C O 法(水の分析、1981 a)で定量した。全リンは冷蔵保存した水を 1 週間以内に M e n z e l と C o r w i n の報告した方法(水の分析、1981 b)で定量した。硝酸イオン、亜硝酸イオン、およびアンモニアの定量は、採水後、冷蔵保存し、1 週間以内に著者らが報告した方法で定量した。

結果および考察

今回は 1994 年の 7 月 8 日午後 1 時から、6 時間毎に、9 日午後 1 時までの 5 回の調査で得られた結果を主に報告する。この調査時間は、干潮・満潮の潮が交互になるように選んだ。ちなみにこの期間は大潮で、干潮は 7/8 の 13 : 04 (1 回目の測定), 7/9 の 1 : 10 (3 回目), 13 : 41 (5 回目)、満潮は 7/8 の 19 : 37 (2 回目), 7/9 の 6 : 58 (4 回目)であった。

図 2 には、調査期間中の那覇における潮位変化を示した。那覇は阿嘉島に近く、潮位変化の詳細なデータが得られ、クシバルにおいてもほぼ同様な潮位変化を受けると推定される。印は測定時を、網掛け部は夜間を示す。

1. 礁原—礁斜面における水質変化

まず、岸から礁斜面にかけての日中と夜間の干潮時における表層水の水温、D O、p H の水平分布を図 3、4 に示した。測定は基本的には水面下 0.5m で行ったが、干潮時には礁原の大部分が干出したので、水深が 10 ~ 20cm 程度の溝部で行うことになった。

午後 1 時の干潮時には、岸から 150m までの礁原と 200m 沖側とで、水温と D O に顕著な相違が見られた。礁原に残された海水は、水温が 35 以上に上昇し、D O も過飽和の状態となった。礁原部には造礁サンゴ類は少なく、岩盤上をマット状もしくは被覆状の藻類が優先していた。一方、午前 1 時には、礁原部の D O は逆に礁斜面部よりも低くなっているが、これは藻類や動物の呼吸によって酸素が消費されたためであると考えられる。

岸から 250m の地点は礁斜面上に位置し、水深は満潮時において約 5.5m (縁溝部)であった。この辺りの縁脚部には、ミドリイシ類を中心とするサンゴ群体が所狭しと分布している。この場所における水温と D O の垂直分布の経時変化を図 5、6 に示した。これらの図の数値補間は 1 次近似を用いた。図 5 を見ると昼間の干潮時には温度成層構造が現れているが、それ以外では垂直に均一な構造となっている。昼間の干潮時の温度成層時に、サンゴの無い表層部で D O が過飽和になっているのは、礁原からの水温

とDOの高い海水が流れ出しているためと考えられる。一方、9日の午前には、海底付近にDOの低い水塊が現れている。これはサンゴ等の呼吸によってDOの低い水塊が、満潮時に縁溝部に滞留していたことを示していると思われる。

2. タイドプールにおける水質変化

タイドプールの中央部での水温とDOの垂直分布の経時変化を図7、8に示した。図7に示すように昼間の干潮時には、タイドプールが周りから隔離水塊の状態になっているため、表層水温の高い温度成層構造をとっている。満潮時には、成層構造が消失し、充分攪拌されて均一な構造をとっている。一方、DOは図8に示すように昼間の干潮時には全体に過飽和の状態になっている。垂直の成層構造がほとんど見られないのは、酸素の拡散が速く、この程度の水深距離では平衡に達し易いからではないかと推定している。また、真夜中の1時の干潮時の前後には、サンゴおよび共生藻の呼吸によるDOの減少がみられる。図6の結果と比べて、対称的なDOの経時パターンが得られたのは、タイドプールが干潮時に周りから隔離されるためと思われる。他方、クシバルの礁斜面の250m沖では、海流の流れによる水塊の移動や混合によって図6のようなパターンになったと推定される。

3. 栄養塩類の分布

タイドプールの水深1.5mとクシバルの300m沖の水深4mの海水の全炭酸(TIC), pH, DOの経時変化を図9、10に、それぞれ示した。これらいずれの場所においても、昼間の光合成時にはDOが高く、同時にTICが低い。しかし、それらの変化量はタイドプールの場合がより大きかった。それは、先にも述べたように隔離水塊としてその変化が大きく現れたためである。

この両測定場所における全リンはPとして1~2ppb、また硝酸イオンはNとして1~3ppb、クロロ

フィルaは、0.001~0.154ppbの濃度範囲に在った。これらの濃度に関して、いずれも両地点で明白な違いは見出せなかった。また、亜硝酸イオンは1ppb以下で、またアンモニアは2ppb以下で検出されなかった。

いずれの試料水、また現場測定においても塩分測定を行ったが、3.48~3.50%の範囲内にあり、淡水の流入は観測されなかった。今回の測定場所においては、河川水および湧水の流入はないと考えられる。

おわりに

今回のクシバルでの調査から、礁原やタイドプールでは、潮の干満によって水質環境が大きく変動し、生物活動の影響を大きく受けていることが明らかになった。

個々の測定項目に関しては、全炭酸とDO等には顕著な変化の傾向を見出すことができた。これは、この海域でのサンゴの共生藻等による活発な光合成活動に起因すると推定される。クロロフィルの濃度が低いにも関わらず、光合成による炭酸同化が進んでいることは、サンゴの共生藻の影響が強いことを裏付けるものと思われる。しかし、栄養塩類に関しては、サンゴ等の生物活動に起因する動態と関連づけられるものは見出せなかった。これは、これら栄養塩類を採取後、直ちに定量できなかった事によるのか、明らかではない。

著者の一人の青木は、この多様で豊富なサンゴ生態系海域において、栄養塩が低いことに驚きを感じたが、今回を含めた一連の調査からサンゴには非常に効率的な栄養塩の補足機構があると思うようになった。

本研究を遂行するに当たって、財団法人熱帯海洋生態研究振興財団(保坂三郎理事長)の援助を一部受けました。調査および試料の分析には、阿嘉島臨海研究所の下池和幸、木村匡(現、国際水産技術開発)両氏をはじめ、多くの方々の御協力を頂きました。感謝いたします。

引用文献

木村 匡・林原 毅・下池和幸 1993. 阿嘉島のサンゴ礁と水質、沖縄本島との比較(予報). みどりいし, (4):20 - 22.

林原 毅 1995. 慶良間列島阿嘉島周辺の造礁サンゴ類とその有性生殖に関する生態学的研究. 学位論文. 東京水産大学, 123pp.

速水祐一・青木豊明・藤原建紀・向井浩・田中義光 1996. 琵琶湖北湖における内部サ - ジが栄養塩・懸濁物の輸送に与える影響. 陸水学雑誌. 57(1):39-48.

Aoki T., Y. Hayami, T. Fujiwara, H. Mukai, and Y. Tanaka 1996. Nutrient Dynamics in the north basin of Lake Biwa, I. J. Great Lake Res., 22(2) : 331-340.

Aoki T., S. Uemura, and S. Munemori 1983. Continuous flow fluorometric determination of ammonia in water. Anal. Chem. 55 (9):1620-1622.

Aoki T. 1990. Continuous flow determination of nitrite with membrane separation / chemiluminescence detection. Biomedical Chromatography, 4(3):128-130.

Aoki T. and M. Wakabayashi 1995. Simultaneous flow injection determination of nitrate and nitrite in water by gas-phase chemiluminescence. Anal. Chim. Acta, 308 : 308-312.

Aoki T., Y. Fujimaru, Y. Oka, and K. Fujie 1993. Continuous flow determination of total inorganic carbonate in water. Anal. Chim. Acta, 284 : 167-171.

日本分析化学会北海道支部編. 1981a. 水の分析、第3版、化学同人、pp. 362 - 367.

日本分析化学会北海道支部編. 1981b. 水の分析、第3版、化学同人、pp. 360 - 362.

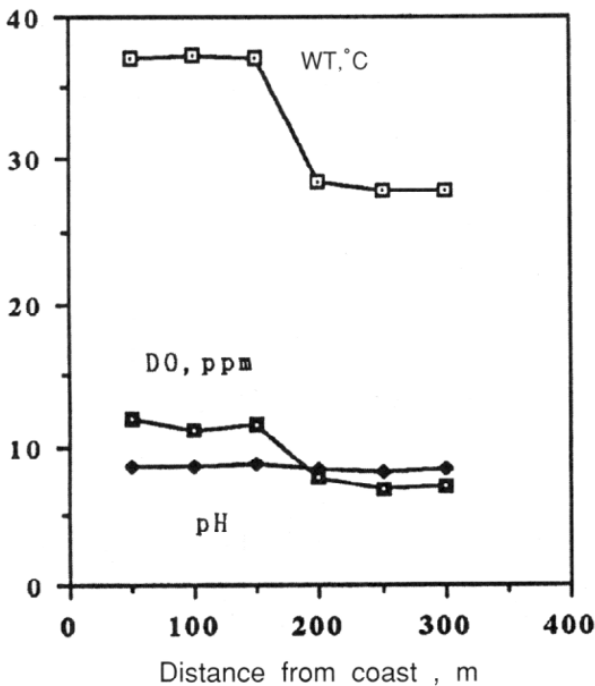


図3. クシバルにおける昼の干潮時の水質の水平分布
1994年7月8日 13:00

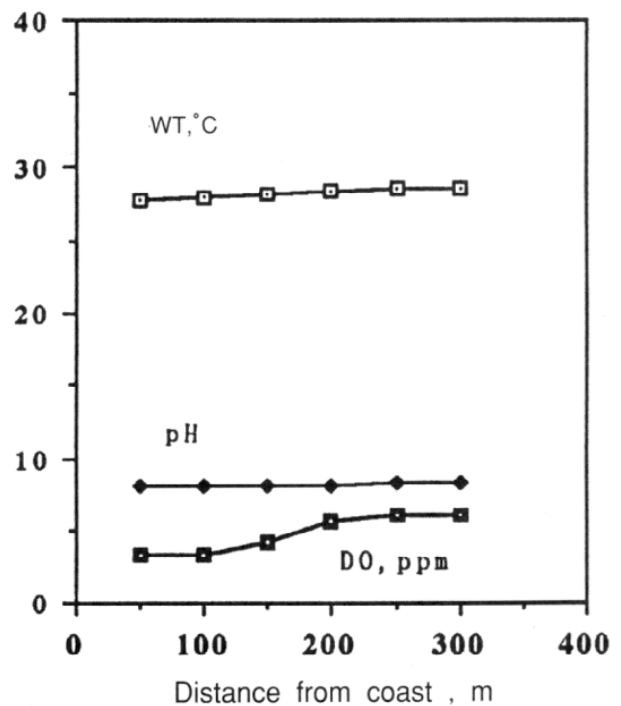


図4. クシバルにおける真夜中の干潮時の水質の水平分布
1994年7月9日 1:00

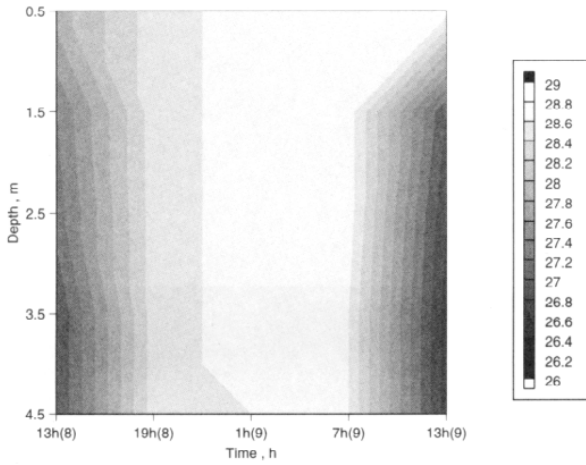


図 5. クシバルの 250m 沖の水温の経時変化
1994 年 7 月 8 ~ 9 日

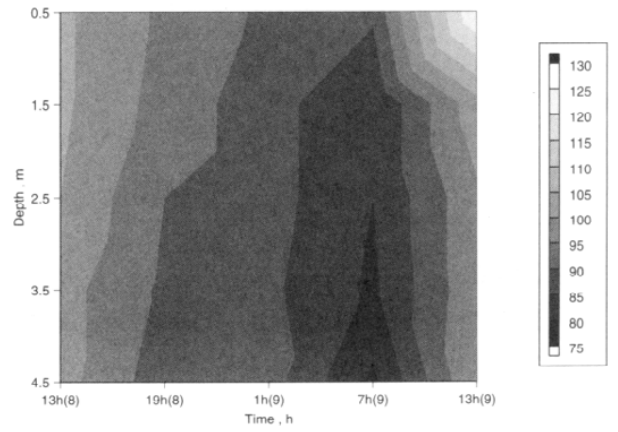


図 6. クシバルの 250m 沖の溶存酸素 (%) の経時変化
1994 年 7 月 8 ~ 9 日

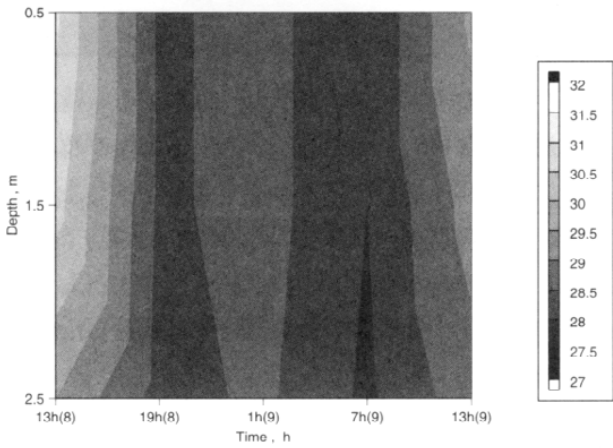


図 7. タイドプールの水温の経時変化
1994 年 7 月 8 ~ 9 日

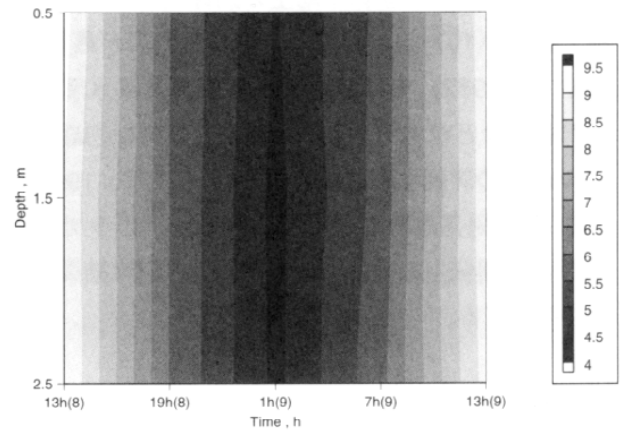


図 8. タイドプールの溶存酸素 (%) の経時変化
1994 年 7 月 8 ~ 9 日

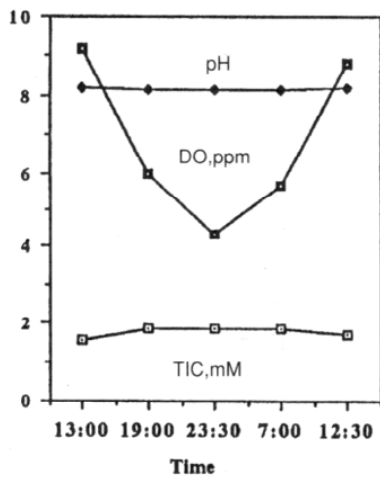


図 9. タイドプールの水質の経時変化
1994 年 7 月 8 ~ 9 日

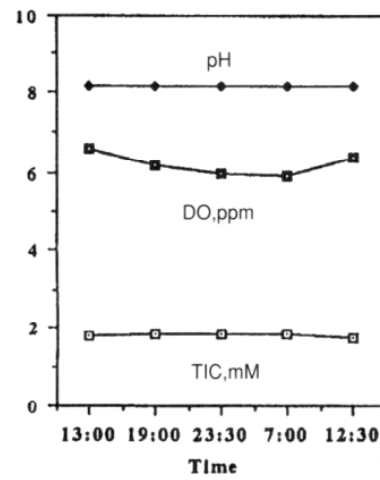


図 10. クシバルの 300m 沖の水質の経時変化
1994 年 7 月 8 ~ 9 日