

内湾性サンゴ種の遷移と海底光量子量の関係

Relationships between the Transition of a Kind of Coral in Inner Bay and Light Photon on a Seabed

中野 晋¹・清水里香²・安藝浩資³

Susumu NAKANO, Rika SHIMIZU and Hiroshi AKI

The transition of a kind of coral from *Acropora tumida* to *Lithophyllon undulatum* was generated in the Takegashima Marine Park which is located in the border of Tokushima Pref. and Kochi Pref. The field observation of light photon on a seabed was conducted in 2006 and 2007 to clarify the cause of the transition. We investigated the method to estimate light photon on a seabed by using sunshiny data of the meteorological observing station on the basis of the results obtained from the observed photon data. We presumed the annual average value of light photon on a seabed and compared it with the habitat distribution of coral. It was clarified that a lot of *Acropora tumida* were living in the area where the amount of light photon was large.

1. はじめに

徳島県と高知県の県境に位置する阿波竹ヶ島周辺海域はエダミドリイシをはじめとするサンゴ生態系が育まれる貴重な場として1972年に海中公園の指定を受けた。図-1は海中公園指定直後の1975年と最近の調査(2003年)によるサンゴの生息分布を示す。1975年はカラーの空中写真からの判読結果と当時の現地調査、ヒヤリング調査を加えて作成したもので、2003年はマンタ法による分布調査結果である。調査方法が異なるため、絶対的な比較はできない点に注意が必要であるが、エダミドリイシが激減し、カワラサンゴが優占する場に変化するなどサンゴ生態系に大きな変化が起きていることは明らかである(竹ヶ島海中公園自然再生協議会, 2006)。そこで2005年9月からサンゴを中心とした自然再生事業「わしずみ王のくに自然再生プロジェクト」がスタートした。この事業の一環として海域のモニタリング調査を2006年から実施している(安藝他, 2007)。この調査で実施した水中光量子の観測からサンゴ群集の光環境特性について検討した。これらの考察を通して、防波堤建設に伴う内湾化が水中の光環境を低下させ、サンゴの種の遷移をもたらしたとする仮説を検証する。

2. 水中光量子の観測

対象海域の竹ヶ島周辺にコンクリート製のモニタリング基盤を設置し、次のように水中光量子の観測を行った。調査期間は2006年の9月13日～10月2日, 10月2日～10月21日, 11月1日～12月12日, 2007年の2月25日～3月28日, 7

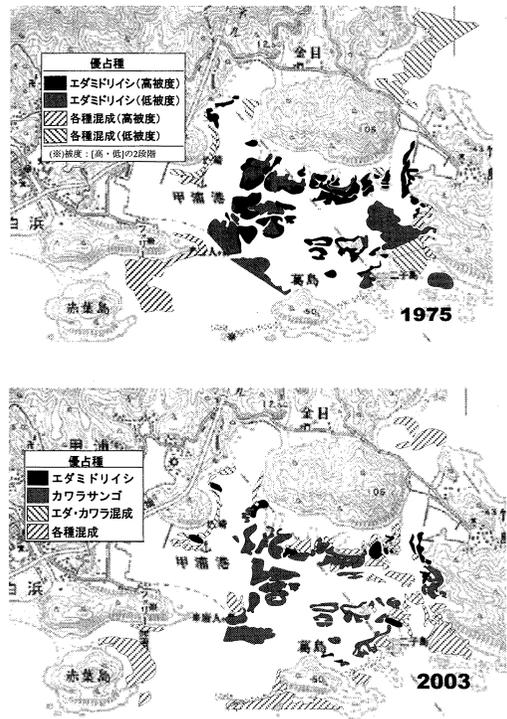


図-1 エダミドリイシの激減
(上側1975年, 下側2003年)

月23日～8月24日である。

図-2に示すように海中公園1号地内のWBとW6の2ヶ所と竹ヶ島の陸上部(W-station)に小型メモリー光量子計(アレック電子, ALW-CMP)を設置した。水中光量子量 I は海面での光量子量 I_0 、海面から水中への透過率 α 、水中内での減衰率 κ を用いると式(1)の Lambert-Beer 則で表される。したがって3箇所観測された毎時の光量子量と潮位(室戸港と小松島港の潮位データから補間)

1 正 会 員 博(工) 徳島大学教授環境防災研究センター
2 学生会員 徳島大学大学院先端技術科学教育部
3 正 会 員 博(工) ニタコンサルタント(株)環境部

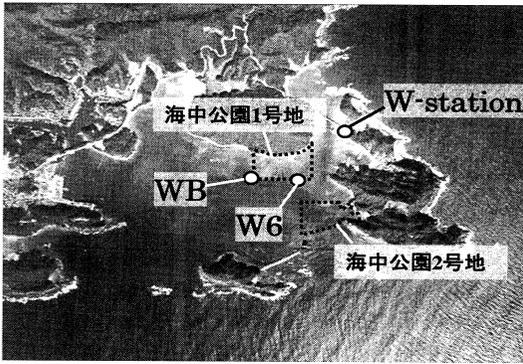


図-2 光量子観測位置

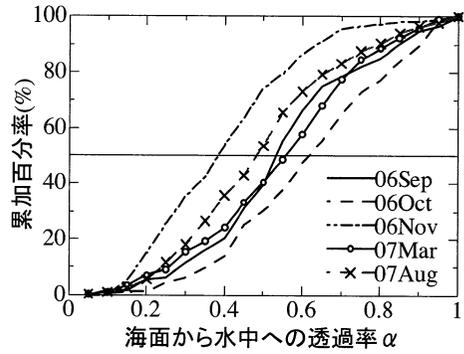


図-4 期間別透過率分布

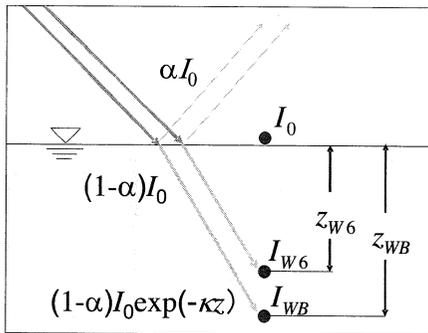


図-3 透過と水中減衰の説明図

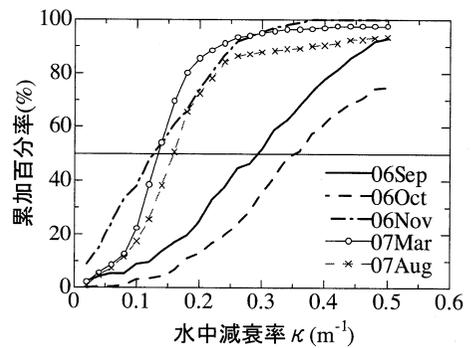


図-5 期間別水中減衰率分布

から、式(2)、(3)により κ 、 α を評価した。なお、近接している WB と W6 で水質は変わらず、図-3 のように I が深度 z にのみ依存すると仮定した。

$$I = (1 - \alpha) I_0 \exp(-\kappa z) \tag{1}$$

$$\kappa = \frac{1}{z_{WB} - z_{W6}} \ln \left(\frac{I_{W6}}{I_{WB}} \right) \tag{2}$$

$$\alpha = \left(\frac{z_{WB} (I_{W6} - I_{WB})}{z_{WB} - z_{W6}} + I_{WB} \right) / I_0 \tag{3}$$

ここで、 I は添字の観測場所に対応する深度 z での水中光量子量である。なお、太陽高度の違いにより、水中透過距離が異なるため、太陽高度による距離補正を行って κ 、 α を算定した。

図-4 と図-5 は各期間の透過率 α 、水中減衰率 κ の分布を累加百分率として表したものである。両者は海面や水

中の状況により逐次変化するため、広い範囲に分布している。海面から水中への透過率は主に海面の凹凸や表面浮遊物質量などに影響を受けると考えられるが、50%中央値は0.38~0.62である。一方、水中減衰率は主に水中懸濁物質量に影響を受けるため、台風期の9月、10月が大きい。一方、これ以外の11月、2月末~3月、2007年8月頃が小さく、水中での光の透過を妨げる懸濁物質が比較的少なかったものと考えられる。

3. 海底に到達する光量子量推定

図-6は先に示した2003年に調査されたこの海域でのサンゴ生息分布図からこの海域の代表的な種であるエダミドリイシとカワラサンゴの優占する区域について再整理したもので広い範囲でカワラサンゴが優占していることがよくわかる。すでに安藝他(2007,2008b)は、流れや波浪データを説明変数とするPHSIモデルにより、サンゴの生息適性度を評価しているが、本研究では特に海底での光環境とサンゴの生息分布の関係を探るために2003年の平均光量子量の推定を行う。

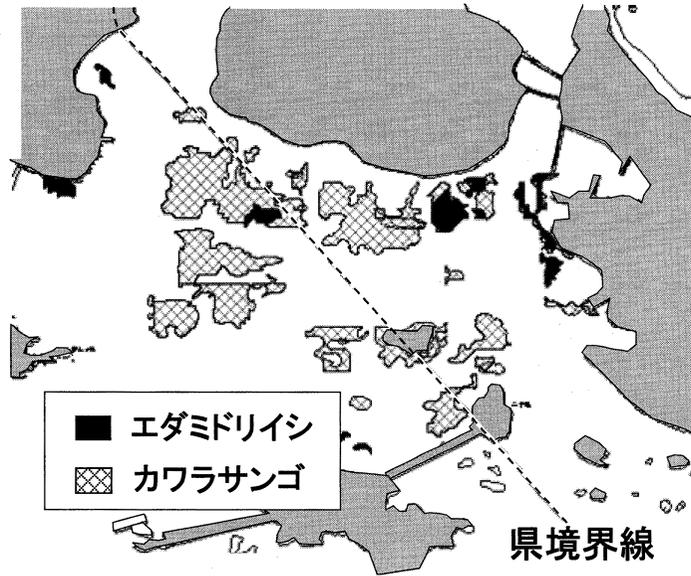


図-6 サンゴの生息分布 (2003 年)

2003年は海域での光環境についてのデータがないため、入手可能な穴喰気象観測所で得られる日照時間などから海底に到達する光量子量を推定する方法について検討した。

理科年表(国立天文台編, 1999)に掲載された潮岬における各月の平均直達日射量瞬間値(12時)を基に, 365日を曲線補間し, 日毎の晴天時直達日射量瞬間値(12時) I_{dmax} を求める。直達日射量から海面に到達する光量子量へは, W-stationで観測したデータから, 晴天時の12時の光量子量 I_{0max} を抽出し, 両者を比較して,

$$I_0 = 2100\sqrt{I_d} \tag{4}$$

の関係を得た。さらに12時の光量子量 I_{0max} から毎時刻の海面に到達する光量子量 I_0 を式(5)より推定する。式中 DL は日出から日入までの時間, t は日出からの時間である。

$$I_0(t) = I_{0max} \sin^3\left(\frac{\pi}{DL}t\right) \tag{5}$$

式(5)で計算した海面での光量子量と観測値との比較例を図-7に示す。なお, この計算では穴喰気象観測所での10分ごとの日照率(0~1)を乗じて光量子量を低減させているが, 曇天でも通過光や散乱光が海中に到達するため, 単純に日照率を乗じて減ずることは到達光量子量を過小評価する傾向がある。

また, 海底に到達する光量子量は式(1)に4日間の平均透過率と平均減衰率, 毎時刻の潮位と太陽高度による透

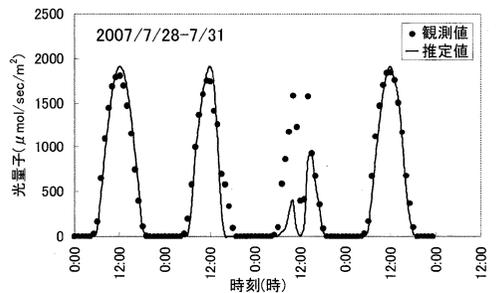


図-7 海面光量子量の経時変化 (W-station)
(2007年7月28日~31日, 30日は曇天)

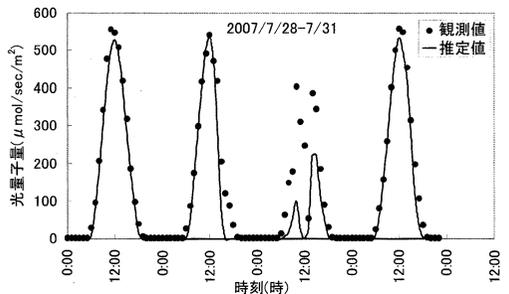


図-8 海底到達光量子量の経時変化 (W6)
(2007年7月28日~31日, 30日は曇天)

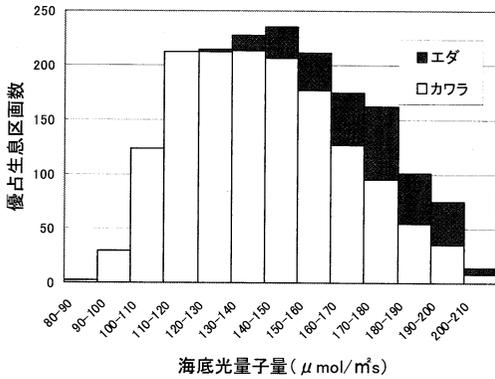


図-9 平均海底光子量とサンゴ生息区画数

過距離補正を加えて推定する。図-8が推定値と観測値の比較であるが、曇天での評価に改善点があるため、海底に到達する光子量も一部過小評価しているが、晴天時は概ね良好に表現できている。

4. 年間平均光子量とサンゴ生息分布

2006年～2007年の観測で得られた透過率と水中減衰率は図-4、図-5で示したように季節によっても異なることがわかったが、季節変動特性を理解するまでは至っていない。そこで、ここでは比較的平均的な挙動を示した2007年夏季(7月23日～8月24日)の調査データを参考に $\alpha = 0.658$, $\kappa = 0.158 \text{ (m}^{-1}\text{)}$ の一定値を仮定した。

前節の方法により、2003年の1年間に海底に到達する毎時光子量を図-6に示したエダミドリイシとカワラサンゴそれぞれが優占する水域ごとに計算した。対象海域の甲浦湾107haを10m×10mメッシュで分割した上で、岩礁被度1%以上、水深(LWL時)1m以上のサンゴが生息できる最低条件を満たす区画を対象に計算している。この中でエダミドリイシとカワラサンゴが優占するのはそれぞれ283区画、499区画である。

年平均光子量とサンゴの優占生息区画数の関係を図-9に示す。この図から、海底に到達する光子量が小さい区画ではカワラサンゴが優占し、大きい区画でエダミドリイシが優占するなど、光子量とサンゴの種は密接な関係があることがわかる。

図-10は竹ヶ島海中公園で運行されている海中展望船ブルーマリンの運行管理記録から作成された年間透視度日数割合の経年変化である(安藝, 2008a)。これは海中展望船の職員によって目視観察による透視度記録(1回/1日, 午前8時～9時に測定)で4段階に区分されている。透視度0～5mを2.5m, 6～9mを7.5m, 10～15mを12.5m, 16m以上を20mとして年平均値を算出すると、1998年に

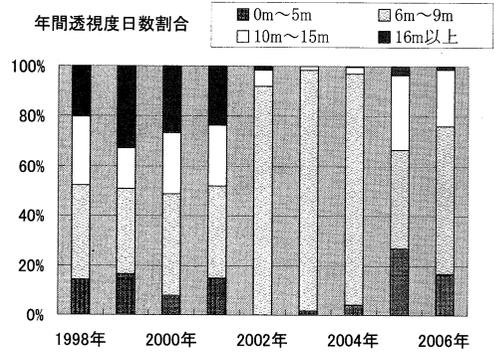


図-10 年間透視度日数割合の経年変化

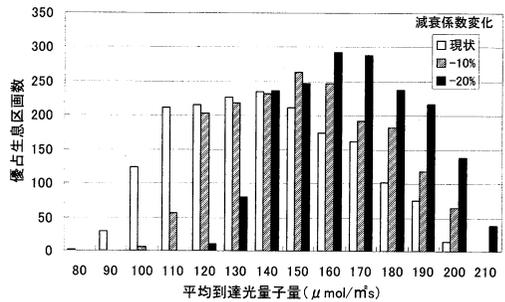


図-11 減衰係数の違いによる光子量分布の変化

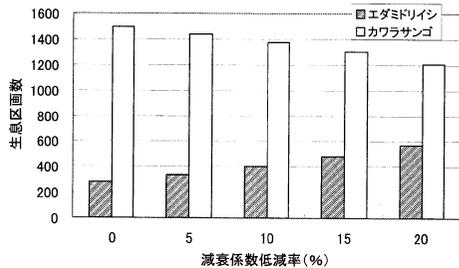


図-12 減衰係数の低下(濁りの減少)による優占サンゴ生息区画数の変化

10.7mであった年平均透視度が2003年以降には7.5～8.0mと最大30%低下しており、海中展望船から見られる海中景観の点でも問題になっている。そこで、水中での光の減衰度の違いがサンゴにどのような影響を及ぼすかについて2003年データに対して単純に式(1)の減衰係数 α を変化させることにより検討した。

図-11は透明度が改善されたものとして、減衰係数を10%及び20%低減した場合の光子量分布である。この図から濁りが減少し、光減衰量が変わることにより、海底の光環境が大幅に変換することが確認される。

さらに、2003年に観測されたサンゴ生息分布から光子量

子量階級ごとの両種の出現率が不変であると仮定して、減衰係数の低下によるサンゴ生息区画数変化を調べたものを図-12に示す。これによると減衰係数が20%低減するとエダミドリイシはほぼ倍増し、カワラサンゴが減少することがわかる。

本調査結果だけから、エダミドリイシからカワラサンゴへの種の遷移が光環境変化に起因すると結論付けるのは早計であるが、光環境変化が原因の1つであると考えられることはできる。

5. まとめ

本研究で得られた結果は以下の通りである。

- ①水中光量子量の現地観測データに基づき、温帯性サンゴ海域での海底光量子量を気象観測所データから評価する方法を検討した。曇天時などの再現性が不十分な点はあるが、概ね良好に再現できた。
- ②海底光量子量とサンゴの生息分布の関係について照査し、光量子量の違いが種ごとの生息分布に大きく影響していることを明らかにした。
- ③光量子量階級別のサンゴ種の出現率を用いて、水中光の減衰係数を変化させた分析結果から、本海域でのサ

ンゴ種の遷移は水中懸濁物質の増加などにより、海底に到達する光量子量が減少したことが1つの要因であることが示唆された。

謝辞：本調査は徳島県環境部自然共生室のご支援のもと、竹ヶ島海中公園自然再生協議会会員の協力を得て実施された。特に、本調査を実施するにあたり、モニタリング基盤の製作、設置には奥村組土木興業株式会社、モニタリング調査には穴喰漁協青壮年部の協力を得た。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 安藝浩資・中野晋・内田絃臣・岩瀬文人・御前洋 (2007) : 沿岸域の自然再生計画における順応的管理への HSI モデルの適用性, 海洋開発論文集, Vol.23, pp.501-506.
- 安藝浩資 (2008a) : 沿岸域の自然再生における計画アセスメント手法に関する研究, 徳島大学博士論文, 184p.
- 安藝浩資・中野晋・盛治夫 (2008b) : PHSI モデルによるサンゴの生息環境評価と自然再生計画の策定, 海岸工学論文集, Vol.55, pp.1116-1120.
- 国立天文台 (1999) : 理科年表, 机上版, 丸善, pp.266-267.
- 竹ヶ島海中公園自然再生協議会 (2006) : 竹ヶ島海中公園自然再生全体構想-わしずみ王のくに自然再生プロジェクト-, 36p., <http://www.takegashima.jp>, (2008年5月20日参照)