

阿嘉島のさんご礁における 光環境 —2003年から2011年の 水中光量子量について—

立田 穰*
一般財団法人電力中央研究所
環境科学研究所
岩尾 研二
阿嘉島臨海研究所

Light environment in coral reef at Akajima Island:
Underwater light quantum quantity from 2003 to 2011

Y. Tateda* · K. Iwao
* E-mail: tateda@criepi.denken.or.jp

●はじめに

1998年の全球的なサンゴの白化や、2001～2006年のオニヒトデの大量発生で衰退した阿嘉島のさんご礁生態系(谷口 2012)は、必ずしも順調な回復を示していない(岩尾・豊島 2002)。大気中の温室効果ガス増加に伴う海水温度上昇が引き起こすとされるサンゴの白化は日本では2008年～2012年は認められていないことから(環境省 2015)、台風による波浪の影響も一部あったとはいえ(谷口 2013)、さんご礁生態系の回復を遅らせている原因は明らかではない。

潜水調査における目視では、沖縄海域におけるさんご礁の海水における視程(透明度)は、1998年の白化による大規模衰退以前の状態より明らかに劣っている。さんご礁生態系の生産は、造礁サンゴに共生する褐虫藻による光合成から得られるエネルギーを基礎としており、また、サンゴと競合する藻類の生育が抑えられる熱帯・亜熱帯の貧栄養海域では、太陽光がサンゴの生産の重要な物理条件となることから、現在の海水中の光環境がサンゴの生育に適しているかどうかは、回復に影響するひとつの要因となると考えられる。過去の観測記録では、阿嘉島周辺海域の光環境は、2000年10月の東シナ海に面するクシバル(水深1.5m)では、およそ $300\sim 800\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (12時間間値)であり、島の南岸に位置するマエノハマ(水深

2.5m)でもおよそ $300\sim 1100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ の範囲であった(藤田・岩尾 2002)。一般的にサンゴの生育に十分な純生産を支える光環境は $300\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以上の光環境であることから(Anthony and Hoegh-Guldberg 2003)、少なくとも2000年における光環境はサンゴの生育を支えるに充分であったと推定される。

現在の沖縄のさんご礁海域における海水中の光環境を劣化させる要因としては、生活排水流入による富栄養化や、土地利用変化に起因する粘土粒子流入が引き起こす懸濁物が考えられるが、阿嘉島の居住区域に近いマジャノハマでは海水中栄養塩濃度の有意な上昇は認められず(立田・岩尾 2014)、また、陸上の工事から流れ込む懸濁有機物粒子濃度も高くはなかったことから(立田・岩尾 2015)、周辺さんご礁の光環境を引き起こすような地域特有の環境影響は大きくはないと考えられる。一方、阿嘉島さんご礁海域における光環境の経年変化を検討した例はないことから、本研究ではこの光環境に着目し、阿嘉島の2地点における2003年から2011年の期間の海水光量子量(照度)の記録を整理して、サンゴの生育環境としての変化について検討した。また、サンゴの白化を引き起こす夏季水温についても整理し、総合的な物理環境の変化に関する考察を行う。

●調査地点と測定方法

光環境調査は、クシバルとマジヤノハマの2地点で行った(図1)。光環境についてはシリコンフォトダイオード LI-192SA 2π型(波長 400~700nm, 0~3200μmol m⁻² s⁻¹, バイオスフェリカル社)あるいはアレック電子超小型メモリー照度計 MDS-MkV/L、HOBO ペンダント水温/光データロガーを、また水深についてはアレック電子小型メモリー水温水深計 COMPACT-TD あるいは超小型メモリー水深計 MDS-MkV/D を、潜水によりクシバルとマジヤノハマの表・中・低層に設置した。クシバルとマジヤノハマ測定の表・中・低層の平均水深は各々1.2, 2.3, 4.7m および 1.1, 2.5, 5.4m であった。照度から光量子量を推定するために、測定前に屋外水槽において光量子計に対する照度計の指示値の関係式を求め、照度を便宜的に変換して光量子相当量とした。光センサー類の設置期間中、現場において定期的に手作業により感光部のクリーニングを行ったが、測定終了後に感光部に付着物が認められた場合は、再度関係式を求め、感度変化の補正を行った。水温計についても同様の補正作業を行った。クシバルでは 2003 年~2008 年は夏季と冬季に、2009 年~2011 年は通年で、またマジヤノハマでは 2009 年~2010 年に通年観測を行った。尚、ロガーのバッテリー状態の差により必ずしもすべての水深で完全な連



図1 阿嘉島周辺さんご礁の調査地点

続データは取得できなかったことから、解析は比較可能な各年の同一期間について行った。

●結果

阿嘉島のクシバルの礁湖表層(平均水深 1.2m, 2003 年~20011 年)とマジヤノハマの礁嶺中層(平均水深 2.5m, 2009 年~2010 年)における夏季期間中の 12~13 時の光量子相当量瞬間値(以下光量子量とする)を図2に示す。クシバル表層における 2003 年夏季(6 月 28 日~8 月 3 日)の正午の光量子量に対して、2004 年は有意な差はなかったが、2005 年と 2006 年(p<0.001)、2007 年(p<0.01)、2008 年以降 2011 年まで(p<0.001)のすべての年で、正午の光量子量は有意に小さかった。また、光環境は、経年的に有意な低下がみられた(p<0.01, R²=0.81)。マジヤノハマ中層については 2009 年~2010 年のデータしかないが、クシバル表層よりも深い水深にもかかわらず、有意な差は認められず、クシバルとほぼ同じ光環境であった。

冬季のクシバル表層(1 月 22 日~2 月 19 日)とマジヤノハマ中層(12 月 12 日~12 月 17 日)の正午の光量子量を図3に示す。クシバルにおける 2004 年冬季の光量子量に対して、2005 年以降各年とも有意な差が認められたが(p<0.001)、必ずしも光量が少なかつ

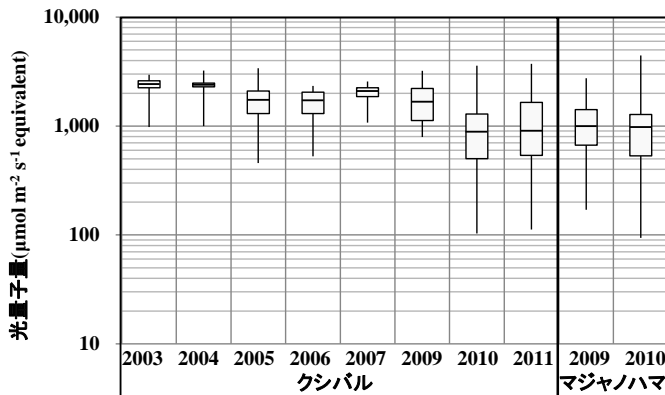


図2 夏季のクシバル表層(1.2m)とマジヤノハマ中層(2.5m)における 12~13 時の光量子量(含む推定値)の第 3~1 四分位数と最大・最小値の範囲および中間値

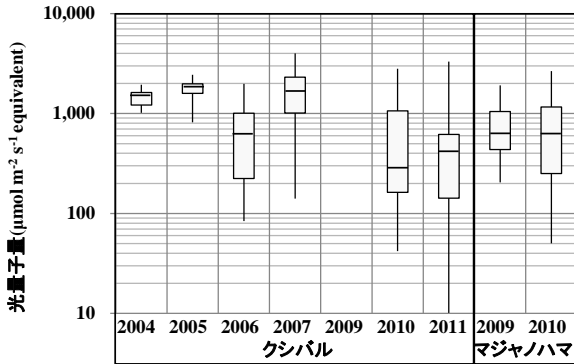


図3 冬季のクシバル表層とマジノハマ中層における12~13時の光量子量(含む推定値)の第3~1四分位数と最大・最小値の範囲および中間値

たわけではなかった。冬季の日照低下に伴い、夏季に比べると冬季の光量子量(図2)は小さく、クシバルでは2010年と2011年で各々夏季の21%と49%、マジノハマでは、2009年と2010年に61%と65%であった。

クシバルとマジノハマ地点において連続して観測で

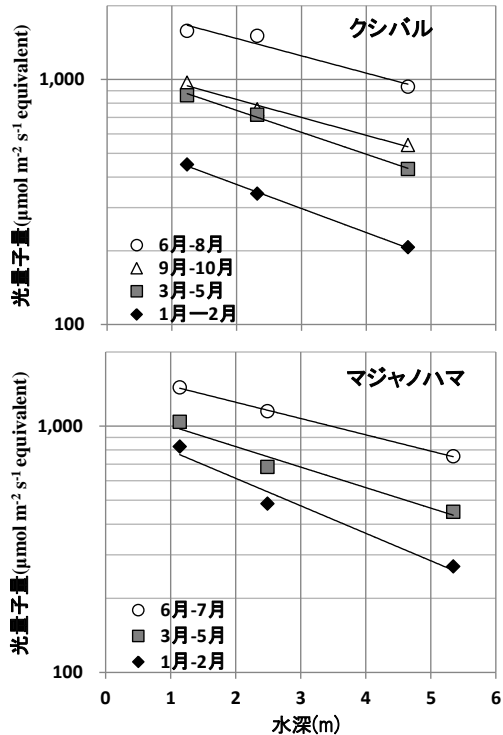


図4 阿嘉島クシバル(2010年)とマジノハマ(2011年)のさんご礁海水の表層、中層、低層における光量子量の季節別変化(光量子量は当該期間中の中央値)

きた各々2010年と2011年の表層から低層の光量子量(季節別期間中の中間値)と水深の関係を図4に示す。また、図における水深別の光量の減衰率から全消散係数を算出した結果を表1に示す。得られた全消散係数は0.15~0.26m⁻¹の範囲にあった。また、調査したさんご礁の海水柱における光量の減衰は、冬季(12~2月)に夏季(6~8月)より大きい傾向が2地点ともみられた。

表1 クシバルとマジノハマのさんご礁海水における季節別全消散係数(m⁻¹)

	クシバル	マジノハマ
12-2月	0.23	0.26
3-5月	0.21	0.19
6-8月	0.16	0.15
9-11月	0.17	-

ここで、 $I_z = I_{z-1} e^{-cz}$, $I_{z, z-1}$: 水深z, z-1 mにおける光量、c: 全消散係数

阿嘉島のクシバルの礁湖表層とマジノハマの礁嶺中層における夏季期間中の12~13時の水温を図5に示す。クシバル表層における水温は年変動と日変動がみられたが、その中間値が30℃を超えたのは2004年と2006年のみであった。マジノハマの中層水温については少なくとも2009、2010年夏季は30℃以下であった。

●考察

阿嘉島のクシバルでは、2003年以降2011年までに

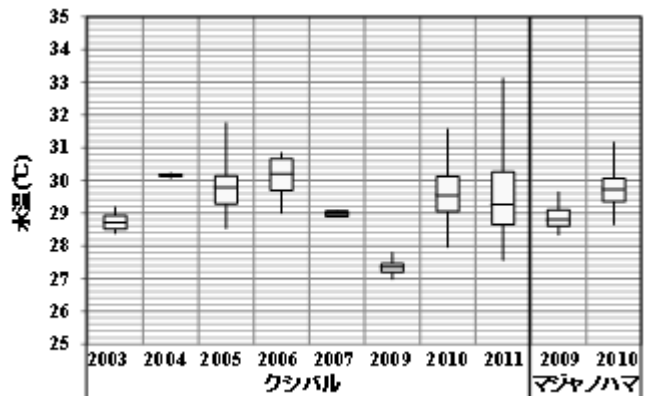


図5 夏季のクシバル表層(1.2m)とマジノハマ中層(2.5m)における12~13時の水温の第3-1四分位数と最大・最小値の範囲および中間値

光環境の低下が夏季(図2)・冬季(図3)ともみられた。マジャノハマについても、2000年時点のマエノハマでの $300\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以上の光量子量の報告(藤田・岩尾 2002)に対して、2009~2010年の夏季正午における光環境は $300\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 以下になることもあり(図2)、光環境は低下していたと考えられる。2地点の2010~2011年における全消散係数が $0.15\sim 0.26\text{m}^{-1}$ であったということは、例えばパラオのさんご礁海域の消散係数 $0.05\sim 0.09$ (元田 1994; Golbuu et al. 2007)や外洋さんご礁の $0.03\sim 0.04$ (Gattuso et al. 2006)に比較して、阿嘉島周辺さんご礁の2010年前後の光環境が理想的ではなかったことを示している。この結果は、2013~2015年の石西礁湖における消散係数が 0.2 と大きかったこと(亀田ら 2015)と符合し、阿嘉島の居住地区に近いマジャノハマや、その影響がないクシバルの2地点の光量子量が同じく低下していることを考えると、このような光環境の劣化は南西諸島に広く及んでいると考えられる。

消散係数の冬季の上昇(表1)は、光の透過を妨げる要因が冬季に大きくなることを示している。環境省による石西礁湖の常時モニタリング結果ではクロロフィル濃度は夏季より冬季が低いことや、阿嘉島周辺のさんご礁海域でも、栄養塩濃度の季節変化は認められず(立田・岩尾 2014)、また阿嘉島や石垣島伊土名のさんご礁における懸濁有機物粒子は、著しく光量を減衰させる原因となっているとは考えにくかったことから(立田・岩尾 2015)、冬季の透明度低下要因としては溶存態物質濃度の上昇が考えられる。今後は溶存態物質の濃度推移と起源に関する研究が望まれる。

尚、本研究は(一財)電力中央研究所 環境科学研究所と(一財)熱帯海洋生態研究振興財団との共同研究により実施された。

●引用文献

- Anthony K, Hoegh-Guldberg O (2003) Variation in coral photosynthesis, respiration and growth characteristics in contrasting light microhabitats: an analogue to plants in forest gaps and understoreys? *Functional Ecology* 17: 246-259
- 藤田和彦・岩尾研二(2002) サンゴ礁海域の光環境について. *みどりいし* (13): 12-14
- Gattuso J, Gentili B, Duarte C, Kleypas J, Middelburg J, Antoine D (2006) Light availability in the coastal ocean: impact on the distribution of benthic photosynthetic organisms and contribution to primary production. *Biogeosciences Discussions* 3: 895-959
- Golbuu Y, Victor S, Penland L, Iddip Jr D, Emaurois C, Okaji K, Yukihira H, Iwase A, van Woosik R (2007) Palau's coral reefs show differential habitat recovery following the 1998-bleaching event. *Coral Reefs* 26: 319-332
- 岩尾研二・豊島正彦 (2011) 慶良間海域での「モニタリングサイト 1000」さんご礁調査. *みどりいし* (22): 31-40
- 亀田卓彦・福岡弘紀・鈴木 豪・山下洋 (2015) サンゴ礁域における沿岸海洋環境と低次生産の把握. 西海区水産研究所主要研究成果集. (20): 22
- 環境省自然環境局 生物多様性センター (2015) 平成 26 年度重要生態系監視地域モニタリング推進事業モニタリングサイト 1000 サンゴ礁調査 2008-2012 年度とりまとめ報告書. 516pp
- 元田 茂 (1994) パラオの外洋と礁湖の一次、二次生産の試算. *みどりいし* (5): 5-8
- 谷口洋基 (2012) オニヒトデの大量発生から 5 年、阿嘉島周辺のサンゴ礁の現状と将来の展望. *みどりいし* (23): 20-24
- 谷口洋基 (2013) 慶良間列島屋嘉比島周辺の造礁サンゴの生育状況. *みどりいし* (24): 29-33
- 立田 穰・岩尾研二 (2014) 阿嘉島のさんご礁における水質環境:クシバルとマジャノハマの栄養塩濃度. *みどりいし* (25): 7-11
- 立田 穰・岩尾研二 (2015) 阿嘉島のさんご礁海水における粒子状有機物:石垣島の伊土名沖さんご礁水質との比較. *みどりいし* (26): 9-14