

散乱日射量を考慮した海中光量子量の推定

徳島大学大学院先端技術科学教育部 学生員 ○清水里香
 徳島大学環境防災研究センター 正会員 中野 晋
 国土交通省中国地方整備局 下山尚毅

1. はじめに

竹ヶ島海中公園は、徳島県と高知県の県境に位置しており、エダミドリイシなどのサンゴ生態系を中心とした海域として1972年に海中公園として指定をうけた。しかし、近年のモニタリング調査から、優先種であったエダミドリイシが激減し、カワラサンゴが優先種であることがわかった。これを受け1970年代の環境を取り戻すために自然再生事業がスタートした。著者らは、海底到達光量子量の違いによりサンゴ種の適性度が異なることを明らかにした。しかし、海底到達光量子量を推定する際に直達日射量のみを考慮し、散乱日射量を評価していなかったため、曇天時や雨天時など散乱日射が相対的に重要となる場合には十分再現できていなかった。そこで、本研究では、散乱日射量を考慮して、曇天時などでも正確に光量子量を推定する方法について検討した。

2. 直達日射と散乱日射の推定の方法

2006年から竹ヶ島海域では、サンゴの産卵期などに定期的に定点観測が行われており光量子量や潮位などを観測している。本研究では、図1で示すように、大気中での観測点 W-station と水中での観測点 W6、WB(それぞれ TP 時の水深は 5.595m、6.51m))における観測データを用いた。植山 (Hideki UHEYAMA, 2005) の方法を用いて、直達日射量 R_b ($MJ/m^2 \cdot h$) と散乱日射量 R_d ($MJ/m^2 \cdot h$) を時間ごとに推定する。直達日射量は、式 (1) で定義される。

$$R_b = R_0 \sin(h) P^{\cos ec(h)} \quad (1)$$

大気透過率 P と大気外日射量 R_0 を式 (2), (3) で求める。

$$P = \alpha L + \beta R + \gamma Q + \delta \quad (2)$$

$$R_0 = I_{sc} (r'/r)^2 \quad (3)$$

α, β, γ は回帰変数, δ は定数, L は日照時間 (hour), R は降水量 ($mm \cdot h^{-1}$), Q は水面大気外日射量, I_{sc} は太陽定数, $(r'/r)^2$ は距離補正係数を示す。水面大気外日射量 Q は $Q = R_0 \cdot \sin(h)$ から求まる。太陽定数 I_{sc} は、太陽光線に対して垂直な面に対して垂直な面に入射する単位面積当たりの太陽放射エネルギーを言う。実際には、周期的に変化しているがその変化量は 0.1% 程度であり定数として扱われ $I_{sc} = 4.9219 (MJ/m^2 \cdot h)$ となる。また、距離補正係数 $(r'/r)^2$ とは、太陽と地球の距離が年間を通して一定でないために補正する係数である。 r' は年間平均の太陽と地球の距離であり, r は季節変化を考慮した太陽と地球の実際の距離を表す。補正係数は、式 (4) である。

$$(r'/r)^2 = 1.00010 + 0.034221 \cdot \cos \theta + 0.001280 \cdot \sin \theta + 0.000719 \cdot \cos 2\theta + 0.000077 \cdot \sin 2\theta \quad (4)$$

また $\theta = 2\pi(d_n - 1)/365$ で表され, d_n は 1 月 1 日を 1 とした通し番号である。

次に散乱日射量 R_d は、式 (5) で定義される。

$$R_d = R_0 \cdot \sinh\left(1 - \frac{K_d}{K_{ds}}\right) \quad (5)$$

K_{ds} , K_d は無次元変数であり式 (6), (7) で定義される。

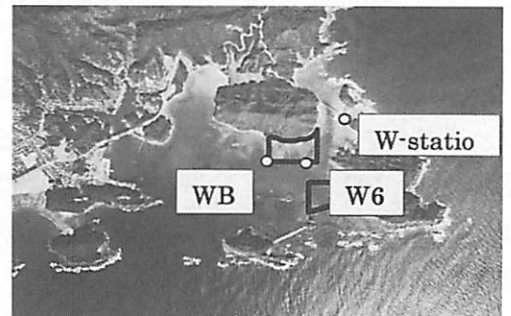


図1 竹ヶ島海域の観測地点位置

$$K_{ds} = K_d + aK_d^b + (1 - K_d)^c \quad (6)$$

$$K_d = R_b / R_0 \cdot \sin(h) \quad (7)$$

a, b, c は、定数である。最後に、2つの日射量の和と現地観測の日射量を比較すると、現地観測の日射量が推定値の約0.74倍となるため、直達日射量、散乱日射量の両方を0.74倍し調整を行う。また、光量子 I への変換としては、観測値と比較を行い $I = 660.38(R_b + R_0)$ を得た。

3. 海底に到達する光量子量の推定

海面での反射については、直達日射量、散乱日射量それぞれについてフレネルの法則を用いて反射率を求めると約7.3%となる。次に、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 、水中での減衰率 κ を用いると式(9)で表される。観測された毎時の光量子量と潮位(室戸と小松島の潮位データから補間)を基に式(10)から κ を評価した。なお、近接しているWBとW6で水質は変わらず、 I が深度にのみ依存すると仮定した。透過率 α については、フレネルの法則から求まった92.7%を用いる。

$$I = (1 - \alpha)I_0 \exp(-\kappa z) \quad (9)$$

$$\kappa = \frac{1}{z_{WB} - z_{W6}} \ln \left(\frac{I_{W6}}{I_{WB}} \right) \quad (10)$$

月ごとの観測値から減衰係数を評価すると表1のような値が得られた。平均値を用いた場合、個数が少ない場合でも大きな値であると影響をあたえるため、本研究では、中央値を用いた。(図2)減衰係数は、冬季の透明度が高い季節には小さく、出水期の9月～11月は大きな値を示している。図3は2007年8月14日～16日の観測値と推定値を比較したものであり、散乱日射量を考慮することで、曇天時や雨天時の推定光量子量の精度が高くなるのがわかる。

4. おわりに

本研究では、直達日射量と散乱日射量を考慮することで曇天時や雨天時において大気中では精度の高い光量子量推定が行うことができたが、海中では水中懸濁物質量が海況や生物活性度などにより変化するため、水中での減衰特性が季節によって大きく変化する。今後、SS濃度と水中減衰係数の関係について検討を行う予定である。

参考文献

杉森康宏, 坂本 亘:『海洋環境光学』, 東海大学出版会, 1985

Hideki UYEYAMA:『Estimating Hourly Direct and Diffuse Solar Radiation for the Compilation of Solar Radiation Distribution Maps』J.Agric.Meteorol. 61 (4), 2005

中野ら:内湾性サンゴ種の遷移と海底光量子量の関係、海岸工学論文集、第55巻、pp1110-1115

表1 月別減衰係数

期間	減衰係数 κ (1/m)
2006年9月12日-30日	0.2712
2006年10月1日-21日	0.3942
2006年11月1日-30日	0.3253
2007年3月1日-28日	0.1209
2007年7月23日-31日	0.1619
2007年8月1日-24日	0.1562

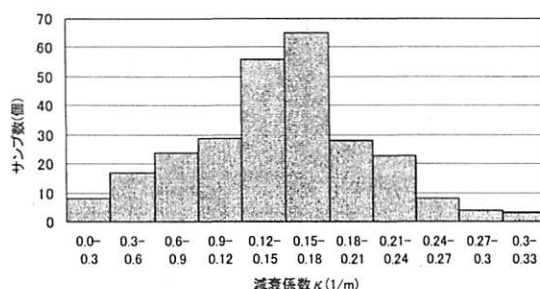


図2 減衰係数階級別分布(2007年8月)

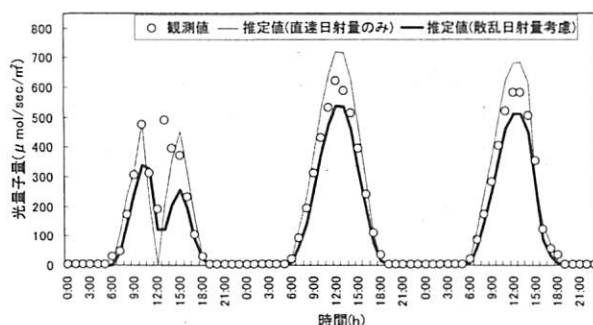


図3 海底での観測値と推定値