

一様斜面上で碎波する不規則波の再曝気特性に関する実験

鳥取大学工学部 正会員 細井由彦
 鳥取大学工学部 正会員 木村 晃
 鳥取大学工学部 正会員 城戸由能
 高砂熱学工業(株) 正会員 ○岡田慶一郎

1. はじめに 規則波による海岸構造物付近の曝気(空気中から水中への酸素の溶解と拡散の現象)効果については、これまでに多くの研究事例がある。しかし、現実の波浪現象は不規則波であり、その効果の検討は進んでいない。

本研究では、実験水槽に自然海浜を模した一様斜面を置き、不規則波を発生させ、その波浪特性と碎波による水中の溶存酸素濃度の観測を行い、規則波による再曝気特性効果との比較検討を行う。そして、再曝気係数の実験値と再曝気係数の予測式から算出した理論値とを比較することにより従来の予測式の検証を行い、不規則波の予測式の係数値を求めた。

2. 実験方法 図1に示すような二次元水路内に一様斜面(傾斜勾配 1/10, 1/20および1/30)を設け水路内の溶存酸素濃度を低減させた後、周期(ピーク周波数; $f_p=0.7, 0.8, 1.0$ および1.2), 波高(造波板の振幅を変えて4パターン)を変化させた不規則波を一様斜面上で碎波するように発生させる。また不規則波との曝気

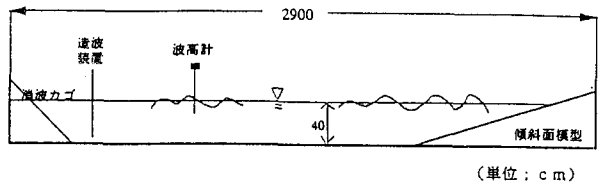


図1 実験装置

機能比較のため、周期($T=0.73, 0.88, 1.10$ および1.23)を変化させて規則波を発生させる。同時に溶存酸素濃度の回復の状況を、あらかじめきめておいた各点(14~18点)において記録する。

3. 波の解析方法 各実験とも式(1), (2)を同時に満たす碎波波高, 碎波波長および碎波水深を算出し、碎波点を決定した¹⁾。

$$\frac{H_b}{H_0} = \left[\left\{ 1 + \frac{4\pi h_b/L_b}{\sinh(4\pi h_b/L_b)} \right\} \tanh(2\pi h_b/L_b) \right]^{-1/2} \quad (1)$$

$$\frac{H_b}{h_b} = 0.16 \left[1 - \exp \left\{ -0.8\pi \left(\frac{h_b}{L_0} \right) (1 + 15 \tan^{4/3} \theta) \right\} \right] \left(\frac{L_0}{h_b} \right) - 0.96 \tan \theta + 0.2 \quad (2)$$

ここで, h_b ; 碎波点における水深(碎波水深), L_b ; 碎波点における波長(碎波波長), H_b ; 碎波点における波高(碎波波高), H_0 ; ゼロクロス波の換算沖波波高, L_0 ; 沖波波長, $\tan \theta$; 傾斜勾配とする。

4. 再曝気係数の算出方法 式(3)の $\ln(C_s - C)$ を時間 t に対してプロットしその傾きの絶対値を再曝気係数とした。再曝気係数を決定するにあたり碎波帯の溶存酸素濃度を式(3)の溶存酸素濃度 C とおく。

$$k_2 t = \ln(C_s - C) \quad (3)$$

ここで, k_2 ; 再曝気係数, t ; 時間, C ; 溶存酸素濃度, C_s ; 飽和溶存酸素濃度とする。

5. 実験結果 図2に沖波波形勾配と再曝気係数との関係を示す。沖波波形勾配に比例して再曝気係数が大きくなる傾向にある。また、再曝気係数は斜面勾配による差異はないように考えられる。

6. 再曝気係数の理論的考察 Dankwertsの表面更新理論を出発点として、沖波のエネルギーは全て一様斜面上の碎波帯内で逸散するものとして理論展開した予測式は次のようになる²⁾。

$$k_2 \sim C_A \cdot \frac{D_M^{1/2} g^{3/8} \tan^{1/4} \theta L_0^{1/8} H_0^{1/2}}{\nu^{1/4} h_b^{3/2}} \quad (4)$$

ここで、 C_A ；気液界面面積の静水時に対する増加率、 D_M ；分子拡散係数、 ν ；動粘性係数とする。

図3は式(4)の右辺の係数値を除いた値と観測値の再曝気係数の関係を示したものである。不規則波の実験結果より、規則波の場合と同様に本研究の実験結果より不規則波の場合の係数値は0.033となった。不規則波の係数値は規則波の場合の係数値の1/4~1/6程度であった。これより不規則波の曝気機能は同波高、同周期の規則波よりも低いということがわかる。この理由として、不規則波を有義波高、有義波周期で定義して取り扱っているので実際より不規則波の波浪スケールが大きくなり、不規則波本来の曝気機能より式(4)の係数項を除いた値が大きくなったためと考えられる。

7. まとめ 以上の結果より、同波高、同周期の諸元の波では不規則波よりも規則波のほうが曝気効率が高いということがわかった。従来の規則波に対して導かれた式(4)の係数値を変えれば、有義波特性を用いて不規則波に適用することが可能であることがわかった。現実場の曝気機能を考察するにあたって、従来の研究では規則波の曝気機能の研究のみであった。実際の波浪現象は不規則波であることが、現実場への適用を困難にしていると言える。不規則波と規則波の相関関係を把握することによって、より従来の研究の成果を生かすことが可能となるだろう。

参考文献

- 1) 木村晃：斜面上における不規則波高の確率特性の変化モデル，土木学会論文集，No. 443/II-18，pp. 65~72，1992.2
- 2) 細井由彦・村上仁士：沿岸部におけるDOの挙動に関する基礎的研究，水質汚濁研究 第7巻 第5号，pp. 301~309，1984

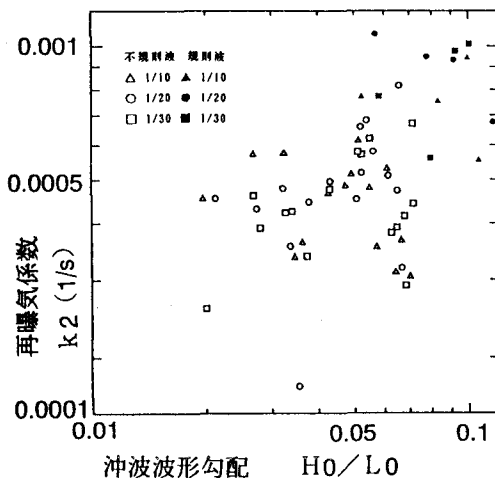


図2 沖波波形勾配と再曝気係数の関係

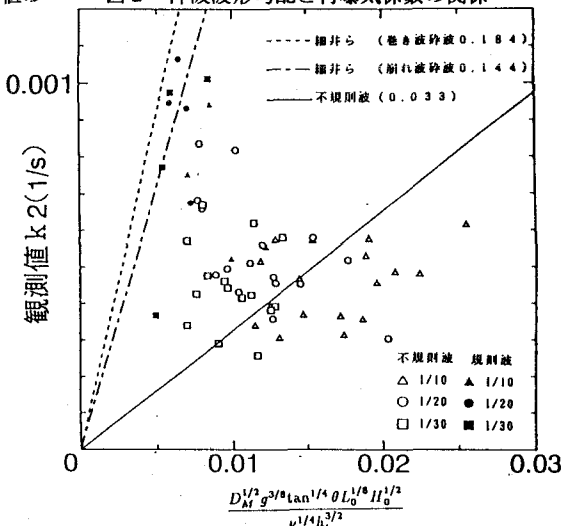


図3 再曝気係数の観測値と

$$\frac{D_M^{1/2} g^{3/8} \tan^{1/4} \theta L_0^{1/8} H_0^{1/2}}{\nu^{1/4} h_b^{3/2}} \text{ の関係}$$