

のり網による波のエネルギー逸散率について

足利工業大学 学生員 ○関山 直樹
 足利工業大学 正会員 長尾 昌朋
 足利工業大学 正会員 上岡 充男

1. はじめに

海洋生物の育成には、栄養分の豊富な新鮮な海水が必要であり、常に適切な海水交換が行われている必要がある。そして、養殖施設を適切に配置するためには、海水交換シミュレーションが重要な役割を果たす。海水交換シミュレーションは、基本的に、波のエネルギー方程式を解き、得られた波運動からラディエーション応力を求め、ラディエーション応力の分布から海浜流を求めることで行われる。すなわち、波エネルギーの流入や損失を適切に予測することが重要となる。しかしながら、のりの養殖施設に関してはのり網による波エネルギーの減衰効果が不明であるため、精度の高い海水交換シミュレーションを行うことができなかった。そこで本研究では、のり網の波浪減衰に関する室内水理実験を行い、のり網による波エネルギーの減衰率の予測方法を開発する。

2. のり網による波高減衰

のり葉体はその物理特性が不明であるため、実験には本物ののりの付いた養殖網（網糸直径 2mm，格子対角距離 21cm，長さ $\ell = 7.50\text{m}$ に加工，浮かし竹直径 1cm，間隔 1.5m）を使用した。これを図-1 のように波動水槽に設置し、種々の条件で波を発生させ、のり網を通過する直前の波高（ H_1 ）と直後の波高（ H_3 ），のり網中央部での流速分布を測定した¹⁾。

波形勾配 H/L と波高減衰率 $\lambda_H = 1 - H_3/H_1$ との関係を図-2 に示す。この図には網のない状態も示しており、波高減衰率にはこの程度の誤差が含まれている。この結果から、のりが生長するほど、波形勾配が大きいほど、のり網の波高減衰効果が大きいことがわかる。また、流速の測定結果から、流速低下はのり網のごく近傍でしか確認できないので、波高減衰の原因はのり網に働く抗力と考えられる。

3. のり網によるエネルギー逸散率

一方向に伝播する波が何らかの影響でエネルギーを損失した場合、波のエネルギー保存式は

$$\frac{\partial}{\partial x}(Ec_g) = -D, \quad E = \frac{1}{8}\rho g H^2$$

となる。ここで、 x ：波の進行方向、 E ：エネルギー、 c_g ：群速度、 D ：エネルギー逸散率、 g ：重力加速度、 ρ ：

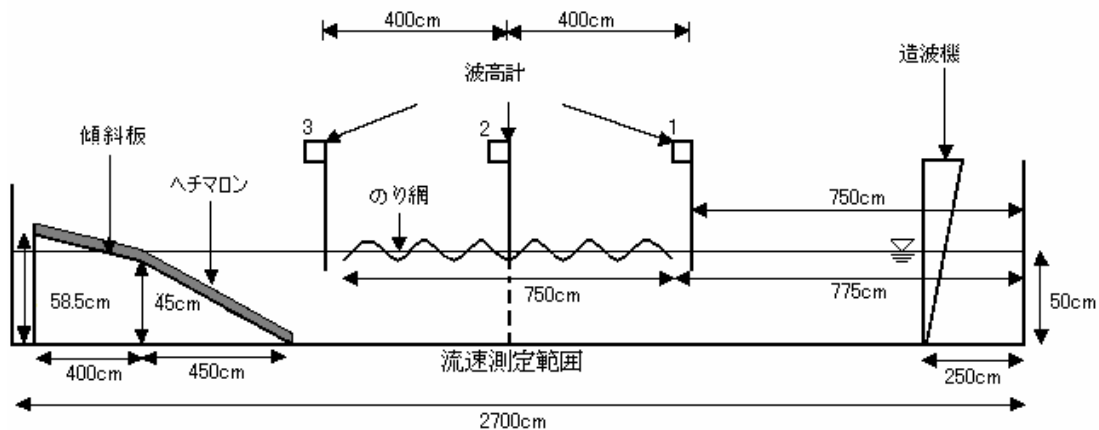


図-1 実験水路概要図

キーワード：のり網，波浪減衰，エネルギー逸散

連絡先：〒326-8558 栃木県足利市大前町 268-1 足利工業大学工学部都市環境工学科 Tel.0284-62-0605

流体の密度， H ：波高である．実験での観察により，のり網は鉛直方向の流体運動に追従するものの，水平方向の移動は少ないことがわかった．よって，水面近くにあるのり網によるせん断力を τ ，その近傍の流速の水平方向成分を u とすると，エネルギー逸散率 D は

$$D = \frac{1}{T} \int_0^T \tau u dt$$

$$\tau = \frac{\rho}{2} f |u| u, \quad u = \frac{H}{2} \sigma \frac{\cosh kh}{\sinh kh} \cos(kx - \sigma t)$$

と表現できる．ここで， t ：時間， T ：波の周期， f ：のり網の抵抗係数， h ：水深， k ：波数， σ ：角周波数である．これをまとめると，エネルギー逸散率 D は

$$D = \frac{2}{3} \pi^2 \frac{\rho f H^3}{T^3 \tanh^3 kh}$$

となる．よって，のり網の抵抗係数 f の推定が重要となる．このエネルギー逸散率 D を波のエネルギー保存式に代入し，波がのり網の長さ ℓ だけ伝播したときの波高の変化と抵抗係数 f との関係を求めると

$$f = \frac{3gc_g T^3 \tanh^3 kh}{8\pi^2 \ell} \left(\frac{1}{H_3} - \frac{1}{H_1} \right)$$

となる．

4. エネルギー逸散率に関する考察

実験結果から得られたのり網の抵抗係数 f を図-3、図-4に示す．図-3は、微小振幅波理論から求めた流速振幅と網糸の直径（2mm）を用いた Re でまとめた．この範囲の Re 数の場合、円柱の抗力係数は $C_D = 1.2$ である．のり網の網糸と浮かし竹が円柱で構成されているとし、円柱の抗力とのり網のせん断力を比較すると抵抗係数は $f = 0.0195$ となる．網のみの抗力係数はこの値が下限になっているように思われる．図-4は、波の周期と流速振幅、網糸の平均間隔（10.5cm）を用いた KC 数でまとめた．全体的に右肩下りの傾向を示す． KC 数が大きいと一様流に近づくので，網のみの場合，抗力係数は 0.0195 に漸近していくと考えられる．のりの付いた網の場合も同様の傾向を示し，長いのりの方が大きな抵抗係数となる．一様流中での抵抗係数を別途計測することでそれぞれ抵抗係数を定式化できると考えられる．

5. まとめ

本研究では，のり養殖網による波のエネルギー逸散率を定式化した．これを利用するためには抵抗係数が必要となるが，その傾向を実験で明らかにした．抵抗係数は，一様流での抵抗係数を基準として， KC 数が小さい場合に補正が必要となる．

参考文献 1) 関山・長尾・上岡：のり網の波浪減衰率の推定について，第60回年次学術講演会概要集，2005．

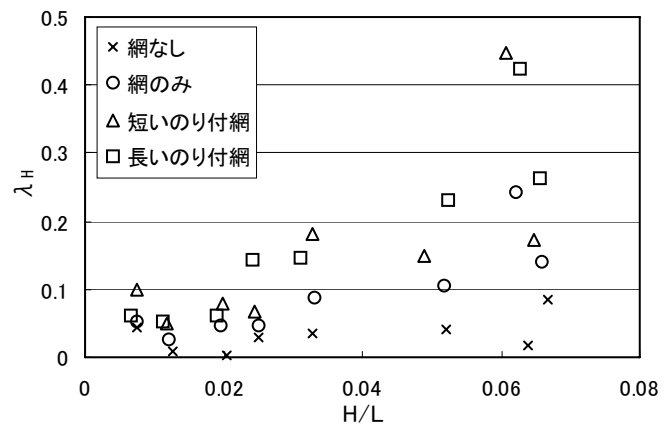


図-2 波高減衰



図-3 Re 数と抵抗係数

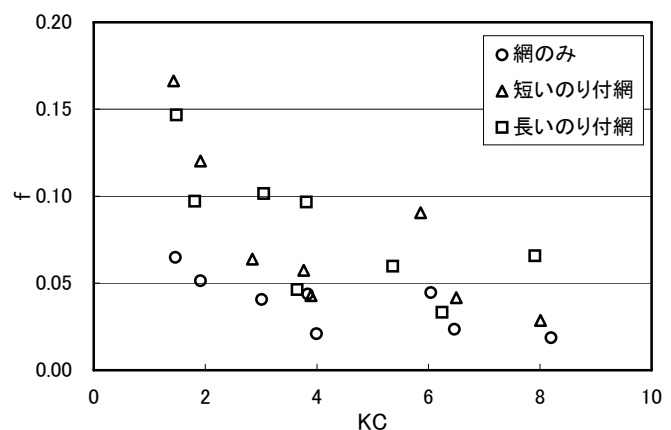


図-4 KC 数と抵抗係数