

のり養殖網による波のエネルギー逸散率

足利工業大学工学部 正員 長尾 昌朋
 元足利工業大学大学院 関山 直樹
 足利工業大学工学部 正員 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、のり葉体の物理特性が未知のため縮尺模型実験が困難であり、のり養殖網の波浪減衰に関する研究は多くない。そこで本研究では、本物ののり養殖網を用いた波浪減衰に関する室内水理実験を行い、のり養殖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 のり養殖網のエネルギー逸散率

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 7.5m，浮かし竹直径 1cm，間隔 1.5m）を使用した。のりの生長に伴う効果を比較するため、のりの付いていない網，葉長 10cm 程度の短いのりの付いた網，葉長 30cm 程度の長いのりの付いた網を用意した。これらを造波水槽に設置し、種々の条件で規則波を通過させ、のり養殖網の前後での波高を測定した¹⁾。波形勾配 H/L と波高減衰率 λ_H との関係を図 1 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。しかし、のりが生長するほど、波形勾配が大きいほど、のり養殖網による波高減衰効果が大きいことがわかる。

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。実験での観察により、のり養殖網は、鉛直方向の流体運動に追従するものの、水平方向の運動は小さいことがわかった。また、流速の測定結果から、流速の低下部分のはのり養殖網のごく近傍でしか確認できなかった。よって、水面近くにあるのり養殖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

$$\tau = \frac{\rho}{2} f |u| u, \quad u = \frac{H}{2} \sigma \frac{\cosh kh}{\sinh kh} \cos(kx - \sigma t), \quad D = \frac{1}{T} \int_0^T \tau u dt = \frac{2}{3} \pi^2 \frac{\rho f H^3}{T^3 \tanh^3 kh}$$

と表現できる。よって、のり養殖網の抵抗係数 f の推定が重要となる。このエネルギー逸散率を波のエネルギー保存式に代入し、波がのり養殖網の長さ ℓ だけ伝播したときの波高変化（のり養殖網の直前 H_1 ，直後 H_3 ）と抵抗係数の関係を求めると

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

となる。この抵抗係数を、網糸直径（2mm）を用いた Re 数でまとめたものを図 2 に、網糸間隔（10.5cm）を用いた KC 数でまとめたものを図 3 に示す。これらの図から、波のエネルギー逸散率に使用する抵抗係数は、Re 数との相関は小さく、KC 数とは何らかの関係があることがわかる。本実験での Re 数の範囲は図 2 に示すように 400～900 である。この Re 数の範囲では、円柱の抗力係数は一般的に $C_D = 1.2$ とされている。のり養殖網の

キーワード のり養殖網，エネルギー逸散率，抵抗係数，KC 数

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

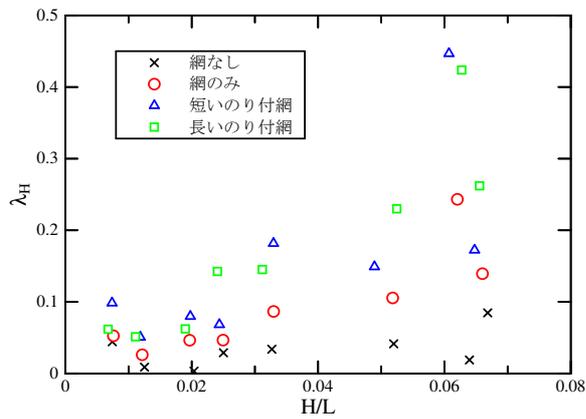


図1 波形勾配と波高減衰率

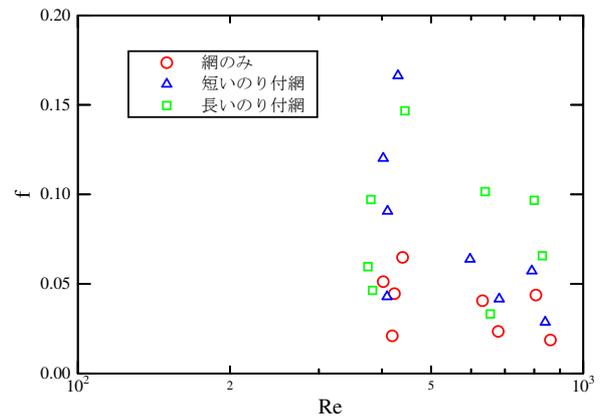


図2 Re数と抵抗係数

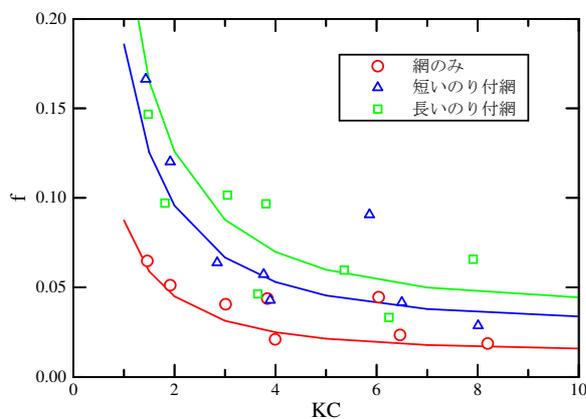


図3 KC数と抵抗係数

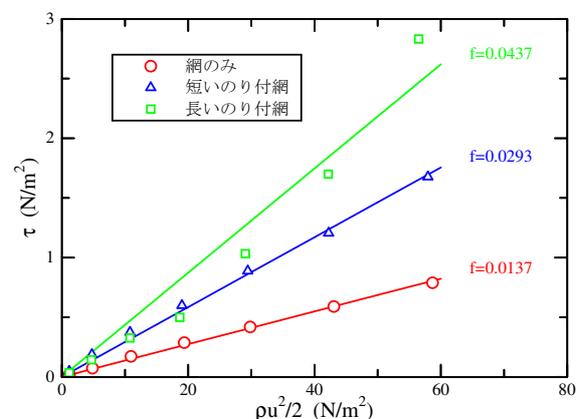


図4 断面平均流速とせん断力

網糸および浮かし竹を円柱と仮定すると，網のみの場合の養殖網の抵抗係数は $f = 0.0195$ である．この値は一樣流中ののり養殖網の抵抗係数ともみなせるので，網のみの場合の KC 数が十分大きい範囲での抵抗係数の目安となる．しかし，のりの付いた養殖網の抵抗定数については実験が必要となる．

3 のり養殖網の抵抗係数

全長 18m，幅 60cm の傾斜開水路，波高減衰実験と同じのり養殖網を使用し，一樣流の水面に浮かべたのり養殖網の抗力を三分力計で測定した．水深を 40cm 程度とし，断面平均流速を変化させた．その結果を図 4 に示す．網のみの場合は $f = 0.014$ ，短いのり付網の場合は $f = 0.029$ ，長い のり付網の場合は $f = 0.044$ となった．

図 3 は，全体的に右肩下がりの傾向を示し，KC 数が大きいとある一定の値に漸近している．この値は前述した円柱の抗力係数から求めた抵抗係数や一樣流に置かれたのり養殖網の抵抗係数とほぼ同じ値である．よって，KC 数が大きい範囲では一樣流に置かれたのり養殖網の抵抗係数が使用でき，KC 数が小さくなると徐々に抵抗係数の値が大きくなるように補正する必要がある．また，のりの生長に伴い，抵抗係数は KC 数の全範囲で大きくなると考えられる．詳細な値は今後の研究を待つものの，のり養殖網による波のエネルギー逸散率を計算するための抵抗係数は図 3 の曲線のようにになると考えられる．

4 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．この抵抗係数は，一樣流での抵抗係数を基準として，KC 数が小さい場合には補正が必要となる．

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．