

不規則波によって生ずる岸向き底面定常流に関する研究

日本文理大学 工学部 正員 ○樋田 操, 竹松 圭二
九州大学 工学部 正員 松永 信博, 小松 利光

1. はじめに 沿岸海域では、波動による流体運動により砂澱が形成される。砂澱の一方向の移動は、沿岸域における漂砂現象に大きな影響を与える。特に沖浜帯では、砂澱が岸方向に移動することを室内実験により著者らは明らかにしており、その原因は底面に沿った岸向き定常流に起因しているものと考えられる。このように、沿岸域における質量輸送現象を明らかにすることは、漂砂量の評価ならびに沿岸域における海水交換のプロセスの解明などにおいて重要である。Bagnold¹⁾は、水平床上を波が進行するとき底面に沿って岸向きの質量輸送が生ずることを実験によって初めて見出した。Longuet-Higgins²⁾は、水平床上を進行する波に対して流体粘性を考慮することによってBagnoldが見出した質量輸送現象を理論的に説明した。傾斜面上を遡上する波に関してはBijker³⁾の理論的研究がある。Bijkerによる理論解は、Longuet-Higginsの理論解とほとんど変わらないことより、底面勾配が及ぼす影響は非常に小さいことがわかる。

また、傾斜面上を進行する波によって生ずる質量輸送に関する実験的研究としては、Bijker、平山ら⁴⁾および松永ら⁵⁾の研究があるが、すべて二次元規則波に関するものである。Bijkerと平山らは波の質量輸送速度を測定するために、トレーサーとして比重0.995~1.13の沈降性粒子を用いた。一方、松永らはトレーサーとして粒子を用いることに疑問をもち、アニリン・ブルー染料を用いて実験を行った。

本研究では、規則波によって傾斜面上に生ずる岸向き定常流速を、種々の粒子(ピオセラン、ガラス・ビーズ、ポリスチレン・ビーズ)を用いて測定し、トレーサーによってどれだけの測定誤差が生ずるかを明らかにした。また、不規則波によって生ずる岸向き底面定常流速を染料を用いて測定し、規則波による結果との比較検討を行った。

2. 実験装置および実験方法 種々のトレーサーによる岸向き定常流速の測定においては、二次元小型造波水槽を用いた。トレーサーには、ピオセラン(比重1.002, 粒径0.185 cm)、ポリスチレン・ビーズ(比重1.03, 粒径0.185 cm)およびガラス・ビーズ(比重2.45, 粒径0.185 cm)を用いた。波の周期は0.98s, 沖波波高は2.22 cm, 沖波波長は149.8cmであり、底面勾配(i)は1/23.1であった。トレーサーを底面上に投下し、一定区間(10 cm)をトレーサーが移動するのにかかる時間を測定した。測定は10数回行い、その平均時間からトレーサーの平均速度を求めた。

不規則波による岸向き底面定常流速を測定する実験においては、ピストン式の二次元不規則波造波水槽を用いた。水槽は長さ34 m、幅0.6 m、深さ1 mで、テスト・セクションは片面ガラス張りのステンレス製であった。傾斜面は $i = 1/10$ に設置された。不規則波としては、Bretschneider-光易型スペクトルをもつ1分間の不規則波を繰り返し与えた。沖波有義波高($H_{1/3}$)_gは6.77~10.4 cmの間で、有義波周期($T_{1/3}$)_gは1.29~2.27sの間で変えられた。

3. 実験結果および考察 図-1は、規則波によって生ずる岸向き定常流速(U)を、種々のトレーサーを用いて測定した結果を示している。図中の曲線は、水平床上に対してLonguet-Higginsによって求められた理論解である。直線は、松永らによって求められた $i = 1/37.0 \sim 1/12.3$ に関する経験式である。松永らによると、岸向き定常流の流速を局所的諸量(波長 L , 波高 H , 波速 C , 水深 h)で無次元表示すれば、流速は底面勾配に依存しない形で表現できる。また、沈降性粒子をトレーサーとして測定した流速の結果によると、粒子の密度が大きくなるほど、流速は小さく評価されることがわかる。この原因は、明らかに粒子の流れに対する追従特性によるもので、トレーサーに粒子を用いて流速を測定する場合、比重に応じてかなりの測定誤差が生ずることになる。このため、質量輸送速度の測定にはトレーサーとして染料を用いる方法が妥当であると考えられる。写真-1は、不規則波によって染料が岸向きに輸送される様子を示す。写真の右が

図-2は、不規則波によって生じた岸向き定常流速の測定結果を示したものである。図において、 $H_{1/3}$ 、 $L_{1/3}$ 、 $C_{1/3}$ および $k_{1/3} (= 2\pi/L_{1/3})$ は、それぞれ定常流速測定位置における有義波高、波長、波速および波数を示したものである。図中の3本の曲線は、Longuet-HigginsとBijkerによって得られた、二次元規則波に関する理論解である。前述したように、Bijkerによる理論解は $i=1/5$ においてもほとんどLonguet-Higginsの解と大差ないことがわかる。図中の○は、 $i=1/10$ の斜面に規則波を与えたときの定常流速の結果であり、松永らが提案した経験式に非常によく一致していることがわかる。一方、不規則波による無次元定常流速は、松永らによって求められた経験式に比べ小さな値をとり、

$$\frac{U}{(\pi H_{1/3}/L_{1/3})^2 C_{1/3}} \approx 6.0 \times 10^{-1.1 k_{1/3} h}$$

で与えられる。さらに規則波に対して局所量を用いて岸向き定常流速を無次元表示すると勾配 i に依存しない形で表現できるという松永らの結果を考慮すれば、不規則波に対しても底面勾配に依存しない形で定常流速を普遍表示することが出来るものと期待される。今後は、勾配を広範囲に変化させることにより、定常流速の勾配へ依存を明らかにしていく予定である。

- 1) Bagnold, R. A.: J. Inst. Civ. Engrs., Vol. 27, No. 4, pp. 447-469, 1947.
- 2) Longuet-Higgins, M. S.: Phil. Trans. Roy. Soc., Series A, pp. 535-581, 1953
- 3) Bijker, E. W.: 14th Conf. on Coastal Eng. pp. 447-465, 1974.
- 4) 平山、福島: 第35回海講論文集, pp. 11-15, 1988.
- 5) 松永、竹原、粟谷: 土木学会論文報告集掲載予定

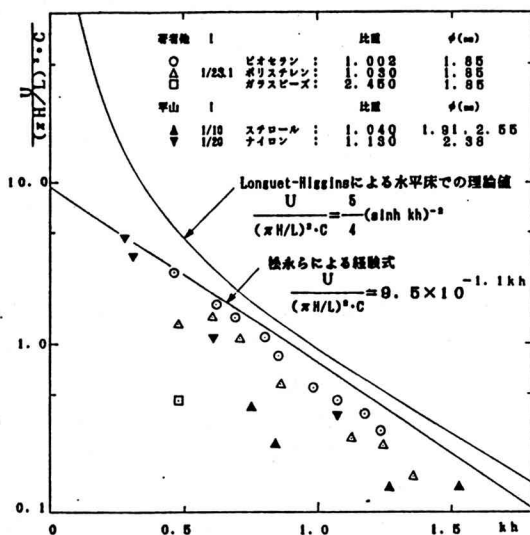


図-1 トレーサーによる岸向き底面定常流速の比較(規則波)

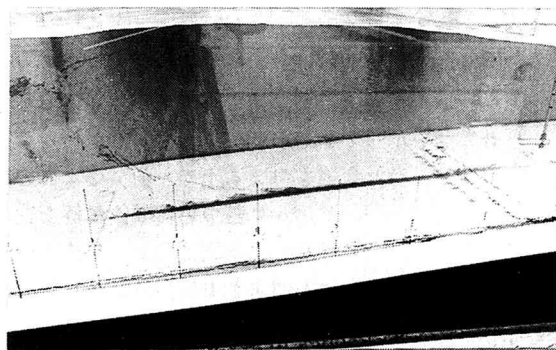


写真-1 不規則波による岸向き底面定常流

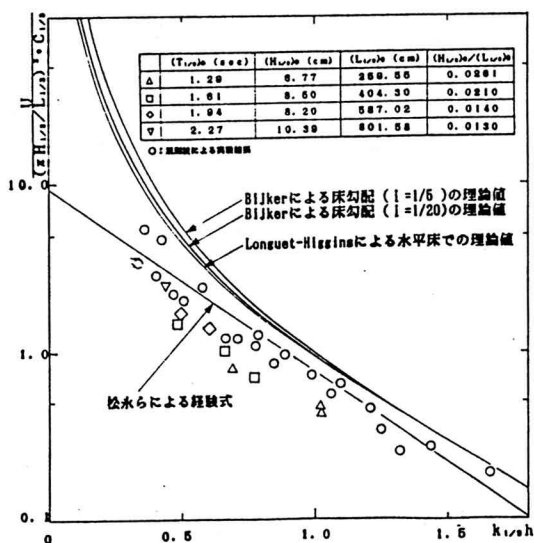


図-2 不規則波によって生ずる岸向き底面定常流速