

Ⅱ-21 Tidal Residual Circulation に関する実験的研究

愛媛大学 工学部 正員 〇 楓 口 明 生
 京都大学防災研究所 柏 村 誠

沿岸帯并にわいては、一般に潮流により移動する水粒子は、一周期後に元の位置に戻らう。これは、流れの中の恒流成分により考えられる。水粒子の元の位置と、一周期後の位置とを結ぶベクトルは、オイラー流に測定した流速の、一周期間の平均値（いわゆる恒流）と、ラグランジュ流に表現したものと考えられる。これを、Tidal Residue と呼ぶ。

恒流の成因としては、風、波、流入河川水、気圧傾度、潮流、密度差、地球自転等のほか、沿岸・海底地形に基づく潮流の偏りが上げられる。このような恒流は、沿岸帯内における物質の滞留に深い関わり合っていることから、実用上からも重要である。

現在観測の結果によると、島や岬の近く、湾口が狭く揃って湾、流れの強い狭い水道などに強い恒流が見られると報告されている。また、水理模型実験の結果では、海峡、岬や島の近く等に見られることが明らかにされている。

ここでは、地形による効果により明確にするために、単純な地形について水理実験を行う。恒流の発生と維持の機構を明らかにしようとした。

長さ 11m、幅 5m の水槽の中央付近に、右側の壁から 1m 離れた門から残り 4m をコンクリートブロックで仕切り、幅 1m の湾口をもつ 5×5m の正方形の湾（水深 10cm）を作り、これをフランジヤ式起潮機で水深 2.7cm、周期 6 分の正弦波を与え、浮標と染料（フレオレッサセンサー）の動きを写真撮影により追跡した。

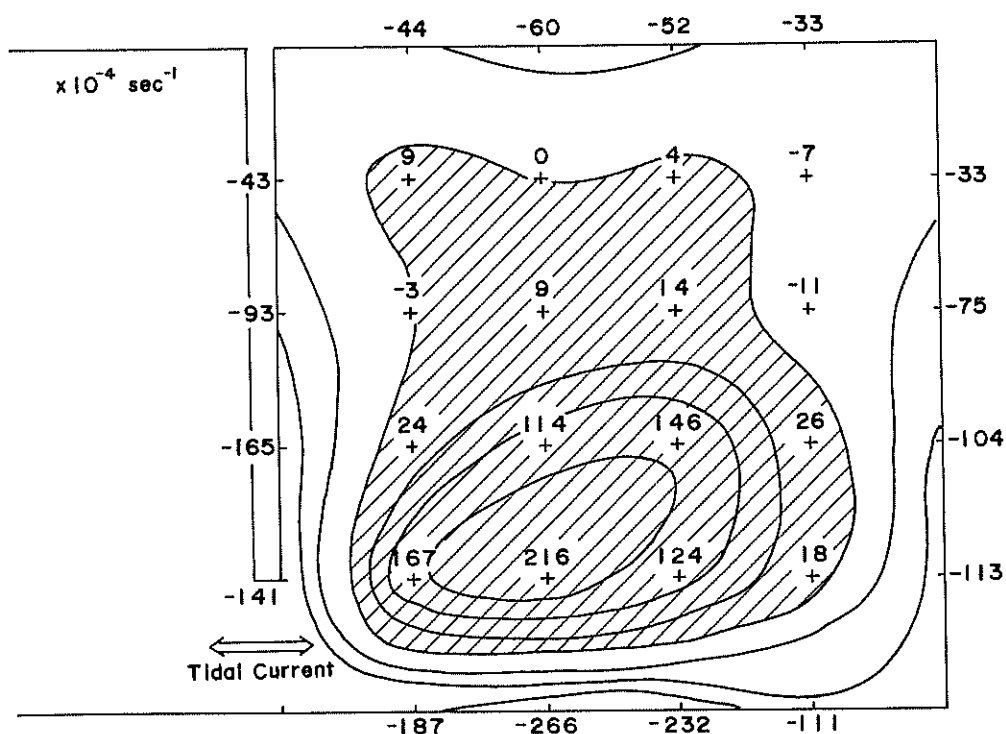
起潮機を動かして、最初の上げ潮時に湾口部に生じた渦は、時間の経過とともに次第に発達して、5 周期目には湾全体に広がる一つの大きな右回り（湾口の位置による）の環流となっている。この流れを Tidal Residual Circulation と呼ぶ。この場合、流れは一般に潮流として想像されるような直線流ではなく、潮流の偏相に応じて湾口部は右回り、湾に一方向に流れ、環流は見えない。

この実験水槽は、中央部の仕切りでほぼ対称的に区切られているため、湾外にこれと対称的な逆（左）回りの環流が生ずる。

湾口および湾内中央の横断面上で行った測定結果によると、湾口では、上げ潮、下げ潮により、時間的にほぼ周期的に変化する強い潮流が存在するが、中央線上では、湾口に近い壁から少しの間、湾口から奥に向かう強い流れが狭い幅の中を帯に卓越しており、それ以外の門では湾口に向かう弱い流れが幅広く分布することがわかった。なお、流れの発散する位置、すなわち、流速ゼロの点は、潮流の位相によって変化するが認められた。このような流速分布は、強い環流の存在を示している。また、染料を流して調べた結果によると、正方形の湾には小さな右回りの渦の存在が認められた。

湾内を 1cm 間隔の格子で区切り、各格子内の恒流の平均値から、格子点での渦度（反時計回りを正とする）を求めたところ、図 1 のように、湾の中央部に正の渦度が存在し、下半分に強い渦度が見られる。また、湾口部には負の渦度が存在する。

以上、水平 2 次元的に考えたこととし、静水圧分布を仮定し、1 次の摩擦抵抗を考え、地球自転の効果は無視



すると、鉛直平均流に関する基本式は下のようになる。ただし、こゝで、流速の鉛直分布に関する係数は1とし、

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= -g \frac{\partial \xi}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - R u \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= -g \frac{\partial \xi}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - R v \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (hu) + \frac{\partial}{\partial y} (hv) = 0 \quad (2)$$

ここに R は抵抗係数である。

恒流に関する量に $-$ 、潮流に関する量に $'$ をつけることにし、 $u = \bar{u} + u'$, $v = \bar{v} + v'$, $h = \bar{h} + \xi$ と表わすことにすれば、これらの式から、恒流に関する方程式は下のようになる。

$$\bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + F = \nu \left(\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial y^2} \right) - R \bar{u} \quad (3)$$

ここに $\bar{u}$ は潮度を表わし、 $\bar{u} = \bar{u} + u'$, $F = \overline{u' \partial u' / \partial x} + \overline{v' \partial u' / \partial y} + \overline{Q' u'}$, $Q' = \partial u' / \partial x + \partial v' / \partial y$ である。

この式は、潮流の非線型項により発生した潮度が、恒流による移流と水平・垂直の粘性拡散と釣り合っていることを示している。

図に示した潮度分布は、内湾領域では潮度が保存され、境界領域で消散していることを示していると思われるが、詳細についてはまだ十分吟味すべからう。今後さらに解析をする、実験資料から潮度方程式の各項の評価を行い、その機構を明らかにする必要がある。