

東京理科大学工芸工学科 大西 外明 ○ 西村 司

1 はじめに 瀬門海峡、友ヶ島水道あるいは明石海峡の様に、幅の急に狭まった海峡水域においては、潮流によって生ずる海峡背部水域中の後流内の鉛直混合が極めて激しいことが、従来、船舶からの水温測定などをもとにして示されている¹⁾、その水理学的発生機構については不明な点が多い。筆者らは、先に、潮流によって形成される後流中の自由乱流境界層の coherent 渦の各々が一端を海面、他の一端を海底に接する一本の line-vortex であることに着目し、それと類似の渦であるところの tornado—大気中の大竜巻—の側にならって渦軸沿いに湧昇流が発生する機構を説明し、この機構が、幅の狭い海峡部の激しい海水鉛直混合の一因をなすことを示した²⁾。本論においては、海底地形の急な変化が湧昇流を発生する機構を取り扱う。なお、ここでは、この様な機構によって生ずる湧昇流を、先に論じた tornado 型湧昇流に対して、“地形性湧昇流”と称している。

2 地形性湧昇流の発生機構

幅の急に狭まった海峡においては、図-1に示す様に、潮流によって形成される海峡背部の水域の後流中に自由乱流境界層が形成される。coherent 構造理論によれば、自由乱流境界層内においては渦度の局所的に集中した部分、即ち coherent 渦が効率良く形成され、又、この coherent 渦の各々は、一端を海面、他の一端を海底面に有する一本の line-vortex と考えることができる。

今、この line-vortex を半径が無限小の渦糸と理想化すれば、line-vortex は直線・円弧・螺旋のいずれかの形状を呈する場合にのみ安定である³⁾。自由水面および海底面の双方を剛体壁と仮定し、更にこれらの境界面沿いに境界層が発達しないものとするれば、渦軸端における流体の回転運動を考慮することによって、line-vortex がこれらの境界面に直交すべきことがわかる。従って、(b)の様に、直線状の line-vortex I が地形変化のある海底に流下してゆけば、例えば、円弧 II あるいは螺旋 III へと変形してゆくことによって安定化することができる。実際には、海面は自由水面であり、また、海底面沿いには境界層が発達することによって、この直交条件は一時的には緩和されるが、いずれにせよ、最終的な安定状態は I, II あるいは III の様なものである。

これらの安定状態においては、海底面沿いの境界層厚さ δ は、時間 t と共に成長しようとする一方、tornado 型の湧昇流発生機構が、この境界層内の海水を海底面に沿って渦中心部に吸い込む働きをなす。従って、これらの

図-1 海峡背部の coherent 渦

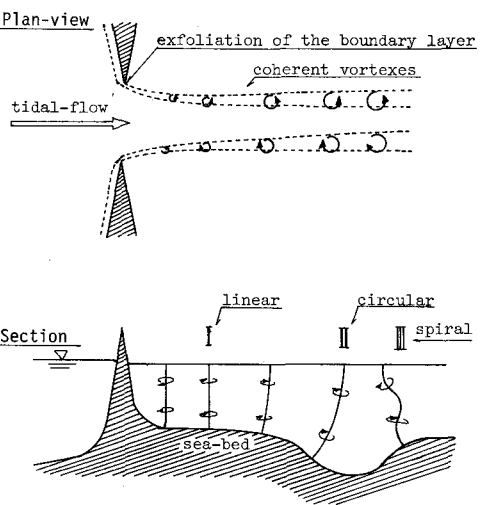
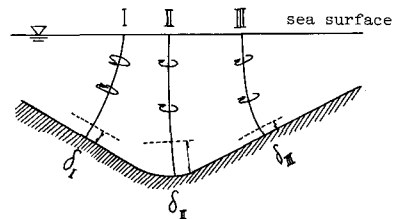


図-2 境界層厚さの変化



相反する作用の釣り合い関係から求まる境界層平均厚さ δ は、

$$\delta = \delta(\Gamma, k) \quad (1)$$

と表わすことができる。ここに Γ は渦の強さ、 k は底面粗度である。今、図-2 の様に、境界層厚さ $\delta_I(\Gamma_I, k)$ を伴う安定な *line-vortex I* が流下して海底地形急変部にさしかかる場合、渦は、1つの安定状態 I から他の安定状態 II へと移行せねばならない。従って、地形変化が急激であればある程、一時的に海底面における直交条件は崩れやすい。この直交条件からのズレは、現実には海底面沿いの境界層厚さ δ が厚くなることで緩和される。すなわち、

$$\delta_{II} > \delta_I \quad (2)$$

地形変化部を通過すると、渦は、釣り合い状態の境界層厚さ $\delta_{II}(\Gamma_{II}, k)$ を伴う新しい安定状態 II に移行する。同一の海底面では

$$k = \text{const.} \quad (3)$$

又、渦は *tornado* 型渦流を生ぜしめることで

3 鳴門海峡における地形性渦流

図-3 は、鳴門海峡における *coherent* 渦の生成・流下・減衰の様子を海底地形図上に展開したものである。(a) は南流時、(b) は北流時の流況、(c) は海底地形と *coherent* 渦あるいは地形性渦流との間の関係を模式的に示したものである。図より、以下に示す特徴を読みとることができる。

- (1) 自由乱流境界層は、主流に対し $\pi/2$ 以下の迎え角をもって突出する海峡部浅瀬より剥離する。
- (2) 自由乱流境界層内の *coherent* 渦は、海底下り勾配に沿って明確な *coherency* を保ちつつ流下する。
- (3) 下り勾配から水平面あるいは上り勾配にさしかかると同時に *coherency* を失ない、浅瀬との間に広範囲の地形性渦流を生ずる。

(参考文献) 1) 西, 拓海海洋研究 1-15 No.1 2) 大西・西村, 文 23 回水講 3) Batchelor, 流体力学)

図-3 鳴門海峡における地形性渦流

