

## 連続成層流体中に形成される細胞状渦

日本文理大学 工学部 正会員 池畑義人

日本文理大学 工学部 佐藤義樹 林慶太 中村文彦

## 1. はじめに

海洋や大気の流れ層は、安定した密度成層を形成していることが多い。密度成層流体中では、内部の流体運動は水平方向の運動が卓越する2次元な流体運動となり、等方的な流れとは異なる流体運動が引き起こされる。このような密度成層流体中の流体運動を研究することによって、海洋内の物質輸送や密度変化の原因を探ることができる。成層流体に密度噴流が流入する流れの実験的研究としては、Sergey<sup>1)</sup>らの研究が挙げられる。Sergeyらは、連続的に密度成層した流体に噴流を短時間だけ流入させ、そこにできる渦対についての研究を行った。また、回転流体ではDavies & Ahmed<sup>2)</sup>が淡水に流入する密度噴流の挙動を回転台上の水槽で調べている。Honji<sup>3)</sup>は、成層流体中の円柱の後流が発達して細胞状の渦が形成されることを報告している。この研究では、Sergeyらが用いた実験装置と同じような装置を用いて、長い時間密度噴流を流入させたときに成層流体中に発生する乱れの発達を観察した。この研究では、成層流体中の薄い層に形成される乱れに着目し、その減衰過程を観察した。

## 2. 実験概要

実験には、図1に示すようなアクリル製の水槽(120cm×30cm×30cm)を使用した。水槽は密度成層流体した塩水で満たされ、内部の流体は勾配がほぼ一定になるような安定成層となっている。水槽の一端には円形断面をした直径0.3cmのノズルが取り付けられ、そこから水平に流体層に流入するように密度を調整された塩水を供給した。この研究では、どの実験条件でもほぼ同じ流量の噴流を供給するようにした。全ての実験を通じた噴流の流量の平均は $10.08\text{m}^3/\text{s}$ であった。トレーサには粉末状のナイロンを使用した。光源には出力1kwのスライドプロジェクタを用いてスリットで光線をシート状に絞って照射した。このようにして、可視化した流れをスチルカメラにて長時間露光撮影した。実験は密度勾配の異なる3種類の密度成層を使用した。それぞれの密度勾

配で噴流を流入させる時間を5から8通り変化させた実験を行い、合計20回の実験を行った。

## 3. 実験結果

図2に噴流が時間的に発達する過程を示す。この実験で噴流は $t = 0\text{s}$ から $t = 40\text{s}$ までの間供給され続け、ノズル近傍の密度勾配は $0.00269\text{g}/\text{cm}^3$ であった。これ以降、全ての写真はノズルが左側になるように並べられる。図2から、図2(a)で示した噴流が図(b)から図2(c)と徐々に乱れた流れが、図2(d)に示すような組織的な細胞常の渦に再構成されている様子が分かる。

図3に、成層流体中における噴流の長時間発展を示す。図3(a)は渦が2個形成された流れで、図3(b)では3個、図3(c)では4個の渦が形成されていることから、噴流の流入する条件が異なることで、最終的に形成される細胞状の渦の数が異なっていることが分かる。

図3に示したような渦の数は、噴流が流入によって供給される運動量フラックスの総量に依存していると考えられる。ここでは、全ての実験で単位時間あたりの流量が一定なので、運動量フラックスの総量は噴流を流入させた時間に比例する。

図4は、3種類の異なる密度成層勾配で形成される渦の数が噴流から供給する時間にどの程度依存するか調べたものである。図4から、噴流が流入する時間が短ければ渦の数は少なく、 $t = 40\text{s}$ を過ぎると渦の数が増えることが分かる。また、成層流体の勾配が急な場合は、噴流から供給する運動量が多くてもあまり多くの渦ができないことがわかる。なお、水槽の長さの縦横比の関係上渦は最大4つまでしかできない。

## 4. まとめ

この実験によって、密度成層流体内の薄い層を噴流によって乱したとき、その乱れは細胞状の渦に再組織化し、このとき生成される渦の数は密度勾配に依存する傾向があることが分かった。今後は、PIV解析などを用いて、流れが組織化する過程を詳細に

解析する予定である。

参考文献

1. S.I.Voropayev, X. Zhang, D.L.Boyer, H.J.S.Fernando and P.C.Wu: Horizontal jets in a rotating stratified fluid, Phys. Fluids 9, 1 (1997)
2. P.A.Davies and I. Ahmed: Laboratory studies of a round, negatively buoyant jet discharged horizontally into a rotating homogeneous fluid, Fluid Dyn. Res. 17

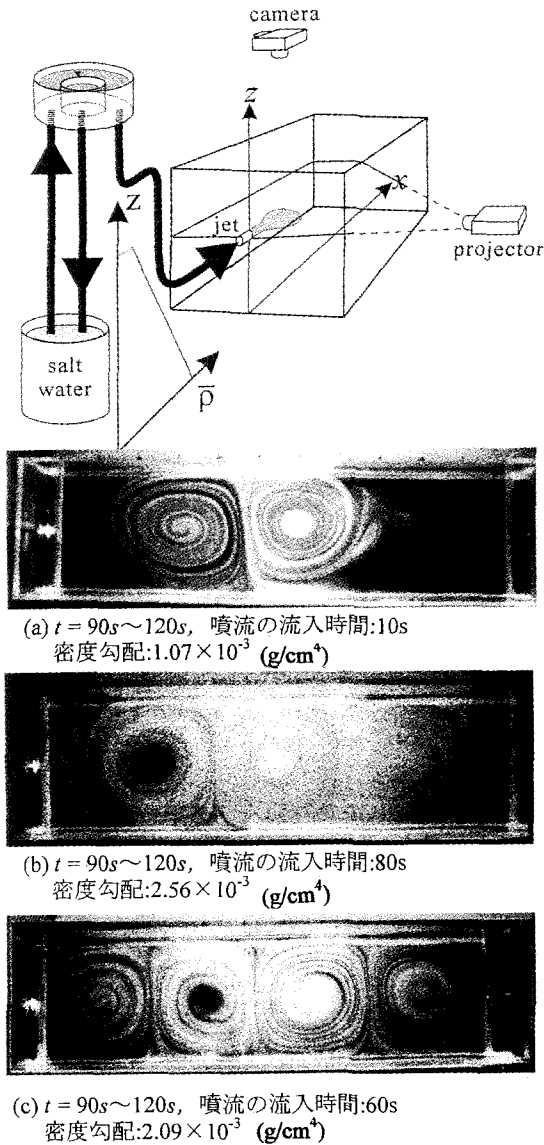


図3 長時間発展して形成される細胞状の渦

3. H.Honji: Cellular structure evaluated from turbulent wakes, Proc. of 3rd. Asian Symp. Fluid Mech.(1986)

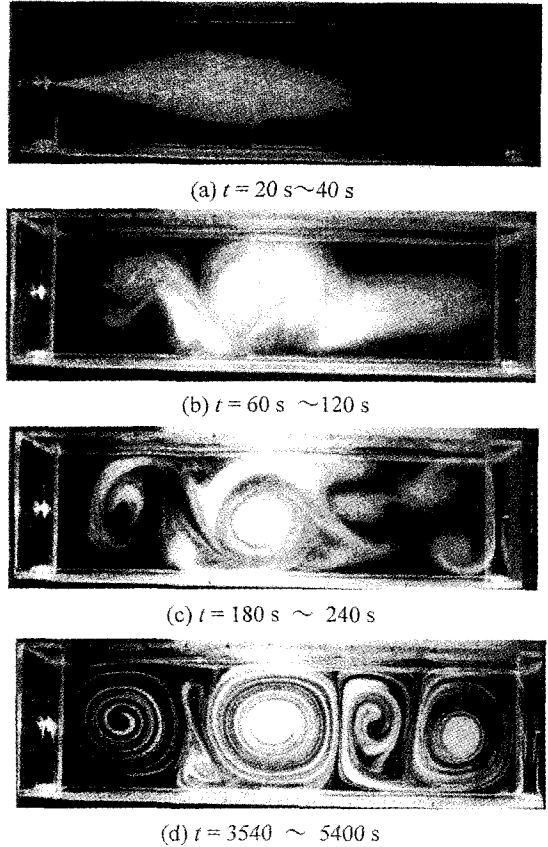


図2 成層流体中の噴流の時間発展 (噴流の流入時間:40s, 密度勾配:  $1.07 \times 10^{-3}$ )

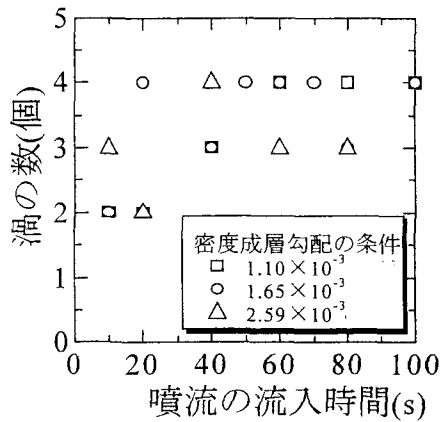


図4 長時間発展して形成される細胞状の渦