

(II-113) せん断密度流界面における大規模渦の役割について

芝浦工業大学工学部	正会員	菅 和利
芝浦工業大学大学院	学 員	北岸 睦
芝浦工業大学工学部		井上泰樹
芝浦工業大学工学部		伊藤龍一

1. はじめに

連行現象は、連行現象を生じさせる起因力の違いによって性質を異にしている。塩水と淡水との流れによる界面でのせん断力は、塩水くさびの密度界面での混合に支配的な作用をする。このような、塩水くさび界面での混合現象のようにせん断流に起因する混合を取り扱う場合には、実際現象と同様に複雑な上層、下層での流向・流速の組み合わせが再現できる循環水槽が適している。

本研究では、循環水槽を用いて上・下層の流向・流速の組み合わせを変化させてせん断層を形成させ、可視化により連行のメカニズムを明確にすると共に、せん断層に形成される大規模渦の連行現象に及ぼす役割と特性について検討したものである。

2. 連行現象に及ぼすせん断層の役割

界面での安定性については多くの研究がなされているが、不安定が発生した後の現象までも含めた研究は少ない。本研究では、せん断層そのものの不安定性と混合現象に着目して相互連行現象について検討を行った。上層と下層が逆方向に流動し、十分なせん断力が作用する密度界面での現象を、アルミ粉末を用いた可視化により把握した。

せん断層に働くせん断応力が大きくなると写真1の様にせん断層内での渦度の集中が生じ、この渦が発達して上下層の流体をこの集中渦の中に取り込むようになる。写真1の楕円状に白く光っているのが集中渦である。せん断密度流界面に形成されたせん断層は、重力不安定による集中渦の形成と周囲水のこの集中渦への取り込みと放出を繰り返しながら相互連行に寄与している。この集中渦を伴ったせん断層は、周囲水の取り込み量と放出量をバランスさせながら体積的な平衡状態を作り出していると考えられる。このせん断層を媒介とした相互連行現象をまとめると図-1のようになる。



写真1 せん断層内での渦度の集中

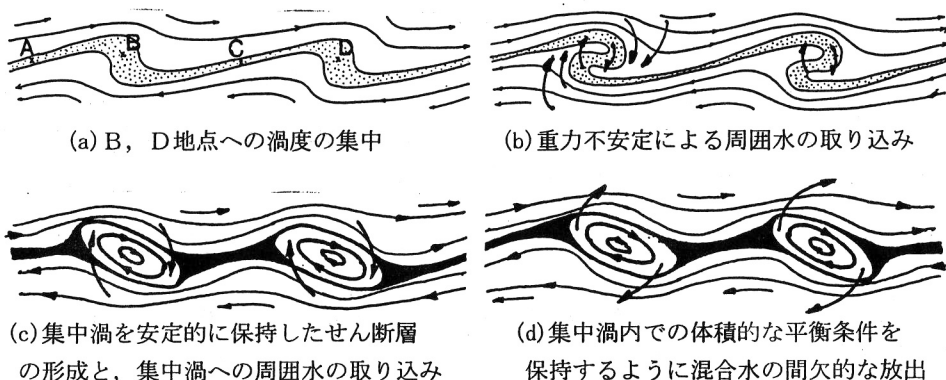


図-1 集中渦を伴うせん断層を媒介とした周囲水の取り込みと放出の模式図

この放出される様子を示したのが写真2である。せん断層の尖った部分（写真2でせん断層境界から下に向かって白く筋を引いている部分）から放出されており、吉田らが指摘した重力内波ともう一つの内部波の2つの内部波の重畳現象に類似な現象が生じていると思われる。



写真 2 せん断層からの流体の放出

3. せん断層内における大規模渦の特性

このように上下層がともに流動する場合には、せん断層に形成される集中渦への周囲水の取り込みと放出が生じていることが可視化によって確かめられた。そこで、大規模渦が生じたときのせん断層内の乱流特性について、レイノルズ応力とスペクトル変動を求めて検討した。

図-2は集中渦が存在する場合におけるレイノルズ応力の鉛直分布であるが、せん断層と上層・下層との境界付近でそれぞれ強いピークが出現している。このことは、せん断層外縁においてせん断層内の集中渦を媒介とした上層・下層への流体輸送が活発に行われていることを示している。

また、図-3は大規模渦を伴うせん断層内での水平・鉛直速度成分のパワースペクトルを計算したものであるが、低周波成分と高周波成分の二つの周波数帯にピークが現れている。これは、重力内波に相当する低周波成分と渦度の集中に伴う不安定性による高周波成分の内部波とが共存していることを表している。大規模渦を伴った流れでは同様の結果が得られており、これらの周波数成分による内部波が大規模渦によるものであると考えられる。図-4は、そのときの密度変動スペクトルを計算したものであるが、水平・鉛直速度成分のピークと一致しており、これらの周波数成分の移流速度によって密度変動が行われている。すなわち、大規模渦が流体輸送に重要な役割を果たしていることがわかる。

4. 結論

せん断密度流界面に生じる大規模渦に着目して検討を行ない、次のことが明らかになった。まず、せん断層に働くせん断力が大きくなると、せん断層内に大規模渦が発生し、この渦によって周囲水からの取り込みと混合水の間欠的な放出を繰り返す一連のプロセスを経ていることが可視化により説明できた。また、大規模渦の特性として、低周波成分と高周波成分の二つの内部波が共存しており、この大規模渦が流体輸送に主要な役割を果たしていること、そして流体の相互輸送がせん断層外縁で活発に行われていることが明らかになった。

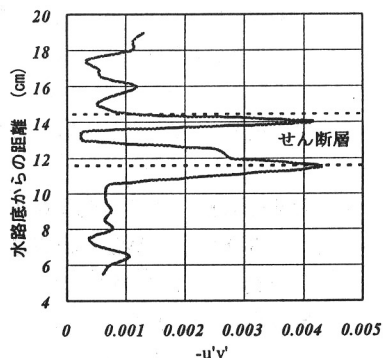


図-2 レイノルズ応力の分布

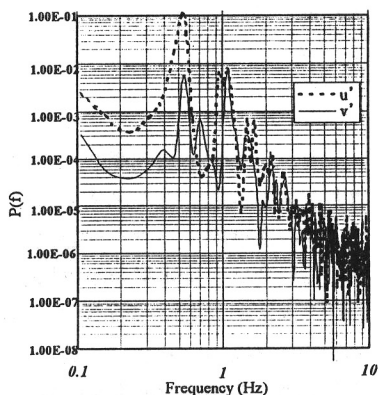


図-3 速度成分スペクトル

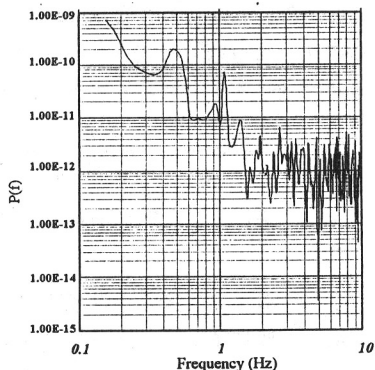


図-4 密度変動スペクトル