

氏 名	大 西 行 雄 おおにし ゆきお
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 520 号
学位授与の日付	昭 和 53 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 地 球 物 理 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	A Numerical Study on the Tidal Residual Flow (潮汐残差流に関する数値研究)

論文調査委員 (主 査) 教 授 國 司 秀 明 教 授 奥 田 節 夫 教 授 山 元 龍 三 郎

論 文 内 容 の 要 旨

流体運動の非線型性のために、沿岸海域での潮流は、その海盆の地形に関係して、潮汐残差流とよばれる定常な流れをつくりだす。申請者の主論文はこの潮汐残差流の構造ならびに生成機構を数値実験的に研究したもので、2部からなっている。研究の具体的対象としては、この研究と並行して行なわれた柳 (1976) の水理模型実験的研究におけるのと同じ形、すなわち、水深が一定の $5m \times 10m$ の矩形で、短辺の一方を開口端とし長辺の中央から長さ $4m$ の岬が長辺に直角に突き出しているという簡単な海湾地形がえられ、研究はその地形について展開されている。

まず第1部では、申請者は、潮汐残差流の基本的発生機構の解明に重点をおき、この海湾の鉛直積分水平2次元数値モデルを構成して一連の実験を行ない、その詳細な解析によって次のような結果と結論とを導いている。

(1) この海湾に形成される潮汐残差環流はいわば二つの“カスケードアップ”の過程による。すなわち、海岸での水平摩擦によってまず潮汐周期の振動流に渦度が生成されるが、その渦度の一部がその振動流の自己相互作用によって定常流の渦度へ転換される (周波数空間におけるカスケードアップ)。この転換は岬の先端近くの狭い沿岸境界層の中で起こるが、さらにそれをその定常流自体が海湾内部海域へ輸送する。つまり定常流の自己相互作用によってその渦度が海湾内部に広く分布し、結局、定常流それ自体が海湾内に広く発達することになる (波数空間におけるカスケードアップ)。

(2) さらに、この際、狭い沿岸境界層内で起きている振動流から定常流への渦度の転換の総量は潮位差や潮汐周期あるいは水平渦動粘性の大きさに強くは依存しないであろうとの推論ならびにその転換状況の実験結果とから、定常流と振動流との相互作用はこの現象に関して本質的ではないとの推論に達し、実際にその相互作用を無視した実験を行なってこれを実証し、それによってこの現象がレイノルズ数 (水平渦動粘性を用いた) だけで規定しうることを示している。また、それによって残差流の潮流に対する運動エネルギーの比のレイノルズ数による変化を示したが、その結果はその後の柳 (1977) による水理実験結果

とよく一致することが示されている。

第2部では、申請者は、さらにこの潮汐残差流の詳細な3次元構造を知るために、水平流の鉛直シアと鉛直流との存在を許容しうる最低限のモデルとして、この海湾の水平2次元鉛直2層位数值モデルを構成し、それによる一連の実験と解析を行なって次のような結果と結論を示している。

(1) このモデルについても残差流の全体的な基本的発生機構は変らないが、環流の中心部で上昇し周辺部で下降する鉛直循環流が同時に形成される。その機構は、海底摩擦のために環流中心部の上層の流れは下層よりも強く、上層での遠心力が下層での遠心力よりも強いためであると理解される。また、この鉛直流の存在に関連する水平流の上層での発散の状況のために、上層の環流の中心部が岬と反対側の長辺の方に寄せられるなど、その結果は先の鉛直積分モデルの結果よりも水理実験結果により近いことを示している。

(2) また、この鉛直流の存在に関連する水平流の収束発散はこの海域における物質の分散に重要な意味をもっており、この流系については水平流の鉛直シアの効果は拡散とは逆の方向で、たとえば環流の中心部に閉じた高塩分域を作り出すような作用をもつことを詳細な解析で示している。

(3) さらに、最後に、この海湾地形をもった現実の規模(短辺30km程度)の海を想定し、モデルを地球自転の偏向力を含んだモデルに拡張して実験を行ない、地球自転の偏向力が先の鉛直流の存在に関連する水平流の収束発散に作用して、上層で右旋環流は強められ左旋環流は弱められることを明らかにしている。

なお、参考論文6篇は、潮流の熱成因の可能性を示したものを含めて琵琶湖における潮流に関する数値実験的研究3篇、観測値の補間法と数値研究の手法に関する論文各1篇および沿岸域での物質分散にとって重要なシア拡散に関する論文1篇である。

論文審査の結果の要旨

今日のいわゆる環境問題とも関連して、海域における物質分散過程の解明が近年の緊急な重要問題となってきた。従来、この問題に関しては単に潮流によって混合が起こるというかなり莫然とした理解の域をでなかったが、一種の往復運動である潮流よりも、それに伴われている恒流とよばれる定常的な流れにむしろ強く支配されていることが次第に明らかにされてきた。この恒流の成因としては、長期間連吹する風による吹送流や水平的な海水密度差の存在あるいは生成による密度流などが考えられるが、とくに沿岸浅海域では、さらに他の一つの可能性として、流体運動の非線型性のために地形との関連で潮流自身が生み出す定常な流れ—これを潮汐残差流とよぶ—が考えられる。

申請者の主論文はこの潮汐残差流の構造とその生成機構とを数値実験的に明らかにしようとしたものである。論文は2部からなるが、申請者は、この問題の研究するために、これと並行して行なわれた柳(1976, 1977)の水理実験的研究との対応を考慮して、そこで用いられたのと同じ形、すなわち、水深が一定の $5m \times 10m$ の矩形で、短辺の一方を開口端とし長辺の中央から長さ $4m$ の岬が長辺に直角に突き出しているという簡単な海湾地形について数値的実験を行なっている。

まず第1部では、その基本的発生機構を明らかにすることに重点をおいて、鉛直には積分した形の水平

2次元の問題として取扱い、この海湾内いっばいに広がる定常な潮汐残差環流は二つの“カスケードアップ”の過程によること、すなわち、海岸での水平摩擦によって振動流である潮流中に潮汐周期の渦度が作られるが、その渦度の一部が潮流の自己相互作用によって定常流である残差流の渦度へ転換される（周波数空間におけるカスケードアップ）。この転換は岬の先端近くの狭い沿岸境界層中で起こるが、さらにその転換された残差流渦度の残差流自体による境界層外への運び出し、換言すれば残差流の自己相互作用によって残差流渦度を海湾内に広く分布させる過程が続く（波数空間におけるカスケードアップ）、結局、残差流自体が広く海湾内に発達することを明快に示すことに成功している。また、この際、潮流と残差流との相互作用はこの現象にとって本質的でないことを実際に示し、この現象が事実上水平渦動粘性を用いたレイノルズ数だけに依存するとみられることを結論づけることにも成功している。

さらに第2部では、鉛直を2層位とした数値モデルを構成して、潮汐残差流の3次元構造的解明に進み、この残差環流には環流の中心部で上昇し周辺部で下降する鉛直循環流が存在することを明らかにし、その詳細な生成機構の解析を示すとともに、この鉛直流の存在に関連する水平流の収束発散がこの海域での物質の分散に重要な役割をもつこと、さらには実際の規模の海湾では、その収束発散に地球自転の偏向力が作用して、上層での右旋環流は強められ左旋環流は弱められることをそれらの物理機構を提示して明快に示している。

このように、申請者の研究は明快であるとともにその解析はきわめて緻密で、それらの結果は学会でも広く注目されている。また結果には直接は現われないが、たとえば海底摩擦を零としても発散しない数値計算のスキームを考案したり、あるいは参考論文にあるように観測値の合理的な補間法を考案するなど、その数値計算の技法に対する能力も高い。

以上のように、申請者の研究は独創的な手法に裏づけられた緻密かつ明快なもので、学会での評価も高く、この分野の研究の発展に重要な貢献をしたものと認めることができる。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。