

## 噴火湾における親潮流入期の ADCP による流れの観測

高橋 大介

北海道大学大学院水産科学研究科

木戸 和男

北海道立地質研究所

西田 芳則

北海道立函館水産試験場室蘭支場

三宅 秀男

北海道大学大学院水産科学研究科

これまで、噴火湾では流速計を用いた係留観測が行われてきた。この観測では、20 m 深と 80 m 深に流速計を設置するもので、2 層でしか流れの情報を得ることができなかった。近年の観測機器の発達に伴い、今回初めて海底設置型の ADCP（音響ドップラー流速計）を用いた係留観測が行われた。ADCP を用いることにより、今まで 2 層でしか得られなかった流れの情報を多層で得ることができ、多くの流れの情報を得ることが可能になった。今回は、その結果について報告する。

解析に用いたデータは、2000 年 2 月 18 日から同年 4 月 19 日までの間、湾の中央部にある北大水産学部の観測地点 St.30 に設置した ADCP データ（10 分間隔で水深 84 m から 2 m 毎に 50 層を測流）、同時期に水深 10 m と 50 m に設置されていた水温・塩分計のデータ、水深 20 m と 80 m に設置されていた流速計の水温・塩分計のデータ。そして、2000 年 2 月 15 日～17 日と 3 月 21 日～24 日に湾口部で行われた CTD 観測のデータを用いた。

まず、この時期の噴火湾での流れの構造の特徴として、平均流の流速は下層へ行くにしたがって減少し、流向は

反時計回りに偏向していた。どの層でも平均流より変動成分の方が卓越しており、変動成分は 50 m 層で最も小さくなっていた。この変動成分の一因として、2 月 28 日から 3 月 9 日の間にどの層でも卓越している慣性振動が考えられる。次に、水温・塩分の時系列データから水塊分類を行うと、20 m 以浅では親潮系水で占められており、20 m 以深では冬季噴火湾水で占められていた。この 20 m 以浅の親潮系水は、湾口部の CTD データにより、湾口の東側から湾内に流入し、湾内を反時計回りに循環しながら湾内に広がっていくと考えられる。また、3 月 9 日付近で 50 m 層の水温・塩分が急激に減少することから、親潮系水は中層からも湾内に流入することがわかる。この 50 m 層に流入してきた親潮系水に関しては、CTD データと ADCP データにより湾口の西側から湾外へ流出するものもあると考えられる。

今後の課題としては、慣性振動以外の変動成分についての解析や 2 月 25 日から 3 月 9 日の間に見られる 50 m 深での水温・塩分の振動と流れの関係についての解析を行ってみたい。

## 宗谷海峡東部の流れについて

田中 伊織・三上 可奈子・中多 章文

北海道立中央水産試験場

サハリン南端クリリオン岬の西岸には冷水域が形成され、暖候期には宗谷暖流の沖側に存在する冷水ベルトと連続していることが知られている。また、夏季の宗谷海峡東方海域の水平密度分布を描くと、北海道沿岸から 10～20 海里沖に宗谷暖流に平行する高密度帯があり、この高密度帯の南側は宗谷暖流が流れ、北側には宗谷暖流とは逆向きの流れ、すなわち宗谷海峡に向かう海流（クリリオン海流）があるとされている。このような水温・密度分布と海流系の構造の関係は 100 年以上前から指摘されている。

このサハリン南西端の冷水域の成因についても、宗谷暖流の沖側にできる冷水ベルトの成因に関するものとは別に、現在大きく分けて 2 つの説がある。一つは、サハリン西岸を南下し、宗谷海峡を通過する海流（西樺太海流）の下層の冷水が湧昇しているためという（日本海起

源）説である。もう一つは、クリリオン岬南東部すぐ近くにある二丈岩周辺の浅海域において、宗谷海峡内の強い潮汐流による鉛直混合で中冷水と混ざって低水温化した表面水が、タイダル・エクスカージョンや風などにより日本海側に流され、クリリオン岬西岸域に冷水域を形成するという（オホーツク海起源）説である。ここの冷水域を特徴づける海水の性質は、日本海とオホーツク海の海水の性質の違いにより、西樺太海流の湧昇による場合には高塩分・低水温が特徴で、鉛直混合の場合には低塩分・低水温が特徴となる。これまで得られている宗谷海峡周辺の水温・塩分分布からはこの両方の特徴が見られている。この 2 説の決定的な違いは、宗谷海峡内およびクリリオン岬西側に見られる低温・高塩分水が移流される海流の方向の違いにある。オホーツク海起源説では、この水はクリリオン海流によりオホーツク海から日本海

に輸送されるとしている。サハリン南西岸の海流はロシアの領海内・200カイリ内を流れているため、基本的にはロシアが測流することで解決すべき問題である。現在、ロシア側からはこの問題に対して測流結果を基にした報告は出されていないようである。したがって、現段階では冷水域を形成する要因の決着は付けられない。しかし、この冷水域に連なる宗谷暖流の沖側にある宗谷海峡方向に流れるクリリオン海流については、宗谷海峡東部近くまで日本の200カイリ内にあるため、日本側の海流観測で実態を明らかにしておく必要がある。

これまで、宗谷暖流を横断する海流観測で、潮汐成分（日周潮・半日周潮成分）を除去した同時性の高い流速分布は主に紋別沖で得られ、距岸20海里以遠で宗谷暖流とは逆向きの、宗谷海峡方向の流れが複数回観測されている。一方、1995年8月、日ロ共同海洋観測で、宗谷海峡内東経142度線上で潮汐成分（日周潮・半日周潮成分）を除く残差流分布が得られた。この時、宗谷海峡北側半分の残差流は南東方向であり、オホーツク海から日本海へ向かう流れは観測されなかった。昨年7月から、

宗谷海峡近くの浜頓別町沖合の定線上で、宗谷暖流を完全に横切る ADCP24時間50分4往復調査法による海流調査を開始し、現在まで1999年7月と2000年6月の2回、4往復観測に成功したが、この2例とも、残差流の方向は全観測層で南東方向であった。CTD観測によって得られた同観測線上の鉛直密度断面分布は、これまで得られた多くの観測結果と同じように、宗谷暖流の沖側には、海底を無流面とするなら、宗谷海峡の方向を向く傾圧的な流れがある分布を示していた。これらの宗谷暖流横断観測結果から、暖候期の宗谷暖流流域では、傾圧的な流れの成分よりも、順圧的な流れの成分が卓越していることが示され、CTD等の通常の海洋観測から得られる密度分布からは流れの方向さえ決められないことが分かりつつある。

今までのところ、観測回数は少ないが、冷水ベルトが明瞭に見られる暖候期に紋別以西の宗谷暖流の沖側には直接測流ではクリリオン海流は観測されていない。この結果が常態なのか偶然なのかを明らかにするため、今後も測流結果を得る努力を続けていく予定である。

## 二重拡散対流による鉛直微細構造の形成

野口尚史・新野 宏

東京大学海洋研究所

〔はじめに〕海洋中には鉛直方向に数10cm~数mという小さいスケールで温度や塩分が階段状に変動していることが観測されている。微細構造が出現することによって塩分や熱の鉛直輸送は大きく変化することが予想されるため、水塊の変質に深く関わっており、また、熱塩循環を通じて海洋の大循環にも影響を及ぼす重要な現象の一つとして考えられている。そのような微細構造の形成過程は常に議論の対象となってきた。現在まで様々なメカニズムが考えられているが、その中の一つに二重拡散対流がある。

本研究では、二重拡散対流に因る微細構造の形成について、その基本的な性質を室内実験、数値実験、線形安定論を用いて調べた。その結果、diffusive型（上ほど低温低塩）に連続成層した流体中では、温度の不安定勾配がある程度大きいときには、鉛直方向に積み重なった層構造が流体内部から自発的に形成されることが分かった。さらに、このような層構造はいったん形成されると上下に隣り合う層同士で融合しあい、時間とともに平均的な層の厚さが大きくなる傾向があることも明らかになった。

〔問題設定〕拡散係数が異なる2つの成分の濃度によって密度が決まる2次元 Boussinesq 流体の内部に発生する対流現象を考える。流体は鉛直方向・水平方向ともに無限に広がっており、初期には静止している。拡散が速い成分（熱塩系では温度） $T$ と遅い成分（熱塩系では塩分） $S$ によって全体的には安定密度成層をしているが、 $S$ による鉛直密度勾配は安定（ $\sigma_{Sz} < 0$ ）、 $T$ による勾配は不安定（ $\sigma_{Tz} > 0$ ）となっている。線形安定論によると、それ

らの比  $\gamma = -\rho Tz / \rho Sz$  がある臨界値を越えた場合に不安定になることが示される。

〔数値実験〕この流体の運動を解く2次元の数値モデルを作り、熱-塩系と塩-砂糖系における diffusive 対流とこれに伴う層構造の発生と発達に関する数値実験を行った。計算領域は正方形であり、水平・鉛直境界では擾乱に対して周期境界条件を課した。

〔結果〕線形論的に不安定な勾配比  $\gamma$  においては、初期に与えた擾乱によってはじめは定在波的な振動運動が起こった。この運動の振幅は小さく、基本場を僅かに変形させるのみであった。振動を数10回くりかえした後、運動は準定常な対流に変化し、鉛直方向にほぼ同じスケールを持つ多層構造が形成された。この多層構造は対流運動によって濃度がほぼ一様になった混合層とそれを挟む大きい密度（濃度）勾配を持った層境界の繰り返しからなっている。混合層内では層厚とほぼ同じ水平スケールを持つセル状の対流が見られる。層構造は一旦形成されると隣り合う層同士で合体を繰り返して平均的な層厚は時間とともに増大し、最終的には計算領域いっぱい一つの層にまで成長した。

一方、勾配比が臨界値より小さい線形的安定領域では微小擾乱からの自発的な構造の発達はみられず、与えた擾乱はゆっくり減衰した。しかし、初期に階段状の濃度分布を人為的に与えると層境界とそれに挟まれた混合層を再現することができ、線形論的に不安定な場合と同様の層構造の成長がみられた。