



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	噴火湾・日高湾の初夏に発達する3種類の水平渦流の観測と数値実験 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	小林, 直人
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	乙第7100号
Issue Date	2020-06-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/78951
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Naoto_Kobayashi_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）

氏名：小林 直人

審査委員	主査	教授	高津	哲也
	副査	教授	向井	徹
	副査	准教授	磯田	豊
	副査	名誉教授	久万	健志

学 位 論 文 題 目

噴火湾・日高湾の初夏に発達する3種類の水平渦流の観測と数値実験

申請者は北海道大学水産学部附属練習船「うしお丸」の航海士であるため、本研究はうしお丸の停泊港と乗船教員が指定した調査海域との往復航海で蓄積された ADCP データ（船底設置型の超音波流速計による流速データ）の断片情報から、過去に研究されていない海洋物理現象を探索する、という発見的な研究スタイルとなっている。その結果、申請者が着目した物理現象は、(1) 津軽海峡から流出した暖水が形成する津軽 Gyre（Gyre とは空間スケールが大きいものの、水平渦流と同じ意味）の分岐現象、(2) 噴火湾表層の時計回り水平渦流、(3) 亀田半島沖の定置網群を1日以内に破壊した（そして運良く、うしお丸で捉えられた）渦流急潮の3つである。(1) の津軽 Gyre から派生した水塊の一部が噴火湾内へ流入することは、すでによく知られている。しかし、どこで、どのように Gyre 分岐が生じているか、その観測事実や力学的研究は過去に全くなかった。(2) の噴火湾表層渦流の存在自体も古くから知られ、水産生物（例えば、ホタテ養殖貝）と渦流変動との関係等が調べられてきた。一方で、毎年、当たり前のように形成される渦流のため、その発生機構は未解決のままであった。(3) の急潮はめったに発生しない予測不可能な現象であるため、観測的な証拠さえほとんどない。これら3つの物理現象の時空間スケールは大きく異なるものの、いずれも成層強化時期の初夏に発生し、水平渦流を伴った現象という共通点をもっている。

初夏の噴火湾・日高湾海域の成層状態は鉛直3層構造を示し、河川水流入による表層の高温低塩分水、Gyre 分岐流の水平移流による中層の高温高塩分水、主に親潮が残留したことによる深層の低温低塩分水である。このような成層状態において、噴火湾の時計回り渦流と急潮は表層、Gyre 分岐は中層で支配的な物理現象であった。そして、噴火湾の時計回り渦流と Gyre 分岐は数か月、急潮は数日という時

間スケールをもつため（いずれも慣性周期よりも長いため）、これらの現象は地球自転の効果を受けた回転系流体の力学領域にある。一般に物理学とは、我々が認識し得る自然現象を説明するための学問と考える。本研究の場合、海洋物理学または地球流体力学の立場から、断片的な海洋観測及び資料解析の結果を根拠とした数値モデルを作成し、多様な数値実験結果をもとに、これら3種類の水平渦流の発生に関する物理機構についての説明を試みている。

申請者が提示した物理機構は既往の研究にはないオリジナル性の高いものと判断され、そのポイントを要約すると次のようになる。(1)の Gyre 分岐は渦位保存則（地球流体力学における角運動量保存則）に従い、津軽 Gyre が北部陸棚斜面上へ侵入し、斜面上の下層水柱が縮むことによる負の渦度供給が分岐流の発生源となっている。(2)の噴火湾表層に形成される時計回り水平渦流は、「地形性貯熱効果（この効果自体は、既往の研究ですでに指摘）」により駆動される鉛直循環流が基本的な物理要因である。評価できる新しい知見は、沿岸近傍の斜面底層付近において、冷水湧昇による冷却量が下向き熱拡散による加熱量より大きくなった場合に限って、沿岸表層水は沖合表層水よりも相対的に冷たくなり始める、という指摘である。その結果、内部境界面変位が岸側に向かって浅くなり、噴火湾内では時計回り表層地衡流への変化が生じる。(3)のめったに発生しない急潮は、通常年の成層状態に加えて、雨低気圧による非常に薄い表層水の形成と南東風の連吹という二つが必須条件であった。海岸線が鋭角に変化する噴火湾湾口において、強い沿岸流は慣性流として湾口沖合に移流され、そこで傾度流バランス（遠心力が関与した渦流）に至る大きさになるまで水平渦流が成長し、これが噴火湾口を通過する渦流急潮となっている。

審査対象者の研究は、膨大に蓄積される ADCP データの社会還元から始まっている。例えば、ADCP 観測が行われていた場所で海難事故が生じた場合、迅速なデータ処理ができれば人命救助に役立つ。また水産生物の大量斃死が多発した場合にも、ADCP データが原因究明に役立つだろう。このため、本学部彙報に掲載した最初の論文では、迅速なデータ処理が行える ADCP 品質管理処理プログラムを公開して解説を行い、航海士同士での海流情報の全国的な交換ができることを願っている。この論文がきっかけとなり、本博士論文には申請者自身が開発した本プログラムを使って描いた流速分布図が数多く含まれている。上記に要約した「陸棚斜面の下層流が関与した Gyre の分岐機構」、「地形性貯熱効果による時計回り渦流の形成機構」、「非線形の強い急潮が形成した孤立渦流」の各物理機構は興味深く、すでに全てが査読論文（計8本）として公開されており、科学的価値評価に照らして、標準を上回る研究成果を達成したと考える。よって、審査員一同は申請者が博士（水産科学）の学位を授与される資格のあるものと判定した。