

ルソン海峡における共同観測

九州大学応用力学研究所 松野 健

1. 要旨

フィリピン大学から招聘した Leilani Solera および Peter Jeffrey Maloles の 2 名は、白鳳丸の研究航海 KH-17-5 Leg2 に乗船し、特にルソン海峡周辺海域における観測に従事した。Leg2 の 2 週間超の観測期間の中で、フィリピンの EEZ および領海内で約 1 週間の観測を実施することができた。乱流計測のほか、係留系による流速の時系列観測や、水塊分析用の採水観測も実施でき、それぞれの解析は今後行われるが、それらの解析を通じてルソン海峡における混合過程の一端が明らかになることが期待される。

2. 研究の背景

計画研究班 A02-4 では、黒潮流域における混合を定量的に評価し、境界混合がエネルギー消散と物質輸送に果たす役割、ならびに生態系に与える影響を明らかにすることを目的として、特にトカラ海峡、東シナ海陸棚縁辺部、ルソン海峡において、乱流混合がどのように起こっているかを把握するとともに、それが黒潮の構造と周辺海域の生物生産への寄与を評価するための観測を行う。これらの目的のうちルソン海峡における観測海域はフィリピンの EEZ を含むため、同国の研究者と連携する必要がある。そのため、既に 2016 年 3 月にフィリピン大学海洋科学研究所 University of the Philippines, Marine Science Institute (UP/MSI) の Cesar Villanoy 教授を訪問し、またいくつかの研究集会を通じて研究者間の交流を進めていた。

一方、OMIX に関わる白鳳丸の研究航海計画が、領域代表の安田教授を中心に進められ、2017 年 11 月に KH-17-5 の Leg2 の後半にルソン海峡周辺海域における観測が策定され、フィリピンの EEZ および領海内での観測を実施するために、フィリピンへの MSR 申請を行い、2017 年 7 月にはフィリピン政府から clearance が届いた。

3. 研究計画

ルソン海峡北東部の図 1 に示す枠内の海域において、2 点で ADCP の係留観測と、それらを含む測線上での CTD(採水を含む)観測・乱流計測を中心とした観測を行う。

ADCP は黒潮の流路内に 1 点、また、その東側数 10~15mile に 1 点設置し、短い時間スケールの内部波による流速変

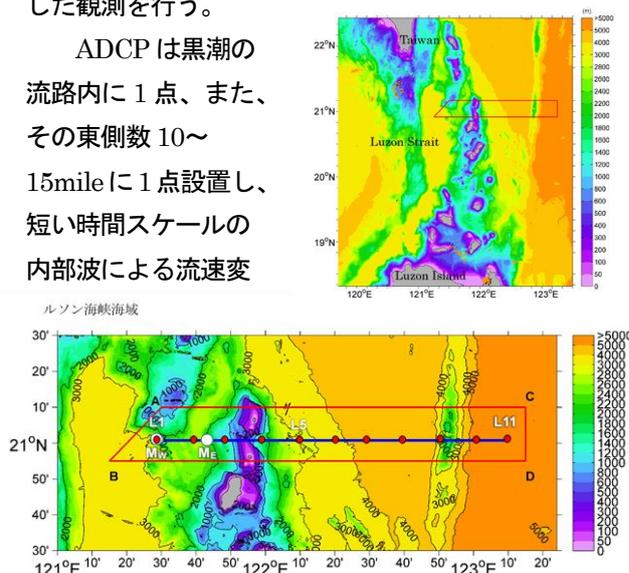


図1 ルソン海峡周辺における予定観測点

動を捉えるため、1分間隔でデータを取得する。係留期間は6日間程度とする。

観測海域に到着後、2点の係留を行い、以降、その2点を含む東西の測線に沿って、CTD/LADCPによる水温・塩分・流速等の鉛直分布と採水による各種化学成分の分析、および乱流計による微細構造の観測を行い、黒潮を横切る断面の水塊および乱流構造を把握する。

東西断面における観測終了後、内部波の発達・伝播と乱流の強弱を比較するため、係留系の近傍で乱流構造の時系列観測を行う。

フィリピンから招聘した研究者には、われわれの観測全般について、共同で観測に携わってもらい、特に乱流計測の手法など、今後の共同研究に役立つ情報提供を行う。

4. 研究経過

白鳳丸の KH-17-5 Leg2 は 2017 年 11 月 14 日に東京晴海埠頭を出港、伊豆海嶺周辺海域において前半の観測を行った。18 日に同海域での観測を終了し、ルソン海峡に向かった。21 日に同海峡に到着し、まず係留系 (ADCP) の設置を行った。

設置後、CTD、XCTD、XBT、微細構造プロファイラー (TurboMAP) 等の観測を継続して実施、そのため 3 交替のワッチ班を作り、フィリピンからの招聘者にもそれぞれワッチに入ってもらい、共同で観測を行った。

係留系設置後、北緯 21° に沿って、10mile 間隔に設定した測点 L1-L11 において CTD、TurboMAP 等の観測を行った。またその観測点の間で XBT を投入した。23 日から荒天のため、観測を中断し、海況が回復した 25 日に再開した。L1 から L11 までの CTD および乱流観測のほか、ルソン海峡の海山周辺部を中心に XBT による繰り返し観測を行った(図 2)。観測期間内の AVISO による海面高度と表層の地衡流の分布を図 3 に示す。ルソン海峡の東側に暖水塊が見られ、黒潮の強い流れは観測線の真ん中付近に位置していたことが推察される。

L1 から L11 の測点で CTD および XCTD によって計測された水温・塩分データに基づいた鉛直断面分布を図 4 に示す。成層構造に波動状の分布が見られるとともに、海山付近における鉛直混合を示唆するような構造も見られる。

海山周辺における強い乱流混合は、乱流計測の結果からも明瞭に示され(図 5)、測線の東側の外洋域で

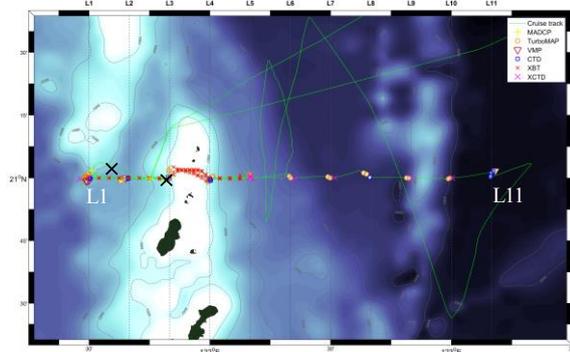


図 2 ルソン海峡周辺における実際の観測点 (黒×: 係留点、青□: CTD、黄色○: TurboMAP、赤×: XBT または XCTD)

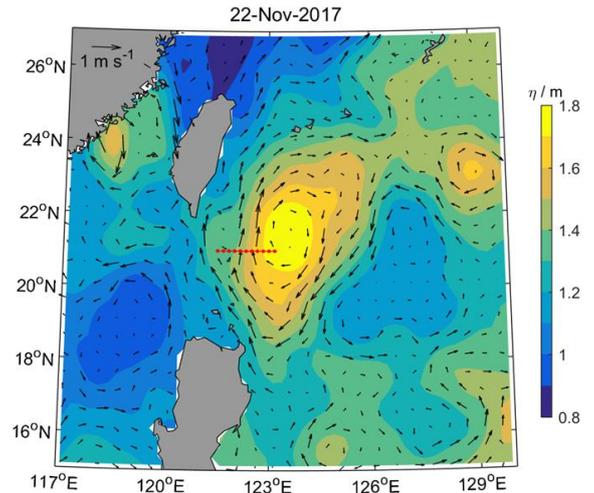


図 3 ルソン海峡周辺における海面高度と地衡流分布 (AVISO による)。赤い点線は観測線を示す。

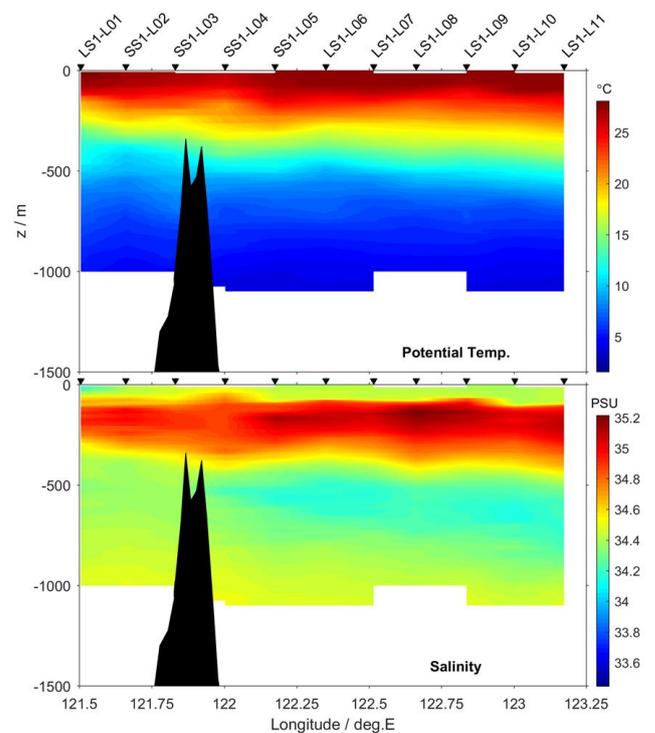


図 4 L1-L11 における(上)水温と(下)塩分の鉛直断面。

は乱流エネルギー散逸率 ϵ が 10^9 (W/kg) から大きいところで 10^8 程度にあったのに対し、ルソン海峡の海山周辺では、 10^7 から大きいところで 10^5 程度と 2 桁程度大きいことが明らかになった。

このルソン海峡の海底地形周辺での大きな乱流混合が、黒潮にどのような影響を及ぼしているかにつ

いて、今後解析を進めていく必要があるが、ひとつの例として T/S ダイアグラムを示す。

図 6 は L1~L11 で得られた T/S ダイアグラムを重ねて描いたものであるが、海底地形から遠い東側の点と比較して、西側の点で塩分極大が低塩分、塩分極小が高塩分になっていることがわかる。これは、ルソン海峡近くでは強い鉛直混合の影響を受けていることを示唆するものであるが、より詳しく見ると、興味深いことがわかる。

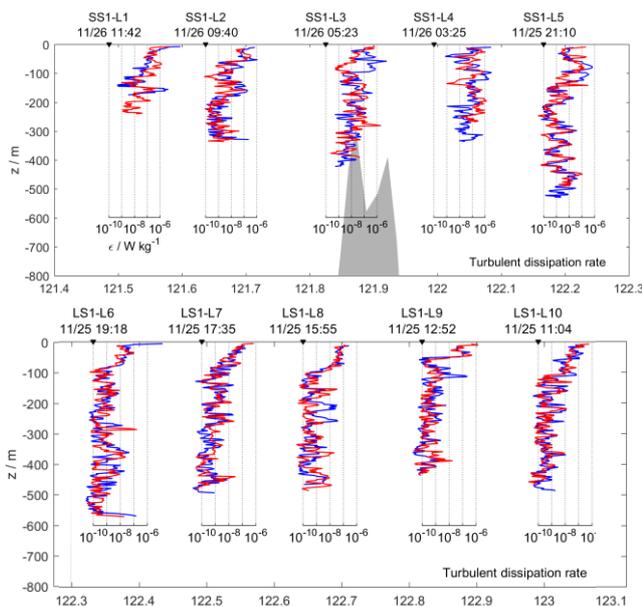


図 5 (上) L1~L5、(下) L6~L11 における乱流エネルギー散逸率 ϵ の鉛直分布。色の違いは各測点での 1 回目 2 回目の cast を示す。

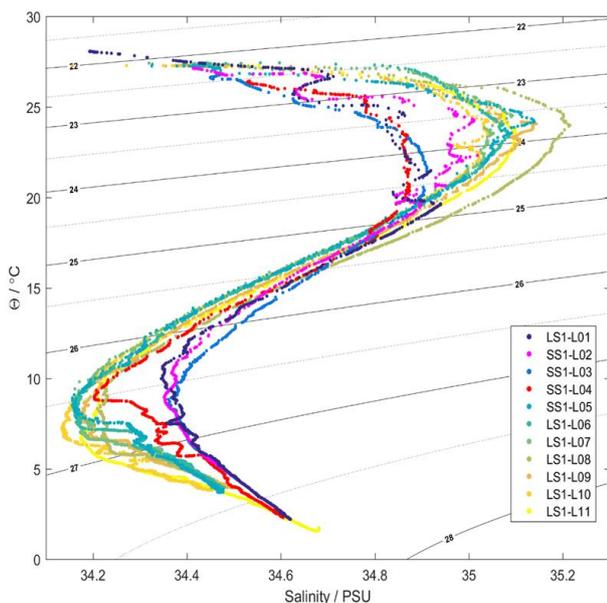


図 6 L1~L11 において得られた T/S ダイアグラム

海山の東側の L4 (図 6 中、赤) では塩分極小が他の東側の点と同じように比較的低塩分であるのに対し、塩分極大では西側の測点と同じように低塩分になっている。これは上層だけが海山付近の強い鉛直混合の影響を受けて混合していることを示唆している。一方、海山の西側に位置する L2 (図 6 中、マゼンタ) では、塩分極大では比較的高塩分であるのに対し、塩分極小では、海山の西側の点と同様高塩分になっている。これは、ルソン海峡の南側で黒潮がルソン海峡に流入する際、海底地形の影響で鉛直に混合された結果によるものと推察される。

このように、ルソン海峡付近の海底地形による強い鉛直混合は、黒潮域の水温・塩分の鉛直構造を大きく変化させる役割を果たしていることがわかる。今後得られたデータを詳細に解析することにより、その定量的な評価を進めたい。

5. 全体計画・計画研究への寄与

ルソン海峡における乱流混合の役割に関する研究は、A02-4 班が中心に関わる黒潮の特に源流・上流域における混合過程とその生態系への寄与と密接に関連している。今回、フィリピン大学の研究者を招聘して、ルソン海峡周辺域での観測が実施できたことは、本航海で得られた観測データのみにとどまらず、同海域における海洋研究を今後進めていく上で、適切な共同研究グループとのつながりができたという点でも大きな意味がある。今後、研究集会や国際会議の場を通じて、情報交換の機会を持つとともに、今回若い研究者を招聘し、共同観測ができたことから、次世代の研究者間の交流が進むことが期待できる。