

「南極海における国際共同海洋観測に関する交流育成」

研究期間 10年度(単年度)

研究機関 水路部海洋調査課

研究者 小田巻実

研究の目的

南極大陸周辺において30年以上にわたり潮汐観測を継続しているところは、昭和基地以外にない。近年、その平均水面が長期低下傾向にあることが明らかになった。これは、約5000年前に南極大陸の氷床が間氷期に入って融解し、大陸地殻がリバウンドを起こして上昇し、それが現在でも続いていることを意味するとされ、地球環境の変動を見る指標として世界的に注目されている。一方、豪は、このような南極大陸周辺での海面水位のモニターの重要性に注目、数年前から3カ所の基地と南極海の島で潮汐観測を開始した。また、日本は、30年以上にわたり南極の行き帰りに海洋観測を続けており、豪では、南大洋の年々変動が気候さらには農業生産などに影響することに関心が寄せられ、あらためて日本の海洋観測の成果が注目されている。

このような状況下、南極海の海洋観測・潮汐観測について国際的な連携・協力の進展を図ることを目的として、豪に研究者を派遣することとした。

研究の内容

1 方法

科学技術振興調整費国際共同研究促進枠の交流育成制度を利用し、多年にわたり南極海の調査を続けているオーストラリア(豪)との交流育成を図るべく、平成11年8月29日から9月4日まで7日間、研究者を豪の関係研究機関に派遣し、活動状況及び今後の連携可能性について調査した。訪問先及び調査概要は以下の通り。

イ 豪・南極部(Australian Antarctic Division)

(1) 潮汐観測関連

平成11年8月30、31日に豪タスマニア州ホバートにある豪・南極部を訪問。まず、水路部が担当している昭和基地における潮汐観測の歴史と成果を紹介し、豪側と意見交換したところ、キーポイントは、毎年一回行っている副標観測による陸上固定点とのリンク及び海氷に対する機器の損傷対策であることで意見が一致した。副標観測については、豪では最近、海底に設置した験潮器の直上の海氷に穴を開け、験潮柱を立て、海氷上には験潮柱の目盛りを読み取るビデオカメラとディファレンシャルGPSを設置、陸上固定点との関係を出す試みを行っている。D-GPSの精度については、最近の解析ソフトGEO-FREQUENCYを使えば数cmに達するとのことであった。日本も数年前にDGPSによる海面高観測の試みを行った(SATOほか)が、一段と精度向上が期待できるようになった。「もう短期の験潮は、験潮器を使わずにこれでやったらよいのではないか」と提案したが、「天気が悪くなると海氷が動くし、せいぜい好天の1-2日程度の観測しか保たない」との回答であった。しかし、副標観測のやり方としては、たいへん示唆に富むものと思料された。

海氷による損傷対策としては、従来、豪は、一旦設置したら6年間連続観測可能な電磁カップリング式データ回収機構付き海底設置型験潮器を開発、年に一回程度データを回収する方法を採用していたが、ときどき海氷にさらわれて行方不明になるため、最近では切り立った海岸の岩盤から斜めに海氷下まで孔を開け、海氷下の海水を導水、音響式験潮器で水位観測する試みを行っており、すでにマッコリー島とモーソン基地はこの形になっている。副標観測では、岩盤上のBMに対し、斜孔の角度と長さを測る。さらにバックア

ップ用に差圧型水圧式験潮器も据えてあり、両験潮器は、年に一回、国立潮汐研究所（NTF）に送って検定を受けているとのこと。

従来の超長期海底設置型験潮器は、絶対圧センサーを使っており、温度特性が非線形なので計測毎に補正しなければ精度が出ない。水路部が最近南極で使っているものにも、ドリフトがかなり著しいことがあったので、参考となった。

(2) 地形・地図調整（潮汐観測関連）

AADでは、各基地の往復航海で計画的に海底地形を調査しており、最近、プリッツ湾の海底地形図を編集した。裏側に航跡図が印刷されており、科学的な資料価値が高い。日本水路部は、南極観測航海での海洋測量・海図編集も担当しており、またプリッツ湾沖合での測量も計画なので、情報交換し、海底地形図を入手した。なお、各観測基地周辺の陸図は、すでに電子化され、GISで編集されている。

(3) 南極関係データセンターの推進と国際協力の要請

AADでは、現在、Australian Antarctic Data Centreを設立し、南極関係の地形（海底を含む）や各種データのデータベース化を進めており、南極科学調査委員会（SCAR：Scientific Committee for Antarctic Research）の国際的データセンターの組織化に関しても協力を要請された。

□ 豪CSIRO海洋研究部（Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Marine Research、国家科学産業調査機構海洋研究部）

(1) 南極海におけるCSIROの海洋観測

CSIROでは、海洋物理関係の調査研究担当者のStephen Rintoul博士と意見交換。「しらせ」による観測もよく知られていた。最近、WOCE(World Ocean Circulation Experiment：世界海洋循環実験＝政府間海洋学委員会IOCが世界に呼びかけて行った地球規模の海洋観測プログラム)で豪が担当したrepeat 観測線SR3の1991年から1996年までの成果がまとめられた。それをもとに南極海の水塊分布、周極流、底層水形成などについて議論した。

<SR3：豪タスマニア至る南極デュモンドビル線観測>日本の南極観測プロジェクトは、東経150度に沿

って南緯50度から60度まで観測しており、SR3の観測結果と比較、海洋特性を議論した。この海域では、インド洋から南極海に続く大海嶺の延長部Southern Indian Ridge(SIR)の海底地形の影響が大きい。南緯56度以南の周極流は、この海嶺を越えることができず、東西の流れから南北に流れを変える。一方、豪大陸から145度E付近では南にタスマニア海膨が南延しており、その結果、この海域の周極流は50度から54度付近に縮流する。このSIRによる流路の変化は、1998年に「しらせ」が150度測線の61度付近で放流したアルゴスプイが北流した事実とたいへんよく合致する。すなわち、この海域の周極流の流路は、海底地形効果で右回りの負の渦度が生じることにより北に偏して流れている。南極周極流は、体積輸送量は全体で180Svにもなるが、その主要部はSIRの北側の48度から53度の部分にあり、そこだけで130Svにも及ぶ。48度以北からタスマニアに至る付近の海域には反時計回りの循環流があり、年々の変動が大きい。Rintoul博士の解析では、この変動は偏西風応力のシアが0になる緯度の変化に対応しているらしい。また、周極流は、約4年周期の変動(White and Peterson1996)を示し、日本の観測データの解析結果からも出てくるらしい。ほんとうとすれば、赤道における海洋-大気の変動シグナルである準2年周期に対し、さらに長期の変動を与えることとなり、通常よりも大きい巨大エルニーニョを起こす励起源になる可能性がある。エルニーニョの解析でも潮位が使われたように、このような長期変化を見るのに潮位はよい時系列データとなるので、豪の展開する験潮データとともに昭和基地のデータも期待されている。

八 豪・国立潮汐研究施設

(National Tidal Facility)

平成11年9月1日から3日まで、南オーストラリア州アデレードにある国立潮汐研究施設を訪問し、南極海における海面水位変動観測に関して意見交換を行った。

(1) 南太平洋及び豪周辺並びに南極海における験潮所網

豪は、キリバスやフィジーなど標記の海域にSEAFRAMEという験潮所網を展開している。この験潮所は、AQ

UATRAKという音響式験潮器及び、バックアップ用の水圧式Druck験潮器、気圧計、水温計、風向風速計がセットになっている。その基本的な設計構想は、1)従来の験潮所より一桁精度よく(つまり、海面高は1mmの精度で、0.1時間間隔など)、2)人手を介さず自動化し、3)遠隔監視を可能とすることである。NTFでは、これらの常設験潮所の設置維持の仕事をしており、各験潮器の保守点検などを行っている。AADは、南極海のMacquarie島やMawson基地の験潮器を毎年交換、NTFに検定に出している。計測機器部門の担当者からAquatrakの検定について説明を受けた。音響パイプの材質は、最近安定していて丈夫なプラスチックのものに換えている。また、検定用の小さい穴の位置も1/10mm程度の精度で決定する。Druck験潮器は、昭和基地のものと同原理的には大差ないが、大気圧導入用のパイプの径はたいへん細かった。また、験潮パイプの導水部のOrificeの形状も、験潮パイプ自身による動水圧効果が出ないように工夫されている。豪北岸のダーウィン付近では潮差が10m以上にも及ぶことがあり、設置には苦労するとのこと。

SEAFRAMEの観測データは、NTFから電話回線を通して計算機に吸い上げる。遠隔離島の験潮所には、日本のGMS(ひまわり)を使うこともある。モデムの速度が遅いので1カ所1日分で10分ぐらいかかる。NTFはSEAFRAMEによる津波監視も行っていて、地震や津波発生時には駆けつけて験潮所の水位を監視し、気象局などに通報するそうである。NTFのような研究機関が津波監視などの現業を担当するとなるとたいへんで、所長及び副所長、システム担当は携帯電話を常時携帯し、いつでも駆けつけられるようになっている。また、津波シミュレーションも行っており、スマトラ島やジャワ島の南側で起きる地震の津波モデルを見たが、チモール海・アラフラ海は浅いので、豪北部沿岸に大きな津波は無いようであった。ちなみに1998年3月には豪近くの南極海で地震があり、沿岸を津波が伝搬した。

所長のSherer博士は、米国のNOAAで次世代型海面水位計測システムNGWMLSを主導した人物で、平成10年10月に豪に移ったそうである。ちなみに、近年までトラック島やヤップ島などに験潮器を取り付けて太平洋の水位観測を担っていた米国は、最近、このための予算

をカットし、豪が肩代わりを試みている。

(2) Southern Ocean Sea Level Centre (南大洋海面水位センター)の活動

NTFIは、SOSLCを設置し、南極海及び周辺の験潮データを収集、INTERNETのHP(<http://www.ntf.flinders.edu.au/TEXT/PRJS/SOUTH/south.html>)で公開している。昭和基地も登録されていたが、かなり前のものしか掲載されていなかった。日本のデータレポートは受け取ってはいるが、印刷物なので入力する手間がない。そこで、担当のANNA女史とともに日本海洋データセンター(JODC)のデータオンラインサービス(J-DOSS)にアクセスして昭和基地のデータ(1995年まで)をダウンロードし提供した。

豪は、南極大陸の3カ所(Mawson, Davis, Casey)及びMacquarie、Heardの二島で験潮を行っている。昭和基地では、海面水位が低下し、氷床融解による南極地殻のリバウンド・上昇が起きている模様であるが、豪の験潮所を尋ねたところ、Macquarie島でも海面下降・地殻上昇傾向が見られるが、これは火山性らしいとのことであった。

昭和基地の平均水面のかなり大きい季節変化や特徴的な調和定数と比較するため、SOSLCから上述験潮所の月平均水面及び調和定数を入手した。

(3) 人工衛星観測による南極海の海面高分布

SOSLCのWWWには、TOPEX/POSEIDONによる南極海の海面高分布のアニメーションが掲載されており、全体の海面高分布が妙な振動を示すのと、昭和基地の近くに冷水渦が存在しているのが注目された。昭和基地の験潮データにも2週間ぐらいの長周期成分が現れるとともに、北海道大学が行った流れの観測データにも数日間程度の長周期成分が現れており、衛星海面高度分布との関連が考えられる。海面高度分布の担当者によれば、験潮所での観測値を使って人工衛星高度計のデータを更正してやると、最終的な衛星海面高の精度は、現在、 ± 10 cmには収まっている。WWW画面の海面高分布については、仏の研究所が作った10日間毎のデータを表示しており、データの中身などはHP(<http://www-aviso.cls.cnes.fr>)が参考になるとのことであった。

(4)ブリッツ湾の潮汐潮流シミュレーションモデル開発

南極海は、世界中の潮汐の起源として昔から注目されており、通常は南半球では潮汐波は時計回りに伝搬するのに、その逆方向に伝搬するニュージーランドなど、特異な潮汐が知られている。NTFのある豪大陸南岸は、外洋に面しているにもかかわらず潮差が小さく、ドッチTideと呼ばれて特異潮汐の海域となっている。

研究担当のLuick博士は、大学院生の研究指導により、ちょうどブリッツ湾の潮汐潮流シミュレーションをまとめさせたところであった。ブリッツ湾は、昭和基地の東にあって、無潮点が沖合にあり、半日周潮の振幅が極小になることで知られている。モデルは、有限要素法によるもので、海氷の効果は海底摩擦をダブルにすることで表している。ブリッツ湾は詳細な海底地形図ができあがり、シミュレーションする場としては適当だが、潮流についてまだまだ観測データが不足しているとのことであった。

2 成果

本研究では、南極地域の観測を担当しているAAD、及び潮汐の観測・解析担当のNTFを訪問し、研究者と意見交換を行った。AADでは、南極沿岸や島嶼部における潮汐観測の方法について意見交換を行い、海氷などひじょうに環境条件の悪いところで精度の良い観測の維持について、岸壁の岩に穴をくりぬいて音響センサーで観測するなど先進的な試みについて知見を得た。また、観測成果は、他の地形測量などととも地理情報システムで整理されており、今後の資料整理・保管方法の改善について参考となった。海洋観測を担当しているCSIROでは、南極周極流に対する海底地形の影響や長周期変動など今日的な研究課題について議論し、南極海における日本の海洋観測の貢献などについて参考になる知見を得た。NTFでは、豪周辺に展開している験潮所網及びモデル計算、南極海海面水位データセンターの活動などについて教示を受けた。日本国内では、南極海における海洋観測・潮汐観測について、あまりにも遠方であるためなかなか知識・経験が乏しいが、南極海に面している豪ならではの見方が示され、今後の交流育成におおいに参考となった。

むすび

1 活用方策

今回の交流によって、豪の各研究機関が日本の海洋観測・潮汐観測にかなり関心を寄せていることがわかった。また、日本としても、豪の研究状況やその方向性がわかるだけでなく、日本の調査観測計画も豪や他の各国と連携して進めて行くのが双方の研究ポテンシャルを引き出すにも有効と考えられる。そこで、以下の研究について、より具体的な共同研究や情報交換を進めるべきと考える。

(1) 南極海の海洋観測についての情報交換及び研究交流

近年では、豪CSIROから漂流ブイ放流の援助を要請されるなど協力は進んでいるものの、今後は、より具体的に毎年の海洋観測計画や資料整理について、研究者の派遣招聘を行って、意見交換さらには共同研究を行って行くべきであると考え。今回、訪問したCSIROは、WOCEなどの国際的な計画に参画している調査機関であることから、今後も情報交換などの協力を進めるべきである。

(2) 南極海の潮汐及び海面高分布についての研究協力

南極海のような自然条件の厳しいところにおける潮汐観測の方法は、まだまだ開発途上にある。長期継続しているのは日本だけで、同様な観測を進めているのは豪のほか、アルゼンチン・米国・チリなどがあるが、日本及び豪が先進的と言える。従って、これからも情報交換を積極的に進めるとともに、他の国々に対しても、観測等呼びかけてゆくこととしたい。さらに、南極海の海面高分布についても衛星高度計によりそのベールが剥がされようとしており、今後、この方面での情報交換・共同研究を進めるべきである。

2 今後の問題点

日本の南極地域観測事業では、水路部は海洋観測と潮汐観測、海底地形調査を担当しているが、近年、南極海は地球環境変動における海洋循環の重要な回廊であり、また海洋深層水の潜り込む場所としてたいへん注目されている。ところが、これらの観測には、船の運航時間や観測機器の保守管理などたいへんな手間が

掛かるだけでなく、長期の継続には人材の確保やデータの整理保管などについても苦慮する点が多い。地球環境変動における南極海の重要性に鑑み、これらの難点を解決するためには、日本のみならず、国際的な連携による観測が必要である。そのためには、今後ともあらゆる機会を捉えて国際的な交流を育むことが不可欠であり、関係各位の支援をお願いしたい。