

平成 21 年 5 月 15 日現在

研究種目：基盤研究 (C)  
 研究期間：2005～2008  
 課題番号：17510001  
 研究課題名 (和文) 酸素同位体比測定による南極底層水低塩化過程と淡水循環変動の実態把握  
 研究課題名 (英文) Assessment of freshening of Antarctic Bottom Waters and changes in fresh water cycle by stable oxygen isotope analysis  
 研究代表者  
 青木 茂 (AOKI SHIGERU)  
 北海道大学・低温科学研究所・准教授  
 研究者番号：80281583

## 研究成果の概要：

南極海沿岸の四割に及ぶ領域で南極底層水・沿岸陸棚水の特性変化の実態を把握し、あわせて酸素同位体比解析のための資料の収集とそれによる変動原因の考察を行った。南極底層水は全般的に低塩化しつつある。ロス海では特に顕著で、陸棚水の低塩化と関連している可能性があるが、酸素同位体比解析により氷床融解の影響が示唆された。酸素同位体比は底層水の生成源の推定にも有効であった。インド洋区における起源淡水として降雪と陸氷の分析を実施したところ、平均的には両者は十分区別可能で、本手法の有効性が示された。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	1,300,000	0	1,300,000
2006年度	600,000	0	600,000
2007年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
総計	3,600,000	510,000	4,110,000

## 研究分野：海洋物理学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：南極底層水, 陸棚水, 酸素同位体比, 海洋淡水化

## 1. 研究開始当初の背景

南極大陸沿岸域は底層水形成によって世界の深層循環に寄与しており、地球規模の海洋構造・気候形成に極めて重要な海域である。しかしながら、地球上で最も過酷な環境条件であることから、現場観測の実施が非常に困難であり、観測資料の蓄積も限られていた。

それでも断片的なデータの蓄積から、南極沿岸域や大陸棚斜面上などで、沿岸での水塊特性が大きく変化していることが明らかになってきた。ロス海沿岸域では、海水の低塩

分化、暖水化が指摘されていた (Jacobs et al., 2002)。またウェッデル海の陸棚斜面域でも暖水化が報告された (Robertson et al., 2002)。観測が少ないにもかかわらずこうした変化がみられるということは、変化の顕著さを意味している。こうした沿岸水塊の変化の大きさを考えると、底層水に対する影響も予測されうる状況であった。

沿岸海洋の特性変化—特に塩分変化—は、南極全体の淡水収支の変化と関連している可能性がある。海洋の内部的な変動を除けば、具体的には、降雪量の増減、氷床・氷河・棚

氷の融解量の変化、海氷生産量の増減が主たる原因として考えられる。逆に、Shepherd et al. (2003)ではラルセン棚氷の近年の急激な崩壊には、海洋暖水化が関わっているという指摘がなされている。しかしながら、どの過程がもっとも海洋変化に影響を及ぼしているのか、それぞれのプロセスの寄与についてはほとんど理解されていない状況であった。

Heywood らは南極沿岸海洋の塩分変化の原因を探る上で、酸素同位体比観測の有用性を指摘していた。これは、降雪や陸氷といった淡水分は、塩分だけからみれば0で区別できないものの、酸素の安定同位体比を見ると同位体分別過程の相違を反映して区別が可能であることによる。具体的には、内陸での降雪を起源とする陸氷は、海洋上の降雪よりも多くの分別過程を経ているため、酸素同位体比が顕著に低い。また海氷生成についても、塩分変化との関係は全く異なる。こうした酸素同位体比のデータは、南極半島近傍やウェッデル海西部など、観測の比較的蓄積された海域では取得されているものの、これまでオーストラリア-南極海盆を中心とするインド洋区にはほとんど存在しておらず、そのデータの取得が望まれていた。

## 2. 研究の目的

上記のように沿岸陸棚水や南極底層水の変化が予測されるような状況であったが、特にオーストラリア-南極海盆では観測とその結果の解析が不足していた。そこで我々は、本研究期間に計画されていた数々の観測計画と連携し、過去の観測資料との比較を行うことで、対象海域における南極底層水がどう変化しているのか、その現状をできるだけ広範囲で明らかにすることを目的とした。

次に、こうした従来の手法に加えて、酸素同位体比を測定することで、変化の要因解明において新たな視点を導入することを目指した。現在、淡水収支の急速な変化が生じていると考えられるが、その原因、特にロス海の低塩化の原因を推定することと、将来南極海の水塊変化の過程を明らかにするために、現時点におけるベースラインを確立しておくことも大きな目的の一つである。

## 3. 研究の方法

### (1) 現場観測資料にもとづく変動の把握と酸素同位体比サンプルの取得

本研究では国内外の幅広い共同研究者と連携して海洋観測を実施した。研究代表者や共同研究者が参加あるいは協力を募り、資料を収集したプロジェクトは以下のようである(表1)。

表1. 資料を採取した航海・プロジェクト

船舶名	時期	海域・プロジェクト
開洋丸	2005 jan/feb	Ross
Aurora Australis	2005 jan	Ind WOCE I9/PET
海鷹丸	2005 jan	Syowa
海鷹丸	2006 jan	Syowa
Aurora Australis	2006 feb	Weddell BROKE-west
Polar Stern	2006 oct(ice)	Weddell WWOS
Aurora Australis	2007 oct(ice)	Ind SIPEX 110E
海鷹丸	2008 jan/feb	Syowa/MaC Rob./ 140E
白鳳丸	2008 feb	Syowa/MaC Robertson
海鷹丸	2009 jan	Syowa/MaC Robertson

海水資料の採取地点は通常観測の測点にしたがって定め、海水取得層ほぼ全層において分析用海水を採取した。30mlのバイアルにほぼいっぱい採取した後、パラフィルムで保護した。輸送後のサンプルは冷蔵庫において保存した。

海水資料の取得に加え、夏季二回、冬季二回の計4回の船舶観測時に降雪サンプル採取を実施した。降雪後、なるべく海水飛沫等の影響を受けない高所デッキに積もった雪を採取した。また南極昭和基地においても、2008年度、降雪後の11回、サンプル取得を実施した。また、航海および行動中に接近可能な氷山に遭遇した場合に、そのサンプルの採取も行った。

持ち帰ったサンプルは、低温科学研究所にある質量分析計を用いて分析した。処理した海水サンプルは1596、降雪サンプルは69、氷山サンプルは6つであった。最終年度には質量分析計オペレータの協力を得て集中的に資料の分析を行うことで全体の40%程度の分析が進んだ。これにより、今まで資料のほとんどない地域でのデータが得られたと同時に、南極海沿岸の四割をカバーする、南大洋では世界最大規模のデータセットの作成が可能になった。

### (2) 酸素同位体比分析手法

海水中の $H_2^{18}O$ の $H_2^{16}O$ に対する存在比、酸素安定同位体比は、主として蒸発・降水過程によって変化する。一般的に、蒸発に伴う同位体分別により $\delta^{18}O$ は増加し、降水に伴って減少する。そのため高緯度に行くにつれ $\delta^{18}O$ は減少する。この同位体比 $\delta^{18}O$ は、通常、ウィーン標準平均海水(VSMOW)を基準として求められる。

$\delta^{18}O$ の分析には、Finnigan社製質量分析計DELTA plusを用いた。サンプルは18°Cの恒温層の中で8時間以上をかけて二酸化炭素と平衡させた。サンプルはダブルで測定し、その都度、作業スタンダード水も同時に測定した。本研究で用いたサンプルのうち、ダブルで測定した177個の同一サンプルについて調べた差の標準偏差は0.02‰であった。作業スタンダード水として、北緯36度の太平洋表層で採取した海水と札幌の脱イオン化水道水の二種を用いた。両作業スタンダードは

VSMOW に対して 0.01‰の精度で決定されている。

#### 4. 研究成果

##### (1) 南極底層水低塩化の実態把握

南極底層水は地球規模の子午面循環を担う重要な水塊である。その水塊特性変化は深層循環の変動と関連があるため、水塊特性の経年的な変化を探ることは気候変動研究においても極めて重要な課題である。本研究期間に実施した観測と過去の観測資料とを合わせて、近年における南極底層水の水温と塩分を中心とする水塊特性変化について調べた。

オーストラリア-南極海盆のアデリーランド沖は、南極底層水の形成域のひとつとして近年注目されている。その形成域のすぐ下流に当たる東経 140 度線上では、1990 年代から定線観測が実施されており、我々は 2002 年・03 年にも観測を実施した。観測結果を解析したところ、1990 年代に比べて底層水が低塩化、冷水化していることが見出された。さらに過去のデータとの比較から、この傾向はここ 40 年程度継続していることが分かった。こうした変化傾向は、南極底層水の下流域にあたるプリンセス・エリザベス・トラフやケルゲレン海台沖で実施した観測でも、変化の大きさは小さいものの、確認された。こうしたことから、オーストラリア-南極海盆においては、非常に広い範囲で底層水の淡水化が生じていることが明らかになった。

南大洋においては、オーストラリア-南極海盆のほか、ロス海とウェッデル海という主要な海域があり、それぞれ棚氷の沖に広がる広大な陸棚域に隣接する陸棚斜面上で底層水が形成されている。本研究期間中の 2005 年にロス海の底層水形成域近傍に当たる東経 175 度線上、また 2006 年にウェッデル海東部の東経 30 度から 80 度での観測に参加し、南極の半周に近い海域での資料を取得する機会を得た。ロス海における底層水の特異性変化を見ると、低塩化かつ暖水化していた。さらに、密度で見た場合には、アデリーランド沖における密度変化を上回る勢いで低密度化していることが分かった。一方、ウェッデル海東部の東経 30 度では、過去の高精度観測との比較から、近年やや暖水化している傾向が読み取れるものの、それほど顕著な傾向ではなかった。

上記の結果をまとめると、底層水の水塊特性変化はロス海で最も大きく、西へ行くにしたがって（ただし、南極底層水の最も重要な形成域と考えられるフィルヒナー-ロンネ棚氷沖の海域は含まないものの）減少している。このことは変化が非常に広域に及んでおり、全球の深層大循環にも大きな影響を与える

可能性を示唆している。

##### (2) ロス海における沿岸陸棚水低塩化と原因の考察

Jacobs et al. (2002) は、陸棚上およびロス循環の表層における低塩化を報告した。2005 年における開洋丸の観測により、ロス海の底層水も低塩化・暖水化していることが明らかになった。この水塊特性変化は、陸棚水、特に高塩陸棚水 (HSSW) や氷陸棚水 (ISW) といった底層水形成に重要な水塊の特性変化と密接な関わりがあると考えられる。こうした水塊の塩分変化の原因を考えるため、2005 年の航海では  $\delta^{18}\text{O}$  測定用の資料を取得し、持ち帰って資料の分析を行った。 $\delta^{18}\text{O}$  として、陸棚上では  $-0.3 \sim -0.7\text{‰}$  程度の値が得られた。一方沖側では、表層水については  $-0.2 \sim -0.3\text{‰}$ 、底層水については  $-0.2 \sim -0.24\text{‰}$  程度の値が得られた。

陸棚上での観測結果を、Jacobs et al. (2002) で得られている過去の資料と比較した。資料が得られた測線が少ないため空間的な代表性には問題があり、また水塊ごとに変化特性は異なるが、底層水の形成に重要な HSSW については、低塩化傾向と同時に比較的大きい酸素同位体比の減少を示している。この減少率を淡水のエンドメンバーに外挿すると  $-40\text{‰}$  前後となり、陸氷起源の成分を示している。つまり、HSSW の低塩化は氷床融解の影響であると考えられる最も簡単に説明できる。ただし、表層水などの変化傾向はやや異なっており、水塊特性変化の全体像を明らかにするためには、より詳細な解析が必要である。しかしながら、これにより原因究明における酸素同位体比の有効性が明らかになり、今後も継続的にサンプルを取得する必要が示されたといえる。

##### (3) プリンセス・エリザベス・トラフにおける南極底層水の起源

Frew et al. (1995) は、プリンセス・エリザベス・トラフにおける底層水 (PETBW) の分析結果とウェッデル海・ロス海での  $\delta^{18}\text{O}$  の値を比較し、後者 2 つの底層水バリエーションの間でどのように案分しても、基本的に PETBW を説明するには軽すぎるという点を根拠に、PETBW が局所的に形成されていると結論付けた。しかしながら、その後の研究で、適切な表面母海水の局所的な形成が難しいことや、オーストラリア-南極海盆でも底層水 (ADLBW) が顕著に形成されていることなどから、底層水の局所的な形成には疑問が提出されていた。しかし、ADLBW の直接測定がなかったため、決定的な反証は得られていなかった。

本研究では、ADLBW の  $\delta^{18}\text{O}$  値を  $-0.23\text{‰}$  と見積もった。ADLBW の見積もりとしては初めてのものである。この値は PETBW の値にかなり近く、ADLBW の東からの移流を考えると

PETBW の特性が説明できる可能性が高い。例えば、ADLBW 75%+WSBW 25%で(-0.46°C, 34.66, -0.245‰)の PETBW に近い性質が再現できる(実際には、PET にまで到達しうるウェッデル海側の底層水は、水深の関係で、上記 WSBW より軽い可能性が高い)。ADLBW の移流の可能性についての議論は Rintoul(1998)などでもなされていたが、その中では具体的な同位体比に関する言及がなかった。今回の研究で、その考察を定量的に裏付けることができた。

#### (4) 降雪および氷山水の酸素同位体比

酸素同位体比を用いて淡水収支の変化を正確に見積もるためには、降雪や氷河といった各淡水エンドメンバー成分の持つ同位体比を精度よく把握することが不可欠である。しかしながら、南極域ではこうした観測が少なく、また沿岸基地や氷床上はともかく、海洋上ではほとんど観測が行われていない。また降雪の  $\delta^{18}\text{O}$  は、季節的に変動することも知られているが、それについては十分な観測は行われていない。そこで本研究では、夏季と冬季に船舶観測を実施する点を活かし、両期間で観測中に船上に降下した雪を採取し、 $\delta^{18}\text{O}$  を測定した。あわせて海洋に近接した昭和基地における通年観測を実施することで、より詳細な季節変動を調べた。

#### ① 積雪

夏季における観測は、インド洋区において2006年と2008年に実施した。2006年1-3月に BROKE-West (東経 30~80度、南緯 62~67度)観測期間中に取得した降雪の  $\delta^{18}\text{O}$  は-3‰~-17‰ (平均は-9‰)という値を示した。最も軽い  $\delta^{18}\text{O}$  は豪モーンソン基地で取得した根雪で、-23‰であった。一方、2008年1月1日、海鷹丸(東経 30度付近、南緯 67度)による観測において、一日のうちに取得したサンプル3つは -3~-13‰ (平均は-7‰)の値を示した。

冬季における観測は、ウェッデル海とインド洋区で実施した。2006年9-10月に、WWOS (西経 35~57度、南緯 57~65度)観測中に取得した5つの資料は-7‰と-20~-23‰ (平均は-15‰)であった。この分布は、サンプル数は少ないものの、南緯 57度から 67度という緯度の変化とよい対応を示している。また海氷上の積雪から採取した雪の平均的な  $\delta^{18}\text{O}$  は-17‰となった。(この値は、より低緯度に位置する南極中層水を形成する水塊に適切な値であり、表層水の移流が南極中層水形成に大きな影響を与えることも示唆している。)次いで、2007年9-10月に SIPEX2007(東経 117~127度、南緯 64.5度から 65.5度)で取得したサンプル9つは、-10~-30‰ (平均は-18‰)という値を示していた。

2008年3月から12月までの昭和基地(南緯 69度)における降雪資料を分析した。平均して-24‰の値が得られると同時に、夏や秋に

比べて冬が軽いという顕著な季節変動がみられた。

このように、積雪サンプルからは、季節による変化が明瞭に読み取れる。船舶サンプルは、これに加えて緯度に対する変化も現れていると考えられる。

#### ② 氷山

船舶航行中に付近を通過した氷山から氷サンプルを取得した。WWOS (南緯 54度付近)では、採取したサンプルは-20‰を示した。海鷹丸では南緯 66度付近で -16~-33‰の氷片を取得した。昭和基地のあるリュッツホルム湾奥の氷山から採取したサンプルでは-46‰程度の値が得られた。サンプルした場所や数が十分ではないが、すべてを平均すると -30‰程度となる。

これらの資料をあわせると、インド洋区では、降水は平均的に -10~-20‰、氷山は -30‰という値が得られた。こうした値はウェッデル海やロス海で過去に報告されている値と整合的であり、本海域でも平均的には両者の効果を十分に区別しうることを明らかにした。これにより南極海における酸素同位体比利用の有効性を裏付けることができた。

#### (5) 今後の展望

南極底層水が全般的に変化しつつあることが明らかになり、これが沿岸での水塊特性の変化と関連している可能性が示された。沿岸水塊の変化を考える上で、 $\delta^{18}\text{O}$  の測定が有効な手段であることが確認できた。

今後は、大気同化モデル・数値実験や衛星観測による降雪、氷河融解の最新の評価とつぎ合わせることで、よりロバストな淡水収支像を確立していく必要がある。そして、明らかになった急速な変化の存在は、南極海の継続的なモニタリング観測の必要性を強く訴えている。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 13 件)

- ① Mayewski, P. A., M. P. Meredith, C. P. Summerhayes, J. Turner, A. Worby, P. J. Barrett, G. Casassa, N. A. N. Bertler, T. Bracegirdle, A. C. Naveira-Garabato, D. Bromwich, H. Campbell, G. H. Hamilton, W. B. Lyons, K. A. Maasch, S. Aoki, C. Xiao, and T. van Ommen (2009): State of the Antarctic and Southern Ocean Climate System, Rev. Geophys., 47, RG1003, doi:10.1029/2007RG000231, 査読有。

- ② Iijima, Y., S. Aoki, and T. Kutsuwada (2009): The Antarctic Oscillation and Southern Ocean sea surface height basin mode. *J. Oceanogr.*, 65 (1), 53-60, 査読有.
- ③ Aoki, S., N. Fujii, S. Ushio, Y. Yoshikawa, S. Watanabe, G. Mizuta, Y. Fukamachi, and M. Wakatsuchi (2008): Deep western boundary current and southern frontal systems of the Antarctic Circumpolar Current southeast of the Kerguelen Plateau, *J. Geophys. Res.*, 113, C08038, doi:10.1029/2007JC004627, 査読有.
- ④ 青木 茂 (2008): 南極陸棚斜面横断東経 115 度ラインにおける酸素安定同位体比分布, 九州大学応用力学研究所所報, 2008 年 9 月, 135 号, 89-93 頁, 査読無.
- ⑤ 山之口 勤・土井 浩一郎・澁谷 和雄・青木 茂 (2008): 干渉 SAR 処理を用いた南極接地線 (grounding line) の精密決定, 九州大学応用力学研究所所報, 2008 年 9 月, 135 号, 95-99 頁, 査読無.
- ⑥ Uto, S., H. Shimoda, S. Aoki, S. Ushio, F. Nishio, H. Wakabayashi, G. Hashida, K. Goto-Azuma, A. Furusaki, and K. Tateyama (2008), Sea Ice Thickness and Snow Depth Data Collected by the Ship-based Video Observations during 29th to 48th Japanese Antarctic Research Expedition, JARE DATA REPORT, 307 (Glaciology 33), 16 pp. *Jpn. Antarct. Res. Exped.*, Tokyo, November 2008, 査読無.
- ⑦ Aoki, S., M. Hariyama, H. Mitsudera, H. Sasaki, and Y. Sasai (2007): Formation regions of Subantarctic Mode Water detected by OFES and Argo profiling floats, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L10606, doi:10.1029/2007GL029828, 査読有.
- ⑧ Aoki, S., D. Fukai, T. Hirawake, S. Ushio, S.R. Rintoul, H. Hasumoto, T. Ishimaru, H. Sasaki, T. Kagimoto, Y. Sasai, and H. Mitsudera (2007): A series of cyclonic eddies in the Antarctic Divergence off Adelie Coast, *J. Geophys. Res.*, 112, C05019, doi:10.1029/2006JC003712, 査読有.
- ⑨ Aoki, S., and K. Akitomo (2007): Observations of small-scale disturbances of the Subantarctic Front in the Indian Ocean sector, *Deep-Sea Research Part I*, 54, 320-339, doi10.1016/j.dsr.2006.12.002, 査読有.
- ⑩ Aoki, S., S.R. Rintoul, H. Hasumoto, and H. Kinoshita (2006): Frontal positions and mixed layer evolution in Seasonal Ice Zone along 140 deg E line in 2001/02, *Polar Bioscience*, 20, 1-20, 査読有.
- ⑪ Hirawake, T., S. Kudoh, S. Aoki, T. Odate, and M. Fukuchi (2005): Inter-annual variability of chlorophyll and sea-ice in the Antarctic Divergence region: an attempt to derive their quantitative relationship. *International Journal of Remote Sensing*, Vol.26 (10), 2035-2044, 査読有.
- ⑫ Aoki, S., S.R. Rintoul, S. Ushio, S. Watanabe, and N.L. Bindoff (2005): Freshening of the Adelie Land Bottom Water near 140° E, *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 32, L23601, doi10.1029/2005GL024246, 査読有.
- ⑬ Aoki, S., N.L. Bindoff, and J.A. Church (2005): Interdecadal watermass changes in the Southern Ocean between 30E and 160E, *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 32, L07607, doi10.1029/2004GL022220, 査読有.
- [学会発表] (計 14 件)
- ① Ohshima, K.I., T. Tamura, Y. Fukamachi, S. Aoki: Sea ice production in the polynya and the associated bottom water formation off the Cape Darnley, East Antarctica, 9th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, 11 February 2009, Melbourne Convention Center, Melbourne.
- ② Fukamachi, Y., S. Aoki, J. Church, S. Rintoul, M. Rosenberg, and M. Wakatsuchi: Mooring measurement of the deep western boundary current over the eastern flank of the Kerguelen Plateau in the Indian sector of the Antarctic, 9th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, 2 February 2009, Melbourne Convention Center, Melbourne.

- ③ 豊田 威信, Christian Haas, Marcel Nicolaus, Zhijun Li, 青木 茂: 晩冬季のウェッデル海北西部海氷上の積雪の特性について, 極域気水圏・生物合同シンポジウム, 2008年11月20日, 東京, 国立極地研究所.
- ④ Yamanokuchi, T., K. Doi, K. Shibuya, and S. Aoki: Development of grounding line database at Antarctica by InSAR technique. Proceedings of International Geoscience and remote sensing symposium (IGARSS08), 10 July 2008, John B. Hynes Veterans Memorial Convention Center, Boston, Massachusetts.
- ⑤ Aoki, S., M. Naganobu, and N. L. Bindoff: Recent property changes of Antarctic Bottom Waters. SCAR/IASC Open Science conference, 9 July 2008, St. Petersburg, Arctic and Antarctic Research Institute.
- ⑥ Williams, G. D., S. Aoki, S. J. Marsland, N.L. Bindoff, Y. Fukamachi, S.R. Rintoul, and B. Galton-Fenzi: Downslope mixing of Antarctic Bottom Water from East Antarctic polynyas. SCAR/IASC Open Science conference, 9 July 2008, St. Petersburg, Arctic and Antarctic Research Institute.
- ⑦ 青木 茂, 藤井 信宏, 牛尾 収輝, 吉川 泰, 渡邊 修一, 水田 元太, 深町 康, 若土 正暁: ケルゲレン海台南東部における深層西岸境界流と南極周極流南部フロントの構造について, 第30回極域気水圏シンポジウム, 2007年11月21日, 東京, 国立極地研究所.
- ⑧ 橋田 元, 青木 茂, 中岡 慎一郎, 吉川 久幸: 冬季リュツォ・ホルム湾定着氷下の全溶存無機炭素濃度の鉛直分布, 第30回極域気水圏シンポジウム, 2007年11月21日, 東京, 国立極地研究所.
- ⑨ 青木 茂, 藤井 信宏, 牛尾 収輝, 吉川 泰, 渡邊 修一, 水田 元太, 深町 康, 若土 正暁: ケルゲレン海台南東部における深層西岸境界流と南極周極流南部フロントの構造について, 日本海洋学会秋季大会, 2007年9月26日, 那覇市, 琉球大学.
- ⑩ Aoki, S. (Invited): Recent freshening of the Antarctic Bottom Water in the Australian-Antarctic basin, EGU General Assembly 2007, 16 April 2007, Austria Center Vienna, Vienna.
- ⑪ Klocker, A., Meijers, A., Bindoff, N., Williams, G., Marsland, M., Aoki, S., Iijima, Y.: Large scale circulation from 30-80degE along the Antarctic coastline, EGU General Assembly 2007, 16 April 2007, Austria Center Vienna, Vienna.
- ⑫ 青木 茂, Steve Rintoul, 牛尾 収輝, 渡邊 修一, Nathan Bindoff: 東経140度付近におけるアデリーランド底層水の低塩化傾向, 極域気水圏・生物合同シンポジウム, 2006年11月20日, 東京, 国立極地研究所.
- ⑬ 青木 茂, 秋友 和典: 南大洋亜南極フロントにおける小規模擾乱の観測, 日本海洋学会秋季大会, 2006年9月26日 名古屋, 名古屋大学.
- ⑭ Aoki, S., N.L. Bindoff, and J. A. Church (Invited): Interdecadal water-mass changes in the Indian sector of the Southern Ocean and their impacts on sea level rise, IAMAS 2005, 5 August 2005, Beijing International Convention Center, Beijing, China.

[その他]

アウトリーチ活動:

2008. 5. 31. 親子講座「南極のふしぎ体験」  
(主催:札幌商工会議所)  
<http://www.b-info.jp/scci-soumu/index.cfm?id=24203>

2009. 3. 8. 第3回気象サイエンスカフェ  
南極の今～氷が語る環境の変化～ 紀伊国屋書店 (主催:札幌管区気象台)  
<http://www.sapporo-jma.go.jp/topix/cafe-h21/cafe-h21.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

青木 茂 (AOKI SHIGERU)  
北海道大学・低温科学研究所・准教授  
研究者番号: 80281583

(2) 研究分担者

豊田 威信 (TOYOTA TAKENOBU)  
北海道大学・低温科学研究所・助教  
研究者番号: 80312411