

1. 研究概要

北太平洋亜寒帯循環と気候変動に関する国際共同研究」

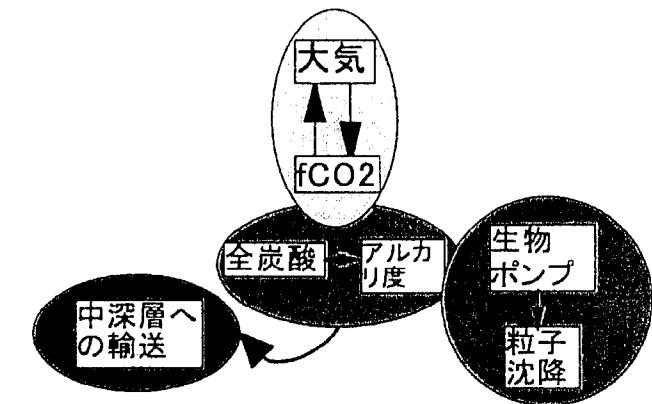
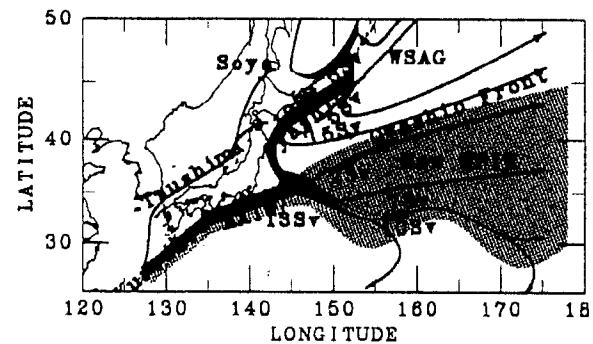
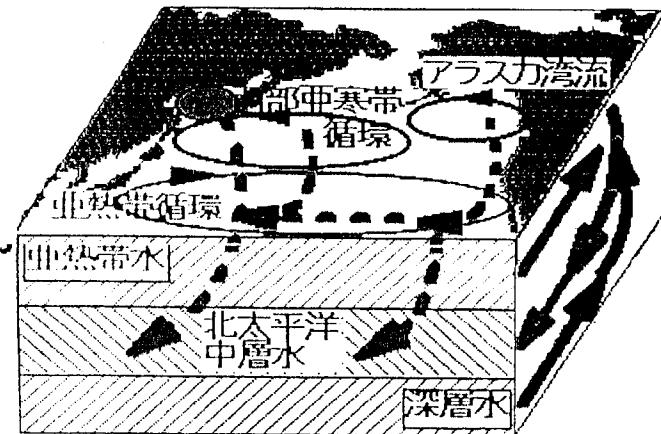
(平成12年~13年度 第II期)

研究代表者：深澤理郎（海洋科学技術センター） 研究体制：水産総合研究センター 他11機関

| 研究の概要・目標 | 諸外国の現状等 | 研究進展・成果がもたらす利点 |
|---|---|---|
| <p>1. 目指すもの 高精度の海洋観測を展開して<u>北太平洋亜寒帯循環の実体解明</u>、及びデータ解析やモデリングによるその<u>メカニズムの理解</u></p> <p>(第II期の目標) 北太平洋起源のオーバーターンの構造と強さの解明 ・ オーバーターンによって形成される中層水の北太平洋亜寒帯域南部における流量分布の把握 ・ 亜寒帯循環と亜熱帯循環の間の海水・熱・二酸化炭素の交換量の把握</p> | <p>1. 現状 海洋循環は、各国において、<u>太平洋熱帯・亜熱帯</u>や<u>大西洋</u>等で、数多く観測研究され一定の成果を集めつつある。 <u>アメリカ、カナダ、ロシア</u>等でも<u>北太平洋亜寒帯の重要性</u>が認められつつあり、本課題は、これらの国と共同で実施。</p> <p>これからは、長期的な変動の把握のための観測体制強化、変動の予測の可能性に議論の中心が移りつつある。</p> | <p>1. 世界との水準の関係 北太平洋中緯度以北の海洋科学研究は、我が国がイニシアチブを取って進めており、本研究の略称「SAGE」は国際的にも認知され、その多大な貢献は国際的に高く評価されている。</p> |
| <p>2. 研究の内容 ・ 北太平洋亜寒帯循環の全体像の把握 ・ 北太平洋中層水の形成・変質・輸送過程の解明 ・ 北太平洋亜寒帯循環域における二酸化炭素の挙動の解明</p> | <p>2. 我が国の水準 我が国の<u>海洋観測技術</u>はここ数年飛躍的に向上し、世界のトップと肩を並べつつある。</p> <p><u>北太平洋亜寒帯</u>については、<u>日本から</u>、未だ解明されていないこととその重要性を指摘。</p> | <p>2. 波及効果 北太平洋亜寒帯域における海水の循環や温室効果气体の循環について基礎となる事実の蓄積を図り、気候予測モデルの高度化に資する。</p> |
| <p>3. 何が新しいのか ・ <u>テーマ</u>（気候変動の研究において、未解明な部分が多いものの、鍵となる海域として注目されている亜寒帯循環を対象としていること） ・ <u>10年スケールの長期変動</u>を過去データとの比較から明らかにしようとしていること。</p> | | |

北太平洋亜寒帯循環と気候変動に関する国際共同研究

Subarctic Gyre Experiment (SAGE)

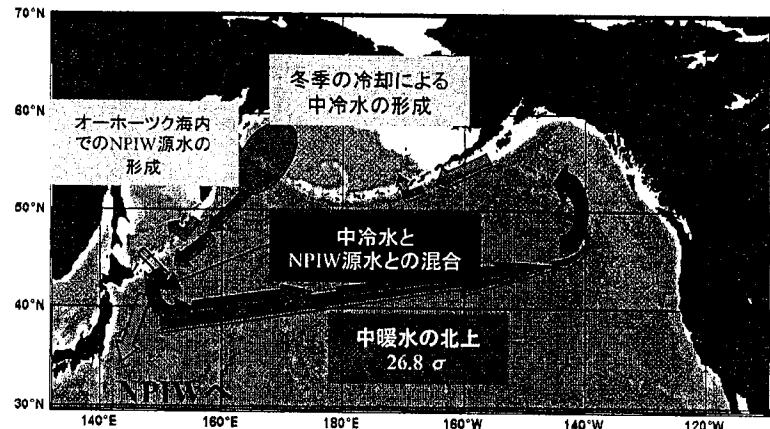


北太平洋亜寒帯起源のオーバーターンの構造と強さの解明

- 亜寒帯域の循環像の把握
循環構造・季節変動の解明
北太平洋中層水の形成過程と循環機構の解明
- 二酸化炭素循環の把握
二酸化炭素の吸収・輸送過程の解明
- 気候変動
経年・長期変動の解明

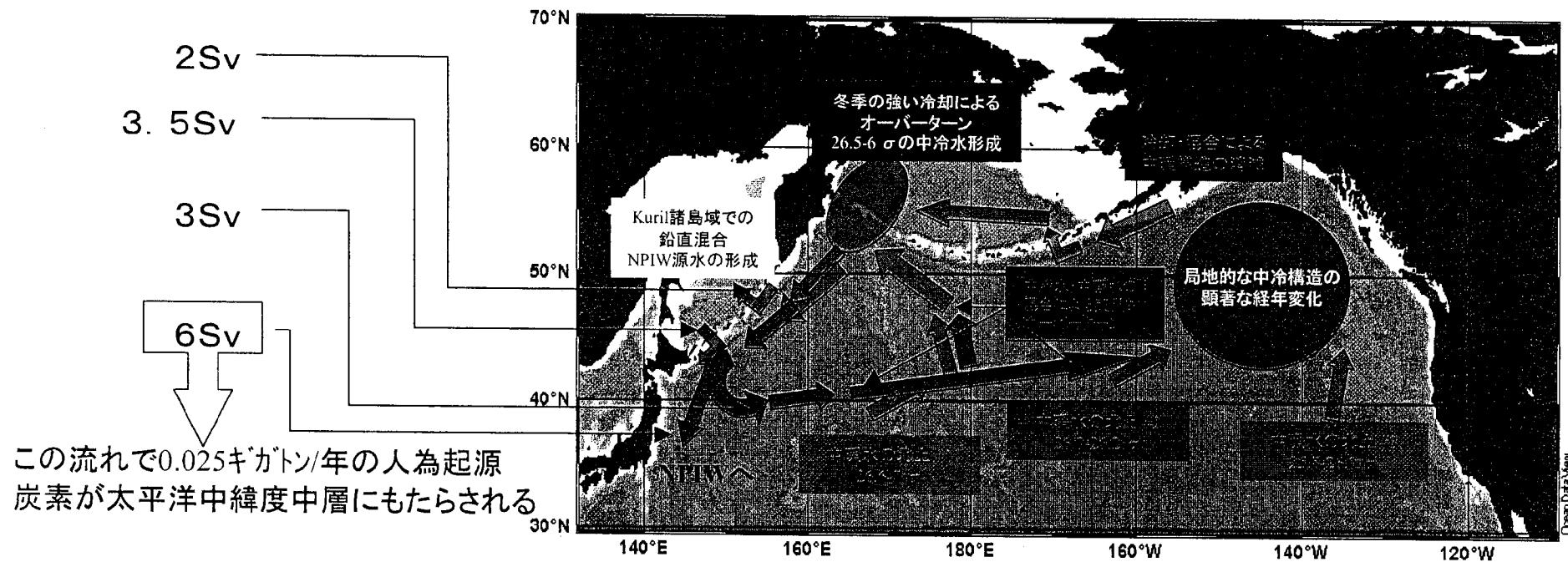
気候変動予測モデルの高度化

本研究課題開始以前に考えられていた 亜寒帯循環構造と北太平洋中層水形成模式図



- 新たなデータによる亜寒帯循環構造の把握
- 北太平洋中層水に対する、オーバーターンとしての新たな認識と定量
- モデルによる循環構造の再現
- 人為起源炭素輸送の見積もり

本研究課題で新たにわかった 亜寒帯循環構造と北太平洋中層水形成模式図



北太平洋亜寒帯循環と気候変動に関する国際共同研究

<亜寒帯循環観測分科会>亜寒帯海域の広域の循環を解明

●広域観測・解析

- ・民間船等委託による水温塩分観測
- ・漂流ブイによる観測
(気象庁5, 東北大2, 水路部30, 水路協会3, 東大洋研3)

●イベント観測・解析

- ・北東太平洋断面精密観測
(JAMSTEC7, 水研16, 産技研7)

●衛星観測・モデル・データ同化

- ・化学トレーサー診断モデル
- ・衛星観測、同化モデル
(気象研2, 京大15, 東大CCSR2)

<データベース分科会>データベース構築と品質管理および情報提供

●データベース構築と品質管理

- プロジェクト内のデータ、情報流通
(気象庁1, 水路部5, 水路協会12)

●品質管理手法の開発研究

- 一般への情報公開

<循環系相互作用分科会>

北太平洋中層水の起源水形成と中層水形成展開過程を解明

●源流域での観測・解析

- ・オホーツク海・千島海域での観測
- ・海水交換モデル
(水研10, 京大11, 道東海大2)

●本州東方海域での観測・解析

- ・定線観測、係留観測、詳細観測
- ・中層フロート観測
(気象庁8, 気象研6, 水研16, 東大3)

●モデル解析

- ・高解像度モデル・インバースモデル
(気象研12)

<二酸化炭素の挙動分科会>

北太平洋亜寒帯海域における二酸化炭素の実態・動態把握

●炭酸系物質循環の観測・解析

- ・定線観測
- ・炭酸系物質の季節変動と輸送過程
(気象庁7, 水路部3, 水研4)

●ガス交換モデル

- (東海大3)

●生物ポンプの観測と解析

- ・セジメントトラップ観測
- ・生物ポンプモデル
(水研5, 道東海大2)

<合同分科会>4分科会での情報交換を円滑に行い、オーバーターン像を明確化する

北太平洋亜寒帯起源のオーバーターンの構造と強さの解明

2. 所要経費一覧

| 研究項目 | 担当機関等 | 担当研究者 | 12年度所要経費 | 13年度所要経費 |
|-----------------------------------|--|---|--|--|
| 1 北太平洋亜寒帯循環の構造と変動の解明 | | | | |
| (1) 亜寒帯表層水温の季節・経年変動に関する研究 | 気象庁気候・海洋気象部海洋気象情報室 | 吉田 隆(調査官) | 7,458千円 | 4,960千円 |
| (2) 亜寒帯の表層循環変動に関する研究 | 海上保安庁水路部企画課海洋研究室 文部科学省研究開発局 日本水路協会(委託) 東京大学海洋研究所 | 寄高博行(主任研究官) 鈴木 亨(研究開発部長代理) ○道田 豊(助教授) | 34,514千円 3,016千円 3,000千円 | 29,608千円 2,816千円 2,995千円 |
| (3) 亜寒帯における大規模な水塊の経年変動に関する解析・観測研究 | | | | |
| ① 亜寒帯中・深層水塊の変動に関する研究 | 文部科学省研究開発局 海洋科学技術センター(委託) | ◎深澤理郎(研究主幹) | 10,792千円 | 6,829千円 |
| ② 亜寒帯表層・亜表層水塊の変動に関する研究 | 水産総合研究センター遠洋水産研究所 東北大学大学院理学研究科 産業技術総合研究所 東京大学気候システム研究センター 気象庁気象研究所海洋研究部第三研究室 京都大学大学院理学研究科 | 稻掛伝三(室長) 須賀利雄(助教授) 渡辺 豊(主任研究官) 羽角博康(助手) 倉賀野達(主任研究官) 淡路敏之(教授) | 7,577千円 2,006千円 6,495千円 2,742千円 7,709千円 7,585千円 | 15,551千円 2,200千円 7,446千円 1,809千円 2,348千円 14,689千円 |
| (4) 化学トレーサーを用いた亜寒帯循環変動に関する研究 | | | | |
| (5) 亜寒帯循環変動の同化モデルによる研究 | | | | |
| 2 北太平洋中層水の形成と中層循環機構の解明 | | | | |
| (1) 北太平洋中層水の形成におけるオホーツク海の役割に関する研究 | 水産総合研究センター北海道区水産研究所 京都大学大学院理学研究科 文部科学省研究開発局 北海道東海大学工学部(委託) | 川崎康寛(室長) 根田昌典(助手) 河野時廣(助教授) | 17,049千円 5,822千円 2,852千円 | 10,000千円 11,138千円 2,301千円 |
| (2) 北太平洋中層水の展開過程と中層水の季節・経年変動の把握 | | | | |
| ① 定線観測及び準定点観測による把握 | 気象庁気候・海洋気象部海洋気象課 | 石川孝一(調査官) | 7,632千円 | 8,322千円 |
| ② 中層フロートによる観測と歴史データによる経年変動の解析 | 気象庁気象研究所海洋研究部第二研究室 | 遠藤昌宏(室長) | 21,695千円 | 5,593千円 |
| (3) 衛星観測による親潮モニタリングに関する研究 | | | | |
| (4) 黒潮統流域を通した亜熱帯海域への中層水輸送に関する研究 | 水産総合研究センター東北区水産研究所 水産総合研究センター中央水産研究所 東京大学大学院理学研究科 気象庁気象研究所海洋研究部第一研究室 | 渡邊朝生(室長) 川崎 清(室長) ○安田一郎(助教授) 石崎 廣(主任研究官) | 21,630千円 33,362千円 5,244千円 14,193千円 | 9,004千円 6,522千円 3,472千円 12,289千円 |
| (5) 北太平洋中層循環のモデリングによる研究 | | | | |

| | | | | |
|---|---|--|-------------------------------|--------------------------------|
| 3 亜寒帯循環での二酸化炭素の挙動に関する総括研究 (1)表層二酸化炭素分圧の季節変動とフラックスの把握 ①海面二酸化炭素分圧の季節変動の解明 ②表層二酸化炭素分圧と物質循環に関する研究 ③二酸化炭素交換係数の評価とフラックスのマッピング | 気象庁気候・海洋気象部海洋気象課 海上保安庁水路部企画課海洋研究室 文部科学省研究開発局 東海大学海洋学部(委託) 水産総合研究センター中央水産研究所 水産総合研究センター北海道区水産研究所 文部科学省研究開発局 北海道東海大学(委託) | 神谷ひとみ(調査官) 井本泰司(上席研究官) | 11,259千円 4,945千円 | 7,498千円 3,289千円 |
| | | 秋山正寿(助教授) 佐々木克之(室長) ○津田 敦(室長) | 3,082千円 4,297千円 8,557千円 | 3,054千円 3,531千円 4,769千円 |
| | | 服部 寛(教授) | 4,007千円 | 2,432千円 |
| 4 データ管理と基盤整備 (1)研究成果の利用促進 (2)データの管理及び情報提供の推進 (3)データベースの構築等に関する研究 | 気象庁気候・海洋気象部海洋気象課 海上保安庁水路部海洋情報課 文部科学省研究開発局 日本水路協会(委託) 文部科学省研究開発局 | 吉岡典哉(予報官) 豊嶋 茂(主任海洋情報官) ○永田 豊(センター長) | 776千円 3,758千円 11,854千円 | 1,110千円 4,669千円 11,893千円 |
| | | | 662千円 | 662千円 |
| | | | 275,570千円 | 202,799千円 |
| 5 研究推進 | | | | |
| 所要経費合計 | | | | |

(注) 研究代表者は○、研究サブテーマ責任者は○を付す。

第Ⅰ期における研究の分担及び経費

| 研究項目 | 担当機関等 | 経費(百万円) |
|---|--|---|
| 1 亜寒帯循環の構造とその時間変化に関する観測研究 (1)表層水温変動に関する研究 ①北太平洋亜寒帯表層水温の季節変動に関する研究 ②北太平洋亜寒帯表層水温の経年変動に関する研究 | 気象庁気候・海洋気象部海洋課 水産庁遠洋水産研究所海洋・南大洋部低緯度海域海洋研究室 | 4 6 5 4 |
| (2)表層・中層の循環像に関する研究 ①北太平洋亜寒帯の表面海流循環に関する研究 ②衛星電波高度計による海面高度の把握とその時間変化の把握 ③中層循環の実態解明に関する観測研究 | 海上保安庁水路部企画課海洋研究室 気象庁気象研究所海洋研究部第二研究室 | 4 5 1 7 |
| (3)水塊分布に関する研究 ①北太平洋西部における観測解析研究 －北緯47度線に沿った東西断面観測－ ②北太平洋東部及びアラスカ湾における観測研究 ③化学トレーサーを用いた北太平洋亜寒帯循環の実態解明に関する研究 | 気象庁気象研究所海洋研究部第二研究室 海上保安庁水路部海洋調査課 科学技術庁研究開発局 東海大学海洋学部(委託) 工業技術院資源環境技術総合研究所環境影響予測部 | 4 7 3 3 3 3 4 9 |
| 2 亜寒帯循環と亜熱帯循環の相互作用に関する観測研究 (1)北太平洋中層水の形成におけるオホーツク海の役割に関する研究 | 水産庁北海道区水産研究所海洋環境部海洋動態研究室 科学技術庁研究開発局 | 4 5 |
| (2)北太平洋中層水の展開過程の把握 | 海洋科学技術センター・海洋観測研究部(委託) | 1 1 0 |
| (3)混合水域における中層水の形成過程に関する研究 | 気象庁気候・海洋気象部海洋課 | 3 3 |
| (4)繞流域を通した亜熱帯海域への中層水輸送に関する研究 | 水産庁東北区水産研究所海洋環境部海洋動態研究室 水産庁中央水産研究所海洋生産部変動機構研究室 東京大学大学院地球惑星物理学専攻(一部委託) | 2 6 2 1 8 |
| 3 亜寒帯循環での二酸化炭素の挙動に関する観測研究 (1)炭酸系物質の時空間分布とその変動要因及び二酸化炭素フラックスの把握 ①炭酸系物質の時空間分布とその変動要因の把握 ②海面二酸化炭素分圧の時空間分布と二酸化炭素フラックスの把握 ③亜寒帯循環系における二酸化炭素分圧等の観測研究 (2)炭酸ガス交換係数のマッピングに関する研究 (3)動植物プランクトンの空間分布とその時間変化の観測 | 水産庁中央水産研究所海洋生産部物質循環研究室 気象庁気候・海洋気象部海洋課 海上保安庁水路部企画課海洋研究室 科学技術庁研究開発局 東海大学海洋学部(委託) 水産庁北海道区水産研究所海洋環境部生物環境研究室 北海道東海大学 水産庁遠洋水産研究所企画連絡科 | 1 3 4 0 1 0 1 3 1 9 1 6 |
| 4 亜寒帯循環のモデル化及びデータ管理に関する研究 (1)観測データを用いたモデルに関する研究 ①データ解析とデータ解析手法の開発 ②インバースモデルの開発 | 科学技術庁研究開発局 東海大学海洋学部(委託) 水産庁遠洋水産研究所海洋・南大洋部低緯度海域海洋研究室 | 3 9 |
| (2)北太平洋大循環モデルによる亜寒帯循環の構造とその変動に関する研究 | 東京大学気候システム研究センター(委託) | 9 |
| (3)データベースの構築等に関する研究 ①モデリング結果等の利用促進に関する研究 ②海洋データの管理及び情報提供の推進 ③高精度海洋データ整備のための品質管理手法の開発研究 | 気象庁気候・海洋気象部海洋課 海上保安庁水路部海洋情報課 科学技術庁研究開発局 日本水路協会(委託) | 4 8 8 7 1 3 2 1 8 3 1 |
| 合 計 | | |

3. 研究成果の概要

課題名（研究代表者）：北太平洋亜寒帯循環と気候変動に関する国際共同研究（深澤 理郎）

本研究は四つのサブテーマを持つが、研究担当者全員が一堂に会する合同分科会の開催等を通じ、極めて強固かつ有効に個々のサブテーマが互いに連携しあっていた。本研究全体として、北太平洋中層水に代表される北太平洋のオーバーターン構造とその強さの解明に取り組んだ。以下に、各サブテーマの成果のうち、北太平洋オーバーターン構造に直接関与する成果については：

第一サブテーマでは、北太平洋亜寒帯循環全体の構造と変動にテーマを絞り、北太平洋中層水形成の母体としての亜寒帯循環の構造、特にその水温・塩分・化学物質の三次元分布について、研究を行った結果、北太平洋中層水の起源水である西部亜寒帯水の生成、変質が、アラスカ湾からベーリング海にかけての循環内と、西部亜寒帯循環の東端域での北上流内で顕著であるという、新たな知見を得ることができた。また、それらの変質には、亜熱帯循環から北上する中暖水と亜寒帯循環内に存在する中冷水との混合が大きな役割をはたすことで、熱・塩分についての実質的なオーバーターンとなっていることが示唆された。

第二サブテーマでは、亜寒帯循環亜表層と亜熱帯循環中層とをつなぐ海水の流量、すなわち、北太平洋中層水の供給量と、中暖水となって再び亜寒帯循環へもどる海水の量の定量に焦点を絞り研究を推進した。その結果、亜寒帯循環内で 12 Sv の親潮水が形成され、その内の 6 Sv が黒潮続流を通過し亜熱帯循環中層に供給されると同時に 3 Sv が中暖水となってアラスカ循環に戻ることが定量できた。また、アリューシャン列島付近での強い鉛直混合が北太平洋中層水の形成に本質的に重要なことがわかった。

第三サブテーマでは、亜寒帯循環西部表層における大気海洋間の二酸化炭素フラックスの定量に焦点を当てて研究を推進した結果、実際の海洋観測を通じて評価されたガス交換係数計算式と、海面二酸化炭素分圧の分布から、亜寒帯西部で海中に取り込まれる二酸化炭素の全量をみつもることができた。それと同時に、観測から求められた結果をもとに、亜寒帯亜表層から亜熱帯中層へ北太平洋中層水を通じて輸送される人為起源二酸化炭素量は 0.025 ギガトン/年 であることがわかった。

と概観することができる。これらの成果は、そのまま、本研究の目標への回答となっており、北太平洋亜寒帯循環が受け持つオーバーターンの構造と強度を示すことを、初めて成し遂げたということができる。

また、本研究の目標を超える、あるいは支える他の多くの成果も同時に得られている。その例として、太平洋横断高精度観測の結果から、北太平洋での底層で有意な昇温が発見され、南極周辺の大規模なオーバーターンの変調が示唆されたこと、動物プランクトンの季節的な鉛直移動が、表層の二酸化炭素の海中への取り込みに重要であるとわかったこと、海洋でのデータ同化手法の一つである随伴型同化が完成したこと、貴重な冬季のデータを含む1000以上の測点で観測されたあらたな結果がデータベースとして使用可能になったこ

と、等があげられる。

最後に、本研究の課題名にも含まれている「国際共同」という点については、米国NOAAの太平洋環境研究所（PMEL）と共に、太平洋横断XBT観測（TRANSPAC）を継続・拡充したこと、カナダIOSとの共同で、WOCEのP1太平洋横断観測を実施しWOCE国際データに登録・公開したこと、米国WOODS HOLEおよびハワイ大との共同で、北太平洋中層水の展開に関する黒潮続流域での観測を実施したこと等、極めて積極的に外国研究者との連携がはかられた。その結果、観測および解析内容の充実が実現されたと同時に、国際集会等での国外共同研究者からの発表を通じ、北太平洋亜寒帯海域研究での日本のイニシアチブが国際的に広く認知されるところとなった。

4. 研究成果公表等の状況

課題名（研究代表者）：北太平洋亜寒帯循環と気候変動に関する国際共同研究

(深澤 理郎)

【研究成果発表等】

| | 原著論文による発表 | 左記以外の誌上発表 | 口頭発表 | 合計 |
|----|-----------|-----------|----------|---------|
| 国内 | 第Ⅰ期 23 | 第Ⅰ期 37 | 第Ⅰ期 116 | 第Ⅰ期 176 |
| | 第Ⅱ期 31件 | 第Ⅱ期 85件 | 第Ⅱ期 234件 | 第Ⅱ期 350 |
| 国際 | 第Ⅰ期 35 | 第Ⅰ期 9 | 第Ⅰ期 40 | 第Ⅰ期 84 |
| | 第Ⅱ期 70件 | 第Ⅱ期 14件 | 第Ⅱ期 67件 | 第Ⅱ期 151 |
| 合計 | 第Ⅰ期 58 | 第Ⅰ期 46 | 第Ⅰ期 156 | 第Ⅰ期 260 |
| | 第Ⅱ期 101件 | 第Ⅱ期 99件 | 第Ⅱ期 301件 | 第Ⅱ期 501 |

【特許出願等】

| | |
|-----|-------------------|
| 第Ⅰ期 | 0件 (うち国内 件、国外 件) |
| 第Ⅱ期 | 1件 (うち国内 1件、国外 件) |
| 合計 | 1件 (うち国内 1件、国外 件) |

【受賞等】

第Ⅰ期 4件 (うち国内 4件、国外 件)

- ・日本海洋学会岡田賞 (平成10年4月10日) 斎藤宏明
- ・海上保安庁長官賞 (平成10年5月12日) 永田豊
- ・海上調査技術学会功労賞 (平成10年11月6日) 永田豊
- ・日本海洋学会宇田賞 (平成11年4月1日) 永田豊

第Ⅱ期 2件 (うち国内 2件、国外 件)

- ・海洋理工学会論文賞 (平成14年5月) 道田豊・石井春雄
- ・日本海洋学会日高論文賞 (平成14年3月) 小塙恒夫・渡邊豊・佐々木克之

合計 6件 (うち国内 6件、国外 件)

【主要雑誌への研究成果発表】

| Journal | IF値 | サブテーマ1 | サブテーマ2 | サブテーマ3 | サブテーマ4 | 合計 |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 第Ⅰ期 Journal of Geophysical Research | 2.609 | 1 | 1 | | 2 | 10.436 |
| Journal of Physical Oceanography | 2.148 | | | | 2 | 4.296 |
| Geophysical Research Letter | 2.516 | | | | 1 | 2.516 |
| Deep Sea Research | 2.400 | | 3 | | | 7.200 |
| Journal of Oceanography | | 1 | 1 | 1 | | |
| 小計 | | | | | | 24.448 |
| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| 第Ⅱ期 Journal of Geophysical Research | 2.609 | 3 | 11 | | | 36.526 |
| Journal of Physical Oceanography | 2.148 | 4 | 9 | | | 27.924 |
| Geophysical Research Letter | 2.516 | 3 | 4 | 2 | | 22.644 |
| Deep Sea Research | 2.400 | 3 | 4 | 1 | | 19.200 |
| Marine Chemistry | 2.056 | 4 | | | | 8.224 |
| Progress in Oceanography | 1.733 | | 1 | 1 | | 3.466 |

| | | | | | | |
|---------------------------------|-------|---|---|---|--|---------|
| Advances in Atmospheric Science | 0.327 | 1 | | | | 0.327 |
| Journal of Oceanography | | 6 | 5 | 5 | | |
| 小計 | | | | | | 118.311 |
| 合計 | | | | | | 142.759 |