

D-0803 海洋酸性化の実態把握と微生物構造・機能への影響評価に関する研究

(2) 海洋炭酸系データの統合に基づく海洋酸性化の実態評価

財団法人日本水路協会 海洋情報研究センター

鈴木 亨

平成20～22年度累計予算額 15,732千円
(うち、平成22年度予算額 5,042千円)
予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 海洋は産業革命以降大量に大気中に放出されている人為起源の二酸化炭素を吸収して酸性化が進み、多くの海洋生物の殻や骨格の形成が阻害されるなど生態系に大きな影響を受けていると考えられている。本研究は、我が国を取り巻く太平洋の外洋域における海洋炭酸系データを一元的に統合したデータベースを構築し、データに含まれる系統的誤差やバイアスを評価・補正して、海洋酸性化の実態を評価することを目的とする。1990年以降に国内外の海洋研究調査機関が実施した海洋炭酸系データを含む255航海分を収集・整理し、フォーマットおよび単位を統一して一次品質管理処理を実施した。これに米国二酸化炭素情報解析センターに登録されているWOCE/CLIVAR繰り返し観測データを統合して計511航海分のデータセットを構築し、以下の二次品質管理を実施した：クロスオーバー解析により測定海域が隣接する航海間のオフセット値を測定項目毎に求め、これを基にインバース法によってこのオフセット値が最小となる航海毎の測定項目に対する補正值を推定した。二次品質管理では一次品質管理において判明した測定不良や海況の季節変動等が大きいデータや海域を対象外とするなどして推定値を比較検証し、最終的に確定した値で補正したデータセットPACIFICAを構築した。このデータセットの全炭酸、全アルカリ度からpHを計算し、北緯47度、東経175度周辺における1990～2009年の経年変化を調べたところ、300～500m深付近にpHの極小層が形成され、深層に至るまで数年周期での変動が見られる。ポテンシャル密度に対するpHの経年変化をみると、 $\sigma_{\theta}=26.5\sim 27$ 間では数年周期の変動を伴った低下傾向が認められたことから、この海域では等密度面に沿って海洋酸性化が進行していると考えられる。一方、北緯30度、東経165度周辺では等密度面に沿ったpHの著しい低下傾向は見られず、西部北太平洋の海洋中における酸性化の進行は南北間で異なることが示唆される。

[キーワード] 海洋酸性化、海洋二酸化炭素、データ統合、品質管理、国際貢献

1. はじめに

産業革命以降、人類の化石燃料消費などによって大量の二酸化炭素(CO₂)が大気中に放出されるようになった。産業革命以前の大気中の平均CO₂濃度は約280ppmで、極域の氷床データから過去65万年の間は180～300ppmであったことが知られているが、現在は385ppmにまで上昇したり。過去250年ほどで38%の増加であるが、この増加の半分は過去30年の間に起こったものである。海洋はこれら人為起源CO₂の約半分を吸収し蓄積することにより、地球温暖化を緩和していると考えら

れている²⁾。

一方、海洋に吸収されたCO₂は溶けて重炭酸イオン(HCO₃⁻)と水素イオン(H⁺)に解離し、さらに炭酸イオン(CO₃²⁻)と水素イオンに解離する。この水素イオン濃度の増加が海洋の酸性化であり、現在の海洋表層のpHは産業革命以前に比べて0.1低下(酸性化)したが、現在の傾向が続けば今世紀半ばに産業革命以前の280ppmの二倍の560ppmにまで達する可能性があり、この大気CO₂濃度の増加に応じて海洋酸性化はより進行すると予想される³⁾⁴⁾。

現在の海水はカルシウムイオン(Ca²⁺)濃度と炭酸イオン濃度の積が溶解度積より大きく、すなわち過飽和の状態にあるので海洋生物は炭酸カルシウム(CaCO₃)の殻や骨格を形成できる。しかし炭酸イオンは水素イオンと反応して重炭酸イオンとなるため、海水がCO₂を吸収し水素イオン濃度が増加すると炭酸イオン濃度は減少する。したがってカルシウムイオン濃度との積が溶解度積より小さくなって未飽和状態となり、炭酸カルシウムの形成が阻害されるだけでなく、すでに形成された炭酸カルシウムが溶解する可能性すらある。このように急激な海洋酸性化は海洋生物の生理学的機能に大きな影響を与え、やがて海洋中の食物連鎖や漁業資源など生態系にも著しい変化をもたらすと予想される⁵⁾。したがって海洋酸性化の実態の解明は地球温暖化と共に持続的に取り組まなければならない二酸化炭素増加に関わる喫緊の課題である。

2. 研究目的

海洋酸性化の実態を解明するためには高精度かつ長期間の現場観測データを集約し、高度な品質管理処理を経てデータベース化し、国内外の研究者と共有することが不可欠である。そこで本研究では、我が国を取り巻く太平洋の外洋域を対象として、過去20年にわたって実施された高精度な海洋炭酸系パラメータ(全炭酸、全アルカリ度、pHなど)観測のデータを国内外から収集して整理し、データに含まれる微小な系統的誤差やバイアスの評価ならびに補正を経て、海洋酸性化の進行度を評価することを目的とする。

3. 研究方法

1990年以降に太平洋で実施された高精度な海洋炭酸系パラメータ(全炭酸、全アルカリ度、pHなど)および関連物質の現場観測データを国内外の海洋調査研究機関の協力を得て収集し整理した。図1に緯度経度二度格子内測点数の分布図を、表1に機関別年別の観測航海数を示す。これらにCCHDO(CLIVAR & Carbon Hydrographic Data Office; 気候変動・予測可能性研究計画および炭素観測データオフィス)が採用している12桁のEXPCODE(2桁の国コード+2桁の船舶コード+8桁の出港もしくは最初に観測を開始した西暦年月日(YYYYMMDD))を観測航海毎に付与してデータを一意に特定できるように整理し、機関または航海毎にデータフォーマットが異なる場合には、WHP(WOCE(World Ocean Circulation Experiment) Hydrographic Programme; 世界海洋循環実験の海洋観測プログラム)交換フォーマットの様式に従って変換・統一した。また測定値に対して観測責任者またはデータ保有者による品質管理情報が付与されていた場合にはWHP交換フォーマットで定義されている品質管理フラグ規則に従って変換し、付与されていない場合には容認フラグ「2」を一時的に付与する。測定値の単位もまたWHP交換フォーマットの様式に合わせてμmol/lからμmol/kgに変換した。pHに関してはSWS(Sea Water Scale)とTS(Total Scale)の二種類の単位が存在したが、より観測数が多いTSに統一した⁶⁾。

次に一次品質管理処理として不正な日付・時刻や位置、および重複データの有無を検査し、さらにUS-NODC(National Oceanographic Data Center; 米国海洋データセンター)が太平洋の外洋域に関して定義した各観測項目の深度別上限値および下限値⁷⁾と比較して、異常値が検出された場合には品質管理フラグを疑義フラグ「3」または測定不良フラグ「4」に変更し、以降に行う二次品質管理処理の対象外とした。

これに米国エネルギー省オークリッジ国立研究所のCDIAC(Carbon Dioxide Information Analysis Center; 二酸化炭素情報解析センター)とCCHDO(CLIVAR(Climate Variability and Predictability & Carbon Hydrographic Data Office; 気候変動・予測可能性研究計画および炭素観測データオフィス)に登録されているWOCE/CLIVAR繰り返し観測航海データ、およびハワイ大学が実施しているHOT(Hawaii Ocean Time-series; ハワイ沖時系列観測点)観測データを加えた計511観測航海、11,160観測点を含む統合データセットを構築した。

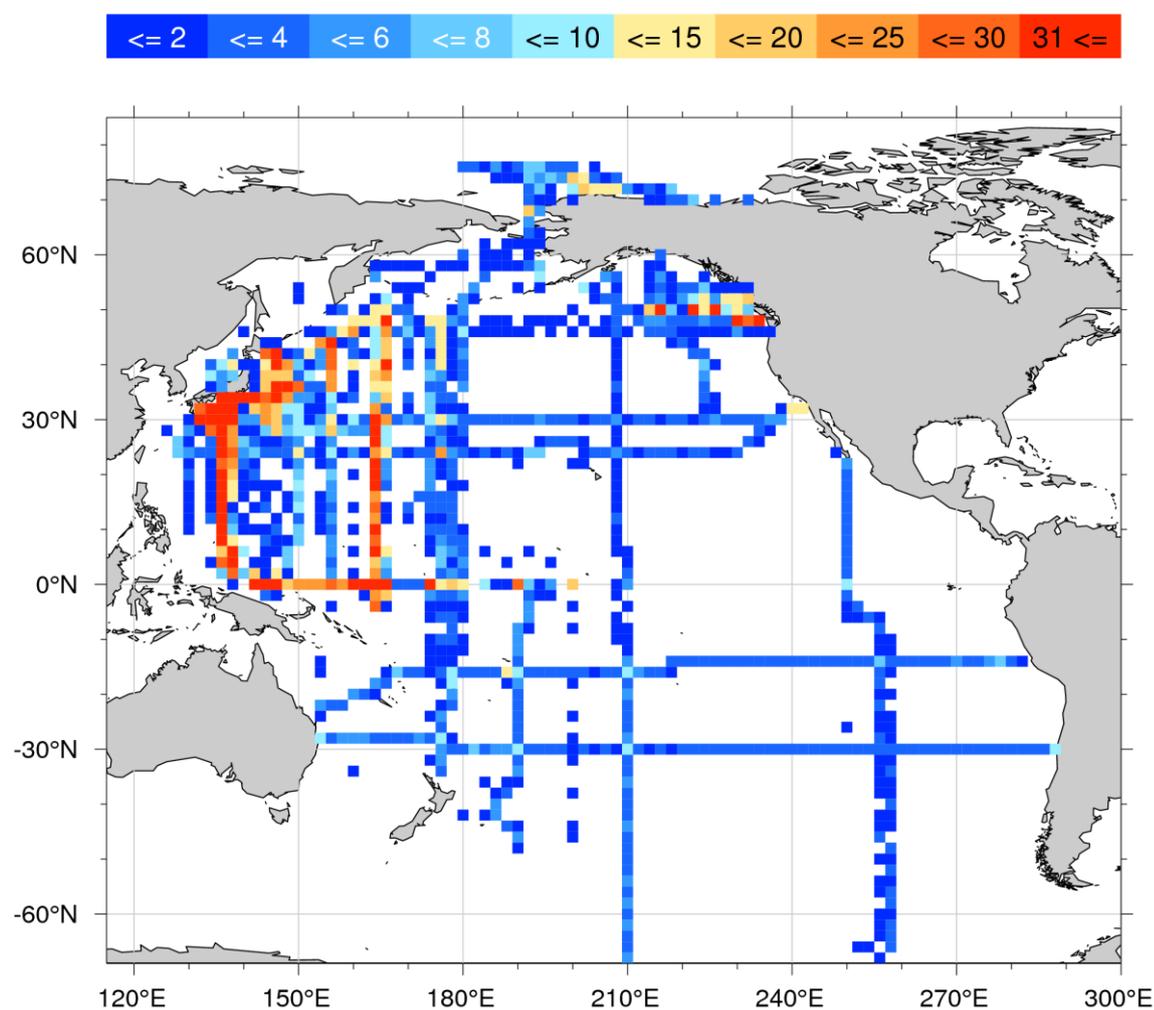


図1: 国内外の海洋観測研究機関から収集・整理した海洋炭酸系パラメータおよび関連物質に関する観測の二度格子内測点分布図

表1: 国内外の海洋調査研究機関およびプロジェクトから収集した年別海洋炭酸系パラメータおよび関連物質の測定を含む観測航海数の一覧(ただしCDIACやCCHDOに登録されている航海は除く)

機関またはプロジェクト	船舶名/年	1985-1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
気象庁・気象研究所	凌風丸									4	3	2
	春風丸										4	5
	啓風丸											
	清風丸											
JAMSTEC	かいよう							1		1		
	みらい なつしま									1	2	4
東京大学海洋研究所	白鳳丸											
北海道大学	北星丸				1			1		2	3	3
	おしよろ丸					1						
東海大学	望星丸										1	1
水産庁・水産総合研究センター	蒼鷹丸									3	1	
	若鷹丸								1			
	北光丸								1			
	探海丸										1	
NOPACCS	白嶺丸				1	2	2	2	2			
WEST-CO SMIC	第二白嶺丸									1	1	1
IOS(カナダ海洋研究所)/Line P	R/V John P. Tully ENDEAVOUR	17	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
その他機関							1					
計		17	2	3	5	5	5	7	7	15	19	19

機関またはプロジェクト	船舶名/年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	合計
気象庁・気象研究所	凌風丸	4	3	3	3	4	4	4	3	1		38
	春風丸	5										14
	啓風丸	1	3	3	4	3	3	3	3	4		27
	清風丸									1		1
JAMSTEC	かいよう											2
	みらい なつしま	4	3	5	4	5	5	3	5	1	2	44
東京大学海洋研究所	白鳳丸		1		1							2
北海道大学	北星丸	3	2									15
	おしよろ丸			1	4							6
東海大学	望星丸	1										3
水産庁・水産総合研究センター	蒼鷹丸											4
	若鷹丸			1	1	1		1				5
	北光丸		2	2	3			2	2			12
	探海丸		2	4								7
NOPACCS	白嶺丸											9
WEST-CO SMIC	第二白嶺丸	1	1									5
IOS(カナダ海洋研究所)/Line P	R/V John P. Tully ENDEAVOUR	3	1			3	1	2	3	2		57
その他機関				1		1	1					4
計		22	18	20	21	18	14	15	16	9	2	259

一次品質管理処理を経た統合データセットに含まれる測定項目のうち、全炭酸、全アルカリ度、溶存酸素、硝酸(+亜硝酸)、リン酸、ケイ酸、ボトル採水および/またはCTDによる塩分の計7目を対象として二次品質管理処理を実施した⁸⁾。二次品質管理処理のフローチャートを図2に示す。二次品質管理はクロスオーバー解析とインバージョン法による補正値の推定から成り、それぞれ数値計算言語MATLABを用いて計算される。

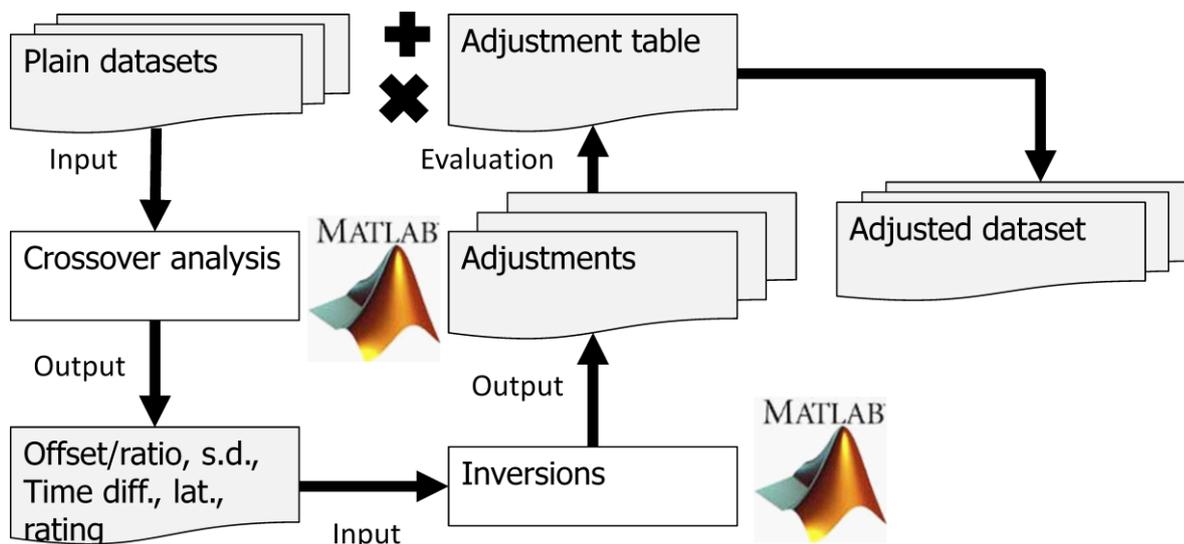


図2: 本研究で実施された二次品質管理のフローチャート

クロスオーバー解析は、一方の航海の測点から250km以内にある他方の航海の測点を検索し、その組み合わせが5個以上かつ組み合わせが可能な測点各航海に二点以上存在した場合に行われる。一例として全炭酸(TCO₂)に関する49NZ20070904航海(A)と49EWM9905-1航海(B)の間の出力結果を図3に示す。まず航海Aの測点と航海Bの測点との距離を計算して(左上のヒストグラム)、その距離が250km以内となる測点のペアを最大60組まで抽出する(左中の測点図)。次にこれら測点の2000m以深の測定値をポテンシャル密度(σ_t)、ポテンシャル水温(θ)、深度に関する三次エルミート多項式で補間したプロファイルで近似し(右上のプロファイル図)、航海Aと航海Bでペアとなった測点のプロファイル間の差の平均から航海間のオフセット値(右下のプロファイル図の太い緑の線)とその標準偏差(同細い緑の線)を計算し、ペア数や最深測定深度などから1から5までの評価値をそれぞれ与え(左下の表; 最右欄の5が最良)、内輪で最良の評価値を得たオフセット値および標準偏差の平均を航海A-B間の適切なオフセット値として定義し(左下の表の最下行“FAV”の数値)、航海間の平均緯度差、時間差と共に出力する。ここでは、次のインバージョン法による補正値の整合性あるいは妥当性を検討するために、プロファイル比較深度の変更、また海況変動の大きい海域の測点や測定誤差を多く含んでいる航海を除外するなど、測定項目毎に条件を変えて数通りの解析結果を出力した。

これらの出力結果に基づきインバージョン法によって航海間のオフセット値が最小となる航海の補正値を上記7項目についてそれぞれ計算した。インバージョン計算ではクロスオーバー解析で出力された標準偏差、平均緯度差、時間差、評価値のそれぞれまたはこれらの組み合わせで重み付けしたモデルを構築してそれぞれの出力結果を検討した結果、太平洋域では標準偏差、時間差、

評価値を組み合わせた重み付けモデルを使用することとした。図4, 5に全炭酸および全アルカリ度の補正値を示す。インバージョン法で計算された補正値を測定項目毎に検討し、絶対値が表2に示すしきい値以下の場合には自然変動とみなして補正せず(補正値をゼロとする)、しきい値を著しく超過したものについてはクロスオーバー解析の結果等と照合、あるいはWOCE/CLIVAR等の測定精度の高い航海と比較検証して、適切な補正値に修正して最終的な航海毎測定項目毎の補正値を確定させた。

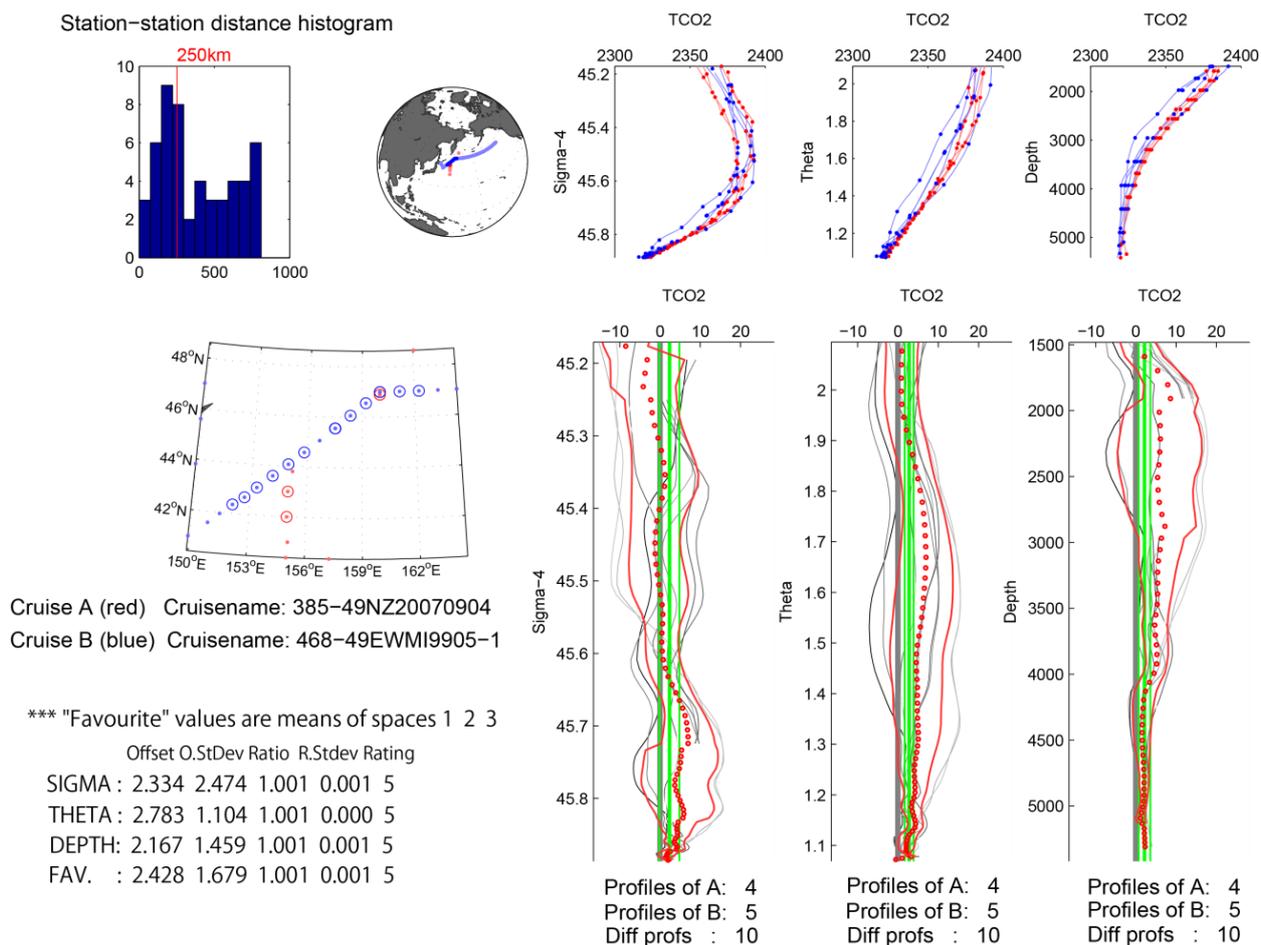


図3: 二次品質管理のクロスオーバー解析図(49NZ20070904航海(A)と49EWMI9905-1航海(B)の全炭酸の比較)

表2: 測定項目別しきい値一覧

測定項目	しきい値
塩分	5 ppm
全炭酸	4 μ mol/kg
全アルカリ度	6 μ mol/kg
硝酸(+亜硝酸)	2 %
リン酸	2 %
ケイ酸	2 %
溶存酸素	2 %

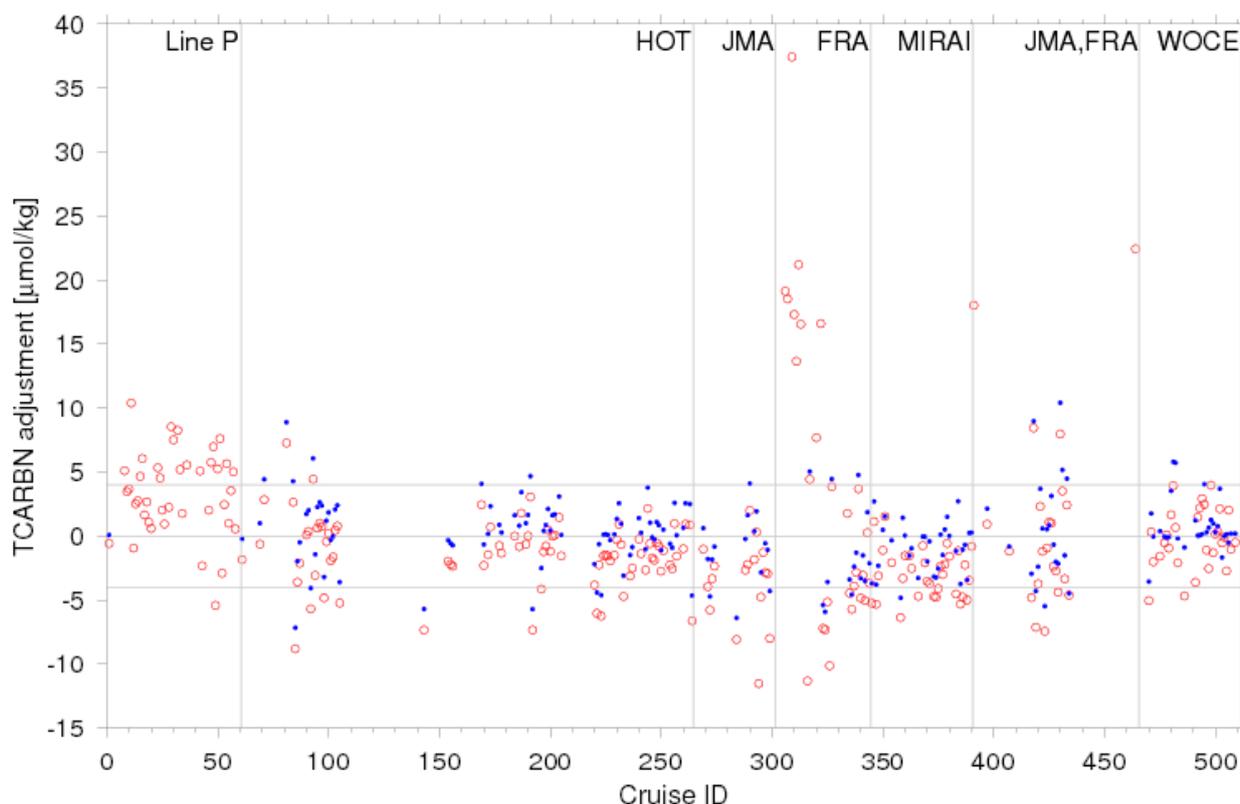


図4: インバージョン法で計算された全炭酸(TCARBN)に関する航海毎の補正值。赤丸は全航海のクロスオーバー解析結果を使用した場合、青丸は海況変動の大きい測点または測定誤差の多い航海を除外した場合の補正值をそれぞれ示す。図中のラベル表記は、Line P:IOS(Institute of Ocean Sciences; カナダ海洋研究所)、HOT:Hawaii Ocean Time-series, JMA:気象庁・気象研究所、FRA:水産庁・水産総合研究センター、MIRAI:JAMSTEC研究船「みらい」、WOCE:CDIACまたはCCHDOに登録されているWOCE/CLIVAR繰り返し観測航海をそれぞれ示す。

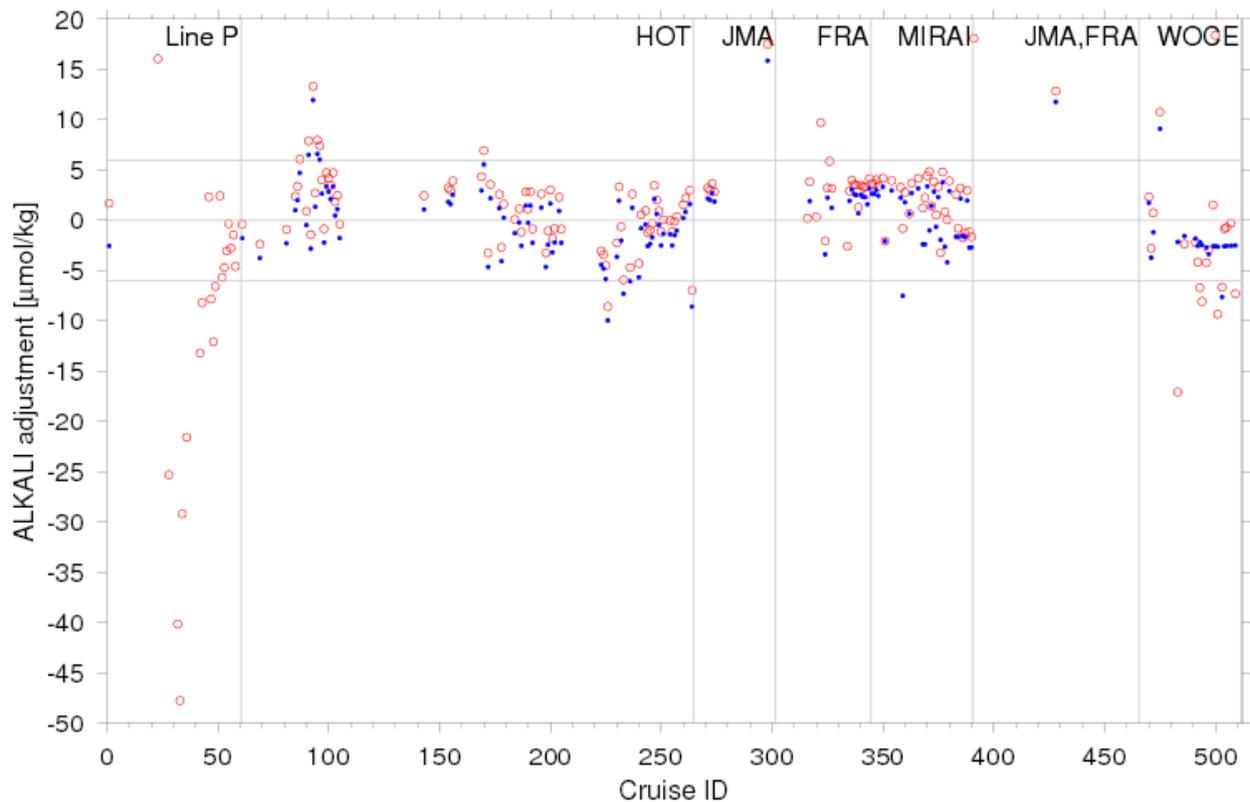


図5: インバージョン法で計算された全アルカリ度 (TALK) に関する航海毎の補正值。様式は図4と同様である。

これらの値で補正したデータセットをPACIFICAと命名し、太平洋域における海洋酸性化の実態評価に使用するとともに、PICES (North Pacific Marine Science Organization; 北太平洋海洋科学機関)のCC-S(Section on Carbon and Climate; 炭素・気候分科会)を通じて公開することとした。

4. 結果・考察

本研究では海洋酸性化の直接の指標となるpHの測定データも収集したが、PACIFICAでは栄養塩や全炭酸、全アルカリ度などに比べて測定点数が少ないため、前述の二次品質管理処理の対象外として一次品質管理だけにとどめ、全炭酸と全アルカリ度から計算したpHから海洋中の酸性化の実態を評価することにし、pHの測定値は計算値の検証に用いた。また、図1に示したようにPACIFICAには西部北太平洋に多くの観測データが含まれているが、この中から比較的観測点数が多くかつ1990年から20年程度の経年変化を調べられる海域を選んで海洋酸性化の実態を評価することとした。

図6に北緯47度、東経175度周辺海域における全炭酸および全アルカリ度から計算したpHの鉛直分布およびその経年変化を示す。この海域では300m～500m深付近にpHの極小層が形成され、深層にわたって数年周期での変動が見られる。ポテンシャル密度(σ_θ)に対するpHは、ポテンシャル密度26.5～27kg/m³間で数年の周期を伴う低下傾向が認められ、この海域では等密度面に沿って酸性化が進行しているものと考えられる。一方、北緯30度、東経165度周辺(図7)のpHは1000m深付

近くに極小層が形成されているが、等密度面に沿った顕著な酸性化の傾向は見られなかった。西部北太平洋の海洋中では南北間で差があるものの、酸性化の進行は明らかであるといえる。

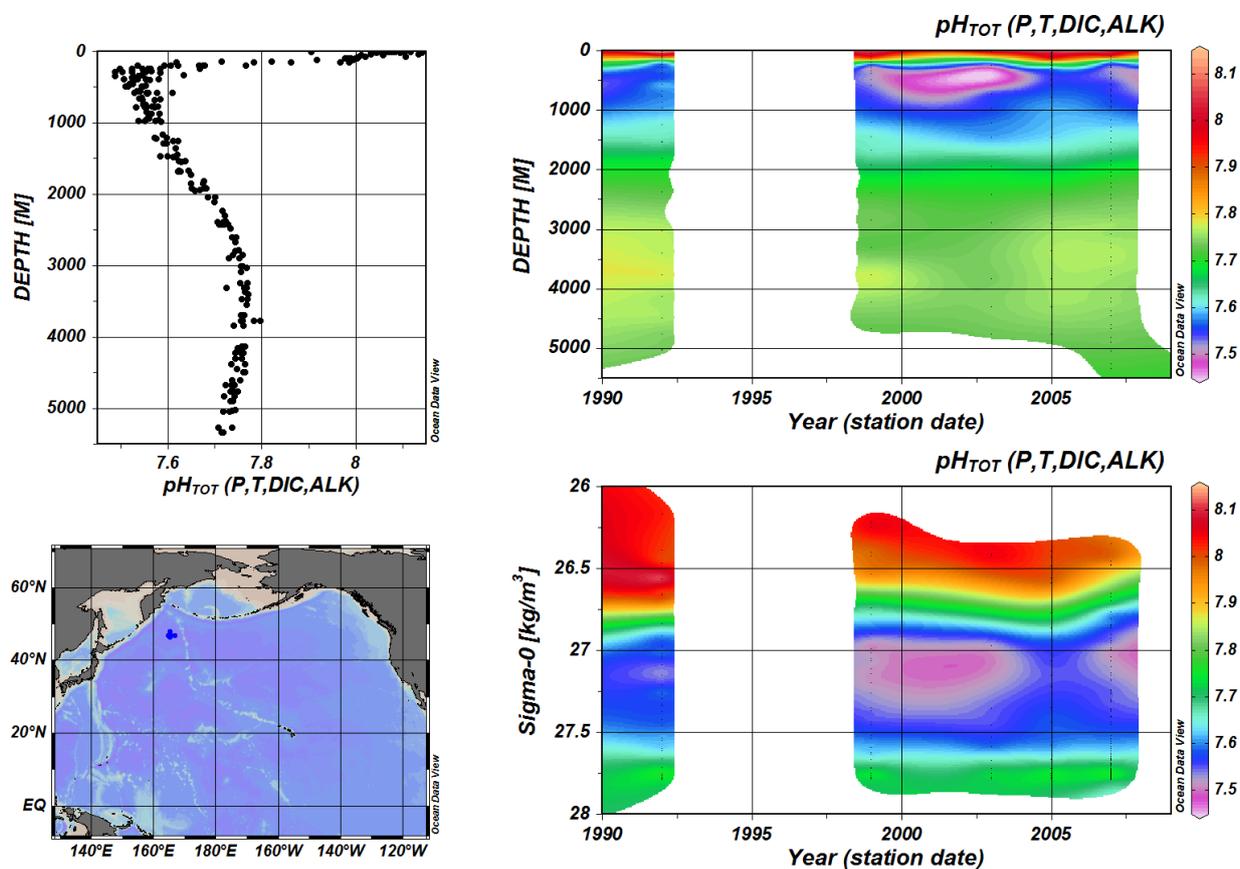


図6：北緯47度、東経175度周辺の測点分布図(左下)、全炭酸(DIC)と全アルカリ度(ALK)から計算したpHの鉛直分布図(左上)、および深度(右上)とポテンシャル密度(σ_0) (右下)に関する経年変化

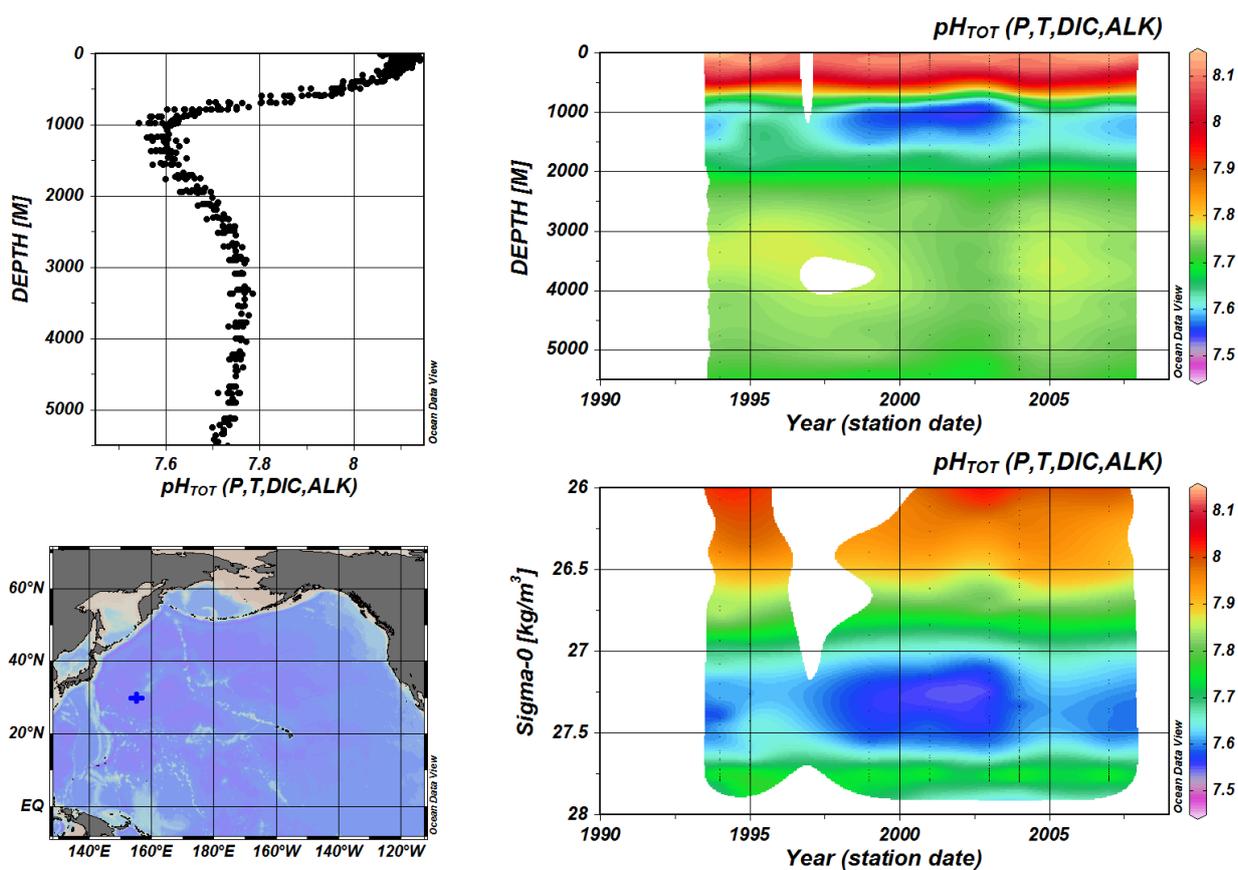


図7: 図6に同じ(ただし北緯30度、東経165度周辺)

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本研究では、これまで機関毎あるいはプロジェクト毎にまとめられてきた海洋炭酸系データを、国内外を問わず一元的に統合し、かつ高度な品質管理処理を施したデータベースPACIFICAを構築した。このデータは本研究のみならず、全球レベルで統合されて海洋酸性化の実態評価ならびに海洋中における人為起源二酸化炭素の蓄積動向の把握などに供される。さらにこれらの現象の長期変動の解明および数値シミュレーションによる予測精度の向上のための貴重な資料として蓄積され継承されるものである。

(2) 環境政策への貢献

PICESやIOCCP(International Ocean Carbon Coordination Project; 国際海洋二酸化炭素協調プロジェクト)といった国際フレームワーク、さらにはSOLAS(Surface Ocean-Lower Atmosphere Study; 海洋-大気間の物質相互作用計画)やIMBER(Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research; 海洋生物地球化学・生態系統合研究)といった国際共同研究を通じて本研究の成果の周知に努めた。また本研究で構築したデータベースPACIFICAを全球レベルでデータ統合した後に実施される研究による成果がIPCC報告書に反映されることが期待され、したがって二

酸化炭素排出削減などの地球環境政策の推進に資するところが大きい。

6. 引用文献

- 1) Solomon, S, et al. (eds), 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge Univ. Press, New York, U.S.
- 2) Sabine, C.L., et al., 2004: The oceanic sink for anthropogenic CO₂. *Science*, 305(5682), 367–371.
- 3) Brewer, P.G., 1997: Ocean chemistry of the fossil fuel CO₂ signal: the haline signal of “business as usual”. *Geophys. Res. Lett.* 24, 1367–1369.
- 4) Caldeira, K. and M.E. Wickett, 2003: Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature*, 425(6956), 365–365.
- 5) Orr, J.C., et al., 2005: Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 437, 681–686.
- 6) Lewis, E. and D. Wallace, 1998: Program developed for CO₂ system calculations. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, 21pp.
- 7) Johnson, D.R., et al., 2008: World ocean database 2005 documentation. Ocean Climate Laboratory, National Oceanographic Data Center, Silver Spring, Maryland, 165pp.
- 8) Tanhua, T., S. van Heuven, R.M. Key, A. Velo, A. Olsen, and C.Schinick, 2010: Quality control procedures and methods of the CARINA database. *Earth Syst. Sci. Data*, 2, 35-49.

7. 国際共同研究等の状況

PICESでは第13および17作業部会(1997-2001, 2001-2005)の活動の一環として、PICES加盟六カ国(加・中・日・韓・露・米)間での国際協調の下で北太平洋における海洋二酸化炭素および関連データの統合に関して協議ならびに調整を行ってきたが、海洋二酸化炭素および気候変動に関わる研究の重要性から、才野敏郎(海洋研究開発機構)・J.Christian(カナダ海洋科学研究所)の共同議長の下で、CC-Sが2005年に設立され活動が引き継がれている。著者は第17作業部会に引き続きCC-Sのメンバーとして参加しており、本研究による太平洋における海洋炭酸系データの統合はCC-Sの付託事項の中核を成すものである。また鈴木は2010年10月からTCODE(Technical Committee on Data Exchange)の議長に就任し、IOC(Intergovernmental Oceanographic Commission; ユネスコ政府間海洋学委員会)/IODE (International Oceanographic Data and Information Exchange; 国際海洋データ・情報交換システム)のGE-BICH(Group of Experts on Biological and Chemical Data Management and Exchange Practices: 生物・化学データ交換実践に関する専門家グループ)に短期メンバーとして加わり、本研究の成果である統合データベースPACIFICAの普及および国際貢献への役割を担っている。

IOCCPはUNESCO/IOC(Intergovernmental Oceanographic Commission; ユネスコ政府間海洋学委員会)およびSCOR (Scientific Committee on Oceanic Research)の支援のもと、海洋二酸化炭素に関わる調査研究の推進および国際間の調整を全球レベルで行っている。科学運営部会の議

長であるC. Sabine博士(PMEL/NOAA; 米国大気海洋庁太平洋海洋環境研究所)はPICES CC-Sのメンバーでもあり、本研究の成果はIOCCPによる国際協調の下で行われている海洋二酸化炭素および関連物質の統合と全球マッピング、および海洋酸性化の国際研究に関する情報ネットワークの太平洋域をカバーするものである。

SCORが支援する国際プロジェクトであるSOLASとIMBERは共同炭素作業部会を設置しており、全球データ統合に関する国際会議を2011年9月に開催するが、本研究の成果による太平洋域での統合データベースPACIFICAの全球レベルでのデータ統合に対する貢献が見込まれる。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文 (査読あり) >

- 1) Midorikawa, T., M. Ishii, D. Sasano, N. Kosugi, H. Sugimoto, N. Hiraishi, S. Masuda, T. Suzuki, T. R. Takamura and H.Y. Inoue: Pap. Meteorol. Geophys., in press.
“Ocean acidification in the subtropical North Pacific estimated from accumulated carbonate data”

<その他誌上発表 (査読なし) >

- 1) Ishii, M., T. Suzuki, and R. Key: Pacific Ocean Interior Carbon Data Synthesis, PACIFICA, in Progress. PICES Press, Winter 2011, Vol. 19, No.1

(2) 口頭発表 (学会)

- 1) Suzuki, T., 2009: 20th Session of the IOC Committee on International Oceanographic Data and Information Exchange, Beijing, China.
“Integration and Quality Control of Carbon Dioxide Data in the Pacific Ocean”
- 2) Suzuki, T., 2009: 8th International Carbon Dioxide Conference, Jena, Germany.
“Integration and Quality Control of Carbon Dioxide Data in the Pacific Ocean”
- 3) 緑川 貴, 石井雅男, 笹野大輔, 小杉如央, 本井達夫, 鈴木 亨, 時枝隆之, 吉川久幸, 濱健夫, 2009: 2009年度日本海洋学会秋季大会.
「東経137度における表面全炭酸濃度の増加と酸性化」
- 4) Suzuki, T., 2009: Carbon data synthesis workshop, PICES 2009 Annual Meeting, Jeju, Korea.
“Overview of the Pacific carbon data collected”
- 5) Suzuki, T., 2009: Carbon data synthesis workshop, PICES 2009 Annual Meeting, Jeju, Korea.
“Method of the Secondary-level Quality Control using MATLAB and the Role of Each WG and the Working Group Web Portals”
- 6) Suzuki, T., 2009: International Conference on Marine Data and Information Systems, Paris, France.
“Data Synthesis and Quality Control of Carbon and Relevant Chemical Parameters

in the Pacific Ocean”

- 7) 緑川 貴, 石井雅男, 小杉如央, 笹野大輔, 杉本裕之, 鈴木 亨, 吉川久幸, 2010: 2010年度海洋学会春季大会
「南大洋における海洋酸性化の長期トレンド」
- 8) Ishii, M., T.Suzuki, 2010: PICES CC-S and WG members: PACIFICA (Pacific Carbon) Data Synthesis Activity. IOCCP/CLIVAR Global Ocean Ship-based Hydrographic Investigations Panel International Planning Meeting, Portland, USA, 2010.
- 9) Ishii, M., M. Wakita, A. Murata, T. Suzuki, A. Kozyr and R. Key, 2010: Carbon Data Synthesis (III), PICES 2010, Portland, USA, 2010. “Second-level quality control of PACIFICA synthesized database”
- 10) 緑川 貴, 石井 雅男, 笹野大輔, 小杉如央, 橋田 元, 中岡慎一郎, 鈴木 亨, 吉川久幸, 2010: 第一回極域科学シンポジウム
「南大洋で進行する海洋酸性化」
- 11) Midorikawa, T., M. Ishii, D. Sasano, N. Kosugi, G. Hashida, S. Nakaoka, T. Suzuki and H. Y. Inoue, 2011: Side event of IPCC WGII/WGI Workshop on Impact of Ocean Acidification on Marine Biology and Ecosystem, Nago, Japan.
“Ocean acidification progressing in the Southern Ocean”

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

- 1) 2nd Carbon Data Synthesis Workshop (Inter-sessional PACIFICA Workshop)を開催し、国外の研究者を二名招聘した。(2010年6月2～4日, 東京)

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

(6) その他

特に記載すべき事項はない。