

西部太平洋域の微量温室効果ガス分布と発生源に関する研究

独立行政法人国立環境研究所

地球環境研究センター

アジア自然共生研究グループ

化学環境研究領域

野尻幸宏・向井人史

谷本浩志

横内陽子

平成16～18年度合計予算額	57,704千円
(うち、平成18年度当初予算額)	18,488千円)

[要旨]

西部太平洋上での微量温室効果ガス（メタン、亜酸化窒素、オゾン、代替フロン等）の緯度分布を調べるために、貨物船を利用して、北緯45度近辺から南緯30度付近までの大気のサンプリングや連続観測を行った。メタンは、これまで緩やかな増加もしくは一定値を示していたが、2004－2005年への減少が中緯度以南で始めて観測された。これは、IPCCの排出予想シナリオの多くが発生源の増加を予測していることとはかなり異なっていた。亜酸化窒素は小さい季節変化を持ちながら、2003年に弱いエルニーニョ時期と関連して大きな増加傾向を示した。

オゾンと一酸化炭素の連続観測を行ったところ、大気の微細構造により濃度の南北差が季節によって異なることが分かった。しかしながら、冬季の日本近辺における濃度増加は明らかであった。南北半球をまたぐ西部太平洋航海による観測では、熱帯域のバイオマスバーニング影響と考えられる一酸化炭素濃度増大を検知することができた。バイオマスバーニングによると、一酸化炭素濃度増大に比べてオゾン濃度増大がそれほど大きくないことがわかった。

大気中ハロカーボン類のうち、PFC類、HFC類、SF₆は温室効果気体として京都議定書によって規制されている。その他のハロカーボンの中にもCFC類やHCFC類のように強力な温室効果ガスが含まれている。本課題では西部太平洋域における大気中ハロカーボンの分布と変動を把握し、これらの排出源としての東アジアの影響を明らかにすることを目的として、日本－オセアニア間を往復する貨物船を利用した大気中ハロカーボン定期観測を実施した。ここでの観測の結果、CFC類に代わり冷媒やスプレーに広く使われ始めたHFC類、HCFC類の多くに顕著な南北差と経年的な増加傾向が認められた。国立環境研究所では、これまでに定常的に観測してきたハロカーボンに加え、加圧大気サンプル中の極低沸点成分の観測を2005年度から開始し、HFC-23、HFC-32、PFC-116、PFC-218とSF₆の平均濃度がそれぞれ19.9 ppt、1.3 ppt、3.5 ppt、0.6 ppt、5.7 pptであるという結果を得た。

[キーワード] メタン、亜酸化窒素、オゾン、一酸化炭素、代替フロン

1. はじめに

二酸化炭素以外の微量温室効果ガス（メタン・亜酸化窒素・対流圏オゾン・代替フロン等）は、いずれも大気中の濃度自体は二酸化炭素に比べて微量であるものの、単位体積当りの温室効果の大きさは、二酸化炭素に比べてはるかに大きい（すなわち強力な温室効果を有する）。そのため、

これら微量温室効果ガス全体をあわせた温室効果は、二酸化炭素単独の温室効果の約半分にも相当し、温暖化の主要な原因物質となっている。

また、これら微量温室効果ガスの発生源の推移をみると今後のアジア地域からの発生源増加が懸念されるが、そのインベントリの整備・構築は二酸化炭素と比べて大きく遅れている。このためアジア地域を中心として、これら微量温室効果ガスの発生源の特定と発生源の推計手法に資する科学的かつ簡便な技術を早期に確立することは、行政的にも優先度の高いものといえる。

そこで、本研究では、二酸化炭素以外の微量温室効果ガスの発生源をその消滅過程を含めて検証するための新たな観測手法を確立する目的で、西部太平洋域を定期航行する商船に、自動・手動観測による連続観測システムを設置するための技術開発及び連続観測を行う。また、観測データの解析により、主にアジア地域から排出される微量温室効果ガスの発生源推定及び発生源推計等の解析を行い、インベントリによる総排出量推定を補完し、互いの精度を検証可能とするような新たな手法の提案を目指す。なお、同じ研究目的の達成のためには、今回の研究で用いる船舶を用いた移動観測システムのほかにも、陸域と海域（離島など）に広域かつ多数の固定観測点を設ける方法が考えられるが、コスト面や効率性の点から見て今回の研究で開発するシステムが大きく優れていることは明らかである。

本研究により、アジア地域からの微量温室効果ガスの発生源を科学的かつ低コストで把握する手法が開発された場合、アジア地域の微量温室効果ガスに関するインベントリの精度を検証し監視する代替手法が提案できることとなり、国際的な温室効果ガスの監視体制の構築への貢献が期待される。また、本研究は、温暖化の主要な原因物質となっている微量温室効果ガスの観測技術・体制の確立を図るものであり、2004年2月に国際合意された「地球観測の10年実施計画」に対応する研究である。

2. 研究目的

本研究では、既に洋上大気あるいは海洋表層の二酸化炭素観測に活用してきた定期運行貨物船を観測プラットフォームとして活用することで、観測開始に伴う初期投資の低減と準備期間の短縮を図る。ただし、今回対象とする微量温室効果ガスの計測装置は、各々のガスによって計測技術が異なり、その開発及び観測について、既存の二酸化炭素観測システム開発との共通点はほとんどない。このため、新たな研究が必要となる。

(1) 洋上大気メタン・亜酸化窒素の緯度分布とアジア発生源の影響

メタン・亜酸化窒素の、西部太平洋域における大気濃度の分布および濃度の経年増加傾向の把握を行う。東アジア地域の人為的影響（農業・森林火災など）が大気濃度変動に与える影響を評価するために、地上観測点を多数配置するのと同じような効果のある西部太平洋を南北に定期航行する商船で観測を行い、他の研究において観測されている国立環境研究所・米国大気海洋局定点観測と比較を行う。

(2) 洋上大気オゾン・一酸化炭素の緯度分布と濃度決定要因

洋上大気中のオゾン濃度と一酸化炭素を、西部太平洋を南北に定期航行する商船で連続観測する。対流圏オゾンは温室効果気体のひとつであるが、広い範囲をカバーするような系統的なデータの取得は困難であるため、これまで洋上大気オゾンの濃度観測は乏しく、季節変化等の動態解明は極めて不十分な状況にある。また、一酸化炭素は燃焼起源の良い指標（トレーサー）として

気塊（エアマス）のキャラクタリゼーションに用いられるが、その放出源には、メタンや非メタン炭化水素の酸化等の自然起源の他、化石燃料の燃焼、焼畑や森林火災等のバイオマス燃焼によるもの、そして薪等の生物燃料の燃焼によるものが含まれるが、排出統計や放出比等を用いたいわゆるボトムアップ型エミッションインベントリにはまだ50%もの不確実性があるといわれており、大気中濃度の測定データが無い洋上など空白域のデータが望まれている。本研究における洋上での連続測定で、オゾンの温室効果影響や一酸化炭素のインベントリの精度向上に資することを目的とする。

（3）洋上大気HFC,PFC,SF₆の緯度分布と南北半球濃度差の要因

京都議定書で新たな温暖化ガスとされた代替フロン類であるHFC（水素化フッ化炭素）、PFC（フッ化炭素）、SF₆（6フッ化硫黄）の大気中濃度の緯度分布と濃度の経年増加傾向把握を行い、人為的放出量の推定、発生源インベントリの合理性の検証を行う。これら反応性に乏しい微量温室効果ガスの場合、両半球にわたる南北濃度差からは、南北半球間大気交換の情報が得られ、二酸化炭素などの温室効果ガスの発生・消滅過程をモデル化する研究にも寄与する。

3. 研究方法

（1）洋上大気メタン・亜酸化窒素の緯度分布とアジア発生源の影響

大気サンプリングは、ステンレス製のボトルに除湿した海洋大気をポンプで加圧採取して行っている。ポンプには、メタルベローズポンプ（メタルベローズ社）を使用している。サンプリング位置の例は図1に示した。

日本-オセアニア路線でサンプリングに協力を頂いた定期貨物船は、以下の通りである。

2002年 MOL Golden Wattle (MOL:商船三井所属)、MOL Glory (MOL)

2003年 MOL Glory (MOL)、Fujitrans World (フジトランスコーポレーション所属)

2004年 Fujitrans World (フジトランスコーポレーション所属)

2005年 Transfuture 5 (トヨフジ海運所属)

2005年には、新たにサンプリングラインとサンプリング装置の移設を Transfuture 5 に行った。また、北太平洋東西航路では、従来から Pyxis (トヨフジ海運) に協力をお願いし、大気サンプリングを定期的に行ってきた。2005年からは加えて日加航路の Skaubryn (Seaboard International Shipping Co. Ltd 所属) に協力を頂き、北半球高緯度の観測範囲を拡大した。

分析は、GC-FIDでメタンの分析を、またGC-ECDで亜酸化窒素の分析を行った。いずれも、国立環境研究所で維持している標準シリーズを基準としてスケールを合わせて分析値を整理した。

（2）洋上大気オゾン・一酸化炭素の緯度分布と濃度決定要因

2005年度に、これまで測定が継続されている紫外吸収法によるオゾン測定に加えて、非分散赤外線式ガス相関法の原理に基づく一酸化炭素連続測定装置（日本サーモエレクトロン社製、Model 48C）を導入した。本装置は測定範囲が広く振動や汚れに強いので、船舶に特有な振動や揺れなどの影響を比較的受けにくい頑強な装置である。2005年11月に船舶（Transfuture 5）の測定室に設置し、以降日本-オーストラリア-ニュージーランド間の航海において無人下、連続運転を

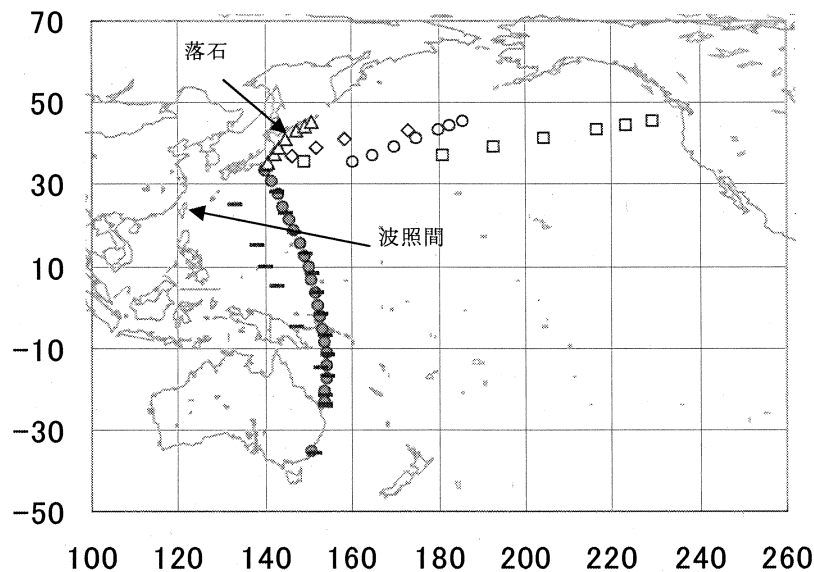


図1 太平洋航路で実施している大気サンプリング地点の例

行った。船舶の測定室における装置の写真を図2と図3に示す。測定器本体、除湿ユニット、スパン・ゼロ校正が自動で可能なコントロールユニット、校正・パージガスの4部から構成される。試料大気の採取にはオイルフリーとなるようダイヤフラムポンプを用いている。絶対値を決定する標準ガスは、国立環境研究所が有する標準ガスによって事前に比較されたエアバラン（空気希釈されたもの）の標準ガス（1.0 ppmv, ジャパンファインプロダクツ社製）を用い、測定中は一時間に一度、大気中一酸化炭素を除去する触媒に通して得られるゼロエアが測定され、装置のゼロ点ドリフトの影響がキャンセルされるとともに、2日間に一度、標準ガスが測定され、装置のスパン（検出感度）が補正された。装置は良好に動作し、南北両半球にわたる幅広い緯度帯における連続データが得られた。

図4に、つくばの実験室におけるテスト測定の結果を示す。一酸化炭素を含まない乾燥空気（ゼロエア）および窒素、400 ppbvの濃度の一酸化炭素を含んだ標準ガス、の三種類のサンプル測定結果である。空気と窒素の測定から、装置の応答性が異なることが分かる。これは、実大気の濃度校正には窒素希釈の標準ガスではなく、空気希釈の標準ガスを用いる必要性を示している。また、ゼロエア測定の際のばらつきは20分平均で6 ppbv（1x標準偏差）であり、ここから3x標準偏差で定義される検出下限は18 ppbvと求められた。この値は真空紫外共鳴蛍光法等の高感度測定器には劣るものの、清浄な洋上大気中の一酸化炭素濃度（通常、30 ppbv以上）を十分に定量可能であることが示された。

（3）洋上大気HFC, PFC, SF₆の緯度分布と南北半球濃度差の要因

これらのガスの大気濃度測定試料空気は、2005年9月までは、定期貨物船Fujitrans Worldの航路上、北緯30度から南緯20度間の8点で、ブリッジウイングで外気を真空排気した6 Lシリコキニスターを手動解放することで、大気圧採取した。同年11月以降は、定期貨物船Transfuture 5の航路上、北緯30度から南緯30度間の7点（10度間隔）において、ブリッジ上コンパスデッキ

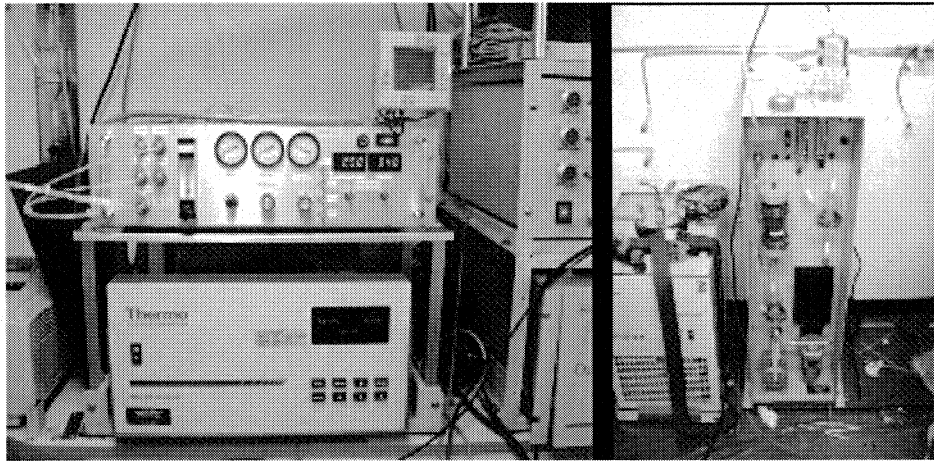


図2 (左) 一酸化炭素連続測定器 (下) とコントロールユニット (上) (右) 除湿ユニット



図3 (左) 標準ガス(後方1本)とパージガス(手前3本),
(右) サンプルライン中に設けられたフィルター

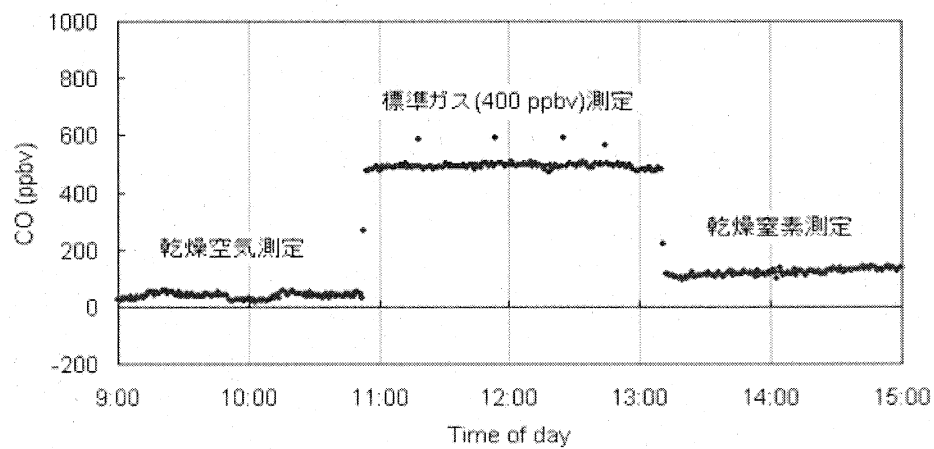


図4 実験室における乾燥空気・乾燥窒素・標準ガスの一酸化炭素濃度測定結果

から外気を室内に取り込み、3Lの複合電解研磨（ECB）キャニスターに自動加圧採取した。採取装置の様子はメタン等の測定に利用しているものと同じである。これらを国立環境研究所に持ち帰り、大気濃縮／ガスクロマトグラフ・質量分析（GC/MS）を用いて、ハロカーボン類の分析を行った。低温濃縮装置（Entech 7000）を用いた低中沸点成分¹⁾の測定を行うと共に、加圧サンプルについては、国立環境研究所で開発した全自動低温濃縮装置（HAT-1）²⁾を用いて、極低沸点成分（HFC-23等）を含むハロカーボン測定を行った。個々成分濃度のキャリブレーションには重量比混合法で調製された100~500pptレベルの標準ガス（太陽東洋酸素(株)製）を用いた。

4. 結果・考察

（1）洋上大気メタン・亜酸化窒素の緯度分布とアジア発生源の影響

これまで、定期貨物船を用いた西部太平洋上のボトルサンプリングを行ってきた。これを10度毎に平均化して緯度平均を作成した。これに、三角関数を1年、0.5年、0.25年、0.125年周期での重なりで季節変化をフィッティングして、さらにトレンドをスプラインスムージングによって（自由度8）求めた。今あるデータを用いてスムージングした緯度別トレンドを3次元表示で示したのが図5である。メタンは2000年まで大気濃度増加が続いてきたが、ここ数年来、増加が止まる傾向にある。依然として南北の濃度差は大きく、北半球高緯度での濃度の高まりが見られる。これは、陸域における湿地などの発生源が高緯度に多く、また、水田、家畜、石炭や天然ガス採掘などの発生源が北半球に偏在していることが関係している。このような緯度分布は、ここ10年でまだそれほど変化していないように見えるが、メタンの滞留時間を考えると、発生量の変化に合わせて濃度分布の大きさも徐々に変化すると考えられるので、今後の観測は重要である。

トレンドを詳しく解析するために、その変化率を計算して示したものが図6である。本観測では、2001年からのトレンドとして南緯5度以南で減少傾向が見られた。また赤道域から北緯35度まででは、2004年までは緩やかな増加がみられたが、その後減少に転じている。2002年-2003年の北半球低緯度と高緯度の増加は、この時期の二酸化炭素の増加速度の増加と同期しており、北半球の陸域の温度上昇などが引き金になって、高緯度のメタンの発生量が応答している可能性が高い。二酸化炭素の上昇パターンは、赤道を越えて南半球まで応答するのに比べ、メタンの応答は南半球側では小さく、この時期に減少傾向が続いている。これは、発生源との関係が濃度変動にわずかに影響しているものと考えられる。解析段階で2007年のデータはまだ少なく、2007年に向けての増加傾向はまだ確定的ではない。

このように、メタン発生量の全体としての大きな増加はなくなってきたことが、グローバルに見てよくわかる状況になってきた。細かな濃度変動を解析することで、増加の変化パターンが陸域の低緯度や高緯度に現れていることがわかってきたことから、アジアなどを含む陸域の気温上昇パターンもしくは森林火災の規模なども、メタン発生量の地域的な変化を作り出す要因であることが推定される。

亜酸化窒素濃度は最近も依然として増加の傾向を示している。緯度別のトレンドを3次元表示で示したものが図7である。平均の増加速度は0.7ppb/年であった。平均的に北半球で濃度が高いが、赤道以南で濃度が下がる傾向がある。この期間の増加速度の緯度別の時系列をコンタに示した。全体的にプラスの値を持っているが、1997年と2000年、2003-2004年に増加率の高い緯度帯が見られる。これらは、二酸化炭素と異なるパターンであり、二酸化炭素の増加がみられた

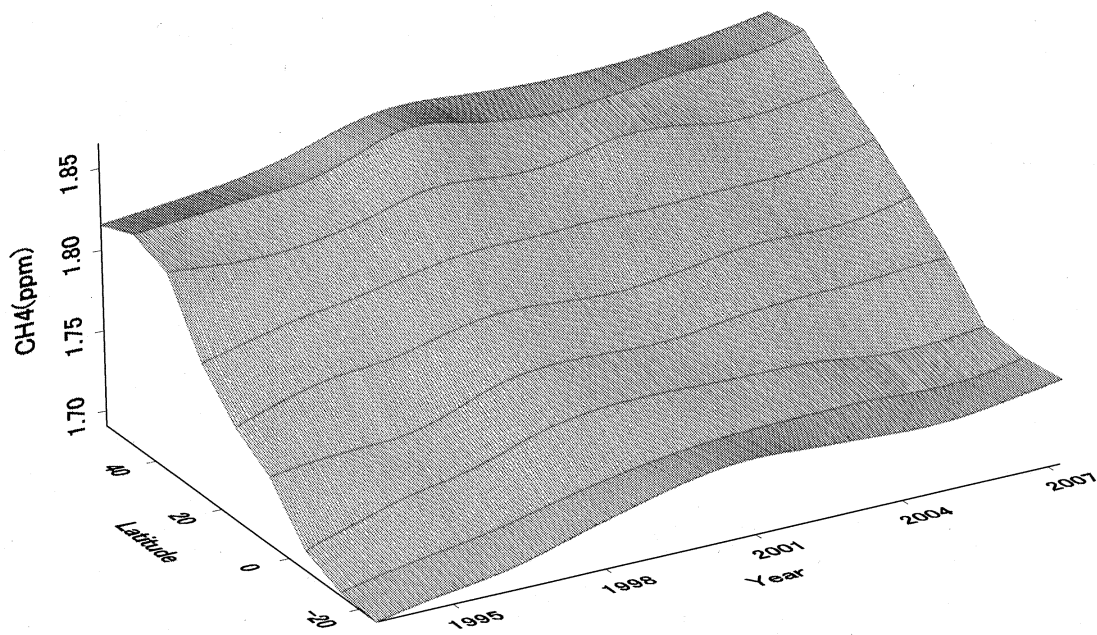


図5 西部太平洋域における大気メタン濃度の平均的な緯度分布と変化トレンド

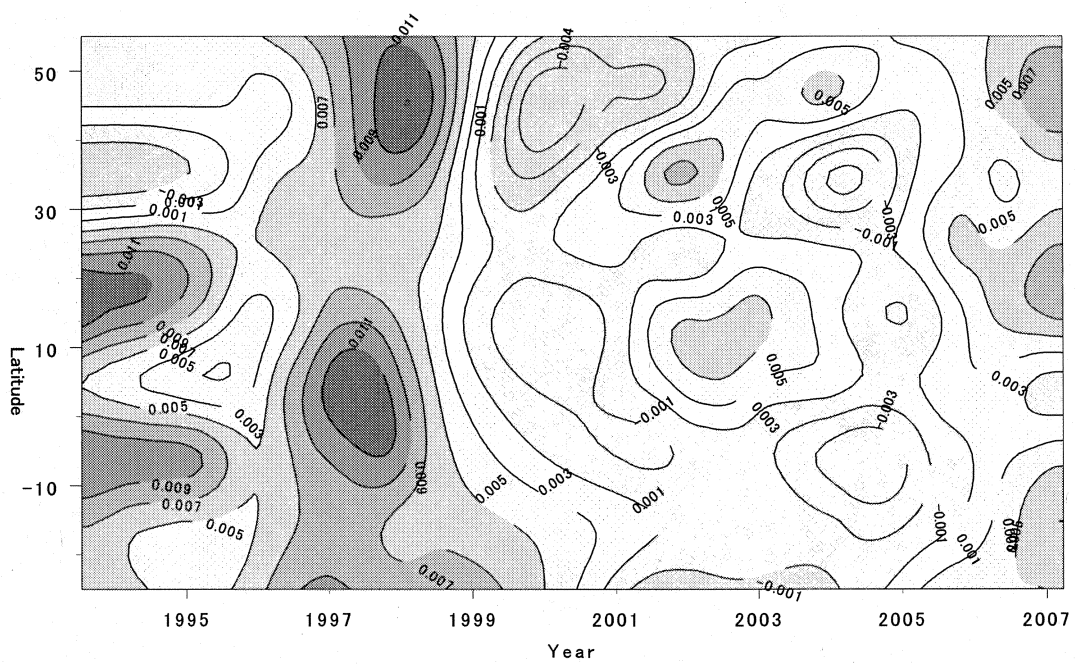


図6 西部太平洋域における大気メタン濃度の増加率緯度分布 (ppm/年)

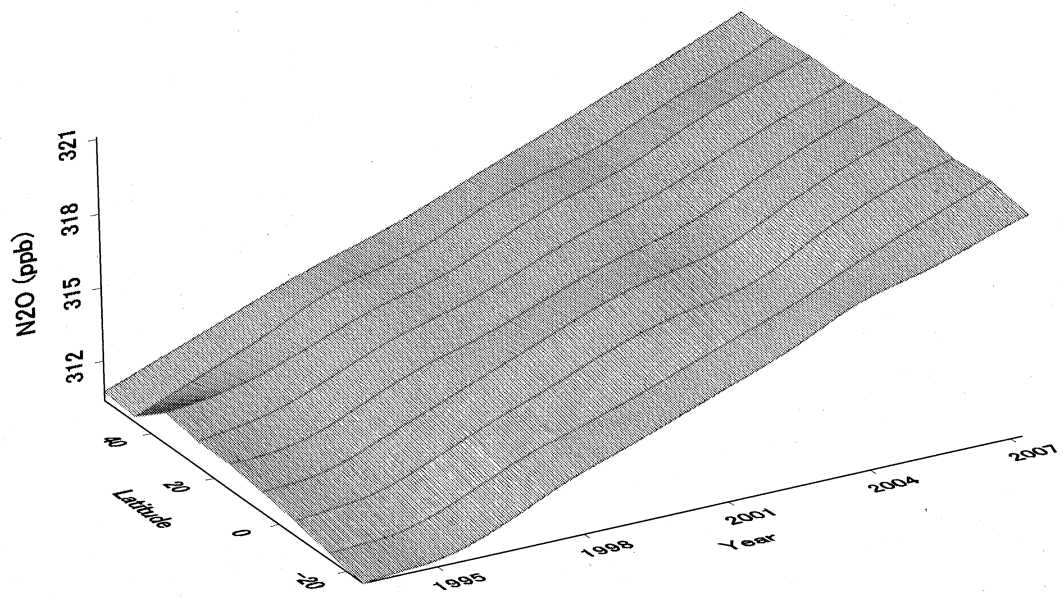


図 7 西部太平洋域における大気亜酸化窒素濃度の平均的な緯度分布と変化トレンド

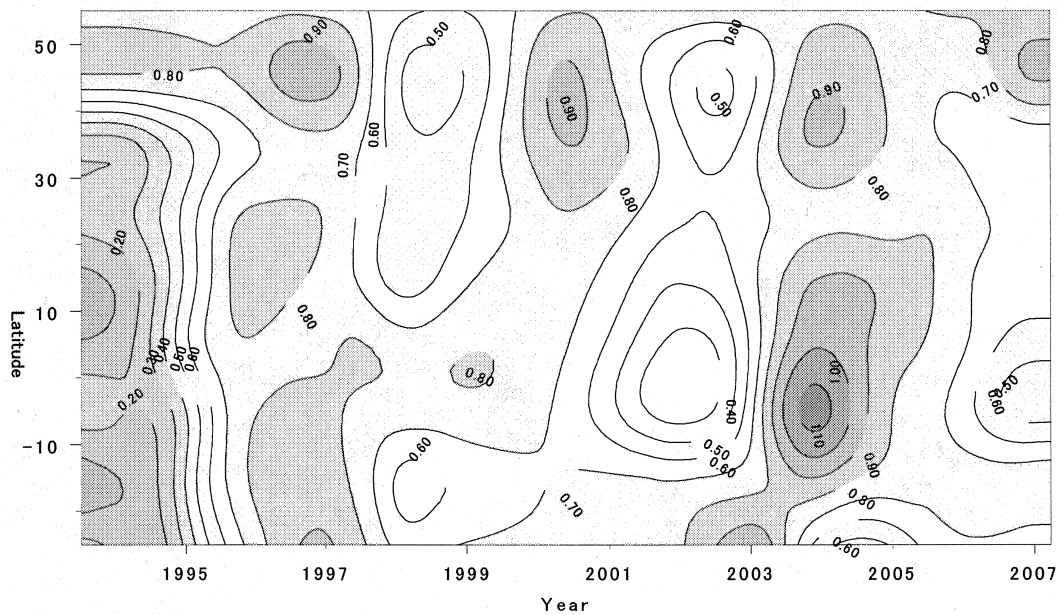


図 8 西部太平洋域における大気亜酸化窒素濃度の増加率緯度分布 (ppb/年)

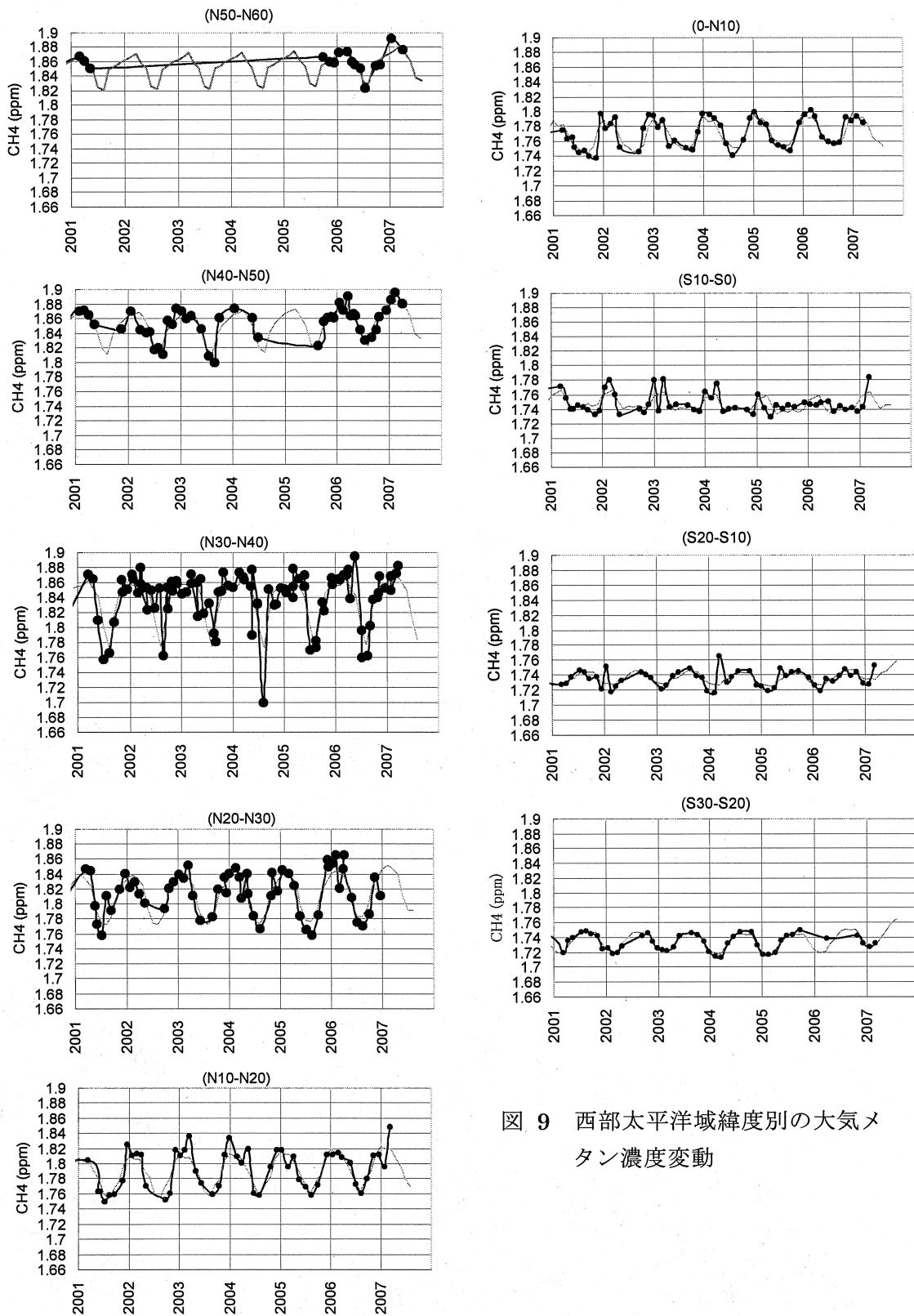


図 9 西部太平洋緯度別の大気メタン濃度変動

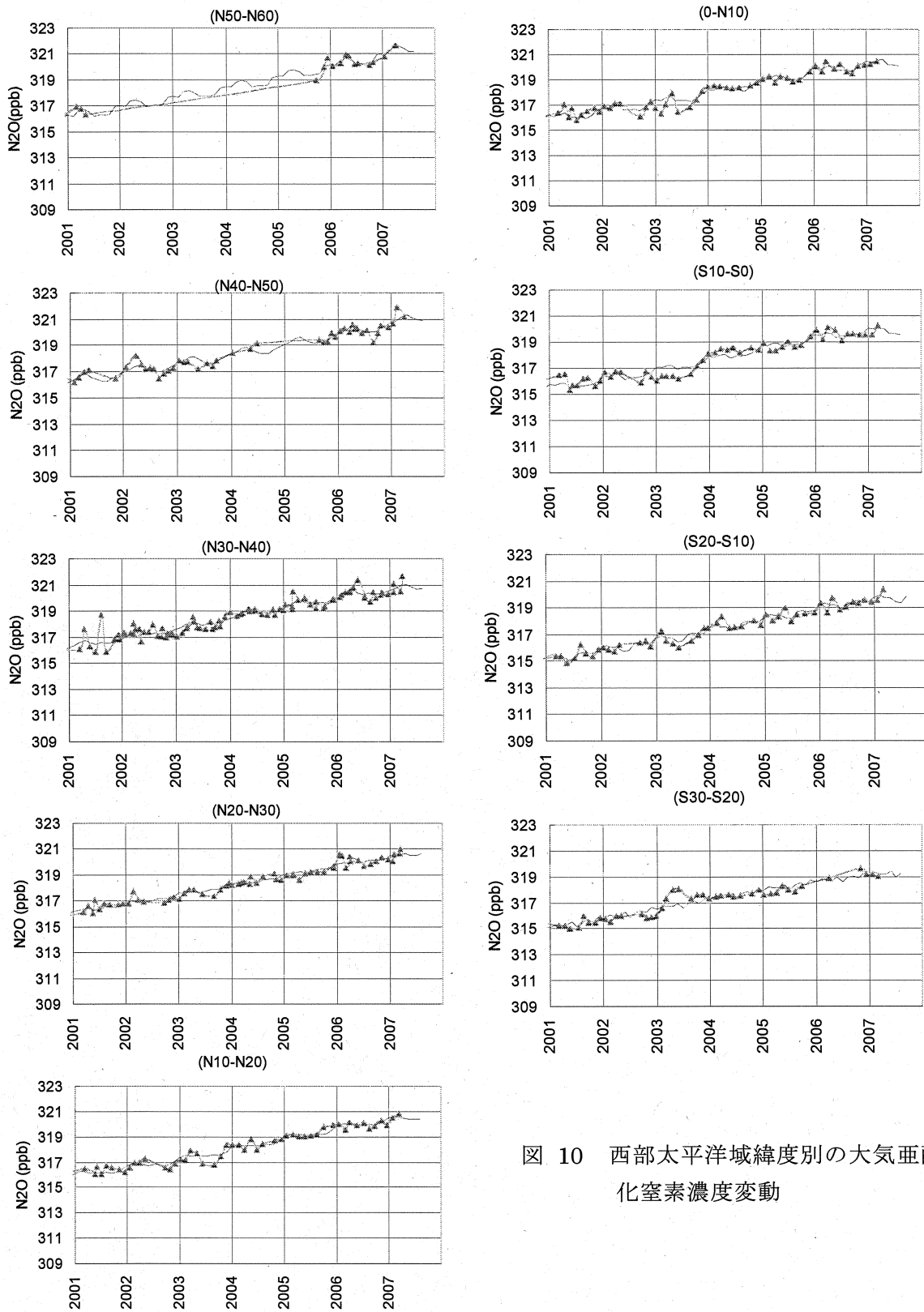


図 10 西部太平洋緯度別の大気亜酸化窒素濃度変動

直後か、直前かのどちらかに対応している。例えば2002-2003年に多くの緯度帯で二酸化炭素の増加が大きいことが観測されているが、亜酸化窒素の場合は、その直後の2003年-2004年に増加のピークが見られる。ここでの観測では、赤道から南緯10度のあたりにそのピークがあるように見える。一方、2000年は二酸化炭素濃度増加が通常どおりかそれ以下であったが、亜酸化窒素には、北半球高緯度帯に濃度増加が大きいところが見られる。このような変動は自然起源の亜酸化窒素の発生量が、気象の変動に応じて応答しているように見える。しかし、特に発生量が大きいとされる海洋からの放出量は、エルニーニョやラニーニャ現象によって変化すると考えられるが、ここでは、1998年の大きなエルニーニョのあとの大きなラニーニャ時での増加がそれほどでもないことが観測された。一方、2003-2004年の増加は、全部の緯度帯にわたっており、その変化規模が大きいことがうかがわれる。

いろいろな消失過程を合わせて亜酸化窒素の実質の滞留時間が100年程度と考えられていることから、ここでの観測結果から自然と人為起源をあわせて年間17Tg-N程度の発生源があると考えられる。ここで観測される増加率が0.4ppbから1.1ppbまでの±40%程度の大きな変動として見える場合でも、発生/吸収量の変化としては年間2-5Tg-Nとなり、変化率は10-30%と計算される。もし人為起源の亜酸化窒素の発生が全体の20%程度しかないとする、その変動が50%の大きさぐらいにならない限り、観測されるような変化を起こすのは不可能である。したがって、このような観測で見られる大きな変動パターンは、大気の大循環過程の変化による影響や、気象により自然起源亜酸化窒素発生量の変化が起こっていることに起因していると考えられる。しかし、このような亜酸化窒素の変動パターンが、どのような機構によってもたらされるのかを推定することは、大気の観測からではまだ難しく、今後詳しいモデル解析などの手法を用いる必要があると考えられた。

(2) メタン、亜酸化窒素の季節変化パターン

これまでに観測されたメタンと亜酸化窒素の季節変化パターンを抽出して、2005年の代表的な濃度として表して図11、12を作成した。メタンの濃度の季節変化をみると、南緯10度を境として、南緯10-赤道と南緯20-10度帯は季節変動が鏡像になっており、6月から9月までこの両緯度帯ではほとんど同じ濃度になることがわかる。夏季は北半球のOHによる分解が進むため6月後半を最低値とする季節変化が見られる。しかも、その振幅の大きさは25-35度帯で大きい。35度帯は、日本近辺であり、夏の季節風により一瞬25度帯の値に近い値となっていることが観測される。メタンの発生量は通常夏季に高いので、この季節変化にその部分が含まれているはずであるが、消滅量の寄与の方が大きく、季節変化的には夏季に最小をもつことになっている。赤道域は、OHラジカルの発生と関係する太陽光の強さはむしろ3月、9月に強いはずであるが、そのような季節変動は見られず、移流の影響が大きいと考えられる。

亜酸化窒素の多くは成層圏での光分解が主な消滅過程であるが、その寿命が長いことため季節変化を引き起こす原因としては、成層圏との空気の交換などが考えられている。亜酸化窒素の季節変化は非常に小さいが、北半球では4月をピークとして9月まで減少し、その後増加するという変化を示している。高緯度帯は、夏季は中緯度帯より濃度が低くなる傾向がある。これは、高緯度帯において夏季に成層圏と対流圏との交換が大きいことを意味していると考えられる。中緯度帯では、その交換量がやや少ないことや、人為的亜酸化窒素の発生源が集中していること、土壌か

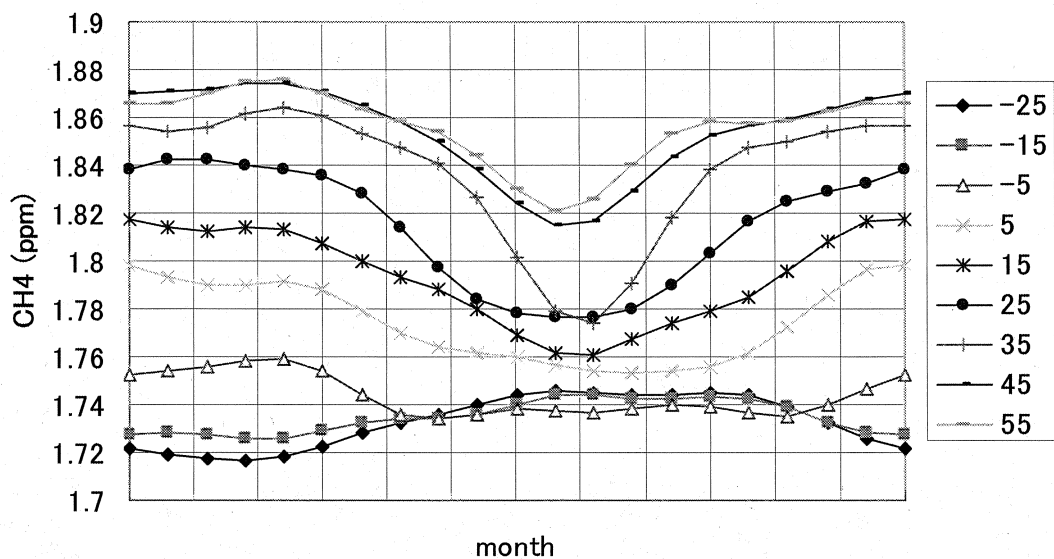


図 11 西部太平洋域の大気メタン濃度の 2005 年を代表値とした季節変化

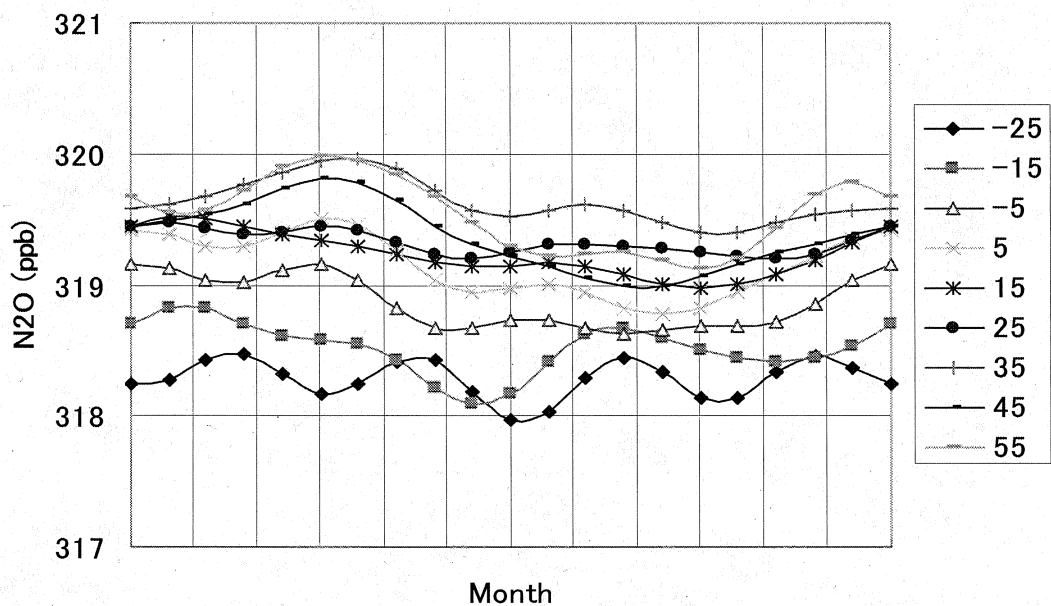


図 12 西部太平洋域の亜酸化窒素の 2005 年を代表値とした季節変化

らの発生量が夏季に増加することなども影響していると考えられる。また赤道に近い北緯 5 度あたりの緯度帯は北緯 15 度帯と大差ない濃度になっており、熱帯の発生源を裏付けている。南半球の季節変化をみると、一定のきれいな変化はあまり観測されず、複雑な過程の組み合わせが現れていると考えられた。

(3) 洋上大気オゾン・一酸化炭素の緯度分布と濃度決定要因

2005年11月、これまで測定を継続しているオゾンに加えて、一酸化炭素の連続測定器を船舶(Transfuture 5)の測定室に設置した。その結果、2005年11-12月、2006年1-2月、2006年4-5月の3航海において、日本-オーストラリア-ニュージーランド間の南北両半球にわたる幅広い緯度帯においてオゾンと一酸化炭素の同時連続データを取得できた。その結果を航海ごとに得られたオゾン・一酸化炭素の南北濃度プロファイルとして、2005年度の報告書で示した。2006年度は、全ての航海において、日本-オーストラリア-ニュージーランド間の南北両半球にわたる幅広い緯度帯において、オゾンと一酸化炭素の同時連続データの取得に成功した(図13)。

Year	2004											
Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
日本⇄オーストラリア	9		10	11	12	13			15	16	17	
タスマン海		9	10	11	12	13			15	16	17	
ニュージーランド⇄日本		9	10	11	12	13			15	16	17	
Year	2005											
Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
日本⇄オーストラリア		18	19	20	21	22					1	2
タスマン海		18	19	20	21	22					1	2
ニュージーランド⇄日本	17	18	19	20	21	22					1	2
Year	2006											
Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
日本⇄オーストラリア		3		5	6	7	8		9	10		
タスマン海		3		5	6	7	8		9	10		
ニュージーランド⇄日本	2	3		5	6	7	8		9			

図13 西部太平洋航路でオゾン、一酸化炭素を測定できた航海一覧

そのうち、2006年4-5月、2006年7-8月、2006年10-11月の3航海で得られたデータを、航海ごとの南北濃度プロファイルとして、それぞれ図14(2006年4-5月)、図15(2006年7-8月)、図16(2006年10-11月)に示す。図では、名古屋-オーストラリア間(西部太平洋、往路)、オーストラリア-ニュージーランド間(タスマン海)、ニュージーランド-大阪(西部太平洋、復路)の濃度プロファイルを並べて示している。

3航海は、春季、夏季、秋季の別々の季節に行われ、異なる南北プロファイルを示すことが分かる。図14から、春季の北半球においては、中緯度においてオゾン濃度が60 ppbvにも増大している様子が見て取れる。熱帯域では約10 ppbvにまで濃度が低下するが、南半球中緯度帯では再び20-30 ppbv程度まで濃度が増加する。一酸化炭素も、北半球では同様に200-400 ppbbにも上る濃度増大を示す。北半球の春季には、オゾン濃度が極大となる現象が古くから知られており、その要因については未だ議論がなされているところであるが、ここでも同様な傾向が観測された。

亜熱帯域から中緯度帯になるにつれて、濃度が急増しているが、この濃度ジャンプの場所については航海によって異なっており、オゾン前駆体の大規模発生源であるアジア地域での総観規模輸送の影響の受け方に大きく依存するものと考えられる。一方、南半球においては、亜熱帯から中緯度に移るにつれて濃度が徐々に増大しているが、これは、南半球には発生源が少なく、濃度の変動と分布が非常に緩やかであることを示唆している。

図15から、北半球の夏季ではオゾン、一酸化炭素濃度ともに比較的低濃度となっており、オゾンは20-30 ppbv、一酸化炭素は<100 ppbvの濃度範囲にある。一方、南半球におけるオゾン濃度

は北半球よりも高い傾向にあり、30-40 ppbvの範囲にある。しかしながら、南半球の一酸化炭素については、オゾンに見られるような南半球の方が北半球よりも高い勾配を示さないことが明らかになった。図16からは、秋季には春季と同様な傾向が見てとれるが、この年は赤道付近で一酸化炭素濃度が300 ppbvにも及ぶデータが観測された。2005年の観測では、赤道付近ではほとんど濃度が変わらないことが分かっているため、これは2006年に特異的な現象であると考えることができる。

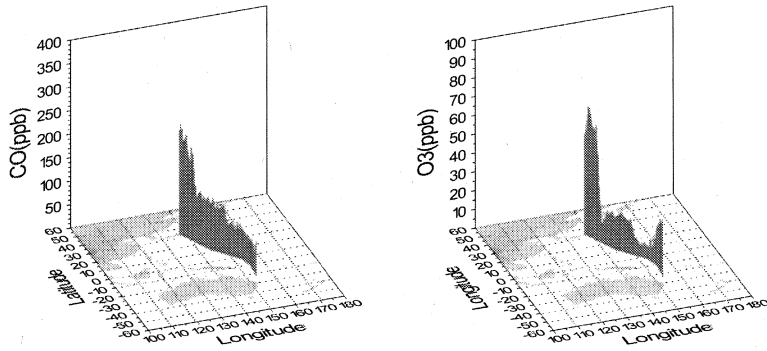


図14-a 2006年4-5月の航海におけるオゾン・一酸化炭素の緯度分布(西部太平洋・往路)

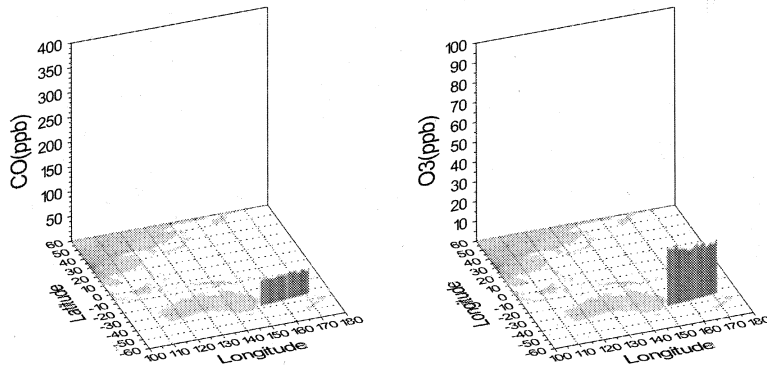


図14-b 2006年4-5月の航海におけるオゾン・一酸化炭素の緯度分布(タスマン海)

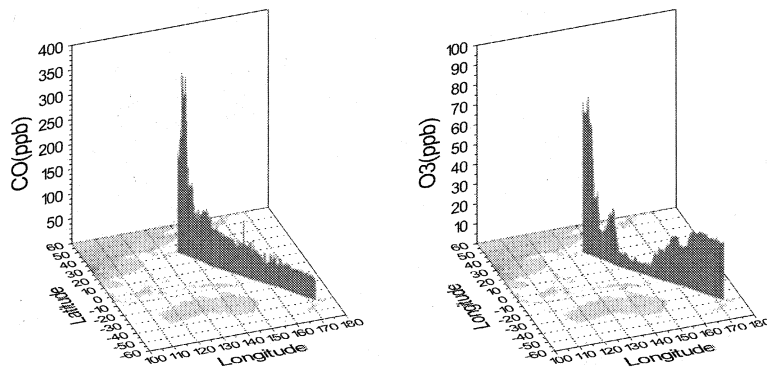


図14-c 2006年4-5月の航海におけるオゾン・一酸化炭素の緯度分布(西部太平洋・復路)

また、緯度分布を詳細に見ると、北半球ではオゾンと一酸化炭素に同様の濃度変化傾向が見られるのに対して、南半球では、オゾンと一酸化炭素の濃度変動の傾向は必ずしも一致しない。すなわち、北半球では、一酸化炭素の濃度増加に伴ってオゾン濃度も全体的に増加しているし、変動の微細構造もよく対応しているが、南半球では一酸化炭素濃度はほぼ一定であるけれどもオゾン濃度が増加している傾向がしばしば観測された。北半球において、オゾンと一酸化炭素が非常に良い正相関を示していることは、定性的には、人為起源のような燃焼起源の前駆物質からオゾ

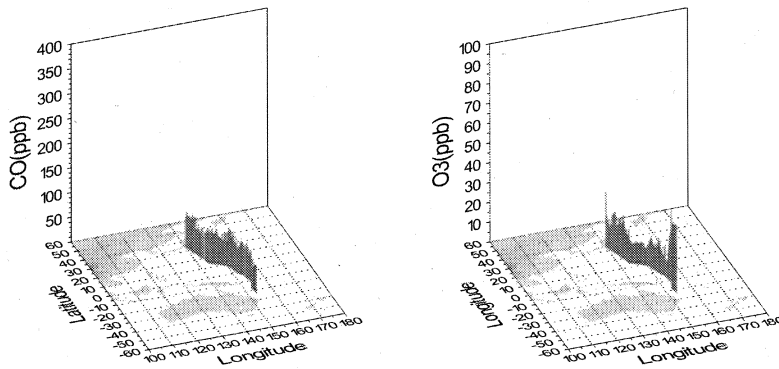


図15-a 2006年7-8月の航海におけるオゾン・一酸化炭素の緯度分布(西部太平洋・往路)

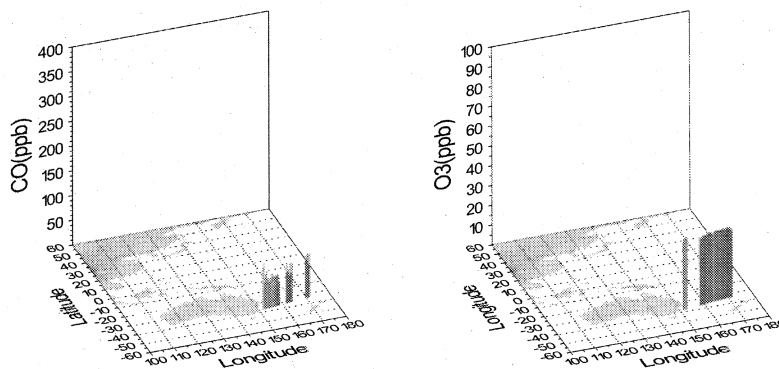


図15-b 2006年7-8月の航海におけるオゾン・一酸化炭素の緯度分布(タスマン海)

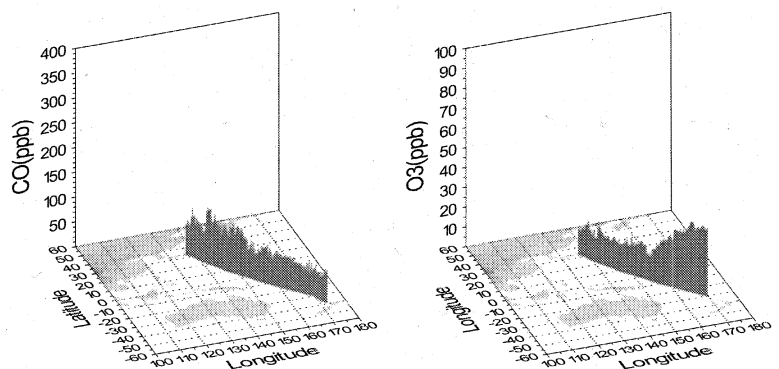


図15-c 2006年7-8月の航海におけるオゾン・一酸化炭素の緯度分布(西部太平洋・復路)

ンが生成していることを示唆する結果である。一方、南半球で観測されたオゾンの濃度増大は、このような燃焼起源の影響ではない他の起源によるものであるということを示唆している。

図17に、3航海におけるバックトラジェクトリー（後方流跡線）を示す。5日間のバックトラジェクトリー計算を航路に沿って、5度ずつの緯度帯において行ったところ、北半球中緯度においては、日本を含むアジア大陸を通過してくる空気塊の経路が示唆され、大陸性気塊の影響を大きく受けてオゾンや一酸化炭素濃度が増大していることが示唆された。南北両半球の亜熱帯域と

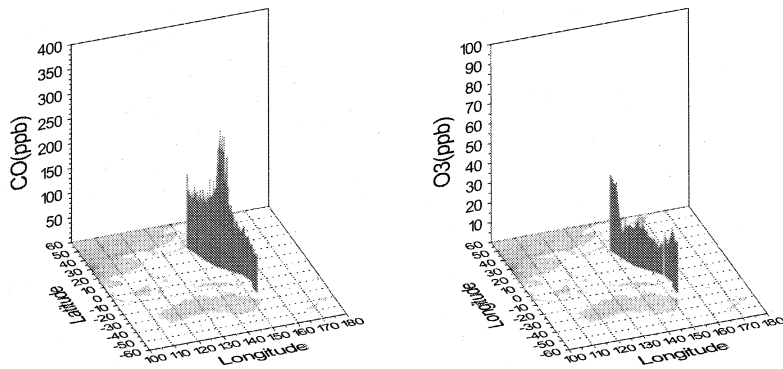


図16-a 2006年10-11月の航海におけるオゾン・一酸化炭素の緯度分布（西部太平洋・往路）

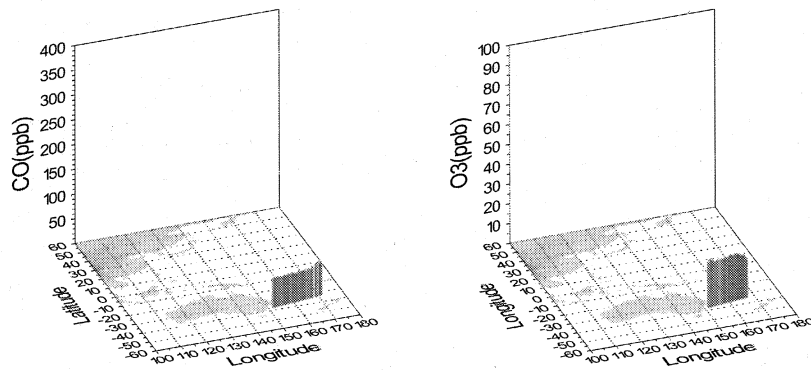


図16-b 2006年10-11月の航海におけるオゾン・一酸化炭素の緯度分布（タスマン海）

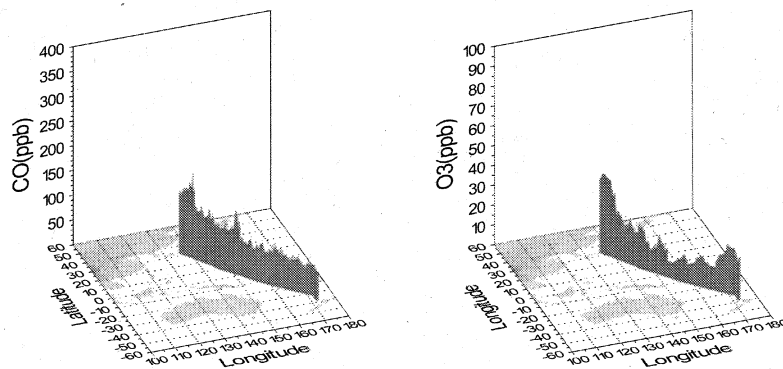


図16-c 2006年10-11月の航海におけるオゾン・一酸化炭素の緯度分布（西部太平洋・復路）

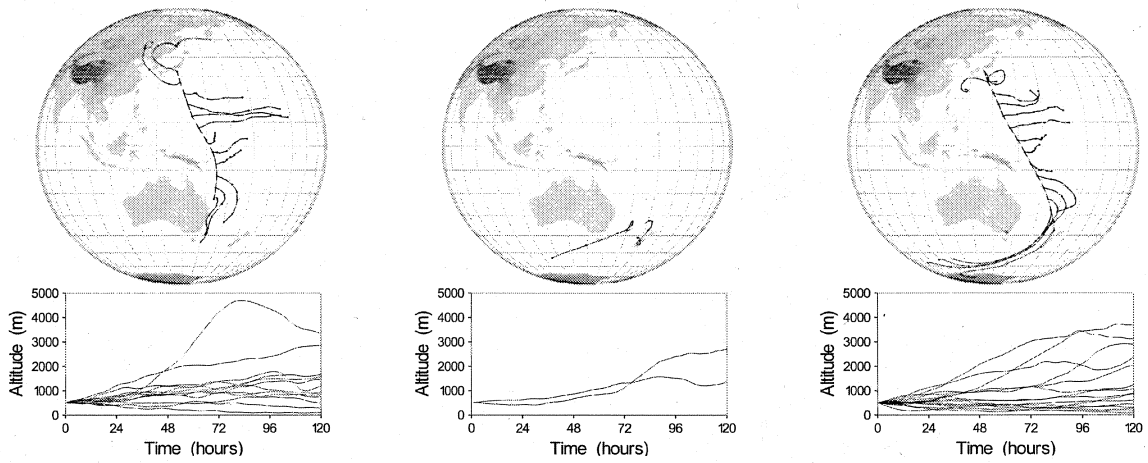


図 17-a 西部太平洋航路大気観測時（2006年4-5月）における大気流跡線解析結果

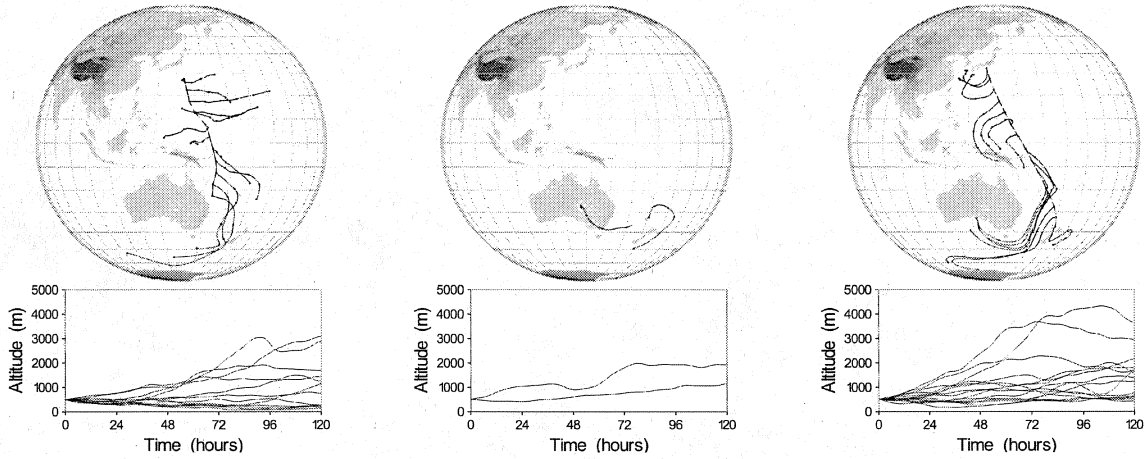


図 17-b 西部太平洋航路大気観測時（2006年7-8月）における大気流跡線解析結果

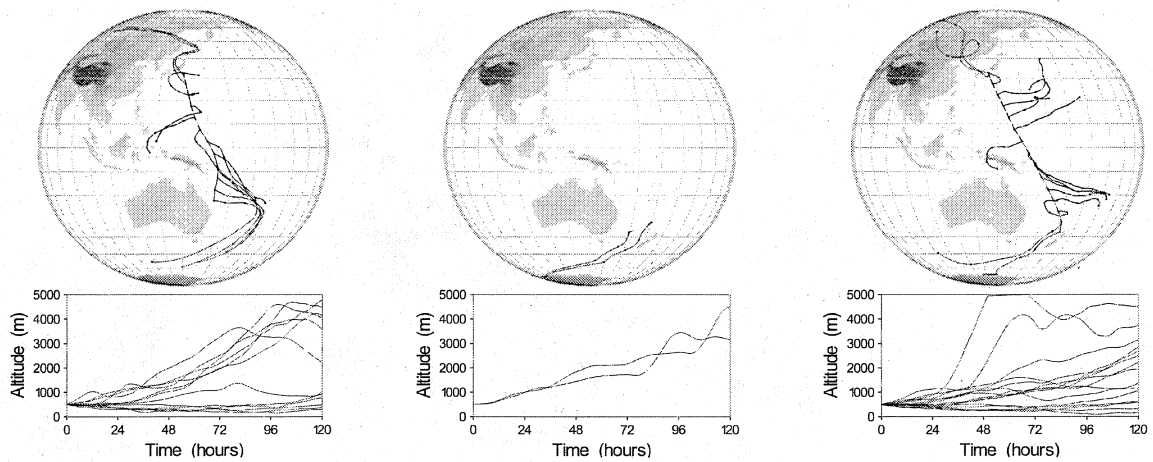


図 17-c 西部太平洋航路大気観測時（2006年10-11月）における大気流跡線解析結果

熱帯域の、いわゆる貿易風帯においては、過去数日間は陸域を通過していない清浄なエアマス（気塊）が到達していたことが分かった。一方、南半球中緯度帯においては、南極大陸付近の高度4000m以上のエアマスがしばしば到達していたことが分かった。これは、南半球で一酸化炭素濃度が比較的一様であるのに対してオゾン濃度が増加するような変動と矛盾しない。すなわち、オゾン濃度の増加が、一酸化炭素の発生源がない下部成層圏もしくは上部対流圏からのオゾンの沈降である可能性を示唆している。また、2006年10月には、熱帯域で東南アジアから到達する空気塊の影響を受けており、この時期にエルニーニョ現象によって引き起こされたバイオマスバーニングによる一酸化炭素の放出イベントを観測したものと考えられる。

図18は、2006年10月7日に日本を出発し15日にオーストラリアに到着した航海における観測で得られたオゾンと一酸化炭素の緯度分布の詳細図である。まず、一酸化炭素の濃度変動を見ると、北半球と南半球では濃度レベルに差があることが分かる。具体的には、南半球が50-100 ppbvの濃度レベルであるのに対し、北半球では100-150 ppbvの濃度レベルである。これは、赤道付近にある熱帯収束帯（ITCZ）のために南北両半球間の物質移動・交換に時間がかかること、北半球と南半球では一酸化炭素の発生源強度が異なること、一酸化炭素の大気中寿命がせいぜい1-2ヶ月であることなどによる。一方、北緯0-10度近傍では、一酸化炭素濃度が北半球中緯度帯よりも増大し、その濃度は250-300 ppbvにも達していることが分かる。熱帯近傍の一酸化炭素の大きな発生源として挙げられるのは、バイオマスバーニングによるものが代表的であり、1997年のエ

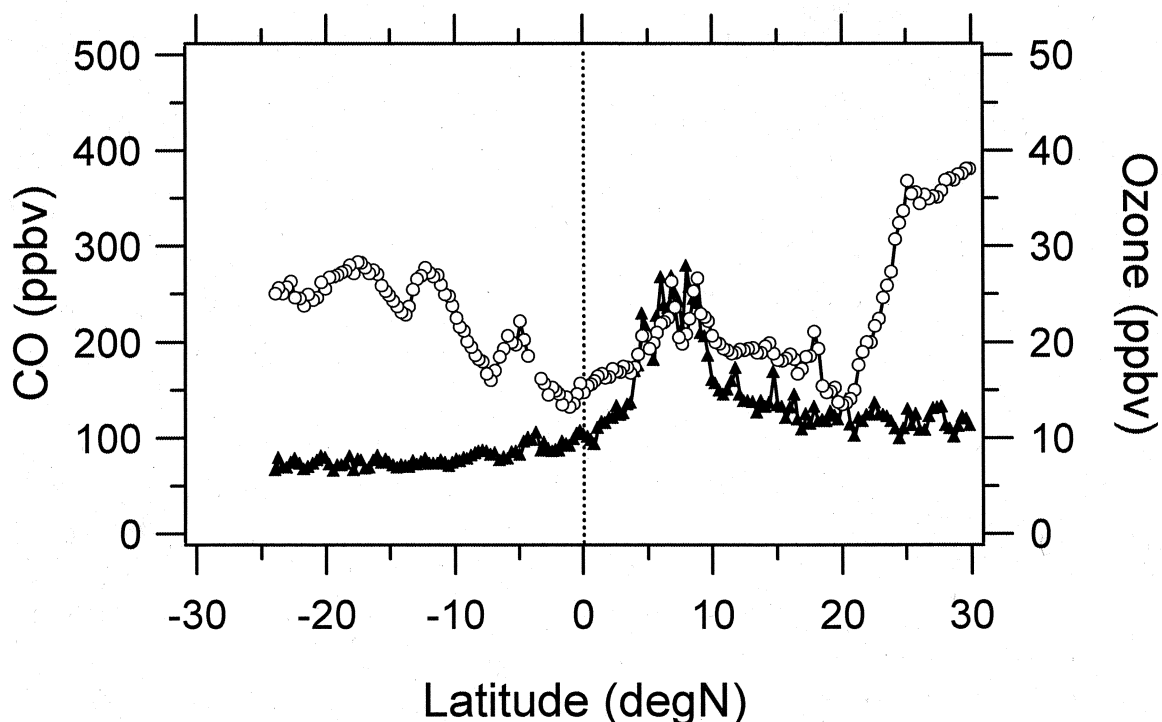
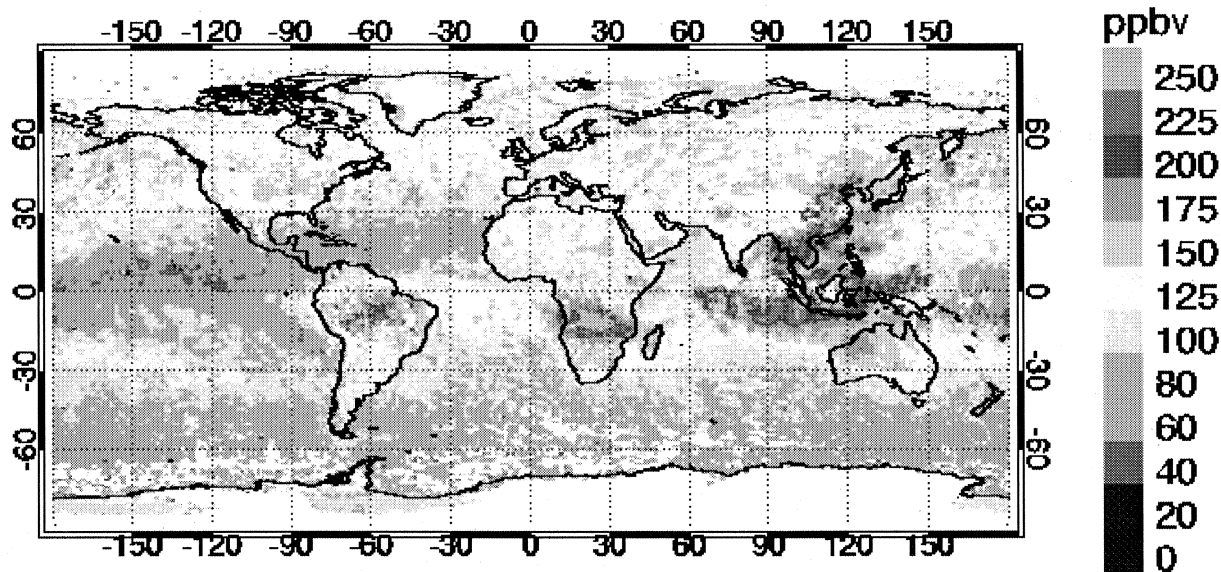


図18 2006年10月7日から15日にかけて Transfuture 5 の豪州向け航海で得た大気オゾン濃度 (○) と一酸化炭素濃度 (▲) の緯度分布

MOPITT CO (V3) 850hPa Oct 1-31, 2006



Gridded at 1x1deg from MOP02-200610??-L2V5.*.hdf (apriori fraction < 50%)

図 19 MOPITT 衛星センサーで宇宙から観測された 2006 年 10 月における一酸化炭素のグローバル分布。高度は 850hPa レベルである。

ルニーニョ時に起こった大規模なバイオマスバーニングによる一酸化炭素などの大気汚染物質濃度増大を考えると、今回も同様な現象が推測される。

図19は、NASAのEOS/Terra 人工衛星に搭載されている、MOPITT (Measurements Of Pollution In The Troposphere)によって捉えられた、2006年10月の850hPa高度レベルにおける一酸化炭素濃度の分布である。Transfuture 5の観測航路である日本-オーストラリアの間、北緯0-10度付近に、カリマンタン島付近のインドネシア半島一帯から高濃度一酸化炭素のプルームが東方向に広がっている様子が見てとれる。このプルームはTransfuture 5の観測航路（北緯0-10度を航行中の経度範囲で146-150度）にもかかっており、カリマンタン（ボルネオ）島付近の濃度レベルは、250 ppbv、Transfuture 5の航路付近では200 ppbv程度の濃度レベルを示している。船舶観測から得られた濃度は250-300 ppbvであるから、衛星センサーによる値は若干低い値を示すが、これは、船舶観測が1000hPaレベル、衛星観測が850hPaと、高度が異なることを反映しているのかもしれない。また、一般に地表面に発生源がある物質の濃度は上空に行くほど希釈されて下がる傾向にあることを考慮すれば矛盾する結果ではなく、船舶観測の方が衛星観測よりも高精度であるから、対流圏における化学成分を測定できる衛星センサーの中でも、比較的低高度領域の物質を測定できるMOPITTについては、今後、本観測が衛星データの検証等にも役立つ可能性がある。

図20は、2006年10月に得られたデータのうち、オゾンと一酸化炭素の相関図である。得られたデータを、北半球領域と南半球領域に分けてプロットすると、それぞれオゾンと一酸化炭素の相関関係は良い相関関係を示した。北半球においては、発生源が多様であることから空気塊のキャ

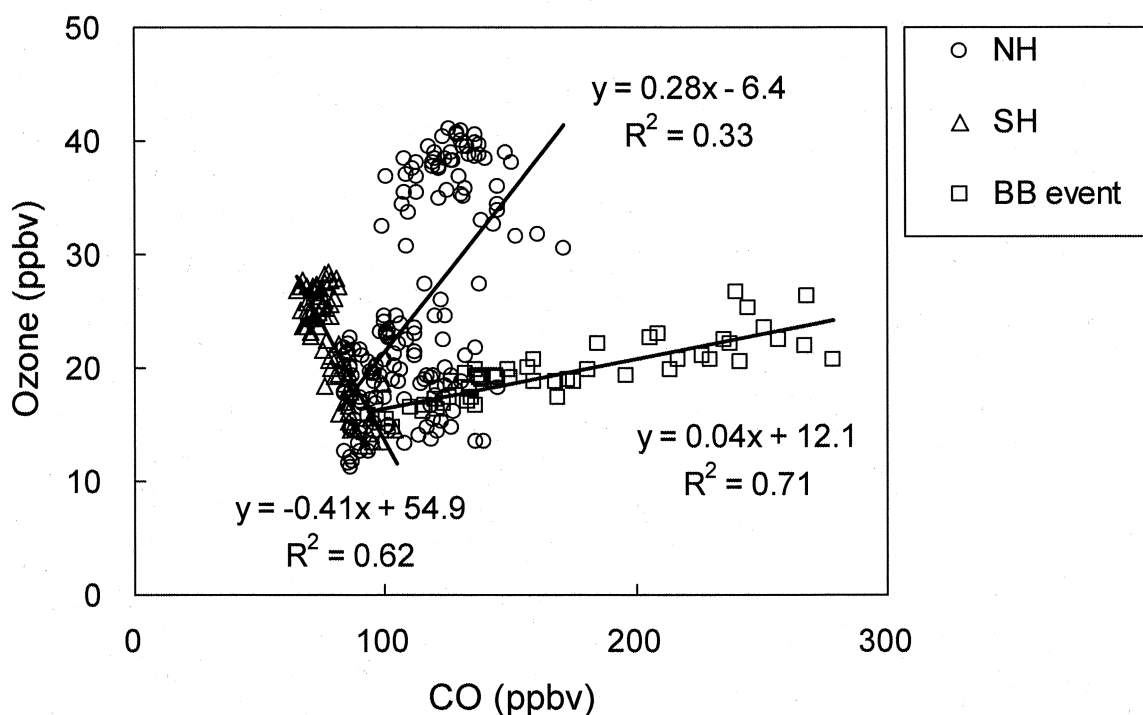


図20 2006年10月のTransfuture 5 豪州向け航海において観測された大気一酸化炭素濃度とオゾン濃度の相関

ラクタリゼーションが簡単ではなく、データがばらついているために相関係数が0.33と比較的低くなったが、南半球のデータにおいては、その相関係数が0.62となり、相関自体も非常にタイトなものとなった。両者の相関は明瞭に異なるばかりか、全く逆となった。先にも述べたように、これは、南半球におけるオゾンと一酸化炭素の起源の差異を示唆しているものと考えられるが、詳細には今後、他の成分とあわせた解析や3次元化学輸送モデルによる検討が必要である。ここで興味深いのは、一酸化炭素が増大していた北緯0-10度のデータである。これらは、オゾンと一酸化炭素の間に強いタイトな相関を示すが、オゾンの濃度増大はそれほど大きくない。逆に、一酸化炭素の増大がオゾンのそれよりも大きいというべきかもしれない。この原因としては、熱帯の海洋境界層内ではオゾンの寿命が中高緯度に比べて短く、生成したオゾンが保持されていないことが考えられるが、こちらも詳細は他のトレーサーとの比較やモデルによる検討が必要である。

図21に、2004年から2006年にかけて、本研究で得られたオゾンのデータを、これまでに得られているデータとあわせて2002年以降についてプロットした西部太平洋上におけるオゾンの南北勾配と経年変化の様子として示す。5年間にわたって、北半球ではオゾンの極大値が35-50 ppbv程度であることが分かる。一方、南半球では、フェーズが逆となり、秋季から冬季にかけて20-30 ppbvの極大値をとることが分かった。より興味深いのは、極大値が年によって異なることである。それは、おそらく、気候の変化（輸送経路や強度の年々による違い）や森林火災などのオゾン前駆物質の放出強度・位置の変化と対応しているものと推測され、年々の変動とその支配要因を明らかにするためにも、今後西部太平洋上における本モニタリングを継続するとともに、

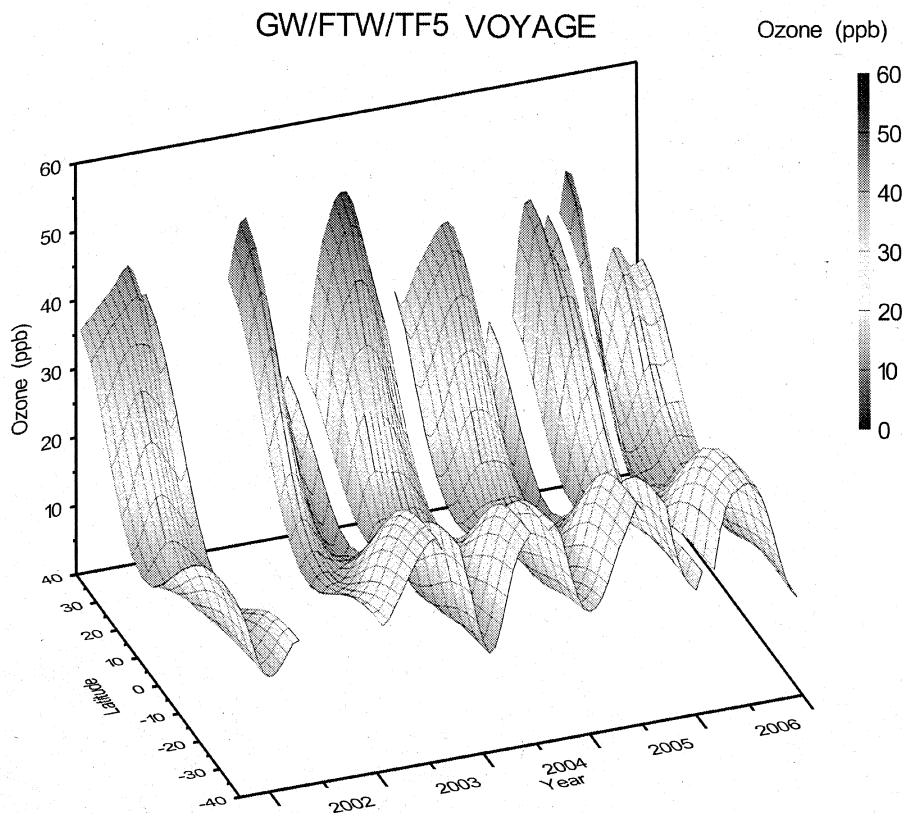


図 21 2002 年から 2006 年にかけて西部太平洋上で得られたオゾンの南北勾配と経年変化

東南アジア地域におけるこれら反応性気体とその前駆物質ならびにトレーサーの、空間的・時間的に密なモニタリングが重要である。

(4) 洋上大気HFC, PFC, SF₆の緯度分布と南北半球濃度差の要因

HFC-134a 等の低中沸点ハロカーボンについて、2005 年度新たに 7 航海分のデータが得られた。2005 年 11 月以降の 3 航海で採取した加圧サンプルについては、HAT-1 による測定もあわせて行った。しかし、2005 年 11/30~12/9 と 2006 年 1/8~1/19 に採取されたサンプルおよび 2004 年に試験的に行った 1 サンプルの HAT-1 分析では、サンプル中の二酸化炭素との分離が不十分であり、極低沸点成分の測定値が実際よりも僅かに低くなっていることが明らかとなった。この問題は、トラップの充填剤 (Carboxene1000) 含有量に対して、二酸化炭素等の追い出しのためのページ温度が低すぎたことによるもので、保温条件の変更によって解決された。2006 年 2/21~3/1 サンプルの測定以降、HFC-23、HFC-32、PFC-116、PFC-218 と SF₆についても信頼できる観測値が得られるようになった。

この多成分測定が可能になった 2006 年 2/21~3/1 の観測結果の一部を図 22 に示す。図 22(a) と (b) は、それぞれ CFC-114, CFC-115, SF₆, PFC-116, PFC-218 と、HFC-134a, HFC-23, HFC-32, HFC-152a, HCFC-22, HCFC-141b の緯度分布を示している。また、この航海中のサンプリング地点を図 23 に示す。図 22(a) の SF₆, PFC 類と CFC 類にはあまり南北差がないように見えるが、

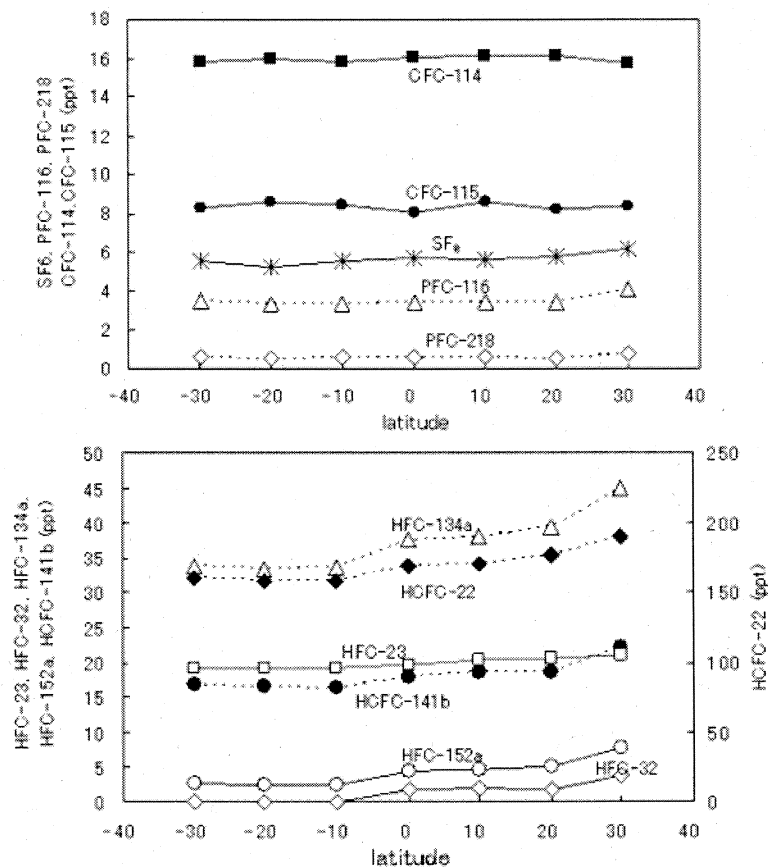


図 22 西部太平洋上ハロカーボン濃度の緯度分布 (2006 年 2 月 21 日～3 月 1 日)
 (上) CFC-114, CFC-115, SF₆, PFC-116, PFC-218
 (下) HFC-134a, HFC-23, HFC-32, HFC-152a, HCFC-22, HCFC-141b

北半球 3 点と南半球 3 点の平均濃度差を見てみると、CFC 類は 1～2 %、PFC-116 と SF₆ は 5～6 % 北半球濃度が高くなっている。一方、HFC 類と HCFC 類については、さらに大きな南北差が見られる。上と同様に南北差を計算すると、HFC-134a は 21%、HFC-152a は 133%、HCFC-22 は 13%、HCFC-141b は 19%、HFC-32 は >100% に上り、これらの化合物が冷媒やスプレーとして主に北半球で使われていることを反映した結果となっている。なお、HCFC-22 の副産物として大気中に放出されてきた HFC-23 についても、北半球濃度が約 7 % 高いという結果が得られた。

HCFC-22、HCFC-142b、HCFC-141b、HFC-152a、HFC-134a の大気濃度観測では、2006 年度中に新たな 8 航海分のデータセットが加わり、図 24 に、過去のデータとあわせて、HCFC-22、HCFC-142b、HCFC-141b、HFC-152a、HFC-134a 濃度の経時変化を示す。各成分の濃度の下限値 (最南のサンプル) は Cape Grim の観測値とほぼ一致し、上限値は波照間における観測値の近傍にある。

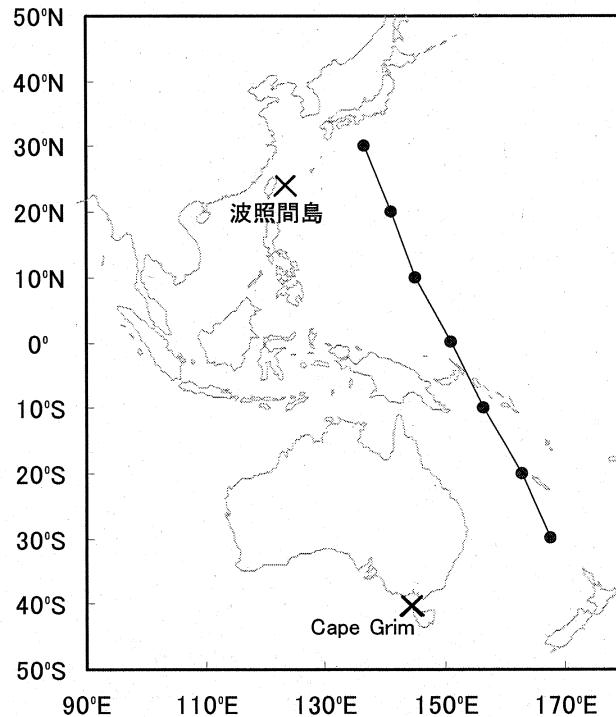


図 23 Transfuture 5 航海中のサンプリング点 (2006 年 2 月 21 日～3 月 1 日)

HCFC-22 (図 24(1)上段)は、2004 年中にしばしば 200ppt を上回る濃度が観測されていた。この濃度増加が必ずしも他の汚染成分の濃度変動と相関していないことから、船の冷房システムなどから排出される HCFC-22 の汚染を受けていた可能性を否定することができない。2005 年 11 月以降は、観測協力船が代わり船からの汚染の影響を受けにくくなったと考えられる。過去のデータについて、どのようにデータを選別するか今後検討を要する。

HCFC-142b (図 24(1)中段)と HCFC-141b (図 24(1)下段)の観測濃度も、波照間と Cape Grim における観測値の間で変動している。HCFC-142b と HCFC-141b の 2003, 2004, 2005, 2006 年度における中間値はそれぞれ 13.8 pptv, 15.0 pptv, 15.7 pptv, 16.5 ppt と 17.3 pptv, 17.8 pptv, 18.2 pptv, 18.5 pptv であり、大気中における蓄積はやや鈍化傾向にあると思われる。

HFC-152a (図 24(2)上段)は、北半球における濃度が大きな季節変動を示しながら増加している。緯度変動の幅は夏季には小さく、冬季に大きくなり、その変動幅も時系列的に増大している。HFC-152a は他の代替フロン類に比べて大気中における OH ラジカルとの反応性が高いため、大気寿命が約 1.4 年と短い。このように短寿命であることと、北半球で急速に使用が広まっていることが、南北両半球における大きな濃度差の要因になっていると考えられる。冬季 (11～3 月)のデータに限った 2003, 2004, 2005, 2006 年度の中間濃度は 3.0 pptv, 3.6 pptv 4.1 pptv, 4.5 pptv であり、3 年間に約 50%の増加を示した。

図 24(2)下段から HFC-134a 濃度の下限値 (最南のサンプル) は Cape Grim の観測値とほぼ一致して直線的に増加していることが分かる。一方、上限値はおおむね波照間観測濃度の近傍にあるが、変動が大きく、東アジアからの排出の影響を受けていると考えられる。2003, 2004, 2005, 2006 年度中に観測された HFC-134a 濃度の中間値は、26.0 pptv, 30.8 pptv 35.3 pptv, 38.8 pptv と変化しており、年間 10～15%の割合で増加している。

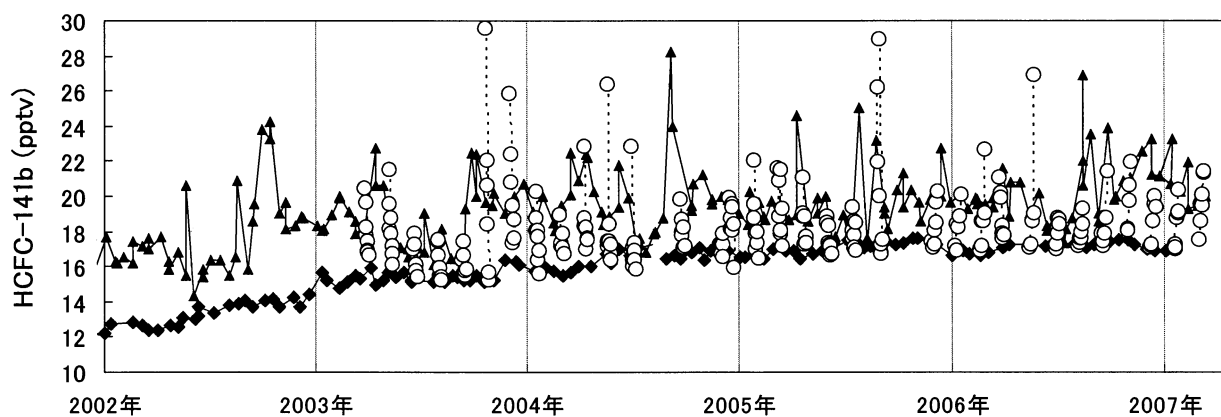
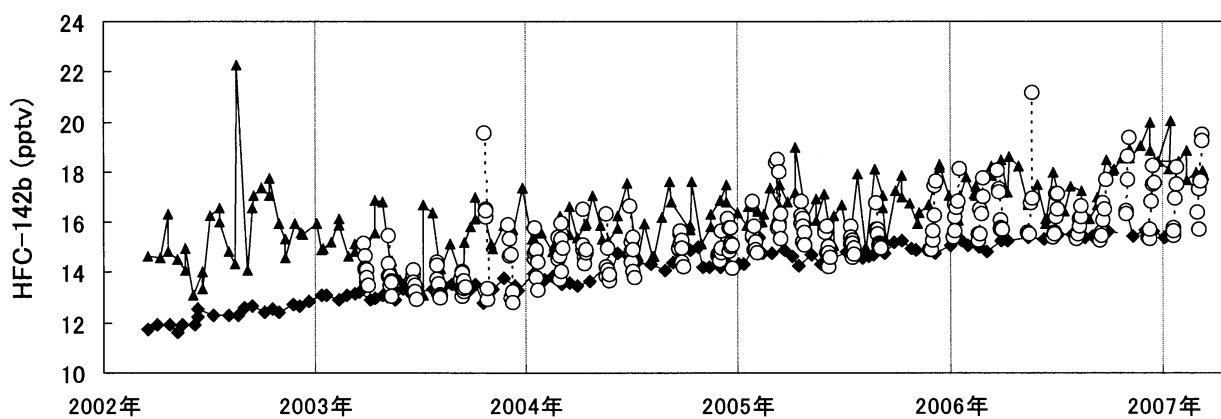
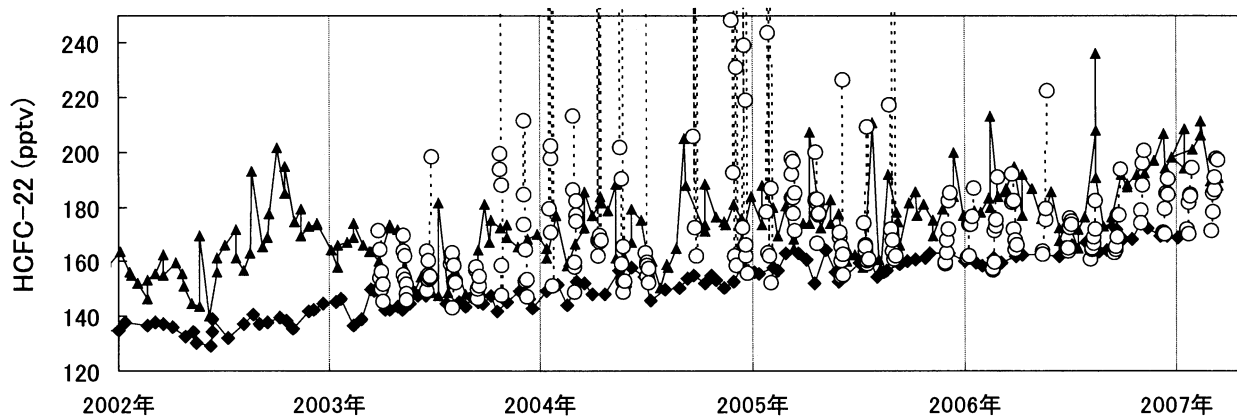


図 24(1) 低沸点ハロカーボン類の大気濃度経年変動
 上から HCFC-22、HCFC-142b、HCFC-141b
 ○：西部太平洋上、◆：ケープ・グリム、▲：波照間島

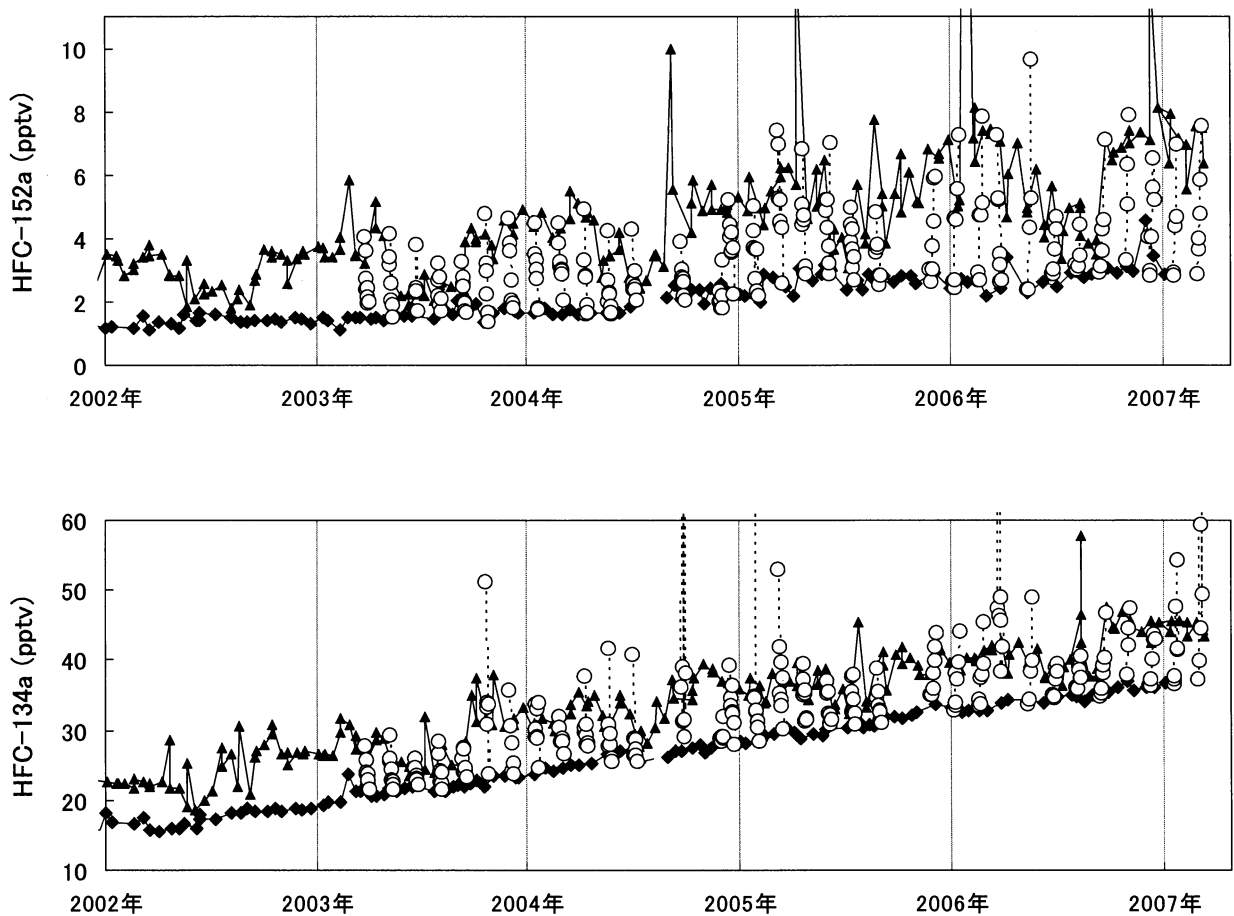


図 24(2) 低沸点ハロカーボン類の大气濃度経年変動

上から HFC-152a、HFC-134a

○：西部太平洋上、◆：ケープ・グリム、▲：波照間島

2005 年度から観測が可能になった極低沸点成分のうち、2006 年 3 月～2007 年 3 月に得られた SF_6 、HFC-23、PFC-116、PFC-218、HFC-32 の濃度を緯度分布として図 25 に示す。比較のために、波照間における連続観測データの 2006 年度分からそれぞれの成分の平均濃度と $\pm 1\sigma$ を求めて、図 25 中に示した（横棒）。 SF_6 は北半球で南半球よりもやや高濃度であった。期間中の SF_6 平均濃度として 5.9ppt が得られた。HFC-23 は、 SF_6 よりも北半球でやや変動が大きい。また、2 種類の PFC（PFC-116 と PFC-218）は南北両半球で測定精度を上回る有意な差を示さなかった。PFC-218 は GC-MS による検出ピークの形状が悪いことと、濃度が約 0.5ppt と低いため、相対的な誤差が大きい。一方、HFC-32 はエアコン冷媒の HCFC-22 の代替品として使用が急速に広まっているため、大気中濃度が急増している。

比較のために、同じ期間中の中沸点ハロカーボン類（HCFC-22、HCFC-142b、HCFC-141b、HFC-152a、HFC-134a）の緯度分布を図 26 に示す。HFC-134a の場合、北緯 20 度と南緯 10 度で極端な高濃度が観測されているが、これはサンプリング時のコンタミネーションあるいはローカルな汚染の影響と考えられる。極低沸点ハロカーボンの緯度分布（図 25）に比べて、南北の濃度差が大きい。特に大気寿命の短い HFC-152a でその傾向が顕著である。経年変化（図 24）と比べ

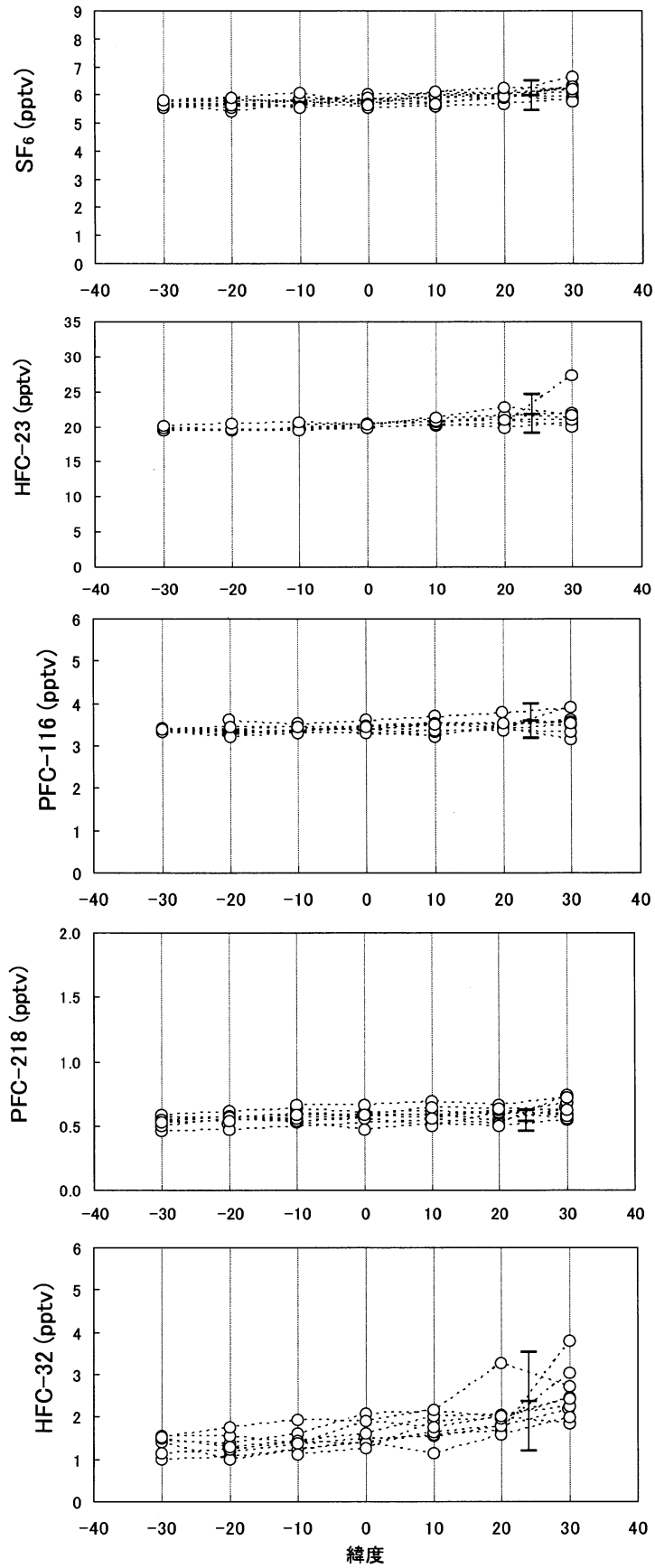


図 25 西部太平洋上ハロカーボン濃度の緯度分布 (2006年3月~2007年3月)
 上から SF₆、HFC-23、PFC-116、PFC-218、HFC-32
 横棒は、波照間で同期間中に観測された平均値±1σを示す。

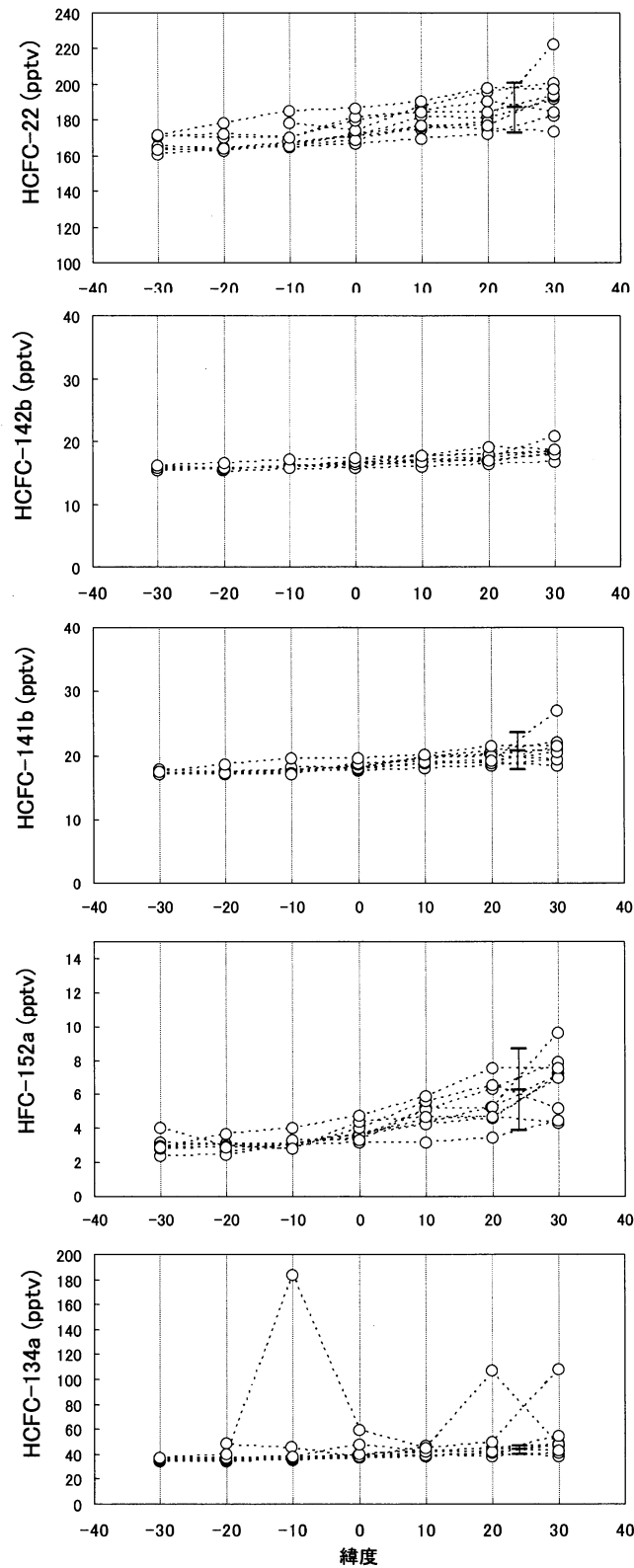


図 26 西部太平洋上ハロカーボン濃度の緯度分布 (2006年3月~2007年3月)
 上から HCFC-22、HCFC-142b、HCFC-141b、HFC-152a、HCFC-134a
 横棒は、波照間で同期間中に観測された平均値±1σを示す。

ると、濃度増加が頭打ち傾向にある HCFC-142b と HCFC-141b の南北濃度差が、他の 3 成分に比べて小さいことが分かる。

今後は、HFC-125 など新しいフッ素系温室効果気体も測定対象として、緯度分布データを蓄積する。また、他地域とのデータ比較によって、東アジア～地球規模におけるハロカーボン類の動態解明に取り組む。

5. 本研究により得られた成果

(1) 洋上大気メタン・亜酸化窒素の緯度分布とアジア発生源の影響

西部太平洋上で緯度方向別に採取したメタン濃度や亜酸化窒素の緯度毎のトレンドを、ここ数年間求めてきた。メタン濃度は、数年間の内に各緯度で増加速度が弱まり、2000年以降の横ばい状態から、2003年以降は減少傾向が、南半球側で強く見られるようになってきた。中緯度付近は濃度変動が大きく2003年の二酸化炭素濃度の濃度増加が報告されているのと同時期に濃度増加の傾向が見られた。これは、温度上昇や森林火災などによるメタンの放出量の変化がアジア、シベリア域を含む中緯度や高緯度に起こっていることと関連している動きであると考えられた。メタンの放出量の地球規模的な総量の変化としては近年あまり大きくないことが想像されるが、それでも地域的な変動要因はまだ存在しており、長期的な濃度のトレンドを考えるためには更なる調査が必要と考えられる。

亜酸化窒素の時系列の増加トレンドは観測期間中平均0.7ppb程度であり、増加傾向が続いていることが確認された。緯度分布は発生源消滅源との関係により決まっているが、熱帯に発生源があるような濃度の高まりがある。緯度別の濃度変動はかなり小さいものの、1997年や2004年に大きな濃度変化が見つかった。これはラニーニャ現象と関連しているようなタイミングではあったが、その規模から大きな亜酸化窒素の発生が赤道域の太平洋からのみ放出されているとは考えにくい。熱帯の土壌からの寄与も考えられる。同時に季節変動の解析からは、成層圏との混合による変動も予想され、グローバルな大気の輸送現象がこのような大きな変動と関連している可能性もあると思われる。亜酸化窒素の大気中の濃度変化は非常に小さく、発生源に関しては自然起源、人為起源とも未だ十分解析されているとは言いがたい。大気濃度のトレンドや変動を説明するには、これらのさらに詳しい関係を調べる必要がある。

(2) 洋上大気オゾン・一酸化炭素の緯度分布と濃度決定要因

オゾンについては、季節によって明瞭に異なる南北分布が見られることが分かった。一例としては、北半球中緯度において春季に極大となる様子が観測された。北半球の春季には、地表オゾン濃度が極大となる現象が古くから知られており、その要因については未だ議論がなされているところであるが、清浄な洋上大気中においても同様の傾向が観測されたことは非常に興味深い。春季の緯度勾配については、北半球中緯度から熱帯域に移るにつれ濃度が減少したが、南半球においては亜熱帯から中緯度に移るにつれて濃度が再び緩やかに増大した。

北半球においては、このようなオゾンの変動は一酸化炭素の変動と非常に良い正の相関を示しており、定性的には人間活動やバイオマスバーニングなど燃焼起源の前駆物質からオゾンが生成していることを示唆する結果が得られた。一方、南半球ではオゾンの変動と一酸化炭素の変動が相関しない場合も観測され、オゾンの変動を支配する要因が燃焼起源ではなく、他の起源による

ものであることが示唆された。これには、例えば成層圏からの沈降などの自然起源が考えられる。このように、オゾンに加えて一酸化炭素の同時測定を行うことで、オゾンの起源を分けて議論できる可能性が示唆された。

また、2006年秋季の東南アジアにおけるバイオマスバーニングによる一酸化炭素濃度の増大については、オゾン濃度はそれほど増大しておらず、1997年に同様に起こったバイオマスバーニングとは光化学的活性度など、オゾン生成をコントロールする諸要因が異なることが推察される。この原因としては、熱帯の海洋境界層内ではオゾンの寿命が中高緯度に比べて短く、生成したオゾンが保持されていないことが考えられるが、詳細は他のトレーサーとの比較やモデルによる検討が必要である。得られたデータをNASAのEOS/Terra人工衛星に搭載されているMOPITT (Measurements Of Pollution In The Troposphere)によって捉えられた2006年10月の850hPa高度レベルにおける一酸化炭素濃度の分布と比較したところ、船舶観測から得られた濃度は衛星センサーによる値よりも若干低い値を示した。これは、船舶観測が1000hPaレベル、衛星観測が850hPaと、高度が異なることを反映している可能性が考えられた。衛星観測よりも高精度な船舶観測のデータを、衛星データの検証等にも役立てられる可能性が考えられた。

(3) 洋上大気HFC, PFC, SF₆の緯度分布と南北半球濃度差の要因

観測された多くのハロカーボン類は北半球で高濃度となる緯度分布と経年増加傾向を示した。経年増加が顕著なものほど、南北差が大きくなる傾向が見られた。また、HFC-152aのように大気寿命が短く(約1.4年)、排出量が増えている成分については、南北差が拡大していることが分かった。これは、北半球から南半球への輸送が起こりにくいためと考えられる。2006年2月から測定が可能になった極低沸点ハロカーボンのうち、エアコン冷媒として最近使用が広まっているHCFC-32は1年間に20%以上の増加と顕著な南北の濃度差を示した。一方、PFC類は南北濃度差もあまりなく、通年の変化も見出せなかった。このように、ハロカーボン類(特に長寿命のもの)の緯度分布は、排出量の変化を反映していると考えられる。新規化合物も含めて、ハロカーボン類の濃度分布を今後も注意深く観測していく必要がある。

6. 謝辞

本研究の実施に当たり各船会社(トヨフジ海運、フジトランスコーポレーション、鹿児島船舶、Seaboard International Shipping)やCSIROのDr. Paul Fraser、AESのMs. Desiree Toom-Sauntryの御協力を得ましたことにお礼申し上げます。

7. 引用文献

- 1) Li, H.-J., Y. Yokouchi and H. Akimoto, Measurement of methyl halides in the marine atmosphere, *Atmospheric Environment*, 33, 1881-1887 (1999)
- 2) 榎本孝輝, 横内陽子, 泉克幸, 稲垣敏治, :PFC, HFCを含むハロカーボン分析システムの開発と大気観測への応用, *大気環境学会誌*, 40, 1-8 (2005)

[研究成果の発表状況]

(1) 誌上発表 (学術誌)

- ① 谷本浩志, 向井人史, 大気環境学会誌, 41, 3, 123-134 (2006) 「日本におけるオゾン標準とトレーサビリティシステムの構築」
- ② H. Tanimoto, H. Mukai, S. Hashimoto, and J. E. Norris: J. Geophys. Res., 111, D16313, doi:10.1029/2005JD006983 (2006)
“Intercomparison of ultraviolet photometry and gas-phase titration techniques for ozone reference standards at ambient levels”

(2) 口頭発表

- ① 谷本浩志: 気象学会2006年春季大会、つくば、2006年5月
「アジアにおける対流圏オゾン: 過去の観測事実と将来のモデル予測」
- ② 谷本浩志: 気象学会2006年度春季大会 (2006)
「アジアにおける対流圏オゾン: 過去の観測事実と将来のモデル予測」
- ③ H. Tanimoto, T. Ohara, H. Mukai, Y. Sawa, H. Matsueda, S. Yonemura, I. Uno: Joint IGAC/CACGP/WMO Symposium, Cape Town, 2006
“Interannual variations and recent trends of surface ozone in East Asia: standardization and integration of measurements, and chemical transport model analysis”
- ④ H. Tanimoto, H. Mukai, T. Ohara, I. Uno: Regional climate variability and its impacts in the Mediterranean Area, NATO Advanced Research Workshop, Marrakech, 2006
“Impact of changing climate and emissions on surface ozone distributions and evolution”
- ⑤ H. Tanimoto, T. Ohara, J. Kurokawa, H. Mukai, I. Uno, K. Yamaji: American Geophysical Union 2006 Fall Meeting, San Francisco, 2006
“Interannual variations and recent trends of surface ozone in East Asia: Integrated observations and chemical transport model analysis”
- ⑥ H. Tanimoto: Joint Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollution and WMO Workshop on Integrated Observations for Assessing Hemispheric Air Pollution, Geneva, 2007
“Interannual variations and recent trends of surface ozone in East Asia: Standardization and integration of measurements and chemical transport model analysis”
- ⑦ 横内陽子、向井人史、斉藤拓也; 波照間島における大気中ハロカーボン類の自動濃縮/GC/MS測定と東アジアの影響について: 第15回大気化学シンポジウム (名古屋, 2005年1月)

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

なし

(6) その他成果の普及、政策的な寄与・貢献について

本課題の研究実施とあわせ、大気オゾン計測の標準の検討を行い、スケールの統一などのために国内外の観測機関との連携が組まれた。これは、国際的な観測データ交換、統合利用に貢献するものである。

本研究は、グローバルな大気観測のために定期貨物船を用いる試みとして、世界で最も先行している例とされ、「地球観測の10年実施計画」で示された地球観測の空白域を解消する有力な手法として、世界的な普及が待たれるものである。今後、温室効果ガスの地球観測衛星（GOSAT）の運用における検証においても、一定の役割を担うことが期待される。