

地球一括計上

| | | | |
|--------|--|-------------------------|-----------------------------|
| 課題名 | アジア・オセアニア域における微量温室効果ガスの多成分長期観測 | | |
| 担当研究機関 | 独立行政法人 国立環境研究所 | | |
| 研究期間 | 平成19－23年度 | 合計予算額 (当初予算額 ベース) | 124,912千円 (うち23年度 24,726千円) |
| 研究体制 | 独立行政法人国立環境研究所 | | |
| 研究概要 | <p>1. 序 (研究背景等)</p> <p>二酸化炭素以外の温室効果物質 (メタン、亜酸化窒素、オゾン、ブラックカーボン等) は、地球温暖化への寄与も大きく、それらを合計すると二酸化炭素の大きさにほぼ匹敵することが知られており、対策の上でも重要な物質である。直接的に温室効果に寄与する物質以外にも、一酸化炭素などの反応性ガスは大気中の水酸 (OH) ラジカルとの反応を通じて、メタンや代替フロンの大気中濃度に影響を与えることから、これらの物質について大気中濃度の空間分布や時間的推移を把握することは極めて重要である。</p> <p>東アジア・東南アジア地域には急速な発展を遂げつつある国が複数存在しており、人口の増加、産業・経済の発展に伴う当該物質 (直接・間接温室効果気体、粒子状物質) の発生量増加、あるいは土地利用変化による発生源そのものの変化が懸念されている。燃料使用統計や単位燃料あたりの物質放出ファクターに基づく排出量推定 (ボトムアップ型エミッションインベントリ) は最も広く行われている温室効果物質・大気汚染物質の排出推計手法であるが、その推定値には非常に大きな不確実性があるといわれている。この不確実性をより小さくするための有効な手法の一つに、大気中濃度の観測データを用いて逆推計計算 (インバースモデル) を行って放出量を推定するトップダウン的な手法がある。この手法にはモデルの精度を上げるためにできるだけ多くの観測データが必要とされるが、アジア・オセアニア地域における温室効果物質の観測は極めて限られている。より高い精度で排出量推定を行うためには、これらの物質の大気中濃度を地域的規模でモニタリングする観測網の整備が急務である。</p> <p>本研究では西部太平洋上の日本－東南アジア航路、日本－オセアニア航路を航行する2隻の定期貨物船舶を用いて洋上大気中の微量温室効果気体の連続観測を行うことにより、観測データに乏しいアジア・オセアニア地域におけるデータを取得する。定期貨物船舶を用いた観測は定点で観測を行う地上観測ステーションに対して、広範囲を系統的に網羅できることが利点であり、地上ステーションを多数設けるコストよりも、コストと効率の両面において有利である。一方、日本－オセアニア航路の貨物船観測では、陸域から遠く離れたバックグラウンド的な大気観測が可能であり、2隻の特徴的な船舶観測を対比させることによって東アジア・東南アジア地域からの温室効果物質の放出影響をより良く理解することができる。</p> <p>2. 研究目的</p> <p>長寿命温室効果ガスとして、メタン、亜酸化窒素、ハロゲンを含む人工炭化水素類を対象とし、貨物船でのボトルサンプリングによる持ち帰り分析で、洋上大気中濃度を計測する。貨物船航路は、国立環境研究所地球環境研究センターのモニタリング事業で維持している太平洋域の貨物船観測と併せて、北緯53度から南緯40度におよぶ広域の観測が可能であるので、全球規模の分布と時系列トレンドの把握を行う。加えて、アジア大陸の沿海を航行する東南アジア航路でも同様な観測を行い、大気分布から大陸上の発生源からの影響を把握する。また、温室効果ガスである対流圏オゾンなどの大気化学に関与する炭化水素類についても対象物質と合わせて化学分析されるものが研究対象になる。</p> | | |

一方、より短寿命のガス成分であるオゾンや一酸化炭素は、全球分布が比較的均一な長寿命温室効果気体と異なり、その短い大気中寿命のために、地域規模の特徴的な空間分布を生じる。特に、一酸化炭素は不完全燃焼など比較的低温度の燃焼からの放出による寄与として、生物燃料利用やバイオマスバーニング（森林火災、焼き畑）が大きな発生源であり、東・東南アジア地域からの排出量が多いと考えられている。一酸化炭素とオゾン、そしてブラックカーボンについては、連続計測で高密度な観測を行って、広域な濃度分布や季節変化を明らかにするだけでなく、より地域的な発生源の寄与を明らかにすることを目的とする。

本研究では、清浄な「バックグラウンド大気」である外洋（オセアニア航路）における観測と、地域的汚染を含んだ「ルーラル大気」であるアジア沿海域（東南アジア航路）における観測を組み合わせ、社会経済活動、農地の拡大、あるいは森林火災による温室効果ガスの放出が急増している可能性がある東アジア・東南アジア地域からの放出量変化を早期に検出することを可能にする観測ネットワークの構築を行い、微量温室効果ガス観測データの大きな空白域を埋めることを目標とする。

3. 研究の内容・成果

本研究では、放射強制力を有する微量温室効果ガスであるメタン、亜酸化窒素、代替フロン類（HFC, PFC, SF₆等）、対流圏オゾンの長期観測を行う。また、温室効果ガスと同様に温暖化に寄与しアジアからの排出が多いブラックカーボンの連続観測を行う。さらに、OHラジカルとの化学反応を通じてメタンや代替フロンなどの大気中寿命に影響を及ぼすとともに、メタン、ブラックカーボン、代替フロン類の人為発生源からの放出量を推定する際にリファレンス兼トレーサーとなる一酸化炭素の測定も行う。

（1）東南アジア航路・オセアニア航路の定期貨物船舶による大気観測

アジア・オセアニア航路の典型的な航路を示す（図1）。本課題では、2007年9月より東南アジア航路の貨物船FUJITRANS WORLD号（株鹿兒島船舶所有）を利用した大気観測を開始している。FUJITRANS WORLD号は、東シナ海と南シナ海にわたるアジア沿海域を航行する自動車運搬船であり、日本、中国、タイ、マレーシア、シンガポール、インドネシア、およびフィリピンの各港に寄港し、4週間で一周する定期運行を行っている。東南アジア航路に加えて、オセアニア航路を航行するTRANSFUTURE 5号（トヨフジ海運所有）を利用した大気観測を継続している。TRANSFUTURE 5号は、南北両半球にわたる西部太平洋とタスマン海を航行する自動車運搬船であり、日本、オーストラリア、ニュージーランドの各港の寄港し、6週間で一周する定期運行を行っている。この2隻が、本課題の主要な観測プラットフォームである。

アジア航路 (M/V Fujitrans world, FTW)



オセアニア航路 (M/V Transfuture 5, TF5)



図1 アジア・オセアニア航路における典型的な観測ルート

(2) アジア・オセアニア海域における長寿命温暖化物質の時空間変動とその特徴

亜酸化窒素とメタンについて、東南アジア航路とオセアニア航路で得られたデータを示す(図2)。メタン濃度はどの緯度帯においても2007年まではほぼ横ばいであったが、2007年の後半から2008年にかけて各緯度帯で10~20ppb程度の濃度増加がみられた。これは、1998年のエルニーニョ以来の大きなイベントであった。近年の動きとしては、例えば2011年のメタン濃度の変動は南半球ではまだ増加傾向が見えるが、北半球高緯度では止まってきているように見える。北半球および南半球の中・高緯度帯での増加は2007年にはすでに起こっているが、低緯度域での増加は緩やかかもしくは2008年の方にはずれているように見える。北半球低緯度から中緯度の変化の違いは、気象解析の結果からこの時期に起こっている熱帯の西風の増加に伴う大気の上層への混合の速さが相対的に増加していることに起因するものと推定されている。また、大気の南半球への輸送の速度も応答に影響している。メタンの緯度別トレンド曲線からは、本観測は最近5年間におけるメタンの急激な変動を良くとらえていた。このような地球規模で起こった2007年から2008年のメタンの濃度増加に関する理由としては、なんらかのメタン発生量がこの時期に増加したことによると考えられる。降水量やイベント的なメタン発生(2007ごろからの弱いエルニーニョ)もしくは、高緯度帯の凍土などの融解、湿地からの発生増加などが考えられる。亜酸化窒素のトレンドは、2010年にむけてほぼ直線的な上昇傾向があるように見え、赤道の南側に季節変化の大きな部分があることが分かる。亜酸化窒素のトレンドは、最近5年間ではほぼ直線的な増加傾向であるが、増加率を緯度別に見ると、亜酸化窒素の発生源が徐々に増加傾向にあることが分かった。

このように、メタン、亜酸化窒素、一酸化炭素などについて、東南アジアに特有な発生源が存在することが示唆された。今後、観測を継続することで、メタンと亜酸化窒素の相関解析などから発生源の同定が可能になると期待される。また、カーエアコンの冷媒として使用量が急増しているHFC-134aについて、東南アジア域が中国に匹敵あるいはそれらを上回る大きな発生源になっている可能性が示唆された。

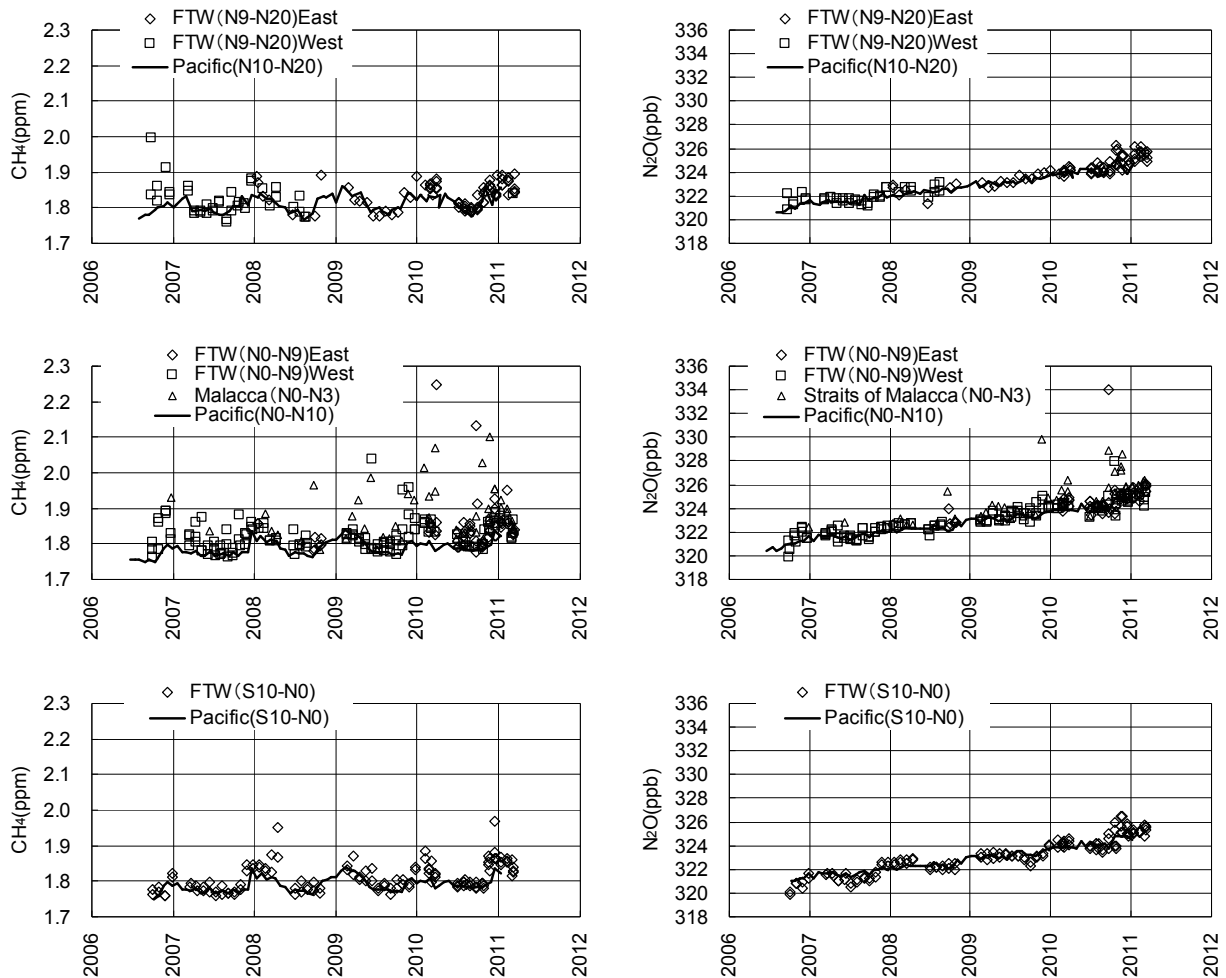


図2 東南アジア航路 (FTW, Malacca) とオセアニア航路 (Pacific) における CH₄ と N₂O の濃度変動

(3) アジア・オセアニア海域における短寿命温暖化物質の時空間変動とその特徴

対流圏オゾンについて、東南アジア航路とオセアニア航路で得られた時系列データを示す(図3)。北緯10度以北では、オゾン濃度が太平洋上の濃度とほぼ一致しているか、そうでなくてもあまり変わらない。一方、北緯10度以南の熱帯域では、東南アジア航路におけるオゾン濃度は概してオセアニア航路よりも高い値を示した。データの蓄積が少ないこと、東南アジア航路におけるオゾン濃度は変動が非常に大きいことから、どの季節に最も大きな差が見えるかはまだ明確ではない。しかしながら、熱帯域では豊富な太陽光が一年を通じて得られるため、前駆物質の濃度レベルによってオゾンの生成が大きく左右されることが考えられる。前駆物質濃度が低いためオゾンがネットで消失となっているオセアニア航路とは対照的に、前駆物質濃度が高い東南アジア航路ではオゾンがネットで生成となり、全体的に高いオゾン濃度をもたらしていると推測される。

また、エルニーニョにあたる2006年の10月に、オセアニア航路における観測で高濃度の一酸化炭素が観測されたイベントを解析した。衛星観測から、ボルネオ島に多数のホットスポットが検出されており、AIRS (Atmospheric Infrared Sounder)衛星センサーによる一酸化炭素カラム量もインドネシア上空で高濃度になっていたことから、ボルネオ島を中心として生じた大規模な森林火災が影響していると考えられた。これは、東南アジアにおける森林火災が長距離輸送によって太平洋外洋域に影響を及ぼし得ることを示していた。観測された一酸化炭素と二酸化炭素の比(CO/CO₂比)は、通常観測されるCO/CO₂比よりも有意に高い値(171、決定係数: 0.60, n=50)であった。一方、現在の化学輸送モデルで最も広く世界中の研究者に使われている、バイオマスバーニングの排出インベントリであるGFEDv2 (Global Fire Emission Database version2)から得られるCO/CO₂比は110であり、GFEDv2がCOの排出を過小評価していると考えられた。GFEDv2によって排出が予測されている地域に泥炭が豊富にあることが分かり、この不一致の原因は、GFEDv2におけるエミッションファクターが泥炭燃焼のものではなく、熱帯雨林やサバンナの燃焼の値を使っているためであると推測された。GFEDv2は、現在の化学輸送モデルで最も広く世界中の研究者に使われているバイオマスバーニングの排出インベントリであるため、モデリングにも大きく影響する結果となった。

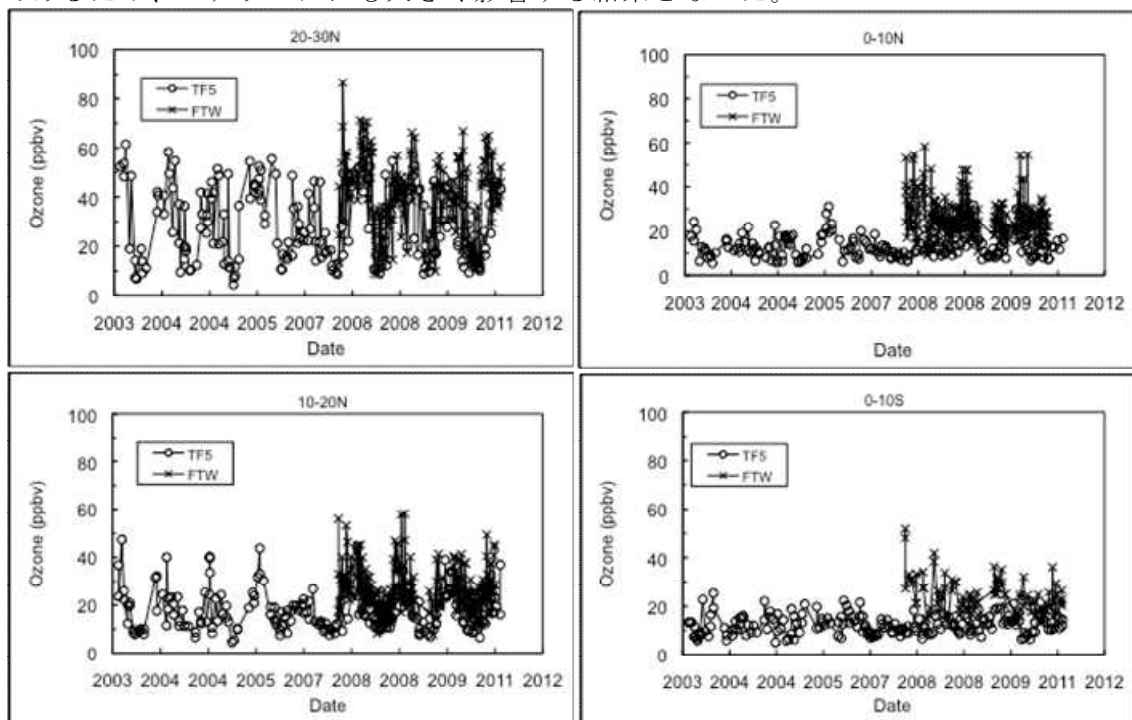


図3 東南アジア航路(FTW)とオセアニア航路(TF5)における対流圏オゾンの濃度変動

(4) 新規計測手法によるメタンやブラックカーボンの連続測定

大気中メタンの連続観測を行うためにキャビティリングダウン式分光分析計(CRDS)を東南アジア航路およびオセアニア航路の2隻の船舶に設置し、観測を行った。アジア航路では船舶の欠航や装置トラブルによって継続的な観測データを得ることが困難であるが、CRDSを用いた観測データが蓄積されてきている。一方、CRDSによる洋上大気中メタンの連続観測の実施例は世界初の試みであり、船舶環境での運転がCRDSに与える影響を精査した。CRDSによるメタン計測では水蒸気干渉の補正がなされていないため、水蒸気濃度の変動が測定結果に大きな影響をもたらすことが分かった。そこで、

水蒸気による測定干渉を軽減するため、アジア航路、オセアニア航路の双方で試料大気の除湿をおこなったうえで計測することとした。ブラックカーボンについては、海塩粒子による干渉があることが見出され、検出形式を変更することで改善できるなどの技術的進歩が得られた。

4. 考察

両航路で得られた観測データの比較から、東南アジア域ではメタンや亜酸化窒素の濃度が特に高く、熱帯に特有な発生源が存在することが示唆された。代替フロン類についても、東南アジアが大きな発生源となっていることが明らかになった。対流圏オゾンについては、東南アジアの熱帯域で活発な光化学生成が起こっていることが明らかにされた。新規な計測手法や測定の高度化に関しては、連続測定とボトル分析の併用により一酸化炭素の長期トレンドを導出可能なシステムを確立できた。メタンの分光式連続計測では、高湿度条件下における水蒸気干渉の存在が分かり、室内実験やボトル分析との比較により干渉を除去する手段を見出した。ブラックカーボンについては、検出形式を変更することで海塩粒子による干渉を改善した。今後、多成分連続観測の継続により、熱帯域特有の発生源情報が得られることが期待できる。