

平成 18～19 年度研究成果の概要

各年度の 研究成果目標	各年度の研究成果（成果の活用状況を含む）
<p>平成 18 年度</p> <p>① 航空機、定期船舶を用いた温室効果ガス観測網を整備する。航空機では定期路線を用いたアジア、ヨーロッパへ航路上の二酸化炭素観測を開始し、オセアニアラインでの大気サンプリングを開始する。</p> <p>民間船舶では日本－オセアニア、日本－北アメリカに加え、アジア路線の準備を行う。定点でのフロン等の観測も立ち上げる。</p> <p>② 観測網を利用しトレーサーとなり得る酸素や同位体等を長期的に観測することにより、温室効果ガスのグローバルな収支変化と気象との関連を考察する。</p>	<p>平成 18 年度</p> <p>① ○これまで開発してきた航空機搭載用二酸化炭素測定器を JAL の旅客機 5 機に搭載しアジア、ヨーロッパでの主要都市での鉛直二酸化炭素分布観測を開始することができた。航空機での観測に際し、いくつかの問題点が発生したが、プログラムの改良、システム運用上の改善を行い、安定した観測体制が確立されてきた。これにより、各都市で地域的に特徴ある鉛直分布が観測できることがわかった。これらのデータは、世界的にもこれまでにないデータセットである。</p> <p>○定期船舶を用いて、日本－北米、日本－オセアニアラインでの大気サンプリングを行い、水平方向、緯度方向のデータの採取を行い、二酸化炭素や亜酸化窒素の緯度別増加傾向が確認できたことに比べ、メタン濃度は各緯度帯での濃度増加がほとんどゼロになっていることがわかった。オゾン濃度の緯度分布の観測を行い、北半球中緯度での高濃度に加え、南半球中緯度での濃度にもピークが観測された。これらはいずれも温暖化ガスそれぞれの発生量吸収量分布について科学的に有用な情報を与える。民間船舶を用いたアジア路線への観測の展開のために、関係船舶会社との連絡をとり調整を図った。</p> <p>○北海道の観測点である落石での GC-MS 設置を行い、フロン等の観測を立ち上げた。北海道の悪天候による停電の頻発などにより機器の不良が発生したが、順次システムの改良を重ねてデータの取得が可能になってきた。</p> <p>○アジアでの大気地域特性を調べるべく、インドにおける大気サンプリングを開始した。</p> <p>② ○船舶を用いて、緯度別の二酸化炭素の安定同位体比の観測を行い、二酸化炭素の収支の年変動について検討を行った。陸域の二酸化炭素吸収は、温度偏差と良く相関し、エルニーニョ直後の温度上昇に合わせ、二酸化炭素の放出源になっていること、2002 年、2006 年の放出も陸域で起こっていることが推定できた。海洋は 2001 年に吸収量の微増が観測された。これらのデータはグローバルな変動メカニズムの検討するために有効であった。</p>

③

新たに西太平洋での海洋二酸化炭素分圧観測を開始する。西太平洋における海洋の二酸化炭素分圧観測を行ない地域的な分布を精密に観測する。

シベリアの陸域生態系におけるフラックスに関して、大気タワー観測とインバースモデルの比較により、モデル計算によるフラックス推算値の合理性を検討する。

全光合成速度の観測指標としてのCOSの観測方法の確立。

土壌呼吸の温暖化フィードバックに関する加熱実験を開始する。

○沖縄の波照間島や北海道落石岬での大気中酸素濃度の長期観測を継続した。これにより、ここ8年程度の平均した二酸化炭素のグローバルな収支を求めることができた。それによると、海洋の酸素の出入りを考慮した場合、約1.8Pg-Cの二酸化炭素が海洋に吸収されていることが推定された。推定精度の検討を行い、発生源インベントリや酸素の海洋収支の不確実性を始めとするいくつかの問題点を整理することができた。これにより、大枠での二酸化炭素収支が押さえられた。

③

○新たに日-オーストラリア航路を航行する民間船舶トランスフェューチャー（トヨフジ海運所属）に設置した観測装置により、西太平洋での海洋二酸化炭素観測を開始した。観測システムの安定運用のために乗船を何回か行い改良などを加えた。同時に、大気、海洋の酸素の連続測定法の開発も行った。将来的にこれらの海洋フラックスの地域分布がどのように変化するかが非常に重要であり、北太平洋のこれまでのデータとともに貴重なデータセットになった。

○シベリアにおける5箇所のタワー観測をもとに、大気輸送モデルに基づく逆計算により、シベリアの森林地帯の二酸化炭素吸収フラックスの季節変化を求める試みを行った。この結果、陸域生態系モデルによる計算結果との間に良い一致が見られた。これにより、タワー観測と逆計算によるフラックス推定がかなり有効であることが実証された。

○陸域生態系の総生産量などを、これまでの純一次生産と呼吸量の合計で求めるのではなく、COSなどのフラックス測定より求める方法を提案し、測定機器の開発を行った。

○土壌呼吸量増加に対する温暖化による寄与を見積もるために、年間を通して土壌を人工的に加熱し、その寄与を大型自動開閉チャンバーを用いて評価するなどの予備調査を研究所内林地で行い、方法論等について検討した。

平成 19 年度

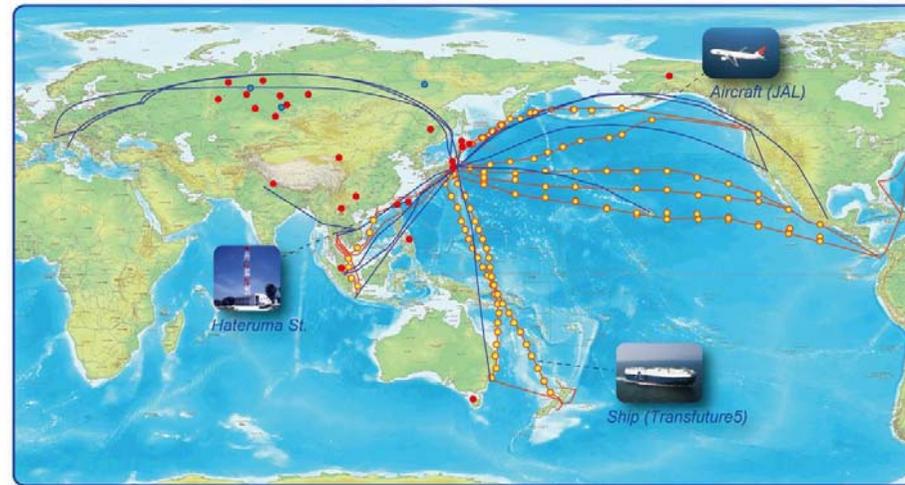
① - 1

航空機、定期船舶を用いた温室効果ガス観測網を整備する。航空機では定期路線を用いたアジア、ヨーロッパへの航路上の二酸化炭素連続観測を安定的に継続し、採取された大気試料の分析を行う。民間船舶を用いた大気観測では日本-オセアニア、日本-北アメリカに加え、アジア路線の観測を開始する。波照間、落石の観測ステーションではフロン等を含め高頻度観測を継続する。

平成 19 年度

① - 1

○昨年度から本格的に始動した二酸化炭素測定器を搭載した JAL の旅客機 5 機によって、アジア、ヨーロッパでの主要都市での鉛直二酸化炭素分布観測を約 2000 プロファイル採ることができた。さらに日-オーストラリアの間を飛行する 2 機の機体によってボトルサンプラーで大気の採取を行い、CO₂、メタン、N₂O、CO、に加えて炭素同位体（安定、放射性）の分析を開始した。各地の鉛直分布のデータが蓄積することによって、高さ毎の時系列変化を調べることが可能となった。これにより、日本を含むアジア大陸の東側にある地点の 4 km 以下の高度の濃度は相対的に他の地域より高くなっていることがわかった。これは、西側に発生源がある東アジア地域での鉛直分布は低い高度で、より高い濃度を示すことが多いことがわかった。一方、ハワイでは鉛直分布がほとんどなく、1 km も 4 km の高度も同じ濃度を示すことがわかった。これらのデータは世界でも類を見ない貴重なデータセットであり、モデルパラメータチューニングやそれを用いる GOSAT の濃度計算過程にも大きく寄与することが期待できた。



Aircraft Routes



Ship Routes



Observation Sites



<p>①-2</p> <p>トレーサーとなり得る酸素や同位体等を長期的に観測することにより、温室効果ガスのグローバルな収支変化と気象との関連を考察する。また、大気輸送モデルを用いて各地の観測データを解析し、発生源と観測値の関係を検討する。</p>	<p>○定期航路をもつ商船を用いて、日本-北米、日本-オセアニアラインでの大気のサンプリングを行い、緯度方向、経度方向のデータの採取を継続的に行った。どの緯度帯でも二酸化炭素や亜酸化窒素は年に0.5%程度の増加傾向が続いていることが検出された。一方メタン濃度は依然各緯度帯での濃度増加がほとんどゼロになっていることがわかった。メタン濃度は亜熱帯域に減少傾向が強いことが示唆された。基本的にはメタン発生量の頭打ちによって、濃度の停止が起こっていると考えられた。</p> <p>○沖縄の波照間と北海道の落石観測所でのGC-MSによるフロン等の観測を継続し、ハロカーボン類の高頻度観測を行った。波照間での多くの代替フロンは増加がつづいていた。HCFC-141bには若干の減少が観測された。</p> <p>○アジアでの大気地域特性を調べるべく、インドや貴陽の大気サンプリングを分析した。インドにおける夏季のCO₂の濃度は同じ緯度帯でのデータより低い特徴があり、この地域の特性が現れているかもしれない。</p> <p>○民間船舶を用いたアジア路線での観測を開始した。初期段階として、CO₂やオゾン観測、大気ボトルサンプラーなどによる採取を開始した。</p> <p>①-2</p> <p>○船舶を用いた緯度別の二酸化炭素の安定同位体比の観測から、2007の始めまでの二酸化炭素の収支の年変動について検討を行った。陸域の二酸化炭素吸収は、温度とよく相関しており2005年-2006年にも吸収量の減少がみられた。逆に海洋側はむしろ増加しているように見える。海洋の吸収量のこの時期の増加は、北太平洋でも見られておりその傾向が一致した。</p> <p>○沖縄の波照間島や北海道落石岬での大気中酸素濃度の長期観測を継続し、ここ最近までの平均した二酸化炭素のグローバルな収支を求めた。それによると、海洋の酸素の出入りを考慮した場合、約2Pg-Cの二酸化炭素が海洋に吸収されていることが推定された。これにより、正味の森林吸収は1Gt-Cであり、森林破壊1.6Gt-C (AR4)であるとする、2.6GtがトータルなCO₂吸収であるということがわかった。これは、世界の他の地点で計測された値とほぼ整合的であった。</p>
---	---

表 酸素や同位体比観測から推定された二酸化炭素の正味の大気と海洋の吸収量 (Gt-C/年) とその割合

	人為発生	大気残留	海洋吸収	陸域吸収
酸素/ 窒素 1999-2005	7.0	3.98	2.06	0.96
同位体 1996-2006	7.0	4.0 (60%)	2.1 (29%)	0.8 (11%)

○放射性炭素の分析がすすみ、緯度別の時系列解析を開始した。これにより、炭素循環過程の変化の検出を試みた。

○HCFC-23はHCFC-22製造の副産物であるが、その年増加率が波照間では30%と非常に高いことが観測された。波照間での大陸起源の気団には、このHCFC-22,23が高く発生量の大きさを示していることがわかった。

○波照間の二酸化炭素の濃度データで特に大陸からの影響が大きい冬季の濃度をハワイなどと比べるとその差がだんだん大きくなってきていることや、メタンとの比率から見ても中国の二酸化炭素の発生量の急増がアジアでの二酸化炭素濃度分布を変えつつあることが示唆された。

○シベリアのタワーでの観測データも蓄積しており、NIESのトランスポートモデルなどでシミュレーションを行い、それによってモデルに使っている陸域吸収モデルであるCASAモデルでのパラメータのチューニングを行なった。これによると、地表面の濃度でCASAモデルのパラメータを調整する場合、大気の混合の強さをどのように取るかによってばらつきが大きくなることや、カラム濃度量で調整するほうが少しは良い結果を与えることがわかった。この他モデル研究によって、大気観測のシミュレーションから、発生源に関する情報を抽出する試みが、二酸化炭素やCO₂、ハロカーボンに関して行われた。

②

太平洋域のCO₂海洋吸収の変動特性評価として、西太平洋及び北太平洋における海洋の二酸化炭素分圧観測を継続する。

②

○北太平洋での観測を継続し、ここ10年程度の年間の吸収量の変動や、その吸収の地域性をまとめた。これによると10年の間の平均の北太平洋(22.5-55度間)のCO₂吸収量は0.48PgC/yであった。これは、全海洋吸収の25%程度を占めている。年々変動は98年に増加、99年に減少したあと、2005年に向かって吸収量の増加が観測された。その変化の大きさは10%(0.05PgC)程度でありそれほど大きな変化ではなかった。このような詳細な観測結果をまとめられることは世界的にも無く貴重なデータセットとなった。

○オセアニア航路を航行する民間船舶トランスフューチャー(トヨフジ海運所属)に昨年度新たに設置した観測を定常化するために、装置の定期的メンテナンスを行い、配管などの不良箇所を修理した。これにより西太平洋での日本-オーストラリア-ニュージーランドの間の海洋二酸化炭素観測が継続した。これによると、オーストラリア-ニュージーランドの間のタスマン海の吸収が一年中大きいことがわかった。今後継続することで、その大きさと変動が観測できると思われた。

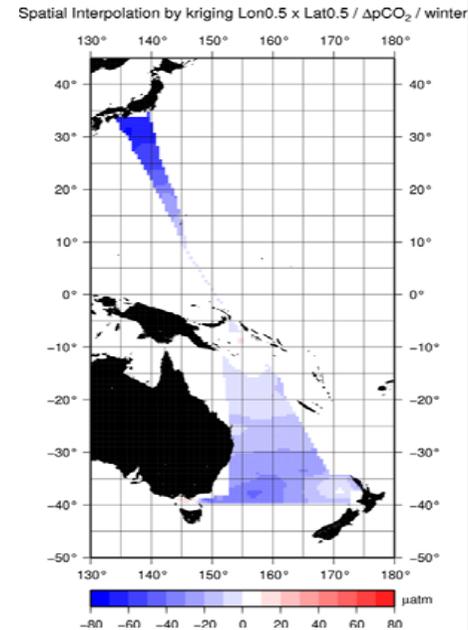


図 冬季(北半球)、夏季(南半球)時における海洋ΔpCO₂の推定分布

③

陸域生態系のCO₂フラックス変動特性の評価に関する研究として、二酸化炭素等の吸収量の観測及び収支推定の方法論の研究やアジア

③

○日本のフラックスサイト(天塩、苫小牧、富士北麓)のフラックスを比べると苫小牧や富士北麓の吸収量は年間200gC/m²程度になっているが、天塩の実験サイトではあまり大きくない吸収量であった。天塩や苫小牧の森林部が消失した場合のフラックスの変化を見たところ、3年間はまだ吸収量が回復せずに大きな発生源となることが確認された。アジア地域のフラックスで、日本域以外での吸収量が大きい熱帯

の熱帯域での陸域フラックス観測を検討する。土壌呼吸速度の温暖化影響の観測的研究に関する検討を開始する。

や、炭素蓄積量が大きいチベットの草原でのフラックス観測を継続した。

○土壌呼吸量増加に対する温暖化によるフィードバックの寄与を見積もるために、年間を通して土壌を人工的に加熱し、その寄与を大型自動開閉チャンバーを用いて評価するなどの調査を研究所内林地で行ってきたが、これを北海道の天塩、広島大学などに展開し、計測を開始した。データはまだ開始されたばかりでありそろっていないが、つくばのデータによると、加温している方のチャンバーでは20-30%程度のCO₂放出の増加が認められた。温度と呼吸反応曲線から見積もると、加温によって呼吸速度のQ₁₀はむしろ下がっているような傾向もあり、そのため増加割合が小さめに出る可能性が示唆された。しかし、乾燥の度合い等などその他の要因も複雑に絡むことがわかった。



○陸域生態系の総生産量などを、COSなどのトレーサーのフラックス測定より求める方法を提案しているが、本年度に分析用の測定機器の開発を行い、精度の向上などが結果として得られたため、今後実測のためのシステム作りに取り掛かる予定である。