


革新的大気成分広域観測による気候変動及び炭素・酸素循環の包括的評価

	研究代表者	産業技術総合研究所・エネルギー・環境領域・研究グループ長 石戸谷 重之 (いしどや しげゆき) 研究者番号:70374907
	研究課題情報	課題番号: 22H05006 研究期間: 2022年度~2026年度 キーワード: 広域観測、大気主成分、硫化カルボニル、成層圏重力分離、逆解析システム

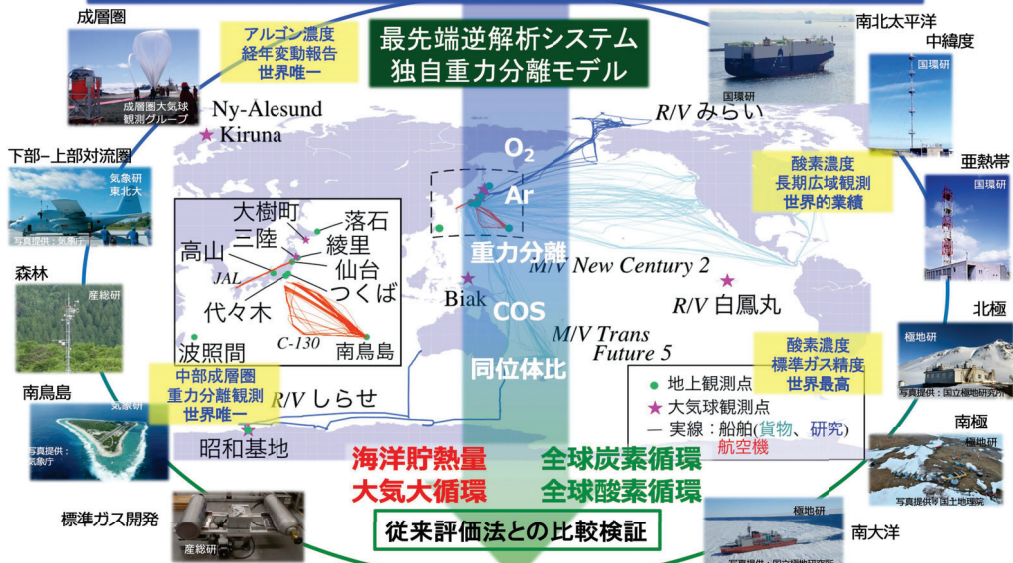
なぜこの研究を行おうと思ったのか (研究の背景・目的)

● 研究の全体像

世界的な課題である地球温暖化の実態を解明し、その影響を評価するため様々な研究が推進されている。例えば、温暖化による熱の90%以上を吸収している海洋の貯熱量は、数千点のフロートによる海洋現場観測(Argo計画)から、温暖化による生物生産への影響は海洋や森林の現場観測や衛星観測から推定されている。しかしながらこれらの従来手法も、海洋観測における深海データの不足、森林現場観測展開の限界、衛星観測での熱帯域の雲の影響による誤差などの固有の課題を有しており、評価結果が持つ社会的な影響力に鑑みた場合に、独立した手法による結果の比較検証が強く望まれる。この要請に応えるため、本研究では、気候変動評価に有効な情報を有するものの極めて高度な観測技術が要求される大気成分を対象に、従来に無い3次元広域観測網を確立する革新的な研究展開により、気候変動と炭素・酸素循環の新たな包括的評価システムの創出を目指す(図1)。

陸域・海洋・大気間の物質交換量は多くのメカニズムが絡み合い時空間的に大きく変動するが、大気成分の長期観測の真の強みは、大気中でそれらが十分に混合した結果を観測できること、すなわち現場観測の積み上げ法に比して広域平均の情報を得るのが容易であることにある。このような利点を踏まえ、本研究では大気主成分である酸素(O₂)・アルゴン(Ar)・窒素(N₂)の濃度と同位体比、硫化カルボニル(COS)の濃度と同位体比、及びCO₂濃度を対象成分とし、図2に示す統合解析によって、海洋貯熱量変動、海洋生物活動、植物の光合成量についての情報を得ることを目標とする。炭素・酸素循環評価の要であるO₂濃度の

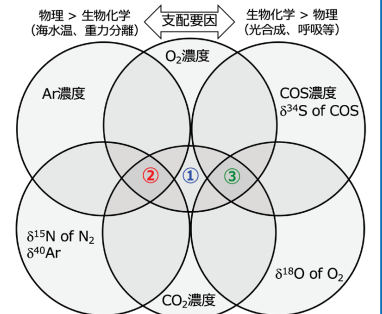
当グループのみが確立できる革新的大気成分の全球大気観測網



地球温暖化の実態解明と影響評価を独自のアプローチにより強力に推進

図1 本研究の全体像についてのイメージ図。観測網と、対象成分に関する当グループの研究実績例を併せて示す。

変動は存在量の10万~100万分の1のオーダーであり、海洋貯熱量変動の情報を持つAr濃度は同10万~1,000万分の1であって、このような極微小変動の議論には大気重力分離という新たな要素の考慮も必要となる。また、光合成量の情報を有するCOSは存在量が極微小かつ不安定で、観測の標準に大きな不確かさが残されている。O₂の同位体比δ¹⁸Oは光合成・呼吸量に関する情報を有するが、現代の大気中の極微小変動は報告例が無い。当グループには、国内でO₂濃度広域観測に実績のある機関、Ar濃度の経年変動と成層圏大気重力分離を初めて報告した機関、COSの濃度標準を確立しつつある機関と同位体比の変動を初報告した機関という、国内屈指の観測技術を有する機関が参加している。加えて、最先端の大気輸送モデルの使用と、国家計量標準機関の参加により、各機関の観測データを標準の統一によって結合し、その逆解析から各成分の広域分布を明らかにすることができる。これら、各大気成分の研究における先進性と、その融合による相乗効果が温暖化の実態解明・影響評価に貢献するところが大きいため本研究を着想した。



- ① 正味CO₂吸収量 = O₂+CO₂
- ② 海洋貯熱量&正味海洋生物活動 = Ar+O₂+重力分離(δ¹⁵N等)+CO₂
- ③ 光合成・呼吸量 = COS+δ¹⁸O+O₂+CO₂

図2 対象成分とその統合解析のイメージ図

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

参加機関の観測を結集し、南北両極域から南北太平洋上・地表から中部成層圏に及ぶ三次元広域観測網を構築する。O₂濃度は観測網全域での広域観測を展開し、標準の統一により各機関のデータの直接比較を可能とする。現在、一部の地上サイトで実施しているAr濃度観測と、試験観測を進めているCOS濃度について、大気海洋間熱交換の広域評価と、海洋等からのCOS発生強度の評価に向けて、南北太平洋上での広域船舶観測を実現する。大気球による観測機器を改良し日本上空成層圏での大気採取実験を行うとともに、過去のアーカイブ試料を分析し、得られた35年間の重力分離の長期変動メカニズムを独自の大気重力分離モデルにより解明する。O₂のδ¹⁸Oは、土壌チャンパー実験で検出可能性を精査した後、日内・季節・経年変動の検出に挑む。各成分の分析については、従来装置の維持・高度化に加えて、広域観測で得られる大量サンプルの分析のために大気主成分濃度・同位体比測定用の質量分析計を新たに導入・自動化し、COSの詳細な濃度変動の解明のための中赤外レーザー分析法の開発、及び起源推定のための同位体比の高精度測定法の開発にも取り組む。得られた長期広域観測結果を図2の統合解析に供し、大気輸送モデルNICAM-TMによる逆解析を適用することで、全球平均及び海域毎の情報を得る。全球平均値の統合解析例を図3に示す。さらに、Scripps海洋研究所等の協力により、広域観測のさらなる充実を図るとともに重力分離モデルの改良を進める。以上により、国内外の観測・分析・計量・数値計算の各技術の精鋭が結集し成果創出に取り組む。

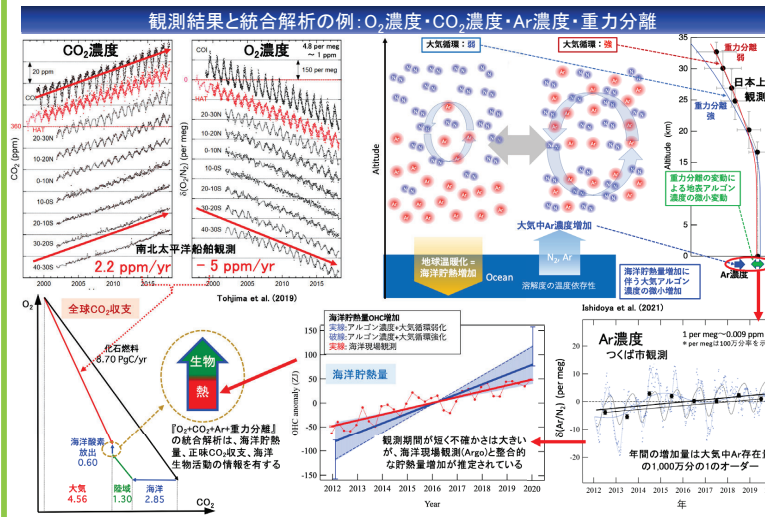


図3 本研究の観測と統合解析の例。左上と左下図は南北太平洋上でのO₂とCO₂濃度の広域観測結果と、長期変動から評価した全球CO₂収支である。右上は海洋貯熱量と大気重力分離の変動に伴う地表Ar濃度の変動メカニズムの概念図であり、つづばでのAr濃度の長期観測結果(右下)から、重力分離の長期変動の影響を補正し海洋貯熱量変動を推定した結果を中央下に示す。さらに、これらO₂-CO₂・Ar・重力分離の統合により、海洋生物活動と大気海洋熱交換に由来する大気海洋O₂交換から熱の寄与を分離し、海洋生物活動の評価が可能になると期待される。