

炭素循環フィールド観測と対策技術評価

独立行政法人 産業技術総合研究所 環境管理研究部門 副部門長

山本 晋

(1) はじめに

地球温暖化を抑制し、持続可能な経済社会の実現にむけて、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの計画的排出抑制が不可欠となる。本研究では二酸化炭素対策技術の評価し、将来の排出シナリオの検討、二酸化炭素海洋隔離の影響予測手法の開発に資することを目的として、海洋、大気、陸上植生圏及び圏間それぞれでの炭素の挙動の解明、陸上植生、海洋の炭素吸収固定能の定量的評価を行う。また、本研究で得られた成果、データを国際的な協力体制のもとに交換、集積、利用できるネットワークの構築を目指す。さらに、測定データと炭素循環グローバル大気輸送モデルと結合して炭素収支計算精度の向上、モデルの改良を図り、二酸化炭素対策技術の効果の検証、排出シナリオの評価を行うツールとする。また、海洋の中深層での現場観測や室内実験に基づき、海洋隔離後の二酸化炭素の挙動および影響の予測手法を構築する。

表1 本研究の研究課題、目標と成果の活用

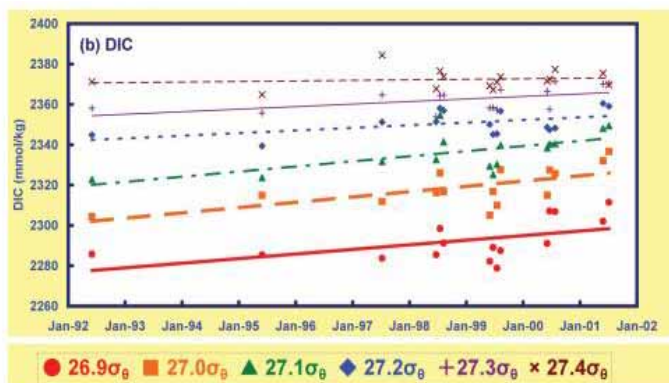
研究サブ課題	具体的目標	成果活用・貢献
森林生態系の二酸化炭素吸収能測定手法開発と炭素収支解明	寒冷・高温多湿条件下測定手法開発 各種生態系炭素収支機能モデル開発 東アジア森林の吸収能推定	東アジアでの測定へ技術提携 植林等森林管理など京都議定書・CDM対応 AsiaFlux・FLUXNETデータベース
海水中二酸化炭素等炭素測定手法開発と炭素循環過程解明	測定手法の開発、国際標準化 北太平洋二酸化炭素吸収量推定 海洋環境シミュレーション構築	海洋炭素循環モニタリング国際事業への適用 グローバルデータベース
二酸化炭素等地球温暖化物質の発生源・吸収源推定手法	CO ₂ 放出・吸収源逆問題解法開発	国・地域別二酸化炭素削減対策の効果の検証 将来予測による対策シナリオの評価
海洋を利用した二酸化炭素対策の評価手法	海洋隔離影響評価手法 モニタリング手法開発	CO ₂ 海洋隔離技術・環境影響評価 IPCC特別報告書(2005: CO ₂ 回収・隔離評価)

(2) フィールド観測による二酸化炭素の環境での挙動の解明

【森林生態系の二酸化炭素吸収能の解明】 森林が光合成作用によって大気中のCO₂を取り込み、有機物を生産することは良く知られているが、この生産量の大きな部分は森林自体の呼吸により消費されて、CO₂を大気に戻す。残りの部分は森林の生物部の増加・固定となる。また、森林の生物部の一部は枯死し、落葉・落枝となって地面に落ちる。一方地面上層部の土壌は多くの有機物を含んでおり、その量は落葉・落枝による有機物の増加と有機物の腐敗によるCO₂の放出により増減している。このように森林生物部と土壌を含む森林生態系での炭素吸収、分解過程には多くの環境要因が関連しているが、現状では十分に解明されていない。本研究では、先ず、二酸化炭素吸収能を定量的に長時間連続測定できる測定手法を開発した。その野外測定手法は東アジア（高温多湿）、東北アジア（低温乾燥）における特徴的森林生態系、諸気象条件下で長期・安定的に作動することが確認されており、米国の測定システムとの比較・検証が行なわれている。その手法を用いた野外でのタワー観測に基づき、大気と森林生態系間のCO₂フラックス（正味交換量NEE）を解析し、大気と森林生態系間のCO₂フラックスと気象条件の関係、炭素収支の季節変化、年々変化を調べた。諸研究機関・大学との協力の下に行われている東アジアの代表的な森林生態系におけるフラックスタワー観測から大気/森林生態系間の正味交換量（NEE）として1.3から5.7tC/ha/yr（平均3.2）の森林生態系の取り込みという結果が得られている。

【海洋/大気間炭素循環過程の解明】 本研究で開発・改良した測定手法を用いて、西部北太平洋で海洋表層の炭素循環の調査を行っている。これまでに当研究所を中心に測定された北太平洋中深層の二酸化炭素ならびにフロンなどの化学トレーサデータと他機関のデータを合わせて、過去十数年にわたる観測で得られた海水中の二酸化炭素濃度データの時系列解析を行い、太平洋中深層の二酸化炭素吸収速度を求めた（図1）。

その結果、北太平洋で最



←北西部北太平洋一定点(KNOT)における二酸化炭素濃度(深度:500-1000m)の時系列変化(1992-2002)。1.3-2.6μmol/kg/yrの二酸化炭素蓄積速度が見積もられた。

図1 過去の時系列二酸化炭素濃度変化からの蓄積速度の推定

も人為起源二酸化炭素が蓄積されている海域は日本沿岸の西部海域で $8 \text{ gC} / \text{m}^2 / \text{year}$ であった。また、1990 年代平均で見ると、北太平洋が $0.54 \pm 0.01 \text{ Pg C} / \text{year}$ ($\text{Pg} = 10^{15} \text{ g}$) の人為起源二酸化炭素を吸収していることがわかった。一方西部北太平洋表層で一次生産に使われた炭素は年間平均で見ると約半分が有光層より下にもたらされることがわかったので、今後沈降粒子束、溶存有機物などを加味した西部北太平洋表層の炭素循環を解明する。

(3) 二酸化炭素対策技術の評価への成果の活用
[植林等森林管理などの炭素収支への森林生態系の役割の評価] 現状では誤差が大きい森林吸収能をより正確に評価する科学的根拠を持った植林等森林管理方法の確立が重要である。本研究による森林生態系での炭素循環における知見は、アジア諸国との排出権取引等の京都メカニズム活用の促進などに活用される。表2は世界の各種森林生態系でのフィールドタワー観測による森林の炭素吸収量を用いて、世界の植林可能面積とCO₂可能吸収量の試算したものである。

表2 世界の植林可能面積とCO₂可能吸収量の試算

森林の面積 (Mha) (陸地の13%)	植林可能面積 (Mha) (森林の1/2~1/3)	CO ₂ 吸収量推定値 (GtC/年)(*)
高緯度地域 409	136~205	0.18~0.27
中緯度地域 250	83~126	0.29~0.44
低緯度地域 1019	340~510	1.2 ~1.7
合計 1678	559~839	1.7 ~2.4(**)

(*) 高緯度、中緯度、低緯度の森林炭素吸収量を1.3、3.5、3.4 tC/ha/年と設定
 (***) 化石燃料消費に伴う放出量: 6.4GtC/年の27~36%、最大可能量の目安

さらに森林生態系など陸域炭素収支のメカニズムの把握により、気候変動下での炭素収支の予測精度を高め、科学的知見に基づく排出規制をさらに進める京都議定書の第2 約束期間以降での陸域炭素収支管理の政策オプションの検討に貢献する。

[海洋隔離環境影響評価手法への活用、海洋隔離技術の評価] 海洋の中深層には膨大な量の水が蓄えられており、また、二酸化炭素の溶解度が大きいことから、海洋は発生源で回収される二酸化炭素の貯留場所として有望な場所とされている。一方、海水は常に循環しているためいずれ大気と接し二酸化炭素が大気に放出される恐れや、現在の海洋環境を変化させてしまい生態系へ重大な影響を与える恐れがある。しかし、海洋の中深層に関するこれまでの知見は乏しく、海洋隔離後の二酸化炭素の挙動および影響の予測はなされていない。そこで、近年開発された手法を用いた現場観測や室内実験によるデータを活用して、隔離後の二酸化炭素の動態を明らかにし、二酸化炭素海洋隔離の影響予測手法の開発を進めている。図2に二酸化炭素海洋隔離に伴う環境影響予測技術開発の要素研究を示している。

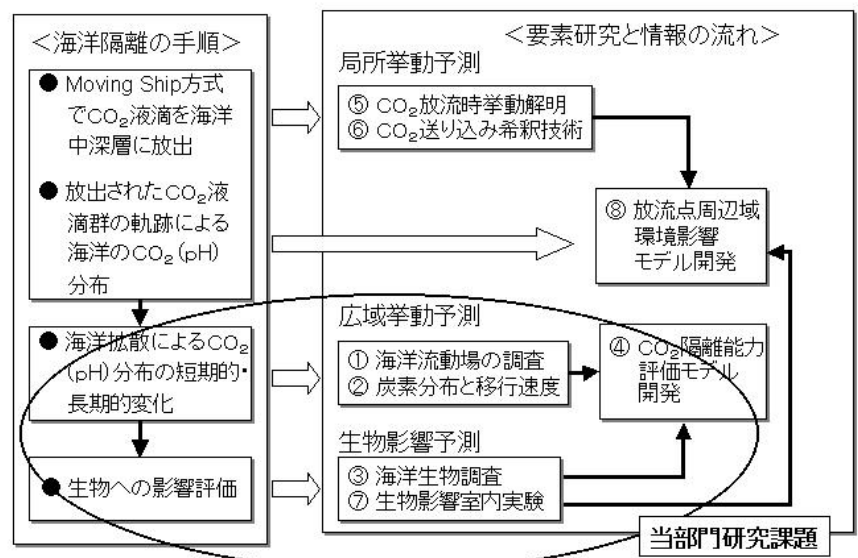


図2 二酸化炭素海洋隔離に伴う環境影響予測技術開発(CO₂海洋隔離の手順と要素研究)

(4) おわりに

二酸化炭素挙動のフィールド観測手法について、測定信頼性を高めるとともに測定及び解析手法の標準化を図ってきた。取得した炭素循環過程についてのフィールド観測データ、科学的知見はデータベース化、論文化して公表すると共にし、フィールド野外観測データを当研究部門で開発を進めている産総研大気輸送モデル、高分解能海洋循環モデルの改良と検証に役立てる。さらに、森林生態系での観測データについては国内外の観測データと合わせて、東アジア陸域生態系炭素収支モデルの開発に活用する。これらのモデルをツールとして炭素収支の定量的評価、CO₂ 対策の評価をさらに進める。

なお、本研究は「経済産業省：二酸化炭素の海洋隔離に伴う環境影響予測技術研究開発」、「環境省：地球環境研究総合推進費」による研究プロジェクトを軸に当研究部門が諸研究機関・大学と協力して推進されている。