

平成21年 4月30日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18340141
 研究課題名（和文） 海洋上における二酸化炭素吸収量の微気象学的方法による現場直接測定
 研究課題名（英文） In-situ direct measurement of air-sea CO₂ flux with micro-meteorological method
 研究代表者
 塚本 修（TSUKAMOTO OSAMU）
 岡山大学・大学院自然科学研究科・教授
 研究者番号：40027298

研究成果の概要：

海洋上における二酸化炭素吸収量の微気象学的方法による現場直接測定の研究のために、船舶を用いた二酸化炭素フラックス測定を行い、詳細なデータ解析、品質管理によって西部太平洋・インド洋地域における海面乱流フラックスの値を得た。また渦相関法による二酸化炭素フラックス測定のほかに大気下層の二酸化炭素濃度の詳細な鉛直分布測定から微気象学的方法で、渦相関法とは独立に二酸化炭素フラックスを推定することができた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	5,600,000	1,680,000	7,280,000
2007年度	6,000,000	1,800,000	7,800,000
2008年度	3,000,000	900,000	3,900,000
年度			
年度			
総計	14,600,000	4,380,000	18,980,000

研究分野：気象学

科研費の分科・細目：地球惑星科学 {気象・海洋物理・陸水学}

キーワード：大気海洋相互作用，気候，地球環境システム，観測手法，物質循環

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化問題に対応するために、自然界のCO₂吸収・放出量を精確に評価することが不可欠である。吸収源・放出源としては森林などの植生と海洋が主なものとして考えられる。森林上など陸上のCO₂交換量については、現在多くのプロジェクトで現地観測も行われており、その多くは本研究代表者らが深く関わってきた「渦相関法」が取り入れられている。

一方、海洋におけるCO₂交換量(F_c)については、海洋と大気とのCO₂濃度差(ΔpCO₂)から、ある輸送係数、kを仮定して推定する、という「バルク法」が用いられ、現在もそれが主流になっている。しかし、輸送係数、kの値は風速に対する依存性、絶対値において多くの研究者の間で統一されたものがない。これは真値の測定(渦相関法)が、これまで技術的にでき

なかったという背景がある。

2. 研究の目的

これまでの本研究グループの成果として、渦相関法を基幹にした微気象学的手法によって海面CO₂交換量の真値を得られる見込みができたので、本研究の期間においてこの輸送係数をパラメータ化することをめざすものである。

本研究グループでは予備的な試験観測として、海洋地球観測船「みらい」を用いて渦相関法による海面CO₂フラックスの直接測定を行ってきた。ところがその結果はこれまでバルク法で得られた値に比べて1-2桁も大きなものとなった。一方、同様な方法で比較した海面水蒸気フラックス（海面蒸発量）については、渦相関法とバルク法の間には矛盾はない。渦相関法で得られたCO₂フラックスの値が真実であれば、これまでのIPCC報告書などで用いられている海洋によるCO₂吸収量の評価は全く異なることになる。逆に我々のグループによる結果が間違っているとすれば、CO₂フラックスについての渦相関法について大幅に見直さなければならないことになり、これは陸上における森林によるCO₂吸収量の観測結果にも影響を及ぼす大きな問題となる。いずれにしても、この海洋によるCO₂吸収量の大きな違いについて早急にその原因を究明して、正確なフラックスの評価を行う必要がある。その結果として輸送係数をパラメータ化が可能になる。

3. 研究の方法

渦相関法による二酸化炭素フラックス測定について、基本的な手法・手順はこれまでの研究でできているので、本研究ではそれを用いた継続的な現場測定を行うとともに、従来のバルク法とのフラックスの値の相違の原因を解明すべく、他の微気象学的手法を併

用して検討する。具体的には Inertial Dissipation 法, Closed-path 法, プロファイル法で同時に値を評価して、より合理的・高精度な海面二酸化炭素フラックスが得られるように手法の再検討をおこなう。これによって、海面 CO₂ フラックスについての2つの手法の違いによる結果の矛盾が解決し、合理的な海面 CO₂ 吸収量の評価につながると期待できる。

4. 研究成果

(1) 船舶を用いた渦相関法による測定

海洋上における二酸化炭素吸収量の微気象学的方法による現場直接測定の研究のために、船舶を用いた二酸化炭素フラックス測定を実施した。これらのデータについて詳細なデータ解析、品質管理を行い、西部太平洋・インド洋地域における海面乱流フラックスのデータ解析を実施した。

観測船を用いた現場直接測定として、海洋研究開発機構の観測船「みらい」に研究分担者・研究協力者が乗船して、渦相関法による二酸化炭素フラックス測定のほかに大気下層の二酸化炭素濃度の詳細な鉛直分布測定を実施した。このデータを用いて微気象学的方法で、渦相関法とは独立に二酸化炭素フラックスを推定することができた。これら結果の概要は「みらいシンポジウム」、「日本気象学会」「TechnoOcean2008」などで発表し、注目された。渦相関法の結果については日本海洋学会の機関誌「Journal of Oceanography」にオープンパス二酸化炭素変動計を用いた外洋上での初めての結果として公表された。

(2) 空気密度変動を考慮したフラックス補正

海面の二酸化炭素輸送量を渦相関法によって詳細に解析するとき、空気の密度変動に伴うWebb補正の重要性が指摘されていた。こ

れまでに得られたデータからこの補正項の大きさが、実測された生のフラックスの値よりも大きくなる場合がかなりあり、場合によっては輸送の向きが逆転する場合も見られた。つまり、この補正項の影響が非常に大きいことがわかった。

しかしこの補正項の大きさについてこれまで実験的に検証されたものはほとんどなかった。そこでこのWebb補正項の大きさを二酸化炭素フラックスがほとんど無いと考えられるアスファルト路面上で実測し、実験的に初めて項の大きさを評価することに成功した。この結果は日本農業気象学会の英文論文誌「Journal of Agricultural Meteorology」に掲載された。

(3) open-path法とclosed-path法の違い

船舶を用いた海洋の現場における渦相関法による二酸化炭素フラックス測にはopen-path渦相関法とclosed-path法があり、それぞれに長所・短所があるが陸上ではその両方が用いられている。海面上での特性を調べるために、船舶の観測でその2つの測定を並行して行い、両者の比較検証を行った。その結果、closed-path渦相関法ではサンプル大気をチューブで吸引することにより、乱流変動の減衰が大きくなり、二酸化炭素フラックスをopen-path渦相関法に比べて過小評価することがわかった。プロファイル法については、条件によってはopen-path渦相関法と良く対応する場合もあった。

(4) オープンパス変動計の光学窓の汚れ

観測船「みらい」における測定データから、open-path二酸化炭素変動計の光学窓の汚れによってCO₂濃度とその変動振幅に顕著な変化が見られることがわかった。とくに変動振幅の変化は二酸化炭素フラックス測定精度に

大きな影響を及ぼす。そこで野外での測定精度の経時変化について、海塩粒子を光学窓に人為的に付着させる室内実験、および海岸において自然に付着させる野外実験を並行して行った。絶対値の変化は再現されたものの、変動振幅の経時変化についてはこれまでの実験では見出せなかった。

研究成果について、先に述べた学会誌への投稿以外に、2007年の国際地球物理連合(IUGG)総会(イタリア・ペルージャ開催)、2008年の米国気象学会・大気境界層部会(スウェーデン・ストックホルム開催)をはじめ国内学会にも多く参加し、研究発表を行うと同時に他の研究者との情報交換を行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)
〔雑誌論文〕(計 5件)

(1)Fumiyoshi Kondo, Osamu Tsukamoto
Evaluation of Webb Correction on CO₂ Flux by Eddy Covariance Technique Using Open-path Gas Analyzer over Asphalt Surface
J. Agriculture Meteorology, 64, 1-8., 2008.
査読有

(2)Chuda T., H. Niino, K. Yoneyama, M. Katsumata, T. Ushiyama and O. Tsukamoto
A statistical analysis of surface turbulent heat flux enhancements due to precipitating clouds observed in the tropical western Pacific
J. Meteorol. Soc. Japan, 86, 439-457, 2008
査読有

(3)Fumiyoshi Kondo, Osamu Tsukamoto
Air-sea CO₂ flux by eddy covariance technique in the Equatorial Indian Ocean
Jour. Oceanography, 63, 449-456. 2007
査読有

(4) 山下栄次, 川崎聡: 西部北太平洋・ベアリング海における海水中の二酸化炭素の水平分布と鉛直分布の測定, 岡山理科大学技術科学研究所年報, Vol. 24, 36-60, 2006, 査読無

(5) 山下栄次, 沖野美和, 唐木大祐, 武田麻里, 沢田 健: 瀬戸内海・四国沖における CO₂ の水平分布測定. 岡山理科大学技術科学研究所年報, Vol. 25, p. 39-56, 2007, 査読無

[学会発表] (計 9 件)

(1) Osamu Tsukamoto, Fumiyoshi Kondo
Experimental validation of the Webb correction for CO₂ flux with an open-path gas analyzer

アメリカ気象学会 18th Symposium on Boundary Layer and Turbulence
ストックホルム大学 (スウェーデン), 2008 年 6 月 10 日

(2) F. Kondo, O. Tsukamoto, H. Ishida,
K. Yoneyama
On-board Direct CO₂ Flux Measurement Technique over the Open Ocean
Techno-Ocean2008
神戸国際会議場(神戸市), 2008 年 4 月 10 日

(3) Fumiyoshi Kondo and Osamu Tsukamoto
Comparative eddy covariance CO₂ flux measurements using open- and closed-path gas analyzers over the equatorial Pacific Ocean

Meeting/Conference 8th Annual Meeting of the EMS / 7th ECAC RAI Amsterdam(アムステルダム, オランダ), 2008 年 9 月 30 日

(4) Toru Iwata, Chikako Watanabe, Osamu Tsukamoto, Yoshihito Suwa

Carbon dioxide profile in the lower atmosphere
SOLAS Science 2007
アモイ (中国), 2007 年 3 月 7 日

(5) Osamu Tsukamoto, Yoshihito Suwa,
Fumiyoshi Kondo, Kunio Yoneyama
Air-sea energy fluxes with on-board eddy-covariance system during MISMO IUGG2007

ペルー(イタリア), 2007 年 7 月 11 日

(6) 近藤文義, 塚本 修
インド洋赤道海域において直接測定した二酸化炭素の海面乱流フラックス
2007 年度日本海洋学会秋季大会
琉球大学(那覇), 2007 年 9 月 26 日

(7) 近藤文義, 塚本修, 渡辺千香子, 岩田 徹
Open-Path 及び Closed-Path 分析計を用いた渦相関法による海面 CO₂ 乱流フラックス
海洋研究開発機構,
第 9 回みらいシンポジウム
パシフィコ横浜(横浜), 2006 年 2 月 24 日

(8) 沢田健, 下重光次, 山下栄次, 岩田 徹:
船と栈橋による海水中二酸化炭素の測定.
2008 年度日本海洋学会秋季大会, 広島国際大学, 2008 年 9 月 25 日

(9) 浦本康宏, 沢田健, 下重光次, 山下栄次,
内山清, 岩田徹: 沿岸海洋における海面 CO₂ フラックス. 日本気象学会関西支部 2007 年例会, 岡山大学, 2007 年 11 月 10 日,

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

塚本 修 (TSUKAMOTO OSAMU)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号: 40027298

(2) 研究分担者

石田 廣史 (ISHIDA HIROSHI)

神戸大学・大学院海事科学研究科・教授

研究者番号: 60031473

山下 栄次 (YAMASHITA EIJI)

岡山理科大学・技術科学研究所・教授

研究者番号: 00220327

岩田 徹 (IWATA TOORU)

岡山大学・環境学研究科・准教授

研究者番号: 10304338

(3) 連携研究者

なし