

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：82101

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22914

研究課題名（和文）「経験的なパラメーター」に依存しない新しいフラックス測定法の開発

研究課題名（英文）Eddy accumulation technique for trace gas flux measurements

研究代表者

斉藤 拓也（Saito, Takuya）

国立研究開発法人国立環境研究所・地球システム領域・主幹研究員

研究者番号：40414370

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：森林・農地・都市などから大気へ放出・除去される物質の輸送量（フラックス）の測定法として簡易渦集積法があり、水銀やVOCなど様々な物質のフラックス測定に用いられてきた。しかしこの手法は、他の物理量から得られた「経験的なパラメーター」に依存するという本質的な欠点を抱えている。そこで本研究では、従来法が抱えていた問題点を超高速フロー制御技術によって解消する渦集積システムを開発した。開発した装置を国内の森林サイトに設置して検証したところ、本手法と直接法と呼ばれる渦相関法によって独立に測定されたCO<sub>2</sub>フラックスの間に良い一致が見られ、本手法の妥当性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

温暖化や大気汚染は大気への物質の過負荷に起因するため、その現象解明や予測には大気への物質の供給量を正確に把握することが欠かせない。本研究で開発された上昇流・下降流の精密分離手法は、様々な大気微量物質や同位体比のフラックス測定に応用されると期待される。

研究成果の概要（英文）：An air sampler based on true eddy accumulation (TEA) technique has been developed for trace gas flux measurements. The TEA sampler was deployed at a coniferous forest site and validated using measurements of CO<sub>2</sub> flux by TEA and eddy covariance technique.

研究分野：大気化学

キーワード：渦集積法 フラックス 揮発性有機化合物

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

温暖化やオゾン破壊、大気汚染などの環境問題は、大気への物質供給量の変化に起因する。このため、大気中に放出・除去される物質輸送量(フラックス)の定量は環境問題の現象解明及び予測に欠かせない。そうした測定法として渦相関法は最も高い信頼性を持つが、その適用例は高い時間応答性を持つ分析装置が利用可能な一部の成分に限られている。

その他の成分については、上昇流と下降流を分離採取してそれらの濃度差からフラックスを求める渦集積法が提案されている。しかし、渦集積法が要求する「鉛直風速に比例したサンプル流量の高速制御」は技術的に難しく、これまで実用化されていない。このためこれまでは渦集積法から派生した半経験的な手法(簡易渦集積法)に頼らざるを得なかった。しかし、簡易渦集積法では経験的な係数をフラックス計算に用いる必要があり、正確なフラックスを算出することができないのが現状である。

### 2. 研究の目的

本研究は、「経験的なパラメーター」に依存しないフラックス測定法である真の渦集積法(True Eddy Accumulation; TEA)の実用化を目的とする。これにより、高速分析装置を利用できないため半経験的な手法に頼らざるを得なかった様々な成分や同位体比に対して、信頼性の高いフラックス測定への道を開く。

### 3. 研究の方法

TEA法に基づく大気試料採取装置(TEA サンプラー)は、超高速応答のマスフローコントローラー(MFC、応答速度:50msで100%応答)、脈動の少ないダイヤフラムポンプ、サンプリングバッグ、データロガー、CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O分析計などから構成した。データロガーを用いて、超音波風速計による風速の3次元成分の測定結果から、鉛直風速の分布解析、上昇流と下降流の振り分け及びサンプル流量の計算を行い、MFCの流量を10Hzで制御した。上昇流と下降流は30分間かけてバッグにサンプリングされ、CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O分析計によってCO<sub>2</sub>濃度測定を経て、上昇流と下降流のCO<sub>2</sub>濃度差が計算された。

### 4. 研究成果

まず、構築したシステム全体の応答性をラボ実験とシミュレーションで評価した。種々の検討を経た後に、TEA サンプラーを滋賀県南部に位置する桐生水文試験地(温帯ヒノキ林)及び京都府南部の山城水文試験地(落葉広葉樹林)に設置した。

図1と2に、桐生水文試験地で観測されたTEA サンプラーの応答性を示す。鉛直風速の向きと大きさに対応してサンプリング流量が変動していること、サンプリング流量が0.1秒ほどの遅れで設定流量に追従していることが確認された。また、30分間の各ランにおけるサンプル流量の理論値と実測値の比較から、両者が概ね一致していることがわかった(図3)。

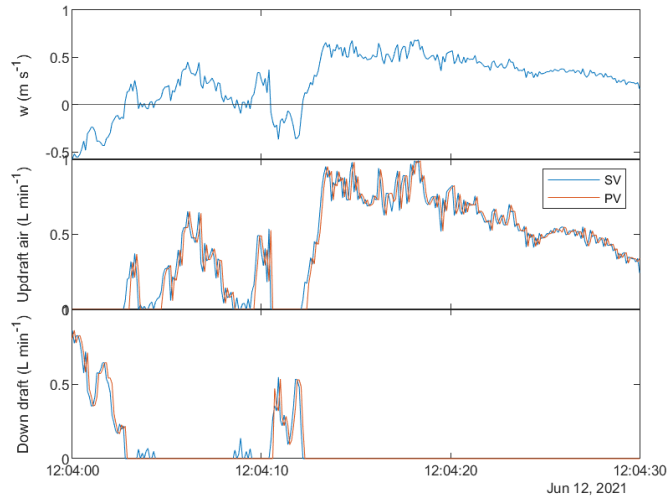


図1 桐生水文試験地で得られた、(上から)鉛直風速、上昇流のサンプリング流量、下降流のサンプリング流量の30秒間にわたる変化。サンプリング流量の青線と赤線はそれぞれ設定流量と実測流量の変化を表す。

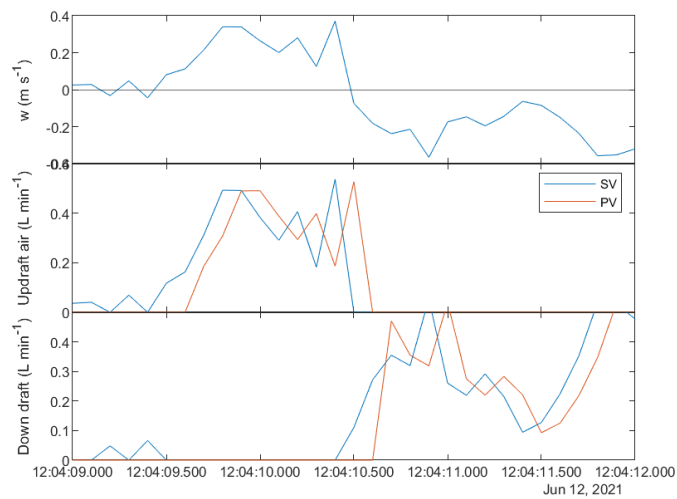


図2 図1の一部(3秒間)を拡大したグラフ。

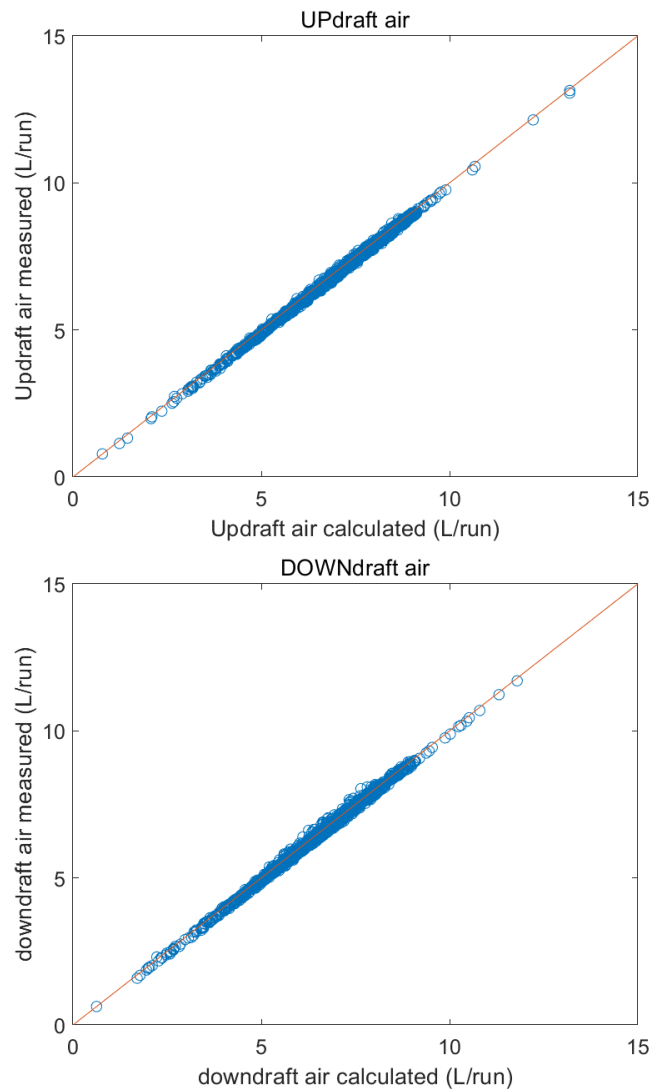


図3 30分間の各ランにおける設定サンプル量と実測サンプル量の関係（上図：上昇流、下図：下降流）

続いて、TEA法によって観測されたCO<sub>2</sub>フラックスを渦相関法によるものと比較したところ、ばらつきが大きいことがわかった。この原因として、TEA法のフラックス測定精度が、鉛直風速の分布の偏りに大きく依存するためと考えられた。そこでこの影響を抑えるため、鉛直風速 - 採取流量の換算に関わる鉛直風速の閾値を調整することで、鉛直風速に対するシステムの分解能を最適化した。その結果、TEA法によるCO<sub>2</sub>フラックスが渦相関法と良い一致を示すことがわかった（図4）。

以上の結果から、本研究で開発されたTEAサンプラーは、上昇流と下降流を鉛直風速に応じて採取できることが示された。この手法は今後、揮発性有機化合物を含む様々な大気微量成分やそれらの同位体比のフラックス測定法として利用できると期待される。

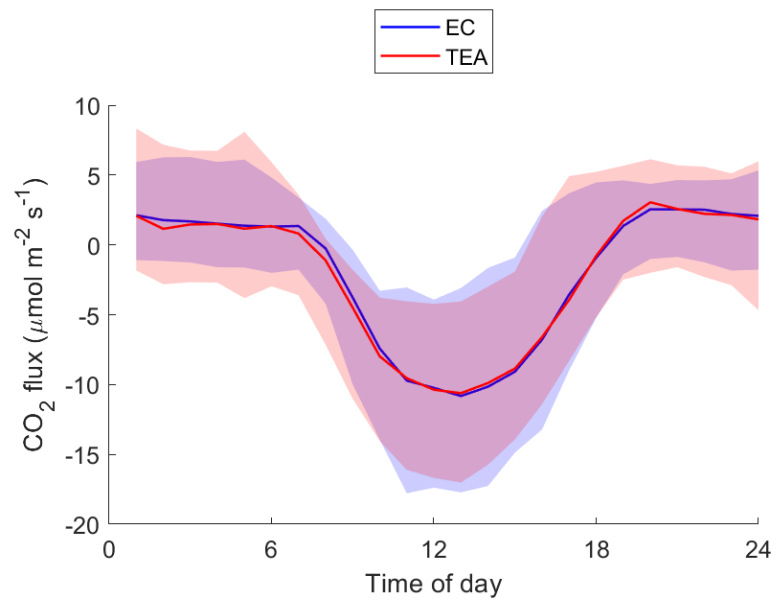


図4 桐生水文試験地で観測されたCO<sub>2</sub>フラックスの日変化(2022年5月の平均、青：渦相関法(EC)、赤：真の渦集積法(TEA))。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 齊藤拓也, 坂部綾香, 高梨聡, 小杉緑子
2. 発表標題 経験的なパラメーターに依存しないフラックス測定法-真の渦集積法の開発と検証
3. 学会等名 2021年度日本地球化学会第68回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂部綾香, 高梨聡, 齊藤拓也
2. 発表標題 経験的パラメータを使用しない渦集積法によるフラックス測定システムの検討
3. 学会等名 日本農業気象学会2021年全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齊藤拓也
2. 発表標題 オゾン層破壊に関わる熱帯生物圏と大気圏の相互作用
3. 学会等名 日本地球化学会第66回年会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齊藤拓也
2. 発表標題 オゾン層破壊と生物の関係：最近の話題
3. 学会等名 生物環境イノベーション研究部門第2回シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅澤拓, 丹羽洋介, 齊藤拓也, 齋藤尚子, 豊田栄
2. 発表標題 大気化学の将来構想: 温室効果気体とオゾン層破壊物質
3. 学会等名 第26回大気化学討論会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 低温濃縮装置及び大気濃縮装置	発明者 齊藤拓也, ステファン ジョセフ アンド リュース	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、6935116	取得年 2021年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

「経験的なパラメーター」に依存しない新しいフラックス測定法の開発（令和 2年度） <a href="https://www.nies.go.jp/subjects/2020/25342_fy2020.html">https://www.nies.go.jp/subjects/2020/25342_fy2020.html</a>
---

#### 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	高梨 聡  (Takanashi Satoru)  (90423011)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等   (82105)	
研究分担者	坂部 綾香  (Sakabe Ayaka)  (40757936)	京都大学・白眉センター・特定助教   (14301)	

#### 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
英国	ヨーク大学			