

大阪府立大学工業高等専門学校 学生会員 平山 紳也
 大阪府立大学工業高等専門学校 学生会員 鞠川 純平
 大阪府立大学工業高等専門学校 正会員 大谷 壮介

1. はじめに

人間活動が活発な都市部ではヒートアイランド化が深刻な問題となっており、その原因となっているのが「温室効果ガス」である。その代表例にCO₂が挙げられ、人類の急速な技術革新の速度に比例して、そのような温室効果ガスも増加した。

近年、そのCO₂の動態を観測・定量化する方法として、渦相関法を用いた研究が行われており、主に森林や農地などの植生地帯を対象としたものが多い。例えば、沿岸域において有明海では土壌、海面から大気へのCO₂フラックスに関して、季節によりCO₂は吸収されていたことが報告されており、自然生態系の有するCO₂の固定機能が明らかになっている¹⁾。一方で、人間活動が活発、すなわちCO₂の収支が大きいと考えられる都市部や住宅地において、森脇ら(2006)は東京・大田区の久が原で夜間にCO₂濃度は増加することを報告している²⁾。したがって、都市部や住宅地においてCO₂の削減を検討するには年間を通したCO₂の動態を観測して、その動態を把握することが不可欠である。

そこで本研究では、都市部である寝屋川市を対象に上空において渦相関法を用いてCO₂の動態を観測・定量化することを目的とした。

2. 研究方法

(1) 調査場所・観測方法

観測は東経135°37'45"106, 北緯34°46'13"444に位置する大阪府立大学工業高等専門学校の屋上にて行った。観測はCO₂計(LI-COR製:LI-7500)と超音波風速計(SONIC製:SAT-540)を用いてCO₂濃度および3次元風速について10Hzの間隔で行った。その他に湿度や地表面の温度等の測定を行った。

観測は2014年1月から12月まで毎月1回、天候の良い3日間を選定し、1日目の14時から3日目の14時までの2日分のデータを観測した。

Shinya HIRAYAMA, Junpei MARIKAWA, Sosuke OTANI
 r10137@osaka-pct.ac.jp

(2) 地表面の熱収支について

地表面の熱収支を次の式(1)で示す。

$$R_n = S_0 \sin\theta (1 - \alpha) + L^\downarrow - L^\uparrow = H + IE - G \quad (1)$$

ここに、 R_n は地表面が受ける正味の放射による熱量、 $S_0 = 1370(\text{W/m}^2)$ は太陽定数、 θ は太陽放射と地表面のなす角度、 α はアルベド(地表面の反射率)、 L^\downarrow は大気放射、 L^\uparrow は地球放射、 H は対流による顕熱(相変化を伴わない)フラックス、 IE は気化による潜熱(相変化を伴う)フラックス($l = 2.5 \times 10^6(\text{J/kg})$ は水の気化熱、 $E(\text{kg/m}^2/\text{s})$ は水の蒸発量)、 G は伝導による地中への熱輸送である(地表面の熱収支の値は式(1)を用いて算出し、正の値を放出、負の値を吸収とする)。

(3) CO₂フラックスの計算式について

渦相関法でフラックスを算出する際、温度や水蒸気の変動に伴う空気密度変動の影響を補正する必要があるため、本研究では式(2)の密度変動補正(WRL 補正)を含んだCO₂フラックスの式³⁾を用いた。

$$F_c = \overline{w' \rho'_c} + \mu \frac{\overline{\rho'_c}}{\overline{\rho_a}} \overline{w' \rho'_v} + (1 + \mu \sigma) \frac{\overline{\rho'_c}}{T} \overline{w' T'} \quad (2)$$

横棒は平均、プライムは平均からの変動成分を表す。ここに、 w は鉛直風速(m/s)、 T は温度(K)、 ρ_c はCO₂の絶対密度(kg/m³)、 ρ_a は湿潤空気の絶対密度(kg/m³)、 ρ_v は水蒸気の絶対密度(kg/m³)、 $\mu = m_a / m_v$ (乾燥空気/水蒸気分子量)、 $\sigma = \overline{\rho_v} / \overline{\rho_a}$ である。また、右辺の項ごとの意味について、第1項が直接求められる生のフラックス、第2、3項がWPL補正項、潜熱・顕熱による補正項を表す。また、フラックスの値は正の値を放出、負の値を吸収とする。

3. 結果および考察

(1) 全体のCO₂フラックスについて

2014年の寝屋川市の年間におけるCO₂フラックスの経月変化を図-1に示す。図-1より、CO₂フラックスは

0.018~0.162 mg/m²/monthで変動して、年間を通して0.781 mg/m²/yearの放出であった。また、月平均のCO₂フラックスは0.065 mg/m²/monthであり、久が原の住宅地で計測されたCO₂フラックスの約0.25 mg/m²/month²⁾と比較すると寝屋川市のCO₂フラックスは久が原の約1/4倍であった。

(2) CO₂フラックスの成分について

CO₂フラックスの成分の経月変化を図-2に示す。図-2より、生のCO₂フラックスは-0.048~0.113 mg/m²/month、潜熱のCO₂フラックスは-0.000~0.024 mg/m²/month、顕熱のCO₂フラックスは0.003~0.089mg/m²/monthであった。また、CO₂フラックスの寄与率の経月変化を図-3に示す。図-3より、全体のCO₂フラックスの寄与率に関して、年平均の生のCO₂フラックスは40%、顕熱のCO₂フラックスは55%であるのに対して、潜熱のCO₂フラックスは5%の寄与率であった。これより、CO₂フラックスの成分は主に生のCO₂フラックスと顕熱によるCO₂フラックスから成り立っており、潜熱によるCO₂フラックスの寄与は小さかった。

(3) 地表面の熱収支と顕熱のCO₂フラックス

地表面の熱収支と顕熱のCO₂フラックスの関係を図-4に示す。図-4より、地面が熱を吸収するほど顕熱のCO₂フラックスは大きくなり、地表面の熱収支は顕熱のCO₂フラックスに寄与していた。これは地表面で熱が吸収されることで、顕熱によるCO₂フラックスは放出していることを示している。したがって、地表面における熱収支によって、顕熱によるCO₂フラックスが放出され、ヒートアイランドに寄与していることが示唆される。

4. おわりに

本研究では寝屋川市の住宅地において年間のCO₂フラックスの観測を行うことで、2014年の全体のCO₂フラックスは0.781 mg/m²/yearの放出であった。特に顕熱のCO₂フラックスは0.551 mg/m²/yearの放出しており、寝屋川市のCO₂フラックスに大きく寄与していた。また、顕熱のCO₂フラックスは地面の熱収支と関連していることが示唆された。

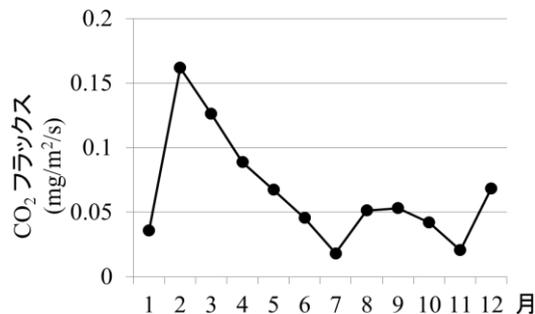


図-1 CO₂フラックスの経月変化

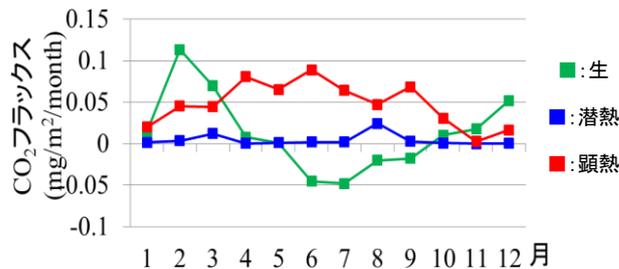


図-2 CO₂フラックスの成分の経月変化

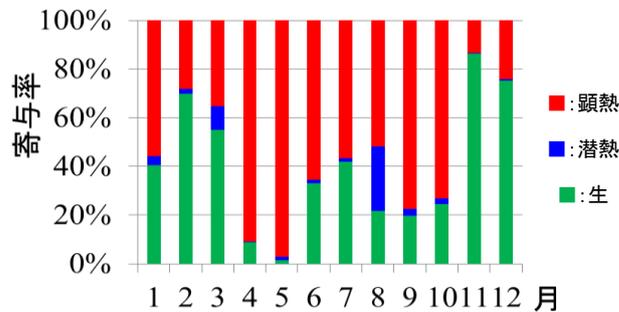


図-3 CO₂フラックスの寄与率の経月変化

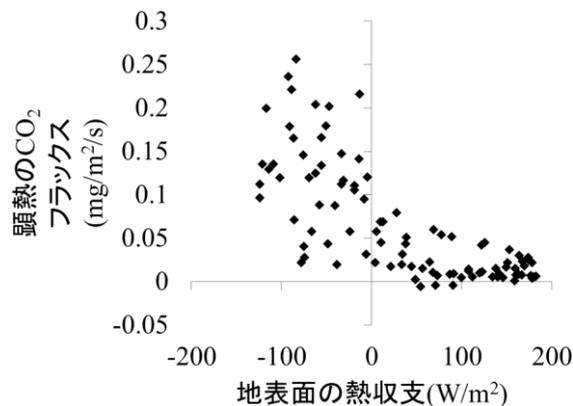


図-4 地表面の熱収支と顕熱のCO₂フラックスの関係

参考文献

- 1) 田中健路・滝川清：有明海干潟上における二酸化炭素フラックス観測，海岸工学論文集，53，pp. 1136-1140，2006。
- 2) 森脇亮・神田学：住宅街における冬季夜間の局所的冷氣沈降とスカラー濃度プロファイルの形成機構，土木学会水工学論文集，50，pp. 493-498，2006。
- 3) タワーフラックス観測マニュアル編集委員会：タワーフラックス観測マニュアル，pp. 1-169，2011。