

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：54401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K18146

研究課題名(和文)物質循環を駆動する河口干潟の炭素固定機能の動態解明

研究課題名(英文)Elucidation of the carbon storage in the tidal flat estuarine that drives material cycle

研究代表者

大谷 壮介(Otani, Sosuke)

大阪府立大学工業高等専門学校・その他部局等・准教授

研究者番号：60554219

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：大阪市を流れる淀川を対象に、干潟・湿地帯におけるCO₂ガス交換および藻類による炭素固定機能について定量的に示すことを目的とした。河口湿地帯におけるCO₂はヨシによって春から夏にかけて吸収傾向であることがわかった。さらに、河口干潟では日変動を考慮すると河口干潟では水面からCO₂は排出されていると考えられた。ヨシ、底生微細藻類、植物プランクトンの一次生産者による炭素固定機能について、各一次生産者の中で現存量、炭素固定速度が最も大きい植物はヨシであり、ヨシの炭素のストックおよびフローが大きいことから河口干潟の炭素固定における役割は大きいと考えられた。

研究成果の概要(英文)：This study of purpose was to quantify carbon dioxide gas exchange in tidal flat and tidal marsh in the Yodo river of Osaka city. In this research, it was investigated and analyzed the seasonal change and balance of carbon dioxide gas exchange in air, sediment and water surface. It was found that carbon dioxide tended to absorb from spring to summer in tidal marsh. It was considered that carbon dioxide was eliminated from the water surface in tidal flat. Carbon storage by primary producers such as reed (*Phragmites australis*) and two microalgae (microphytobenthos, phytoplankton) were evaluated. Biomass of two species of microalgae had a peak in winter. The two microalgae were major primary producers at the tidal flat in late autumn to winter because there is no activity such as photosynthesis, respiration of reed during that period. It thought that reed play the role of carbon storage in tidal flat because biomass and production of reed were highest among primary producer.

研究分野：生態系工学

キーワード：河口干潟 湿地帯 ヨシ 二酸化炭素フラックス 堆積物

1. 研究開始当初の背景

沿岸域の中でも干潟・湿地帯は上流からは流域からの流入，下流からは海の影響を受けている。また，潮汐によって干潟・湿地帯は干満を繰り返しており，環境の変動が大きな場所といえる。これまで，このような沿岸域は流域から流入した有機物の分解の場として働き，二酸化炭素(CO₂)の排出源であるとの見方が一般的であった(Laruelle et al., 2013; Regnier et al., 2013)。しかしながら，近年，ブルーカーボンの機能を有する場として注目されている。地球上の生物が固定化する炭素の 55%がブルーカーボン由来であると推定されており(Nellemann et al., 2009)，CO₂の直接的な吸収と放出に関する研究が進められている。様々な動植物が生息している干潟・湿地帯では生産と消費が活発に行われており，CO₂の吸収と放出は非常に複雑である。その中でも，炭素固定を考える場合，直接的にCO₂を吸収する複数の藻類が寄与しており，総合的にCO₂の収支を評価する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では2つのことを明らかにすることを目的に研究を行った。1つ目は，沿岸域の中でも干潟・湿地帯におけるCO₂ガス交換(フラックス)について定量的に示すことを目的とした。陸域や外洋と比較すると，浅海域におけるCO₂フラックスのデータは少ないのが現状である。本研究では渦相関法とチャンバー法を用いて，大気，堆積物，水面におけるCO₂フラックスの定量化およびその時間変動，収支に着目して解析を行った。2つ目は，河口干潟における一次生産者(ヨシ，底生微細藻類，植物プランクトン)の現存量，生産量および呼吸量を定量化することで河口干潟における一次生産者の炭素固定機能の役割を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) CO₂フラックスの測定・解析方法

調査は大阪市を流れる淀川において，大阪湾河口から約 8 km 上流の右岸に位置するヨシ湿地帯(42000 m²)を対象とした。2014 年 5 月，8 月，11 月，2015 年 2 月，4~9 月において計 10 回の調査を行った。各観測期間は 2~6 日間であり，二酸化炭素濃度(LI-COR 社，LI-7500)と 3 次元風速(SONIC 社，SAT-540)を 10 Hz で計測した。また，同時に地温，気温等の気象条件を測定した。得られたデータから 30 分毎に CO₂フラックス，潜熱および顕熱フラックスを算出した。

本研究において渦相関法による CO₂フラックス F_c (mgCO₂/m²/s)は WPL 補正を含んだ式(1)を用いて算出した。式(1)においてオーバーラインは平均を表し，プライム(′)は平均からの変動成分を表す。ここで， w ：鉛直成分風速， ρ_c ：CO₂の絶対密度， ρ_a ：湿潤空気の絶対密度， ρ_v ：水蒸気の絶対密度， μ ：乾燥空気の平均分子量と水蒸気の分子量の比， σ ：空気と水蒸気密度の比である。また，式(1)において右辺第 1 項は，直接求められる生のフラックス，右辺第 2・3 項は WPL 補正項であり，潜熱・顕熱による補正項である。本研究ではCO₂および熱フラックスの値について負の値は上空からの吸収，正の値は上空への放出とした。

$$F_c = \overline{w' \rho_c'} + \mu \frac{\rho_c}{\rho_a} \overline{w' \rho_v'} + (1 + \mu \sigma) \frac{E_c}{T} \overline{w' T'} \quad (1)$$

熱フラックスである顕熱フラックス H (W/m²)および潜熱フラックス IE (W/m²)は，式(2)，(3)により求めた。 C_p ：空気の定圧比熱， l ：水の気化熱， E ：水の蒸発量である。

$$H = C_p \rho_a \overline{w' T'} \quad (2)$$

$$IE = l \overline{w' \rho_v'} \quad (3)$$

堆積物におけるCO₂フラックスの調査はプラスチック製の透明な容器(明チャンバー，高さ 21 cm，Φ12 cm)と太陽光を遮断する容器(暗チャンバー，高さ 21 cm，Φ12 cm)を堆積物に差し込み，容器内のCO₂濃度を NDIR 方式のCO₂計(GMP343，VAISALA 社)

で10分間の測定を干出時に3回行った水面におけるCO₂フラックスの調査は干潟の冠水時に、水面にプラスチック製のフローティングチャンバー(高さ12.5 cm, Φ19.5 cm)を置き、堆積物での測定時と同様の方法で3回のCO₂フラックス(mgCO₂/m²/min)を計測した。

(2) 藻類の現存量・炭素固定速度の測定方法

現存量調査について、ヨシは30×30 cmのコドラートを用いて採集し、乾燥重量および炭素濃度を測定した。また、干潟域(3000 m²)において底生微細藻類と植物プランクトンはChl.a量を測定して、C/Chl.a比より炭素換算して現存量とした。

生産量と呼吸量について、底生微細藻類は堆積物のCO₂フラックスの計測を前述の明・暗のチャンバー法、植物プランクトンはDOの計測の明暗瓶法により炭素フラックスに換算した。ヨシの光合成・呼吸速度は葉を対象に明・暗の同化箱およびCO₂計を用いて計測した。なお、植物プランクトンの現存量、生産量等は水柱あたり(m²)に換算した。

4. 研究成果

(1) 湿地帯のCO₂フラックス

CO₂フラックスの季節変化について、CO₂フラックスが吸収を示した月は2014年5月、2015年6月~9月であり、CO₂フラックスが放出を示した月は2014年8月、11月、2015年2月、4月、5月であった(図-1)。また、CO₂フラックスは $\pm 0.12 \sim -0.072$ mgCO₂/m²/sで変動しており、春から夏にかけて吸収傾向であることが示唆される。潜熱フラックスと顕熱フラックスは放出を示しており、河口湿地帯は水蒸気、熱の放出の場であることが示された。

ここで、後述するCO₂フラックスの時間変動を基に10回の観測結果について時間変動の特徴毎に分類を行った。特徴の分類はCO₂フラックスの時間変動に着目して、それぞれ2014年5月、2015年6月、8月、9月、を「日中

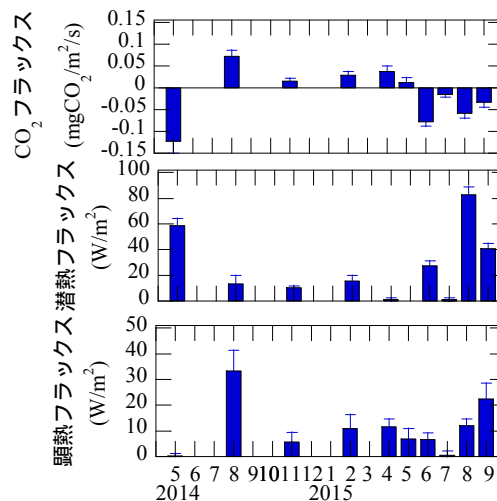


図-1 CO₂および熱フラックスの季節変化

にCO₂の吸収を示したグループ」、2014年8月、2015年4月、5月を「日中にCO₂の放出を示したグループ」、2014年11月、2015年2月、7月を「CO₂フラックスの時間変動のないグループ」と分類した。以後、この分類に従って、それぞれの環境要因との関連性を検討してCO₂フラックスの動態の解明を行った。

「日中にCO₂の吸収を示したグループ」について、CO₂フラックスは日中にCO₂の吸収を示しており、潜熱は日中に大きく放出していた。また、地温と気温の温度差について、日中に気温は地温よりも高く、夜間に地温は気温よりも高かった。「日中に放出を示したグループ」について、CO₂フラックスは日中においてCO₂の放出を示しており、顕熱も日中に放出を示した。また日中に地温が気温を上回っており、夜間に気温が地温を上回っていた。「時間変動に特徴がないグループ」について、CO₂フラックスに明確な変動特性は認められなかった。

以上のCO₂フラックスの動態を以下のようにまとめることができる。「日中に吸収を示したグループ」について、日中の気温の上昇に伴って光合成が行われることでCO₂は吸収されており、同時に蒸散による水蒸気の放出によって潜熱を放出して、潜熱フラックスはCO₂フラックスと負の相関関係が認められた。

つまり、日中において湿地帯のヨシの光合成が起点となってCO₂は吸収されていることを示しており、植生は物質循環を駆動するように働いていることが明らかになった。「日中に放出を示したグループ」について、日中に地温は気温より高いため、顕熱フラックスは放出を示したと同時にCO₂は放出されていた。一方で夜間は逆の現象が確認され、地温と気温の温度差による物理的な要因がCO₂フラックスの変動に寄与していた。「時間変動に特徴がないグループ」について、11月と2月ではヨシの生長はなく枯れており、植物による光合成や呼吸がないために、CO₂フラックスの変動は小さい。また、降水があると温度差の物理的な要因があったとしても、光量子が小さいため、CO₂フラックスの時間変動は小さいことが示唆される。

(2) 堆積物と水面のCO₂フラックス

堆積物におけるCO₂吸収速度、CO₂排出速度はそれぞれ0.0675~6.63 mgCO₂/m²/min、0.0380~2.82 mg CO₂/m²/minで変動しており、夏季に最大値を示した(図-2)。CO₂吸収速度、CO₂排出速度は地温・ORPと相関関係が認められたが、他の底質環境と相関関係は認められなかった。また、Chl.a当たりのCO₂吸収速度は地温と統計的に正の相関関係があり、その関係性は地温が上昇するごとに対数的に増加しており、CO₂の吸収には底生微細藻類の活性が寄与していた。炭素吸収速度にはChl.a量よりもChl.a当たりの炭素吸収速度が寄与していることが示唆された。一方で、本干潟にはヤマトシジミが優占的に生息しており、CO₂排出速度はヤマトシジミの身の有機炭素現存量と統計的に有意な正の相関関係が認められ(r=0.55, P<0.01)、ヤマトシジミの呼吸が炭素排出速度に寄与していることが示唆される。

チャンバー法による水面におけるCO₂フラックスは1年間の計測を通してすべての月で

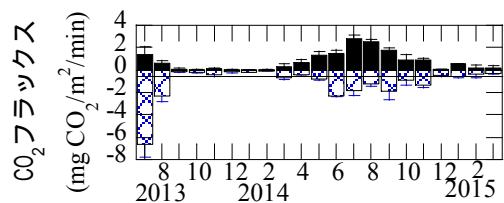


図-2 堆積物のCO₂フラックス経月変化

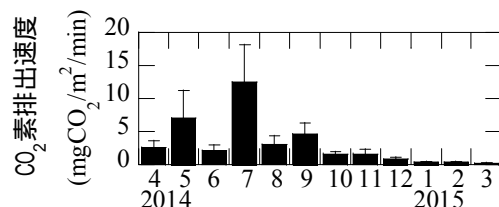


図-3 海面のCO₂排出速度の経月変化

排出であった(図-3)。水面からのCO₂排出速度は0.242±0.05~12.5±5.61 mg CO₂/m²/minで変動していた。水面のCO₂排出速度は堆積物のCO₂排出速度と正の相関関係が認められた(r=0.77, P<0.01, n=12)。この水面のCO₂排出速度は、上述の堆積物のCO₂排出速度の0.81~9.4(平均3.0)倍であった。つまり、水面のCO₂排出速度は堆積物のCO₂排出速度を上回っていることを示している。

(4) 藻類による炭素固定機能

年間の平均現存量について、ヨシは2091 gC/m²であり、底生微細藻類・植物プランクトンと比べて、ヨシの現存量が最も大きかった(表-1)。また、年間の炭素固定速度についてヨシは5083 gC/m²/year、底生微細藻類は80.6 gC/m²/year、植物プランクトンは665 gC/m²/yearであった。

面積を考慮した年間の炭素固定量について、ヨシは87.8 tC、底生微細藻類は0.24 tC、

表-1 各一次生産者の年間の平均現存量および炭素固定速度

一次生産者	平均現存量 (gC/m ²)	炭素固定速度 (gC/m ² /year)
ヨシ	2091	5083
底生微細藻類 (堆積物)	2.44	80.6
植物プランクトン (水中)	0.44	665

植物プランクトンは2.00 tCと試算される。また、調査対象地域において、ヨシの炭素固定量の寄与は全体の97.5%であった。

ヨシは空気中のCO₂を吸収して炭素固定しているが、11月以降は光合成をおこなっていない。一方で、2種の微細藻類の現存量および炭素固定速度はヨシと比べると小さいが、ヨシの活性が低い時期に微細藻類は炭素固定している点に特徴があった。また、干潟において生産することで高次の生物の餌資源として機能していることが示唆される。

(5) まとめ

河口湿地帯におけるCO₂フラックスは春から夏にかけて吸収傾向であることがわかった。また、CO₂フラックスの時間変動から特徴の類型化を行なった結果、CO₂フラックスは気温と地温の温度差による物理的な要因と植生の光合成によって変動していることが考えられた。さらに、河口干潟では干出中には底生微細藻類によってCO₂は固定されているものの水面ではCO₂は排出され、水面のCO₂排出速度は堆積物のCO₂排出速度の約3倍であり、日変動を考慮すると河口干潟では水面からCO₂は排出されていると考えられる。

各生産者の中で現存量、生産量が最も高い植物はヨシであり、炭素の現存量(ストック)および生産量(フロー)が大きいことから河口干潟の炭素固定における役割は大きいと考えられた。

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 2 件)

1. 大谷壮介, 鞠川純平(2017): 河口湿地帯の二酸化炭素フラックスの動態解明, 土木学会論文集 B2-73 (海岸工学), pp.I_1303-I_1308.
2. 大谷壮介, 川崎太輝, 遠藤徹, 東和之(2017): 泥質河口干潟の底質環境と二酸

化炭素吸収・排出速度の季節変化, 土木学会論文集 B3-73 (海洋開発), pp.I_630-I_635.

〔学会発表〕(計 6 件)

1. 大谷壮介, 鞠川純平(2016): 河口湿地帯の二酸化炭素フラックスの動態解析, 応用生態工学会第20回大会, PA-1, p. 28.
2. 安原汰唯我, 辻大地, 大谷壮介(2016): 汽水域の一次生産者による炭素固定機能の評価, 応用生態工学会第20回大会, PA-2, p.29.
3. 田畑直樹, 澤井海美, 大谷壮介(2017): ヤマトシジミの死亡後の分解過程について, 平成29年度土木学会関西支部年次学術講演会, □-8.
4. 安原汰唯我, 大谷壮介(2017): 淀川汽水域におけるヨシの光合成速度の現地実験と炭素固定機能の解明に向けた生長動態解析, 応用生態工学会第21回大会, G-73.
5. 大谷壮介, 井元大樹, 鴨狩諒, 上月康則(2017): 大阪湾湾奥の過栄養域の二酸化炭素フラックスと水質の関係, 応用生態工学会第21回大会, G-91.
6. Naoki Tabata, Sosuke Otani, Susumu Yamochi (2017): Study on organic matter decomposition by attached organisms of oyster shell, The Third Asian Marine Biology Symposium, P3-02, Kumamoto, Japan.

〔図書〕(計 2 件)

1. Endo T, Otani S. (2018) Chapter 5. Carbon storage in tidal flats, In Kuwae T, Hori M (eds) Blue Carbon in Shallow Coastal Ecosystems: Carbon dynamics, Policy, and Implementation, Springer, 全390頁.
2. Otani S, Endo T. (2018) Chapter 8. CO₂ Flux in Tidal Flats and Salt Marshes, In Kuwae T, Hori M (eds) Blue Carbon in

Shallow Coastal Ecosystems: Carbon dynamics, Policy, and Implementation, Springer, 全 390 頁.

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究代表者

大谷 壮介 (OTANI SOSUKE)

大阪府立大学工業高等専門学校・准教授

研究者番号 : 60554219