

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 14 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26340093

研究課題名(和文)都市の人工塩性湿地におけるブルーカーボン機能の定量的評価に関する研究

研究課題名(英文)A Research for the Quantitative Evaluation of Blue Carbon Function at the Artificial Salt Marsh in the Vicinity of Urban Areas

研究代表者

矢持 進(YAMOCHI, Susumu)

大阪市立大学・大学院工学研究科・名誉教授

研究者番号：30315973

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：大阪南港野鳥園北池塩性湿地において堆積物表面でのCO₂の吸収と排出を調べた。吸収は温度、Chl. a、光量子量と強い関連性があり、排出は温度と地下水位に依存して変化した。排出量の推定では地下水位が重要で、これを考慮しない場合は過大評価されることが判った。湿地全体の吸排出量を試算すると、2014年5-9月の吸収量は約23t、排出量は約14tであり、約9tのCO₂が吸収され、高水温期の本湿地はCO₂の吸収源として機能していた。

研究成果の概要(英文)：Net CO₂ absorption and emission on the surface of the sediment was examined at the north salt marsh of Osaka Nanko bird sanctuary. Gross CO₂ absorption was closely related to sediment temperature, chlorophyll a and photon flux density, while CO₂ emission changed depending on the sediment temperature and groundwater level. The groundwater level was thought to be indispensable for estimating the CO₂ emission from the sediment. They were overestimated when groundwater level was not taken into account. The total CO₂ absorption or emission of the north salt marsh was estimated as ca.23 tons for absorption and ca.14 tons for emission in May to September, 2014. These results suggest that a net of 9 tons CO₂ was absorbed and this salt marsh plays the role of a CO₂ sink in the high temperature season of a year.

研究分野：環境学

キーワード：CO₂フラックス 人工塩性湿地 地下水位 堆積物温度 光量子 クロロフィルa

1. 研究開始当初の背景

筆者はこれまで豊かな水辺空間の創出を求める市民ニーズに対応し、都市臨海域において人為的な手段で造成された湿地や浅場における水底質環境と生物の動態に関する研究に携わってきた。ただ、都市近傍の湿地や浅場は、視点を変えれば、多大な有機物の生産・分解を通じて海の物質循環に深く関わり、ひいては身近な場におけるCO₂の吸収・固定・排出の場であると言える。それにもかかわらず、湿地や浅場の環境動態をCO₂の吸収・固定・排出と関連づけて調査・解析した研究は少ない。また、都市圏の温度上昇が今後も強化されるとの予測のもと、温度や干出時間の変化が湿地や浅場のCO₂貯留機能に及ぼす効果を研究する意義は大きい。このような背景のもと、「都市における人工の浅場・湿地は二酸化炭素貯留の場となりうるか」を解明すべき環境動態研究課題と考え、本研究を実施した。

本成果報告は、主として塩性湿地におけるCO₂の吸収・排出に及ぼす温度、光、干出時間、底生藻類現存量の影響に関する現地調査、ならびに環境因子とCO₂動態の関係から推定される塩性湿地全体のCO₂フラックスから構成される。なお、湿地堆積物に貯留される有機物の消長に関する調査・実験結果については割愛した。これについては主な発表論文を参照されたい。

2. 研究の目的

1983年に造成された大阪南港野鳥園北池塩性湿地(以下、北池湿地という)の潮間帯と潮下帯で、堆積物表面のCO₂フラックス、温度、光量、地下水位、クロロフィルa濃度を測定し、これらの環境因子がCO₂フラックスに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。また、湿地がCO₂のSinkの場として機能しているのかSourceの場であるのかについては議論が活発に交わされている。そこで、高水温期の北池湿地について得られた関係式などを用いて、湿地全体のCO₂吸排出量を試算し、このことを検討した。

3. 研究の方法

(1) CO₂の吸収・排出と環境因子との関連

CO₂フラックスの測定は、北池湿地の潮間帯と潮下帯の各1定点で行った。潮間帯では2010から2014年の5月から9月、潮下帯では2013年から2014年の5月から9月に測定した。同時に、光量子量、堆積物温度、堆積物表面下0-5 mm層のChl. a濃度なども測定した。

潮間帯におけるCO₂の計測手法については通気型の明および暗チャンバーを用いた。透明ポリカーボネート製の明チャンバー(底面積1486 cm²、容積31.7 L)では、藻類の光合成や底生動植物と菌類の有機物分解と呼吸が計測される。黒色ポリエチレン製の暗チャンバー(底面積1385 cm²、容積30.1 L)では、光合成は計測されず、明・暗両チャンバーの差が総光合成となる。

ポンプでチャンバーに外気を流し入れ

(1.0 L/min) 同量の空気を吸引した。これにより、チャンバー内の圧力は変化しないと考えた。吸引した空気は冷温トラップと乾燥剤で過剰な水分を除去し、非分散型赤外ガス分析計(LI-COR製、LI-820; VAISALA製、GMP343)でCO₂濃度を計測した。チャンバー内部のCO₂濃度分布を均一にするため、計測中は小型ファンでチャンバー内空気を緩やかに攪拌した。1回当たりの測定時間は、明チャンバーは約5分間、暗チャンバーは約30分間とし、各測定前にチャンバー内部の空気を完全に入れ換えた。

計測したCO₂濃度は式(1)でCO₂フラックスに換算した。

$$f = -\{(C_{t+1} - C_t) \times V - (C_{air} - \bar{C}) \times v\} \times \frac{273.15}{273.15 - T} \rho \times \frac{1}{S} \times 10^{-3} \quad (1)$$

ここで、 f はCO₂フラックス[mgCO₂/m²/min]、 C_t は時刻 t におけるチャンバー内CO₂濃度[ppm]、 C_{t+1} は時刻 $t+1$ におけるチャンバー内CO₂濃度[ppm]、 C_{air} は大気中CO₂濃度[ppm]、 \bar{C} は時刻 t から $t+1$ のチャンバー内CO₂濃度の平均[ppm]、 ρ は0.1atmのときのCO₂密度[1.977 g/L]、 T はチャンバー内温度[°C]、 v はポンプ流量[L/min]、 V はチャンバー体積[L]、 S はチャンバー面積[m²]である。なお、フラックスは正が堆積物への吸収、負が堆積物からの排出を示す。また、明チャンバーのフラックスと暗チャンバーのフラックスの差を吸収フラックス、暗チャンバーのフラックスを排出フラックスと定義した。

潮下帯におけるCO₂計測については、透明アクリル製の明チャンバー(底面積721cm²、容積15.1L)と塩化ビニル製の暗チャンバー(底面積721cm²、容積15.1L)を用いた。これらは循環系のチャンバーである。PTFEチューブ(住友化学ファインポリマー製、長さ2 m、内径4 mm、気孔率60%)を気液平衡部とし、溶存CO₂濃度を直接的に計測した。チャンバー内部には、PTFEチューブと攪拌用のファンを設置した。チャンバー外部には、ポンプ、乾燥剤、非分散型赤外ガス分析計(VAISALA製、GMP343)を浮体式ボート上に設置し、これらをチューブで繋いで気体を循環させた。水中のCO₂濃度は、PTFEチューブ内外が気液平衡に達するまでの時間を考慮し、測定開始30分以降のデータを使用した。潮間帯と同様に、計測したCO₂濃度は式(2)でCO₂フラックスに換算した。

$$f = \frac{(C_t - C_{t+10})v}{10} \times \rho \times \frac{273.15}{T+273.15} \times \frac{1}{S} \times 10^{-3} \quad (2)$$

ここで、 C_{t+10} は時刻 $t+10$ におけるチャンバー内CO₂濃度[ppm]である。潮間帯と同様に、フラックスは正が堆積物への吸収、負が堆積物からの排出を示す。

(2) 北池湿地全体のCO₂吸排出量の推定

北池湿地を50×50 mで12区域、25×25 m

で15区域、50×25 mで3区域にそれぞれ分割して検討した。湿地全体のCO₂吸収量、排出量およびそれらの差である吸排出量の推定には各エリアのChl.a量、光量子量、堆積物温度、潮位（地盤高と潮汐）、地下水位が必要となる。Chl.aに関しては、2014年5月から9月まで週に1度全エリアで1-3本の試料を採取し、堆積物のChl.a濃度を分析して、これを各エリアの1週間の代表値とした。空中光量子量については、2014年5月7日から9月30日にエリア外の潮上帯の遮蔽物のない場所で計測した（JFE-Advantec DEF1-L型）。推定は2014年5月1日から9月30日を対象に行うため、5月1日から5月7日の計測開始時までの欠測期間については、気象庁が公表している全天日射量（大阪管区気象台）を光量子量に換算した。水中光量子量に関しては、2014年5月7日から8月13日に潮下帯の1点で計測した（JFE-Advantec COMPACT-LW型）。なお、水中光量子計は、週に1回、計測器をキムタオルで拭き、付着した底生微細藻類を除去した。水中光量子量と空中光量子量、水深の関係から、光の減衰係数を算出した。減衰係数は大きく、通常時は約0.013-0.014cm⁻¹であり、赤潮時は約0.018cm⁻¹であった。

潮間帯の堆積物温度に関しては、2014年7月30日から9月30日まで3つのエリアのそれぞれ1定点で連続計測した（Area10：D.L.+63.3 cm、Area15：D.L.+80.3 cm、Area17：D.L.+56.4 cm）。なお、2014年5月1日から7月30日の計測開始時までは、気象庁公表の気温（大阪管区気象台）から換算した。潮下帯堆積物の温度に関しては、2014年5月7日から9月30日まで潮下帯の1定点（D.L.+1.8 cm）で連続計測した。なお、2014年5月1日から5月7日の計測開始時までは、国土交通省公表の大阪湾表層水温（大阪港波浪観測塔）から換算した。計測にはメモリー式の温度計（Onset TidbitV2 UTBI-001型）を使用し、1地点につき3個の温度計を設置し、平均値を求めた。設置位置は堆積物深度0-2cmであり、この計測値は太陽放射による顕熱を含む実環境における値である。

潮汐に関しては、2014年5月7日から9月30日までメモリー式の水位計（Onset U20-001-01-Ti型）を用い、潮下帯の1点で連続計測した。2014年5月1日から5月7日の計測開始時までは、気象庁公表の潮位実測値（大阪管区気象台）から換算した。地盤高は、2014年8月27日と9月24日に湿地内の計590地点についてスタッフで水位を計測し、潮下帯の1点で計測した潮汐データとの差分を計算した。さらに、実測地点間の地盤高を線形補間し、湿地全体の地盤高を求めた。地下水位に関しては、潮下帯の2定点（Area10：D.L.+63.3cm、Area17：D.L.+56.4 cm）において、約5cm間隔で直径5mmの穴をあけた塩ビパイプを堆積物中に貫入させ、内部にメモリー式の水位計（Onset U20-001-01-Ti型およびU23L型）を

入れ、連続計測した。計測は2014年11月20日から28日に行い、潮汐データと比較することで、2014年5月から9月の地下水位を概算した。

吸収量は以下の式(3)から(6)で推定した。推定に必要なパラメータはChl.a量、光量子量、堆積物温度、潮位（地盤高と潮汐）である。堆積物温度19-32において、堆積物温度と吸収フラックスに指数関係があったが、さらに高温度域では吸収フラックスが減少すると考えられる。2014年7月30日から9月30日まで、堆積物温度を現地で連続計測したところ、最高で堆積物温度は41.0に達したことから吸収フラックスの減衰を考慮する必要がある。中谷は複数の植物プランクトンの水温と増殖速度の関係について、式(5)で表される増殖最適水温をピークに持つ尖度関数が適していると述べている。そこで、今回の推定では、最適温度を32とした尖度関数を使用し、活動限界温度が約40となるように、堆積物温度に対する尖り度 β_2 を設定した。なお、0から最適温度までは式(5a)、最適温度以上から41までは式(5b)を適用した。

$$F_{in} = \sum_{n,i,t} f'_{in(n,i,t)} \times Chl_{(n,i,t)} \times S \times 60t \times 10^{-6} \quad (3)$$

$$f'_{in(n,i,t)} = f_{in(n,i,t)} \times \Delta f_{in(n,i,t)} \quad (4)$$

$$f_{in(i,t)} = f_{in}^m \times e^{-\beta_1(T_{(n,i,t)} - T_{opt})^2} \quad | T_{(n,i,t)} \leq T_{opt} \quad (5a)$$

$$f_{in(i,t)} = f_{in}^m \times e^{-\beta_2(T_{opt} - T_{(n,i,t)})^2} \quad | T_{opt} \leq T_{(n,i,t)} \quad (5b)$$

$$\Delta f_{in(n,i,t)} = \{ f_{in}^m \times \tanh(\alpha I_{z(n,i,t)} / f_{in}^m) - R \} / f_{in}^m \quad (6)$$

ここで、 n は区域番号、 i は1区域内の計算メッシュ数、 F_{in} はCO₂吸収量[kgCO₂]、 f'_{in} は光律速を考慮した吸収フラックス[mgCO₂/m²/min]、 Δf_{in} は光律速項、 T_{opt} は最適温度[°C]、 S は面積[m²]、 t は時間[hour]、 Chl はクロロフィルa量[mg/m²]、 β_1 と β_2 は曲線の尖度である。

排出量は式(7)と(8)で推定した。推定に必要なパラメータは堆積物温度、潮位（地盤高と潮汐）、地下水位である。なお、吸収フラックスは高温度域で減少すると述べたが、排出フラックスは計測温度範囲内（最高40.1）では減少しないとした。

$$F_{out} = \sum_{n,i,t} f_{out(n,i,t)} \times S \times 60t \times 10^{-5} \quad (7)$$

$$f_{out(n,i,t)} = a \times \exp(b \times T_{(n,i,t)}) \quad (8)$$

ここで、 F_{out} はCO₂排出量[kgCO₂]である。最後に、湿地全体のCO₂吸排出量は式(9)で試算した。

$$F = F_{in} - F_{out} \quad (9)$$

ここで、 F は CO_2 吸排出量 [kgCO_2] である。この場合、正であれば CO_2 の吸収源、負であれば排出源となる。

4. 研究成果

(1) CO_2 の吸収・排出と環境因子との関連

潮間帯と潮下帯の CO_2 フラックス

グリーンタイドまたは赤潮の発生日である2014年8月6日と9月10日を除くと、潮間帯の吸収フラックスは5.7-22.6 $\text{mgCO}_2/\text{m}^2/\text{min}$ 、排出フラックスは3.5-10.7 $\text{mgCO}_2/\text{m}^2/\text{min}$ であった。このことから、高水温時の日中に干出している時間帯は、潮間帯は CO_2 の吸収源として寄与していることが推察される。グリーンタイドと赤潮が同時に発生すると(2014年8月6日)吸収フラックスは44.1 $\text{mgCO}_2/\text{m}^2/\text{min}$ 、排出フラックスは20.5 $\text{mgCO}_2/\text{m}^2/\text{min}$ と、いずれも大きな値を示した。これにより、グリーンタイドと赤潮が同時に発生したときには、光合成だけでなく、藻類の呼吸や有機物分解も活発であったことがわかる。また、Chl. a量が111.7 mg/m^2 と、ほかの月日に比べて低いのは、堆積物上を海藻類が覆ったことによって、堆積物中の底生微細藻の増殖が阻害されたことが原因と考えられた。

潮下帯では、潮間帯と比較して吸収フラックスは約1/50から約1/4、排出フラックスは約1/10から約1/3であり、ともに小さな値であった。排出フラックスに関しては、堆積物の高い含水率によって、有機物分解が低減したことが考えられる。赤潮が発生した2014年8月6日の海水中のChl. a濃度は104.6 $\mu\text{g}/\text{L}$ であり、ほかの調査日(0.3-1.8 $\mu\text{g}/\text{L}$)よりも大きな値をとった。このことから、ほかの日と比べて、8月6日の吸収フラックスは、赤潮藻 *Karenia mikimotoi* や海藻類の光合成の影響を強く受けていたと考えられる。

光と CO_2 吸収フラックスの関係

潮間帯について、堆積物温度20-32 までを4 刻みで区分した。光量子量と CO_2 吸収フラックスの関係は式(10)で表された。

$$f_{in} = f_{in}^m \tanh(\alpha I_z / f_{in}^m) - R \quad (10)$$

ここで、 f_{in} は吸収フラックス [$\text{mgCO}_2/\text{mgChl. a}/\text{min}$]、 f_{in}^m は最大吸収フラックス、 R は暗条件下の呼吸フラックス、 α は曲線の勾配であり、 f_{in}^m を飽和光量で除した値、 $[(\text{mgCO}_2/\text{mgChl. a}/\text{min})/(\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec})]$ 、 I_z は水深 Z [cm]における光量子量 [$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$] である。

吸収フラックスは明チャンパーと暗チャンパーのフラックスの差から求めているため、呼吸分は取り除かれているので、 $R=0$ とした。なお、式の決定にあたって2014年7月30日、8月6日、9月10日の測定結果はグリーンタイドや赤潮によるフラックスへの影響が含まれているため使用していない。現地における見かけの飽和光量は、約633 -

910 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ であり、既往研究の200-2044 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ と同程度となった。堆積物中の光環境について、Ichimi et al. は粒度組成から光透過係数を求める式を提唱している。その方法に従い、有光層(1%光透過深度)を求めると、平均で約2.1 mmであった。一般に、夏季の湿地堆積物面の日中の光量は約2000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ 、培養実験で得られる底生微細藻単一種の飽和光量は約100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ (夏季の日中の約5%)である。有光層と同様に、5%光透過深度を求めると、平均で1.4 mmとなり、現地では深度1.4-2.1 mmに生息する底生微細藻は光飽和に達していないと考えられた。このことが、現地で得られる飽和光量が培養実験で得られる飽和光量よりも高くなる要因の1つであると考えられた。

潮下帯の飽和光量は約220-500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$ であった。また、 α は 0.1×10^{-4} - 0.5×10^{-4} であり、潮間帯の 0.9×10^{-4} - 1.0×10^{-4} と温度区分別に比較すると、約1/9-1/2に減少している。このことは、潮下帯に生息する微細藻類は、潮間帯に生息する微細藻類よりも光の利用効率が低いことを示唆している。 f_{in}^m について着目すると、0.005-0.018 $\text{mgCO}_2/\text{mgChl. a}/\text{min}$ であり、潮間帯の0.057-0.091 $\text{mgChl. a}/\text{min}$ と比較すると、約1/11-1/5であった。

f_{in}^m は飽和光量下での吸収フラックスであるため、光による律速はない。また、温度区分別に潮間帯と潮下帯の吸収フラックスを比較しているため、温度条件に大きな差はない。さらに、大阪市内河川などの影響を受け、湿地内のDINは6月に0.17-0.19 mg/L 、8月に0.22-0.26 mg/L であることから、栄養塩による律速は考えにくい。潮下帯であるため、水分も十分に存在する。これらより、潮間帯と潮下帯の f_{in}^m の差は、主要な底生微細藻類の種構成の違いが考えられる。潮間帯では *Pleurosigma* sp.、*Navicula* sp.、*Nitzschia* sp.、潮下帯では *Nitzschia* sp. が多く、種構成に違いがあったことを確認している。

大阪南港野鳥園北池湿地の単位Chl. a ベースの f_{in}^m 値は、米国や欧州の湿地と同程度であった。しかし、北池湿地のChl. a量は潮間帯で27.3-841.3 mg/m^2 、潮下帯で28-1016 mg/m^2 であり、藻類現存量は大きい。これにより、面積ベースの f_{in}^m は、日本の他の湿地や欧米の湿地よりも大きな値を示したと考えられる。なお、潮下帯のChl. aの最大値を計測したのは2014年9月10日であるが、グリーンタイドは出現していなかった。赤潮は出現していたことから、赤潮プランクトンが堆積物表面に沈積し、Chl. a量が大きくなった可能性が考えられる。しかし、9月10日を除いた場合でも、北池湿地の潮下帯のChl. a量は28-918 mg/m^2 であり、底生微細藻類が豊富に存在し、高いChl. aの値をとった。

地下水位と排出フラックスの関係

堆積物温度を18-32 まで4-6 間隔で3パターンに分類し、温度別の排出フラックスと地下水位の関係について整理した。大谷らは

地下水位と排出フラックスの関係について、現地堆積物を用いた室内実験で高い負の相関を得ている(それぞれ、 $R^2 \geq 0.82$, $R^2 \geq 0.98$)。また、Magenheimer et al.は地下水位の低下によって、堆積物中に酸素が供給され、排出フラックスが増加することを報告している。本研究においても、地下水位と排出フラックスには強い関係性がみられ、地下水位の減少にともなって排出フラックスが増加した(18-24 : $R^2=0.64$, 24-28 : $R^2=0.90$)。なお、28-32 においては、地下水位と排出フラックスの関係が不明瞭であったが、これは地下水位と排出フラックスの関係を表す式(11)中の定数 b_w でも示されている。

$$f_{out} = a_w \times \exp(b_w \times WL) \quad (11)$$

ここで、 f_{out} は排出フラックス [$\text{mgCO}_2/\text{m}^2/\text{min}$]、 a_w は地下水位 $WL = 0$ cmのときの排出フラックス、 b_w は地下水位の低下に伴う排出フラックスの上昇度を示す。 b_w の絶対値は18-24 で0.13、24-28 で0.07、28-32 で0.06と低温側の方が大きい。このことから、堆積物温度が低くなるほど、排出フラックスは地下水位低下の影響を強く受けることがわかる。言い換えれば、堆積物温度が高い場合は地下水位と排出フラックスの関係性が小さいことを示唆している。また、堆積物温度が高いほど a_w は大きく、地下水位が地表に近いときは堆積物温度の上昇とともに排出フラックスが増加することがわかる。

堆積物温度と吸収および排出フラックスの関係

吸収フラックスに関しては、光律速の影響を除外するために、光量子と吸収フラックスの関係において、各温度の最大吸収フラックス f_{in}^m 近傍の値を使用した。また、排出フラックスに関しては、地下水位で4パターンに区分した。堆積物温度と吸収および排出フラックスの関係について指数近似を行った結果、全てで強い正の関係性があつた(それぞれ $R^2 = 0.90, 0.75-0.96$)。これにより、堆積物温度によって、潮間帯の吸収および排出フラックスは予測が可能であると考えられ、吸収または排出フラックスと温度との関係は次式12で表すことができた。

$$f = a \times \exp(b \times T) \quad (12)$$

ここで、 a は堆積物温度 $T=0$ における吸収および排出フラックス [$\text{mgCO}_2/\text{m}^2/\text{min}$]、 b は温度係数 [$^{\circ}\text{C}^{-1}$] である。この式から Q_{10} を求めると、吸収フラックスに関しては $Q_{10} = 1.8$ が得られ、これは Migne et al. の $Q_{10} = 1.7-3.2$ と同程度であった。同様に、排出フラックスに関しては $Q_{10} = 2.2-3.3$ が得られた。これは清木らの2.39-3.25と同程度であった。

潮下帯における堆積物温度と吸収および排出フラックスの関係についても堆積物温度と吸収および排出フラックスには強い正

の相関がみられ(吸収: $R^2=0.99$ 、排出: $R^2=0.67$)、吸収および排出フラックスは式(12)で予測可能であると考えられた。また、吸収フラックスが $Q_{10}=3.0$ 、排出フラックスが $Q_{10}=3.3$ であり、Migne et al. の $Q_{10} = 1.7-3.2$ と同程度であった。 Q_{10} は潮間帯よりも潮下帯で高い値を示したことから、潮下帯では、潮間帯よりも堆積物温度の変動の影響を強く受けることが考えられた。なお、グリーンタイドや濃密な赤潮が発生した2014年7月30日、8月6日、9月10日の測定結果は潮間帯、潮下帯ともに使用しなかった。

(2) 北池湿地全体の CO_2 吸排出量の推定

図1に2014年5月から9月の CO_2 吸収量、排出量、およびそれらの差である吸排出量を示した。正が堆積物への吸収、負が堆積物からの排出を示す。吸収量は5月から順に、2.7、3.3、4.0、5.5、7.5 tCO_2 で、合計で23.0 tCO_2 であった。単位面積、単位時間当たりの吸収量は、5月から9月まで順に、0.10、0.13、0.15、0.21、0.29 $\text{gCO}_2/\text{m}^2/\text{hour}$ であった。一方、排出量は5月から順に、1.3、2.1、3.7、3.7、3.2 tCO_2 で、合計で14.0 tCO_2 であった。単位面積、単位時間当たりの排出量は、5月から9月まで順に、0.05、0.08、0.14、0.14、0.13 $\text{gCO}_2/\text{m}^2/\text{hour}$ であった。吸収量と排出量の差から求められる CO_2 吸排出量は5月から順に、1.4、1.2、0.3、1.8、4.2 tCO_2 であった。単位面積、単位時間当たりの吸排出量は、5月から9月まで順に、0.05、0.05、0.01、0.07、0.16 $\text{gCO}_2/\text{m}^2/\text{hour}$ であった。この結果から、北池塩性湿地では5月から9月の高水温期において、合計9.0 ($0.07 \text{ gCO}_2/\text{m}^2/\text{hour}$) の CO_2 が吸収されていると考えられた。

ここで、排出量および吸排出量の推定結果に関する地下水位変動の影響について考察する。地下水位の低下に伴い、排出フラックスが増加することが大谷らによって報告されている。しかし、既往の推定方法では、地下水位変動を考慮していない。ここでは、地下水位変動を考慮する場合と考慮しない場合の、排出量の推定結果の違いについて検討した。地下水位を考慮した場合、2014年5-9月の湿地全体の CO_2 排出量は14.0 tonCO_2 であるのに対し、考慮しない場合は29.6 tonCO_2 であり、5か月間で2.1倍の過大評価をすることがわかった。このことから、湿地潮間帯の CO_2 排出量を求める際には、湿地の大きな特徴である潮汐(厳密には、地下水位変動)を

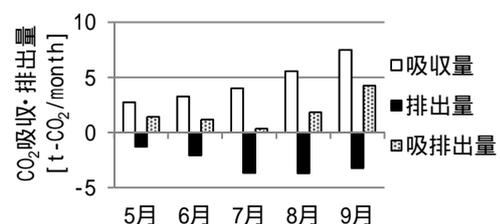


図1 2014年5-9月の北池湿地における CO_2 吸収量、排出量および吸排出量の推定値

考慮する必要があることが示唆された。

2010年から2014年の高水温期に大阪南港野鳥園北池塩性湿地でCO₂フラックス、Chl. A濃度、堆積物温度、光量子量、潮汐(地下水水位を含む)、地盤高などについて現地調査を行うとともに、現地調査で得られたCO₂フラックスとこれらの要因との関係性を用いて北池湿地全体のCO₂吸収量、排出量および吸排出量の試算を行った。その結果、結論として以下の知見が得られた。

(1)吸収フラックスは堆積物温度、光量子量、Chl. a量と、排出フラックスは堆積物温度、地下水水位(潮間帯のみ)と密接な関係がみられた

(2)北池湿地では、2014年5月から9月の間に、光合成によって、約23.0 tonのCO₂が吸収された一方で、有機物分解と呼吸によって約14.0 tonのCO₂が排出されていたと考えられた。これらの差を求めると、約9.0 tonの吸収となり、高水温期において、北池湿地はCO₂の吸収源であると考えられた。

(3)潮間帯のCO₂排出量の推定には、地下水水位の変動を考慮する必要がある。地下水水位変動を考慮しない場合、高水温期の5か月間で、湿地全体の排出量は地下水水位を考慮した場合に比べて2.1倍の過大評価となることがわかった。

<引用文献>

大谷優里、藤田哲朗、矢持 進、都市近郊の人工干潟における有機物の分解特性に関する一考察 - チャンバー法によるCO₂フラックスの測定 -、海岸工学論文集 B2、67巻、2011、976-980

清木徹、平岡喜代典、李正奎、西嶋渉、向井徹雄、瀧本和人、岡田光正、広島湾における干潟の水質浄化能に関する研究 - 有機物の分解特性について -、水環境学会誌、第21巻、1998、421-428

中谷祐介、大阪湾における汚濁負荷と物質循環機構の実態に関する研究、大阪大学博士論文、2011、pp.76

Ichimi, K., Tada, K. and Montani, S., Simple estimation of penetration rate of light in intertidal sediments, Journal of Oceanography, Vol.64, 2008, 399-404

Magenheimer, J. F., Moore, T. R., Chmura, G. L. and Daoust, R. J., Methane and Carbon Dioxide Flux from a Macro Tidal Salt Marsh, Bay of Fundy, New Brunswick Estuaries, Vol.19, 1996, 139-145

Migné, A., Spilmont, N., Davoult, D., In situ measurements of benthic primary production during emersion: seasonal variations and annual production in the Bay of Somme (eastern English Channel, France), Continental Shelf Research, Vol.24, 2004, 1437-1449

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計5件)

Susumu Yamochi, Toshiyuki Tanaka, Yuri Otani and Toru Endo: Effects of light, temperature and ground water level on the CO₂ absorption and emission in the high water temperature seasons at the artificial north salt marsh of Osaka Nanko bird sanctuary, Japan. Ecological Engineering, 査読有り, Vol.98,330-338, 2017. DOI:10.1016/j.ecoleng.2016.09.012

西尾直人、遠藤 徹、矢持 進、人工塩性湿地堆積物中における難分解性有機炭素の動態、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、査読有り、72巻、2016、1315-1320 <平成28年度土木学会海岸工学論文奨励賞>

田中俊之、遠藤 徹、筏 紀晶、矢持 進、大阪南港野鳥園北池塩性湿地における高水温期のCO₂吸排出特性、土木学会論文集 B2、査読有り、72巻、2016、1-11

杉本匡章、矢持 進、大阪湾阪南2区人工干潟に生育するヨシ群落と土壤環境、土木学会論文集 B2(海岸工学)、査読有り、71巻、2015、1339-1344

遠藤 徹、中野雄介、板谷天馬、筏 紀晶、矢持 進、都市沿岸域に造成された人工塩性湿地のCO₂収支に関する現地調査、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、査読有り、70巻、2014、1196-1200

[学会発表](計1件)

Susumu Yamochi, Toshiyuki Tanaka, Toru Endo, Noriaki Ikada, Dynamics of CO₂ absorption and emission in the high water temperature seasons at the north salt marsh of Osaka Nanko bird sanctuary, Japan. Wetpol.2015, Sept. 14th, 2015, York, Britain.

[その他]

矢持 進、豊かな海「大阪湾」の創出のために、地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所との協同研究(型)「沿岸海域環境の物質循環現状把握と変動解析に関する研究」全体会議(招待講演)、2016年6月17日、大阪府環境農林水産総合研究所(大阪府大阪市)

矢持 進、大阪湾東部沿岸域に造成された塩性湿地の環境動態、香川大学・瀬戸内圏研究センター学術講演会(招待講演)、2016年12月26日、サンポートホール高松(愛媛県高松市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

矢持 進 (YAMOCHI Susumu)

大阪市立大学・大学院工学研究科・名誉教授 研究者番号: 30315973