

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：54401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24760430

研究課題名(和文) 河口干潟における埋没する炭素固定機能の評価

研究課題名(英文) Evaluation of burial carbon fixation in tidal flat of river mouth

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・助教

研究者番号：60554219

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は河口干潟におけるブルーカーボン由来の二酸化炭素を中心とした炭素循環の定量化を行った。特に、底生生物の中でも貝殻を有する貝類が死亡した後の埋没する炭素に着目して、ヤマトシジミを中心とした周辺環境の炭素動態を含めて炭素循環の定量化を行った。

ヤマトシジミは生活史を通して、炭素の排出よりも吸収の方が大きく、干潟に炭素を固定していることがわかった。また、ヨシは夏季に生長して炭素を固定していたが、呼吸による二酸化炭素の排出が大きかった。干潟の堆積物では底生微細藻類によって二酸化炭素は固定されているが、水面からは二酸化炭素は放出されており、その炭素収支は年間を通して放出していた。

研究成果の概要(英文)：The carbon captured by living organisms in oceans is stored in the form of sediments from mangroves, salt marshes and seagrasses. It was evaluated the blue carbon sinks by *Bivalvia* *Corbicula japonica* river mouth tidal flat. It was calculated that the amount of carbon sink as production, shell formed, shell buried was larger than source as respiration and dead in this muddy tidal flat. These results indicated that *C. japonica* plays a role for contribution to sink the blue carbon. Although the carbon dioxide was fixed by microphytobenthos in sediment, released in surface of the water. The carbon was released throughout the year.

研究分野：生態系工学

キーワード：河口干潟 ヤマトシジミ ヨシ 堆積物

## 1. 研究開始当初の背景

2009年、国連環境計画(UNEP)は、森林など陸上で吸収し蓄積される炭素“グリーンカーボン”に対し、沿岸海域で吸収し蓄積される炭素を“ブルーカーボン”と新たに称し、ブルーカーボンの重要性をレポートの中でアピールした。その中で、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ことが報告された。沿岸生態系によって固定される炭素(ブルーカーボン)において、底生生物の役割が大きいと言われているが、干潟では従来から有機物の生産・分解機能の研究が中心であり、炭素を固定する機能やそのメカニズムについては未だ明らかになっていない。ブルーカーボンに関する調査研究は世界的にも未だ緒についたばかりで、“埋没する炭素”に関する詳細なデータは全くない状況にある。

## 2. 研究の目的

本研究の目的はブルーカーボン由来の二酸化炭素を中心とした炭素循環の定量化である。その中で、植物と底生生物によるそれぞれの炭素フローを算出し、餌資源と底生生物の炭素動態、底生生物に関しては死亡した後の炭素動態を明らかにする。特に高地盤のワンド様の干潟に着目し、埋没する炭素量に関して、そこでのブルーカーボン量の規模を定量的に明らかにすることを目的とした。具体的には、底生生物の中でも貝殻を有する貝類が死亡した後に埋没する炭素フローに着目し、周辺環境の炭素動態を含めて炭素循環の定量化を行う。

## 3. 研究の方法

### (1) ヤマトシジミの炭素収支

調査は大阪市を流れる淀川河口から約8 kmの右岸に位置する淀川河口干潟を対象に2012年6月から2014年12月まで毎月行った。ヤマトシジミの現存量調査は泥質干

潟(約3000 m<sup>2</sup>)の8地点において50 cm×50 cmのコドラードを用いて深さ10 cmまでの泥を採集し、この泥を1 mmふるいでふるうことによってふるい上に残ったヤマトシジミを採集した。採集したヤマトシジミを実験室に持ち帰って、殻長の測定を行い、個体数を記録した。

現存量調査結果より、コホート解析によって年齢別個体群に分割し、生産量は平均生息密度に個体の平均増重量を乗じたものとして、死亡量は生息密度の減量に平均重量を乗じたものとしてそれぞれ以下の式(1)、式(2)より算出した。

$$P = (W_{t+1} - W_t) \times (N_{t+1} + N_t) / 2 \quad (1)$$

$$M = (W_{t+1} + W_t) \times (N_t - N_{t+1}) / 2 \quad (2)$$

ここで、P：生産量、M：死亡量、W<sub>t</sub>：時間tにおけるコホートの平均乾燥重量、N<sub>t</sub>：時間tにおけるコホートの平均個体群密度である。なお、身および貝殻の炭素濃度は、元素分析装置(Thermo Finnigan製、FLASH EA1112)にて測定を行った。

ヤマトシジミの呼吸量を定量化するために、酸素消費速度を計測した。調査時に採水した海水をGF/Cを用いてろ過後、高圧蒸気滅菌器(EYELA社製、MAC-601)で滅菌した。その後、酸素飽和させた滅菌ろ過水を用いて、溶存酸素濃度の変化から酸素消費速度を計測した(Hack社製、HQ40d)。実験は4~30 mmのヤマトシジミを用いて、低温恒温器(EYELA社製、LTI-1200)において5~35℃まで5℃間隔で設定し、測定は3時間とした。

### (2) ヨシの炭素収支

調査は2012年6月~2014年8月まで行った。ヨシの現存量調査は3地点において30 cm×30 cmのコドラードを用いて採集した。ヨシの生産量(P:gC/m<sup>2</sup>/month)は以下に

示す式(3)を用いて計算した。生産量は当月(t)の現存量( $C_t$ :gC/m<sup>2</sup>/month)から前月(t-1)の現存量( $C_{t-1}$ :gC/m<sup>2</sup>/month)を引いて、その増加分を1ヶ月当たりの生産量とした。その増加分がマイナスを示す場合はヨシが流出や埋没、分解が行われたとして生産量は0とした。

$$P_{t-t-1} = C_t - C_{t-1} \quad (3)$$

また、分解率の測定はヨシの茎と葉をそれぞれ5gずつ用意し、リターバッグ(n=3~5)に入れて、2013年1~2014年8月で20~42日程度調査地点に設置した。さらに呼吸量の測定は塩ビパイプを用いたチャンパー(φ5cm, 高さ22cm, 102cm, 178cm)に1shootのヨシを入れて、CO<sub>2</sub>計(VAISALA社, GMP343)、循環ポンプ、乾燥材をチューブで連結して、チャンパー内のCO<sub>2</sub>濃度について2013年11月~2014年8月まで5分間の測定を4~7回行った。

### (3) 干潟堆積物および水面におけるCO<sub>2</sub>フラックス

干潟の干出時にプラスチック製のチャンパー(φ12cm, 高さ21cm)を堆積物に差し込み、CO<sub>2</sub>計(VAISALA社, GMP343)を用いて、チャンパー内のCO<sub>2</sub>濃度について10分間の測定を3回繰り返した。チャンパーには光を通す明チャンパーと光を遮断する暗チャンパーを使用した。明・暗チャンパー内の測定開始時と終了時のCO<sub>2</sub>濃度の変化より堆積物における炭素の吸収を示す総生産速度(mgC/m<sup>2</sup>/min)、炭素の排出を示す呼吸速度を算出した。また、堆積物における炭素の吸収・排出の測定中と同時に地温も測定した。

また、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パー(φ19.5cm, 高さ12.5cm)を置き、堆積物での測定時と同様の方法で測定し、炭素フラックス

(mgC/m<sup>2</sup>/min)を算出した。なお、フローティングチャンパーでの測定は明チャンパーのみで行った。堆積物および水面のCO<sub>2</sub>フラックスの測定は2014年4月~2015年2月まで毎月行った。

## 4. 研究成果

### (1) ヤマトシジミを中心とした炭素収支

ヤマトシジミの個体群密度は340~1240 ind./m<sup>2</sup>で変動しており、夏季に個体群密度は増加して、冬季に減少していた。また、ヤマトシジミは夏季に著しく成長しており、冬季には成長が認められなかった。ヤマトシジミによる炭素収支について、有機炭素である身の生産量は26gC/m<sup>2</sup>/year、無機炭素である貝殻の生産量は126gC/m<sup>2</sup>/yearであった。生産量について全国評価を行っている事例と比較すると、特に有機炭素の生産量は全国評価の1.4倍であるのに対して無機炭素の生産量は3.4倍であることから、淀川河口干潟のヤマトシジミの有機・無機炭素の生産量は高かった。さらに身と貝殻の生産量の割合について、本研究における貝殻の生産量は身の生産量の4.7倍で生産量の82%を占めていた。よって淀川河口干潟のヤマトシジミは有機炭素の生産量に比べて無機炭素の生産量が特に大きいことがわかった。

温度別のヤマトシジミの酸素消費速度について、20℃でのヤマトシジミの酸素消費速度は0.09mgO<sub>2</sub>/L/hourであり、水温が上昇するに伴って酸素消費速度は速くなった。また、各温度において殻長と酸素消費速度の高い関連性が認められた。

2年半のヤマトシジミの炭素収支について、有機炭素の生産量は26gC/m<sup>2</sup>/year、無機炭素の貝殻形成は126gC/m<sup>2</sup>/year、貝殻死亡量は109gC/m<sup>2</sup>/year、呼吸量は95gC/m<sup>2</sup>/year、死亡量は23gC/m<sup>2</sup>/year、石灰化は79gC/m<sup>2</sup>/yearであった。したがって、

炭素の吸収量は  $261 \text{ gC/m}^2/\text{year}$  , 排出量は  $196 \text{ gC/m}^2/\text{year}$  であり, 吸収量の方が大きく, 固定量 (吸収量 - 排出量) は 1 年間で  $65 \text{ gC/m}^2/\text{year}$  と推定された. ここで, 調査期間中の対象干潟の炭素収支を算出すると, 淀川河口干潟の  $3000 \text{ m}^2$  において 30 ヶ月間で  $487 \text{ kgC}$  の炭素が固定され, 1 ヶ月あたりの固定量は  $16 \text{ kgC/month}$  であることが推定された.

## (2) ヨシの炭素収支

ヨシ全体の現存量は調査期間において春から秋にかけて増加, 冬に減少していた. ヨシ全体の現存量は  $610 \sim 4784 \text{ gC/m}^2$  と変化する中で, 茎の現存量は  $557 \sim 3559 \text{ gC/m}^2$  と全体の  $67 \sim 97\%$  を占めていた. 葉の現存量は  $2 \sim 1226 \text{ gC/m}^2$  で変化していたが, 特に 2 月と 3 月はほとんど存在しなかった. また, 穂の現存量は  $0 \sim 311 \text{ gC/m}^2$  であり, 2013 年 11 月に最大値を示した.

ヨシの生産量は春から秋においてプラスの生産量を示し, 冬はマイナスの生産量を示した. ヨシの部位別の生産量について, 葉は  $83 \text{ gC/m}^2/\text{month}$  , 茎は  $236 \text{ gC/m}^2/\text{month}$  , 穂は  $23 \text{ gC/m}^2/\text{month}$  であり, ヨシ全体の生産量は  $342 \text{ gC/m}^2/\text{month}$  と定量化することができた.

ヨシの分解率について, 地温の上昇とともに葉の分解率は増加する関係性 ( $r=0.932$  ,  $p<0.01$ ) を示し, 茎の分解率は葉の分解率に比べ相関係数は低いものの同様な関係性 ( $r=0.634$  ,  $p<0.01$ ) が認められた. また, 生産量を算出する際に増加分がマイナスを示した場合は分解が行われたと仮定した. そこで, マイナスを示した増加分に各月の分解率を乗じることにより分解量を算出した. その結果, 葉の分解量は  $33 \text{ gC/m}^2/\text{month}$  , 茎の分解量は  $27 \text{ gC/m}^2/\text{month}$  と推定することができた.

ヨシの呼吸量について茂ったヨシでは気

温の上昇とともに呼吸量は増加する関係性 ( $r=0.995$  ,  $p<0.01$ ) を示したが枯れたヨシでは認められなかった ( $r=0.605$  , n.s.). 呼吸量は  $10 \sim 6681 \text{ gC/m}^2/\text{month}$  と変動した.

以上のことから, ヨシの生産量は  $342 \text{ gC/m}^2/\text{month}$  , 分解量は  $60 \text{ gC/m}^2/\text{month}$  , 呼吸量は  $1745 \text{ gC/m}^2/\text{month}$  と定量化することができ, 本研究では呼吸量は生産量の約 5 倍で炭素は排出しているという結果になった. また, 季節変化によるヨシの生産量と呼吸量を比較すると生産量は  $19 \sim 685 \text{ gC/m}^2/\text{month}$  を示し, 呼吸量は  $43 \sim 5263 \text{ gC/m}^2/\text{month}$  であった. つまり, ヨシは夏における生産が最も高いが, それ以上に呼吸によって炭素を排出していた.

## (3) 堆積物および水面における $\text{CO}_2$ フラックスの経月変化

堆積物における  $\text{CO}_2$  フラックスの経月変化について, 総生産速度は  $0.16 \sim 1.3 \text{ mgC/m}^2/\text{min}$  , 呼吸速度は  $0.024 \sim 0.77 \text{ mgC/m}^2/\text{min}$  で変動した. また, 堆積物における  $\text{CO}_2$  フラックスは地温が高い夏季に活発であり, 地温と正の相関関係が認められた (総生産速度:  $r=0.86$  ,  $p<0.01$  , 呼吸速度:  $r=0.85$  ,  $p<0.01$ ).

水面における  $\text{CO}_2$  フラックスの経月変化について, 調査期間中のすべての月で大気中に炭素を排出しており,  $0.12 \sim 3.4 \text{ mgC/m}^2/\text{min}$  で変動し, 水温と正の相関関係が認められた ( $r=0.66$  ,  $p<0.05$ ). また, 水面と堆積物面における  $\text{CO}_2$  フラックスの関係について, 水面における  $\text{CO}_2$  フラックスは堆積物における呼吸速度の  $0.81 \sim 9.4$  (平均  $3.8$ ) 倍であった.

ここで, 堆積物と水面における  $\text{CO}_2$  フラックスの差を 1 ヶ月当たりの炭素収支として計算した結果, 炭素収支はすべての月で排出であり,  $4.5 \sim 159 \text{ gC/m}^2/\text{month}$  で変動した. また, 季節ごとの収支を整理すると,

夏季(6~8月)の排出量は冬季(12~2月)の約13倍であった。

#### 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0件)

[学会発表](計14件)

- 1) 西脇大貴, 大谷壮介: 淀川汽水域のワンドに及ぼす台風の影響の把握, 平成25年度土木学会関西支部年次学術講演会, -24., 平成25年6月8日, 大阪市立大学杉本キャンパス(大阪府・大阪市).
- 2) 渡邊隆太郎, 大谷壮介: 淀川汽水域における二酸化炭素分圧の変動, 平成25年度土木学会関西支部年次学術講演会, -34., 平成25年6月8日, 大阪市立大学杉本キャンパス(大阪府・大阪市).
- 3) 大谷壮介, 川崎太輝, 田中孝一, 西脇大貴, 渡邊隆太郎: 淀川河口干潟におけるヤマトシジミの炭素埋没量に関する基礎的研究, 平成25年度土木学会関西支部年次学術講演会, -3., 平成25年6月8日, 大阪市立大学杉本キャンパス(大阪府・大阪市).
- 4) 田中孝一, 大谷壮介: 淀川河口干潟におけるヨシの生長による炭素固定機能, 平成25年度土木学会関西支部年次学術講演会, -4., 平成25年6月8日, 大阪市立大学杉本キャンパス(大阪府・大阪市).
- 5) 川崎太輝, 大谷壮介: 淀川河口干潟における底質環境の実態把握, 平成25年度土木学会関西支部年次学術講演会, -15., 平成25年6月8日, 大阪市立大学杉本キャンパス(大阪府・大阪市).
- 6) 相福武志, 大谷壮介: 河口干潟に生息するヤマトシジミの炭素溶脱に及ぼす影響に関する室内実験, 第32回数理学
- 講演会, B201., 平成25年8月27日, 大阪府立大学 なんばサテライト I-site(大阪府・大阪市).
- 7) 田中孝一, 川崎太輝, 大谷壮介: 淀川河口域におけるヨシの生産と分解について, 応用生態工学会第17回大会, pp.101-102., 平成25年9月18日, 大阪府立大学 なんばサテライト I-site(大阪府・大阪市).
- 8) 大和天, 大谷壮介: 淀川汽水域における大気-海水間の二酸化炭素フラックスに関する研究, 平成26年度土木学会関西支部年次学術講演会, -48., 平成26年5月31日, 大阪産業大学中央キャンパ(大阪府・大東市).
- 9) 川崎太輝, 大谷壮介: 淀川河口干潟における底質環境の季節変化と炭素排出・吸収速度の関係, 平成26年度土木学会関西支部年次学術講演会, -50., 平成26年5月31日, 大阪産業大学中央キャンパ(大阪府・大東市).
- 10) 相福武志, 大谷壮介: ヤマトシジミの貝殻の溶脱に関する現地および室内実験, 平成26年度土木学会関西支部年次学術講演会, -15., 平成26年5月31日, 大阪産業大学中央キャンパ(大阪府・大東市).
- 11) 田中孝一, 大谷壮介: 淀川汽水域におけるヨシの生長の季節変化に関する基礎的研究, 平成26年度土木学会関西支部年次学術講演会, -20., 平成26年5月31日, 大阪産業大学中央キャンパ(大阪府・大東市).
- 12) 田中孝一, 川崎太輝, 大谷壮介: 淀川汽水域におけるヨシの生産・分解・呼吸に関する現地観測, 応用生態工学会第18回大会, pp.171-172., 平成26年9月18日, 首都大学東京南大沢キャンパス(東京都・八王子市)
- 13) 鞠川純平, 川崎太輝, 田中孝一, 大谷

壮介：淀川汽水域における渦相関法を用いた春季の二酸化炭素フラックスの観測，応用生態工学会第 18 回大会，pp.173-174.，平成 26 年 9 月 18 日，首都大学東京南大沢キャンパス(東京都・八王子市)

- 14) 川崎太輝，田中孝一，大谷壮介：河口干潟の堆積物-水面における炭素収支の季節変化と水質・底質環境の関係，応用生態工学会第 18 回大会，pp.175-176.，平成 26 年 9 月 18 日，首都大学東京南大沢キャンパス(東京都・八王子市)

〔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〕

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・助教

研究者番号：60554219