

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04710

研究課題名（和文）都市沿岸部の海岸堆積層における炭素形態の分画とカーボンストック効果の類型化

研究課題名（英文）Fractionation of carbon forms in sedimentary layers and typification of carbon stock effects in urban coastal areas

研究代表者

遠藤 徹（Toru, Endo）

大阪公立大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：00527773

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：温室効果ガスの削減策としてブルーカーボンが注目されており、沿岸域における炭素貯留効果の解明と定量化が望まれている。本研究は、大阪湾を対象に形態別炭素の堆積状況を明らかにすることを目的とした。まず、生分解試験に代わる形態別炭素の簡易分析手法として、炭素化合物の燃焼温度が組成によって異なることに着目し、生分解有機炭素の燃焼温度を特定することで堆積物中の有機物を生分解性と残存性の有機炭素に分画できる手法を構築した。その後、大阪湾の海域と海岸で採取した堆積物中の形態別の炭素量を測定し、大阪湾全域における残存性有機炭素の貯留量を明らかにするとともに、海岸形状ごとに形態別炭素の堆積状況を整理した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ブルーカーボン生態系として、マングローブ林や海草・藻場、塩性湿地など植生を含む沿岸生態系の重要性が世界的に認知されている。本研究では干潟や砂浜、港湾海域などの都市沿岸部における炭素貯留効果に着目しており、本研究の成果は我が国に多く分布する海岸線の新たな生態系価値を見出すとともに、海岸線保全の重要性の向上に貢献する。また、海底に堆積する有機物の一部は、生物の同化にともなう呼吸や無機化により再び回帰するため、有機物そのものは正確なストックとして評価できない。本研究では、堆積物中に残存する難分解有機炭素の簡易分析手法を構築しており、今後は本手法により多くのサンプル調査が可能となり実態解明に貢献する。

研究成果の概要（英文）：Blue carbon is attracting attention as a measure to reduce greenhouse gas emissions, and it is desirable to elucidate and quantify the effects of carbon sequestration in coastal areas. The objective of this study was to clarify the morphological carbon deposition in Osaka Bay. First, as a simple analytical method for morphological carbon in lieu of biodegradation tests, we focused on the fact that the combustion temperature of carbon compounds differs depending on their composition, and developed a method that can fractionate organic matter in sediments into biodegradable and persistent organic carbon by identifying the combustion temperature of biodegradable organic carbon. Subsequently, we measured the amount of carbon by morphology in sediments collected in the sea area and along the coast of Osaka Bay, clarified the amount of residual organic carbon stored in the entire Osaka Bay area, and organized the carbon deposition by morphology for each coastal profile.

研究分野：沿岸環境工学

キーワード：大阪湾 堆積物 炭素貯留 残存性有機炭素 生分解性有機炭素 無機炭素

1. 研究開始当初の背景

海洋生態系により取り込まれる炭素(ブルーカーボン)が、温室効果ガス削減の観点から注目されている。特に、沿岸生態系に貯留される炭素量はブルーカーボン全体の 50~70%を占めていると考えられており、沿岸域における炭素貯留機能の解明が重要な研究課題となっている。一方、温室効果ガスの排出について国際的なルールを決めるパリ協定(2015)において、日本は2013年度比で26%のCO₂削減目標を掲げている。しかし、2017年度の我が国におけるCO₂削減量は2013年度比で8.3%と目標値とは大きな開きがあり、削減対策を加速させる必要がある。排出削減量の算定には、再生可能エネルギーの活用や省エネルギーによるCO₂削減量だけでなく、生態系により貯留される炭素量も含まれる。このため、沿岸域のブルーカーボン機能の有効活用が望まれているとともに、新たな環境指標としても期待されている。ただし、沿岸域のブルーカーボン生態系としてその重要性が認知されているのはマングローブ林や海草・藻場、塩性湿地など植生を含む沿岸生態系で、本研究で対象とする干潟や砂浜などの浅海域や都市沿岸部の港湾海域などはあまり議論されていない。これは、干潟や砂浜は有機物の分解や呼吸が卓越しCO₂の排出源と考えられているからである。しかし、研究代表者らは干潟の潮間帯や潮下帯の堆積層に含まれる有機物のうち、50~70%(最大:90%)が難分解有機物であることを明らかにしている。ただし、難分解有機物の分析は生分解試験により分解前後の有機物量を分析することで評価されているが、分析には長期間必要で多くのサンプルを分析することが難しかった。このため、多様な環境場を有する都市沿岸域における炭素の堆積状況の実態を把握するためには、簡易的に形態別の炭素が分析できる手法を確立する必要がある。

2. 研究の目的

本研究は、国内の沿岸部に広く分布する干潟や砂浜などの浅海域と港湾海域における炭素の貯留状況を把握するために、様々な海岸形状を有する大阪湾を対象として形態別炭素の堆積状況を明らかにすることを目的とした。具体的には、堆積物中の炭素を、生分解有機炭素：B-SOC、残存性有機炭素：R-SOC、無機炭素：SIC に分画する分析手法を確立した後、大阪湾全域の海域と海岸における形態別炭素の分布状況を明らかにする。さらに、海岸毎の底質性状と炭素貯留効果を整理した。

3. 研究の方法

燃焼分析による堆積物中の形態別炭素の簡易分画手法の構築

これまで堆積物中の難分解有機炭素は、有機物分解を促進させる生分解試験を実施し、試験後の堆積物試料中の有機物量を測定することで定量化していた。しかし、この生分解試験は長期間にわたる分析時間を要するとともに培養スペースも必要なため、多くのサンプルを分析することが難しい。そこで、本研究では炭素化合物の燃焼温度が組成により異なることに着目し、燃焼分析による簡易分析手法の構築を実施した。

分析用の試料として、図1に示す大阪湾の人工干潟(St.7)、港湾海域(St.9、St.10)、河口干潟

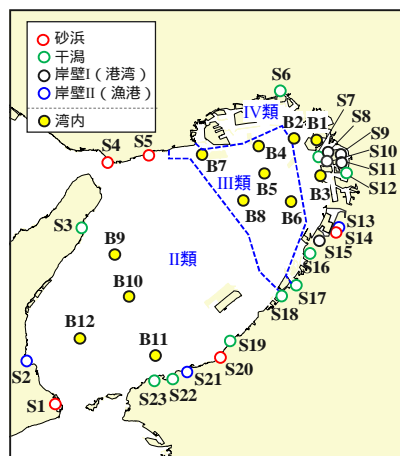


図1 堆積物のサンプリング地点

(St.12) で表層 5cm の堆積物を採取した。分析では、生分解試験により堆積物中の生分解性有機炭素量と残存性有機炭素量を求めた。また、同じサンプルに対して CHN コーダで 120°C、200°C、300°C、400°C、500°C の燃焼温度で分析し、各温度帯で燃焼される有機炭素量 (CHN_x : x は燃焼温度) を測定した。こうして得られた B-SOC と CHN_x の関係から、B-SOC の燃焼温度を特定した。さらに、B-SOC の燃焼温度の妥当性を確認するため、示差熱分析を実施して堆積物に含まれる炭素成分を分析した。

大阪湾における形態別炭素の堆積状況

図 1 に示すように大阪湾の海域 12 地点 (湾奥部の IV 類型海域 : 3 地点、湾奥部から湾中央の III 類型海域 : 5 地点、湾中央から湾口の II 類型海域 : 4 地点) と海岸 23 地点 (干潟 : 10 地点、砂浜 : 5 地点、岸壁 I (港湾) : 5 地点、岸壁 II (漁港) : 3 地点) で、表層 5 cm 層の堆積物を採取した。採取した試料は、上記で構築した燃焼分析による簡易分画手法で堆積物中の B-SOC、R-SOC、SIC を求め、各地点における形態別炭素の堆積状況について検討した。

海岸毎の底質性状と炭素貯留効果

底質性状と形態別の有機炭素の堆積状況との関係を整理するため、大阪湾の人工干潟 : St.7、河口干潟 : St.12、前浜干潟 : St.6、人工磯浜 (芦屋浜) 人工砂浜 : St.5 の 5 地点で採取した堆積物について、形態別炭素とは別に底質性状として粒度組成、酸揮発性硫化物濃度 : AVS、堆積物表層のクロロフィル a 濃度 : Chl.a 濃度とフェオフィチン濃度 Pheo.濃度を分析した。

4. 研究成果

燃焼分析による堆積物中の形態別炭素の簡易分画手法の構築

図 2 は、大阪湾の人工干潟 (St.7)、港湾海域 (St.9、St.10)、河口干潟 (St.12) で採取した堆積物について、B-SOC と各温度帯で燃焼された有機物量 : CHN_x の比を示している。この比が 1 の時、B-SOC と CHN_x が等しいことを表している。どのサンプルにおいても燃焼温度と CHN_x/B-SOC の関係はよく似ており、両者について 1 次近似式を求めた結果、CHN_x/B-SOC が 1 となる温度は約 280°C であった。つまり、堆積物中の生分解性有機炭素の燃焼温度は 280°C 付近であり、CHN の燃焼温度を 280°C で分析することで B-SOC を求めることができ、600°C で分析した全有機炭素量から B-SOC を差し引くことで R-SOC を求めることが可能であることが分かった。

図 3 は、示差熱分析による空気環境下で堆積物試料を 100°C ~ 850°C まで 10°C/min の速度で加熱した場合の発熱と吸熱の反応を示す。全ての堆積物で 300°C 付近に発熱のピークを示し、中には 500°C 付近に発熱、800°C 付近に吸熱のピークを示すものがあった。300°C 付近は脂肪酸やペプチド、セルロースのような不安定な易分解有機物で、550°C は耐熱性の高い腐植物質などの難分解有機物の発熱反応と考えられる。つまり、本研究で対象とする生分解性有機物は易分解有機物の一部と考えられ、B-SOC の分解温度が約 280°C であったことの妥当性が確認できた。また、800°C 付近の吸熱反応は炭酸カルシウムの燃焼を示しており、本研究では CHN₈₀₀ と CHN₆₀₀ の差を SIC とした。

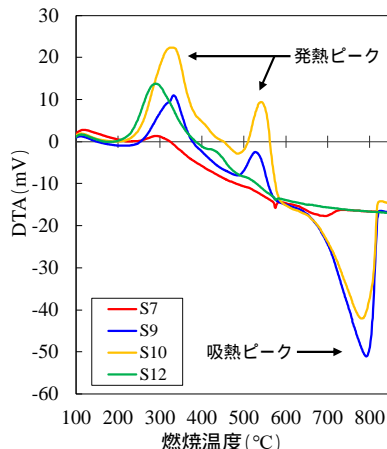
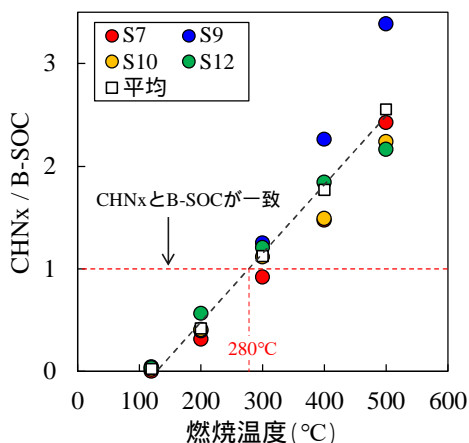


図 2 : 各燃焼温度で分解される炭素量 : 図 3 : 示差熱分析による堆積物の発熱・吸熱反応
CHN_x と B-SOC の比

大阪湾における形態別炭素の堆積状況

図 4 に大阪湾の各地点における形態別炭素の測定結果を示す。大阪湾の海底堆積物中の形態別の炭素は、B-SOC が 2.3 ~ 11.1 mgC/d-dry (平均 : 6.8±2.7)、R-SOC が 8.4 ~ 17.3mgC/d-dry (平均 : 13.8±2.4)、SIC が 0.0 ~ 2.0 mgC/d-dry (平均 : 0.5±0.6) であった。対して海岸の堆積物中の形態別の炭素は、B-SOC が 0.2 ~ 17.6 mgC/d-dry (平均 : 4.6±4.6)、R-SOC は 0.4 ~ 54.3 mgC/d-dry (平均 : 16.1±13.7)、SIC は 0.7 ~ 87.7 mgC/d-dry (平均 : 18.3±27.8) であった。大阪湾の海底の炭素の堆積状況は全域で大きな違いは見られなかったが、海岸部では採取地点によって形態別の炭素の堆積量に大きなばらつきがあった。特に、B-SOC と R-SOC の平均値は海域と海岸で同程度であったが、SIC は海域の海底にはほとんど含まれておらず、港湾海域や漁港の海底には多くの無機炭素が堆積していることが明らかとなった。また、干潟域には有機炭素のうち、残存性の形態の割合が高く、炭素の貯留効果が高いことが明らかとなった。

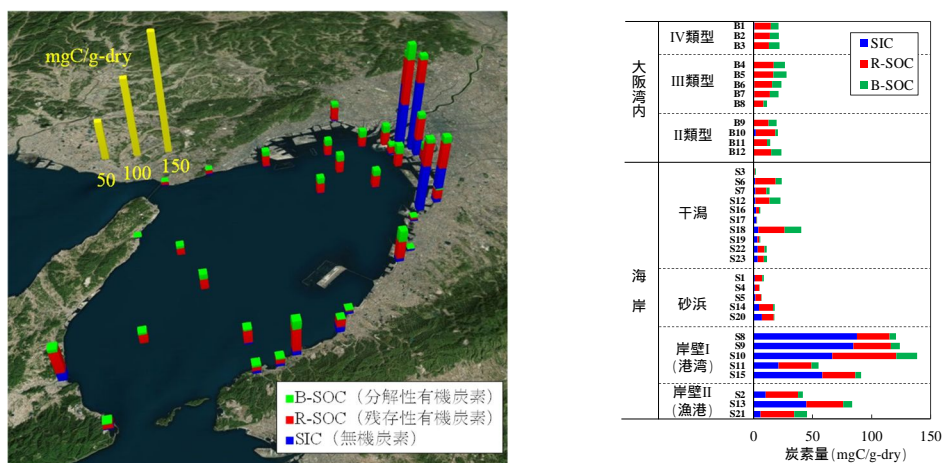


図 4 : 大阪湾における炭素の形態別分布状況

海岸毎の底質性状と炭素貯留効果

図 5 は、B-SOC および R-SOC と AVS、Chl.a+Pheo.濃度、泥分割合の関係を示す。B-SOC、R-SOC とともに AVS と泥分割合と強い相関を有していたが、B-SOC よりも R-SOC とのほうが相関は高かった。今回の調査地点においては、泥分割合が高く、かつ AVS が高い嫌気的環境下にある地点で残存性有機炭素の貯留効果が高くなるような傾向が確認された。一方、Chl.a+Pheo.濃度とは B-SOC とは無相関 ($r=0.019$)、R-SOC とも相関は弱かった ($r=0.36$)。このことから、生分解試験を実施しなくても比較的分析が容易である AVS を指標として R-SOC が推定できる可能性が示唆された。今後、さらにサンプル数を増やし、推定手法の確立が必要と考える。

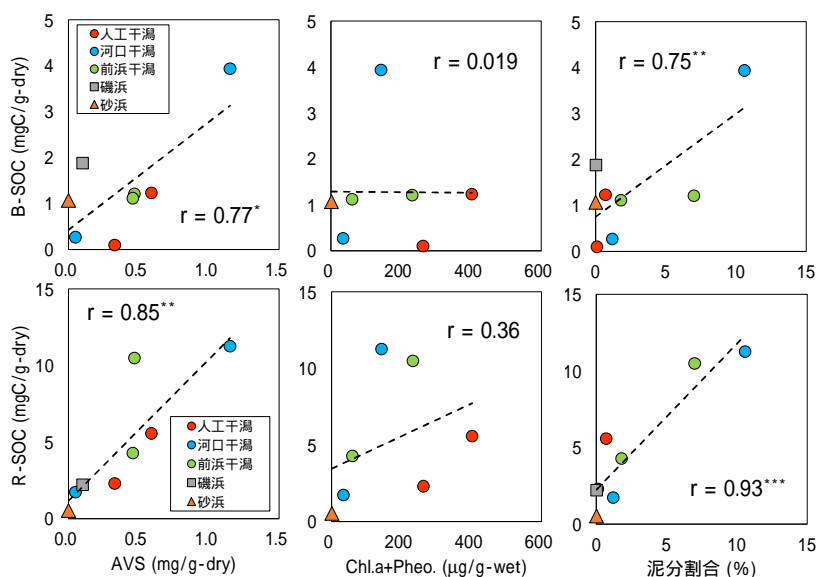


図 5 : B-SOC (上段)、R-SOC (下段) と底質の関係

(左列 : AVS、中列 : Chl.a+Pheo.濃度、右列 : 泥分割合)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 遠藤 徹, 菊池優宏, 中下慎也	4. 巻 78
2. 論文標題 形態別炭素の簡易分画手法による大阪湾の炭素の堆積状況の把握	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 811-816
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.78.2_1_811	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中下慎也, KIM Kyeongmin, TOUCH Narong, 日比野忠史	4. 巻 78
2. 論文標題 燃烧温度と燃烧時間が底泥の強熱減量値に与える影響の検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 871-876
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.78.2_1_871	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 遠藤 徹, 早光孝稀, 北野勇太郎, 中下慎也	4. 巻 76
2. 論文標題 堆積物中の形態別炭素に着目した都市沿岸部の炭素貯留効果に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 1021-1026
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.2_1_1021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 菊池優宏
2. 発表標題 形態別炭素の簡易分画手法による大阪湾の炭素の堆積状況の把握
3. 学会等名 第69回海岸工学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中下 慎也
2. 発表標題 燃焼温度と燃焼時間が底泥の強熱減量値に与える影響の検討
3. 学会等名 第69回海岸工学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠藤 徹
2. 発表標題 堆積物中の形態別炭素に着目した都市沿岸部の炭素貯留効果に関する研究
3. 学会等名 第67回海岸工学講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北野勇太郎、遠藤 徹、早光孝稀
2. 発表標題 都市沿岸域の干潟および港湾海域における炭素貯留効果に関する研究
3. 学会等名 2020年度土木学会関西支部年次学術講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	中下 慎也 (Nakashita Shinya) (90613034)	広島大学・先進理工系科学研究科(工)・助教 (15401)	

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
---------	---------