

干潟の吸収量算定方法

各干潟でチャンバー法によるCO₂吸収量の計測と、底泥表面のクロロフィルを計測し、日射量・気温・底泥クロロフィル量を変数としたモデルから各干潟で地盤高別に吸収係数を設定した。以下に詳細を示す。

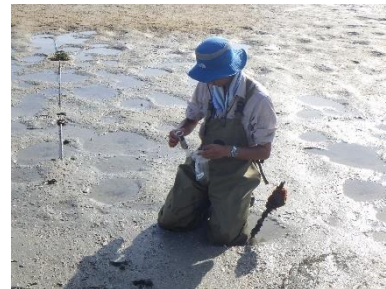
a) 現地調査

2024年7月3日から7月6日において、各干潟において、干潮時に現地調査を実施した。現地では、各干潟の環境を代表できる中心付近において、岸沖方向に地盤高+2.0m、+1.5m、+1.0m、+0.5mの位置で地点を設定した。地盤高+2.0m、+1.5m、+1.0m、+0.5mの地点では、底泥を口径3cmのシリンジで3回採取し、深度0-1cmを分取し持ち帰り、分析室でクロロフィル量の分析を行った。また、地盤高+1.5m、1.0mの地点では、直径400mm高さ310mmのアクリル製のチャンバーを設置し、通気口より、定量ポンプを用いて大気を循環させた。循環チューブの途中にCO₂アナライザー（LI-CAR社製 LI-850）を接続し、1秒間隔で10分ほどCO₂濃度の変化を計測した。

計測は明チャンバーと暗チャンバーの両方で実施し、明チャンバーの値から暗チャンバーの値を引くことで、微細藻類による吸収量を求めた。



チャンバーによる計測



クロロフィル採取

写真1 現地調査の実施状況

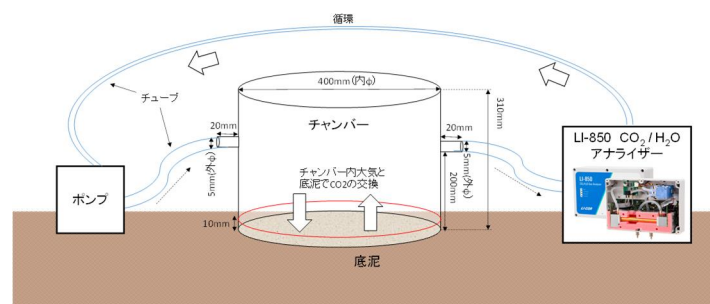


図1 チャンバーによるCO₂吸収量の計測要領

また、同時に、干潟表面における光量子量を光量子計（J F Eアドバンテック社製 DEF12-L）により計測した。

チャンバーによって得られた CO₂ 分圧の変化の傾き（図 2）と、チャンバー内の平均気温から、以下の式を用いて、CO₂ の吸収（もしくは放出）フラックスを算定した。

$$\text{CO}_2 \text{ フラックス} = \text{CO}_2 \text{ 変化の傾き (ppm/min)} \times \text{チャンバーの体積 (L)} / 1\text{mol あたりの体積 (L/mol)} \times \text{CO}_2 \text{ 分子量 (44)} \times 10^{-3} / \text{チャンバーの面積 (m}^2\text{)}$$

$$1\text{mol あたりの体積 (L)} = \text{気体定数 (8.3} \times 10^3\text{)} \times \text{チャンバー内の絶対温度/気圧 (101325pa)}$$

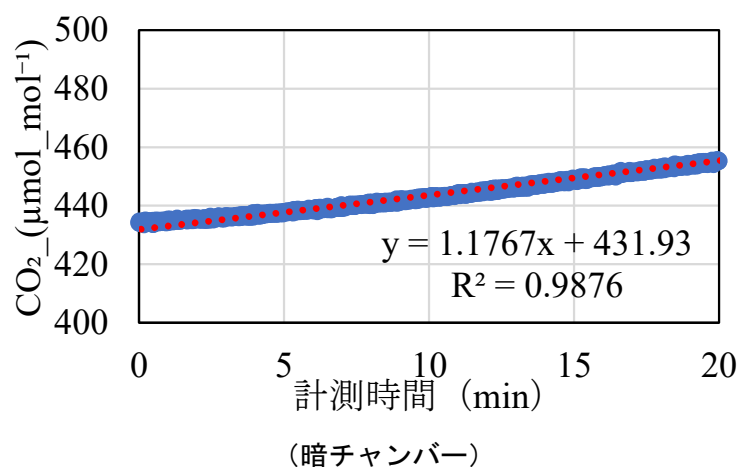
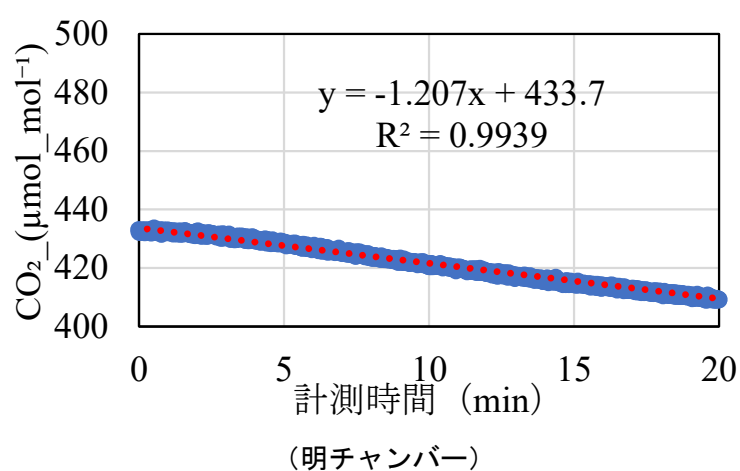


図 2 チャンバー内の CO₂ 濃度の変化（百島干潟+1.0mの例）

明チャンバーにおける CO2 フラックスは、微細藻類による吸収から有機物分解等による放出を差し引いた正味の CO2 交換量である。また、暗チャンバーにおける CO2 フラックスは有機物分解による CO2 放出量である。このため、以下の式が成立する。

$$CO_2 \text{ 交換量 (明チャンバー)} = CO_2 \text{ 吸収量} + CO_2 \text{ 放出量 (暗チャンバー)}$$

$$CO_2 \text{ 吸収量} = (\text{明チャンバー}) - (\text{暗チャンバー})$$

各調査地点における CO2 交換量、CO2 吸収量、CO2 放出量および光量子量等の計測結果および福山特別地域気象観測所における気温の記録は表 1 に示すとおりである。また、各干潟の各地盤高におけるクロロフィル量の分析結果は、図 3 に示すとおりである。

表 1 チャンバー法による干潟表面の CO2 フラックスの計測結果

地点	地盤高 (m)	CO2フラックス(mg-CO2/m2/min)			気温 (°C)	光量子 ($\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{sec})$)
		CO交換量	CO放出量	CO吸収量		
高尾干潟	+1.0	-2.19	0.41	-2.60	32.3	1503
高尾干潟	+1.5	-2.74	0.42	-3.16	32.3	1225
海老干潟	+1.0	-0.91	0.58	-1.49	31.4	1366
海老干潟	+1.5	-0.61	0.70	-1.31	31.8	1164
海老干潟	+2.0	-1.02	0.58	-1.60	31.2	1591
百島干潟	+1.0	-0.64	0.63	-1.27	30.1	1585
百島干潟	+1.5	-1.42	0.44	-1.86	29.8	1548
灘干潟	+1.0	-0.41	1.60	-2.01	34.4	855
灘干潟	+1.5	-1.95	0.39	-2.34	32.6	572

※負値を吸収として示した。

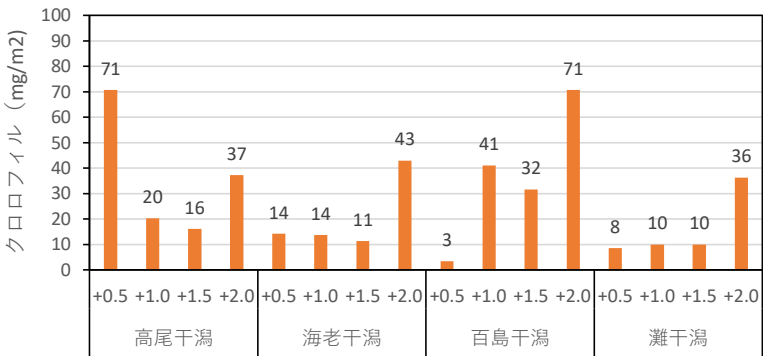


図 3 底泥のクロロフィル量の分析結果

b) モデルによる吸収係数の算定

干潟における年間の CO₂ 交換量を算定するため、吸収量および放出量に関する数理モデルを構築した。

吸収量のモデルは、底生微細藻類の光合成活性を規定する主要因である光量子量と気温を境界条件とした。

モデルは、瀬戸内海における既存研究（文献 1 および文献 2）を参照し、以下の式より定義した。

単位クロロフィルあたりの CO₂ 吸収フラックス

$$\begin{aligned} &= \text{最大 CO}_2 \text{ 吸収量} \times \tanh(\alpha \times \text{光量子量} / \text{最大 CO}_2 \text{ 吸収量}) \times \text{温度係数} \\ &\text{温度係数} = \exp(\beta_1 \times (\text{温度} - 30^\circ\text{C})) \end{aligned}$$

最大 CO₂ 吸収量および α とともに、実測値をうまく再現できるよう最小二乗誤差法により求めた。 β_1 は文献 1 を参照し、0.0283 とした。

暗チャンバーにより計測した分解による CO₂ 排出量については、以下の式より算定した。

$$\text{単位面積当たりの CO}_2 \text{ 放出フラックス} = \text{CO}_2 \text{ 放出量} \times \exp(\beta_2 \times (\text{温暖} - 30^\circ\text{C}))$$

ここで、CO₂ 放出量は各干潟において暗チャンバーで計測した CO₂ 放出フラックスの平均値とした。 β_2 は既存文献を参照し、0.0693 とした。

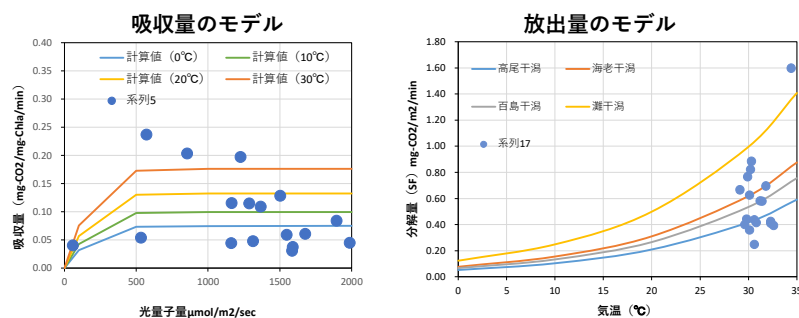


図 4 構築したモデルと実測値の比較

申請期間中（2023 年 9 月 1 日から 2024 年 8 月 31 日）の最寄りの観測所における気温と日射量の 1 時間置の統計値を収集し、モデルの変数として与えた。

水深は地盤高と尾道糸崎港の潮位から求めた。干潟面と大気間での CO₂ 交換は、干出時のみに起こると仮定し、干出した時間帯のみに CO₂ 吸収と CO₂ 放出が起こるように設定した。

上記のモデルを用いて、各干潟の各地盤高別のクロロフィル量をもとに、年間の CO2 フラックス（吸収係数）を算定した。この際、底泥のクロロフィル量は、近隣の干潟におけるクロロフィルの計測結果および文献 1 を参照し、冬季（12-2 月）は夏季（6-8 月）の 70%、春季（3-5 月）、秋季（9-11 月）は夏季の 85%と仮定した。

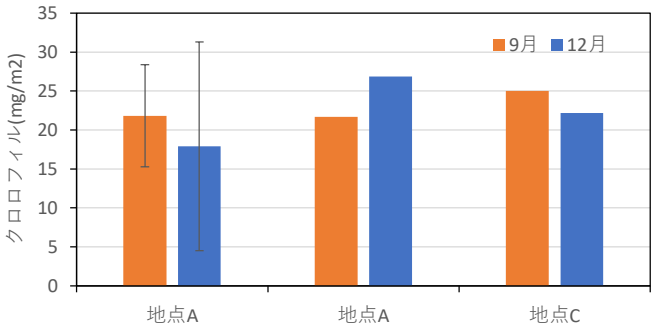
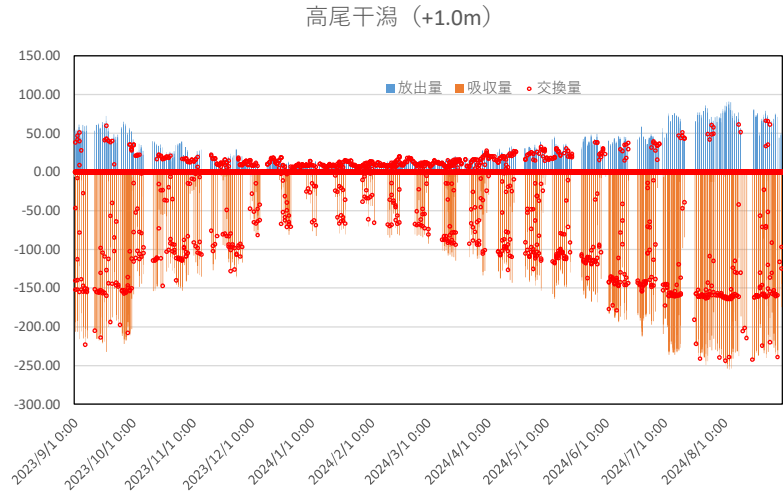


図 5 近隣の干潟における底泥クロロフィルの季節変化

以上の方法により求めた各干潟の地盤高別の吸収係数は、図 6 および表 2 のとおりである。本申請で推定した干潟の吸収係数は、国内の他の事例と比較し、やや低く、妥当かつ保守的な値が得られていると考えられる（表 3）。



※負値を吸収として示した。

図 6 モデルによる CO2 吸収・放出フラックスの推計例

表 2 干潟の吸収係数の算定結果

干潟	地盤高	クロロフィル	吸収係数
	m	mg/m2	t-CO2/ha/year
高尾	0.5	70.74	-0.83
高尾	1.0	20.28	-0.62
高尾	1.5	16.03	-0.86
高尾	2.0	37.25	-4.42
海老	0.5	14.15	-0.09
海老	1.0	13.68	-0.30
海老	1.5	11.32	-0.38
海老	2.0	42.91	-5.27
百島	0.5	3.44	0.05
百島	1.0	41.03	-1.62
百島	1.5	31.60	-2.45
百島	2.0	70.74	-9.48
灘	0.5	8.49	-0.02
灘	1.0	9.90	-0.11
灘	1.5	9.90	-0.23
灘	2.0	36.31	-4.27

表 3 本申請における吸収係数（CO2 吸収フラックス）と国内の他の研究事例との比較

単位：mmol/m²/hour

	本申請	遠藤ら (2018)	Tokoro and Kuwae (2022)	Montani et al (1998) ¹⁾
		文献7	文献8	文献6
平均	0.56	2.24	6.05	4.13
SD	0.67	-	7.14	2.19
n	20	干潟全域の収支	338	36
海域	瀬戸内海（備後灘）	瀬戸内海（大阪湾）	東京湾	瀬戸内海（備讃瀬戸）
手法	チャンバー法+モデル	チャンバー法+モデル	渦相関法	現地観測+室内実験+モデル
計測時期	年平均	年平均	冬季	年平均

1) 底生微細藻類による純生産量の推定値であり、底泥内での分解量が計上されていないので参考値とする。

参考文献

- 1) Montani et al.: Seasonal and interannual patterns of intertidal microphytobenthos in combination with laboratory and areal production estimates, Mar Ecol Prog Ser, 249, 79–91, 2003.
- 2) 遠藤ら：都市沿岸域の人工湿地における CO₂ フラックスの四季調査と CO₂ 吸収・放出量の推定, 土木学会論文集 (B2) 海岸工学, 71 (2), I_1327–I_1332, 2015.
- 3) Tokoro and Kuwae: Air–water CO₂ and water–sediment O₂ exchanges over a tidal flat in Tokyo Bay, Frontiers in Marine Science, 9:989270. doi: 10.3389/fmars.2022.989270.