

第Ⅱ部門

水質連続モニタリングによる港湾、干潟およびダム貯水池の CO₂ 変動特性の把握

大阪市立大学工学部 学生員 ○小倉一輝

大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 遠藤 徹

大阪市立大学大学院工学研究科 非会員 上村健太

東洋建設株式会社鳴尾研究所 正会員 酒井大樹

1. 研究背景と目的

日本は、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラル（脱炭素社会）の実現を目標としており、その削減策の一つとしてブルーカーボンが近年注目されている。ブルーカーボンは海洋生態系により海域に吸収・固定される炭素のことであり、周囲を海に囲まれた日本において沿岸域における炭素吸収機能の解明とその有効活用が望まれている。東京湾や大阪湾で CO₂ フラックスの実測調査^{1) 2)}が実施され、栄養が豊富で基礎生産力の高い都市内湾は CO₂ 吸収能が高いことが明らかとなっている。しかし、同じ湾内でも海域によって CO₂ の分布特性が異なることや観測が年に数回で昼間のみに限られているため、都市内湾における CO₂ 変動特性は不確定な部分が多い。

そこで本研究は、大阪湾流域を対象に港湾海域や人工干潟、淡水域といった多様な環境場において、夜間も含めた長期間にわたる水質の連続観測を実施して各水域の pCO₂ : CO₂ 分圧の日内変動を明らかにし、季節や水域による表層水の pCO₂ の変動特徴の違いについて把握することを目的とした。

2. 研究内容

2.1 pCO₂ の計算方法

本研究では、海水中における炭酸物質の化学平衡式³⁾を基に、水質連続モニタリングにより得られた水温、塩分、pH、TA : 全アルカリ度から pCO₂ を算出した。ただし、TA の連続観測は困難であるため、同一集水域内では TA の観測値が塩分と強い相関がある⁴⁾ことから、各水域で TA と塩分の検量線を作成し、塩分の観測値から TA を得ることとした。

2.2 調査概要

対象水域は図-1 に示すように、①鳴尾浜（港湾海域）、②大阪南港野鳥園（人工干潟）、③一庫ダム（淡水域）、④比奈知ダム（淡水域）とした。港湾海域は大型船舶が航行

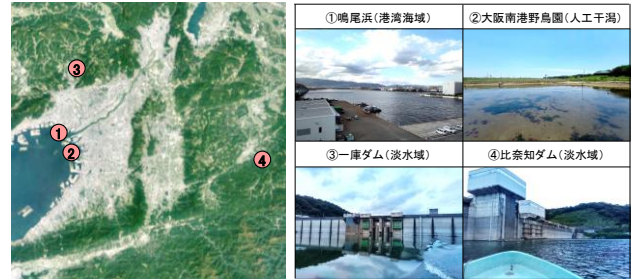


図-1 調査地点図

表-1 調査概要

水域		鳴尾浜	大阪南港野鳥園	一庫ダム	比奈知ダム
特徴		港湾海域	人工干潟	淡水域	淡水域
期間	春	21/5/11～26	21/ 5/26～ 6/ 9	21/ 5/ 1～15	
	夏	21/7/14～29	21/ 8/11～ 9/ 1	21/ 7/14～28	
	秋	21/11/8～24	21/10/20～11/17	21/10/ 1～15	
	冬	22/1/14～31	(観測中)	22/ 1/17～31	
調査地点		表層水（水面下約 50cm）			
観測間隔		1 時間	1 時間	6 時間	4 時間
項目	水質：pH, DO, EC, 水温, 水位, Chl.a※				
	気象：雨量, 風速, 光量子（気象庁 HP より取得）				

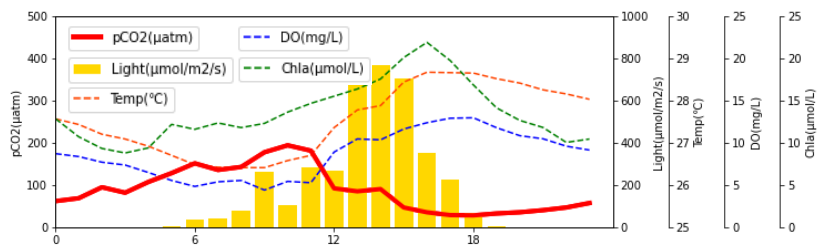
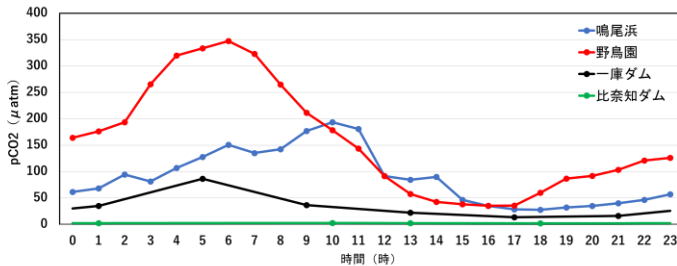
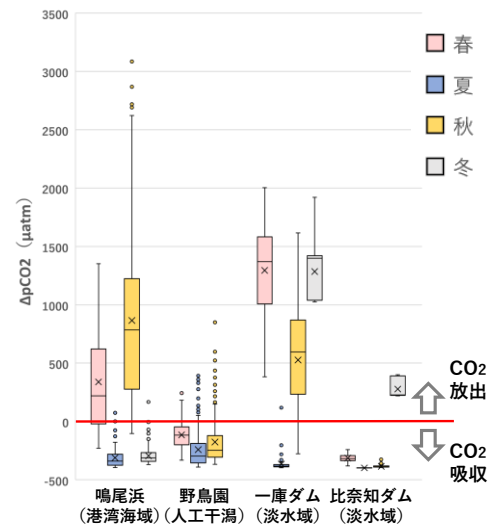
※鳴尾浜と野鳥園は近隣のモニタリングポストのデータを使用

できるように水深が深く閉鎖的な海域、人工干潟は潮汐による海水交換により物質循環が促され、生物による炭素の吸収が活発であると考えられている海域、一方で淡水域である一庫ダムと比奈知ダムはともに大阪湾に流れ込む貯水池である。表-1 に示すように鳴尾浜と野鳥園では表層水中の pH, DO, EC : 電気伝導度、水温、水位を 1 時間ごとに約 2 週間、季節別に観測した（野鳥園の冬は現在調査中）。塩分については、EC から実用塩分を換算した。一方、一庫ダムと比奈知ダムについては、(独) 水資源機構の観測データを用いた。TA と塩分の検量線データ取得のため各水域で定期的な採水調査を実施した。

本研究では、各季節における平常的な pCO₂ の変動を対象とするため、2 週間の観測期間内で晴れた日のデータのみを抽出し、同じ時間の pCO₂ を平均することで各季節における平常的な日内変動を求めた。また、観測期間中、藻類やフジツボの幼生が水質計のセンサー一部分に付着し正確な値が測定できていない期間があったため、その期間についても除外した。

Kazuki OGURA, Toru ENDO, Kenta UEMURA and Daiki SAKAI

t.endo@eng.osaka-cu.ac.jp

図-2 夏の鳴尾浜における $p\text{CO}_2$ とその他項目の日内変動図-3 夏の各水域における $p\text{CO}_2$ の日内変動図-4 水域別の $\Delta p\text{CO}_2$ の箱ひげ図

3. 研究結果

3.1 $p\text{CO}_2$ の日内変動

観測結果の一例として、鳴尾浜で観測した夏における $p\text{CO}_2$ とその他の水質項目の日内変動を図-2 に示す。夏の鳴尾浜の表層 $p\text{CO}_2$ は、28～193 μatm (平均値：89 μatm) で変動しており、日射量が増加する昼間に光合成の影響で $p\text{CO}_2$ が減少する一方、夜間は生物の呼吸、無機化の影響で $p\text{CO}_2$ が増加する傾向が確認できた。ただし、図-3 に示す夏の各水域における $p\text{CO}_2$ の日内変動を比較すると、人工干潟の野鳥園で $p\text{CO}_2$ の日内変動量が最も大きく、淡水域である一庫ダムと比奈知ダムは比較的 $p\text{CO}_2$ が低い傾向が確認できた。また、 $p\text{CO}_2$ が最大となる時間帯も水域によって異なることが明らかとなった。

3.2 $p\text{CO}_2$ の分布特性

図-4 に、各季節、各水域における平常時の表層 $p\text{CO}_2$ と大気中の $p\text{CO}_{2\text{air}}$ (≒400 μatm) から求めた $\Delta p\text{CO}_2$ ($=p\text{CO}_2 - p\text{CO}_{2\text{air}}$) の箱ひげ図を示す。 $\Delta p\text{CO}_2$ は大気海水間の交換ポテンシャルのことで、正は大気へ放出、負は水中への吸収を意味する。全ての水域で夏に CO_2 を大きく吸収していることが確認できる。しかし、野鳥園は全季節において多くの時間帯で CO_2 が吸収されているのに対して、港湾海域や淡水域は季節によって昼夜問わず $\Delta p\text{CO}_2 > 0$ となっており、特に秋の鳴尾浜は CO_2 の放出傾向が顕著であった。閉鎖的な海域である鳴尾浜は夏になると密度成層の発達に伴って底層に CO_2 が貯留される。一方、秋になると成層の緩和に伴って CO_2 濃度が高い底層水と表層水が混ざることによって表層の $p\text{CO}_2$ が急増し、結果、放出の

場となったと考えられる。また、一庫ダムでは夏以外に CO_2 を大きく放出、比奈知ダムでは冬以外に CO_2 を大きく吸収しており、淡水域は同じ季節でも水域によって傾向が異なることが分かった。

4. 結論

本研究は長期間にわたる水質の昼夜連続観測により港湾海域、人工干潟およびダム貯水池における CO_2 の日内変動を明らかにした。本研究で得られた結論を以下に示す。

- 1) 全ての水域で、 $p\text{CO}_2$ は昼以降に減少する一方、夜間は大きく増加することを確認した。また、全ての水域で夏に CO_2 を吸収する傾向が確認された。
- 2) 干潟は港湾よりも炭素の吸収源としての機能が大きいと考えられる。また、淡水域は同じ季節でも水域により傾向が異なることが分かった。

謝辞：独立行政法人水資源機構からは研究に必要なデータの提供と調査に協力いただきました。ここに感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) Kubo, A., Maeda, Y., and Kanda, J. (2017): A significant net sink for CO_2 in Tokyo Bay, Sci. Rep. 7: 44355.
- 2) 遠藤徹, 嶋野純平, 池永健二, 国分秀樹: DIC の空間分布調査による大阪湾, 播磨灘および英虞湾の CO_2 フラックスの評価, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 74 (2), 1315-1320, 2018.
- 3) Dickson, A. G., Sabine, C. L. and Christian, J. R. (2007): Guide to best practices for ocean CO_2 measurements, Sidney, North Pacific Marine Science Organization.
- 4) 田口二三生ら: 沿岸海域のアルカリ度, 沿岸海洋研究, 47 (1), 71-75, 2009.