

第Ⅱ部門

大和川における CO₂ 濃度の日内変動とその変動要因に関する研究

大阪市立大学工学部

学生員 ○ 済木智貴

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 原田範子

1. 研究背景と目的

温室効果ガスの削減策として、水域生態系による CO₂ の吸収・固定機能が注目されており、有効活用に向けてそのメカニズムの解明が望まれている。水域における CO₂ 吸収能は水中の CO₂ 濃度から求められる二酸化炭素分圧 (pCO₂) と大気中の pCO₂ の差によって決まる。特に水中の CO₂ 濃度は、生物・化学・物理的なさまざまな作用を受けることから大気中より変動しやすく、吸収能に与える影響は大きいと考えられている。西村ら¹⁾は岡山県旭川にて pCO₂ の季節変動及び日内変動を調査し、また、藤井ら²⁾は大阪湾沿岸部で季節毎に pCO₂ の日内変動の調査を実施している。しかし、pCO₂ の変動要因として、水温や DO の関係で整理されたのみであった。

そこで本研究では、大和川で CO₂ 濃度と炭素動態に関連する水質の 24 時間調査を実施し、大和川における CO₂ 濃度の日内変動とその変動に及ぼす要因について明らかにすることを目的とした。

2. 調査の概要

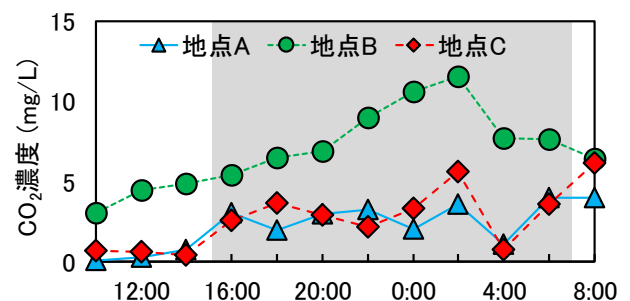
本研究で実施した調査の概要を表-1 に、調査地点を図-1 に示す。調査地点は支川合流による影響を考慮するため、大和川の支川の西除川付近を対象とし、その合流前を地点 A、西除川を地点 B、合流後を地点 C の 3 地点とした。ここで、西除川には下水処理場の処理水が流入している。調査は 2019 年 11 月 20 日の 10 時から翌 8 時にかけて、2 時間ごとに採水と水質測定を実施した。各現場で河川水中の水温、塩分、クロロフィル (Chl.a) の蛍光強度、DO、pH を多項目水質計 (Hydrolab 社: MS-5, JFE アドバンテック社: Compact CTD) で測定するとともに、大気中の CO₂ 濃度を TR76-Ui (T&D 社) で測定した。採水試料は Whatman GF/C でろ過し、ろ過水の DIC 濃度 (強酸による CO₂ 遊離法)、全アルカリ度: TA (滴定法)、DIN 濃度 (比色法) を分析した。水中の CO₂ 濃度は、DIC と TA、水

表-1 採水および水質調査の概要

調査日時	2019 年 11 月 20 日 10 時～21 日 8 時 (2 時間毎に採水と水質測定を実施)
調査・採水地点	地点 A: 行基大橋 (大和川本川) 地点 B: 常盤橋 (西除川: 支川) 地点 C: 大和橋 (大和川本川)
調査項目	採水 (室内分析) - DIC, TA, DIN, DIP 現地測定 - 水温, 塩分, Chl.a 蛍光強度 - DO, pH, 大気 CO ₂ 濃度



図-1 採水および水質の調査地点

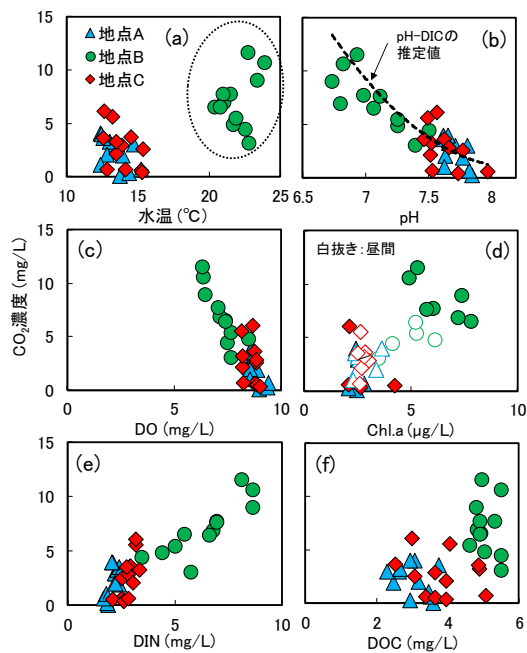
図-2 各地点における CO₂ 濃度の日内変動

温、塩分から炭酸化学理論により推定した。また、Chl.a 濃度は、CTD で測定した蛍光強度を基に、別途アセトン抽出法で求めた Chl.a の検量線から求めた。

3. 研究結果と考察

3.1 CO₂ 濃度の日内変動

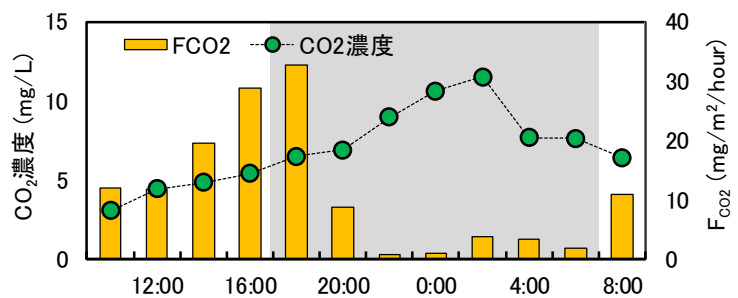
各地点における CO₂ 濃度の日内変動を図-2 に示す。CO₂ 濃度は、地点 A で 0.1～4.0 mg/L、地点 B で 3.0～11.5 mg/L、地点 C で 0.4～6.1 mg/L で変動しており、いずれの場所でも夜間に増加する傾向が確認された。

図-3 CO₂濃度と各水質項目の関係

しかし、地点 A から C の平均値は 2.2, 7.0, 2.7 mg/L であり、支川の西除川が本川よりも CO₂ 濃度が高い傾向が確認された。これは、地点 B の上流に下水処理場があり、処理水の影響により CO₂ 濃度が高くなっているものと考えられる。

3.2 CO₂ 濃度と水質の関係

CO₂ 濃度の変動要因について検討するため、CO₂ 濃度と水温、pH、DO、Chl.a 濃度、DIN 濃度、DOC 濃度の関係を図-3 に示す。西除川の水温が本川と比べて高いことから処理水の影響が確認できる(図-3(a))。TA と DIC から計算した CO₂ 濃度は、pH が小さくなると増加しており、pH と DIC で推定した CO₂ 濃度(破線)と傾向が一致しているが、ばらつきが確認できる(図-3(b))。このばらつきは、CO₂ 濃度の変動要因として生物作用とイオンの変化に起因するものと考えられるが詳しいことはここでは分からない。CO₂ 濃度は DO と強い相関 ($r=0.88$: 図-3(c)) が確認でき、光合成と呼吸・無機化の生物的な影響が作用していると考えられる。各河川における Chl.a 濃度、DIN 濃度、DOC 濃度との相関は、 $0.29\sim0.33$: 図-3(d)、 $0.68\sim0.82$: 図-3(e)、 $0.14\sim0.34$: 図-3(f) で、NO₂+NO₃ 濃度と強い正の相関があった。このことから、無機化による CO₂ の生成の影響が大きいことが示唆された。一方、昼間に Chl.a が増加しても CO₂ 濃度も増加していることから、大和川では CO₂ 動態に及ぼす光合成の影響は小さいことが示唆された。

図-4 西除川の河川水中の CO₂ 濃度と水面 CO₂ フラックス (正: 放出) の日内変化表-2 西除川の河川水中の CO₂ の変化量と大気-水面間の CO₂ 交換量 (正: 大気への放出)

時間帯	10:00 ~ 12:00	12:00 ~ 14:00	14:00 ~ 16:00	16:00 ~ 18:00	18:00 ~ 20:00	20:00 ~ 22:00	22:00 ~ 0:00	0:00 ~ 2:00	2:00 ~ 4:00	4:00 ~ 6:00	6:00 ~ 8:00	収支
水中の 変化量	297.2	83.6	128.5	225.4	85.9	460.0	365.9	188.5	-842.6	-14.5	-262.7	715.1
水面での 交換量	23.8	31.3	48.4	61.6	41.5	9.5	1.6	4.7	7.2	5.0	12.7	247.3

※単位: mg-CO₂/m³ (水深 0.2m, 表面積 1m² の水柱を想定)

3.3 水中の CO₂ 動態に及ぼす CO₂ フラックスの影響

河川水中内の CO₂ 動態に対する大気-水面間の CO₂ フラックス (F_{CO_2}) の寄与について評価するため、CO₂ 濃度の日内変動が大きかった西除川(水深 0.2m)の単位水中あたりの、水中内の CO₂ 変化量と水面での CO₂ 交換量を求めた。図-4 は、西除川における CO₂ 濃度と F_{CO_2} の時間変動を示す。 F_{CO_2} は $0.7\sim32.8\text{mg}/\text{m}^2/\text{hour}$ と常に放出で、夜間に風が弱く小さくなっていた。次に、各時間帯における水柱内の CO₂ の変化量と大気への CO₂ の放出量を表-2 示す。西除川の単位水柱あたりの CO₂ 変化量は 715.1 mg の増加に対し、水面からの放出量は 247.3 mg で、水中内の CO₂ 変化に対してフラックスは 35%程度の影響であった。

4. 結論

- 1) 大和川の CO₂ 濃度は、全地点で夜間に増加する日内変動傾向が確認され、特に下水処理水の流入がある西除川は CO₂ 濃度が本川と比べて高かった。
- 2) 大和川では、無機化が CO₂ 濃度の変動に及ぼす影響が高いことが示唆された。
- 3) 水中の CO₂ 動態におよぼす水面フラックスの影響は 3 割程度であった。

<参考文献>

- 1) 西村典子・渡辺桂一郎・岸田巧・岩田徹・大滝英治 (1998): 河川水中の二酸化炭素濃度 ($p\text{CO}_2$) の変動特性, 環境科学会誌, 11(3), 297-304.
- 2) 藤井智康・駒井幸雄・藤原建紀 (2011): 大阪湾沿岸域の二酸化炭素挙動, 土木学会論文集, 67(2), I_911-I_915.