

(48) 栗林公園を対象とした CO₂ 濃度分布および風向・風速の計測とその傾向Measurement of CO₂ density and the tendency based on the survey of the Ritsurin Garden, Kagawa Pref.桑原祐史¹・石内鉄平²・斉藤修³・瀧ヶ崎薫⁴・寺内美紀子⁵・小柳武和⁶

Kuwahara Yuji, Ishiuchi Teppei, Saito Osamu, Takigasaki Kaoru and Koyanagi Takekazu

抄録：著者らは、概ね街路樹の樹冠以下の高さを生活環境圏と捉え、その環境圏における CO₂ 濃度を計測し、地域性や変化量の特徴について研究を進めてきた。結果、被覆の違いによって生活環境圏では CO₂ 濃度が地域性を有することが明らかになってきた。本研究は、昨年に引き続き、緑量や地形特性が CO₂ 濃度にどのような影響を与えているのかという点を定量化するとともに、濃度分布の傾向を把握することを試みた。昨年度課題となった風向については、海風の風上になることが想定される芝生広場に風向・風速計を設置し、公園内への園外大気の侵入方向を把握した。検討の結果、昨年同様に、緑量が豊富かつ地形的に囲まれた地点および地形的に開け風の通りやすい地点では濃度値が低くなり、奥まった地形の箇所および公園外の大気の影響を受けていると推察される高所では濃度値が高くなるといった濃度変動の特徴に再現性が確認できた。

キーワード：二酸化炭素, 文化財, 光合成, リアルタイム計測, 濃度補正

Keywords : CO₂, cultural heritage, photosynthesis, real-time monitoring, density correction

1. はじめに

地球温暖化の原因である温室効果ガスの一つとして二酸化炭素(以下、CO₂と記述する)が注目されている。全球の平均的な濃度値は約 380 (ppm)であることが知られており、経年的・季節的に生じる変化量が増加傾向にあるため、地球温暖化が進行、多くの地域や様々な分野に影響が生じている¹⁾。このような中、著者らの研究グループは、概ね街路樹の樹冠以下の高さを生活環境圏と捉え、その環境圏における CO₂ 濃度を計測、変化量に注目してきた²⁾⁻⁴⁾。

CO₂の排出源は、工業・農業など、産業に由来するもの、そして我々市民の生活活動に由来するものがあるが、拡散現象によっていずれも全球濃度に寄与する。現在までの研究において、生活環境圏の CO₂ 濃度は、1) 土地利用の分布(森林、市街地、工場の効果)、2) 地形の効果、3) 休日など社会活動の効果、等によって変化することを計測してきた²⁾⁻⁴⁾。本論では、従来研究の視点を変え、公園緑地等、市街地内に分布する緑地と、CO₂ 濃度との関係を定量化することを試みた。最近、直達光を遮ることを目的としたグリーンウォール等、身近で簡易な緑化活動が数多く見受けられる。本研究の成果は、都市計画時の緑地配置計画に CO₂ 吸収量の観

点を盛り込んで行くことを最終目的としたものであるが、CO₂ 吸収量を定量化で示す方法を取るため、様々な緑化事業の定量化にも応用利用できるものである。今回は、昨年度の研究で得られた知見の再現性について確認をするために、なるべく同じ計測地点で濃度計測を実施するとともに、風向・風速の計測をより綿密に行うことにより計測時の公園近傍の風の状況を明らかにすることを目指した。

2. 対象領域と使用データ

(1) 対象領域

日本を代表する回遊式大名庭園である栗林公園(香川県)を対象とした。詳しくは文献 5)に譲るが、公園の西側は、北から稲荷山(標高約 166m)～紫雲山～南に室山(標高約 200m)が連なる山地帯になっており、北-東-南の各面が高松市街に面した平地になっている。このため、北より公園に流入した風は、概ね、南方向に向けた進行をするものと考えられる。

(2) 使用データと濃度計測用機器

a) 使用データ

CO₂ 濃度は、NDIR 方式により計測された濃度値(ppm)を用いることにした。計測機器の詳細は b) で記述する。

1 : 正会員 博士(工学) 茨城大学 准教授 広域水圏環境科学教育研究センター

(〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1, Tel :0294-38-5261, E-mail : kuwahara@mx.ibaraki.ac.jp)

2 : 正会員 博士(工学) 国立明石工業高等専門学校

(〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3)

3 : 正会員 博士(工学) 茨城大学 防災セキュリティ教育研究センター

(〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1)

4 : 非会員 博士(工学) 前田建設工業株式会社

(〒101-0064 東京都千代田区猿楽町 2-8-8 猿楽町ビル)

5 : 非会員 博士(工学) 信州大学 准教授 工学部 建築学科

(〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)

6 : 正会員 工博 茨城大学 教授 工学部 都市システム工学科 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1)

b) 濃度計測用機器

本研究では、表-1 に示す性能を有する CO₂ 濃度測定器 (CO₂ デテクタシリーズ: 型式 C2D-W02TR: 無線型 CO₂ 測定器) を用いた。この測定器は、写真-1 に示すように、センサと微弱無線機が収められている箱型の形状をしている。複数のセンサで同時に計測された濃度値は、USB によって PC に接続されたアンテナで受信され、データは ASCII 形式でリアルタイムに更新され蓄積されて行く。このデータを事後に加工・編集し、グラフなどの作成に用いる。

(3) 計測データの補正

計測した CO₂ 濃度のデータをより正確に比較することを目的として、現地計測実験後にセンサのガス校正を行った。校正には、400ppm および 700ppm の各濃度ガスを使用し、計測値のレベルシフト量を確認した。まず、400ppm および 700ppm 双方のシフト量を実験室で求め、式-(1) に示す線形変換によってセンサを校正した。校正後、再度、ガスを用いてセンサ値を確認し、式-(1) による再度の補正処理を施した。濃度値の変化は、この補正值を用いて検討を進めた。

表-1 使用したセンサの仕様

1. CO ₂ 測定器 (型式: C2D-W02TR)				
測定項目	CO ₂ 濃度、温度、湿度			
表示項目	測定器本体LCDに、CO ₂ 濃度、温度、湿度、露点温度(測定した温度と湿度からの計算値)を選択操作により切替表示			
測定範囲	CO ₂ 濃度	0 ~ 5000 ppm (5000 ~ 9999 ppm は精度外(拡張測定範囲)になります。)		
	温度	-20 ~ 80 °C		
	湿度	0 ~ 100 %RH		
測定精度	CO ₂ 濃度	±30ppm±読み値の5%		LCD表示 分解能
	温度	±1℃ (10~40℃の範囲内) ±2℃ (10~40℃の範囲外)		
	湿度	±4.5%RH (20~80%RHの範囲内) ±7.5%RH (20~80%RHの範囲外)		
測定間隔	2分(出荷時デフォルト)、1分、30秒、20秒、10秒のいずれかを、ボタン操作により選択。			
パソコン 接続機能	USB接続	周波数: 303.2MHz アンテナ: 基板パターン・アンテナ 通信可能距離: 約7m		
ロガー機能	微弱無線	マイクログラフカード(最大2GBまで)に保存。(測定値は、CSV形式 64バイト/測定回で記録)		
		記録内容は、年・月・日 時・分・秒、CO ₂ 濃度、温度、湿度、露点温度		
電源	パソコン接続時: USB給電、 パソコン非接続時: USBタイプACアダプタ			
測定器本体 寸法/質量	箱形: H60mm×W135mm×D22mm (突起部含まず) / 質量: 約126g			

2. 微弱無線受信機 (型式: C2D-W02RE) オプション	
パソコン通信方式及び電源	USB接続
アンテナ	1/2入ホイップアンテナ
受信機 寸法/質量	本体 箱形: H40mm×W85mm×D60mm (突起部含まず) アンテナ長: 480mm / 質量: 約112g



真-1 センサおよび
微弱無線アンテナの外観



図-1 栗林公園案内図(引用: 香川県栗林公園観光事務所)

$$C_{CO_2} = \frac{300}{D_{700} - D_{400}} (X_i - D_{400}) + 400 \quad \dots \text{式-(1)}$$

但し、 $\begin{cases} D_{700} & : 700\text{ppm からの濃度値シフト量} \\ D_{400} & : 400\text{ppm からの濃度値シフト量} \\ X_i & : \text{CO}_2 \text{ 濃度値(原データ)} \end{cases}$

3. 公園緑地における CO₂ 濃度計測実験

(1) 計測器設置地点

計測実験は、平成 22 年 9 月 21 日(火)に実施した。計測は、公園を 4 つのエリアに分け、各エリア内の湖沼を囲むように 4～5 つの測定器を設置した。設置終了後、複数のセンサから送信されてくるデータをなるべく欠損なく取得するため、アンテナは各エリアの中で最も高標高の地点(エリア 1：香風亭、エリア 2：新日暮亭裏手の丘、エリア 3：飛来峰、エリア 4：芙蓉峰)に設置した。この条件下で、複数のセンサで共通した観測時間を確保するようにした。また、大局的な風向きを把握するために、北門近傍の芝生広場に移動型風向風速計を設置するとともに、センサ設置場所近傍で簡易型風見鳥を用いて風向を計測した。また、公園入客数は現在把握していない。定性的な感覚によるが、午前・午後ともに、観光客はまばらであり、庭園内の橋や高所に登る階段を待つ等、混雑を感じる程ではなかった。図-2 にセンサ設置位置を示す。



図-2 栗林公園内のセンサ設置位置図

(2) 風向・風速の計測結果

風向・風速データを図-3 に示す。なお、風向・風速データは、1 分毎の平均データを記録した。全有効データ 349 データのうち、北西～北東の風が 139 データ(約 40%)であった。このため、「芙蓉沼～西湖～南湖」と、湖面を渡る形で園外の大気が入り込んだことが推定される。濃度値を確認すると、湖近傍の濃度はセンサ設置地点より低い傾向にあり、緑地および湖の CO₂ 濃度吸収効果が推定される。

(3) 濃度計測結果

図-4(1)に芙蓉沼近傍の CO₂ 濃度値計測結果、図-4(2)に南湖近傍の計測結果を示す。計測結果より顕著に向けられた傾向は以下の 3 点である。

- 1) センサ設置地点の濃度値が高く、かつ、時間変動幅が大きい。これは 2010 年の計測でも見受けられた傾



図-3 風向・風速の状況

向である。センサ設置地点は、各地域内を見渡せる比較的高い地点を選定したが、これらの地点が公園外の大気の影響を受けていることが推察される。

2) 公園内の植生や地形に囲まれた地点の濃度値は低い。これは、植生と大気との接触面積や接触時間が長く、植物によるCO₂吸収が比較的良好に行われたことに起因するものと考えられる。

3) 湖沼の橋梁上のCO₂濃度は低い。設置数の関係から断定的な考察はしにくい、海洋/河川で言われている水域による吸収効果の検証し、考察に加えて行く必要がある。

4. まとめ

本研究では、2010年に引き続き、緑地および湖が豊富、つまり、CO₂吸収に優れた環境にある栗林公園の現地調査データを整理し、その傾向を考察した。水域におけるCO₂吸収効果については今後の検証が必要であるが、園内で比較的滞留時間が確保された場合、湖面を園外大気が渡った際に濃度が低下する場所が見受けられ、効果を定量的に確認することができた。今後、水面の効果および計測地点すべての風向・風速を計測し、得られた知見の不偏性を更に確認して行く予定である。

謝辞: 本研究の一部は、茨城大学 地球変動適応科学研究機関(機関長:三村信男 茨城大学教授)のプロジェクトの一環として実施されたものである。また、株式会社U-DOMには、センサの校正と無線局設置に関する貴重なアドバイスを頂いた。そして、栗林公園で実施した調査では、栗林公園管理事務所の方々に多大なるご支援を頂いた。ここに記して深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 環境省 地球環境研究総合推進費 戦略的研究開発プロジェクト (S4) 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム: 地球温暖化「日本への影響」-最新の科学的知見-, 全p. 94, 2008.
- 2) 斎藤修・堀江和也・石山大祐・安原一哉・桑原祐史: MEMS 加速度センサを用いた IC タグによる地盤振動の解析と可能性, (社)日本測量協会 応用測量論文集、Vol. 19、pp. 81-90、2008.
- 3) 斎藤修・桑原祐史・安原一哉・宮部紀之: 茨城県 CO₂ グリッド構想に関する検討, (社)土木学会 土木情報利用技

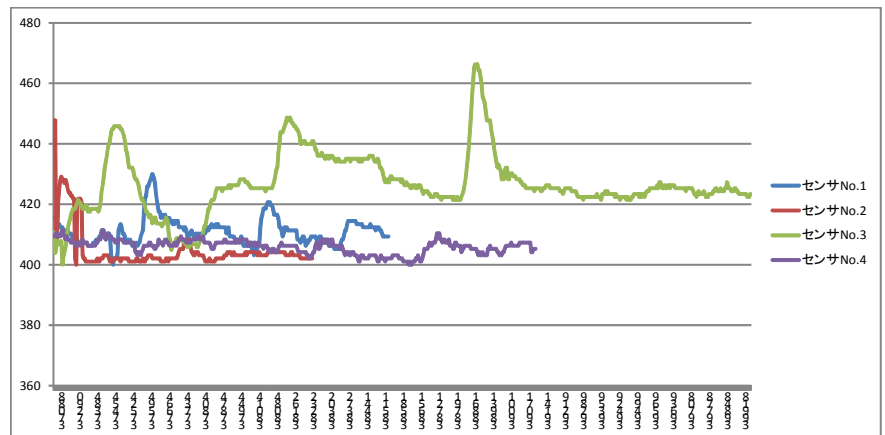


図-4(1) CO₂濃度計測結果(①芙蓉沼近傍)

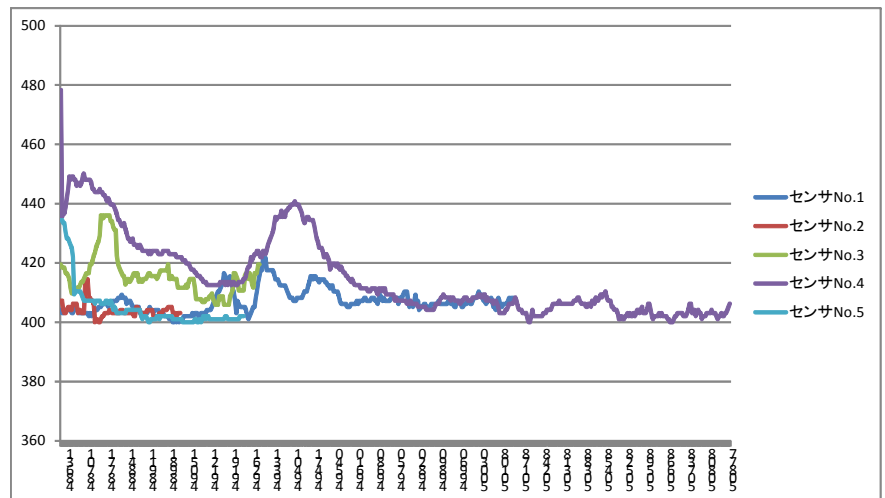


図-4(2) CO₂濃度計測結果(③南湖近傍)

術論文集, Vol. 17, pp. 219-224, 2008. 11

- 4) 桑原祐史・宮部紀之・斎藤修・小柳武和・安原一哉: 茨城県日立市を対象としたCO₂濃度計測システムの応用利用による季節変動分析, (社)土木学会 土木情報利用技術論文集, Vol. 19, pp. 261-266, 2010. 11
- 5) 香川県栗林公園観光事務所: 栗林公園の概要, 平成21年度.
- 6) 株式会社ユー・ドム Web ページ 製品情報「型式C2D-W02TR:無線型CO₂測定器」 <http://udom.co.jp/> (2011. 7. 28 参照)