

CO₂センサの計測精度の検証とメンテナンス作業の効率化に関する研究

茨城大学大学院 学生会員 ○渡邊 花蓮
茨城大学大学院 正会員 桑原 祐史

1. はじめに

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第6次報告書では、2019年の年平均CO₂濃度が410ppmであると報告された¹⁾。二酸化炭素、メタンや一酸化二窒素といった温室効果ガスは赤外線を吸収し、再射出する性質がある。このような温室効果ガスの効果により、太陽の光によって地表から出る赤外線が地表へ戻ると、地表付近の温度が高くなる。増加する温室効果ガスの対策として、2015年に気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)でパリ協定が採択された。

このようなグローバルスケールのCO₂濃度観測は世界各地で行われている。観測データは、地球温暖化現象を解明、評価する観点から、人為の直接的かつ局所的な影響を受けにくい地点から得られる。こうしたデータは、地域環境やCO₂削減への取組の効果を平均的に評価する指標として捉えられている。

一方、茨城大学では、茨城県内の生活環境圏における大気中のCO₂濃度を2007年から測定してきた。観測したCO₂濃度の応用利用については、石井ら(2014)が環境評価指標を提案し、夏季の緑被率と関係していると立証した²⁾。また、加瀬ら(2017)は環境評価指標と地理情報の相関を分析して、観測地点近傍の土地被覆と関係すること、季節によって環境評価指標の性質が変化することを明らかにした³⁾。観測地点近傍の土地利用を評価する緑地環境評価指標の性質をより把握するためには、データの欠落及び塵や埃によるセンサの劣化に対して効率的に対応し、多点化をさらに進めていくことが重要である。そこで、本研究では校正作業の効率化と複数のセンサの特性評価について研究を行った。

2. ネットワークを利用したデータ収集の確立

茨城県内6箇所で行っているCO₂濃度観測では、記録用PCや測定機器にトラブルが頻繁に発生することがあり、データの欠落が問題である。そこで、遠隔地

表-1 データ回収状況

	筑西	大子	石岡	潮来	古河	高萩
アップロード成功率(%)	100.0	85.71	100.0	80.95	95.24	100.0
測定成功率(%)	90.48	0.00	76.19	88.24	90.00	100.0

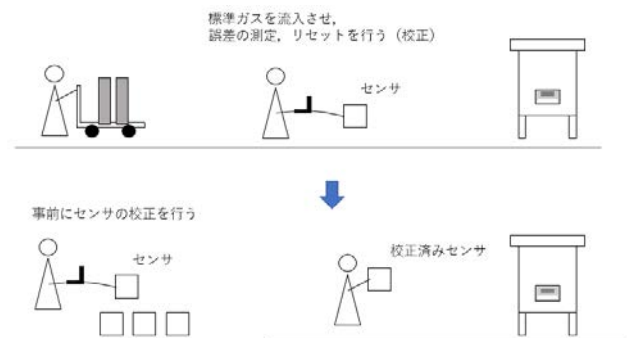


図-1 校正作業の効率化

のデータを自動で定期的に回収し、研究室から確認できるシステムを作成した。連続してデータ回収に失敗した際には、現地へ行きメンテナンス対応をした。2022年1月11日から31日までの3週間のサーバへのアップロードの成功率と測定データの欠落がないことを表す、測定成功率を観測地点ごとに表-1に示す。大子や石岡ではネットワーク接続は連続して行えているが、センサの測定範囲を超える低気温となる日が多いことが原因となり、データ欠損が発生したと考えられた。

3. センサ保存方法の比較実験

長期観測では精度を維持するため、定期的な校正が必要となる。毎回機材の準備、運搬が必要となる現在の作業方法を、事前に校正したセンサを持参し交換する方法に変え、効率化を図る(図-1)。そこで、センサを校正直後の状態のまま保存するための条件を検討する実験を行う。塵や埃がセンサ内部の光源や検出器に付着することが誤差の原因と考えられるため、保存時の温度、湿度、圧力の条件を変更し実験をした。セ

キーワード 二酸化炭素濃度, Raspberry pi, 校正, 計測

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学大学院理工学研究科 都市システム工学専攻

ンサ計測値の標準ガスとの誤差を保管前後の化量で捉えた結果を図-2に示す。設定温度に関わらず、減圧するとセンサの変化量は大きくなり、シリカゲルを封入すると変化量は小さくなった。以上の傾向を考慮すると、校正後のセンサとシリカゲルを合わせて袋に密閉することで数 ppm 程度の精度を保つセンサを予め準備出来ることが判った。この方法を用いることにより、観測地点で標準ガスを用いる作業は無くなるため、メンテナンス作業の効率化に寄与することとなる。

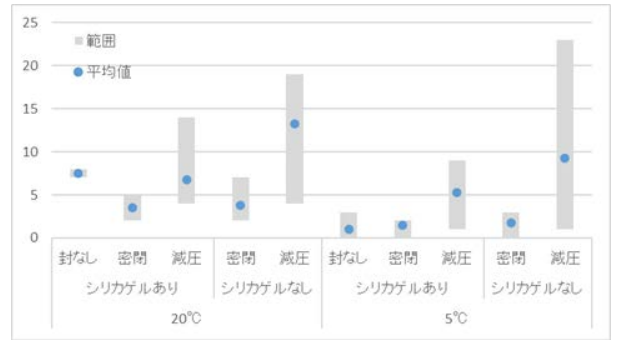


図-2 保管による変化量

4. 新システムの特性把握のための暴露実験

新システム 2 台と従来システムを電子百葉箱に設置し、測定を行った。2022 年 1 月 12 日から 31 日まで観測を行い、時間ごとの平均 CO₂ 濃度は図-3、日平均 CO₂ 濃度は図-4 のようになった。センサの誤差性能を考慮に入れると、従来システムと新システムの 1 台は概ね同等の計測が実現されている。しかし、新システムの 1 台は、大きく従来システムと計測値が大きく異なった。このため、計測後に改めて標準ガスを用いて新システムの誤差を計測し、式(1)を用いて後処理による観測値の補正を行った。図-4 に示した①を②まで補正することができた。このことから、新システムの安定性に課題が発見され、実用上の対策として後処理タイプの補正方法を提案した。

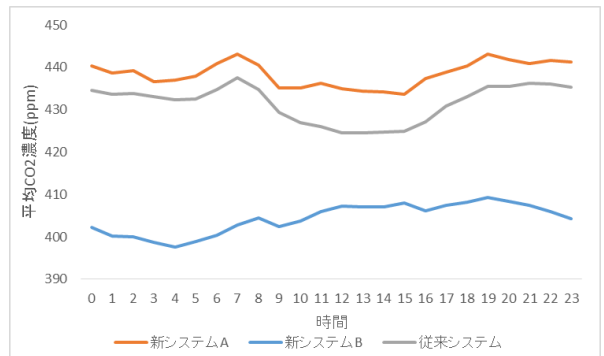


図-3 3 台の測定器の時間ごとの平均 CO₂ 濃度

$$y = (x - a_1) - \frac{(a_2 - a_1)}{400} \times x \quad \dots \text{式(1)}$$

ただし、

y : 補正後の新システムの CO₂ 濃度(ppm)

x : 新システムの CO₂ 濃度(ppm)

a_1 : 0ppm ガスとの差(ppm)

a_2 : 400ppm ガスとの差(ppm)

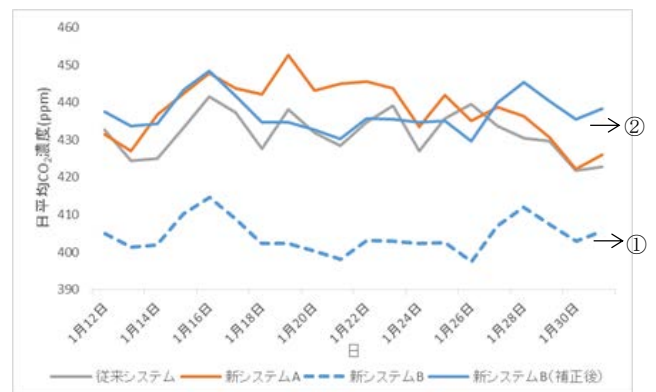


図-4 3 台の測定器の日平均 CO₂ 濃度

5. おわりに

観測データ回収システムにより、安定したデータ回収が可能となった。また、校正後のセンサの精度をある程度維持する保管方法が判った。これらを活用し、県内 6 か所の観測ステーションで測定、データ蓄積を効率的に行う。2 つの光路を持つ新たなセンサと Raspberry pi を組み合わせた新たな CO₂ 濃度計測システムが、何故従来型のセンサの計測レベルと異なったのか、という点の原因究明は今後の課題である。

参考文献

1) 気象庁: IPCC 第 6 次評価報告書第 1 作業部会報告書政策決定者向け要約

(https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WG1_SPM_JP_20210901.pdf), (参照 2021/12/17)

2) 石井健太, 神澤雅典, 桑原祐史, 今井友桂子: CO₂ 濃度変動に着目した新たな環境評価指標の提案に向けて, 土木情報学シンポジウム講演集, vol.39, pp.117-118, 2014

3) 加瀬秀征, 飯田大貴, 桑原祐史: 茨城県の生活環境圏における CO₂ 濃度変動に着目した環境評価指標の検証, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), vol.73, No.2, pp. I_164-I_172, 2017