

(15) 茨城県を対象とした生活環境圏における CO₂濃度補正方法の提案と地域性分析

桑原 祐史¹・山田 貴弘²・今井 友桂子³・齋藤 修⁴・沼尾 達弥⁵

¹正会員 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)
E-mail:kuwahara@mx.ibaraki.ac.jp

²非会員 JR東海 新幹線鉄道事業本部 (〒450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅1-1-4JRセントラルタワーズ)
E-mail:1004takahiro@live.jp

³学生会員 茨城大学大学院 理工学研究科都市システム工学専攻 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1)

⁴正会員 茨城大学特命准教授 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)

⁵正会員 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)

本研究は、茨城県内に配置した生活環境圏を対象としたCO₂濃度計測器の補正手順を検討し、効果的な補正手順を提案することを第1の目的とした。次に、補正を施したデータから、濃度値変動の地域性を見出すことを第2の目的とした。著者らが使用しているCO₂濃度計は、校正後の観測日数が重なるに従い、ドリフトやデータのばらつきが拡大するという特徴を有していた。本研究では、実験室と実地計測データを比較することにより、データ変動に傾向を見出し、実用的な補正方法を提案することに取り組んだ。検討の結果、線形変換および標準偏差の調整をデータ変動区間の特徴に即して組み合わせることで、良好な補正結果を得ることができた。

Key Words : CO₂ concentration, data correction, areal feature, sensor, ibaraki prefecture

1. はじめに

2007年に公表された「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」第4次評価報告書において、「20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇の多くは、人為起源の温室効果ガスの大気中濃度の増加によってもたらされた可能性が高い」と報告されている¹⁾。地球温暖化の原因物質と考えられている温室効果ガスの中でもCO₂は注目されており、グローバル規模でのCO₂濃度観測の体制が整えられつつある。世界では、1957年に南極で、1958年にハワイのマウナロアで、それぞれ二酸化炭素の観測が始まった。国内では、気象庁が1987年に岩手県の三陸海岸の綾里で二酸化炭素の観測が始まり、現在では、綾里のほか、東京都の南鳥島、沖縄県の与那国島で長期間の観測が行われている²⁾。しかし、グローバルスケールでの観測はその地域における人為的な影響を極力排除し、平均的な濃度の傾向を捕らえることを目的としているため、生活環境圏から離れた離島や山中といった場所で観測が行われるケースが多い。国内の都市部においては市民の地球環境への関心を高めるための意識の喚起や地域単位のPRを目的として行われているものが多く、蓄積データの分析を目的とした研究のもとで継続的に都市・局所スケール計測を想定した観測を行っている事例は全国的

に多くないのが現状である。そのため、CO₂濃度の値を継続的に計測するシステムの整備を行い、地域毎のCO₂濃度を分析することで現状のCO₂濃度を明確にする必要があると考える。このような中、著者らのこれまでの研究の過程では、使用中または保管中の計測器に観測値が誤差範囲を超え、CO₂濃度が上昇する現象が見受けられた³⁾。時間的空間的な違いを持った観測値を相互に比較できるようにするためには、観測されたCO₂濃度データを補正する必要がある。そのために、継続的にCO₂濃度センサーを稼働させ、センサーにドリフトが生じてくる時期を把握し、効果的な補正方法を検討する必要がある。

そこで、本研究では、150日超のセンサ連続稼働による暴露実験データを取得、各地域の電子百葉箱で取得されたデータとの関係から新たなデータ補正方法を検討した。次に、補正されたデータから読み取ることのできる茨城県内CO₂濃度の地域性について考察を取りまとめた。

2. 研究の目的

本研究では、CO₂濃度センサーがドリフトを起こすタイミングを

考慮したデータ補正を行い、CO₂濃度変動の地域性を考察することを目的とする。この目的を達成するための解析目標は以下の3点である。

①外気をファンによって実験室内に取り込み、比較的温度変化の少ない理想的環境下においてCO₂濃度の連続観測を行う。センサの計測値が変化し始めるタイミングを掴むことを目指す。

②基準ガス(0ppm および 400ppm)を用い、茨城県内各地域に設置したセンサのドリフト量を把握する。この値を補正基準として、センサの補正処理を行う。但し、地域毎にドリフト現象が起きるまでの日数が異なるため、地点毎に補正係数(線形変換の傾きと区間)が変わることになる。

③補正データから見えるCO₂環境の地域性について考察する。

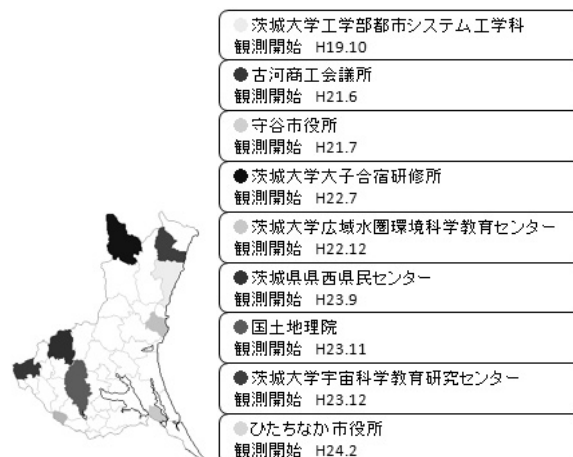


図-1 電子百葉箱設置地点と観測開始日

3. 対象領域(観測地点)

2012年3月1日現在までに、著者らは図-1に示す市町村に電子百葉箱を設置し、その中に株式会社U-DOM製設置型CO₂濃度計を格納、連続観測を続けている。

以前はブロックを多数積重ねる方法で電子百葉箱を固定していたが、風雨による腐食が著しいため、L字アンクルで脚を構築し、百葉箱を高床式のような形式で底上げ設置するように改良した。また、無線式の風向風速計は、微弱無線であるため、様々な要因によるデータ欠落が生じていた。このため、有線式のデータロガー蓄積形式の機器に交換した。図-2に筑西市に設置した機器の例を示す。



図-2 改良した電子百葉箱と風向風速計

4. 観測データの補正

(1) センサ暴露実験

図-3に暴露実験装置の外観を示す。上部の細い塩ビ管が吸入用、下部の太い塩ビ管が排出用のパイプであり、実験室内で連続運転している。2011年10月20日に基準ガスを用いて校正したセンサ1(No.42と記述)およびセンサ2(No.47と記述)を実験装置に格納し、2012年2月3日より、No.42は165日間、No.47は192日間連続計測を行った。結果を図-4に示す。図の横軸が実験装置の稼働経過日数、縦軸はCO₂濃度を示す。図中、75日-90日程度および130日-180日程度の間に空白があるが、これは電源ダウン等による観測データの欠落である。

経過日数90日程度にデータ欠落があるものの、経過日数約100日(校正日より約200日)程度を境に観測される濃度値が上昇傾向を示していることが判る。これがセンサのドリフト現象である。実験室の検討では、約200日程度がドリフト現象が始まる期間として推定できた。

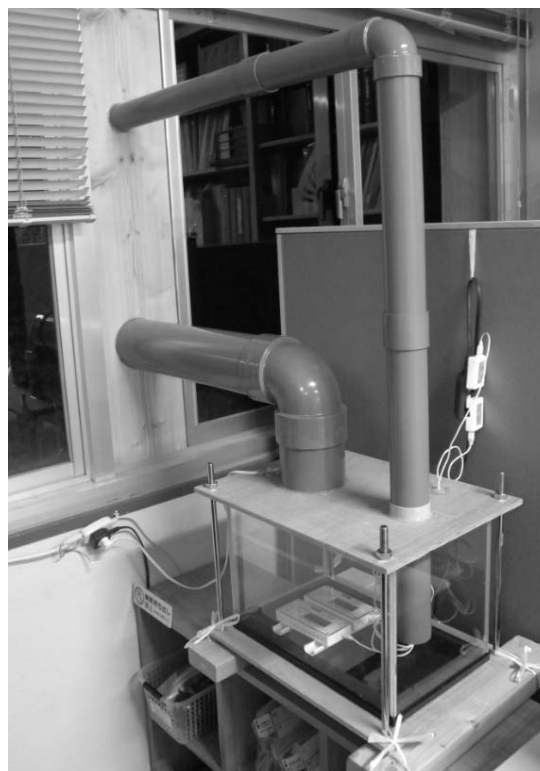


図-3 暴露実験装置

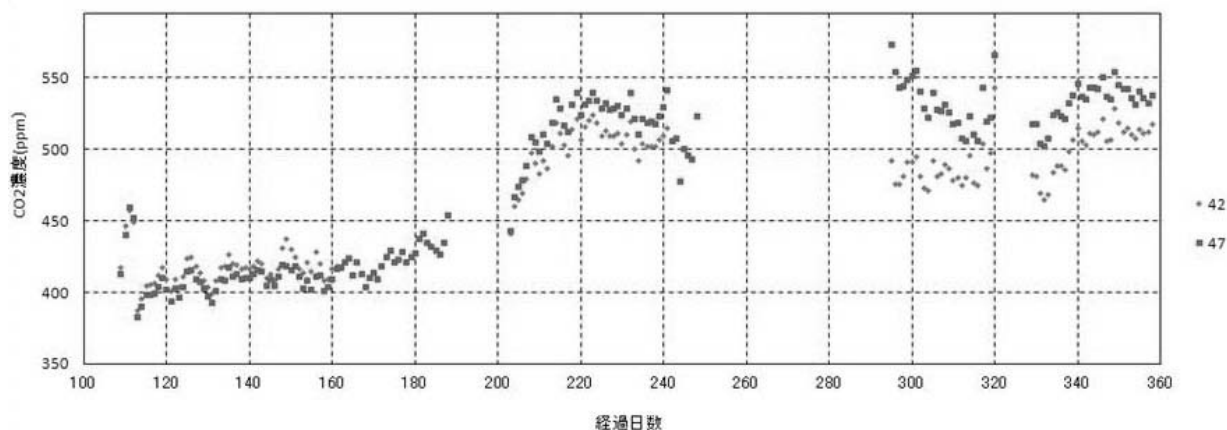


図-4 暴露実験データの結果

(2) 線形変換によるデータ補正

暴露実験データで得た「センサ校正日から約200日でドリフト現象が起きる可能性がある」という実験結果を参考としてセンサの補正について検討した。茨城県内各地のセンサは、2011年6月と2012年7月、12月に校正した。その結果、5地点においてセンサの示す濃度値の誤差が、センサ性能範囲を超えていた。そこで、範囲を超えた5地点（日立・古河・守谷・潮来・筑西）についてCO₂濃度データを補正することにした。CO₂濃度データの補正は、実測データが稼働日数の累積に伴い、①徐々に上昇(以下、シフトと記述)、②観測データのばらつきが増加(以下、ばらつきと記述)といった傾向が確認されたため、2段階の補正手順を取ることにした。以下、守谷市観測データを例に、補正手順を説明する。

(補正処理1)：データシフトの補正

$$D_{\text{aft1}} = \text{CO}_2 \text{ Data} - (S/D_1) \times D_x \quad (1)$$

但し、

- D_{aft1} : シフト補正後のCO₂濃度
- $\text{CO}_2 \text{ Data}$: 観測されたCO₂データ
- S : 基準ガスとセンサ表示値との差
- D_1 : 基準ガスを用いた校正日間日数
- D_x : 当初校正日からの経過日数

(補正処理2)：ばらつきの補正

$$D_{\text{aft2}} = (\sigma_1 / \sigma_2) \times \{D_{\text{aft1}} - X_{\text{mean}}\} + X_{\text{mean}} \quad (2)$$

但し、

- D_{aft2} : ばらつき補正後のCO₂濃度
- σ_1 : ばらつき拡大前のデータ標準偏差
- σ_2 : ばらつき拡大後のデータ標準偏差
- D_{aft1} : シフト補正後のCO₂濃度
- X_{mean} : シフト補正後のデータの平均

補正に際しては、まずドリフトが起きる前後の区切りとする日数を決定する。守谷においては、計測データのグラフを参照すると、約200日前後の区切り日数が適切と判断したので、経過日数200日以降のデータを式(1)を用いて線形補正する。次に、守谷についてはセンサーの劣化から経過日数200日以降にデータのばらつきが拡大した。そこで、式(2)を用いてばらつき拡大前後の標準偏差を用いて補正した。なお、他地域のデータでは、観測期間全てを対象としたシフト補正のみで十分な地域もあり、補正処理は観測データそのもののグラフを確認、必要に応じて分割処理または一様処理を施すことにした。

(3)補正処理の手順と効果

図-5に守谷市日平均データを示す。図より、観測開始

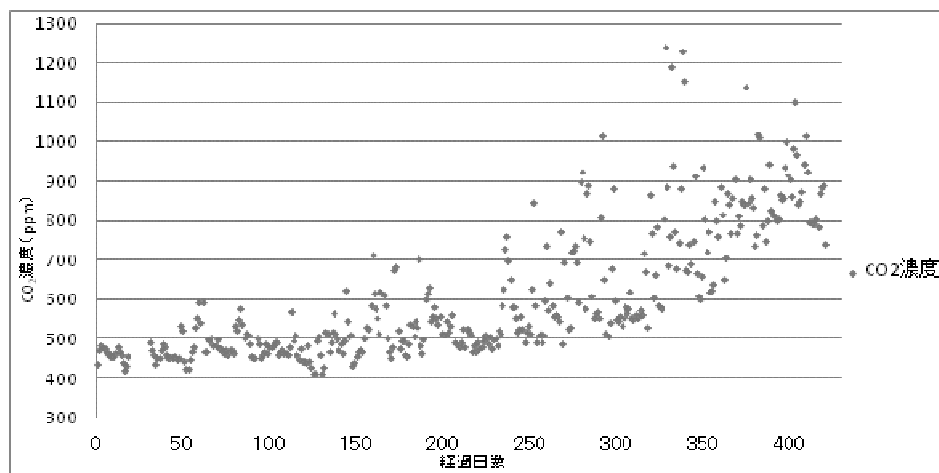


図-5 守谷市（日平均データ）

から50日～150日は比較的観測データが安定していることが判る。まず、この区間の近似直線を図-6に示す形で求めておく。次に、観測日250日～400日に着目すると、データがシフトし、かつ、ばらつきが増大している。この区間の近似直線も図-7に示す形で求める。この両直線の交点を求めると、200日程度(計算上203.3日)となる。ドリフト発生日を日単位で断定することは難しく、現実的な補正の観点から200日を境とし、1日～200日、201日～最終日各々の区間を対象に補正処理1を施し、その後、201日～最終日までのデータには、更に補正処理2を施した。最終的に得ることのできる補正データを図-8に示す。

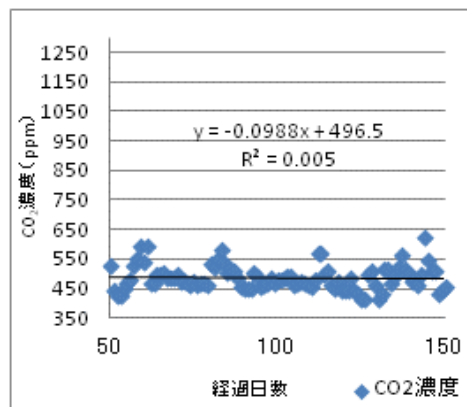


図-6 経過日数 50 日～150 日のデータと近似直線

6. まとめ

図-9に、守谷市を対象とした時間平均データの月別変動の比較を示す。

図より、日中のCO₂濃度は11月～3月に高くなり、4月～10月に低い傾向にあることが判る。これは、IPCCによる全球平均データが示す年間変動とほぼ同じ変動傾向を示している。センサのドリフトやばらつきによって隠れていた特長が浮き彫りになってきたと言え、本論で提案した補正方法が妥当であることを示している。

今後は、より特長の浮彫りになったデータを用い、地域の諸特性を指標値として示してゆく研究に展開する予定である。

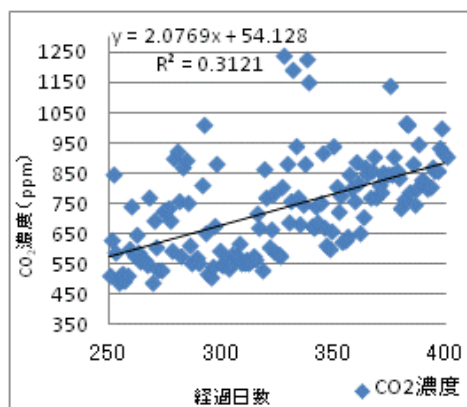


図-7 経過日数 250 日～400 日のデータと近似直線

謝辞：茨城大学における文部科学省平成24年度特別経費(プロジェクト分、代表者:茨城大学 三村信男教授)「気候変動対応型社会のための適応イノベーション研究-サステナビリティ学と地球変動適応科学の展開-」の一環として行われたものである。記して深甚なる謝意を表す。また、データの計測と機器メンテナンス作業時には株式会社U-DOMに多大なるご厚意を頂戴した。記して深甚なる感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 齊藤修・桑原祐史・安原一哉・宮部紀之：茨城県におけるCO₂グリッド構想に関する研究，土木情報利用技術論文集，17巻，pp.219-224，2008.
- 2) 宮部紀之・桑原祐史・齊藤修・安原一哉・小柳武和：生活環境圏を対象としたCO₂濃度測定システムデータ利用による変動分析，土木情報利用技術論文集，18巻，pp.85-94，2009.
- 3) 桑原祐史・宮部紀之・齊藤修・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，土木情報利用技術論文集，19巻，pp.261-266，2010.

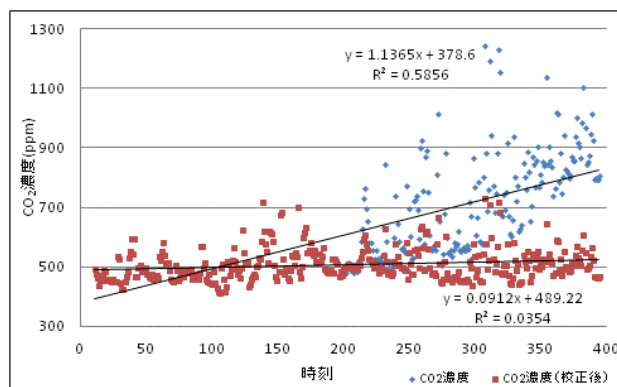


図-8 補正前後のデータ(観測日全体)

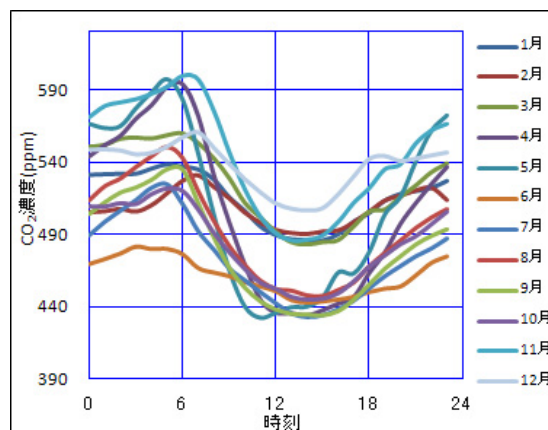


図-9 時間平均の月毎の比較(守谷市)