

浄化槽から排出される温室効果ガス GHGs の発生を認識する技術

長岡工業高等専門学校 非会員 ○内山 草太郎
長岡工業高等専門学校 正会員 川上 周司
長岡工業高等専門学校 正会員 土田 勝範

1. はじめに

近年、地球温暖化が進行しており、日本で排出される温室効果ガス(Greenhouse Gases: GHGs)の中でもメタンは年間 2740 万トン、一酸化二窒素は 1950 万トン排出されている¹⁾。また GHGs は排水処理分野においても排出量が調査されており、排出削減に向けた動きも活発化している²⁾。排水処理分野においては、下水道処理場など大型の排水処理施設に関する GHGs 対策が進む一方、住宅等に設置された浄化槽においては、知見は少ない。

本研究ではこれら課題を解決するために、浄化槽の外観から得られる情報を元に簡易に GHGs の排出状況を予測する技術の開発を試みる。具体的には、GHGs が発生している浄化槽に対し、蓋を取った状態で上部から撮影した画像と排出される GHGs の排出量を紐付けた教師データを作成し、画像から GHGs の排出状況を予測する技術を深層学習を用いて構築する。

2. 解析方法

2.1 対象の浄化槽

本研究では、埼玉県と岩手県内に設置された浄化槽の定点調査のデータを用いた。浄化槽は、個別住宅に設置された合併処理浄化槽であり、規模は 5~10 人槽とした。2023 年 7 月から 2024 年 1 月にかけて重複しない 35 基の浄化槽からデータを取得し、予測に用いた。調査では浄化槽の嫌気一室、好気槽の二箇所に対し、DO、pH、ORP、水温、気温、循環水、BOD、SS、溶存態一酸化二窒素 (D-N₂O)、溶存態メタン (D-CH₄)、ガス態一酸化二窒素 (G-N₂O)、ガス態メタン (G-CH₄)、送風量を調査した。また解析では、浄化槽の上部蓋を開放し、浄化槽の嫌気一室、好気槽の二箇所の画像をデジタルカメラ (1200 万画素、フラッシュ

あり) で撮影した。画像は一度に 20 枚以上取得し、中央を切り抜きを行った。



図 1 解析で使った画像

2.2 解析モデル

浄化槽の上部画像から GHGs の発生を予測する深層学習のモデルには、画像認識に特化したモデルで、画像内の特徴を抽出するのに優れている Convolutional Neural Network (CNN)を用いた。画像は 4 層の畳み込み層を用いて特徴を抽出し、プーリング層、2 層の全結合層を用いて GHGs や水質と関連付けて学習させた。モデルの主な解析条件は、バッチサイズは 64、学習回数は 100 回、学習率は 0.001、モーメンタムは 0、荷重減衰は 0 とした。

3. 研究結果

3.1 深層学習の学習に用いたデータの前処理

7 か月間測定した各浄化槽の温室効果ガスは、極端に排出されていないデータが少なく、AI が十分に学習することができない。そのため、閾値を設定し、排出されていないデータを増やす必要がある。具体的な閾値は、埼玉県の嫌気槽・好気槽と岩手県の好気槽を 10 kg/人・年以上のデータを排出されているデータとし、10 kg/人・年未満のデータを排出していないデータとした。また、岩手県の嫌気槽はほとんど 10

kg/人・年未満のデータがなかったため、1000 kg/人・年以上のデータを排出されているデータとし、1000 kg/人・年未満のデータを排出していないデータとした。

3.2 GHGs の排出状況

図 2 に埼玉県での調査により、メタンと一酸化二窒素が浄化槽のどの部分から排出されていたかを示す。このデータは、2023 年 7 月から 1 月の 7 か月間において埼玉県の浄化槽で得られた GHGs の排出量の平均値である。図 2 より、メタンは嫌気槽、好気槽の両方から排出されているものの、嫌気槽の方が多く排出されていた。また、一酸化二窒素も両方の槽から排出されていたが、好気槽の方が多く排出されることが分かった。また岩手県も同様の結果であった(データ非表示)。以上の結果を踏まえ、メタンは嫌気槽を、一酸化二窒素は好気槽を主な発生源とし、これら GHGs の発生予測モデルの検討を行うこととした。

3.3 発生の予測

表 1 にテストデータの画像から GHGs が出ているか出していないかの二値分類で予測させた正答率を示す。埼玉県の嫌気槽は 71.7%、好気槽は 72.5%となり、岩手県の嫌気槽は 59.5%、好気槽は 47.5%となった。既述の通り、嫌気槽のメタンガスは埼玉県は 10 kg/人・年以上、もしくはそれ未満かで区別しているが、岩手県は 1000 kg/人・年以上、もしくはそれ未満という曖昧な区別であったため岩手県の嫌気槽は正答率が埼玉県の嫌気槽よりも低くなったと考えた。また、好気槽は埼玉県も岩手県どちらも 10 kg/人・年以上、もしくはそれ未満で区別されている。埼玉県の 7, 8, 9 月の写真が他の月の 2 倍ほどあったため学習がより進み正答率が岩手県よりも高くなったことが考えられる。

従って、閾値が 10 kg/人・年以上、もしくはそれ未満で分けられている、GHGs の排出がある、もしくはない判別は、1000 kg/人・年以上、もしくはそれ未満で分けられている、GHGs が排出されやすい、もしくは排出されにくいという判別より正答率が高くなると

いう妥当な結果を反映するものであった。

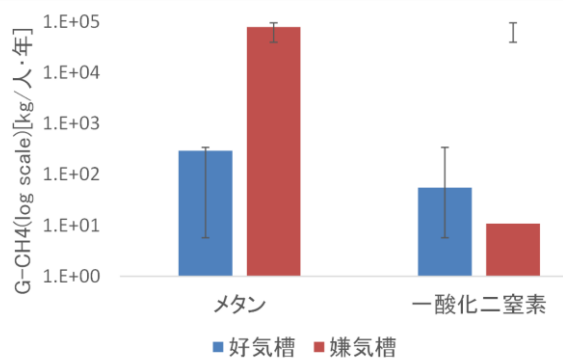


図 2 各槽の GHGs 排出量の平均
エラーバーは標準偏差を示す

表 1 各槽の GHGs 排出予測の精度

県名	率	正答率	
		嫌気槽	好気槽
埼玉県		71.7%	72.5%
岩手県		47.5%	59.5%

4. まとめ

本研究では、浄化槽から排出される GHGs の有無を画像から予測するモデルの構築を試みた。

- 1) 埼玉県の嫌気槽は 71.7%、好気槽は 72.5%となり、岩手県の嫌気槽は 59.5%、好気槽は 47.5%ということが明らかになった。
- 2) 10 kg/人・年以上、もしくはそれ未満という判別は、1000 kg/人・年以上、もしくはそれ未満の判別より分類しやすいという結果が得られた。

今後の展望は、各月の画像の枚数を揃える、ハイパーパラメータを調整する、また転移学習を用い、水温や ORP, DO の数値をさらに重みづけし、正答率を上げることを目指す。

5. 文献

- 1) 環境省:2021 年度(令和 3 年度)の温室効果ガス排出・吸収量(確認値)について
- 2) 国土交通省:カーボンニュートラルの実現に貢献するための下水道技術の技術開発等に関するエネルギー分科会報告書(案)