

下水道システムからの直接発生・間接発生を考慮した GHGs 排出量の一体的評価

東洋大学 学生会員 ○大原 想
 国立環境研究所 非会員 蛭江 美孝
 東洋大学 正会員 山崎 宏史

1. はじめに

世界各国で検討されている温室効果ガス（以下、「GHGs」という。）削減目標達成のためには、まず GHGs 排出量を正確に把握する必要がある。この GHGs 排出量は、IPCC ガイドラインに準じ¹⁾、単位量当たりの GHGs 排出量（排出係数）に単位量（活動量）を乗じることにより算出されている。IPCC ガイドラインで示されているデフォルトの排出係数は世界各国で使用できることを目的としているため、不確実性が高く、調査に基づき各国が独自の排出係数を開発することが推奨されている。

現在まで、下水道システムから排出される GHG に関しては、国内でも多くの研究がなされてきた。その結果、下水処理場における排水処理に伴い直接発生する GHGs は、国内の調査研究に基づき、日本独自の排出係数が開発されており、精緻な GHGs 排出量が算定されている状況であるといえる。一方、下水処理場から河川に放流された処理後排水を起源に、河川での自然界の分解に伴い間接発生する GHGs に関しては、国内での調査研究事例が少なく IPCC ガイドラインのデフォルト値を使用している状況である。本研究では下水処理場からの処理後排水を起源に河川における GHGs の間接発生に関する排出係数開発を行ってきた。下水道システムからの GHGs 排出量を評価するためには、上記で示した直接発生と間接発生による GHG 排出を加算した一体的評価が必要である。

そこで、本研究では、下水道システムを現在のインベントリに従い、4 種の処理方式に区分し、それぞれの各項目における単位汚水処理量当たりの GHGs 排出量を算定した。さらに、各処理方式別に下水処理場における直接発生と本研究で開発した排出係数を元にした河川での間接発生の GHGs 排出量を加算し、一体的に評価することを目的とした。

キーワード 下水処理場、河川、CH₄、N₂O、

2. 各処理方式別温室効果ガス排出量の算出方法

今回の評価では H28 下水道統計²⁾を使用し、IPCC ガイドラインおよび日本国温室効果ガスインベントリ報告書に準じて GHGs 排出量を算出した。算出に用いた項目は、直接発生として、下水処理場の電力由来 CO₂、水処理プロセス由来 GHGs(CH₄、N₂O)および污泥処理プロセス由来 GHGs(CH₄、N₂O)、間接発生として、処理後排水に含まれる溶存態 GHGs(CH₄、N₂O)および処理後排水由来自然界の分解に伴う GHGs(CH₄、N₂O)である。

上記各項目をインベントリに従い、①標準活性汚泥法、②嫌気好気活性汚泥法、③嫌気無酸素好気及び循環式硝化脱窒法、④循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法に区分し、年間処理水量当たりの GHGs 排出量 (CO₂ 換算) として積算した。その際、CH₄、N₂O はそれぞれ地球温暖化係数(CH₄=25、N₂O=298)を乗じ、CO₂ 換算を行った。図-1 は代表的に、電力由来直接発生 GHGs 量を示した。

3. 結果及び考察

各処理方式において、各項目の GHGs 排出量を算出し、積算した結果を図-2 に示す。

GHGs 排出量が最も大きかったのは嫌気無酸素好気

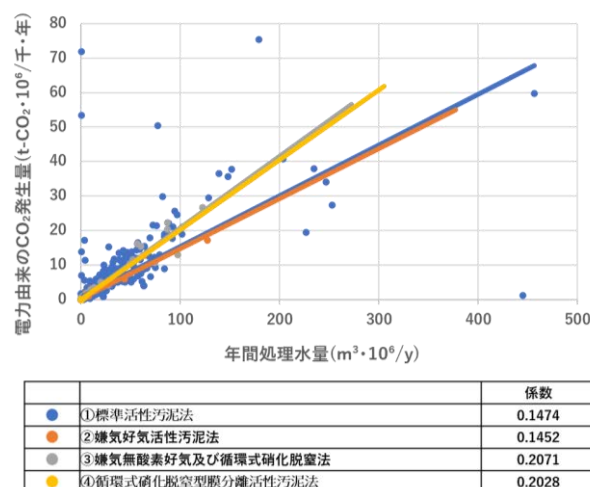


図 1 各処理方式による年間処理水量と電力由来 CO₂の関係

法及び循環式硝化脱窒法であり、これは最も小さかった嫌気好気活性汚泥法に比べて約 1.3 倍であった。これは嫌気無酸素好気及び循環式硝化脱窒法の水処理プロセス由来の N_2O 排出量が嫌気好気活性汚泥法に比べ約 0.3 倍であったのに対し、電力由来の CO_2 排出量が約 1.4 倍大きいことから、その差が生じたと考えられた。これらの結果は、高度処理による窒素除去を行う処理方式では、処理場内の CH_4 、 N_2O 発生量が抑えられるのに対し、その減少量を上回る電力が使用されることで、下水道システム全体の CO_2 排出量が大きくなることを示唆している。

また、標準活性汚泥法と嫌気好気活性汚泥法、嫌気無酸素好気及び循環式硝化脱窒法と循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法をそれぞれ比べると、電力由来の CO_2 排出量の差が少ないのにも関わらず、全体の CO_2 排出量は標準活性汚泥法、嫌気無酸素好気及び循環式硝化脱窒法の方が大きいことが分かった。これらの結果は、標準活性汚泥法における水処理プロセスの N_2O 排出量は嫌気好気活性汚泥法より約 3.3 倍多いことが原因であると考えられた。嫌気無酸素好気及び循環式硝化脱窒法と循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法では、嫌気無酸素好気及び循環式硝化脱窒法における生活排水の自然界における分解に伴う N_2O 排出量は、循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法より約 1.7 倍大きいことが、全体の CO_2 排出量として嫌気無酸素好気及び循環式硝化脱窒法の方が大きくなった原因であると考えられた。そのため、電力由来の CO_2 排出量が変わらない標準活性汚泥法と嫌気好気活性汚泥法、嫌気無酸素好気及び循環式

硝化脱窒法と循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法を比べると、より高度処理である嫌気好気活性汚泥法、循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法が下水道システム全体からの GHGs 排出量が少ないことが示唆された。

今後、我が国では 2050 年カーボンニュートラルを目標としている²⁾。その際には電力由来の CO_2 排出量が実質 0 となることが想定されている。ここで、処理方式ごとの電力由来 CO_2 以外の GHGs (N_2O , CH_4) 排出量の割合は標準活性汚泥法は 39%、嫌気好気活性汚泥法は 40%、嫌気無酸素好気及び循環式硝化脱窒法は 42%、循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法は 32%であった。今後の下水道システムでは、直接発生、間接発生における GHGs (CH_4 , N_2O) 発生量をどのように削減していくかが課題となる。

4. まとめ

1) 嫌気好気活性汚泥法では、処理場内の CH_4 、 N_2O 排出量が抑えられるのに対し、使用電力由来 CO_2 が多いことから、下水道システム全体では標準活性汚泥法より多くの CO_2 を排出する。

1) 電力由来 CO_2 排出量が変わらない標準活性汚泥法と嫌気好気活性汚泥法、嫌気無酸素好気及び循環式硝化脱窒法と循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法をそれぞれ比較すると、より高度処理である嫌気好気活性汚泥法、循環式硝化脱窒型膜分離活性汚泥法が下水道システム全体からの CO_2 排出量が少ない。

2) GHGs 排出量を把握する上で、直接発生のみならず間接発生も考慮した一体的評価が必要である。

3) 今後の下水道システムでは、直接発生、間接発生における GHGs (CH_4 , N_2O) 発生量をどのように削減していくかが課題となる。

謝 辞 本研究は環境省環境研究推進費 (JPMEERF20192002) により実施された。ここに記し謝意を示す。

参考文献

- 1) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2018 年
- 2) 日本下水道協会、平成 28 年度下水道統計(2016)
- 3) 経済産業省資源エネルギー庁、令和 2 年度エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書 2021)

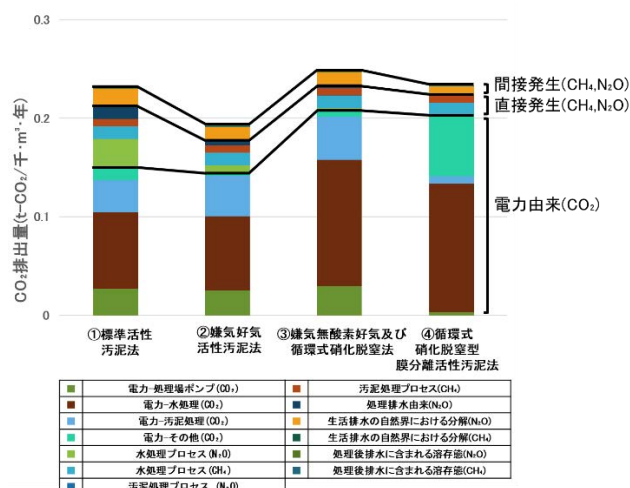


図 2 処理方式ごとの CO_2 排出量