

氏名(本籍)	水落元之(茨城県)		
学位の種類	博士(農学)		
学位記番号	博甲第2,049号		
学位授与年月日	平成11年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	下水処理プロセスからのCH ₄ 、N ₂ Oの放出とその削減手法に関する研究		
主査	筑波大学教授	工学博士	松村正利
副査	筑波大学教授	農学博士	祥雲弘文
副査	筑波大学教授	農学博士	前川孝昭
副査	筑波大学助教授	農学博士	東照雄

論文の内容の要旨

近年、大気中の温室効果ガス(GHG)の濃度上昇に伴い、大気圏下層における温暖化が進行し、将来的には海面上昇、気候帯の移動等、多くの問題が懸念されている。CH₄、N₂OはCO₂に次ぐ主要なGHGであり、CO₂を基準とし、一定期間を想定した相対的な放射効果を表す値である地球温暖化指数(GWP)は、積算期間を100年とした場合でCH₄が21、N₂Oが310と大きく、今後の排出状況によっては温暖化に大きな影響を与えるものと考えられる。昨年、京都で開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議においてCO₂、CH₄、N₂O、HFCs、PFCs、SF₆に対してGWPを用いる削減目標の設定がなされた。しかし、削減戦略の策定にはCH₄、N₂Oの排出源および排出量の精度の低さが大きなネックになるといわれている。下水処理プロセスは大量の有機物および窒素を処理しており、CH₄、N₂Oの生成が考えられる硝化、脱窒、メタン発酵、燃焼の各プロセスが内在しており、CH₄、N₂Oの排出ポテンシャルの高い排出源と考えられるが、多くの知見がない。したがって本研究では下水処理プロセスからのCH₄、N₂Oの排出および削減手法を水処理過程および汚泥処理過程についてそれぞれ検討を行った。

水処理過程では一般的な活性汚泥法で処理を行う下水処理場での調査結果から、CH₄はエアレーションタンク(エアタン)からの放出が卓越しており、流入下水中に含まれるCH₄に、嫌気雰囲気になりやすい最初沈殿池で生成されたCH₄が加わり、エアレーションにより追い出されることに起因しており、CH₄の放出量削減は汚泥の引き抜き回数を増し、沈殿池での汚泥の滞留時間を短縮することが効果的であると考えられた。一方、N₂Oもエアタンからの放出が卓越し、その放出量は硝化の有無に大きく依存し、NO₃生成量に対して比例的に増加する傾向が見られ、窒素負荷の影響と考えられた。水域の富栄養化対策として今後は、硝化反応と脱窒反応を組み合わせた窒素除去は今後必須であり、操作条件によっては、N₂O放出量の増大が懸念される。したがって、生物学的窒素除去法における運動操作条件とN₂O放出について検討した。その結果、硝化プロセスでは硝化に対して余裕のある固形物滞留時間(SRT)を設定し、活性汚泥あたりの窒素負荷を小さくし、スムーズな硝化を行うことで、脱窒プロセスでは脱窒の阻害となる。好気槽からの溶存酸素(DO)の持ち込みを制限し、スムーズな脱窒を行うことでN₂Oの放出は低減されることが明らかになった。これらのことより、生活排水処理の分野におけるCH₄、N₂O削減対策と富栄養化対策がリンクしうるものと考えられた。

汚泥処理過程では下水処理場での調査結果から、汚泥濃縮槽からのCH₄が大きな放出量を示したが、初沈汚泥と余剰汚泥の濃縮特性、分解特性の違いに注目し、それぞれを分離濃縮する手法が削減に有効であると考えられた。嫌気性消化プロセスはCH₄生産プロセスであるが、生成したCH₄は消化タンクの加温等に利用され、余剰が

スは焼却処分されるため、基本的にCH₄の放出は無いと考えられた。下水汚泥焼却炉から、これまで高濃度のN₂Oが測定されており、炉の種別と焼却される脱水汚泥の助剤の違いに注目して調査した結果、下水汚泥焼却に一般的な、高分子汚泥を流動床炉で焼却した場合に大きな放出量を示すことが明らかになった。しかし、燃焼プロセスにおける生成メカニズムから、運転操作条件による削減は困難であると推察された。下水汚泥を肥料として農地施用した場合のN₂O放出は焼却プロセスに比べ非常に少ないことが報告されており、肥料化による農地利用が削減手法として有効であると考えられた。しかし、一般的な廃棄物のリサイクルには多大なエネルギー投入を必要とする場合がある。そこで肥料化プロセスとして、嫌気性消化ガスおよびごみ焼却廃熱等の廃熱の有効利用が可能な、嫌気性消化・乾燥プロセスに注目し、熱収支の効率によるエネルギー投入の低減を検討した。その結果、スクラバーによる乾燥排ガスからの蒸発潜熱の回収および排ガス温度の低減化により生物脱臭が適用可能な場合には、発生する消化ガスのみでプロセスに必要な熱量が賄えるものと推測された。また、ごみ焼却廃熱の利用も熱収支の効率化に有用であることが明らかになった。

以上の結果から、下水処理における富栄養化対策、CH₄、N₂O対策および資源としての汚泥の循環利用のそれぞれの促進は連携し、循環共生型社会の創造に貢献できると結論された。

審 査 の 結 果 の 要 旨

GHGの削減目標の達成のためのアクションプラン作成にはCO₂に次ぐ主要なGHGであるCH₄、N₂Oの排出量推定の精度の低さと削減対策の不備がネックになると考えられており、CH₄、N₂Oの排出ポテンシャルの高い排出源の特定と、削減手法の構築は急務である。下水処理プロセスのCH₄、N₂Oの排出ポテンシャルは大きく、これらに対する放出量の把握と削減手法の構築は非常に重要であるが、これに関する研究は未だ少ない。本研究では実態調査をもとに放出実態を把握し、削減手法が富栄養化対策および発生する汚泥の循環利用と矛盾するものではなく、同調されていくことを見いだした。本研究ではプロセスを地域社会システムへ組み込んだ際のシステム全体としての評価はなされていないが、今後、必須とされる循環共生型社会の構築への重要な考察と考えられる。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。