神田川における N_2O 生成量および生成過程の調査

日本大学理工学部　学生会員　常盤周平、藤井大地
日本大学理工学部　　荻原淳一
日本大学理工学部　正会員　　齋藤利晃、小沼　晋

1　研究目的

N_2O（亜酸化窒素）は大気中に 310ppb 含まれている。この物質は、CO_2 の 310 倍の温室効果能を有しており、アメリカ海洋大気庁 (2009) は、フロンに代わってオゾン層を最も破壊する物質であると発表した [1]。また、N_2O は下水処理の過程で生成され、その過程における N_2O 生成抑制や削減の研究は盛んに行われているが、処理水放流後の河川での N_2O 生成挙動の研究は世界的に例が少ない。さらに、IPCC の発表した河川中の N_2O 量算定式 [2]には、変動係数として 500 倍の変動幅が規定され、正確性のある算定式と言い難い。したがって本研究では実河川における N_2O の生成量・生成過程を調査することとした。

また、藤井らは神田川昌平橋とその上流に位置する下水処理水合流前後における N_2O の挙動を調査しているが [3]、本研究では調査区間をより細分化して採水地点を増やし、より詳細に N_2O の挙動を検討することを目指した。さらに、河川水中で起こっている現象をより正確に把握するために、流下する河川の中での同一水塊を追跡することとした。

2　調査概要

神田川下流部にかかる 7 つの橋（図-1）において、2011 年 12 月 9 日に現地調査を実施した。水質項目は N_2O・NH_4・NO_3・DO、水理項目は流速・流向とした。採水はバンドーン採水器を用い、水理項目の測定は電磁流向流速計（JFE アドバンテック製 AEM213-D）を用いた。水深が浅い亀齢橋～華水橋および新三崎橋は、N_2O 濃度が一様であるとして深さ方向に 1 点のみ採水・流速計による測定を行い、中之橋～昌平橋は、深さ方向に表層・中層・低層に分けて採水、流速計は 0.5m ずつ測定を行った。なお、各種データについては、平均値を用いて解析を行った。調査は上流側から行い、現場での流速測定の結果を用いて、同一の水塊を追跡できるように配慮した。

3　調査結果と考察

データおよび考察は、水質項目と N_2O 濃度および断面通過量に分けて下記に示す。

また、右に示す図-1 および図-2 について、中野水再生センター（以後、中野処理場）の処理水は妙正寺川を流れ、落合水再生センター（以後、落合処理場）の処理水は高田馬場分水路を流れ、それぞれ高戸橋にて本川と合流する。合流後の流量が反映されているのは、その直後の豊橋である。また、後楽橋は日本橋川の分流後の神田川本川にかかる橋である。

3.1　水質項目

図-3(A)で、DO（溶存酸素量）は処理水の影響を受け、合流前と比べて大きく減少する。合流後は豊橋から下流に向かって徐々に減少する。

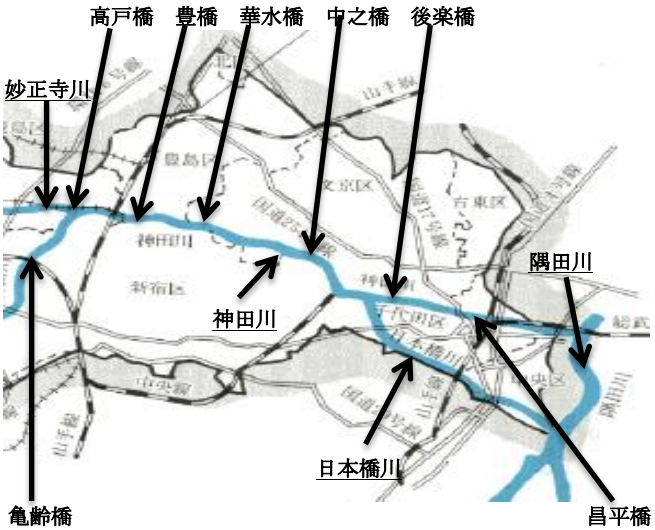

図-1　2011 年 12 月 9 日における調査地点 [4]

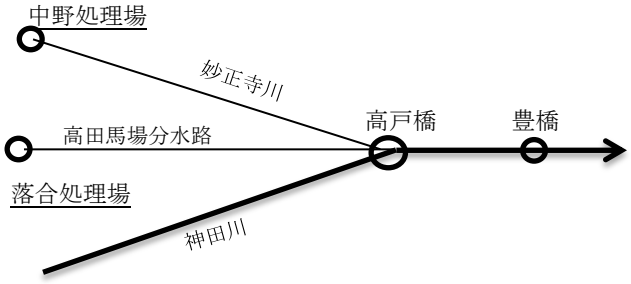

図-2　下水処理場と高戸橋の位置

図-3(B)に硝酸態窒素（NO_3-N）濃度の変化を示す。分水路からの処理水合流後、一旦大きく増加したが、その後は DO と同様に徐々に減少する。

図-3(C)にアンモニア態窒素（NH_4-N）濃度の変化を示す。処理水合流後は華水橋まで増加し、その後減少した後、昌平橋で再び増加するという複雑な変化を示した。この増減を説明しうるような明確な理由は不明である。

図-3(D)の D-N_2O（溶存 N_2O）は処理水合流後から徐々に増加し、中之橋から後楽橋の 2 地点間では濃度が大きく上昇した。

総じて、処理水の合流地点から下流に行くにしたがい DO・NO_3-N ともに低下しており、広範囲で脱窒が起き、これに伴って N_2O 濃度が上昇していると考える。しかし華水橋から中之橋の区間に限っては、DO・NO_3-N の減少に対して N_2O 濃度は殆ど増加しない結果となり、何らかの生物反応が起きていることが推察される。また、NH_4-N の変化の理由が特定できないことから硝化による N_2O 生成も否定できず、すべての地点について

キーワード：神田川　N_2O　断面通過量
連絡先：〒101-8308　東京都千代田区神田駿河台 1-8-14　Tel:03-3259-0688

脱窒反応が起きているとは言い難い。しかし、外部からの水の流出入がないことを考えると、これらは神田川本川中で流下に伴って起きる反応と言える。

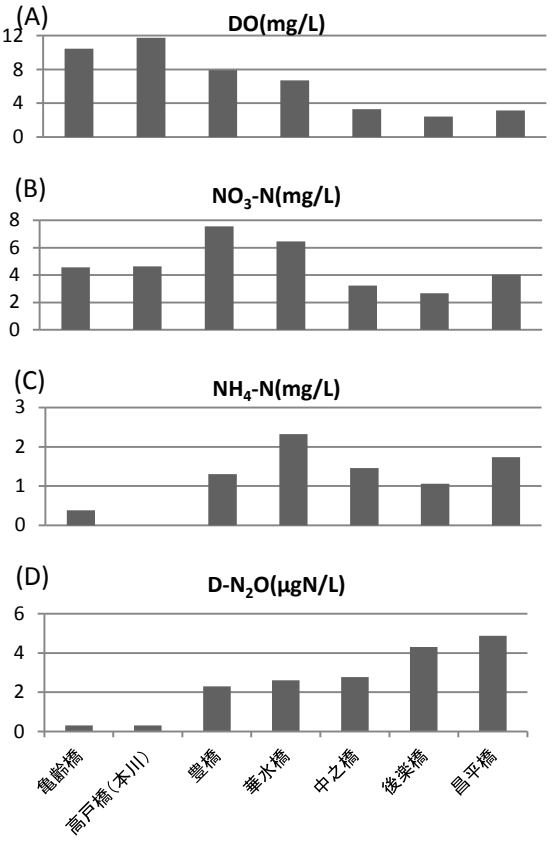

図-3　流下方向の水質項目の変化

3.2　N_2O 濃度と断面通過量

図-4 において、D-N_2O の断面通過量（負荷量）は D-N_2O 濃度×流量（順流方向の流速×断面積）で算出した。図-4 より、D-N_2O は処理水合流後、流下に従って増加し続けるのに対し、断面通過量も処理水合流後に増加し続けるものの、中之橋付近で減少している。断面通過量は流量（流速）に依存することから、中之橋付近で滞留が生じていると考える。

図-5 は、処理水の合流前・合流点・合流後の本調査における最終地点の D-N_2O 濃度を比較したものである。また、高戸橋においては妙正寺川・高田馬場分水路・本川の D-N_2O 濃度を平均化した。処理水合流前から合流点までの増加量と比べ、合流点から合流後の増加量は同程度以上であり、外部からの流出入がないことから、処理水と同程度の N_2O が河川を流下する際に生成されていることが確認された。

総じて、N_2O 濃度は処理水合流後も徐々に増加し続けており、外部からの水の流入がないことから、処理水と同程度以上の N_2O が河川中で生成されていると考えられる。また、滞留が生じていると考えられる中之橋を除き、断面透過量と D-N_2O は同様の傾向を示した。

4.　結論

実河川における N_2O の生成量・生成過程の把握を目的として、神田川下流部における 9 地点（分水路含む）での調査を実施した。本研究で得た結論を以下に示す

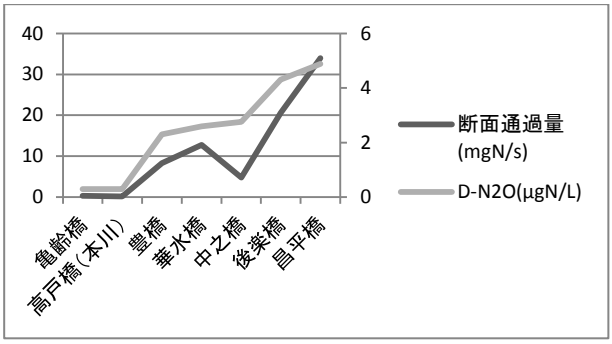

図-4　断面透過量（左軸）と D-N_2O（右軸）の変化

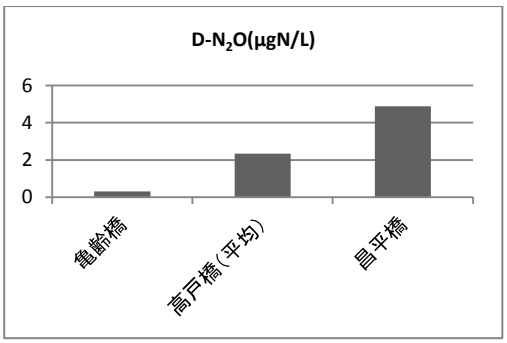

図-5　処理水合流前後の D-N_2O 濃度

① 溶存態 N_2O 濃度は、流下に伴って上昇する傾向を示したことから、神田川において N_2O が生成されている可能性が示唆された。一方、DO や NO_3-N は減少傾向を示したことから、脱窒反応による N_2O 生成である可能性が示唆されたが、詳細は不明である。

② 処理水に含まれる N_2O 量と比べて、河川中において同程度以上生成されていることから、処理場だけでなく河川での N2O 生成についても、そのメカニズムを解明し、抑制手法を開発することも重要ではないかと考える。

今回、深さ方向の N_2O 濃度および関連する水質項目については平均値を用いて解析を行ったが、神田川は感潮河川であることから、深さ方向に異なる水塊が存在することが推察される。今後、この点を加味した解析を行う予定である。さらに、断面通過量は流下に伴い増加傾向を示したが、減少区間も認められ、流量変化の影響が示唆された。従って、今後は潮汐変動を加味した解析が必要である。

参考文献

1) Ravishankara et al. (2009) Nitrous Oxide (N_2O): The Dominant Ozone-Depleting Substance Emitted in the 21st Century. *Science*, 5949, pp. 123-125.
2) IPCC (2006) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 5 Waste, Chapter 6.
3) 藤井ら (2011) 神田川における N2O の発生とその生成要因について. 第 48 回環境工学研究フォーラム講演集, pp. 64-65.
4) 国土交通省 土地・水資源局水資源部水資源計画課 (2002) 第 1 回　神田川流域水循環系再生構想検討委員会, 参考資料－2.5, http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/toshisaisei/kandagawa4/siryo-3.pdf (平成 24 年 1 月 17 日閲覧).