

都市部における N_2O 発生に関する基礎的研究

九州大学工学部 学生員○今村 正裕

正 員 楠田 哲也

1. はじめに

地球温暖化の原因である温室効果ガスの中で、 N_2O は寄与率が15%と低い。しかし、大気中濃度の増加率は年率0.2~0.3%、寿命も約170年と推定され¹⁾、今後急速に増加する傾向にあり、増加原因の解明および発生量の把握が緊急の課題となっている。 N_2O 発生要因はさまざまであり、化学的または生物学的な反応によりその中間生成物として発生する。発生量を正確に推定することは難しく、生物学的発生においては環境温度・pH・酸素・有機物といった様々な影響因子が複雑にからみ合っている。しかし、発生量・源・発生メカニズムについてはまだ不明な点が多い。本研究では、ある特定の地域における N_2O 発生量を推定し、その結果より地域での寄与率を算出した。また河川への負荷による N_2O 発生について検討した。

2. N_2O 発生予測2-1. N_2O 発生源

人為的発生によるものと考えられる発生源を表-1に示す。それぞれの項目について発生予測、実測ともに十分でないことが分かる。特に、淡水への負荷・下水処理場・地下水・堆肥化はどちらも少ないのが現状である。本研究では、ある都市を対象に、人為的発生について発生量・メカニズム・影響因子が不明な生物学的な要因による発生源のなかで、都市部への人口流入によって大きく影響をうけるであろう施肥、淡水・海水への負荷、下水処理場、廃棄物埋め立ての4つを対象とした。尚、家畜の堆肥化については、県全体でも大きくないので無視した。

2-2. 計算方法

1) 施肥—施肥土壌における N_2O への転換は、酸素・水分といった様々な環境要因によって影響をうける。本研究では、実測されている肥料中窒素の N_2O 転換率に各肥料の窒素含量を乗じこれを原単位とした。この原単位に、それぞれの年間使用量を乗じて N_2O 発生量を推定した。

2) 淡水、海水への負荷— N_2O 発生の要因とされる三態窒素の流入が最も多いと考えられるのが、対象地域における下水処理場からの処理水である。対象とする下水処理場の処理水量は73~8279万 m^3 、水質も平均T-N約17mg/lとかなりの負荷量と考えられる。河川・海では脱窒により NO_3^- 、 NO_2^- 窒素が N_2O になると考え、 NO_3^- 、 NO_2^- 態窒素供給量当りの N_2O 転換量を原単位としそれに各処理量・水質を乗じ発生量とした。

3) 下水処理場—処理水中の硝化・脱窒から発生する N_2O については、実験室レベルでの報告がなされており、運転条件によっては高 N_2O になる場合もある。本研究では、硝化・脱窒の両反応を考慮し N_2O への転換率を設定し、これに処理水のN濃度・処理水量を乗じ発生量とした。

一方、汚泥は元素分析でNが3%と高く焼却時の N_2O 発生は高いと考えられる。本研究では、実測を行い下水汚泥質量当りに換算し原単位とした。汚泥焼却量は、焼却炉の処理能力で算出した。

6) 廃棄物埋め立て—埋め立て地における N_2O 発生の報告例は少なく、測定方法も確立していない。本研究では、 f_{N_2O} 法によって測定を行った実測報告²⁾を参考にしその f_{N_2O} 量を原単位とし、それに埋立地総面積を乗じ N_2O 発生量とした。

2-3. 結果

推定発生量を表-2に示す。廃棄物埋め立ては、降水

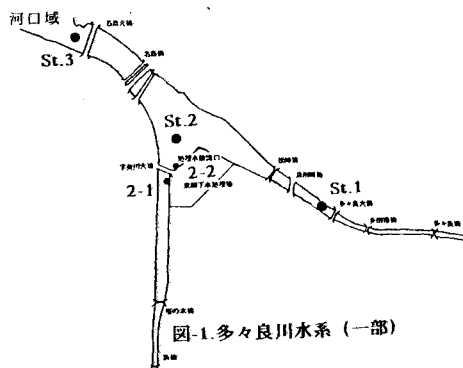
表-1. 発生項目の予測と実測

人為的発生	発生予測	実測
施肥	△	△
淡水域、海水への負荷	×	×
堆肥・畜糞	△	×
下水処理場	×	×
廃棄物埋立	△	×
地下水、雨水	×	×
堆肥化	×	×
ゴミ焼却	△	×
ボイラー燃焼	△	△
車	△	×

表-2. N_2O 発生量推定

	発生量	発生量原単位	寄与率(%)
施肥	1.1Mg-N/year	0.14g-N/kg-肥料-year	1.3
淡水域、海水への負荷	36.4Mg-N/year	0.02g-N/g-TN-year 処理水の負荷のみ	43.2
下水処理場	0.6Mg-N/year (汚泥処理) 38.4Mg-N/year	16.2g-N/Mg-汚泥-year 0.02g-N/g-TN-year	0.7 45.5
廃棄物埋立	7.8Mg-N/year	55.7kg-N/km ² -year	9.2

/100



の影響また他地域からの負荷供給があり、今後検討の余地がある。汚泥焼却は、他の発生源と比較すると寄与率は低い。今回は行っていないがゴミ焼却発生量原単位と比較すると最大で3倍程高い。これは、ごみと汚泥では汚泥の方がN含有量が高いことが挙げられ、今後の人口増加に伴う汚泥焼却量の増加を検討する必要がある。生物学的発生の中で淡水・海水への負荷・下水処理場による寄与率は他よりかなり高い。一人当たりの生下水に含まれるNは約7.5g-N/dayであり、生活者が増えることで下水処理場での処理水も増加すると考えられる。下水処理水が河川や海に流入することを考えると、処理場からの負荷量や発生量（負荷のある河川から）の正確な N_2O 濃度把握が必要である。今回は、不確定な部分があり、今後より正確な発生量把握が必要である。

3. 河川への負荷による N_2O 発生

淡水・海水域では、工場また下水処理場の排水が多量に流入し河川に負荷を与えている。上記の推定でも、2番目に大きい。河川にはそれぞれがもつ自浄作用があり、 N_2O は処理水の流入する以前、またはそれ以後、生物学的反応によって底泥から上水、上水から大気へと発生するものと考えられる。そこで、正確な N_2O 発生量を抑えるため、処理水流入のある河川を特定し、 N_2O 濃度と影響因子について調査を行った。

《調査要項》採水・泥地点：多々良川（1多々良橋、3名島橋）、宇美川（2下水処理場放流口）の計3カ所（図-1）、測定日時：1993年11月29日大潮干潮時、採水採泥法：17法（冷凍保存）。

《結果考察》各物質濃度の測定結果を図-2、-3に示す。底泥中の N_2O 濃度は、St.3の底泥表層でかなり高く、St.1もSt.2に比べると高いことが分かる。St.2付近では下層ほど濃度が高くなる傾向にあり、表層部では物質濃度から判断し脱窒が優先的に進んでいると考えられる。St.3底泥の NO_3^- -N、 NO_2^- -N濃度、 $C I^-$ 濃度から考えられることは、表層での脱窒、高 $C I^-$ （14g/l）による N_2O 還元への阻害が考えられる。St.2,3での N_2O 分布の違いは、pHがそれほど違わないことから、 $C I^-$ ・温度・基質・酸素・微生物種にしばらく N_2O 発生影響を検討する必要がある。直上水の N_2O 濃度は、処理場以降で高く、全ての点で過飽和である。大気中の濃度と河川水濃度から大気中への N_2O フラックスを求めると $1.2 (\mu mol-N/m^2 \cdot h)$ であり、八幡川海（ $0.2 \mu mol-N/m^2 \cdot h$ ）³⁾や小田原海岸（ $0.1 \mu mol-N/m^2 \cdot h$ ）⁴⁾より大きいことが分かる。このように、下水処理場からの負荷が、合流以降また以前に影響を与え、 N_2O 発生の要因になっていると考えられる。下水処理場で、硝化・脱窒によって処理されない三態窒素が約20mg-N/lあり、高い負荷が河川に与えられていると考えられる。処理場内での N_2O 発生も無視できず、硝化による反応も含め環境因子の変化による N_2O 発生については、今後の課題である。

参考文献：1) 地球環境工学ハンドブック

2) 朴祥徹, 廃棄物学会誌, No. 4, Vol. 2, 1991

3) RONNER, Geochimica Cosmochimica Acta Vol47, pp2179-2188, 1983

4) Nishio, Appl. Environ. Microbiol. 45, pp444-450, 1983

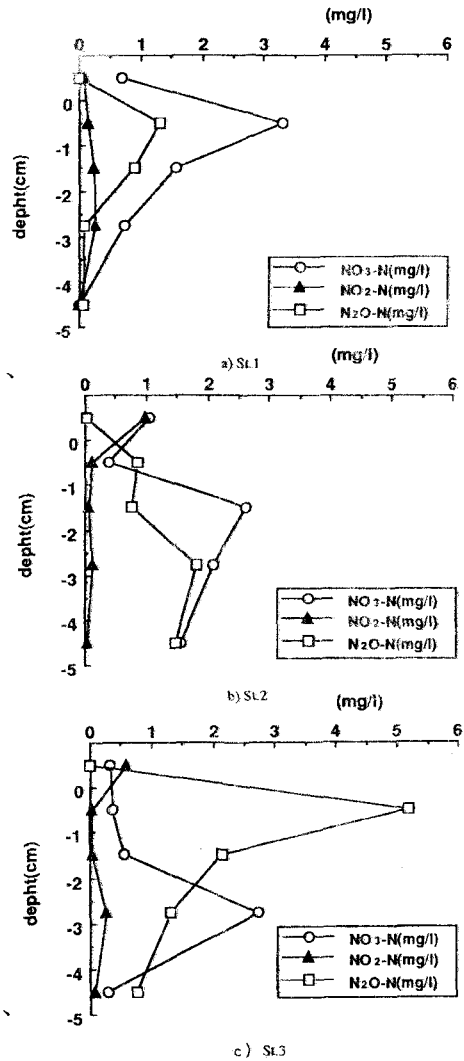


図-2. 各Stationの三態窒素濃度分布

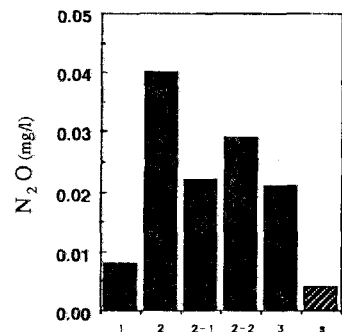


図-3. 河川水中の N_2O 濃度
s: 大気中濃度