

印旛沼流域における大気中NH₃の発生量の推計

横山新紀 押尾敏夫

1 はじめに

印旛沼は、図1のとおり千葉県北部の15市町村にまたがる489.8km²の流域面積を持ち、沼面積11.55km²の沼である²⁾。東京から50km圏内という立地条件の良さから流域人口は一貫して増加してきた。このため生活排水による汚濁負荷増加のため沼の水質の悪化は著しく、湖沼水質保全特別措置法の指定湖沼として三期にわたる湖沼水質保全計画による水質浄化対策が実施されてきた。この間、下水道整備をはじめとする対策が進

み、流域から排出される汚濁負荷量は減少してきている。しかし小林ら¹⁾は流入河川の水質についてはCOD、T-Pについては年々改善する方向で推移しているものの、T-Nについては逆に近年増加する傾向にあることを指摘している。この原因として小林ら¹⁾は畑地からの肥料流出や大気からの負荷等が考えられると指摘した。また、河川における窒素負荷の増加は利根川中流域においても報告されており、田中ら³⁾は畜産廃棄物からの発生窒素負荷量が1990年頃までほぼ直線的に

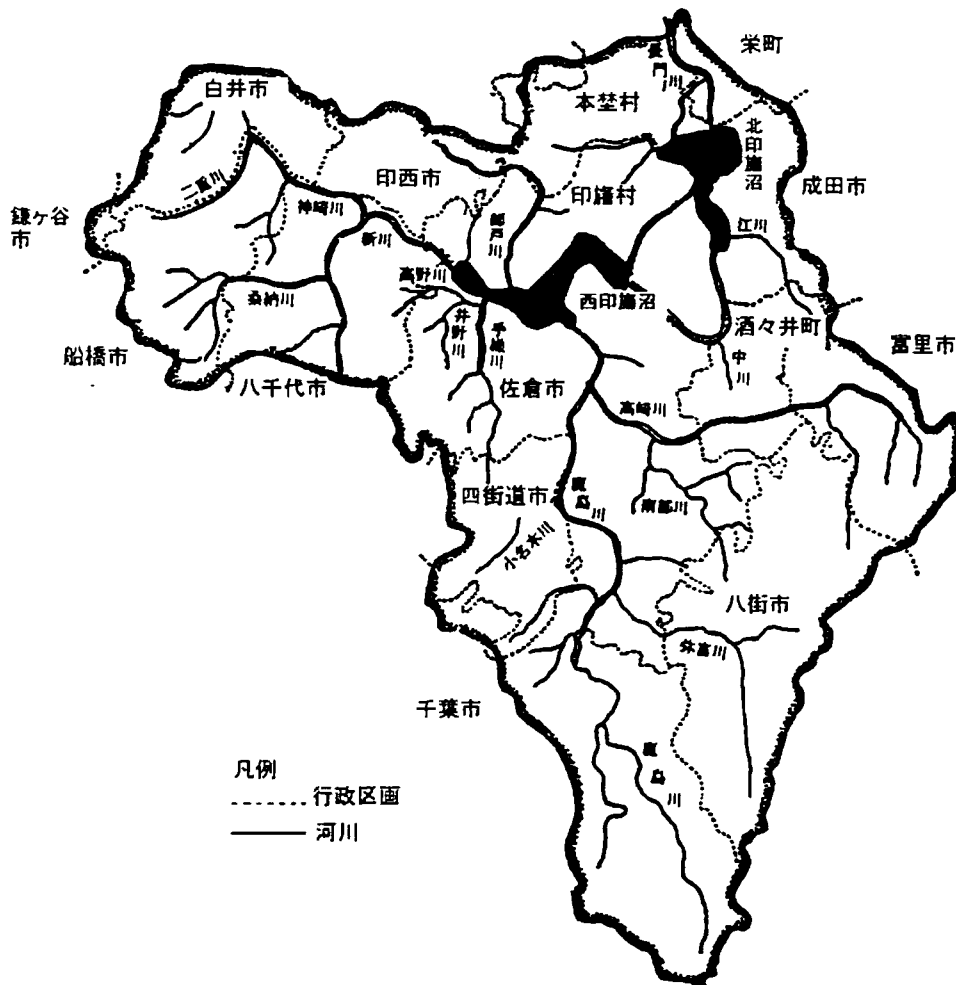


図1 印旛沼及びその流域

増加していたと指摘している。さらに小倉⁹⁾は関東平野の多くの河川が流入する東京湾の硝酸性窒素が長期的には漸増傾向にあることを指摘した。河川へ流入する窒素負荷の増加は印旛沼流域に限らずかなり広範囲に起きている現象であると考えられる。

河川に流入する窒素負荷の供給源としては従来から市街地や山林といった面源負荷が算定されてきたが、これらには降雨からの窒素供給や窒素化合物の乾性沈着といった大気由来の負荷も含まれていた。しかしこれら大気由来の物質については知見に乏しく、面源負荷に与える影響や量的な規模等の基本的な情報がほとんど不明であった。このため流域全体の窒素動態を考えるうえでは大気から供給される窒素の動態についても明らかにする必要がある。そこで今回、流域の窒素動態の把握に資することを目的として、大気中の重要な窒素化合物の一つであるNH₃について発生源及び発生量について推計を行った。

2 推計方法

NH₃の発生量の推計については主に欧州で行われている排出係数と各種統計値から算出する方法とした。

排出係数は基本的にはSutton et al⁹⁾を用いた。これは国内での調査例が少なく、現状では各発生源について包括的に議論されたものは欧州の報告しかないためである。

2.1 農業系

発生源としては牛、豚、馬、施肥を対象とした。牛、豚、馬の統計値は千葉県環境生活部水質保全課資料⁶⁾を使用した。家畜の発生源として量的に大きいと見られるものとしてはこの他に鶏があるが、統計として集計されていないので、今回の推計からは除外した。

また、施肥については統計値として平成10年度千葉県統計年鑑⁷⁾、平成9年肥料年度肥料等入荷状況⁸⁾を使用した。化学肥料はN分含有率の判明しないものが多く、今回は尿素及び硫酸のみを対象とした。

2.2 都市系

発生源としてはガソリン車、ディーゼル車、人、廃棄物焼却、下水処理を対象とした。このうち自動車の排出係数については三元触媒車の測定から算出したSutton et al⁹⁾等があるが、いずれも欧州車のみでの測定であり、日本の現状では走行車の大半が日本車であることからガソリン車、ディーゼル車とも日本車の測定結果から算出されている鷲山ら¹⁰⁾を使用した。なお、鷲山ら¹⁰⁾の排出係数は走行距離当たりのNH₃の発生量単位で表されているが、本報では自動車の走行量を推計することが困難なので、一律10km/Lの燃料消費率を設定して燃料消費量当たりのNH₃の発生量に単位系を転換し、市町村毎の燃料量使用量に乗じて市町村毎のNH₃の発生量を推計した。ガソリン、軽油の統計については石油連盟資料¹¹⁾を使用し、市町村毎の燃料使用量については、全県の燃料販売量を各市町村人口で按分して市町村燃料使用量とした。

また、廃棄物焼却の統計値は平成10年度清掃事業の現況と実績¹²⁾を使用した。下水処理についての統計値は千葉県環境生活部水質保全課資料及び平成10年度清掃事業の現況と実績¹²⁾を使用した。下水処理の対象人口は流域にあるし尿処理場、農業集落排水施設、雑排水共同処理施設の各利用人口、及び流域内浄化槽人口とした。

なお、工業系の発生源については印旛沼流域には発電所や製鉄所等の大規模なばい煙発生施設がないこと、各種事業所の水処理施設からのNH₃発生量が不明であること等により今回は推計から除外した。

3 結果と考察

3.1 流域全体のNH₃発生量

表1及び図2に流域全体のNH₃発生量推計結果を示す。流域合計で485 t/yであり、全体の60%が農業系で占められている。都市系は40%であり、流域全体としては農業系からの発生量が大半を占めている。項目としては牛からの発生量が最も多く全体の40%を占め、牛と豚の合計では全体の

58%を占める。このような傾向は横山ら¹³⁾による千葉県全域の推計値や神成ら¹⁴⁾による全国推計値とほぼ同じである。また、流域全体における発生密度の平均値は0.99t/km²であり、神成ら¹⁴⁾による関東地方平均値(2.77t/km²)の半分以下であることから、印旛沼流域は関東地方の中では

発生密度の低い地域にあたると思われる。

小林ら¹⁾によると平成7年4月現在におけるT-Nの水域への排出負荷量は、流域全体で1,157t/y(3,168kg/day)である。今回の推計結果から大気中へ揮散するNH₃はこの約40%に相当することから、窒素循環全体の中で大気中へ揮散す

表1 印旛沼流域における発生源別年間NH₃発生量

(農業系)					
発生源	数量 ^{注1)}	排出係数 ^{注2)}		発生量	
牛	9,002 頭	20.6	kg/頭	186 t	
豚	18,492 頭	5.2	kg/頭	97 t	
馬	542 頭	10	kg/頭	6 t	
施肥	138 tN	2.9	%	4 t	
農業系小計				293 t (60%)	
(都市系)					
発生源	数量 ^{注1)}	排出係数 ^{注2)}		発生量	
ガソリン車	403,000 kl	224	g/kl	90 t	
人	710,000 人	50	g/人	35 t	
ディーゼル車	249,000 kl	128	g/kl	32 t	
廃棄物焼却	150,000 t	200	g/t	30 t	
下水処理	187,000 人	26.7	g/人	5 t	
都市系小計				192 t (40%)	
合計				485 t (0.99 t/km ²)	

注1) 人及び家畜頭数の統計は2000年度、他は1998年度の統計値による

注2) ガソリン車及びディーゼル車の排出係数は鷲山ら¹⁰⁾による。これ以外はSutton et al⁵⁾による

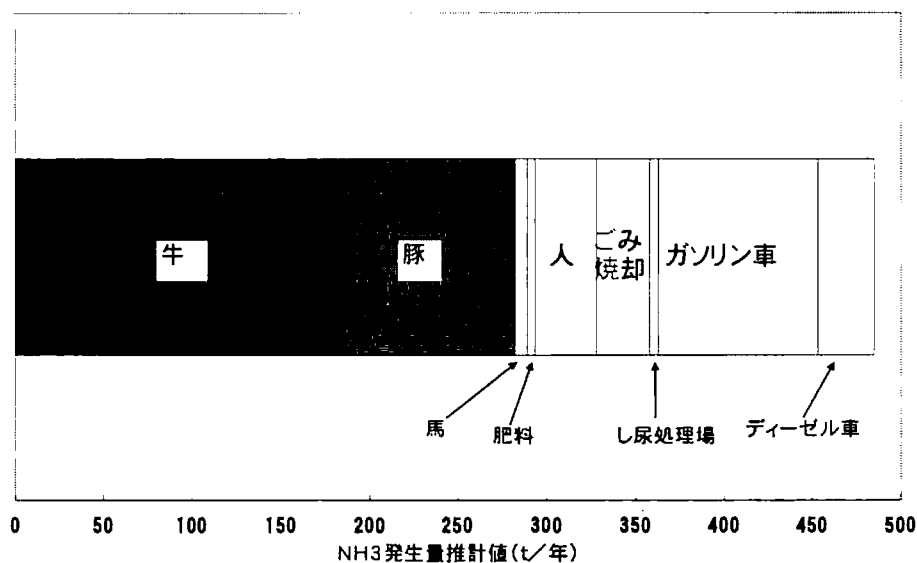


図2 印旛沼流域における発生源別年間NH₃発生量

る窒素分は無視できない規模であると考えられる。

また、押尾¹⁵⁾は大気から印旛沼の沼面へ直接負荷される各種イオン種の沈着量を推定し、この中で降水態、粒子態、ガス態のNH₄⁺については約35t/y(2.06teq/y)であるとした。沼面と流域の面積比から推定すると、流域全体では1,500t/yにも達することとなり、今回の発生量推計値より3倍も大きい。このことは、大気中のNH₃の動態の把握については現在のところ誤差が大きいということを示しており、今後大気中での実態について十分把握することが必要である。また併せて県内の実情にあった排出係数についての検討も必要であると考えられる。

3.2 市町村別のNH₃発生量

表2に流域市町村別のNH₃発生量及び発生密度を示した。また図3に流域市町村別NH₃発生量シェアを示した。流域内では佐倉市からのNH₃発生量が最も多く全体の21%を占めるが、これ以外では八街市、八千代市、千葉市、船橋市、富里市等流入河川上流部の市町村が多い。一方、

印旛沼に直接面する印旛村、成田市、本埜村ではNH₃発生量はきわめて少なく、印旛沼流域では概ねNH₃の大気発生源は流入河川上流部に分布

表2 市町村別 NH₃発生量及び発生密度

	発生量 (t/y)	発生密度 (t/km ²)
千葉市	59.3	0.94
船橋市	43.2	1.47
成田市	3.6	0.18
佐倉市	106.4	1.09
八千代市	62.9	1.57
鎌ヶ谷市	3.8	2.39
四街道市	21.4	0.73
八街市	71.1	1.14
印西市	15.0	0.78
白井市	32.0	1.33
富里市	37.3	0.87
酒々井町	17.0	0.70
印旛村	9.6	0.44
本埜村	2.3	0.16
合計	484.8	0.99

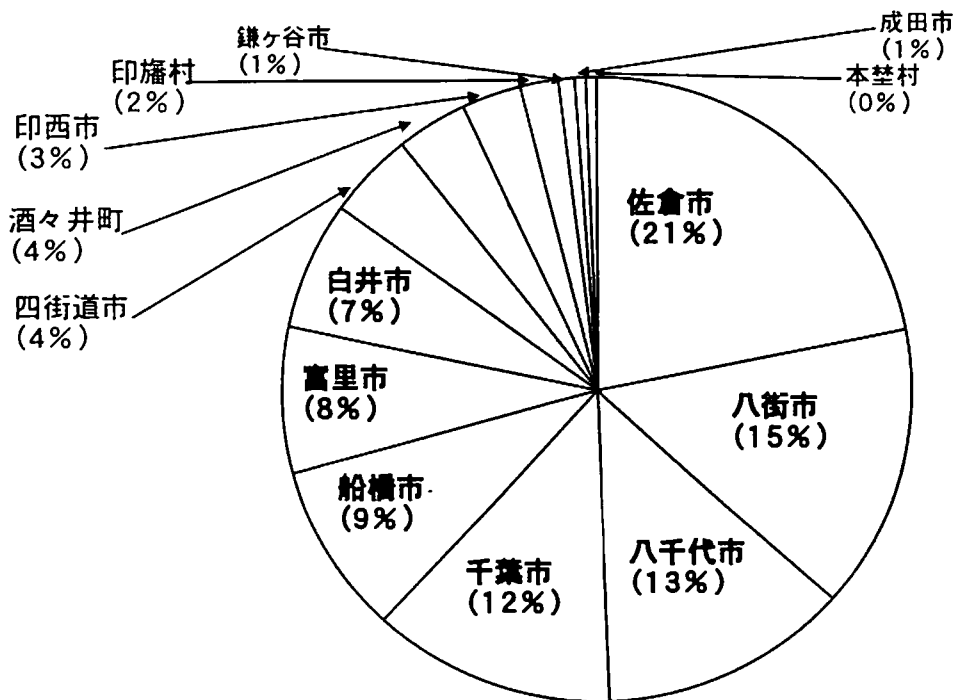


図3 印旛沼流域市町村別 NH₃発生量シェア

していると考えられる。平間ら¹⁶⁾は桑納川、神崎川、鹿島川、高崎川上流部ではCOD、T-N、T-Pの排出負荷量が高いと指摘しており、このことは、NH₃の大気発生源と水質汚濁物質の発生源は地域的に概ね重なっていることを示している。

図4、5にそれぞれ市町村毎のNH₃発生量、発生密度の内訳を示した。概ね発生量の多い流入

河川上流部の市町村では牛、豚の発生量が大きく、全体の半分以上を占めており、牛、豚の発生密度も大きい。一方発生量の少ない市町村では牛、豚からの発生量が概ね少なく密度も低い。また、船橋市では畜産による発生量が4割近くあるものの、ガソリン車等の都市系の発生量、発生密度とも大きく、都市化の進んだ主に印旛沼流域の西部の地域では都市系由来のNH₃も重要である。

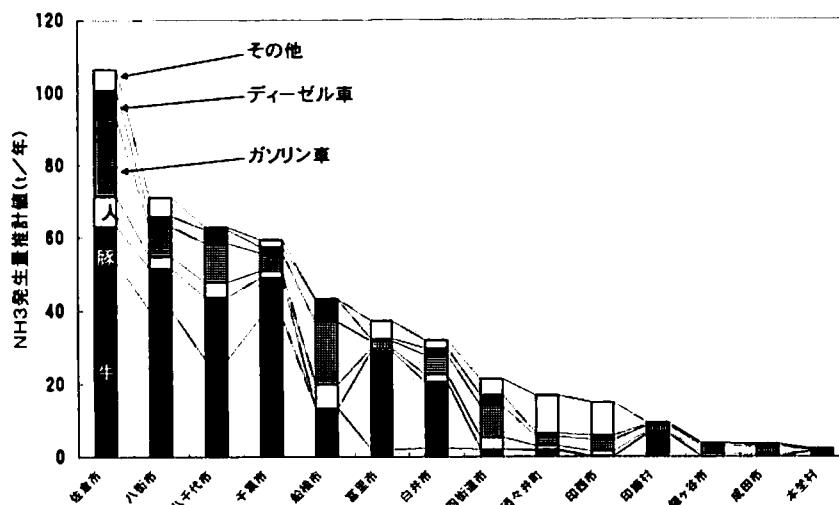


図4 市町村別 NH₃発生量 (t/年)

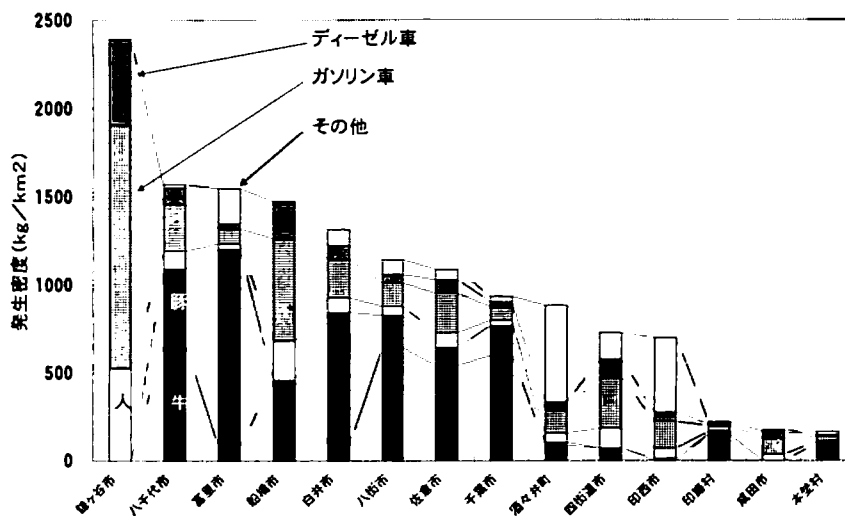


図5 市町村別 NH₃発生密度 (kg/km²)

4 まとめ

今回、印旛沼流域における現時点における大気中のNH₃の発生量の推計を行った。その結果、大気中のNH₃の発生量は地域的には流入河川上流

部で多く、量的に最も寄与しているのは牛、豚の畜産であること、また都市化の進んだ主に印旛沼流域の西部の地域では都市系のNH₃発生量も重要であること等がわかった。しかし、排出係数

については現時点ではその大部分で欧州の数値を使用せざるをえず、特に量的規模の大きい家畜については欧州と日本では飼育方法や糞尿の処理方法、気温や湿度等 NH₃ 発生に影響する要素が異なるため、排出係数が日本（千葉県）の実態とは異なることも考えられ、これによって排出量の推計値を見直さなければならないこともあると思われる。

したがって、今後は量的規模では最大の NH₃ 発生源である畜産について、大気環境への影響が実際どの程度なのか把握する実態調査が必要である。そのうえで、千葉県の実態に合った排出係数を検討していく必要がある。

さらに、都市化の進んだ主に印旛沼流域の西部の地域では都市系の NH₃ 発生量も重要であり、都市地域においても大気中の NH₃ の実態について把握していくことが必要と考えられる。

謝辞

本研究にあたり、千葉県環境研究センター水質地質部の小倉久子氏、平間幸雄氏には全面的にご協力を頂きました。また、千葉県環境生活部水質保全課には、印旛沼流域市町村のデータを使用させて頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

文献

- 1) 小林節子, 平間幸雄: 印旛沼の最近の水質の変化について(2)COD の水質の変化の特徴, および、排出負荷量. 千葉県水保研年報 (平成 10 年度), 87~96(1998).
- 2) 印旛沼環境基金: 平成 6 年度印旛沼白書, 2(1994)
- 3) 田中恒夫, 川島博之, 岡本勝男, 黒田正和: 利根川中流域における発生窒素負荷量の増加とその原因解明. 環境科学会誌, 11,373~380(1998).
- 4) 小倉久子: 第 3 2 回日本水環境学会年会講演要旨集, 275(1998)
- 5) Sutton, M.A., Place, C.J., Eager, M., Fowler, D. and Smith, R.I.: Assessment of the magnitude of ammonia emissions in the United Kingdom. Atmospheric Environment 29,1393~1411(1995)
- 6) 千葉県環境生活部水質保全課: 提供資料(2002).
- 7) 千葉県: 平成 10 年度千葉県統計年鑑(1998).
- 8) 千葉県農業化学検査所・千葉県肥料対策協議会: 平成 9 年肥料年度肥料等入荷状況(1999)
- 9) Sutton, M.A., Dragosits, U., Tang, Y.S., Fowler, D. Ammonia emissions from non-agricultural sources in the UK. Atmospheric Environment 34,855-869(2000).
- 10) 鷺山享志, 中澤 誠, 鈴木正明: 自動車からのアンモニアの排出量調査. 神奈川県環境科学センター研究報告, 21,7-11(1998).
- 11) 石油連盟: 都道府県別石油製品販売数量(1998)
- 12) 千葉県環境部: 平成 10 年度清掃事業の現況と実績(1998).
- 13) 横山新紀, 押尾敏夫: 第 4 1 回大気環境学会年会講演要旨集, 452(2000).
- 14) 神成陽容, 馬場 剛, 速水 洋: 日本におけるアンモニア排出量の推計, 大気環境学会誌, 36(1),29~38(2001).
- 15) 押尾敏夫: 印旛沼への湿性・乾性沈着によるイオン種の負荷. 印旛沼—自然と文化, 2,7~12(1995).
- 16) 平間幸雄, 小林節子: 地理情報システムによる印旛沼流域の情報管理. 千葉県水保研年報 (平成 10 年度), 117~120(1998).

Estimated ammonia emissions from various sources in the basin of Lake Inbanuma

Shinki YOKOYAMA Toshio OSHIO

印旛沼は流域人口増加による生活排水のため汚濁負荷の増加が著しく沼の水質は悪化していた。このため湖沼水質保全特別措置法の指定湖沼として湖沼水質保全計画による水質浄化対策が実施されてきた。この結果、流入河川のCOD、T-Pについては改善の傾向が見られるものの、T-Nについては逆に近年悪化する傾向も見られる。流域での窒素動態を検討するためには大気から水域へ供給される窒素についても把握する必要がある。これまではこれら大気由来の物質については面源負荷の一部として扱われていたが、知見に乏しく面源負荷に与える影響や量的な規模等の基本的な情報がほとんど不明であった。そこで今回流域の窒素動態の把握に資することを目的として、大気中の重要な窒素化合物の一つであるNH₃について発生源及び発生量について推計を行った。

その結果、流域の合計NH₃発生量は485tと推計され、その6割は牛、豚等の家畜からの発生で占められていた。また、地域的には概ね流入河川上流部で発生量が多く、水質汚濁物質の発生源と地域的には重なる傾向が見られた。NH₃発生量に最も寄与しているのは牛、豚の家畜であるが、都市化の進んだ主に印旛沼流域の西部の地域では都市系のNH₃発生量も重要である。

キーワード : 大気中NH₃、発生量推計、印旛沼流域、農業系、都市系