

高田川の硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素追跡調査 (中間報告)

飯村 晃・宇野健一・平間幸雄・山中隆之*

(*現 千葉県水道局水質センター)

1 はじめに

海上町、飯岡町に源を発し、銚子市内から利根川に注ぐ河川である高田川では、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素についての環境基準が定められて以来、環境基準値超過が続いている^{1,2)}。前年度実施した予備調査³⁾により、特に硝酸性窒素の濃度が流域全体で高くなっていることが明らかになったので、今回は高濃度の硝酸性窒素が検出される原因の究明と、硝酸性窒素の低減に向けた対策を策定するための基礎資料を得ることを目的として調査を行った。

2 調査・検討の方法

2・1 水質実態調査

水質実態調査として定点3地点(本川=白石取水場:No.1、三門町地先:No.2、支川三宅川=三宅

町二丁目地先:No.3)を設定し2001年8月から隔月に水質測定を行った。

また、川から谷筋に発達している谷津田の源流部付近または湧水の水質調査を行った。水源地点で採水することを原則としたが、現地では谷津田の最上部はほとんどが休耕田となっており、非常に荒れた状態で水源までたどり着いたのは少数であった。しかし、谷津田の両側または片側にはほとんど灌漑用水用の水路があり、休耕田で荒れていてもその水路は健在であったので進入が可能な最上流の地点で採水した。採水は地点ア～シについては2001年12月4日、ス～ツは同12月7日、テ～ミは同12月12日に行った。採水地点数は32地点である。調査地点は流域区分とともに図1に示した。

2・2 過去の水質調査結果の解析

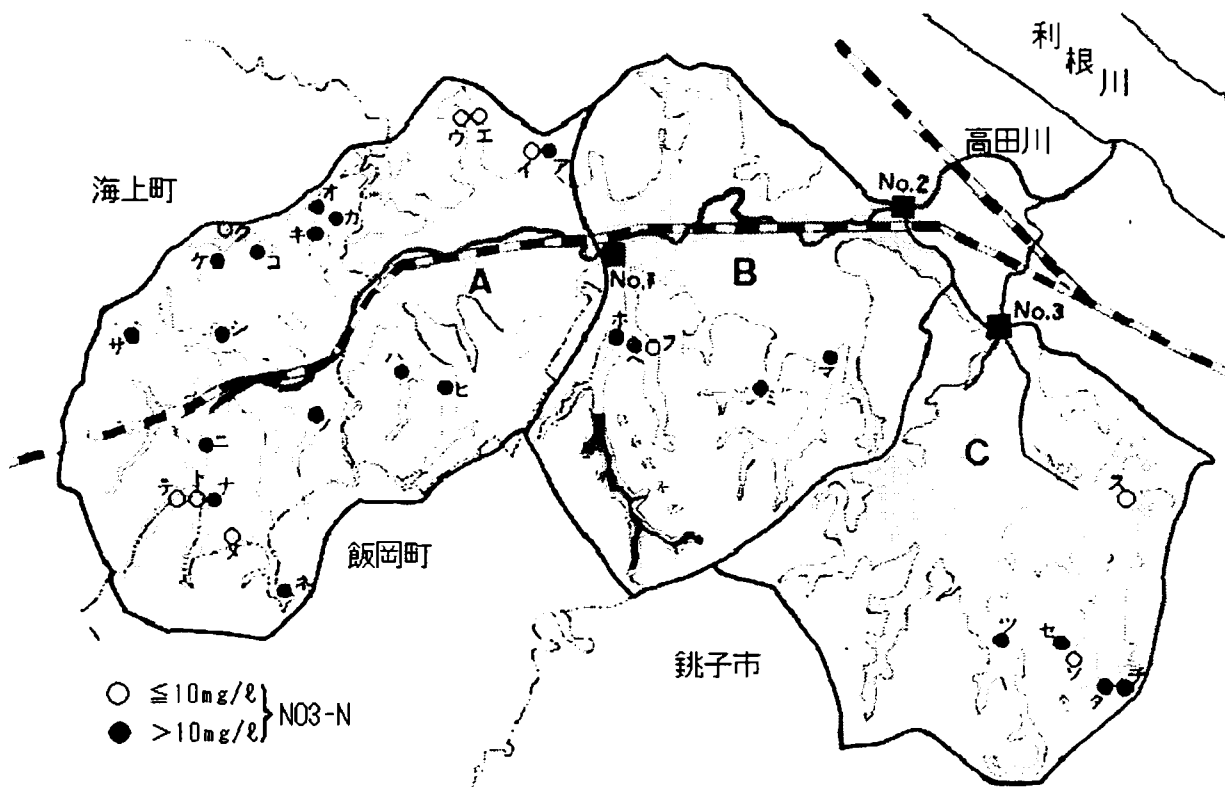


図1 流域区分と水質実態調査及び源流部/湧水調査地点

主に公共用水域水質測定結果⁴⁾から全窒素の水質経年変化について検討した。

2・3 汚濁負荷解析

高田川下流部の水田地帯及び住宅街を除いた流域において生活系、畜産系、面源由来の汚濁負荷量を算定した。

2・4 農・畜産業の最近の動向

市・町のデータ及び農林水産部のデータ⁵⁾から畑作の主要産物及び畜産の最近の動向について調べた。

2・5 地下水調査データの比較

一部の地域で行われた過去2回の地下水調査データを比較した。

3 結果と考察

3・1 水質実態調査

定点3点についての水質測定結果は表1に示した。地点No. 3の10月17日の濃度が環境基準値に等しい10mg/Lであった以外はいずれの地点、いず

れの採水日でも環境基準を超えていた。また、2001年度の公共用水域水質測定結果でも白石取水場ですべて環境基準を超えていた。

源流部または湧水の水質測定について、図2に各地点の硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の濃度と環境基準値を示した。図1の採水地点の図には、硝酸性窒素濃度が10mg/Lを超えているものは●で、10mg/L以下のものは○で示してある。

源流域で硝酸性窒素が基準値の10mg/Lを超えたのは、A流域（白石取水場に係る流域）では21地点中14地点で超過率は67%、B流域で5地点中4地点で超過率80%、そしてC流域で6地点中4地点で超過率67%であった。また、調査対象流域全体では32地点中22地点で基準値を超過しており、その超過率は69%であった。一方、亜硝酸性窒素は半数以上の地点で測定下限値（0.03mg/L）未満であり、検出された地点は13地点であった。これは、全測定地点の41%に当たる。亜硝酸性窒素の最大値は0.47mg/Lで、環境水中の亜硝酸製窒素の濃度としては低い値とはいえないが、基準値の10mg/Lと比較すれば大きな割合を占めるものではなかった。これら流域での硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素汚染の問題は、源流部から硝酸性窒素濃度が高いことであるといえる。また、休耕田脇の水路の水量は目視ではかなり多いものであった。これらのことから、高田川本川で観測される基準値を超過する「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」は高田川流域に発達した多くの谷津の源流部から硝酸性窒素の形で高田川本川に供給されているものと思われる。

表1 定点3点の水質測定結果

地点	採水年月日	pH	電気伝導率 (mS/m)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	Cl- (mg/L)
No.1	01.08.16	7.5	51	6.7	17	16	0.07	38
	01.10.17	7.5	45	5.7	14	14	0.11	35
	01.12.07	7.7	42	2.8	17	17	0.08	47
	02.02.07	7.7	40	2.9	15	15	0.08	38
No.2	01.08.16	7.6	47	4.1	17	16	0.08	36
	01.10.17	7.6	44	7.1	14	14	0.11	35
	01.12.07	7.7	42	2.4	14	14	0.05	40
	02.02.07	7.7	37	2.7	14	14	0.05	36
No.3	01.08.16	8.1	52	3.2	18	17	0.07	45
	01.10.17	7.6	54	9.5	10	10	0.14	48
	01.12.07	7.6	52	3.5	15	15	0.17	54
	02.02.07	7.7	46	3.7	15	14	0.11	50

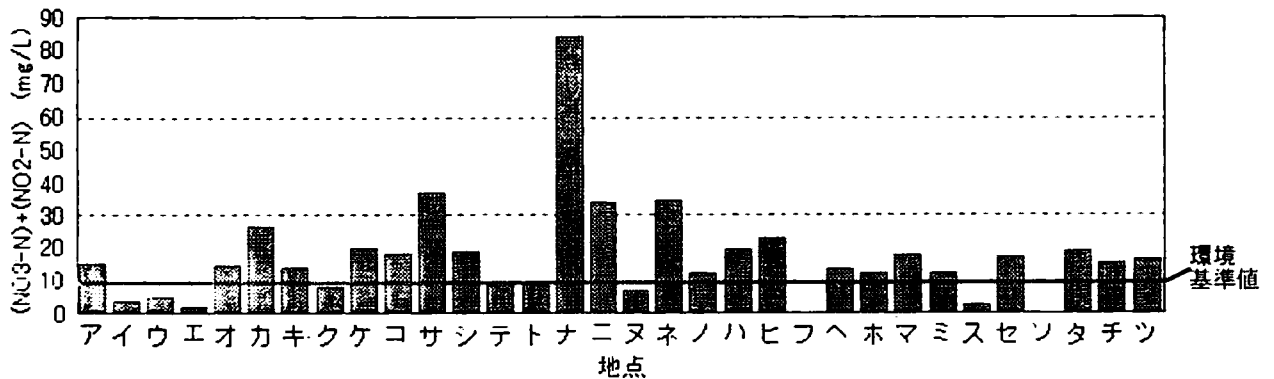


図2 高田川源流部の硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素濃度

3・2 過去の水質調査結果の解析

1974年7月から2001年11月までの公共用水域水質測定の高田川・白石取水場における全窒素濃度の推移を図3に示した。1974～1976年頃までは、時折やや高濃度を示すことがあるものの、全窒素濃度は10mg/L未満であった。その後、8年間ほど全窒素の測定が行われておらず、全窒素測定が再開された1984年度からは10mg/Lを超える測定結果が得られることが多くなり、1987年11月以降、常に10mg/Lを超過していた。全窒素濃度はその後も増減を繰り返しながらも上昇傾向を示し、1990年頃以降はほぼ横這いとなった。

3・3 汚濁負荷解析

流域市町から提供されたフレームデータ(2001年4月1日現在)を表2に示す。使用した汚濁負荷

量原単位を表3に示した。また、流域内のフレーム・排出負荷量の内訳を図4に示す。

表3の原単位は、印旛沼・手賀沼の第4期湖沼水質保全計画⁴⁾の策定に使用された値と概ね同じであるが、畜産系の原単位は、畜産排泄物の処理・処分実態の相違により、そのまま用いると過小評価になる可能性があるため、暫定的に琵琶湖の第3期計画⁵⁾策定に使用された値を採用した。また、畜産以外の産業系負荷の占める比率は小さいと考えられるため、ここでは考慮しなかった。

流域内の土地利用状況については、畑(37%)、山林(34%)が多く、次いで市街地等(17%)、水田(12%)の順となっている。

排水処理形態別人口は、単独処理浄化槽使用人口が67%を占め、以下し尿処理場(20%)、合併処

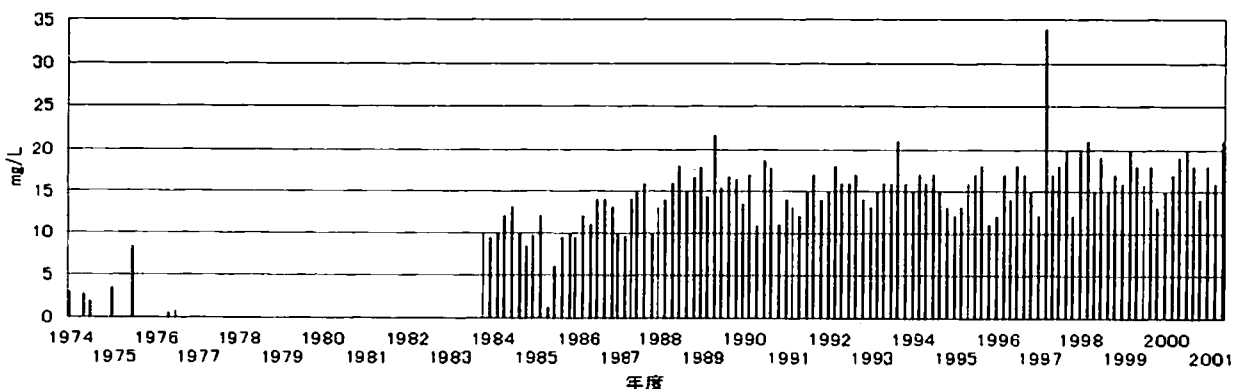


図3 高田川・白石取水場の全窒素濃度の推移

表2 高田川流域のフレーム

流域区分		A	B	C	合計
生活系	合併浄化槽	600	13	309	922
	単独浄化槽	2510	204	2068	4782
	し尿処理場	987	36	399	1422
	総人口	4097	253	2776	7126
	畜産系				
牛	3952	1570	0	5522	
豚	7643	0	815	8458	
鶏	388400	1000	0	389400	
面源	市街地等	243.74	38.87	77.52	360.13
	山林	371.99	138.2	184.46	694.65
	畑	417.67	129.81	202.32	749.8
	水田	105.86	74.81	76.75	257.42
	総面積	1139.26	381.69	541.05	2062

表3 排出負荷量原単位

区分		CO ₂	T-N	T-P	単位	
点源	生活系	合併処理浄化槽	3.3	6.5	0.67	g/人・日
		単独処理浄化槽	22.3	7.5	0.80	
		し尿処理場	19.2	3.0	0.10	
		自家処理	19.2	3.0	0.40	
	畜産系	牛・馬	53.0	29.0	0.65	g/頭・日
	豚	18.2	5.6	2.75		
	鶏	0.3	0.1	0.00	g/羽・日	
面源	降雨	73.4	22.0	0.73	g/ha・日	
	市街地等	115.0	33.5	1.70		
	山林	39.9	10.0	0.33		
	畑地	印旛沼	45.0	91.5		1.10
		手賀沼	45.0	91.2		1.01
		平均	45.0	91.4		1.07
	水田	印旛沼	113.0	30.8		3.12
		手賀沼	125.0	32.6		3.56
		平均	119.0	31.7		3.19

注) 印旛沼・手賀沼の第4期湖沼水質保全計画採用値(畑地・水田は、印旛沼・手賀沼の平均値を使用)ただし、畜産系のみ、琵琶湖の第3期計画採用値を使用

理浄化槽（13％）となっている。

流域内の排出負荷量を生活系、畜産系、面源に分けると、畜産系の割合が最も高く、CODで75%、全窒素で75%、全りんでは54%を占めると推定される。また、面源の占める割合はいずれの項目も15%前後、生活系の占める割合はCOD、全窒素で10%前後、全りんではやや高く31%と推定される。

3・4 農・畜産業の最近の動向

銚子市、海上町、飯岡町の主要作物であるキャベツと大根の3市町合計作付面積の経年変化を図5に示した。1970年から1980年までの間に作付面積が急激に増加しており、ちょうど全窒素の測定を行っていない時期と重なっている。全窒素濃度の推移との比較は困難であるが、全窒素測定が再開され

た1984年度には高田川の全窒素濃度は現在の環境基準値に近い値まで上昇しており、全窒素濃度の増大とキャベツ、大根の作付面積の増加の時期は近いと思われる。

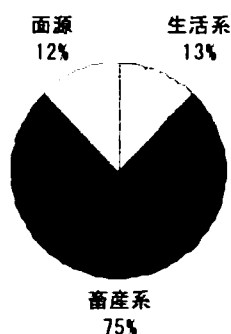
また、3市町における牛と豚による発生負荷量の推移を図6に、5年ごとの推移の形で示したが、1975年から1990年の間に発生負荷量は急激に増加しており、その間の変化は約3倍である。1990年以降は横這いの状態となっている。

これらのことから、高田川における全窒素の動向は農・畜産業の動向とよく一致しているといえる。

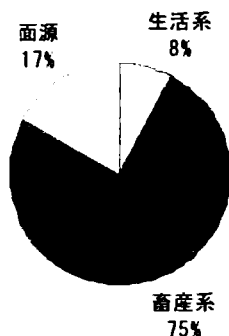
3・5 地下水調査データの比較

高田川流域の一部を含む地域で行われた1977年度と1992年度の地下水の調査結果から、硝酸性窒

COD排出負荷量内訳
(合計1128kg/日)



T-N排出負荷量内訳
(合計588kg/日)



T-P排出負荷量内訳
(合計16.6kg/日)

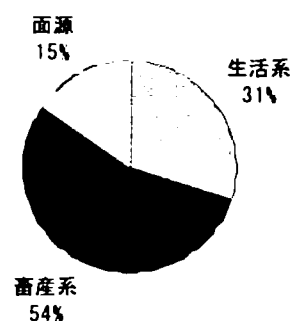


図4 高田川流域のCOD、T-N、T-P排出負荷量の内訳

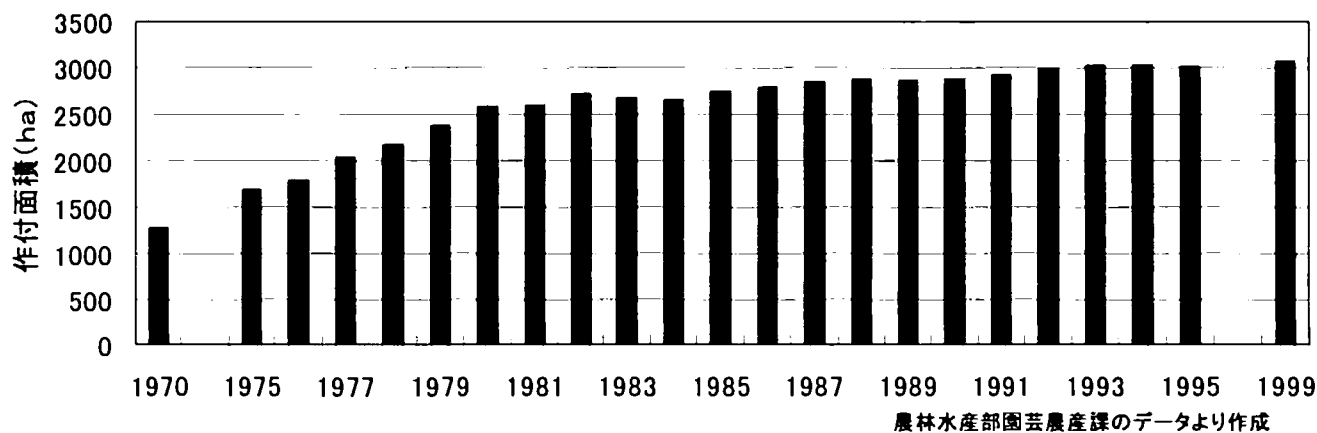


図5 3市町のキャベツと大根の作付面積の経年変化

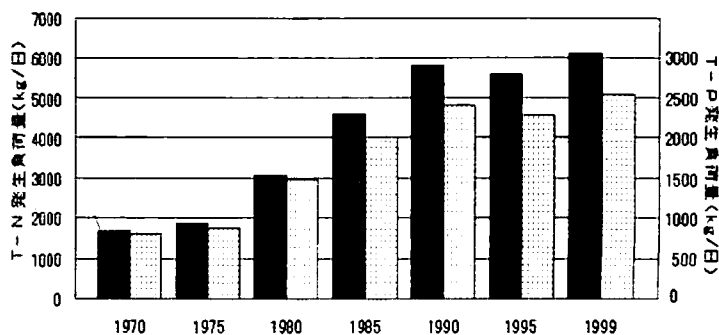
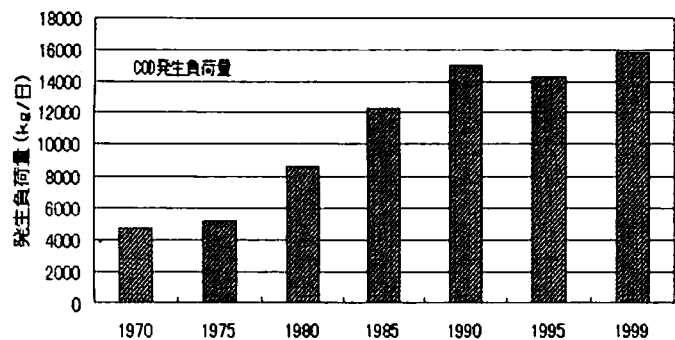


図6 3市町の牛と豚による発生負荷量の推移 (関東農政局農林統計より作成; 1995年は、飯岡町の豚は除く)

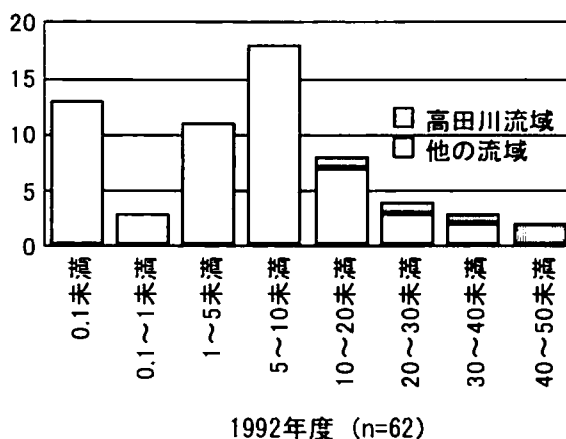
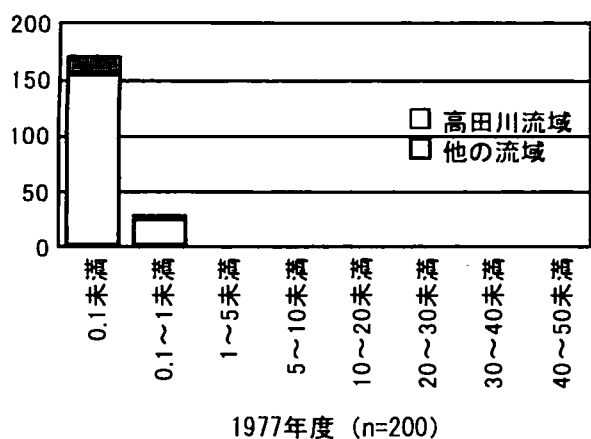


図7 一部地域の地下水中硝酸性窒素および亜硝酸性窒素頻度分布

素及び亜硝酸性窒素濃度階級分布を図7に示した。調査対象井戸数はそれぞれ200本及び62本である。1977年度の調査は半定量で分析が行われたものであるが、段階的な数値に置き換えて表した。頻度分布図の棒グラフの網掛けの部分は本調査の高田川流域に属する井戸である。図中の他流域は高田川流域外を指す。1977年度には高田川流域に存在する20本の井戸を含む全ての井戸で1mg/l未満であったが、15年後の1992年度には1mg/l以上が全調査井戸数の74%を占めるようになった。さらに、飲料水基準を超過している10mg/l以上の井戸数は全調査井戸数の27%を占め、井戸数で17本であった。本調査の高田川流域に存在する井戸数は5本であったが、すべて飲料水基準を超過していた。この結果から、高田川流域及び周辺の地下水の「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」は1977年度から1992年度の15年間に大きく増大したことがわかった。特に高田川

流域で、地下水の硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素濃度は特別高い値であった。

3・6 結論

以上の状況から高田川・白石取水場において「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」濃度が高いのは、源流部及び湧水の硝酸性窒素濃度が高いことによるものと考えられる。また、源流部及び湧水の硝酸性窒素濃度が高いのは、主たる窒素発生源として流域の台地上での畜産排泄物又は加工堆肥、及び野菜畑における施肥が考えられる。流域の降雨は表面流出の他、地中に浸透し本流域の地層である最上部のローム層・その下部の砂層から成る香取層を通過して泥岩の飯岡層上面まで浸透し、この難透水層に阻まれて湧出しているものと考えられる。その際、土中に供給された窒素源の内、硝酸性窒素はそのまま難透水層まで到達し、硝酸性窒素以外の形態の窒素は土中微生物などによる硝化作用により硝酸性窒素に酸化

されて地下水と共に地表流として湧出してくるものと考えられる。

4 まとめ

高田川の「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」は2001年度の公共用水域水質測定の結果でも依然として環境基準を超えていた。

今回の調査からは以下のことが明らかになった。

- ① 高田川流域全域で硝酸性窒素濃度が高く、源流部・湧水の調査から調査流域全般で湧水や源流部の硝酸性窒素濃度が高く、69%の地点で環境基準値を超過していた。
- ② 過去の公共用水域水質測定結果から、1987年11月以降は常に10mg/ℓを超過している。
- ③ 汚濁負荷解析から、調査流域内の排出負荷量では畜産系の比重が75%と極めて高い。
- ④ 畜産業の動向から、1970年から1985年まで急激に発生負荷量が増大しており、畑作農業の動向からはこの地域における主要な作物であるキャベツと大根の作付け面積も同様に1970年から1980年代初頭にかけて倍増していた。
- ⑤ 過去の地下水調査の結果から、1977年度には調査流域を含む全ての井戸で硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素濃度は1mg/ℓ未満であったが、15年後の1992年には1mg/ℓ以上の井戸が大半を占めるようになり、高田川流域に存在する調査対象井戸は全て10mg/ℓを超えていた。

以上の状況から高田川・白石取水場において「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」濃度が高いのは、源流部及び湧水の硝酸性窒素濃度が高いことによるものと考えられ、その主な窒素発生源として流域の台地上での畜産排泄物、加工堆肥及び野菜畑における施肥が考えられた。流域の降雨は表面流出の他、地中に浸透したものが難透水層に阻まれて湧出しているものと考えられ、その際、土中に供給された窒素源のうち、硝酸性窒素はそのまま難透水層まで到達し、硝酸性窒素以外の形態の窒素は硝化作用により硝酸性窒素に酸化されて地下水と共に地表流として湧出してくるものと考えられた。

本調査の今後の課題として、畜産業の排泄物管理

・処理・処分の実態及び畑作農業における施肥の実態を把握し、汚濁負荷解析における精度を高めることが必要である。

謝 辞

本調査を進めるにあたり、フレームデータを提供していただいた銚子市、海上町、飯岡町の担当者の皆様、及び貴重なご助言を下さるなど調査にご協力いただいた千葉県環境生活部水質保全課、千葉県海匝支庁県民環境課の皆様には深く感謝します。

文 献

- 1) 千葉県環境部：平成11年度公共用水域水質測定結果
- 2) 千葉県環境生活部：平成12年度公共用水域水質測定結果
- 3) 平成12年度千葉県水質保全研究所年報
- 4) 千葉県環境部：公共用水域水質測定結果（1974～2000及び2001年速報値）。
- 5) 関東農政局千葉統計情報事務所：千葉農林水産統計年報（1970～1999）
- 6) 印旛沼に係る湖沼水質保全計画、手賀沼に係る湖沼水質保全計画（2001）。
- 7) 滋賀県、京都府：第3期琵琶湖水質保全計画（1997）。