

畑地等からの汚濁負荷原単位と流出率の検討

1 はじめに

印旛沼流域では非点源汚濁源による汚濁負荷量の比率が高く、汚濁負荷の流出源として畑地からの窒素の流出が大きいと考えられる。

ここでは畑地からの流出について、窒素を中心に文献調査を行い、また畜産業においては現在、ふん尿の素掘りや野積みは規制されているが、現実には農地還元の形で水環境に影響を与えていると考えられるので、これらの排出率等について検討した。加えて、水田からの窒素の負荷についての検討を行った。

2 湖沼水質保全計画による畑地からの汚濁負荷算出方法

印旛沼・手賀沼湖沼水質保全計画における畑地の原単位は以下のとおりである。

	COD	T-N	T-P (単位:g/ha・日)
印旛沼	45.0	94.5	1.10
手賀沼	45.0	94.2	1.04

この原単位の算定では、地表排出と浸透排出を分けて考えており、さらにその中で化学肥料由来と家畜ふん尿由来とに分けて計算をしているため、非常に複雑である。また、その算定根拠データは1970～1980年代と古く、現状に見合った数値に置き換えることが望ましいと考えられる。

3 畑地の窒素の原単位

畑地はその殆どにおいて施肥がされるため、その流出率から汚濁負荷量を算定する方法があり、窒素の流出率の算定によく用いられる。この方法であると、複雑な計算を用いずに、畑地の種類や時代による施肥量の違いを流出負荷の変化に反映させることができる。

國松・村岡¹⁾は畑地からの浸透・流出として窒素5～279kg/ha・年、りん0～7kg/ha・年という調査事例を示したが、窒素に関しては施肥量と浸透量の関係を次式で示した。

$$P_N = 0.32F_N + 9.6 \quad (n=9, r=0.87) \dots (1)$$

ここで、 P_N は窒素の地下浸透量(kg/ha・年)、 F_N は施肥量(kg/ha・年)である。

(この関係式に使用した調査例はライシメーター、1区画畑、広域畑、農耕地河川調査という条件の異なる調査が混在している。) 回帰式から窒素肥料の流出率は32%と考えることもできる¹⁾。(りんについてはこのような式は得られない。)

この國松・村岡¹⁾の式に樹園地等新たなデータを加えて改良したものが、國松²⁾の次式であるが、

$$L_N = 0.311F_N + 13.4 \dots (2)$$

ここで、 L_N は窒素の窒素肥料の流出量(kg/ha・年)、 F_N は施肥量(kg/ha・年)である。

この式から宗宮³⁾は畑では施肥窒素の31%が流出すると推定した。

武田⁴⁾は湖沼水質保全計画に使用された例として窒素8.1～52.6kg/ha・年、りん0.2～0.62kg/ha・年、COD4.8～96kg/ha・年という数字を示したが、一方、既往の調査結果から次式を導き出している。

$$Y = 0.281X + 13.3 \quad (r=0.81) \dots (3)$$

ここで、 Y は窒素流出負荷量(kg/ha・年)、 X は窒素施肥量(kg/ha・年)であり、おおむね施肥窒素量の30%前後が流出していると推察している⁴⁾。

平田⁵⁾は畑地における窒素施肥量が100～200kg/ha・年までは地下水への溶脱量は降雨負荷量と大差ないのに対して、200kg/ha・年を超える付近から急激に増加し、施肥量の約半分が地下浸透していると述べている。また年間、500kg/haの施肥をした畑地の地下水の硝酸性窒素濃度が最大92mg/Lに達した例を挙げている。

また、環境省からは「硝酸性窒素による地下水汚染対策の手引き」⁶⁾として畑地からの窒素の溶脱率を20～50%とするというめやすが示されている。

これらのことから、畑地からの窒素流出は、一般の施肥量の範囲ではおおむね30%が流出すると考えてよく、500kg/ha・年付近からはさらに流出率が上がると考えられる。

また、COD やりんについては畑地からの流出の実測例が少なく、施肥量との関係は見出されていない。

4 畑地のCOD, りんの原単位

上述のようにCOD やりんについては畑地からの流出の実測例が少なく、施肥量との関係が見出されていないため、現状における原単位は単位面積当たりの負荷の流出量を原単位とすることが適当と考えられる。

農地からのりんの流出調査例は、0～7.0kg/ha・年(n=7)であり¹⁾、最大値と最小値データを除く平均値は0.073 kg/ha・年(0.20g/ha・日)となる(n=3)。また、国立環境研究所⁷⁾によると畑地の排出原単位は化学肥料施肥と有機質肥料施肥に分けて算出されており、化学肥料施肥畑地は

COD 0, T-N 2.90, T-P 0.072 kg/km²・日

有機質肥料施肥畑地は

COD 2.45, T-N 1.90, T-P 0.027 kg/km²・日

としている。

現実には、化学肥料と有機質肥料に分けて汚濁負荷を算定することは困難であるため、これらの平均値をCOD, T-Pについてg/ha・日で表すと

COD 12.3, T-P 0.495 g/ha・日となる。

藤村ら⁸⁾は千葉県北部における、流域の殆どが畑地である河川についてその水質、水量を調査したが、CODとT-Pの単位面積当たり負荷量は畑地とその他の山林・草地との違いが殆ど無かった。これらの畑地の原単位は

COD 9.9, T-N 16, T-P 0.17 kg/km²・日

となり国立環境研究所の畑地の原単位よりもかなり高い値となっている。これらの値をCOD, T-Pについてg/ha・日で表すと

COD 99, T-P 1.7 g/ha・日となる。

この値は、現在の湖沼水質保全計画に使用されている値の2倍程度と高いが、国土交通省ホームページ⁹⁾による既往の調査例と比較して過大ではない。これらのことから、印旛沼流域における原単位としては、

COD 90, T-P 1.5 g/ha・日

程度を提案したい。

5 畜産ふん尿の農地還元について

畜産ふん尿の流出率に関する文献値は非常に少ない。このため、窒素については畑地からの流出率が参考になる。またりんやCODについては畑地からの流出の実測例も少ない。このため、実測例というよりも、原単位として使われている例について検討した。

それらによると、CODとT-Pは、降雨による表面流出が主たる流出経路であるのに対し、T-Nは表面流出よりも地下への浸透が大きな流出経路となっている。このため、T-NはCOD, T-Pに比較して大きい流出率としている場合が多い。(野積み処理でCOD5%, T-N40%, T-P5%とした例¹⁰⁾。)茨城県¹¹⁾および国立環境研究所⁷⁾使用流出率は素堀・野積処理においてCOD, T-N, T-Pがそれぞれ、8%, 35%, 0.5%であり、一方琵琶湖¹²⁾では農地還元の流出率としてそれぞれ10～14%, 10～14%, 1～11%としている。先の「硝酸性窒素による地下水汚染対策の手引き」においては畜産事業場からの窒素の溶脱率を60～100%としているが、これは未処理で放流した場合の流出率に近いものと推察される。

ここではT-Nについては畑地からの流出率としてよく用いられる30%を採用し、COD, T-Pは文献値によるとさらに低い可能性が高いが、これまで千葉県が採用していた数値(各々20%)から大きく離れないことを考慮すると、各々10%を採用することを提案したい。

6 水田からの窒素負荷

水田からの負荷量流出については詳細な検討が

必要と思われるが、ここでは窒素について大まかな流出率のめやすを算定することとする。

水田への流入負荷としては用水からの負荷、降水からの負荷が及び施肥の負荷があり、流出負荷としては、地表排水と浸透がある。表1に文献による水田への流入負荷、排出負荷及び施肥量を示す。また、表2に文献による降水・用水量および窒素の降水負荷量・用水負荷量・降水水質・用水水質を示す。これらによるとおおむね1年間の用水から水田への負荷は28kg/ha、降水からの負荷は7kg/haであり、降水と用水の合計量は約35kg/haである。施肥量はおおむね100kg/haである。流出負荷は流入負荷とほぼ同量が流出している。表3に千葉県における作物の面積当たり窒素収支を示す。ここで水田に施肥される堆肥、化学肥料、副産物の合計量は109kg/haであり、前述の施肥量100kg/haと近い値となっている。また、水田の流入負荷と流出負荷のどちらが大きいかという点については、用水の窒素濃度が2mg/Lを境にそれより低い場合は流出負荷が大きくなり、高い場合は流出負荷は小さくなるという説があり、印旛沼流域の水田用水を印旛沼水質とするとおおむね2mg/Lであることから、流入負荷＝流出負荷と考えて差し支えないと思われる。

これらのことから、印旛沼流域の水田における窒素負荷の流出率は $35/(100+35)=0.26$ より、おおむね25%が流出するものと考えられる。

7 まとめ

畑地および畜産ふん尿の農地還元地区からの汚濁負荷量流出量について、現状における算定方法を以下のようにとりまとめた。

- 1) 畑地のT-Nは先ず、その地区の施肥量を調査して現状に近い値を求め（作物によって大きく異なる）、その値に前出の流出率（約30%）をかけたものを原単位とすることが妥当な方法であると考えられた。
- 2) 畑地のCOD, T-Pについては、現状の面積当たりの負荷量である原単位を使用するが、値は今までの2倍近い値が適当と考えられた。
- 3) 畜産ふん尿の農地還元地区からの汚濁負荷量

流出量の算定は、COD, T-Pも含め畑地の窒素と同じく、その地区の施肥量に流出率をかけたものを原単位とすることが妥当であると考えられた。T-Nの流出率は30%、COD, T-Pについてはこれまで千葉県が採用していた各々20%の1/2の各々10%を提案した。

- 4) 水田からの窒素流出率は（施肥及び用水等流入負荷に対して）おおむね25%と推定された。
- 5) 農地や農地還元地区からの負荷の流出調査データは非常に少なく（特にCOD, T-P）、今後のデータの蓄積が望まれる。

8 文献

- 1) 國松孝男・村岡浩爾：河川汚濁のモデル解析，p. 63，技法堂出版(1989)
- 2) 國松孝男：水資源と水環境，農業と環境（久馬一剛・祖田修編著），pp73-147，富民協会(1995)
- 3) 宗宮功：琵琶湖 その環境と水質形成，p. 45，技法堂出版（2000）
- 4) 武田育郎：農地におけるノンポイント汚染源負荷，水環境学会誌，Vol. 20, No. 12, 816-820(1997)
- 5) 平田健正：わが国における硝酸性窒素による地下水汚染の現状と問題点，水環境学会誌，Vol. 19, No. 12, 950-955(1996)
- 6) 環境省水環境部地下水・地盤環境室監修；「硝酸性窒素による地下水汚染対策の手引き」，公害対策センター(2002)
- 7) 国立環境研究所：環境低負荷・資源循環型の水環境改善システムに関する調査研究，国立環境研究所特別研究報告，p. 30(2002)
- 8) 藤村葉子・宇野健一・藤本千鶴・吉澤正・川島信二：県内河川上流部の自然汚濁負荷量調査，昭和58年度千葉県水質保全研究所年報，p. 101-110(1985)
- 9) 国土交通省ホームページ：www.mlit.go.jp/river/kosyo/ref.pdf
- 10) 浮田正夫：わが国における窒素・発生源構造と富栄養化の機構に関する基礎的研究，京都大学学位論文(1982)
- 11) 茨城県：霞ヶ浦の係る湖沼水質保全計画第3

期,霞ヶ浦環境科学センターホームページ(2006)
 12) 國松孝男:農業地域と琵琶湖の環境保全,宗宮
 功編著,琵琶湖-その環境と水質形成-,p.41,技法
 堂出版(2000)

13) 八槇敦・斉藤研二・安西徹郎:千葉県における
 農地に関する窒素収支,千葉農総研研報,Vol.2,p.
 69-77(2003)

表1 水田群における窒素の流入,排出負荷量
 (kg/ha)

	施肥量	流入量	排出量
茨城・柴崎	75	43.5	44.2
茨城・馬掛	77	10.4	10.2
茨城・余郷入	65	44	41
愛知・東郷	61.9	47.7	31
〃・〃	66.8	41	40.4
〃・〃	71.8	49.3	28.5
滋賀・彦根	133.3	37.1	52.6
〃・〃	128.1	52	80.1
〃・〃	126.5	19	23.1
〃・〃	142.1	28.6	37.9
〃・〃	146.8	20.6	31.5
茨城・竜丁歩	48.4	56.8	29
平均値	95.225	37.5	37.45833

* 國松・村岡:「河川汚濁のモデル解析」¹⁾より作表
 (調査期間は地点により異なるが、
 最長4月～12月のおおむね灌漑期)

表2 水田群における降水・用水量および窒素の降水負荷量・用水負荷量・降水水質・用水水質

	降水量 (mm)	用水量 (mm)	降水負荷 量(kg/ha)	用水負荷 量(kg/ha)	降水水質 (mg/L)	用水水質 (mg/L)
茨城・柴崎	967	1789	6	37.5	0.6	2.1
茨城・馬掛	1093	314	8.4	2	0.8	0.6
茨城・余郷入	864	2977	6.2	37.8	0.7	1.3
愛知・東郷	534	1585	5	42.7	0.9	2.7
〃・〃	1252	1560	7.8	33.2	0.6	2.1
〃・〃	921	1606	7.1	32.3	0.8	2
滋賀・彦根	1220	2217	9.9	27.2	0.8	1.2
〃・〃	1051	2118	8.5	43.5	0.8	2.1
〃・〃	1243	1365	8.8	10.2	0.7	0.7
〃・〃	450	2489	4.4	24.2	1	1
〃・〃	502	2602	4.9	15.7	1	0.6
平均値	918	1875	7	27.8	0.8	1.5

* 國松・村岡:「河川汚濁のモデル解析」¹⁾より作表
 (調査期間は地点により異なるが、最長4月～12月のおおむね灌漑期)

表3 千葉県における作目物の面積当たり窒素収支(Nkg・ha⁻¹)

作目	栽培面積 (ha)	投入量				畑中面積比 (%)	畑中負荷量比 (Nkg・ha ⁻¹)
		堆肥	化学肥料	副産物	合計		
水稻	64533	6	63	40	109		
畑作物	17202	24	58	45	127	30.5	39
野菜	28716	197	289	33	519	50.9	264
果樹	3920	97	191	3	291	7	20
花き	1101	219	416	0	635	2	13
植木	1909	0	0	0	0	3.4	0
飼料作	3545	616	77	0	693	6.3	44
畑地合計	56393					100	380

* 八槇敦他:「千葉県における農地に関する窒素収支」(2003)¹³⁾より作表