

千葉県における農地に関する窒素収支

八楨 敦・齊藤 研二・安西 徹郎

キーワード：農地、窒素、窒素収支、化学肥料、堆肥

I 緒 言

家畜ふん尿、作物残さ、食品残さや汚泥などの生物系廃棄物の全国における発生量は、年間2億8千万tと推定されている(茅野、1999)。循環型社会を形成して行く上では、これらを有機性の資源としてリサイクルしていかなければならない。その大きな道筋が、土壌が持つ自然循環機能を生かして、これらを農地で作物生産に利用していくことにある。しかし、多量に堆肥を連用することによって、農地からの窒素の溶脱量が増加することが明らかにされているように(山田ら、1999)、有機物の施用が環境負荷を助長することが懸念される。

1999年2月に水質汚濁に係る環境基準項目に硝酸態窒素が追加され、農地から流出する硝酸態窒素を低減していく必要性に迫られている。このような状況で、環境負荷を低減しつつ、有機性資源のリサイクルを推進していくためには、農地からの窒素排出の現状を把握しておくことが重要となる。

農地における養分の出入りを明らかにする手法として、既存の統計データを利用する養分収支調査がある。この調査によって、系外への物質の排出量が推定でき、その量が問題となるレベルであれば、どこに原因があるのかを把握し、問題解決に関する情報を提供することが可能となる(谷山、1998)。三島(1999)は養分収支調査によって農地に関する窒素の収支を試算し、環境負荷のリスクを示す指標として、環境負荷のポテンシャルである農地で余剰となる窒素量を明らかにした。この窒素収支では、全国の平均値として余剰となる窒素量が、地下水の硝酸態窒素に関する環境基準値を上回る恐れがある値となっており、また県によってその値に大きな差があることが推測されている。

そこで、千葉県において、環境に配慮して有機性資源、特に家畜ふん尿のリサイクルを進めていく上での基礎資料を得るために、三島(1999)によって示された農地に入出入りする窒素のフローに従って、市町村ごとに、また

作物別に農地に関する窒素の収支を試算したので報告する。

II 材料及び方法

1. 利用した窒素収支のフロー

三島(1999)による窒素収支のフローでは、第1図に示したように、窒素は堆肥、化学肥料、雨及びかんがい水、イナワラ等のすき込まれる副産物によって農地に投入され、脱窒、収穫物、副産物で持出される。この投入量から持出量を差し引いた値が、農地で余剰となる窒素である。また、堆肥化過程における揮散と農地利用分を除いた家畜ふん尿窒素と、農地にすき込まれない副産物の窒素が、農地で利用可能な窒素である。このフローに従って、市町村ごとに、水稻、畑作物、野菜、果樹、花き、植木、飼料作の作物別に、千葉県農地に関する窒素の出入りを表す窒素収支を試算した。試算には、三島(1999)が利用した情報に準じる千葉県に関する統計資料や調査結果などをできる限り利用したが、収集できなかった情報は三島(1999)が用いた値を利用した。

2. 化学肥料による窒素投入量

化学肥料による窒素投入量は、市町村別の作付面積と施肥基準(千葉県、主要農作物施肥基準、1994)から算出した。水稻では、各市町村の乾田、半湿田、湿田について、それぞれの作土の土性別面積比率を求め、これと水稻作付面積(関東農政局千葉統計情報事務所、千葉農林水産統計年報、1998)及び水稻品種別作付比率(千葉県農林部農産課、ちばの農産、1999)から、市町村・乾湿・土性・品種別の水稻作付面積を算出した。これに施肥基準における窒素施用量を乗じて窒素投入量とした。

畑作物、野菜、果樹、花き、植木では、市町村別の畑作物作付面積(千葉農林水産統計年報)、品目・作期別野菜及び果樹作付面積(関東農政局千葉統計情報事務所、青果物出荷統計、1998)、露地・施設花き花木及び植木類作付面積(千葉県企画部統計課、農業基本調査、1998)と施肥基準の窒素施用量から算出した。

第1表 千葉県における作物群別の平均堆肥施用量
(kg・ha⁻¹)

作物	作物群・栽培様式	施用量
水稲	水稲	340
畑作物	イモ類	1,225
畑作物	マメ, ムギ	1,222
野菜	露地果菜	6,429
野菜	露地根菜	4,889
野菜	露地葉菜	6,403
野菜	施設	21,600
花き	露地	3,316
花き	施設	22,500
果樹	露地	5,171
果樹	施設	12,000
飼料作*	飼料作物	138,000

注1) 1994~1999年調査

2) *はふん尿の施用を含む。

畑作物、野菜、果樹では品目別に窒素施用量を求めたが、花きでは品目別の作付統計を入手できなかったため、施設はカーネーション、露地はキクの窒素施用量を花きの作付面積に乗じた。植木では、施肥が行われていないとした。飼料作では、アンケート調査(千葉県畜産課、未発表、1996)による化学肥料窒素施用量を利用した。

第2表 畜種別の堆肥中平均窒素含有率(現物%)

畜種	水分	窒素
乳牛	48.4	0.62
肉用牛	59.5	0.32
豚	40.7	2.04
採卵鶏	29.4	1.91
ブロイラー	18.2	4.25

第3表 各作物・品目の収量1t当たりの収穫物並びに副産物の窒素吸収量、及び副産物のすき込みの有無

作物・品目	作付面積 (ha)	窒素(kg・t ⁻¹)		すき 込み	作物・品目	作付面積 (ha)	窒素(kg・t ⁻¹)		すき 込み
		収穫物	副産物				収穫物	副産物	
野菜					ピーマン	101	1.4	4.4	無
ダイコン	3,535	1.0	1.1	有	ラッキョウ*	80	4.3	0.3	有
サトイモ	3,240	2.2	0.8	有	温室メロン	47	2.8	2.5	無
ニンジン	3,219	1.2	0.8	有	エシャレット*	46	6.2	0.0	無
キャベツ	3,082	2.5	2.3	有	ニンニク*	44	4.3	0.3	有
ネギ	2,778	2.9	1.5	無	ワケギ*	22	2.9	1.5	無
スイートコーン	2,450	4.2	6.5	有	セルリー	15	3.3	2.6	有
ホウレンソウ	2,293	4.6	0.0	無	畑作物				
スイカ	1,803	1.3	0.5	無	ラッカセイ*	7,860	36.1	19.4	有
パレイショ	1,810	1.9	0.8	有	カンショ	6,100	2.1	2.1	有
ゴボウ	1,440	4.5	2.2	有	ダイズ	1,190	63.8	5.4	無
カブ	1,220	5.7	0.0	無	小麦	837	18.9	6.3	有
エダマメ	1,130	2.7	6.9	無	陸稲	448	15.9	6.7	有
トマト	959	0.9	0.6	無	茶	321	59.5	72.1	無
シケナ類*	943	4.6	0.0	無	六条大麦	63	16.6	3.7	有
ショウガ*	865	3.1	0.0	無	二条大麦	56	13.3	1.2	有
レタス	744	1.9	1.7	有	果樹				
サヤインゲン	725	3.8	1.5	無	日本ナシ*	1,750	0.8	3.1	有
キュウリ	676	1.1	0.7	無	クリ*	683	6.1	31.1	有
ソラマメ*	630	7.1	1.7	有	ウメ*	387	1.2	5.3	有
ヤマノイモ	534	3.6	1.0	有	カキ*	322	1.7	4.1	有
露地メロン	513	2.7	2.4	無	ビワ*	202	1.0	4.5	有
ナス	501	1.6	1.1	無	ミカン*	186	1.7	3.9	有
ハクサイ	385	1.4	0.7	有	ブドウ*	78	1.0	3.6	有
シュンギク*	316	4.2	0.0	無	キウイフルーツ	73	1.5	8.8	有
カボチャ	296	1.5	1.3	無	イチジク*	57	1.2	1.4	有
ブロッコリー*	278	9.4	6.5	有	モモ*	11	1.0	4.0	有
ニラ*	243	2.4	0.0	無	飼料作物				
ミツバ*	239	2.6	0.0	無	イネ科	1,270	3.3	0.0	無
イチゴ	235	2.2	1.0	無	青刈りトウモロコシ	1,510	1.9	0.0	無
タマネギ	228	1.7	0.2	無	ソルゴー	814	1.2	0.0	無
サヤエンドウ*	215	3.9	12.4	無	マメ・イネ科の混播	589	6.2	0.0	無
レンコン	187	3.4	4.6	有	花き				
シロウリ*	173	1.1	0.7	無	カーネーション	-	25.9	0.0	無
カリフラワー*	116	5.3	8.9	有	キク*	-	15.1	0.0	無

注1) *は尾和(1996)以外のデータを利用した作物を示す。

2) 果樹を除いてすき込み“有”は、副産物を全量すき込む、果樹は半量すき込むとした。

3. 各作物の栽培面積

各作物の栽培面積は、それぞれの作付面積を年間作付回数で除して求めた。年間作付回数は、アンケート調査から（千葉県農業試験場、未発表）水稲、果樹、植木は1.00回、畑作物1.05回、野菜1.34回、花き1.04回、飼料作1.18回とした。

4. 堆肥による窒素投入量

飼料作以外では、堆肥によって農地に投入される窒素量は、作物群別平均堆肥施用量と（千葉県農業試験場、未発表、第1表）、化学肥料窒素投入量の算出に利用した作付面積及び市町村別平均堆肥窒素係数から算出した。市町村別平均堆肥窒素係数は、畜種別の平均堆肥窒素含有率（千葉県畜産課、未発表、第2表）を各市町村で発生する畜種別ふん量によって加重平均して求めた。

飼料作では、栽培農家のほとんどが牛飼育農家であることから、アンケート調査（千葉県畜産課、未発表、1996）による牛飼育農家の飼料畑に対する平均生ふん、堆肥及びふん尿混合施用量から投入窒素量を算出した。

5. 降雨及びかんがい水による窒素負荷量

降雨による窒素負荷量は $5.3\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ （松丸、1997）、脱窒量は三島（1999）に従い水田と畑がそれぞれ 70 、 $30\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ とし、これらに各作物の栽培面積を乗じて算出した。

水稲では、かんがい水の無機態窒素含量を $1.35\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ （千葉県農業試験場、未発表）、かんがい水量を $1,000\text{mm}$ としてかんがい水による窒素量を計算し、他の作物ではかんがい水から窒素の持ち込みはないとした。

6. 収穫物と副産物による窒素吸収量

水稲では、玄米収量 1t 当たりの白米、ワラ、モミガラ、ヌカの窒素吸収量をそれぞれ 9.0 、 8.1 、 3.3 、 2.0kg （千葉県農業試験場、未発表）として、市町村別の収穫量から窒素吸収量を求めた。ワラは全量を農地還元、モミガラとヌカは還元しないものとした。

他の作物の収穫物と副産物による窒素吸収量の算出においては、尾和（1996）のデータベースに各種の試験結果を加えて、各作物の品目別に収量 1t 当たりの収穫物と

副産物の窒素吸収量の情報を整備した（第3表）。これと、市町村別の収穫量及び作付面積から窒素吸収量を算出した。なお、花きの施設栽培ではカーネーション、露地栽培ではキクの吸収量を市町村別の花き作付面積に乗じた。副産物は、果樹では半量をすき込むとし、その他の作物では全量をすき込むものと、すき込まないものに判別した。

7. 家畜ふん尿窒素量の算出方法

家畜ふん尿中の窒素量は、家畜排せつ物量推定のための原単位（原田、2000）に市町村別飼育頭数（千葉農林水産統計年報、1998；千葉県畜産課、未発表、1999）を乗じて求めた。なお、肉用牛では2歳以上、豚では肉豚、採卵鶏では成鶏の原単位を利用した。乳用牛では、生育段階によってふん尿の窒素量が大きく異なるので、生育段階別の飼育頭数比（千葉県畜産課、未発表、1999）を用いてふん尿の窒素量を算出した。

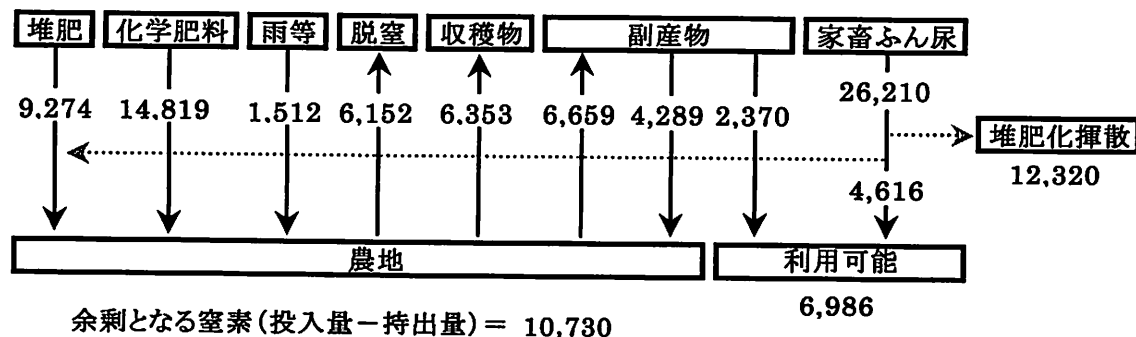
堆肥化過程における窒素の揮散率は、牛ふん尿 24% 、豚ふん尿 35% 、鶏ふん 70% （原田、2001）とした。

III 結 果

1. 全農地に関する窒素収支

三島のフローに準じて試算した千葉県農地における窒素の収支を第1図に示した。農地に1年間で投入される窒素は、堆肥によって $9,274\text{t}$ 、化学肥料で $14,819\text{t}$ 、雨およびかんがい水で $1,512\text{t}$ 、収穫副産物のすき込みで $4,289\text{t}$ と算出された。農地から持出される窒素は、脱窒によって $6,152\text{t}$ 、収穫物で $6,353\text{t}$ 、副産物で $6,659\text{t}$ であった。年間合計の投入量は $29,894\text{t}$ 、持出量は $19,164\text{t}$ で投入量の方が多く、投入量から持出量を差し引いた農地で余剰となる窒素量は $10,730\text{t}$ であった。

作物別の窒素収支では、堆肥（飼料作では生ふん尿を含む）によって投入される窒素は、野菜が $5,652\text{t}$ で最も多く、次いで飼料作が $2,183\text{t}$ であった（第4表）。化学肥料による窒素は、野菜が $8,309\text{t}$ で最も多く、次いで水稲が $4,036\text{t}$ であった。雨やかんがい水と副産物すき込み



第1図 千葉県の農地に関する窒素収支 (Nt)

の窒素量は、水稲がそれぞれ1,213tと2,560tで多かった。

持出量では、脱窒と副産物は水稲がそれぞれ4,517t、4,236tで多く、収穫物は水稲が2,839tで最も多く、次いで野菜が2,424tであった。

投入量の合計は野菜が15,060tで、持出量の合計は水稲が11,592tでそれぞれ最も多かった。作物別の余剰となる窒素量は、野菜が10,426tで最も多く、次いで飼料作1,695t、果樹773t、畑作物752t、花き447t、植木10tであった。水稲は投入量より持出量の方が多く-3,371tであった。

2. 栽培面積当たりの窒素収支

栽培面積は水稲64,500ha、畑作物17,200ha、野菜28,700ha、果樹が3,900ha、花き1,100ha、植木1,900ha、飼料作3,500 haであった(第5表)。窒素収支をこの栽培面積 (ha) 当たりに換算すると、堆肥による窒素投入量は飼料作(生ふん尿を含む)が616kgで最も多く、

次いで花きが219kgであった。化学肥料による窒素量は花きが416kgで最も多く、次いで野菜が289kgであった。収穫物による持出量は花きが203kgで最も多く、次いで飼料作が190kgであった。

投入量合計は飼料作が698kgで最も多く、次いで花きが640kgであった。持出量合計は花きが233kgで最も多く、次いで飼料作が220kgであった。余剰となる窒素量は、飼料作が478kgで最も多く、次いで花き407kg、野菜363kg、果樹198kg、畑作物44kg、植木5kgで、水稲は持出量の方が多く-53kgであった。

以上のように、面積 (ha) 当たりの農地で余剰となる窒素量は県全体の平均では89kgであったが、飼料作、花き、野菜が350kg以上で多かった。また、農地にすき込まれない副産物の窒素は、持出量の55kgから投入量の36kgを差し引いた19kgであった。

第4表 千葉県における作物別の窒素収支 (Nt)

作物	投入量					持出量				余剰となる窒素量
	堆肥	化学肥料	雨等	副産物	合計	脱窒	収穫物	副産物	合計	
水稲	411	4,036	1,213	2,560	8,221	4,517	2,839	4,236	11,592	-3,371
畑作物	407	997	91	772	2,267	516	136	863	1,515	752
野菜	5,652	8,309	152	947	15,060	861	2,424	1,349	4,634	10,426
果樹	380	747	21	11	1,159	118	56	212	386	773
花き	241	458	6	0	704	33	224	0	257	447
植木	0	0	10	0	10	0	0	0	0	10
飼料作	2,183	272	19	0	2,474	106	673	0	779	1,695

注1) 投入量の副産物はすき込みを示す。

2) 余剰となる窒素量=投入量合計-持出量合計。

第5表 千葉県における作物物の面積当たり窒素収支 (Nkg・ha⁻¹)

作物	栽培面積 (ha)	投入量					持出量				余剰となる窒素量
		堆肥	化学肥料	雨等	副産物	合計	脱窒	収穫物	副産物	合計	
水稲	64,533	6	63	19	40	127	70	44	66	180	-53
畑作物	17,202	24	58	5	45	132	30	8	50	88	44
野菜	28,716	197	289	5	33	524	30	84	47	161	363
果樹	3,920	97	191	5	3	296	30	14	54	98	198
花き	1,101	219	416	5	0	640	30	203	0	233	407
植木	1,909	0	0	5	0	5	0	0	0	0	5
飼料作	3,545	616	77	5	0	698	30	190	0	220	478
平均		77	123	13	36	247	51	53	55	159	89

注1) 投入量の副産物はすき込みを示す。

2) 余剰となる窒素量=投入量合計-持出量合計。

3. 市町村別の余剰となる窒素量

市町村別の栽培面積 (ha) 当たりの余剰となる窒素は、習志野市が332kgで最も多く、次いで銚子市276kg、白浜町268kg、富里市249kg、市川市246kgであった (第6表)。一方、夷隅町が-13kgで最も少なく、次いで八日市場市-2kg、下総町-1kg、佐原市1kg、岬町2kgであった。

過去10年間 (1992~2001年) のアメダスデータによると、千葉県の平均年間降水量は1,534mmであった (第7表)。土壌の浸透水量は、降水量の1/2 (上沢, 1994) とすると約750mmになる。県全体の余剰となる窒素量は89kg・ha⁻¹であり、これがすべて硝酸態窒素となり農地における浸透水に均一に溶出すると仮定すると、浸透水の平均硝酸態窒素濃度は12mg・L⁻¹になると推定される。浸透水量が750mmでは、余剰となる窒素量が75kg・ha⁻¹以上で浸透水の硝酸態窒素濃度が10mg・L⁻¹以上になると計算されるが、39の市町村が75kg・ha⁻¹以上であった。

4. 家畜ふん尿から発生する窒素量と利用量

千葉県で飼育されている乳用牛、肉用牛、豚、採卵鶏及びブロイラーから排出されるふん尿の窒素は合計で26,210tと見積もられた (第1図)。これらがすべて堆肥化されるとすると、その過程で12,320tの窒素が揮散す

るので、農地で利用されている9,274tを差し引いて、4,616tの窒素が利用されていないことになる。これは全栽培面積の120,900haで除すと、38kgである。

第7表 アメダスデータによる過去10年間 (1992~2001年) の平均降水量 (mm)

観測地点	平均年間降水量	標準偏差
横 芝	1,332	119
我孫子	1,313	196
鴨 川	1,644	225
館 山	1,662	293
牛 久	1,533	169
黒 原	2,033	265
佐 倉	1,293	184
坂 畑	1,864	218
勝 浦	1,776	262
千 葉	1,301	190
銚 子	1,502	209
東 庄	1,369	112
茂 原	1,486	181
木更津	1,371	187
平 均	1,534	

第6表 市町村別の面積当たり余剰となる窒素量 (Nkg・ha⁻¹)

市 町 村	余剰となる窒素量	市 町 村	余剰となる窒素量	市 町 村	余剰となる窒素量	市 町 村	余剰となる窒素量
千 葉 市	133	酒々井町	58	飯 岡 町	197	大 多 喜 町	3
習 志 野 市	332	富 里 市	249	光 町	23	夷 隅 町	-13
市 原 市	44	印 旛 村	13	野 栄 町	22	御 宿 町	43
八 千 代 市	151	白 井 市	188	東 金 市	8	大 原 町	19
市 川 市	246	本 埜 村	30	大 網 白 里 町	26	岬 町	2
船 橋 市	193	栄 町	11	九 十 九 里 町	38	館 山 市	145
松 戸 市	226	佐 原 市	1	成 東 町	64	鴨 川 市	43
野 田 市	175	下 総 町	-1	山 武 町	166	富 浦 町	184
柏 市	54	神 崎 町	26	蓮 沼 村	194	富 山 町	187
流 山 市	174	大 栄 町	92	松 尾 町	81	鋸 南 町	189
我 孫 子 市	102	小 見 川 町	16	横 芝 町	90	三 芳 村	176
鎌ヶ谷市	181	山 田 町	62	芝 山 町	176	白 浜 町	268
浦 安 市	0	栗 源 町	92	茂 原 市	43	千 倉 町	148
関 宿 町	146	多 古 町	46	一 宮 町	71	丸 山 町	119
沼 南 町	170	千 潟 町	77	睦 沢 町	48	和 田 町	192
成 田 市	29	東 庄 町	40	長 生 村	43	天 津 小 湊 町	68
佐 倉 市	38	銚 子 市	276	白 子 町	52	木 更 津 市	53
四 街 道 市	102	八 日 市 場 市	-2	長 柄 町	63	君 津 市	45
八 街 市	203	旭 市	125	長 南 町	25	富 津 市	48
印 西 市	137	海 上 町	122	勝 浦 市	41	袖 ヶ 浦 市	77

注) 余剰となる窒素量=投入量合計-持出量合計。

IV 考 察

市町村別に発生する家畜ふん尿窒素量から堆肥化における揮散量を除して、堆肥化可能窒素量（以下堆肥化量とする）を求めた（第8表）。この堆肥化量から、市町村内で作物栽培に利用されている堆肥窒素量（以下利用堆肥量とする）を差し引いた値を余剰堆肥窒素量（以下余剰堆肥量とする）とした。

堆肥化量は畜産が盛んな君津市が1,628tで最も多く、次いで銚子市1,611t、海上町1,359tであった。一方、習志野市、市川市、松戸市、流山市、白浜町では畜産がなく、堆肥化量は0tであった。利用堆肥量は銚子市が508tで最も多く、次いで八街市が466t、千葉市が361tであった。余剰堆肥量は、ある市町村の作物栽培に対するその市町村で発生する堆肥の過不足を示すが、君津市が1,466tで最も多く、次いで海上町が1,259t、銚子市が1,103tで多かった。一方、富里市が-198tなど、32の市町村で余剰堆肥量が負の値となり、その市町村で発生する堆肥が不足すると推定された。

1. 窒素収支結果と他のデータとの比較

化学肥料による窒素の県内入荷量（千葉県農業化学検査所、肥料等入荷状況、2001）は12,000tで、有機質肥料によるものを加えると12,600tであった。本報告では、化学肥料による窒素投入量は、施肥基準に基づいて算出したが、14,800tで入荷量よりやや多かった。また、施肥基準における露地野菜の平均施肥窒素量は24kgで、アンケート調査における露地野菜畑の窒素施肥量の26kg（千葉県農業試験場、2001）とほぼ等しい。これらのことから、営農現場においては施肥基準に準じた施肥が行われていることが推察された。

西尾（2001a）は全国的な窒素施用実態の解析において、作物ごとに非吸収窒素量を算出している。非吸収窒素量は、作物1作に供給される窒素量（化学肥料窒素量＋有機質肥料及び堆肥から無機化する窒素量）から吸収

第8表 市町村別の窒素に換算した堆肥化量、利用堆肥量および余剰堆肥量 (Nt)

市町村	堆肥化量	利用堆肥量	余剰堆肥量	市町村	堆肥化量	利用堆肥量	余剰堆肥量	市町村	堆肥化量	利用堆肥量	余剰堆肥量
千葉市	640	361	279	下総町	77	26	51	睦沢町	49	74	-25
習志野市	0	29	-29	神崎町	73	30	43	長生村	62	66	-3
市原市	948	330	618	大栄町	507	142	365	白子町	27	64	-36
八千代市	149	116	33	小見川町	424	102	322	長柄町	50	73	-24
市川市	0	79	-79	山田町	869	121	748	長南町	41	49	-8
船橋市	87	155	-68	栗源町	144	71	72	勝浦市	232	55	178
松戸市	0	170	-170	多古町	518	124	394	大多喜町	84	48	36
野田市	68	214	-146	千漕町	1,076	128	948	夷隅町	94	51	43
柏市	1	70	-68	東庄町	824	126	698	御宿町	28	23	5
流山市	0	98	-98	銚子市	1,611	508	1,103	大原町	91	68	22
我孫子市	13	109	-96	八日市場市	287	79	208	岬町	21	39	-18
鎌ヶ谷市	8	50	-42	旭市	627	214	413	館山市	507	220	287
浦安市	0	0	0	海上町	1,359	100	1,259	鴨川市	249	161	88
関宿町	151	140	11	飯岡町	103	60	43	富浦町	2	28	-25
沼南町	24	178	-154	光町	332	45	287	富山町	250	101	149
成田市	52	95	-43	野栄町	868	32	836	鋸南町	71	90	-19
佐倉市	164	94	70	東金市	168	109	59	三芳村	135	125	10
四街道市	99	56	43	大網白里町	234	101	133	白浜町	0	26	-26
八街市	516	466	49	九十九里町	56	38	17	千倉町	55	50	6
印西市	33	152	-118	成東町	122	126	-4	丸山町	155	95	60
酒々井町	11	24	-13	山武町	99	126	-27	和田町	193	89	104
富里市	159	357	-198	蓮沼村	36	67	-32	天津小湊町	11	8	3
印旛村	30	42	-12	松尾町	357	97	263	木更津市	411	149	263
白井市	49	122	-73	横芝町	101	91	10	君津市	1,628	162	1,466
本埜村	4	55	-51	芝山町	87	188	-100	富津市	322	143	179
栄町	15	46	-31	茂原市	319	164	155	袖ヶ浦市	932	172	760
佐原市	289	165	124	一宮町	17	42	-25				

注1) 堆肥化量：各市町村で発生する家畜ふん尿窒素量に揮散率を乗じた堆肥化可能窒素量。

2) 利用堆肥量：各市町村で作物栽培に利用されている堆肥窒素量。

3) 余剰堆肥量＝堆肥化量－利用堆肥量。

窒素量（地上部全体に吸収される窒素量）の差である。この解析では、露地野菜におけるha当たりの非吸収窒素量は39kg（ダイコン）～732kg（セロリ）で、中央値は173kg（レタス）である。非吸収窒素量173kgのレタスが、年1.34回作付されると、年間の非吸収窒素量は232kgである。本報告は養分吸収調査であるので、栽培期間中に無機化しない窒素も農地への投入量となることから、余剰となる窒素量は非吸収窒素量より多い。仮に、レタス栽培で窒素含有率2%の堆肥がha当たり6,700kg（5,000kg×1.34作）施用され、堆肥の10年連用における窒素放出率を50%とすると、無機化しない窒素は67kgとなる。年間の非吸収窒素量232kgにこれを加えると299kgであり、栽培期間中に無機化しない有機質肥料の窒素を加えるとさらに多くなり、本報告の野菜における余剰となる窒素量363kgに近い値となると考えられた。

千葉県の1999年の畜産粗生産額は、全国の3.8%を占めている。全国で発生している家畜ふん尿の窒素量は、749,000t（茅野、1999）で、その3.8%は28,400tである。本報告における家畜ふん尿の窒素量は26,210tで、ほぼ同様の値であった。

千葉農林水産統計年報による水田の面積は64,500ha、普通畑（牧草地を含む）は53,470ha、果樹は3,980haであった。一方、本窒素収支では、栽培面積は水田が64,500ha、畑（畑作物、野菜、花き、植木及び飼料作）が52,500ha、果樹が3,900haと推定された。水田の栽培面積は農林水産統計から求めているので、統計と窒素収支の面積は等しい。畑と果樹では、栽培面積は各作物で品目ごとの作付面積を合計し、これを年間作付回数で除して求めたが、統計面積とほぼ等しかった。

以上のことから、本窒素収支は農地における窒素の出入りを現状に近い値として表していると判断された。三島（1999）が利用した既存のデータベースに加えて、野菜、果樹、花きなどの窒素吸収に関するデータを独自に整備したことによって、野菜では出荷統計に計上されている86品目中、80品目に基づいて収支を試算することができた。

2. 全国および他県の窒素収支との比較

堆肥からの窒素投入量（ha当たり）は、三島（1999）による全国の窒素収支では60kg、茨城県の試算（関東東海農業試験研究推進会議、1999）では63kgであった。これに比べて本報告では第5表に示したように77kgであり、千葉県における堆肥の利用は進んでいると考えられた。しかし、利用可能な家畜ふん尿堆肥の窒素量（ha当たり）は茨城県と同様の38kgであり、全国の17kgに比べて、農地で利用されていない堆肥の窒素が多かった。化学肥料による窒素（ha当たり）は全国が113kg、茨城県

が118kgであり、千葉県は123kgでやや多かった。持出量（ha当たり）では、副産物によるものが全国は49kg、茨城は45kgに対して千葉は55kgで多かった。

以上のように、千葉県では野菜、花きなどの園芸生産が盛んで、堆肥と化学肥料によって農地に投入される窒素は全国の平均に比べてやや多かったが、余剰となる窒素量（ha当たり）は全国が92kg、茨城県が90kgで、千葉県では89kgでこれらと同程度であった。また、本報告では作目別に窒素収支を計算し、面積当たりの窒素投入量は、堆肥（生ふん尿を含む）は飼料作で特に多く、化学肥料は花きで多いことが明らかとなった。

3. 今後の農地での堆肥利用

県内で農地利用されていない堆肥の窒素は4,616t、すき込まれないモミガラやトマトの茎葉など副産物の窒素は2,370tで、ha当たりではそれぞれ38kg、19kgが利用可能な窒素として存在すると推定された。食品残さなどの堆肥化が進められ、農地における有機性資源の利用がさらに推進されようとしている。

野菜、果樹、花きでは、堆肥によって投入される窒素量は総投入量の32～38%で、大きな割合を占めている。さらに、化学肥料の窒素の一部を堆肥の窒素で代替しようとしたときに、堆肥の肥効率を30%とすると、減量する化学肥料窒素の3.3倍の窒素量を堆肥によって施用しなければならない。このように有機物の施用量が増大すれば、利用されずに農地で余剰となる窒素が増加し、浸透水の硝酸態窒素濃度は高くなる危険性がある。県の平均で、あるいは39の市町村で余剰となる窒素量が75kg・ha⁻¹を超えていることから、環境負荷を考慮すると、県全体としての堆肥の利用量を今以上に増すことは難しい状況にある。余剰となる窒素量を低減して堆肥の利用を増やすためには、作物による化学肥料窒素の利用率を大きく向上させる施肥技術を開発しなければならない。

市町村別では、32の市町村で余剰堆肥窒素量が負の値となり、作物生産に必要な堆肥の発生量が不足していると推定された。これらの市町村では、地元で発生する収穫副産物あるいは食品残さなどを堆肥として利用が進められる可能性がある。一方、海匝、君津地域などの畜産が盛んな市町村では、多くの堆肥が余ることになるので、堆肥化による農地利用以外の利用方策を検討する必要性がある。

4. 環境負荷評価指数と施肥管理対策

土壌の浸透水量が年間降水量の1/2に相当する750mmとすると、余剰となる窒素量が75kg・ha⁻¹以上で、浸透水中の硝酸態窒素濃度は平均で10mg・L⁻¹を超える可能性がある。これは環境負荷の危険性を最大限に考慮した環境負荷ポテンシャルであり、いかにすれば余剰となる窒

素量が $75\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 以下であれば、浸透水中の硝酸態窒素濃度は $10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ を超えることはない。

西尾 (2001b) は非吸収窒素を施肥窒素負荷指数として、この指数が高い市町村において硝酸態窒素が $10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ を超える井戸が多いことを明らかにしている。余剰となる窒素量は、施肥窒素負荷指数と同様に作物に利用されない窒素量を表し、環境負荷を低減するための指標として利用できると考えられる。一方、浸透水が地下水面直上部を通過する際に、脱窒によって硝酸態窒素が除去され (小川ら、2000)、浸透水の硝酸態窒素濃度は土層下部で低下することが見込まれる。また、堆肥を長期的に連用しても、堆肥の窒素がすべて無機化し、窒素放出率が100%となるとは限らない。飼料作、野菜、花きなどでは余剰となる窒素量が $350\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 以上と多いことから、これらすべてを $75\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 以下にすることは困難な状況にある。今後、土層下部における脱窒と、堆肥の長期的な窒素放出の評価法を確立して、余剰となる窒素量にこれらを考慮した環境負荷指標を定め、有機物の利用を含めた施肥管理対策を進めていく必要があろう。

本窒素収支の結果が、リサイクル計画の立案や、地域的な有機物および施肥管理対策に活用されることが期待される。

V 摘 要

各種の統計資料などから、千葉県の農地における窒素収支を、市町村ごと、あるいは作物別に試算した。

1. 千葉県の農地に1年間で投入される窒素は、化学肥料で14,819t、堆肥で9,274tであり、その他を含めて合計29,894tであった。持出される窒素は、収穫物で6,353t、収穫副産物で6,659t、脱窒で6,152tであり、合計19,164tと算出された。投入量から持出量を差し引いた農地で余剰となる窒素量は10,730tであった。

2. 作物別の余剰となる窒素量は、野菜が10,426tで最も多く、次いで飼料作1,695t、果樹773t、畑作物752t、花き447t、植木10tであった。水稻は投入量より持出量の方が多く-3,371tであった。

3. 面積 (ha) 当たりの農地で余剰となる窒素量は、県平均では89kgであった。作物別では、飼料作、花き、野菜がそれぞれ478kg、407kg、363kgで多かった。

4. 家畜ふん尿から排出される窒素は26,210tであり、堆肥化の過程で12,320tが揮散し、農地で9,274t利用されているので、利用されていない窒素は4,616t、ha当た

りでは38 kgになると推定された。

VI 引用文献

- 上沢正志 (1994). 農耕地における土壌診断の研究ならびに診断指標と手法の開発2. 土壌の化学的性質の診断. 土肥誌. 65. 449-455.
- 小川吉雄・加藤英孝・陽 捷行 (2000). 地下水面直上部における降下浸透水中の硝酸態窒素の消長と土壌の脱窒能. 土肥誌71. 494-501
- 尾和尚人 (1996). わが国の農作物の養分収支. 環境調和型農業生産における土壌管理技術に関する第6回研究会資料. 1-15.
- 関東東海農業研究推進会議 (2000). 研究成果情報. 382-383.
- 谷山一郎 (1998). 環境モニタリングのための養分収支調査法. 第15回土・水研究会資料. 55-61.
- 茅野充男 (1999). 生物系廃棄物のリサイクルの現状と課題. 土の祭典講演会資料. 1-7.
- 千葉県農業試験場 (2001). 千葉県耕地土壌の実態と変化. 22.
- 西尾道徳 (2001a). 農業生産環境調査にみる我が国の窒素施用実態の解析. 土肥誌72. 513-521.
- 西尾道徳 (2001b). 作物種類別の施肥窒素負荷量に基づく地下水の硝酸性窒素汚染リスクの評価手法. 土肥誌72. 522-528.
- 原田靖生 (2000). 有機性廃棄物による環境負荷の現状と対策の方向. 関東東海土壌肥料技術者連絡協議会秋季研究会資料. II1-II14.
- 原田靖生 (2001). 家畜排泄物の堆肥化と堆肥センターの組織化による流通促進方策. 圃場と土壌; 土づくり特集14. 28-34.
- 松丸恒夫 (1997). 千葉県における雨水の性質と雨水成分の耕地への負荷. 千葉農試研報38. 9-15.
- 三島慎一郎 (1999). 農業に関わる物質収支の実態と課題-家畜糞尿の発生と利用・地力の維持増進を中心として-. 第19回農業環境シンポジウム資料. 11-19.
- 山田 裕・森田明雄・米山忠克 (1999). 3種の土壌を充填したライシメーターでの施肥窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値と栽培作物、浸透水、土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値の関係. 土肥誌70. 533-541.

Nitrogen Balance in Farmland in Chiba Prefecture

Atsushi YAMAKI, Kenji SAITOU, Tetsuo ANZAI

Key words : farmland, nitrogen, nitrogen balance, chemical fertilizers, compost

Summary

Nitrogen balance in farmland in Chiba Prefecture was calculated for each municipality and for each farm product on the basis of various statistical data.

1. The annual input of nitrogen into farmland in Chiba Prefecture was 29,894 tons including nitrogen of 14,819 tons from chemical fertilizers, 9,274 tons from compost, and the remainder from others. The annual output of nitrogen from farmland was 19,164 tons including nitrogen of 6,353 tons from harvests, 6,659 tons from harvested byproducts, and 6,152 tons by denitrification. Surplus nitrogen in farmland calculated by subtracting the output from the input was 10,730 tons.

2. Surplus nitrogen in farmland for each farm product was the largest for vegetables at 10,426 tons, followed by forage at 1,695 tons, fruit trees at 733 tons, upland crops at 752 tons, flowering plants at 447 tons, and garden trees at 10 tons. In paddy rice, the output surpassed the input, resulting in 3,371 tons of deficit.

3. Surplus nitrogen per area (1 hectare) of farmland was 89 kg on an average in the prefecture. As for farm products, farmland for forage, flowering plants, and vegetables were dominant at 478 kg, 407 kg, and 363 kg respectively.

4. The discharge of nitrogen as the excretions of livestock was 26,210 tons. Since nitrogen of 12,320 tons was dispersed during composting and 9,274 tons was utilized in farmland, unused nitrogen was estimated at 4,416 tons, equivalent to 38 kg/ha.