

下総台地黒ボク土畑下層における硝酸態窒素の実態と環境負荷評価

八槇 敦・安西 徹郎

キーワード；下総台地、黒ボク土、硝酸態窒素、塩化物イオン、環境負荷

I 緒 言

1999年に水質汚濁に係る環境基準項目に硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素が追加されたが、畑地の浅い井戸水や浅層地下水などから環境基準を超える硝酸態窒素が検出される事例が報告されており（日高・伊藤、1987；小川ら、1979；山田ら、1992；郡山・田中、2002；山田ら、2002）、農地から流出する硝酸態窒素を低減していく必要性が指摘されている。著者らは、千葉県の農地における窒素収支を試算し、野菜畑では余剰となる窒素量（投入量－持ち出し量）が363kg/haと多く、環境基準を超過する窒素負荷を起こしている危険性があることを明らかにした（八槇ら、2003）。

野菜栽培が盛んな下総台地の最上部は厚さ2.5～5 mの関東ローム層で覆われており、その最下部には下末吉ロームが位置する（千葉県、1997）。この下末吉ローム起源の凝灰質粘土は、常総粘土層あるいは常総層と呼ばれ、透水性が非常に低い。このため、常総層上部には宙水が存在し、環境汚染物質が関東ローム層中をほとんど側方に広がることなく常総層上部まで降下し、宙水の流動とともに側方に移動することが明らかにされている（佐藤ら、1988）。このことから、農地における浸透水は常総層までは隣接するほ場や非農地の浸透水の影響を受けることは少なく、この深さの浸透水の硝酸態窒素濃度によって、当該農地から流出する窒素量を評価することができると思われる。

黒ボク土畑において、地下水面の直上部で硝酸態窒素濃度が著しく減少することが明らかにされ、これは脱窒に起因すると推察されている（小川ら、1979）。このことから、畑地からの流出水の硝酸態窒素濃度を一定値以下にするためには、作物の窒素吸収に見合った施肥を行

うとともに、脱窒能を考慮して窒素の投入量を決定すべきであると提言されている。

そこで、下総台地の黒ボク土畑から流出する硝酸態窒素が地下水へ及ぼす影響を評価するために、畑作物や野菜が栽培されているほ場などにおいて、常総層が出現する深さ4 mまでの硝酸態窒素濃度を調査した。その結果、下層における硝酸態窒素の実態が明らかとなるとともに、硝酸態窒素による環境負荷に関する評価を行うことができたので報告する。

II 方 法

1. 調査地点

調査は千葉市、八街市、銚子市、袖ヶ浦市などに広がる下総台地の畑作物や野菜が栽培されているほ場など、15地点で行った（第1表）。ラッカセイ、ムギ、カンショが主に作付けられている4地点、及びカンショと野菜の輪作が行われている1地点を畑作物畑（A～E）として調査した。また、キャベツ・ダイコン、スイカーニンジンの作付体系である4地点と、主にダイコンやパセリが栽培されている4地点の合計8地点を野菜畑（F～M）とした。その他に、牛ふん尿が施用されている飼料畑（N）及び雨除け施設と堆肥盤のない牛ふん堆肥堆積場（O）の各1地点を調査対象とした。調査地点はすべて表層腐植質黒ボク土（全国土壌統名：米神統）であり、H及びIを除くと、表層から常総層あるいは4 mまでが黒ボク土であり、Hは深さ2 mまで、Iは3 mまでが黒ボク土で、それ以下の深さは砂質土であった。調査時期は、作物が栽培されていない12月～2月とした。

2. 調査方法

土壌試料は、動力式の採土器（大起理化学工業製DIK-121C）を用いて、ほ場中央部において直径50mmの円筒を1 mごとに深さ4 mまで打ち込み、25cmごとに採取した。

土壌の水溶性陰イオンは、未風乾土（採取時の水分状

2004年10月1日受理

本報告の概要は、2003年度日本土壌肥料学会神奈川大会において発表した。

態) 1 に対して水を10の割合で加え、振とう後ろ過して得られた溶液を用いて、イオンクロマトグラフ(ダイオネクス社製IC-20)で定量した。なお、陰イオン濃度は、未風乾土の含水率によって土壤溶液中の濃度に換算した。水溶性有機態炭素含量は、風乾土 1 に対して水を2.5の割合で加え、振とう後ろ過して得られた溶液の全炭素及び無機態炭素を全有機態炭素計(島津製作所製TOC-5000A)で定量し、両者の差から求めた。

III 結 果

1. 土壤溶液中硝酸態窒素及び塩化物イオン濃度の実態
一部の試料に亜硝酸態窒素が検出されたが、土壤溶液中の濃度は 1 mg/L以下と微量であったので、本報告では硝酸態窒素に限ることとした。

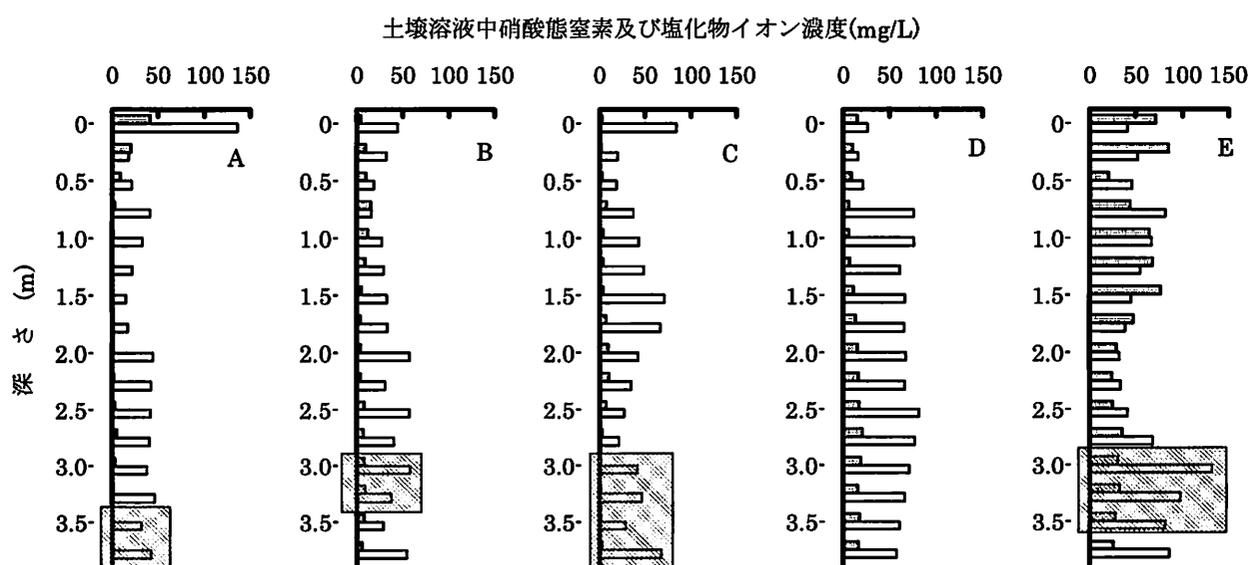
第1表 調査地点の概要と調査時期

地点	市町村	地目など	作付作物など	土 壤	調査時期
A	八街市	畑作物畑	ラッカセイ・ムギ	全層が黒ボク土 ^{注1}	2000年1月
B	大栄町	畑作物畑	カンショ	全層が黒ボク土	2000年12月
C	大栄町	畑作物畑	カンショ	全層が黒ボク土	2000年12月
D	千葉市	畑作物畑	ラッカセイ	全層が黒ボク土	2001年12月
E	海上町	畑作物畑	カンショと野菜の輪作	全層が黒ボク土	2002年12月
F	銚子市	野菜畑	キャベツ	全層が黒ボク土	2000年1月
G	銚子市	野菜畑	キャベツ	全層が黒ボク土	2000年1月
H	山武町	野菜畑	スイカーニンジン	2mまで黒ボク土 ^{注2}	2000年12月
I	山武町	野菜畑	スイカーニンジン	3mまで黒ボク土 ^{注2}	2000年12月
J	袖ヶ浦市	野菜畑	ダイコン	全層が黒ボク土	2001年12月
K	海上町	野菜畑	パセリ	全層が黒ボク土	2002年12月
L	銚子市	野菜畑	キャベツ・ダイコン	全層が黒ボク土	2003年2月
M	銚子市	野菜畑	キャベツ・ダイコン	全層が黒ボク土	2003年2月
N	千葉市	飼料畑	牛ふん尿施用	全層が黒ボク土	2001年12月
O	袖ヶ浦市	堆肥堆積場 ^{注3}	牛ふん堆肥	全層が黒ボク土	2001年12月

注1) 常総層あるいは4mまでが黒ボク土。

2) 黒ボク土以下の深さは砂質土。

3) 雨除け施設及び堆肥盤なし。



第1図 畑作物畑における土壤溶液中硝酸態窒素及び塩化物イオン濃度

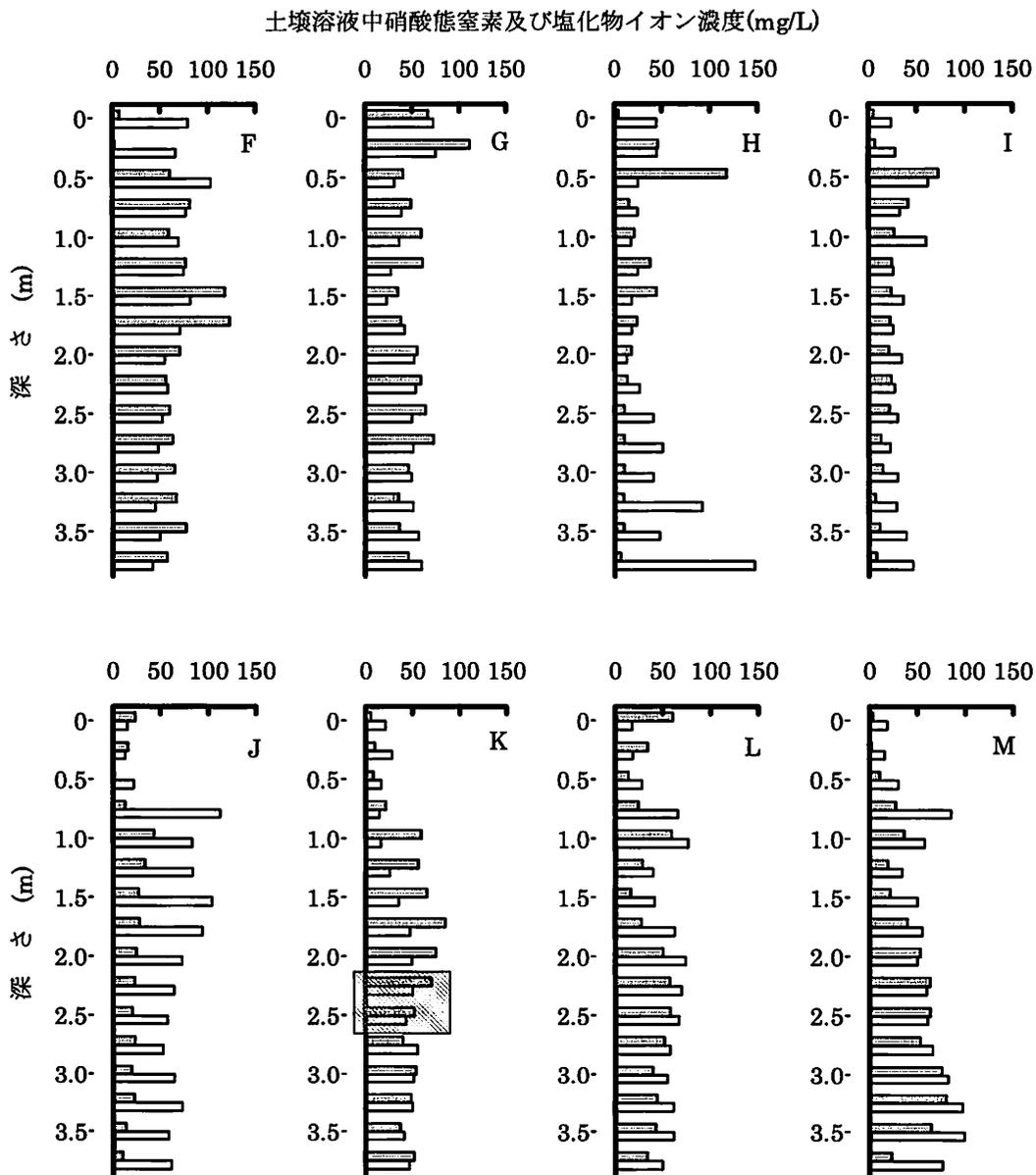
■：硝酸態窒素濃度 □：塩化物イオン濃度

注) 網掛けは常総層。

調査を行った15地点中、A、B、C、E、K及びNの6地点において、深さ2.25～4 mの間に常総層と判断される灰白色から黄橙色の粘質土が確認された。

畑作物畑における0～4 mの土壤溶液の硝酸態窒素及び塩化物イオン濃度を第1図に示した。ラッカセイ・ムギの作付体系であるA、主にカンショが栽培されているBとC、及びラッカセイ栽培のDの0.25～4 mでは、硝酸態窒素濃度は1～21mg/Lであり、塩化物イオン濃度は13～82mg/Lであった。カンショと野菜が輪作されているEでは、硝酸態窒素濃度は0～2 mが20～85mg/Lであったのに対して2～4 mは24～35mg/Lと低かった。塩化物イオン濃度は、0～3 mが33～81mg/Lであったのに対して、3～4 mでは81～132mg/Lと高かった。

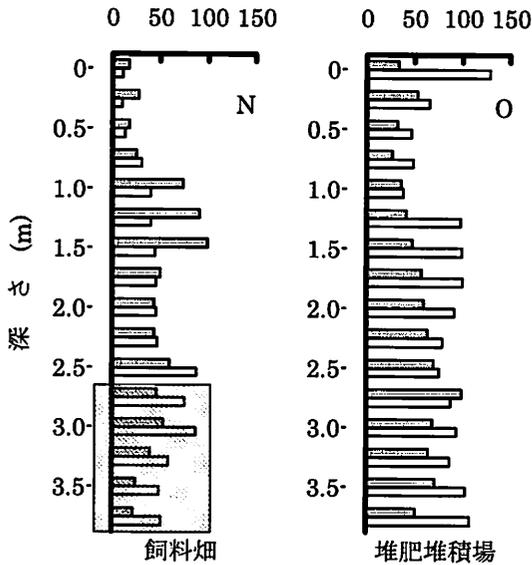
野菜畑における硝酸態窒素及び塩化物イオン濃度を第2図に示した。スイカーニンジン(作付体系のH、I、及び主にダイコンが栽培されているJ)では、硝酸態窒素濃度は1.5 m以下が1～44mg/Lであり、下層ほど低い傾向があった。一方、塩化物イオン濃度は1.5 m以下が18～147mg/Lで、下層ほど低い傾向はなかった。キャベツ栽培のF、G、及びパセリ栽培のKでは、硝酸態窒素濃度が下層ほど低い傾向はなかった。しかし、これらの地点では1～2.5 mの平均がそれぞれ84 mg/L、52 mg/L、51mg/Lであったのに対して、2.5～4 mの平均はそれぞれ65 mg/L、50 mg/L、29mg/Lと低かった。一方、塩化物イオン濃度は、1～2.5 mの平均がそれぞれ68 mg/L、39 mg/L、45mg/Lであり、2.5～4 mの平均がそれぞれ



第2図 畑作物畑における土壤溶液中硝酸態窒素及び塩化物イオン濃度

■ : 硝酸態窒素濃度 □ : 塩化物イオン濃度
 注) 網掛けは常総層。

土壤溶液中硝酸態窒素及び塩化物イオン濃度(mg/L)



第3図 飼料畑及び堆肥堆積場における土壤溶液中硝酸態窒素及び塩化物イオン濃度

■ : 硝酸態窒素濃度 □ : 塩化物イオン濃度
注) 網掛けは常総層。

47 mg/L, 53 mg/L, 84mg/Lであった。キャベツ・ダイコンの作付体系のL及びMでは、硝酸態窒素濃度の1～2.5 mの平均はそれぞれ40 mg/L, 39mg/Lであり、2.5～4 mの平均はそれぞれ45 mg/L, 60mg/Lであった。また、塩化物イオン濃度の1～2.5mの平均はそれぞれ61 mg/L, 59mg/L, 2.5～4 mの平均はそれぞれ51 mg/L, 80mg/Lであった。

飼料畑のN及び堆肥堆積場のOでは、硝酸態窒素濃度は、1～2.5mの平均がそれぞれ67 mg/L, 51mg/L, 2.5～4 mの平均がそれぞれ41 mg/L, 71mg/Lであった(第3図)。また、塩化物イオン濃度は1～2.5mの平均がそれぞれ44 mg/L, 69mg/L, 2.5～4 mの平均がそれぞれ85 mg/L, 93mg/Lであった。

以上のように、硝酸態窒素濃度は畑作物畑に比べて、野菜畑、飼料畑及び堆肥堆積場で高く、多くの地点で上

層に比べて下層が低かった。一方、塩化物イオン濃度は地点の利用形態による差は硝酸態窒素濃度より小さく、下層が低い傾向はなかった。

2. 常総層直上部あるいは3.75～4 mの土壤溶液中硝酸態窒素濃度

常総層が出現した地点ではその直上部、出現しなかった地点については3.75～4 mの最下層の土壤溶液の硝酸態窒素濃度を第2表に示した。野菜との輪作のEを除いた畑作物畑4地点では、この深さの硝酸態窒素濃度はA, B及びCが10mg/L以下、Dが16mg/Lで、平均が7 mg/Lであった。野菜畑8地点では、平均が32mg/Lであったが、最低がHの6 mg/L, 最高がKの74mg/Lであり、地点間差が大きかった。飼料畑Nと堆肥堆積場Oでは、それぞれ54 mg/L, 51mg/Lであった。

3. 上層と下層の硝酸態窒素及び塩化物イオン濃度の比較

土壤溶液の硝酸態窒素濃度は、上層に比べて下層が低い地点が多かったが、塩化物イオン濃度にはこのような傾向はなかった。そこで、作物による吸収の影響が小さいと判断される1～1.25mの濃度に対比した各深さの濃度(硝酸態窒素濃度比=各深さの硝酸態窒素濃度/1～1.25m硝酸態窒素濃度)を求めた(第3表)。常総層が出現した地点ではその直上部、出現しなかった地点については3.75～4 mの最下層の硝酸態窒素濃度比は、15地点中12地点が1以下で下層の硝酸態窒素濃度が低い地点が多かった。この深さの硝酸態窒素濃度比は、平均すると0.85であったが、特に高かったDの2.7と最低値のJの0.2を除いた平均を求めると0.75であった。同様に、常総層直上部あるいは最下層の塩化物イオン濃度比(塩化物イオン濃度比=各深さの塩化物イオン濃度/1～1.25m塩化物イオン濃度)は、15地点中7地点が1以下で、平均は1.79、最高値の8.4と最低値の0.5を除いた平均は1.39であった(第4表)。

第2表 常総層直上部あるいは深さ3.75～4 mの土壤溶液中硝酸態窒素濃度

深さ (m)	硝酸態窒素濃度 (mg/L)														
	畑作物畑					野菜畑					飼料畑	堆肥堆積場			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J			K	L	M
常総層直上部	1	8	2	—	35	—	—	—	—	—	74	—	—	54	—
3.75～4.0	(1)	(6)	(3)	16	(25)	57	46	6	8	10	(52)	34	23	(23)	51

注) カッコ内は常総層が確認されたほ場の3.75～4mの土壤溶液中硝酸態窒素濃度。

第3表 深さ1～1.25mの土壤溶液中硝酸態窒素濃度に対する各深さの硝酸態窒素濃度の比

深さ (m)	硝酸態窒素濃度の比														
	畑作物畑					野菜畑								飼料畑	堆肥堆積場
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
0-	35.8	0.3	0.6	2.6	1.1	0.1	1.1	0.2	0.2	0.5	0.1	1.0	0.1	0.2	0.9
0.25-	17.5	0.8	0.4	1.7	1.3	0.0	1.9	2.2	0.3	0.4	0.2	0.6	0.1	0.4	1.5
0.50-	7.5	0.8	0.9	1.5	0.3	1.0	0.7	5.6	2.7	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.9
0.75-	2.0	1.3	1.9	0.9	0.7	1.4	0.8	0.7	1.5	0.3	0.4	0.4	0.7	0.3	0.7
1.00-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.25-	0.4	0.8	0.9	1.2	1.1	1.3	1.0	1.8	0.9	0.8	0.9	0.5	0.5	1.2	1.1
1.50-	0.1	0.4	1.0	1.8	1.2	2.0	0.6	2.1	0.9	0.6	1.1	0.3	0.6	1.3	1.3
1.75-	0.7	0.3	1.8	2.3	0.7	2.1	0.6	1.1	0.8	0.6	1.4	0.5	1.1	0.7	1.6
2.00-	1.3	0.4	2.4	2.5	0.5	1.2	0.9	0.9	0.8	0.6	1.3	0.8	1.4	0.6	1.6
2.25-	1.4	0.4	2.6	2.8	0.4	1.0	1.0	0.6	0.9	0.5	1.2	1.0	1.7	0.6	1.8
2.50-	2.7	0.7	1.9	2.9	0.4	1.0	1.1	0.5	0.8	0.5	0.9	1.0	1.7	0.8	1.9
2.75-	4.5	0.6	0.6	3.5	0.6	1.1	1.2	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.4	0.6	2.7
3.00-	2.6	0.6	0.5	3.2	0.5	1.1	0.8	0.5	0.5	0.5	0.9	0.7	2.1	0.7	1.9
3.25-	1.0	0.8	0.4	2.7	0.5	1.1	0.6	0.4	0.3	0.5	0.8	0.7	2.2	0.5	1.8
3.50-	0.8	0.7	0.5	3.0	0.4	1.3	0.6	0.5	0.4	0.3	0.6	0.7	1.8	0.3	2.0
3.75-	0.4	0.5	0.8	2.7	0.4	1.0	0.8	0.3	0.3	0.2	0.9	0.6	0.6	0.3	1.4

注1) 硝酸態窒素濃度の比=硝酸態窒素濃度/1～1.25m硝酸態窒素濃度。
 2) 網掛けは常総層。

第4表 深さ1～1.25mの土壤溶液中塩化物イオン濃度に対する各深さの塩化物イオン濃度の比

深さ (m)	塩化物イオン濃度の比														
	畑作物畑					野菜畑								飼料畑	堆肥堆積場
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
0-	4.1	1.6	2.0	0.3	0.6	1.1	2.0	0.2	0.3	2.5	0.4	0.2	1.3	0.3	3.3
0.25-	0.6	1.1	0.5	0.2	0.8	1.0	2.1	0.2	0.3	2.6	0.5	0.2	1.8	0.3	1.7
0.50-	0.6	0.7	0.4	0.3	0.7	1.5	0.9	0.4	0.5	1.4	1.0	0.3	1.0	0.3	1.2
0.75-	1.2	0.6	0.9	1.0	1.2	1.1	1.1	0.9	1.5	1.4	0.5	1.4	0.9	0.8	1.3
1.00-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.25-	0.7	1.1	1.1	0.8	0.8	1.1	0.8	0.5	0.6	1.4	0.4	1.0	1.6	1.0	2.5
1.50-	0.4	1.2	1.6	0.9	0.7	1.2	0.6	0.5	0.9	1.0	0.6	1.3	2.2	1.1	2.6
1.75-	0.5	1.2	1.6	0.9	0.6	1.0	1.2	0.8	1.0	1.0	0.4	1.1	2.9	1.1	2.6
2.00-	1.4	2.1	1.0	0.9	0.5	0.8	1.4	1.0	0.9	0.7	0.6	0.9	3.1	1.1	2.4
2.25-	1.3	1.1	0.8	0.9	0.5	0.8	1.5	0.9	1.0	1.5	0.4	0.8	3.1	1.2	2.1
2.50-	1.3	2.1	0.6	1.1	0.6	0.7	1.4	0.9	1.0	2.3	0.5	0.7	2.7	2.2	2.0
2.75-	1.2	1.5	0.5	1.0	1.0	0.7	1.4	0.7	1.1	2.9	0.4	0.6	3.4	1.9	2.3
3.00-	1.1	2.1	1.0	0.9	2.0	0.7	1.3	0.7	1.4	2.3	0.5	0.8	3.2	2.2	2.4
3.25-	1.4	1.4	1.1	0.9	1.5	0.6	1.4	0.8	1.7	5.3	0.5	0.9	3.1	1.5	2.2
3.50-	1.0	1.1	0.7	0.8	1.2	0.7	1.6	0.8	1.7	2.7	0.6	0.7	2.5	1.2	2.7
3.75-	1.3	2.0	1.6	0.8	1.3	0.6	1.6	0.6	1.3	8.4	0.8	0.7	2.9	1.3	2.8

注1) 塩化物イオン濃度の比=塩化物イオン濃度/1～1.25m塩化物イオン濃度。
 2) 網掛けは常総層。

さらに、1～1.25mの硝酸態窒素と塩化物イオンの濃度をそれぞれ1として、各深さでの両者の比（硝酸態窒素／塩化物比＝（硝酸態窒素濃度／1～1.25m硝酸態窒素濃度）／（塩化物イオン濃度／1～1.25m塩化物イオン濃度））を求めた（第5表）。常総層直上部あるいは最下層の硝酸態窒素／塩化物比は、15地点中12地点が1以下で、硝酸態窒素／塩化物比の平均は0.80、最高値の3.6と最低値の0.0を除いた平均は0.64であった。

このように、硝酸態窒素濃度は上層に比べて下層において低い傾向があり、塩化物イオン濃度は下層がやや高かった。常総層直上部あるいは最下層の硝酸態窒素濃度は、1～1.25mの濃度に比べると25%、1～1.25mの塩化物イオン濃度に対する比では36%減少していた。

4. 深さ別の土壤中水溶性有機態炭素含量

下層における脱窒の有無を確認するために、土壤の水溶性有機態炭素含量を調査した（第6表）。有機態炭素含量は0～0.25mあるいは1～1.25mは1.6～18.9mg/100gで、3.25～3.5m及び3.75～4mが0.9～5.5mg/100gであり、多くの地点で0～0.25mあるいは1～1.25mが高かった。0～0.25mあるいは1～1.25mの利用形態別の有機態炭素含量は、畑作物畑の平均が6.9mg/100g、野菜畑の平均が6.3mg/100gで大きな差はなかったが、飼料畑と堆肥堆積場では平均が13.1mg/100gと高かった。一方、3.25～3.5mあるいは3.75～4mでは、利用形態による差は認められなかった。

IV 考 察

1. 下総台地黒ボク土下層における土壤溶液中硝酸態窒素濃度

緒言で述べたように、下総台地においては常総層直上部あるいは4m程度の深さまでは土壤浸透水の横方向の移動は少なく、ほ場外から流入する地下水などの影響も小さいと考えられる。従って、この深さの浸透すなわち土壤溶液の硝酸態窒素濃度が、農地から流出する窒素による地下水への負荷の程度を表すと判断される。

野菜との輪作を除いた畑作物畑では、常総層直上部あるいは最下層の土壤溶液の硝酸態窒素濃度は1～16mg/L、平均が7mg/Lであり、地下水の環境基準値である10mg/Lを下回った。これまでに、陸稲、ダイズ、オオムギを栽培した黒ボク土において、深さ3.25～4.25mの土壤溶液の硝酸態窒素濃度は1～4mg/Lであることが示されている（亀和田・広沢、2003）。これらのことから、黒ボク土における畑作物の栽培が、地下水に対して環境基準値を上回る窒素負荷を起こす可能性は少ないと判断された。

野菜畑では、常総層直上部あるいは最下層の土壤溶液の硝酸態窒素濃度は6～74mg/Lで、平均が32mg/Lであった。これまでに、黒ボク土におけるレタスやハクサイの栽培において3.25～4.25mの土壤溶液の硝酸態窒素濃度が11～30mg/Lであること（亀和田・広沢、2003）や、

第5表 常総層直上部あるいは深さ3.75～4mの硝酸態窒素／塩化物比

深さ (m)	硝酸態窒素／塩化物比														
	畑作物畑					野菜畑					飼料畑 堆肥堆積場				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
常総層直上部	0.7	0.4	1.2	—	0.5	—	—	—	—	—	0.4	—	—	0.4	—
3.75～4.0	—	—	—	3.6	—	1.6	0.5	0.0	0.4	0.3	—	0.9	0.5	—	0.5

注) 硝酸態窒素／塩化物比＝（硝酸態窒素濃度／1～1.25m硝酸態窒素濃度）／（塩化物イオン濃度／1～1.25m塩化物イオン濃度）。

第6表 深さ別の土壤中水溶性有機態炭素含量

深さ (m)	有機態炭素含量(mg/100g)														
	畑作物畑					野菜畑					飼料畑 堆肥堆積場				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
0-0.25	8.5	7.5	11.2	8.6	4.8	16.6	8.3	7.2	7.4	8.7	2.9	3.9	2.0	18.9	2.5
1.00-1.25	14.9	4.0	2.9	4.0	2.5	7.4	6.8	11.4	9.2	3.1	2.4	2.1	1.6	12.5	18.7
2.00-2.25	1.8	8.8	8.9	3.6	1.9	2.1	3.3	2.3	3.5	3.9	1.5	2.5	3.3	2.3	8.5
3.25-3.50	1.5	1.7	2.4	3.0	1.7	1.3	3.2	1.2	1.8	5.1	2.4	1.1	2.1	2.8	3.3
3.75-4.00	1.6	2.3	1.7	5.5	0.9	0.9	2.1	1.0	1.5	2.7	1.0	1.3	1.4	2.0	2.1

ネギ、ブロッコリー、キャベツが栽培された黒ボク土台地における深さ3mの井戸水の硝酸態窒素濃度が26mg/Lであることが示されている(小川ら, 1979)。また、飼料畑や堆肥堆積場においては常総層直上部あるいは最下層の硝酸態窒素濃度は54mg/Lあるいは51mg/Lであった。野菜畑とともに、これらにおいては環境基準値を上回る窒素負荷を引き起こしている可能性が示された。

西尾(2001)は、作物別に窒素の農地投入量と持ち出し量の差である施肥窒素負荷原単位を示し、施肥窒素負荷指数が高い市町村ほど井戸水の硝酸態及び亜硝酸態窒素濃度が高いことを明らかにした。この原単位によると、窒素負荷指数は、畑作物のカンショ、穀類の栽培では0 kg/ha、野菜のスイカーニンジンの作付けで235kg/ha、キャベツダイコンでは160 kg/haとなる。千葉県における土壌の浸透水量は平均年間降水量1,500mmの1/2である750mmと見積られる(八楨ら, 2003)ことから、土壌浸透水の硝酸態窒素濃度は、スイカーニンジンでは31mg/L、キャベツダイコンでは21 mg/Lになると推測される。スイカーニンジン作付体系のH、Iでは、常総層直上部あるいは最下層の硝酸態窒素濃度は6 mg/L及び8 mg/Lであり、窒素負荷指数からの推測値の1/4程度と低かった。一方、キャベツダイコンのL、Mでは34 mg/L及び23mg/Lで、この推測値よりやや高い程度であった。

著者らは、千葉県の野菜畑における平均余剰窒素量を363kg/haと試算した(八楨ら, 2003)。浸透水量が750mmの場合には、浸透水の硝酸態窒素濃度は48mg/Lになると推測される。しかし今回の調査では、野菜畑の常総層直上部あるいは最下層の土壌溶液の硝酸態窒素濃度の平均値は32mg/Lであり、この値の約70%であった。

このように、下層の土壌溶液の硝酸態窒素濃度が窒素負荷指数や窒素収支から推定した窒素濃度と異なることには、個々の栽培における窒素投入量の違いと下層における硝酸態窒素の減少程度の違いが影響していると考えられた。

2. 黒ボク土下層における硝酸態窒素の減少程度

小川ら(2000)は、土壌カラム試験において、硝酸態窒素では投入量に対する未回収率が41%で大きく、塩化物イオンでは11%で小さいこと、さらに硝酸態窒素の未回収は脱窒によることを明らかにした。本報告においても、作物による吸収の影響が小さいと考えられる1m以下の下層で、硝酸態窒素濃度は減少することが認められた。一方、塩化物イオン濃度は下層で減少する傾向はなかったため、硝酸態窒素の減少に対するほ場外の浸透水や地下水の影響はほとんどない判断された。このため、

硝酸態窒素が減少する要因としては、下層に存在する水溶性の有機態炭素に起因する脱窒が大きく影響していると推察された。

1~1.25mの硝酸態窒素濃度に対する常総層直上部あるいは最下層の硝酸態窒素濃度比は、最高値と最低値を除いた平均が0.75であった。また、脱窒や有機化などで減少することない塩化物イオンと対比して硝酸態窒素の変化を表す硝酸態窒素/塩化物比では、同様の平均が0.64であった。これらのことから、硝酸態窒素は1m以下で30~40%減少することが見込まれた。本報告の結果と、前述のカラム試験、及び深さ5mまでの土層に存在する硝酸態窒素量が窒素収支から算出した余剰窒素量の50%であった例(亀和田・広沢, 2003)などから、黒ボク土では1m以下の下層において硝酸態窒素が30~50%減少することが予測された。

3. 地下水に対する窒素負荷量を環境基準値以下にするための管理目標

常総層直上部あるいは4m程度の深さの土壌溶液の硝酸態窒素濃度は、農地から流出する硝酸態窒素による負荷程度を表すと判断された。畑作物や野菜が栽培されているほ場では、硝酸態窒素が1m以下で40%減少すると仮定すると、この深さの土壌溶液の硝酸態窒素濃度を地下水の環境基準値(10mg/L)以下にするためには、深さ1mにおける土壌溶液中の硝酸態窒素濃度の管理目標を17mg/L以下とする必要がある。浸透水量が750mmで、土壌溶液の硝酸態窒素濃度が17mg/Lとなる場合の窒素負荷指数(窒素投入量-窒素持ち出し量)は128kg/haである。今後、環境保全型の農業を進めていく上では、この値を考慮して個々のほ場あるいは地域における作付けに関する施肥管理体系を構築していくことが重要であろう。

V 摘 要

畑作物や野菜が栽培されている下総台地の黒ボク土畑において、深さ4mまでの土壌溶液の硝酸態窒素及び塩化物イオン濃度を調査したところ、下層における硝酸態窒素の実態と減少の程度が明らかになった。

1. 常総層直上部あるいは3.75~4mの土壌溶液の硝酸態窒素濃度は、利用形態によって大きな差があった。畑作物を主とした栽培では、1~16mg/L、平均すると7 mg/Lであったが、野菜栽培では6~74mg/Lと地点間差が大きく、平均は32mg/Lであった。また、飼料畑と堆肥堆積場では、それぞれ54mg/L、51mg/Lであった。

2. 1～1.25mの硝酸態窒素濃度に対する常総層直上部あるいは3.75～4mの硝酸態窒素濃度の比は平均0.75、硝酸態窒素/塩化物の比は平均0.64であり、1m以下の深さで硝酸態窒素濃度は平均で30～40%減少した。
3. 硝酸態窒素が1m以下で40%減少すると仮定すると、常総層上部の土壌溶液の硝酸態窒素濃度を10mg/L以下にするためには、深さ1mにおける土壌溶液中の硝酸態窒素濃度の管理目標は17mg/L以下となる。

引用文献

- 千葉県 (1997). 千葉県の自然史本編2 千葉県の大地. 269-280.
- 日高 伸・伊藤 信 (1987). 荒川扇状地における地下水水質の実態解析と調査法. 埼玉農試研報. 42: 61-84.
- 亀和田國彦・広沢美幸 (2003). 各種有機物を20年間連用した黒ボク土畑圃場の各種養分の垂直分布. 栃木農試研報. 52: 63-74.
- 郡山益実・田中 明 (2002). 上場台地と背振山地における地下水の硝酸イオンについて. 佐賀大農彙. 87: 133-139.
- 西尾道徳 (2001). 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.
- 小川吉雄・石川 実・吉原 貢・石川昌男 (1979). 畑地からの窒素の流出に関する研究. 茨城農試特別研報. 4: 1-71.
- 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.
- 佐藤賢司・稲生義彦・楡井 久 (1988). 地下水汚染の現場から. アーバンクボタ. 27: 58-60.
- 山田正幸・海老原武久・栗原 清 (1992). 群馬県における表層地下水の水質実態と季節変動. 群馬農業研究A総. 9: 23-32.
- 山田良三・白井一則・今川正弘 (2002). 赤黄色土露地野菜地帯における河川及び地下水の硝酸性窒素動態. 愛知農総試研報. 34: 79-84.
- 八槇 敦・斉藤研二・安西徹郎 (2003). 千葉県における農地に関する窒素収支. 千葉農総研研報. 2: 66-77.

Actual Situation of Nitrate Nitrogen in the Low Layer of Andosol Upland Field in the Shimofusa Tableland and Assessment of Environmental Load

Atsushi YAMAKI, Tetsuo ANZAI

Key words : Shimofusa Tableland , Andosol , Nitrate Nitrogen , Chloride ion , Environmental Load

Summary

Andosol upland fields for the cultivation of upland crops and vegetables in the Shimofusa tableland were surveyed for the concentrations of nitrate nitrogen and chloride ions of soil solution in soil layers from ground surface to the depth of four meters. The result revealed the actual situation of nitrate nitrogen concentration and the extent of its decrease in low soil layers.

1. The nitrate nitrogen concentration of soil solution in a layer immediately above the Joso layer or 3.75-4 meters deep varied to a great extent by utilization form. The concentration ranged 1-16 mg/L in fields for the cultivation of upland crops to average 7 mg/L and 6-74 mg/L in fields for the cultivation of vegetables; it varied greatly by field and averaged 32 mg/L. In addition, it was 5.4 mg/L and 51 mg/L for feed crop fields and compost deposit sites, respectively.
2. The ratio of the nitrate nitrogen concentration in the layer immediately above the Joso layer or 3.75-4 meters deep to that in a layer at the depth of 1-1.25 meters averaged 0.75 and nitrate nitrogen/chloride ratio averaged 0.64; nitrate nitrogen concentration decreased by 30-40% in soil layers deeper than one meter.
3. Assuming nitrate nitrogen decreases by 40% in soil layers deeper than one meter, the nitrate nitrogen concentration of soil solution at the depth of one meter needs to be controlled for a target of less than 17 mg/L to keep the nitrate nitrogen concentration of soil solution above the Joso layer below 10 mg/L.