

# ニンジンのビニルトンネル栽培地域における環境保全型土壌管理

## 第1報 土地利用が異なる圃場の下層土における硝酸態窒素の集積実態

松家義克・黒島忠司・喜田直康

The soil management for environmental preservation in cultivated area of carrot in plastic tunnel  
1, Nitrate nitrogen accumulation of subsoil in field in different land uses

Yoshikatsu MATSUKA, Tadashi KUROSHIMA, Naoyasu KITA

### 要約

松家義克・黒島忠司・喜田直康(1997): ニンジンのビニルトンネル栽培地域における環境保全型土壌管理 第1報 土地利用が異なる圃場の下層土における硝酸態窒素の集積実態. 徳島農試研報, (34): 28 ~ 33

ニンジン栽培圃場における下層への硝酸態窒素の溶脱状況を把握するため, 土地利用が水田と畑において深さ30~70cmにおける硝酸態窒素の集積を調査した。

硝酸態窒素の集積は畑でみられたが水田ではみられなかった。

畑における集積はニンジン栽培期間でなく夏期に起こり, ニンジン栽培期間ではむしろ下層に含まれる硝酸態窒素が上層へ集積した。また, 畑における集積は夏作の窒素施用量が多いと特に著しいが, 夏作が無肥料である圃場でもみられた。ニンジン栽培後にはかなりの硝酸態窒素が残っていた。

このことから, ニンジン栽培圃場の夏作の土地利用は環境保全の視点からみれば, 水田が畑に比べて地下水への負荷が小さいことが推察される。畑とする場合では, 肥料の施用量が多い野菜を栽培するより, 無肥料でソルゴーを栽培する方が地下水への負荷が少ないことが考えられる。また, ニンジン栽培後に残存する硝酸態窒素を少なくするためニンジンに対して適正な施肥の必要性が示唆された。

キーワード: ニンジン, 硝酸態窒素, 下層土, ビニルトンネル栽培

### はじめに

近年, 農業が環境へ及ぼす影響に関心が持たれつつある。他県では実際に農耕地の地下水の硝酸態窒素濃度が飲料水の基準値である10ppmを越えることが問題となってきた<sup>6)</sup>。

徳島県では, 吉野川下流域の沖積平野を中心に約1140ha<sup>11)</sup>でニンジンがビニルトンネル栽培(以下; ニンジン栽培)されている。本栽培におけるニンジンの窒素吸収量は10a当たり10~14kg程度<sup>10)</sup>であり, 本県の施肥基準<sup>9)</sup>では10a当たり窒素成分として20kgである。しかし, 現場では基肥以外に堆肥等の有機質資材が施用されることや有機質肥料の肥効が緩慢なことを考慮して施肥が多めにされることから, 施肥窒素量は施肥基準より多くなっていることが推察される。また, ニンジンと野菜の栽培体系圃場では, 年間の窒素施用量が多くなる。これらのことからニンジン栽培地域では施肥が地下水など環境へ影響を及ぼしていることが懸念される。農地からの硝酸態窒素の溶脱等その挙動については, 黒ボク土の露地畑において報告がされているが<sup>5,8)</sup>, 灰色低地土での硝酸態窒素の溶脱に関する事例は見あたらない。そこで, ニンジン栽培圃場における下層への硝酸態窒素の溶脱状況を把握するため夏作の土地利用が水田である圃場と畑である圃場で深さ30~70cmの硝酸態窒素の集積を調査した結果, 若干の知見が得られたので報告する。

### 試験方法

# 1 現地調査圃場

現地調査地区は徳島市の西方約10km, 吉野川北岸下流域に位置する藍住町の沖積平野で標高は3mである。気候は平均気温15.7℃, 年間降水量1501mmである。

現地調査圃場は夏作に水稻が栽培されてきた圃場を水田, ソルゴーや野菜が栽培されてきた圃場を畑として選定した。

各圃場の夏作の概要およびニンジンの耕種概要はそれぞれ第1表, 第2表に示した。なお, ニンジンの栽培は播種と同時に間口310cmのミニパイプハウスにビニル被覆を行い, 生育途中は換気穴をあける程度で収穫までビニルを除去しない栽培方法である。また施肥方法は全量基肥である。各圃場の1990~1994年のニンジンの施肥量は1995年と同様である。

各圃場の土壌は第3表に示した。

第1表 調査圃場における夏作の概要

土地利用	圃場	1995年播種			1996年播種			備考
		作物	栽培期間	窒素施用量(kg/a)	作物	栽培期間	窒素施用量(kg/a)	
畑	a	無作付け	6~10月	0	シロウリ	6~9月	5	1990~1994製年にかけて畑bはハウス細ネギが栽培され、その窒素施用量は8.0kg/aであった。その他の圃場については1995年に準ずる。
"	b	ソルゴー	6~8月	0	ソルゴー	6~8月	0	
"	c	ソルゴー	6~8月	0	ソルゴー	6~8月	0	
"	d	ソルゴー	6~8月	0	ソルゴー	6~8月	0	
		かぶ	9月	2.3(1.7)	かぶ	9~10月	2.3(1.7)	
水田	A	水稻	6~10月	0.6	水稻	6~10月	0.6	
"	B	水稻	6~10月	0.6	水稻	6~10月	0.6	

注) ( )内は有機物等に含まれる窒素量。

第2表 調査圃場におけるニンジンの耕種概要および採土時期

土地利用	圃場	1995年播種							1996年播種						
		栽培前採土	施肥	窒素施用量(kg/a)	播種	栽培中採土**	収穫**	栽培後採土**	栽培前採土	施肥	窒素施用量(kg/a)	播種	栽培中採土**	収穫**	栽培後採土**
畑	a	11/14	10/20	3.7(1.2)	11/15	2/21	4/25	4/25	10/15	10/12	3.8	11/4	2/26	4/14	4/15
"	b	11/1	10/6	3.7(1.7)	11/5	2/21	4/17	4/22 <sup>+</sup>	10/4	10/1	1.8	11/7	2/26	4/10	4/14
"	c	11/1	10/14	3.9	11/23	2/21	4/30	5/9 <sup>+</sup>	10/18	10/14	3.9	11/10	2/28	4/14	4/18
"	d	11/1	10/7	2.2(1.6)	11/18	2/21	4/16	4/17	11/15	11/15	1.9(0.9)	11/18	3/10	4/18	4/23 <sup>+</sup>

水田	A	11/1	10/7	3.3 (1.3*)	11/27	2/2	5/15	5/16	10/4	10/1	3.5 (1.3*)	11/5	2/27	4/3	4/10
"	B	11/14	10/22	2.5	11/24	2/21	5/8	5/16	11/15	11/15	3.8	11/25	3/10	5/9	5/21

注1) ( )内は有機物等に含まれる窒素量であり,その内\*は石灰窒素に含まれる窒素量。

注2) / は月/日である。\*\*の栽培中,栽培後採土時期および収穫時期は翌年になる。

注3) +はビニルトンネル被覆状態での採土。

第3表 調査圃場の土壌

圃場	土壌統群			土性
a	中粗粒褐色低地土	斑紋なし	芝統	SL
b	中粗粒灰色低地土	灰褐色系	善通寺統	L
c	中粗粒灰色低地土	灰褐色系	善通寺統	L
d	中粗粒灰色低地土	斑紋なし	登戸統	SL
A	中粗粒灰色低地土	灰褐色系	善通寺統	L
B	細粒強グライ土	西山統		CL

## 2 調査分析方法

土壌の採取は、深さ0～30cmについては栽培後に、深さ30～70cmについてはニンジン栽培前、栽培中、栽培後に行った。

栽培前、栽培中、栽培後の採土時期は第2表に示した。

ニンジン栽培前後における深さ30～70cmの採土は縦、横、深さそれぞれ80cm程度の採土用の穴を1ヶ所掘り、そこから圃場の長辺方向に穴の前後から各層位ごとに行い分析に供した。

栽培中における深さ30～70cmの採土は農研式検土丈により各圃場の中央付近のビニルトンネルから圃場の長辺方向に5カ所より行って、各層位ごとにまとめて分析に供した。

土壌中の硝酸態窒素は、生土を1N塩化カリウムと1:2.5の比に加え、60分振とう抽出後、酸化マグネシウム、デバルダ合金を添加し、水蒸気蒸留法<sup>2)</sup>により測定した。

土壌水分張力は、c圃場において1996年の栽培中にpF値直読タイプデジタル土壌水分センサ(Z社)により測定した。測定は圃場の中央付近のビニルトンネルの中央付近で行った。

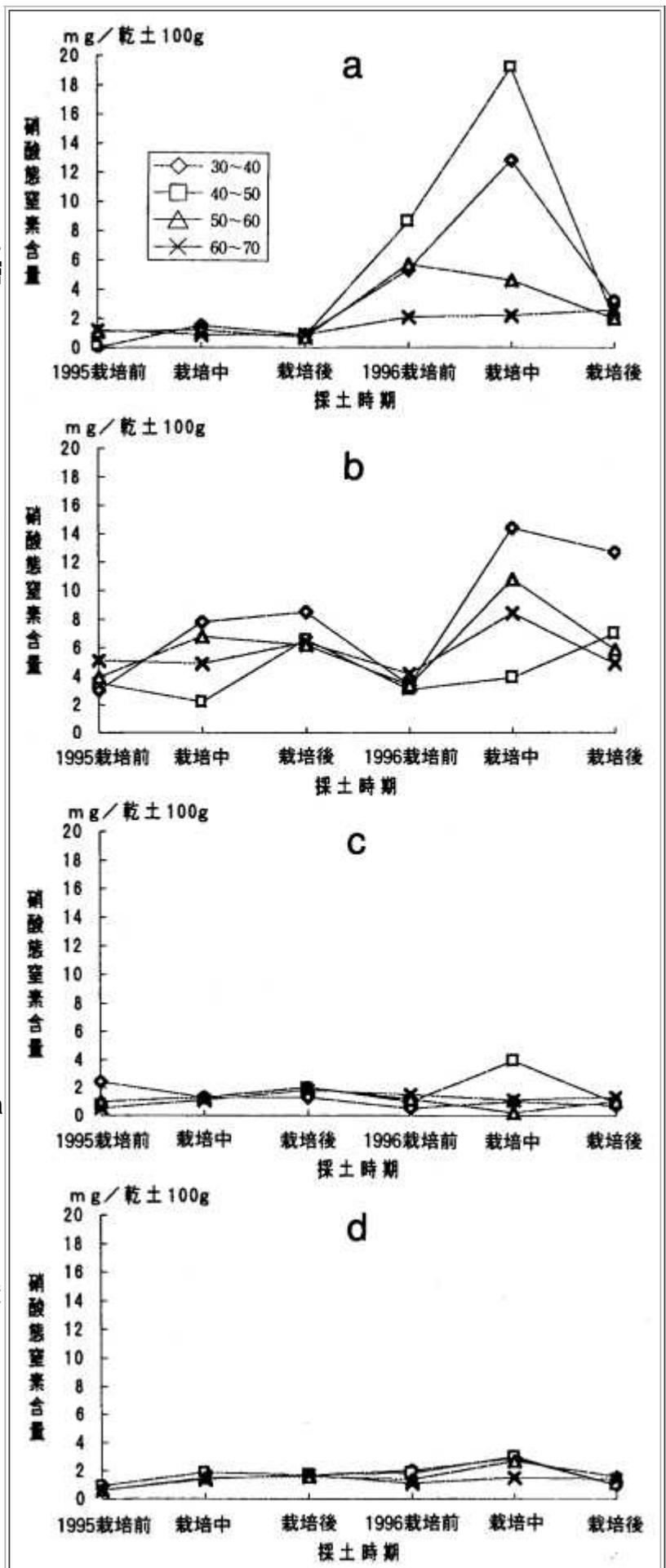
## 結果

### 1 畑の下層土における硝酸態窒素の分布

各圃場の深さ30～70cmにおける硝酸態窒素含量は第1図に示した。

1990～1995年は夏作が無作付けであり1996年夏に初めてシロウリが栽培されたa圃場では、1995年の栽培前、栽培中、栽培後を通して各層位とも1mg程度と少なく推移し、採土時期による変動はほとんどみられなかった。ところが、夏作にシロウリを栽培した1996年ニンジン栽培前には、1995年栽培後に比べて全層位で硝酸態窒素が増加し他の圃場に比べて最も多く、層位間のばらつきも大きくなった。栽培中の含量は栽培前に比べて40～50cmで著しく増加した。栽培後の含量は栽培中に比べて60～70cmを除いて減少する傾向であった。

1990～1994年にかけて夏作として細ネギが栽培され1995年、1996年の夏作にもソルゴーが栽培されたb圃場では、1995年の栽培前、栽培中、栽培後を通して調査圃場中最も多く推移した。栽培中の含量は栽培前に比べて深さ30～40cm、50～60cmで多く層位間のばらつきが大きくなった。栽培後の含量は栽培中に比べて40～50cmが多くなり、層位間のばらつきは



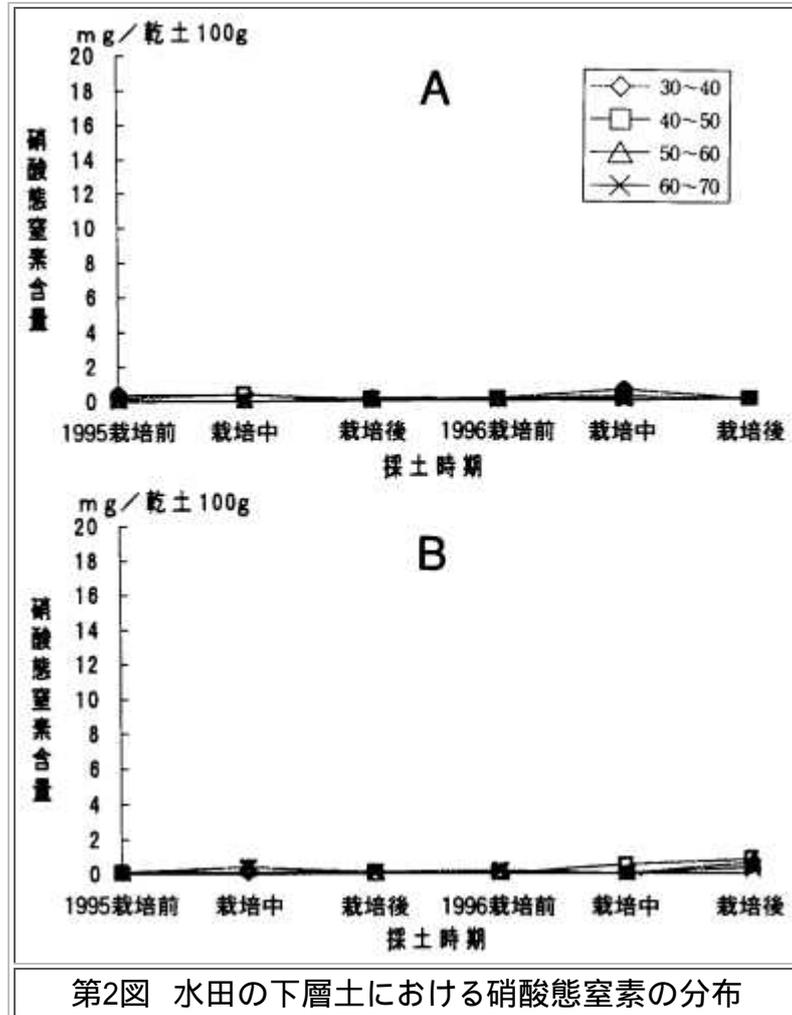
第1図 畑の下層土における硝酸態窒素の分布

小さくなった。また栽培前に比べて多くなり、特に深さ30～40cmで顕著であった。1996年では1995年と同様な傾向であったが、各層位のばらつきや採土時期による変動は1996年が大きかった。

1990～1994年にかけて夏作として無肥料でソルゴーが栽培され1995年、1996年の夏にも同様にソルゴーが栽培されたc圃場と1990～1994年にかけて夏作として無肥料でソルゴーが栽培された後かぶが栽培され1995年、1996年の夏作にも同様にソルゴーとかぶが栽培されたd圃場では1995年栽培前から1996年栽培後を通して1～2mg程度で推移し、採土時期による変動が小さかった。

## 2 水田の下層土における硝酸態窒素の分布

各圃場の深さ30～70cmにおける硝酸態窒素含量は第2図のようにいずれの時期もA、B圃場ともに各層位ほとんど含まれてなく、採土時期による変化はほとんどみられなかった。



第2図 水田の下層土における硝酸態窒素の分布

## 3 栽培後の深さ0～30cmにおける硝酸態窒素含量

栽培後の深さ0～30cmまでの硝酸態窒素含量は第4表のように1995年、1996年ともに圃場により差はあるものの深さ0～10cmに最も多く含まれており、1995年で9.8～59.5mg、1996年で12.0～82.1mg含まれていた。

第4表 栽培後の深さ0～30cmにおける硝酸態窒素含量

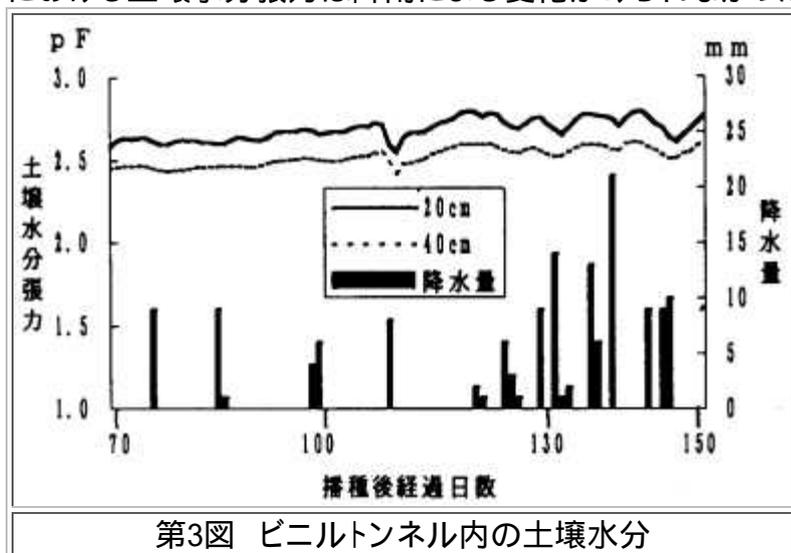
圃場	播種年	深さ(cm)		
		0～10	10～20	20～30
a	1995	17.1	4.9	1.8
	1996	82.1	10.5	2.2

b	1995	59.5	10.2	10.3
	1996	48.7	16.4	8.4
c	1995	17.6	0.8	1.3
	1996	34.4	0.2	0.7
d	1995	9.8	2.4	1.8
	1996	14.0	2.3	1.3
A	1995	19.2	0	0.2
	1996	12.0	0.5	0
B	1995	15.6	0.4	0.5
	1996	30.6	0.6	0.6

注) 表中数字は乾土100g当たりのmg。

#### 4 ビニルトンネル内の土壤水分

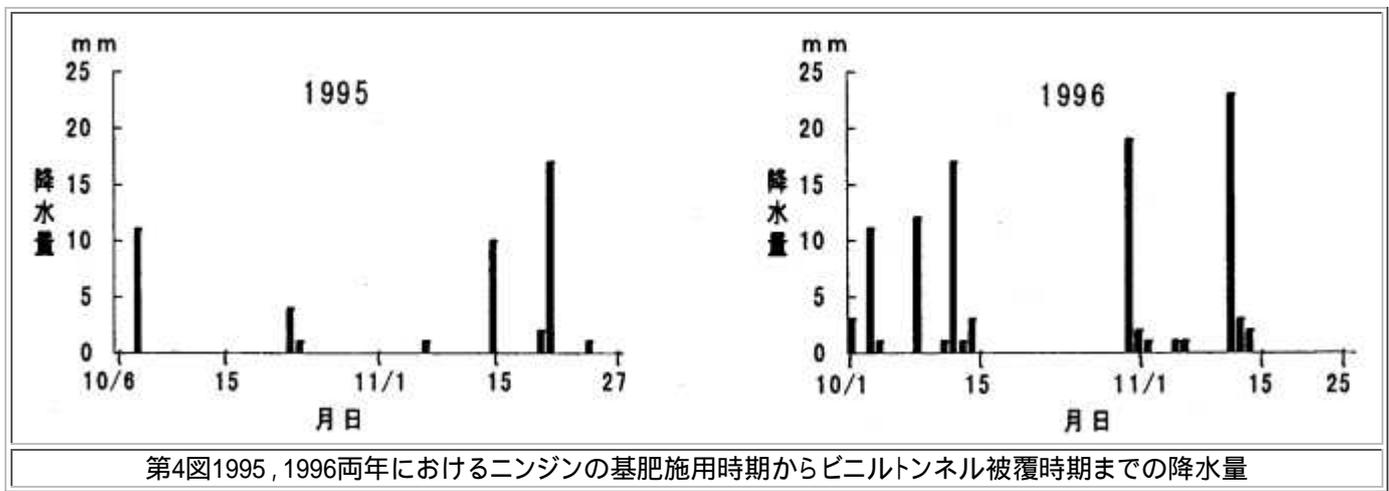
播種後70日から収穫までのビニルトンネル中央の土壤水分張力は第3図のように深さ20cm, 40cmともに2.5付近で推移し、深さ20cm, 40cmともに土壤水分が少なく推移した。深さ別では深さ20cmの土壤水分張力は40cmに比べて高く推移し、深さ20cmの土壤水分が40cmに比べて少なく推移した。各深さにおける土壤水分張力は降雨による変化がみられなかった。



#### 考察

1995, 1996両年のニンジンの基肥施用時期からビニルトンネル被覆時期までの降水量を第4図に示した。施肥された肥料が下層へ移動するほどの降雨はなく、また、収穫から採土までの降水量は1996年A固場で2日で19mm降った以外は最高9mmの降雨が1回あった程度であった。従って今回の調査ではニンジン基肥施用から栽培後の採土にかけて降雨の影響はほとんどなかったと考えられる。

ニンジン栽培中の土壤水分張力は第3図のように降雨の影響を受けずに高く推移したことから作土から下層へ硝酸態窒素が移動しないことが考えられ、ニンジンの栽培期間には作土に含まれる硝酸態窒素の溶脱は起こっていないことが予想される。また、上層ほど乾燥していたことから、むしろ土壤水が下層から毛管上昇移動してくることが考えられる。実際にニンジン栽培中、栽培後の深さ30~70cmに含まれる硝酸態窒素は栽培前に比べて細ネギが連年栽培されてきた圃場とシロウリが1作栽培された後を除いて大きな変化がみられなかった。



第4図1995, 1996両年におけるニンジン基肥施用時期からビニルトンネル被覆時期までの降水量

畑におけるニンジン栽培前の深さ30~70cmに含まれる硝酸態窒素は、シロウリを1作栽培したことで増加した。これは圃場の土壌が砂壤土で透水性が良いことに加えて、シロウリ栽培時に第5図のように多量の降雨があったことで施肥された窒素が作土から下層へ移動したと考えられる。

過去に夏作として細ネギが5年間連年栽培されてきた圃場でも他と比較して多かった。これは細ネギ栽培に施用された肥料が降雨により下層へ移動したことが推察される。

細ネギが連年栽培された圃場では栽培前に比べて栽培中、栽培後で増加し層位間のばらつきが大きくなった。赤塚ら<sup>1)</sup>は畑で土壌の乾燥が著しい場合に硝酸態窒素等水溶性物質の上層への移動が予想されることを報告しており、古畑

ら<sup>4)</sup>は室内実験であるが深さ35cmに施肥された硝酸態窒素が蒸発による土壌水分の移動によって施肥された量の20%が27.5~32.5cmまで移動したことを報告している。従って今回の調査で増加したのはより深い層位に含まれる硝酸態窒素が土壌水の毛管上昇に伴い上層へ移動したことが推測される。

これらのことから、畑における硝酸態窒素の下層への集積移動はニンジン栽培期間ではなく夏期に起こっており、夏に無肥料でソルゴーが栽培されてきたり夏場無作付けであった圃場でも1~2mg程度集積がみられことから、第4表に示したようにニンジン栽培後に残っている硝酸態窒素が豪雨時に下層へ移動し集積したことが考えられた。

従って、夏作の窒素多肥料栽培は環境保全の立場からみると見直す必要があると思われる。またニンジン栽培においても適正な施肥の必要性がうかがわれた。

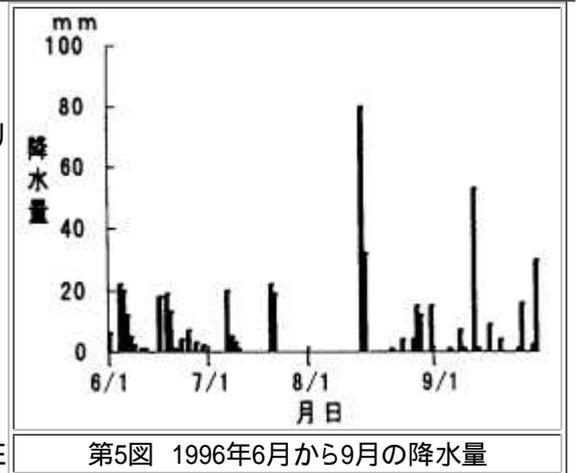
これに対して今回の調査では水田における硝酸態窒素の集積はみられなかった。

糟谷ら<sup>7)</sup>は水田の硝酸態窒素の除去効果について礫質灰色低地土の水田ではかんがい水中の硝酸態窒素が30~40mgNL<sup>-1</sup>程度であっても除去率96%と非常に高いことを報告しており、長谷川ら<sup>3)</sup>は水田からの施肥窒素の1次流出率は6%と推定であり、主として表面流出と考えられることを報告している。さらに水田の下層土での窒素の浄化については深さ60cm程度の土壌構造面や水の通る孔の壁面に発達したCutan物質で還元状態が発達しやすいこと<sup>12)</sup>から脱窒され除去される可能性がある。

従って、水田で硝酸態窒素の集積がみられなかった理由はニンジン栽培後に残っている硝酸態窒素の地下浸透する割合が低いことと、地下浸透しても下層で脱窒されるためと考えられる。

以上のことから、ニンジン栽培圃場の夏作の土地利用は環境保全の視点からみれば、畑より水田の方が地下水への負荷が小さいことが推察される。また土地利用を畑とする場合には、肥料の施肥量が多い野菜を栽培するより、無肥料でソルゴーを栽培する方が環境に与える負荷が小さいことが考えられる。

最後に、本調査は農林水産省土壌保全対策事業の環境保全型土壌管理対策推進事業で1995~96年度に実施したもので、県の関係機関の方々に多大のご協力をいただきここに感謝の意を表す。



第5図 1996年6月から9月の降水量

## 摘要

ニンジン栽培圃場における下層への硝酸態窒素の溶脱状況を把握するため土地利用が異なる圃場で深さ30～70cmの硝酸態窒素の集積状況を調査した。

- 1 硝酸態窒素の集積は畑でみられたが水田ではみられなかった。
- 2 畑での硝酸態窒素の集積は無肥料でソルゴー栽培がされるなど窒素が施用されなかった圃場に比べて夏作の野菜栽培に窒素を連年多施用されてきた圃場で著しかった。畑での硝酸態窒素は夏作として1作野菜を栽培することで増加した。
- 3 ニンジン栽培後にはかなりの硝酸態窒素が残っている場合があった。畑における集積は夏に無肥料でソルゴーが栽培されてきたり、夏場無作付けであった圃場でもみられた。
- 4 ニンジン栽培中の土壤水分張力は降雨の影響を受けずに高く推移し上層で高かったことから、作土から下層へ硝酸態窒素が移動するのではなく下層に含まれる硝酸態窒素が上層へ集積することが示唆される。

## 引用文献

- 1)赤塚恵・杉原進(1968):畑における施肥窒素の挙動,夏作について.東北農試研報,36:35～41.
- 2)土壤標準分析・測定法委員会編(1986):土壤標準分析・測定法.博友社,東京.
- 3)長谷川清善(1992):水田における窒素の動態と環境への影響評価に関する研究.滋賀農試特別研究報告,17:1～164.
- 4)古畑哲・林成周(1966):深耕地における肥料要素の同行に関する研究,第3報降雨ならびに蒸発によるNO<sup>3</sup>-Nの移動.北海道農試彙報,89:15～29.
- 5)亀和田国彦(1995):黒ボク土露地畑での水分および硝酸イオンの周年的垂直移動.栃木農試研報,43:19～34.
- 6)環境庁水質保全局水質管理課監修(1993):硝酸性窒素による地下水汚染対策ハンドブック.公害研究対策センター.
- 7)糟谷真宏・小竹美恵子(1997):地下水かんがい由来する硝酸態窒素の水田における除去.土肥誌,68:651～658.
- 8)斉藤雅典(1990):黒ボク土畑圃場における土壤有機態窒素の無機化とその移動.東北農試研報,82:63～76.
- 9)徳島県(1995):主要農作物施肥基準.
- 10)徳島県立農業試験場(1994):平成5・6年度農芸化学科試験成績書.
- 11)中国四国農政局徳島統計情報事務所編(1997):徳島農林水産統計年報 平成7年～8年.
- 12)和田秀徳・好田肇・高井康雄(1971):埴質水田土壤のキュータン(第1報).土肥誌,42:12～17.