

## 有機栽培農家圃場の土壌の実態

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): hill-farming areas, organic farming, vegetable, soil chemical characteristics, micronutrient, nitrogen balance, environmental conservation, cattle or hen feces 作成者: 堀, 兼明, 福永, 亜矢子, 浦嶋, 泰文, 須賀, 有子, 池田, 順一 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24514/00001460">https://doi.org/10.24514/00001460</a>

# 有機栽培農家圃場の土壌の実態

堀 兼明・福永亜矢子・浦嶋泰文\*・須賀有子・池田順一

Key words: hill-farming areas, organic farming, vegetable, soil chemical characteristics, micronutrient, nitrogen balance, environmental conservation, cattle or hen feces

## 目 次

I 緒 言	77	4 美山町で使用している堆肥の肥料成分等の調査	81
II 材料及び方法	78	IV 考 察	83
1 美山町の水田の土壌分類と生産力可能性 分級要因別等級の面積	78	1 土壌と栽培管理	83
2 土壌・施肥管理及び栽培の実態調査	78	2 土壌成分含量の有機栽培における特徴	84
3 土壌の調査・分析項目と方法	78	3 土壌窒素動態の有機栽培における特徴	87
4 美山町で使用している堆肥の肥料成分等の調査	78	4 論 議	88
III 結 果	79	5 今後の課題	90
1 美山町の水田の土壌分類と生産力可能性分級要因別等級の面積	79	V 摘 要	91
2 土壌・施肥管理及び栽培の実態調査	79	謝 辞	91
3 土壌の調査・分析	79	引用文献	91
		Summary	94

## I 緒 言

近畿・中国地域の中山間地域における小規模・多品目の野菜生産においては、大規模・省力生産をめざす産地とは異なり、消費地である都市に近接している特徴を活かした多様な生産・流通形態が行われている。こうした地域における野菜の生産戦略の一つとして、有機物を積極的に利用し、減化学肥料をめざした栽培、即ち「有機栽培」志向により消費ニーズに応えようとする流れがある。また、近年の

「有機認証制度」<sup>48)</sup>の策定は、こうした流れを加速させる傾向にある。

ところが、野菜生産においては、このように有機物を主要な肥料＝作物栄養成分の供給源とした施肥管理技術は、以前から試みられてはいるものの<sup>4,49)</sup> 普遍技術としては確立されていない。

そこで本調査研究では、こうした方向をめざしている典型的な地域である、京都府北桑田郡美山町を対象として、有機栽培を行っている野菜栽培圃場の土壌の、主として化学性の実態及び土壌・施肥管理

(平成13年12月4日受理)

野菜部

\*野菜茶業研究所 葉根菜研究部

の実態調査を行った。併せて、これまでの農業改良普及センター、京都府農業総合研究所等の関係機関における、土壌管理・分析等の既存の成果の収集により、土壌管理上の問題点を摘出することをめざした。これらにより若干の成果を得たので報告する。

なお、本調査は当センターの総合研究第4チーム及び野菜部において実施中の、地域先導技術総合研究「中山間水田における害虫総合防除等による高品位野菜生産システムの確立、2001～2005年度」の予備調査として実施したものである。

## II 材料及び方法

### 1 美山町の水田の土壌分類と生産力可能性分級要因別等級の面積

京都府農業総合研究所環境部により作成された美山町の土壌図<sup>24</sup>及び、地力保全基本調査土壌図解説書<sup>25</sup>に基づいて、同町の野菜栽培の主体となっている水田圃場全体について、分布する土壌統群及び生産力可能性分級要因別等級の面積を算出した。

### 2 土壌・施肥管理及び栽培の実態調査

京都府京北農業改良普及センターの協力により、美山町の野菜の有機栽培農家ビニルハウス5地点について、ビニルハウスの建設年次、有機物・肥料の種類と施用量の履歴、作物の種類と作付け回数、圃場整備、暗渠や客土の有無などを聞き取り調査した。

### 3 土壌の調査・分析項目と方法

#### 1) 土壌試料の採取と土層の状況

土壌試料の採取は、2000年11月に行った。調査地区の土壌は土層の下部に礫層が出現したため、土層の深さ別に礫層出現までの土壌をハンドオーガーを用いて採土した。0～15cmを作土とし、以下を下層土とした。また、湿土の土色、土性を調査した。

#### 2) 土壌のpH、電気伝導度、交換性陽イオン、陽イオン交換容量

pH (H<sub>2</sub>O)、電気伝導度 (以下: EC)、カリ、石灰、苦土、ナトリウムは定法<sup>5)</sup>によった。陽イオン交換容量 (以下: CEC) は定法<sup>5)</sup>の各種試薬を用い、Polemioら<sup>34)</sup>の装置を用いる振とう浸出法によった。即ち、遠沈管に土壌試料を採取し、中性N-酢酸アン

モニウムで交換性塩類を振とう遠沈抽出し、80%中性メタノールで3回振とう遠沈により洗浄した後に、中性10%塩化ナトリウムで吸着されたアンモニウムイオンを抽出した。このアンモニウムイオンをホルモル滴定法<sup>35)</sup>で定量して、CECを測定した。

これらの結果から、塩基飽和度とCaO/MgO及びMgO/K<sub>2</sub>O比などの塩基バランスを算出した。また、診断基準値は、3つの基準値<sup>2,30,37)</sup>を参考にした。

#### 3) 土壌のリン酸、マンガン、全炭素、全窒素、重金属類、塩素、硫酸イオン

Truog-リン酸、交換性マンガンは定法<sup>9)</sup>によった。全炭素、全窒素はN, C乾式燃焼法<sup>5)</sup>によった。カドミウム、銅、ニッケル、亜鉛などの重金属は30℃条件でのN/10塩酸抽出液について<sup>6)</sup>原子吸光法<sup>37)</sup>で分析した。塩素、硫酸イオンは、EC測定後の懸濁液を遠沈及びろ過して測定に用いた<sup>5)</sup>。塩素はイオン電極による検量線法<sup>18)</sup>で、硫酸イオンはイオンクロマトグラフ法<sup>5)</sup>で分析した。

#### 4) 水溶性成分とその交換性・有効態に占める割合

水溶性成分については、EC測定後の懸濁液を遠沈及びろ過して測定に用いた。即ち、カリ、石灰、苦土、ナトリウム、マンガンは原子吸光法で、リン酸はTruog法に準じて分析した。

#### 5) 無機態窒素と可給態窒素

アンモニア態、硝酸態、亜硝酸態などの無機態窒素はN-K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液で抽出し<sup>36)</sup>、硝酸態窒素、アンモニア態窒素についてはイオン電極による標準添加法<sup>18)</sup>で分析、また亜硝酸態窒素は同溶液を簡易型反射式光度計 (関東化学: R Q フレックス) で分析した。

可給態窒素は定法<sup>5)</sup>により30℃で28日間培養した後に、N-K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液で抽出し、硝酸態窒素、アンモニア態窒素及び亜硝酸態窒素を上記の方法で分析し算出した。

### 4 美山町で使用している堆肥の肥料成分等の調査

美山町で使用している主な堆肥6点について、全窒素、全リン酸、全カリなどの肥料成分及び、水分、全炭素、を分析しC/Nを算出した。全炭素、全窒素はN, C乾式燃焼法<sup>5)</sup>で、全リン酸、全カリは硫酸一過酸化水素分解<sup>26)</sup>した液を、全リン酸はバナドモリブデンイエロー比色法<sup>31)</sup>で、全カリは原子吸光法<sup>31)</sup>

で分析した。

### Ⅲ 結 果

#### 1 美山町の水田の土壌分類と生産力可能性分級要因別等級の面積

美山町の野菜は主に水田地目で栽培されているが、土壌図等（京都府農総研，1974年調査）<sup>24,25)</sup>によると美山町全体の水田土壌は、6土壌群、14土壌統群があり多様であった。主な土壌群は灰色低地土（41%）、多湿黒ボク土（23%）、褐色低地土（18%）、黄色土（12%）であった。また水田を転換畑として利用する場合の生産力可能性分級要因別の面積をみると、作土が浅く、礫層出現深が浅いために有効土層が浅い圃場の割合が高かった。また、土性が砂壤土質の場合は過干の恐れがある圃場の割合も全体の20%を占めたが、他の多くの圃場ではその恐れはなかった。表土の礫含量、耕耘の難易及び障害性については問題のない圃場が多かった。（第1表）

#### 2 土壌・施肥管理及び栽培の実態調査

調査した5圃場のいずれも地目は水田であり、ビニルハウスによる野菜の周年栽培を行っていた。作付けされている作物はコマツナ、ミズナ、ホウレンソウなどの軟弱野菜が主で、トマト、キュウリなどを輪作作物として導入している圃場もあった。

肥料成分としては化学肥料は3年間以上使用されておらず、発酵鶏糞、市販または同町内における堆肥センターで製造されたオガクズ牛糞堆肥、自家製または市販のボカシ肥料やなたね油粕、有機配合肥料などがビニルハウス建設以降用いられていた。これらの年間施用量は、牛糞堆肥では3~40t/10a、発酵鶏糞では1.2~1.5t/10aが施用されており、作付け毎にボカシ肥料やなたね油粕、有機配合肥料などが適宜に施用されていた。

圃場整備は1981~1994年にかけて4圃場で行われていた。従って、1974年度に行われた水田時の土壌統群とは変化して、礫層が浅い位置から出現する礫質褐色低地土が多くなっていった。暗渠は1圃場で施工されており、客土をしている圃場はなかった。また、有機栽培で困っていることとして、害虫や雑草の発生が多いとしている圃場があった。（第2表）

#### 3 土壌の調査・分析

##### 1) 土壌試料の採取と土層の状況

野口は<sup>28)</sup>水田転換畑作物の安定生産のためには、地下水位が重要な要因であり、多くの野菜類で、地下水位が30~60cm以下であることが望ましいとしている。そこで本調査においても60cm程までの生産阻害要因を評価する必要があると考えたが、実際には調査5圃場のうち4圃場までが35cm以内で礫層が出現したため、比較的浅い土層までしか試料採取ができなかった。また2圃場（A, D）では下層土の一部を採取しなかった。土色は有機物の多量施用により作土及び下層土ともに灰黄褐~黒褐色を呈していた。また作土の土性は2圃場が細粒質で、3圃場が壤質であった。上記の地力保全基本調査によれば、これらの圃場は各々異なる土壌統群に属していた。（第3表）

##### 2) 土壌のpH, EC, 交換性陽イオン, CEC

pHはどの圃場も高めであった。ECは1圃場で著しく高いが他は正常範囲であった。カリ、石灰、苦土は過剰である圃場が多く、作土の塩基飽和度は全圃場で概ね100%か、それ以上の値を示し基準値を大幅に超えていた。特にA, B両圃場は作土のみならず下層土もカリ含量が著しく多く、その結果MgO/K<sub>2</sub>Oのバランスも悪化していた。ナトリウムは2圃場でカリの診断基準値に相当する程の高い含量が認められた。（第4表）

##### 3) 土壌のリン酸, マンガン, 全炭素, 全窒素, 重金属類, 塩素, 硫酸イオン

リン酸は1圃場以外は過剰であり、特に2圃場では下層土まで過剰であった。マンガンは必須微量元素であるが、同時に過剰障害も生じやすい成分である。本調査のうちではいずれの土壌も診断基準値の範囲内で問題はなかった。全炭素、全窒素は有機物の多量施用を反映して含量が高かった。

重金属類については土壌汚染防止法<sup>29)</sup>により、銅のみが具体的基準値が定められており、N/10塩酸可溶性成分の含量が125mg/kg未満とされている。本調査圃場においてはいずれも基準値未満であった。カドミウムは水稻についての基準があるが、具体的な土壌中の含量の基準値は定められていない。カドミウムについては、現在野菜を含めた多種の作物や土壌の基準値策定のための研究が進められてい

第1表 美山町の水田土壌を畑利用する場合の生産力可能性分級要因別等級の面積割合\* (%)

等級**	表土の 厚さ	有効土層 の深さ	表土の 礫含量	耕耘の 難易	過湿の 恐れ	過干の 恐れ	自然 肥沃度	養分の 豊否	障害性
I	0	35	52	58	79	64	55	54	96
II	39	21	48	42	20	16	45	46	0
III	61	40	0	0	1	20	0	0	4
IV	0	4	0	0	0	0	0	0	0

\* 京都府農総研，地力保全基本調査資料による。水田の総面積は522ha。

\*\* I～IVは生産力可能性の等級であり，Iはほとんど制限因子がない。IIは若干の制限因子がある。IIIはかなり大きな制限因子がある。IVは極めて大きな制限因子があり耕地としての利用が困難。

第2表 土壌・施肥管理および栽培の実態

圃場	ハウス 建設年次	堆肥・有機物 の種類	同左施用量 (t×回数/10a/年)	栽培作物	同左回数 (回/年)	暗渠の 有無	圃場整備 の年次	困ったこと
A	1992	ボカシ肥	0.4×5	コマツナ	5-6	モミガラ	1981	発酵不十分だと 虫の発生が多い
		発酵鶏糞	0.3×5	トマトまたは	1	暗渠		
		発酵牛糞	0.8×5	キュウリを輪作				
B	1992	牛糞堆肥	20 ×2	ミズナ	6	なし	1987	
		有機肥料+油粕	量不明					
C	1996	牛糞堆肥	10 ×1	ミズナ	5	なし	1994	
		(H12頃まで)		コマツナ等葉菜	4			
D	1997	発酵鶏糞	0.3×4	コマツナ	2	なし	なし	虫の発生が多い
		ボカシ肥	0.3×4	ハウレンソウ	2			
E	1998	牛糞堆肥	2.7×1	葉菜類	2-3	なし	1981	
		鶏糞、米糠、油粕、	量不明	トマト	1			
		魚粕等のボカシ		ウリ類	1			

第3表 調査圃場の土壌断面

圃場-層位	土層深(cm)	土色	土性	礫層	水田時の土壌統群 <sup>24)</sup>
A-1	0-15	10YR3/3	L-SiL	35cm以下礫層	礫質褐色低地土斑紋あり
A-2	30-35	10YR3/4	L-SiL		
B-1	0-15	10YR4/3	SL	22cm以下礫層	礫質灰色低地土灰色系
B-2	15-22	10YR4/4	SL		
C-1	0-15	10YR4/2	SiCL-CL	25cm以下礫層	厚層腐植質多湿黒ボク土
C-2	15-25	10YR4/4	CL-SiCL		
D-1	0-15	10YR3/2	CL-SiCL	45cmまで無し	中粗粒褐色低地土斑紋あり
D-2	30-45	10YR3/3	SiCL		
E-1	0-15	10YR4/3	L-SL	35cm以下礫層	細粒黄色土斑紋あり
E-2	15-30	10YR4/4	L-SL		
E-3	30-35	10YR4/4	SiL		

第4表 土壌のpH, EC, 交換性陽イオン, CEC

(乾土当たり)

圃場 -層位	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (1:5)	交換性陽イオン(mg/100g)				CEC (meq/100g)	塩基飽和度 (%)	CaO	MgO
			K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O			MgO	K <sub>2</sub> O
A-1	7.1	0.89	273	703	204	24	28.9	144	3.4	0.7
A-2	7.3	0.67	249	552	128	14	22.0	144	4.3	0.5
B-1	7.3	0.31	141	295	85	7	16.4	110	3.5	0.6
B-2	6.9	0.47	117	260	81	11	13.3	121	3.2	0.7
C-1	6.9	1.23	47	459	116	21	18.9	126	4.0	2.5
C-2	6.7	0.41	41	291	70	11	18.3	82	4.2	1.7
D-1	7.1	0.74	73	445	92	21	18.9	120	4.8	1.3
D-2	5.9	0.07	12	122	18	2	15.8	35	6.7	1.6
E-1	6.8	0.34	21	267	39	4	12.6	96	6.8	1.9
E-2	6.8	0.10	9	211	31	2	11.9	78	6.8	3.4
E-3	7.3	0.05	8	144	27	1	13.0	51	5.4	3.4
診断基準値	6-6.5	0.3-0.8	15-50	250-320	50-75		15	80	3.5-5.6	1.1-2.9

注) 圃場-層位は第3表に準ずる

るが、本調査圃場における含量は問題なしとみてよい。亜鉛及びニッケルについてはN/10塩酸可溶性成分の基準値はないが、過剰障害発生の恐れがあるような値<sup>46)</sup>よりも低く問題はなかった。しかし必須微量元素の面から見ると、亜鉛及び銅欠乏状態の土壌<sup>29)</sup>の存在が認められた。

また、塩素は250mg/kg以上で過剰障害を受ける可能性がある<sup>46)</sup>が、この値を超える含量が2圃場で認められた。

硫酸イオンは250mg/kg以上で過剰障害を受ける可能性がある<sup>46)</sup>が、この値を超える含量が作土では3圃場、下層土まででは4圃場で認められた。また硫酸イオンは水溶性陰イオンのうち最も高い割合を占めた(第5表)。

#### 4) 水溶性成分とその交換性・有効態に占める割合

水溶性カリ、石灰、苦土、リン酸、ナトリウムはかなりの量が検出された。特にカリは、水溶性でも交換性に関する診断基準値に相当する量が含まれている圃場が多かった。水溶性リン酸は通常ほとんど検出されないが、2mg/100g以上認められる圃場があった。(第6表)。

水溶性成分がその交換性、有効態成分に占める割合は、ナトリウムで高く、次いでカリで高かった。

石灰と苦土は圃場によって異なり、20%以上を占める圃場と数%の圃場とがあった。リンは有効態に占める割合が上記の成分に比較して低く、3圃場で1%未満であったが、1圃場で1%以上、1圃場で3%以上を占めていた(第6表)。

#### 5) 無機態窒素と可給態窒素

硝酸態窒素の野菜栽培中における適正範囲は10-20mg/100g程度であるので、3圃場の作土で過剰域であった。アンモニア態窒素の診断基準値について渡辺は<sup>46)</sup>0.5-1.25mg/100gが適正としているが、2圃場の作土で5mg/100g以上認められ、これらの圃場では下層土でも2mg/100g以上認められた。また、亜硝酸態窒素のガス障害発生の恐れのある診断基準値である0.1mg/100g以上の蓄積が2圃場の作土及び1圃場の下層土で認められた(第7表)。

畑土壌の可給態窒素の基準値はないが、本調査圃場のうち、2圃場で30mg/100g以上の高い値が認められた。

#### 4 美山町で使用している堆肥の肥料成分等の調査

全国農業協同組合中央会の資料をまとめた藤原<sup>9)</sup>によれば、有機物の腐熟に関連した堆肥の推奨基準値として、水分は70%以下、C/Nは30以下、全窒素、

第5表 土壌のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO, T-C, T-N, 重金属類, Cl, SO<sub>4</sub>\* (乾土当たり)

圃場 -層位	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	T-C	T-N	Cd	Cu	Zn	Ni	Cl	SO <sub>4</sub>
	(mg/100g)		(%)		(mg/ kg)					
A-1	695	0.38	8.8	0.83	0.3	0.5	0.3	0.1	203	294
A-2	407	0.31	4.7	0.43	0.4	0.5	4.6	0.1	120	354
B-1	206	0.22	4.2	0.36	0.4	1.6	4.5	3.1	49	130
B-2	154	0.35	3.1	0.29	0.3	3.2	7.3	3.3	103	335
C-1	101	0.33	3.1	0.36	0.3	1.8	8.0	3.9	419	1407
C-2	38	0.42	2.2	0.20	0.4	3.1	2.6	2.1	152	357
D-1	114	0.13	5.1	0.44	0.4	0.7	14.5	0.7	262	366
D-2	24	0.25	3.1	0.22	0.3	3.5	2.4	2.1	27	43
E-1	43	0.21	2.1	0.21	0.3	3.8	4.6	1.0	32	107
E-2	26	0.18	2.0	0.17	0.2	4.5	3.0	1.5	25	36
E-3	19	0.23	2.4	0.21	0.3	4.5	1.9	0.9	24	26
基準値-1**	40-80	0.2-4				0.8-2	4-40			
基準値-2***						125 <sup>&gt;29)</sup>		250 <sup>&gt;46)</sup>	250 <sup>&gt;46)</sup>	

\* MnOは交換性, 重金属: Cd, Cu, Zn, Niは N/10 HCl可溶性, Cl, SO<sub>4</sub>は水溶性.

\*\*基準値-1は必要成分としての診断基準値.

\*\*\*基準値-2は障害の恐れのある基準値.

注) 圃場-層位は第3表に準ずる

第6表 水溶性成分とその交換性・有効態に占める割合

圃場 -層位	水溶性成分 (mg/乾土100g)					交換性・有効態成分に対する割合 (%)				
	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O
A-1	80.9	42.7	23.8	12.84	11.4	29.7	6.1	11.7	1.85	47.1
A-2	69.7	28.5	11.9	2.40	10.8	28.0	5.2	9.3	0.59	74.9
B-1	35.4	15.7	6.0	6.19	6.3	25.1	5.3	7.0	3.01	87.8
B-2	37.3	25.4	11.1	2.85	10.0	31.9	9.8	13.8	1.85	89.9
C-1	10.9	95.6	34.2	0.45	11.4	23.3	20.8	29.6	0.45	53.1
C-2	4.7	34.3	10.4	0.03	8.1	11.4	11.8	14.9	0.09	77.0
D-1	31.6	45.2	16.3	0.23	11.4	43.2	10.1	17.8	0.20	53.2
D-2	1.9	9.4	0.7	0.03	2.0	16.3	7.7	3.6	0.12	116.6
E-1	4.3	32.8	6.4	0.06	4.5	20.6	12.3	16.2	0.14	101.0
E-2	1.6	12.5	1.4	0.06	1.9	17.5	5.9	4.5	0.23	124.6
E-3	1.5	9.3	1.0	0.10	1.5	19.4	6.4	3.8	0.53	127.8

注) 圃場-層位は第3表に準ずる

全リン酸、全カリなどの肥料成分は1%以上とされている。本調査結果によると、調査した6点すべてがこの基準値をクリアーしていた（第8表）。

#### IV 考 察

##### 1 土壌と栽培管理

本調査地域のような多様な土壌タイプの存在と、土壌管理上の問題点の程度の多様性は中山間地域の特徴の一つと考えられるが、特に小規模・多品目の野菜栽培に当たっては、広大な平野部とは異なり、一律ではなくきめ細やかな土壌管理対策が必要であることを示している。

京都府の生産力可能性分級によると、本調査圃場の水田を転換畑として利用する場合においては、ほとんどの圃場では過湿の恐れはない、となっている。しかし、傾斜地における階段状の水田では水田造成時に切り土・盛り土工法を行うが、山側に相当する切り土部位では、周囲水田の水稲作付時や多量の降雨時に、水田利用時に作られたすき床層の直上部を水が流れるという、いわゆる「差し水」が発生することが多い。この現象は、圃場の背後に山が迫っている場合は周年的に生じている可能性が高い、有機

栽培において、「差し水」が発生している場合、有機物が下層土において還元発酵する危険性がある。この対策としては明渠や暗渠が有効であるが、本調査圃場の中で暗渠が施工されているのは1圃場のみであった。ただし本調査ではこの「差し水」の調査を行っていないので、可能性の指摘に留める。

ハウスのビニルを外して降雨にさらす機会のない周年栽培では、多くの産地ではメチルプロマイドやクロルピクリンによる土壌消毒が行われている。本調査圃場は有機無農薬栽培をめざしているため、このような薬剤の使用はもちろん認められない。本調査圃場においては、幸いにも明確な連作障害は未だ確認されていない。野菜産地では10年目頃から連作障害が発生し始める例が多い。本調査圃場も10年目に入ろうとしていることから、土壌微生物に起因する連作障害の予防対策が望まれる。有機栽培という制限の中で連作障害を回避・軽減し、土壌微生物フローを転換するために導入できる技術は、輪作、田畑輪換<sup>10)</sup>、太陽熱利用土壌消毒<sup>11)</sup>及び有用微生物利用などに限られてくる。

本調査のうちでは上記の対策のうち、輪作が2圃場で導入されているに留まっていた。輪作により連作障害を積極的に軽減しようとする試みは、古くは

第7表 無機態窒素と可給態窒素

(Nmg/乾土100g)

圃場 -層位	培 養 前				培 養 後				可給態N
	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	合計	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	合計	
A-1	1.3	28.1	0.8	30.2	0.3	75.7	ND*	76.0	45.8
A-2	1.1	17.5	0.1	18.7	0.5	47.6	ND	48.1	29.4
B-1	1.0	5.7	0.2	6.9	0.3	19.4	ND	19.7	12.8
B-2	0.9	12.2	ND*	13.1	0.5	30.4	ND	30.9	17.8
C-1	6.0	26.4	ND	32.4	0.4	62.6	ND	63.0	30.6
C-2	2.4	8.0	ND	10.4	0.2	18.1	ND	18.3	7.9
D-1	5.2	22.4	ND	27.6	0.2	40.4	0.4	41.0	13.4
D-2	2.4	1.6	ND	4.0	0.4	7.1	0.2	7.7	3.7
E-1	0.7	13.3	ND	14.0	0.6	28.0	ND	28.6	14.6
E-2	0.6	3.4	ND	4.0	0.4	10.8	ND	11.2	7.2
E-3	0.8	1.8	ND	2.6	0.3	7.8	ND	8.1	5.5

\* : ND=0.076>

注) 圃場-層位は第3表に準ずる



第8表 美山町で使用している堆肥 (%)

	水分	T-N	T-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	T-K <sub>2</sub> O	T-C	C/N
鶏糞堆肥	39.0	3.4	3.7	1.8	37.1	10.8
発酵鶏糞	12.3	6.0	7.3	4.8	26.5	4.4
堆肥センター*	67.5	2.5	2.2	6.0	33.4	13.6
乾燥鶏糞	20.0	2.8	8.2	3.9	28.8	10.4
牛糞堆肥	67.7	1.6	1.1	3.0	41.2	25.1
ぼかし堆肥	35.9	3.8	6.0	2.1	43.5	11.3

\*美山町の堆肥センターで作製している牛糞堆肥

ヨーロッパの三圃式農法がみられ、我が国では北海道において合理的畑作物輪作体系<sup>33)</sup>が確立されている。しかし、野菜を基幹として1年間に何作もの種類を栽培する「短期輪作」の研究例は非常に少ない。

上記の薬剤は使用制限が迫っている背景もあり、環境にも農業生産者にも優しい技術の確立は緊急な課題である。輪作は、小規模・多品目をめざしている中山間地域になじみやすい技術であることから、今後科学的に裏付けられた、野菜を基幹とした短期輪作体系の確立が望まれる。

## 2 土壌成分含量の有機栽培における特徴

可給態窒素は培養後に、亜硝酸態窒素が0.1mg/100g以上検出された圃場が1ヶ所あるものの、アンモニア態窒素はほとんど認められず、ほとんどすべてが硝酸態窒素の形態であった(第7表)。一方、調査圃場ではアンモニア態窒素が検出された。このことから、適当な水分と温度(30℃)条件の人工気象器内での培養条件では硝化はほぼ順調に行われていると判断されるが、現場では乾燥、低地温などにより円滑な硝化が抑制されていると推察される。また、塩基飽和度が100%以上であるので、アンモニウムイオンが交換性陽イオンとして土壌に保持される容量が少なくなっており、換気を行わない冬期にはアンモニアガス障害の発生が懸念される。

亜硝酸態窒素も硝化が円滑に進行しない場合に蓄積する成分である。本調査圃場においても、現地の土壌において0.1mg/100g以上が検出される場合と、可給態窒素のための培養後に検出される場合とがあった。ビニルハウス栽培におけるこれらの有害ガスについては古くから指摘されており、診断方法も確

立されている<sup>40)</sup>。これらの懸念に関する調査については今後の課題としたい。

可給態窒素は、水田では20mg/100g以上ではかなり窒素地力が高いとされている。本調査圃場のうち2圃場の作土で30mg/100g以上の高い値が検出された。このうち1圃場では下層土でも30mg/100gに近い値であった。この値は、コマツナなどの軟弱野菜では、栽培期間中の土壌の無機態窒素適正量は15mg/100g程度であるので、2~3作は無肥料で栽培可能な量に相当する。可給態窒素の蓄積は、地力窒素の面からは一般論としては望ましいが、上記のアンモニアや亜硝酸の供給源ともなるし、果菜類などを栽培する場合には草勢が強くなり過ぎて品質が低下する危険性がある。山田ら<sup>40)</sup>は化学肥料単用区では可給態窒素が経年的に減少するのに対し、牛ふん堆肥単用区では可給態窒素が経年的に増加するが野菜の収量は化学肥料単用区に及ばなかったことを報告している。このように、可給態窒素の蓄積は単純に良いことだとは認められない。

水溶性リン酸は、有効態リン酸が診断基準値の範囲内ならば、通常はゼロである。しかし本調査では、2圃場で作土では6~13mg/100g、下層土でも2mg/100g以上検出され、有効態リン酸が150mg/100g以上になると水溶性リン酸が2mg/100g以上検出されるようである(第6表)。リン酸は土壌への吸着力が強いために、通常は下層土への溶脱が少ないが、下層土でも水溶性のものが検出されたということは、投入量が非常に多いことを示している。また、この要因は、リン酸含量の高い鶏糞や、濃厚飼料を与えられた牛糞、及び骨粉を含むぼかし肥料の多量施用にあると推察される。これらの圃場における水

溶性リン酸の作土中の含量は無視できない量であり、一部の陽イオンとやや難溶性の塩を形成している可能性がある。そして水溶性リン酸は、リン酸過剰の診断項目の一つになりうると思われる。ただし、この点についての詳細な検討は、既に指摘されているとおり1:5の水抽出液では無理であり、土壌溶液について行うことが必要である<sup>20)</sup>ので、可能性の指摘に留める。

交換性カリは3圃場で診断基準値を超えているが、この要因は鶏糞や牛糞の多量施用に起因すると考えられる。これらの圃場では、数作は鶏糞や牛糞及び骨粉を含むぼかし肥料を使用せず、窒素成分の比率が他の成分よりも高い、なたね油粕やダイズ油粕のみの施用とすることが望ましい。家畜糞の連用により交換性カリが化学肥料区よりも蓄積しやすいことは山田ら<sup>47)</sup>も認めており、また浦嶋ら<sup>43)</sup>はマルチでその傾向が一層強まるとしている。

有効態リン酸の過剰蓄積も鶏糞や牛糞の多量施用に起因すると考えられる。この傾向は山田ら<sup>47)</sup>も認めている。浦嶋ら<sup>43)</sup>も同様な傾向を認めているが、交換性カリの場合と異なって、マルチの有無の差がなかったとしている。この違いは、リン酸が土壌に吸着されやすい成分であるのに対し、カリは吸着されにくい成分であることに因るものであろう。このことは本報の第6表からも納得できる。

交換性石灰、苦土は過剰である圃場が多く、有機認証制度でも天然物を原料とする石灰質資材の使用は認められていることから、施用されている。これらの成分はECを高める要因の主要なものであるし、pHも低くないので、当分の間石灰質資材の投入を控えるべきであろう。

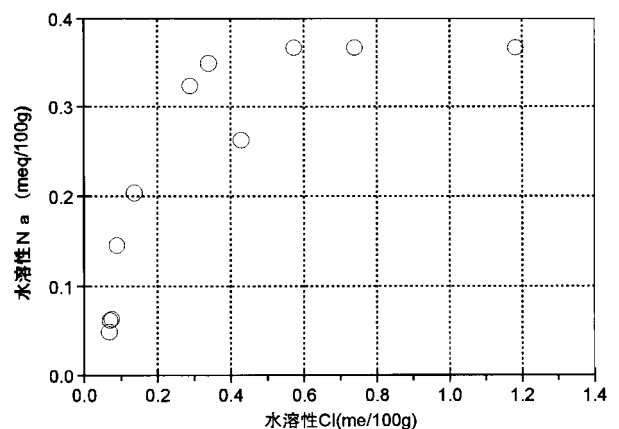
また交換性の成分についての診断は塩基の成分別飽和度によって行うことがより適切であるが<sup>7)</sup>、この方法でも診断結果は変わらないのでデータは省略した。

交換性ナトリウムは診断基準値はなく、土壌中ではカリの欠乏時にその代替成分となる作物があることから「有用元素」と呼ばれ<sup>39)</sup>るが、一方、根からの他の必須養分吸収を妨げたり、土壌コロイドを解膠して団粒構造を破壊するとの指摘<sup>17)</sup>もある。本調査ではECに対する寄与率は低いですが、調査時点の含量はカリの診断基準値と同程度の含量を含む圃場も

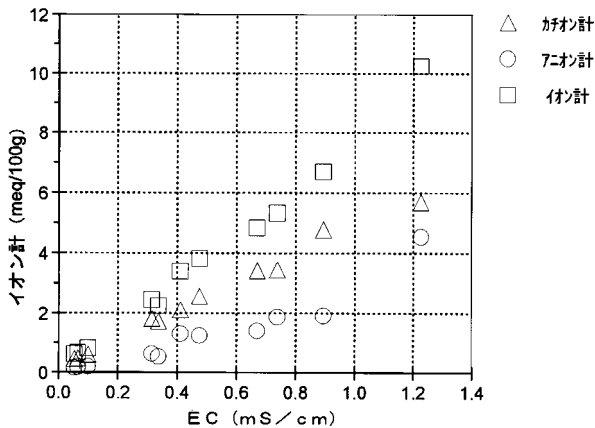
あるので(第4表)、現在以上の蓄積は好ましくない。このナトリウムの蓄積は牛に給餌する食塩に起因すると思われる。交換性ナトリウムに占める水溶性ナトリウムの割合をみると、交換性ナトリウムの含量が15mg/100g以上になると水溶性ナトリウムはあまり増加しなくなる。第4表に示したように、土壌コロイド粒子への交換吸着能の大きい石灰、苦土のみで飽和度がほぼ100%に達しているので、交換性ナトリウムのうち、水溶性でない部分は難溶性の塩として析出している可能性がある。ナトリウムイオンが多いことは、牛糞を主要な肥料源とする有機栽培土壌の特徴の一つであろう。牛糞堆肥単用区でのナトリウムの蓄積については山田ら<sup>47)</sup>も同様な傾向を化学肥料単用区との比較で認めている。

ナトリウムとともに塩素が多い圃場が認められるが、これも牛に食塩が飼料として与えられた場合の糞尿を堆肥原料として用いていることに起因すると思われる。ナトリウムイオンと塩素イオンとの間には、当量の絶対値は塩素イオンの方が大きいものの、相関関係が認められ( $r=0.776$ )、要因として牛糞堆肥の寄与が強く示唆される。これらの成分の含量の多さと相関性は、牛糞を主要な肥料成分供給源とする場合の有機栽培土壌の特徴と考えられる(第1図)。

水溶性陽イオンの合計値と水溶性陰イオンの合計値との間には、高い相関関係( $r=0.913$ )が認められるが、その絶対値は陰イオンの方が低く、陽イオンと陰イオンとの比は7:3であった(第2図)。今回の調査では、炭酸イオン及び重炭酸イオンの分析を行わなかったので、推定の域を出ないが、陰イオ



第1図 水溶性Naイオンと水溶性Clイオンとの関係



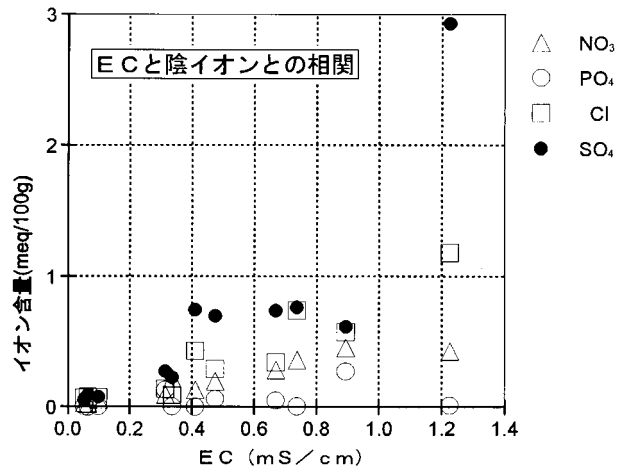
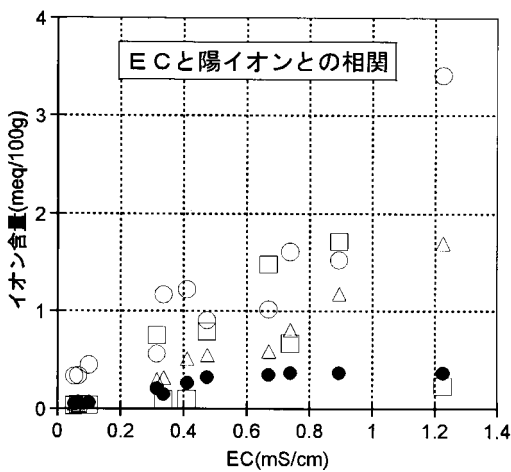
第2図 ECと水溶性陽イオン計および水溶性陰イオン計との関係

ンの不足分は、これらの炭酸関連イオン及び有機酸が占めていることが考えられる。亀和田<sup>20)</sup>によると、化学肥料を主な肥料成分とした試験において、土壌溶液中の炭酸イオン及び重炭酸イオンの水溶性陰イオンに占める割合は大きくないとのことであるが、本調査における上記の不足分が炭酸関連イオン及び有機酸によるものとすれば、陰イオンの中でそれらの合計値が無視できないことになる。仮にそうだとすればその原因としては、有機物が微生物に分解される際に放出される炭酸ガス及び有機酸の寄与が推察される。とすると、このことは有機栽培土壌の特徴の一つと見なす。この場合、有機栽培における今後の土壌診断と解離性成分の挙動解析、更には今後必要になると考えられる土壌微生物の活性・バ

イオマス・フロラの解析においては、化学肥料を主とした栽培の場合と異なり、炭酸イオン及び有機酸の要因に留意することが必要になると予想される。

関東ハウス土壌研究グループが行った検討のまとめによれば<sup>20)</sup>、ハウス土壌の水溶性塩類の主体は硝酸カルシウムであるとされている。しかし、本調査結果によると、カルシウムイオンと硝酸イオンとの間には相関は認められるものの ( $r=0.810$ )、絶対値は大きく異なり、硝酸イオンはカルシウムイオンの  $17 \pm 8\%$  を占めるに過ぎない。本調査においても、最も含量が多かった陽イオンはカルシウムであり陽イオンの  $52 \pm 18\%$  を占めていた。一方、陰イオンでは硫酸イオンと塩素イオンが主であり、両者で  $76 \pm 11\%$  が占められ、硝酸イオンは  $19 \pm 9\%$  に過ぎなかった。(第3図) 本調査の対象圃場が有機栽培であることから、恐らく化成肥料中心の施肥体系と推察される上記研究グループの結果とは異なったものと考えられる。

今後の施肥法診断に関連して、本調査圃場の範囲では、ECと硝酸態窒素との間には高い相関関係 ( $r=0.948$ ) が認められた (第9表)。ECは水に溶けてイオン化する成分の合計量を反映する値であるので、特に硫酸イオン含量が多い場合には、硝酸態窒素との間に相関が認められない場合も多い<sup>9,38)</sup>、しかし、本調査圃場のうちで相関が認められたことは、野菜の土壌診断において最も重要な項目の一つである硝酸態窒素をECで簡易診断できる可能性を示している。



第3図 ECと水溶性陽イオンおよび水溶性陰イオンとの関係

第9表 ECと水溶性陽イオン、水溶性陰イオンの相関係数行列

	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	カチオン計	NO <sub>3</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	アニオン計	イオン計
EC	0.51	0.91	0.98	0.89	0.99	0.95	0.34	0.93	0.85	0.94	0.99
K <sub>2</sub> O		0.12	0.41	0.68	0.58	0.61	0.79	0.28	0.06	0.23	0.44
CaO			0.94	0.69	0.88	0.81	0.04	0.95	0.95	0.97	0.94
MgO				0.83	0.98	0.91	0.34	0.95	0.88	0.96	0.99
Na <sub>2</sub> O					0.91	0.87	0.40	0.78	0.64	0.76	0.86
カチオン計						0.95	0.43	0.90	0.81	0.91	0.98
NO <sub>3</sub> -N							0.44	0.82	0.66	0.81	0.91
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>								0.10	-0.05	0.12	0.30
Cl									0.91	0.97	0.95
SO <sub>4</sub>										0.97	0.90
アニオン計											0.97

宗林ら<sup>38)</sup>は、野菜栽培土壌の下層土において硫酸カルシウムの集積を確認している。また浦嶋ら<sup>42)</sup>はマルチ栽培で、化学肥料区では下層土において硫酸イオンの蓄積が認められないが、牛糞堆肥区では30-60cm深で硫酸イオンの蓄積を認めている。本調査においても、水溶性石灰と水溶性硫酸イオンとの間に相関が認められ、当量含量もほぼ同等であることから同様のことが生じている可能性がある。また、化学肥料の場合は随伴成分として硫酸イオンが多くの場合含まれているが、有機物主体の本調査圃場において硫酸イオンが蓄積している要因としては、有機栽培でも施用が認められている天然物原料の石灰質資材の随伴成分や、餌として石灰質資材が与えられる鶏糞などが推定される。

1つの圃場で亜鉛が欠乏域にある例が認められたが、この原因はリン酸の過剰に基づく亜鉛の不可給態化によるものと推察される<sup>40)</sup>。

以上より、肥料成分を家畜糞堆肥を主体とした有機物だけに依存するビニルハウスでの野菜栽培においては、吸収量と施用有機物の成分量とのアンバランスが生じていることが判明した。また、周年栽培であり、ビニルを外して降雨にさらすことがないために、蓄積は一層高まることとなる。本調査圃場の

作土について見ると、ビニルハウス建設年次の古い圃場ほど、交換性・有効態成分含量の蓄積が多い傾向が認められた(第4図)。一方、各種の水溶性陽イオン、陰イオン成分については、このような傾向は見られなかった(第5図)。

### 3 土壌窒素動態の有機栽培における特徴

可給態窒素の蓄積量の多いA圃場について年間当たりの窒素の投入、吸収、土壌への残留・溶脱についてバランスシート解析を試みた。この圃場ではトマトまたはキュウリを隔年に導入し、コマツナ中心の4年サイクルの輪作を行っている。

年間投入量は、主として第8表の値を用いた。

発酵牛糞 窒素： $0.81\% \times 0.8t/10a \times 5作 = 32.4kg/10a$

ボカシ肥 窒素： $3.8\% \times 0.4t/10a \times 5作 = 76$

発酵鶏糞 窒素： $6\% \times 0.3t/10a \times 5作 = 90$

合計窒素投入量 =  $198.4kg/10a/年 \dots \dots \dots$  (①)

また年間吸収量は、

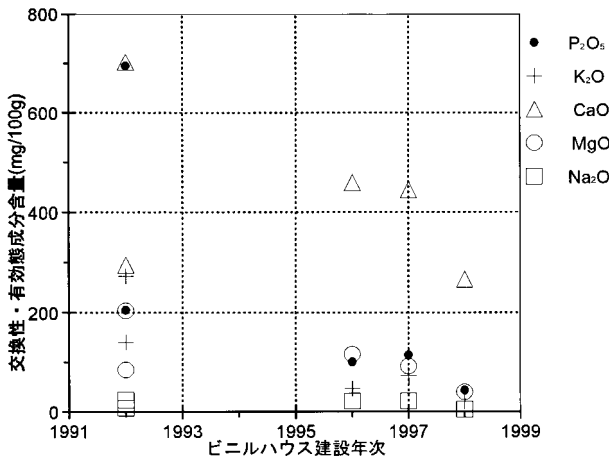
コマツナ平均4作/年

収量： $2000kg/10a$ <sup>39)</sup>

窒素% = 蛋白 $2.6^{39)} \times$ 蛋白中窒素含量 $16\% = 0.42\%$

吸収量 =  $2000kg/10a \times 0.42 \times 4回 = 33.6kg/10a/年 \dots \dots$  (②-1)

\*市販のものであり、表示票の値である。



第4図 ビニルハウス建設年次と交換性・有効態成分含量との関係

トマト 0.25作/年

吸収量=20kg/10a×0.25回=5kg/10a/年

……(②-2)

キュウリ 0.25作/年

吸収量=20kg/10a×0.25回=5kg/10a/年……(②-3)

合計=(②-1)+(②-2)+(②-3)=43.6kg/10a/年……(②)

となり、土壌蓄積量+溶脱量+揮散量は

=①-②=155kg/10a/年……(③)となる。

以上の要領で、第2, 8, 10表の値を用いて、各圃場について窒素収支を算出した(第6図)。この際、有機質肥料やボカシ肥料など、施用量が不明な場合は、通常の施用量で推定した。また、トマト、キュウリについては、収量も成分含有率も分析していないので、養分吸収量に関する文献<sup>16,35,40)</sup>を参考にし、

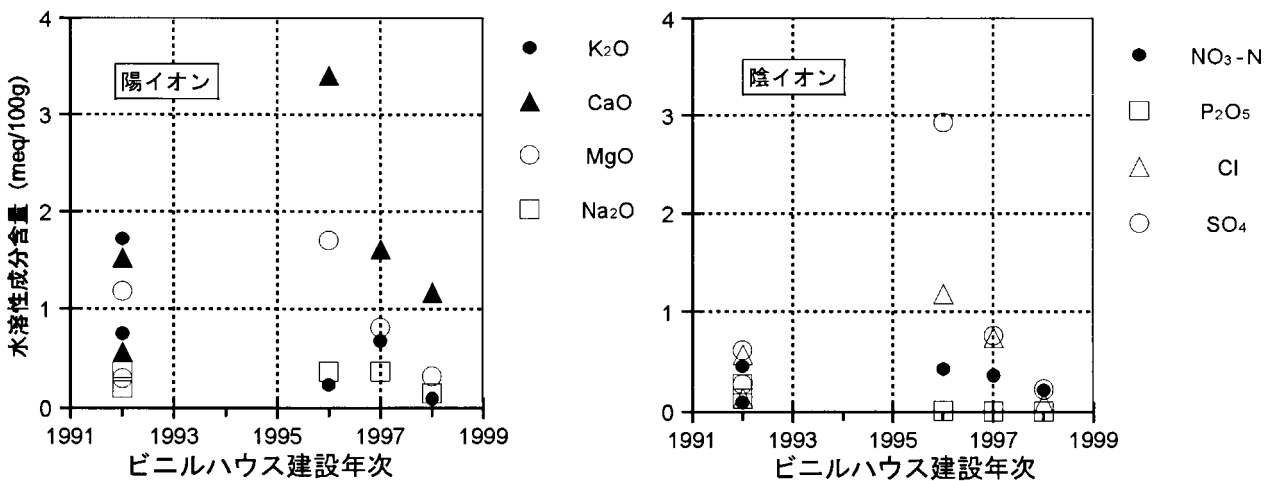
20kg/10aとした。これによるといずれの圃場も投入量が吸収量を大きく上回っており、土壌蓄積量+溶脱量+揮散量がかなりあることになる。

このように家畜糞を多量に施用した場合の例の一つとして、小川ら<sup>32)</sup>は農業試験場内で10年間乾燥豚糞を連用した土壌を詳細に調査し、糞から無機化した硝酸態窒素が地下水を汚染していると推定している。

#### 4 論議

有機栽培においては、化学肥料主体の栽培と異なり、土壌中の個別の成分の不足のみを補う手段が著しく制限される。必須成分のうち、窒素に関しては、リン酸やカリ含量の高い家畜糞に偏重せず、窒素のみが高いナタネ油粕やダイズ油粕のようなものも併用することや、C/Nが高いイネわらやムギわらなどの未分解有機物の施用によって、無機態窒素を有機化させて溶脱しにくくすること、場合によっては無肥料栽培も必要であろう。この場合、イネわらやムギわらなどを一時的に多量施用すると、窒素飢餓により初期成育が遅れる恐れがある。また、ナタネ油粕やダイズ油粕の多量施用は、これらに含まれる易分解性窒素の割合が高いために、かえって窒素の溶脱を促進させる恐れがある。そこで、これらの施用に当たっては、適切な土壌診断に基づいて行う必要がある。これにより生産性を維持しつつ過剰窒素を減らし、環境保全に繋がると考えられる。

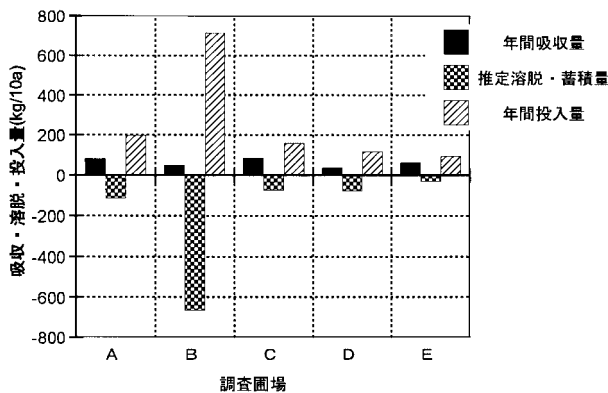
山田ら<sup>47)</sup>は、有機栽培を行う場合には、地力の維



第5図 ビニルハウス建設年次と水溶性成分含量との関係

第10表 窒素収支の推定に用いた値

圃場	投入資材の種類	N (%)	投入N量 (kg/10a/年)	作物の種類	収量 (t/10a)	N (%)	作付回数	吸収量 (kg/10a/年)
A	発酵牛糞	0.81	32.4	コマツナ	2	0.42 <sup>19)</sup>	4	33.6
	ボカシ肥	3.8	76	トマト	—	—	0.25	5
	発酵鶏糞	6.0	90	キュウリ	—	—	0.25	5
B	牛糞堆肥	1.6	640	ミズナ	2	0.42 <sup>19)</sup>	6	50.4
	有機肥料+油粕	5	76					
C	牛糞堆肥	1.6	160	コマツナ	2	0.42	4	33.6
				ミズナ	2	0.42	5	42
D	ボカシ肥	3.8	45.6	コマツナ	2	0.42	2	16.8
	発酵鶏糞		72	杓ヅク	2	0.53	2	21.1
E	牛糞堆肥	1.6	43.2	コマツナ	2	0.42	2.5	21.0
	ボカシ肥	3.8	51.3	トマト	—	—	1	20
				キュウリ	—	—	1	20



第6図 窒素の投入，吸収，溶脱・蓄積量の推定

持・増強や物理性改善のための堆肥と、肥料的効果のためのナタネ油粕等の有機質肥料とを使い分け、その場合も堆肥の施用量は1作に10t/10a、年間20t/10aまでとすることが必要としている。本調査圃場においては、B圃場以外では牛糞堆肥の施用量は山田らの指摘している範囲に入っているが、牛糞堆肥よりも成分含量の高い発酵鶏糞が2圃場で併用されており、さらにボカシ肥料も3圃場で施用されている。こうした施用により各種成分の蓄積に繋がったと考えられる。

環境保全的な面から見ると、地下水に対する硝酸汚染の原因は、家畜糞の素掘り堆積が主要因であり、次に年間施用量の多い茶園が問題とされており、既

に法による調査と規制も始まっている。しかし、多くの野菜栽培圃場での年間施用量をみると、茶園に匹敵する施用量となっている。本報でも5圃場について窒素の収支を推定したが、窒素の少なくない割合が溶脱・蓄積・揮散されていることが推定された。困難な有機栽培に取り組んでおられる農家の皆様に敬意を表するとともに、環境保全的な面と有機栽培の生産安定化の両立が必要であると考えられる。そのための土壌管理技術の確立は簡単ではないが、多様な中山間農業生産形態の選択肢の一つとして確立することは、我々土壌肥料研究分野の責であると信ずる。

本調査研究によって、調査対象地点数は少ないものの、化学肥料を中心とした施肥体系圃場と有機栽培施肥体系圃場とでは、土壌の化学性の組成と特徴が異なり、特に、ビニルハウス栽培で、家畜糞を主体とした有機物のみによる施肥体系では、各種の肥料成分及び随伴成分が土壌に蓄積するとともに、肥料成分のアンバランスが生ずることが判明した。

「有機認証制度」においては、環境保全的な面は制限事項にはなっていない。しかし、本調査によれば、硝酸、リン酸、硫酸イオン、石灰、苦土、ナトリウム、塩素などが下層土まで溶脱している実態が明らかとなった。今後、「有機認証制度」に関してもこうした面の配慮による改善が望まれる。同時

に、現在進行中の我々の地域総合研究において、これらの点を克服し、環境に優しい有機栽培土壌管理指針を策定するための研究の必要性和方向性が明らかになったと考える。すなわち、野菜の窒素吸収量に見合った堆肥や有機質肥料の施用技術、過剰に土壌に蓄積した窒素の低減化と溶脱防止技術、牛糞堆肥や発酵鶏糞の施用に伴うカリやリン酸の溶脱・蓄積量の解明等がその主なものである。

これまでの日本の有機栽培の一つに自然農法がある。この方法は、家畜糞は用いず、作物遺体や雑草などの堆肥により養分を供給するものであった<sup>41)</sup>。本調査圃場のうちいくつかは自然農法をめざしているが、用いられている有機物は伝統的な自然農法とは全く異なる。米国でも状況は基本的に同じであり<sup>40)</sup>、「有機認証制度」<sup>48)</sup>においても各種の有機物資材が列挙されている。また全国で最初に県として有機無農薬栽培指針をまとめた岡山県でも<sup>4)</sup>、本調査圃場のように家畜糞に特化した施肥管理は見あたらない。ハワード<sup>19)</sup>は堆肥の作り方に関してインドール法を提案している。これは、家畜糞のみならず、各種の作物遺体や雑草などを混合堆積、切り返すものである。これは決して珍しいものではなく、日本においても昔から行われている方法である。

西尾<sup>27)</sup>は、日本型有機栽培の技術課題を検討し、雑草や落葉などで窒素、カリを確保し、リン酸補給のために家畜糞尿の利用や、3年に1回程度の水田化を提唱している。水田化は還元作用によって難溶性リン酸が有効化するからである。この場合水田化は上記のように連作障害対策としての効果もある。

また筆者は、微生物の種菌としての完熟堆肥と微生物のエサとしての未分解有機物との併用により、微生物密度が急速に高まると同時に、フロラが多様化することを認めた<sup>12)</sup>。関連して微生物のエサになりやすい雑草類としては、レンゲなどに加えて、ハギ、クズやササなどの有効性が古くから知られている<sup>1)</sup>。本地域は中山間であり、景観形成の面からも行政的な補助などにより、これらの雑草を有効利用する施策は考えられないだろうか？

一方、山田ら<sup>47)</sup>は、試験場内で牛糞堆肥のみによる有機栽培を9年間17作行い、この区は化学肥料のみの区よりもキャベツ、レタスの収量は劣り、タマネギは年度により一定の傾向が認められないとし、

同時にこの区は各種の有機、無機成分が蓄積して過剰域に達した成分もあることから、牛糞堆肥のみによる栽培は好ましくなく、堆肥と有機質肥料の併用が望ましいとしている。

また上沢は<sup>49)</sup>、全国の公立試験場で行われている土壌環境基礎調査の中間とりまとめを行い、化学肥料、有機物の連用が土壌・作物収量に及ぼす影響の全国的解析を報告している。それによれば、有機物施用区は化学肥料単用区に比べ有効態リン酸、交換性苦土およびカリが著しく増加し、交換性石灰はやや増加するとし、有機物の種類別に見るときゅう肥連用区で有効態リン酸の増加が著しいとしている。更に、きゅう肥の施用量と畑作物の収量指数（化学肥料区＝100）については、きゅう肥の2t未満では平均112、2～5tでは120と増加する、しかし5t以上では113と逆に2t未満と同等になるとしている。これらの結果が示している土壌の変化は、本報の結果と基本的に符合するものである。

## 5 今後の課題

今回の調査においては、農業改良普及センター担当者によると、同町で有機栽培を実施している圃場は本調査圃場である5圃場のみであるとのことであった。今後は、調査対象圃場を化学肥料栽培圃場や折衷的な圃場にも拡大するとともに、本調査圃場の継続的な推移の調査及び、上記の「差し水」を含む詳細な土壌断面調査や物理性、生物性の調査が必要であると思われる。

そして、養分供給量と野菜体内の成分分析による吸収量とのバランスの解析により、環境にも優しい有機栽培技術体系としてグレードアップするための解析研究と技術確立のための研究が、我々に課せられていると考えられる。

また、本調査においては、重要な成分であるホウ素の分析を行っていないが、塩類集積によりアルカリ化が進んだ土壌では、ホウ素の不可給化が予想される<sup>23)</sup>とともに野菜の品質低下の大きな要因となりうるので、今後の課題としたい。

さらに、池田ら<sup>15)</sup>、浦嶋ら<sup>44)</sup>や堀<sup>13)</sup>は塩類ストレスが各種の微生物フロラや活性に影響を及ぼすことを報告しているが、有機栽培では無機塩類のみの濃度ストレスを扱ったこれらの報告とは異なった結果

となることも想像に難くないものの、こうした点も今後の課題である。

## V 摘 要

中山間地域における野菜の有機栽培ビニルハウスの作土及び下層土の、主として化学性の実態を調査した結果、以下の土壌管理上の問題点・特徴が抽出された。

1 中山間地域の水田利用野菜栽培圃場の特徴として、礫層の出現により有効土層が浅い圃場が多かった。

2 土壌のpHは高めであり、EC、交換性陽イオンはほとんどが診断基準値を超えて高く、塩基バランスが悪化している圃場が多かった。

3 土壌のリン酸はビニルハウス建設年次の古い圃場で著しく含量が多く、これらの圃場では水溶性リン酸も検出され、下層土までリン酸が溶脱・集積している圃場が認められた。

重金属類は土壌汚染防止に関する基準値を超えている例はなかったが、過剰に含まれているリン酸によると推定される、亜鉛欠乏の恐れが認められる圃場があった。塩素は単独で過剰障害の恐れが認められる圃場があった。化学肥料を主とした施肥体系の場合とは異なり、硝酸カルシウムが主成分ではなく、硫酸イオンが水溶性陰イオンのうちで最も多く、ECを高めている主要因の1つであった。同時に、炭酸イオンの寄与率が高いことが推察された。

4 カリ、石灰、苦土が過剰に蓄積している圃場が多く、このうちカリ、苦土は水溶性の含量も高いことから、下層土まで溶脱・集積している圃場が認められた。ただし、化学肥料を主とした施肥体系の場合と比較すると、カルシウムが主成分ではあるものの、その寄与率は低くカリ、マグネシウムの寄与率が高かった。

5 作土の硝酸は多くの圃場で過剰であり、下層まで溶脱・集積している圃場が認められた。亜硝酸がガス障害発生の恐れのあるレベルに蓄積している圃場、及び潜在的にその恐れがある圃場が認められた。可給態窒素の含量は概して多く、数作を無窒素で栽培可能なほど蓄積している圃場も認められた。

6 環境保全の面から窒素の収支の推定を行ったと

ころ、投入窒素の30-90%が野菜に利用されず、溶脱・蓄積・揮散されていると推定された。

7 また、当町内で流通・使用されている主な堆肥中の肥料成分等の実態が明らかとなり、適正施肥法確立のための基礎資料が得られた。

8 以上の結果、有機栽培土壌では、化学肥料主体の場合と比較して化学性が大きく異なることが判明し、同時に小規模な中山間地域における有機栽培では、比較的画一的な対策で対応できる、大規模な平野・台地・丘陵地における化学肥料主体の場合とは異なる土壌・施肥管理指針が必要であることが明らかとなった。

## 謝 辞

本調査研究の実施に当たっては、京都府農業総合研究所環境部より美山町の土壌図<sup>24</sup>及び、地力保全基本調査土壌図解説書<sup>25</sup>を借用し引用させていただいた。美山町役場産業課の皆様、京都府京北農業改良普及センターの竹原進課長及び中澤尚技師には、調査農家圃場の選定と調査に当たっての案内及びアンケートの聞き取り調査について協力を頂いた。調査対象農家の皆様には、調査及びアンケートへの協力と土壌試料の提供を頂いた。

また、当部の四方平和部長及び総合研究第4チームの田中和夫チーム長、尾島一史主任研究官には、調査計画や聞き取り調査などについて助言・協力を、長澤鹿津子氏には土壌分析の支援を頂いた。

以上の皆様方に深く感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 安資農夫 1984. 緑肥使用方法書. 明治農書全集 10巻—土壌肥料—, 農文協, 東京. 229-261.
- 2) 安西徹郎1996. 土壌の化学性の診断方法と基準. 土壌診断の方法と活用. 農文協, 東京. 87-112.
- 3) 青葉高 1974. 生育のステージと生理, 生態. 農業技術体系野菜編7巻, ツケナ類. 農文協, 東京. 基24.
- 4) 中国地域野菜技術研究会岡山県支部 1988. 土づくりと施肥. 有機無農薬農産物栽培指針. 3-32.
- 5) 土壌標準分析・測定法委員会編 1986. 土壌標準



- 分析・測定法.pH:70-71, EC:74-76, 乾式燃焼法:77-85, 交換性陽イオン:155-160, MnO:221-224, 可給態窒素:122-124, 水溶性陰イオン, イオンクロマトグラフ法:140-147, CEC:150-154. 博友社. 東京.
- 6) 土壤環境分析法編集委員会編1997. 0.1M塩酸抽出法. 土壤環境分析法. 博友社. 東京.341-343.
- 7) 藤原俊六郎 1996. 化学性の診断結果と施肥設計. 土壤診断の方法と活用. 農文協, 東京. 126-130.
- 8) 藤原俊六郎 2000. 堆肥の品質分析について, 腐熟度についての考え方. 堆肥等有機物分析法. 日本土壤協会. 東京.1-13.
- 9) 藤原敏郎・工藤康将 2000. アンモニア態窒素優占茶園における土壤ECによる無機態窒素の推定. 平成11年度近畿中国農業研究成果情報. 中国農業試験場編. 425-426.
- 10) 堀兼明・森田儔・村松安男・森田儔・中村秀雄・鈴木徹司・河森武1979. 半促成トマトのしおれ症状防除に関する研究(第8報)夏期水田化が土壤微生物相に及ぼす影響.静岡農試研報 24:33-41.
- 11) 堀兼明・森田儔・中村秀雄・鈴木徹司・村松安男・河森武, 1979. 同上(第10報)夏期ビニルハウス密閉が土壤微生物相に及ぼす影響.静岡農試研報 24:48-53.
- 12) 堀兼明・村松安男・森田儔, 1980. 園芸作物培地の生産力と土壤微生物に関する研究.(第4報)各種有機物施用がトマトの褐色根腐病と土壤微生物相に及ぼす影響. 静岡農試研報 25:26-35.
- 13) 堀兼明 1991. 塩類集積土壤および消毒土壤の診断のための土壤微生物相指標. 農業研究センター編, 平成2年度総合農業の新技術127-133.
- 14) Howard A.著, 横井利直・江川友治・蜷木翠・松崎敏英共訳1985. 堆肥製法インドール方式. ハワードの有機農業 下巻. 農文協. 東京.38-41.
- 15) 池田順一・小林達治・高橋英一 1987. 共生窒素固定および土壤中でのアンモニア化成・硝酸化成に及ぼす塩類ストレスの影響. 日土肥誌 58:53-57.
- 16) 稲山光男1985.生育ステージと養分吸収. 農業技術体系. 農文協, 東京, 土壤施肥編6-①:技術174-176.
- 17) 岩田正久 1984. 置換性ナトリウム. 農業技術体系土壤施肥編, 農文協. 東京.4:基本143.
- 18) JIS K012297 1997.イオン電極測定法通則
- 19) 科学技術庁資源調査会編 四訂日本食品標準成分表準拠 1985. 食品成分表,野菜類. 一橋出版. 東京. 74-90.
- 20) 亀和田國彦 1991. 土壤溶液イオン組成からのECの推定とアニオン種の違いがECおよび浸透圧に及ぼす影響. 日土肥誌62:634-640.
- 21) 関東ハウス土壤研究グループ 1966. ハウス土壤の塩類集積の実態.農及園. 41:1451-1455.
- 22) 加藤哲郎 1996. 微量要素の診断. 土壤診断の方法と活用. 農文協. 東京. 104-111.
- 23) 加藤俊博1984. ホウ素. 農業技術体系, 農文協, 東京, 土壤施肥編4:基本160-161.
- 24) 京都府農業総合研究所 1976. 水田および畑地土壤生産性分級図. 京都府京北・船井東北地域.
- 25) 京都府農業総合研究所 1979. 地力保全基本調査土壤図解説書, 京北地域. 35-36.
- 26) 水野直治・南松雄 1980. 硫酸一過酸化水素による農作物中N, K, Mg, Fe, Mn 定量のための迅速前処理法. 日土肥誌51:418-420.
- 27) 西尾道徳 1997. 日本型有機栽培の技術課題. 農文協. 東京.256-274.
- 28) 野口正樹 1988. 転換畑への作物導入に当たっての留意事項. 水田利用高度化のための技術指針-近畿中国地域. 中国農業試験場編 234-237.
- 29) 農林水産省肥料機械課監修 1984. 土壤汚染に係る環境基準及び農用地土壤汚染対策地域の指定要件. ポケット肥料要覧. 農林統計協会. 東京 313.
- 30) 農林水産省肥料機械課監修2001. 地力増進法, ポケット肥料要覧. 農林統計協会. 東京358-368.
- 31) 農水省農業環境技術研究所編 1992.肥料分析法. ホルモン滴定法:16-18, バナドモリブデン酸アンモニウム法:34-37, 全カリ:43-45.
- 32) 小川吉雄・小川奎・千葉恒夫・泉沢直・石川実 1988. 乾燥豚ふんの多量施用が農業環境に及ぼす影響. 農及園 63:615-620.
- 33) 奥村正敏・山神正弘・東田修司 1997. 効果的な

- 土壌管理のための主要畑作物の輪作年限ならびに作付組み合わせ. 日土肥誌68:331-335.
- 34) Polemio M. and Rhoades J.D. 1977. Determining cation exchange capacity : A new procedure for calcareous and gypsiferous soils : Soil Sci. Soc. Am. J., 41:524-528.
- 35) 嶋田永生1976. 果菜類の養分吸収. 野菜の栄養生理と土壌. 農文協, 東京176-177.
- 36) 塩見文武・五島皓 1981. イオン電極法による桑園土壌中の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の同時浸出測定. 蚕試研究118: 21-27.
- 37) 静岡県農業水産部編 1976. 農耕地土壌の改善基準と土壌改良法. 農作物施肥基準 (五訂版) 229-239.
- 38) 宗林正・西田一平・平岡美紀・木村桐・瀬崎滋雄 1993. 奈良県における硫酸カルシウム集積土壌の分布とその特性. 奈良農試研報24:55-61.
- 39) 高橋英一・前島一宏・岡崎美晴 1997. カリウム供給量を変えて土耕栽培した葉菜類に対するナトリウムの施用効果. 日土肥誌. 68:363-368.
- 40) 武井昭夫1997. 養分吸収の特徴と施肥の考え方. 農業技術体系, 農文協, 東京, 野菜編 2 :追録 22号, 基335-338.
- 41) 宇田川武俊1998. 全国MOA自然農法産地支部連合会編, 有機物による土づくり. 農文協. 東京.65-79., 169-183.
- 42) 浦嶋泰文・塩見文武・須賀有子・堀兼明 2000. 家畜糞堆肥連用およびマルチ条件における土壌の化学性の垂直分布. 近畿中国農研100:3-7.
- 43) 浦嶋泰文・塩見文武・堀兼明2001. 家畜糞堆肥連用圃場におけるマルチを利用したダイコンの栽培. 近畿中国農研101:3-8.
- 44) 浦嶋泰文・須賀有子・福永亜矢子・堀兼明 2001. 画像解析による細菌の運動性解析. 日土肥誌72:85-87.
- 45) 上沢正志 1991. 化学肥料・有機物の連用が土壌・作物収量に与える影響の全国的解析. 農業技術46:393-397.
- 46) 渡辺和彦 1986. ガス障害の診断: 120-121., 窒素:197-202., 塩素・硫酸イオン:218-220., 亜鉛:175-178., ニッケル:183-188.原色生理障害の診断法 農文協. 東京.
- 47) 山田裕・鎌田春海 1989. 有機農業の技術的評価 (第1報) 有機栽培が野菜の収量および土壌に及ぼす影響. 神奈川農総研研報 131:1-13.
- 48) 有機農産物の日本農林規格 1999.
- 49) 全米研究協議会リポート. 1992. 久馬一剛・嘉田良平・西村和雄監訳, 代替農業, 自然農法国際研究開発センター. 農文協. 東京186-200.

# Soil Chemical Characteristics of Organic Farming Vegetable Fields

Kaneaki HORI, Ayako FUKUNAGA, Yasuhumi URASHIMA\*,  
Yuko SUGA and Jun-ichi IKEDA

## Summary

Soil chemical characteristics of organic farming vegetable fields in the plastic film green house were investigated. All fields were not applied chemical fertilizer but only cattle or hen feces or organic fertilizer. Five fields were investigated. Soil samples were collected from plowed layer and subsoil layer. Soil chemical characteristics of organic farming fields were different from chemical fertilizer farming fields. Problems of soil management on organic farming fields were summarized as follows.

- 1) The effective depth of soil were 22-35 cm caused by appearance of gravelly layer except one field.
- 2) While pH were adequate, soil electric conductivity and exchangeable cations content were high and cation balance were not adequate on several field. Sulfate was one of the major component causing high soil electric conductivity.
- 3) The amount of accumulated available phosphorus and exchangeable cations were correlated with cropping period. On several fields, water soluble phosphorus was also detected on plowed layer and subsoil layer.
- 4) Zinc deficiency, NO<sub>2</sub> excess or chloride excess were detected on some fields.
- 5) High accumulation of available nitrogen were observed on some fields.
- 6) The estimation to the nitrogen input-output balance analysis showed that 30-90% of nitrogen were leached or accumulated or volatilized.