

## レタス栽培における硝酸塩含量の実態調査及び低減化へ向けた肥培管理法

大井義弘 大津善雄 芳野豊<sup>1)</sup> 寺田光明<sup>1)</sup>

キーワード：レタス，硝酸塩，硝酸化成抑制，堆肥，減化学肥料栽培

Investigation of actual conditions of Content of nitrateit and Manure method for nitrate decrease making in lettuce cultivation

Yoshihiro OHI Yoshio OHTU Yutaka YOSHINO Mituaki TERADA

### 目 次

1. 緒 言	54
2. レタス栽培における硝酸塩含量の実態調査	54
1) 目的	54
2) 調査方法	55
3) 結果及び考察	55
3. レタスに対する硝酸化成抑制剤入り肥料の肥効確認試験	57
1) 目的	57
2) 調査方法	57
3) 結果及び考察	58
4. レタスの肥料代替効果を考慮した減肥栽培技術	59
1) 目的	59
2) 調査方法	59
3) 結果及び考察	60
5. 総合考察	64
6. 摘 要	66
7. 引用文献	66
Summary	67

## 1. 緒言

野菜生産現場は、各産地間競争の激化、農産物価格の低迷に伴い、経営安定のため多収穫生産を目的とした化学肥料、とりわけ窒素多肥栽培の傾向にある。野菜生産にあたって過剰の窒素を施肥すると、土壌中の窒素量が増加し、植物が必要とする以上に硝酸を吸収した場合や、光合成代謝が不十分な場合、硝酸塩含量が植物体内で増加するといわれている<sup>1)</sup>。

硝酸イオンそのものの人体に対する急性毒性は大きくはないが、体内で還元されると亜硝酸となり、メトヘモグロビン血症や発ガン物質であるN-ニトロソ化合物を生成させるなどの毒性をおびるとされており、食の安全という面から、野菜の硝酸塩含量が危惧されるに至っている<sup>1)</sup>。

硝酸塩とガンとの関係についてイギリス等で、施肥と胃ガンとの関係、地域の飲料水と胃ガンとの関係、高い硝酸塩に曝露されている硝酸塩工場の労働者と胃ガンとの関係などの報告があるが、いずれも相関ははっきりしていない<sup>2)</sup>。高濃度の硝酸塩の摂取が、乳幼児のブルーベビー症を引き起こすことは知られているが、その他の危険性についての具体的事例はない。

このように硝酸塩の危険性について肯定、否定の報告が数多くある。一方で、野菜は健康面で食物繊維やビタミンといった有用な栄養補給源であり、食生活に必須な食品である。ただし、日本人の1日の硝酸塩摂取量は200~400mgであり、欧米人の50~140mgにくらべて高い。とりわけ、硝酸塩摂取のほぼ9割が野菜類<sup>3)</sup>であることを考えると、品質や収益性を損なわない範囲まで、硝酸塩を低減化する取り組みは、必要不可欠である。

硝酸塩における現況の情勢について、EUでは以下のような制限規制を設けている(表1)<sup>4)</sup>。

表1 EUにおける硝酸イオン濃度規制

食品	収穫時期	上限値(mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /kg)
ほうれんそう	11月~3月に収穫されるもの	3,000
	4月~10月に収穫されるもの	2,500
加工済みほうれんそう・冷凍ほうれんそう		2,000
結球レタス	10月~3月に収穫されるもの	施設 4,500
	4月~9月に収穫されるもの	施設 4,000 露地 3,500 2,500
その他のレタス(サラダ菜、サニーレタス、コスレタス等)		施設 2,500
		露地 2,000

(Commission regulation NO 563/2002引用)

また、国内では、現在北海道がほうれんそうの硝酸塩含量の目標値を3000ppm以下と設定している。マスコミ、インターネット等では野菜の硝酸塩についての情報が、最近大きく取り上げられており、硝酸塩を品質の1項目として取り上げている量販店や飲料製造業者も増えつつある。

生産者サイドの取り組みとして、施肥方法や施肥量を変更したり、簡易検査キットを使って硝酸塩の含量をチェックする態勢を整え、硝酸塩を減らす活動をおこなっている意欲のある農家や生産法人等も、少なからずでてきている。

そこで、消費者から安全・安心な野菜産地の評価を得ながら、消費者ニーズに対応した野菜産地の構築を進めるため、本県推進品目でもあるレタスにおける現状の安全性(硝酸塩含量)の実態把握、並びに化学肥料削減や施肥法により硝酸塩含量低減化技術の実証試験を遂行した結果、2、3の知見が得られたので、その内容について報告する。

また、試験遂行に当たりご協力いただいた現雲仙市農林水産課(旧南串山町農林水産課)・島原農業改良普及センター、並びに担当農家の吉田吉夫氏に対し、深甚なる感謝の意を表します。

## 2. レタス栽培における硝酸塩含量の実態調査

### 1) 目的

長崎県産のレタスについて硝酸塩含量及び施

肥量や土壌養分等を調査し、これらの関係を明らかにし、硝酸塩を低減化するための技術開発に資

する。

2) 調査方法

調査地域は本県レタス主産地である雲仙市(2005年産栽培面積312ha)の黄色土地域と島原市(2005年産栽培面積160ha)の黒ボク土地域で行った。調査圃場は年内どりレタス、年明けどりレタスとも11箇所(黄色土8, 黒ボク土3)で、調査箇所1地点につきレタス5株を採取し、分析に供した。

調査は、年内どりレタスの収穫時期にあたる2004年12月6, 14, 26日、年明けどりレタス収穫時期にあたる2005年4月14, 20日に行った。聞き取り調査は調査圃場の施肥量、堆肥の種類や施用量、レタス品種名等について行った。

レタス体内の硝酸含量についてはミキサード粉砕希釈後、小型反射式光度計(RQフレックス)で測定した<sup>5)</sup>。なお、レタス植物体硝酸含量について同一試料を用い小型反射式光度計とイオンクロマトグラフィーで分析比較した結果、双方の相関は高く、小型反射式光度計による測定は、レタスの簡易分析法として評価できることを確認した(図1)。

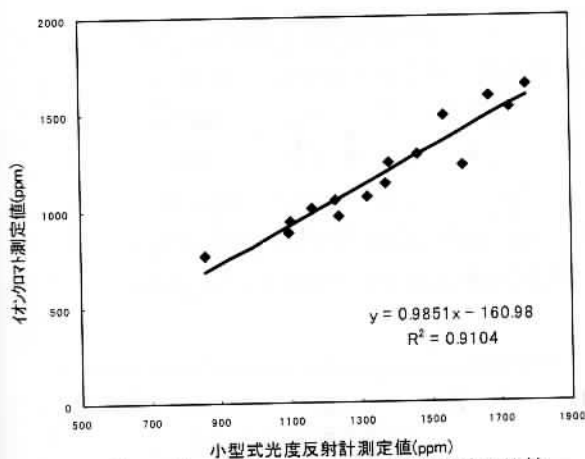


図1 レタス植物体中NO<sub>3</sub>における分析値の比較

植物体中の全窒素はCNコーダー法、塩基は硝酸一過塩素酸分解・原子吸光法、リン酸はバナドモリブデン酸法、土壌については、pH(H<sub>2</sub>O)は2.5倍水浸出、ECは5倍水浸出、アンモニア態窒素濃度および硝酸態窒素濃度は1N-KC1浸出後プレムナー蒸留法で行った。全窒素はCNコーダー法、交換性塩基はショーレンベルガー法・原子吸光法、可給態リン酸はトルオーグリン酸法を用いた。

3) 調査結果及び考察

アンケート調査の結果、施肥量は年内どりレタスで平均26kg/10a、年明けどりレタスで22.5kg/10aであり、年内どりレタスが多い傾向にあった(表2)。年内どりレタスでは、栽培期間が9月~12月中旬と短いことから初期の温度の高い時期に大きく育てたいため、いかに肥効を高めるかが収量増につながるとの考えが現地圃場に定着していると推察された。

堆肥の種類については、黄色土地域で鶏ふん主体の堆肥、黒ボク土地域で牛ふん主体の堆肥が多く用いられていた(表2)。鶏ふん堆肥を選定した理由は栄養生長型野菜であるレタスの土作りというより鶏ふんの高い肥料分を期待できるためと考えられた。また、黒ボク土地域での牛ふん堆肥利用の理由は、レタス後作に大根等栽培上過剰施肥による品質低下しやすい作物を輪作体系に組み入れている関係上、鶏ふんは使いづらいためと考えられた。

表2 アンケート調査結果

NO	品種	資材名	堆肥		土性	
			量	肥量		
			t/10a	kg/10a		
年内 どり レ タ ス	1	スティイー	鶏ふん	2	28.0	黄色土
	2	アストラル	鶏ふん	4	28.6	黄色土
	3	アストラル	鶏ふん	2	28.0	黄色土
	4	スティイー	鶏ふん	2	28.0	黄色土
	5	ハスラー-2	牛ふん	2	30.8	黄色土
	6	F1975	鶏ふん	1	28.0	黄色土
	7	早生サリナス	鶏ふん+チップ	1.5	28.0	黄色土
	8	ラップトール	鶏ふんペレット	0.2	24.0	黄色土
	9	スティイー	モカウ牛ふん	2	24.0	黒ボク土
	10	マイヤー	モカウ牛ふん	2.5	19.2	黒ボク土
	11	スティイー	モカウ牛ふん	2	19.2	黒ボク土
平均			鶏64%牛36%	1.9	26.0	
年 明 け ど り	1	シルル	鶏ふん	3.0	26.0	黄色土
	2	マイヤー	鶏ふん	0.8	24.0	黄色土
	3	ツララ	鶏ふん	1.0	26.0	黄色土
	4	ゼウス	鶏ふんペレット	0.2	30.0	黄色土
	5	YL219	前作鶏ふん	1.2	24.0	黄色土
	6	シルル	前作鶏ふん	1.6	15.0	黄色土
	7	マイヤー	前作鶏ふん	1.0	26.0	黄色土
	8	ラップトール	前作鶏ふん	0.8	19.2	黄色土
	9	スティイー	牛ふん	3.0	14.4	黒ボク土
	10	スティイー	牛ふん	2.0	19.2	黒ボク土
	11	スティイー	鶏ふん	1.3	24.0	黒ボク土
平均			鶏73%牛27%	1.4	22.5	

植物体中の硝酸含量(ppm)は年内どりレタスが平均1,366、最高1,796、最低928であった。年明けどりレタスが平均1,103、最高1,411、最低514の範囲であり、年内どりレタスの方が高い傾

向にあった（表3）。

施肥量との関係では、年内どりレタス栽培で窒素施肥量が多いほど硝酸含量が多くなる傾向がうかがえた（図2）。しかし、年明けどりレタスにおいて施肥量との関係は判然としなかった（図3）。栽培期間が短い年内どりレタスでは年明けどりレタスに比べ、施肥養分が生育に大きく関係していることが推察された。

レタス収穫時の土壌養分の実態に示すとおり土壌中の硝酸態窒素濃度は圃場ごとにバラツキがあり、高いところで20mg/100gを超える圃場もあったが、植物体中の硝酸含量との関係は判然としなかった（データ省略）。窒素以外の交換性塩基及び可給態リン酸については土壌中に過剰集積していた（表4）。

表3 レタス植物体中の無機成分含量

		硝酸含量 (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppmFW)	DW %				
			T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO
年内どりレタス	最大値	1796	4.54	1.84	6.04	0.29	0.55
	最小値	928	2.89	1.06	3.17	0.20	0.39
	平均	1366±194	3.53	1.48	4.38	0.25	0.45
年明けどりレタス	最大値	1411	4.29	1.81	4.81	0.21	0.34
	最小値	514	2.35	1.00	3.22	0.14	0.23
	平均	1103±247	3.09	1.44	4.07	0.18	0.30

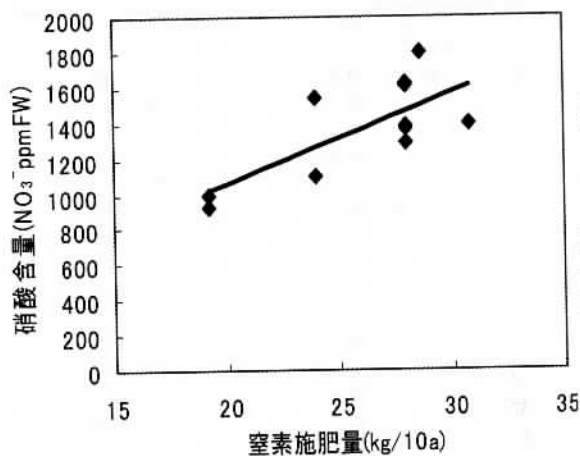


図2 年内どりレタスにおける窒素施肥量と硝酸含量

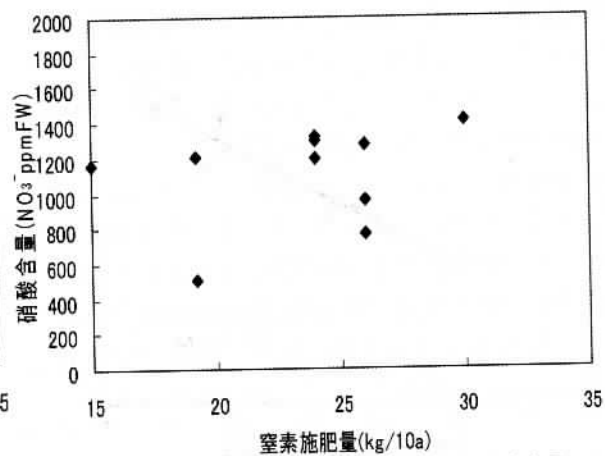


図3 年明けどりレタスにおける窒素施肥量と硝酸含量

表4 レタス収穫後の土壌養分の実態

	pH	EC	NH <sub>4</sub> -N		NO <sub>3</sub> -N	T-N	T-C	Tru-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	H <sub>2</sub> O	mS/cm	mg/100g		mg/100g	%	%	mg/100g
年内どり	5.9±0.8	0.37±0.48	1.3±2.4	4.3±3.7	0.22±0.07	1.9±0.8	206±67	
年明けどり	5.7±0.7	0.51±0.38	4.3±10.2	13.0±9.4	0.17±0.06	1.8±0.6	154±69	
	CEC	Ex-CaO	Ex-MgO	Ex-K <sub>2</sub> O	石灰飽和	塩基飽和	Ca/Mg	Mg/K
	me	mg/100g			度 %	度 %		
年内どり	15.2±3.1	401±224	45±10	112±70	98±59	128±58	6.5±3.3	1.3±0.9
年明けどり	15.5±3.0	584±209	77±34	106±60	133±40	171±48	5.7±1.1	2.1±1.1

※年内どり:2004年12月、年明けどり:2005年4月

### 3. レタスに対する硝酸化成抑制剤入り肥料の肥効確認試験

#### 1) 目的

硝酸化成抑制剤入り肥料は土壌中での硝酸化成作用を抑制して、土壌に吸着しやすいアンモニア態の形で長期間維持することで窒素流亡軽減が期待できる。レタスでは NO<sub>3</sub>-N に対して NH<sub>4</sub>-N を著しく多く吸収した<sup>6)</sup> という但野らの報告がある。このようなことからレタスの窒素吸収特性を生かし、硝化抑制剤(ジシアンジアミド)入り肥料を施肥することで窒素低減の可能性について検討した。

#### 2) 試験方法

試験場所は諫早市貝津町の当試験場内圃場で、土壌は細粒黄色土の条件で行った。供試品種については2002年度、2003年度ともステディーを用いた。2002年度は播種日：9月4日、施肥日：9月24日、定植日：9月25日、収穫日：11月28

日であった。2003年度は播種日：9月4日、施肥日：9月26日、定植日：9月29日、収穫日：11月24日の2年間で調査し、試験規模は1区20m<sup>2</sup>2反復、栽植密度畦幅140cm、株間30cm(3条千鳥植)、黒マルチング栽培とした。試験肥料として、硝酸態窒素含量が6.2%と高く、ジシアンジアミドを1.1%含んだ肥料(以降A肥料)、アンモニア態窒素成分が高くジシアンジアミドを3.1%含んだ肥料(以降B肥料)、慣行肥料として市販の配合肥料を用いた(表5)。試験区の構成は慣行窒素施肥量に比べA、B肥料の20%減肥、40%減肥区を設定した(表6)。2002年度は堆肥を施用せず、肥料としての効果の確認、2003年度は堆肥を施用し、その組み合わせによる堆肥の肥効を考慮に入れた施肥量で設定した。

表5 供試肥料の保証成分(%)

供試肥料	全窒素	アンモニア態	硝酸態	尿素態	有機態	ジシアン態	全カリ	全リン酸
A肥料	14.0	7.1	6.2			0.7	10	10
B肥料	20.0	15.0		3.6		1.4	4	6
慣行肥料	14.0	10.0	1.5		0.32		12	10

\* 窒素施肥量は慣行でH14年:26kg、15年:20kg/10a施肥し供試肥料は各々20、40%減肥

\* 堆肥はH14年無施用、H15年は牛ふん堆肥2t/10a(T-N:現物当たり0.6%)施用

表6 試験区の構成

NO	窒素施肥量 試験区	(kg/10a)							
		2002年度				2003年度			
		TN	(AN	NN	DdN)	TN	(AN	NN	DdN)
1	A肥料20%減肥	20.8	(10.5	9.2	1.1)	16.0	(8.1	9.4	1.3)
2	A肥料40%減肥	15.6	(7.9	6.9	0.8)	12.0	(6.1	7.0	0.9)
3	B肥料20%減肥					16.0	(12.0	-	2.4)
4	B肥料40%減肥					12.0	(9.0	-	1.8)
5	慣行	26.0	(18.6	2.8	-)	20.0	(14.3	2.1	-)
6	無肥料	0	(0	0	0)	0	(0	0	0)

\* 堆肥について2002年度は全区とも無施用、2003年度は2t/10aモミガラ牛糞堆肥施用

3) 結果及び考察

2002年度、2003年度ともレタスの収量はA肥料及びB肥料を用い20%減肥、40%減肥しても、慣行肥料栽培と同等程度となった（表7）。

レタス地上部の窒素含量及び吸収量はA肥料

を用い20%減肥した区や慣行区で他区より高かった。肥料由来の見かけの窒素利用率でA及びB肥料を用い40%減肥した区がそれぞれ52.3及び54.4%と高くなり、収量も維持できた。このことから40%減肥の可能性も示唆された（表7）。

表7 レタスの収量及び窒素吸収量

試験区	全収量		球収量		窒素含量		窒素吸収量		肥料由来の見かけの窒素利用率 <sup>1)</sup> %	
	kg/a		kg/a		%		kg/10a			
	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
A肥料20%減肥	428 <sup>a</sup>	614 <sup>a</sup>	293 <sup>a</sup>	403 <sup>a</sup>	3.1	3.3	7.6	8.3	35.1	46.6
A肥料40%減肥	415 <sup>a</sup>	575 <sup>a</sup>	283 <sup>a</sup>	386 <sup>a</sup>	2.8	3.1	7.0	7.5	42.9	52.3
B肥料20%減肥		563 <sup>a</sup>		380 <sup>a</sup>				7.2		39.6
B肥料40%減肥		547 <sup>a</sup>		373 <sup>a</sup>				7.4		54.4
慣行	455 <sup>a</sup>	566 <sup>a</sup>	273 <sup>a</sup>	384 <sup>a</sup>	3.1	3.4	9.3	8.0	34.6	35.5
無肥料	19 <sup>b</sup>	66 <sup>b</sup>			1.4	2.0	0.3	0.9		

1) (各肥料区の窒素吸収量 - 無肥料区の窒素吸収量) / 窒素施肥量 × 100

\*a,bは異符号間で有意差あり

10月24日の生育中期においてA肥料を用いた区は植物体中の硝酸含量が高くなったが、B肥料を用いた区は低かった。収穫時には、慣行区の硝

酸含量が最も高く、A及びB肥料における異なる肥料形態からの硝酸含量の差は判然とせず、施肥量が少ない区ほど硝酸含量は低くなった（図4）。

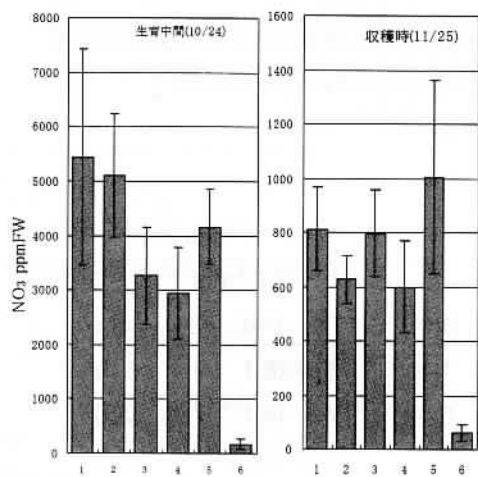


図4 レタス植物中の硝酸含量 (2003)

土壌中のアンモニア態窒素濃度において慣行及びB肥料を用いた区は10月10日時に高くなりその後生育ステージが進むにつれ低下した。A肥料用いた区は急激な変化はなく、レタス生育期間中、5~10mg/100g 内で安定し、その後収穫時期に最も低下した(図5)。

土壌中の硝酸態窒素濃度についてA肥料を用いた区は栽培ステージ前半に高くなり、その後収穫時まで低下する傾向となった。B肥料を用いた区は生育期間中5mg/100g以下で推移した。慣行区は生育が進むにつれ硝酸態窒素濃度が高くな

った(図6)。

この結果から、生育中期にあたる10月24日のA肥料区のレタス植物体中の硝酸含量が高くなった要因として、土壌中の硝酸態窒素濃度が高くなったためと考えられる。収穫時期の植物体中の硝酸含量は慣行区の土壌中の硝酸態窒素濃度が高いため、高くなり、他の区は土壌中の硝酸態窒素濃度が低いほど、硝酸含量も低下した、このことから土壌中の硝酸態窒素濃度の影響が植物体中の硝酸含量の増減に関係していると考えられた。

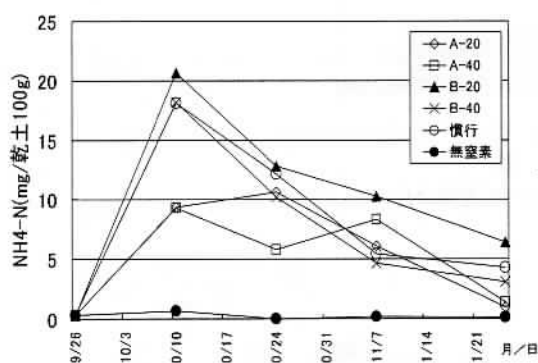


図5 レタス栽培期間における作土中のアンモニア態窒素濃度(2003)

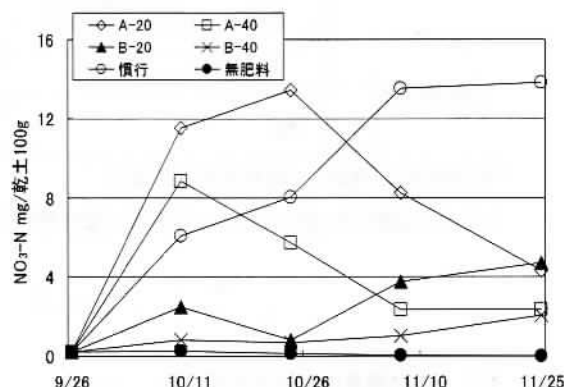


図6 レタス栽培期間における作土中の硝酸態窒素濃度(2003)

#### 4. レタスの堆肥代替による減肥栽培技術

##### 1) 目的

近年、化学肥料の削減への取り組みが野菜産地でも進んでいるが、堆肥については現在、施肥養分として十分考慮に入れられていない。前述のとおり実態調査においても堆肥の投入量は多い傾向にある。多量の堆肥を投入した場合、肥料を減らしても野菜中の硝酸含量は低下しない場合も見受けられる。植物体中の硝酸含量を低減させるためには肥料削減のみでは難しく、堆肥中の肥効も考慮した総合的な養分管理が必要と考える。そこで、レタスにおいて体内硝酸塩含量の軽減を図るとともに安定収量を維持できる総合的肥培管理法を確立するため、レタスの窒素吸収特性に適した堆肥施用と肥料を組み合わせる技術について検討した。

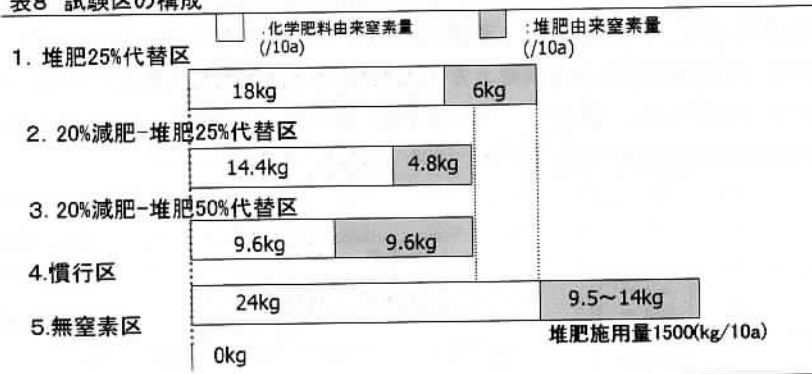
##### 2) 試験方法

試験場所は長崎県雲仙市のレタス連作期間15年経過した現地圃場で2004年、2005年の2年間、2006年はレタスを作付けした前歴のない現地圃場で行った。土壌条件は安山岩を母材とする細粒黄色土。供試品種は「シルル」である。表8に試験区の構成及び化学肥料施肥量及び堆肥からの推定窒素供給量を示している。ここでの堆肥からの窒素供給量はレタス栽培期間中における堆肥の肥効を30%と想定して算出した。供試した鶏ふん由来堆肥の成分については表9に示した。試験は2連制で行った。栽植密度は株間35cm、条間35cm、畝幅80cmとした。2004、2005、2006年度順に、定植は10月4日、12月2日、11月30日、収穫は12月6日、3月10日、3月12日

である。土壌、植物体、堆肥の分析方法は、2. レタス栽培時における硝酸含量の実態調査 2) 調査方法、と同様である。試験と並行して、レタス栽培期間中における鶏ふん由来堆肥の窒素溶出

率を把握するため、ガラス繊維ろ紙法を用い、試験で供試した鶏ふん由来堆肥原体 5g と黄色土 10g を混合した試料を2週間おきに採取し、残存窒素量をCNコーダー法により測定した。

表8 試験区の構成



\*肥効率30%と推定して堆肥施用量を算出

化学肥料は慣行に用いられている市販の配合肥料(14-12-10)を用いた

表9 供試鶏糞由来堆肥の成分量

施用年度	成分量						現物%	備考
	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	水分		
2004年度	3.08	3.38	3.12	1.20	8.62	30.7	プロイラー鶏由来	
2005年度	2.35	1.77	2.24	0.81	4.65	46.9	プロイラー鶏由来	
2006年度	2.11	3.12	4.87	1.78	19.69	20.4	採卵鶏由来	

※)2004、2005は担当農業者自家製、2006は市販品

### 3) 結果及び考察

年内どりレタス、年明けどりレタスとも堆肥で施肥窒素分を代替した3試験区ともに慣行区と

同等かそれ以上の全重、球重を得た(表 10、表 11)。

表10 年内どりレタスの収量(g/株) 2004年度

NO	試験区	2004年度	
		全重	結球重
1	堆肥25%代替	1075 ±191	775 ±138
2	20%減肥-堆肥25%代替	1220 ±213	854 ±129
3	20%減肥-堆肥50%代替	1151 ±217	819 ±167
4	慣行	1112 ±169	782 ±122
5	無窒素	686 ±203	447 ±163

表11 年明けどりレタスの収量(g/株)

試験区	全重		結球重	
	2005	2006	2005	2006
1	744±137	779±125	402±68	461±133
2	771±136	919±170	397±95	572±119
3	747±156	862±181	425±76	576±103
4	758±130	859±199	423±87	565±132
5	548±227	375±88	-	-



レタス結球部の硝酸含量において、年内どりレタスでは 20%減肥-堆肥 50%代替区が慣行区と比べ 200ppm 程度低くなった。年明けどりレタスについて 2005 年度での硝酸含量は、慣行区に比べ、堆肥の肥効を考慮した堆肥代替区とも 100ppm 程度低くなり、その中で 20%減肥-堆肥 25%代替区が最も低くなった。2006 年度で植物体中の硝酸含量は年内どりレタス同様 20%減肥-堆肥 50%代

替区が慣行区に比較して 200ppm 程度低くなり、ついで 20%減肥-堆肥 25%代替区となった(図 7)。また収穫時 5 日前の硝酸含量は収穫時より高くなった(表 12)。収穫の遅れは食感等品質低下をおそれるため現地でも気をつけているが、早期収穫は硝酸含量が高くなることから、適切な収穫時期の検討が今後必要である。

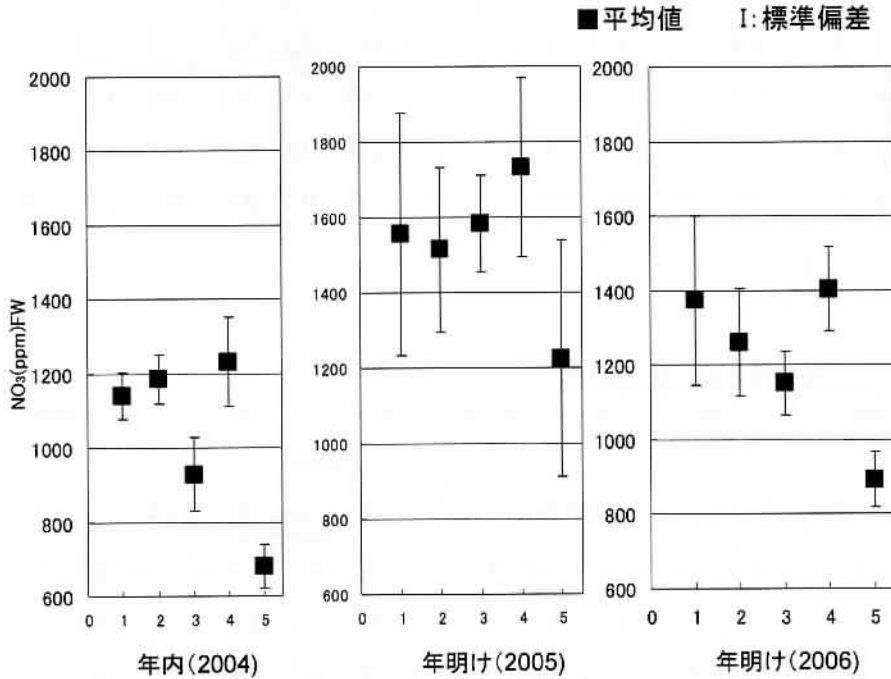


図7 レタス結球部の硝酸含量(現物当たり)

試験区	収穫前(12/1)	収穫時(12/6)
1. 25%代替区	1510 ± 528	1139 ± 62
2. 20%減肥-堆肥25%代替区	1501 ± 119	1185 ± 66
3. 20%減肥堆肥50%代替区	1132 ± 148	929 ± 97
4. 慣行区	1814 ± 710	1231 ± 120
5. 無窒素区	775 ± 393	680 ± 60

年内どりレタスでは植物体の全窒素含量で 20%減肥-堆肥 50%代替区が慣行区に比べ低かった。カリ含量は慣行区、ついで 20%減肥-堆肥 50%代替区の順と高くなり、カリ含量が高い堆肥施用

量の影響が示唆された。年明けどりレタスについてもカリ含量が堆肥の施用量が多いほど高くなった。他の窒素、リン酸、苦土、石灰については全区とも区間差は判然としなかった(表 13)。

年内どりレタスについて窒素吸収量は堆肥25%代替区で最も多くなったが、有意な差ではなかった。無肥料区以外のレタスの無機成分吸収量において、カリが堆肥施用量の多いほど多くなる

以外、処理間の顕著な差は見られなかった。年明けどりレタスのカリ吸収量についてもカリ含量同様、堆肥施用量が多いほど多くなる傾向であった（表14）。

表13 レタス植物体の無機成分含量(%)

NO	T-N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O			MgO			CaO			年度
	2004	05	06	2004	05	06	2004	05	06	2004	05	06	2004	05	06	
1	3.4	3.9	3.7	1.5	1.7	1.7	4.4	5.1	5.1	0.3	0.3	0.3	0.6	0.5	0.6	
2	3.4	3.9	3.5	1.5	1.7	1.6	4.7	5.4	5.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.4	0.6	
3	3.2	3.9	3.7	1.5	1.7	1.7	4.8	5.6	6.1	0.3	0.3	0.3	0.6	0.4	0.7	
4	3.5	3.8	3.5	1.6	1.7	1.7	5.5	5.7	5.7	0.3	0.3	0.3	0.7	0.5	0.6	
5	2.6	3.2	3.3	1.5	1.6	1.6	4.7	5.0	6.6	0.3	0.3	0.3	0.7	0.4	0.9	

表14 レタス植物体の無機成分吸収量(kg/10a)

	T-N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O			MgO			CaO		
	2004	05	06	2004	05	06	2004	05	06	2004	05	06	2004	05	06
1	9.2	8.7	8.7	4.2	3.8	3.9	12.2	11.4	12.0	0.8	0.7	0.7	1.6	1.0	1.5
2	10.1	9.0	9.2	4.5	3.9	4.2	13.9	12.4	13.7	0.9	0.7	0.7	1.9	1.0	1.5
3	9.6	8.3	9.2	4.5	3.6	4.2	14.3	12.1	15.2	0.9	0.7	0.8	1.7	0.9	1.7
4	9.5	8.5	8.7	4.5	3.7	4.2	15.2	12.7	14.0	0.9	0.6	0.6	1.8	1.1	1.4
5	4.4	5.5	4.6	2.6	2.7	2.3	8.0	8.4	9.2	0.5	0.5	0.5	1.1	0.6	1.2

年内どりレタス栽培期間の土壌のアンモニア態窒素濃度は生育前半、慣行、ついで堆肥25%代替の順で施肥量が多いほど高くなり、その後アンモニア態窒素濃度が緩やかに低下するに従い、硝酸態窒素濃度は増加し、その濃度も施肥量が多いほど高くなった。年明けどりレタスのアンモニア態窒素濃度、硝酸態窒素濃度も年内どりレタス同様施肥量が多いほど高く推移した。（図8，図9）。

土壌中の交換性カルシウムは2004年、2006年で堆肥施用量が多い慣行や20%減肥-堆肥50%代

替で多くなり、20%減肥-堆肥50%代替については土壌pHも上昇した。交換性マグネシウムの各区分間差は判然とせず、試験前に比べ各処理とも低下した。交換性カリウムは慣行や20%減肥-堆肥50%代替が多い傾向にあり、堆肥施用量の影響が大きいと考えられた。リン酸についてもカルシウムやカリ同様、慣行や20%減肥-堆肥50%代替が多い傾向にあった。全般に交換性塩基及び可給態リン酸は堆肥施用量の少ない20%減肥-堆肥25%代替区で少なかった（表15）。

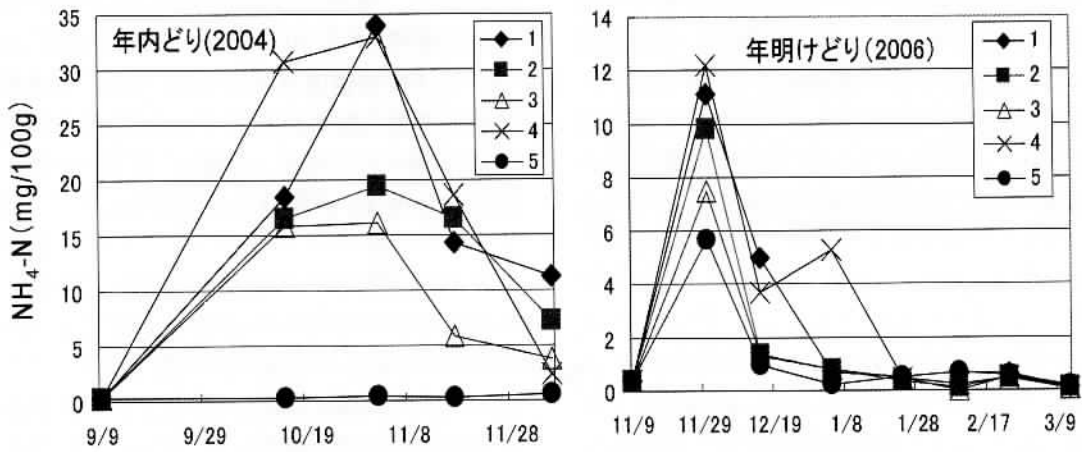


図8 土壌中のアンモニア態窒素濃度(株間)

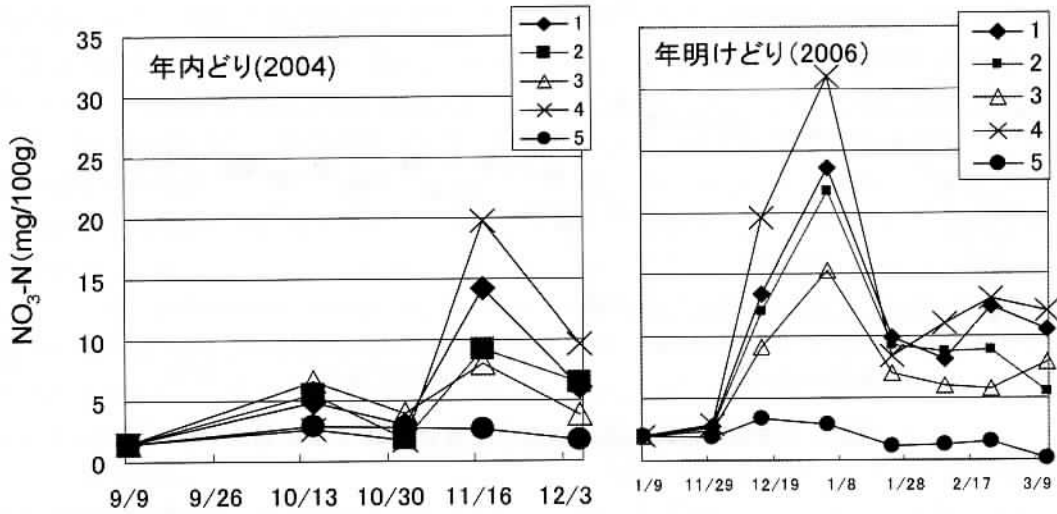


図9 土壌中の硝酸態窒素濃度(株間)

表15 土壌分析結果

	pH(H <sub>2</sub> O)			CaO			MgO			K <sub>2</sub> O			可給態リン酸		
	mg/風乾土100g														
	2004	05	06	2004	05	06	2004	05	06	2004	05	06	2004	05	06
試験前	6.4	6.3	5.0	535	410	146	104	46	90	121	132	95	198	180	191
1	6.0	5.5	6.0	561	373	354	52	48	44	127	145	124	215	183	220
2	6.3	5.0	6.0	526	377	307	53	47	38	115	140	101	225	155	216
3	6.5	5.7	6.6	638	370	436	50	54	50	131	151	137	241	193	235
4	6.1	5.1	6.0	674	377	385	59	51	39	131	169	136	224	193	229
5	6.8	5.6	5.5	413	320	155	44	40	26	99	113	61	220	175	189

年内どり栽培期間中での供試堆肥の窒素分解率（溶出率）は34%が1ヶ月で分解し、その後緩やかとなり、12月6日の収穫時で37.9%となり、窒素分解率は設計時に推定した30%より8%程度高くなった。年明けどりレタス栽培期間中での2005年度の供試堆肥の窒素分解率は20日後30%

であった。窒素の分解はそれ以降平衡状態となり、収穫時（3月10日）は、分析の結果、31.4%で、ほぼ推定値通りとなった。2006年度の供試堆肥の窒素分解率は8日で18.1%分解し、その後分解は緩やかとなり、収穫時（3月12日）の窒素分解率は30.6%となった（図10）。

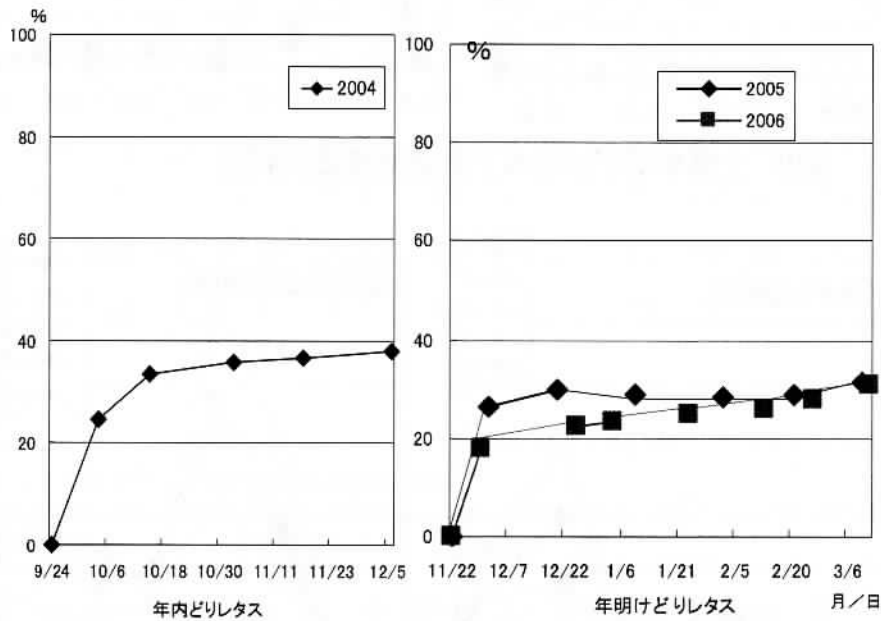


図10 レタス栽培時の供試堆肥の窒素分解率

## 5. 総合考察

本県主産地のレタスの硝酸含量はEUの制限値3,000ppmと比較するとかなり低く、安心できる数字であった。寄藤<sup>7)</sup>らが全国的に調査した結球レタスの硝酸含量は1060±480ppm、最大値2780ppm、地域別で九州は1330±639ppmと全国に比べ高い傾向の含量が報告されている。季節ごとの硝酸含量についても、本県の12月収穫の年内どりレタスは全国平均976±579より390ppm程度高く、3月収穫の年明けどりレタスが全国平均868±289より230ppm程度高い結果となった。地域条件等が異なり単純に比較するのは難しいが硝酸含量を一品質項目として位置づけられる場合、硝酸塩低減は本県のような温暖地域での重要

な課題と考える。

年内どりレタスの硝酸含量が年明けどりレタスよりも高い要因の一つとして施肥量の影響が考えられる。施肥量増＝硝酸含量増の関係は本報告の年内どりレタスの結果からも明らかであった。今後も、過剰な施肥窒素の系外流出抑制による環境保全型農業を進める上で、収量品質を低下させない範囲での施肥量の低減化を進めていく必要がある。

レタスのような露地野菜は土地利用型栽培のため、施設栽培に活用するリアルタイム診断による適宜追肥というような体系は難しく、基肥が収量及び硝酸塩含量に与える影響は大きい。

そのためにも、植物の養分吸収に沿った施肥を行うことで、肥料利用率を向上させ、過剰な硝酸含量吸収を抑制する土壌管理技術が必要である。

硝酸化成抑制剤入り肥料を用いた栽培技術については、香西ら<sup>8)</sup>がトンネルマルチ栽培(2~3月採り)で20%減肥しても慣行と同等の収量が得られたと報告している。12月収穫の年内どりレタスと栽培期間が異なるが、40%減肥でも収量性は慣行と同程度となり、かつ体内の硝酸含量も低下した。また、肥料の形態別に土壌中の無機態窒素濃度を測定した結果から、栽培期間中の硝酸態窒素濃度が高いと、レタス植物体内の硝酸含量が増加する傾向が示唆された。硝酸含量が高いA肥料では、生育中期の硝酸態窒素濃度が高く、この時期の植物体中の硝酸含量が多くなった。アンモニア態窒素濃度が高いB肥料については栽培期間中、土壌の硝酸態窒素濃度が低く抑制されたが、レタスは順調に生育し、植物体中の硝酸含量も生育中期及び収穫期について低く推移する。但野らの報告でも指摘されているように、レタスは硝酸態窒素濃度が低く、アンモニア態窒素が高い土壌でも、順調に生育できたことから、土壌中の硝酸含量を低く推移させるアンモニア主体の硝化抑制剤入り肥料は、レタスでは効率的な肥料であり、レタス植物体中の硝酸含量を低減化する肥料として有効である。

有機物補給の観点から、エコファーマー等の制度ができ現場でも有機物の利用が着目されている。しかし、現場では堆肥を投入すればするほど土作りになると過信し、'有機物施用増=環境に優しい'といった考えも根付いており、堆肥等有機物窒素供給量を考慮しない、間違った施肥体系が組み立てられている事例があるのも事実である。

鶏ふん堆肥の窒素代替による化学肥料施肥量の低減試験については、鶏ふんの肥効を考慮にいたが、鶏ふんで25~50%代替し肥料を削減することは体内中の硝酸含量低減を可能とするだけでなく、堆肥の肥効を窒素量に組み込むことで化学肥料由来の窒素施肥量を低減できる。しかし、30%窒素分解以外の残存窒素や、年次ごとの蓄積の影響については、今後の検討が待たれる。

一般的に鶏ふん由来堆肥の窒素溶出率は年間おおよそ60~70%といわれているが、この値を鶏ふん由来堆肥で代替するには原料、堆積様式等の

製造法、レタス栽培期間等の違いもあり、そのまま採用するのは適当でない判断した。そこで、鶏ふん堆肥の全窒素濃度によって肥効率が推定できるという棚橋、矢野らの報告<sup>9)</sup>を参考に30%の窒素分解率を想定したが、実測値も想定値に近い数字となった。今後、棚橋らの報告や鶏ふんの可吸態窒素量は30℃、1日培養後の無機態窒素濃度を用いて評価できるという、橋田らの報告<sup>10)</sup>などを利用して、鶏ふん堆肥の代替率を評価することは生産現場でより実用可能な技術であると考える。今後、簡易分析手法の開発や、堆肥の肥効を推定できる技術が進歩することで、硝酸含量低減化や地下水汚染対策に有効な技術となると考えられる。カルシウム等塩基含量の高い鶏ふん堆肥使用上の問題点として、レタスの硝酸含量を低下させ、堆肥による代替率を高め化学肥料の施肥量を抑えた20%減肥-堆肥50%代替区は、化学肥料由来の窒素施肥量低減の観点から推進されるが、2006年度の採卵鶏由来の堆肥を用いた試験からも分かるように土壌pH、交換性カルシウムやカリウムの上昇が懸念される。このことから鶏ふん堆肥施用量は堆肥の窒素代替率向上を目標として考える以外に、カルシウムやカリ等の土壌集積など、土壌環境の悪化を起こさない範囲で決定することが必要と考えられる。

現在、農業改良普及センターや農協を中心に土壌分析がおこなわれ土壌化学性を中心とした処方箋が作成されている。また、堆肥の肥料効果をシュミレーションするソフト<sup>11)</sup>や堆肥の肥効を簡易に分析する方法等の報告<sup>9) 10)</sup>がある。地力の評価についても多くの試験場で評価法の検討がなされている。今後、土壌診断及び堆肥肥効発現シミュレーションの進展と硝酸化成抑制剤入り肥料や局所施肥<sup>12)</sup>などの施肥法や堆肥や地力活用技術を融合させることが、生産現場の食の安全、安心及び環境保全型農業を進めるための今後の方向性と考える。

## 6. 摘要

本県レタス産地における硝酸含量の実態調査をおこなった。またレタス可食部の硝酸含量低減化に向けた施肥体系の改善策として、硝酸化成抑制剤入り肥料の検討、及び鶏ふん由来堆肥からの窒素供給効果を考慮に入れた施肥法について検討を行った。

- 1) レタス産地の実態調査の結果、結球部の硝酸含量は年内どりレタスで平均 1,366ppm、年明けどりレタスで 1,103ppm であり、EUの基準値 3000ppm 以下であった。
- 2) 年内どりレタスにおいて施肥量とレタス結球

部の硝酸含量の間には正の相関があったが、年明けどりレタスでは判然としなかった。

- 3) 硝化抑制剤入り肥料を用い、窒素成分を 40% 減肥した栽培では、収量は慣行並みに維持でき、レタス結球部の硝酸含量は低下した。
- 4) 慣行比 20%窒素減肥を想定し、その 25~50%を鶏ふん堆肥で代替しても、収量は慣行と同程度に維持でき、結球部の硝酸含量を低下させることができる。しかし、鶏ふん由来堆肥は、カリやカルシウム等塩基分が高い場合が多く、堆肥の代替率は、その分も考慮する必要がある。

## 7. 引用文献

- 1) 孫 尚穆・米山忠克, 野菜の硝酸・作物体の硝酸の生理, 集積, 人の摂取, 農業及び園芸, 71, 1179-1182, 1996
- 2) 越野正義, 硝酸塩の地下水・野菜での集積の問題, JA 全農肥料農薬部肥料技術普及課技術レポート
- 3) 田中章男, 食品中の硝酸レベルと健康問題, 公開シンポジウム土と水と食品の中の硝酸 (NO<sub>3</sub>) をめぐる諸問題講演資料, 49-51, 1998
- 4) commission regulation (EC), N0563, 2002 of 2 April 2002, Official Journal of the European Communities, 86, 5-6
- 5) 建部雅子, 米山忠克, 作物栄養診断のための小型反射式光度計システムによる硝酸及び還元型アスコルビン酸の簡易測定法, 日本土壤肥料学会誌第 66 巻, 第 2 号, 155~158, 1995
- 6) 但野利秋, 田中明, アンモニア態および硝酸態窒素適応性の作物種間差 (第 1 報) 生育初期におけるアンモニア態および硝酸態窒素選択吸収能と生育反応, 日本土壤肥料学雑誌, 第 47 巻, 第 7 号, 321-328, 1976
- 7) 寄藤俊介, 新畑雅企, 山村香織, 大津智子, 井口潤, 平松絹子, 鈴木千恵, 生本俊明, 宮武信, 佐藤耕一, 西山武夫, 鈴木忠直, 市販の国産野菜に含まれている硝酸濃度の実態調査, 日本食品化学工学会誌, 第 52 巻, 第 12 号, 2005, 12, 605~609
- 8) 香西清弘, 平木孝典, レタスの施肥法改善, 香川県農業試験場研究報告, 第 50 号, 7-12, 1998
- 9) 棚橋寿彦, 矢野秀治, 鶏ふん堆肥の窒素含量に基づく肥効推定法, 日本土壤肥料学会誌, 第 75 巻, 第 2 号, 257~260, 2004
- 10) 橋田安正, 茂角正延, 水落頸美, 採卵鶏由来鶏ふんの窒素成分と窒素無機化率との関係, 日本土壤肥料学会誌, 第 73 巻, 第 3 号, 263~269
- 11) 牛尾進吾・吉村直美・斉藤研二・安西徹郎, 家畜ふん堆肥の成分特性と肥料的効果を考慮した施用量を示す「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム」日本土壤肥料学雑誌, 第 75 巻, 第 1 号, 99-102, 2004
- 12) 野菜の硝酸イオン低減化マニュアル, 先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「野菜における硝酸塩蓄積機構の解明と低減化技術の開発」研究成果, 独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構野菜茶業研究所, 2006

## Investigation of actual conditions of Content of nitrateit and Manure method for nitrate decrease making in lettuce cultivation

Yoshihiro OHI Yoshio OHTU Yutaka YOSHINO Mituaki TERADA

### Summary

The actual condition of nitrate content included in lettuce was investigated in the lettuce cultivation home in Nagasaki Prefecture. Moreover, the manure method that took the examination of fertilizers containing nitrification inhibitor and the effect of the nitrogen supply from poultry waste compost into consideration was examined as an improvement plan of the manure system for making about acceptable food of lettuce decreases of nitrate content .

- 1) Nitrate content included in lettuce in acceptable food was 1366ppm that harvest within the year on the average and was 1,103ppm that harvest in the next year on the average, as an investigation of actual conditions result of the lettuce home. Those values were lower than 3000ppm that was the reference value of EU.
- 2) In the lettuce within the year, there was a positive correlation between the amount of applied nutrient and nitrate content of lettuce. However, there was no correlation in age dawning.
- 3) By using fertilizers containing nitrification inhibitor under the cultivation condition of reducing 40% of the amount of nitrogen, the yield of lettuce can be maintained at the habitual practice level, and nitrate content of lettuce acceptable food has decreased.
- 4) When you substitute 25~50% of the amount of manure of 20% decrease of the amount of the nitrogen manure from the habitual practice with poultry waste compost, the yield of lettuce can be maintained at the habitual practice level and nitrate content of lettuce acceptable food has decreased. However, there should be a lot of one of the compos0t of poultry waste compost with high bases such as potassium and calcium, and an alternative rate of compost consider the base.