

# 珪カルによる畑土壌の酸性改良<sup>\*</sup>

小川 吉雄・石川 実・石川 昌男<sup>\*\*</sup>

畑地における珪カルの酸性改良効果について、炭カルと比較検討した。

珪カルは炭カルに比べ初期 pH の上昇が遅く緩効的である。しかし、珪カルの粒度を70メッシュ

(目開き0.21 mm)より細かくすることにより、炭カルと同様に初期から pH が上昇した。

生育期間の長い作物では、炭カルと同等もしくは、それ以上の効果が認められた。

土壌からの溶脱試験では、珪カルは炭カルに比べて石灰の溶脱が少ない。

以上のことから珪カルの畑地施用にあたっては、利用目的に応じ、作物生育期間の長さ、施用時期など検討のうえ使用することにより、炭カル以上の効果があると思われる。

## I 緒 論

茨城県の畑土壌はほとんどが火山灰土壌で、これら火山灰土壌の大部分は酸性土壌であるため、これに起因する障害は大きく、つねに土壌の酸性および礬土性の矯正が問題となっている。その改良資材の一つとして従来から炭カルおよび消石灰が用いられて来たが、珪カルについて鬼鞍<sup>1)</sup>は礬土性の矯正に珪酸富化の効果があることを報告している。

そこで、著者らは炭カルの代替資材として珪カルを用いた場合の酸性改良の効果とその持続性、およびそれらに関連する珪カルの粒度の影響などについて試験を行った結果、2,3の知見を得たので報告する。

## II 畑作物の生育におよぼす珪カルの効果

火山灰畑土壌における珪カルの施用が土壌の酸性改良

ならびに畑作物の生育におよぼす影響を炭カルと比較検討した。

### 1 試験方法

供試土壌は農試畑土壌(腐植質火山灰土壌)で、その化学性を第1表に、供試作物および試験区の構成を第2表に示した。試験は、1/2,000アールポット3連制で行った。

各資材の施用量は、まず緩衝曲線法により pH(KCl) 6.0になるように炭カルの施用量を求め、珪カルのそれは炭カルのアルカリ度相当量とした。なお第1作の場合、炭カルとしては炭酸苦土石灰を用いたので、珪カル区には Mg(OH)<sub>2</sub> で苦土の補正を行った。

供試資材のアルカリ度は、炭カル(炭酸苦土石灰56%、炭酸石灰65%)、珪カル49%であった。

第1表 供試土壌の化学性

pH		Y <sub>1</sub>	T-N %	T-C %	CEC me/100g	置換性塩基 mg/100g			AV-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g	P吸	土性
H <sub>2</sub> O	KCl					CaO	MgO	K <sub>2</sub> O			
5.1	4.4	4.40	0.53	6.80	2.27	56.7	3.2	21.3	4.4	2,263	L

\* 本研究の概要は48年度土壤肥料学会関東支部大会(東京)で発表した。

\*\* 現県教育普及課

第2表 試験区の処理内容

系列 (作付回数)	供試作物 (品種) 処理区名	第1作	第2作	第3作
		46.9.16 ~ 46.11.13 レタス (グレートレックス366)	46.12.2 ~ 47.6.2 ビールムギ (関東2条3号)	47.7.6 ~ 47.9.20 インゲンマメ (新江戸川菜豆)
O (3)	無処理区	—	—	—
A (3)	炭カルA区	苦土炭カル(120)	残効	残効
	珪カルA区	珪カル(132) +Mg(OH) <sub>2</sub> (21)	"	"
B (2)	炭カルB区		炭カル(104)	残効
	珪カルB区		珪カル(132)	"
C (1)	炭カルC区			炭カル(53) (石灰飽和度75%)
	珪カルC区			珪カル(71) (石灰飽和度75%)

注)(1) ( )内はg/pot

(2) 施肥はN(硫酸)P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(過石)K<sub>2</sub>O(塩加)を各作ごとに成分として1g/pot 施用

第3表 各作目ごとの収量調査結果(炭カル,珪カルの初期pHの違いが生育におよぼす影響)

		播種月日	46年9月16日	46年12月2日	47年7月6日			
		栽培日数	60日	180日	70日			
系列 (作付回数)	処理区名	処理内容	レタス		ビールムギ		インゲンマメ	
			初期pH	生体重 g/株	初期pH	穂重 g/pot	初期pH	子実重 g/pot
A (3)	炭カルA区	苦土炭カル	6.2	62.0 (100)	5.7	52.3 (100)	5.8	18.8 (100)
	珪カルA区	珪カル+Mg(OH) <sub>2</sub>	6.7	145.8 (238)	5.8	65.7 (126)	5.9	24.1 (128)
B (2)	炭カルB区	炭カル			6.2	33.5 (100)	5.8	20.2 (100)
	珪カルB区	珪カル			5.6	40.3 (120)	5.7	20.5 (101)
C (1)	炭カルC区	炭カル (石灰飽和度75%)					5.9	14.3 (100)
	珪カルC区	珪カル (石灰飽和度75%)					4.5	13.2 (93)

注)(1) 各作付とも炭カル,珪カルは最初の1回施用のみ

(2) pHはN-KCl浸出

(3) ( )内は同系列の炭カル区に対する指数

## 2 試験結果

播種時の土壌 pH および収量調査結果は第 3 表のとおりである。

各系列の pH をみると、炭カル区では初期より目標とした pH ( 6.0 ) 値にはほぼ達していることが認められたが、珪カル区の場合は A 系列を除いては、初期 pH は目標値に達しなかった。

A 系列の珪カル区が目標 pH 値をうまわったのは室内試験の結果、苦土補正のために添加した  $Mg(OH)_2$  の影響であることが確認されたので、このことを考慮すれば、珪カルの pH 上昇効果は炭カルに比べ緩慢であることがうかがわれた。

収量は C 系列のインゲンマメ栽培を除いては、珪カル

区は炭カル区と同等、あるいはうまわることが認められた。珪カル区についてビールムギおよびインゲンマメの収量指数をみると、残効区は初作区より高い指数を示した。この傾向はインゲンマメにおいてより顕著であった。この差異は土壌 pH の相違に基づくところが大きいと推察された。また同時に、第 4 表に示した跡地土壌分析結果からも明らかのように、珪カル区においては有効態リン酸の増大が認められ、供試土壌の化学性を考えれば、これも増収の一要因と考えられる。なお、跡地土壌では、珪カル区の有効態りん酸および珪酸が特徴的に増加している以外は、両区間の差異はほとんど認められなかった。

第 4 表 A 系列跡地土壌分析結果

( 100 g 乾土 )

	層 位 cm	pH (N-KCℓ)	CEC (me)	置 換 性 塩 基 (mg)			Av-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg)	SiO <sub>2</sub> (mg)
				CaO	MgO	K <sub>2</sub> O		
無 処 理 区	0 ~ 15	4.0	22.7	78.1	1.2	21.3	4.5	40.5
	15 ~ 30	4.0	22.3	59.4	1.4	23.4	5.0	46.5
炭カルA区	0 ~ 15	5.6	22.7	393.4	26.9	34.7	9.9	75.0
	15 ~ 30	5.3	19.8	206.2	82.7	24.6	5.1	63.0
珪カルA区	0 ~ 15	5.8	24.2	396.9	29.7	42.6	18.2	147.5
	15 ~ 30	5.0	22.0	231.2	117.2	22.6	5.1	119.0

## III 珪カル施用後の pH 変化

珪カルは炭カルに比べ初期 pH の上昇が緩慢であることがさきの栽培試験結果から示唆されたので、室内試験において珪カル施用後の pH の変化について検討した。

### 1 酸度矯正能の比較

#### 1) 試験方法

さきの栽培試験に用いた同一土壌の風乾土 500 g を 400 ml 容ポリ容器につめ、pH 値が 6.5 になるように、アルカリ度から算出した珪カルおよび炭カルをそれぞれ別の容器に施用し、土壌水分を 30% に保持させながら、25℃ の恒温槽中に放置した。その間 5, 15, 25, 40, 71 日目に土壌を採取して、pH (KCℓ)、硝酸態窒素、置換性石灰、苦土および珪酸を常法にしたがって測定した。

また、裸地条件下のほ場においても、改良目標 (pH 6.0)

相当量の炭カルと、同一アルカリ度相当量の珪カルを施用し、pH の経時的変化を検討した。

#### 2) 試験結果

分析結果は第 5 表に示すとおりである。

pH についてみると、炭カル区では 7 日目ですでに目標とした pH 値が得られ、以後一定の値で経過したのに対し、珪カル区は 7 日目では pH 5.2 にとどまった。珪カル区の pH はその後も上昇を続けたが 71 日目に至っても目標 pH には達しなかった。

石灰量についても pH と同様の傾向にあり、炭カル区は終始ほぼコンスタントな値を示したのに対して珪カル区は経時的に富化する傾向が認められた。

pH ならびに石灰以外の各成分については、炭カル区、珪カル区とも初期より一定の富化量を示し、経時的な変

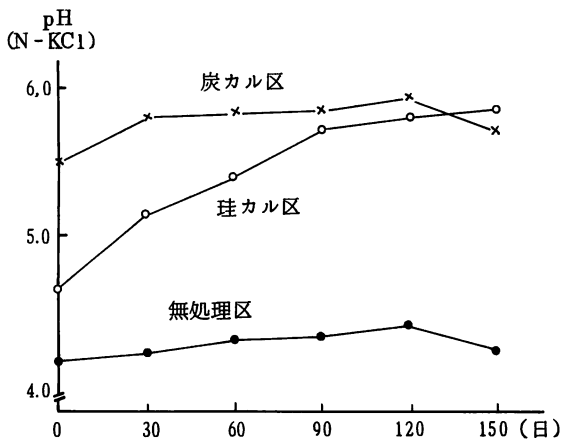
第5表 pH ならびに養分富化量の経時変化

経過 日数	pH (N-KCl)			NO <sub>3</sub> -N			CaO			MgO			SiO <sub>2</sub>		
	無処理	炭カル	珪カル	無処理	炭カル	珪カル	無処理	炭カル	珪カル	無処理	炭カル	珪カル	無処理	炭カル	珪カル
7	4.4	6.6	5.2	0.93	7.14	6.12	56.6	368.7	252.0	3.2	172.7	11.5	70.2	70.4	169.6
15	4.5	6.7	5.4	1.26	7.30	6.34	58.5	353.8	296.4	3.8	174.3	11.8	70.5	73.5	170.4
25	4.4	6.7	5.9	1.41	7.34	6.30	58.5	377.0	330.7	3.2	180.7	9.6	72.5	72.7	170.0
40	4.4	6.7	5.9	1.62	7.25	6.51	52.9	376.1	397.4	1.9	193.1	10.2	67.5	67.3	167.9
71	4.1	6.8	6.1	1.51	7.61	6.88	60.2	474.8	508.7	4.9	221.7	11.6	70.0	87.5	263.0

化は認められなかった。

ほ場における裸地条件下での pH の経時変化は第1図のとおりである。

炭カル区はすみやかに目標 pH 6.0 に近づいたのに対し、珪カル区では80~90日間を要した。



第1図 ほ場における pH の経時的変化

## 2 珪カルの粒度を変えた場合の pH 上昇効果の検討

### 1) 試験方法

供試資材として用いた珪カルの粒度分布は第6表に示すとおりである。

この珪カルの粒度を70メッシュ(目開き0.21mm)以上と以下とに篩別した場合の pH 上昇効果を炭カルと比較検討した。

珪カルおよび炭カルのアルカリ度換算量から、CaOとして0.1~0.4gを前記腐植質火山灰土壌20gに混合し、3日間放置後50mlのN-KClで浸出し、pHを測定した。

第6表 使用珪カルの粒度分布

目開き mm	<0.21	0.21	0.25	0.27	0.5	1.0<
		{	{	{	{	
		0.25	0.27	0.5	1.0	
%	20.0	5.5	11.7	36.8	22.5	3.5

注)(1) 使用炭カル<0.15 mm

(2) 0.21 mm = 70メッシュ

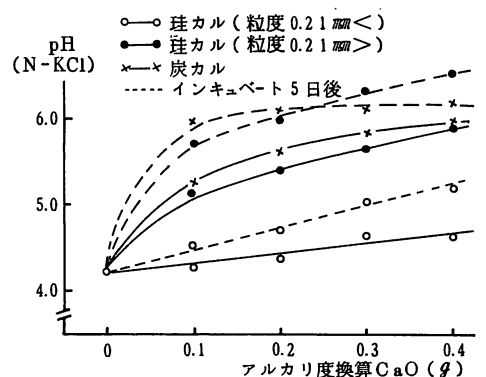
初回の pH 測定後、水分の蒸発をおさえながら室温にて5日間インキュベートし、再度 pH を測定し、緩衝曲線を作成した。

### 2) 試験結果

測定結果は第2図のとおりである。

粒度の荒い70メッシュ以上の珪カル処理は炭カルと同量の石灰が投入されているにもかかわらず pH の上昇効果は劣った。これに対し、70メッシュ以下では炭カルと同様の pH 上昇がみられた。

このことから、珪カル区の pH 上昇が緩慢なのは、その一因として粒度条件の違いがあげられると考えられる。



第2図 珪カルの粒度を変えた場合の pH 上昇変化

#### IV 溶脱試験

##### 1 試験方法

径5cm、長さ30cmの円筒ガラス管に、前記の腐植質火山灰土壌風乾土500gをつめ、上部10cm間の土壌に珪カル、炭カルを石灰飽和度100%相当量混入し、7日間インキュベートしたのち、所定日(5日おき)ごとに100mlの蒸留水を加えた。この操作を16回行い、そのつど溶脱してくるCaO量を測定した。

##### 2 試験結果

CaOの溶脱量は第3図に示したとおりである。

この図からも明らかなように炭カル区は珪カル区に比べ施用後50日前後(かん水処理9回目)で全溶脱量の60%が溶脱し、溶脱速度の早い傾向を示したのに対し、珪カル区では施用後50日以降での溶脱量が増加した。

また総溶脱量は無処理区320mg、炭カル区640mg、珪

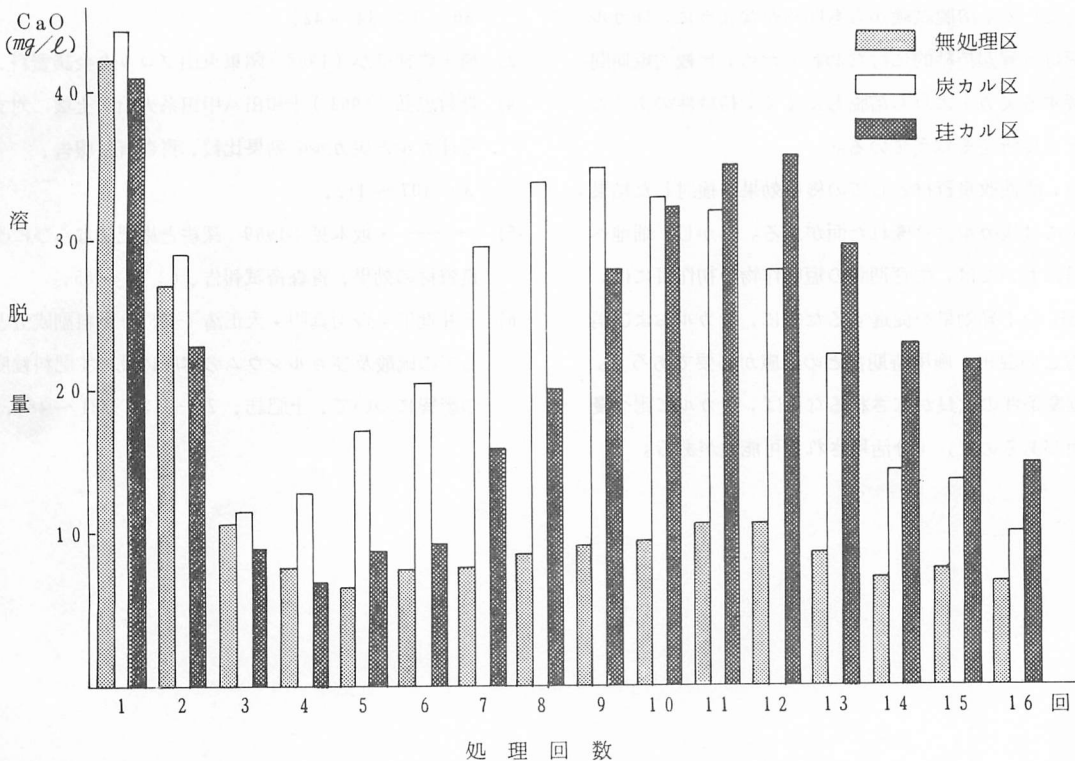
カル区では578mgで炭カル区がやや多かった。

#### V 総合考察

珪カルの肥効がまず検討されたのは、畑土壌に関するものであるが、その後水田での珪酸の栄養生理的な面からの実用化が進み、現在では、水田での需要が大部分をしめ、畑地の酸性改良資材としては、ほとんど利用されていないのが現状である。

珪カルを畑地の土壌改良資材として施用した場合、炭カルを用いた場合よりも増収を得たとする報告は従来からあり、本試験における栽培結果はこれらの報告と一致した。

本試験における増収の要因は、珪カルの酸性改良による効果と同時に、跡地土壌の分析結果が示すように、有効態りん酸の増加も大きく関与していると考えられる。



第3図 石灰溶脱試験結果

炭カルは短期間のうちに目標 pH 値に達するが、珪カルでは目標 pH 値に到達するまでに、25℃インキュベート試験で約40日、ほ場条件下では80~90日間を要した。このことは生育期間の短い作物では pH 値が十分上昇しないうちに収穫期をむかえることとなる。本試験でも、前述のように生育期間の短いインゲンマメではやや減収となった。

このように珪カルの pH 上昇が緩効的な一因に、粒度条件によることを指摘できよう。このことは珪カルを70メッシュ篩通過試料と不通過試料とに区別して、pH 上昇速度を検討した結果、前者はほぼ炭カルと同程度のpH上昇効果を示したのに対し、後者は石灰が十分に投入されているにもかかわらず、より緩効的となったことからもうかがわれる。

三井<sup>9)</sup>らは粒度が大きくなると、土壌中での石灰の分布密度が局部的に高濃度となり、溶解度を減少させ、土壌中の置換性石灰富化量に及ぼす効果が少なくなることを指摘している。溶脱試験からも明らかのように、珪カルの石灰は溶解が持続的に行なわれるため、比較的短期間に溶解する炭カルよりも溶脱しにくく、持続性のあることなどの長所をそなえている。

以上、酸性改良資材としての施用効果を検討した結果、珪カルには炭カルより優れた面がある。しかし、畑地への利用においては、生育期間の短い作物の初作目には、初期 pH の上昇効果を促進するために、炭カルおよび消石灰などの混用、施用時期などの配慮が必要であろう。また粒度条件の改良がなされるならば、炭カルに比べ優れた面があるので、十分活用される可能性がある。

## VI 摘 要

畑地における珪カルの酸性改良効果について、炭カルと比較検討し、次の結果を得た。

- 1 珪カルは炭カルに比べ初期 pH の上昇が遅く、緩効的である。
- 2 珪カルの粒度を70メッシュ（目開き、0.21mm）より細かくすることにより炭カルと同様に初期から pH が上昇した。
- 3 栽培試験結果から生育期間の長い作物では、炭カルと同等もしくは、それ以上の効果が認められた。
- 4 土壌からの溶脱試験結果から、珪カルは炭カルに比べ石灰の溶脱が少なかった。

## 引用文献

- 1) 鬼鞍豊 (1960) 火山灰に対する珪酸富化。土肥誌。31 - 9: 360 ~ 364。
- 2) 小幡宗平 (1959) 珪酸石灰の肥効について。土肥誌。30 - 1: 34 ~ 42。
- 3) 埼玉農試ほか (1968) 関東東山ブロック会議資料。
- 4) 野村忠弘 (1963) 十和田八甲田系火山灰土壌に対する珪カルと炭カルの効果比較。青森畜試報告。3: 107 ~ 112。
- 5) —— ; 坂本晃 (1969) 深耕と施肥法ならびに改良資材の効果。青森畜試報告。6: 59 ~ 65。
- 6) 三井進午・森山真明・天正清 (1956) 肥料副成分としての硫酸及びカルシウムの溶脱に及ぼす肥料粒度の影響について。土肥誌。27 - 12: 481 ~ 484。



# 土壌の重金属汚染に関する調査研究

第5報 十王町高原地区および千代田村上稲吉地区におけるカドミウム汚染田改良対策<sup>\*\*</sup>

平山 力・石川 実・吉原 貢・石川 昌男\*

十王町高原地区および千代田村上稲吉地区のカドミウム(以下Cdと略す)汚染田の改良対策を見いだすため、昭和49~50年にわたり、現地に数処理の対策は場を設けて水稻の栽培試験を行ない、Cdの吸収軽減効果について検討した。その結果の概要はつぎのとおりである。

- 1) 十王および千代田いずれの試験地においても、排土客土処理など土地改良的な手段によるCd吸収軽減効果が顕著に認められた。
- 2) 排土客土などの土壌改造工事を行なっても、土壌の特徴にみあった土壌改良を行なって栽培すれば、初年目より慣行あるいはそれ以上の収量を期待できる可能性が示唆された。
- 3) 玄米中のCd濃度は、幼穂形成期の土壌Eh<sub>0</sub>条件と土壌中における易溶性Cd濃度に影響されることが認められた。

## I 緒言

カドミウム(以下Cdと略す)汚染の問題は、1968年厚生省見解として、富山県神通川流域に発生したイタイイタイ病が、水、農水産物からのCd吸収に起因すると公表されて以来、重大な社会問題となった。その後、厚生省、農林省などが中心になって行なった鉱山、製錬所周辺地域Cd環境汚染状況についての緊急総点検調査(1970)、あるいは都道府県が実施した細密調査(1971~)などの結果、Cd1ppm以上含有する汚染米の検出される地域が全国各地であきらかにされた。

茨城県においても1972年、多賀郡十王町高原地区水田を対象に行なった細密調査結果から、産米中のCd濃度最高1.39ppmが検出され、1973年つづいて行なった新治郡千代田村上稲吉地区水田の調査結果<sup>2)</sup>では、最高1.64ppmの高Cd米が検出された。前者の汚染源は日立市の北西高鈴山麓の工場煙突による排出物質、また後者は地元工業団地から流出した工場排水による土壌汚染と考えられ、いずれの地区でもその的確な改善対策の早急な施工が望まれていた。

水稻に対するCd汚染対策に関する調査試験は、これが社会問題化して以来、各方面で数多く行なわれ、今日これら改善策についてはかなり解明されつつある。<sup>3,4,5)</sup>これまでの結果によれば、珪カル、ようりん等資材施用による方法、湛水栽培など水管理や土壌の還元化による方法、さらに汚染土の排土、非汚染土の客土、反転耕、破砕転圧など土地改良的な方法があげられるが、これらの中でとくに排土客土そして破砕転圧などの工法は、<sup>6,7)</sup>汚染地区のCd抑制対策の恒久的なものとしてもっとも期待されている。

このような背景から、問題となった十王、千代田両汚染地区についても、現地の実態に即し、しかもその改良目標が生産される玄米中のCd濃度が0.4ppm以下になるような望ましい改善対策を見いだすため、現地対策試験を行ない検討した。その結果、いずれの試験地においても、排土客土処理など土地改良的な手段によりCd吸収軽減効果が顕著に認められたので、ここではその結果について報告する。

## II 試験方法

\*現在、茨城県教育普及課<sup>1)</sup>  
\*\*本研究の一部は日本土壌肥学学会において発表した。

### 1 試験方法

試験地は十王および千代田両汚染地区水田の代表的なほ場に設置した。すなわち十王試験地は多賀郡十王町大字高原字沢平で、ほ場は日立山系中央部谷底低地に狭にする山間地棚田で、漏水が大きい。また、この棚田は汚染源とみられる工場煙突にもっとも近く、約2Kmのところにある。

これに対して千代田試験地は、新治郡千代田村上稲吉に設けたが、土浦市と石岡市のほぼ中間、国道6号線に近いこのほ場は、火山灰台地間に存在する典型的な谷津田で、天水利用のうえ、台地からの伏流水の影響を受け易い関係から大部分が強湿田である。また汚染源とみられる工業団地排水口は、これより約300m上流の位置にある。

2 土壌条件

十王試験地：まず第1表aより十王試験地の土壌断面形態についてみると、表層17cmの位置より礫の混入がみられ、50cm以下では礫層に変化している。土色は2.5Y<sub>1</sub><sup>3/1</sup>の灰色、斑鉄の生成、土壌構造の発達は表層より認められ透水性はきわめて大きい。粒径組成は第1表bにしめしたが、全層にわたって粘度含量15%以下で少なく、作土の土性は壤土、作土下は砂壤土である。一方、試験ほ場設置時に採取し分析を行なった土壌のCd濃度とその他の化学性は第1表cにしめした。これによれば、0.1N-HCl可溶のCdは作土で1.6ppm、2層0.7ppm、3層0.2ppmで下層の濃度に比べて表層が高い。土壌pHはKCl浸出で4.5~4.8でやや酸性、腐植、塩基類、鉄含量は全層にわたってきわめて少ない。

第1表 十王試験地の土壌条件  
a 土壌の断面形態

層位	土色	腐植	斑鉄	ジピルジル反応	れき	構造	ち密度	透水性
0 ~ 17 <i>cm</i>	2.5Y3/1	含む	糸根状あり	-	なし	塊状(弱)	10 <sup>mm</sup>	大
17 ~ 32	2.5Y3/2	"	雲管状あり	-	あり	柱状(弱)	22	"
32 ~ 50	2.5Y3/1	"	管状あり	-	含む	"	20	"
50 ~	5 Y3/1	-	-	-	れき層	-	-	"

b 粒径組成

層位	粗砂	細砂	砂合計	微砂	粘土	土性
0 ~ 17 <i>cm</i>	2.3%	44.0%	46.5%	19.5%	15.0%	L
17 ~ 32	3.2	52.0	55.2	18.1	14.2	FSL
32 ~ 50	3.0	55.0	58.0	14.8	13.8	FSL
山土	1.4	47.1	48.4	22.5	18.0	CL

c 化学性

(乾土あたり)

層位	pH		腐植	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 吸収係数	C.E.C	Cd (0.1N HCl)	Zn	置換性塩基(mg/100g)			遊離酸 化鉄(%)
	H <sub>2</sub> O	KCl						CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
0 ~ 17 <i>cm</i>	6.7	4.8	4.5%	620	2.04 me	1.60 ppm	14.6 ppm	125	14	9	0.4
17 ~ 32	6.6	4.7	3.0	460	18.3	0.70	7.5	100	10	7	1.1
32 ~ 50	6.6	4.5	3.4	480	13.6	0.20	4.2	110	10	5	0.8
山土	6.8	6.4	1.6	2,470	22.6	0.10	3.7	135	24	25	2.4

注) 山土は客土に用いた非汚染土



土壌の重金属汚染に関する調査研究

千代田試験地: 土壌の断面形態は第2表 a からうかがわれるとおり、全層にわたってジピルジル反応即時鮮明、全層腐植に富んでいる。非栽培期間における地下水位は50cm内外で、これを反映して土層における斑鉄の生成、構造の発達作土下27cmのところにとどまっている。粒径組成の分析結果は第2表 b にしめたが、これによると全層にわたって粘土含量20%をややうまわり、土性は埴壤土である。土壌中のCd濃度は第2表 c にしめたが、作土で13.5 ppmをしめし十王土壌に比べて極端に

高い。2層、3層は0.5~0.4 ppm で一般非汚染土壌の濃度と大差なく、下層土に比べて表層の濃度の高いことは十王と類似する。腐植含量8~9%、りん酸吸収係数は作土で1,800をしめし、黒色土壌の性格が強い。

以上の点から両試験地土壌を地力保全基本調査による<sup>10)</sup>分類法によって区分すれば、十王土壌は清武統(茨城-下田統、灰色土壌壤土型、簡略分級式ⅢiⅡlfn)、千代田土壌は八木橋統(茨城-平沼統、黒色土壌粘土火山腐植型、簡略分級式ⅢiⅡrfn)に分類される。

第2表 千代田試験地の土壌条件  
a 土壌の断面形態

層位	土色	腐植	斑鉄	ジピルジル反応	れき	構造	ち密度	透水性
0~20 <sup>cm</sup>	2.5Y4/2	富む	雲膜状とむ	++	なし	塊状(中)	6 <sup>mm</sup>	中
20~27	7.5Y2/1	"	雲膜状あり	++	"	柱状(弱)	12	小
27~	5Y3/1	"	膜状とむなし	++	"	無構造	15	" (湧水面 50cm)

b 粒径組成

層位	粗砂	細砂	砂合計	微砂	粘土	土性
	%	%	%	%	%	
0~20 <sup>cm</sup>	0.6	31.0	31.6	2.9.5	21.0	CL
20~27	1.0	34.0	38.0	2.4.5	21.3	CL
27~	0.8	33.0	33.8	2.9.3	20.0	CL
山土	0.7	48.0	48.7	2.3.3	17.5	CL

c 化学性

層位	pH		腐植	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 吸収係数	C.E.C	Cd (0.1N HCl)	Zn	置換性塩基 (mg/100g)			遊離酸 化鉄(%)
	H <sub>2</sub> O	KCl						CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
0~20 <sup>cm</sup>	6.5	4.9	8.4	1,820	23.2	13.50	9.8	135	17	15	2.4
20~27	6.6	4.9	9.9	1,600	24.9	0.50	12.5	140	18	11	2.1
27~	6.8	5.1	7.7	1,450	27.1	0.40	4.5	145	32	11	1.7
山土	6.9	6.5	1.1	2,490	22.4	0.15	3.5	65	15	10	2.6

注) 山土は客土に用いた非汚染土

3 試験区の構成と工事内容

試験設計は第3表 a, b にしめた。いずれの試験地も排土客土処理を主体としたが、さらに、それぞれの土壌条件に即した試験区も組入れ構成した。

すなわち、前述の土壌条件から栽培期間中漏水が心配

される十王では、とくに漏水防止に重点をおき、排土客土区についても下層土の転圧処理を行ない、そのうえビニール水田区、破碎転圧区なども併設した。

これに対して千代田では、土壌中のCd濃度の高いことと湿田条件を配慮し、排土客土各区のほか、50cm反

転耕区と25cm上乗せ客土区を設けた。

一区あたりの面積はいずれも10㎡で2連制とし、用水路は、十王では搬入客土によって造成した土水路にビニールを被覆して、底質の試験田流入のないように配慮し、千代田試験地はパイプライン灌水とした。

各試験地の工事は機械導入の困難な立地条件にあるうえ、試験区面積の小さい関係もあって、いずれの試験地も手作業によった。

十王で行なった各処理区の作業手順についてみると、15cm排土客土転圧区は、地表面下汚染土を15cm排土し、排土面下20cmを耕起転圧し、その後非汚染土15cmを客土して均平化した。25cm排土客土転圧区は25cmの汚染土を排土した後、非汚染土10cmを客土し転圧した後非汚染土を15cm客土し均平化した。また、ビニール水田区は、地表面下35cmの汚染土を排土、ビニールを布設し、さらに排水土管布設後排土した汚染土を埋戻し、均平化した。破砕転圧区は、表層15cmを排土し、排土面下20cmを耕起転圧し、その後排土を埋戻し均平化した。

一方、千代田についてみると、15cm、20cm、25cm排土客土の各区は、汚染土15cm、20cm、25cmをそれぞれ排土し、排土面下踏圧により均平化し、そのあとに非汚染土15cm、20cm、25cmをそれぞれ客入して均平化した。50cm反転耕区は50cm天地返し後均平化した。さらに25cm上乗せ客土区は、原表土上に非汚染土を25cm上乗せ客土した後均平化した。

十王で行なった転圧処理の目標値は減水深20mm/日とし、実際は浸潤計の実測値を基準とし、<sup>(6,7)</sup> 転圧作業はランマーによった。

客土材はいずれの試験地も土壌汚染の恐れのない火山灰土壌を用い、これらの理化学性は前述の第1表b、c第2表b、cに併記した。土壌改良はようりんを中心りん酸吸収係数の10%相当量を目標に初年目のみ行ない、施肥量は第3表a、bに記載したとおり施用した。

#### 4 栽培管理

両試験地とも水稻品種はトドロキワセ(稚苗)、植付けは5月中旬、刈取りは千代田で9月上旬、十王で9月下旬に行なった。栽植密度はいずれも15cm×30cm、水管

第3表 試験設計

a 十王試験地 (Kg/10a)

区 別	項 目	ようりん	三要素 (成分)
1. 無 処 理 区		0	元肥 追肥
2. 15cm排土客土転圧区	1,500	(p吸の10%)	N 6 2 2 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 6 2 2 K <sub>2</sub> O 6 2 2
3. 25cm排土客土転圧区	1,500		
4. ビニール水田区		0	
5. 破 碎 転 圧 区		0	追肥 分けつ期 幼.形.期

注) 1. 転圧の目標値は減水深20mm/日とし、実際は浸潤計の実測値を基準とした。  
2. 転圧はランマーによる。  
3. 土壌改良は初年目のみ、  
4. 用水路は土水路  
5. 肥料、複合肥料(16-16-16), N-K化成

b 千代田試験地 (Kg/10a)

区 別	項 目	ようりん	三要素 (成分)
1. 無 処 理 区		0	元肥 追肥
2. 15cm 排土客土区	1,240	(p吸の10%)	N 8 2 2 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 8 2 2 K <sub>2</sub> O 8 2 2
3. 20cm 排土客土区	1,240		
4. 25cm 排土客土区		1,240	
5. 50cm 反 転 耕 区		0	追肥 分けつ期 幼.形.期
6. 25cm 上乗せ客土区		1,240	

注) 1. 土壌改良は初年目のみ  
2. 用水路はパイプライン  
3. 肥料、十王に同じ

理は両試験地とも最高分けつ期から幼穂形成期まで中干しを行ない以後間断かんがいにし、出穂20日後落水した。

#### 5 かんがい水質

試験実施中に行なったかんがい水中の重金属の分析結果は第4表にしめたが、これによれば、いずれの試験地のかんがい水もCdの検出は認められず、これらの結果からかんがい水にもとづく汚染上の心配はまずないと推察された。

#### 6 分析法

Cdの分析は、土壌については0.1N-HCl浸出による原子吸光法、玄米はH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、HNO<sub>3</sub>分解DDTC-MIBK抽出による原子吸光法<sup>1)</sup>により、その他の項目の分析は常法によった。また、汚染土壌のEh<sub>h</sub>の変化とCd

第4表 かんがい水中の重金属  
(ppm)

地区名	採取月日	Cd	Cu	Zn	Pb	As
十王	s 49. 6. 4	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00
千代田	s 49. 5. 17	0.000	0.000	0.013	0.00	0.00
	s 49. 6. 25	0.000	0.001	0.004	0.00	0.00

注) 分析法, Cd, Cu, Zn, PbはAPDC-MIBK原子吸光法。

Asは還元気化(アルゴンガス)法による原子吸光法。

溶出量の関係を見るため、室内でインキュベートによる実験を行なったが、この場合の方法はつぎのとおりである。

すなわち、供試土壌として十王および千代田汚染土を用い、生土8gを200 ml 容広ロパイレックスビンに採取し、加圧によって土壌を密充填した。この場合の条件は仮比重0.9g/cm<sup>3</sup>、ち密度(山中式)20mmで、できるだ

け現地の土層条件とした。その後湛水条件にし、30℃保温器中にインキュベートした。分析試料は経過日数ごとに準備し、それぞれのEh<sub>h</sub>、抽出液別Cd溶出量の変化を経時的に追跡した。

Eh<sub>h</sub>の測定は、東亜電波製pHメーター、Node 1 HM-5Aを使用し、使用電極は白金電極(東亜電波製Hp 105, 白金円板形)である。また実際の測定は、広ロビンに直接電極をさし込んで1時間後測定した。この場合あらかじめ表層1cm程度の酸化層を竹ペラで排除し、ビンの中央に電極をさし込んで測定した。

### Ⅲ 試験結果

#### 1 玄米収量とCd濃度

十王試験地: 玄米収量と玄米および土壌中のCd分析結果を2カ年間まとめて第5表にしめし、さらに第1図2, 3はこれを示したものである。

第5表 十王試験地の収量とCd濃度

区別	項目	玄米重 (Kg/10a)		玄米中Cd(ppm)				土壌Cd		下層土からのCd寄与率(%)			
		昭49	同比	昭50	同比	昭49	同比	昭50	同比	昭49	昭50		
1. 無処理区		348	100	514	100	1.11	100.0	1.28	100.0	1.4/0.9	1.3/1.0	43.5	55.7
2. 15cm排, 客, 転圧区		378	109	515	100	0.22	19.8	0.20	15.6	0.1/0.7	0.2/0.6	19.3	15.0
3. 25cm " 区		327	94	498	97	0.00	0.0	0.02	1.6	0.1/0.1	0.1/0.2	0.0	1.0
4. ビニ-ル水田区		339	97	495	96	0.41	36.9	0.76	59.4	0.9/1.0	1.0/1.0	21.6	38.0
5. 破碎転圧区		360	103	515	100	0.44	39.6	0.67	52.3	1.3/1.5	1.5/1.3	23.6	31.1

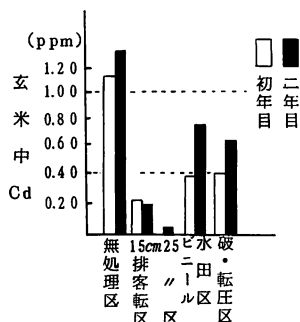
注) 土壌中Cd (0.1N-HCl可溶Cd): 表層(0~15cm)/下層(15~30cm)

$$\text{下層土からのCd寄与率} = \frac{\text{下層Cd}}{\text{表層Cd} + \text{下層Cd}} \times \text{玄米中Cd} \times 100$$

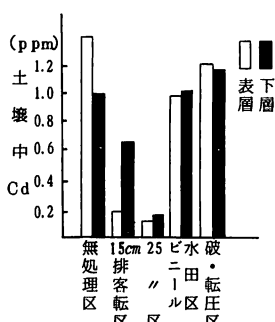
各処理区の玄米収量は、いずれの処理区も無処理区と大差なく、2カ年ともほぼ期待どおりの結果を得た。また試験結果では、初年目の収量に比べて2年目は全般的に高かった。

つぎに玄米中のCd濃度についてみると、無処理区の産米は、初年目1.11ppm、2年目1.28ppmでいずれも1ppm以上の汚染米が検出された。これに対して土壌処理を行なった各区のCd濃度は、いずれも低下しており、

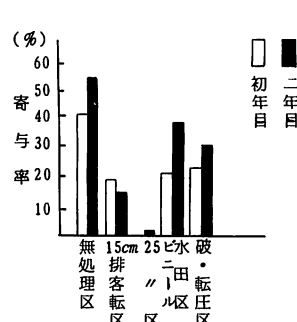
各処理にもとづくCd吸収抑制効果はあきらかに認められた。なかでも排土客土転圧区は顕著な効果をしめし、とくに25cm排土客土転圧区は、初年目の栽培で不検出、2年目0.02ppmと高い抑制効果がみられた。これに対してビニ-ル水田区、破碎転圧区は2カ年とも無処理区のCd濃度に比べて約50%の吸収抑制効果がみられたものの、所期の目標とした0.4ppm以下の濃度まで低下させることはできなかった。



第1図 玄米中Cd (十王)



第2図 土壌中Cd (十王)



第3図 下層土からのCd寄与率 (十王)

刈取後0.1N-HCl抽出で求めた土壌中のCd濃度を各処理区別にみると、無処理区では表層0~15cmで1.3~1.4 ppm、下層15~30cmで0.9~1.0 ppmであったのに対し、吸収抑制効果の高かった排土客土転圧区はいずれも表層0.2 ppm以下の値で極端に低かった。これに対して玄米中Cd濃度0.4 ppmをうわまわったビニール水田区、破砕転圧区は表層下層ともほぼ無処理区に匹敵する濃度であった。

下層土からの玄米に対するCd寄与率を各処理区別にみると、その傾向はまったくさきの玄米のCd分析結果と

符号した。すなわち、1 ppm以上のCd汚染米を検出した無処理区では、初年目43.5%、2年目55.7%の寄与率をしめし、0.4 ppmをうわまわったビニール水田区、破砕転圧区では約20~30%の寄与率であった。これに対して排土客土転圧区は2年とも20%の値を大巾に下まわり、とくに25cm排土客土転圧区では極端に低い値であった。

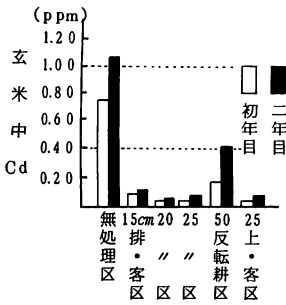
千代田試験地：玄米収量およびCd分析結果を第6表にしめし、第4, 5, 6図にこれを図示した。

第6表 千代田試験地の収量とCd濃度

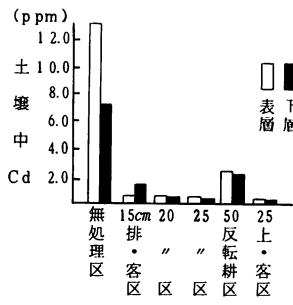
区別	項目		玄米重 (Kg/10a)		玄米中Cd (ppm)				土壌中Cd (ppm)		下層土からのCd寄与率 (%)	
	昭49	同比	昭50	同比	昭49	同比	昭50	同比	昭49	昭50	昭49	昭50
1. 無処理区	419	100	543	100	0.77	100.0	1.06	100.0	12.0/7.8	12.8/6.6	30.4	36.1
2. 15cm排土, 客土区	480	115	552	102	0.09	11.7	0.10	9.4	0.2/1.6	0.3/1.9	8.0	8.6
3. 20cm " 区	477	114	501	92	0.03	3.9	0.05	4.7	0.2/0.3	0.2/0.1	1.8	1.7
4. 25cm " 区	513	122	555	102	0.03	3.9	0.05	4.7	0.2/0.1	0.3/0.1	1.0	1.3
5. 50cm反転耕区	530	126	563	104	0.19	24.7	0.43	40.6	1.0/1.2	3.4/3.0	10.3	20.1
6. 25cm上乗せ客土区	548	131	600	110	0.03	3.9	0.05	4.7	0.2/0.1	0.1/0.1	1.0	2.5

注) 土壌中Cd (0.1N-HCl可溶Cd): 表層 (0~15cm) / 下層 (15~30cm)

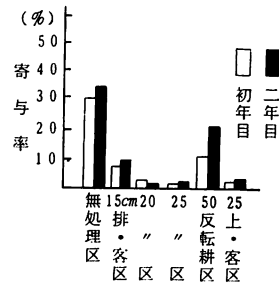
$$\text{下層土からのCd寄与率} = \frac{\text{下層Cd}}{\text{表層Cd} + \text{下層Cd}} \times \text{玄米中Cd} \times 100$$



第4図 玄米中Cd (千代田)



第5図 土壌中Cd (千代田)



第6図 下層土からのCd 寄与率 (千代田)

玄米収量についてみると、無処理区に比べて各処理区の収量は2カ年ともあきらかにまきり、この傾向はとくに初年目の栽培で顕著であった。処理区間では25cm上乗せ客土区で目立ち、期待どおりの結果を得た。また2年目全般的に増収した傾向は十王試験地と同様であった。各試験地とも初年目に比べて2年目増収している理由の一つには、初年目に比べて天候に恵まれた点もあげられるが、さらに千代田試験地の場合、2年目の水稲作付けにあたってとくに試験区の周辺排水路の掘込みを行ない、できるだけ場を排水した影響もあると思われる。

つぎに玄米中のCd濃度についてみると、初年目の栽培では無処理区から生産された産米中のCdは0.77ppmで1ppm未満にとどまったが、2年目は1.06ppmで1ppmをうわまわった。

これに対して処理を行なった区はいずれの区も無処理区に比べて2カ年とも低下しており、Cdの吸収軽減効果はあきらかにみられたが、その中でもとくに25cm排土客土区、25cm上乗せ客土区は0.05ppm以下の濃度でその効果はきわめて顕著であった。これに対して50cm反転耕区は初年目0.19ppmでかなりの軽減効果がみられたものの2年目の栽培では0.43ppmの準汚染米が検出された。

土壌中のCd濃度を2年目刈取後の分析結果でみると、無処理区表層(0~15cm)で12.8ppm、下層(15~30cm)で6.6ppmをしめし、表層の濃度は下層の約2

倍の蓄積量であった。一方、山土客土区は表層で0.3ppm以下であったが、50cm反転耕区の表層は3.4ppmの濃度であった。

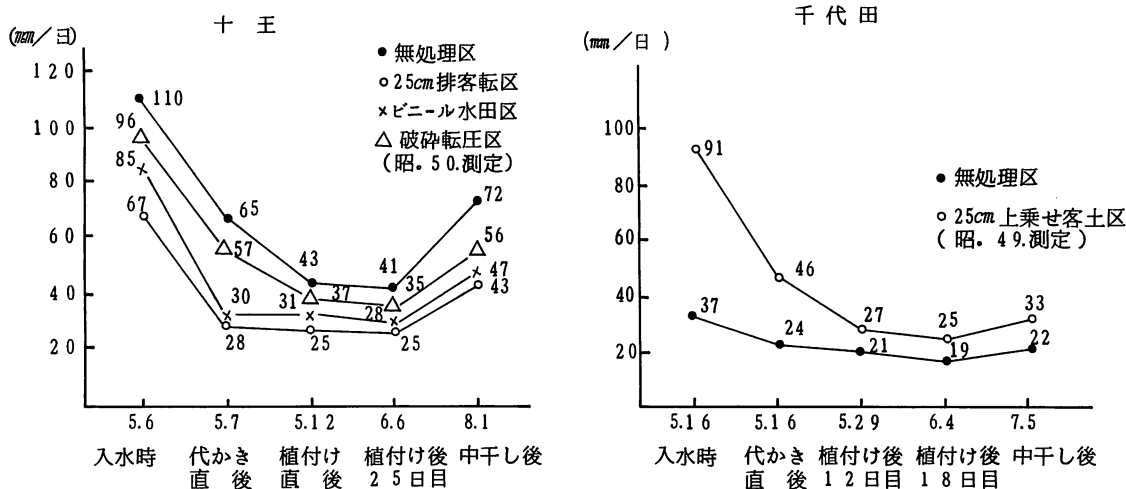
つぎに玄米中Cd濃度に対する下層土Cdの寄与率についてみると、ほぼさきの玄米中のCd分析結果に符号する。すなわち無処理区で30~36%の寄与率をしめしたのに対し、玄米中Cd濃度で問題のなかった排土客土系列ではほぼ20%以下で極端に低かった。

以上の結果からうかがわれるごとく、本試験地の玄米中Cd濃度および下層土からの寄与率の値は、土壌中のCd濃度が十王土壌の約10倍高いにもかかわらず全般的に低かった。

この根拠については今後さらに検討を要するが、その一因として後述する土壌調査結果からもうらざけられるように、湿田的な土壌条件が、土壌を常時還元状態においたことによってCdの難溶化をもたらし水稲のCd吸収抑制に反映された結果と推察される。

## 2 減水深

本試験でとり入れたような汚染土の排土、非汚染土の客土などの対策工事を行なう場合には、水田の土壌構造や勤床層の破壊にともなう漏水の増大が心配される。したがって、これらの工事施工にあたっては下層土転圧によるち密層の形成をはかることは漏水防止対策きわめて重要であり、さらに水管理や土壌の還元化などCd対策上必須の条件となる。前述のとおり十王ではこの点



第7図 各処理区の減水深

とくに配慮した。このようなことから、これらの効果を確認するため両試験地について栽培期間中減水深の測定を行ない、その結果を第7図に示した。

まず十王についてみると、無処理区の減水深は代かき直後110 mm/日を示したが、代かき直後約半分に低下し、植付け後25日目で41 mm/日となった。しかし中干し後は再び高まり72 mm/日となった。各処理区間では転圧処理の効果がみられ、おおむね低目の値であったが、な

かでも25cm排土客土転圧区が25 mm/日でもっとも低く、ビニール水田区、破砕転区がこれについだ。

一方、千代田では無処理区で代かき直後時37 mm/日、栽培期間中20 mm/日を示したのに対し、玄米に対するCd吸収軽減効果の顕著にみられた25cm上乘せ客土区でも、栽培期間中25~27 mm/日の値で無処理区と大差はなかった。

### 3 土壌のEh6条件と易溶性Cd

第7表 幼穂形成期作土の土壌条件(7月中~下旬)

区別	項目	Eh <sub>6</sub> (mV)		Fe(II) (mg/100g)		含水比(%)		抽出液別Cd (ppm)	
		昭49	昭50	昭49	昭50	昭49	昭50	0.01N-HCl	N-NH <sub>4</sub> OAc (pH4.5)
十王	1. 無処理区	+138	+60	115	25	122	79	0.34	0.25
	2. 15cm排土客土転圧区	+173	+150	15	4	75	75	0	0
	3. 25cm排土客土転圧区	+210	+180	10	0	78	74	0	0
	4. ビニール水田区	+185	+250	78	0	67	66	0.27	0.20
	5. 破砕転区	+145	+170	85	2	97	72	0.10	0.05
千代田	1. 無処理区	-113	-85	322	251	170	129	0.20	0.15
	2. 15cm排土客土区	+73	+180	48	18	85	82	0	0
	3. 20cm排土客土区	+77	+195	32	21	82	79	0	0
	4. 25cm排土客土区	+79	+195	26	20	83	81	0	0
	5. 50cm反転耕区	-115	-5	346	275	136	97	0.12	0.10
	6. 25cm上乘せ客土区	+225	+270	5	3	65	59	0	0



第8表 室内実験における  $E_{h_0}$  変化と Cd 溶出量

土 壤	日 数	pH	$E_{h_0}$ (mv)	Cd 溶 出 量 (ppm)		
				0.1N-HCl	0.01N-HCl	$N-NH_4-OAC$ (pH4.5)
十 王	0	6.4	+ 252	1.26	0.37	0.31
	3	6.5	+ 195	1.20	0.33	0.28
	5	6.5	+ 83	1.02	0.26	0.23
	10	6.7	+ 12	0.96	0.14	0.06
	20	6.8	- 56	0.83	0.09	0.00
	30	6.8	- 73	0.81	0.00	0.00
	50	6.9	- 105	0.80	0.00	0.00
千 代 田	0	5.5	+ 280	7.62	2.52	2.62
	3	5.7	+ 110	7.60	1.75	1.38
	5	5.9	+ 60	6.58	0.23	0.22
	10	6.0	- 115	5.30	0.00	0.00
	20	6.4	- 140	5.14	0.00	0.00
	30	6.5	- 170	4.10	0.00	0.00
	50	6.6	- 193	4.09	0.00	0.00

Cd 吸収抑制対策の基本は、Cd の蓄積している汚染土をとり除くことにあるが、さらに蓄積された土壌中の Cd を難溶化し、水稻に吸収し得ない土壌条件を造成することも一方法と考えられる。前報で報告した七会地区<sup>6,7,8)</sup>で実施した破碎転圧工法は汚染土の「埋め殺し」の効果、すなわち Cd の不溶化をねらったものである。土壌中における Cd の不溶化は土壌の  $E_{h_0}$  条件に大きく左右される<sup>12)</sup>。これらの事実を背景に、両試験地各処理区の玄米中 Cd 分析結果の根拠を追跡するため、まず水稻の Cd 吸収にとって、とくに重要と思われる幼穂形成期の現地作土の  $E_{h_0}$  条件と Cd 溶出量について測定した。その結果を第7表にしめす。

まず十王試験地についてみると、土壌  $E_{h_0}$  は無処理区で高い傾向をしめし、とくにビニール水田区で目立った。また土壌  $E_{h_0}$  の値をうらずける Fe(II) 生成量は、無処理区がもっとも高く、破碎転圧区、ビニール水田区がこれにつぎ、排土客土転圧区は極端に低い値であった。含水比はおおむね  $E_{h_0}$  条件をうらづける傾向をしめしたが、この段階ではビニール水田区の値がもっとも低かった。

つづいて土壌中の易溶性 Cd を 0.01N-HCl 抽出、

$N-NH_4-OAC$  (pH4.5) 抽出で求めた値についてみると、Cd 吸収抑制効果の顕著であった排土客土転圧各區は、ほとんど易溶性 Cd の溶出が認められなかったが、ビニール水田区、破碎転圧区ではほぼ無処理区と同等の溶出量が認められた。

一方、千代田試験地では、土壌  $E_{h_0}$  は 50cm 反転耕地同様マイナスの値であったが、排土客土処理区や上乘せ客土区では常時酸化的なプラスの値がみられ、とくに 25cm 上乘せ客土区で高かった。Fe(II) 生成量、含水比は 50cm 反転耕地は無処理区同様の値であったが、排土客土区、上乘せ客土区では、極端に低かった。Cd の溶出量は排土客土区、上乘せ客土区でほとんど認められなかったが、50cm 反転耕地はほぼ無処理区と同程度の溶出量が認められた。

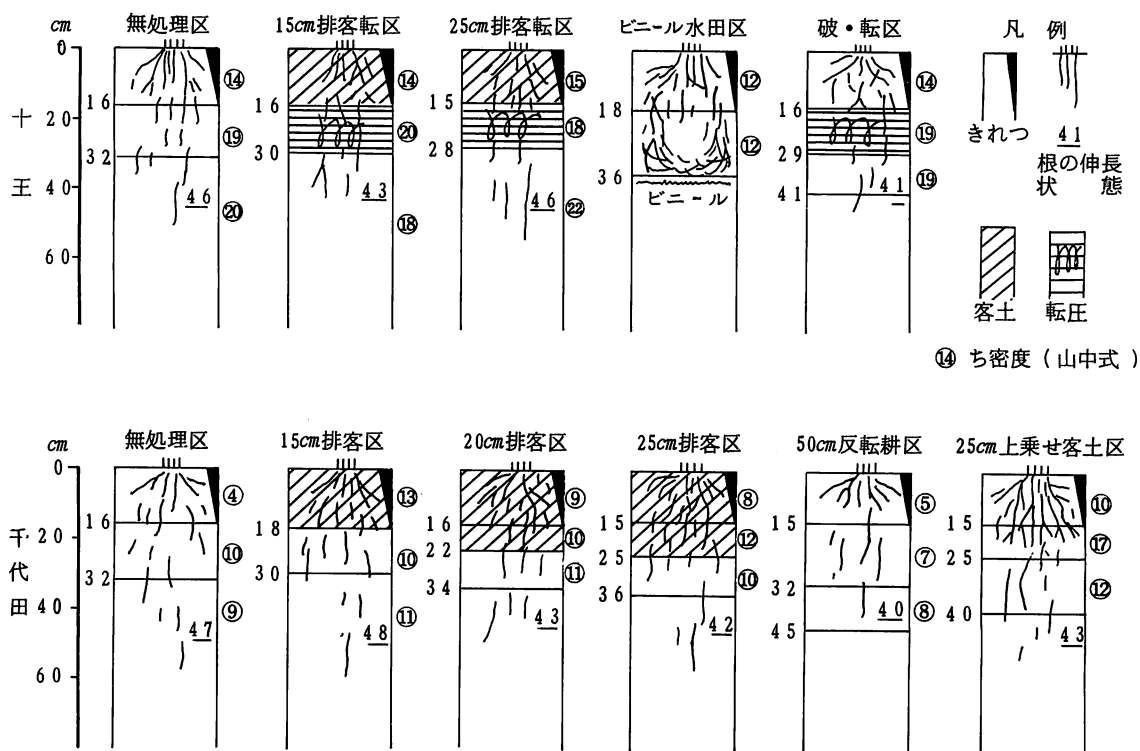
つぎに、室内実験の結果から供試土壌の  $E_{h_0}$  条件と Cd 溶出量との関係についてみると、第8表のとおりいずれの土壌も土壌  $E_{h_0}$  の低下にともなって、土壌中の Cd 溶出量はあきらかに低下し、これらの事実はおおむね飯村らの報告と一致した<sup>12)</sup>。

すなわち、十王土壌では 30℃ インキュベート日数 20 日

でEh<sub>0</sub> はプラスからマイナスの値に変化し、同時に易溶性の0.01N-HCl, N-NH<sub>4</sub>OAC可溶タイプのCdは極端に減少した。これに対して、千代田土壌ではインキュベート10日目でも早くもマイナス100mV以下の値に低下し、易溶性タイプのCdは認められなかった。

#### 4 跡地土壌の状態

2年目水稲収穫後、各試験区の工事仕様の確認とCd吸収軽減効果の内容を追跡するため、両試験地の各試験区について土壌調査を行ない、その結果を第8図、第9表、10に示した。



第8図 処理区別土壌断面と根の分布

#### 1) 土壌断面と根の分布

十王試験地：前述のとおり各処理区の工事は、すべて手作業によったが、排土客土転圧区などの客入耕土の層厚は、ほぼ工事計画どおりであることが確認された。またビニール水田区のビニールは表層下36cmの位置にあり、敷設されたビニールの下はかなりの礫含量が多く、土圧により鎮圧されたビニールには角礫の尖頭部による傷跡も観察された。

山中式硬度計による土壌ち密度の測定結果では、破碎転圧区における転圧土層のち密度は19mm程度で、この値は無処理区鋤床の値と大差なく、転圧土層の工事目標値25mmをかなり下まわり、慣行の値にかなり戻っていたことがあきらかとなった。ビニール水田区は全層12mmで他区に比べて目立って低かった。

水稲根の伸長は、無処理区、排土客土処理区はおおむね表層下46cmまで伸長し、作土で密、下層で粗の分布状

土壤の重金属汚染に関する調査研究

第9表 跡地土壤の物理性(2年目)

区別	項目	層別	固相	液相	気相	孔隙率	仮比重	透水係数 $K_{20}$	
			%	%	%	%	$\rho/mg$	$cm/sec$	
十王	1. 無処理区	1層	40.8	38.4	20.8	59.2	0.98	$2.8 \times 10^{-4}$	
		2 "	45.8	37.5	16.7	54.2	1.10	$5.7 \times 10^{-4}$	
	3. 25cm排, 客転区	1 "	30.8	33.0	36.2	69.2	1.03	$1.5 \times 10^{-3}$	
		2 "	42.5	42.0	13.5	57.5	1.02	$3.9 \times 10^{-4}$	
	4. ビニ-ル水田区	1 "	37.5	32.0	30.5	62.5	0.90	$7.3 \times 10^{-4}$	
		2 "	37.1	38.2	24.7	62.9	0.89	$7.5 \times 10^{-4}$	
	5. 破碎転圧区	1 "	39.2	40.0	20.8	60.8	0.94	$4.8 \times 10^{-4}$	
		2 "	40.3	38.0	21.0	59.7	1.04	$5.1 \times 10^{-4}$	
	千代田	1. 無処理区	1 "	21.3	52.3	26.4	78.7	0.51	$1.1 \times 10^{-4}$
			2 "	27.5	47.3	25.2	72.5	0.66	$1.7 \times 10^{-5}$
3. 20cm排, 客区		1 "	31.3	40.7	28.0	68.7	0.75	$3.0 \times 10^{-4}$	
		2 "	27.5	48.8	23.7	72.5	0.66	$2.7 \times 10^{-4}$	
4. 25cm排, 客区		1 "	31.7	40.5	27.8	68.3	0.76	$1.4 \times 10^{-4}$	
		2 "	28.3	46.9	24.8	71.7	0.68	$2.6 \times 10^{-4}$	
5. 50cm反転耕区		1 "	27.1	49.3	23.6	67.5	0.78	$2.2 \times 10^{-5}$	
		2 "	25.0	50.1	24.9	72.9	0.65	$5.6 \times 10^{-5}$	
6. 25cm上乘せ客土区		1 "	30.8	40.6	28.6	69.2	0.74	$7.9 \times 10^{-4}$	
		2 "	31.7	41.3	27.0	68.3	0.76	$2.8 \times 10^{-4}$	

第10表 跡地土壤の化学性(2年目)

区別	項目	層別	0.1N-HCl 可溶 (ppm)			置換性 ( $mg/100g$ )			トータル $P_2O_5$
			Cd	Cu	Zn	CaO	MgO	$K_2O$	( $mg/100g$ )
			(乾土あたり)						
十王	1. 無処理区	1層	1.3	16.8	11.8	99	20	7	5.3
		2 "	1.0	13.2	10.0	87	14	7	-
	2. 15cm排, 客転圧区	1 "	0.2	2.2	4.5	236	95	31	4.2
		2 "	0.6	1.7	2.6	174	73	23	-
	3. 25cm " 区	1 "	0.1	2.4	4.0	246	68	30	3.7
		2 "	0.1	1.5	4.0	242	90	25	-
	4. ビニ-ル水田区	1 "	1.0	13.2	10.0	87	19	9	5.5
		2 "	1.0	10.9	8.4	87	14	7	-
	5. 破碎転圧区	1 "	1.5	17.1	13.4	105	19	8	4.5
		2 "	1.3	15.5	10.3	105	17	9	-
千代田	1. 無処理区	1 "	12.8	2.9	12.1	120	21	13	5.6
		2 "	6.6	6.8	9.2	116	22	11	-
	2. 15cm排, 客土区	1 "	0.3	1.0	3.2	228	128	28	6.2
		2 "	1.9	1.1	1.5	64	53	15	-
	3. 20 " 区	1 "	0.2	1.0	3.1	218	105	25	6.5
		2 "	0.1	1.0	1.6	87	66	13	-
	4. 25 " 区	1 "	0.3	1.3	3.7	186	74	25	5.7
		2 "	0.1	1.0	3.5	60	51	16	-
	5. 50cm反転耕区	1 "	3.4	6.5	8.3	170	39	15	5.7
		2 "	3.0	6.6	6.3	154	33	11	-
	6. 25cm上乘せ客土区	1 "	0.1	1.5	4.8	168	66	23	5.4
		2 "	0.1	1.2	3.3	75	60	16	-

1層(0~15cm) 2層(15~30cm)

態をしめしたが、ビニール水田区は、36cmのビニール敷設置位置まで表層と同様に密な根系分布であったことが目立った。調査時における土壌の亀裂の発生状況は大体作土にとどまり、ジピルジル反応は各層2層目で弱度の反応が観察された程度であった。

千代田試験地：本試験地の工事も十王同様手作業によったが、排土客土処理区、50cm反転耕区など各土層の状態はほぼ当初の計画どおりであることが確認された。土壌密度は各区とも作土下がおおむね10mm前後の値で、十王とは反対に全般的に軟弱の傾向がみられた。各区間では50cm反転耕区で低い値が目立った。地下水位はおおむね50cmの位置にあり、水稻根の伸長は40~47cmまで観察され、ジピルジル反応は客土層以外は全層即時鮮明であった。

## 2) 理化学性

各処理区土壌の土壌断面調査を行なうと同時に、その物理的および化学的条件をあきらかにするため、土壌三相と透水係数の測定および2~3化学成分の分析を行なった。その結果はあきらかにさきの土壌断面形態の特徴をうらがきした。

十王試験地についてみると、根の分布、土壌密度で特徴のみられたビニール水田区は、気相割合が無処理区に比べて1,2層とも10%程度高く、透水係数においても $10^{-8}$ オ-ダ-に近い数値がみられた。また破砕転圧区、排土客土転圧区では、土壌三相、仮比重と圧密土層との関係は判然としなかった。

一方、千代田試験地では、十王に比べて各処理区の液相割合が全般的に高く、とくに無処理区、50cm反転耕区で目立った。また透水係数では、排土客土処理以外の区においては、作土下でおおむね $10^{-5}$ オ-ダ-の値をしめし、かなり透水不良の土壌条件であることが推察された。

跡地土壌のCd濃度については前述したが、さらに両試験地各区のCu、Zn濃度についてみると、全般的に10ppm前後で、非汚染土壌の濃度と大差なく問題はなかった。各処理区の塩基含量は、いずれの試験地も処理区で高い傾向がみられ、りん酸不足で心配された山土客土

区も、2年目の土壌分析結果では、有効態りん酸含量乾土100gあたり5mg以上で、この値は、県内水田土壌改良基準値からみても満足すべきものであった。

## IV 考 察

### 十王試験地

本試験地一帯の慣行玄米収量は平均10aあたり300~350Kg程度で、県内でも低収地帯である。この主な背景には、一戸平均30~40aの保有米確保程度の経営規模で、イナ作に主力がおけない点も指摘されるが、やはり、山間地棚田という土地条件から、土壌は砂質で作土が浅く、下層礫層に続く漏水田であること。湧水利用にもとづく冷水かんがい、水量不足、さらに日照不足、病害虫の発生し易い条件にあることなどがあげられる。

このような汚染現地の実態を背景に、対策試験はできるだけ、漏水防止や水管理など上記の阻害因子を解消するような形で実施した。その結果各処理区の中で、水稻のCd吸収軽減効果のもっとも高かったのは、汚染土を排除し、非汚染土を客土した排土客土区であった。これらの中でも排土客土層厚の厚い25cm区が15cm区に比べて効果が高く、処理区から産出された玄米中のCd濃度をみても、初年目の栽培で不検出、2年目は0.02ppmの濃度をしめし、その効果はきわめて顕著であった。これに対してビニール水田区、破砕転圧区は所期の期待に反し、結果的に対策目標であった玄米中Cd濃度0.4ppm以下にとどめることはできなかった。この原因についてこれまで行なった土壌調査の結果から考察すれば、破砕転圧した土層の圧密条件が期待どおり確保できなかったこと、さらに、ビニール水田土層の高い気相率、低い密度からうらづけられるように、これらの試験区では栽培期間中無処理区よりも $E_h$ が高くかなり酸化的な条件で経過したためと考えられる。水稻のCd吸収は、土壌中のCdの存在形態によってことなる。またこのCdの形態は土壌の $E_h$ 条件に大きく支配される<sup>7,12)</sup>。すなわち、酸化的条件ではCdSはCdSO<sub>4</sub>になり、水稻根に比較的吸収利用され易い状態となるが、還元条件ではCdSO<sub>4</sub>は不溶性のCdSとなり、吸収しにくくなる<sup>12,13)</sup>。前述した

$Eh_0$ 条件の易溶性Cdとの検討結果では、土壌 $Eh_0$ がプラスの値からマイナスに変化すると易溶性Cdは極端に少なくなる。一方幼穂形成期におけるビニール水田区、破砕転圧区の作土の易溶性Cdは、ほぼ無処理区の値に匹敵していた。これらの事実から判断すると、ビニール水田区、破砕転圧区の玄米中Cdが比較的高かった根拠は、 $Eh_0$ が高く経過したためと思われる。

つぎに、水稻の収量についてみると、汚染土を排土し、非汚染土の山土を搬入客土して農地造成を行なった場合でも、土壌改良を十分行なえば、初年目より慣行をうわまわる収量が期待できることがあきらかとなった。

土壌調査の結果では、ランマーによった転圧土層の形成が判然としなかった。このことについては、試験区の工事を手作業で進めた事情もあり、館川<sup>1)</sup>らの指摘している圧密層の戻りも考えられる。いずれにしても、汚染地区は山間地棚田であり、小さい水田面積であるうえ、道路事情も悪い。これらのことからみても、現段階では、機械作業を容易にする土地条件とはいえない。

本試験の結果では、25cm排土客土転圧区のCd吸収抑制効果をもっとも高かった。しかしこれらの処理区の施工にあたっては、排土された汚染土の処理の問題、土壌汚染の恐れのない客土量の確保と現場搬入など、本汚染地区がとくに大気型汚染形態をとっており、周辺の土壌も汚染されているので、今後の対策計画を考える場合、検討課題として残された問題は大きい。

#### 千代田試験地

本試験地は十王と異なり、火山灰の影響の大きい強湿田であるうえ、土壌中のCd濃度は十王土壌に比べてかなり高い。このような汚染ほ場の条件を背景に、現地対策試験を行なって検討した結果、Cd吸収軽減効果のもっとも顕著に認められたのは、25cm排土客土区と25cm上乗せ客土区で、客土層の厚いほど効果の高かった傾向は、十王と類似した。試験結果では本地区における玄米中Cd濃度は十王に比べて、全般的に低かった。この原因の一つには、湿田的なほ場条件があげられよう。水稻のCd吸収には、土壌の $Eh_0$ 状態が大きな影響を与えることはさきにも述べたが、汚染土壌の復元方法の効果を判定し

ようとする場合には、むしろCdの吸収され易い条件のもとで吸収抑制効果の検討を行なうのが効果的である。このような立場から2年目は試験ほ場周辺排水路の掘込みを行ない、できるだけほ場を乾かし酸化的に保持する条件で検討した。この効果は期待どおり、2年目の玄米中Cd濃度が、前年度に比べて高めに検出されたことから十分推察される。

前述したように、Cd吸収軽減効果は、25cm排土客土区と25cm上乗せ客土区でもっとも高かった。しかし今後の対策計画の立案の中で、これらのいずれの処理工法を採用するかについては、さらに当該地区のほ場および土壌条件にもとづいて検討する必要がある。これまでの調査結果によれば、当該地区は湿田で軟弱地盤のうえかん<sup>2)</sup>がい水に乏しい。このような観点からみれば、25cm排土客土工法は、実際工事きわめて困難であろう。さしあたり排土された汚染土の処理方法が問題である。これらの点からみれば、現汚染表土の上に、非汚染土25cmの上乗せ客土を行なう工事方法を採用することが現実的で望ましいと思われる。

本試験を実施するにあたり、試験ほ場の提供をいただいた十王町高原地区字沢平、田所朝男氏、千代田村上稲吉、君島正衛氏に対し、厚くお礼申し上げます。また試験遂行上、大変お世話になった十王町役場、千代田村役場の関係各位をはじめ、高萩地区および石岡地区農業改良普及所、県教育普及課、農試前化学部の関係各位に対し、衷心より感謝の意を表します。

## V 摘 要

問題となった十王町高原地区および千代田村上稲吉地区Cd汚染田の改良対策法を見い出すため、現地に数処理の対策ほ場を造成し、水稻の栽培試験を行なって、Cdの吸収軽減効果について検討した。その結果はつぎのとおりである。

#### 十王試験地

1. 水稻のCd吸収軽減にもっとも効果のあった処理工法は25cm排土客土転圧区であり、ついで15cm排土客土

転圧区であった。

2. ビニール水田区, 破碎転圧区はCdの吸収軽減にはかなりの効果がみられたが, 玄米中Cd 0.4 ppm 以下に抑えることはできなかった。

3. 汚染土を排土し, 非汚染土の山土を搬入客土して農地を造成した場合でも, 土壌改良を十分行なえば初年目より慣行あるいはこれをうわまわる収量の期待できることがあきらかとなった。

4. 玄米中のCd濃度は, 幼穂形成期の土壌条件, 跡地土壌の状態をかなり反映していることがあきらかとなった。

5. 下層土が礫層に変化する十王土壌において, ビニール水田, 破碎転圧処理などの工法を採用する場合, 工事方法, 転圧方法等に十分留意する必要があることが示唆された。

#### 千代田試験地

1. 水稻のCd吸収軽減にもっとも効果の高かった処理工法は25cm排土客土区および25cm上乘せ客土区であった。

2. 50cm反転耕区は2年目0.4 ppm以上の準汚染米が検出された。

3. 山土客土を行なっても, 土壌改良を十分行なえば, 初年目より増収の期待できることがあきらかとなった。

4. 水稻玄米中のCd濃度は, 幼穂形成期の土壌条件をかなり反映していることが認められた。

5. 玄米中Cd濃度に対する下層土からのCd寄与率は, 十王土壌に比べてかなり低いことがうかがわれた。

6. 現地土壌の調査結果から, 土壌中のCd溶出量は, 土壌Eh<sub>0</sub>条件に大きく左右されていることを知った。

#### 引用文献

- 1) 茨城農試(1972) 昭和47年度土壌汚染防止対策細密調査報告書(高原地区)。
- 2) 茨城農試(1973) 昭和48年度, 土壌汚染防止対策細密調査報告書(上稲吉地区)。

- 3) 農林水産技術会議事務局(1971) 土壌の重金属汚染と農作物(その1)未定稿: 71~116。
- 4) 農林水産技術会議事務局(1972) 土壌の重金属汚染と農作物(その2)未定稿: 1~252。
- 5) 坂井弘 監修(1974) 農業公害ハンドブック, 地人書館: 107~134。
- 6) 徳永光一・馬場秀和・石川武男・石幡信・石川昌男(1975) カドミウム汚染水田の更正工法について-茨城県七会村の工事例一。農土誌, 43: 660~666。
- 7) 石川昌男・平山力・石川実・津田公男・吉原貢(1976) 土壌の重金属汚染に関する調査研究, 第4報, 七会村塩子地区のカドミウム汚染対策工事と工事後の水稻のカドミウム吸収について。茨農試報, 17: 55~66。
- 8) 平山力・吉原貢・石川昌男・徳永光一(1976) カドミウム汚染土壌の改良に関する研究, 第3報, 埋没汚染土の埋め殺し効果について。土肥誌講演要旨集, 22: 157。
- 9) 農林省農蚕園芸局(1974) 土壌保全対策資料48, 土壌汚染防止対策調査成績52。
- 10) 農技研化学部土壌第3科(1963) 水田土壌統設定(第一次案)
- 11) 農林水産技術会議(1971) 土壌および作物体中の重金属分析法
- 12) 飯村康二(1972) 土壌中のカドミウムの形態と水稻による吸収, 土肥誌講演要旨集, 18: 143
- 13) 森下豊昭(1973) カドミウム鉍害と土壌汚染対策, 公害研究, 2-3: 37~44
- 14) 館川洋(1975) 土壌汚染の実態と対策-福島県下の事例-, 圃場と土壌, 73: 17~24。
- 15) 平山力・石川実・石川昌男・吉原貢(1977) カドミウム汚染土壌の改良に関する研究, 第4報, 有機および無機質汚染田におけるカドミウム吸収軽減対策について。土肥誌講演要旨集, 23: 56。



# ミツバおよび栽培土壌におけるエチルチオメトンの残留\*

村上昌秀・小林 登・漆原栄治・吉原 貢

茨城県の特産野菜であるミツバのてんぐ巢病の病原マイコプラズマの媒介者であるヒメフタテンヨコバイ (*Macrosteles orientalis*) の防除に効果のある有機リン系殺虫剤のエチルチオメトン (diethyl s-(2-ethylthioethyl) phosphorothiolothionate) は残留性が比較的長いことが知られている。したがって、散布量、時期および散布方法などな慎重な配慮が必要と思われるので、1973年～74年農家圃場においてエチルチオメトンの残留性を検討した。

根株養成圃場の土壌中には高濃度のエチルチオメトンの残留が認められた。切りミツバ茎葉においても、第1回目収穫時は相当の残留が認められたが、第2回目収穫後では検出限界以下の濃度に低下した。根株については、2回目萌芽後も高濃度の残留が認められた。土壌、切りミツバ、根株とも処理量(回数)が増すほど残留が多くなる傾向にあった。

## I 緒 言

近年農業の環境汚染問題に関して農業の作物、大気、水、土壌中の消長および残留性が問題にされている。農作物や土壌中に散布された農薬は経時的に変化し、次第に分解消失するが、その一部は土壌および作物中に残留し、食物連鎖を通して人畜体内にはいり悪影響を及ぼすことが懸念される。このことから食品中の許容量が定められ、農薬の使用にあたっては安全使用基準を設定、それに沿った防除技術を確立し、残留農薬に関する食品の安全性の確保をはかっている。

茨城県の特産野菜の一つであるミツバの栽培は行方郡、鹿島郡、稲敷郡、筑波郡など鹿行・県南地域<sup>1)</sup>で盛んにおこなわれ、その作型は春播き栽培および秋播き栽培の2つの型がある<sup>2)</sup>。主体は春播栽培で、圃場で養成した根株を軟化床で萌芽させて、切りミツバ、根ミツバとして12月～3月にかけて出荷する。

ミツバの主要病害であるてんぐ巢病は、ヒメフタテンヨコバイによって病原体マイコプラズマが媒介され、圃場や軟化床で発病し、その被害は近年漸増の傾向にある。エチルチオメトン(商品名:ダイシストン, エカチンTD)がヒメフタテンヨコバイにたいし防除効果が高いのは、作物や土壌中で数種類の代謝物に酸化され、<sup>3, 4, 5, 6)</sup>こ

の代謝物は水への溶解性が増し、土壌中で比較的長時間残存して殺虫効果をあげることによるとされている<sup>7)</sup>。そのため散布量、時期、方法に問題があるため、これらとの関連でその残留性について調査した結果を報告する。

## II 試験方法

### 1 栽培法および処理法

1973年～74年茨城県行方郡北浦村小貫農家圃場(褐色火山灰土壌)にミツバ(品種白茎)10a当り8ℓ播き一区33㎡を2区設けた。ミツバは圃場に5月に播種、根株を養成、11月に株を掘取り一時仮植し茎葉を枯死させた後、軟化床へ伏せ込み、加温・灌水し、萌芽させ翌年の1月～3月の間に収穫した。薬剤はヒメフタテンヨコバイの発生にあわせて<sup>8, 9)</sup>、ダイシストン5%粒剤を第1表のように処理し、無処理、2回処理(10a当り8Kg処理)、3回処理(13Kg)、4回処理(18Kg)、5回処理(21Kg)の各区を設け、根株養成圃場で各時期にトップドレッシングした。

### 2 分析方法

残留分析はミツバ茎葉、根および土壌について、第2表のエチルチオメトン(P=S, S)の代謝物であるエチルチオメトンスルホン(P=S, SO<sub>2</sub>)およびディメトン

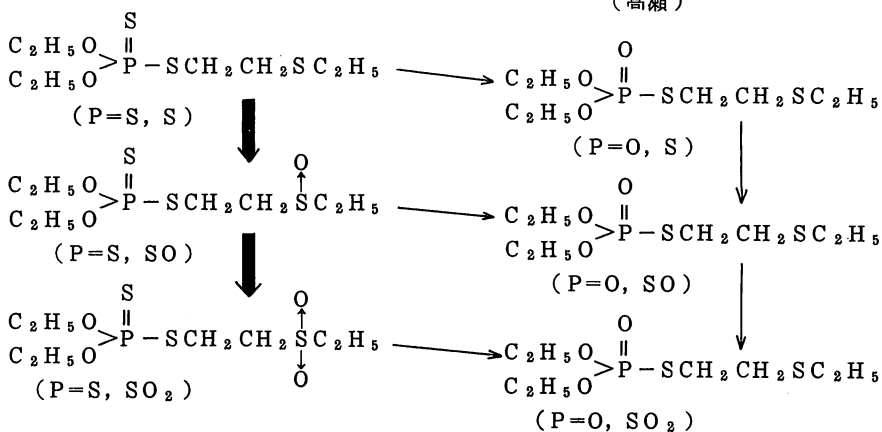
\*本報告の一部は関東東山病害虫研究会年報第22集(1975)において発表した。

第1表 エチルチオメトンの処理期と収穫期

時期 区名	処 理 時 期					収 穫 時 期			処理後収穫までの日数			薬剤処理量 Kg/10a
	6/8	6/28	7/18	8/8	8/27	9/21	2/21	3/13	9/21	2/21	3/13	
無処理区						○	○	○	-	-	-	0
2回処理区	●	●	●			○	○	○	65	125	128	8
3回処理区	●	●	●	○		○	○	○	25	85	178	13
4回処理区	● <sup>6/6</sup>	● <sup>7/8</sup>	● <sup>8/5</sup>	○ <sup>8/26</sup>		○ <sup>11/10</sup>	○ <sup>1/24</sup>		11/10 <sup>71</sup>	1/24 <sup>146</sup>		18
5回処理区	●	●	●	●	●	○	○	○	25	85	178	21

- 注) 1. 薬剤はダイシストン5%粒剤を使用した。  
 2. 1~3回, 5回処理は1973年, 4回処理は1974年に実施した。  
 3. 処理量は6月1回当たり3Kg/10a, 以後の月は5Kg散布した。

第2表 エチルチオメトンの酸化代謝物および土壤中における酸化経路 (高瀬)



注)  $\blackrightarrow$ が主体的経路である。

スルホン (P=O, SO<sub>2</sub>) についておこなった。

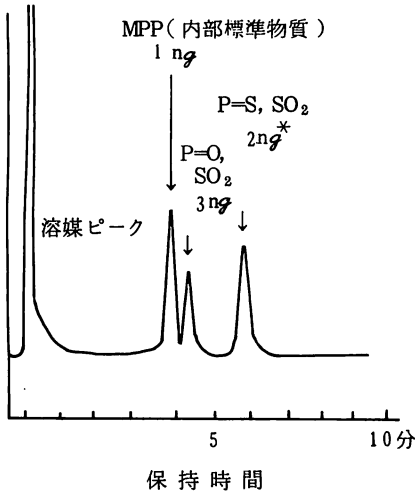
作物体は細切し0.1N塩酸2mlを加えたミキサーで均質化, 100gを採取してアセトン100mlを加え, ホモジナイザーで3分間磨砕抽出する。これをガラスフィルター(G2)にて吸引濾過後, 1%ジエチレングリコールを添加, アセトンをロータリーエバポレーターにて溜去し, 5%食塩水250mlを加えジクロロメタン50mlで3回抽出する。ジクロロメタン層を溜去してアセトン溶液とし, 20%硫酸マグネシウム5mlと2%過マンガン酸カリウムでP=S, SO<sub>2</sub> およびP=O, SO<sub>2</sub>へスルホン化し, クロロホルム40mlで3回抽出する。クロロホルム層を分液, 無水硫酸ナトリウムで脱水後減圧下で溜去, バイジット

(MPP)を内標物質としたアセトン溶液とし, ガスクロマトグラフィーで定量した。

土壌は日陰で風乾, 1mmの篩で篩別, 25gを採取, アセトン100mlを用いて2回振盪抽出し, その後は作物体と同様な方法で行った。

ガスクロマトグラフィーの条件; 装置は日立063型, 検出器はリン化合物を特異的に高精度に検出できるリン用干渉フィルター付FPD(Flame Photometric Detector)を用い, カラムは内径3mm, 長さ1mのガラス製, 充てん剤は10%DC-200/ガスクロムQ60~80メッシュ, カラム温度200°C, 検出器温度200°C, 注入口温度235°C, ガス流量は1分間当りキアリアガス

ミツバおよび栽培土壌におけるエチルチオメトンの残留



第1図 エチルチオメトンのガスクロマトグラム

\* ngは10<sup>-9</sup>g

N<sub>2</sub> 40 ml, N<sub>2</sub> 80 ml, O<sub>2</sub> 20 ml, 追加ガスN<sub>2</sub> 20 mlであり、定量はピーク高さ法による内部標準法で行った。

回収率は作物体がP=O, SO<sub>2</sub>・0.4 ppm相当量添加で81.5%, P=S, SO<sub>2</sub>・0.1%添加で94.0%, 土壌はP=O, SO<sub>2</sub>・0.16 ppm添加で70.7%, P=S, SO<sub>2</sub>・0.08 ppm添加で70.2%であり、検出限は0.008 ppmであった。

III 結果および考察

ミツバ茎葉、根および土壌中のエチルチオメトンの残留分析結果は第3表のとおりである。

1 根株養成時における残留

圃場における根株養成時(9月21日)のミツバ茎葉中の残留濃度(P=O, SO<sub>2</sub>とP=S, SO<sub>2</sub>の合計量)は無処理区0.040ppm, 2回処理区0.213ppm, 3回処理区0.994

第3表 ミツバおよび土壌中のエチルチオメトンの残留

項目	p pm														
	9月21日(根株養成時)						2月21日		3月13日						
	茎		葉		土 壤		催芽一番芽		催芽二番芽		根 株				
区 名	P=O, SO <sub>2</sub>	P=S, SO <sub>2</sub>	計	P=O, SO <sub>2</sub>	P=S, SO <sub>2</sub>	計	P=O, SO <sub>2</sub>	P=S, SO <sub>2</sub>	計	P=O, SO <sub>2</sub>	P=S, SO <sub>2</sub>	計			
無 処 理 区	<0.008	0.040	0.040	<0.008	0.030	0.030	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	0.040	<0.008	0.040
2 回 処 理 区	<0.008	0.213	0.213	<0.008	0.062	0.062	<0.008	0.012	0.012	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	0.213	0.213
3 回 処 理 区	0.537	0.457	0.994	<0.008	0.735	0.735	<0.008	0.014	0.014	<0.008	<0.008	<0.008	0.537	0.457	0.994
4 回 処 理 区	—	—	—	0.528	0.298	0.826	0.016	0.037	0.053	<0.008	<0.008	<0.008	0.042	0.200	0.242
5 回 処 理 区	茎葉 0.675	3.300	3.975	<0.008	1.148	1.148	0.019	0.079	0.098	<0.008	<0.008	<0.008	1.410	2.450	3.860
	根株 0.580	4.295	4.875												

注) 分析値は2区の平均値で表わした。

ppm, 5回処理区3.975ppmであった。これらの残留量の中でのP=O, SO<sub>2</sub>とP=S, SO<sub>2</sub>の比率は後者の方が高い傾向にあった。無処理区においても低濃度ではあるがエチルチオメトンの残留が認められた。2回以上の処理区、とくに3回, 5回処理区で高く, 処理量(回数)が多いほど残留濃度は高かった。前作はミツバを栽培せず本剤を使用しなかったが, 無処理区において残留が認められた点は不明である。

一方, 土壌中の濃度は無処理区0.030ppmから5回処理区1.148ppmの範囲にあり, 作物体とはほぼ同様の傾向を示した。また残留量に対する処理量と処理後日数との関係では処理量の方の影響が大きいと考えられる。土壌

における残留量中のP=O, SO<sub>2</sub>とP=S, SO<sub>2</sub>の比率は4回処理区を除くと, ほぼP=S, SO<sub>2</sub>が占めており, 作物体中の比率とは若干異なっている。またこの時のミツバ茎葉中の濃度は土壌中の濃度より高いが, この時期は降雨量多く土壌水分も高くなることから農薬の移動<sup>7, 10</sup>根からの吸収やトップドレッシングしたエチルチオメトンのガス化による作物体茎葉部からの吸収によると推定される。<sup>11, 12, 13</sup>

2 軟化床における残留

伏せ床における催芽後のミツバ茎葉中の残留濃度は一番芽(2月21日収穫)の無処理区では検出限界(0.008ppm)以下であったが, 2回処理区0.012ppm, 3回処

区 0.0014 ppm, 4 回処理区 0.053 ppm, 5 回処理 0.098 ppm と処理量(回数)を増すほど高くなった。二番芽(3月13日収穫)では無処理区から5回処理区まで検出限界以下の濃度であった。

切りミツバの場合、圃場で根株を養成し、掘り取り仮植後、伏せ床に移し根株に灌水・加温して催芽させる。一番芽における残留量は圃場での根株養成株の芽葉より急激に低下するが、処理量(回数)が多くなるほど残留量は多く、とくに4回処理以上で高濃度の残留が認められる。しかし、二番芽になると残留濃度は低下して検出限界以下となる。

このように圃場にある根株養成時の茎葉中の濃度と比較すると催芽後の濃度の低下が著しいのは、伏せ床での大量の灌水・加温により、ミツバ茎葉の水量含量が高いこと、根株から新葉への移行が少ないことなどによるものと推定される。

一方、催芽後のミツバ根株の残留についてみると無処理区の0.040 ppmから5回処理区の3.860 ppmと処理量(回数)が増すほど残留量が多くなり、ミツバ茎葉および土壌と同様の傾向を示している。また残留量に占める P=O, SO<sub>2</sub> と P=S, SO<sub>2</sub> の比率は茎葉とはほぼ同様の傾向を示した。5回処理区における根株養成時の根の残留濃度は4.875 ppmであったが、催芽後でも3.860 ppmと濃度の低下の少ない点は、地上の茎葉部と相違するところである。

3 土壌の種類および処理を異にした場合の残留

土壌の種類および処理を異にした場合のエチルチオメトンの残留におよぼす影響をみるため、土壌を30℃で100日間インキュベーションしてその差異をみたのが第4表である。

風乾土壌400gにエチルチオメトン(ダイシストン5%粒剤)80g(10 ppm相当量)を添加混合して100日後の残留量は、無処理区の土壌の種類別では黒色火山灰土壌8.904 ppm, 沖積土壌6.040 ppm, 褐色火山灰土壌3.273 ppmと土壌の種類により残留濃度は異なっている。処理による差異をみると、無処理区に比し生ワラ+消石灰区, 焼土区とも土壌の種類にかかわらず相当の減少が認められ、その減少程度は焼土>生ワラ+消石灰であった。

これらの処理による各土壌の農薬残留量の減少程度は無処理区と若干異なり、褐色火山灰土壌>黒色火山灰土壌>沖積土壌の順に大きくなっている。

農薬の土壌中の分解は光などによる物理化学的分解, 酸化・加水分解などの化学的分解, 土壌微生物などによる生物的分解が考えられる。<sup>7, 14, 15, 16)</sup>土壌の種類による残留については粘土, 腐植および水分含量などの相異なるによる生物および化学的分解, 処理による残留について生ワラ+消石灰は生物および化学的分解, 焼土処理は高温乾燥による物理的分解が大きく影響していると推定される。

以上の結果からミツバにおけるエチルチオメトンの残留は農薬の処理量(回数)との関連がきわめて深く、圃

第4表 土壌の種類および処理を異にして30℃100日間インキュベーションした場合のエチルチオメトンの残留

処 理 代 謝 物	ppm								
	土壌の種類			褐色火山灰土壌			沖 積 土 壌		
	黒色火山灰土壌			P=O, SO <sub>2</sub> P=S, SO <sub>2</sub> 計			P=O, SO <sub>2</sub> P=S, SO <sub>2</sub> 計		
無 処 理	0.354	8.550	8.904	0.199	3.074	3.273	0.427	5.613	6.040
生ワラ+消石灰	<0.008	1.074	1.074	0.283	0.547	0.830	<0.008	1.913	1.913
焼 土	0.092	0.577	0.669	0.087	0.314	0.401	0.159	1.672	1.831

注) 1. 風乾土壌にダイシストン粒剤(5%)を10 ppm 相当量添加し、土壌水分が黒色および褐色火山灰土壌は30%, 沖積土壌は20%になるよう蒸留水を添加調整した。  
 2. 生ワラ+消石灰は風乾土壌重量のそれぞれ2%, 5%を添加した。  
 3. 焼土は105℃で2時間乾燥した。

場における根株養成時の茎葉中の残留濃度が高いことから、圃場から直接収穫する青ミツバでは、その残留量が多いことが予想される。土壌中におけるエチルチオメトンの残留半減期は土壌の種類、水分含量、作物の種類、使用方法、製剤形態などによっても異なり、畑状態では30～40日程度<sup>17)</sup>といわれており、他の薬剤に比し比較的残留性が長い。今後はヒメフタテンヨコバイの発生の消長と相まって適切なる防除体系の確立と農薬の安全な使用基準設定が望まれる。

終りに本試験に際し有意義なる助言をいただいた石川前副場長、現地圃場を提供しご協力を得ました理崎定吉氏、鉢田病害虫防除所岩本前主任研究員、菊地技師に対し謝意を表します。

#### IV 摘 要

1. ミツバにおけるエチルチオメトンの残留は処理量(回数)が多いほど残留量が多い。
2. 根株養成時の茎葉中の残留濃度と催芽後の茎葉中の残留濃度を比較すると、催芽後の濃度は急激に低下するが、一番芽では相当の残留が認められる。
3. ミツバ根株の残留は茎葉より高く、催芽後も処理量が多いと高濃度の残留が認められる。
4. インキュベーションによる土壌の種類を異にした場合の残留は黒色火山灰土壌>沖積土壌>褐色火山灰土壌の順に多かった。

#### 参 考 文 献

- 1) 平野秀雄(1970) ミツバ. 農文協: 106.
- 2) 岡昌二(1974) ミツバと軟化物. 誠文堂新光社: 64.
- 3) 山本亮(1971) 農薬学. 南江堂: 132.
- 4) METCALF, R.L., T.R.FUKUTO, and R.B. MARCH(1957) Plant Metabolism of Dithio-Systox and Thimet. J.Econ. Ent. 50-3: 338~345.
- 5) METCALF, R.L., H.T.REYNOLDS, M.WINTON and T.R.FUKUTO(1959) Effects of Temperature and Plant Species Upon the Rates of Metabolism of Systemically Applied Di-Syston. J.Econ.Ent. 52-3: 435~439.
- 6) 下松明雄・津田秀子・高瀬巖・井筒稔・石野洋二・吉本佳文(1970) ダイシストンおよび代謝物の殺虫効力について. 応動昆. 昭和45年度大会講演要旨: 318.
- 7) 高瀬巖・津田秀子・吉本佳文(1971) エチルチオメトンの土壌中での動向. 応動昆. 15: 63~69.
- 8) 鈴木茂・千葉虫男(1972) 北浦ミツバのてんぐ巢病防除について. 茨城病虫研究. 12: 18~19.
- 9) 岩本静之・菊地久穂(1973) 茨城県北浦地方におけるヒメフタテンヨコバイの発生経過. 関東東山病害虫研究会年報. 20: 130.
- 10) 川森郁郎(1970) 土壌中におけるダイシストンの行動. 応動昆. 昭和45年度大会講演要旨: 320
- 11) 高瀬巖・津田秀子(1972) エチルチオメトンのガス効果について. 応動昆. 16: 32~39.
- 12) 中里筆二・原栄一(1973) 殺虫剤のガス作用について. 関東東山病害虫研究会年報. 20: 169.
- 13) 村上昌秀・小林登・漆原栄治(1975) ミツバにおけるエチルチオメトンの残留. 同上. 22: 146.
- 14) 渡辺巖(1973) 農業と土壌微生物. 農文協: 229~276.
- 15) 鈴木達彦(1973) 土壌中における農薬の微生物分解. 植物防疫. 27: 414~417.
- 16) 見里朝正(1973) これからの農薬開発. 農及園. 48: 405~408.
- 17) 高瀬巖・中村秀子(1974) エチルチオメトンの水田土壌における消長. 農化. 48: 27~34.

茨城県農業試験場研究報告 第18号

昭和52年12月20日発行

発行所 茨城県農業試験場  
水戸市上国井町

印刷所 新生プリント社  
水戸市見川二丁目28-18

印刷者 宮崎利安



Bulletin of the Ibaraki Agricultural Experiment Station

No. 18 1977

Contents

- On the New Recommended Paddy Rice Variety "Ōzora" in Ibaraki Prefecture  
..... Mitsuo HIROKI, Katsutoshi MURATA and Hiroshi SHIMADA
- On the New Recommended Two-rowed Barley Variety  
"Akagi-nijō" in Ibaraki Prefecture  
..... Kazuyuki IWASE
- The Effect of the Unusual Climatic Conditions on Rice Culture in Ibaraki  
Prefecture, 1976  
..... Hiroshi SHIMADA, Hirobumi OKANO and Osamu SATO
- Studies on the Broadcast Seedling Cultivation Method of Paddy Rice  
..... Shōji ABE, Toshikuni AITANI and Akimitsu SHIOHATA
- On the Relation between Distribution of Perennial Weeds and Cultivation  
Method of Paddy Rice in Ibaraki Prefecture  
..... Tamotsu AKUTSU
- Studies on the Control of Mottled Seeds of Soybean caused by Virus  
Diseases  
..... Etsuo NAKAGAWA, Haruo HANAWA and Kōji KOIBUCHI
- The Weeding System in Peanut Cultivation connected with Barley  
Cultivation by Benthocarb-Prometryne and Varnolate  
..... Mitsuru KUBOTA and Nobuyuki ASANO
- The Cultivation Method of Edible Burdock (*Arctium lappa* L.) by Autumn  
Sowing  
..... Nobuyuki ASANO and Yoshio MATUZAWA
- Studies on the Establishment of Stabilized Cultivation Systems in the Mass-  
cultivating Zone of Water-melon and Chinese Cabbage  
..... Sadayoshi KAJITA, Yoshiaki TANI, Kazuo KINOUCHI,  
Kazuo KOAKUTSU, Minoru AKIYAMA, Miyoshi KIRIHARA,  
Nobuyuki ASANO and Yoshiro MATSUZAWA
- On the Improvement of Soil Acidity by Slag (*Calcium Silicate Compound*) on  
Volcanic Ash Upland Soil  
..... Yoshio OGAWA, Minoru ISHIKAWA and Masao ISHIKAWA
- Soil Pollution by Heavy Metals  
Part V. Improvement of Paddy Fields Polluted by Cadmium in Takahara,  
Zyuō Town and Kamiinayoshi, Chiyoda Village in Ibaraki Prefecture  
..... Chikara HIRAYAMA, Minoru ISHIKAWA, Mitsugu YOSHIHARA and  
Masao ISHIKAWA
- Residue of the Ethylthiometon in Japanese Honewort (*Cryptotaenia Canadensis*)  
and its Cultivated Soil  
..... Masahide MURAKAMI, Noboru KOBAYASHI, Eiji URUSHIHARA and  
Mitsugu YOSHIHARA