

亜鉛欠乏土壤に関する調査研究^{*}

関 沢 憲 夫 内 田 修 吉 千 葉 明
中 野 信 夫 高 橋 良 治^{**} 佐 藤 久 仁 子

目 次

- | | |
|------------------|-----------------------|
| I 緒 言 | E 土壤による亜鉛の吸収と溶脱 |
| II 亜鉛欠乏の症状 | F 亜鉛資材の形態と施用量 |
| III 亜鉛欠乏の発生要因と対策 | IV 作物の種類、畑稲の品種による感 応 |
| A 発生地帯の土壤 | V 各種溶媒による土壤亜鉛の抽出と作物によ |
| B 土壤PHとの関係 | る吸収量との関係 |
| C 亜鉛と他要素との関連 | VI 摘 要 |
| D 土壤の母材、層位との関係 | |

I 緒 言

北上川西部の台地およびこれに続く小起伏丘陵地帯は、地形、気象等の条件には比較的恵まれているが、多くの未開発地が残されていた。その原因として、土壌的には強酸性であり、また各種養分が不足していることがあげられる。近年は機械力の導入により農地の開発は進んできたが、それに伴っていろいろな障害も目につくようになった。胆沢郡下に見られた赤枯様の畑稲は、集団的に発生したので特に注目された。数回にわたるポット試験、および現地試験の結果、この生育障害の原因は、亜鉛欠乏によるものであることを確認した。1968年以来試験、調査は、亜鉛欠乏土壤における現地対策に主眼をおき、発生要因、分布、亜鉛資材の適量、作物による感応、有効態亜鉛分析のための溶媒の種類等について検討した。今後更に詳細な研究にまたなければならない点も多いが、現在までの結果をとりまとめて報告する。

研究の実施にあたっては、農業技術研究所山添文雄肥料分析法研究室長、同越野正義技官、岩手大学農学部吉田稔教授にご指導と助言をいただいた。亜鉛の分析法の一部は東北農業試験場および岩手県畜産試験場の原子吸光分析装置を使用させていただいて実施したものであり、さらに東北農業試験場赤塚恵土壤肥料第2研究室長、同高橋達児技官（現草地試験場土壤肥料第2研究室長）に同装置の使用法についてご指導いただいた。また、現地調査にあたっては、金ヶ崎農業改良普及所長梅原七郎氏（現遠野農業改良普

* 本報告の一部は1969、1970、1972年日本土壤肥料学会において発表した。

** 現勤務地：岩手県園芸試験場

及所総合普及班主任)に多大のご協力をいただいた。以上のかたがたに衷心より感謝の意を表する。

Ⅱ 亜鉛欠乏の症状

植物の生育と土壤中の亜鉛との関連については、亜鉛鉱山やメッキ工場の排水等による被害、すなわち過剰障害が古くから重要視されてきた。一方 1920 年代に亜鉛が植物にとって欠くことのできない元素であることが確かめられて以来、海外ではりんご、なし、ぶどう等の小葉病、かんきつ類の斑葉病、油桐の青銅化病、とうもろこしの白芽病等は、いずれも亜鉛欠乏によるものであることが確認された。水耕栽培による水稻の亜鉛欠乏症については、藤原、堤¹⁾ および石塚、田中²⁾ の詳細な報告がある。圃場においては³⁾⁴⁾⁵⁾ はみかん、⁶⁾⁷⁾ こんにゃく、⁸⁾ たまねぎ、⁹⁾¹⁰⁾ 水稻についての報告があるが、畑作における普通作物での発生例は極めて少ない。

胆沢郡下で異常な畑稻が発見されたとき、その症状は、水稻における赤枯病に似ており、¹¹⁾ 葉身に発生する紫色の斑点が特に目についた。しかし、斑点の出現時期やその程度は、品種によって非常に差があることが認められた。共通的な症状として、はじめ葉身の中肋部附近が退色してきて葉丈の伸びが悪くなるが、分けつはあまり衰えない。さらに症状が進むと、茎と葉身との角度が大きくなり、これを畦の縦の方向から見ると、全体として開張したように見える。アントシアンの発生しやすい品種では、4～5 葉期ころすでに斑点が現われ、はじめ下位葉のつけね附近にみられるが、次第に上位葉にも発生するようになり、激しい場合は、出穂期ころには斑点ではなく、葉全体を紫色に塗りつぶしたようになる。欠乏程度の軽い場合は、出穂期以後に中肋の一部のみが紫色を呈する場合もある。生育のおくれも極端であり、激しい欠乏の場合は、その地方の標準的な品種が、かろうじて出穂するにとどまる場合も少なくない。

とうもろこしの亜鉛欠乏症は、草型の変化は畑稻ほど明確でなく、その症状は主として葉色に現われる。しかし症状の品種間差は少ないようで診断はしやすい。胆沢地方で見られたものは、3 葉期ころには葉が中ごろから淡くなり黄白色となる。生育が進むにつれて黄色みも消えて黄白色というよりもほとんど白色になる。この白色部は明確な輪郭がなく、健全部へ漸変するが葉全体が葉色は淡い感じを受ける。発生葉位は必ずしも下位葉からとは限らず、中位葉あたりから目立ってくる場合もある。また、初期には明らかに亜鉛欠乏症が認められても生育が進むにつれて軽症となり、遂にほとんど消失する場合もあるが、これは石灰を多用した圃場の場合が多いようである。

Ⅲ 亜鉛欠乏の発生要因

亜鉛欠乏の発生要因としては、土壤の母材そのものに亜鉛が少ない場合や、¹²⁾ 土壤有機物による固定、高 PH 土壤、⁹⁾¹⁰⁾ 粘土鉱物による固定、¹⁴⁾ 磷酸の多用等が報告されている。¹⁵⁾ 土壤中の全亜鉛と亜鉛欠乏との関係について、¹⁶⁾ 山添らが主として岩手県下の土壤について分析した結果、両者の間には相関は認められなかった。

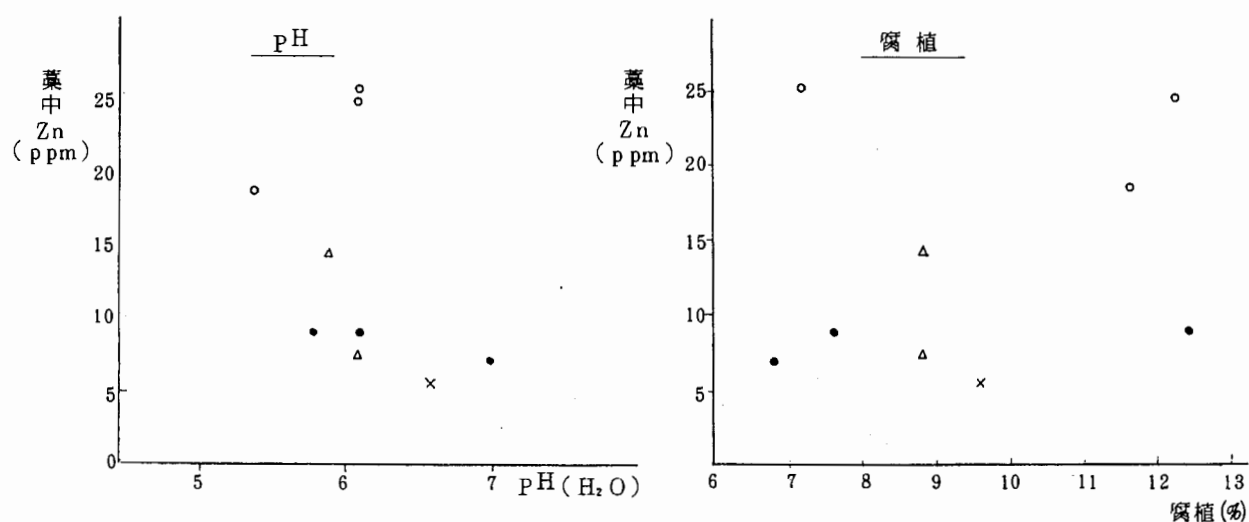
A 亜鉛欠乏発生地帯の土壤

亜鉛欠乏が発見された当初、同一圃場内でも症状の軽重にかなりの差があることが認められ、まず両者の理化学性を比較して原因究明の手がかりを得ようとした。4地点のうち横沢原と野崎は火山灰土壌であり、堰袋および高野原は洪積層土壌である。なお、比較のため、症状がみられない農試本場の砂込土壌をも供試した。

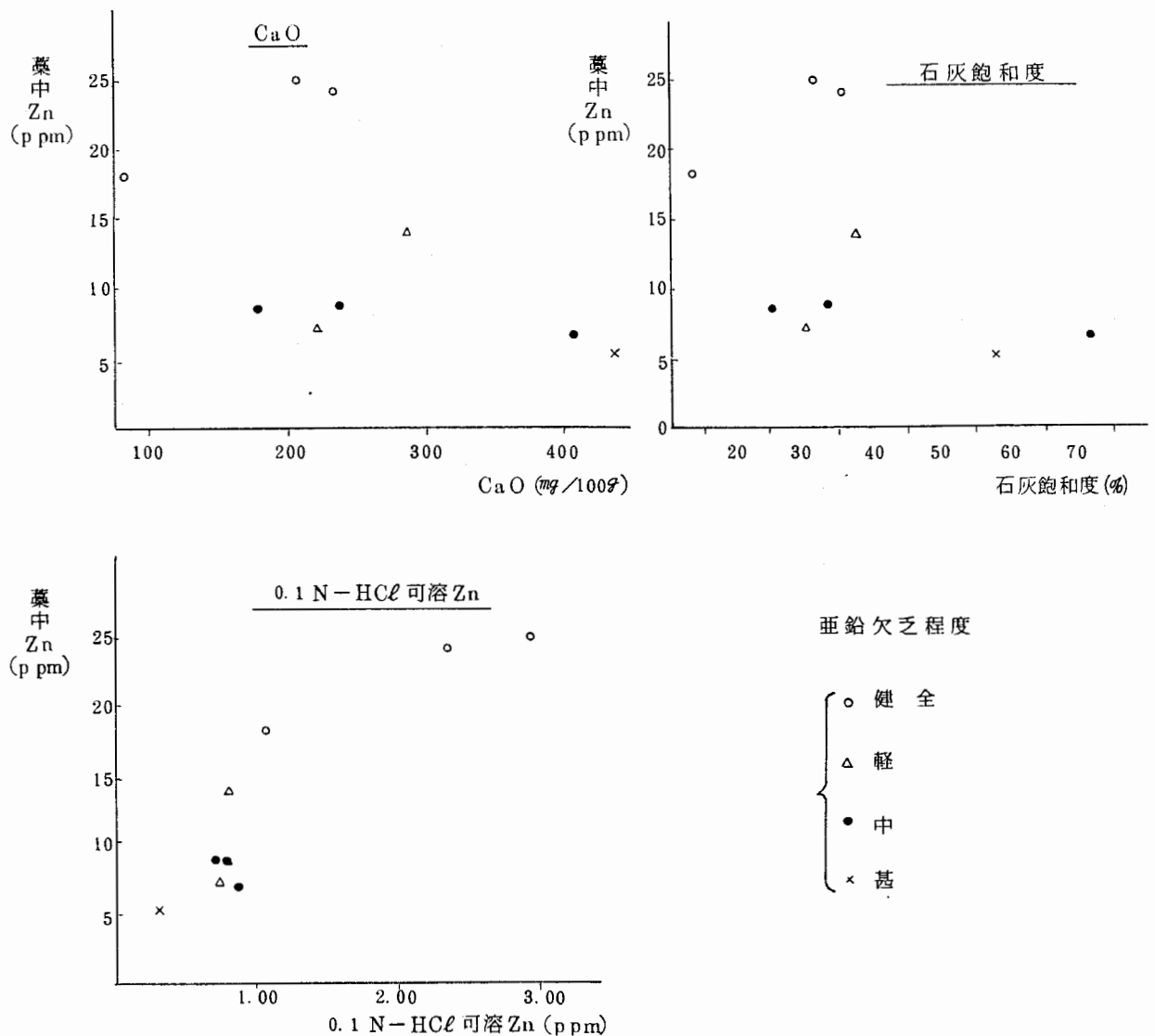
第3-1表 症状の軽重と土壤の理化学性

地名	植物体 (8月23日)		土								壤			
	症状の 程 度	葉 中 Zn (ppm)	腐 植 (%)	土 性	P H		置換性塩基 (mg/100 g)			石 灰 飽和度 (%)	磷酸吸 収係数	易還元 性 Mn (ppm)	0.1 N— HCl 可溶 Zn (ppm)	
					H ₂ O	KCl	CaO	MgO	K ₂ O					
横 沢 原	+	7.4	8.8	LiC	6.1	5.0	222	27	24	30	1,800	140	0.75	
	+++	5.4	9.6	LiC	6.6	5.8	437	35	28	57	1,700	119	0.31	
堰 袋	—	25.0	7.2	SC	6.1	5.0	206	22	21	31	1,020	108	3.00	
	++	6.8	6.8	SC	7.0	6.3	408	33	30	71	1,120	72	0.89	
高 野 原	—	18.3	11.6	LiC	5.4	4.5	84	21	23	13	1,900	414	1.07	
	++	8.8	12.4	CL	6.1	4.9	179	21	31	25	2,100	450	0.80	
野 崎	+	14.0	8.8	LiC	5.9	5.0	286	65	25	37	1,460	420	0.82	
	++	8.9	7.6	LiC	5.8	4.8	238	57	38	33	1,580	334	0.74	
(比) 砂込	—	24.2	12.2	L	6.1	5.0	232	48	21	35	2,300	119	2.40	

注 0.1 N-HCl 可溶亜鉛の定量は土壤 1 : 4 溶媒 15 分振とう後ろ過、ろ液を原子吸光法によって定量¹³⁾した。以後も特記しなければこの方法による。



第3-1図 畑稻中亜鉛濃度と土壤の化学性との相関図



第3-1図 畑稻中亜鉛濃度と土壤の化学性との相関図

0.1 N-HCl 可溶亜鉛は、症状が激しいほど概して少ないが必ずしも並行しなかった。同一地点での軽症部と重症部を比較すれば、例外なく後者が低い、その差は少ない場合もあった。また欠乏地帯でも部分的にはかなり高いところがあることが知られた。

亜鉛以外の分析結果では、重症部分はPHが高く、石灰に富む場合が多いが野崎では逆転している。腐植については一定の傾向は認められなかった。易還元性マンガンは重症の方がむしろ少ない場合が多く、Mnの拮抗作用に原因を求めることはできなかった。

胆沢地方は、未耕地土壤でPH (H_2O) 4.8 ~ 5.0 の酸性土壤地帯であり、後述する石灰との関連の項で触れるように、畑稻でも石灰を施用しなければ正常な生育を示さない。しかしこの調査の結果では、症状の激しい部分は、石灰の散布むらのため多量に投入されたところのようにも見られ、石灰の過用も原

因の一つになっているものと推察された。

B 土壌 PH との関係

発生地帯における調査の結果等から、土壌 PH もかなり大きな要因になっているものと考えられたので、土壌 PH と亜鉛の施用量との関係について試験を実施した。試験地は腐植質火山灰土壌である上宮沢原と、開畑の際に腐植層がはぎとられた横沢原試験地である。横沢原では作物の種類を変えて2年継続し、また同じ土壌でポット試験も実施した。

1. 上宮沢原試験地

1) 試験地の土壌

第 3 - 2 表 上宮沢原試験地の土壌

火山灰、風積

層 厚	粒 経 組 成	P H		腐 植 (%)	置 換 性 塩 基 (mg/100 g)			C.E.C. (m.e./100 g)	石 灰 飽 和 度 (%)	磷酸吸 収係数	0.1 N-HCl 可 溶 Zn (ppm)
		H ₂ O	KCl		CaO	MgO	K ₂ O				
0 ~ 14 cm	L i C	5.1	4.3	14.8	54	14	13	32.2	6	2,020	0.83
14 ~ 25	L i C	5.2	4.3	9.9	25	5	9	28.9	3	2,290	0.04
25 ~	L i C	5.2	4.5	2.0	49	27	6	19.6	9	2,060	0.66

2) 栽培法の概要

作物、品種

陸稻、農林 22 号

施肥量 (Kg/10 a)

炭カル P H 5.6 系列……400

" 6.3 系列……800

N、P₂O₅、K₂O それぞれ 7、14、7

施肥法：各肥料とも全面施用後ロータリー耕。

3) 試験結果

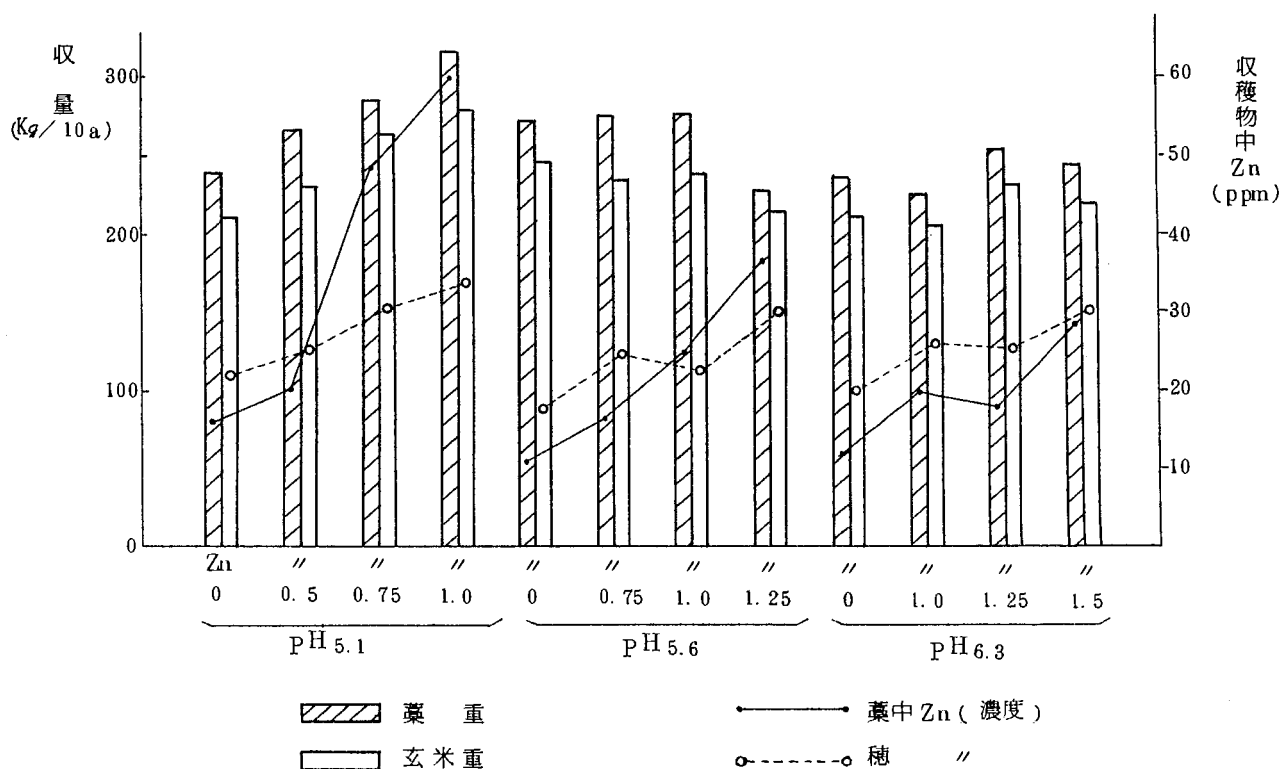
第 3 - 3 表 上宮沢原試験地の生育、収量

項 目			収 穫 時			収 量			
			稈 長 (cm)	穂 長 (cm)	50cm間 穂 数 (本)	葉 重 (Kg/10a)	籾 重 (Kg/10a)	玄米重 (Kg/10a)	同 左 指 数
区 名									
1	PH5.1	Zn 0	66	16.7	83	237	264	209	89
2	"	" 0.5	68	17.3	90	265	287	229	97
3	"	" 0.75	71	16.8	71	284	332	262	111
4	"	" 1.0	70	17.0	88	315	355	277	117
5	PH5.6	" 0	67	16.5	76	271	305	245	104
6	"	" 0.75	66	17.3	87	273	291	232	98
7	"	" 1.0	70	17.0	81	275	295	236	100
8	"	" 1.25	67	16.9	77	225	262	212	90
9	PH6.3	" 0	62	16.9	70	234	262	211	90
10	"	" 1.0	64	16.9	79	223	253	203	85
11	"	" 1.25	66	17.1	76	252	285	230	97
12	"	" 1.5	67	17.3	67	242	274	218	92

第3-4表 上宮沢原試験地の収穫物、跡地土壌の分析結果

区	名	藁					穂					跡地土壌
		SiO ₂ (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	SiO ₂ (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	0.1N-HCl 可溶 Zn (ppm)
1	PH5.1 Zn0	7.40	1.02	0.16	1.97	15.4	7.41	1.42	0.74	1.82	21.6	1.1
2	" " 0.5	6.62	0.81	0.14	1.86	20.1	6.12	1.35	0.70	1.58	25.2	1.9
3	" " 0.75	6.14	0.79	0.14	2.00	47.9	5.27	1.32	0.66	1.53	30.1	3.2
4	" " 1	6.40	0.79	0.15	2.11	59.3	5.90	1.32	0.77	1.66	33.5	3.5
5	PH5.6 " 0	7.66	1.02	0.17	2.28	10.3	6.37	1.52	0.82	1.77	17.4	0.8
6	" " 0.75	6.49	0.95	0.17	2.14	16.1	4.54	1.52	0.74	1.55	24.7	3.3
7	" " 1	5.65	0.81	0.15	2.12	24.8	4.77	1.48	0.68	1.42	22.3	4.4
8	" " 1.25	5.91	0.84	0.19	2.28	36.7	4.80	1.46	0.77	1.54	30.0	3.6
9	PH6.3 " 0	6.23	1.03	0.19	2.02	11.5	5.41	1.44	0.78	1.70	19.7	0.9
10	" " 1	6.29	1.40	0.17	2.18	19.7	4.34	1.44	0.71	1.43	25.5	3.2
11	" " 1.25	6.40	1.48	0.20	2.28	17.3	4.33	1.46	0.69	1.30	25.1	3.3
12	" " 1.5	6.26	0.92	0.17	2.34	28.0	4.38	1.39	0.71	1.42	29.8	5.8

注 収穫物中の亜鉛の分析は、試料を1規定塩酸で浸出し、浸出液を原子吸光法によって定量した。²⁵⁾以後も特記しなければこの方法による。



第3-2図 上宮沢原試験地の収量、亜鉛濃度

試験地は、なるべく石灰を施用しない圃場を選んだが、腐植質の土壌では全く施用しない圃場をみつかることができなかった。やむを得ず数年前に極く少量の石灰が施用された圃場を選定した。

無石灰系列は全般に生育が最も良く、亜鉛の施用効果も顕著であった。石灰の施用は、少量系列（PH 5.6）でも若干多過ぎたようであり亜鉛の施用効果は認められなかった。

収穫物の分析結果、石灰無施用系列では、亜鉛の施用によって葉中の亜鉛濃度は著しく高まったが、石灰を増すほど濃度の上昇は僅少にとどまっております。亜鉛の吸収が抑制されていることが示された。したがって高PH土壌において、収穫物の亜鉛濃度を低PH土壌のそれなみに高めるためには亜鉛資材のかなりの増量が必要であることが判明した。しかし、この試験では、石灰施用系列において亜鉛を増量しても、収穫物の亜鉛濃度が若干高まるだけであり、増収にはならなかった。したがって収量を規制しているのは、もはやPHと亜鉛の施用量との関係ではなく、PHそれ自身か、亜鉛以外の要素との関連であるものと解される。

亜鉛以外の成分は、亜鉛無施用区の濃度が高く、亜鉛の施用によって低下するが、収量の高い区の濃度が概ね低かった。

跡地土壌中の0.1N-HCl可溶亜鉛は、回収率がやや低く、施用量の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{4}$ 程度であった。また抽出量は主として亜鉛の施用量に影響され、石灰の施用量にはあまり影響されない傾向が認められ、作物による吸収とはかなり異なることが知られた。

2. 横沢原試験地（その1）

1) 試験地の土壌

火山灰、風積

第3-5表 横沢原試験地（その1）の土壌

層 厚 (cm)	粒 経 組 成	P H		腐 植 (%)	置 換 性 塩 基 (mg/100g)			C.E.C. ($\frac{m.e}{100g}$)	石 灰 飽和度 (%)	磷 酸 吸 收 係 数	0.1 N-HCl 可溶 Zn (ppm)
		H ₂ O	KCl		CaO	MgO	K ₂ O				
0～12	LiC	4.9	4.0	3.2	12	13	7	19.1	2	1,950	0.38
12～	LiC	5.1	4.1	1.4	12	22	11	17.7	2	1,720	0.44

2) 栽培法の概要

下記以外は上宮沢原試験地に同じ。

施肥量 (Kg/10a) N、P₂O₅、K₂O、MgOそれぞれ9、18、9、10他に追肥N3

炭カル PH 5.6……………250

PH 6.3……………500

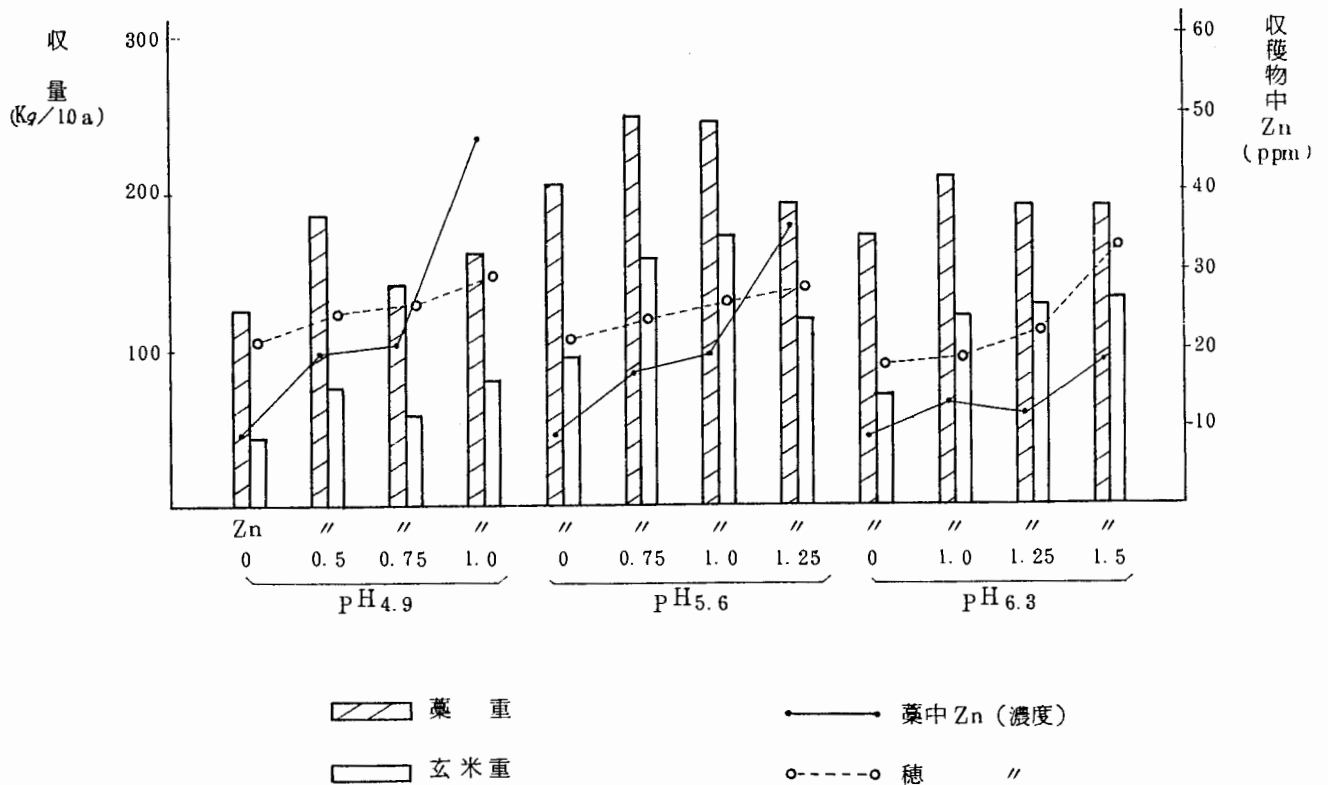
3) 試験結果

第3-6表 横沢原試験地(その1)の生育、収量

区 名	項 目	収 穫 時			収 量			
		稈 長 (cm)	穂 長 (cm)	50 cm 間 穂 数 (本)	葉 重 (Kg/10 a)	籾 重 (Kg/10 a)	玄米重 (Kg/10 a)	玄米重指数
1	PH4.9 Zn 0	50	15.4	60	125	70	43	25
2	" " 0.5	51	15.7	53	185	110	74	44
3	" " 0.75	52	15.7	53	140	85	56	33
4	" " 1.0	55	15.6	51	160	116	80	47
5	PH5.6 " 0.	50	15.0	66	204	135	93	55
6	" " 0.75	60	16.4	72	248	222	158	93
7	" " 1	62	16.6	76	244	239	170	100
8	" " 1.25	55	16.0	62	192	168	118	70
9	PH6.3 " 0	53	14.4	64	171	99	70	41
10	" " 1	58	15.7	71	219	168	121	71
11	" " 1.25	57	15.7	61	192	170	127	74
12	" " 1.5	58	15.6	53	190	178	132	78

第3-7表 横沢原試験地(その1)の収穫物、跡地土壌の分析結果

区名	葉					穂					跡地土壤
	SiO ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Zn	SiO ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Zn	0.1 N-HCl 可溶 Zn
	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)
1 PH4.9 Zn 0	7.36	1.26	0.26	2.03	9.4	7.52	1.49	0.61	1.16	21.0	0.3
2 " " 0.5	7.37	1.06	0.20	2.04	19.4	10.14	1.47	0.61	2.04	24.6	2.1
3 " " 0.75	7.93	1.23	0.15	1.93	20.9	8.24	1.45	0.55	1.67	25.6	3.6
4 " " 1	8.15	1.23	0.14	1.96	46.9	8.90	1.42	0.59	1.76	29.2	7.1
5 PH5.6 " 0	7.93	1.65	0.29	1.97	9.2	8.85	1.61	0.61	1.77	21.2	0.9
6 " " 0.75	7.10	1.01	0.11	1.94	16.9	7.56	1.37	0.53	1.55	24.0	3.2
7 " " 1	8.71	0.93	0.11	1.93	19.6	6.63	1.47	0.49	1.63	26.2	3.3
8 " " 1.25	7.75	1.22	0.12	1.88	36.1	9.74	1.36	0.51	1.88	28.0	5.8
9 PH6.3 " 0	8.40	1.56	0.21	1.90	9.0	10.41	1.61	0.63	1.92	18.1	0.9
10 " " 1	7.35	1.10	0.13	1.98	13.0	6.63	1.48	0.49	1.51	19.2	3.5
11 " " 1.25	8.33	1.10	0.10	1.81	11.7	8.58	1.39	0.55	1.70	22.4	4.2
12 " " 1.5	8.06	1.11	0.11	1.82	18.5	5.51	1.44	0.59	1.46	33.2	8.5



第3-3図 横沢原試験地(その1)の収量、亜鉛濃度

この試験地は開墾してまだ1年も経過しない新墾地であり極めてせき薄な土壌であった。したがって無石灰系列は生育が極めて悪く、亜鉛を施用しても収量の増加は少なかった。亜鉛無施用区にはいずれも欠乏症がみられたが、無石灰区は軽く、石灰施用の2系列は激しかった。pH 5.6系列では亜鉛の効果が顕著であり、1 kg施用区が最も多収であった。石灰多用系列は亜鉛の施用量が多いほど増収したが、その差はわずかであり、全般にpH 5.6系列より収量水準は低下した。

収穫物の分析結果も上宮沢原の場合と同様であり、石灰を多用するほど生体中の亜鉛の濃度は低かった。三要素は亜鉛無施用区の濃度が高かった。

3. 2 試験地のまとめ

二つの試験地を総合すると、横沢原のような極端な塩基欠乏土壌では、亜鉛よりも石灰、苦土の不足のために生育が抑制されるが、畑稲の場合は石灰の施用量は比較的少量でよく、pH 5.1～5.5附近が良好であった。石灰が適量の場合は亜鉛の効果は極めて顕著であり施用量は1 kgが適量であった。石灰過用の場合は亜鉛の吸収は極めて不良となり、植物体中の亜鉛濃度を低下させないためには多用しなければならないが、この場合多用の結果、生体中の濃度は高まっても作物の増収量は僅少にとどまった。結局、石灰多用の場合に多くみられる激しい亜鉛欠乏は、亜鉛を多用するのではなく、反応の矯正も極めて重要であり、亜鉛の施用は1 kgで一応充分であると考えられる。

4. 横沢原試験地(その2、青刈とうもろこし)

亜鉛欠乏が最初に発見されたのは畑稲であるが、その後の調査の結果、とうもろこしでも発生している

34 亜鉛欠乏土壤に関する調査研究

ことが判明した。とうもろこしは、畑稻と異なり最適PHが比較的高い作物であるから、土壤の面からは亜鉛欠乏をおこしやすい条件で栽培されることが考えられる。そこで、横沢原試験地（その1）の跡地を利用して、石灰をさらに追加し、試験を実施した。

1) 栽培法の概要

品 種 エローデントコン

施肥量 (Kg/10a) N、P₂O₅、K₂Oそれぞれ7+3（追）、15、6.5

炭カル PH 6.0 …… 250（前作）+ 150

PH 7.0 …… 500（前作）+ 300

2) 試験結果

第3-8表 青刈とうもろこしの生育、収量

区 名	稈 長 (cm)	収 量 (Kg/10a)				全重指数	亜 鉛 欠 乏 症
		全 重	葉 重	茎 重	雌 穂 重		
1 PH4.9 Zn 0	155	1,747	271	999	482	55	+
2 " " 0.5	161	1,682	261	971	451	53	-
3 " " 1	158	1,766	259	1,004	506	56	-
4 PH6.0 " 0	202	2,907	452	1,785	671	92	+
5 " " 0.75	221	3,246	411	1,733	1,103	102	-
6 " " 1	209	3,168	462	1,654	1,052	100	-
7 " " 1.25	219	3,316	498	1,998	821	104	-
8 PH7.0 " 0	207	2,491	346	1,320	825	79	+
9 " " 1	215	3,007	491	1,970	547	95	-
10 " " 1.25	210	2,866	444	1,800	723	91	-
11 " " 1.5	203	2,808	451	1,700	567	89	-

第3-9表 青刈とうもろこしの分析結果

区 名	葉 身				茎				雌 穂			
	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)
1 PH4.9 Zn 0	1.19	0.30	1.35	8.6	0.56	0.15	0.52	4.6	1.41	0.60	0.84	14.5
2 " " 0.5	1.37	0.36	1.54	12.5	0.45	0.16	0.54	6.0	1.29	0.59	1.02	16.8
3 " " 1	1.25	0.28	1.38	14.8	0.38	0.16	0.56	7.6	1.21	0.56	0.87	19.7
4 PH6.0 " 0	1.21	0.37	1.51	10.5	0.38	0.24	0.72	3.6	1.17	0.55	0.73	15.1
5 " " 0.75	0.96	0.23	1.41	9.9	0.18	0.09	0.64	3.6	1.05	0.48	0.69	13.5
6 " " 1	1.21	0.28	1.74	9.2	0.22	0.08	0.80	4.8	0.84	0.35	0.75	14.8
7 " " 1.25	1.25	0.28	1.51	10.2	0.36	0.14	0.81	6.4	1.05	0.50	0.72	17.4
8 PH7.0 " 0	1.69	0.64	1.48	11.5	0.50	0.27	0.78	3.6	1.29	0.67	0.84	11.8
9 " " 1	1.33	0.38	1.48	11.5	0.40	0.16	0.79	3.6	1.29	0.58	0.88	16.4
10 " " 1.25	1.09	0.27	1.42	10.9	0.18	0.12	0.82	4.4	1.25	0.51	0.77	16.3
11 " " 1.5	1.21	0.30	1.38	11.5	0.24	0.16	0.81	4.7	1.21	0.50	0.78	20.4

亜鉛無施用区はいずれも明瞭な亜鉛欠乏が発生したが、畑稻の場合と異なり、症状の程度は炭カルスの量にはあまり影響されなかった。無石灰系列は極めて不良であり、亜鉛の施用によって症状は発生しなかったがその場合でも生育はほとんど良くならなかった。PH 6.0 系列は全般に生育が良く、亜鉛の効果も認められた。しかし施用量は畑稻より少なくてよいようであり、0.75 Kg ですでに横這いの段階であった。PH 7.0 系列はPH 6.0 系列よりも収量水準はいくらか低下し、亜鉛の効果は認められたが、1 Kg かそれ以下で充分であることが示された。

収穫物の分析結果、無石灰系列は亜鉛の施用量の増加とともに各部位とも亜鉛濃度が高まった。PH 6.0、7.0 系列でも茎および雌穂で低率ながら上昇しているが葉身ではほとんど変化がなかった。PH 6.0 および 7.0 系列においては、亜鉛無施用区でもかなりの生育量が得られたが、生体中の窒素および燐酸の濃度は高く、異常な生育であったことがうかがわれた。しかし、両系列とも亜鉛の最高施用量では窒素、燐酸は明らかに上昇しており、過剰障害もまた出やすいのではないかと考えられた。

5. 大麦（ポット試験）

亜鉛欠乏の多発地帯には、大麦の栽培は多くはないが、好石灰作物である大麦では、土壌PHと養分吸収との関係は、畑稻の場合とは異なることも考えられるので、この関係についてポット試験を実施した。

1) 供試土壌

第 3 - 1 0 表 大麦のポット試験の土壌

腐植 (%)	土性	PH		C. E. C. ($\frac{m.e.}{100g}$)	置換性塩基 ($mg/100g$)			石灰飽和度 (%)	燐酸吸収 係 数	0.1 N-HCl 可溶 Zn (ppm)
		H ₂ O	KCl		CaO	MgO	K ₂ O			
2.5	LiC	5.1	4.2	24.6	84	36	19	12	1,900	0.40

2) 栽培法の概要

品 種 ベンケイムギ

試験規模 1 / 5,000 アール ポット 2 連制

肥 料 (g /ポット) N、P₂O₅、K₂O、MgO、Cu それぞれ 0.5 + 0.2 (追)、1.0
0.5 + 0.2 (追)、0.5、0.02

炭カル PH 5.6 系列…… 4 g

PH 6.3 " …… 10 g

播 種 春化処理後 5 月 7 日播種

3) 試験結果

第 3 - 1 1 表 大麦のポット試験の生育、収量

区 名	収 穫 時			収 量			
	稈 長 (cm)	穂 長 (cm)	穂 数 (本)	全 重 (g)	稈 重 (g)	穂 重 (g)	穂重指数
1 無石灰 Zn0			殆んど生育せず				
2 " " 0.05			"				
3 石 膏 " 0.05	35	3.3	9.5	11.0	5.5	5.6	79
4 PH5.6 " 0	39	3.2	9.0	13.4	7.9	5.5	77

区名	収 穫 時			収 量			
	稈 長 (cm)	穂 長 (cm)	穂 数 (本)	全 重 (g)	稈 重 (g)	穂 重 (g)	穂重指数
5 PH5.6 Zn0.025	39	3.1	7.5	13.0	7.9	5.6	79
6 " " 0.05	46	3.3	7.5	14.8	7.7	7.1	100
7 " " 0.1	44	3.3	8.5	15.1	7.0	8.1	114
8 PH6.3 " 0	43	3.8	9.5	17.1	10.1	7.0	99
9 " " 0.025	40	3.4	21.0	16.6	9.0	7.6	107
10 " " 0.05	41	3.3	17.0	15.5	8.5	7.0	99
11 " " 0.1	43	3.2	17.0	16.8	9.7	7.1	100

第3-12表 大麦のポット試験の分析結果

区名	稈				子 実			
	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)
1 無石灰 Zn0								
2 " " 0.05								
3 石 膏 " 0.05	1.69	0.27	2.74	33.2	2.91	0.76	0.70	44.8
4 PH5.6 " 0	1.69	0.31	2.30	8.9	2.85	0.70	0.52	16.2
5 " " 0.025	1.45	0.23	2.00	10.9	2.77	0.67	0.42	37.0
6 " " 0.05	1.09	0.20	2.20	20.4	2.57	0.56	0.44	38.0
7 " " 0.1	1.13	0.20	1.96	32.9	2.65	0.67	0.40	50.5
8 PH6.3 " 0	1.29	0.34	2.40	7.2	2.25	0.74	0.58	16.8
9 " " 0.025	1.05	0.19	1.92	10.5	2.49	0.74	0.60	37.7
10 " " 0.05	1.17	0.24	2.00	14.8	2.41	0.57	0.50	39.1
11 " " 0.1	1.25	0.21	2.04	21.4	2.49	0.57	0.52	45.1

無石灰の1、2区は、出芽したのみでほとんど生育しなかったが、石膏の施用によってかなりの生育を見た。PH5.6系列と6.3系列とを比較すると、稈重は後者がまさり、子実重は大差がなかった。亜鉛の施用効果は、PH5.6系列では認められ、6.3系列では明確でなかった。

PHの上昇によって、稈の亜鉛濃度は低下し、穂においてはあまり差がなかった。三要素は、無亜鉛区は高く、亜鉛の施用で低下したが、多量の施用によって再び高まる傾向が認められた。

C 亜鉛と他要素との関連

亜鉛欠乏は、他要素の大量の存在によってひきおこされるという報告は磷酸、石灰等にみられる。これらは、いわゆる拮抗作用の他に、土壌中の亜鉛の溶解度を減ずる場合も含まれているものとみられる。いずれにしても、他要素の存在が大きな要因となっているものであるならば、対策も複雑になることが考えられる。なお胆沢地方の場合は、強酸性の火山灰土壌が多く、石灰、苦土、磷酸等が多量に投入される

機会が多いことが予想される。また、亜鉛がマンガンの吸収を抑制するという報告もある¹⁷⁾。このようなことから、これらの成分と亜鉛との関連について、ポット試験を実施した。

1. その1

1) 供試土壌

第3-13表 他要素との関連(その1)供試土壌

容 積 重 (g)	腐 植 (%)	粒径組成	P H		置 換 性 塩 基 (mg/100 g)			磷酸吸収 係 数	0.1 N- HCl 可溶 Zn (ppm)
			H ₂ O	KCl	CaO	MgO	K ₂ O		
75.0	10.0	LiC	5.5	4.4	28	17	32	2,060	0.40

2) 試験設計

第3-14表 亜鉛と他要素との関連(その1)設計

g/ポット

区	名	S O ₃	C a O	M g O	Z n	F e	M n	S i O ₂	A l	
1	硫 酸	2.28	—	—	—	—	—	—	—	
2	無 処 理	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	炭 カ ル	—	1.6	—	—	—	—	—	—	
4	Z n 0.1	(0.12)	—	—	0.1	—	—	—	—	
5	" 0.2	(0.24)	—	—	0.2	—	—	—	—	共通肥料
6	" 0.4	(0.48)	—	—	0.4	—	—	—	—	N=0.5
7	石 膏	(1.14)	0.8	—	—	—	—	—	—	P ₂ O ₅ =1.0
8	石膏倍量	(2.28)	1.6	—	—	—	—	—	—	K ₂ O=
9	" + Z n 0.1	(2.40)	1.6	—	0.1	—	—	—	—	0.5
10	塩化カルシウム	—	0.8	—	—	—	—	—	—	
11	苦 土	(0.5)	—	0.25	—	—	—	—	—	
12	" + Z n 0.1	(0.62)	—	0.25	0.1	—	—	—	—	
13	鉄	(0.5)	—	—	—	0.342	—	—	—	
14	鉄倍量	(1.0)	—	—	—	0.684	—	—	—	
15	" + Z n 0.1	(1.12)	—	—	0.1	0.684	—	—	—	
16	" + Z n 0.4	(1.48)	—	—	0.4	0.684	—	—	—	
17	マ ン ガ ン	(0.5)	—	—	—	—	0.336	—	—	
18	" + Z n 0.1	(0.62)	—	—	0.1	—	0.336	—	—	
19	珪 酸	—	—	—	—	—	—	7.0	—	
20	バ ン 土	(0.5)	—	—	—	—	—	—	0.11	

注 カッコは副成分として入る量

3) 試験結果

第3-15表 亜鉛と他要素との関連(その1)生育、収量

区名	収 穫 時			収 量 (g/ポット)			指 数	
	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本)	全 重	葉 重	籾 重	葉	籾
1 硫 酸	55	14.9	17.5	37.8	23.6	14.2	111	111
2 無 処 理	57	14.0	16.5	34.9	21.2	12.8	100	100
3 炭 カ ル	50	12.9	14.0	27.0	16.5	9.9	78	77
4 Zn 0.1	57	15.2	16.5	41.0	21.8	18.6	103	145
5 " 0.2	56	14.6	17.0	37.2	28.8	7.5	13C	58
6 " 0.4	23	7.0	6.5	17.1	12.1	4.3	57	33
7 石 膏	55	14.8	14.5	36.8	20.1	16.5	95	129
8 石膏倍量	53	13.5	15.0	32.0	20.4	12.2	96	95
9 " +Zn0.1	57	15.1	18.0	41.6	23.7	17.6	112	137
10 塩化カルシウム	54	13.8	16.5	32.6	19.2	12.4	91	97
11 苦 土	52	13.9	15.0	33.4	23.3	9.5	110	74
12 " +Zn0.1	54	14.3	18.5	38.6	22.9	14.9	108	116
13 鉄	52	15.5	14.5	31.3	22.1	8.2	104	64
14 鉄倍量	56	14.6	15.0	37.5	22.7	14.9	107	116
15 " +Zn0.1	53	13.6	18.0	38.5	28.4	8.4	134	66
16 " +Zn0.4	21	7.0	8.5	19.0	16.0	1.8	75	14
17 マンガン	52	15.0	15.0	13.0	22.8	8.8	108	69
18 " +Zn0.1	58	14.6	16.0	39.0	24.8	13.0	117	102
19 珪 酸	52	13.8	13.5	33.2	21.4	11.9	101	93
20 バ ン 土	54	14.7	15.5	36.6	23.2	13.1	110	102

第3-16表 亜鉛と他要素との関連(その1)葉分析結果

区名	SiO ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe	Mn	Zn
	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm
1 硫 酸	4.30	0.88	0.32	2.50	0.48	0.12	219	1,183	14.3
2 無 処 理	4.16	0.97	0.39	2.50	0.44	0.12	182	539	9.9
3 炭 カ ル	4.97	1.01	0.42	2.40	0.42	0.10	217	436	10.9
4 Zn 0.1	3.75	0.75	0.29	2.70	0.42	0.10	203	503	127.7
5 " 0.2	3.07	0.98	0.49	2.80	0.30	0.11	175	422	548.0
6 " 0.4	3.07	1.00	0.48	3.15	0.31	0.11	182	356	1,035.0
7 石 膏	4.53	0.74	0.36	2.50	0.58	0.15	194	580	16.6
8 石膏倍量	5.20	0.83	0.36	2.40	0.56	0.12	170	672	11.4
9 " +Zn0.1	4.20	0.76	0.30	2.55	0.58	0.11	194	639	135.8
10 塩化カルシウム	4.64	0.98	0.42	2.25	0.50	0.13	226	488	11.7
11 苦 土	4.18	0.96	0.35	2.20	0.33	0.27	170	497	11.6
12 " +Zn0.1	3.75	0.82	0.37	2.75	0.34	0.18	203	422	617.0
13 鉄	4.02	1.11	0.33	2.28	0.47	0.12	210	796	10.8
14 鉄倍量	4.62	0.71	0.35	2.50	0.45	0.11	222	1,335	8.2
15 " +Zn0.1	4.23	0.94	0.41	2.40	0.36	0.11	210	1,256	222.0
16 " +Zn0.4	3.49	1.18	0.40	2.75	0.33	0.12	194	988	340.0
17 マンガン	4.04	1.07	0.41	2.25	0.36	0.12	226	4,140	13.0
18 " +Zn0.1	4.10	0.88	0.48	2.25	0.40	0.11	210	3,854	147.7
19 珪 酸	5.06	1.00	0.42	2.45	0.40	0.14	222	619	13.1
20 バ ン 土	4.67	0.89	0.37	2.50	0.42	0.14	222	643	9.6

注 Fe、Mn、Znは、試料を常法により過塩素酸分解し、適当に稀釈後原子吸光法により定量した。

初期生育は石膏、鉄倍量区が良く、次いで珪酸区が良好であった。亜鉛施用区は0.1gの施用でもいくらか生育を抑制されたようであり0.2g以上では激しい障害を受けた。鉄倍量+亜鉛0.1g区もかなり障害がみられたので、鉄倍量区が良好であったのは主として土壌の酸性化のためと考えられた。7月中旬には亜鉛欠乏症が目立ってきたが、亜鉛施用区が無施用区より良好となったのは8月以降であった。亜鉛0.2、0.4g施用区と鉄倍量+亜鉛区は終始不良であり、過剰障害を受けていることが明らかであった。収量は亜鉛単用では0.1gが大幅に増収し、0.2g以上は減収した。

亜鉛以外の成分の単用の場合は、石膏区は増収したが、石膏倍量区はかえって減収した。また苦土、鉄、マンガンは施用区は減収した。これらの区においては SO_3 の量はバン土区と同じでありそれぞれの区名の元素の影響と見られる。しかし、マンガン以外はそれ自身の過剰障害は考えられず、また亜鉛を併用した場合はこれらの元素の単用に比べ著しく改善されているので、亜鉛とのバランスの問題は一応注意する必要があるように思われる。石膏は、硫酸、炭カル、塩化カルシウムのいずれにもまざっており、PHやカルシウム、硫黄の単独の効果でないことは明らかである。このことは、後述する現地対策試験等で単肥配合が良好であったことの説明になるが、石膏が有効である原因については、この試験だけでは明らかでない。

亜鉛以外の要素の施用が、葉の亜鉛濃度に及ぼす影響は、石膏区は増加したが、石膏倍量区では再び下降に転じた。塩化カルシウム及び他の成分の施用は標準区と大差はなかった。一方、亜鉛の施用が他要素の濃度に及ぼす影響をみると、亜鉛の施用によって珪酸、マンガンは濃度が低下する傾向が認められた。窒素も亜鉛0.1gの施用では概ね低下したが、0.2g以上の施用や、鉄倍量との併用のように過剰障害がみられた区では高まった。

石灰は亜鉛の過剰障害を受けた区でも濃度が低下しており珪酸、マンガンとともに拮抗作用を受けたようにみられる。磷酸、カリ、苦土、鉄については一定の傾向は認められなかった。

2. その2

1) 供試土壌

第3-17表 他要素との関連(その2)供試土壌

土 性	腐 植 (%)	P H		C. E. C. ($\frac{\text{m.e.}}{100\text{g}}$)	置換性塩基 ($\frac{\text{mg}}{100\text{g}}$)			石 灰 飽 和 度 (%)	磷酸吸収 係 数	0.1 N- HCl 可溶 Zn (ppm)
		H ₂ O	KCl		CaO	MgO	K ₂ O			
L i C	2.40	5.2	4.1	16.4	24	24	17	5	1,930	1.48

2) 試験設計

第3-18表 他要素との関連(その2)設計

(g/ポット)						
区	名	P ₂ O ₅ (共通外)	CaO	MgO	Mn	Zn
1	無 処 理	—	—	—	—	—
2	Zn 0.025	—	—	—	—	0.025
3	// 0.05	—	—	—	—	0.05

共通肥料

N=0.5

P₂O₅=1.0

K₂O=0.5

区 名	P ₂ O ₅ (共通外)	CaO	MgO	Mn	Zn
4 P多量	4.0	—	—	—	—
5 // +Zn	4.0	—	—	—	0.025
6 石 膏	—	1.0	—	—	—
7 石膏多量	—	5.0	—	—	—
8 // +Zn	—	5.0	—	—	0.025
9 塩化カルシウム	—	1.0	—	—	—
10 苦 土	—	—	0.2	—	—
11 苦土多量	—	—	1.0	—	—
12 // +Zn	—	—	1.0	—	0.025
13 マ ン ガ ン	—	—	—	0.1	—
14 マンガン多量	—	—	—	0.5	—
15 // +Zn	—	—	—	0.5	0.025

3) 試験結果

第3-19表 他要素との関連(その2)生育、収量

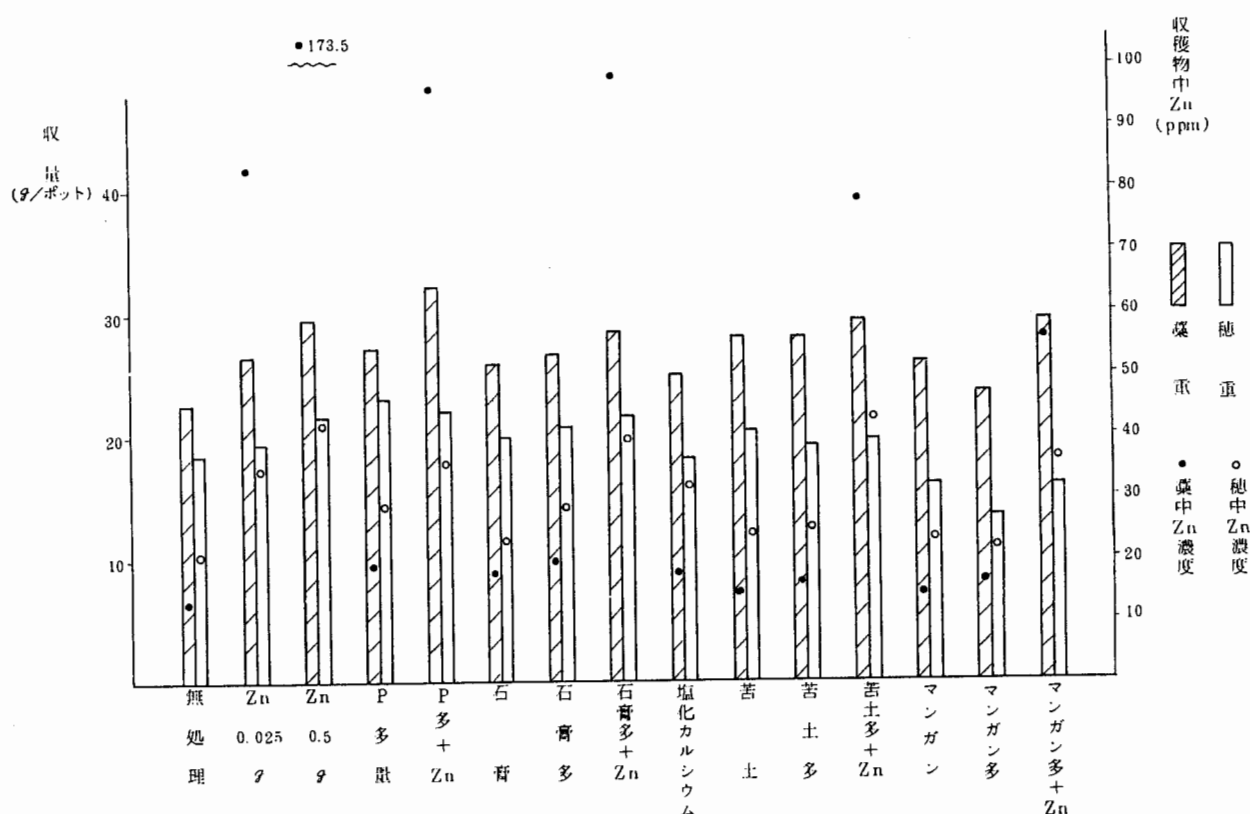
区 名	収 穫 時			収 量 (g/ポット)			穂重指数
	稈 長 (cm)	穂 長 (cm)	穂 数 (本)	全 重	葉 重	穂 重	
1 無 処 理	50	12.0	31	41.2	22.7	18.5	100
2 Zn 0.025	51	12.3	38	45.8	26.5	19.3	104
3 // 0.05	52	12.7	36	50.9	29.4	21.6	117
4 P多量	50	12.2	36	50.1	27.1	23.0	124
5 // +Zn	52	11.9	41	54.0	32.1	21.9	118
6 石 膏	51	11.9	33	45.3	25.6	19.8	107
7 石膏多量	52	11.9	33	47.4	26.7	20.7	112
8 // +Zn	53	11.8	37	49.9	28.4	21.6	117
9 塩化カルシウム	51	12.2	34	43.0	24.9	18.2	98
10 苦 土	54	13.1	34	48.2	27.9	20.3	110
11 苦土多量	57	12.4	36	47.0	27.8	19.2	104
12 // +Zn	58	12.9	32	48.8	29.2	19.7	106
13 マ ン ガ ン	52	13.2	30	41.8	25.8	16.0	86
14 マンガン多量	57	13.8	24	36.9	23.5	13.4	72
15 // +Zn	55	13.3	29	45.3	29.5	15.9	86

第3-20表 他要素との関連(その2)葉の分析結果

区	名	SiO ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Mn	Zn
		%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
1	無処理	4.51	0.92	0.09	1.77	1.06	0.20	708	13.1
2	Zn 0.025	4.69	0.83	0.06	2.01	0.74	0.22	684	83.5
3	" 0.05	5.14	0.87	0.07	1.92	0.91	0.22	744	173.5
4	P多量	4.56	0.74	0.17	2.07	1.05	0.26	744	18.7
5	" +Zn	5.68	0.76	0.26	1.84	0.99	0.24	616	96.2
6	石膏	5.18	0.87	0.15	1.15	0.80	0.24	787	17.8
7	石膏多量	5.47	0.81	0.11	1.19	1.03	0.24	863	19.7
8	" +Zn	4.70	0.65	0.07	2.01	0.89	0.21	803	98.6
9	塩化カルシウム	4.73	0.82	0.09	2.03	0.80	0.20	701	17.6
10	苦土	7.07	0.84	0.10	1.93	0.75	0.31	710	14.4
11	苦土多量	4.75	0.82	0.07	1.90	0.53	0.46	658	16.1
12	" +Zn	4.13	1.02	0.07	2.04	0.64	0.22	615	78.5
13	マンガン	4.21	0.97	0.11	2.07	0.57	0.21	2,050	14.1
14	マンガン多量	5.38	1.02	0.07	2.13	0.84	0.20	5,450	16.2
15	" +Zn	4.20	0.98	0.09	1.99	1.11	0.17	5,310	55.9

第3-21表 他要素との関連(その2)穂の分析結果

区	名	SiO ₂	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Mn	Zn
		%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
1	無処理	1.68	1.89	0.40	0.54	0.13	0.06	107	21.1
2	Zn 0.025	1.67	1.98	0.38	0.62	0.15	0.06	97	34.5
3	" 0.05	1.15	1.81	0.40	0.46	0.13	0.07	93	41.8
4	P多量	1.81	1.79	0.55	0.64	0.19	0.09	84	28.7
5	" +Zn	1.59	1.68	0.64	0.71	0.21	0.10	92	35.7
6	石膏	2.05	1.72	0.56	0.63	0.20	0.09	130	22.9
7	石膏多量	1.93	1.85	0.52	0.71	0.17	0.34	103	28.3
8	" +Zn	1.79	1.83	0.49	0.59	0.16	0.30	91	39.5
9	塩化カルシウム	1.94	1.95	0.46	0.63	0.16	0.07	83	31.8
10	苦土	1.37	1.74	0.38	0.50	0.17	0.06	88	23.7
11	苦土多量	1.57	1.81	0.44	0.65	0.19	0.31	96	25.2
12	" +Zn	1.60	1.91	0.40	0.67	0.16	0.28	105	42.8
13	マンガン	2.07	1.76	0.45	0.69	0.22	0.07	378	22.9
14	マンガン多量	1.70	1.72	0.36	0.72	0.15	0.07	823	21.6
15	" +Zn	1.44	1.76	0.37	0.53	0.14	0.07	738	36.3



第3-4図 他要素との関連(その2) 収量、亜鉛濃度

土壌は亜鉛欠乏地帯である金ヶ崎町野崎から採取したが、欠乏程度は「その1」より軽度である。磷酸多用区は磷酸自身の+効果と、亜鉛に対する拮抗作用による一の効果が予想されたが、収量は最高であった。石膏は増収し、塩化カルシウムは効果がないことはその1の場合と同様であった。苦土施用区は増収し、多量区は少量区より低収であったが、これは分析結果よりみれば、亜鉛に対する拮抗作用の結果というよりも石灰とのバランスに問題があったように考えられる。マンガンの施用は減収したが、これは過剰障害によるものと考えられる。

磷酸、石灰、苦土、マンガンの施用は亜鉛の濃度を低下させなかった。また、これら要素+亜鉛と亜鉛0.025gとを比較してもマンガン以外は亜鉛濃度を低下させなかった。各成分ともかなり施用量が多く、実用的により多量の施用は考えられないので、拮抗作用の面からの亜鉛増量の必要性はうすいものと考えられる。

亜鉛の施用はマンガンの濃度を低下させる傾向が認められたが、もともと濃度が高く、欠乏をひきおこす心配はない。

以上のように他の成分の多用が亜鉛欠乏を激しくしたり、亜鉛の施用が他要素の欠乏をひきおこす心配はまずないが、供試土壌は未耕地または石灰の施用量が比較的少ない耕地のものであり、pHが高い段階での関係は検討を要する。

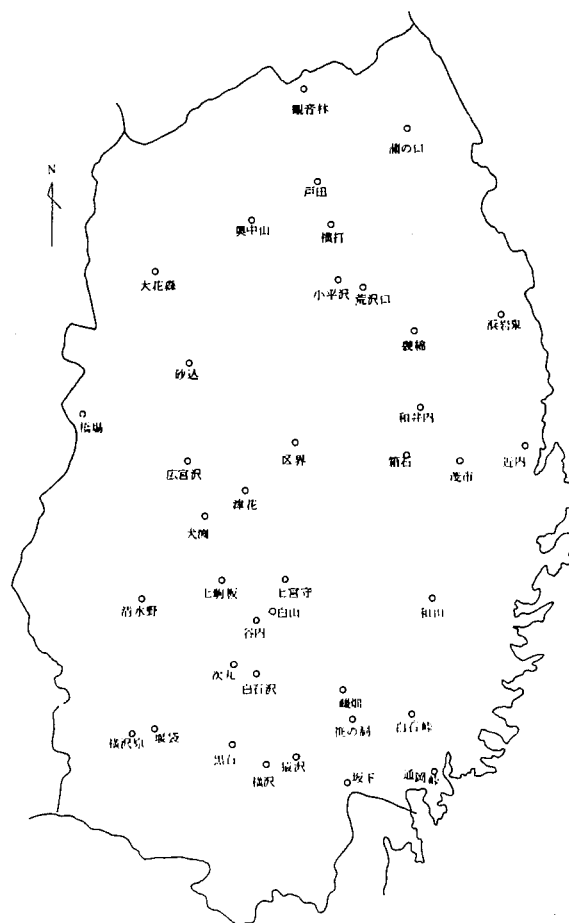
亜鉛以外の要素間については、苦土は石灰の濃度を低下させ、石膏はカリの濃度を下げマンガンを上昇させた。

石膏の施用は、生体中の亜鉛およびマンガンの濃度を高めており、養分的には土壌の酸性化と似たよう

な結果になっていることが特に注目される。塩化カルシウムや硫酸マグネシウムではこのような現象は野崎土壤に若干みられるのみである。したがって石膏が有効である原因をPHの低下や、石灰または硫酸単独の養分的効果、あるいはこれら元素の亜鉛に対する相助作用とは解しにくい。赤枯様の畑稲の原因が解明される以前に、過磷酸石灰が極めて有効であることを知ったが、その原因として、不純物の亜鉛の他に石膏の存在をあげなければならない。石膏が有効である原因については、前述のように不明の点が多いが、PHや石灰および磷酸の養分的な効果が否定され、生体中の亜鉛濃度が高まっているところをみれば、他の成分との関連で間接的に亜鉛の吸収が促進されたのではないかと考えられる。

D 土壤の母材および層位との関係

亜鉛欠乏地帯の分布を調査するにあたって、土壤分析のみでは診断しにくい現状では、作物による確認が必要である。しかし亜鉛欠乏土壤に、たまたま症状が出にくい作物が栽培されている場合には判定はむずかしい。そこで県内各地の土壤を採取して亜鉛等の分析に供し、さらにそのうちの主要なものについては、ポット試験によって症状の有無をみた。現地調査は、ポット試験による推定欠乏地域について重点的に実施する方法をとった。また、機械開墾された圃場に多発し、石灰の多用が症状を激化させている例が多かったので、これらの要因を配慮してポット試験を実施した。なお、人為的、局地的条件を避けるため、土壤の採取はすべて未耕地のものとし、また植生の影響も考えられるので、原則として20年以上の松林から採取した。調査は1969年から1971年までの3カ年にわたり、土壤採取地点38、うちポット試験実施地点24点に及んだ。土壤採取地点は第3-5図に示したとおりである。



第 3 - 5 図 土 壤 採 取 地 点

第3-22表 土壌の母材、層位別化学性

地名	層厚 (cm)	腐植 (%)	P H (H ₂ O)	置換性塩基 (mg/100g)			C. E. C. (m.e./100g)	磷酸 吸収 係数	有効態 磷酸 (mg/100g)	0.1-N HCl 可溶Zn (ppm)	母材
				CaO	MgO	K ₂ O					
松尾村 大花森	0~7	11.9	5.5	218	75	46	26.7	1,690	2.5	2.86	火山灰
	7~24	7.8	5.8	157	61	26	19.7	1,820	3.8	0.57	
	24~45	3.9	5.9	122	35	15	17.6	2,310	2.6	0.34	
滝沢村 砂込	0~7	16.4	5.2	209	58	38	31.6	1,990	4.3	3.76	"
	7~31	12.5	5.8	132	34	23	27.8	2,510	3.9	0.98	
	31~47	7.4	6.2	143	33	7	18.9	2,780	3.5	1.16	
胆沢町 横沢原	0~10	24.9	4.9	61	50	50	41.4	1,820	6.5	4.22	"
	10~30	14.0	5.1	12	9	24	30.3	2,190	5.1	0.85	
	30~50	4.4	5.1	12	8	9	29.9	2,010	3.8	0.92	
東和町 谷内	0~9	19.3	4.4	95	45	28	23.9	690	12.8	3.60	花崗岩
	9~35	3.6	5.0	34	17	9	11.5	660	4.8	1.05	
	35~	1.6	4.8	18	13	6	10.3	460	4.8	0.54	
宮古市 近内	0~7	9.0	4.5	28	30	19	13.3	360	2.9	7.78	"
	7~34	3.7	4.2	15	8	3	10.5	540	2.9	0.78	
	34~55	0.7	4.7	14	7	3	5.7	520	2.0	0.28	
東和町 白山	0~10	11.0	4.9	61	47	22	14.5	650	7.7	3.57	蛇紋岩
	10~37	1.8	5.2	32	48	9	8.3	590	4.0	0.96	
	37~	0.3	5.3	37	94	8	10.5	660	3.2	0.79	
江刺市 白石沢	0~6	3.9	4.9	107	178	19	26.3	640	1.2	3.18	"
	6~20	2.9	5.0	97	269	20	27.7	980	1.6	1.23	
大東町 猿沢	0~12	7.2	5.6	254	52	6	19.3	560	1.2	2.67	石灰岩
	12~30	3.9	5.6	272	140	6	22.5	980	0.8	1.33	
住田町 暇畑	0~10	3.3	5.1	127	39	3	12.5	420	1.6	1.27	"
	10~30	3.9	5.5	59	96	4	11.0	600	0.8	1.12	
川井村 区界	0~12	28.1	4.4	95	51	25	44.0	2,140	3.6	3.44	輝緑 凝灰岩
	12~32	17.4	4.6	53	21	4	35.0	2,220	2.3	0.52	
	32~	3.5	5.7	63	15	3	18.6	2,460	2.3	0.94	
住田町 笹の洞	0~6	10.2	4.8	41	64	10	22.8	1,140	1.6	3.57	"
	6~20	5.5	4.7	9	38	5	16.8	1,280	tr	1.05	
	20~50	4.3	4.8	18	47	8	15.2	1,340	0.8	0.77	
新里村 茂市	0~9	17.1	4.3	36	61	12	23.8	1,400	3.0	3.52	珪岩
	9~27	8.6	4.3	21	15	9	16.7	1,260	2.5	0.78	
	27~47	1.8	4.5	17	31	6	13.7	1,080	2.9	0.52	
葛巻町 横打	0~10	13.6	5.7	235	55	32	28.4	1,560	2.1	2.24	頁岩
	10~45	5.0	5.5	38	14	7	20.8	1,860	2.2	1.82	
	45~70	1.8	5.9	56	15	3	15.2	1,760	tr	0.20	
陸前高田市 坂下	0~13	11.3	4.7	18	46	13	21.4	1,220	2.8	2.28	"
	13~38	7.8	4.8	23	20	9	14.8	1,280	0.8	0.86	
	38~60	2.3	4.9	11	41	2	9.6	460	0.4	0.71	

地名	層厚 (cm)	腐植 (%)	P H (H ₂ O)	置換性塩基 (mg/100g)			C. E. C. (m.e./100g)	磷酸 吸収 係数	有効態 磷酸 (mg/100g)	0.1-N HCl 可溶Zn (ppm)	母材
				CaO	MgO	K ₂ O					
岩泉町 斐綿	0~10	5.4	5.4	694	180	32	33.6	660	3.9	3.16	砂岩
	10~25	2.4	4.6	155	139	4	32.7	620	2.2	0.82	
	25~50	0.9	5.0	179	169	4	31.2	780	1.3	0.40	
石鳥谷町 犬湧	0~6	9.4	5.1	59	43	21	19.5	920	8.3	3.73	三紀
	6~19	4.7	5.0	24	21	13	13.6	990	3.7	2.47	
	19~33	1.7	5.0	24	22	10	14.0	740	4.5	3.61	
花巻市 上駒板	0~4	15.6	4.7	188	47	31	19.8	540	10.3	3.46	//
	4~20	2.3	5.0	23	25	11	10.0	530	3.2	0.52	
	20~	1.0	5.0	29	70	11	27.5	950	2.9	1.21	
東山町 横沢	0~10	3.7	4.8	54	64	5	10.4	380	2.0	1.57	//
	10~20	3.1	4.9	45	80	3	10.1	380	0.8	1.25	
	20~50	1.4	5.1	91	99	5	15.4	640	0.8	1.64	

注 有効態磷酸はトルオーグ法による。

植生の影響もあったためか全般にP Hはかなり低く、石灰岩土壌の一部や、蛇紋岩土壌でも低かった。しかしこれらの土壌の石灰または苦土は比較的多く、塩基飽和度はやや高かった。0.1規定塩酸可溶亜鉛は、母材による差は明確でなく、層位による差が顕著であった。即ち表層は概ね2~4 ppmであるが、Ⅱ層以下は急激に濃度が低下し、1 P P m以下のものが多かった。しかし、このような傾向は、置換性石灰、苦土、カリ、トルオーグ磷酸でもみられることであるので、各成分について第Ⅰ層の濃度を100とし、Ⅱ、Ⅲ層の濃度をⅠ層に対する指数であらわしたのが次表である。

第3-23表 Ⅰ層=100とした場合のⅡ、Ⅲ層の養分の指数

母材	地点名	Ⅱ 層					Ⅲ 層				
		Ca	Mg	K	P	Zn	Ca	Mg	K	P	Zn
火山灰	大花森	72	81	57	152	20	56	47	33	104	12
	砂込	63	59	61	91	26	68	57	18	81	31
	横沢原	20	18	48	78	20	20	16	18	58	22
花崗岩	谷内	36	38	32	38	29	19	29	21	38	15
	近内	54	27	16	100	10	50	23	16	69	4
蛇紋岩	白山	52	102	41	52	27	61	200	36	42	22
	白石沢	91	151	105	133	39	—	—	—	—	—
三紀層	犬湧	41	49	62	45	66	41	51	48	54	97
	上駒板	12	53	35	31	15	15	149	35	28	35
	横沢	83	125	60	40	80	165	155	100	40	104
石灰岩	猿沢	107	269	100	67	50	107	269	100	67	50
	礮畑	46	246	133	50	80	—	—	—	—	—
頁岩	横打	16	25	22	105	81	24	27	9	0	9
	坂下	128	43	69	29	38	61	89	15	14	31

母材	地 点 名	Ⅱ 層					Ⅲ 層				
		C a	M g	K	P	Z n	C a	M g	K	P	Z n
珪岩	茂 市	58	25	75	83	22	47	51	50	97	15
輝緑灰凝岩	区 界	56	22	16	64	15	66	16	12	64	27
砂岩	笹 の 洞	22	59	50	0	29	44	73	80	50	22
	斐 綿	22	77	13	56	26	26	94	13	33	13
	平 均	54	82	55	67	37	55	84	38	52	32

この表によれば、Ⅱ、Ⅲ層は極く一部を除いてどの成分も低くなっているが、亜鉛が最も著しい。もちろん分析法が異なり、植物による吸収量もそれぞれ異なるので単純な比較には難点があるが、分析法がそれぞれの養分の有効態の指標とみなし得るならば、植物による各層位間の養分の分化（植物による吸収と土壌への還元）は亜鉛が最も激しく進んでいると考えられる。母材についての比較は、同一母材内でもふれが大きくて断定的なことはいえないが、蛇紋岩、三紀層、石灰岩等はⅡ層以下の指数も比較的高い。亜鉛は非火山灰土壌は火山灰土壌にくらべて土壌中での移動がしやすいことが知られており¹⁶⁾、これも下層土が比較的多い一因と考えられる。しかし3-23表によれば蛇紋岩、石灰岩では下層土の方が塩基類に富む場合が多く、おそらく亜鉛についても土壌からの供給が他の母材にくらべて多かったものと考えられる。

2. ポット試験

ポット試験は各層位ごとに無処理、炭カル加用、炭カルと亜鉛加用の3処理とし、炭カルはPH(H₂O)6.5矯正量施用した。

第3-24表 亜鉛欠乏地帯調査のためのポット試験結果

地 名	層 位	処 理	亜鉛欠乏症	収 量			収 穫 物 分 析 結 果							
							葉				穂			
				葉 重 (g/ポット)	穂 重 (g/ポット)	指 数	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)
大 花 森	I	無処理	—	20.3	20.0	100	0.72	0.13	1.79	22.3	1.87	0.39	0.48	27.0
	"	炭カル	—	20.9	21.1	106	0.72	0.11	1.94	18.8	1.73	0.37	0.51	25.9
	"	" + Zn	—	20.1	22.7	114	0.62	0.12	2.04	64.2	1.79	0.40	0.45	38.1
	II	無処理	卅	16.1	4.4	100	1.42	0.38	2.25	9.1	1.71	0.50	0.89	17.9
	"	炭カル	卅	12.4	1.0	23	2.06	0.47	2.21	13.1	—	0.28	0.51	22.8
	"	" + Zn	—	20.7	22.1	502	0.61	0.12	1.92	33.2	1.61	0.37	0.57	30.8
	III	無処理	+	25.9	22.2	100	0.69	0.17	1.72	8.3	1.60	0.50	0.62	14.8
	"	炭カル	卅	21.9	12.6	57	1.03	0.18	1.54	7.9	1.67	0.48	0.73	11.6
	"	" + Zn	—	26.1	24.3	109	0.58	0.11	1.79	26.4	1.71	0.44	0.49	30.9
近 内	I	無処理	—	21.3	18.4	100	0.67	0.22	1.88	212.1	1.50	0.76	0.43	52.3
	"	炭カル	—	21.3	21.3	116	0.47	0.25	1.86	156.2	1.50	0.73	0.52	49.8
	"	" + Zn	—	21.2	27.3	148	0.51	0.14	1.88	267.7	1.25	0.61	0.48	70.4
	II	無処理	—	17.7	23.8	100	0.95	0.11	2.20	52.3	1.46	0.57	0.40	32.0
	"	炭カル	—	20.4	22.1	93	1.04	0.16	1.98	22.7	1.42	0.70	0.50	39.7
	"	" + Zn	—	21.3	29.4	124	0.57	0.14	1.88	131.2	1.34	0.63	0.42	42.8

地名	層位	処 理	亜鉛欠乏症	収 量			収 穫 物 分 析 結 果							
				藁 重 (g ポット)	穂 重 (g ポット)	指 数	藁				穂			
							N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)
近 内	Ⅲ	無処理	±	17.1	21.4	100	0.51	0.15	1.96	17.8	1.34	0.69	0.43	25.9
	"	炭カル	+	18.3	23.5	110	1.24	0.12	1.92	11.5	1.46	0.59	0.39	18.9
	"	" + Zn	—	15.9	21.5	100	0.47	0.12	2.04	58.5	1.50	0.59	0.42	34.7
白 山	I	無処理	—	33.5	17.3	100	0.87	0.34	1.71	82.4	1.74	0.69	0.57	41.3
	"	炭カル	—	26.1	14.8	86	0.64	0.27	1.94	51.8	1.75	0.68	0.58	40.5
	"	" + Zn	—	24.5	19.4	112	0.66	0.24	2.01	118.8	1.70	0.65	0.62	48.5
	Ⅱ	無処理	—	28.7	14.3	100	0.76	0.25	1.77	27.6	1.81	0.66	0.51	34.4
	"	炭カル	±	19.0	18.1	127	0.66	0.14	2.28	15.5	1.78	0.45	0.53	25.4
	"	" + Zn	—	21.7	25.0	175	0.60	0.13	2.19	163.0	1.58	0.38	0.55	39.8
	Ⅲ	無処理	—	34.8	16.7	100	0.62	0.19	1.71	31.0	1.81	0.43	0.63	33.1
	"	炭カル	—	27.7	21.9	131	0.63	0.19	1.98	37.6	1.64	0.46	0.60	29.9
	"	" + Zn	—	27.5	26.5	159	0.58	0.13	1.92	97.4	1.66	0.43	0.56	42.6
区 界	I	無処理	—	24.6	22.7	100	0.75	0.09	1.74	67.1	1.58	0.40	0.41	33.0
	"	炭カル	—	21.2	32.9	145	0.51	0.08	1.94	53.0	1.26	0.42	0.34	24.6
	"	" + Zn	—	23.6	32.8	144	0.39	0.06	1.88	206.5	1.26	0.39	0.30	42.4
	Ⅱ	無処理	—	19.8	28.0	100	0.43	0.05	1.82	29.9	1.54	0.32	0.38	23.2
	"	炭カル	—	25.7	27.7	99	0.47	0.06	1.64	29.3	1.30	0.43	0.38	22.9
	"	" + Zn	—	22.5	34.8	124	0.51	0.07	1.84	135.8	1.42	0.37	0.35	42.8
	Ⅲ	無処理	—	25.8	18.5	100	0.55	0.02	1.74	20.4	1.46	0.22	0.39	24.6
	"	炭カル	±	18.5	22.5	122	0.51	0.04	1.96	11.5	1.38	0.21	0.31	20.9
	"	" + Zn	—	20.9	29.8	161	0.43	0.05	1.92	184.8	1.26	0.36	0.38	39.4
猿 沢	I	無処理	—	23.7	10.5	100	0.99	0.24	1.36	34.0	1.77	0.75	0.58	32.7
	"	炭カル	—	15.2	10.4	99	0.66	0.12	1.52	22.4	1.65	0.67	0.46	27.8
	"	" + Zn	—	16.3	12.2	116	0.70	0.14	1.60	39.7	1.60	0.68	0.50	31.3
	Ⅱ	無処理	卅	11.2	0	/	2.63	0.40	1.68	10.2	/			
	"	炭カル	卅	0.1	0	/	/	/	/	/				
	"	" + Zn	—	4.2	6.6	/	1.03	0.08	1.60	21.4				
犬 洩	I	無処理	—	24.1	14.1	100	1.16	0.38	1.88	64.2	1.81	0.49	0.66	39.2
	"	炭カル	—	25.6	20.0	142	0.83	0.18	1.88	39.8	1.83	0.50	0.61	33.0
	"	" + Zn	—	22.5	16.9	120	0.86	0.14	1.89	70.7	2.00	0.48	0.62	41.4
	Ⅱ	無処理	—	21.8	18.5	100	0.93	0.14	1.74	39.8	2.02	0.43	0.53	36.2
	"	炭カル	—	22.9	20.5	113	0.69	0.13	1.88	25.5	1.71	0.40	0.65	28.6
	"	" + Zn	—	20.9	15.7	85	0.76	0.16	1.86	57.0	1.73	0.49	0.68	39.2
	Ⅲ	無処理	—	25.8	22.3	100	0.74	0.22	1.88	41.2	1.82	0.60	0.56	36.6
	"	炭カル	—	20.3	20.7	93	0.63	0.14	1.89	31.8	1.69	0.47	0.60	29.9
	"	" + Zn	—	22.4	21.2	95	0.68	0.15	1.82	78.6	1.66	0.49	0.73	37.8

48 亜鉛欠乏土壌に関する調査研究

亜鉛欠乏症は、母材のいかんにかかわらず第Ⅰ層では全く発生がみられなかった。Ⅱ層およびⅢ層では火山灰、花崗岩、輝緑凝灰岩、石灰岩を母材とする土壌で発生した。蛇紋岩、三紀層では各層位とも発生はみられなかった。

収量は、欠乏症が激しい大花森Ⅱ層、猿沢Ⅱ層では亜鉛無施用区は極めて低収であった。この試験は1区制のポット試験であり、潜在的な欠乏に対する施用効果までは判別しにくいけれども、上記の他白山、区界でも一応亜鉛の施用効果はあったものとみられる。

収穫物中の亜鉛濃度をみると、症状の程度とは必ずしも一致しないところもあるが、藁中の濃度が概ね17~18 ppmあたりから疑似症状がみられ、12 ppmでは明確な症状が発現するようである。穂の亜鉛濃度は、藁の場合より変異が少なく、また症状との関係も藁の場合よりもはっきりしないが、欠乏限界はおおよそ20 ppm前後とみられる。亜鉛以外の成分は、欠乏症が発生した稲の藁中の窒素濃度が異常に高かった。

3. 母材、層位についてのまとめ

前項までは土壌分析、ポット試験の代表的なものについて述べたが、同様の試験、調査のなかから亜鉛の分析結果のみを記載する。表の上段は層の深さ、中段は土壌中の0.1規定塩酸可溶亜鉛、下段はポット試験の石灰加用区の結果であり⊖は症状発生せず、⊕の数が多いほど症状が激しかったことを示している。また下段の数字は藁中の亜鉛濃度である。Gは礫層を示す。

第3-25表 土壌および藁中亜鉛まとめ

(ppm)

地 名	母 材	層 位					備 考
		I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	V	
一 戸 町 奥中山	火 山 灰	0 ~ 8	~ 28	~ 56	~ 80	~ 100	V層は残積
		3.90	0.58	1.01	0.89	3.74	
		—	—	—	—	—	
松 尾 村 大花森	"	0 ~ 7	~ 24	~ 45			
		2.86	0.57	0.34			
		⊖ 18.8	⊕ 13.0	⊕ 7.9			
滝 沢 村 砂 込	"	0 ~ 7	~ 31	~ 47	~ 555	~ 68	
		3.76	0.98	1.16	0.55	0.48	
		⊖ 123.6	⊖ 16.3	⊖ 19.1	—	—	
雫 石 町 橋 場	"	0 ~ 16	~ 26	~ 37	~ 65	~ 100	
		3.37	0.76	0.80	0.78	2.59	
		—	—	—	—	—	
胆 沢 町 横沢原	"	0 ~ 10	~ 30	~ 50	~ 90	~ 100	
		4.22	0.85	0.92	0.40	1.13	
		⊖ 68.0	⊕ 13.3	⊕ 9.9	—	—	
田 野畑 村 浜岩泉	"	0 ~ 10	~ 30	~ 55	~ 100		
		2.70	0.64	0.10	0.66		
		—	⊕ 17.4	—	—		
葛 巻 町 小平沢	"	0 ~ 10	~ 35	~ 65	~ 100		
		2.40	0.30	0.34	1.70		
		⊖ 31.6	⊕ 14.5	⊕ 8.9	—		
九 戸 村 戸 田	"	0 ~ 10	~ 30	~ 60			
		2.92	0.60	0.16			
		—	⊕ 7.2	—			

地名	母材	層位					備考
		I	II	III	IV	V	
軽米町 観音林	火山灰	0 ~ 9 1.38 —	~ 25 1.10 ⊕ 7.6	~ 60 1.45 —			IV、V層 は洪積
大野村 蒲の口	〃	0 ~ 10 1.51 —	~ 46 0.28 —	~ 60 0.37 —	~ 80 3.91 —	~ 100 3.93 —	
釜石市 和山	〃	0 ~ 9 1.90 —	~ 18 1.14 —	~ 40 1.85 —	~ 60 1.74 —		
矢幅町 広宮沢	洪積	0 ~ 9 3.57 —	~ 41 0.10 —	~ 60 0.17 —			
花巻市 清水野	〃	0 ~ 8 3.60 —	~ 21 1.12 —	~ 36 0.34 —	~ 56 0.42 —	56 ~ G	
胆沢町 堰袋	〃	0 ~ 14 0.61 —	~ 24 0.21 —	~ 41 0.25 —	~ 100 0.18 —		
東和町 谷内	花崗岩	0 ~ 9 3.60 ⊖ 83.8	~ 35 1.05 ⊖ 24.7	~ 60 0.54 ⊖ 27.1			
宮守村 上宮守	〃	0 ~ 10 0.81 —	~ 40 0.40 —	~ 60 0.08 —			
宮古市 近内	〃	0 ~ 7 7.78 ⊖ 267.7	~ 34 0.78 ⊖ 22.7	~ 55 0.28 ⊕ 11.5			
東和町 白山	蛇紋岩	0 ~ 10 3.58 ⊖ 51.8	~ 37 0.96 ⊕ 15.5	~ 50 0.79 ⊖ 37.6	50 ~ G		
紫波町 津花	〃	0 ~ 7 3.42 —	~ 40 2.09 —	40 ~ G			
水沢市 黒石	〃	0 ~ 8 3.44 —	~ 18 1.20 ⊖ 13.4	~ 30 1.08 —	30 ~ G		
江刺市 白石沢	〃	0 ~ 6 3.18 —	~ 20 1.23 ⊖ 17.3	20 ~ G			
川井村 箱石	頁岩	0 ~ 7 4.32 —	~ 30 1.10 —	~ 30 G			
葛巻町 横打	〃	0 ~ 10 2.24 ⊖ 20.1	~ 45 1.82 ⊕ 16.1	~ 60 0.20 —			
陸前高田市 坂下	〃	0 ~ 13 2.28 —	~ 38 0.86 ⊖ —	~ 50 0.71 —			

地名	母材	層位					備考
		I	II	III	IV	V	
住田町白石峠	頁岩	0 ~ 7 5.48 —	~ 25 1.33 —	~ 50 1.12 —			
新里村茂市	珪岩	0 ~ 9 3.52 ⊖ 57.6	~ 27 0.78 ⊕ 15.5	~ 47 0.52 ⊕ 15.8	47 ~ G		
葛巻町荒沢口	"	0 ~ 5 1.86 —	~ 23 0.24 —	~ 50 — —	50 ~ G		
川井村区界	輝緑凝灰岩	0 ~ 12 3.44 ⊖ 53.0	~ 32 0.52 ⊖ 29.3	~ 60 0.94 ⊕ 11.5	~ 100 0.96 —		
住田町笹の洞	"	0 ~ 6 3.57 —	~ 20 1.05 ⊕ 15.6	~ 60 0.77 —			
大東町猿沢	石灰岩	0 ~ 6 2.67 ⊖ 22.4	~ 30 1.33 ⊕ —	30 ~ G			
住田町礪畑	"	0 ~ 10 1.27 —	~ 30 1.12 ⊕ 17.0				
新里村和井内	砂岩	0 ~ 9 3.28 —	~ 25 0.92 —	~ 50 1.18 —			
岩泉町蓼綿	"	0 ~ 10 3.16 ⊖ 39.1	~ 25 0.82 ⊖ 26.3	~ 50 0.40 —	50 ~ G		
紫波町犬洩	三紀層	0 ~ 6 37.3 ⊖ 39.8	~ 19 2.47 ⊖ 25.5	~ 33 3.61 ⊖ 31.8	~ 100 1.25 —		
花巻市上駒板	"	0 ~ 4 3.46 ⊖ 109.2	~ 20 0.52 ⊖ 38.1	~ 60 1.21 ⊖ 53.1			
東山町横沢	"	0 ~ 10 1.57 —	~ 20 1.25 ⊖ 25.4	~ 50 1.64 —			
江刺市次丸	"	0 ~ 10 2.06 —	~ 30 1.14 ⊖ 52.3				
大船渡市通岡峠	中生層	0 ~ 10 2.11 ⊖ 17.2	~ 25 1.20 ⊕ 10.3	~ 50 2.32 —			

1年目の調査結果から、表土においては発生しないことが明らかになったので、2、3年目には一部の土壌はII層のみについてポット試験を実施した。0.1規定塩酸可溶亜鉛、ポット試験における亜鉛欠乏症、葉中の亜鉛濃度の三者の関係は必ずしもすっきりしたものではないが、一応の目安としては、土壌においては0.1規定塩酸可溶亜鉛が1.5ppm以上収穫時の葉中の亜鉛濃度は20ppm以上あれば欠乏は起こらないようである。それ以下の場合、土壌では一定の傾向がなく、可溶性亜鉛が少なくても欠乏症はあ

られない場合も多かった。土壌中亜鉛が同じならば、火山灰、石灰岩土壌は発生しやすく、三紀層は発生しにくい傾向がみられた。

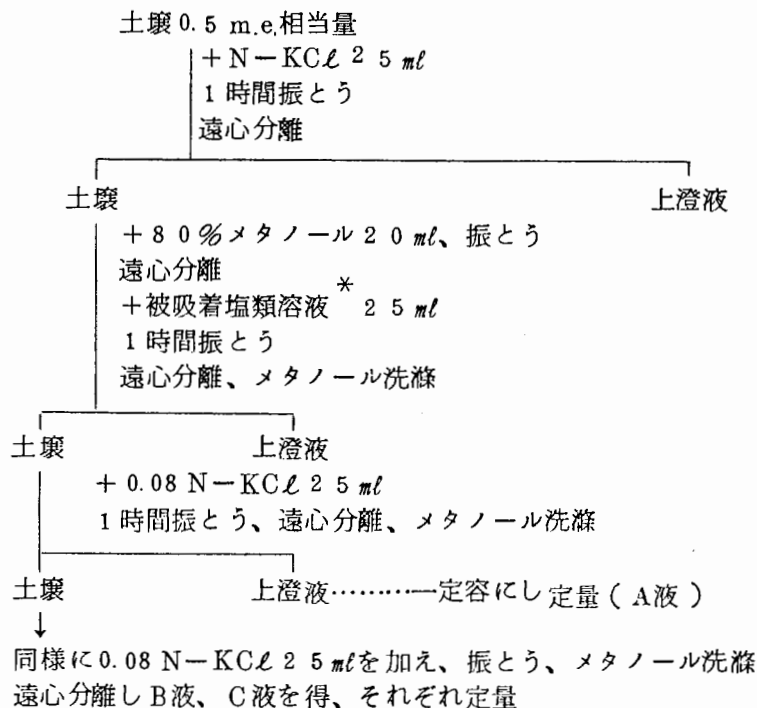
4. 亜鉛欠乏の分布に関する調査

現地調査は、ポット試験の結果に基づいて、発生しやすい土壌のうち、主要な畑作地帯のみを実施した。その結果、胆沢郡下の多数の機械開墾地のほかに松尾村、雫石町、岩泉町、矢幅町等で、主として土壌侵蝕の激しい場所で発生しているのが観察された。このように、亜鉛欠乏は火山灰、洪積土壌に多く、発生要因は異なるが、銅欠乏地帯とかなり重複¹⁸⁾している。また、田野畑村では花崗岩土壌の階段畑の切土部で亜鉛欠乏が発生しているのが発見された。これら発生地の作物中の亜鉛濃度は9~13 ppmで低い値を示した。

E 土壌による亜鉛の吸収と溶脱

土壌に含まれる養分のうち、可給態と考えられる部分については、亜鉛は石灰、苦土、カリ、磷酸よりは表層に集積する割合が大きいことはすでに述べた。このような結果をもたらす要因としては、土壌による吸着強度についての元素間の差異、土壌全体としてもともと亜鉛が少ないため表層の相対的濃度が高くなるなどの理由が考えられる。しかし亜鉛は、植物による吸収量が少なく、その面では表層への集積割合は、多量要素よりは少ないはずである。このように錯綜した要因のなかで、土壌による吸収は特に注目される。もしも、土壌による亜鉛の吸収が、固定という程強いものであったり、逆に簡単に溶脱されたりするものであるならば、対策にはいろいろの考慮が払われなければならないからである。そこで、数種の等濃度のカチオンのなかから亜鉛が吸収される割合や、これらの塩化カリによる抽出の実験をおこなった。

1) 実験方法の概要



*被吸着塩類溶液； 同一溶液中に CaCl_2 、 MgCl_2 、 CuCl_2 、 ZnCl_2 各 0.1 規定、 KCl 0.08 規定を含む。加水分解によって生ずる沈でん (ZnClOH) を溶解させるため、少量の HCl を加用。この液 25 ml を土壌に加えることにより各カチオンとも置換容量の 5 倍量加えたことになる。(カリは前処理によってすでに 0.5 m.e. 吸着されている。)

2) 土壤の種類と吸着量

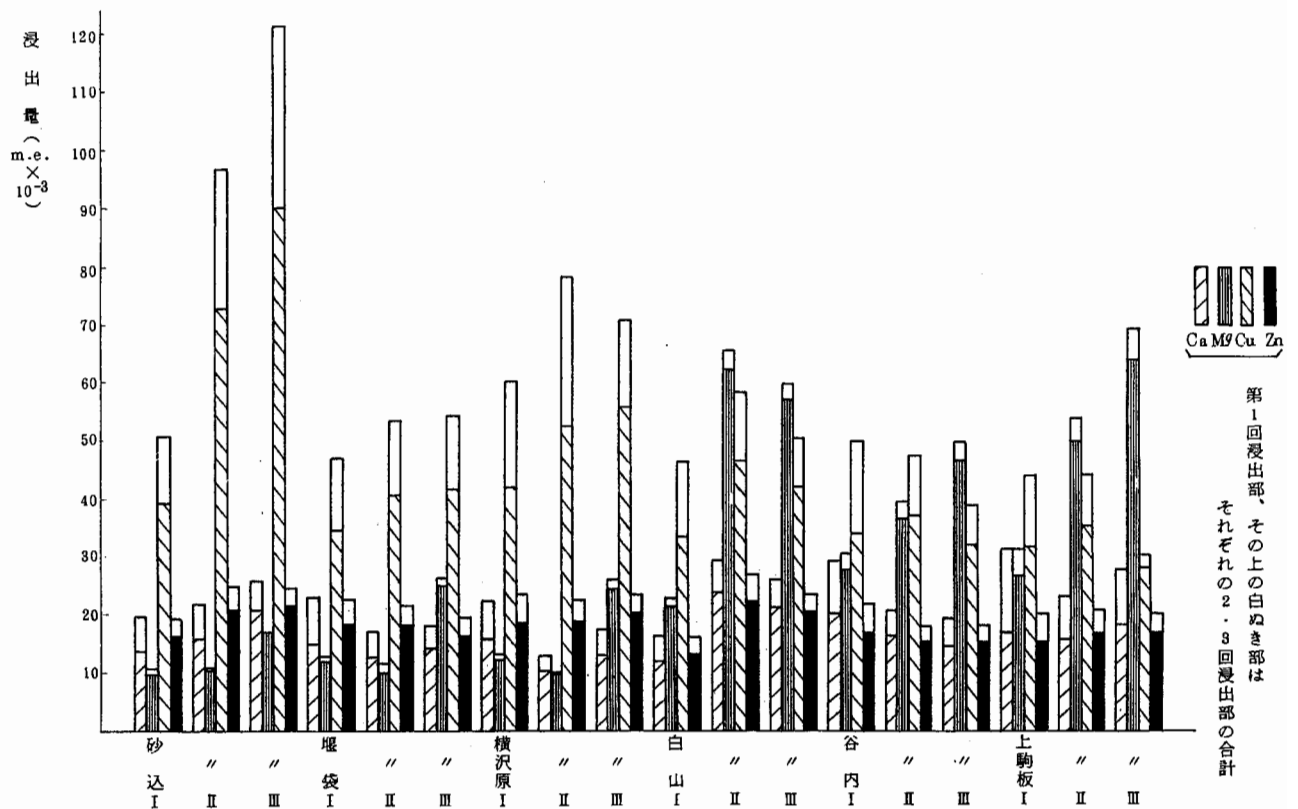
第3-26表 吸着された塩基の

地名	層位	母材	土性	腐植 (%)	C. E. C. ($\frac{m.e.}{100g}$)	Ca				Mg			
						浸出回数			計	浸出回数			計
						1	2	3		1	2	3	
砂込	I	火山灰	CL	16.4	31.6	13.50	4.43	1.64	19.57	9.65	0.62	0.22	10.49
	II		CL	12.5	27.8	15.90	4.53	1.59	22.02	10.02	0.46	0.14	10.62
	III		CL	7.4	18.9	20.73	3.95	1.25	25.93	16.82	0.63	0.13	17.58
堰袋	I	洪積	SC	10.6	40.6	14.95	6.07	2.12	23.14	11.80	0.75	0.21	12.76
	II		SC	8.9	39.9	12.54	3.21	1.11	16.86	10.02	0.52	0.15	11.69
	III		SCL	3.4	25.9	13.98	3.27	0.92	18.17	25.06	1.15	0.20	26.41
横沢原	I	火山灰	LiC	24.9	41.4	15.82	4.72	1.73	22.27	12.17	0.88	0.21	13.26
	II		LiC	14.0	30.3	10.13	1.85	0.82	12.80	9.65	0.28	0.10	10.03
	III		LiC	4.4	29.9	13.00	3.37	0.96	17.33	24.68	1.16	0.19	26.03
白山	I	蛇紋岩	LiC	11.0	26.2	11.94	3.39	1.03	16.36	21.67	1.05	0.30	23.02
	II		LiC	1.8	15.1	23.87	4.24	1.16	29.27	62.54	2.19	0.96	65.69
	III		LiC	0.3	19.1	21.21	3.97	0.90	26.08	57.31	1.83	0.80	59.94
谷内	I	花崗岩	CL	19.3	23.9	20.27	6.93	2.27	29.47	27.90	1.97	0.80	30.67
	II		L	3.6	11.5	16.39	3.66	0.96	21.01	36.83	2.17	0.51	39.51
	III		SL	1.6	10.3	14.47	3.94	1.25	19.66	46.50	2.82	0.70	50.02
上駒板	I	三紀	CL	15.6	19.8	16.86	12.04	2.51	31.41	26.82	3.74	0.80	31.36
	II		CL	2.3	10.0	15.90	5.87	1.79	23.56	49.00	4.10	0.86	53.96
	III		LiC	1.0	27.5	18.33	7.60	1.98	27.91	64.40	3.49	1.59	69.48

注 浸出回数1、2、3はそれぞれ実験方法の概要で述べているA、B、C液である。

KClによる再浸出量 (m.e. $\times 10^{-3}$)

C u				Z n				4 元 素 総 計	全浸出量中 各元素の割合（％）			
浸 出 回 数			計	浸 出 回 数			計		C a	M g	C u	Z n
1	2	3		1	2	3						
39. 20	8. 75	2. 89	50. 84	16. 25	2. 45	0. 61	19. 31	100. 21	20	10	51	19
72. 60	17. 90	6. 29	96. 79	20. 80	3. 39	0. 84	25. 03	154. 46	14	7	63	16
90. 00	22. 17	9. 25	121. 42	21. 34	2. 47	0. 91	24. 72	189. 65	14	9	64	13
34. 70	9. 18	3. 24	47. 12	18. 30	3. 43	1. 07	22. 80	105. 82	22	12	45	21
40. 60	9. 70	3. 29	53. 59	17. 90	2. 79	0. 72	21. 41	103. 55	16	11	52	21
41. 50	10. 13	2. 74	54. 37	16. 38	2. 51	0. 48	19. 37	118. 32	15	22	46	17
41. 90	12. 48	5. 73	60. 11	18. 72	3. 54	1. 21	23. 47	119. 11	19	11	50	20
57. 80	15. 02	5. 35	78. 17	19. 00	2. 95	0. 73	22. 68	123. 68	11	8	63	18
55. 80	11. 63	3. 33	70. 76	20. 26	2. 67	0. 61	23. 54	137. 66	13	19	51	17
33. 44	9. 02	3. 70	46. 16	13. 11	2. 33	0. 76	16. 18	101. 72	16	23	45	16
46. 48	9. 13	2. 53	58. 14	22. 40	3. 64	0. 96	27. 00	180. 10	16	37	32	15
42. 12	6. 96	1. 34	50. 42	20. 28	2. 77	0. 63	23. 68	160. 12	16	37	32	15
34. 10	11. 20	4. 67	49. 97	17. 07	3. 73	1. 27	22. 07	132. 18	22	23	38	17
37. 20	8. 28	2. 06	47. 54	15. 28	2. 40	0. 44	18. 12	126. 18	17	31	38	14
32. 10	5. 88	0. 94	38. 92	15. 56	2. 23	0. 38	18. 17	126. 77	16	39	31	14
31. 90	8. 41	3. 70	44. 01	15. 42	3. 65	1. 13	20. 20	126. 98	25	25	34	16
35. 50	7. 33	1. 51	44. 34	17. 07	3. 23	0. 66	20. 96	142. 82	16	38	31	15
28. 30	2. 15	0. 11	30. 56	17. 07	2. 93	0. 22	20. 22	148. 17	19	47	20	14



第3-6図 等濃度溶液から吸着させたカチオンのKClによる浸出

本実験では、はじめカリ膠質にしたのち5種の塩類を吸着させたのであるが、カリはあらかじめ吸着されている分だけ少なくしてあるので5種のカチオンの濃度は等濃度であった。しかし浸出量の総計をみると、カリの分を考慮しても土壌の量(0.5 m.e.)にくらべ著しく低い。もっとも、3回の浸出で吸着された全量が浸出されたわけではなく、銅、石灰はまだ若干残されているものとみられるが、酸性液からの吸着であったため、始めから吸着量が少なかったものと考えられる。

全浸出量中の各元素の割合をみると、石灰と亜鉛はほぼ10~20%であり土壌による差は大きくなかった。苦土及び銅は非火山灰土壌ではともに30%前後であったが、火山灰および火山灰を含む洪積層では腐植の多少にかかわらず苦土が低下し、銅の割合が著しく高まる傾向が認められた。また層位別の吸着比率をみると、石灰、亜鉛は表層での比率は若干高まるが、この高まる分は火山灰では銅が減少し、非火山灰では苦土が減少している。

3) 塩化カリによる浸出の難易

同濃度の溶液からのカチオンの吸収が、その種類によって多少がある、いわゆる選択吸収は、土壌の種類によって苦土と銅には差があり、亜鉛は大差がないことは第3-26表の各元素の割合の欄に示されている。成分間の吸着量の大小は、カチオン固有の性質に基づくところが大いとしても、土壌を中心にすれば、同一カチオンでも吸着の強弱にいろいろな段階があることが推定される。各元素の吸着総量の比較では、この間の事情がはっきりしない。そこで第3-26表の各元素の第1回の浸出量を100とし、第2、第3回の浸出量を指数であらわしたのが第3-27表である。

第3-27表 浸出回数による各カチオンの減少経過

(第1回=100)

地層名	元素浸出回数	C a			M g			C u			Z n		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
砂 込	I	100	32.8	12.1	100	6.4	2.3	100	22.3	7.4	100	13.8	3.8
	II	//	28.5	10.0	//	4.5	1.4	//	24.7	8.7	//	16.3	4.0
	III	//	19.1	6.0	//	3.7	0.7	//	24.6	10.3	//	11.6	4.3
堰 袋	I	//	40.6	14.2	//	6.3	1.8	//	26.5	9.3	//	18.7	5.8
	II	//	25.6	8.9	//	5.1	1.5	//	23.9	8.1	//	15.6	4.0
	III	//	23.4	6.6	//	4.6	0.8	//	24.4	6.6	//	15.3	2.9
横沢原	I	//	29.8	10.9	//	7.2	1.7	//	29.8	13.7	//	18.9	6.3
	II	//	18.3	8.1	//	2.8	1.0	//	26.0	9.3	//	15.5	3.8
	III	//	25.9	7.4	//	4.7	0.8	//	20.8	6.0	//	13.2	3.0
白 山	I	//	28.4	8.7	//	4.9	1.4	//	27.0	11.1	//	17.8	5.6
	II	//	17.7	4.9	//	3.5	1.5	//	19.6	5.4	//	16.3	4.3
	III	//	18.7	4.3	//	3.2	1.4	//	16.5	3.2	//	13.7	3.1
谷 内	I	//	34.2	11.2	//	7.0	2.9	//	32.8	13.7	//	21.9	7.4
	II	//	22.3	5.9	//	5.9	1.4	//	22.3	5.5	//	15.7	2.9
	III	//	27.2	8.6	//	6.1	1.5	//	18.3	2.9	//	14.3	2.4
上駒板	I	//	71.3	14.9	//	13.9	4.0	//	26.4	11.6	//	23.7	7.3
	II	//	36.9	11.3	//	8.4	1.8	//	20.6	4.3	//	18.9	3.9
	III	//	41.5	10.8	//	5.4	2.5	//	7.6	0.4	//	17.2	1.3

この実験では、最初の吸着量いかにかわらず、どのカチオンも浸出回数1、2、3回目の浸出量の比率は、選択吸収がなければ、それぞれ100:20:4となる筈である。この表によれば、苦土は1回目で大部分が浸出され、2回目以降の残量は極めて少量であり、どの土壌でも離液しやすいことが示された。これに反して石灰及び銅は置換されにくく、3回目でもかなりの浸出量があった。亜鉛は苦土にくらべれば、はるかに浸出されにくい、石灰、銅にくらべれば浸出されやすかった。土壌による差は比較的少ないが、石灰は三紀層では浸出されにくく、苦土は火山灰グループと蛇紋岩土壌が浸出されやすかった。銅は表層では大差はなく、下層土では火山灰が浸出されにくかった。亜鉛については一定の傾向は認められなかった。供試土壌のうち、亜鉛欠乏が発生するのは堰袋と横沢原であるが、この両土壌だけが亜鉛が特に浸出されやすかったり、逆に浸出されにくいということはない。

層位と浸出の難易についてみると、2~3の例外はあるが、ほとんどの場合表層よりもII、III層の方が低下が急激であった。この傾向は各要素、各土壌ともほぼ同様であるが、はじめに吸着された絶対量が表層では少なくII、III層では多かったことも関係していると考えられる。しかし第3-26表にかえてみれば、絶対量においても浸出回数が進むにつれてI層がII、III層より多くなる傾向が認められる。このことは裏を返せば腐植が多ければカリは供試4元素よりも相対的に吸着されにくいことを示しているように思われる。

この実験結果から、亜鉛欠乏の要因として、土壌による固定や、土壌からの流亡について推定するにはデータが充分でないが、亜鉛欠乏多発地帯だけが特異的に固定または流亡しやすいということは一応否定されよう。

F 施用亜鉛の形態および施用量

胆沢郡下に発生した赤枯様の畑稲は、亜鉛欠乏に起因していることが明らかになった当初、現地改良対策が最も緊急を要する課題となった。しかし、亜鉛欠乏をひきおこしている原因が明らかでなく、ことにはかなりの強酸性土壌でも発生していることから、粘土鉱物¹⁴⁾または腐植¹²⁾による固定も考えられた。そこで亜鉛の形態をかえ、また硫酸亜鉛は思い切って多量の施用区を設け、2ヶ所で現地対策試験を実施した。

1. 堰袋試験地(その1)

1) 試験地の土壌 洪積世堆積

第3-28表 堰袋試験地の土壌

層厚 (cm)	容積重 (g)	土性	PH		腐植 (%)	置換性塩基 (mg/100g)			C. E. C. (m.e./100g)	石灰飽和度 (%)	磷酸吸収係数	0.1N-HCl 可溶Zn (ppm)
			H ₂ O	KCl		CaO	MgO	K ₂ O				
0~15	93	SC	6.2	4.8	10.0	287	20	23	23.4	44	1,500	0.80
15~37	77	SC	5.2	4.2	9.2	23	13	12	25.9	3	2,000	0.60
37~67	89	SC L	5.2	4.2	2.0	28	7	18	15.7	6	1,590	0.90
67~	106	SC L	5.2	4.2	1.6	111	27	7	17.6	23	990	0.74

2) 栽培法の概要

作物、品種 陸稲農林22号

施肥量(10aあたりKg)各区共通肥料は

N、P₂O₅、K₂Oそれぞれ7、14、7。

1~10区は高度化成、11は硫安、過石、塩加。

特殊成分および微量要素施用区はMgO、Fe、Mn、Moそれぞれ5、2、2、0.01。

W-Zn.....ZnSO₄・7H₂O、C-Zn.....Zn(OH)₂

CL-Zn.....EDTA-Zn。肥料はすべて全面施用後ロータリー耕。

3) 試験結果

第3-29表 堰袋試験地の収量、分析結果

項 目 区 名		収 量 (Kg/10 a)			玄米重 指 数	收穫物中Z n (p p m)				跡地土壌 0.1N-HCℓ 可溶Z n (p p m)
		藁 重	粃 重	玄米重		7 月 茎 葉	8 月 茎 葉	収 穫 時		
								藁	粃	
1	無 处 理	345	294	232	84	28	12	12	16	2
2	W-Z n 1	461	350	278	100	38	28	35	24	9
3	" 2	498	360	282	102	66	49	48	28	21
4	" 4	528	383	301	108	147	126	124	36	51

項 目 区 名		収 量 (Kg / 10 a)			玄米重 指 数	収 穫 物 中 Z n (p p m)				跡 地 土 壤 0.1 N - HCl 可 溶 Z n (p p m)
		藁 重	籾 重	玄米重		7 月 茎 葉	8 月 茎 葉	収 穫 時		
								藁	籾	
5. W - Z n	6	544	356	279	100	162	212	178	38	68
6. C - Z n	1	447	367	299	108	32	28	26	27	10
7. "	4	466	354	281	101	45	43	34	28	35
8. C L - Z n	1	478	350	278	100	32	28	22	23	4
9. MgFeMnMoZn		363	332	266	96	35	23	22	22	11
10. MgFeMnMo		414	294	231	83	24	11	13	19	2
11. 単 肥 配 合		407	368	294	106	28	15	12	16	1

注 収穫物中の亜鉛は試料を過塩素酸分解後適当に希釈して原子吸光法により定量した。

亜鉛欠乏症状は、7月中旬から亜鉛無施用の各区に認められたが、比較的軽症であった。しかし次第に生育のおくれも目立つようになり出穂も2～3日遅延した。収量は亜鉛の施用によって若干の増収をみたが、施用量や亜鉛の形態による差は大きくなかった。

単肥配合区にも亜鉛欠乏の症状がみられ、亜鉛欠乏確認以前のポット試験と異なる結果となったが、これは過石中の亜鉛含量のばらつきによるものと考えられる。しかし収量では若干増収し、石膏の効果もあったものと推察された。

収穫物中の亜鉛濃度は、亜鉛の施用によっていちじるしく高まり、特に水溶性亜鉛施用の場合に顕著であった。跡地土壌の0.1N-HCl可溶亜鉛は、施用量から計算される推定量に近く、施用亜鉛の大部分が0.1N-HCl可溶部分として保たれていることが知られた。

2. 横沢原試験地(その3)

1) 試験地の土壌 火山灰(風積)

第3-30表 横沢原試験地(その3)の土壌

層 厚 (cm)	容積重 (g)	粒 径 組 成	P H		腐 植 (%)	置換性塩基 (mg/100g)			C.E.C (m.e./100g)	石 灰 飽和度 (%)	磷 酸 吸 収 係 数	0.1N-HCl 可溶 Zn (ppm)
			H ₂ O	KCl		CaO	MgO	K ₂ O				
0～14	77	LiC	5.0	4.3	9.2	32	13	17	26.2	4	2.040	0.79
14～	89	SC	4.8	4.2	1.6	19	7	9	19.7	3	1.880	0.95

2) 栽培法の概要

肥料を条施した以外は壤袋試験地に同じ。

3) 試験結果

第3-31表 横沢原試験地(その3)の収量、分析結果

区 名	項 目	収 量 (Kg/10 a)			玄 米 重 指 数	収 穫 物 中 Z n (ppm)		跡 地 土 壤 0.1N-HCl 可 溶 Z n (ppm)
		粟 重	粳 重	玄 米 重		粟	粳	
1. 無 処 理		199	134	101	63	8	12	1
2. W-Zn	1	237	200	159	100	57	33	20
3. "	2	192	168	133	84	90	36	28
4. "	4	185	187	149	94	158	40	65
5. "	6	174	170	135	84	172	43	70
6. C-Zn	1	230	203	161	101	32	28	7
7. "	4	224	222	177	112	81	38	23
8. CL-Zn	1	217	210	170	107	68	29	2
9. MgFeMnMoZn		209	194	156	98	56	29	22
10. MgFeMnMo		117	85	59	37	8	11	1
11. 単 肥 配 合		153	138	107	68	6	14	1

この試験地は、機械開墾によって表土を除去した圃場であり、前年亜鉛欠乏の発生を確認した。地力が極めて低く、また早魃のため全般に収量水準は低かった。亜鉛無施用区には激しい欠乏症がみられ、亜鉛施用区でも施肥溝から離れた部分では生育初期に明確な症状が観察された。収量はZnとして1Kg施用は大幅に増収したが、2Kg以上では1Kgよりもむしろ減収した。したがってこの試験地の場合は1Kg以下でも必要量は充たされたかもしれない。しかし施用量が最も多い6Kg区でも肉眼的には過剰障害は認められなかった。水酸化亜鉛の場合は4Kg施用の方が多収であった。単肥配合区も激しい亜鉛欠乏症が発生し、無処理区に対してわずかの増収にとどまった。

収穫物中の亜鉛濃度は、堰袋試験地にくらべると亜鉛施用による濃度の高まりは大きかった。

3. 考 察

2つの試験地の結果を総合すると、最高収量をあげたのは、水溶性系列では、堰袋は4Kg、横沢原は1Kg施用区である。水酸化亜鉛は吸収率がかなり劣るようであり、EDTA-Znも特に有効ではなかった。もともと、水溶性以外の亜鉛は、土壤による固定を避けるねらいで供試したものであるが、水溶性亜鉛よりも吸収されにくいという結果となった。欠乏症状が激しい横沢原試験地の方がかえって亜鉛施用による収量の頭打ちが早く、収穫物中の亜鉛濃度が高まりやすいことは一見矛盾している。しかしこれは亜鉛資材の施用方法および土壤条件の差、なかんずくPHの差によるものとすれば理解しやすい。

さて、亜鉛の施用量をきめるにあたって、畑稲中の亜鉛の適正濃度が知られていれば、明快な結論が出易いわけであるが、これについては不明である。しかし、亜鉛欠乏地帯の分布調査に附随するポット試験の結果によれば、亜鉛欠乏症の発生は、疑問符づきのものを含めても粟で20ppm以下であり、30ppm以上あれば一応充分とみられる。この対策試験においては、2つの試験地とも1Kgの施用でこの水準に達している。また輪作の中に、亜鉛を吸収しやすいかまたは過剰障害の出易い作物が組入れられたり、人工的に土壤PHを下げる場合もおこり得る。これらのことを想定し、施用量はなるべく少なくとどめる

必要がある。このような配慮から10aあたりZnとして1Kgの全面施用を奨励した。

Ⅳ 作物の種類、畑稲の品種による感応

亜鉛に限らず、微量元素は作物の種類による感応に大差があるのが普通である。ある作物では激しい欠乏症が発生しても他の作物では正常に生育するのをしばしば経験する。このことは過剰障害についても同様であり、欠乏対策として施用されたものが他の機会に過剰障害をひきおこすことさえあり得る。

作物の亜鉛欠乏に対する低抗性について、Viets¹⁹⁾は3グループに分類し、いんげん、とうもろこし等が欠乏に対して最も敏感であるとしている。岩手県下で最初に発見された亜鉛欠乏は畑稲であったことはすでに述べたが、発生しやすい土壌にたまたま畑稲の栽培が多かったためかもしれないし、畑地には輪作のなかにいろいろな作物が入ってくるので作物による感応について試験を実施した。

1. 堰袋試験地(その2)

1) 圃場条件

堰袋試験地(その1)に同じ。

2) 試験設計

第4-1表 堰袋試験地(その2)の作物、施肥量

作物	品 種	共 通 肥 料 (Kg/10a)								試験実 施年次	備 考
		N		P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Cu	B			
		基	追								
馬鈴薯	男爵薯	7	3	15	10	10	—	—	1970	馬鈴薯跡 燕麦跡 小豆跡	
燕 麦	前 進	7	2	15	10	10	1	—	〃		
大 豆	ラ イ デ ン	3.5	—	10	7	10	—	0.1	〃		
小 豆	大 館 2 号	3.5	—	10	7	10	—	0.1	〃		
結球白菜	松島交配60日	14	4	17	17	10	—	0.1	〃		
大 麦	ペンケイムギ	4	4	20	15	10	1	—	1971		
小 麦	ナンブコムギ	4	4	20	15	10	1	0.1	〃		

注 2作目は三要素以外は残効

3) 試験結果

第4-2表 堰袋試験地(その2)の生育、収量

馬鈴薯

区 名	茎 長 (cm)	総薯重 (Kg/10a)	同 左 指 数	亜 鉛 欠乏症
1. Zn 0	45.3	2,301	98	—
2. " 1	45.0	2,346	100	—
3. " 2	43.2	2,445	104	—

燕 麦

区 名	収 量 (Kg/10a)			子実重 指 数	亜 鉛 欠乏症
	全 重	稈 重	子実重		
1. Zn 0	483	322	161	91	—
2. " 1	533	356	177	100	—
3. " 2	537	358	179	101	—

60 亜鉛欠乏土壤に関する調査研究

大豆

区 名	収 穫 時			収 量 (Kg/10a)			子実重指数	亜鉛欠乏症
	茎 長 (cm)	1 次 分 枝 (本)	着 莢 数 (個)	全 重	稈 重	子 実 重		
1. Zn 0	95	6.3	50	974	490	364	117	—
2. " 1	106	6.0	49	830	423	312	100	—
3. " 2	109	6.4	52	981	505	352	113	—

小豆

区 名	収 穫 時			収 量 (Kg/10a)			子実重指数	亜鉛欠乏症
	茎 長 (cm)	1 次 分 枝 (本)	着 莢 数 (個)	全 重	稈 重	子 実 重		
1. Zn 0	56	3.7	30	287	132	127	95	±
2. " 1	64	3.4	27	327	154	133	100	—
3. " 2	66	3.4	28	355	164	139	104	—

結球白菜

区 名	収 量 (Kg/10a)				結 球 重 指 数	亜 鉛 欠 乏 症
	全 重	結 球 重	外 葉 重	不 結 球 重		
1. Zn 0	6,668	4,710	1,913	45	84	—
2. " 1	7,961	5,580	2,260	121	100	—
3. " 2	8,267	5,670	2,579	18	102	—

大麦

区 名	収 穫 時			収 量 (Kg/10a)			子実重指数	亜鉛欠乏症
	稈 長 (cm)	穂 長 (cm)	50cm間 穂 数 (本)	全 重	稈 重	子 実 重		
1. Zn 0	61	4.6	63	270	97	134	79	—
2. " 1	57	4.7	61	343	126	169	100	—
3. " 2	56	4.7	66	323	122	163	97	—

小麦

区 名	収 穫 時			収 量 (Kg/10a)			子実重指数	亜鉛欠乏症
	稈 長 (cm)	穂 長 (cm)	50cm間 穂 数 (本)	全 重	稈 重	子 実 重		
1. Zn 0	73	9.1	71	473	168	213	114	—
2. " 1	72	9.2	74	395	153	187	100	—
3. " 2	69	9.3	76	420	165	197	105	—

第4-3表 堰袋試験地(その2)の収穫物分析結果

馬鈴薯(枯凋期)

区名	茎				塊			
	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)
1. Zn 0	1.88	0.31	6.00	67.1	1.21	0.39	2.20	9.2
2. " 1	2.04	0.34	7.00	62.0	1.19	0.41	2.40	11.4
3. " 2	2.27	0.43	7.90	80.0	1.40	0.46	2.60	14.5

燕 麦(成熟期)

区名	稈				子実			
	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)
1. Zn 0	0.60	0.12	4.56	4.5	2.00	0.88	0.63	15.0
2. " 1	0.60	0.13	4.58	5.9	2.14	0.90	0.62	21.3
3. " 2	0.68	0.13	4.50	6.6	2.20	0.95	0.65	23.3

大 豆(成熟期)

区名	葉				莢			
	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)
1. Zn 0	1.85	0.58	1.50	15.8	0.57	0.57	1.60	2.9
2. " 1	1.90	0.49	1.80	18.0	0.49	0.15	1.60	3.8
3. " 2	1.80	0.47	1.95	30.6	0.49	0.17	1.85	4.4

区名	莢				子実			
	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)
1. Zn 0	1.00	0.33	4.25	7.1	6.28	1.97	1.90	35.5
2. " 1	1.07	0.28	4.15	9.1	6.55	1.94	2.00	40.9
3. " 2	1.14	0.39	4.30	11.4	6.00	1.84	1.95	45.6

小 豆(成熟期)

区名	葉				莢			
	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)
1. Zn 0	2.80	0.62	2.02	18.3	1.17	0.20	3.15	7.6
2. " 1	3.14	0.61	1.92	18.3	0.83	0.28	2.79	9.9
3. " 2	2.98	0.46	1.90	20.6	0.72	0.23	2.89	12.9

区 名	莢				子 実			
	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)
1. Zn 0	1.27	0.45	1.63	8.2	3.57	1.03	1.84	22.2
2. " 1	1.15	0.25	1.24	8.6	3.50	1.10	1.76	24.1
3. " 2	1.00	0.27	1.44	23.5	3.62	1.08	1.74	28.5

結球白菜（収穫時可食部）

区 名	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)
1. Zn 0	3.78	1.81	7.30	32.3
2. " 1	3.64	1.72	7.30	41.3
3. " 2	3.69	1.66	7.20	46.6

大 麦（成熟期）

区 名	稈				穂			
	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)
1. Zn 0	1.01	0.26	2.52	12.2	2.07	0.88	0.44	29.3
2. " 1	0.86	0.22	2.58	16.0	2.26	0.86	0.46	34.6
3. " 2	0.69	0.24	2.38	21.0	2.24	0.90	0.47	44.3

小 麦（成熟期）

区 分	稈				穂			
	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)
1. Zn 0	0.66	0.19	2.12	8.8	2.45	0.84	0.48	23.8
2. " 1	0.68	0.16	2.38	9.9	2.43	0.87	0.47	32.2
3. " 2	0.59	0.17	2.22	12.3	2.45	0.84	0.49	35.0

供試作物の中には、畑稲、とうもろこしのように明瞭な亜鉛欠乏症が発現したものはなかったが、小豆にそれとみられる症状が観察された。収量は亜鉛の施用によって燕麦、白菜、大麦はかなり増収し、馬鈴薯、小豆も若干の増収をみた。大豆は徒長のため、また小麦は雪腐れのため成績が乱れ不明であった。

収穫物の亜鉛濃度は、作物の種類、部位によって非常に異なり、馬鈴薯の茎葉、大豆の子実、大麦の子実、結球白菜では高く、燕麦稈、大豆の茎では低かった。三要素は亜鉛の施用によって小豆の莢、大麦の稈、白菜では減少し、馬鈴薯では逆に高まる傾向が認められた。燕麦、大豆、小麦では一定の傾向は認められなかった。

2. 横沢原試験地（その4）

1) 圃場条件

土壌PHと亜鉛との関連について、青刈とうもろこしを材料として試験を実施した跡地のうち、石灰少

量系列および多量系列を利用し、石灰は多量系列にあわせ、亜鉛は既投入分を差引いて不足分を補い試験をおこなった。

2) 試験設計

第4-4表 横沢原試験地(その4)の作物、施肥量

作物	品 種	共通肥料 （K ₇ / 10 a ）					試験実 施年度	備 考
		N	P ₂ O ₅		K ₂ O			
			溶 磷	複 合	基	追		
ほうれんそう	キングオブデンマーク	15	120	18	14	—	1971	
そ ば	在 来 種	3	—	4	6	—	〃	ほうれんそうの後作
ラヂノクローバ	オ レ ゴ ン	10	60	12	9	10	〃	カリの追肥は各刈取毎

3) 試験結果

第4-5表 横沢原試験地(その4)の生育、収量

ほうれんそう

区 名	生 草 重 ($Kg/10a$)	指 数	Zn 欠乏症
1. Zn 0	1,463	94	—
2. " 1	1,556	100	—
3. " 2	1,448	93	—

そ ば

区 名	稈 重 ($Kg/10a$)	子 実 重 ($Kg/10a$)	指 数	Zn 欠乏症
1. Zn 0	188	125	104	—
2. " 1	181	120	100	—
3. " 2	148	97	81	—

ラヂノクローバ

区 名	生 草 重 ($Kg/10a$)					風 乾 重 ($Kg/10a$)					Zn 欠乏症
	第1回	第2回	第3回	計	同 左 指 数	第1回	第2回	第3回	計	同 左 指 数	
1. Zn 0	1,773	936	1,520	4,229	94	151	126	184	461	98	—
2. " 1	1,853	1,280	1,380	4,513	100	159	155	158	472	100	—
3. " 2	1,813	1,499	1,504	4,816	107	154	177	186	517	110	—

第4-6表 横沢原試験地(その4)の収穫物分析結果

ほうれんそう

区 名	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	Zn (ppm)
1. Zn 0	3.82	1.04	4.28	28.5
2. " 1	3.68	1.06	3.88	56.0
3. " 2	3.61	0.97	3.92	84.4

そば(収穫時)

区 名	茎 葉				子 実			
	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)
1. Zn 0	1.17	0.72	3.80	16.1	2.55	1.40	0.60	29.1
2. " 1	1.31	0.83	3.96	23.4	2.20	1.08	0.56	30.5
3. " 2	1.27	0.67	3.88	28.5	2.29	1.13	0.53	30.6

ラヂノクローバ

区 名	1 番 刈				2 番 刈				3 番 刈			
	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	Zn (ppm)
1. Zn 0	3.92	0.81	3.92	19.9	3.91	0.89	3.92	21.1	4.61	1.01	4.52	17.3
2. " 1	3.82	0.86	4.12	24.3	3.95	0.88	4.00	27.7	4.61	0.93	4.40	21.8
3. " 2	3.82	0.77	3.96	39.2	3.74	0.85	3.76	30.9	4.48	0.91	4.80	25.3

供試作物ではいずれも亜鉛欠乏症の発生はみられなかった。収量は、亜鉛の施用によってラヂノクローバはやや増収し、そばは逆に減収した。ほうれんそうは1 Kgで増収し、2 Kgでは減収した。

収穫物中の亜鉛濃度は、ほうれんそうはかなり高かった。ラヂノクローバは、2 番刈の収量が低かったことを考慮すれば、刈取回数がおそいほど低下する傾向が認められた。亜鉛の施用が三要素の濃度に及ぼす影響は、ほうれんそうではいくらか低下する傾向が認められ、そばは1 Kgと2 Kgでは若干異なるが、一応茎葉では高まり、子実では低下している。ラヂノクローバには一定の傾向は認められなかった。分析結果からみると、ほうれんそうは施用効果が若干あったものとみられ、そばではむしろ過剰障害の疑さえある。また、ラヂノクローバでは亜鉛の影響はうすいものとみなされる。

3. 亜鉛に対する作物の感応のまとめ

二つの試験地は、畑稲およびとうもろこしでは亜鉛欠乏が確認された圃場であるが、他の作物では明確な症状は認められなかった。二つの試験地は欠乏程度が同じでなく、また試験年次も2年にまたがっており、供試作物全体を通じての比較、判定には若干の無理があるが、収量および作物体の分析結果からおおよそ次のように要約される。なお、畑稲およびとうもろこしは、亜鉛欠乏と土壌の反応との関連に関する試験等で述べたように、亜鉛欠乏に敏感なことが認められている。

欠乏に敏感な作物

畑稲、とうもろこし、結球白菜、大麦

感受性中位の作物

燕麦、大豆、小豆、ほうれんそう

欠乏に鈍感な作物

ばれいしょ、小麦、そば

ラヂノクローバ

4. 亜鉛欠乏に対する畑稲の品種間差異

前項における亜鉛に対する作物別感応についての試験は、県内での代表的な品種または胆沢地方に多い品種を供試している。畑稲についての調査の際に、一枚の圃場の中で、小面積ながら画然として軽症な部分が観察され、主として品種間差によるものとみられた。そこで亜鉛欠乏に対する品種間差をみるため、欠乏土壌を使用してポット試験を実施した。

1) 供試土壌 第3-13表に同じ。

2) 施肥量 (g/ポット)

基肥 N、 P_2O_5 、 K_2O 、 MgO それぞれ0.5、1.0、0.5、0.5

追肥 N、 K_2O いずれも0.25

亜鉛施用系列はZnとして0.1

3) 試験結果

第4-7表 畑稲の品種間差異生育、収量

品 種	項 目	7 月 3 日		8 月 2 日		収 穫 時			収 量 (g/ポット)		指 数	
		草 丈	茎 数	草 丈	茎 数	稈 長	穂 長	穂 数	葉 重	精 籾 重	葉 重	精 籾 重
		(cm)	(本/ポット)	(cm)	(本/ポット)	(cm)	(cm)	(本/ポット)				
クルミワセ	無	18.9	7.0	61	19.0	60	18.1	13.5	35.0	3.88	100	100
	Zn	20.2	9.0	61	16.5	62	19.0	14.0	33.6	4.95	96	129
水野黒糯	無	22.4	6.5	73	11.0	59	23.7	11.5	24.3	12.90	100	100
	Zn	20.0	6.0	69	13.5	67	22.9	12.0	23.7	11.85	98	92
シモキタ*	無	18.7	7.5	51	21.5	48	16.2	20.0	26.6	7.58	100	100
	Zn	20.3	11.0	53	22.5	50	15.4	22.5	25.9	11.65	97	154
ユーカラ*	無	20.5	12.0	52	25.0	48	13.8	23.5	23.3	18.15	100	100
	Zn	22.1	16.5	52	29.0	46	14.0	28.0	21.1	16.90	91	93
農林22号	無	22.1	8.5	58	16.5	57	14.0	16.5	21.2	12.80	100	100
	Zn	21.0	7.5	56	16.5	57	15.2	16.5	21.8	18.60	103	145

注 *印は水稻品種

シモキタ、農林22号は亜鉛の施用によって籾重は大幅に増収した。クルミワセは秕が多く、精籾重は少なかったが、亜鉛の施用効果は認められた。水野黒糯およびユーカラは効果は認められなかった。亜鉛欠乏抵抗性の立場からいえば、シモキタ、農林22号は最も弱く、クルミワセがこれに次ぎ、水野黒糯およびユーカラは亜鉛欠乏抵抗性は高いものとみられる。

この試験はポット試験であり圃場の場合よりは収量差は大きく出易すかったものと考えられるが、畑稲における亜鉛欠乏抵抗性の品種間差はかなり大きいものとみななければならない。このことは稲や大小麦のように、同地域に数種の品種が栽培される作物は特に注意を要する。元来、微量要素欠乏は局地的な場合が多いから、品種による抵抗性の差が大きい作物では、その地域の品種の構成によって、その作物の平均的な強弱については異なる結論が出されることは当然あり得る。したがって前項に述べた作物の感応についての分類は、調査の進展とともに変更される可能性があることを付記しておく。

V 各種溶媒による土壌亜鉛の抽出と作物による吸収量との関係

亜鉛が作物の必須元素であることが認められてから、有効態亜鉛の分析法については数多くの提案がなされた。それらの方法は、溶媒を何にするかが相異点であり、亜鉛の分析法は古くはデチゾン法¹³⁾によっており、近年は原子吸光法²⁰⁾によっている。溶媒は酸、塩、キレートに大別され、更にこれらの組合せや他の要因との組合せ等の各種の方法がある。溶媒として単独の酸を使用するものとしては0.1規定塩酸²¹⁾が代表的なものであり、塩の単用としては塩化マグネシウム²²⁾等があげられる。キレートはデチゾン+醋酸アンモン²³⁾、EDTA+炭酸アンモン²⁴⁾のように塩との組合せのものが多い。酸と塩との組合せでは醋酸+塩化カリなどがある。その他にも多数の方法があるが、それらの分析法と作物による吸収との相関は、地域的な差があるようであり、土壌診断に実際に利用するにはどの方法によるべきかの吟味が必要であるように思われる。

山添¹⁶⁾らは数種の溶媒によって抽出される亜鉛と、土壌の種類、亜鉛欠乏症の発現程度との関係について報告しているが、供試土壌の大部分は岩手県のものであるので、以下要点を述べる。

それによれば、全亜鉛は欠乏症の発現とは関係がなく、また1M-MgCl₂による浸出は溶媒が高濃度のため原子吸光法では塩類がバーナーのスロットに析出し不適当である。0.1N-HClは、亜鉛欠乏発生土壌ではいずれも低い、抽出量が低い土壌は必ずしも亜鉛欠乏が発生するとは限らなかった。1N-NH₄OAcは、PH4.8、7.0、8.6の3種と、それぞれにEDTAを加用した場合について検討しているが、醋酸アンモン単用系列は欠乏症の有無と比較的良く一致し、抽出量も多かった。またEDTAとの併用系列は醋酸アンモン単用よりも更に浸出量が増し、分析はしやすくなるが、醋酸アンモンのPHが高いほど多量に抽出され、症状との関係は良くならなかった。

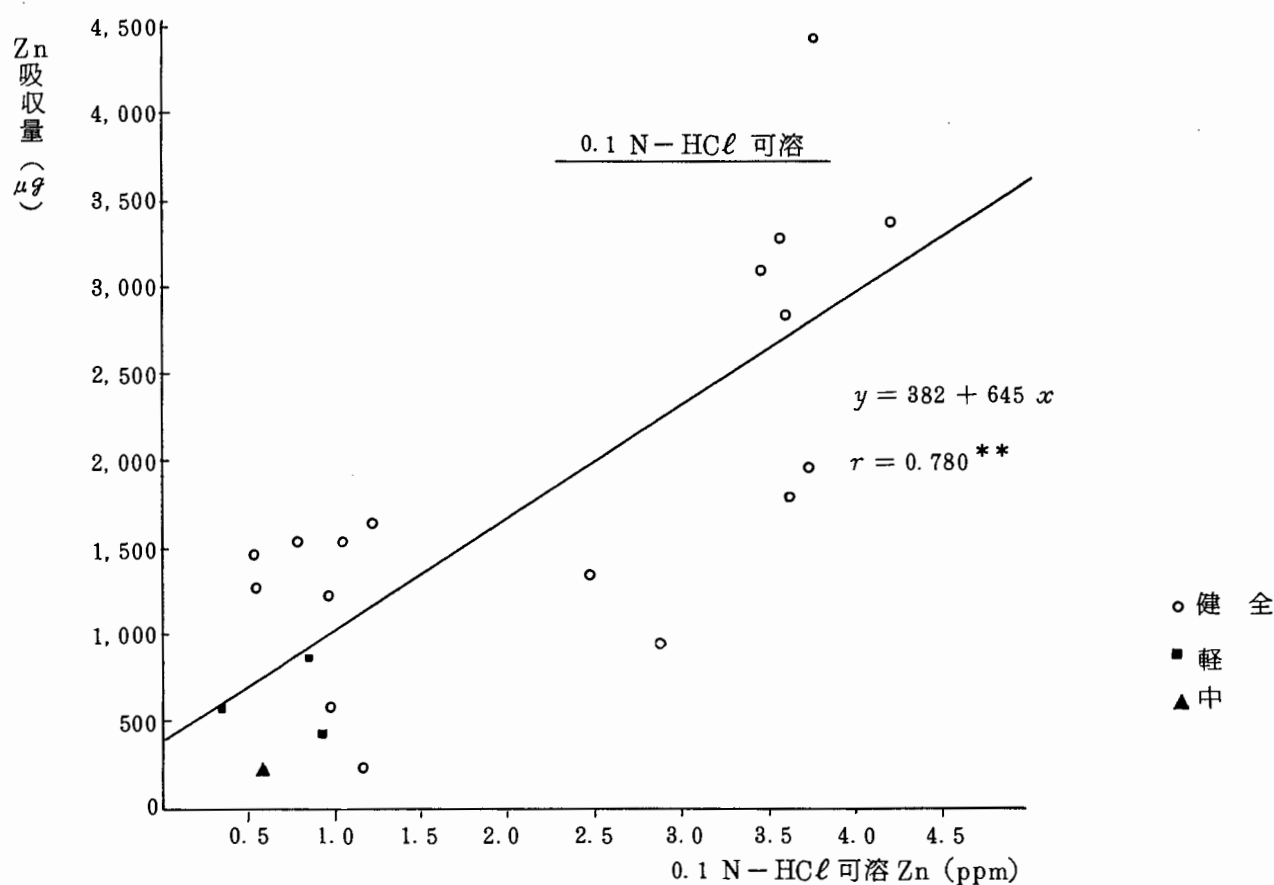
さて、ⅢのDにおいて、亜鉛欠乏発生の可能性の診断方法として土壌分析、ポット試験の症状、収穫物中の亜鉛濃度を使用した、これを逆に可給態亜鉛分析に使用する溶媒の比較に検討を進めた。まずポット試験における亜鉛欠乏症の程度、吸収量等と、土壌中亜鉛との関係を整理検討し、次に溶媒及び振とう時間を比較した。

1. 県西部土壌

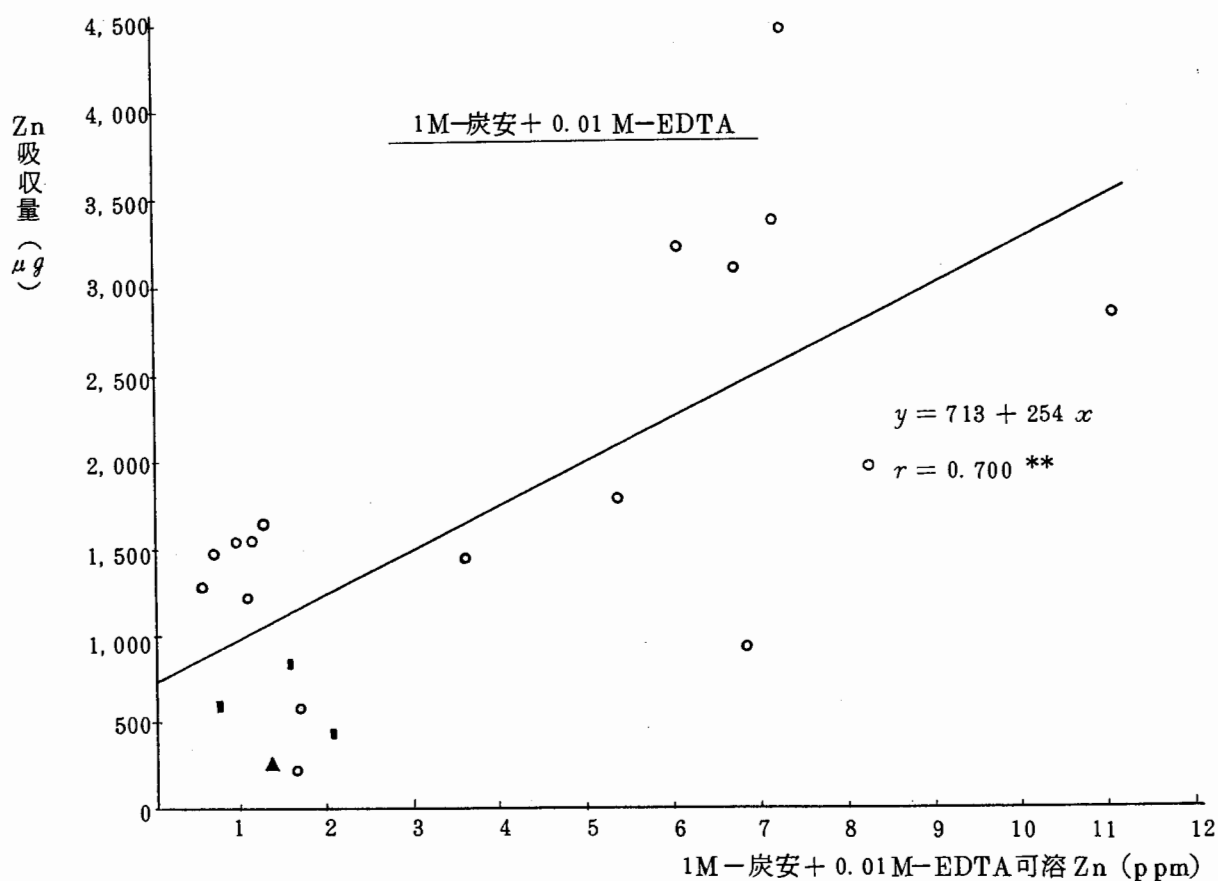
第5-1表 県西部土壌における土壌中亜鉛と畑稲による吸収量との関係

土 壌		原土中 Zn(ppm)		収穫物中 Zn(ppm)		Zn 吸 収 量 (μg)	無処理区 の欠乏程度
		0.1N-HCl 可 溶	1M-炭安 0.01M- EDTA可溶	葉	穂		
大 花 森	I	2.86	6.80	22.3	27.0	932	—
	II	0.57	1.31	9.1	17.9	216	++
	III	0.34	0.79	8.3	14.8	509	+
犬 淵	I	3.73	8.27	64.2	39.2	1,967	—
	II	2.47	3.60	39.8	36.2	1,446	—
	III	3.61	5.39	41.2	36.6	1,763	—

土 壤		原土中 Zn (ppm)		収穫物中 Zn (ppm)		Zn 吸 収 量 (μ g)	無 処 理 区 の 欠 乏 程 度
		0.1N-HCl 可 溶	1M-炭安 0.01M- EDTA可溶	藁	穂		
砂 込	I	3.76	7.28	126.8	44.4	4,468	—
	II	0.98	1.68	19.0	26.6	572	—
	III	1.16	1.66	16.3	22.1	249	—
横 沢 原	I	4.22	7.18	90.0	40.0	3,372	—
	II	0.85	1.56	15.1	29.9	862	+
	III	0.92	2.07	8.2	17.3	436	+
白 山	I	3.58	6.05	82.4	41.3	3,257	—
	II	0.96	1.05	27.6	34.4	1,206	—
	III	0.79	1.11	31.0	33.1	1,527	—
谷 内	I	3.60	11.07	112.5	34.3	2,832	—
	II	1.05	0.94	33.0	49.0	1,506	—
	III	0.54	0.58	32.2	48.2	1,277	—
上 駒 板	I	3.46	6.72	103.2	40.3	3,090	—
	II	0.52	0.70	45.2	36.6	1,460	—
	III	1.21	1.26	45.2	32.8	1,639	—



第5-1図 土壤中亜鉛と畑稲による亜鉛の吸収量(その1県西部)



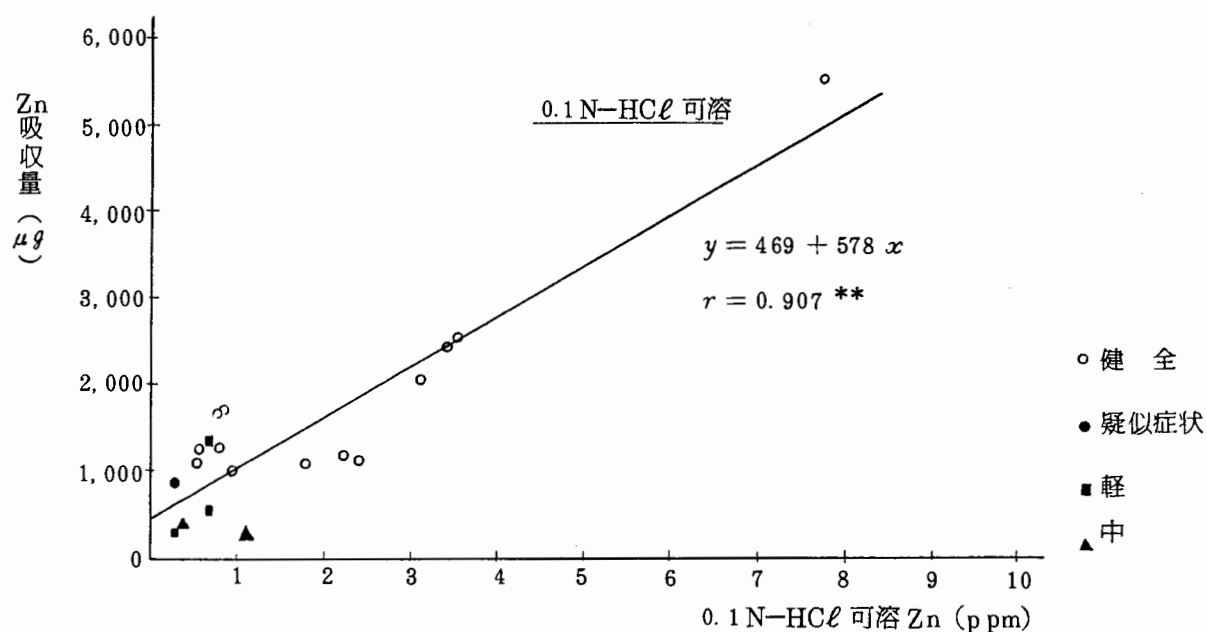
2つの溶媒を比較すると、相関係数は0.1N-HCl可溶の方がいくらか高いが、土壌からの抽出量は炭安+EDTA可溶の方が多い。欠乏症発生土壌は、0.1N-HCl可溶では1ppm以下、炭安+EDTA可溶ではほぼ2ppm以下であるが、土壌中亜鉛が同レベルでも発生しない土壌もあり、発生しない場合は吸収量も多い。したがって両分析法ともに前記水準以上ならば亜鉛欠乏の発生はないということとは出来るが、それ以下の場合については判然としない。

2. 県北東部土壌

第5-2表 県北東部土壌における土壌中亜鉛と畑稲による吸収量との関係

土 壌		土 壌 中 Z n (ppm)	収 穫 物 中 Z n (ppm)		Z n 吸 収 量 (μ g)	無 処 理 区 の 欠 乏 程 度
		0.1N-HCl 可 溶	葉	穂		
区 界	I	3.44	67.1	33.0	2,400	—
	II	0.52	29.9	23.2	1,242	—
	III	0.94	20.4	24.6	981	—
茂 市	I	3.52	73.7	38.0	2,522	—
	II	0.78	25.7	31.3	1,265	—
	III	0.52	20.4	29.6	1,074	—

土 壤		土 壤 中 Z n (p p m)	収 穫 物 中 Z n (p p m)		Z n 吸 収 量 (μ g)	無 処 理 区 の 欠 乏 程 度
		0.1N-HCl 可 溶	藁	穂		
近 内	I	7. 78	212. 1	52. 3	5, 480	—
	II	0. 78	52. 3	32. 0	1, 688	—
	III	0. 28	17. 8	25. 9	859	±
斐 綿	I	3. 16	46. 0	27. 3	2, 039	—
	II	0. 82	49. 7	36. 7	1, 671	—
浜 岩 泉	II	0. 64	16. 8	17. 5	1, 383	+
小 平 沢	I	2. 40	31. 6	23. 9	1, 087	—
	II	0. 30	10. 2	17. 8	314	+
	III	0. 34	7. 6	14. 1	312	±
横 打	I	2. 24	24. 0	27. 3	1, 153	—
	II	1. 82	21. 4	21. 9	1, 075	—
戸 田	II	0. 60	7. 2	16. 5	565	+
観 音 林	II	1. 10	8. 6	14. 5	282	±



第5-2図 土壌中亜鉛と稲による亜鉛の吸収量(その2県北東部)

相関係数は県西部の場合よりも若干高かったが、県西部とはほぼ同様の傾向であった。即ち土壌中約 1 ppm以上の亜鉛があれば欠乏はおこらないが、それ以下では発生する場合としない場合の両者が混在した。

3. 溶媒及び振とう時間の検討

前項までの結果、0.1 N-HCl 可溶亜鉛は、作物による吸収と比較的高い相関を示すことが知られたが、供試土壌はすべて酸性土壌であり、条件が揃い過ぎていたきらいがある。作物による亜鉛の吸収は、土壌 PH によって極めて大きな影響を受けることはⅢ-B で述べたが、0.1 N-HCl では石灰との関係を充分反映しない可能性もある。そこで供試土壌のうち、無処理区および炭カル区の一部について跡地土壌中の可溶性亜鉛を定量し、作物による吸収量との相関をみた。溶媒は 0.1 N-HCl およびそれより弱い酸についておこない、また振とう時間を 2 段階にして実施した。

第 5-3 表 溶媒の種類と振とう時間

県西部

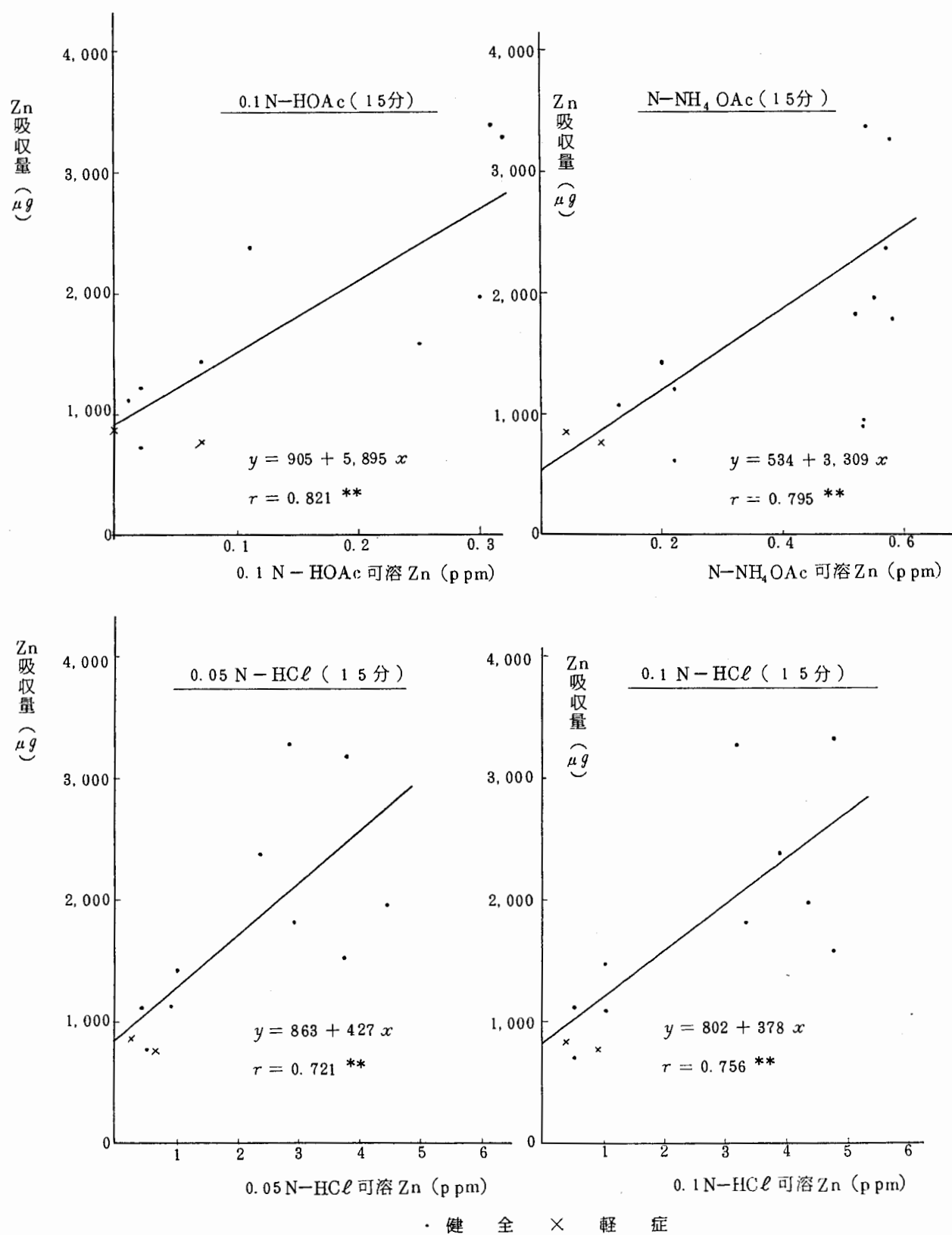
地名	層位	溶媒 振とう時間 処理	0.1 N-HOAc (ppm)		N-NH ₄ OAc (PH 4.6) (ppm)		0.05 N-HCl (ppm)		0.1 N-HCl (ppm)		畑稻による 亜鉛吸収量 Zn (μg)
			1 5 分	5 時間	1 5 分	5 時間	1 5 分	5 時間	1 5 分	5 時間	
犬 淵	I	無処理	0.30	0.33	0.55	0.67	4.48	4.08	4.36	5.11	1.967
	"	炭カル	0.25	0.30	0.58	0.70	3.71	4.32	4.78	5.68	1.579
	II	無処理	0.07	0.09	0.20	0.21	1.01	1.10	1.03	1.43	1.446
	"	炭カル	0.01	t r	0.13	0.17	0.86	0.86	1.03	1.52	1.109
横 沢 原	I	無処理	0.31	0.35	0.54	0.59	3.75	4.19	4.76	5.32	3.372
	"	炭カル	0.11	0.12	0.57	0.51	2.34	2.57	3.90	4.42	2.381
	II	無処理	t r	t r	0.04	0.04	0.25	0.17	0.40	0.36	862
	"	炭カル	0.07	t r	0.10	0.08	0.63	0.38	0.91	0.97	762
白 山	I	無処理	0.32	0.29	0.58	0.60	2.84	3.28	3.20	3.67	3.257
	"	炭カル	0.15	0.18	0.52	0.59	2.91	3.45	3.37	4.08	1.828
	II	無処理	0.02	0.04	0.22	0.21	0.42	0.55	0.50	0.69	1.206
	"	炭カル	0.02	0.04	0.22	0.19	0.51	0.55	0.50	0.67	708

県北東部

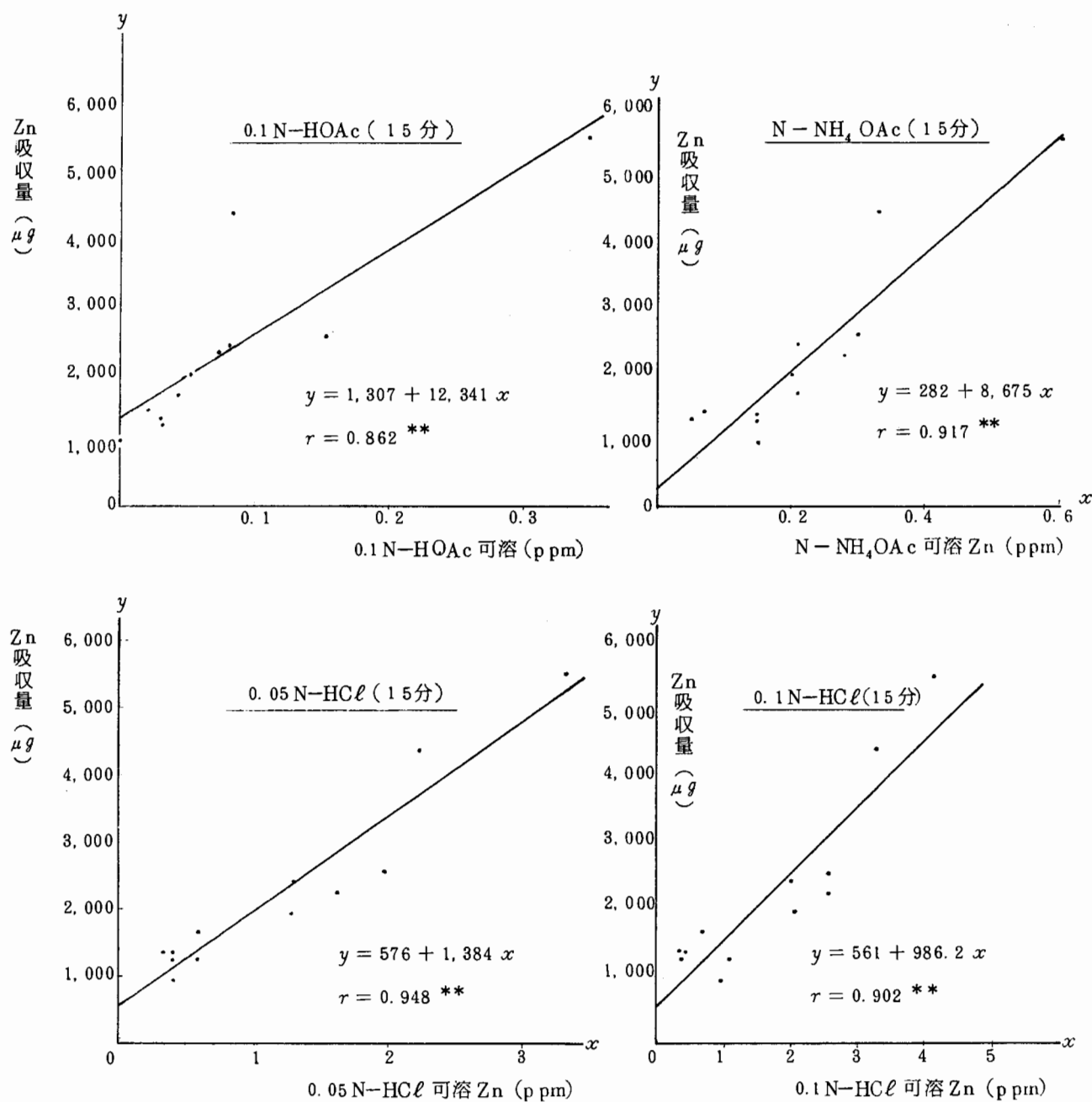
地名	層位	溶媒 振とう時間 処理	0.1 N-HOAc (ppm)		N-NH ₄ OAc (PH 4.6) (ppm)		0.05 N-HCl (ppm)		0.1 N-HCl (ppm)		畑稻による 亜鉛吸収量 Zn (μg)
			1 5 分	5 時間	1 5 分	5 時間	1 5 分	5 時間	1 5 分	5 時間	
区 界	I	無処理	0.08	0.08	0.21	0.20	1.29	1.43	2.00	2.34	2.400
	"	炭カル	0.05	0.05	0.20	0.22	1.28	1.20	2.09	2.19	1.933
	II	無処理	0.03	t r	0.05	0.09	0.40	0.25	0.38	0.36	1.242
	"	炭カル	0.02	t r	0.07	0.08	0.32	0.13	0.34	0.32	1.387
茂 市	I	無処理	0.15	0.20	0.30	0.40	1.96	2.25	2.57	3.07	2.522
	"	炭カル	0.07	0.09	0.28	0.37	1.62	2.09	2.57	3.28	2.224
	II	無処理	0.03	0.05	0.15	0.18	0.59	0.67	1.07	1.29	1.265
	"	炭カル	t r	t r	0.15	0.15	0.40	0.38	0.95	1.18	925
近 内	I	無処理	0.35	0.41	0.60	0.71	3.32	3.83	4.15	4.92	5.480
	"	炭カル	0.08	0.16	0.33	0.40	2.23	3.27	3.20	4.95	4.388
	II	無処理	0.04	0.07	0.21	0.19	0.57	0.84	0.65	1.29	1.688
	"	炭カル	t r	t r	0.15	0.12	0.40	0.55	0.38	0.90	1.340

第5-4表 跡地土壌中亜鉛と作物による亜鉛吸収量との関係

地 域	溶 媒	時 間	回 帰 線	相 関 係 数	測定数	作物
西 部 県	0.1 N-HOAc	1 5 分	$y = 905 + 5,895x$	0.821**	12	畑稻
	"	5 時間	$y = 951 + 5,205x$	0.797**	"	"
	N-NH ₄ OA c(PH4.6)	1 5 分	$y = 534 + 3,309x$	0.795**	"	"
	"	5 時間	$y = 675 + 2,712x$	0.747**	"	"
	0.05 N-HCℓ	1 5 分	$y = 863 + 427x$	0.721**	"	"
	"	5 時間	$y = 833 + 411x$	0.758**	"	"
	0.1 N-HCℓ	1 5 分	$y = 802 + 378x$	0.756**	"	"
	"	5 時間	$y = 793 + 323x$	0.736**	"	"
北 東 部 県	0.1 N-HOAc	1 5 分	$y = 1,307 + 12,341x$	0.862**	"	"
	"	5 時間	$y = 1,962 + 2,969x$	0.914**	"	"
	N-NH ₄ OA c(PH4.6)	1 5 分	$y = 282 + 8,675x$	0.917**	"	"
	"	5 時間	$y = 443 + 6,908x$	0.912**	"	"
	0.05 N-HCℓ	1 5 分	$y = 576 + 1,384x$	0.948**	"	"
	"	5 時間	$y = 708 + 1,084x$	0.955**	"	"
	0.1 N-HCℓ	1 5 分	$y = 561 + 986x$	0.902**	"	"
	"	5 時間	$y = 437 + 827x$	0.962**	"	"



第5-3図 土壤中亜鉛と畑稲による亜鉛の吸収量(その3県西部跡地)



第5-4図 土壤中亜鉛と畑稲による亜鉛の吸収量(その4 県北東部跡地)

振とう時間による亜鉛の抽出量の差は意外に少なく、主として溶媒の種類によって左右された。塩酸浸出の場合は、炭カル施用区が必ずしも減少しておらず、作物による吸収量が炭カルの施用によって減少していることを反映しなかった。その点では、0.1規定の醋酸の場合は、炭カル施用区の抽出量が少なく、植物による吸収と良く一致したが、抽出量が少なすぎて正確な定量には十分な濃度ではなかった。相関係数は、いずれの方法もかなり高かったが、欠乏、非欠乏の境界附近以下の部分のみをとれば無相関といつてよく、この点は依然解決されなかった。すなわち溶媒の種類をかえても浸出される亜鉛の量はどの土壌もほぼ比例的に増減するのみであり作物の症状との関係はあまり改善されなかった。しかし、その中では醋酸アンモンによる方法が欠乏と非欠乏との境界を最も良く分割している。このことは実用的には極めて重要な点であるが、分析点数も少なく、さらに検討を要する。

VI 摘 要

岩手県下に亜鉛欠乏が発見され、その発生要因、対策、作物による感応、有効態亜鉛分析のための溶媒等について検討した。

1. 土壌PHの上昇によって、欠乏症状は激しくなり、収量も減ずるが、亜鉛の増施によって得られる増収量はごくわずかであり、作物自身の最適PHへの調整が極めて重要であった。
2. PH 5.2～5.5の酸性土壌において、燐酸、苦土、石膏、塩化カルシウムの施用は、実用的な施用量の範囲では、亜鉛の吸収を妨げなかった。また亜鉛の施用は、マンガンおよび多量の苦土の吸収を抑制する傾向が認められた。
3. 亜鉛欠乏が発生するのは、機械開墾、土壌侵食、階段畑の造成などのように、表土が除去された場合に認められた。母材別では、火山灰、石灰岩土壌でおこりやすく、次いで花崗岩、輝緑凝灰岩土壌が発生しやすかった。三紀層は、供試土壌の範囲では発生をみなかった。
4. 土壌による亜鉛の吸収と置換は石灰に類似した。亜鉛欠乏土壌でも、亜鉛の吸着や置換に特異性はなかった。
5. 対策としては、10aあたりZnとして1Kgの亜鉛資材の施用が有効であった。
6. 亜鉛欠乏に対する作物の感応は、およそ次のとおりである。

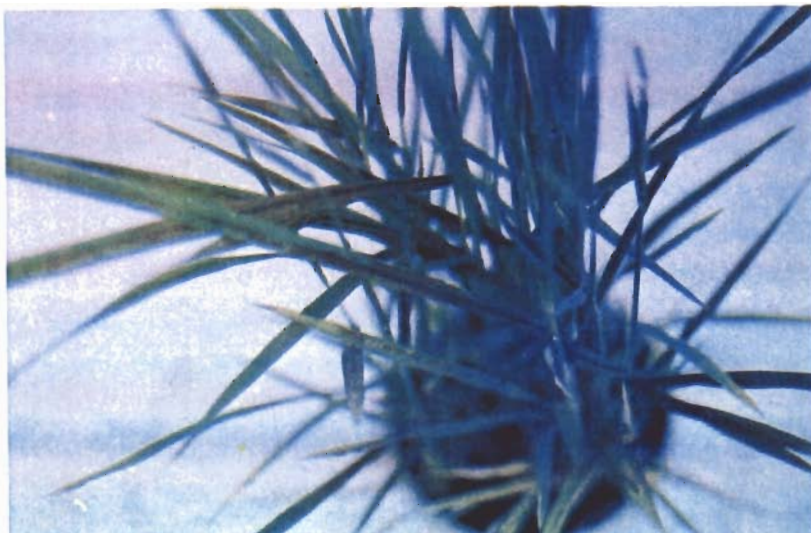
欠乏に敏感なもの……………畑稲、とうもろこし、結球白菜、大麦

感受性が中位のもの……………燕麦、大豆、小豆、ほうれんそう

欠乏に鈍感なもの……………馬鈴薯、小麦、そば、ラヂノクローバ

また、畑稲のなかでも、感受性は品種間に差があることが認められた。

7. 数種の溶媒によって抽出される土壌中亜鉛と、作物による亜鉛吸収量との関係について比較した。0.1規定醋酸、1規定醋酸アンモン(PH 4.6)、0.05規定塩酸、0.1規定塩酸、1規定炭酸アンモン+0.01M-EDTAによる抽出は、いずれも作物による吸収量と高い相関を示した。しかし、抽出量が少ない土壌の中には、発生、非発生の両土壌が混在し、両者の分離は簡単でなかった。このことについては今後の研究にまたなければならぬが、供試溶媒のうちでは醋酸アンモンがややまかった。



← 1. 畑稲の亜鉛欠乏症

(陸稲農林22号)

褐紫色の斑点が下位葉の基部附近から発生し、次第に上位葉、葉の先端へ広がる。

(1969. 松尾村大花森土壤)

2. 畑稲の亜鉛欠乏症

(シモキタ、水稻品種)

草丈の伸長は極めて悪いが分けつは衰えない。典型的な亜鉛欠乏症である。この品種では斑点はあまり目立たない。

(1969. 金ヶ崎町野崎)



← 3. とうもろこしの亜鉛欠乏症

(エローデントコン)

葉身が黄白色になり、しだいに黄色みも消えてほとんど白色になる。比較的上位の葉から発生することが多い。

(1971. 胆沢町横沢原)

引用文献

- 1) 藤原 彰夫・堤 道雄：水稻、大麦、トマトの微量要素欠乏 農及園 31 155～158 (1956)
- 2) 石塚 喜明・田中 明：水稻の養分代謝に関する研究(第7報) 土肥誌 33 93～96 (1962)
- 3) 塩谷 惣次：柑橘の斑葉について(第1報) 土肥誌 13 53 (1939)
- 4) 田中 彰一：温州密柑の斑葉病に関する研究[1]、[2]、[3] 農及園 16 1503～1506 1651～1654
1777～1780 (1941)
- 5) 佐藤 公一・石原 正義・栗原 昭夫：果樹葉分析に関する研究(第13報) 農技研報告 E 5
(1961)
- 6) 小林 茂久平・只木 正之・山賀 一郎：畑作物に対する特殊成分および微量要素の効果(第3報)
群馬農試報告 6 133～166 (1967)
- 7) 若林 重道・赤木 勇一：コンニャクの苦土及び亜鉛欠乏について 広島農試報告 8 47～53
(1956)
- 8) 南 松雄・古山 芳広・土居 晃郎：亜鉛欠乏に起因する玉ねぎの生育障害 北海道立農試集報 23
20～29 (1971)
- 9) 田中 明・下野 勝昭・石塚 喜明：亜鉛欠乏に起因する水稻の赤枯について 土肥誌 40
415～419 (1969)
- 10) 白鳥 孝治・鈴木 武・三好 洋：亜鉛欠乏症状と水稻体の亜鉛含量、土肥論旨集 16 57
(1970)
- 11) 黒沢 順平・千葉 明・菊池 忠雄・関沢 憲夫・米沢 霄子・及川 芳幸：水稻の赤枯れ(開田病)
に関する調査研究 岩手農試研究報告 9 (1965)
- 12) 松田 敬一郎・生田 宗昭：土壌における亜鉛の吸収形態ならびに可給性について 土肥論旨集 14
part II 14 (1966)
- 13) John I. Wear and Clyde E. Evans: Relationship of zinc uptake
by corn and sorghum to soil zinc measured by three extractants
Soil Sci. Soc. Am. Proc. 32 543～546 (1968)
- 14) Elgabaly M.M: Mechanism of zinc fixation by colloidal clays
and related minerals. Soil Sci. 69 167～173 (1950)
- 15) Boawn. L.C., F.G. Viets, JR. and C.L. Crawford: Effect of phosphate
fertilizers on zinc nutrition of field beans. Soil Sci. 78 1～7
(1954)
- 16) 山添 文雄・越野 正義・関沢 憲夫：土壌中亜鉛の各種溶媒による抽出および施用亜鉛の土壌中で
の拡散 農技研肥料化学科資料 137 33～55 (1970)
- 17) 石塚 喜明・安藤 忠男：水稻の生育に及ぼすMn、Zn濃度の相互関係について 土肥要旨集 10
33 (1964)
- 18) 黒沢 順平ら：銅欠乏土壌に関する調査研究 岩手農試研究報告 8 (1965)
- 19) Viets F.G. JR, L.C. Boawn and C.L. Crawford: Zinc contents and
deficiency symptoms of twenty-six crops grown on a zinc -

- deficient soil. Soil Sci. 78 305 ~ 316 (1954)
- 20) Wear J. I. and Summer A. L.: Acid extractable zinc of soils in relation to the occurrence of zinc deficiency symptoms of corn; A method of analysis, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 12 143 ~ 144 (1947)
- 21) J. A. Stewart and K. C. Berger: Estimations of available soil zinc using magnesium chloride as extractant, Soil Sci. 100 244 ~ 250 (1965)
- 22) Ellsworth Shaw and L. A. Dean: Use of dithizone as an extractant to estimate the zinc nutrient status of soils. Soil Sci. 73 341 ~ 347 (1952)
- 23) J. E. Trierweiler and W. L. Lindsay: EDTA-ammonium carbonate soil test for zinc. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33 49 ~ 54 (1969)
- 24) Hibbard. P. L.: A soil zinc survey in California, Soil Sci. 49 63 ~ 72 (1940)
- 25) 串崎 光男・吉田 昌一・高木 浩・菰田 肇: 作物体の微量元素の分析法に関する研究、昭和 42 農技研作物栄養第3研究室資料 43 ~ 63 (1967)

Summary

Studies on the Zinc Deficient Soil

Norio Sekizawa, Shukiti Utida, Akira Tiba,
Nobuo Nakano, Ryozi Takahasi, Kuniko Sato,

In recent years, we found the zinc deficiency of crops in Iwate Prefecture, and so we investigated the causes, practical counter-measures, sensitivity of crops for zinc deficiency, and the comparison of extractants for available soil zinc. The results obtained are summarized as follows.

- 1, In high pH soils, the visual symptoms of plant became seriously and decreased the yield of crops, but we got no more than little excellent correction by treating much of zinc. Therefore, it was more important method to make the soil pH fittingly.
- 2, In the practical region, no interference for absorption of zinc was shown by treating of calcium phosphate monobasic, calcium sulfate, calcium chloride, magnesium sulfate. But, the experiments were carried out the condition of acidic soils.
- 3, Zinc deficiency was often found in the fields which surface soil were removed artificially or naturally. The deficiency was apt to appear on the soils of volcanic ash and limestone, and no symptom was found on the soils of tertiary.
- 4, The characters of zinc adsorption by soils and its exchange had a similar property of calcium, and had no peculiarity, even if it is zinc deficient soils.
- 5, Soil treatment of zinc sulfate at the rate of 10Kg (as Zn) per hectare was effective to correct the zinc deficiency.
- 6, The sensitivity of crops for zinc deficiency was generally as follows:
sensitive group upland rice, corn, Chinese cabbage, barley
middle group oat, soybean, azuki bean, spinach
insensitive group potato, wheat, buckwheat, ladino clover

Different character of the sensitivity for zinc deficiency was perceived between varieties of upland rice.

- 7, The relationship between the extractable soil zinc and the uptake of zinc by rice plants was researched. 0.1N-HCl, 1M-(NH₄)₂CO₃ contained 0.01M-EDTA, 0.1N-HoAc, 1M-NH₄OAc(pH4.6), 0.05N-HCl were experimented as extractants. The data showed highly significant correlation between the extractable zinc and the uptake of zinc by the plants, but in case of little zinc extracted, it was not easy to divide into deficient soils or nondeficient soils. In this point, ammonium acetate was more excellent than other extractants by which we experimented, however, more detailed experimental research was required.