

(4) 水稲のカドミウム吸収抑制資材(剤)に関する試験(ポット試験)

鈴木 憲 武藤 公二
盛岡 文雄 大橋 猛

1. 目的

水田の常時湛水栽培は水稲のカドミウム吸収抑制に効果があることは一般に認められるところであり、秋田県においても、これまで干ばつの年には汚染米が多く、出穂前後多雨の年には少ない傾向がある。つまり汚染米が生産されるか否かは大きく天候状態にかかっているといつても過言でない。そこで天候にあまり左右されずにカドミウムの吸収を抑制する方法を見出すために、各種の資材(剤)を土壤に添加し、中干し以降土壤を酸化状態に保つという条件(節水栽培)で水稲の栽培実験を行った結果について報告する。

2. 実験方法

(1) 試験場所………当センター構内

(2) 供試土壤………表1のとおり

表1. ポット供試土

記号	土 壤		中 和 CaO量 mg/100g	P ₂ O ₅ 吸 収係数 mg/100g	塩基置 換容量 me/100g	PH	全分解重金属濃度 (ppm)			
	採取地点	土 性					Cu	Pb	Zn	Cd
MA	増田町吉野	埴 土	179	1130	26.2	5.55	6.34×10 ²	1.78×10 ²	7.29×10 ²	7.57
MB	〃 荻袋	砂壤土	106	815	18.6	5.55	6.00×10	8.93×10	2.13×10 ²	8.3×10 ⁻¹
MC	〃 館花	埴 土	202	890	19.7	5.20	7.68×10	4.05×10	4.06×10 ²	3.70
TA	鷹 巣 町	埴壤土	218	1190	26.0	5.35	1.71×10 ²	8.06×10	3.20×10 ²	3.76
TC	〃	埴 土	241	1040	21.6	4.96	1.47×10 ²	5.84×10	3.01×10 ²	3.90

記号	全分解重金属濃度 (ppm)		0.1. NHCl 重 金 属 濃 度 (ppm)						
	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	
MA	1.67×10 ⁴	2.65×10 ²	3.41×10 ²	5.45×10	3.19×10 ²	7.30	3.09×10 ²	7.38×10	
MB	2.68×10 ⁴	3.41×10 ²	2.76×10	3.23×10	3.07×10	9.4×10 ⁻¹	2.95×10 ²	7.95×10	
MC	2.01×10 ⁴	2.04×10 ²	3.22×10	1.02×10	6.65×10	3.48	2.08×10 ²	2.33×10 ²	
TA	2.12×10 ⁴	5.55×10 ²	4.72×10	1.19×10	7.13×10	3.21	8.48×10	1.23×10 ²	
TC	1.78×10 ⁴	2.22×10 ²	4.48×10	9.8	7.10×10	3.93	6.53×10	2.04×10	

汚染米、準汚染米の生産された5種土壌を用いた。

(3) 試験区設定……………表2のとおり

表2 ポット設計(1ポット当り施用量)

試験区	ポット№	使用土壌	水管理	改良資材
無添加区	A 1、2	MA	節水	なし
	〃 3、4	MB	〃	〃
	〃 5、6	MC	〃	〃
	〃 7、8	TA	〃	〃
	〃 9、10	TC	〃	〃
珪カル、熔リン区	B 1、2	MA	節水	珪カル 45.8g ヨーリン 36.2g
	B 3、4	〃	〃	〃 22.9 〃 18.1 (首分化期施用)
	B 7、8	TC	〃	〃 61.7 〃 33.1
	B 9、10	〃	〃	〃 30.9 〃 16.6 (首分化期施用)
常時湛水区	B 5、6	MA	常時湛水	なし
	B 11、12	TC	〃	〃
泥岩質土区	(1) C 1、2	MC	節水	泥岩質土壌 100g
	(2) 〃 3	〃	〃	〃 (10メッシュ篩上)
	(3) 〃 4	〃	〃	〃 (100メッシュ篩上)
キレート剤区	(1) D 1、2	MB	〃	チオ尿素(TU) 100g
	(2) 〃 3、4	〃	〃	〃 (〃) 10g
	(3) 〃 5、6	〃	〃	〃 (〃) 1g
	(4) 〃 7	〃	〃	ジエチルジチオカルバミン酸ナトリウム(DDTC) 10g
	(5) 〃 8	〃	〃	(〃) 1g
	(6) 〃 9	〃	〃	ジチオオキサミド(DTO) 10g
人工堆肥区	E 1、2	〃	〃	人工フミン酸 100g (100メッシュ篩下)
サンゴ化石区	(1) G 1	TA	〃	サンゴ化石 10g
	(2) 〃 2	〃	〃	〃 50g
	(3) 〃 3	〃	〃	〃 100g
	(4) 〃 4	〃	〃	〃 350g
	(5) 〃 5	〃	〃	〃 100g (10メッシュ篩上)
	(6) 〃 6	〃	〃	〃 〃 (中層施用)
	(7) 〃 7	〃	〃	〃 〃 (表層 〃)
	(8) 〃 8	〃	〃	〃 〃 (下層 〃)

前記5種土壌の資材無添加を対照とし、抑制資材(剤)7種、水管理等の効果を比較するため合計29の処理区を設けた。原則として2連制、一部1連制とした。

(4) 抑制資材(剤)について

- 珪カル、ヨーリン……カドミウムとの間に拮抗関係があるといわれるが、50年度の当センターのポット試験においては、常時湛水栽培では逆効果であった。今回の施用量は、珪カルは中和石灰量に相当する量、ヨーリンは磷酸吸収係数の10%量を加えた。
- 泥岩質土壌……豚舎の脱臭効果があるといわれ、陽イオン吸着性が期待されたが、そのような性質は普通の土壌に比べても弱く、50年度の当センターのポット試験において、常時湛水栽培では全く効果が認められなかった。
- チオ尿素(TU)、ジエチルジチオカルバミン酸ナトリウム(DDTC)、ジチオオキサミド(DTO)はカドミウムと不溶性の錯塩を形成するキレート剤であり、不溶性にする力は $DDTC > DTO > TU$ であり、価格は $DTO > DDTC > TU$ でいずれも極端に高価である。
- サンゴ化石……主成分は炭酸カルシウムで、中和剤として働くほか、細孔中にカドミウム等が吸着沈澱されているといわれる。

(5) 栽培概要

a/2000ワグネルポット風乾土(水分20%程度)を8kgつめ、肥料3要素は各区共通量(1g/ポット)とし化成肥料(硫加リンアン11号)7.7gを施用、又該当抑制資材(剤)を加え全層混和(ただしサンゴ化石の(6)、(7)、(8)、処理区の資材のみは表2のとおり施用)とした。水稲、ヨネシロ(秋田農試産、畑苗)を2本1株、ポット当り2株植、5/29代かき、5/31移植、10/13刈取、水管理は、移植後中干しまで断水せず、7/1~7/15は中干し、その後常時湛水区以外は節水栽培(過湿畑状態程度)として土壌を酸化状態に経過させた。薬剤散布は、7/2スミチオン(害虫用)と7/17、7/29、8/10の3回はスミチオン(+)
フジワン(病害用)を併用散布した。

3. 結果と考察

- (1) 生育、収量について、表3-1)、3-2)に示した。収量については刈取後乾燥中に強風に遇つて飛散した区もあり(表中▲印)あまり細かな比較は出来ない。

表3-1) 生育状態及び収量調査

試験区	土壌	ポット №	活着	6月28日		7月29日		出穂 月日	10月13日			収量 g/ポット		
				PH	Eh	草丈	茎数		稈長	穂長	穂数	ワラ重	玄米重	
					mV	cm	本		cm	cm	本			
無添加	MA	A	1	稍不良	5.88	352	54	29	8/3	56	17.5	34	20	33.7
	"	"	2	"	6.13	363	52	21	4	60	16.5	32	15	24.4
	MB	"	3	良	5.60	454	78	50	10	81	18.0	33	45	41.9
	"	"	4	"	5.47	448	76	56	9	81	20.0	34	39	51.0
	MC	"	5	"	5.01	418	76	56	10	77	19.0	36	32	37.5
	"	"	6	"	5.25	425	80	43	6	79	20.0	33	38	48.3
	TA	"	7	"	6.14	318	73	68	6	75	17.0	46	49	49.7
	"	"	8	"	5.88	351	75	62	6	83	15.5	42	50	49.7
	TC	"	9	"	5.20	297	81	53	6	80	20.0	35	43	44.9
	"	"	10	"	5.23	344	71	68	6	86	14.5	45	48	55.5
珪カル(+) 熔リン	MA	B	1	稍不良	6.38	342	79	46	8/5	84	22.0	37	39	48.2
	"	"	2	良	6.71	373	73	44	6	79	16.5	37	29	32.1
	"	"	3	"	-	-	59	22	1	62	19.5	27	12	17.7
	"	"	4	稍不良	-	-	64	22	1	67	19.5	29	4	2.2
	TC	"	7	良	6.48	243	68	57	9	77	17.5	42	43	45.3
	"	"	8	"	6.57	229	71	50	5	86	19.5	42	48	56.2
	"	"	9	"	-	-	72	54	4	79	19.0	42	45	51.3
	"	"	10	"	-	-	67	59	6	80	18.0	39	46	47.3
常時湛水	MA	B	5	稍不良	-	-	62	34	7/31	62	18.0	37	20	32.1
	"	"	6	"	-	-	66	23	"	63	21.0	27	19	28.9
	TC	"	11	"	4.84	227	68	60	8/9	75	16.5	46	48	46.8
	"	"	12	"	5.11	283	74	49	10	81	18.5	30	40	49.4
泥岩質土壌	MC	C	1	良	4.95	353	71	58	8/5	81	17.5	37	48	52.0
	"	"	2	"	4.87	370	76	65	5	80	15.5	37	56	47.2
	"	"	3	"	5.06	332	73	61	6	88	15.5	41	10	52.7
	"	"	4	"	4.98	380	74	63	7	79	18.5	41	39	49.5
キレート剤	MB	D	1	枯	5.82	275	-	-	-	-	-	-	-	-
	"	"	2	"	5.85	226	-	-	-	-	-	-	-	-
	"	"	3	"	5.72	261	-	-	-	-	-	-	-	-
	"	"	4	"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	"	"	5	不良	5.90	448	76	50	8/14	82	20.5	48	50	61.5
	"	"	6	"	-	-	80	55	12	81	21.5	48	53	48.5
	"	"	7	稍良	5.94	218	79	68	14	78	20.0	52	64	50.2
	"	"	8	"	-	-	79	57	9	88	17.5	40	55	53.1
	"	"	9	枯	5.85	247	-	-	-	-	-	-	-	-
人工堆肥	MB	E	1	良	6.57	276	79	67	8/9	73	20.5	41	54	52.7
	"	"	2	"	6.53	321	85	59	11	79	19.5	39	44	48.9

(注) 茎数、穂数は1ポット当り
サンゴ化石は後述
Ehは5-10分間測定

表3-(2) 生育状態及び収量調査のまとめ

試験区	土壌	ポット №	活着	6月28日		7月29日		出穂 月日	10月13日			収量 $\frac{g}{\text{ポット}}$	
				PH	Eh mV	草丈 cm	茎数 本		稈長 cm	穂長 cm	穂数 本	ワラ重	玄米重
無添加	MA	A 1、2	稍不良	6.01	358	53.0	25.0	8/4	58.0	17.0	33.0	17.5	29.1
	MB	3、4	良	5.54	451	77.0	53.0	10	81.0	19.0	33.5	42.0	46.5
	MC	5、6	〃	5.13	422	78.0	49.5	8	78.0	19.5	34.5	35.0	42.9
	TA	7、8	〃	6.01	335	74.0	65.0	6	79.0	16.3	44.0	49.5	49.7
	TC	9、10	〃	5.22	321	76.0	60.5	6	83.0	17.3	40.0	45.5	50.2
珪カル(+) 熔リン	MA	B 1、2	稍不良	6.55	358	76.0	45.0	8/6	81.5	19.3	37.0	34.0	40.2
	〃	3、4	〃	—	—	61.5	22.0	1	64.5	19.5	28.0	8.0	10.5▲
	TC	7、8	良	6.53	236	69.5	53.5	7	81.5	18.5	42.0	45.5	50.8
	〃	9、10	〃	—	—	69.5	56.5	5	79.5	18.5	40.5	45.5	49.3
常時湛水	MA	B 5、6	良	—	—	64.0	28.5	7/31	62.5	19.5	32.0	19.5	30.5
	TC	11、12	〃	4.98	255	71.0	54.5	8/10	78.0	17.5	38.0	44.0	48.1
泥岩質土	MC	C 1、2	良	4.91	362	73.5	61.5	8/5	80.5	16.5	37.0	52.0	49.6
	〃	3	〃	5.06	332	73	61	6	88	15.5	41	10	52.7
	〃	4	〃	4.98	380	74	63	7	79	18.5	41	39	49.5
キレート剤	MB	D 1、2	枯	5.84	251	—	—	—	—	—	—	—	—
	〃	3、4	〃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	〃	5、6	不良	5.94	218	78.0	52.5	8/13	81.5	21.0	48.0	51.5	55.0
	〃	7	稍良	5.94	218	79	68	14	78	20.0	52	64	50.2
	〃	8	〃	—	—	79	57	9	88	17.5	40	55	53.1
	〃	9	枯	5.85	247	—	—	—	—	—	—	—	—
人工堆肥	MB	E 1、2	良	6.55	299	82.0	63.0	8/10	76.0	20.0	40.0	49.0	50.8
サンゴ化石	TA	G 1	良	5.82	407	74	57	8/6	82	14.5	49	54	46.5
	〃	2	〃	6.35	396	78	60	1	89	17.5	41	55	53.1
	〃	3	〃	6.42	415	75	62	6	82	16.0	50	52	59.1
	〃	4	〃	6.44	366	77	55	10	88	18.5	49	52	50.7
	〃	5	〃	6.23	400	83	63	6	82	17.5	41	55	55.8
	〃	6	〃	5.97	391	78	63	11	92	17.0	39	54	49.3
	〃	7	〃	6.61	414	79	57	6	91	16.0	38	49	46.3
	〃	8	〃	6.17	442	68	49	6	88	13.0	37	43	40.4

- MA 土壤(増田町、吉野)の無添加区は草丈が低く分けつも少なく、早く出穂し収量が少なかった。これは土壤中のCu、Zn 等の他剰のためと考えられ、これに珪カル、ヨーリンを添加した区はかなり生育、収量が向上した。また当然ながら PH は高まったが Eh は変らなかった。無添加で常時湛水栽培とした区は出穂が少し早まつただけで生育状態、収量は節水区と大差なかった。
 - TC 土壤(鷹巣町-C)の無添加区は普通土壤程度の生育状況で、これに珪カル、ヨーリンを添加しても格別まさることもなく、常時湛水区も同じかやや劣る傾向にある。
 - 泥炭質土壤の添加区は茎、穂数と収量もやや多くなった。
 - キレート剤については TU (チオ尿素) を多量(10g と 100g)に加えた区は苗が 1~2 週間で枯れ、1g を加えた区だけ生き残り後期生育がまさった。DDTC (ジェルジチオ、カルバミン酸ナトリウム)の添加は 10g、1g とともに活着はおくれるが、茎、穂数、収量ともやや多くなり添加量による差は極めて少ない。DTO (ジチオオキサミド)の 10g 添加も TU の多量施用同様活着不能で枯死した。
 - 人口フミン酸を加えた区は生育、収量ともまさる傾向で、土壤は PH がかなり高くなり、Eh は低くなった。
 - サング化石を加えた区は一般に生育が良い傾向であり、50~100g の添加量が増収に働らき、350g の多量と 100g を表、中、下層のように部分に集中施用とした場合は、生育、収量とも全層混和より劣る。
- (2) 稲の重金属濃度は表 4-1)、4-2)のようになった。資材(剤)無添加区(5 種土壤)の玄米のカドミウム濃度はいずれも 1.0 ppm を越えた。現地水田では準汚染米(0.4 以下)の産出でもポットによる節水栽培によりカドミウムの吸収が促進されたものと思われる。
- 珪カル、ヨーリンの施用は、MA 土壤ではカドミウム抑制効果が低かった。TC 土壤については、2 区平均では半減しているが(ポット区 B7、B8)、区間の差が大きいのは灌水操作の差とも考えられる。施用期を生育途中とし、半量の地表面施用は、全量全層施用より劣るようである。
 - 泥炭質土壤の吸収抑制効果は認められなかった。
 - キレート剤については、多量に施すと生育障害を起すため施用適量を見出すことが難しく、対照区(無添加区)のバラツキが大きいため効果は判然としないが、TU の少量(1g)と、DDTC の 1g、10g 施用は生育障害が比較的少なく効果が期待出来る。

表4-1(1) 稲の重金属濃度

試験区	土壌	ポット №	玄米 (ppm)					穀 (ppm)					茎葉 (ppm)							
			Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn
資材無添加 (節水)	MA	A 1	8.94	0.43	33.7	1.20	9.42	32.7	7.3	6.1	6.12	2.62	1.22	3.80	13.9	9.6	2.03	6.95	3.10	840
	"	2	8.80	0.41	34.5	1.40	9.07	37.4	6.6	10.0	5.93	4.06	1.14	4.39	13.8	7.3	2.03	9.31	2.75	927
	MB	3	6.17	0.52	30.4	2.03	8.02	7.51	5.0	3.7	7.27	1.00	7.0	15.30	9.5	10.9	1.74	1.31	2.21	3260
	"	4	5.44	0.45	25.7	1.08	6.41	5.25	4.3	3.1	4.67	2.70	6.4	7.77	5.5	6.9	1.15	5.21	1.46	1700
	MC	5	5.82	0.43	31.7	1.68	7.98	3.48	5.2	3.0	6.09	5.68	6.9	4.20	9.0	4.5	1.99	1.53	1.88	1170
	"	6	5.71	0.64	32.0	2.01	7.49	3.37	5.1	4.3	6.81	7.89	7.9	4.37	7.0	5.5	1.94	1.38	1.94	930
	TA	7	5.63	0.43	30.7	1.58	8.14	4.82	5.1	3.8	4.83	3.64	9.4	4.95	8.8	9.2	1.31	8.88	2.52	1600
	"	8	5.63	0.47	32.1	1.95	7.73	5.13	4.9	3.0	5.00	5.57	6.6	5.44	7.1	4.7	1.43	1.18	2.19	1550
	TC	9	5.89	0.42	32.1	1.99	7.88	3.00	4.7	3.4	5.52	5.43	5.7	3.08	7.4	5.1	1.93	1.22	1.88	702
	"	10	6.11	0.39	31.6	1.76	7.73	3.34	5.4	4.7	6.16	5.66	7.2	3.57	10.1	4.7	2.29	1.3.7	1.58	916
珪カル + 熔リソ (節水)	MA	B 1	5.73	0.39	28.9	1.24	7.56	3.43	3.6	2.0	4.19	1.95	5.1	2.66	6.4	3.3	1.23	6.45	1.23	971
	"	2	6.53	0.47	30.4	1.03	8.34	3.05	5.1	3.5	4.76	1.78	7.8	2.39	11.9	5.0	1.25	6.65	2.27	913
	"	3	9.30	0.59	33.3	0.83	8.56	3.89	6.3	7.1	4.79	1.39	8.3	4.23	1.40	5.1	1.47	4.92	2.33	1000
	"	4	7.89	0.55	34.9	1.14	8.91	4.12	5.6	2.9	6.34	2.65	8.0	4.23	1.47	3.7	1.26	4.79	2.46	1010
	TC	7	5.48	0.46	28.7	1.37	7.58	3.53	3.7	3.9	3.99	2.30	6.0	2.76	5.6	4.5	1.13	8.22	1.94	975
	"	8	4.08	0.39	23.7	0.44	7.54	2.74	3.1	2.4	2.86	0.44	5.1	1.80	3.6	3.2	4.48	1.80	1.23	590
	"	9	6.24	0.52	29.4	2.18	7.68	3.78	4.7	3.2	5.46	6.13	8.6	4.15	7.7	5.4	1.98	1.46	2.21	1280
	"	10	5.92	0.53	30.6	1.62	7.39	3.57	4.5	2.2	5.05	3.67	6.3	3.03	7.9	3.3	1.79	1.26	1.65	1090

常時澆水 (資材なし)	MA	B 5	7.53	0.42	2.84	0.39	8.67	27.2	6.3	4.3	4.72	0.73	93	260	1.28	6.7	1.36	2.10	273	571	
	"	"	6	7.70	0.43	3.16	0.34	8.58	29.8	6.8	4.3	4.61	0.78	78	321	1.07	3.7	90	1.37	246	565
	TC	11	4.90	0.46	2.70	0.45	8.08	1.68	5.1	3.4	4.07	0.50	87	90	5.5	4.1	85.5	2.29	234	255	
	"	12	4.59	0.40	2.46	0.40	7.59	1.75	5.2	3.2	4.12	0.62	86	107	4.1	5.4	65.9	0.86	207	235	
中 泥岩質土 (節水) 粗 細	MC	C 1	5.85	0.43	2.99	1.60	7.62	3.30	4.7	2.7	5.28	4.22	69	315	9.6	4.9	21.2	1.39	173	1170	
	"	2	5.32	0.48	3.01	1.63	7.47	3.52	4.7	3.3	6.60	5.53	67	418	6.8	4.8	19.2	1.10	145	953	
	"	3	5.75	0.46	3.03	1.88	7.96	3.55	4.7	2.3	5.57	5.91	64	406	9.6	3.7	19.0	1.51	136	1020	
	"	4	6.02	0.47	3.09	2.44	6.76	3.83	4.5	2.2	6.40	7.29	58	438	9.8	3.5	29.4	2.52	140	1350	
(TU1) キレート剤 (節水) (DDTC ₁₀) (" 1)	MB	D 5	4.89	0.47	2.48	0.87	7.04	5.48	4.2	2.3	4.38	2.50	55	842	6.5	4.9	10.7	5.60	164	2050	
	"	6	5.40	0.48	2.58	0.98	6.64	5.86	4.3	3.5	4.52	2.74	50	841	7.7	5.8	11.2	6.54	129	2630	
	"	7	4.90	0.47	2.65	1.32	6.95	5.28	3.8	2.1	5.11	3.90	46	773	6.7	5.2	10.5	5.86	143	2110	
	"	8	4.94	0.44	2.55	0.64	6.63	4.19	4.0	2.1	3.75	0.96	52	483	6.0	3.4	9.18	2.79	137	1430	
人工堆肥 (節水)	MB	E 1	5.29	0.39	2.46	0.47	7.03	3.95	4.7	3.0	3.52	0.43	58	339	5.3	3.8	4.96	1.49	133	1090	
	"	2	4.89	0.38	2.31	0.33	6.67	3.93	4.0	3.7	3.42	0.40	71	365	5.9	3.9	5.87	1.34	166	1320	

▲は珪カル[⊕]熔リンを半量にして穂首分化期に表面施用。

キレート剤のD 1、D 2、D 3、D 4、D 9は枯死のため分析不能、サンゴ化石は後述。

表 4-2) 稲の重金属濃度のまとめ

試験区	土壌	ポット %	玄米 (ppm)						籾 (ppm)						茎 (ppm)						葉 (ppm)		
			Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Mn			
無添加	MA	Al・2	8.87	0.42	3.41	1.30	9.25	3.51	6.95	8.05	6.03	3.34	1.18	4.10	13.85	8.45	2.03	8.13	293	884			
	MB	3・4	5.81	0.49	2.81	1.56	7.22	6.38	4.65	3.40	5.97	6.35	67	1154	7.50	8.90	1.45	9.16	1.84	2480			
	MC	5・6	5.77	0.54	3.19	1.85	7.74	3.43	5.15	3.65	6.45	6.79	74	4.29	8.00	5.00	1.97	14.55	1.91	1050			
	TA	7・8	5.63	0.45	3.14	1.77	7.94	4.98	5.00	3.40	4.92	4.61	80	5.20	7.95	6.95	1.37	10.34	2.36	1575			
	TC	9・10	6.00	0.41	3.19	1.88	7.81	3.17	5.05	4.05	5.84	5.55	65	3.33	8.75	4.90	2.11	12.95	1.73	809			
珪酸 燐	MA	B1・2	6.13	0.43	2.97	1.14	7.95	3.24	4.35	2.75	4.48	1.87	65	253	9.15	4.40	1.24	6.55	1.75	742			
	〃	3・4	8.60	0.57	3.41	0.99	8.74	4.01	5.95	5.00	5.57	2.02	82	4.23	14.35	4.40	1.37	4.86	2.40	1005			
	TC	7・8	4.78	0.43	2.62	0.91	7.56	3.14	3.40	3.15	3.43	1.37	56	2.28	4.60	3.85	3.05	5.01	1.59	783			
	〃	9・10	6.08	0.52	3.00	1.90	7.54	3.68	4.60	2.70	5.26	4.90	75	3.59	7.80	4.35	1.89	13.60	1.93	1185			
常時 灌水	MA	B5・6	7.62	0.43	3.00	0.37	8.63	2.85	6.55	4.30	4.67	0.76	86	2.91	11.75	5.20	1.13	1.74	2.60	568			
	TC	11・12	4.75	0.43	2.5.8	0.43	7.84	1.72	5.15	3.30	4.10	0.56	87	9.9	4.80	4.75	7.6	15.8	2.21	245			
泥岩質土	(1)	C1・2	5.59	0.46	3.00	1.62	7.55	3.41	4.70	3.00	5.94	4.88	68	3.67	8.20	4.85	2.02	12.45	1.59	1062			
	(2)	〃	5.75	0.46	3.03	1.88	7.96	3.55	4.7	2.3	5.57	5.91	64	4.06	9.6	3.7	1.90	1.51	1.36	1020			
	(3)	〃	6.02	0.47	3.0.9	2.44	6.76	3.83	4.5	2.2	6.40	7.29	58	4.38	9.8	3.5	2.94	2.52	1.40	1350			

キレ ー ト 剂 (3)	MB	D5・6	5.15	0.48	25.3	0.93	6.84	5.67	4.25	2.90	4.45	2.62	53	842	7.10	5.35	110	607	147	2340
(4)	"	7	4.90	0.47	26.5	1.32	6.95	5.2.8	3.8	2.1	5.1.1	3.90	46	773	6.7	5.2	105	586	143	2110
(5)	"	8	4.94	0.44	25.5	0.64	6.63	4.1.9	4.0	2.1	3.7.5	0.96	5.2	483	6.0	3.4	91.8	2.79	137	1430
人 工 堆 肥	MB	E1・2	5.09	0.39	2.3.9	0.40	6.85	3.94	4.35	3.35	3.4.7	0.42	65	352	5.60	3.85	5.4.2	1.4.2	150	1205
10 g	TAG	・1	5.31	0.37	2.74	1.49	8.28	4.51	3.9	2.3	3.3.1	2.1.3	57	369	5.8	3.3	87.2	8.30	160	1370
+	"	2	5.17	0.41	2.7.5	0.93	7.1.5	4.1.1	5.4	2.0	3.5.7	1.4.3	5.6	374	5.9	2.9	69.7	4.75	141	1200
ノ	"	3	4.83	0.40	2.5.1	0.64	6.83	3.6.9	4.5	1.9	3.2.9	0.6.3	6.1	269	5.6	3.2	5.4.9	2.5.1	128	1090
ゴ	"	4	5.32	0.42	2.6.4	0.68	7.0.4	3.6.2	4.4	2.4	3.2.1	0.6.3	5.6	266	6.3	2.6	5.8.6	2.9.4	156	1200
化	"	5	4.68	0.39	2.6.3	0.85	6.2.4	3.6.1	3.4	1.6	3.6.9	1.4.4	4.5	330	5.2	2.7	7.6.8	5.0.2	119	1040
石	"	6	4.50	0.38	2.7.4	1.08	6.2.8	4.1.4	3.2	2.0	3.5.6	1.4.3	4.5	327	3.9	2.8	7.3.1	5.8.0	100	1150
"	"	7	5.49	0.43	2.9.9	1.75	6.6.2	4.1.8	3.7	2.0	4.3.8	3.4.5	5.2	365	6.3	3.5	11.3	1.0.4	128	1460
"	"	8	4.66	0.43	2.8.6	1.45	6.1.0	4.5.5	3.6	1.7	3.7.9	2.6.2	3.9	383	8.1	3.4	11.4	1.2.3	121	1520

- 人工フミン酸については効果が認められた。これは土の PH の矯正効果と Eh の低下が共に働いたものと考えられるが、10 a 当 2 t にも相当する量の添加でもこの程度の効果ではまだ実用的とは言えない。
- サンゴ化石については多量添加(50~100 t)により少し効果が認められた。これは PH 矯正の効果と考えられるが、珪カル、ヨーリン添加区も PH が 6.5 前後であるのに効果が小さい事を考えると、PH だけではないとも思われる。
- 灌水操作としての常時湛水栽培は予想どおり効果が認められた。

(3) 各部位間の重金属の相関

カドミウム濃度は 3 部位間(玄米、籾殻、茎葉)に高い相関がみられ(図-1)抑制資材(剤)の種類により特に移行が抑制されるものはみられない。またここに図示しないが、銅、亜鉛、鉄、マンガンも各部位間に相関がみられる。

米のカドミウムと各部位の他の成分との相関を検討してみると図-2 のようになり、亜鉛については各部位とも相関がみられるが(図示したのは茎葉部だけ)茎葉部との相関が最も高い。これはカドミウムの吸収され易い条件下では亜鉛も吸収され易いが、亜鉛の体内移行に選択性が強いためではあるまいか。また米のカドミウムはマンガンとは各部位で正に相関の傾向で(図示したのは茎葉部だけ)鉄とは茎葉で負に相関する傾向がある。これは常時湛水栽培ではマンガンの吸収が少なく鉄の吸収が比較的多いことによるもので、同一の水管理では相関しないと思われる。

マンガンに関しては稲体中の濃度が全般に高くなっており、一般にマンガンは土壤の湛水、還元により溶解度が増すといわれるが、またこれとは逆に強還元による 2 価鉄等の生成による吸収阻害の面もあるとされており、この 2 者のうち後者がややまさって上記の傾向となつて現われたと思われる。

茎葉の銅と米のカドミウムの相関図において増田-A(MA)土壤を用いたポットが B 1 を除いて他の集団からはみ出し茎葉の銅が高い割に米のカドミウムが低い傾向にある。これは MA 土壤が他土壤に比べ極端に銅の濃度が高いため、根が侵されるかして異常に吸収されたためではあるまいか。

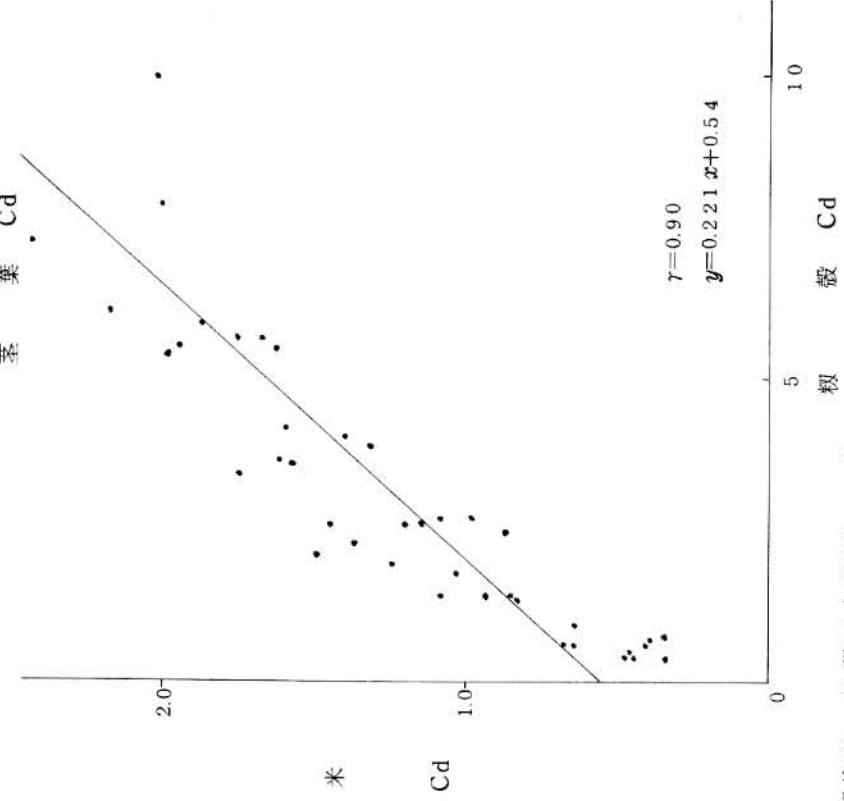
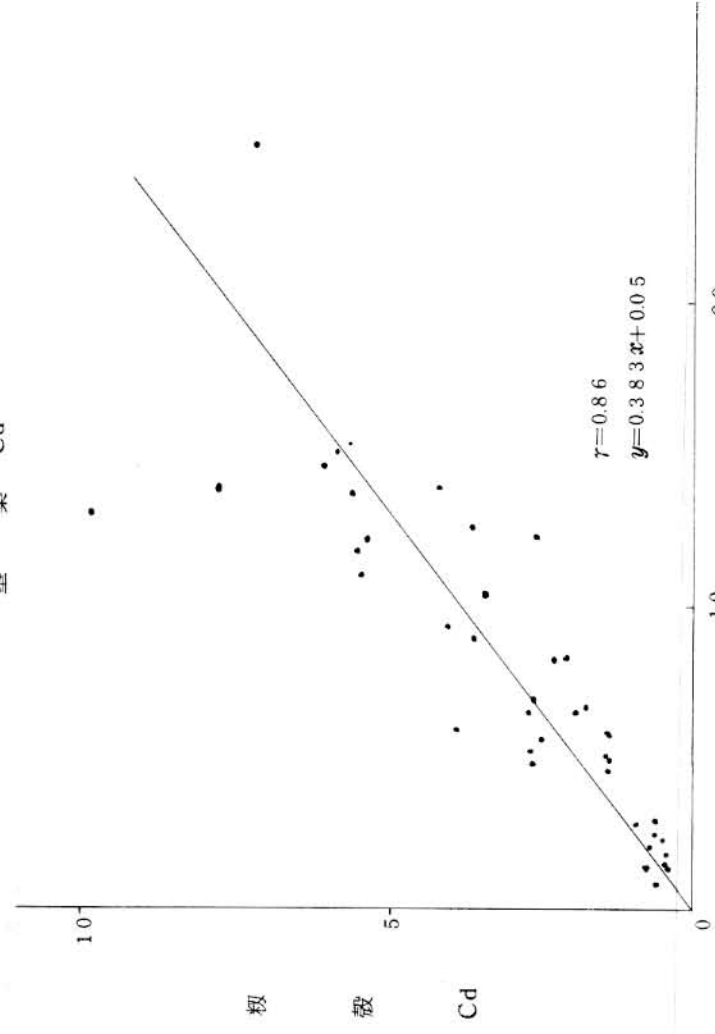
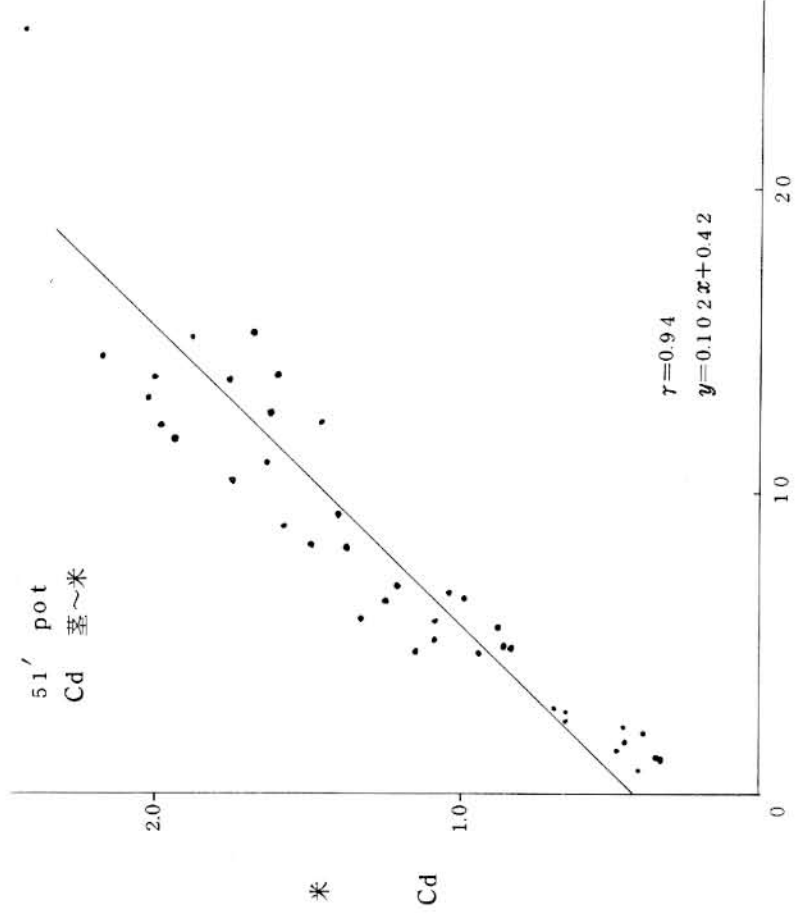


図-1 Cd各部位間の相関図(単位:ppm)

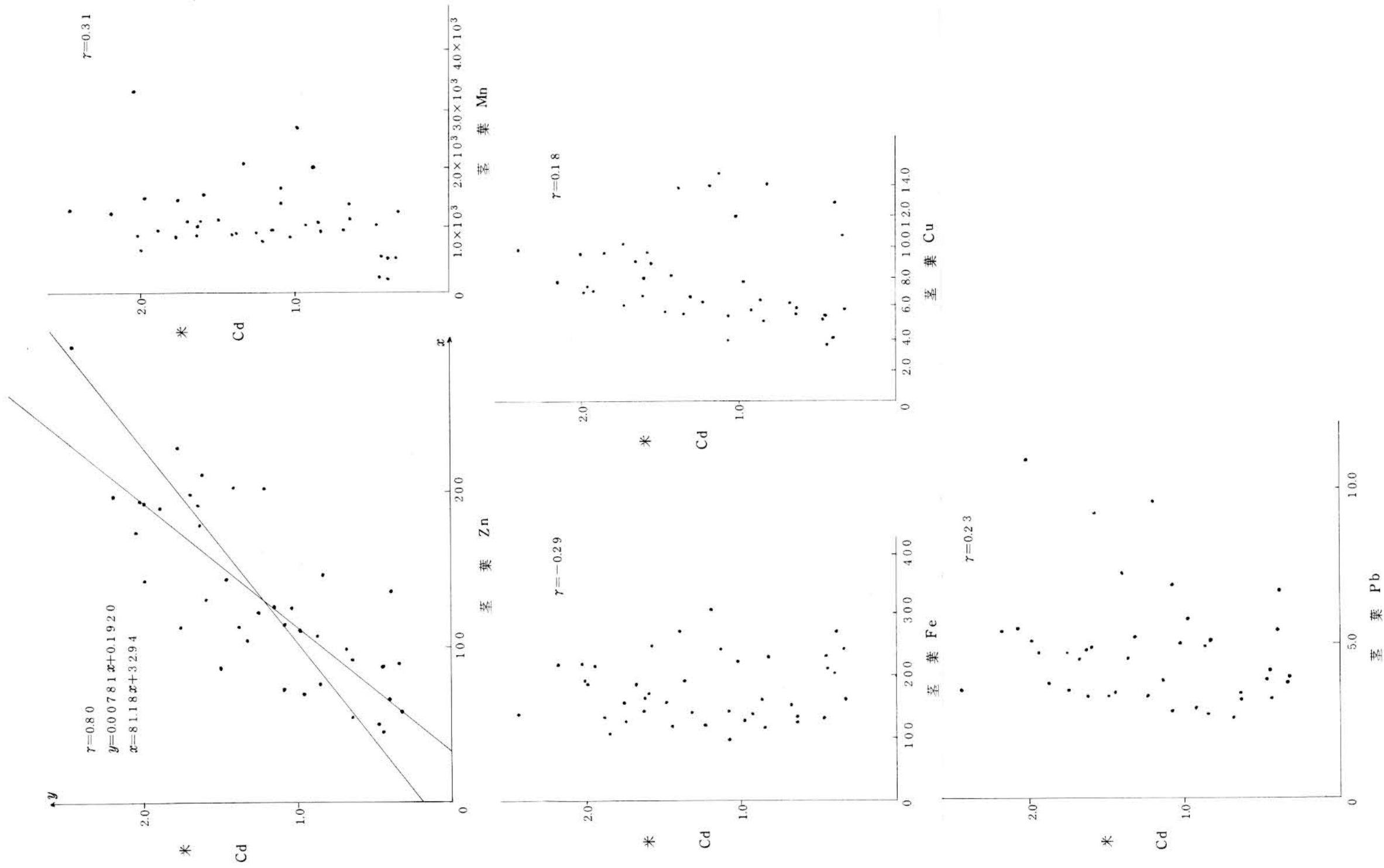


図-2 玄米のCdと茎葉のCu、Zn、Fe、Mnの相関図(単位:ppm)