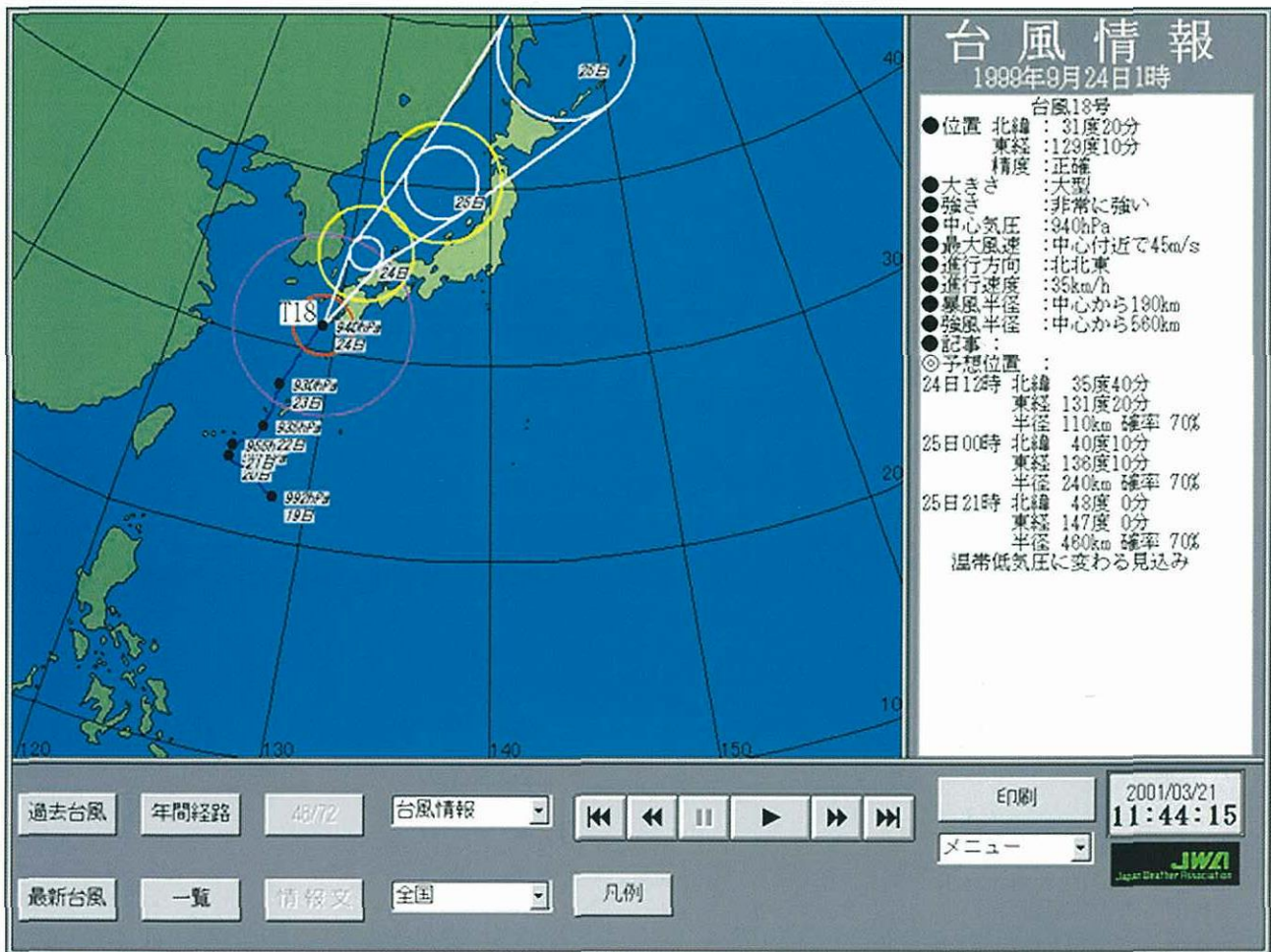


平成11年台風18号

塩害対策試験成績書



農業研究センター 農業技術情報システムから

平成 13 年 3 月

熊本県農業研究センター

目 次

まえがき

I 調査結果及び試験成績

【農産園芸研究所】

1	高潮による塩害の実態調査	2
2	除塩対策試験	9
3	現地実証試験	19
4	水稻の生育に及ぼす土壤中塩素の影響	48
5	野菜の生育に及ぼす土壤中塩素の影響	50
6	摘要（農産園芸研究所関係）	55

【畜産研究所】

7	塩害稲ワラの畜産飼料としての活用試験	56
---	--------------------	----

【い業研究所】

8	海水流入によるいぐさ苗床への被害状況調査	61
---	----------------------	----

【果樹研究所】

9	泥土（ヘドロ）堆積ブドウ園の状況調査	66
10	高潮被害果樹園における除塩法の検討 （泥土（ヘドロ）混入土壤による果樹の栽培試験）	69

【まとめ】

11	摘要（各調査及び試験の考察・摘要部分の取りまとめ）	72
----	---------------------------	----

II 参考資料

1	台風18号の気象概要 （「台風18号による農作物等被害状況及び対策（熊本県農政部）」から）	75
2	農作物等の被害状況（ 同上 ）	77
3	農業研究センター「台風18号に伴う塩害対策連絡会議設置要項」	81

I 調査結果及び試験成績

1 高潮による塩害の実態調査

(1) 目的

1999年(平成11年)9月24日未明、熊本県を襲った台風18号は、県下各地で風速50m/秒を越え、折からの満潮と重なって高潮が発生した。不知火海最奥部の宇土郡市および八代郡の海岸に近い農耕地には河川を逆流したヘドロの混じりの海水が侵入し、収穫直前の水稲、野菜ハウス、樹園地では収穫が皆無となっただけでなく、集積した塩分が今後の営農に及ぼす影響が懸念された。このため、農産園芸研究所では効率的な除塩法を確立するため、実態調査および改善対策試験を行い、迅速な除塩の方法について検討を行った。

(2) 調査及び結果の概要

台風18号は、県下を通過した時間が大潮の満潮の時刻と合致したため、不知火海湾奥部の宇城及び八代の沿岸地域では台風による高潮により各地で堤防が破損し、農地に泥土(ヘドロ)を含んだ海水が流入した。

泥土を含んだ海水の流入は、水稲やトマト、キャベツ等の栽培中の農作物を収穫皆無にしたばかりでなく、海水及び泥土に含まれた塩分のために土壌に塩分が高濃度に残り、その後の営農に深刻な打撃を与えた。

泥土及び海水が流入した農地は宇城地域で625ha、八代地域で802haとなり合計1,426haとなった。

農研センター農産園芸研究所では塩害対策班を設置し、平成11年10月20日に宇城地域の塩害の現地調査を実施した。対象は海水の流入があった不知火、松橋、小川の3町でそれぞれ9または10カ所合計28カ所の圃場で作物の被害状況を調査するとともに、泥土の堆積厚を測定し、堆積した泥土及び作土部分について分析用試料の採取を行った。図2-1に調査地点を示す。図2-2に塩害被害区域図を示す。

① 農作物の被害状況

付けされていた農作物は水稲、トマト、キャベツ、ナス等で、果樹はブドウ、デコポン、甘夏であった。水稲については暴風と海水の流入により倒伏し枯死していた。キャベツ、トマト、ナスについても塩分により枯死状態であった。(図2-3、2-4)

② 泥土の堆積状況

泥土の堆積は一樣でなく地域によって堆積厚の変動が大きかった。また、調査時点において、水田では湿った状態で泥土の堆積があったのに対し、施設では乾いた状態であった。(表2-1) 乾いた状態の泥土は収縮が大きく、素焼きの陶器片のように固くなっていた。(図2-4)

泥土の堆積は地形による影響が大きく、低平な河川下流域では泥土は厚く堆積していたのに対し、河川がなく、海岸に直接面している不知火町の桂原、黒田では泥土の堆積はほとんどみられなかった。また、堤防の決壊が起こらなかった松橋町の浅川沿いでは泥土の堆積はみられなかった。

泥土の堆積が特に厚かったのは松橋町のNO.2のナスの連棟ハウスで最大11.5cmであった。この圃場は3方をコンクリート擁壁で仕切られた袋状の地形をしていたためと考えられた。また、砂川の堤防が決壊した付近のNo16~18(小川町)の圃場でも泥土が厚く堆積していた。(表2-1)

③ 土壌分析結果

ア 泥土

22地点の堆積泥土についての分析結果では、泥土の特性としてNa及びClイオンが高濃度含まれており、塩素イオン濃度は347～3204mg/100gで平均1528mg/100g乾土、Naは302～1705mg/100g乾土で平均867mg/100g乾土であった。またCa、Mg、K及び硫酸イオン濃度も高かった。(表2-2)

イ 作土

調査対象ほ場の作土28点の分析結果では、Clは11～414mg/100g乾土の範囲にあり、平均は171mg/100g乾土であった。Naは22～326mg/100g乾土の範囲にあり平均は152mg/100g乾土であった。(表2-3)

作物の耐塩性は、イチゴやメロンのように耐塩性の弱いものから麦類や水稻のように比較的強いものまで幅があるが、土壌のCl濃度の安全基準としては、野菜類で50mgCl/100g乾土、水稻等の普通作で100mgCl/100g乾土とされている。

堆積泥土の場合、Clの平均含量は1528mg/100g乾土であり、泥土の下の作土で172mg/100gと安全基準を超過しており、そのままでは作物の作付けは非常に困難な状態であった。

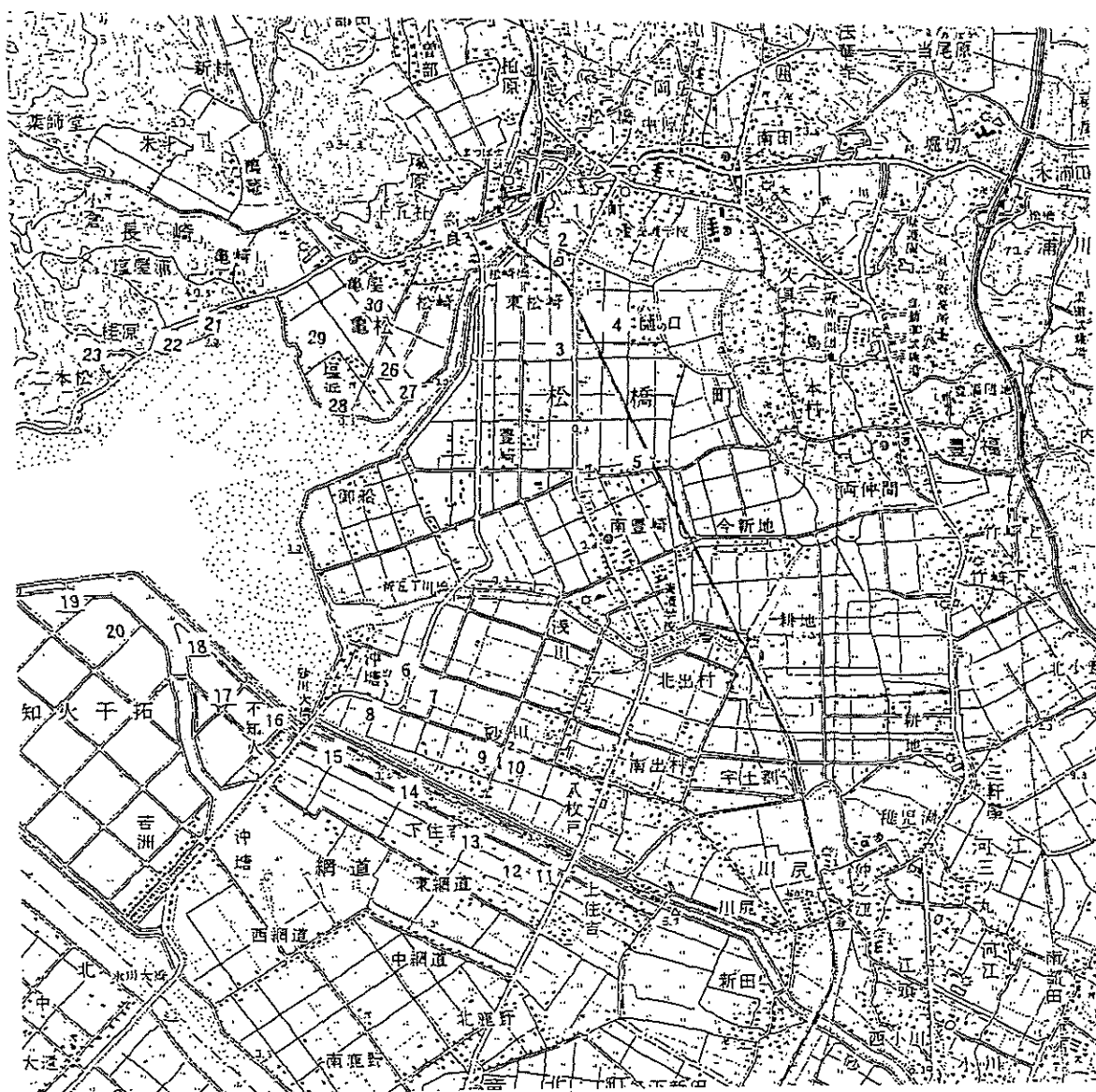


図2-1 調査地点

図2-2 平成11年台風18号高潮災害による塩害・土砂堆積区域図
 (熊本県：八代海沿岸) 平成11年10月15日作成

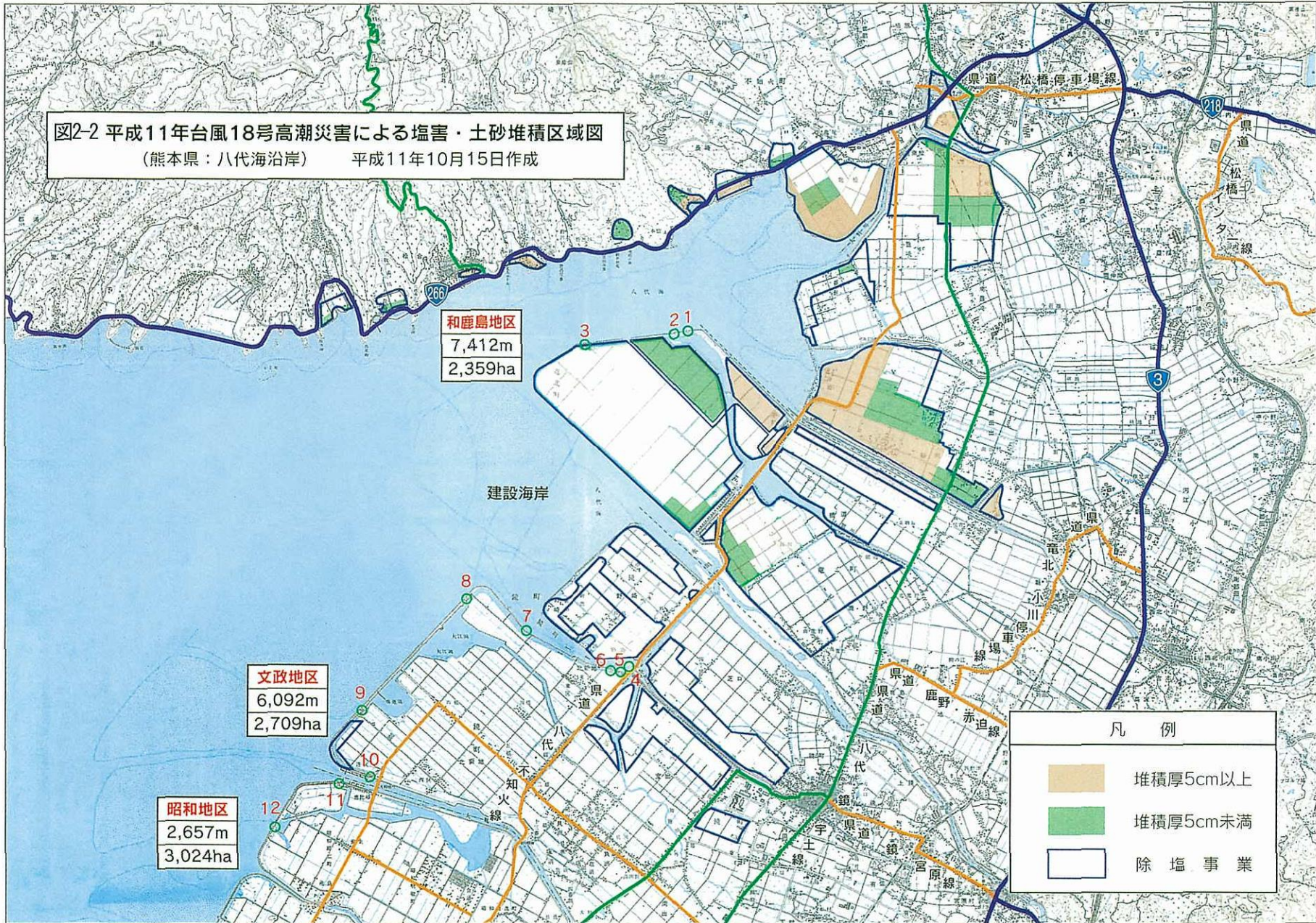




図 2 - 3 水稲の被害状況



図 2 - 4 トマトの被害状況



図 2 - 5 乾いて収縮した堆積泥土

表 2-1 高潮害に係る泥土堆積調査 (H11 年 10 月 20 日調査)
町名: 松橋町

No	所在地名	利用区分	前作物 次作物	畝	泥土堆積 厚 (cm)	ハド 乾湿
1	松橋	水田	水稲	—	1.0 ~ 2.5cm	
2	松橋	連棟 施設	ナス	18cm	9.0 ~ 11.5cm 通路	半乾
3	東松崎	水田	水稲		0.2cm ハド採取不能	—
4	槇の口	連棟 施設	ミトマ	15cm	3.5 ~ 6.0cm 通路	半乾
5	豊川	連棟 施設	次作 イチゴ	20cm	0.2cm ハド採取不能	乾
6	沖塘	連棟 施設	ナス	21cm	0.3 ~ 1.0cm 通路	半乾
7	沖塘	水田	水稲		0.2 ~ 0.3cm	
8	沖塘	水田	水稲		2.0cm	湿
9	砂川	連棟 施設	イチゴ	20cm	1.0 ~ 1.8cm	乾
10	砂川		調査未了			

町名: 小川町

No	所在地	利用区分	前作物 次作物	畝	泥土 堆積厚	ハド 乾湿
11	下住吉 ラントライフ 使用	連棟 施設	次作 トマト 12月	除塩 3回 実施	作土と混 合 1.0 ~ 1.4	施設 周り 乾
12	下住吉	水田	水稲 イグサ	—	0.6 ~ 1.2cm	湿
13	下住吉	連棟 施設	ミトマ	25	0.5 ~ 1.8cm	乾
14	下住吉	水稲	水稲 イグサ	—	0.8 ~ 1.0cm	湿
15	下住吉	連棟 施設	メロン	25	1.8 ~ 3.2cm	乾
16	不知火	水田	水稲	—	3.8 ~ 4.2cm 下部は砂	表乾 内湿
17	不知火	水田		—	4.4 ~ 5.6cm 下部は砂	表乾 内湿
18	不知火	水田	水稲	—	5.6 ~ 16cm 下部は砂	半乾
19	不知火	水田	キャベツ	20	1.2 ~ 1.6cm	乾
20	不知火	水田	キャベツ	25	0.8 ~ 1.4cm	乾

町名: 不知火

No	所在地	利用区分	前作物 次作物	畝	泥土 堆積厚	乾湿
21	塩屋浦	連棟 施設	ブドウ 5年生	—	2.1 ~ 5.2cm	半乾
22	塩屋浦	連棟 施設	ブドウ	—	1.8 ~ 2.0cm	乾
23	桂原	連棟 施設	デコポン	—	無し	
24	黒田	果樹	甘夏	—	0.1cm	
25	未了					
26	塩浜	施設	ミトマ	23	0.7 ~ 1.0cm	乾
27	塩浜	連棟 施設	ミトマ トウモロコシ 作付け	23	0.1cm 以下	乾
28	塩浜	施設	ミトマ	19	0.1cm 以下	乾
29	塩浜 潜水 除塩中	施設	ミトマ		0.8 ~ 1.5cm 横を調査	湿
30	塩浜	連棟 施設	ミトマ	20	1.0 ~ 2.8cm	乾

表2-2 宇城地区塩害作土分析

No	町名	pH(H ₂ O)	EC(1:5) mS/cm	CL	Na	Na/CL	SO ₄	CaO	MgO	K ₂ O	T-C	T-N	C/N	pH7Buffer
				mg/100g乾土		me		mg/100g乾土			乾土%	乾土%		ABS
1	松橋町	5.85	1.04	174	167	1.48	31	187	76	35				0.228
2		6.13	1.66	284	201	1.09	73	259	111	91				0.362
3		4.97	1.54	310	213	1.06	19	163	88	28				0.384
4		6.03	1.48	129	123	1.47	238	335	135	109				0.233
5		7.43	0.12	11	22	3.16	4	304	79	16				0.129
6		7.86	0.75	44	118	4.15	91	468	125	61				0.357
7		なし												
8		5.78	1.1	228	167	1.13	37	201	90	23	2.20	0.22	9.85	0.297
9		7.72	0.33	28	54	2.98	28	446	100	63	1.98	0.17	11.99	0.148
10		なし												
11	3回除塩	5.96	1.1	127	131	1.60	36	182	104	47				
12	小川町	4.71	1.3	242	168	1.07	45	215	111	17				0.395
13		7.68	1.76	326	241	1.14	48	994	149	143	4.11	0.39	10.49	0.441
14		5.27	0.67	51	77	2.31	24	200	61	17	2.34	0.23	10.19	0.238
15		6.76	0.61	48	112	3.58	17	215	115	30				0.225
16		5.49	0.68	57	102	2.76	17	183	85	24				0.225
17		4.52	1.18	198	139	1.09	60	156	93	28				0.347
18		5.54	1.68	328	156	0.73	40	291	73	32	2.23	0.20	10.98	0.325
19		5.51	1.52	260	234	1.39	52	185	124	39				0.205
20		5.28	0.81	112	102	1.41	38	266	99	34	2.10	0.22	9.68	0.264
21	不知火町	7.16	0.95	160	163	1.57	22	648	178	117				0.347
22		7.52	1.26	213	205	1.48	33	630	120	158				0.328
23		6.17	0.55	46	99	3.30	20	306	82	119				0.241
24		5.66	1.13	207	326	2.42	32	402	151	169				1.043
25		なし												
26		6.9	2.25	414	277	1.03	86	372	158	97	2.27	0.23	9.84	0.299
27		7.22	0.82	129	133	1.60	16	263	114	49	1.30	0.14	9.12	0.122
28		6.61	1.09	191	82	0.66	30	282	95	106	2.59	0.22	11.97	0.159
29	除塩中	7.26	0.55	57	173	4.66	39	384	118	80				0.141
29-2	29の隣水田	5.68	1.08	197	126	0.99	19	336	120	40	1.36	0.13	10.40	0.170
30		6.96	1.25	208	136	1.01	34	172	80	38	1.90	0.20	9.29	0.252
平均	28地点調査	6.27	1.08	171	152	1.87	44	323	108	65	2.22	0.21	10.34	0.29
最大		7.86	2.25	414	326	4.66	238	994	178	169	4.11	0.39	11.99	1.043
最低		4.52	0.12	11	22	0.66	4	156	61	16	1.30	0.13	9.12	0.122

表2-3 宇城地区塩害泥土分析

No	町名	pH(H ₂ O)	EC(1:5)	CL	Na	Na/CL	SO ₄ ①	H ₂ O ₂ 処理 SO ₄ ②	②-①	CaO	MgO	K ₂ O	T-C	T-N	C/N	pH7Buffer
			mS/cm	mg/100g乾土	me	mg/100g乾土			mg/100g乾土			乾土%	乾土%		ABS	
1	松橋町	7.67	2.01	347	379	1.69	80	252	172	184	229	138	1.66	0.17	9.80	0.108
2		7.63	9.65	2100	1310	0.96	350	422	72	254	402	148	1.66	0.17	9.95	0.126
3		なし														
4		7.66	8.98	2047	1280	0.97	329	406	77	215	410	249	1.75	0.18	9.84	0.103
5																
6		7.53	12.81	3204	1705	0.82	549	526	-23	692	536	496	2.80	0.29	9.80	0.191
7																
8		7.14	5.05	1050	676	0.99	170	222	52	278	289	84	1.64	0.17	9.95	0.116
9		7.31	7.06	1389	755	0.84	392	440	48	716	325	95	2.73	0.22	12.32	0.188
10		なし														
11	小川町	作土と湿和	除塩3回					55	55							0.243
12		7.32	6.19	1377	763	0.86	243	253	10	384	343	57	1.10	0.11	9.74	0.121
13		7.54	10.07	2135	1207	0.87	398	430	32	673	375	147	1.68	0.15	10.96	0.130
14		6.29	12.63	3203	1558	0.75	452	358	-94	653	521	88	2.53	0.27	9.31	0.167
15		7.59	5.88	1159	774	1.03	214	367	153	307	301	127	1.82	0.18	10.14	0.146
16		7.7	4.39	784	475	0.94	113	75	-38	361	134	27	0.21	0.03	7.63	0.071
17		6.66	3.59	530	367	1.07	176	120	-56	151	102	30	0.29	0.03	8.32	0.159
18		7.69	2.48	435	302	1.07	41	47	6	329	95	27	0.44	0.04	11.37	0.103
19		6.96	7.49	1697	837	0.76	261	379	118	456	338	85	2.06	0.19	10.81	0.146
20		6.88	7.63	1594	748	0.72	437	493	56	601	397	69	1.71	0.17	9.86	0.173
21	不知火町	7.71	7.26	1641	1039	0.98	157	309	152	186	375	150	1.54	0.15	10.05	0.140
22		7.63	12.63	2981	1590	0.82	141	274	133	393	457	277	2.07	0.21	9.91	0.122
23		なし														
24		なし														
25		なし														
26		7.41	3.36	531	357	1.04	172	298	126	395	265	133	1.81	0.19	9.50	0.162
27		6.79	3.39	606	343	0.87	69	69	0	347	166	79	1.63	0.18	8.96	0.177
28		なし														
29		7.04	5.19	1216	653	0.83	245	241	-4	303	326	105	1.56	0.16	9.85	0.093
30		7.17	10.81	2070	1092	0.81	347	326	-21	698	422	122	1.75	0.18	9.74	0.148
平均	22地点調査	7.30	7.07	1528	867	0.94	254	289	47	408	324	130	1.64	0.16	9.90	0.142
最高		7.71	12.81	3204	1705	1.69	549	526	172	716	536	496	2.80	0.29	12.32	0.243
最低		6.29	2.01	347	302	0.72	41	47	-94	151	95	27	0.21	0.03	7.63	0.071

2 除塩対策試験

(1) 試験の目的

除塩対策の基礎資料を得るため、カラム試験及びポット試験を実施した。

カラム試験は除去対策が困難な泥土が堆積した土壌を洗浄するにあたって、過飽和のナトリウム除去に関する石灰添加の効果を明らかにする目的で行った。

ポット試験は、泥土が混入したほ場での除塩効果と除塩後の作物（メロン、トマト）栽培への影響について検討を行った。

(2) ポット試験

① 供試土壌の性質

泥土は被害を受けた地域のうち、泥土の堆積厚が9cm～11cmと最も厚かった下益城郡松橋町の施設ナスの圃場で採取して供試した。

作土は、同じく海水の侵入を受け、泥土の堆積厚は1cm程度であった小川町下住吉の水田で採取したものをを用いた。

泥土は、細粒の粘土質で、Clが2,100mg/100g乾土、Naが1,310mg/100g乾土と非常に高く、NaとClの当量比は0.95とほぼ1：1であり、海水の影響を強く受けていることがわかる。NaClやCa、Mgが多く含まれるため、pHが7.6と高く、ECも9.7mS/cmと高い。硫酸イオンの量は多いが、底質土でみられるような酸化状態で硫酸酸性を強く示すということはない。物理性では土壌が乾燥したときに、非常に固く固結することと収縮が大きいことが特徴である。

作土は、砂質埴壌土でCl63.4mg/100g乾土、Naが47.8mg/100g乾土と塩分の量はあまり高くなかった。

② 試験方法

ア作土と泥土の混和と湛水除塩の試験

作土と塩害泥土を混和する割合（乾土ベース）と除塩回数を組み合わせて湛水除塩処理後の土壌のNa及びCl含量の変化を測定した。

試験区名	作土との混和割合	苦土石灰施用	反復数
泥土5cm 石灰有	泥土5cm：作土10cm	有り	4
泥土5cm 石灰無		無し	1
泥土2.5cm 石灰有	泥土2.5cm：作土10cm	有り	4
泥土2.5cm 石灰無		無し	1
泥土無し 石灰有	作土のみ15cm	有り	4
泥土無し 石灰有		無し	1

注1) 除塩回数は、EC及び塩素含量が100mg/乾土100g以下になるまで繰り返す。

○試験区の規模：1/2000a²が1ポット

○除塩の方法：1回当たり100mm相当になるように湛水し、湛水状態を約4日続けた後に排水する。

○分析項目：除塩後の土壌：pH、EC、塩素イオン、Na

イ 作物栽培試験

ECが1mS/Cm以下、Clが100mg/100g乾土以下になるように除塩を行った土壌について1/5000aワグ[®] 補ホ[®]トにより作物を栽培し、生育状態を調査した。

(ア) 作物の種類：トマト、メロン

(イ) 栽培期間：12月21日～1月28日

(ウ) 施肥：1pot当たり N:P₂O₅:K₂O=0.39:0.62:1.17

(エ) 調査：草丈、第1展開葉の葉色を1週間ごとに調査した。葉色は、グリーンメーターによって測定した。

③ 結果の要約

ア 除塩試験においては、泥土2.5cmと作土10cmの混和では300mmの灌水により、泥土5.0cmと作土10cmの混和では400mmの灌水により、ECおよびClイオン濃度は野菜栽培土壌の基準値0.5mS/cmおよび50mg/100g乾土まで低下した。しかし、Naは陽イオンで土壌に吸着されるため、土壌中のNaイオンの含量はClイオン程は低下しなかった。また、石灰資材の施用によるNaイオン除去効果は小さく、これは石灰資材として難溶性の苦土石灰を用いたためと考えられる。

イ 除塩後の土壌で栽培したメロン、トマトの草丈は、泥土混和で低く推移する傾向が見られたが、その差は僅かであり、グリーンメーター計測値に除塩処理による違いは認められなかった。

また、メロンおよびトマトともに塩素やナトリウムの過剰に伴う生理障害は認められなかった。

(図3-5、3-6、3-7、3-8)

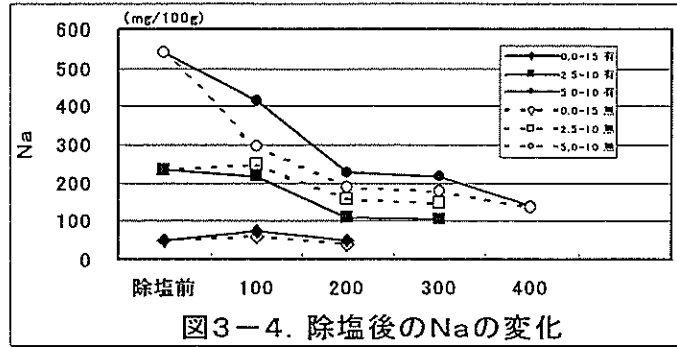
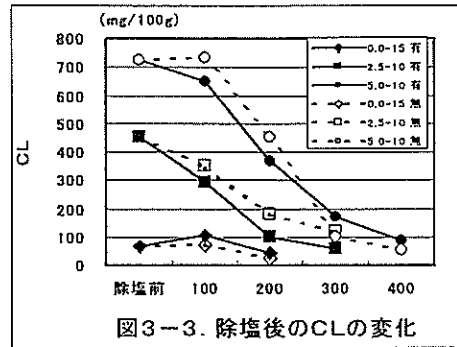
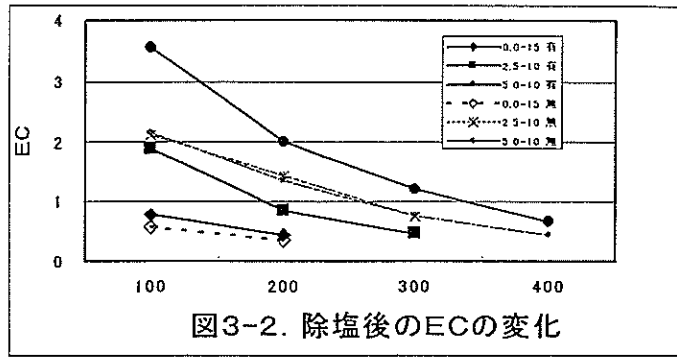
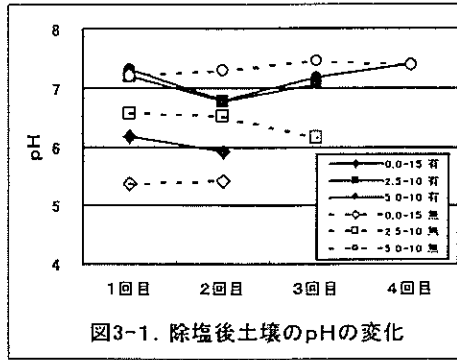


表 3-1 栽培試験に用いた土壌の化学性

区 No	pH (H ₂ O)	CL mg/100g	Na mg/100g	交換性塩基 mg/100g		
				CaO	MgO	K ₂ O
0.0-15-有	6.1	60	61	314	63	18
0.0-15-無	5.6	42	60	290	64	17
2.5-10-有	6.5	92	113	275	97	18
2.5-10-無	7.0	31	90	273	84	17
5.0-10-有	7.2	128	162	257	120	33
5.0-10-無	7.0	98	164	213	123	33

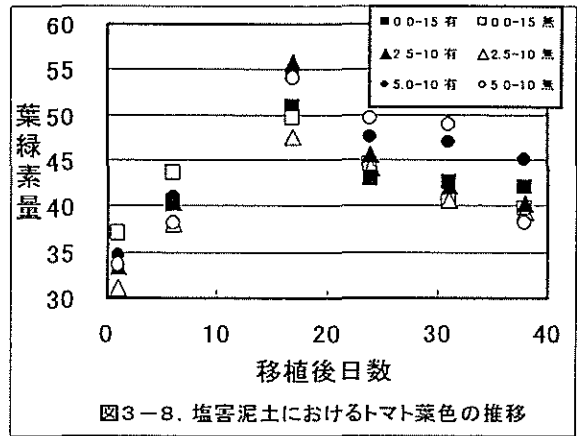
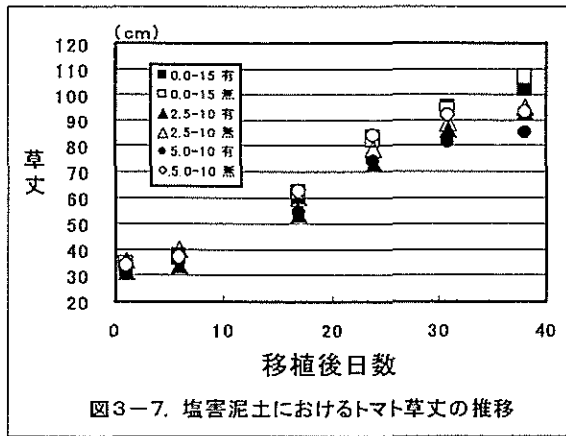
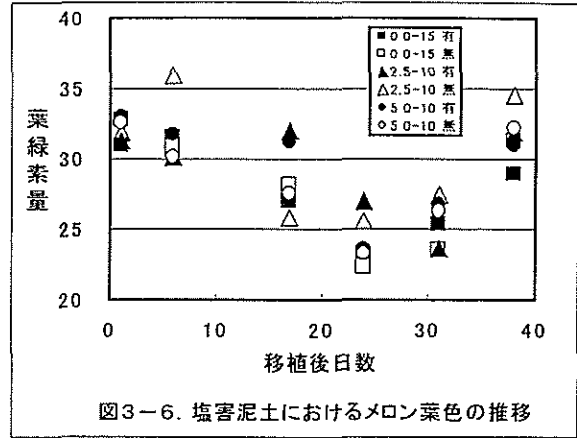
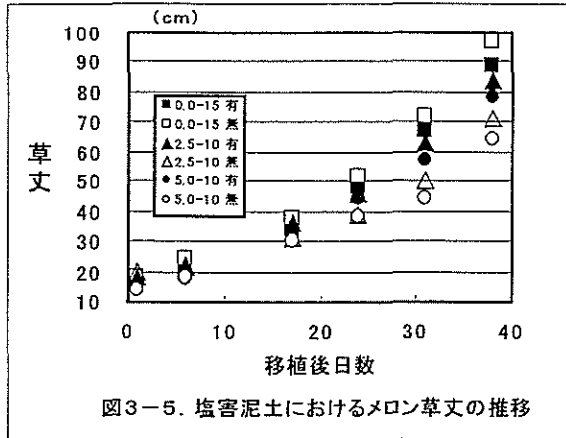


表4 メロン栽培試験跡土の化学性

区 No	pH (H ₂ O)	C L mg/100g	水溶性 N a mg/100g	交換性塩基 mg/100g			
				Na	CaO	MgO	K ₂ O
0.0-15-有	5.5	64	61	67	341	76	19
0.0-15-無	5.2	48	64	78	283	64	15
2.5-10-有	5.8	87	101	123	273	105	19
2.5-10-無	6.0	45	79	104	296	102	23
5.0-10-有	6.4	107	127	156	290	128	28
5.0-10-無	5.8	92	123	168	271	140	33

表5 トマト栽培試験跡土の化学性

区 No	pH (H ₂ O)	C L mg/100g	水溶性 N a mg/100g	交換性塩基 mg/100g			
				Na	CaO	MgO	K ₂ O
0.0-15-有	5.5	64	68	84	327	66	14
0.0-15-無	5.0	48	45	53	338	75	13
2.5-10-有	5.9	87	80	98	306	100	17
2.5-10-無	6.1	45	63	74	278	93	17
5.0-10-有	6.6	107	110	146	258	159	24
5.0-10-無	6.1	92	103	123	220	126	23

(3) カラム試験

① 供試土壌の化学性

	pH	CEC me/100g	Ca	Mg	K	Na	塩基飽和度 %	Cl mg/100g
			me/100g 風乾土					
泥土	8.0	21.1	11.1	16.6	3.16	41.0	341%	1,686
塩害土	6.1	17.8	10.2	4.91	1.23	6.83	130%	267

泥土のpHは、塩基過飽和によりアルカリ化していた。泥土の置換性塩基はNa及びMgは非常に高く、Kもやや高かった。一方、海水を被った土壌は塩基過飽和の状態にあるが、pHは微酸性であった。

② カラム溶脱試験

ア 試験 A

(ア) 試験方法

カラム（直径16mm、断面積2cm²）に塩害土のみ4g、塩害土2gの上に泥土2gをつめ、さらに、石灰処理を行う区ではそれぞれの石灰資材を添加した後、蒸留水20mlを加え、自由落水させた。

流出してきたNaとClの量、落水後の土壌のpH、土壌中に残っているNa量の測定を行った。

(イ) 石灰資材添加量

炭カル CaCO₃ 2 mg（炭カル50kg/10a相当）

硫カル CaSO₄ 3.5mg（石灰量換算炭カル50kg/10a相当）

(ウ) 結果（溶出量については2連、その他は反復無し）

土壌条件	存在量		Ca 資材	溶出量		土壌 pH 1:2.5	残存Na量 (me)
	Na me	Cl mg		Na me	Cl mg		
塩害土2g+ 泥土2g	23.9	969	無添加	19.0	768	8.3	3.4
			炭カル	19.1	797	8.2	3.7
			硫カル	19.0	793	7.7	3.2
塩害土4g	6.8	267	無添加	4.7	222	7.0	1.3
			炭カル	5.0	225	7.3	1.0
			硫カル	5.1	220	7.0	0.8

pHを除き単位は100g風乾土当たり

(エ) 結果の概要

泥土と塩害土が1：1の割合でも、存在するNa量は泥土の陽イオン置換容量を超えており、過飽和の状態であった。

この泥土+塩害土に5倍量の蒸留水を添加し流出させると、Naの多くは流出し、泥土+塩害土に残存するNa量は3.4meと存在量の14%まで減少した。しかし、土壌pHは8.3と高pHになった。このことはNaとともに陰イオンも除去されるためと考えられる。

炭カル資材を添加した泥土+塩害土のNa除去効果は、溶出量、残存ナトリウム量ともに資材無添加と変わらず、効果は認められなかった。

硫カル資材添加については、土壌pHの上昇は抑えられていたものの、Na除去効果は小さかった。

塩害土壌のみのカラムでは、石灰無添加でも、洗浄により土壌中に残存しているNa量は、1meをやや超える程度であった。また、石灰を添加することにより、流出するNa量はやや増加し、石灰添加の効果が認められた。

イ 試験 B

(ア) 試験方法

試験Aの結果より、泥土+塩害土ではNaが過飽和となっており、石灰添加の効果が出にくいと考えられたので、カラム（直径16mm）に塩害土2gと泥土2gを順次つめ、蒸留水20mlを加え、自由落水させ、一旦Naの量を少なくしたものに、さらに、石灰資材を加え、更に蒸留水20mlを自由落水させた。

調査は、流出してきたナトリウム量及び塩素量、落水後の土壌のpH及び残存ナトリウム量の測定を行った。

(イ) 石灰資材添加量

炭カル CaCO_3 8mg（炭カル200kg/10a相当）

硫カル CaSO_4 14mg（石灰量換算炭カル200kg/10a相当）

(ウ) 結果（溶出量については2連、その他は反復無し）

土壌条件	存在量		Ca資材	1回目溶出量		2回目溶出量		pH 1:2.5	残存Na量 (me)
	Na me	Cl mg		Na me	Cl mg	Na me	Cl mg		
塩害土2g+ 泥土2g	23.9	969	無添加	19.8	777	1.3	4.2	8.6	2.4
塩害土2g+ 泥土2g	23.9	969	炭カル CaCO_3	19.9	781	1.4	4.4	8.5	1.8
塩害土2g+ 泥土2g	23.9	969	硫カル CaSO_4	19.9	781	2.9	6.5	7.7	0.3

単位は風乾土100gあたり

(エ) 結果の概要

泥土+塩害土を5倍量の水で洗浄した場合、泥土+塩害土に存在する量80%以上のNaが溶出された。

2回目の水洗により溶出されるNa量は、資材無添加の水洗と、炭カル添加の水洗では差が認められず、一方土壌pHが大きく上昇した。

硫カル添加後の水洗により、溶出するNa量は、資材無添加の水洗により溶出する量の2倍に達し、土壌pHの上昇も抑えられていた。

炭カルと硫カルで差が認められた原因として炭カルの溶解度が小さく、高pH域でカルシウムが溶出しなかったものと考えられる。

石灰資材の水溶解度	炭酸カルシウム	0.014g
	硫酸カルシウム	0.298g
	塩化カルシウム	59.5 g

ウ 試験 C

(ア) 試験方法

試験Bでは、洗浄に用いる水量が現場での条件に比べ多いと考えられたので、溶出水量を10mlに変更し、同様の処理を行った。すなわち、カラム（直径16mm）に塩害土2gと泥土2gを塩害土を下層にしてつめ、蒸留水10mlを加え、自由落水させ、ナトリウムの量を少なくしたものに、石灰資材を加え、更に蒸留水10mlを自由落水させた。

調査は、流出してきた交換性塩基量及び塩素量、落水後の土壌のpHの測定を行った。

(イ) 石灰資材添加量

炭カル CaCO_3 8mg（炭カル200kg/10a相当）

硫カル CaSO_4 14mg（石灰量換算炭カル200kg/10a相当）

塩カル CaCl_2 12mg（石灰量換算炭カル200kg/10a相当）

(ウ) 結果（溶出量については2連、その他は反復無し）

土壌条件	石灰資材	1回目溶出量					2回目溶出量				
		Ca me	Mg me	K me	Na me	Cl mg	Ca me	Mg me	K me	Na me	Cl mg
㇗ ⁺ 02g + 土壌2g	無添加	3.35	3.62	0.407	17.6	770	0.0490	0.0369	0.0292	0.962	7.9
	炭カル CaCO_3	3.34	3.88	0.394	18.0	770	0.0661	0.0584	0.0417	1.21	7.7
	硫カル CaSO_4	3.47	3.82	0.391	17.7	774	0.0594	0.0586	0.0654	2.35	5.4
	塩カル CaCl_2	3.43	3.72	0.378	17.1	770	0.0858	0.0780	0.0848	2.94	87.1

土壌条件	石灰資材	溶出量合計					土壌中残存量				土壌 pH 1:2.5
		Ca me	Mg me	K me	Na me	Cl mg	Ca me	Mg me	K me	Na me	
㇗ ⁺ 02g + 土壌2g	無添加	3.40	3.66	0.436	18.6	778	7.44	8.49	1.79	4.37	7.8
	炭カル CaCO_3	3.41	3.94	0.436	19.2	778	11.3	8.30	1.84	4.27	7.8
	硫カル CaSO_4	3.53	3.88	0.456	20.1	780	10.8	8.13	1.82	3.27	7.3
	塩カル CaCl_2	3.52	3.80	0.463	20.0	857	10.8	8.22	1.85	3.00	7.4
		未処理土					10.7	10.8	2.22	23.9	

単位は100g風乾土当たり

(エ) 結果の概要

交換性塩基は過飽和状態にあるため、第1回の洗浄（10mlの洗浄は、土壌10cmに換算する250mmの降雨量）により、NaやClだけでなく、Ca、Mg及びKも溶出していた。蒸留水による第2回の洗浄により溶出するのは主としてNaで、Ca、Mg及びClの溶出量は第1回の1%程度であった。

Naの溶出を促進させるための石灰資材添加の効果は、硫酸カルシウム及び塩化カルシウムで大きく、炭酸カルシウムの効果は小さかった。また、炭酸カルシウム添加は、他の資材の添加に比べ土壌pHが上昇した。

エ 試験 D

(ア) 試験方法

試験Aの結果、塩害土では、水洗のみでもNa除去の効果はある程度認められたが、除去効率を高めるため、水洗によりNaを減少させた塩害土に石灰資材を添加したときの効果について検討した。

カラム（直径16mm）に塩害土4gをつめ、蒸留水10mlを加え、自由落水させた後、石灰資材を加え、更に蒸留水10mlを自由落水させた。但し、CaCl₂とCa(NO₃)₂については水溶液として1ml添加し、蒸留水は9mlとした。

流出してきたCa、Mg、K、Na、Cl量、落水後の土壌中Ca、Mg、K、Na量及びpHの測定を行った。

(イ) 石灰資材添加量

炭カル CaCO₃ 8mg（炭カル200kg/10a相当）

硫カル CaSO₄ 14mg（石灰量換算炭カル200kg/10a相当）

塩カル CaCl₂ 12mg（石灰量換算炭カル200kg/10a相当）

硝カル Ca(NO₃)₂ 19mg（石灰量換算炭カル 200kg/10a相当）

(ウ) 結果（溶出量については2連、その他は反復無し）

石灰資材	1回目溶出量					2回目溶出量				
	Ca me	Mg me	K me	Na me	Cl mg	Ca me	Mg me	K me	Na me	Cl me
無添加	1.62	1.35	0.191	4.65	5.89	0.052	0.034	0.050	0.699	0.096
炭カル CaCO ₃	1.68	1.15	0.186	4.46	5.61	0.039	0.028	0.049	0.713	0.106
硫カル CaSO ₄	1.58	1.23	0.187	4.71	5.97	0.359	0.276	0.138	1.62	0.101
塩カル CaCl ₂	1.53	1.18	0.199	4.84	6.02	1.31	1.02	0.218	1.66	4.15
硝カル Ca(NO ₃) ₂	1.39	1.08	0.198	4.50	6.46	0.997	1.06	0.217	1.73	0.088

単位は100g風乾土当たり

	溶出量合計					土壌中残存量				土壌 pH 1:2.5
	Ca me	Mg me	K me	Na me	Cl mg	Ca me	Mg me	K me	Na me	
無添加	1.67	1.38	0.241	5.35	5.99	8.93	3.85	1.15	1.13	7.01
炭カル CaCO ₃	1.72	1.18	0.234	5.18	5.71	11.69	3.88	1.21	1.20	7.17
硫カル CaSO ₄	1.94	1.51	0.325	6.33	6.08	12.45	3.50	1.09	0.233	6.22
塩カル CaCl ₂	2.84	2.20	0.417	6.50	10.17	11.42	2.94	1.01	0.189	6.90
硝カル Ca(NO ₃) ₂	2.39	2.14	0.415	6.23	6.55	11.27	2.87	0.973	0.187	6.82
	未処理土					10.2	4.91	1.23	6.83	6.1

単位は100g風乾土当たり

(エ) 結果の概要

Naの溶出について、蒸留水を10ml添加することにより、土壌中の66%のNaが溶出した。Ca資材を添加した場合、CaSO₄、CaCl₂、Ca(NO₃)₂の添加では、Naの溶出量は多くなったが、CaCO₃の添加では効果は認められなかった。また、CaCO₃、CaCl₂、Ca(NO₃)₂を添加した場合、蒸留水溶出後の土壌のpHが上昇したが、CaSO₄を添加した場合はpHの上昇は余りなかった。

Ca、Mg、Kの溶出量について、Ca資材の添加の効果を蒸留水のみの場合と比較すると、CaCO₃を添加した場合は、CaやMgといった他の元素の溶出量は蒸留水のみの場合と余り差はなく、同程度または蒸留水のみよりも少なかった。CaCl₂やCa(NO₃)₂を添加した場合、いずれの元素においても溶出量は多くなっていた。CaSO₄を添加した場合の溶出量はCaCO₃を添加した場合より多く、CaCl₂やCa(NO₃)₂を添加した場合よりも少なかった。

塩素は1回目の蒸留水のみ添加により土壌中の約80%が取り除かれるが、2回目の溶出では1回目の1.5%程度しか溶出しなかった。また、添加したCa資材による効果の差は見られなかった。

③ カラム試験摘要

ア 泥土の土壌化学性は、塩基過飽和にあるが、ナトリウムだけでなくマグネシウム及びカリウムも高濃度である。

イ 泥土を含まない塩害土壌（塩素濃度で、200~300mg）は、500mmの降雨相当(4g土壌を充填した2cm²のカラムに20mlの蒸留水による洗浄)の水洗のみでナトリウムは1me程度に減少する。石灰資材添加によるナトリウム除去の効果は認められるが、炭酸カルシウムはpHを上昇させていた。

ウ 泥土を添加した土壌のナトリウムは23.9meと過飽和の状態にあるが、250mmの降雨相当の水洗で74%が溶出した。しかし、500mmの降雨相当の水洗で3.4me、1,000mm降雨相当の水洗で2.4meのナトリウムが残存していた。

エ 泥土を添加した土壌は、250mm降雨量相当の水洗で、ナトリウムだけでなく、カルシウム、マグネシウム、カリウム及び塩素を多く溶出しているが、第2回目の水洗では、ナトリウムに比べ溶出割合は減少した。

オ 泥土を添加した土壌において、水洗前の石灰添加は、ナトリウムを除去しなかったが、水洗によりナト

リウム含量を減少させた土壌への石灰添加は、ナトリウム除去の効果が認められた。

カ 泥土を添加した土壌のナトリウム除去に対する石灰資材添加の効果は、溶解度の高い硝酸カルシウムおよび塩化カルシウムで高く、溶解度の低い炭酸カルシウムで低かった。

キ 泥土を添加した土壌への、炭酸カルシウム施用は土壌pHを上昇させた。

3 現地実証試験

(1) 試験の目的

1999年(平成11年)9月24日未明、熊本県を襲った台風18号は、不知火海沿岸に高潮が発生し水田地帯は海水で冠水し、作物栽培に甚大な被害を生じた。塩害を被った農耕地について迅速な除塩を行うため、現地試験で各種効率的な除塩技術を比較検討した。

(2) 除塩の目標値

塩素イオン濃度の作物に障害が出ない濃度は、水稻・いぐさで100mgCl/100g乾土、野菜・果樹・花きで50mgCl/100g乾土と言われている。塩素イオン濃度とEC（電気伝導度）は図4-1に示す相関の関係にあり、この図に示すように水稻・いぐさに障害が出ないECの値は0.7mS/cm、野菜・果樹・花きでは0.5mS/cmとされている。

(3) 暗きよが施工されている水田の除塩試験

① 現地ほ場の状況と試験方法

ア 試験地のほ場の概況

図4-2に除塩試験の位置図を示す。試験ほ場は不知火干拓地内で下益城郡小川町に設置した。

不知火干拓は1967(昭和42)年に完了した新しい干拓地で、特徴として用排水が分離し、また後背地の排水とも分離しており、区画は2haの大区画である。

イ 現地の土壌

図4-3に土壌調査の結果を示す。グライ層が高く、土性も粘質で、すき床層の透水係数が 10^6 cm/secと透水性も小さく、強グライ土壌ないしグライ土壌に分類される。

図4-4に暗きよ断面の調査結果を示す。疎水材が50cm以下にしかなく、通常の弾丸暗きよ（作業深30cm程度）では疎水材と交わることができない構造である。

ウ 排水路水の深さとEC（電気伝導度）

表4-1に試験ほ場に接している排水路の水深とECの関係を示す。水深が深くなるほどECの値は大きくなっており、水深が深い程、塩分が濃くなっていた。

エ 現地ほ場の状況

キャベツが1999年(平成11年)9月20日に定植されたほ場で、直後に高潮の被害を受けた。畝の大きさは図4-5に示すように、上幅で50cm、溝上幅で60cm、溝下幅で20cmであった。ほ場の隣接水田とはコンクリート畦畔で仕切られているが、隣接水田が湛水している状態では畦畔の下部を通じて漏水が認められたため、畦畔に沿って20cmの深さの排水溝が掘削されている。

オ 試験区の構成

試験区の構成は図4-6に示すように弾丸暗きよの施工、スタブルカルチ利用による耕起、石灰資材施用を組み合わせた6試験区を設置した。

試験ほ場にはすでに有材暗きよが施工されておりほ場の短辺方向に沿って吸水きよが配置され、長辺方向に設置された集水きよに接続されて水閘を通じて排水路へ排水される構造であった。

しかし、暗きよは施工してあるものの土壌の透水性が小さく、疎水材の位置が地表面下50cmと低い位

置にあるため、この疎水材の位置まで届く弾丸暗きよの施工をA,C,E区で実施した。B,D,F区は地表面下50cmまでの弾丸暗きよ施工を行わない試験区である。この弾丸暗きよ（サブソイラー）作業は通常のホイール型のトラクターではこの地表面下50cmまでの深さの作業はできないため、クローラー型のトラクター55.1KW(75ps)を利用し、施工間隔1.3mで行った。施工方法はほ場の暗きよ（ほ場の短辺方向に施工）に直交する方向（長辺方向）に施工する予定であったが、トラクターの車輪が弾丸暗きよの溝に落ち込む恐れを回避するため、長辺・短辺に45度の方向に施工した。施工時間は、52分/50aであった。

さらに、除塩水が土壤に浸透しやすくするため、A,B,C,D区では20cmの耕起（スタブルカルチ利用）を行った。施工時間は1時間/50aであった。

また、土壤の石灰処理区（炭カル200kg/10a）のC,D区も設置した。F区をなにもしない無処理区と考えたが、土地所有農家が通常の弾丸暗きよ（深さ30cm、間隔1.2m間隔）を行った。

作業状況を写真4-1と写真4-2に示す。

カ 調査項目

採取土壤については塩素イオン量、EC、pHの測定を行うとともに、別途給水量、給水のEC・水温、暗きよ排水量、暗きよ排水のEC・水温、雨量、気温、土壤温度、水温について経時的（1時間単位）に調査した。

給水は、給水栓末端に用水位調節器を設置し、水位が+5cmで給水オン、+7cmでオフの設定を行い、自動的に一定の湛水状態に制御した。

② 試験結果

ア 除塩前の土壤のEC値、pH、塩素イオン量

試験ほ場は泥土（ヘドロ）が2ミリ程度堆積し、海水が数十センチ冠水した状況であった。除塩前の土壤断面における土壤のEC値の分布は作土が2mS/cm以上と高く下層になるほど低下した。（図4-5）

表4-2に除塩前に耕起を行った直後の各試験区のEC値とpHを示す。ECの平均値は1.60mS/cmと高く、ほ場内で変動がみられた。pHの平均は6.52であった。

また、20cm以下の詳細な塩素イオン量は調査しなかったが、図4-5から塩素イオン量は40mg/100g乾土程度と推定した。

各処理区の塩素イオン量の平均値は234mg/100g乾土であり、50cm弾丸暗きよを施工したA,C,E区と施工なしのB,D,F区の平均値には大きな差は認められなかった（図4-7）。

イ 第1回除塩試験結果

1999年(平成11年)12月15日15:00から給水を開始し、12月17日15:00に停止させた。給水のECは0.2~0.3 mS/cmで用水基準以内の値であった。

48時間の給水量は2,049m³（単位面積当219mm）で、耕起した表土の95%以上が水没し、湛水状態になった。この直後に暗きよ排水を開始し、46時間後の12月19日13:00に暗きよの水閘を閉じ、暗きよ排水を停止させた。暗きよ排水の総量は577m³（単位面積当61.5mm）となり、給水量からこれを減じて求めた畦畔及び地下浸透量は1,472m³（単位面積当157.5mm）となった。

暗きよ排水に含まれる塩素イオン量は暗きよ排水のECを測定し、図4-8に示すEC値と塩素イオン量の関係式から求めた。ただし測定したEC値に影響を及ぼす土壤に含まれる他の肥料成分についても、ここでは全て塩素イオンとして換算してある。

図4-9に第1回除塩の調査結果を示す。暗きょ排水量の最大は排水当初で $19\text{m}^3/\text{hr}$ 、最小は停止直前の $6\text{m}^3/\text{hr}$ であった。時間当たりの除塩量は、暗きょ排水量にほぼ比例したが、18時間後の12月18日9:00に増大のピークが生じた。この原因については何の影響か断定できなかった。

累計の除塩量は $1,018\text{kg}$ であり、暗きょ排水量で除した単位排水量あたりの除塩量は $1.76\text{kg}/\text{m}^3$ であった。除塩後の作土のECは $0.33\sim 0.68\text{mS}/\text{cm}$ （平均 $0.46\text{mS}/\text{cm}$ ）と除塩前に比較して大きく減少したが、処理間差は50cm弾丸暗きょ施工区（A,C,E区）に低下の効果が認められた。（表4-3）。

土壌のpHは平均で6.85で試験区による差は認められなかった。

除塩後の土壌深度毎の残存塩素イオンの量を図4-10に示す。除塩後の残存塩素イオン量は、A,B,C区が湛水作物が栽培可能な $100\text{mg}/100\text{g}$ 乾土以下であり、D,E,F区ではこの数値を超えた。各処理間の比較では、弾丸暗きょを50cm深さに施工したA,C,E区が $80.3\text{mg}/100\text{g}$ 乾土で弾丸暗きょを施工していないB,D,F区の $108.1\text{mg}/100\text{g}$ 乾土より少なく、除塩効果が高いことが認められた。さらに、弾丸暗きょと耕起を組み合わせたA,C区が $68.6\text{mg}/100\text{g}$ 乾土と一番少なかったが、畑作物栽培可能な $50\text{mg}/100\text{g}$ 乾土以下には至らなかった。

ウ 第2回除塩試験結果

第2回の給水は第1回の暗きょ排水停止に引き続き行った。すなわち12月19日15:00に給水を開始し、12月21日14:45に停止した。給水量は $2,249\text{m}^3$ （単位面積当 240mm ）であった。また、降水量が 342m^3 （ 38.5mm ）あり、除塩に利用された用水は合計で $2,610\text{m}^3$ （ 278.5mm ）であった。

暗きょ排水は給水停止から48時間後の12月24日11:30から始めた。この時の暗きょ排水量とこれに含まれる塩素イオン量の変化を図4-11に示す。暗きょ排水量は 559m^3 （ 59.6mm ）であり、畦畔及び地下浸透量は用水量から暗きょ排水量を差し引いた $2,051\text{m}^3$ （ 218.8mm ）となった。暗きょ排水は1月1日10:00以降は停止した。それまでの累計暗きょ排水量は 300m^3 で、累計除塩量は 277kg 、暗きょ排水 1m^3 に対する除塩量は $0.9\text{kg}/\text{m}^3$ であった。その後、1月9日の 33.5mm の降雨により 257m^3 （ 27.4mm ）の暗きょからの排水が確認された。この降水量による塩素イオンの除去は $275\text{kg}/257\text{m}^3=1.1\text{kg}/\text{m}^3$ であった。

残存塩素イオン量は、各試験区1地点について土壌断面を上層から10cm単位に6層に分けて採取し分析した。図4-12に各試験区と深さ毎の残存塩素イオン量を示す。弾丸暗きょ施工と耕起を組み合わせたA,C区では作土が、ほぼ畑作物の栽培に支障がない $50\text{mg}/100\text{g}$ 乾土以下の状態となった。

一方、D,F区は水稻栽培の基準値 $100\text{mg}/100\text{g}$ 乾土をまだ越える値であった。除塩処理区毎の平均の残存塩素イオン量は弾丸暗きょ施工と耕起を組み合わせたA,C区が耕起のみのB,D区より作土の塩素イオン除去量が多かった（表4-4）。また、50cm弾丸を施工したA,C,E区が施工しないB,D,F区より除去量が多かった。

作土より下の土層の残存イオン量についても弾丸ありのA,C,E区となしのB,D,F区の関係では作土層と同じ傾向があった。

以上の結果より、第2回目の除塩処理によって、作土および下層土とも塩素イオンの残存量は畑作物の栽培に支障がない $50\text{mg}/100\text{g}$ 乾土以下となり、特に弾丸暗きょと耕起を組み合わせた処理の効果が高いと考えられた。

ECは平均で $0.37\text{mS}/\text{cm}$ で全体的に畑作物が栽培可能な $0.5\text{mS}/\text{cm}$ 以下に低下した。pHは平均で6.94で若干の上昇が確認された。（表4-6）

エ 第3回除塩試験

第3回除塩では1月18日11:30に給水を開始し、1月20日11:30に停止した。給水量は $2,422\text{m}^3$ (258mm)であったが、1月23日に 342m^3 (36.5mm)の降雨があり、除塩に利用された用水は合計で $2,764\text{m}^3$ (294.5mm)であった。

暗きょ排水は給水停止の直後の1月20日11:30から開始した。暗きょ排水量は $1,007\text{m}^3$ (107mm)であったので畦畔及び地下浸透量は $1,757\text{m}^3$ (187.5mm)として求められる。

暗きょ排水に含まれる塩素イオン量は当初 $0.5\text{kg}/\text{m}^3$ 程度であったが、暗きょ排水量が少なくなるにつれて $1.0\text{kg}/\text{m}^3$ 近くまで上昇した。また、第1回目の試験と同様に排水を始めてから約10時間後から塩素イオン量が増加する傾向が見られた。この結果、累計除塩量は 666kg で暗きょ排水 1m^3 に対する除塩量は $0.66\text{kg}/\text{m}^3$ であった。(図4-13)

EC値の結果を表4-7に示す。作土層でE区を除いて $0.3\text{mS}/\text{cm}$ 以内となり、畑作物栽培の目安を下まわった。残存塩素イオン量を図4-14と処理区平均を表4-8、表4-9に示す。作土層の残存塩素イオンは処理により大きく低下し、弾丸暗きょを施工しなかった区も施工の区と同様の水準まで低下した。一方、下層土では第2回の時よりやや増加する傾向が認められた。

オ ほ場からの総除塩量の計算

除塩にともなう収支をみるため、次の仮定の下で試算した。

(ア) 土壌の固相率は56.8%、真比重は2.5である。

(イ) 残存塩素イオン量は測定結果とECの値から推定値を利用する。

(ウ) 耕起区は20cmまでを作土とし、一方畦立区では30cmまでを作土とし、それ以下60cmまでを下層土とする。

その結果、塩素イオン量は除塩前にほ場当たり $6,582\text{kg}$ であったものが、第1回除塩後 $4,350\text{kg}$ 、第2回除塩後 $3,631\text{kg}$ 、さらに第3回除塩後は $2,912\text{kg}$ まで低下した(表4-10)。

また、暗きょ排水の除塩割合は第1回目が43%、地表排水や地下浸透による除塩量は57%であったが、第2回除塩ではそれぞれが61%と39%、第3回では73%と27%となり、除塩回数とともに暗きょ排水中の割合が大きくなる傾向が認められた。

単位用水量あたりの除塩割合を求めた結果からも同様のことがうかがえた。すなわち、 1m^3 の用水で除塩した平均の塩素イオン量は、第1回では暗きょ排水により $1.76\text{kg}/\text{m}^3$ でその他排水により $0.82\text{kg}/\text{m}^3$ であり、その比率は1.9となった。第2回、第3回はその割合は極端に大きくなった。(表4-10)

暗きょ排水以外の排水としては、表面排水として隣接水田から排水されるものが大半と考えられる。

また、それ以外にも地下浸透が考えられるが、第2回の除塩で33.5mmに対する暗きょ排水量は 257m^3 (27.4 mm)で降水量の82%が暗きょ排水として排水されたことから、地下浸透は少ないと推定される。図4-15に水田を湛水状態とし暗きょ排水開始した直後(H11.12.17 15:00~16:00)のほ場におけるECの分布を示すが、畦畔近くのECの値は給水した用水の値とほぼ同じであるのに対し、中心部は給水栓近くから排水路に近づくにつれてECの値は高くなり、また、深さが深くなるにつれてECの数値は高い傾向が認められる。また、24時間後の結果では畦畔近くのECの値はかなり上昇して、塩素イオンが溶脱したことが分かる(図4-16)。

これらの結果から、表面排水による塩素イオンの溶脱はあまり多くないと考えられた。

③ まとめ（暗きよのあるほ場での除塩）

- ア 1haの大区画水田で、下層の透水係数が 10^{-6} cm/sec台と透水性が不良で、暗きよが施工されていても疎水材が50cm以下にしか存在せず、そのままの状態では除塩水が暗きよに通じない状態のほ場では、暗きよまで水みちを確保するため、クローラータイプのトラクターで弾丸暗きよ（サブソイラー）の施工とスタブルカルチ利用による耕起が最も効果が高かった。
- イ 処理をかえた6試験区を設置したが、特に地表面下50cmの弾丸暗きよの効果が高く、さらに耕起が加わる区で除塩の速度が速いことが認められた。これらの処理の下で2回の除塩(用水量として717mm)により畑作物の栽培が可能とされるEC値および塩素イオン濃度以下に下げることができた。
- ウ 除塩に給水した用水量(降雨も含む)に対して暗きよ排水量は第1回で28%、第2回で25%そして第3回で42%であった。暗きよ排水により除去される塩素イオン量の割合は表面排水や地下浸透によるものに対し第1回で43%、第2回で61%、第3回で73%と、第2回め以降の除塩で暗きよからの除塩割合が増大した。

(4) 暗きよの機能が利用できない水田での除塩試験

① 現地ほ場の状況と試験方法

ア 試験ほ場の概況

試験ほ場は、熊本県下益城郡小川町下住吉の旧干拓地に位置し(図4-17)、ほ場の区画は長辺が90mで短辺が49mで、面積は4,410㎡である。用排水は兼用水路、水路のライニングはコンクリート柵板であり、両短辺に沿って道路があり、南側は宅地に接しており、水田の周囲はすべてコンクリート畦畔で仕切られている。また、用水は各ほ場に設置されたバーチカルポンプを利用して行われている。

作物は被災時には、水稻が栽培された状態であった。通常表作は水稻で裏作はいぐさが栽培されてきている。

イ 現地の土壌

現地のほ場は20cm程度山砂系の土壌が客土されており、その下に10cm程度いがらが腐朽化した層が存在し、その下に壤質系の土壌でカキガラを含む層が存在する。下層は透水係数が 10^{-3} cm/sec台と排水良好な土壌であるが、40cm以下にはグライ斑が認められた。

このほ場では過去に暗きよが施工されたが、現在は暗きよの末端が塞がれており、暗きよの機能はほとんど残っていない状況である。

ウ 試験区の構成

前述の試験と同様に下層の透水層に水みちをつなぐため、50cmの深さまで届く弾丸暗きよ（サブソイラー）をほ場の長辺方向に45度の角度で、左右から交わるようにたすきがけに施工した。

さらに、長辺中央に長辺方向に平行に2本施工した。弾丸暗きよ施工時間は92分であった。耕起作業はスタブルカルチを利用し、この施工時間は40分程度であった。

また、右側末端に排水用の枠を設置し、その下部に排水が進入しやすいようにステンレスの網を設け排水用の水中ポンプを設置した。

用水は現地に設置してあったバーチカルポンプの利用が可能であったが、給水量の確認ができないため、口径100mmの水中ポンプ（揚程:1.5m,出力:400W,給水量:0.7m³/min）を設置し、水田の制御はフロートレスセンサーで一定の水位で給水するように制御した。

試験区は図4-18に示す様に、ほ場の中心を境に右側に石こう150kg/10aを散布し(C,D区)、反対側には何も散布しなかった(A,B区)。

エ 試験調査項目

土 壤 : 塩素イオン量、EC、pH

用 水 : 給水量、EC、水温、降雨量

暗きよ : 排水量、EC値・水温、雨量、

温 度 : 気温、土壌温度、田面水温

経時的に1時間単位にデータロガーに記録した。

② 試験結果

ア 塩素イオンの変化

除塩前後の調査を表4-11に、除塩試験の総括表を表4-12に示す。

H12.2.28の調査では、作土層に近いほど塩素イオンの残存が多く、最大で200mg/100g乾土であったが、深くなるほど低下していた。

除塩試験を開始するH12.4.12までに99mmの降雨があり、残存塩素イオン量は大きく低下し、作土層は畑作物が栽培可能な程度の50mg/100g乾土以下まで、また、心土層もこの値を若干上回る程度となった。この場合の単位用水当たりの除塩量は、5.2kg/m³となり効率的な除塩が行われたことがうかがわれた。その理由として、供試ほ場の水田下層はカキガラ層が出現する透水性が良好な土壌であるため、弾丸暗きよをたすき掛けに処理することでこの層までの水みち確保したことによると推定される。

除塩試験はH12.4.18とH12.5.2の2回行った。除塩にはECが1.0mS/cm程度の用水を用いたが、いずれの区でも塩素イオン濃度の低下が認められた。

イ 土壌のpHの変化

土壌のpHの変化は石こうを150kg/10a施用したC区とD区においても認められなかった(表 4-13)。

下層においてpHが高い傾向が認められたが、これはカキガラの影響と考えられた。

③ 暗きよが利用できないほ場での除塩試験のまとめ

暗きよが施工されていない場合あるいは暗きよが古いなどの事情により効果が期待できないほ場での除塩試験は弾丸暗きよの施工密度を高くすれば、透水性の良いほ場では100mm程度の給水でも除塩効果が期待できる。

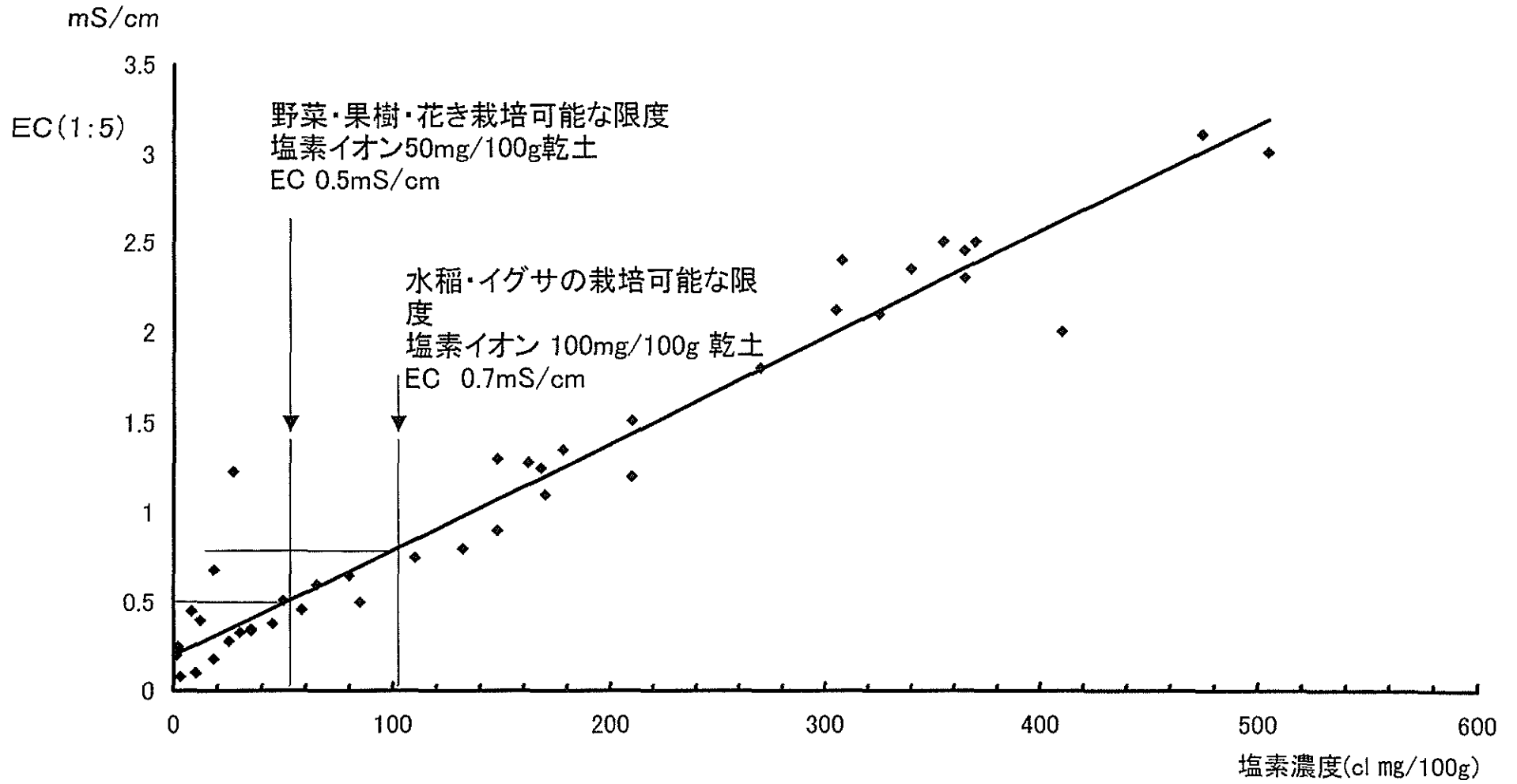


図4-1 土壤の塩素イオン濃度とECの関係(宇城管内84地点)

1992. 6. 3調査

○土壤調査地点

◎暗渠断面調査地点

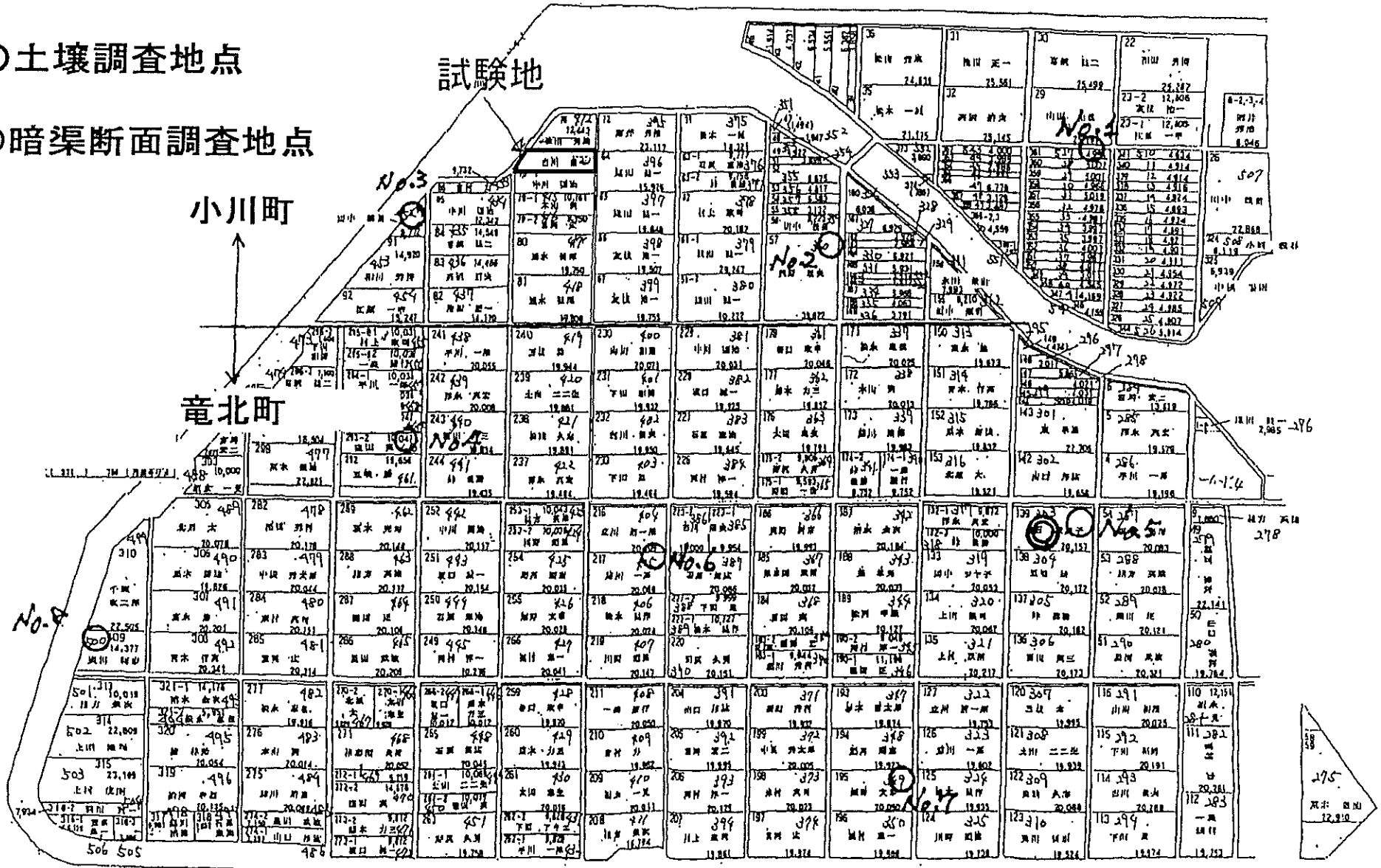


図4-2 試験地の位置図 (不知火干拓)

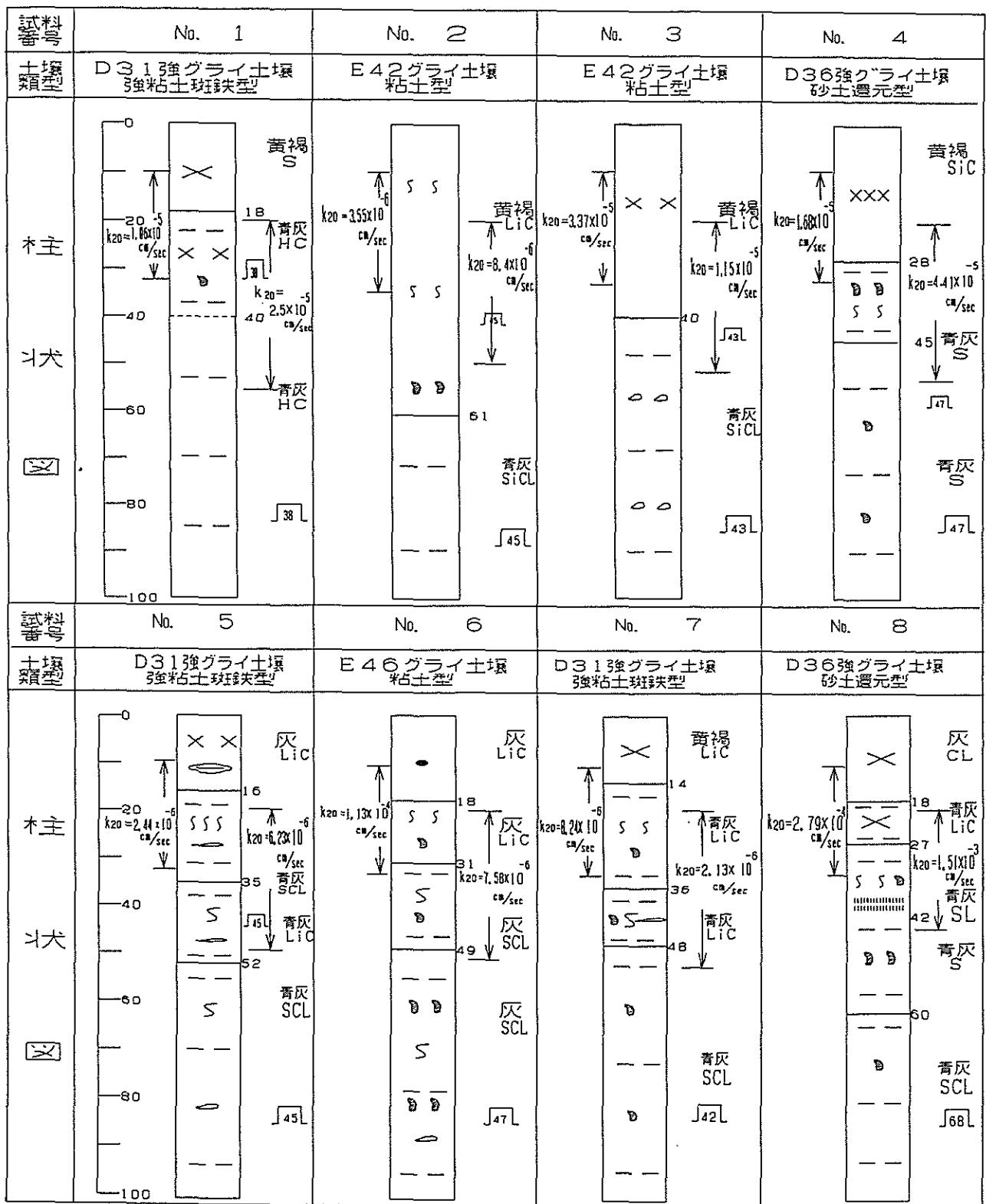


図4-3 不知火干拓土壌調査 (H4. 6. 3~4) 暗渠施工後20年後

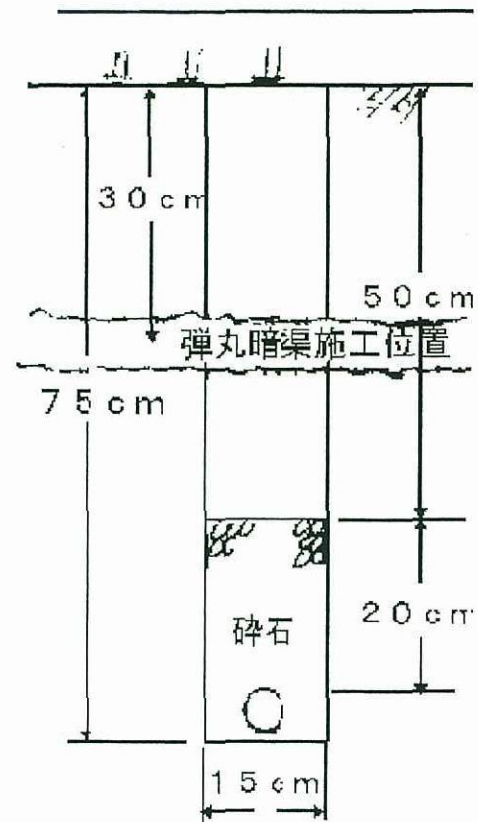


图4-4 不知火干拓现地暗渠断面图

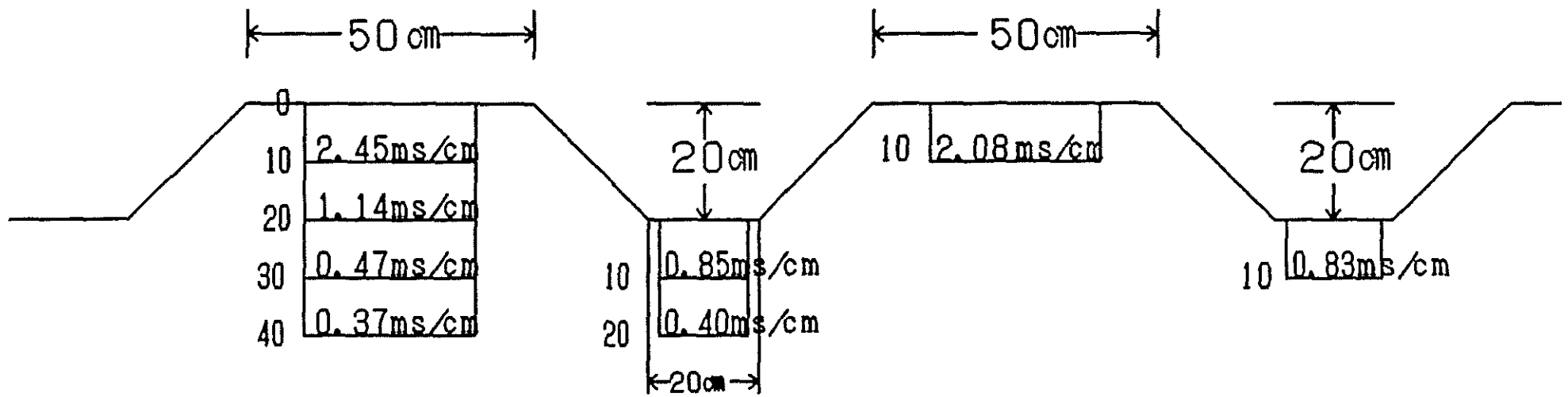


図4-5 試験地畝の断面図と土壌のEC値 (H11.11.9 調査)

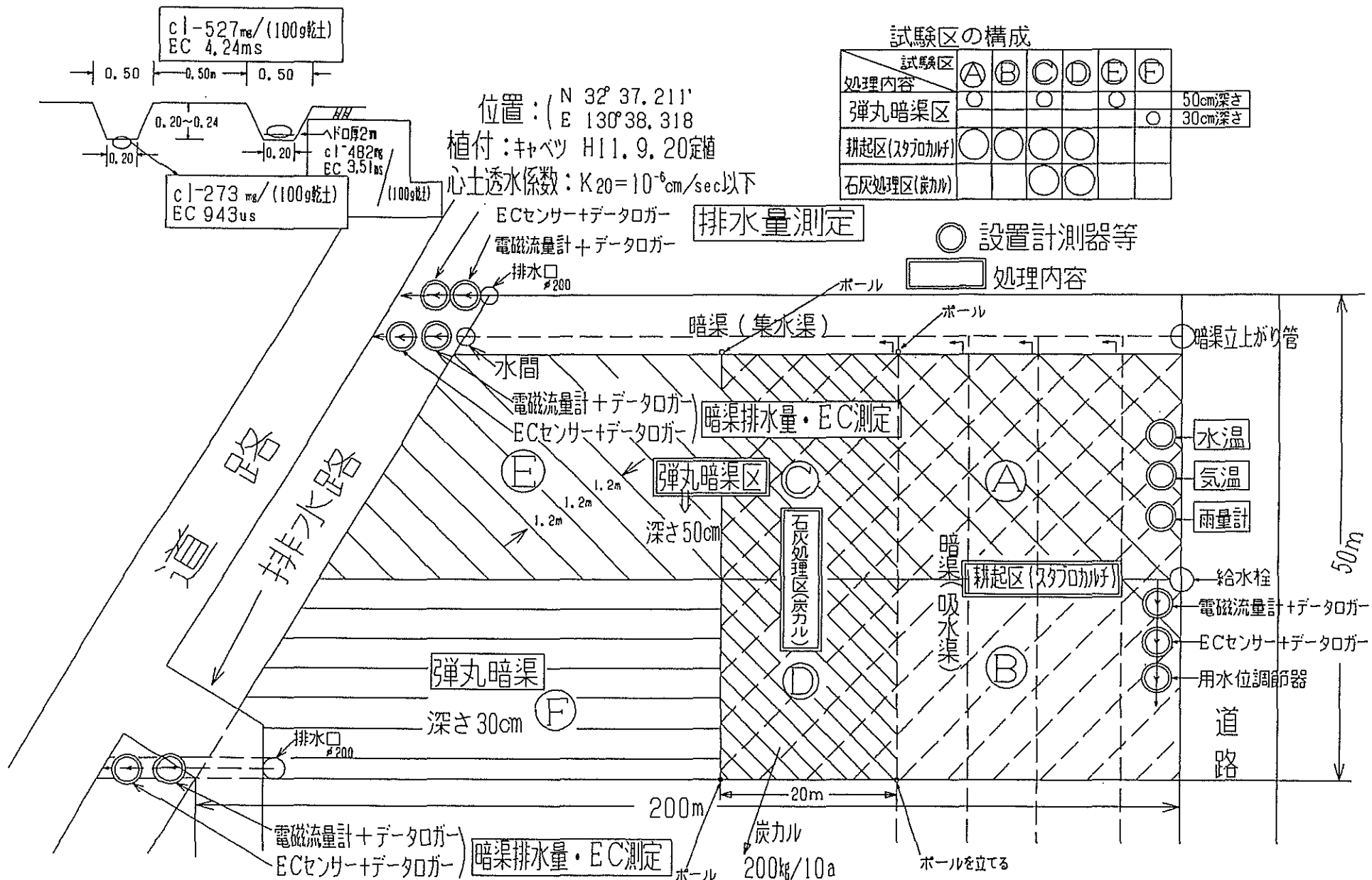


図4-6 試験区の構成

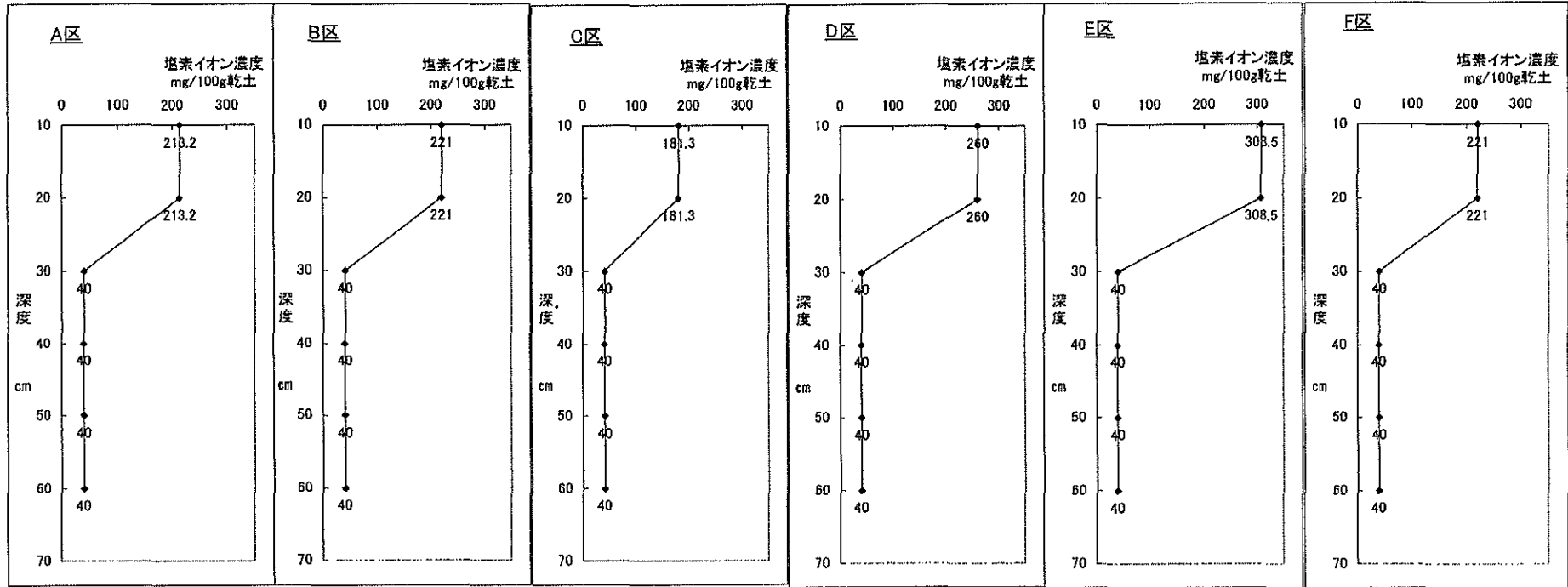


図4-7 除塩前の土壤深度毎の塩素イオン濃度

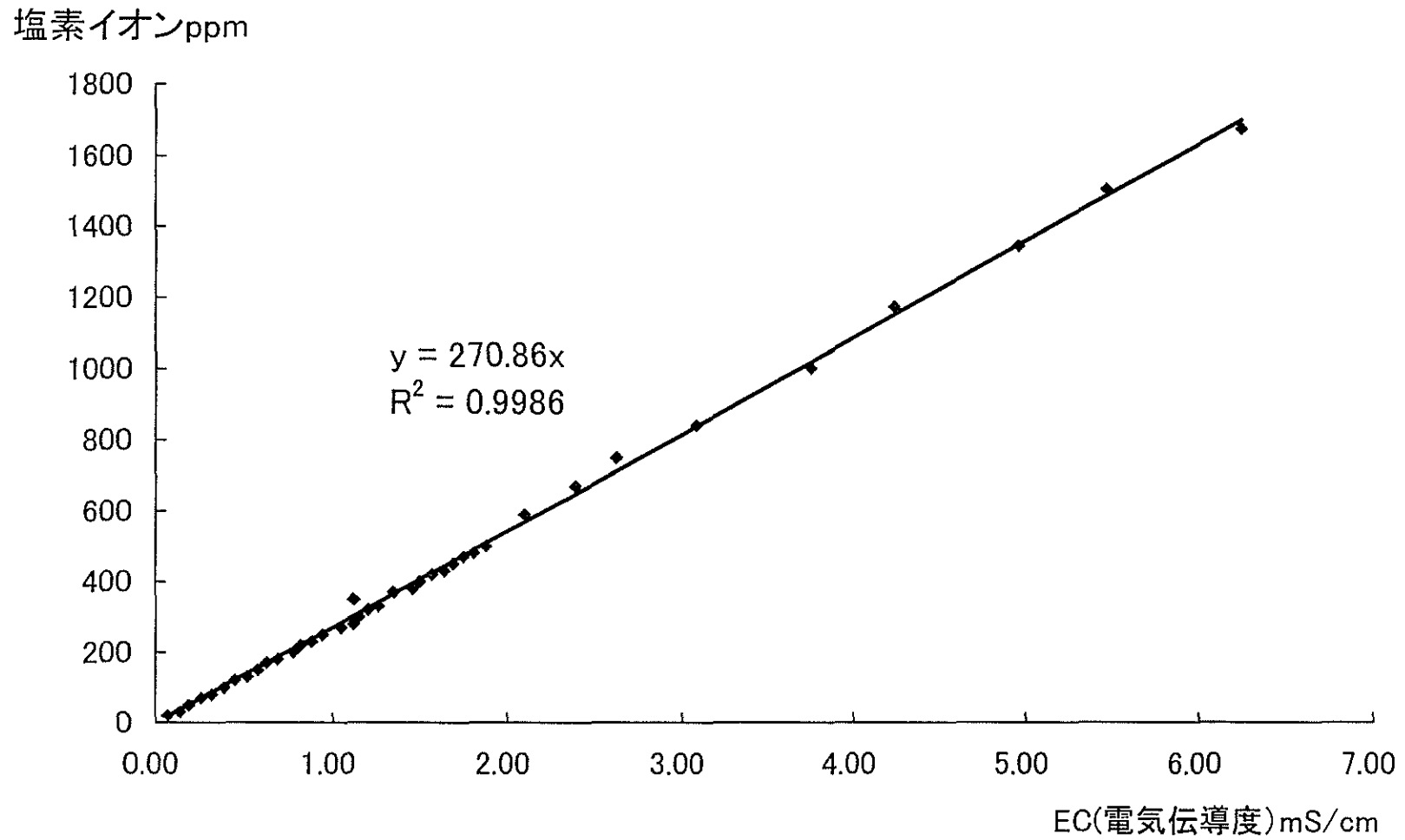


図4-8 希釈された海水の塩素イオンと電気伝導度と(EC)の関係

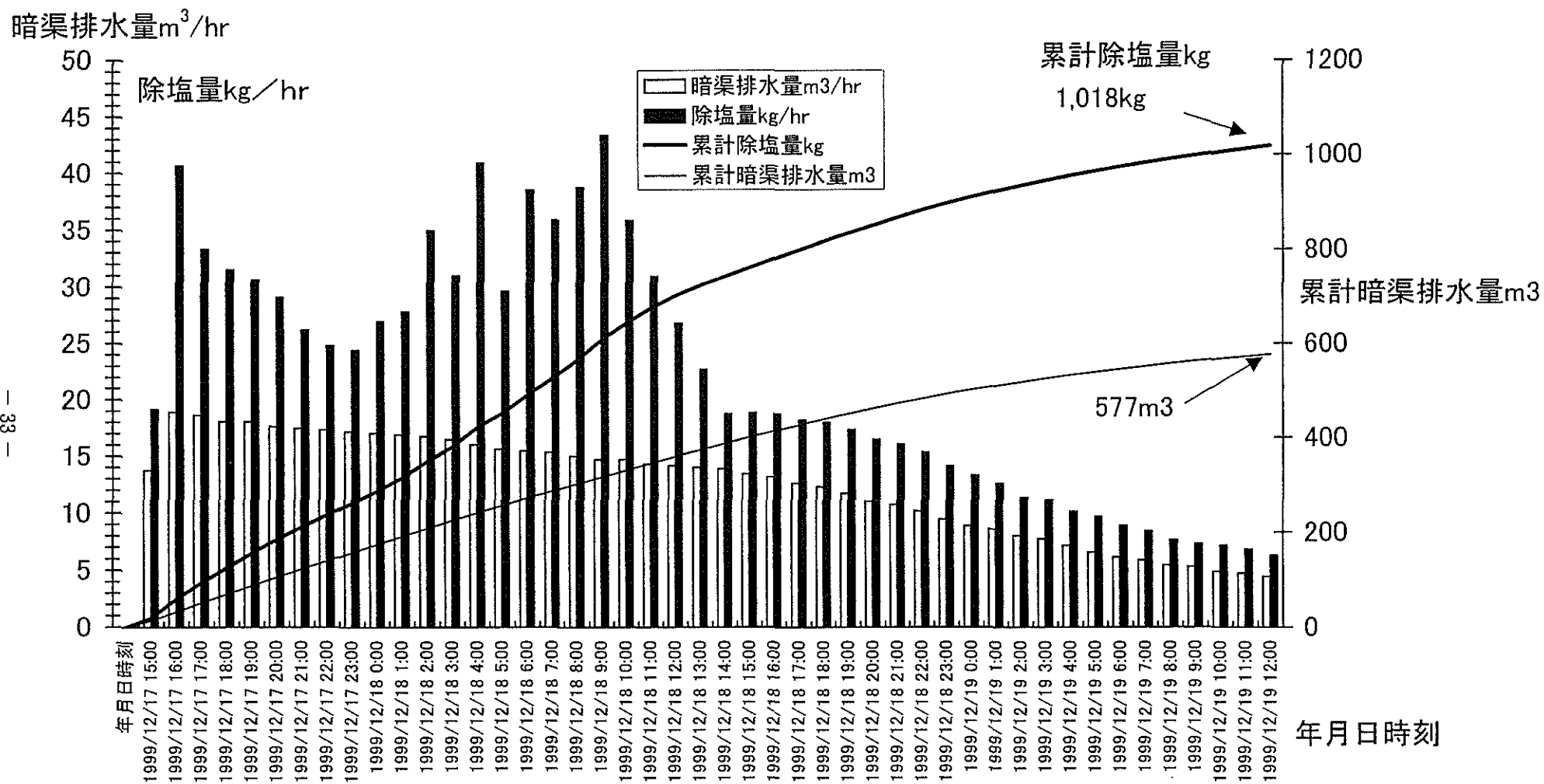


図4-9 第1回除塩における暗渠排水量、除塩量及び累計量

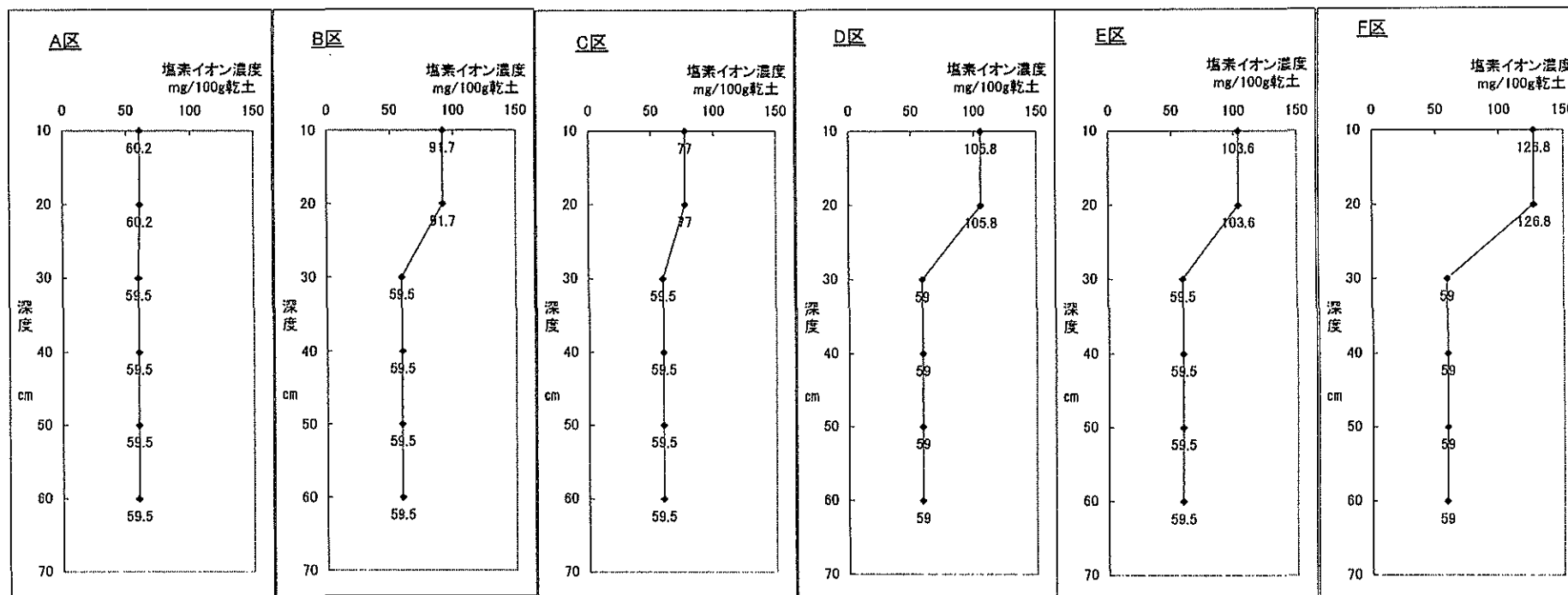


図4-10 第1回除塩除塩後の土壌深度毎の塩素イオン濃度

暗渠排水量 m^3

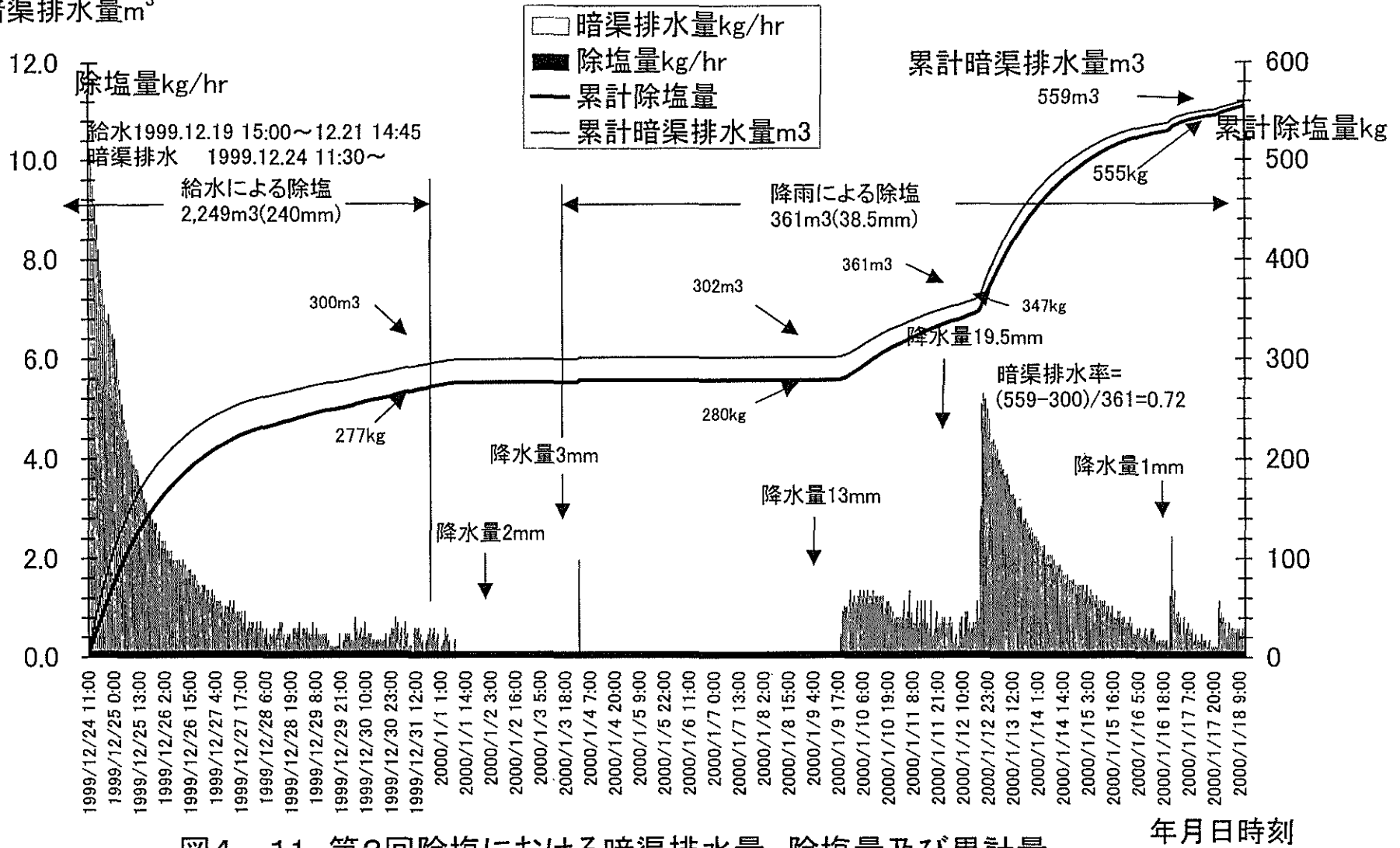


図4-11 第2回除塩における暗渠排水量、除塩量及び累計量

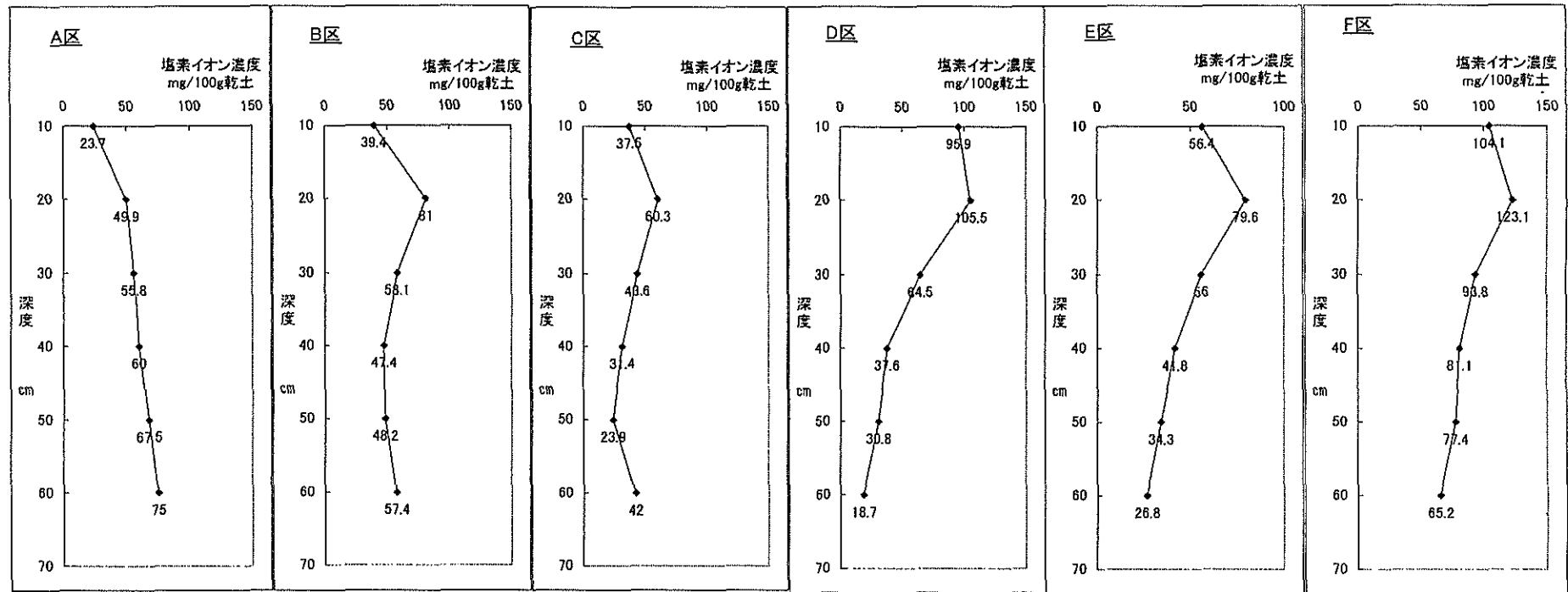


図4-12 第2回除塩除塩後の土壤深度毎の塩素イオン濃度

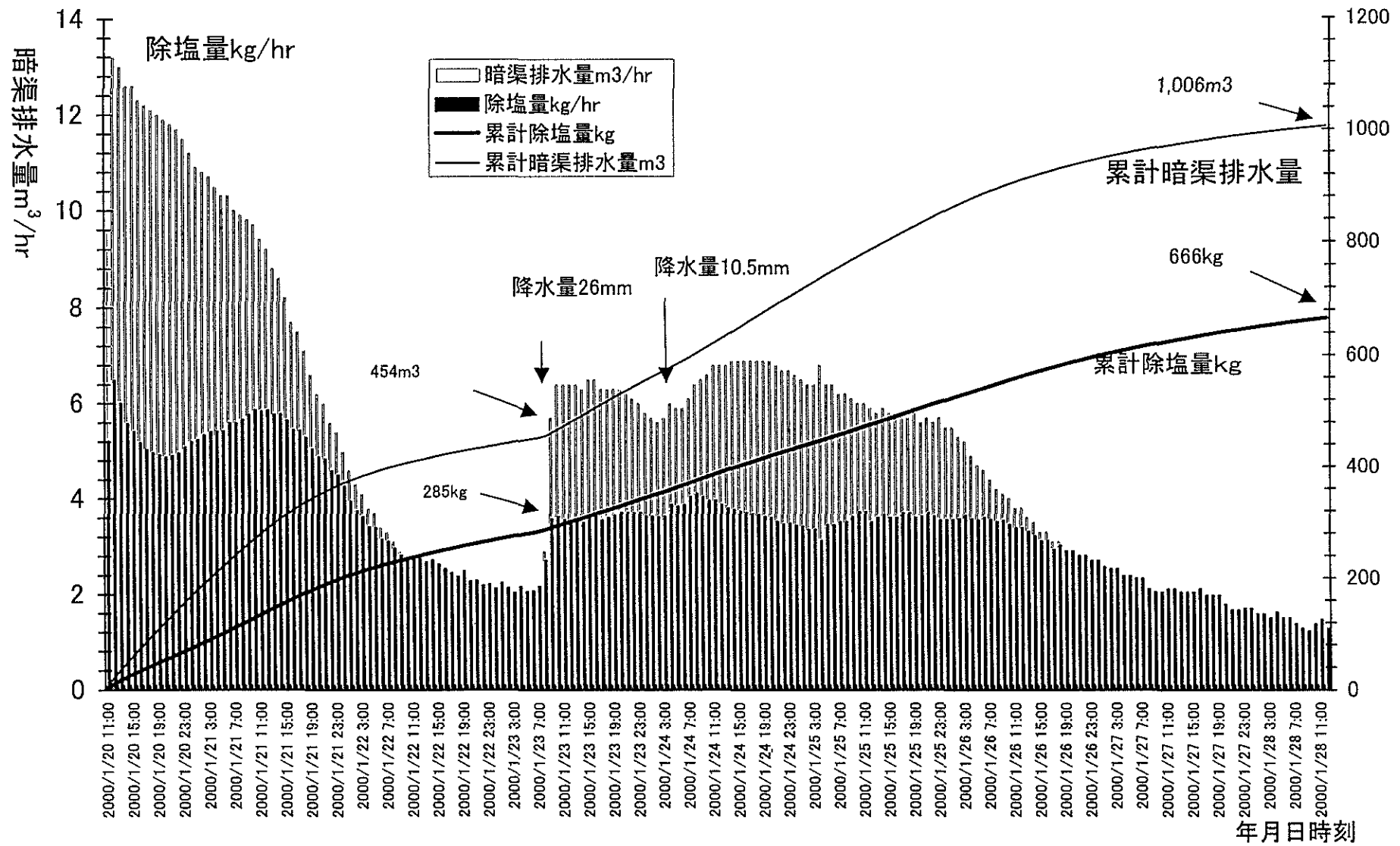


図4-13 第3回除塩における暗渠排水量、除塩量及び累計量

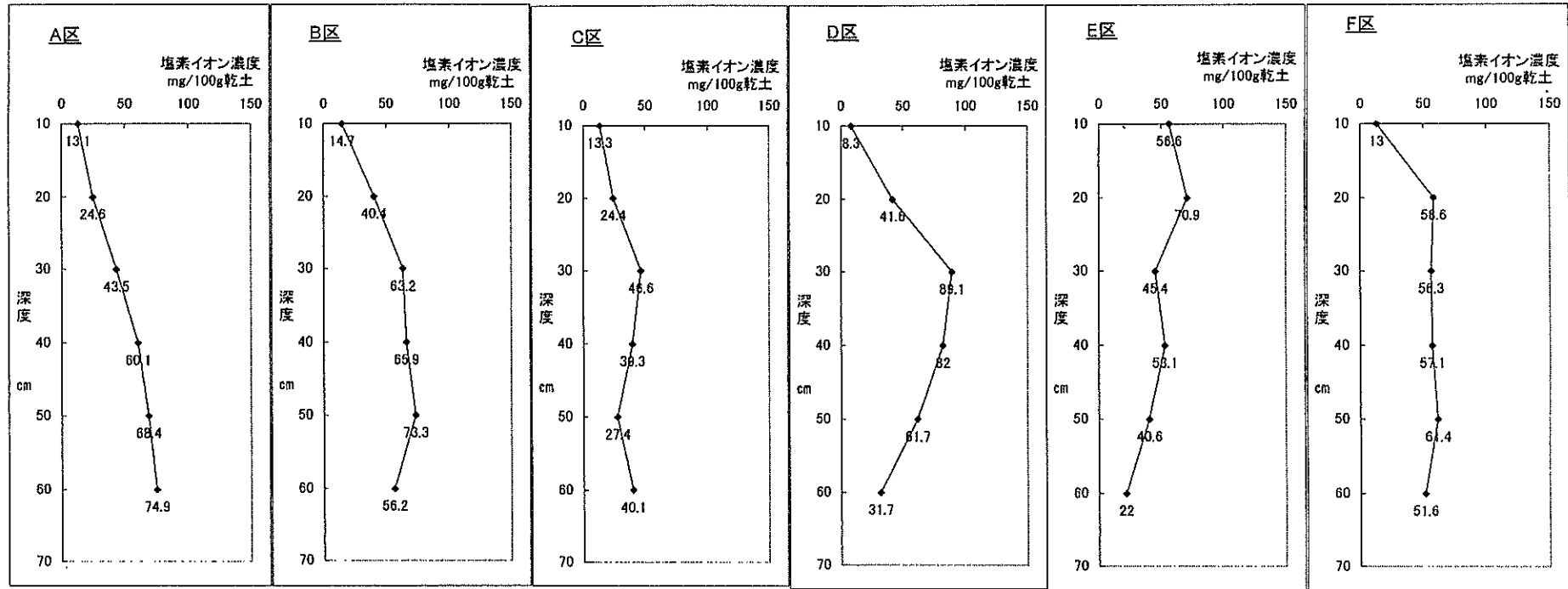


図4-14 第3回除塩除塩後の土壤深度毎の塩素イオン濃度

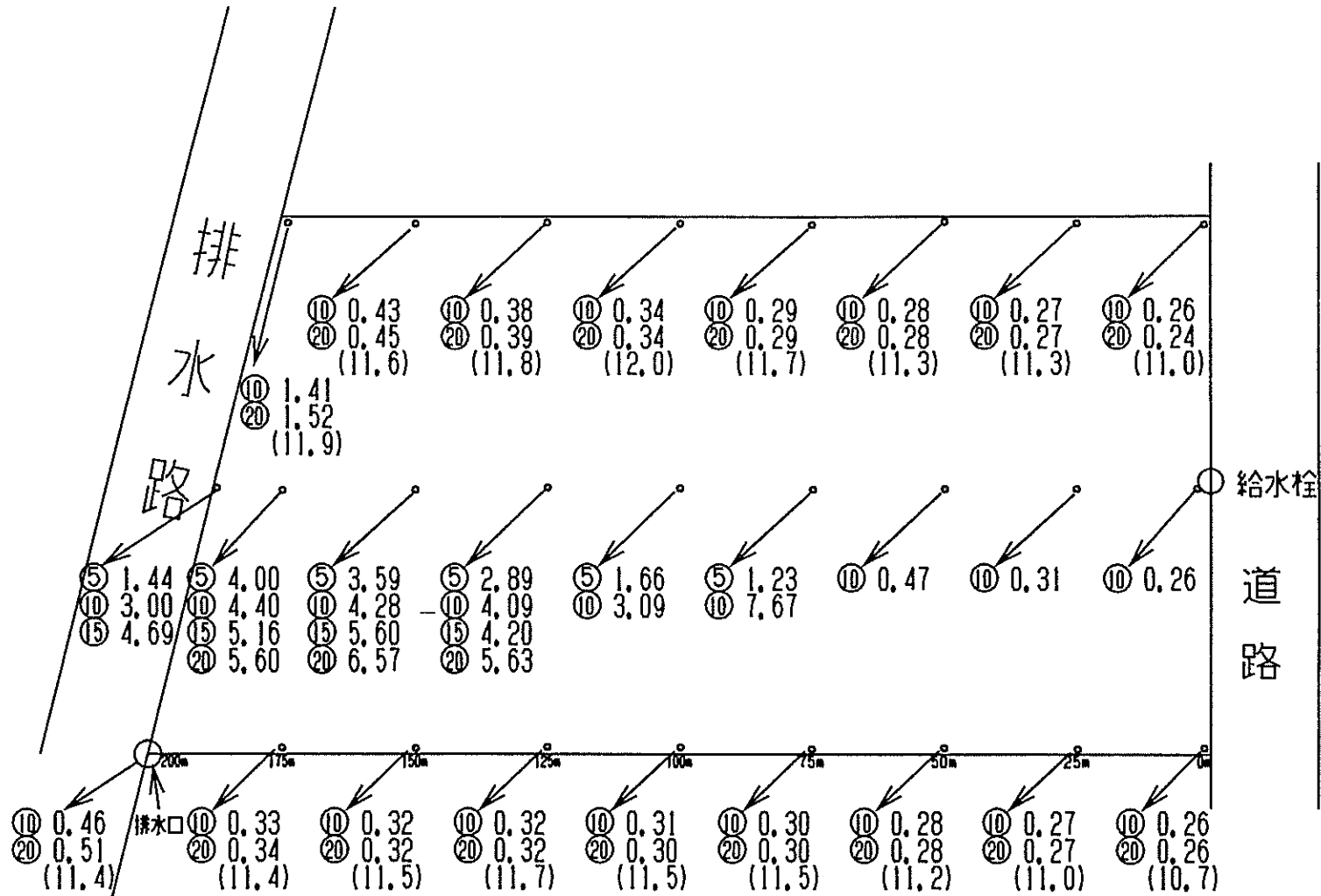


図-15 水田湛水時除塩水のECの分布(減:新田11.12.17 15:00~16:00)

注) ⑤⑩⑮調査水深cm, 4.69EC(ms/cm), (11)水温, •調査地点

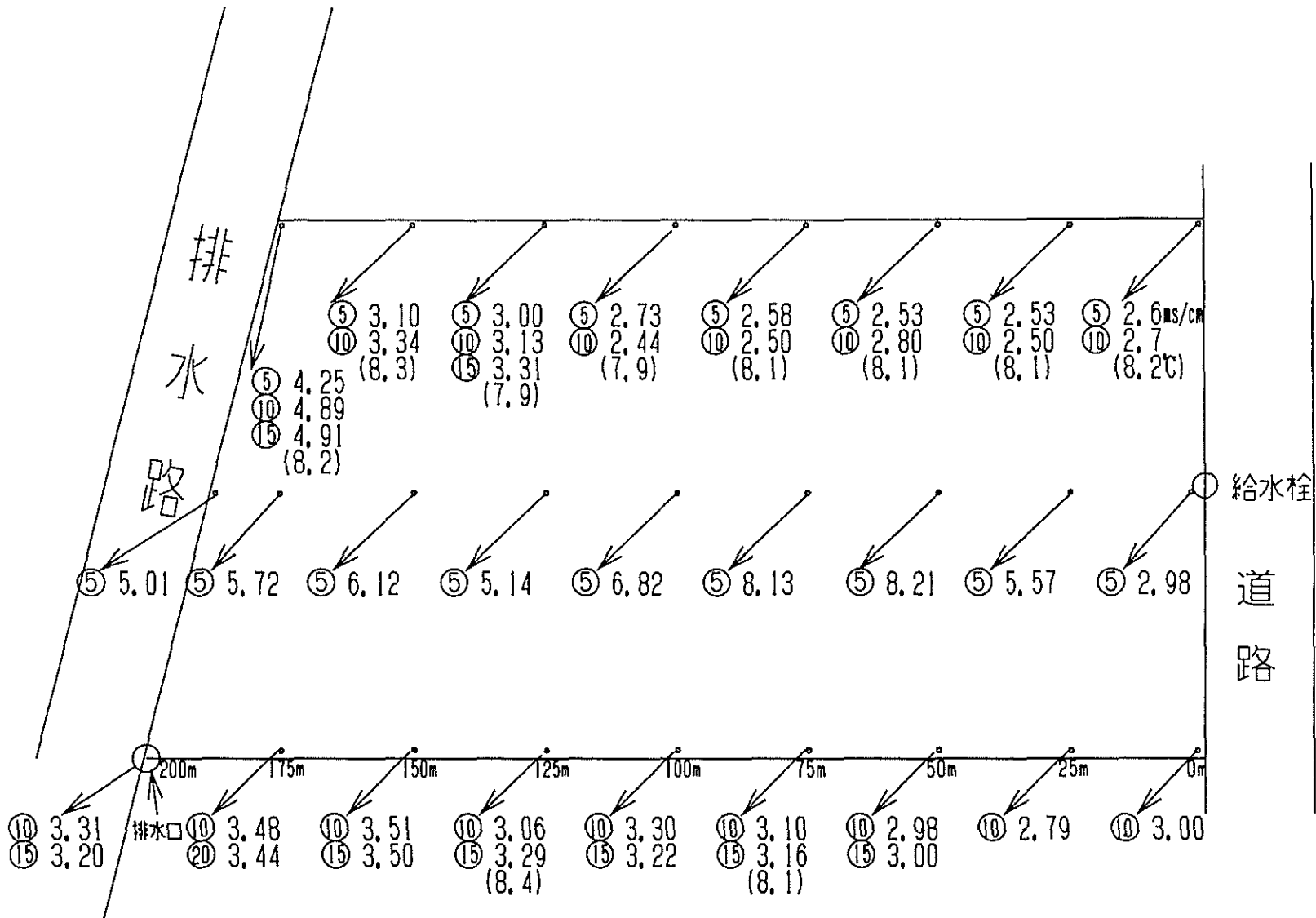


図4-16 水田湛水時除塩水のECの分布(澁:第11, 12, 18 14:00~15:00) 単位mS/cm

注) ○○○調査水深cm, () 水温, ・調査地点

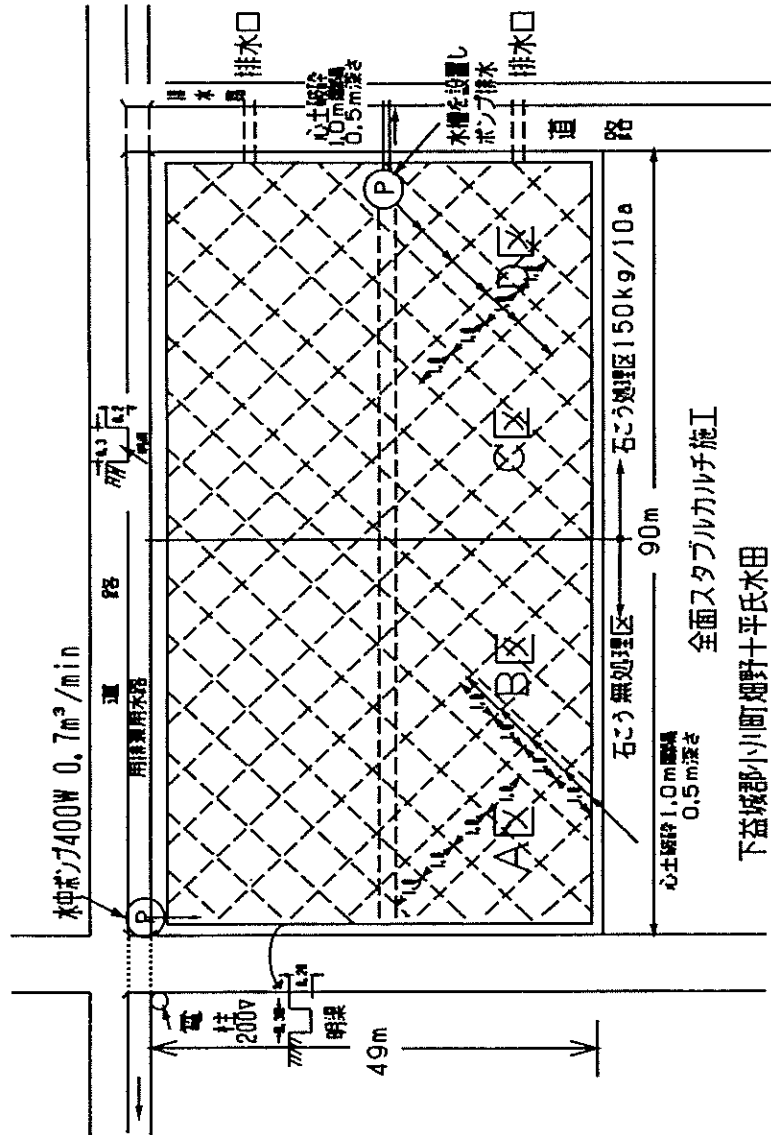


図4-17 暗渠がない水田の除塩試験平面図

表4-1排水路の深さとEC(電気伝導度mS/cm)の関係

水深cm	EC(mS/cm)
0	1.50
10	4.70
20	5.78
30	7.00
40	7.30
50	8.13

表4-2 除塩前の各試験区のECとPH

試験区	A		B		C		D		E		F		全平均値	
	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH
①	1.52	6.36	1.33	6.50	1.64	6.50	1.64	7.34	1.81	6.60	2.55	6.39	1.60	6.52
②	1.20	6.23	1.83	6.31	1.83	6.31	1.31	6.89	1.87	6.68	0.92	6.30		
③	1.30	6.07	1.73	6.38	1.73	6.38	0.97	6.37	1.48	7.60	2.07	6.08		
平均	1.34	6.22	1.63	6.40	1.73	6.40	1.31	6.87	1.72	6.96	1.85	6.26		

表4-3 第1回除塩後の各試験区のECとPH

試験区	A		B		C		D		E		F		全平均値	
	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH
①	0.33	6.88	0.38	6.77	0.34	7.83	0.53	7.03	0.61	6.31	0.45	7.07	0.46	6.85
②	0.34	7.02	0.42	6.55	0.47	6.91	0.54	7.29	0.52	6.18	0.68	6.53		
③	0.34	6.77	0.49	6.71	0.40	6.89	0.39	7.14	0.45	6.71	0.61	6.76		
平均	0.34	6.89	0.43	6.68	0.40	7.21	0.49	7.15	0.53	6.40	0.58	6.79		

表4-4 第2回除塩処理における試験区毎の平均残存塩素イオン量(作土)

処理方法	試験区	処理前平均	処理後平均	塩素イオン 除去量
		残存塩素イ オン量① mg/100g乾土	残存塩素イ オン量② mg/100g乾土	
弾丸+耕起	A,C	68.6	42.9	25.7
耕起のみ	B,D	98.8	80.4	18.4
耕起なし	E,F	115.2	85.5	29.7
50cm弾丸有り	A,C,E	80.3	49.9	30.4
50cm弾丸なし	B,D,F	108.1	89.2	18.9

注) 10から20cmまでの平均値

表4-5 第2回除塩処理における試験区毎の平均残存塩素イオン量(下層土)

処理方法	試験区	平均残存塩 素イオン量 mg/100g乾土
弾丸+耕起	A,C	49.9
耕起のみ	B,D	45.4
耕起なし	E,F	54.5
50cm弾丸有り	A,C,E	46.5
50cm弾丸なし	B,D,F	56.7

注) 30~60cmまでの平均値

表4-6 第2回除塩後の各試験区のECとPH

試験区	A		B		C		D		E		F		全平均値	
	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH
調査深度 cm														
0~10	0.22	6.97	0.27	7.10	0.25	7.08	0.38	6.98	0.29	6.69	0.48	7.00	0.37	6.94
10~20	0.31	6.51	0.38	6.90	0.29	6.72	0.56	7.03	0.33	5.90	0.56	6.35		
20~30	0.34	5.70	0.34	6.46	0.33	6.63	0.47	7.88	0.32	5.87	0.47	6.64		
30~40	0.37	5.17	0.39	5.96	0.24	6.50	0.38	8.19	0.25	6.16	0.39	5.95		
40~50	0.49	7.23	0.45	7.74	0.28	6.89	0.28	8.27	0.29	6.24	0.38	6.11		
50~60	0.53	8.21	0.44	8.29	0.50	8.01	0.27	8.28	0.29	8.18	0.41	7.95		
平均	0.38	6.63	0.38	7.08	0.32	6.97	0.39	7.77	0.30	6.51	0.45	6.67		

表4-7 第3回除塩後の各試験区のECとPH

試験区	A		B		C		D		E		F		全平均値	
	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH	EC mS/cm	pH
調査深度 cm														
0~10	0.20	7.42	0.17	7.30	0.15	6.80	0.17	7.99	0.34	6.62	0.18	7.67	0.36	7.09
10~20	0.25	6.49	0.28	6.82	0.22	6.97	0.27	7.40	0.39	6.06	0.40	7.00		
20~30	0.30	6.01	0.39	6.72	0.30	6.28	0.46	7.40	0.32	5.92	0.33	7.29		
30~40	0.42	5.33	0.41	5.90	0.29	6.38	0.54	7.99	0.33	5.93	0.37	7.39		
40~50	0.62	6.73	0.67	6.89	0.33	6.55	0.39	8.44	0.32	6.21	0.44	8.16		
50~60	0.57	8.23	0.55	8.03	0.48	7.75	0.32	8.70	0.31	8.12	0.39	8.42		
平均	0.39	6.70	0.41	6.94	0.30	6.79	0.36	7.99	0.34	6.48	0.35	7.66		

表4-8 第3回除塩処理における試験区毎の平均残存塩素イオン量(作土)

処理方法	試験区	処理前平均	処理後平均	塩素イオン 除去量
		残存塩素イ オン量① mg/100g乾土	残存塩素イ オン量② mg/100g乾土	
弾丸+耕起	A,C	42.9	18.9	24.0
耕起のみ	B,D	80.4	26.3	54.1
耕起なし	E,F	85.5	50.1	35.4
50cm弾丸有り	A,C,E	49.9	31.8	18.1
50cm弾丸なし	B,D,F	89.2	31.7	57.5

注) 10から20cmまでの平均値

表4-9 第3回除塩処理における試験区毎の平均残存塩素イオン量(下層土)

処理方法	試験区	処理前平均	処理後平均	塩素イオン 除去量
		残存塩素イ オン量① mg/100g乾土	残存塩素イ オン量② mg/100g乾土	
弾丸+耕起	A,C	49.9	50.1	-0.2
耕起のみ	B,D	45.4	63.4	-18.0
耕起なし	E,F	54.5	47.7	6.8
50cm弾丸有り	A,C,E	46.5	46.2	0.3
50cm弾丸なし	B,D,F	56.7	61.1	-4.4

注) 30~60cmまでの平均値

表4-10 暗きょあり試験ほ場における除塩試験の給水量、排水量及び除塩量の結果

調査状態	給水量 (単位面積当)	降水量 (単位面積)	給水量計 (単位面積計)	暗渠排水量 (単位面積当)	地表・地下浸透 量(単位面積当)	作土層(20cm) 残留塩素量kg	心土層(20~60cm) 残留塩素量kg	残留塩素イ オン量計kg
除去 試験前						4,960.5	1,621.6	6,582.1
第1回 除塩後	2,049m ³ (219mm)	— —	2,049m ³ (219mm)	577m ³ (61.9mm)	1,472m ³ (157.0mm)	1,950.1	2,400.3	4,350.4
第2回 除塩後	2,249m ³ (240mm)	361m ³ (38.5mm)	2,610m ³ (278.5mm)	559m ³ (28.1mm)	2,347m ³ (250.3mm)	1,402.8	2,228.4	3,631.2
第3回 除塩後	2,422m ³ (258mm)	342m ³ (36.5mm)	2,764m ³ (294.5mm)	1,007.0m ³ (107.4mm)	1,757m ³ (187.5mm)	716.7	2,195.1	2,911.8
調査状態	土壌内塩素イ オン除去量kg	給水に含ま れた塩素イ オン量kg	排水に含まれた 塩素イオン計kg	暗渠排水除 塩量kg	地表排水除 塩量kg	除塩素イオンkg/ 暗渠排水量m ³	除塩素イオン/地表排 水量m ³	暗渠排水の除 塩効果
	A	B	C=A+B	D	E=C-D	①	②	①/②
第1回 除塩後	2,231.7	145.8	2,377.5	42.8% 1,018.0	57.2% 1,359.5	1.76	0.92	1.91
第2回 除塩後	719.2	192.6	911.8	60.9% 555.0	39.1% 356.8	0.99	0.15	6.53
第3回 除塩後	719.4	190.1	909.5	73.2% 666.0	26.8% 243.5	0.66	0.14	4.77

表4-11 暗渠がない圃場での除塩試験(小川町下住吉)

調査の状態		除塩前の調査	除塩前の調査	第1回除塩後	第2回除塩後
調査日		H12.2.28	H12.4.12	H12.4.18	H12.5.2
調査区	深さ	残存塩素イオン mg/(100g乾土)	残存塩素イオン mg/(100g乾土)	残存塩素イオン mg/(100g乾土)	残存塩素イオン mg/(100g乾土)
A区	10	148.0	21.0	15.4	8.0
	20	150.2	28.0	14.7	8.0
	30	189.0	50.3	32.7	8.0
	40	194.1	49.4	29.5	15.9
	50	131.7	35.6	29.4	8.0
	60	134.2	36.9	26.4	8.0
B区	10	166.7	26.4	15.6	8.0
	20	146.0	45.4	21.3	8.0
	30	164.2	99.2	32.6	8.0
	40	87.0	85.3	34.0	16.0
	50	51.6	53.4	46.7	15.9
	60	82.4	39.1	30.8	8.0
C区	10	179.2	25.0	31.9	8.0
	20	167.0	29.7	17.7	8.0
	30	157.4	41.8	62.9	8.0
	40	93.5	65.1	70.2	15.9
	50	37.3	42.8	19.7	8.0
	60	41.7	34.1	31.3	8.0
D区	10	172.0	27.6	26.7	8.0
	20	153.2	32.3	37.6	8.0
	30	135.2	39.6	28.2	15.9
	40	57.1	40.1	26.5	15.9
	50	45.5	31.2	24.8	8.0
	60	45.0	36.4	16.7	8.0

表4-12暗きよなし除塩試験の総括表

調査時状態 (調査日)	残留 塩素イ オン量 kg	除去塩素 イオン量kg	降水量	給水量	給水量 計	除塩水に対 する除去塩 素イオン量
		①	m ³ (mm)	m ³ (mm)	m ³ ② (mm)	③=①/② kg/m ³
除塩前 H12.2.28	3,488	-	- (-)	- (-)	- (-)	-
除塩前 H12.4.12	1,210	2,278	436.6 (99.0)	0.0 (0.0)	436.6 (99.0)	5.2
第1回除塩後 H12.4.18	862	348	4.4 (1.0)	1,082.4 (245.4)	1,086.8 (246.4)	0.3
第2回除塩後 H12.5.2	285	576	187.4 (42.5)	2,100.9 (476.4)	2,288.3 (518.9)	0.3

表4-13 暗渠がない圃場での除塩試験の土壌のpH(小川町下住吉)

調査の状態		除塩前の調査	除塩前の調査	第1回除塩後	第2回除塩後
調査日		H12.2.28	H12.4.12	H12.4.18	H12.5.2
調査区	深さ	pH	pH	pH	pH
A	10	7.28	7.38	7.46	7.39
	20	7.73	7.63	7.63	7.18
	30	8.11	7.83	7.94	7.92
	40	8.01	7.93	8.15	7.97
	50	8.31	8.43	8.32	8.31
	60	8.33	8.39	8.37	8.40
B	10	7.06	6.63	7.11	7.20
	20	7.84	6.54	6.75	6.96
	30	7.97	7.77	7.85	7.18
	40	8.35	7.90	7.87	7.81
	50	8.56	8.21	8.06	7.84
	60	8.50	8.37	8.46	8.34
C	10	6.99	6.77	7.25	7.03
	20	7.17	6.86	6.84	6.79
	30	8.03	8.03	7.65	8.18
	40	8.24	7.94	7.79	7.98
	50	8.43	8.23	8.23	8.35
	60	8.55	8.36	8.41	8.41
D	10	7.44	7.00	7.11	7.26
	20	7.45	7.02	7.16	7.32
	30	8.01	7.88	7.78	7.84
	40	8.36	7.92	8.2	7.91
	50	8.55	8.22	8.38	8.44
	60	8.73	8.40	8.52	8.52

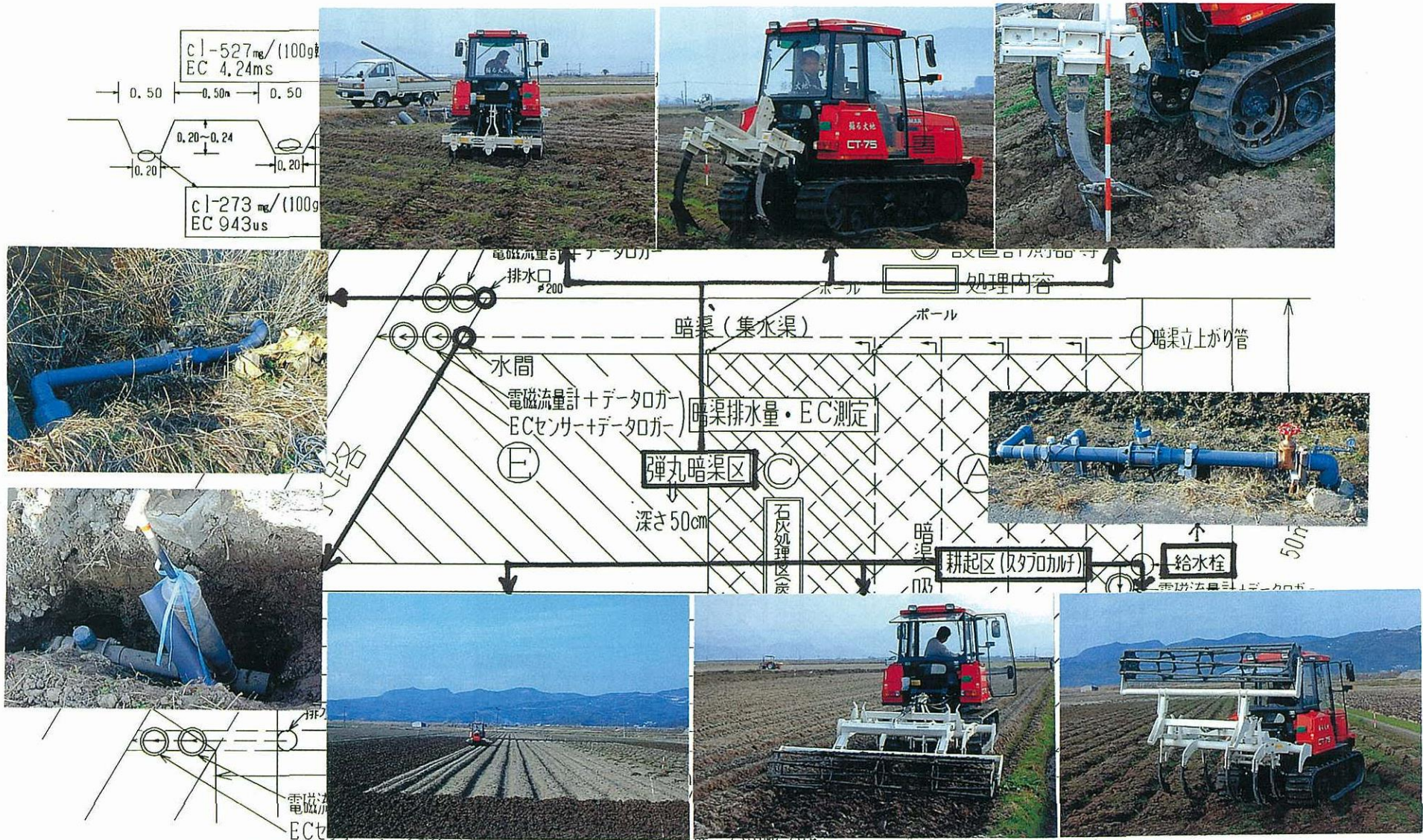


写真4-1 計測器設置状況と作業状況

(3) 試験結果

① 土壌中の塩素濃度の推移

表5-1 作目毎の塩素イオン濃度（作付前） 2月15日

単位；mg/乾土100g

試験区	トマト	メロン	キャベツ	レタス	イチゴ
0mg	121.37	64.25	56.40	34.41	42.05
25	114.36	75.02	91.87	72.05	43.14
50	123.68	94.90	81.89	89.74	80.30
80	212.09	123.38	106.05	120.21	93.95
100	216.85	154.70	120.35	155.60	140.30

表5-2 作目毎の塩素イオン濃度（作付後）5月15日～31日

単位；mg/乾土100g

試験区	トマト	メロン	キャベツ	レタス	イチゴ
0mg	21.2	23.4	21.2	23.4	19.8
25	43.0	22.1	34.8	45.8	41.3
50	73.2	30.6	76.4	80.2	48.7
80	96.4	24.3	68.8	92.3	64.1
100	104.2	21.2	61.8	101.8	91.4

② 生育、収量調査

表5-3 キャベツ生育 3月9日

試験区	草丈	葉長	葉幅	葉数	葉色
	cm	cm	cm	枚	SPAD
0mg	8.3	11.4	9.3	7.5	58.3
25	8.6	10.6	9.1	7.5	53.4
50	8.3	10.5	7.6	7.3	60.6
80	8.3	10.8	8.0	7.0	59.8
100	9.0	9.9	8.9	7.5	53.5

表5-4 キャベツ収量 5月4日

試験区	重	球重	球高	球径	外葉数	葉色
	g	g	cm	cm	枚	SPAD
0mg	875.0	500	11.3	10.2	10.0	85.9
25	875.0	525	11.3	10.1	10.0	85.4
50	825.0	475	11.6	9.7	11.5	72.5
80	925.0	550	11.4	10.4	9.5	77.4
100	1000.0	600	12.5	10.5	9.5	78.8

表5-5 レタス生育 3月9日

試験区	草丈	葉長	葉幅	葉数	葉色
	cm	cm	cm	枚	SPAD
0mg	4.8	11.1	10.5	8.0	51.4
25	6.0	13.0	9.5	9.0	49.1
50	4.2	13.0	9.0	8.3	46.4
80	5.5	12.5	9.7	9.3	44.3
100	5.2	12.5	9.5	8.3	49.7

表5-6 レタス収量 5月4日

試験区	総重	球重	球高	球径	外葉数	葉色
	g	g	cm	cm	枚	SPAD
0mg	1125.0	950	-	-	9.5	53.6
25	1110.0	875	-	-	9.0	58.5
50	1100.0	850	-	-	6.5	55.6
80	1100.0	875	-	-	9.0	57.8
100	1200.0	1000	-	-	9.0	59.1

表5-7 イチゴ生育 3月9日

試験区	草丈	葉長	葉幅	葉数	葉色
	cm	cm	cm	枚	SPAD
0mg	3.8	5.5	5.0	11.5	59.6
25	3.3	5.3	4.3	7.5	50.5
50	2.8	5.0	4.5	9.0	57.9
80	2.3	5.3	4.5	8.5	62.3
100	3.6	5.4	4.5	11.0	59.3

表5-8 イチゴ収穫時の生育 5月4日

試験区	総重 g	葉数 枚	クワ径 cm	最大		
				葉長	葉幅	葉柄長
0mg	90.5	18.5	29.3	10.0	10.3	14.3
25	96.0	16.5	39.5	10.9	11.7	14.8
50	83.5	16.5	38.0	9.0	9.6	16.1
80	71.0	12.5	31.8	10.8	10.8	15.2
100	89.3	21.0	37.1	9.8	10.0	15.9

表5-9 メロン生育 3月13日

試験区	草丈 cm	葉長 cm	葉幅 cm	葉柄長 cm	茎径 cm	葉数 枚	葉色 SPAD
0mg	100.0	15.3	19.8	9.9	0.79	19.0	47.6
25	101.0	14.3	19.9	9.3	0.75	19.0	46.3
50	95.3	13.9	18.3	8.7	0.68	19.5	46.7
80	96.5	13.9	18.8	9.0	0.64	20.0	47.4
100	95.5	14.1	18.2	9.3	0.65	19.0	48.4

表5-10 メロン生育 (収穫終了時) 5月15日

単位 ; cm、枚、SPAD

試験区	1 0葉						葉色
	丈	葉長	葉幅	葉柄長	茎径	葉数	
0mg	100.0	15.3	19.8	9.9	0.79	19.0	47.6
25	101.0	14.3	19.9	9.3	0.75	19.0	46.3
50	95.3	13.9	18.3	8.7	0.68	19.5	46.7
80	96.5	13.9	18.8	9.0	0.64	20.0	47.4
100	95.5	14.1	18.2	9.3	0.65	19.0	48.4

表5-11 メロン収量品質調査 5月15日

試験区	果高	果径	肉厚	糖度	硬度	袖	交配日
	g	cm × cm	cm	Brix	Kg/cm (1~5)		
0mg	875.0	11.5 × 11.9	2.75	15.4	0.86	5.0	3/15
25	1045.0	12.0 × 12.5	2.95	15.6	0.85	5.0	3/14
50	972.0	11.5 × 12.6	3.15	16.2	0.90	5.0	3/15
80	997.5	11.3 × 12.3	3.30	16.1	0.91	5.0	3/15
100	907.5	11.3 × 12.2	3.20	16.0	0.89	5.0	3/14

表5-12 トマト生育調査 3月13日

試験区	草丈 cm	葉長 cm	葉幅 cm	茎径 cm	葉数 枚	葉色 SPAD
0mg	57.6	32.5	38.6	0.81	13.0	58.8
25	58.7	33.1	36.0	0.75	13.5	57.1
50	57.6	34.7	34.2	0.68	12.5	55.2
80	58.2	31.9	32.4	0.76	13.0	55.2
100	53.2	30.6	32.8	0.78	12.5	54.5

表5-13 トマト生育(収穫終了時) 5月25日

単位 ; cm、枚、SPAD

試験区	10葉		天葉		葉		葉 数	葉 色
	丈	葉長	葉幅	茎径	葉長	葉幅		
0mg	127.6	43.4	48.8	1.54	34.3	39.2	22.0	67.1
25	128.6	39.4	43.9	1.45	25.8	33.1	21.5	65.6
50	142.2	37.0	43.1	1.28	25.8	24.9	23.0	74.0
80	132.0	34.7	35.2	1.23	30.9	32.8	21.5	71.2
100	135.2	39.8	43.2	1.48	29.4	32.9	23.5	66.8

6 摘 要（農産園芸研究所関係）

平成11年熊本県を襲った台風18号は、風速50m/秒を超え不知火海沿岸に高潮被害を発生させた。海水及び泥土が流入した面積は1426haに及び水稻、トマト、キャベツ等の農作物を収穫皆無にしたばかりでなく、その後の営農に深刻な打撃を与えた。熊本県農研センター農産園芸研究所では効率的な除塩法について改善対策試験を実施した。

- ① 高潮によりほ場に堆積した泥土は、平均値で塩素イオン濃度が1528mg/100g乾土、ナトリウム濃度が867mg/100g乾土と高濃度であった。作土も海水の影響を受け平均値で塩素イオン濃度が171mg/100g乾土、ナトリウム濃度が152mg/100g乾土とやや高くなっていた。
- ② 泥土を5cmの厚さで作土に混和した土壌の塩素イオン濃度は400mm程度の灌水により水稻・いぐさへの被害がでない水準（塩素濃度100mg/100g乾土）まで低下した。
泥土の影響が小さく、海水が10cm冠水したほ場での除塩は、約400mmのかん水で畑作物の被害がでない水準（塩素濃度50mg/100g乾土）まで除塩されていた。また、除塩水は降水によっても効果が有ることが確認された。
- ③ 泥土に石灰資材を添加することによるナトリウム除去効果は認められなかったが、泥土中の過飽和のナトリウムを水洗した後に、硫酸カルシウムを添加する事により除去効果が認められた。
- ④ 干拓地等の1haの大区画水田で、下層の透水係数が 10^{-6} cm/sec台と透水性が不良で、暗きよが施工されていても疎水材が50cm以下にしか存在せず、そのままの状態では除塩水が暗きよに通じない状態のほ場では、暗きよまで水みちを確保するため、クローラータイプのトラクターで弾丸暗きよ（サブソイラー）の施工とスタブルカルチ利用による耕起が最も効果が高かった。
これらの処理の下で2回の除塩(用水量として717mm)により200mg/100g乾土の塩素イオンを畑作物の栽培が可能とされるEC値および塩素イオン濃度以下に下げることができた。
- ⑤ 暗きよが施工されていない場合あるいは暗きよが古いなどの事情により効果が期待できないほ場での除塩試験は弾丸暗きよの施工密度を高くすれば、透水性の良いほ場では150mg/100g乾土の塩素イオンの除去に100mm程度の給水でも除塩効果が期待できる。