

業務資料No. 237

昭和44～47年度

アンデス移住地塩害試験報告書

昭和48年3月

海外移住事業団



国際協力事業団	
受入 月日 '84. 4. 21	700
	84
登録No. 03625	EM

目 次

1. 塩害対策調査の必要性と調査試験の開始	1
2. アンデス移住地の地形	4
3. アンデス移住地の土地利用現況	4
4. アンデス移住地の土壌	4
5. アンデス移住地のかんがい計画	14
6. アンデス移住地塩害試験報告	21
7. Saline and Alkali Soils についての参考資料	50

JICA LIBRARY



1053332[1]

I 塩害対策調査の必要性と調査試験の開始

アンデス山麓東部地域乾燥地帯に位置する当地区では、アンデス山系を水源とする灌漑用水を利用しての畑地かんがい農業が行なわれており、地区営農は、このかんがい用水量の如何によつて左右されている。又乾燥地のため地区の土壌には塩類が集積し、このため毎年営農開始のときに灌水除塩を実施することが慣行農法として採用されているくらい、その塩類集積状況は著しく、この面においても、灌水量の如何が塩害の発生度に影響を与え作物生産を支配している。

昭和39年当地区入植間もない農家某が植え付けた果樹苗木、蔬菜類が全滅すると云う事態が発生したが、この原因は土層下部にある不透水層上に停滞した濃厚塩類土壌液の害によるものと推定され、こゝに当地区塩類の性質と土壌構造が問題であることが明かとなり、こゝに塩類除去のためには、表層近くにある不透水層の排除の必要性が強調された。当時これを契機に53ロットについて、この不透水層の存在、地下水位、地表塩類の分布等について不十分なが調査を実施したが、その結果53ロット中、約14ロットが殆ど使用困難と判断された。然しながら、この調査も各ロットにつき濃密な調査を実施したわけではなかったので、不良とされた14ロットの中でも部分的に良い土地も存在したが、現実には不良ロットが14以上存在することは明かで、不良ロットに対し、その後アルファルファ栽培による土壌改良、除塩作業を実施して若干の効果を見たが根本的な解決にはならなかった。

従来本地区の土地利用は、蔬菜及びぶどう等の果樹栽培を中心として行なわれてきたが、蔬菜生産については、蔬菜が浅根であることと、灌漑水によって栽培期間は地表近くの塩分を洗脱することが可能であり、事実年次経過とともに塩害は軽減されていくものである。然しながら、一方永年作のぶどうなどについては、下層の不透水層（炭酸塩類の高濃度含有層）が比較的地表近く（0.4～1.5m）に存在するため永年作の根系が地下伸長を阻害され、又非かんがい期における塩類の毛管上昇によって塩害を受けることとなり、このため当地区の永年作であるぶどう、桃等は年次の経過とともに、樹勢劣化の傾向がでてきており、このまゝでは、これら永年作も短期間に枯死する危険性があると危懼されるに至った。又一方当地区には恒常的なかんがい用水量の絶対量が不足していると云う問題もあるが、効率的な除塩方法又は塩害軽減方法を確立することが緊急の課題となっている。この対策樹立のための調査を行なうこととなり、昭和44年から46年の3カ年計画でもって、アンデス営農試験の呼称のもとに調査並びに試験が開始された。なお、本調査は44年の試験区設定に時間をとられたため、実質的には開始は45年度となり、従って、試験調査も47年まで延ばされることとなった。

アンデス移住地及びその近辺の気象統計

(表1) アンデス

位 置 西経67度50分 南緯34度50分

標 高 460m

観測場所 移住事業団アンデス事業所

統計年数 1966年~1967年(1966年2月は1965~1966年の平均値を用いた)

月 区別	1	2	3	4	5	6
絶対最高	39.5	38.4	34.2	34.4	29.8	26.5
絶対最低	5.5	6.0	3.4	2.6	-3.0	-9.0
平均最高	33.2	-	28.8	24.8	21.7	15.6
平均最低	15.5	-	11.6	10.8	5.7	0.8
平均	24.4	23.3	20.1	17.8	13.7	8.2
降水量	27.5	45.0	54.5	97.5	11.0	0

7	8	9	10	11	12	年計又は平均
22.0	27.6	30.0	35.0	36.8	39.2	39.5
-10.0	-7.0	-7.0	0.0	3.0	6.0	-10.0
15.5	18.7	20.5	24.9	29.0	32.7	-
1.6	3.7	5.4	11.7	13.1	15.5	-
7.6	11.2	13.0	17.1	21.0	19.7	16.4
2.0	3.0	13.0	0	95.5	28.5	357.0

海外移住事業団アンデス事業所統計

(表2)

アルペアル

位 置 西経67度39分 南緯35度0分(アンデス移住地から東へ約14km)

標 高 465m

統計年数 1941年~1950年

月 区別	1	2	3	4	5	6
気圧 (mb)	956.4	956.5	958.2	959.5	959.7	961.3
平均気温	24.3	22.5	19.3	15.1	11.1	8.0
平均最高気温	33.3	31.4	27.8	24.0	19.4	16.1
平均最低気温	14.8	13.7	11.0	7.4	4.2	0.8
絶対最高気温	42.4	40.5	37.7	35.6	29.3	26.7
絶対最低気温	5.0	4.0	1.2	-2.6	-7.4	-10.0
湿度	44	51	56	61	63	64
雲量(0~10)	3.6	3.6	3.6	3.9	4.8	4.9
降雨量	35.3	39.3	36.4	30.7	18.4	9.6

7	8	9	10	11	12	年計又は平均
961.5	961.2	961.2	959.4	957.3	955.6	959.0
7.3	9.3	13.1	17.4	20.3	23.4	15.9
15.5	18.0	21.6	26.1	29.2	32.6	24.6
0.0	1.3	4.2	7.7	11.0	13.4	7.5
25.8	33.1	34.2	36.4	39.0	40.6	42.4
-9.1	-9.6	-5.4	-1.2	-0.2	0.3	-10.0
59	52	46	45	45	41	52
4.8	4.2	4.0	3.9	4.0	3.0	4.0
17.5	12.4	16.2	25.1	15.6	25.0	28.15

帝国気象統計表

Ⅱ アンデス移住地の地形

当移住地は北西から東南の方向にゆるやかな傾斜をもち、略平坦であるが、現在トラクター（100HP前後）により整地及び道路造成等が行なわれ、入植前の地形と異なっている。しかし、造成前の地形が、本地区土砂生成に大きな影響をもっていることは明かであるので、参考のため、造成工事前の地形概略図を図1にて示す。

Ⅲ アンデス移住地の土地利用現況

作付現況図（図2）から判るように、永年作物の主力はぶどうで、他に桃、李、杏が栽培され、入植農家の大きな収入源は醸造用のぶどうである。

短期作物としては、トマト、ピーマン、アルファルファ、苺、その他野菜などである。又家畜については、当該地区が砂質地で有機成分が不足になり、且つ、牧草（アルファルファ）の栽培が容易であるため、牛が全体で数頭飼育されている。又この外鶏卵採取のため養鶏・耕り用馬が各戸1～2頭飼われている。

Ⅳ アンデス移住地の土壌

この地区の土壌は、塩類（Ca, Mg, Na 塩類にNa 塩が多い。）が蓄積した所謂塩類集積土壌で、表層に白色の又は黒色塩類結晶末がまみられ、従って、乾燥気候のため農業利用ではかんがいも前提とするも、更に土壌面において土地利用に著しく制限をうけている。

この地区の土壌は、施工前の地形と関連し、施工前地形の丘丘陵部と凹地部によってかなりの差があり、丘陵部では砂土で塩の蓄積は少ないが、地下水位も低い。これに対し凹地部は、土性砂質土～塩土と巾があり、地下水位も高く、下層は透水性も不良であって、塩類もかなり蓄積が進んでいる。殊に凹地部には下層の不透水層が発達して、塩と粘土とが固く凝結して広く分布しているところがある。したがって、別表土地利用図（図2）で見られるように、施工前丘地部が現在殆ど利用されていて、凹地部の利用はあまり進んでいない。

この凹地部を中心とした不良土壌の積極的な利用を推進するため、土壌改良法の調査研究がすすめられたのである。

(表3) アンデス移住地の地形により区分されたおまかな土壤の性質。

	深 さ	施工前の丘部 (現在利用されている。)	施工前凹部 (未利用地多し)
土 性	cm cm 0~50	細砂質, 砂土	砂壌土~もど土~塩壌土
	50~100	同 上	塩壌土~塩土
	100~150	同 上	同 上
電 気 電 道 度	0~50	4~8 $\frac{mhos}{cm}$ 25°C	8~16 $\frac{mhos}{cm}$ 25°C
	50~100	2~8 "	16以上 "
地 下 水 位		1.5 m以上	1.0~1.5 m
そ の 他			表層には白色塩類の結晶末がみられる

(表4) 施工前凹部の代表的ロット(B-3)の土壤(傾向)。

深 さ	PH	C.E. $\frac{mhos}{cm}$ 25°C	全置換性イオン 量(mg/10g)	置換性イオンに占 めるNaイオン %
cm cm 0~60	8.5	0.4~1.3	2000~6000	上層 40% 下層 80%
60~130	8.2	0.4~1.5	3000~6000	70~20
		60~80cmの 層が大きい。	60~80cmの層 が最も多い。	

注 C.E.については、上のデータと対比してみるとかなり低く疑問。

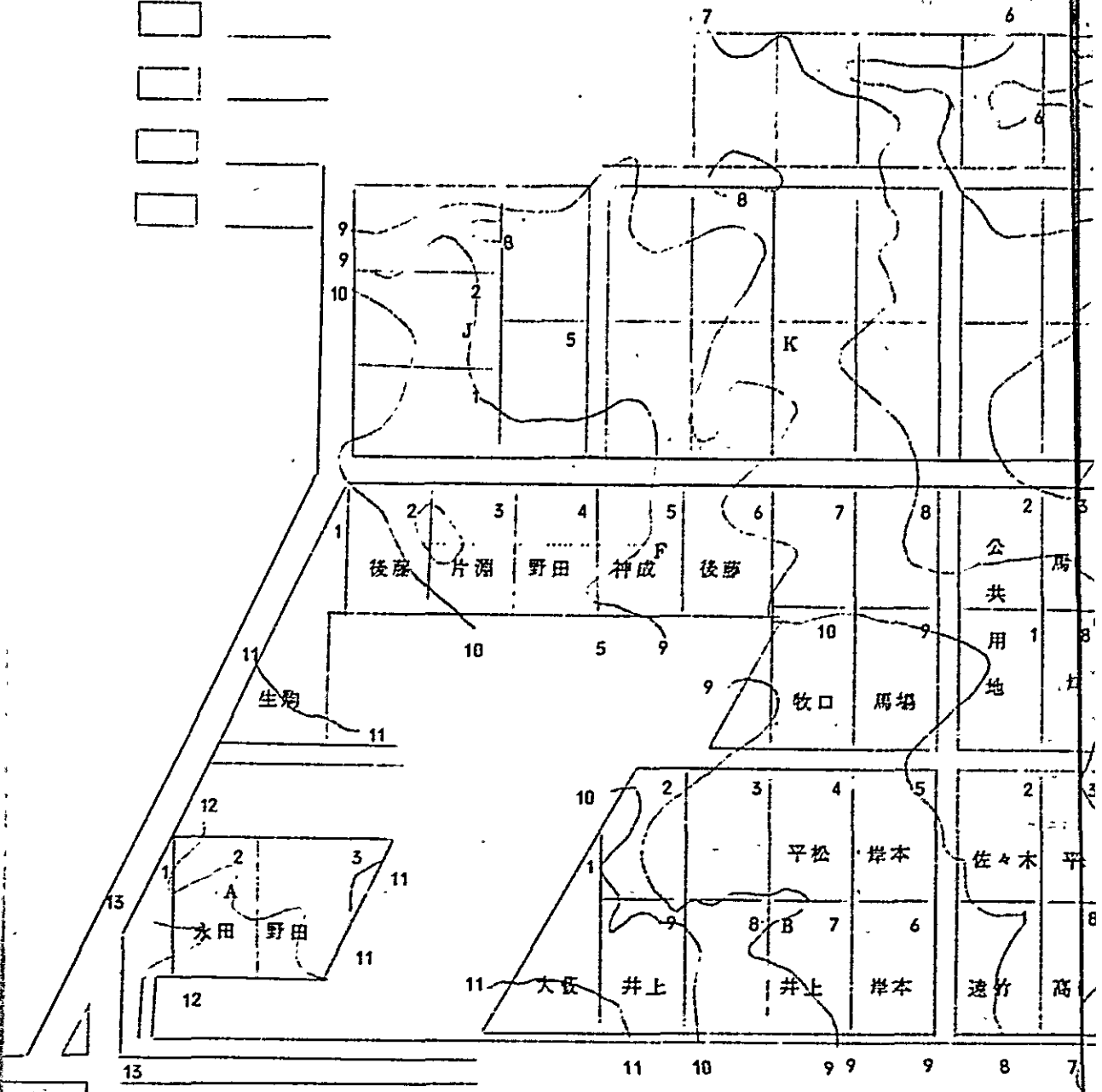
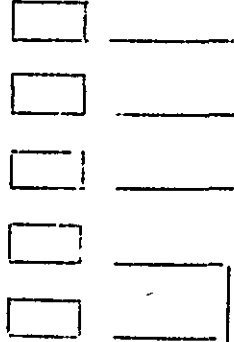
電気電導度による判定分類の図3は、1963年、図4は1972年の調査のものである。両図を対比すると、塩分濃度分布に若干疑点のある処がある。これは1963年に行なわれた調査精度にやや問題があり、精細な対比そのものに問題があるためである。しかし、大きな傾向として、利用地における土壤塩分は約9年間にかなり洗脱したものと考えられる。

造成工事前の地形

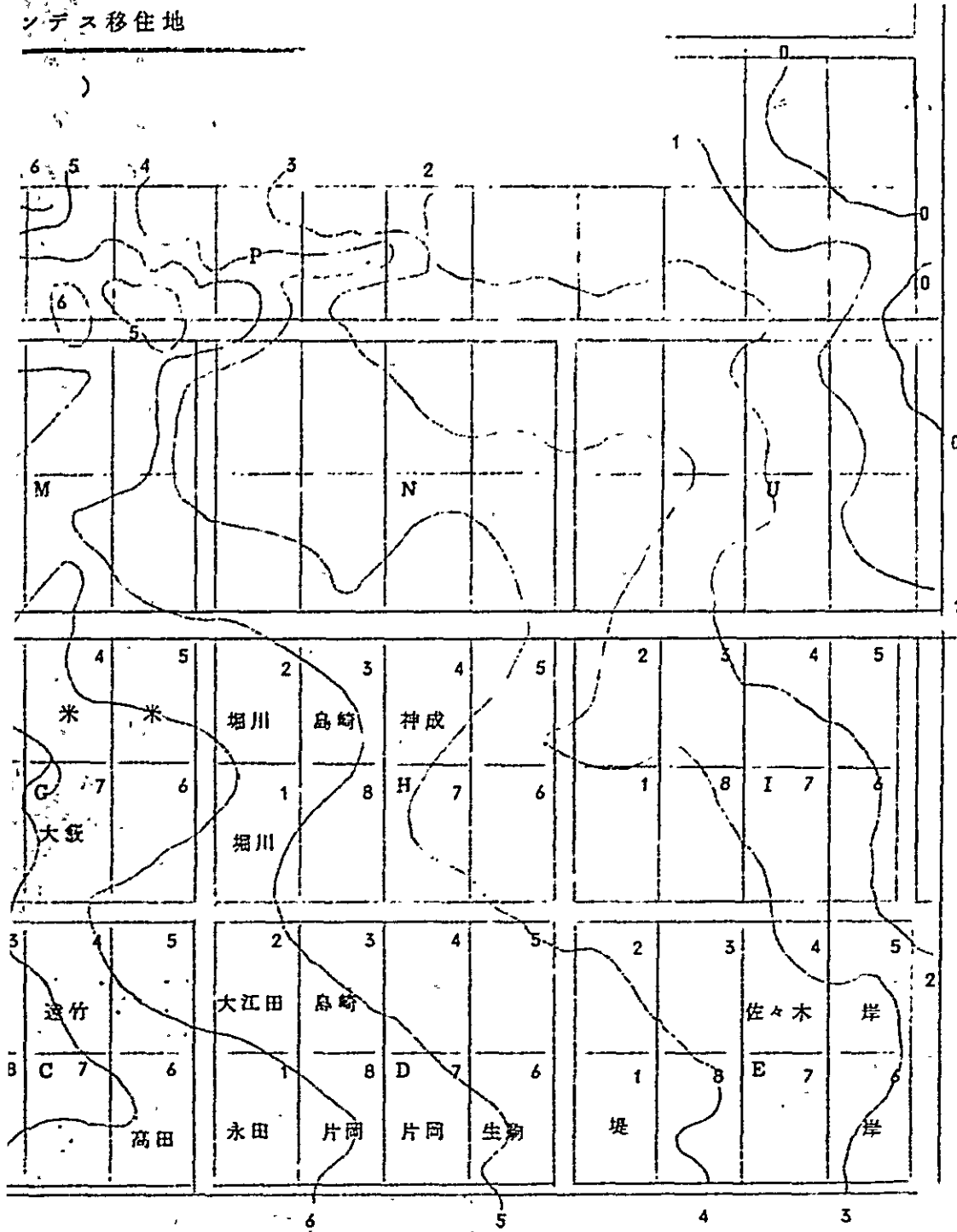
(図 1)

(1 9 5 9)

5~5 等高線
(数字は比高メートル表示)



ンデス移住地












(図2)

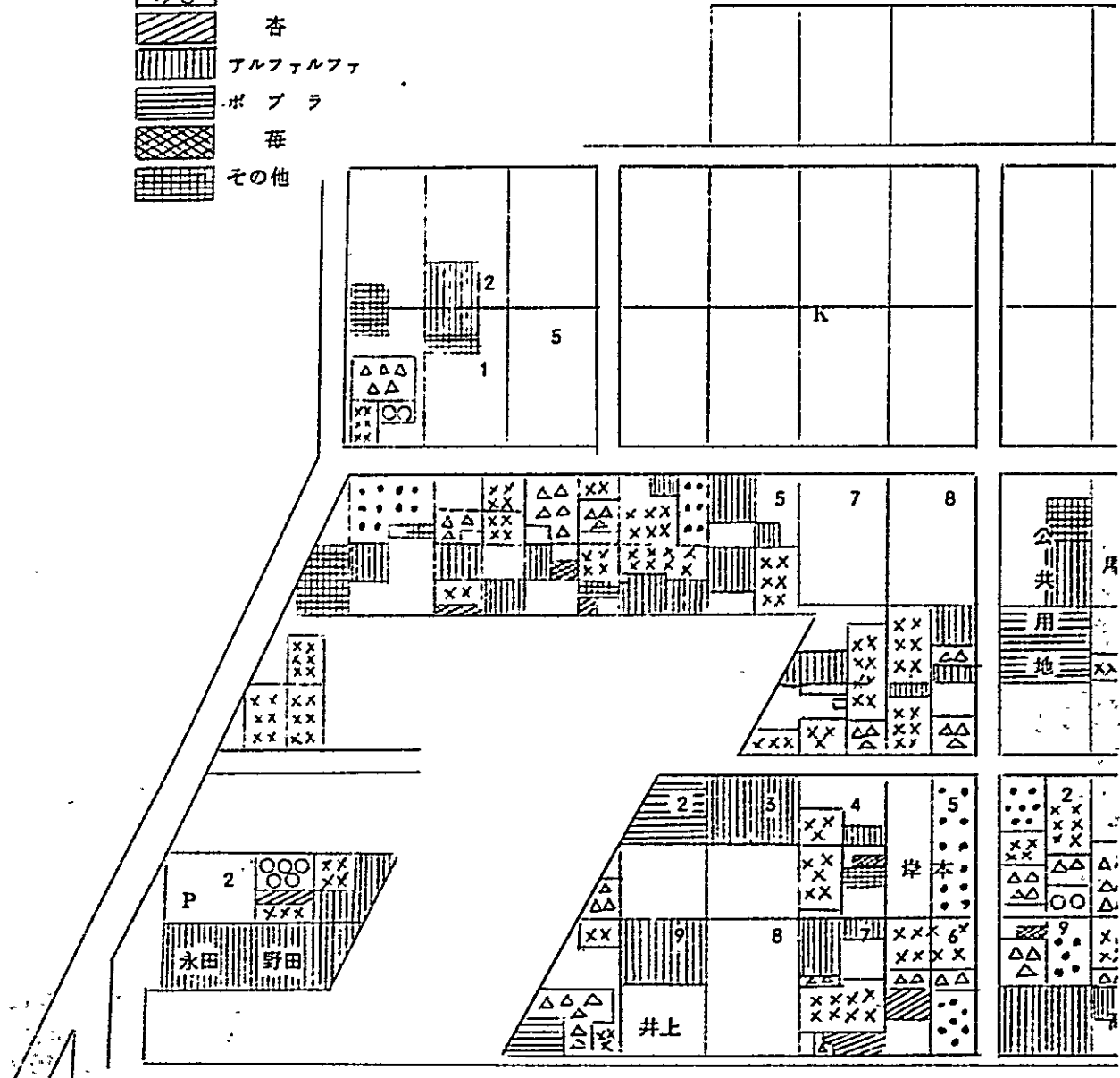
作物別作

ア ン デ

(1972)

凡例

-  ブドウ(棚仕立)
-  ブドウ(垣仕立)
-  桃
-  李
-  杏
-  アルファルファ
-  ポプラ
-  苺
-  その他



付 状 況 図

ス 移 住

1 1)

M								O			

凡 例

(図 3)

アンデス移住地電気伝導率

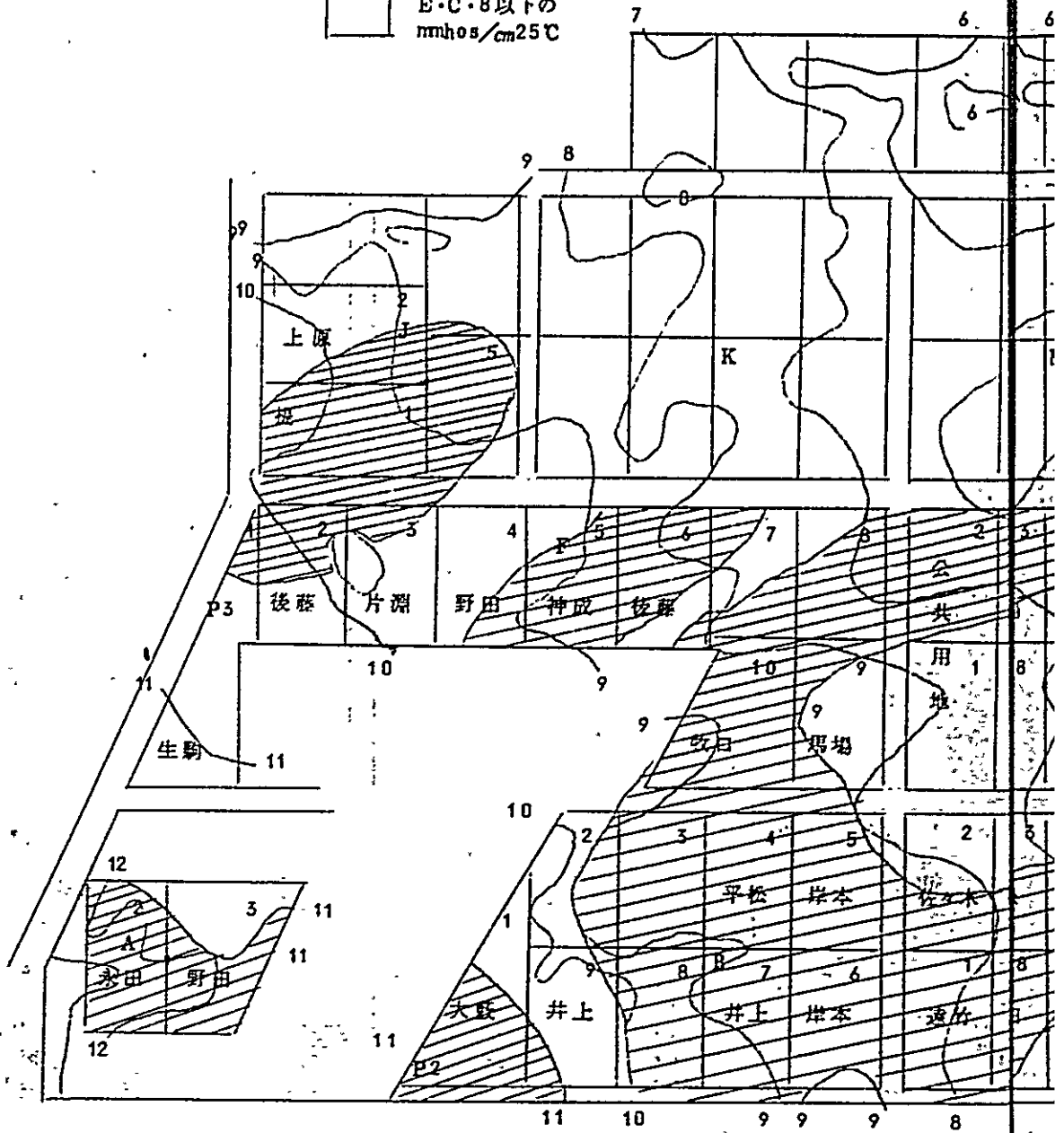
等高線
(数字は比高メ
ートル表示)



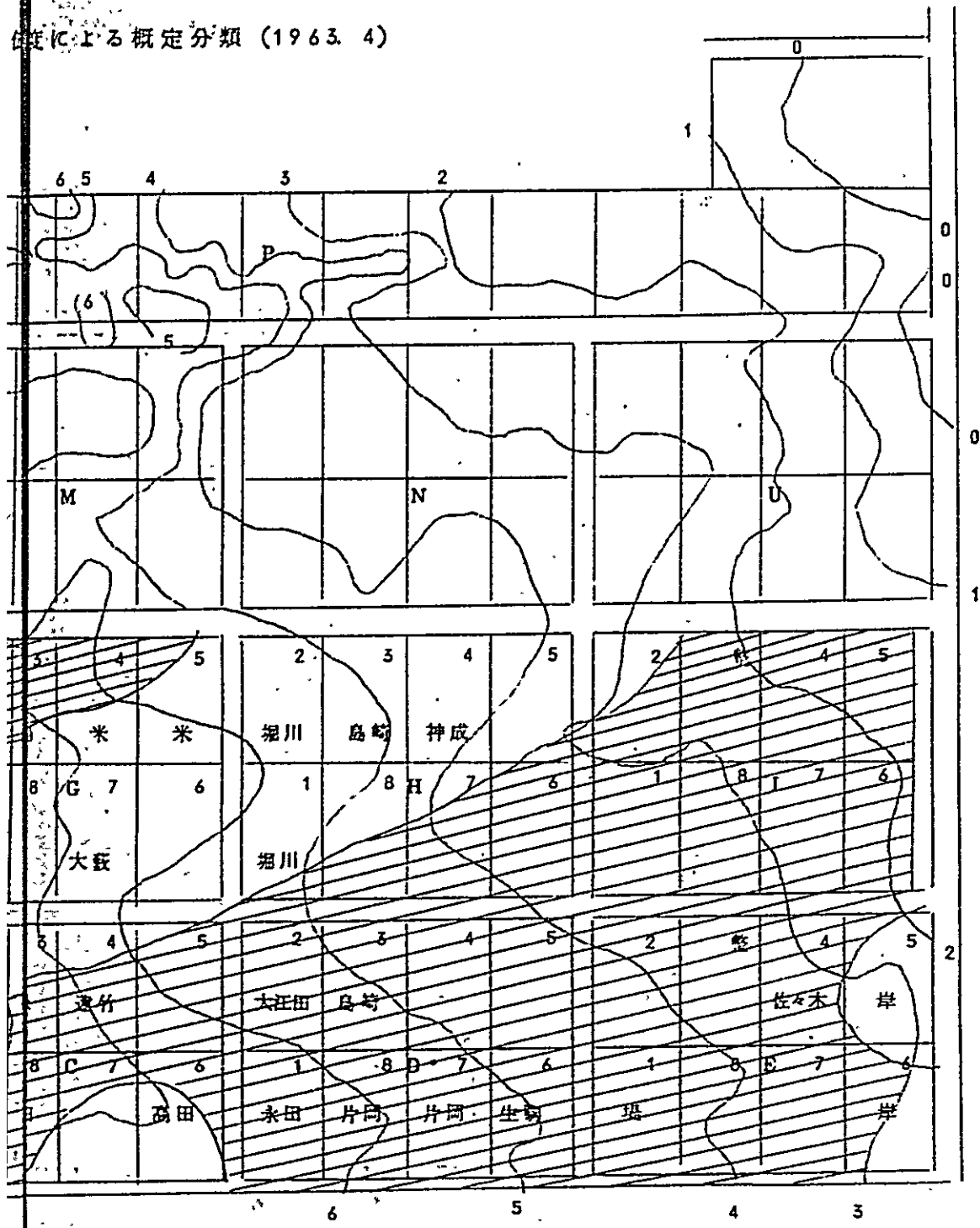
E・C・8~16又は以上のmmhos/cm 25℃



E・C・8以下の
mmhos/cm25℃



位度による概定分類 (1963. 4)





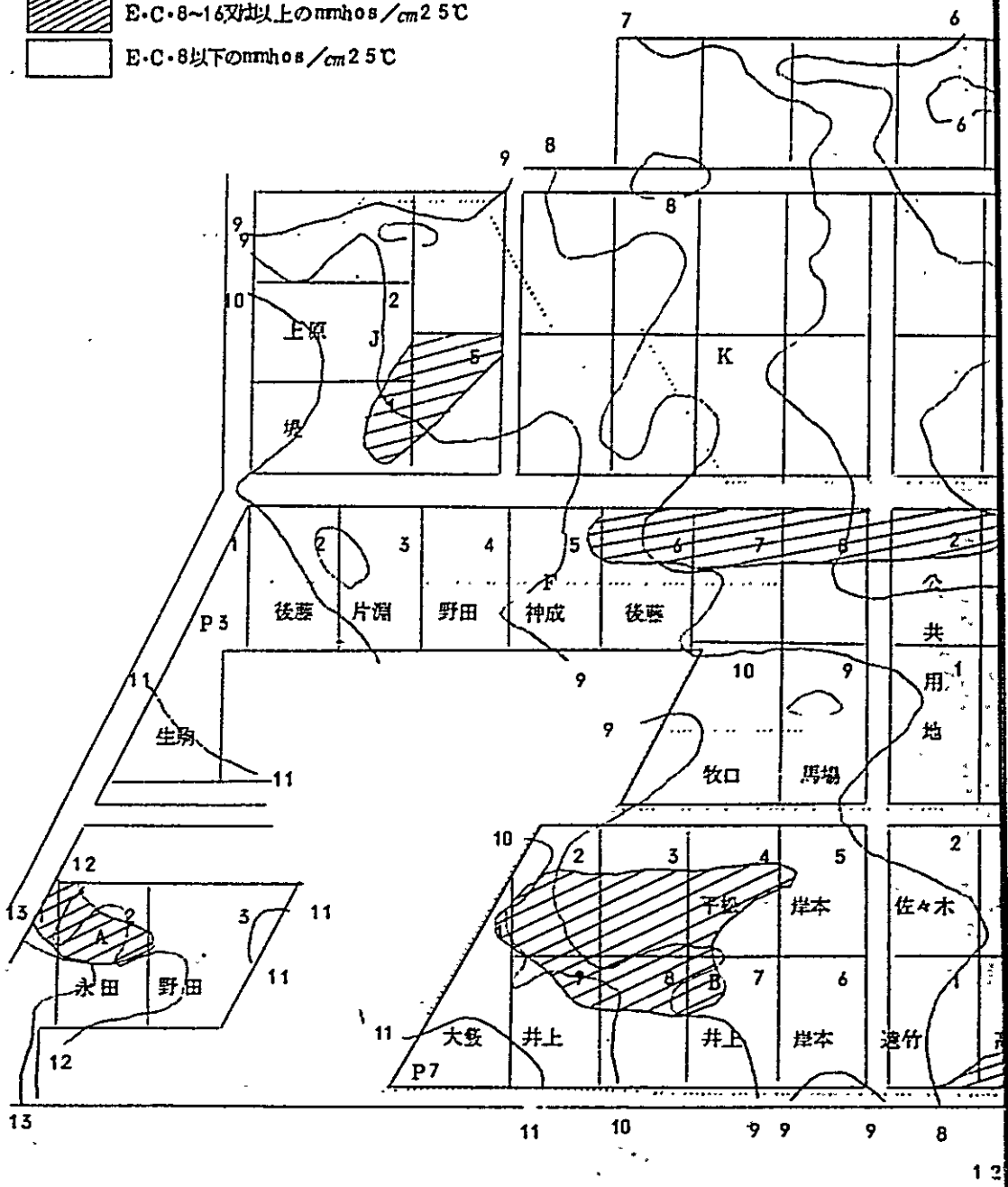
凡 例

(図 4)

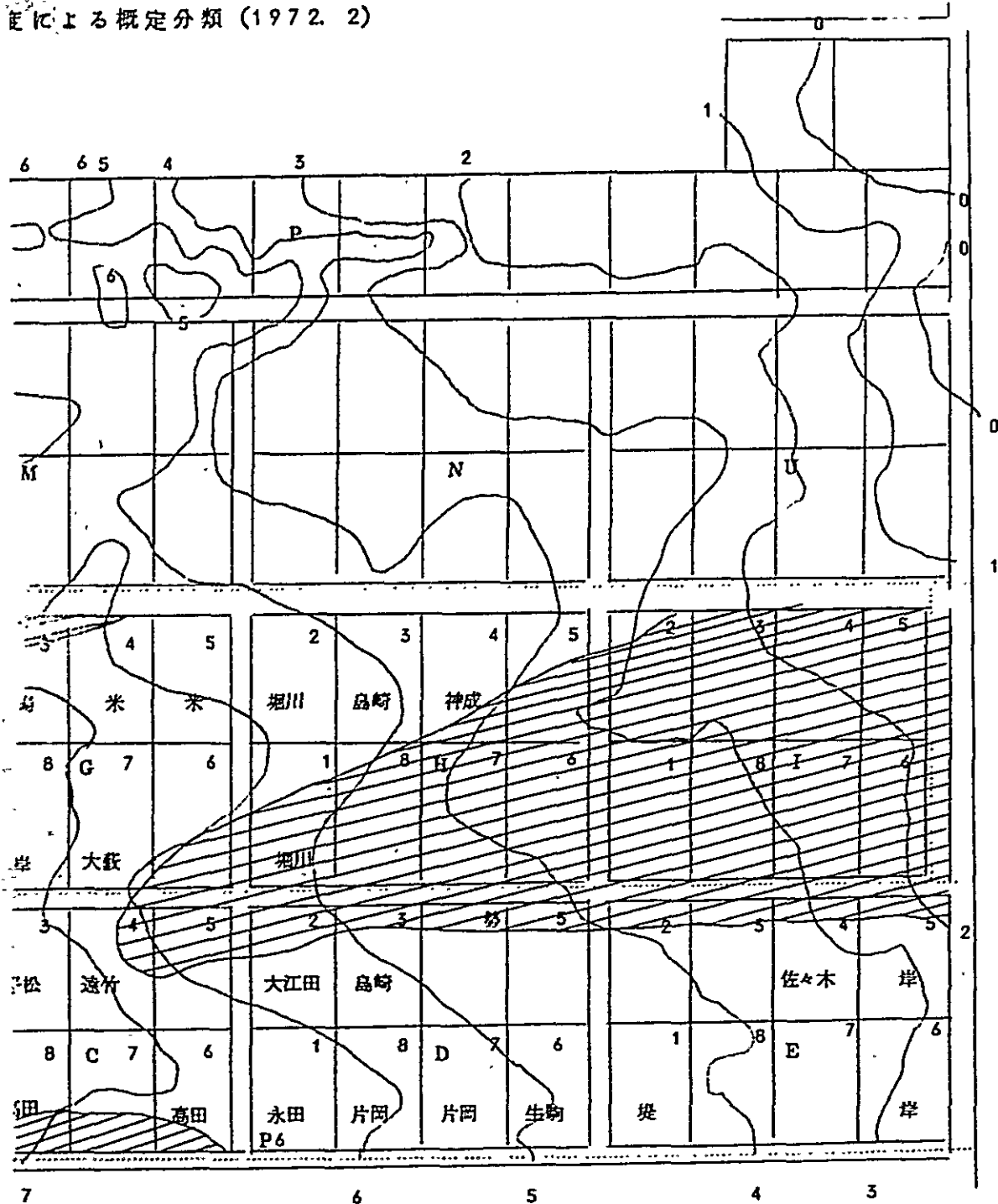
アンデス移住地電気伝導

等高線
(数字は比高メートル表示)

-  E・C・8~16以上のmmhos/cm25℃
-  E・C・8以下のmmhos/cm25℃



図による概定分類 (1972. 2)



V アンデス移住地のかんがい計画

(I) 畑地かんがい計画

年間雨量300mm前後の乾燥地帯にあるアンデス山脈の麓には当移住地の属するメンドーサ州のみでも550,000haのかんがい農業地が存在している。

かんがい地域では、そのかんがい水源水量で作物栽培(ブドウ、モモ、スモモの果樹を対象として)に要する単位用水量で除した面積のみがいわゆる水利権付の土地となっており、このアンデス移住地もアトエル河を水源としてかんがいされる約114,000haの中に含まれるアトエル・スード植民区(10,400ha)の一部に属し、このかんがい水利用はかんがい用水量、給水時間、水路維持管理等すべてメンドーサの慣行、法令に従って行なわれている。

(i) アンデス移住地のかんがい配水と深井戸水量

かんがい区により定められた規定配水量は、ha当り $0.15 \sim 0.3 m^3 / \text{秒}$ (但し、8日8時間の間断で、1日18分の灌水)であるので、かんがい期間の利用水量は $0.45 \text{ ㍉} / \text{秒} / \text{ha}$ となる。

しかるに、地域近傍の標準圃場用水量は、

牧 草	$0.568 \text{ ㍉} / \text{Sec} / \text{ha}$
果 樹	$0.420 \quad "$
野 菜	$0.455 \quad "$

であるので、水路損失20%を考慮すると圃場用水量としては $0.36 \text{ ㍉} / \text{Sec} / \text{ha}$ となり、相当厳しく、蒸発量からみても陸間かんがいであるため1日当り消費量3mmは当地の1日蒸発量から推定すると、絶対量はかなり不足する。このため当移住地では、未入植地の配水分を利用して不足水量を補ってきたが、将来ともこの状態が継続することではないことと、非かんがい期のかん水を考慮して1基当り1時間約 $150 \sim 200 m^3$ の揚水能力をもつ深井戸(120m)4基を地区内に1967年から1971年にかけて設置し、水量不足に対応せしめるべく措置してきた。

(ii) かんがい水質

かんがい水質の規準としては、Irrigation Principles and Practices (V.E.Hansen等)によると表5のとおりである。

(表5) かんがい水質基準

級	E.C.×10 ⁶	全塩分量 mg/L	Na %	ホウ素 PPm
I	0~1,000	0~700	60	0.0~0.5
II	1,000~3,000	700~2,000	60~75	0.5~2.0
III	3,000 以上	2,000 以上	75	2.0 以上

(注)

第I級は凡ゆる場合に殆どの作物に利用可能で適した水である。

第II級の水は良いとは云えるが、塩に敏感な作物に対しては害が出る。

第III級の水は殆どの作物に対し有害で、かんがいには適しない。

なか、含有塩に硫酸塩が多いときには、各級の全塩分量の分級値を50%まで上げて良い。即ち、I級の0~700を0~1,000までとして良いとされている。

フトエル河水の分析値を表7にて示したが、硼素の含有量は示されていないが、一応II級に分級されると判断される。然し、現在までコロニヤにおいて栽培される果樹、蔬菜等にしてかんがい水(河水)による直接の塩害発生例は見られず報告されてもない。

(2) 地区内外深井戸のさく井工法と深井戸水質について

深井戸水質調査の発端は、移住地内の深井戸水がかなりの塩分を含んでいた事、又これを灌水して栽培したトマト等に実害があったとして人植者が頼んだ事にある。

先ず疑いを持たれたのが鑿井工法であった。それは竣工時穿孔と井戸鋼管との間に粘土充填工又はセメントグラウトを施していなかった事から浅層の悪水が混入しているのではないかと言うものであった。

第一に考えられた調査方法は、井戸鋼管の周囲に塩水あるいはフルオレツセイン等の染料を灌水させ、長時間ポンプ揚水し汲み上げ、水中への染料等の有無を調べるというものであった。

この方法は一般的であるが、現場で肉眼等ではその混入の有無を識別できない可能性が強いため、取止めた。

第二に考えた方法は、井戸水を長時間ポンプ揚水し、汲み上げ水の水温、比重、濃度を連続的に測定する。そしてその変化から異質の水の混入状態を調べるというものであった。しかし、これも測定に相当の精度が必要なこと、又内部事情から長時間ポンプを運転することができなかったことから取止めた。

従つて、この調査は第三に考えた方法である。

アンデス移住地近傍には多数の深井戸が設けられている。それらの深さ及び水の特性(水温、比電導度)との比較から移住地内の深井戸の取水の適否をこの地域全体から探ろうというものである。

アンデス移住地並びに近傍深井戸水の比電導度測定調査(図5及び表6からアンデス移住地周辺、特に北側に面しては温度22~25℃、比電導度4~6 mmho/cm 程度の水を出す井戸が多い。この数値は他に比較して極めて高いものであるが、これらが全て浅層水の混入によるものか、あるいはこの程度の帯水層しかないのかは調査からはっきりと判断できなかったが、これらの井戸には浅層水の混入を妨げる工法を施していないものが多い様である。しかし、又4 mmho/cm以下の水を出す井戸にも同様なものが見受けられた。

(i) 近傍深井戸の鑿井工法

鑿井工法から見てもHydraulic Rotary法(泥水セメンティング方式)が多く、それも槽を自動車につけた軽便な機械で行なり。多くは検層を行わず(移住地内井戸についても同様)経験的に穿孔くずあるいは深さによって帯水層を知りストレーナーを挿入している。従って一般には選択取水はほとんど行なわれていないと見てよいようである。

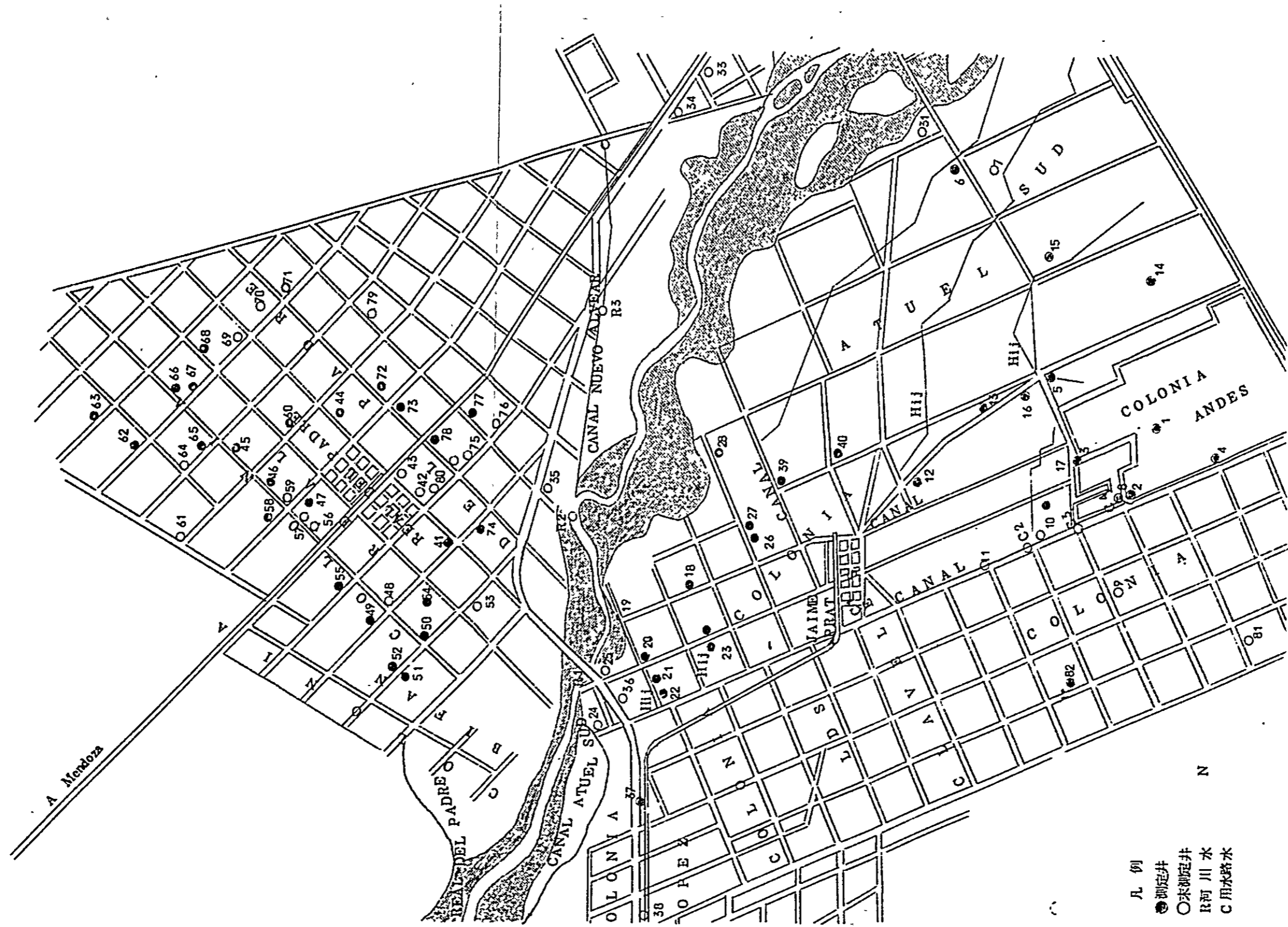
(ii) アンデス移住地内深井戸のさく井工法

アンデス移住地内では新設の第4号井(Hydraulic Rotary法、泥水セメンティング方式)だけが75cm深さ付近をセメントグラウトし、他に第1号井がさく井工法は違りがPercussion法(井戸側圧入方式、Pull Back法か?)を採用しているところから、この両井は十分とはいえないまでも選択取水を行なっていると見てもよいであろう。そして、これら両井戸の水の比電導度が選択取水を行なっていないと見られる第2号井及び第3号井より低いのは偶然ではないであろう。しかし又、図5から23、5、8、12、13、16、18、23、26、37、82の各井戸を穿く地下帯水層に元々地下水の比電導度を高めるある種の原因があることが推定される。

(iii) 深井戸水質の適否

前掲のアメリカ合衆国での一般的な灌漑用水の基準から移住地内4段の井戸の水分析表(表7)を見れば全塩分量、電気電導量は高いが、ナトリウムパーセントは全井戸水共60%以下であり、しかも硫酸イオンをかなり含んでいるので(永久硬度が高く、硬水が多い。)多少不安はあるが、灌漑水としては塩類に抵抗性のある作物を選び、地下水位を低位に保ち、合理的な圃場、そして肥培管理を行なえばある程度使用し得るものであると推定される。

注) アトエル河水即ち用水路水の水温はアンデス移住地内水路で23~24℃、比電導度は時期によって異なるが灌漑期で1.4~1.6 mmho/cm 25℃である。表7に示したIng. Agr. ICHIRO MI ZUNO の分析年月は6月で非灌漑期であり、この時の比電導度は2.5 mmho/cm 25℃と記されていたが、表7には分析時とは別に、灌



凡例
 ● 测定井
 ○ 未测定井
 R 河川水
 C 用水路水

概期に一般的に現われる水温及び比電導度を記したものである。

(表 6) アンデス移住地並びに近傍深井戸水の比電導度測定調査表

図上 番号	25℃換算 比電導度 mmhos/cm	水温 ℃	井深 m	図上 番号	25℃換算 比電導度 mmhos/cm	水温 ℃	井深 m	図上 番号	25℃換算 比電導度 mmhos/cm	水温 ℃	井深 m
1	3.61	23.5	138	29	1.55	23.5	122	57			
2	4.85	23.0	110	30	1.54	22.0	127	58	4.26		98
3	5.10	25.0	165	31	2.61			59			
4	3.09	22.0	118	32				60	5.22	19.0	95
5	5.41	23.5	122	33				61			
6	2.13	22.0		34				62	4.28	20.0	
7				35	1.70	19.0		63	3.82	19.5	
8	4.65			36			110	64			
9			115	37	4.57	21.0		65	2.72	19.0	
10				38				66	2.50	19.0	107
11				39	2.95	19.0		67	4.83	21.0	
12	4.80	25.0	120	40	2.95			68	3.04		105
13	6.18	21.0		41	3.24			69			
14	3.12	21.5	113	42				70			
15	3.60			43				71	4.37	19.0	
16	6.28	22.0	130	44	2.09	18.0	135	72	2.13	18.5	
17	4.20	22.0	130	45	2.00	20.0		73	2.31	20.5	
18	3.15		130	46	1.88			74	2.31	16.0	
19				47	2.04	20.5		75			
20	2.91	18.0		48				76	1.66	17.0	108
21	2.55	17.5	115	49	2.53	19.5		77	3.45	18.5	
22	2.39	18.0	138	50	3.29			78	2.66		
23	3.24		105	51	3.11	18.5		79			
24	1.96	18.5	115	52	1.98	18.0	104	80			
25	1.78	18.5	125	53				81			
26	5.06	18.0	119	54	3.50	20.0	80	82	4.85	24.0	
27	2.76	18.5	112	55	2.82			83	1.74		
28	1.84	20.0	120	56	1.93	19.0		84	2.90		

函上 番号	25℃換算 比電導度 Millimhos/cm	水温 ℃	測 定 地 点	測 定 年 月 日
R1	1.54	27.0	プエンチリアテレン-テレ	1972 1 13
R2	1.53	29.0	リンコンデルインテオ	1972 1 13
R3	1.53	32.0	オーシエ	1972 1 13
C1	1.45	23.5	Seg D.W.	1972 1 12
C2	1.48	23.5	2nd D.W.	1972 1 12
C3	1.48	24.0	3rd D.W.	1972 1 12
C4	1.53	24.0	4th D.W.	1972 1 12

注) Rは川, Cは用水路を表示している。

(表7) アンデス移住地深井戸水及びアトエル河水の分析表

項目	井戸番号		1		2		3		4		アトエル河水	
水 温 ℃			23.5		23.0		24.5		22.0		23.5	
25℃換算 比電導度 Millimhos/cm			4.08		4.85		5.00		8.09		1.60	
ナトリウム-セント (Na) ‰			45.4		89.0		89.5		59.7		31.1	
アルカリ度 me/L			27.6		23.0		2.2		3.8			
P H			7.6		7.50		7.70		7.5		7.3	
ナトリウムイオン Na ⁺	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
	439	19.1	470	20.4	455	19.8	515	22.4	18.3	8.0		
カリウム # K ⁺										15	0.4	
カルシウム # Ca ²⁺	386	19.8	483	24.2	588	29.4	229	11.4	292	14.6		
マグネシウム # Mg ²⁺	45	3.7	94	7.7	71	5.8	45	3.7	33	2.7		
陽イオン計	870	42.1	1047	52.3	1114	55.0	783	37.5	523	25.7		

項目	井戸番号	1		2		3		4		アトエル河水	
硫酸 SO ₄ ²⁻		945	197	1168	243	1218	254	1046	216	780	162
重炭酸 HCO ₃ ⁻		110	18	122	20	104	17	146	24	171	28
塩素 CL ⁺		757	214	920	260	991	280	474	134	270	75
陰イオン計		1812	429	2210	523	2313	551	1660	374	1221	266
105℃ 溶解性蒸気残渣		2724		3302		3475		2502			
分析者		Ing. Qui Ind VIGENTE ASSEAZA		Ing. Qui Ind VIGENTE ASSENZA		Ing. Qui Ind VIGENTE ASSENZA		Ing. Qui Ind VIGENTE ASSENZA		Ing. Agr. IGHIRO MIZUNO	
分析年月		1970年3月		1970年2月		1970年2月		1971年12月		1971年6月	

注) 1. 水質, 比電導度は事業所測定である。測定年月は分析年月と異なるものである。

2. Na 多とは $\frac{Na^+}{Na^+ + Ca^{++} + Mg^{++} + K^+}$ である。

VI アンデス移住地塩害試験報告

(1) 目的

土中の有害塩類の除去と効果につき調査する。

(2) 試験期間

1970～1973年(4ヶ年間)

(昭和44年度～昭和47年度)

(3) 実施の内容と調査項目

(i) B-3 試験圃場

ア) 試験圃場の設定

B-3号ロッテの東側半分5ha

イ) 調査項目

土壌調査
暗渠除塩試験
地下水流出調査等

(ii) H-6 試験圃場

ア) 試験圃場の設定

H-6 号ロツテの西側半分の 4 ha

イ) 調査項目

土壌調査
明渠除塩試験
地下水流出調査等

(iii) ライ麦及びアルファルファによる栽培試験

ア) B-3 区

イ) H-6 区

(4) B-3 ロツテにおける土壌塩分除去並びに地下水位調査

ア) B-3 ロツテの試験区 (5 ha) の設定

(a) B-3 ロツテの地形と土壌概要

地 形 1963年9月、当移住地入植者高田豊太郎氏により入植と同時に、現在、試験圃場に充当されているB-3ロツテ東側半分が整地され、畑面勾配約1/1,000にて北西より南東に向う緩傾斜を有する圃場であるが、極めて高度の塩分含有地であるため、高田氏はC-8ロツテにロツテの交換を行い、以後昨年迄放置されていた処である。

過去6ヶ年間に再生原野と化し疎らにカン木が発生、飛砂により所々凹凸を見るも概して平坦な圃場である。又南面の圃場末端に支線排水路があるため、畑地の勾配と相まって試験圃場としては極めて有利な条件を有する。

試験圃場は本ロツテの東側半分の5haを使用。

土 壌 地下水測定管埋設地点及び各試験区中心部の土壌断面図は図7.11にて示す。

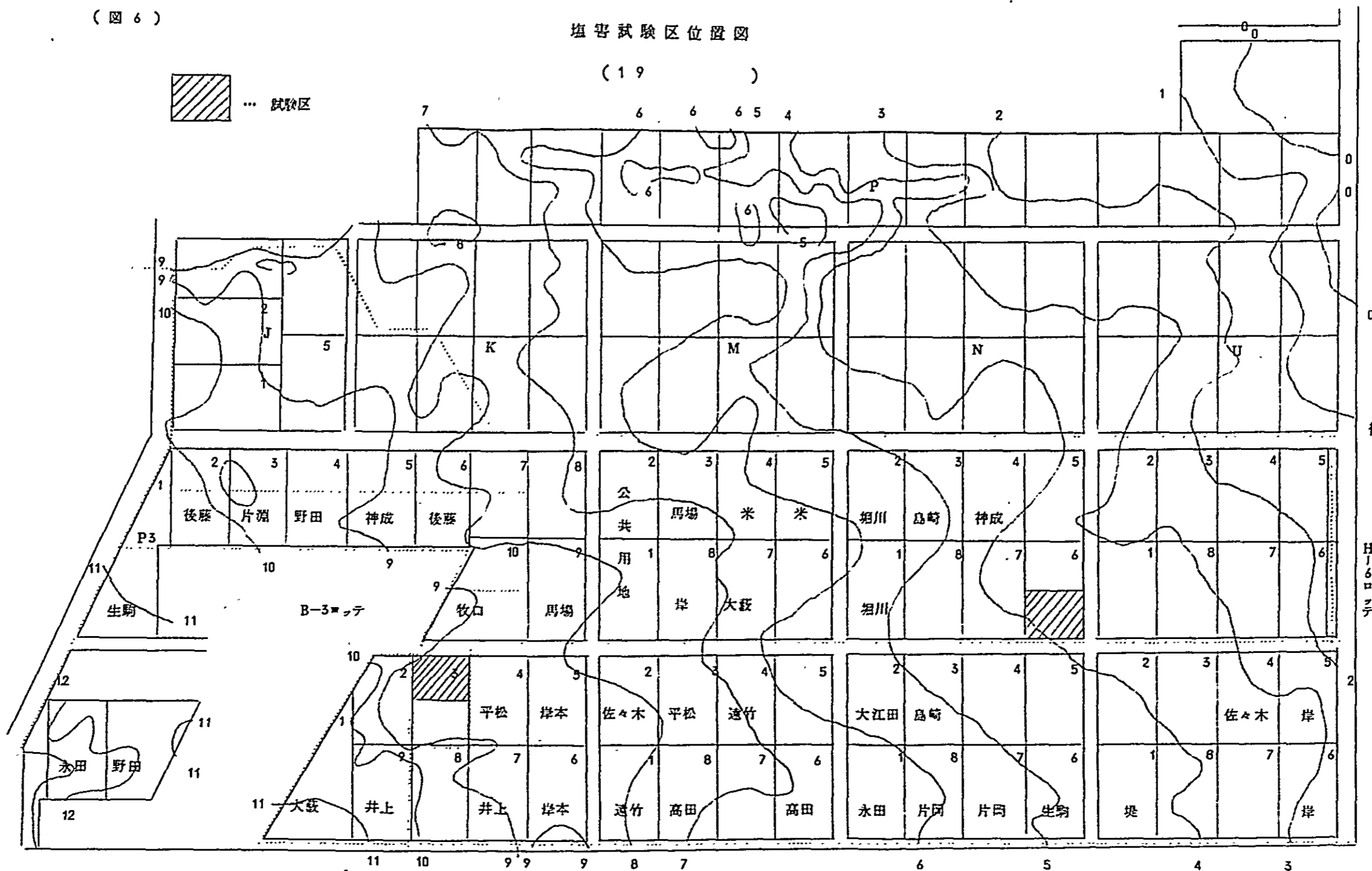
(b) 各試験区の設置目的と内容

圃場内に暗渠を設置した場合のかんがい水による除塩効果を測定することを目的として設置した。殊に暗渠の設置規模による効果の差を把握するため規模を変えて行なうこととした。即ち、B-3ロツテ東側半分5haを4等分し、各区1.25haとし、暗渠排水路(土管乃

(図 6)

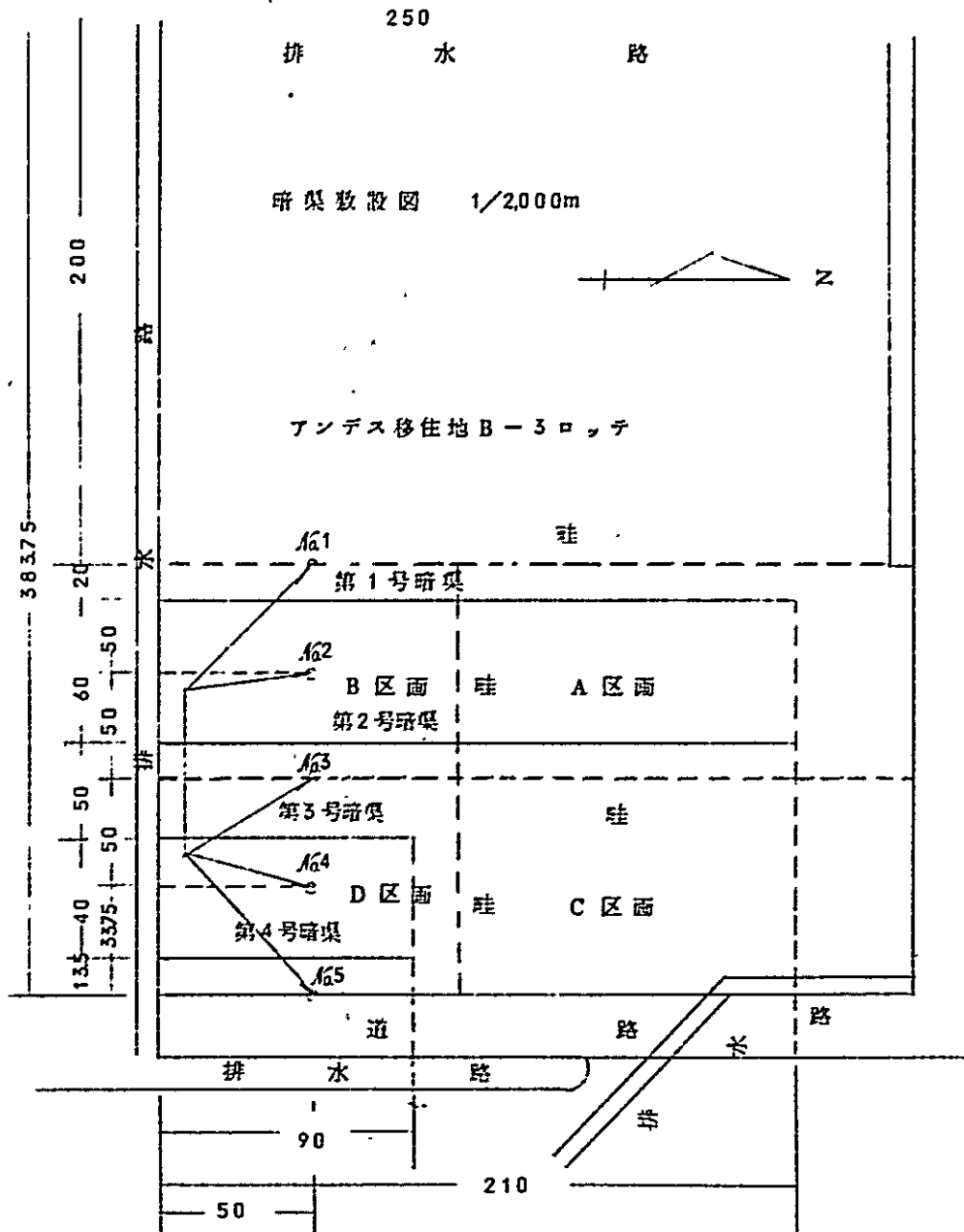
塩害試験区位置図

(1 9)

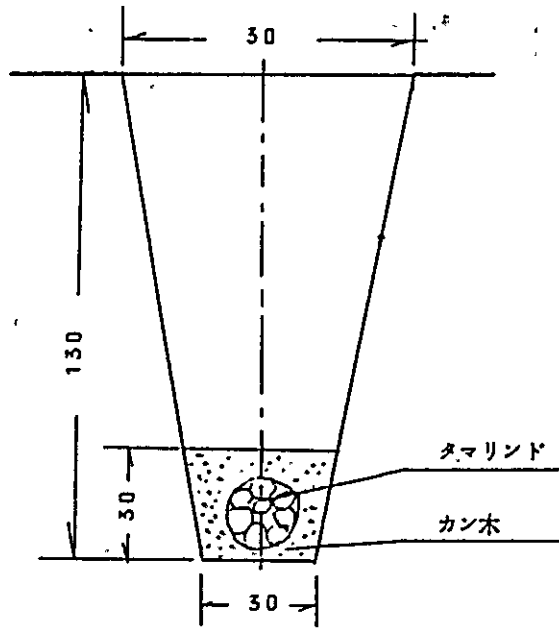


至灌木)を90m2本, 210m2本, 各々の勾配1/500とし渠間40, 50, 60mとして, 深さは暗渠上流端を1.3mとした。(図7, 8, 9参照)

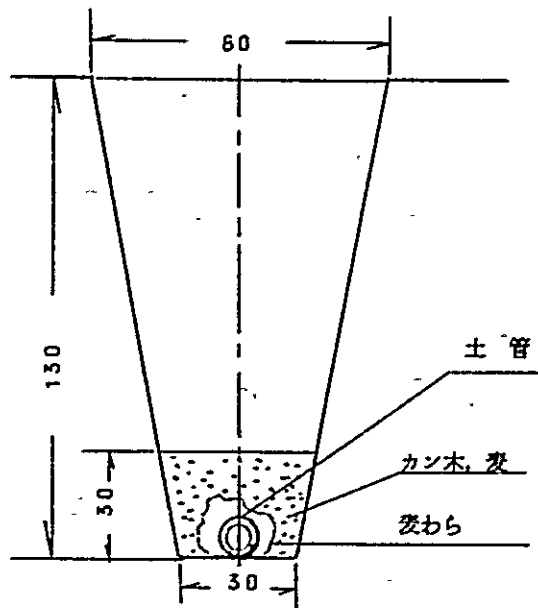
(図7) 各試験区の配置と, 暗渠並びに地下水位測定管設置平面図



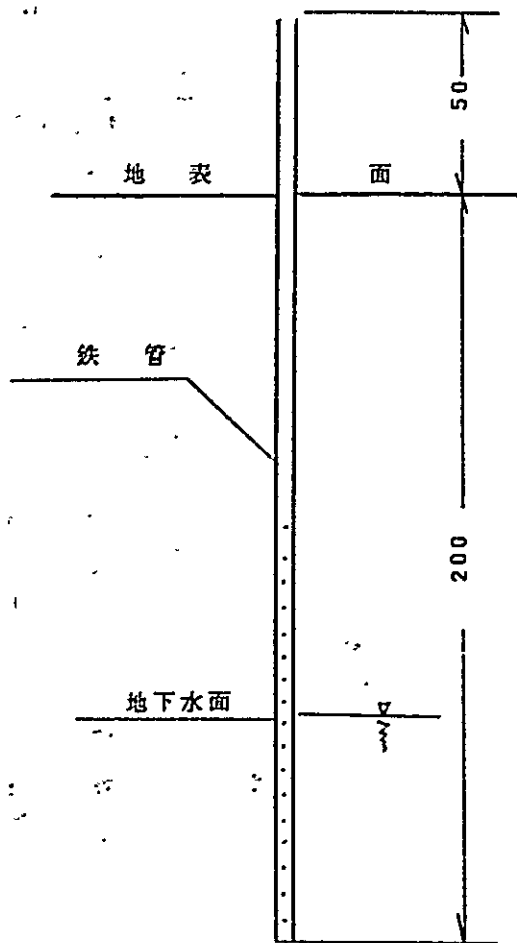
(図8) カン木暗渠上流端断面図 1/20 cm)



(図9) 土管暗渠上流端断面図 1/20 cm)



(图10) 地下水位测定管设置图 1/20 cm



1) B-3 ロットの調査試験内容

a, 土壌調査

a' A, B, C, D各試験区の中心部及び地下水位測定点の土壌断面図並びにC, E × 10³ (ミリモー)

土壌209 蒸溜水1009

上澄液使用

Temp 25℃

(図11)

B-3 塩害試験区上層図

深度	水位測定管 No. 1		水位測定管 No. 2		水位測定管 No. 3		水位測定管 No. 4				
10	砂	C・E値 ミリモー 1.2	砂	1.4	砂	1.6	砂	3.0			
20	土		土		土						
30											
40							土	1.1			
50											
60	塩	5.9	砂	1.0	砂	4.9	砂	砂			
70									塩	塩	塩
80									土	土	土
90							土	2.8			
100		6.7					土				
110	土		土	1.1	塩	4.3	砂	砂			
120											
130											
140											
150	砂		粗	1.1	粗	2.9	粗	2.0			
160									塩	塩	塩
170				地下水位		地下水位	砂				
180	粗		砂		砂			地下水位			
190	砂										
200											

(cm) の測定結果を下に示す。

及び電導度測定表

4.5.12.15

水位測定管 No. 5		A 区		B 区		C 区		D 区	
砂	1.8	砂	1.8	砂	4.2	砂 土	1.9	砂	1.2
壤		土		土		砂壤土			
壤土	1.8	壤土			6.1	壇	4.7	土	2.0
砂		壇	5.2	壇		土		砂	
壤	3.2	土	6.8	土	6.2	砂壤土		壤	
土		粗		粗 砂		粗	1.9	土	3.4
壇壤土			地下 水位	砂壤土	地下 水位		地下 水位	粗	地下 水位
粗	2.7	砂	4.9	粗	5.4	砂	1.7		1.6
砂				砂				砂	
	地下水位								

b' A, B, C, D各試験区の層別(層中心部)の土壌分析

表8

資料 番号	調査点		深さ cm	PH actual	C・E micro mhos	Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺	Na ⁺
						土壌100g当り			m ^g
15799:	Punto	A区画	0-5	8.5	340	1,064	202	596	
800:	"	"	15-20	9.2	800	572	208	3,940	
01:	"	"	65-70	8.8	870	1,100	338	7,800	
02:	"	"	120-125	8.3	330	1,090	446	5,440	
03:	Punto	B区画	0-5	9.0	1,300	896	118	6,060	
04:	"	"	55-60	8.6	1,500	1,408	702	8,760	
05:	"	"	145-150	8.3	940	1,478	468	4,040	
06:	Punto	C区画	0-5	8.3	310	1,188	182	340	
07:	"	"	35-40	9.6	370	92	28	1,610	
08:	"	"	80-85	8.2	400	1,144	286	760	
09:	"	"	125-130	8.2	300	1,336	118	272	
10:	Punto	D区画	0-5	8.4	330	1,056	218	510	
11:	"	"	25-35	8.5	850	968	338	4,848	
12:	"	"	55-60	8.8	920	1,056	338	5,860	
13:	"	"	130-135	8.0	290	1,232	104	162	
15814:	Desagua	no 1		8.0	1,400	1,434	478	4,680	

(分析はアルゼンチン国 Consultores y Asesores de Empresas Agropecuarias による。)

C' 測定器材

- 棒状水銀温度計

Termometro Quimico "FRANKLIN"

- 携帯用電導度計

東亜電波工業CM-3M型 電極CG-210P型 CV-201S型

(b) 暗渠除塩試験

(海水除塩)

a' 試験概要

A, B, C, Dの各試験区に2回に亘って等量の水をかん水し、この2回のかん水による塩分の排除効果を判定するため、かん水前とかん水後に各区の地下水位測定点の土壌を深度別(0~20, 50~70, 100~120, 150~170 cm)に採取し、その土壌溶液の電気導度を測定した。

b' 灌水時期と灌水量

第1回 46年2月12日

灌水深 0.3 m 1区 12,500 m² (流量 0.15 m³/sec)

灌水量 1区当 0.3 m × 12,500 m² = 3,750 m³

灌水時間 3,750 m³ / 0.15 m³ × 60 sec. × 60 m = 7時間

第2回 46年2月25日

灌水深 0.3 m 1区 12,500 m² (流量 0.24 m³/sec)

灌水量 1区当 0.3 m × 12,500 = 3,750 m³

灌水時間 3,750 m³ / 0.24 m³ × 60 sec. × 60 m = 4 ¹/₃ 時間 = 4時間20分

c' 試験区灌水除塩処理前後の土壌塩分濃度 (10³ mho 25°C)

(表9)

	No1	No2	No3	No4	No5	A	B	C	D
灌水前 (A)	1	12	14	16	30	1.8	4.2	1.9	1.2
	2	59	10	49	1.1	18	5.2	6.1	4.7
	3	67	1.1	43	28	32	6.8	6.2	1.9
	4	40	1.1	29	20	27	4.9	3.9	1.7
	計	17.8	4.6	137	89	95	18.7	19.9	10.2
灌水後 (B)	1	15	02	12	04	12	2.7	1.0	5.2
	2	07	19	50	33	59	5.9	1.5	5.7
	3	39	25	48	24	67	5.2	7.0	1.8
	4	27	23	27	23	53	2.7	4.9	1.9
	計	88	69	137	84	19.1	16.5	14.7	14.6
A-B	9.0	△23	0	05	△96	2.2	5.2	△4.4	△105

(註)

① 土壌採取深度

深度	1	2	3	4
深さ cm	0~ 20	50~ 70	100~ 120	150~ 170

② No1, No2~No5は地下水位測定点の土壌採取。

③ A, B, C, Dは各試験区を示す。

d) 考 察

$A > B$ 脱塩効果認められる。

$A \leq B$ 脱塩効果なし

と判断される。

一方、試験圃場内に設置された4本の暗渠排水溝のうちA1土壌暗渠より排出された悪水の塩分濃度を電導度測定した結果 9×10^3 mho を示した。

供給水と悪水との差 $9 - 1.6^5 = 7.3^5 \times 10^3$ mho

であることより相当量塩分の排出が認められる。

然し乍ら、前記の灌水前後における塩分濃度比較表において部分的に灌水後における塩分濃度の上昇がみられる。

此の現象は長期間無灌水状態でおかれた圃場に2度程度の灌水による洗滌では土性により浸透不十分であり、塩分上昇、降下現象がみられ、必ずしも平均的脱塩状態を示さぬものと思料される。暗渠排水路の位置と除塩効果の関係では、暗渠の位置からして効果の順序は、 $B > D \geq A > C$ となる筈であるが、灌水前後の各区の各層電導度合計差からみると、 $B > A > C > D$ となっていて必ずしも一致しない。

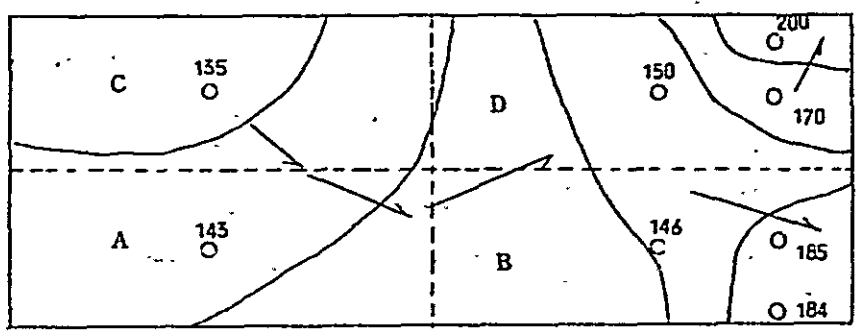
D区において特に脱塩効果を逆にした理由としては、

- ① 暗渠の勾配が1/500あり、やゝ急であった上、地盤が沈下し、第3・4号暗渠ともに末端部陥没し、供給水の地下浸透を上廻る表面からの直接流出があった。
- ② 従って、十分な土壌洗滌ができなかった上、他区(殊にC区)上層部塩分の流入があったためと考えられる。B区に関しては、予想どおりの脱塩効果顕著であった。

(C) 地下水の流出方向調査

各区の中心部及びA1.2.3.4.5の各地下水水位測点の地下水水位から、地下水等高線を作成すると下図の如くなり、おゝむね施工前地表の地形と一致することがみられた。

(図12)



(c) 除塩効果の生について

試験区A区における同区間の植生は鹽を好むが、特に塩害地に強いといわれる Retortuno Sampa Vidriera 類が多かったが、試験の進行と共に鹽地により耐性の灌木類は一掃され、後徐々に発生した植生をみるに塩害地には余り発生をみない mnenita-Pichana の発生をみるに至った。特に脱塩効果の顯著であったと見られるA、B両区において著しい。又灌水後含有塩分の総量において逆に増加を示した。D区においても morenita の発生が多かった。

(5) H-6 ロットにおける土壤塩分除去並びに地下水位調査

ア) H-6 ロットの試験区 (4 ha) の設定

(a) H-6 ロットの地形と土壤概要

地形 本ロットの西側H-7ロットの境界より西に200m、東に200m計4haを試験圃場に設定した。西側に幹線排水路が存在するため時集排水に都合がよいが、圃場は原野の状態にあり、北西より南東に向け約1/300の勾配を有するも、本ロット東側半分の造成工事時整地された土砂が西側に遺棄されているため長年月の間に極めて凹凸の多い複雑な地形となっている。

細部については、整地後高低測量図(図13)を参照されたい。

土壤 本試験区の土性は土壤柱状図(図18)から知られるように、表層30~40cmには砂土、その下層には埴土、更にその下には透水性の良い粗砂質の砂土となっている。土壤表面には、白色塩の微細な結晶が存在し、Saline Soil の特性的な一面を示す。図18にも示されているが、土壤溶液の電気導度は表層15~5ミリモーターであるが、下層は3~4ミリモーター以下となり低くなっている。即ち、下層から表層に向っての塩の集積が行なわれている。

(b) 各試験区の設置目的と内容

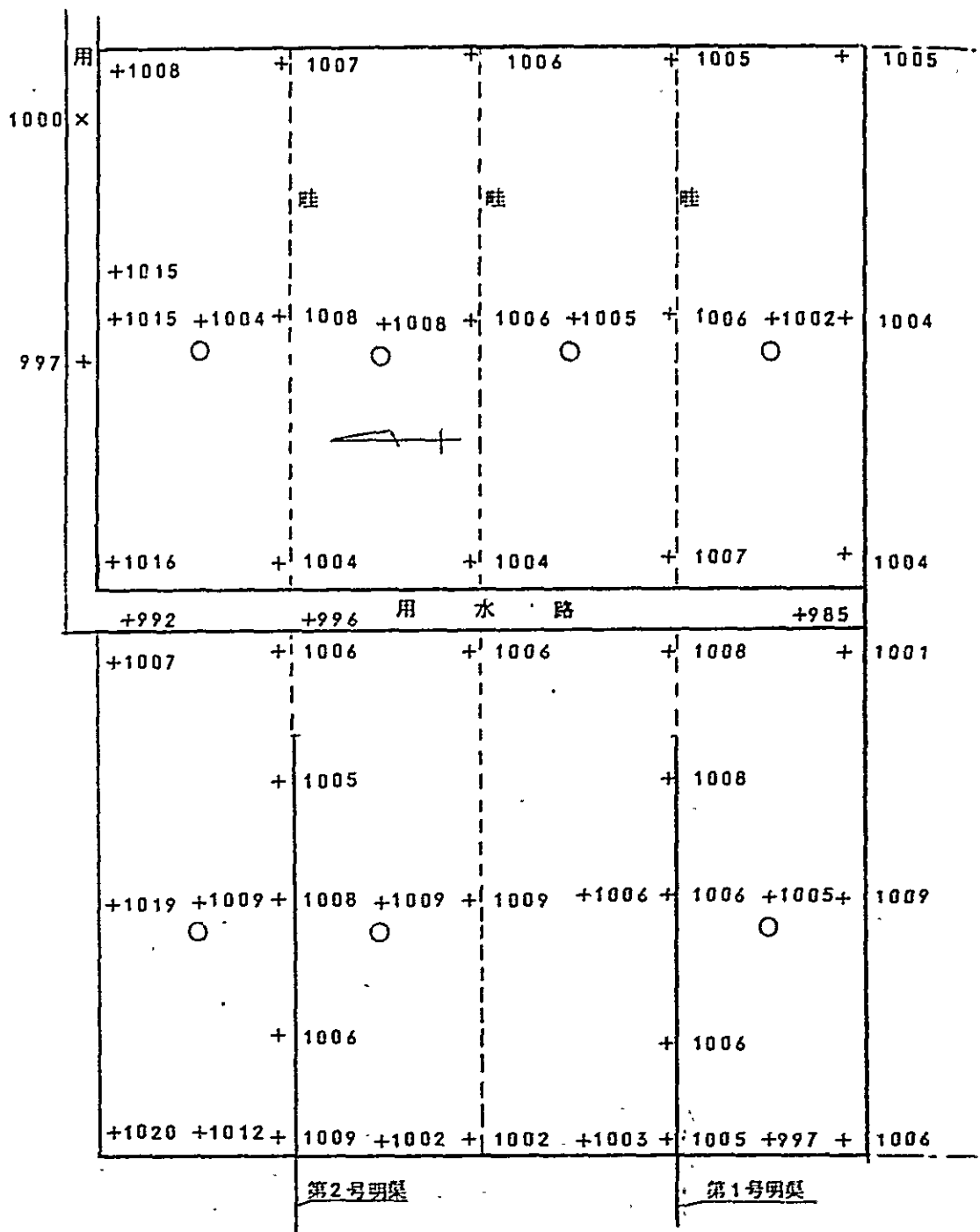
本試験区は、明渠及びボーリングと非ボーリングによるかんがい除塩効果を判定しようとするもので、明渠を図14のように設けた。

試験区総面積 4 ha

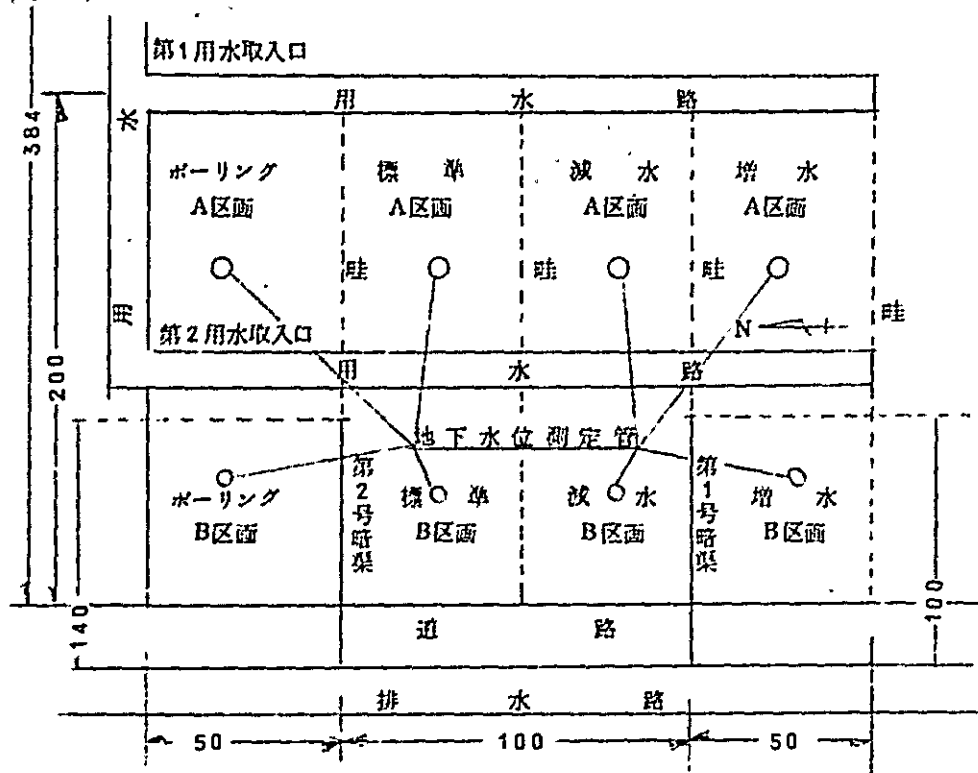
試験区

区分	区数	1区面積	内容
ボーリング区	2 A B	0.5	2m x 2m間隔に排水用ボーリング深さ1.5m行ない、穴に砂をつめる。灌水は標準区と同じ。
標準区	2 A B	0.5	16日間断にて0.3mづつ2回灌水(非ボーリング)
減水区	2 A B	0.5	16日間断にて0.15mづつ2回灌水 # (#)
増水区	2 A B	0.5	8日間断にて0.3mづつ3回灌水 # (#)

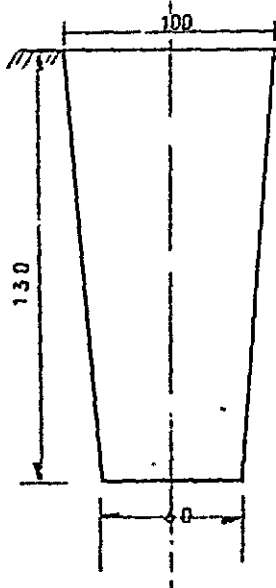
(圖 13) H-6 試驗圃場 整地後高低測量圖



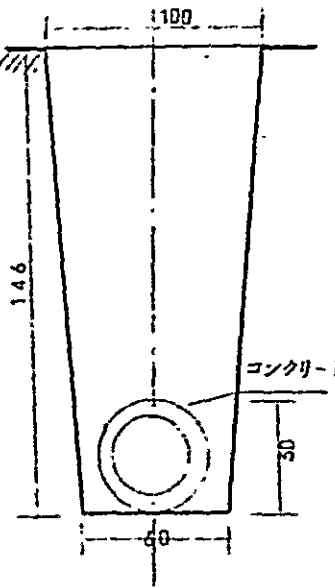
(圖14) 各試験区の配置と明渠並びに地下水位測定管設置平面図



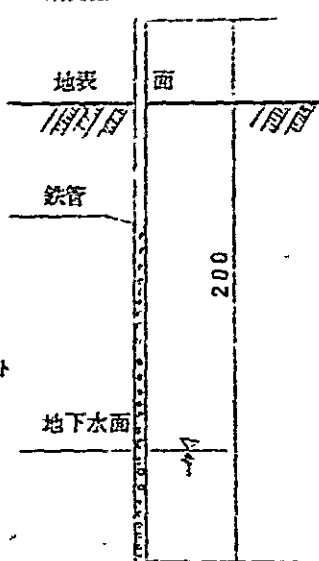
(圖15) 明渠上流端断面図 (cm)



(圖16) 道路部分1部暗渠断面図 (cm)



(圖17) 地下水位測定管埋設断面図 (cm)



(イ) H-6 ロッテの調査試験内容

(図18) 各試験区中心部の土質断面とC・E×3

(a) 土質調査

測定方法 風 土塊20g : 蒸留水100gの上澄液使用,

液温 25℃

使用計器CM-3M 電極CG-210P

Range I

	ボーリングA		標準 A		減水 A		増水 A	
	土性	CE	土性	CE	土性	CE	土性	CE
10	砂	15.0	砂	13.0	砂	7.1	砂	
20	土		土		土		土	
30			土					
40	埴						砂	
50		7.0	砂	5.0	埴	6.2	埴	
60	土		埴		土		土	
70			土					
80								
90	砂				埴		埴	
100			埴	4.4		6.0	土	
110	埴	5.5			土		(粘土)	
120	土		土					
130								
140								
150	粗	2.4	粗	3.8	粗	2.2	粗	
160								
170								
180	砂		砂		砂		砂	
190								

(ミリモー/cm)の測定結果

45.10.20

ボーリングB		標準 B		減水 B		増水 B	
土性	CE	土性	CE	土性	CE	土性	CE
埴 土 (重粘土)	7.8	砂 土	4.9	砂 土	2.0	砂 土	13.5
	7.0	砂 壤 土	5.3	砂 壤 土	3.1	砂 壤 土	3.4
砂 壤 土	1.7	粗 砂 壤 土	4.0	埴 土	5.9	埴 土	4.6
粗 砂	1.5	粗 砂	2.2	粗 砂	2.3	粘 土 壤 土 粗 砂	2.9

(b) 明渠除塩試験

a' 試験概要

圃場の塩分洗滌を多量の供給水を用いて行なり事はB-3試験圃場と同様であるが、本圃場においては、供給水量を試験区により加減し、供給水量に対する脱塩効果を比較する事を目的に下表の如き灌水方法を実施した。本試験においては、3回灌水したが(但し、3回灌水は増水区のみ)、この灌水による塩分除去の効果を判定するため、灌水前、灌水後(3回実施後)各区中央部の土壌を深度別(0~20, 50~70, 100~120, 150~170cm)に採取し、その土壌溶液の電気電導度を測定した。

b' 灌水方法

区分	第1回 (2月4日)			第2回 (2月23日)			第3回 (2月23日)		
	灌水時間	灌水深	間断日数	灌水時間	灌水深	間断日数	灌水時間	灌水深	間断日数
ボーリング区	時間 分 6:25	0.3 m	16	時間 分 :	- m	-	時間 分 5:30	0.3 m	16
標準区	6:25	0.3	16	:	-	-	5:30	0.3	16
減水区	3:10	0.15	16	:	-	-	2:50	0.15	16
増水区	6:25	0.3	8	5:40	0.3	8	5:30	0.3	8

註, (1) 第1回供給水 $0.13 m^3/秒$, 第2回 $0.14 m^3/秒$, 第3回 $0.15 m^3/秒$

(2) 供給水のE・C・は $1.65 \times 10^3 mho$ である。

c' 試験区灌水除塩処理前後の土壌E・C・ ($10^3 mho, 25^\circ C$)

(表10)

	A 区				B 区				
	ボーリング	標準	減水	増水	ボーリング	標準	減水	増水	
灌水前 (A)	1	15.0	13.0	7.1	6.0	7.8	4.9	2.0	13.5
	2	7.0	5.0	6.2	6.0	7.0	5.3	3.1	3.4
	3	5.5	4.0	6.0	8.0	1.7	4.0	5.9	4.6
	4	2.4	3.8	2.2	2.9	1.5	2.2	2.3	2.9
	計	29.9	26.2	21.5	22.9	18.0	16.4	13.3	24.4
灌水後 (B)	1	16.0	16.0	3.2	8.6	7.9	3.4	1.5	2.1
	2	9.4	6.6	12.1	9.7	7.6	7.6	1.9	2.0
	3	4.4	3.2	10.0	8.9	4.6	3.5	5.8	9.1
	4	4.2	3.0	5.6	7.5	1.2	2.6	4.9	7.1
	計	34.0	28.8	30.9	34.7	21.3	17.1	14.1	20.3
A-B	△ 4.1	△ 2.6	△ 9.4	△ 1.8	△ 3.3	△ 0.7	△ 0.8	4.1	

(註)

① 土壌採取深度

1. 0~20cm
2. 50~70
3. 100~120
4. 150~170

d) 考 察

本表によると殆ど全区において（B区増水区を除き）灌水後における塩分総量が灌水前のそれを上廻る結果となった。

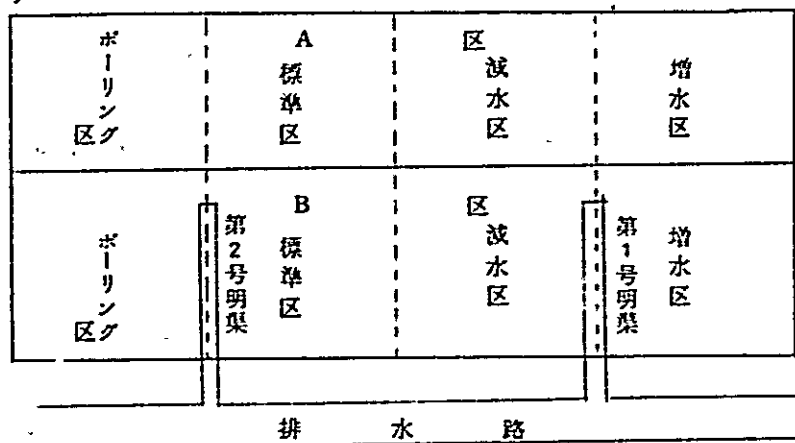
表10にて試験区によっては土壌深度4層の電導度の変化が灌水による低下を認められぬのはB-3試験区同様、短期間の洗滌では均一な塩分流出が行なわれぬものと考えられる。従って減水区、増水区にても顕著な脱塩効果の差異が認められない。然し乍ら、排水の塩分含量比が極めて大であることより長期に亘る灌水洗滌により必ず脱塩効果を示す事は明らかである。

本試験区には、図10に示す如く2本の明渠排水溝が設置され、その影響が大と考えられるのは当然B区である。

前記表10によるA・B各区試験圃場における灌水前後の土壌各層の電導度合計より次の事項が推定される。

- イ 明渠施工区は無施工区に比し、脱塩効果が顕著である。特に第1, 5表を併せ見た場合上層土の脱塩が良く行なわれたが、總体的に塩分が中・下層に移動したため、B区増水区を除き灌水後の塩分総量が灌水前を上廻った。
- ロ B区における脱塩効果は供給水量に比例している。但し、ボーリング区においては、整地作業時表面土壌を移動したため、不透層が露出し、塩分の地下浸透が妨げられ脱塩効果が認められなかった。
- ハ A区においては灌水量と脱塩量との間に比例的効果は認められぬも表9によると塩分の下層への移動が顕著である故、長期間の灌水を行なう事により脱塩を促進させる事が可能であろう。

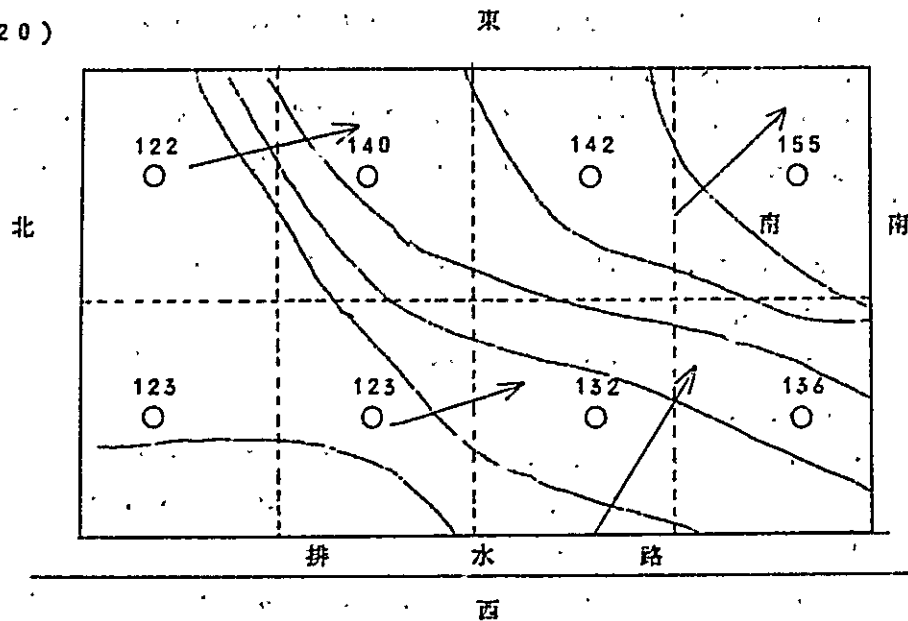
(図19)



(c) 地下水の流出方向調査

各試験区の中心部の地下水位測定値の地下水位から、地下水等高線を作成すると図20の如くなり、こゝも地下水流出方向は、むね施工前地表の地形と一致することがみられる。

(図20)



(d) 除塩試験後の植生について

本試験においては、B区増水区、減水区、標準区において *morenita* の発生が大であり、ボーリング区においては *Retortuno Sampa* が発生し始めた。

A区においてはB区に比し、塩性植物の発生が少なく、減水区、増水区に比較的 *morenita* が多く発生し、ボーリング区には *Retortuno Jume* が発生している。

上記結果から判断するに、電導度測定による塩分濃度は部分的に湛水後において増加を示した圃場においても植生観測においては脱塩効果を認められる圃場もあり、今後 *Alfalfa* 栽培により詳細な観測を続行して行きたい。

(6) ライ麦及びアルファルファによる栽培試験

(ア) 試験目的

明粟及び苜蓿かんがい試験後における各試験区の土壌中の塩類等の洗滌効果を植生により判定しようとするものである。

(この試験は既設2試験圃場における継続試験であり、これはライ麦及びアルファルファによる栽培試験結果報告である。)

(イ) 試験方法

(a) ライ麦及びアルファルファの混播

既設B-3, H-6試験圃場に1 ha 当りライ麦10Kg, ライ麦12Kgを1971年4月上旬に混播した。

(b) 灌 水

水利局から配分される水を当地慣習に従ってほぼ8日8時間ごとに灌水した。

(c) 刈 取

刈取は1m×1mの部分刈取とし、1972年1月上旬行なった。

a' 刈取方法

ライ麦はほとんど穂ばかりであり、アルファルファもほとんど生えていなかったため、ライ麦は地上部全てを刈取り、アルファルファは本数を記すだけに止めた。

b' 刈取地点の取り方

B-3試験圃場はライ麦刈取地点表示図21の示す通り5斜段上約11m置きに1点(1m×1m)1区画20点とした。

両圃場とも1 ha 当り40点の刈取地点となる様に考慮した。

c' 秤量測定

刈取ったライ麦の風乾重量と草丈別本数を秤量測定した。

(ウ) 試験結果の処理

a ライ麦刈取地点別に風乾重量と草丈別本数を記録し、風乾重量等集計表11, 12に整理した。

b アルファルファ

刈取地点別本数を記録し整理した。

(エ) 考察及び結論

この試験は既設2試験圃場における継続試験である。本年は収量試験ということでライ麦とアルファルファを混播し、既に設置してある明渠排水工、ホーリング工等による収量の違いからそれらの塩類等の洗滌と集積防止の効果を探ったものである。

(a) B-3試験圃場

a' アルファルファ

アルファルファはほとんど生えていない状態であった。

b' ライ麦

ライ麦は推定風乾物重量集計表11の示す通り一応明渠排水工が敷設されている区画、

3, 2, 4, 敷設されていない区画1の順となった。しかし丈も低く正常に成育したとは認め難い状態であった。

c' 試験区の土性と塩分の分布

試験区の土性及び塩分分布を見ると表層50cm位までは区画3, 2そして1の一部は砂で塩分はほとんど認められないが, 4及び1の一部は粘土で塩分はかなり認められる。

d' 効果の有無

区画3, 2そして4の一部敷設された暗渠排水工が塩類等の洗滌と集積防止にどれだけ効果があったかと言う問題に数値で答えることは非常に難しい。この問題には多くの要因例えば土壌、灌水条件等を考え合わせる必要があり、一概にライ麦の推定風乾物量が前記bの順であったから、その重量の差が効果であるとも断言できない。勿論排水理論と多くの実例から効果があつて当たり前であるが、この試験からは明確に結論づけることはできない。

(b) H-6 試験圃場

a' アルファルファ

ここにもライ麦とアルファルファを混播したのであるが、B-3 試験圃場同様アルファルファはほとんど認められなかった。

b' ライ麦

ライ麦は推定風乾物重量集計表12の示す通り、暗渠排水工及びボーリング工を施した区画1, 5, 6, 7, 8よりそれらの施されていない区画2, 3, 4に多く認められた。灌水、標準、減水区の差別は水管理の都合から行ない得なかった。

c' 試験区の土性と塩分の分布

土性と塩分分布に関しては、ライ麦の推定風乾物重量が特に少なかったボーリング工区画1, 8は表層50cm位までは粘土で、塩分がかなり集積しているがその他の区画は砂質土壌であつて塩分の集積はほとんど認められない。

d' 水掛り

ライ麦の推定風乾物重量が排水工を施した区画1, 5, 6, 7, 8より施していない区画2, 3, 4の方が多かった要因の一つとして水掛りの良し悪しがあると推定される。

ライ麦刈取地点表示図22の示す通り、区画1, 2, 3, 4のため水路は区画5, 6, 7, 8のための水路より先取りする形であり、更に2本の給水路は狭まれる形となる。どうしても水掛りは区画5, 6, 7, 8より優位に立つ。

e' 排水

地下水の流去方向は必ずしも全てが排水路方向には向はず、一度は停滞もしくは全く逆

方向へ向い、下層で幹線排水路に繋がる等の複雑な動きをし、従って区画5、6、7、8よりむしろ区画1、2、3、4の方が排水状態が良かったのではないかと推定される。

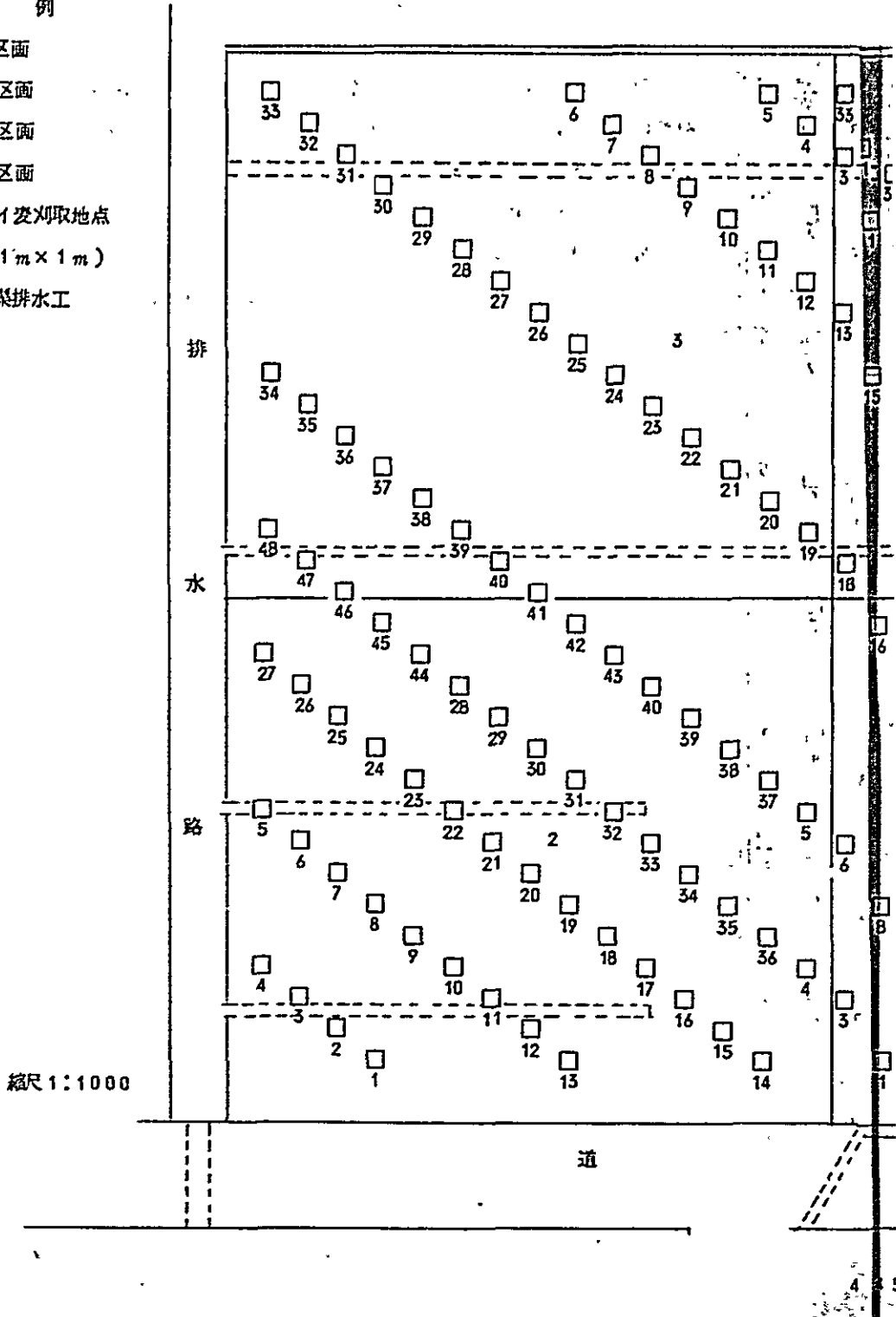
(C) 明渠排水工と暗渠排水工との比較

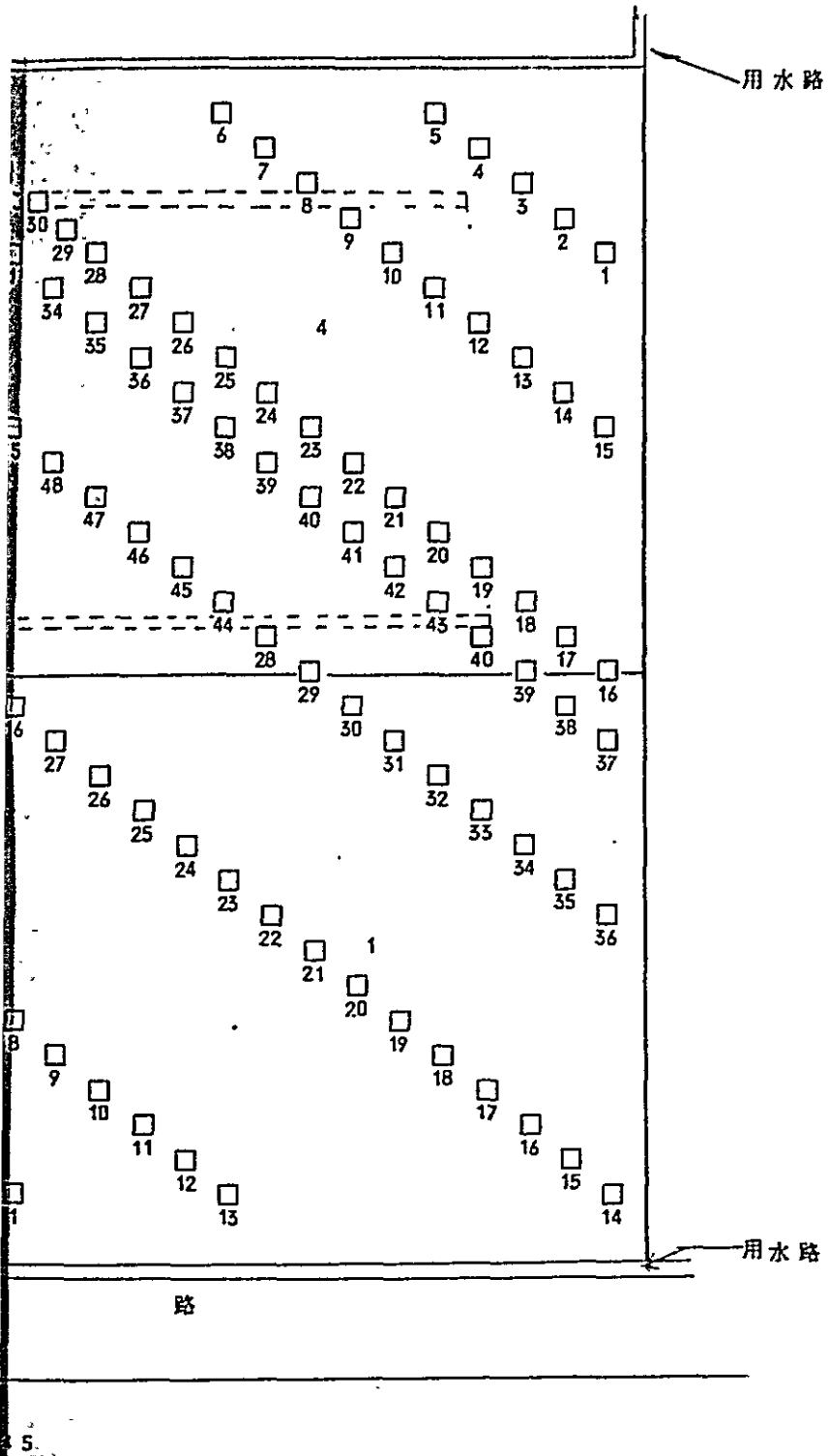
土壌溶液の比電導度及びNaCl換算塩分量から各試験区画表面50cmの土壌溶液の比電導度を面積加重平均によって求め、ライ麦推定風乾物重量と対比させると図23となる。

ここでは2系統の相関々係が感じられる。H-6系は明渠排水工であり、B-2系は暗渠排水工である。この図表限りでは一見H-6系の明渠排水工の効果の方が大きいように見えるが、先にも触れた如く土壌、溜水等の条件が均一であったかどうかは難点があり、この図表、又この試験だけから直ちに明渠排水工の方が土壌中の塩類の洗滌と集積防止に効果が大きいとい言ひ難いようである。

(图 2 1.) ライ麦刈取地点表示図 B-3 試験圃場

- 凡 例
- 1. C区画
 - 2. D区画
 - 3. B区画
 - 4. A区画
 - ライ麦刈取地点
(1m × 1m)
 - === 暗渠排水工





用水路

用水路

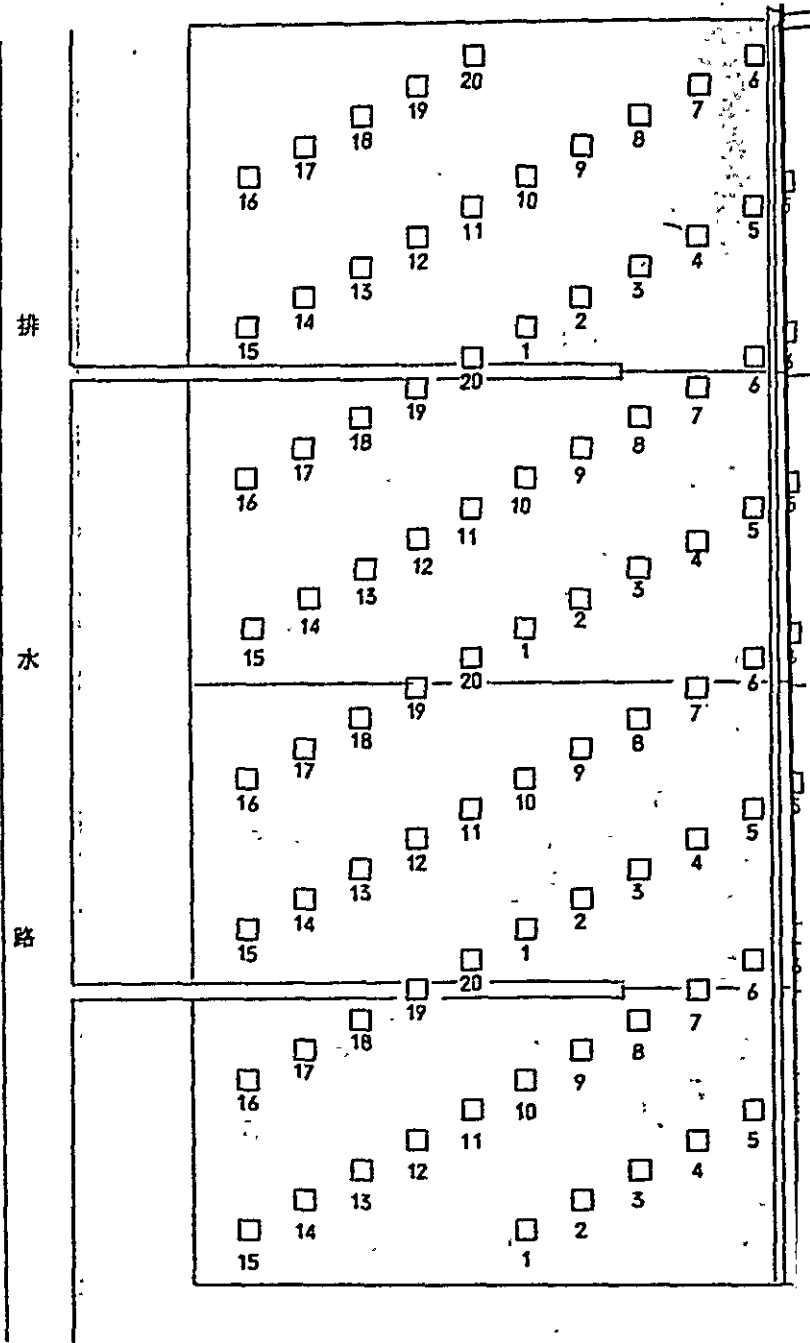
路

5

(図22)

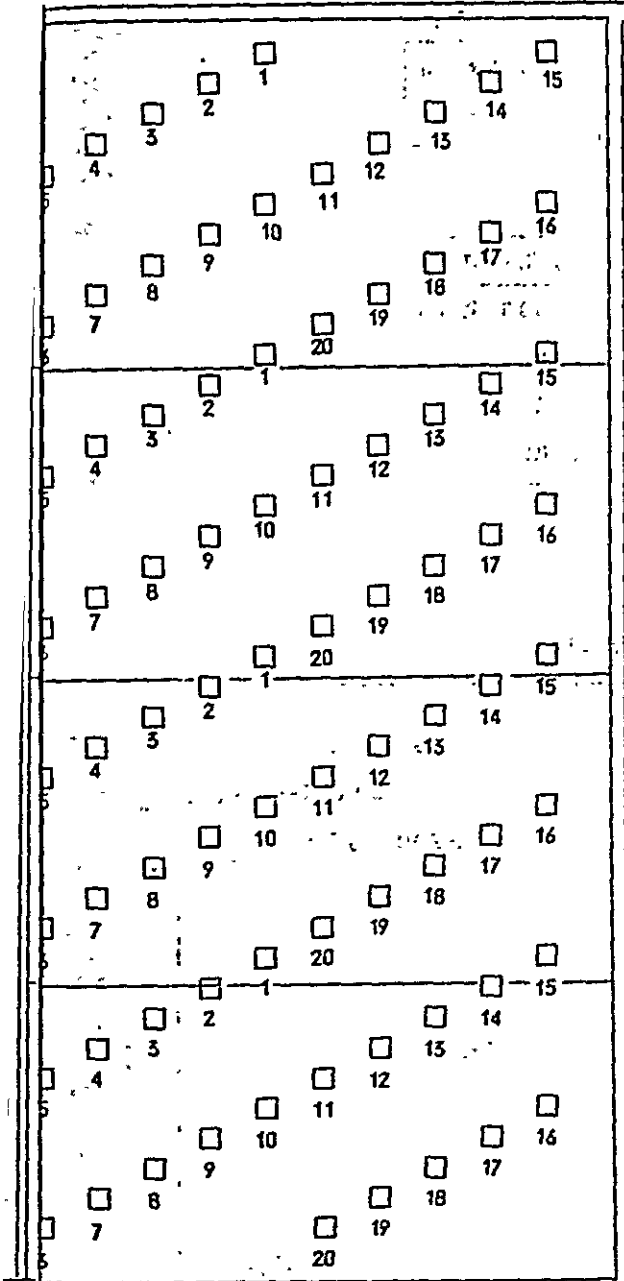
ライ麦刈取地点表示図 H-6 試験圃場

- 凡 例
- 1. ホーリングA区画
 - 2. 標 準 A区画
 - 3. 減 水 A区画
 - 4. 増 水 A区画
 - 5. 増 水 B区画
 - 6. 減 水 B区画
 - 7. 標 準 B区画
 - 8. ホーリングB区画
- ライ麦刈取地点
(1m×1m)



縮尺 1:1000

用水路



ライ麦推定風乾物重量集計表

B-3 試験圃場 (表11)

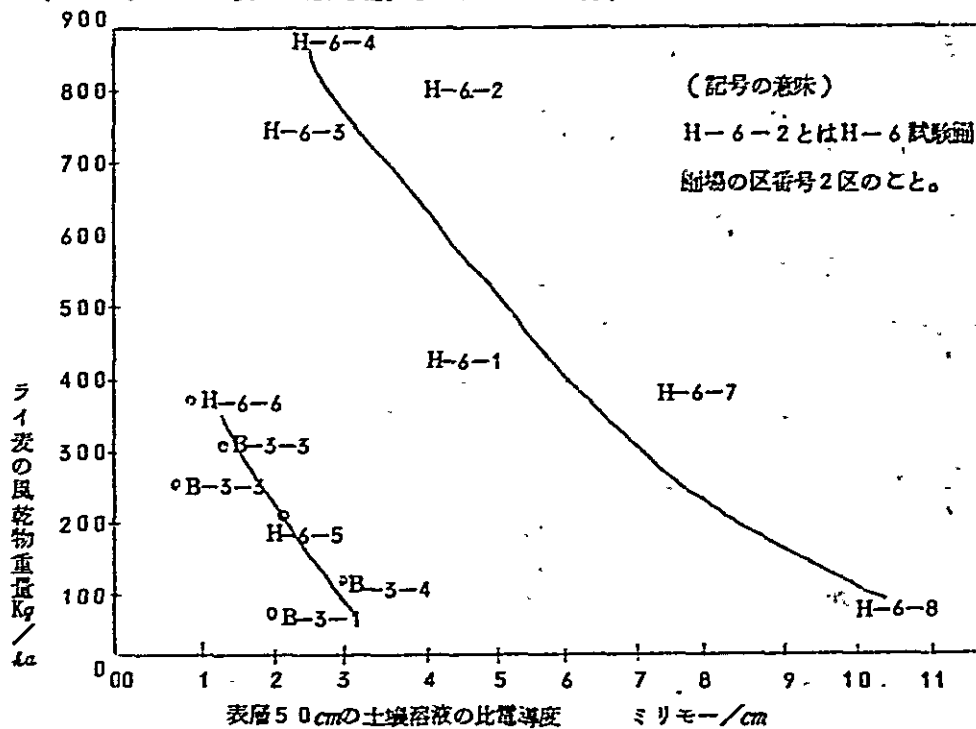
区画番号	推定風乾物重量	区画番号	推定風乾物重量
3	384.376g/ha	4	71.875g/ha
2	257.500	1	67.500

H-6 試験圃場 (表12)

区画番号	推定風乾物重量	区画番号	推定風乾物重量
8	55.000g/ha	1	415.000g/ha
7	317.500	2	790.000
6	367.500	3	777.500
5	225.000	4	890.000

注) それぞれ刈取地点表示図を参照すること。

(図23) ライ麦の風乾物重量と土壌溶液の比電導度



(二) 結 論

(a) 深井戸水の適否に関する調査考察及び結論から

アンデス移住地内及び周辺では120m前後の深さの井戸が多く、この深さの範囲では実際にはほとんど行なわれていないが、鑿井式術が向上し正確に電気検層を行ない得て良質の帯水層が存在することが判明したとしても、飲料用なら死も角、灌溉用としては現有移住地内深井戸の揚水量(0.03~0.05 m^3/sec)は少な過ぎると推定される。

従って、セメントグラウトして換気吸水したとしても灌溉用として3 millies/cm以下の比電導度をもつ十分な水量を得ることは量的に困難である。しかしその水質は当地域の一般的水準からみて、左程わるいものとは考えられない。

(b) 土壌中の塩分々布に関する調査考察及び結論から

現在作付耕作されている圃場には、粘土低地帯にかかる部分を除いて溜水量が現状程度で、しかも既存の排水量の保全に常に留意するならば今後ほとんど塩類等の現状以上の集積はないと見てよいであろう。

但し、溜排水はあくまでバランスの問題であるから、溜水の質及び量が変われば新たな均衡を保つ施設が必要になるであろう。

(c) 塩類等の洗滌と集積防止に関する試験「ライ苺及びアルファルファによる栽培試験」考察及び結論から

試験設定と管理が非常にラフであったため正確な資料を得られなかった感がある。明暗渠両排水工の優位性も必ずしも認め得なかった。しかし一般に排水工を土地に合理的に施すならば地下水位を低下させ、地表水の混入を増大させることは実際的にも又理論的にも既に知られているところであるからこの試験は試験として意味はあるにしても、移住地を全体的に見て排水工なり除塩工を如何に施せば効果的か、あるいは又溜水量に加えて洗滌水量を如何に確保すべきかを先ず考えるべきであったと反省される。除塩のために排水工は確かに必要である。特に粘土低地帯には欠くべからざるものである。しかし、前記した如く溜排水はバランスがとれている事が重要であって、溜水の集水状況、地下水位の変移等から試験区排水施設等を決すべきであった。

あ と が き

アンデス移住地周辺は非常に自然災害の多いところである。風、霜、雹、塩、干ばつの害がそれである。これらの問題を一つ一つ解決して行かない限り安定した農産物の収穫は望めない。

風は圃場をポプラの防風林で囲み、霜は更に燃焼法か燻煙法を行なって防げる可能性はあるが、雹はいまのところ確証はないが金網を張る位しか防ぐ手段がない。塩の集積の問題は合理的な排水

と十分な灌水によって解決されると見通されるが年間降水量200~300mm, 水利局から配分される灌溉水量は深さにして1.3~2.6mm/日の割合である現状では, 合理的な排水施策を講じたとしても十分な塩分洗滌のための水量が得られない。むしろ干ばつを防ぐために耕作面積を少なめにするのが精一杯である。

アンデス移住地の水不足は塩害の問題と同様移住地創設当初からの問題であり, 現在も尚この問題に悩まされている。所得増大のために年々作付耕作面積が増大していることと, 第2次開発地区処分に伴って起こるであろう配水時間の縮少とから灌溉用水量の確保こそ本移住地の目下なすべき当面の急務である。

VII Saline and Alkali Soils についての参考資料

- (1) (Irrigation Principles and Practices ... D.W. Israelsen & V.E. Hansen 著 より抜粋)

土壌中の塩問題

過剰塩類やアルカリ及び乾乾の発生は, 乾燥地域の不毛の原因である。塩類及びアルカリ土壌は乾燥地域の土壌の特性であるが, 乾燥地域にこれらの土壌が一般的に分布しているとは限らない。

塩類及びアルカリ土壌の矯正, 又は現在かんがいされている肥沃な土壌地帯の塩類集積の防止は, 乾燥地域農業にとって最も重要な問題である。Saline Soil は過剰塩類を含み, このため土壌溶液の塩分濃度は植物の生長を阻害し, 土壌の肥沃度を低下させている。Alkali Soil とは, 土壌に加剰の水溶性塩類を含んでいるもの又は, 含んでいないものもあるが, 必ず土壌に置換性ナトリウムを過剰に含んでいるものを云う。

気候と土壌 塩類

乾燥気候地域の土壌には, 比較的多量の可溶性塩分を含んでいる。これに対し, 湿润気候地域では降雨により, 多量の水が土壌を浸透し, 土壌中の多くのミネラル物質を河川, 海に流出せしめる。

乾燥気候地域の僅かな降雨では, 水量としてもこの地域の土壌を深く浸透するにも十分でない。乾燥地域の降雨(閃雷水又は雨水)により水が土壌中を浸透する最大の深さは, 土性や降雨時間, そのときの降水量にもよるが25cmから1.0m位である。乾燥地域における土壌に水分が深く浸透しないことと, この地域の蒸発水分量が過大であることの故に, 植生に有害な可溶性塩分が土壌中又は土壌表面に集積する。したがって, Saline Soil 又はAlkali Soil の基

本的な生成因は、土壌に対するかん水量（降水量）の不足である。

可溶性塩類の母材と集積

鉱質土壌は、多くは岩石の風化によって生成される。土壌母岩の化学的組成と塩集積の間には密接な関連がある。塩を含む母岩から直接生成された土壌は一般に過剰塩を含む。

作物栽培に利用される前に過剰塩を含まなかった乾燥地域の土壌のあるものは、畑地かんがいを行なっている間に、過剰塩を含むかんがい水の利用により農業生産に不適な土壌になっている。かんがい地域の土壌には、塩類が多量に流入し又排除されているが、この過程で塩類の集積が行なわれる。1エーカー、1フィートの水深のかんがい水中には0.1～5屯の塩分が含まれる。

地域によっては、1かんがい期間に水深2フィートしかかん水しない処もあり、又ある地域では、夏が長く高温のため5フィートも灌水する。後者の場合に、若し排水施設がなければ年間1エーカーの土地に1～10屯以上の塩をかんがい水が加えたことになる。

土壌から塩を除去する最も効果的な方法は、水を土壌中の植物根域を通過させることである。しかし、これもかんがい水の含む塩の方が除去される塩よりも多いと塩の集積がおこる。塩類の集積ひいては作物生産の低下を防止するため、かんがい農業では土壌に塩をもたらすことを極力さげなければならない。

ある地域では限られたかんがい水量で多くの面積に灌水しようとするため土壌は、地下数フィートしか湿められない。又ある地域では、地下水位が地表近くにあるため、根域土壌からのかんがい水の通過を妨げるか又はおそくしている。地下水位の高い土壌では、含塩地下水の上昇が土壌表面に塩の集積を継続的に惹起する。

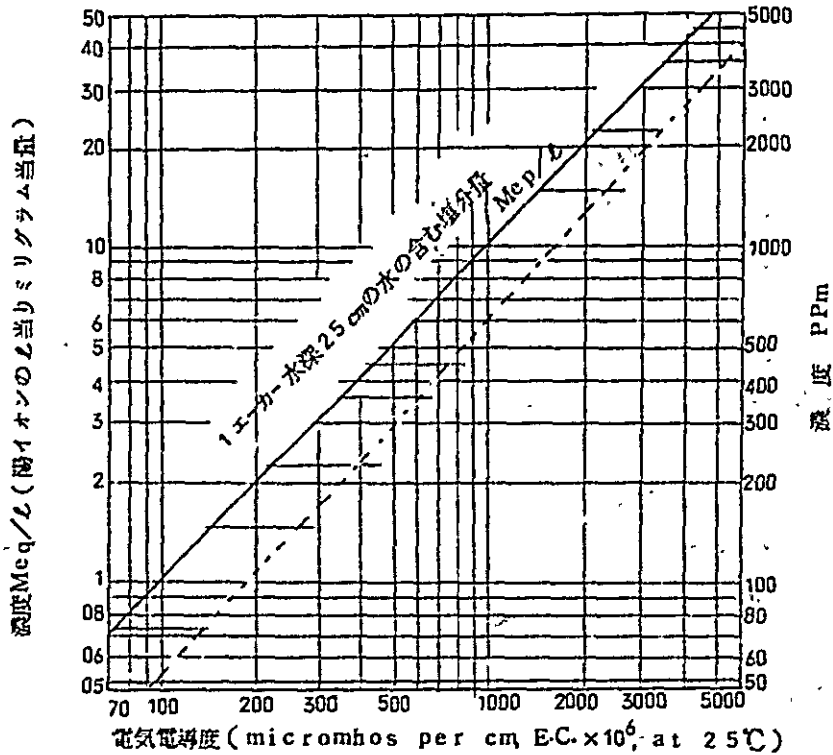
塩濃度と電気電導度との関係

土壌溶液又はかんがい水中の含塩量は一般にPPM, ミリグラム等量/L (MEQ/L), 電気電導度 ($EC \times 10^6$) の何れかで示される。電気電導度はポータブル型の電導度計で農場でも実験室でも測定できるので簡便に表示できる。電気電導度と塩濃度の関係は図Aにより示す。

専門用語

“Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil” において “United States Regional Salinity Laboratory” は定義を含め60の専門用語を示しているが、このうち最も使用頻度の高い専門用語を次に示す。

かんがい水の電気電導度と塩分濃度



Alkali Soil ;

可溶性塩のかなりの量を含んでいるか又は含んでいないものもあるが、何れにしても置換性ナトリウムによる飽和度の著しく高い土壌。

Alkaline ;

PH7以上の“塩基性”土壌反応を示すものの化学的用語であって、PHは水素イオン濃度の対数の逆数で表示されたもの。PH7が中性。

電気電導度 (E.C.) ;

電気抵抗の逆数。抵抗は導体の1平方cmのオーム値で示されるから、電気電導度は1cm当りのオームの逆数乃至1cm当りモ-で示される。

Equivalent Weight (EQ) ;

グラム当量を単位として表示したもので、例えばNaの場合は Na^+ であるから23, Ca^{++} の場合には $40 \div 2 = 20$ をもって、測定されたNa, Caの量を除して表示する。

置換性ナトリウムパーセント (ESP) ;

$$ESP = \frac{\text{置換性ナトリウム量 (ミリ当量/100gの土壌)}}{\text{置換性陽イオン量 (ミリ当量/100gの土壌)}} \times 100$$

NON-Saline Alkali Soil ;

置換性ナトリウムパーセントが15以上、土壌浸出液の電気伝導度 (E・C) が4ミリモー/cm (25℃) 以下で、PHが8.5~10の間にある土壌。

Saline Alkali Soil ;

E・C・4ミリモー/cm (25℃) 以上で、置換性ナトリウムパーセントが15以上、PH (Saturated Soil Paste) は8.5をこえるものもある土壌。

Saline Soil ;

E・C・4ミリモー/cm (25℃) 以上で、置換性ナトリウム15以下、PH (Saturated Soil Paste) は通常8.5以下の土壌。

土壌反応, PH ;

PHは土壌の水素イオン濃度を示すものであり、これは土壌の酸性、アルカリ性の表示に長く用いられた。PHが7.5~8.0は、通常土壌にマグネシウム又はカルシウムの炭酸塩が含まれることを示す。8.5以上になると普通はかなりの置換性ナトリウムを含むことを示す。

Saline Soils ;

この土壌は、E・C・が4ミリモー/cm以上であって、ESPが15以下であり、この土壌はHilgardsの "White Alkali" Soil に相当する。

適当に排水して可溶性塩を溶脱せしめると、土壌はNON-Salineの普通の土壌となる。

Saline Soilは灌漑水の適用による塩の集積によって又は地下水の上昇運動によって、或いはその両者の働きで普通の土壌から発達するようである。

Saline Soilの化学的特性は、土壌が含む塩の種類と量に決定され、土壌の塩類は、土壌溶液の濃度や浸透圧を左右する。

ナトリウムを可溶性陽イオンの半分以上含むことは稀である。

土壌溶液中のカルシウムとマグネシウムの相対的な量にはかなりの変異がある。

可溶性及び置換性カリの含有量は通常値かであるが、時には過剰に存在することもある。主要な陰イオンは塩素イオン、硫酸イオン又は、時には硝酸イオンである。

PHが8.5又はそれ以下であると少量の重炭酸塩があるかも知れないが、可溶性炭酸塩は通常含まれない。

易溶性の塩を加えることによって Saline Soils は、硫酸カルシウム、炭酸カルシウム、炭酸マグネシウムの如き難溶性塩を比較的含むことになる。

過剰塩の存在のため又かなりの置換性ナトリウムの欠除のため Saline Soils のコロイドは著しく凝集し、好ましい土壌構造を生成し、気水の透過性を改善する。

然しながら Saline Soil のあるものは、非常に透過性が低い。

Saline-Alkali Soils

電気伝導度が 4 mmho/cm 以上で置換性ナトリウムが 15% 以上の土壌は、Saline - Alkali Soils といわれる。過剰の塩類をもつ土壌ではその概観や性質において一般に Saline Soils に類似する。過剰の塩類を持つ条件では、PH はほとんど 8.5 以上にはならずコロイド粒子は凝集したままである。もし石こうが存在しない状態で過剰の易溶性塩類が適時下方へ流されるとしたらこれらの土壌の性質は、著しく変化し Non-Saline-Alkali Soils と類似してくるであろう。土壌溶液中の塩類濃度が低いとき置換性ナトリウムの一部は水和して水酸化ナトリウムを形成する。水酸化ナトリウムは二酸化炭素と反応して炭酸ナトリウムに変化する。その結果、土壌は強アルカリ性 (PH 8.5 以上) になり、コロイド粒子は分散する。このため土壌は不透水性及び耕作しにくい構造を有するようになる。ナトリウム塩が再び増加すると、PH は低下しコロイド粒子は凝集状態に戻るが、過剰塩類と置換性ナトリウムが鋤床より除かれるまで Saline-Alkali Soils の管理は問題になる。

Alkali Soils

土壌の置換性ナトリウムが 15% 以上含まれ、電気伝導度が 4 mmhos/cm の土壌は、PH は一般に 8.5~10 の範囲の値をとり、Alkali Soils といわれる。これらの土壌は Hilgard の "black alkali" soils に相当する。多くは半乾燥、乾燥地帯に不連続な小区域の分布をなして発生し、これは "Slick Spots" といわれる。石こう又は他の易溶性カルシウムが存在しない場合を除き Saline-Alkali Soils の灌溉及び洗滌は土壌を Alkali Soils へと変化させる。このような土壌の過剰塩類の除去には置換性ナトリウムの加水分解を伴い、少量の炭酸ナトリウムの形成を導き、土壌有機物は多量に分散し、土壌粒子を覆う。そのため黒色を示す。土壌が多少の有機物を含むときその表面は真黒になる：それ故 "Black Alkali" といわれる。

凝集作用を促す塩がない場合には、一部ナトリウムで飽和されている粘土は、多量に分散し、土壌中を下方へと移動し下層に蓄積する。その結果、表層数インチは比較的粒子は粗く、可塑性となる。しかし、粘土が蓄積している層は密度が高く、低透水性である。Alkali Soils の物理的、化学的性質は主に置換性ナトリウムの存在によって決定される。置換性ナトリウムの

比率が高くなるに従い土壌はより分散し、PHは増加し10にもなる。Alkali Soilsの土壌溶液中の、可溶性塩類は比較的低い、Saline Soils 又は普通の土壌と著しく異なる成分をもつ。陰イオンは主に塩素イオン、硫酸イオン、重炭酸として存在し、炭酸塩も少量生成される。高PHで又炭酸イオンの存在でカルシウムとマグネシウムは沈殿するので、Alkali Soils の土壌溶液は通常これらの陽イオンを微量含む程度であり、ナトリウムイオンが多い。いくらかのAlkali Soils においては多量の置換性及び可溶性カリウムが存在する。

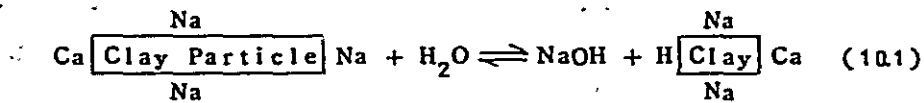
Saline, Saline-Alkali 及び Alkali Soils の条件

	俗名	Salt Index	Sodium Index	Hydrogen Ion Index	改良法
		土壌浸出液の E.C. × 10 ³ / cm	置換性ナトリウムパーセント	PH	
Saline	White Alkali	> 4	< 15	≤ 8.5	塩分を溶脱させる。
Saline-Alkali		> 4	> 15	一般に約8.5	塩分の溶脱が必要であるし可能。しかし塩分の除去がすすむにつれて、土壌粒子の分散と透水性の低下をおさえるためにナトリウムを置換しなければならない。
Alkali (Sodic)	Black Alkali	< 4	> 15	一般に 8.5 ~ 10.0	ナトリウムによる土壌の分散のため透水性が低下するので、このためナトリウムを置換しなくてはならない。ナトリウムを置換すると塩の溶脱は進行する。

註、 アルカリ土壌の表面に黒色の皮殻が形成されるのは、有機物が存在するときのみであるので、有機物含量の低いアルカリ土壌に使用してはならない。

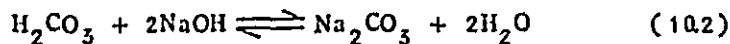
塩類質土壌の化学

次式は上述した事をまとめたものである。式中 (Na) はナトリウムイオン、(H) は水素イオン



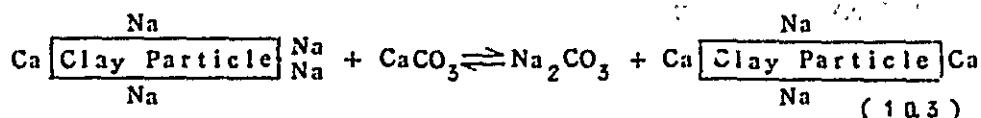
ナトリウムやカルシウムを持つ粘土粒子は、加水分解を受けやすい。ナトリウムイオンが水素イオンと置換し、ナトリウムイオンが水分子と結合する時水酸化ナトリウム (NaOH) が形成され

る。そして二酸化炭素 (CO_2) が気相中に存在する時、水と直ちに反応し炭酸 (H_2CO_3) が形成される。しかしながら、直ちに水酸化ナトリウム (NaOH) が炭酸 (H_2CO_3) と反応するので、炭酸ナトリウム (Na_2CO_3) が形成されることになる。



炭酸ナトリウムは、洗滌で除々に除去され土壌は、ナトリウムイオンと置換した水素イオンにより占められるようになる。この水素イオンの増加は、PHの低下を促す (PHは、水素イオン濃度と逆相関の関数である)。

土壌が炭酸カルシウム (CaCO_3) 又は石こうを含むときカルシウムは土壌溶液中に溶出する。この可溶性カルシウムは普通の土壌に変わる洗滌過程においてナトリウムと置換する。



ナトリウムイオンを他のイオンに置換する際の土壌処理には、次のものが使用される。

石こう ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Soil Sulfur (S)

硫酸 (H_2SO_4)

Concentrated line sulfur solution ($\text{CaSx} + \text{H}_2\text{O}$)

dry line sulfur (CaSx)

これらを使用する際は有用性、コスト、溶解性を考慮して決定すべきである。

土壌中の塩類の動き

もし排水され得る土壌で土壌中の水分が維持される事ができるなら — 例えば、水が連続的に下方へ移動するなら — 灌漑畑の塩類濃度に関する問題は比較的小さいであろう。

十分な排水路を持った連続的な下方への水の流れは、植物が水分及び養分を補給する場としての土壌の上層数フィートの可溶性塩類の含量を除々に減少させる。しかしながら、十分な排水路なしでは下層に流れた水は下層の孔隙を満たし、水層をつくる。灌漑期間中に水層があることは蒸発がはきている土壌表面への毛細管現象による水の上方への流れにとって好ましい。上方への水の移動に伴って運ばれる可溶性塩類は、蒸発することができない。それ故、土壌表面に沈澱する。そのようにして沈澱した塩類は、下層の塩類質土壌の層に由來すると思われる。土壌の表層数フィートに分布する塩類のこの濃度が塩類に関する重大な問題を引き起す。

水層の影響

灌漑畑では時々、高収量には土壌表層数フィートの水層の維持が有利であると指摘される。

土壌表層近くの水層からの好ましい水分の供給は、作物の高収量の原因となる。しかし、一般にアルカリ性塩類が生じる地域では、低生産性の原因が塩類濃度のみならず、水層からの水の供給によっても収量の低下を招く。

、 土壌表層の下に水を保持しておく事は重要課題であり、強調されすぎる事はない。

上層に位置する水層の管理

上層の水層がもつ危険性にもかかわらず、上層の水層を含む適切な土壌管理は永続的に高収量をもたらす事ができる。必要なことは、成育期間を通じて軽い小まめな灌水を行なう事である。スプリンクラーによる灌水はこの条件に適している。成育期間、特に灌水をしすぎるという事に注意を払わなければならない。さもなければ、鋤床に水層を生じさせる結果となる。休耕中においても土壌から過剰の塩類を除去する為に、1~2回又はそれ以上の灌水が必要であろう。適時の水層の発生は、永年作物にとっても深刻なダメージを与えないであろう。

作物は、上層の水層よりの水をかなりの割合で利用するので、灌水による水量は少なく済み、コストが少なくてよい。それ故、程良い上層の水層を発生させる事は経済的である。しかし、生産性を高い水準で維持する農業を営む上に良い管理が必要である。結局、水層の位置について経済的な深さは土地管理、作物、灌水のコストに依存する。

土地改良の為の基本的なステップ

灌漑地帯における塩類のコントロールは、次の方法を単独又は組合せて実行する事により行なわれる。

- (a) 表層の塩類蓄積層を崩す。
- (b) 表層の塩類蓄積層を除去する。
- (c) 他の塩類又は酸を用いて中和する。

塩類土壌やアルカリ土壌等の永久的な改良は、次の4つの基本的なステップが必要不可欠である。

- (a) 水層の深さを適度に下げる事。
- (b) 透水性を良くする事。
- (c) 土壌から過剰塩類を洗い流す事。
- (d) 土壌管理を適切に行なう事。

(a) 水層の深さを適度に下げる事

水層を下げる為の第1段階は、その原因となる水源の調査である。通常灌漑地帯では、水はより高い灌漑地帯又は水路、池、貯水池等からの表面又は地下を通して流入してくる。そのような広域地域の一部のみを所有している農民は当然彼1人の力ではどうにもできず、協力し

て行なわなければならない。

(b) 透水性を良くする事

透水性は土性、構造、分散度及び水層の深さに依存する。

アルカリ土壌では、灌水すると土壌粒子が分散し、しばしば塩類が除去されるにつれ不透水性となる。それ故、土壌の化学的な改良はナトリウムをカルシウムに置換させる事によりなされる。石こう及びある条件下ではイオウがこの目的の為に利用される。水の充分な流下速度を得る為の一番安価な方法は、土壌表面の耕作を最小にする事である。土壌表面の団粒、土塊を大きくしておく事は土壌表面から土壌中への水の流入を大きくさせる。極度に湿った状態又は極度に乾いた状態で、土製を耕やす事は絶対避けるべきである。多量のナトリウムを含まない塩分質の水も又流入速度を大きくする。又、塩分質の水は、土壌改良に有用な塩類をもしばしば含んでいる。それ故水質は、流入速度に大きく関与する。土壌粒子の分散を減少させる化学的改良法は流入速度を増加させる唯一の方法ではない。適当な耕作も流入速度を増加させる。クローバーやアルファルファ等の長い根を持つ作物の価値も無視できない。植物根の土中への貫入も又空気や水の透過性を改良する。これらの植物根は枯れて腐った時に孔隙を残すのみではなく、土壌から水分を除去する作用も持つ。そしてこの事は土壌構造を作るのに必要な乾湿を交互に引き起こす事に役立つ。

(c) 土壌から過剰塩類を洗い流す事

過剰の塩類を洗い流す為には、多量の水で土壌中を下方に流す事が必要である。土壌の透水性は当然過剰塩類の洗滌にとって重要な要因となる。

透水性は土性や土壌粒子の密度ばかりでなく、土壌粒子の凝集、分散度によっても影響される。分散そして透水性は主にある種の化学物質によって左右される。低透水性はしばしばアルカリ塩の洗滌の結果もたらされる。そしてこの事は植物の気相、水相の利用を困難にする為、土壌の生産性を低下させる。好ましい塩類比率を維持する為には適切な灌水法が必要である。灌水は作物の成長に必要な水を供給し、と同時に過剰塩類の洗滌にも役立つ。しかし、過度の灌水は植物に必要な養分特に硝酸塩をも流失させる。

(d) Saline 及び Alkali Soils の改良と管理

Alkali 土壌の土地を有するかんがい耕作者は、その地下水位を所当に低くし、それによって過剰塩類は溶脱されていくので、歴々それだけで土地改良事業は完全であると考えがちであるが、土地改良は土地が十分な作物生産をあげる事によってのみ完成するものである。

通常、土地の生産力の回復、或いは Salty land (塩分の多い土地) に生産性をもたせるためには、土壌に対する化学的及び物理的改良法を併用しなければならない。

Alkali Soils は通常微細な土壌粒子に保持された過剰のナトリウムを含み、このため土壌の物理条件を悪くしている。

かかる土壌を改良する為には、土壌は化学的に変化され、物理的に改善されなければならない。

化学的变化はナトリウムのカルシウムへの置換であって、置換されたナトリウムは溶脱される。このためにはいかなるカルシウム化合物でも利用できるわけで、この化学的改良法を行っている間の土壌溶液又は改良のため加えている灌漑水中におけるカルシウム濃度が高ければ高い程この置換反応は急速に進行する。もし土壌に硫酸カルシウムが含まれていないときにはこれを土壌に添加し灌漑水で溶解する。この他のカルシウム化合物即ち塩化カルシウム等も有効であるが高価である。

Alkali 及び Saline Soils のあるものは非常に有効態磷酸が低いが、これらには磷肥を加えると生産は高まる。過磷酸塩、過磷酸三石灰、磷安はこのための磷肥として一般に推奨されている。

十分腐肥を施用し、カバークロープの下にすき込むのも良い。但し、すき込み作業などは土壌の過湿、過乾時はさけなければならない。

重粘な土壌中を浸透させるに足る十分な量の水をかん水し、排水に気を付け又、蒸散が浸透より過大なるのを妨げるなど、その他管理に十分留意することは、Salty Land (塩分の多い土地) の維持管理上重要なことである。これによって滞水や過剰塩の集積から土地を守り又、土地生産力を維持することができる。

(2) (Saline and Alkali Soils, Agriculture Hand Book No 60 抜粋)

作物に対する耐塩性に関しては、多くの品種系統につき研究されているが、作物の耐塩性については三つに区分して評価すべきである。

- (1) Saline Soils 上で生きる能力のある作物
- (2) Saline Soils 上で生産をあげる能力のある作物
- (3) 同一条件下、Saline Soils 上であっても非Saline Soils 上と比べてかなりの生産をあげる能力のある作物

耐塩性作物に関する調査の多くは(1)の所謂作物が生きていくことができるか否かのみのもので、かんがい農業上実的な意味はあまりない。

(2)はより農業的に重要な意味をもち、(3)は多くの作物との比較上において用いられる。

耐塩性作物は、別表のように主要作物部門別に示される。この表では、耐塩性の高いものが表の上の方で低いものは下になるように配列されている。しかし、作物名の両隣上下の差はあまり

ないとみて良い。

表に示されたEC値は作物を同一条件下で非Saline Soils 上で栽培した場合に比べ Saline Soils では50%生産が低下するときの値である。例えば, Field Crops では表の上部で $EC \times 10^3 = 16$, 下の方で $EC \times 10^3 = 10$ であるが, これは表の同欄の上部に近い作物は, 非Saline Soils 上の生産に比べ $EC \times 10^3 = 16$ の Saline Soils の生産が約50%にとどまることを示し, 又同欄の下に近い作物は非Saline Soils の生産に比べ $EC \times 10^3 = 10$ の Saline Soils の生産が約50%になることを示す。

(別 表)

FRUIT CROPS

High salt tolerance	Medium salt tolerance	Low salt tolerance
Date palm	Pomegranate Fig Olive Grape Cantaloup	Pear Apple Orange Grapefruit Prune Plum Almond Apricot Peach Strawberry Lemon Avocado

VEGETABLE CROPS

$EC \times 10^3 = 12$ Garden beets Kale Asparagus Spinach	$EC \times 10^3 = 10$ Tomato Broccoli Cabbage Bell pepper Cauliflower Lettuce Sweet corn Potatoes(White Rose) Carrot Onion Peas Squash Cucumber	$EC \times 10^3 = 4$ Radish Celery Green beans
$EC \times 10^3 = 10$	$EC \times 10^3 = 4$	$EC \times 10^3 = 3$

FORAGE CROPS

<p>EC $\times 10^3 = 18$</p> <p>Alkali sacaton</p> <p>Saltgrass</p> <p>Nuttall alkaligrass</p> <p>Bermuda grass</p> <p>Rhodes grass</p> <p>Rescue grass</p> <p>Canada wildrye</p> <p>Western wheat-grass</p> <p>Barley (hay)</p> <p>Bridsfoot trefoil</p>	<p>EC $\times 10^3 = 12$</p> <p>White sweetclover</p> <p>Yellow sweetclover</p> <p>Perennial ryegrass</p> <p>Mountain brome</p> <p>Strawberry clover</p> <p>Dallis grass</p> <p>Sudan grass</p> <p>Hubam clover</p> <p>Alfalfa(California common)</p> <p>Tall fescue</p> <p>Rye (hay)</p> <p>Wheat (hay)</p> <p>Oats (hay)</p> <p>Orchardgrass</p> <p>Blue grama</p> <p>Meadow fescue</p> <p>Reed canary</p> <p>Big Trefoil</p> <p>Smooth brome</p> <p>Tall meadow oat-grass</p> <p>Cicer milkvetch</p> <p>Sourclover</p> <p>Sickle milkvetch</p> <p>EC $\times 10^3 = 4$</p>	<p>EC $\times 10^3 = 4$</p> <p>White Dutch clover</p> <p>Meadow foxtail</p> <p>Alsike clover</p> <p>Red clover</p> <p>Ladino clover</p> <p>Burnet</p> <p>EC $\times 10^3 = 2$</p>
<p>EC $\times 10^3 = 12$</p>		

FIELD CROPS

<p>EC $\times 10^3 = 16$</p> <p>Barley (grain)</p> <p>Sugar beet</p> <p>Rape</p> <p>Cotton</p>	<p>EC $\times 10^3 = 10$</p> <p>Rye (grain)</p> <p>Wheat (grain)</p> <p>Oats (grain)</p> <p>Rice</p> <p>Sorghum (grain)</p> <p>Corn (field)</p> <p>Flax</p> <p>Sunflower</p> <p>Castorbeans</p> <p>EC $\times 10^3 = 6$</p>	<p>EC $\times 10^3 = 4$</p> <p>Field beans</p>
<p>EC $\times 10^3 = 10$</p>		

¹ The numbers following $EC_0 \times 10^3$ are the electrical conductivity values of the saturation extract in millimhos per centimeter at 25°C associated with 50-percent decrease in yield.

LIB