

## 第 6 回 松代地震センター談話会発表記録（その 1）

1. 日 時：昭和 43 年 2 月 15 日
2. 場 所：松代地震センター会議室
3. 発表題目：松代湧水地域における土壌汚染と水稻の濃度障害について
4. 発表者：長野県農業試験場農芸化学部技師 梅村 弘

私共が、この問題に関係する様になりましたのは 42 年の 1 月からでございます、本日お話しする内容は、この 1 ヶ年間に実施した成績でございます。なおこの調査に際しましては市の松代支所農林課並びに普及所の多大な御協力を得ました。本席より厚く御礼申し上げます。ただいま御分け致しました松代湧水地域における水稻の濃度障害対策指針、一応成果としてあがったものでございますが、一応簡単にご説明申し上げますと湧水中に高濃度の特殊な成分が含まれているということ、それが灌漑水の中に入りまして、その結果水稻に対して障害があるのではないかと、そういうことが一昨年以來いわれてきたのですが、私たちの方で検討を加えたことはそうした灌漑水の水質というものがどのような状態にあるか、さらに年間の変動というものがどういう形ででているか、その水がかかった水田の実態はどうか、その水田に栽培される水稻にどのような影響が想定されるか。汚染された土壌に対しての対策はどうしたらよいか。

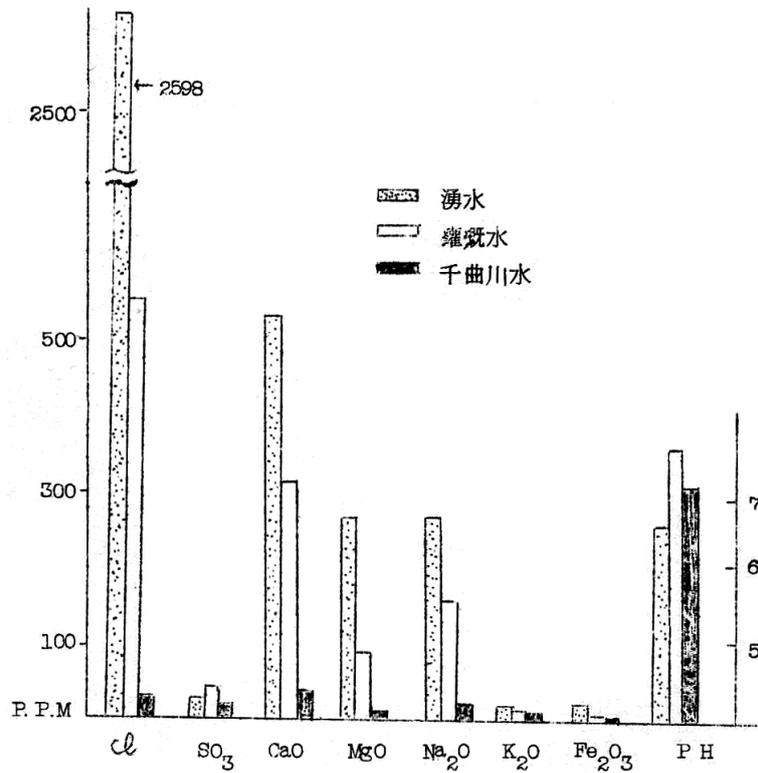
そうした対策が講じられた後の水田の水稻の栽培は如何ように考えたらよいか、だいたいこの 6 点にしぼりまして仕事を進めていったのでございます。そこで皆神山がございまして我々が対象と致しましたのは、その横を流れている藤沢川を中心としました水系と、この水系に関係する水田地帯でございます。

第 1 表 表湧水・灌漑水質調査成績 (PPM)

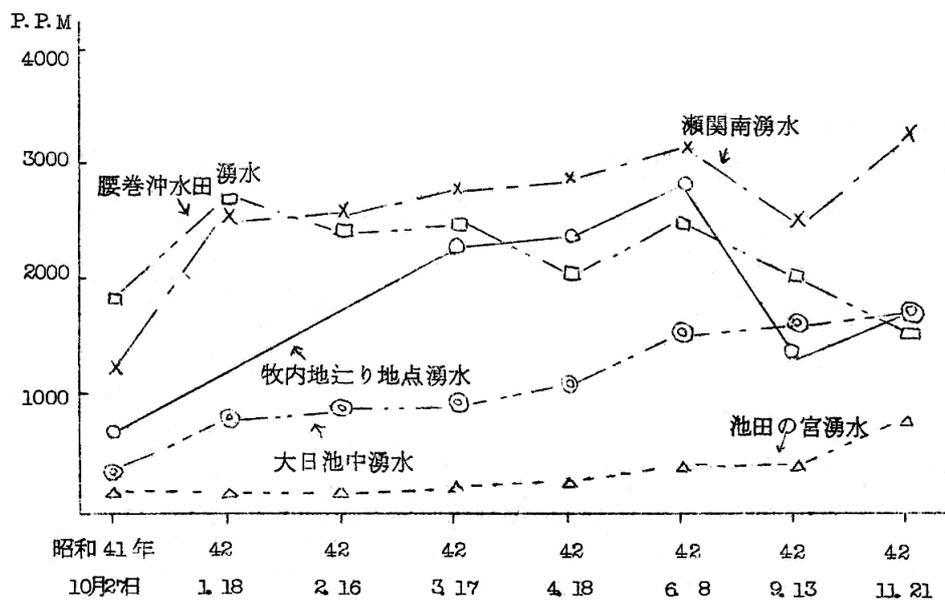
種 類		PH	C1	SO <sub>3</sub>	CaO	Mgo	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	EC(ミリモー)
湧 水 (24 点)	最低	6.0	74	5.1	67	12	0.14	1.0	2.8	0.59
	最高	7.4	7412	32.9	1486	1006	959	36.0	56.6	17.00
	平均	6.6	2598	16.9	529	278	275	17.2	19.6	5.50
灌漑水 (16 点)	最低	6.7	16	3.5	62	4	15	0.7	1.2	0.36
	最高	8.4	1490	44.0	574	206	630	89.0	7.8	2.90
	平均	7.5	537	21.8	318	72	177	13.2	3.2	1.87
千曲川 2 点	平均	7.1	6.9	13.9	20.8	6.9	11.7	2.5	0.14	—

第 1 表は湧水と灌漑用水の濃度がどのような関係にあるかを示したのですが、湧水問題については、すでに第 3 回目の懇談会でありましたので、この場合は水稻に関係して調査しました概要についてだけ簡単に御説明したいと思います。ここに掲げた成績は 6 月に調査したものでございます。湧水の件数としましては 24 点、灌漑用水と致しましては 16 点抽出しました。分析項目は、アニオンとしましてクロルと硫酸根、カチオンと致しましてはカルシウム・マグネシウム・ナトリウム・カリウム・鉄こういったものをみました。まずここで一番特徴的なことはこういった各元素ともに湧水の場合、千曲川の水質に比較して数十倍から数百倍多いのですが、灌漑用水につきましても成分によってはそのような傾向が見られます。1・2 の例を申し上げますと湧水のクロルで少ないのは 74 PPM、多いのは 7,412 PPM も

含有されております。硫酸根は比較的少ないのですが、カチオンになりますと1番多いのはカルシウムでこれが特長ではないかと思えます。少ないので67 PPM、多いもので1,086 PPM、マグネシウムとナトリウムとはだいたい同じ様な量でございまして多い方で1,000 PPM位含まれています。それから場所によっては鉄の含量の高い湧水もございます。この様なことから灌漑用水におきましても当然PHが上がるとかクロル含量の高いところがあるとかそういった傾向がわかったのでございます。



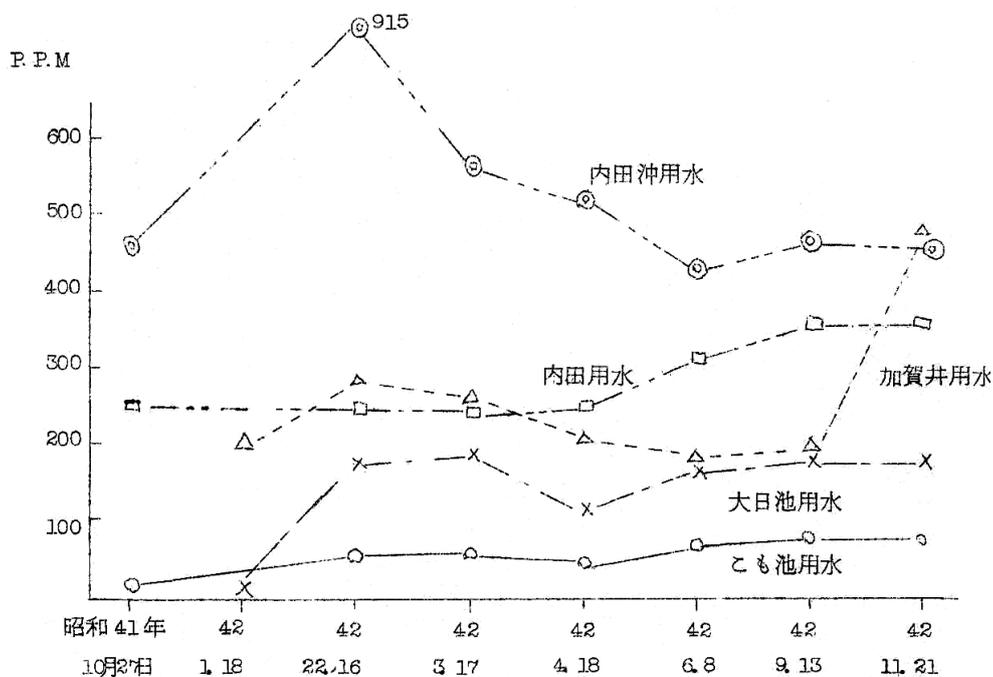
第2表 湧水、灌漑水質の平均値



第3表 湧水中の年間の変動 (Cl含有量)

第2表は平均値を図表にしたものですが、点で示してありますのが湧水の濃度でございます。この白いのが灌漑水中の濃度でございます。黒いのが千曲川の水質でございます。湧水の場合は24点の平均値でクロル含量が2598PPMという数字になっておりますが、この目盛りは2,500 PPM、だいたいこのところで1,000 PPM位のところでございますけれども書けないものですから一応この様に表示しました。いかに濃度が高いかということがこの千曲川の水質に比較していただいておりますかと思ひます。

第3表は私どもが調べました水質関係で湧水と灌漑水14点につきまして年間の変動を記録したものがございまして、その中で代表的な湧水の変動についてご説明したいと思います。だいたいおざっぱに見まして1,000 PPM以下のものと1,000～2,000 PPM、2,000～3,000 PPM以上の3つのグループに分けられるのではないかと気がします。この中で一番特長的なのは、池田の宮の湧水でございましてクロル含量についてみますと極めて低濃度であります。こういった湧水につきまして第3回の懇談会でも問題になりましたようにやや熱があるか、ないか、というようなことでございますが、私共の方で観測致しました一年間の結果からみますと1度から3度位、一年間に温度が上昇しているような傾向がみえました。次に湧水と灌漑水のカラーズライドを見ていただきたいと思います。これは大日池の南側にあります湧水でございまして。これも一年間の観測値でございます。これは腰巻に中村さん方の水田がありますけれどもこれが2月の状態です。(文中スライドが出て来ますが、割愛してあります。)クロル含量が先程3,000 PPM近くあったものと思ひますが(スライド)これは同じ場所で6月に調査致しました。このように湧水の場所によっては湧水量が減少している場合があり、又、もう1つ湧水の特長として濃度が全般に上がっている傾向がわかったわけです。善徳寺の横の排水路の端に湧水がありましたが、性質としては鉄分を多く含んでいるという一つの例でございます。



第4表 灌漑用水中のClの年間の変動

これは瀬関南ですが、桑園の中に何ヶ所もでていましたが、その中の1つです。(次スライド) 先程申し上げました湧水の中ではクロル含量の一番低い池田の宮ですが、次のスライドからおわかりになると思いますが、2月にうつしたときにボヤボヤとしているのは温度の高い湧水が池に入ってしまったので、蒸気が立ちこめたような状態になったと思います。(次スライド) これも水田に湧水していた1つの例でございます。次に出てくるのと比較していただければよくわかると思います。(次スライド) 次に先程最初にでましたカラースライドのこれは大日池でございます、こちらの方に最初の湧水があったわけですが、これがこも池から出て来た湧水だと思わんですが(次スライド) 2月の頃はこういった状態におかれてありました。これは藤沢川の瀬関用水のとり入れ口なんですが、ここでも年間の観測をしているんですが(次スライド) これはその下の小学校の横のあたりだと思わんですが、大日池の方から来た水と交じわる地点よりやや上の方ではないかと思わすけれど。

第4表のように水質の調査をしてみました。用水につきましても用水の水系によって違いますし、場所によっても濃度の変化があるという成績でございます。今までにも言われていたことですが、灌漑用水の場合にも場所によって濃度に差があるということとして先程でましたこも池や大日池の灌漑用水(これはクロル含量だけとってあるわけですが) こも池で一年間の変動で見ますと50～60PPM位でほとんど動いておりませんが、大日池ですと少し高くなります。内田沖用水は後になって低くなっております。内田用水は排水工事が行なわれたことによって排液が入り次第に上がっているのではないかと思います。それから加賀井用水の11月下旬の測定値がひとつ高くなっておりますが、これはあとでお聞きしましたら用水路の取りかえ工事中で湧水が交わった状態になった為に濃度が上がったようでございます。ただひとつここで言えますことは内田沖用水のように濃度の高いのがございまして、これが問題になって来るわけでございます。この湧水現象が認められたというのが41年の5月と聞いていますが、実際の水稲に対しての影響というのは私どもは症状を見れなかったわけですが、41年はそういう被害が当然でたということを知りましたので、少し資料をあさってみました。その結果一応比較になるのは干拓地の水稲のようでありまして、干拓地土壌を対象にしたわけですが、場所によってずいぶん違うようございます。だいたいの線として水中のクロル含量は400PPM位が限界ではないかと想定を立てたわけでありまして、松代の場合、水と土壌の関係からどのように水稲に影響してくるかと申しますと、先程のデータの中で大日池の用水、これが約170PPMでございましたが、これと加賀井用水も330PPM位のをを使って発芽試験をしてみました。

第5表 水質、土壌の相違と水稲の発芽・初期生育の関係

水質の種類	土壌の種類	1週間後	2週間後	
		発芽率(%)	発芽率(%)	草丈(cm)
蒸留水 (0)	対象(9 mg/100g)	80	96	6.9
	展示圃(104mg/100g)	36	68	2.6
	兼田(30mg/100g)	48	72	5.8
	大熊沖(344mg/100g)	0	0	0
大日池用水 (170 PPM)	対象	72	96	7.5
	展示圃	48	76	4.2
加賀井用水 (330 PPM)	対象	60	84	5.7
	展示圃	28	68	2.5

なお、今までに言われていることで水稻の塩害に対する抵抗性というものは田植え期が一番弱く、その次は分蘗期、幼穂形成期、穂孕期で、発芽の時点が一番水稻の一生で塩害については強いという成績がございしますが、やはり、私のやりました実験でも強いといわれている発芽時でも 400 PPM 近くになりますと発芽にも影響してきました。ここに対象と書いてあるのは腰巻で湧水の影響がない土壤でございまして、これは先程でました中村貞太郎さんの水田の様ですが、これは兼田、クロル含量の一番少ないものです。大熊沖、これは供試した土壤の中では、最も多く含まれている土壤ですが、含有量の相違と水の影響をみてみますと 30℃の保温槽で 1 週間処理したのですが、水が良いと 80%位の発芽率のときに、同じ土壤を使いましても悪い水の加賀井用水では 60%位に落ちてしまう。それから 2 週間位になりますとだいぶ回復して来ますが、たとえ発芽率はある程度高まっても草丈の伸びが悪いということが初期症状としてわかりました。

次に、同じ水を使って土壤中の濃度含量の差をみますと大熊沖の土壤では、ぜんぜんだめです。発芽もしないわけです。300 PPM、これは土壤 100 g 中に 30 mg というわけですが、この辺だと半分位発芽します。それより多いと発芽率が悪い。ですから水稻に対する対策としては水の面と土壤の両方の面から考えてゆかねばならない。このような 1 つの傾向がわかったわけです。これは苗代時代に於ける水稻の塩害の様相でございします。一般に言われていることですが最初黄化現象をおこしそのうちに先端から枯れてきます。灌漑用水で一番対象面積の広い藤沢川の水源についてみますと牧内橋の辺でクロル含量が 200 ~ 300 PPM 含まれていることから当然上流にも湧水があるのではないかと考えられるわけですが、藤沢川をずっとさかのぼって行きますと、あたり沢、立石沢がございしますが、この影響です。話が変わりまして恐縮ですが、特長としてあたり沢から来るのが約 350 PPM、立石沢から来る濃度は 16 PPM、ですからこの辺に問題があるのではないかという気が致します。ここに、地すべりした所がありますが、これより前のこの辺の場所で対策を立てなければならぬ、そんな様に思います。

それから加賀井温泉の裏をポンプアップした時に温泉水がだいぶ冠水したそうですが、汚染の程度差として、これだけに現われて来ています。つぎに加賀井の水田ですが、症状のひとつとして先程のような状態になりますが、場合によってはこのような症状ででることもあります。作物の塩害に対する抵抗性というのが問題になりますが、アメリカで実験されたデータによってご説明します。

まず、耐塩性を 3 つの段階に分けた場合に水稻の耐塩性というか、強さからいうと中間位に格付けされるようございします。めぼしい農作物から見えますと一番強いものがもろこしと菜種・キャベツ・ライグラス、こういった牧草類が強いわけです。あまり弱くないものに、ぶどう・ぎくろ・オリーブ・いちじく・麦類が入ってくるわけです。最も弱いグループとして、あんず・もも・りんご・梅・馬鈴薯・豆・牧草でも豆科のクロバー類、こういったものが弱い様でございします。

第 6 表 作物の相対的耐塩性

(アメリカ西部諸州)

対 塩 性	中間性	感 塩 性
ナツメヤシ	ザクロ・イチヂク・オリーブ	グレープフルーツ
甜菜と飼料用ビート	ブドウ	ナシ・ハタンキョウ
モロコシ	亜麻・キビ	杏・桃
ナタネ・キャベツ	大麦・燕麦・ライ麦・小麦	リンゴ・梅
綿	水稻	オレンジ・レモン
ババーミューダ草	ヒマワリ・ルーサン	ベッチ・エンドウ
ローズ草	スイートクローバー・ストロベリークロズ	馬鈴薯
ライグラス	スーダングラス	マメ
ウエスタンウイトグラス	飼料用未穀類	赤及び白クローバー

これから、土壌の関係に入るわけですが、私共は冠・浸水の影響のあると思われた 30 ha、加賀井から大熊の方にかけて 4 月に入って 2.6 a に 1 点の割合で調査しました。全部で 112 点程になりましたが、これについて P.H とかクロル含量・ナトリウム含量・カリウム含量などを調べました。その結果としまして 30% 程度は影響が認められなかったが、あとの約 70% はなんらかの形でもって湧水の影響を受けていました。そのうち約 40% 位は (47 点) 影響は受けているが、たいしたことはない、あとの 23% 位はかなりの被害がでる。それからもうこれはダメというのが 3・4% 位あった、すなわちこの地帯では田植をしても稲は育たないのではないかと、一応そういう想定をたてたわけですが、昨年実際に収量と土壌中の塩類の濃度との関係はどうなっているか、全部で 25 点程普及所の御協力を得まして坪刈りをやってみました。

第 7 表 収量と土壌汚染の関係

汚染の程度	生育・収量 (a 当 kg)					土壌 (100g 中 mg)			
	稈長 cm	穂数本	わら重 (a 当 kg)	精玄米重 (a 当 kg)	同%	PH	EC mv/cm	Cl (100g 中 mg)	Na <sub>2</sub> O (100g 中 mg)
対象	88.8	17.8	72.4	54.1	100	6.1>	0.2>	10>	6>
弱	85.3	14.0	60.7	45.3	80	6.0～6.5	0.2～0.3	10～40	20～50
中	76.3	12.7	44.8	37.2	69	6.5～7.0	0.3～0.5	40～100	50～100
強	66.1	9.1	25.2	19.9	37	7.0<	0.5<	100<	100<

第 8 表 調査田水稻栽培前後の土壌成分濃度の変化

被害の程度	調査田数	P.H		E.C		Cl (mg/100g)		Na <sub>2</sub> O (mg/100g)	
		前	後	前	後	前	後	前	後
対象	5	5.7	6.3	0.10	0.20	6.3	13.0	6.0	23.6
軽微	7	6.5	6.3	0.28	0.25	26.0	27.0	37.1	44.4
弱	7	6.5	6.2	0.22	0.21	29.0	21.3	61.2	39.2
中	3	6.5	6.5	0.36	0.39	45.7	36.7	104.7	63.7
強	3	6.7	6.9	0.83	0.56	117.3	68.7	227.0	70.0

これはそれをまとめたものでございますが、調査した地域の健全田の平均収量は 10a 当り約 540 kg 程度ありました。その場合の土壌中のクロル含量から申しますと土壌 100 g 中に 10 mg 以下でございます。こうして見ますとだいたい 100 g 中に 40 mg あるところでは、だいたい 100 kg 位収量がおちるわけですが、それから 40～100 mg 位のところだとさらに 100 kg 位おちて 370 kg 位まで減収します。更にクロル含量が 100 mg 以上になると急速に収量がさがり、健全田の 30～40% しかとれません。そのような関係は最初に申し上げましたように、この湧水というのはアニオンであるクロル含量だけでなくしてやはりあとで述べますがアルカリの物質も影響しているわけでございます、その代表として一応ナトリウムをみました。そうしますとナトリウムにつきましてもだいたい同じような傾向がでているわけですが、それから P.H の関係でございますけれどもだいたい水のかぶらない所の水田土壌というものは落水したあとの土壌の PH はだいたい 4.5～5.0 のところが普通です。従いまして、風乾土について見たわけですから、あきらかに P.H があがり 7 以上のところがあるということはアルカリの影響があるということでございまして、濃度と収量の間には一定の関係があるのではないかとということがわかりました。あとの資料に又出てくると思いますが、ここに対象とほとんどかわらないか、場合によったら収量指数で 100 より高くなる。いいかえれば 540 kg より増収しているところもあるわけです。やはり

こういった成分というものも量が問題でございまして、たくさんあれば害になりますが、少ない場合には薬になる。いいかえれば肥料的効果がでてくるわけです。クロルが一番判定し易いものですから、クロルで申しあげていますが、10～40 mgの間、このところではかえって増収する例もございまして。ザット見た場合やはりクロルの判定から見ますと40 mg、ナトリウムの判定から見ましても50 mg、それからECという項目がございまして、これは一応塩類濃度の総量を調べる方法でございまして、溶液の電導度の差を見ているわけです。私達の職場のように化学分析のできる実験室を持っていますと、溶液や土壌・植物体中の各成分の含有量を定量的に分析できますが、簡単に現地で調べる場合はやはりこのような電導度計を使われると便利です。以上もうしあげましたPH、クロル、ナトリウム、EC、この4項目位を要因としてあげて解析を試みてみました。水稻の塩害の症状というのは最初に申しあげましたように一応黄葉化して、さらに枯れていく、そういう段階を経ていくのですが、茎数的に処理してみた場合に最も明瞭にわかる点は分蘖が抑制されるということです。そういうところでは茎数が少なくなります。それから草丈も短くなる。結果的には成育が抑制されるような形ででてくる。稲わら量も、もちろん少なくなります。収量をみますとこの位の草できでは、42年の例ですと60%位減収しています。この位の草できでだいたい30%減収、この辺でだいたい20%位の減収になります。

第9表 冠・浸水田の特徴

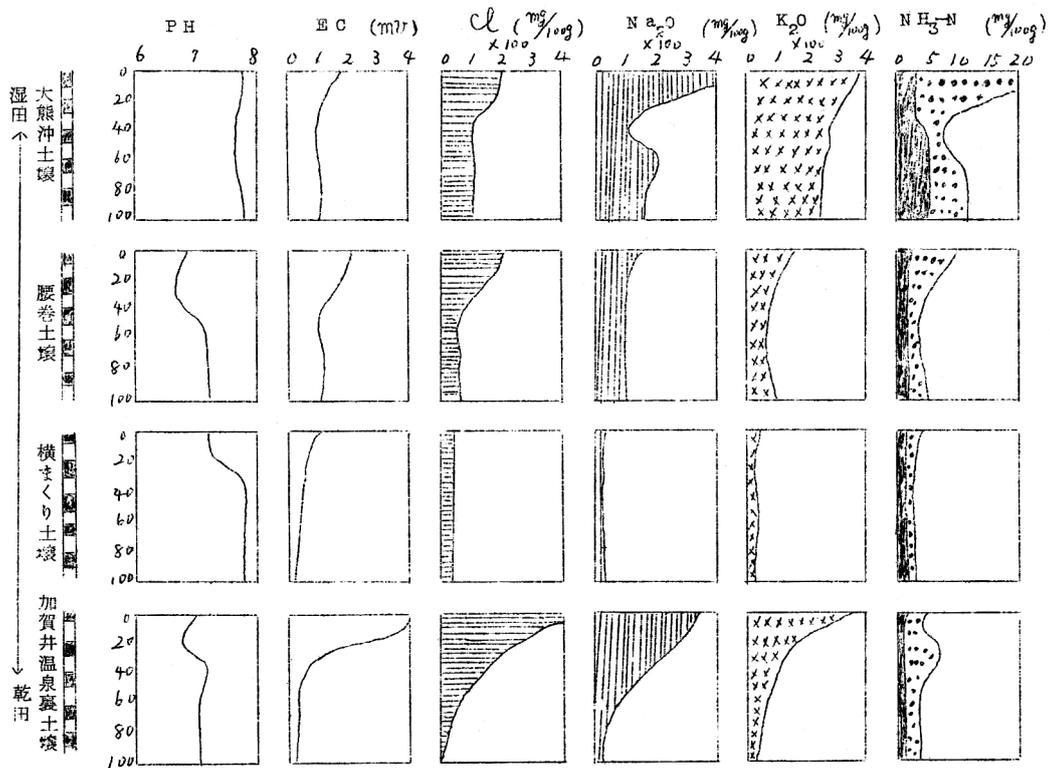
(風乾土 100g 中 mg)

調査地点	PH		Cl	Na <sub>2</sub> O	CaO		MgO		K <sub>2</sub> O	EC ミリモー
	H <sub>2</sub> O	KC 1			H <sub>2</sub> O	KC 1	H <sub>2</sub> O	KC 1		
腰 卷	4.1	3.6	8.8	7.8	14	161	0.5	34.3	6.6	0.1
展示圃	6.8	6.3	104.3	128	37	310	9.7	64.5	12.4	0.5
東 田	6.4	6.1	9.4	58	12	346	0.4	43.8	5.5	0.1
金 田	6.9	6.6	30.0	111	38	387	5.4	66.0	8.3	0.3
大熊沖	7.9	7.1	343.9	678	31	332	2.4	47.9	45.0	1.5

この表は先程の25点ほど坪刈りしました水田につきまして同じような成分を調べた成績です。それからここに前後という項目がありますが、前というのは田植えをする前の分析値でございまして。後というのは収穫終わった後の土壌の分析値でございまして。先程でできませんでしたが土壌中のクロル含有量10～40 mgまでというのは被害程度で軽微～弱の範囲に入ります。どれも一年間の成績で云い切るの危険ですが、前後の関係から申しまして40 mg以下のところはやはり蓄積されている傾向にあるのではないかとということがわかるわけです。被害程度で中以上のところになりますとかえって洗われている形になっている、だいたい400 PPM以下の水をかけていくと洗われている状態、こちらは蓄積されている状態、まあこれはこれからの問題になるのではないかと思います。

冠水や浸水した水田というのは成分的にみてどういう特徴があるかということでございまして、2・3の分析した例から申しあげますと、この腰卷というのは中村さんのたんぼの横で影響のない所で、それから金田というのはあまり影響のないところとございまして、さらに金田の対象として東田の地籍の土壌をみたわけですが、それからこれは大熊沖でございまして、一番問題になるところとございまして。先程申しあげましたようにPHについてみますと、水のかからない所では水浸のPHでも40台、それから塩化カリ浸出の場合でも3～4位の数値で出てきます。ところがあの地域でもってやはり影響のあるところは、6以上の数値で出ています。それからクロル含量にしましても100 g中に10 mg以下ですが、同じ地籍でも展示圃では100 mg以上になっている。ナトリウムにしましても同じように増えて

います。それから最初に申しあげました湧水や灌漑用水中のカチオンの中ではカルシウムとマグネシウムが極だって多かったのですが、両者の比較ではカルシウムの方がナトリウムより多かったのですが、やはり土壌中のカルシウム・ナトリウムを分析してみますとあきらかにカルシウムの方が土壌中に吸着されていることがわかります。それからカリウムにしましても多くなっています。更に電導度計で測定した EC の値も 0.1 から 0.5 ミリモ一位にあがっている。金田の場合ですとクロル含量でもって 30 mg 風乾土 100 g 中に 30 mg ですが、東田の場合にはやはり 10 mg 以下、この場合 PH があがっていますが、これはやはりナトリウムが多いのです。東田の場合ですとクロルは 10 mg、ナトリウムは 58 mg もありますが、東田、金田の比較においても腰巻と展示圃土壌と同じような傾向がわかります。この大熊沖の土壌では分析した成分全部が集積された形になりますから高い値ででているわけです。EC でみましてもこれですと 1.5 ミリモ一位でています。土壌中に蓄積されたナトリウムがカルシウムの倍以上になると土壌が悪化する。といわれていますが、此の場合にも同様な傾向が認められました。結局土壌コロイドというものがカルシウムでもって飽和されている場合には良い土壌でございますが、これがナトリウムで置換されて、ナトリウムが土壌コロイドに結びついた場合には土壌の性質が悪くなるという特徴がございます。



第 10 表 冠、浸水土壌における垂直分布

一応今迄の成績は、作土部分について調べた値でございますが、こういった冠水水田では下層にむかって垂直的な濃度分布がなされるかという点につきまして含有量の異なる大熊沖の土壌とそれから腰巻それから横まくり、加賀井温泉の裏に温泉のお湯をかぶった水田がございましたが、その 4 地点についてみたわけですが、このうちで一番汚染の影響の大きいのは大熊沖土壌でございます、その次は加賀井温泉裏の土壌になるのではないかと思います。その次は腰巻土壌、その次は横まくり土壌ですが、だいたいこの横まくりの土壌が前のデータに出ました金田と同じ位の濃度ではないかと思います。現地の皆

様はおかんじになっていることと思いますけれど、大熊沖や腰巻の方が湿田なんです。横まくりや加賀井温泉裏の方が乾田なんです。後者ですと落水期には収穫したあと田の中に入っても足がうずまらないような状態でございますけれど、腰巻土壌ですとひぎのくるぶしまで入ってしまい、大熊沖は更に深く、場合によるとひぎまで入ってしまいます。やはりそういった一つの土壌タイプと申しますから違いによって集積の状態も違って来ると言えるのではないかと、ここでとりあげました成分としてはクロルだとかナトリウム、それから一番水田の地力的な面で問題になってくるのは無機のアンモニア態の窒素ですが、これを一つ例にとってみたいと思います。PH でみますとやはりたくさん汚染水をかぶった水田程 PH があがっている、ここが 8 の数字ですが 8 以上になっています。少ないものはこちらの方へきている、それから全部だいたい同じような傾向でですと申しますが冠水並びに浸水の程度の少ないところはこの図で細った様な感じででてくる、湿田ほど下層まで蓄積されているという形ででてくる、それが乾田で冠水したようなところはほとんど土壌の表面に吸着されて下のほうには影響があまりでていない。こちらの排水の悪い湿田のようなところでは下の方まで同じような状態に蓄積されている。第 10 表のこの面積の部分が一応集積されている量をあらわしているわけですが、ここで一つ問題になるのは先程申しましたように土壌中の無機態の窒素といたしましてアンモニアがどのようになっているか、(地力の一つの考え方として腐植が分解されて、それか無機態の成分になった場合にアンモニアが最後に出てくるわけなんです) そのアンモニアの量が多いほど土壌は肥料的には、養分的にみた場合に肥えているといえるわけなんです、このアンモニアを見てみますと、この黒いところが 42 年の土壌を採取した時点におけるアンモニアの量でございます。それを 30℃ で 2 週間温度処理をしてみたのです。というのはやはり夏になりますと水田の温度も上がりまして温度が上がることによって土壌の中に変化が起きてくるわけなんです。とくに塩類の集積された土壌では PH が高まり腐植が急速に無機化されてアンモニアが出てくるということでございます。汚染の少ないところはほとんどでないわけなんです、汚染の程度が強いほど多くでてくる。これはいいかえれば結局腐植が分解されてアンモニアが出てくるということは、その時点において過剰障害は青立ちみたいな形ででてくる。考えようによると地力が高まったことになるのですけれど、さらにアンモニアが出てくるということは、無機化されたということは、他の成分と同じように溶脱し易くなったと云えます。従いまして塩害土壌の対策というのはそこに微妙なところがでてくるわけなんです。今年、やはり無機化されて地力が高まったから肥料をおさえたほうが良いというような一つの考えがでたとしても、あくる年にはかえって窒素を増やしていかなければならないのではないかと。理由としてはクロルだとかナトリウムといっしょに無機化されたアンモニアも土壌から離れていくということです。これが一つの特徴ですが、まず第 1 の策として考えられることは洗うことだと思います。良い水で洗うということが対策の第一の条件になるのではないかと、申しますのは汚染された土壌中に多いナトリウムだとかクロルといったものは比較的土壌コロイドと結びつく力が弱いわけです。一番弱いということは洗いやすい性質になるわけです。その反面カルシウムだとかマグネシウムというのは吸着の度合いが大きいものですから、水で洗った位では土壌に吸着されたものはとれないのです。カルシウムの多い土壌というのは好ましいので、あまり問題にならないわけですが、さて、ここで一番問題になるのは洗えば良いということはあるのですが、水質とそれから水田の状態が問題になります。良い水があってもやはり水が動かないような低湿地ですと、まずいわけでは理想的な形からいえば灌漑用水中のこういった成分の濃度が低いということと、もう一つ水田の水が動くという条件が前提となる。水を動かす方法というのをどのように考えたらよいかという一つは暗渠みたいな形でもって下方へ抜いてしまう方法、もう一つは排水の悪いところは、上水の形溢流で流してやるのが考えられます。

第 11 表 汚染土壌の洗浄効果

処 理	稈 長 cm	穂 数 本	わら重 g	籾 重 g	同 %	しいな重 g	浸透水中の溶存量			
							Cl		Na <sub>2</sub> O	
							mg	%	mg	%
対象(無冠水)	66	11.3	51.3	39.6	100	2.6	-	-	-	-
無 洗 浄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 回	59	3.7	16.0	17.6	44	0.8	2560	40	1806	36
3 回	69	7.2	29.5	35.6	90	2.3	5470	86	4192	88
6 回	68	8.5	32.0	40.4	102	2.0	6348	100	5078	100

1 ポット当たり土壌 3.5kg 填充. 試験は 2～3 連

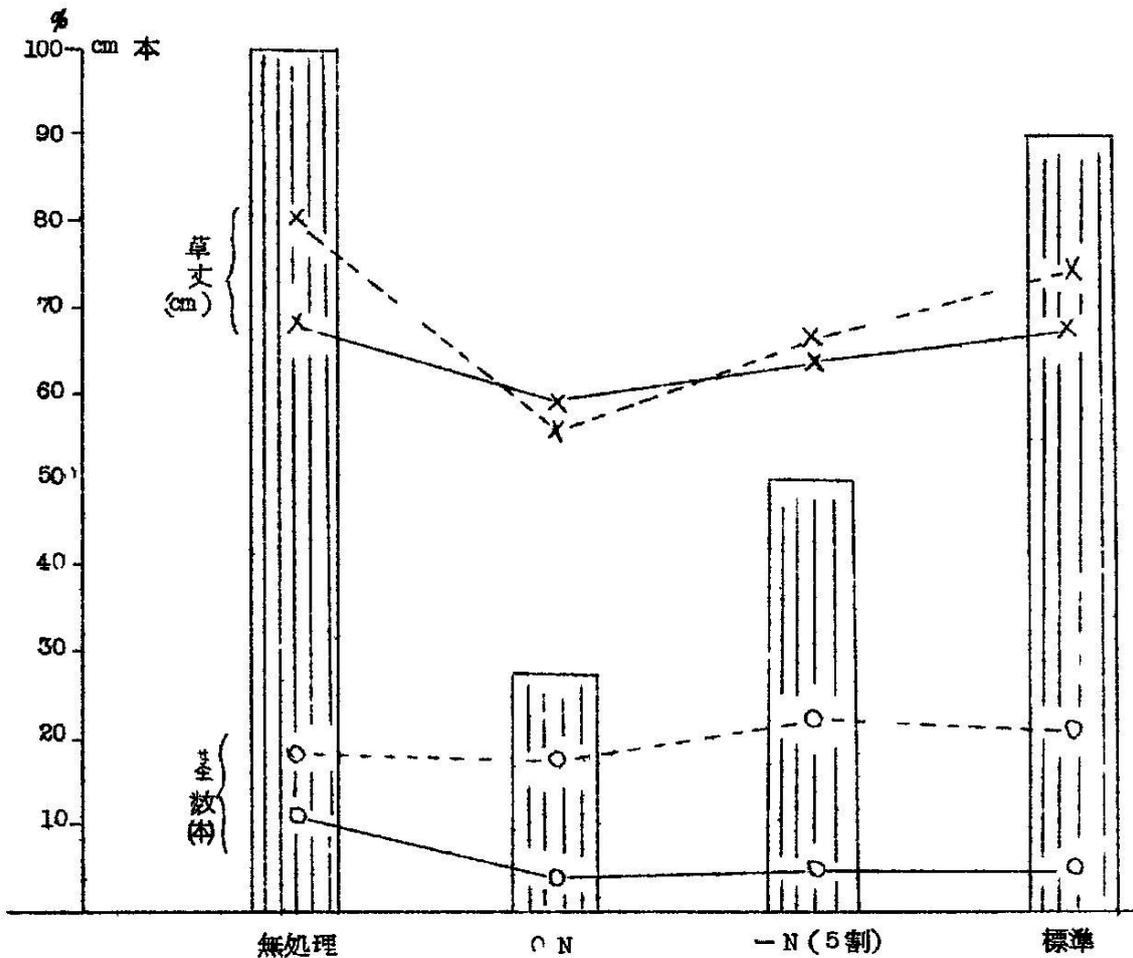
1 回の灌水量 2ℓ 供試土壌中の Cl 含量 0.153%, PH6.6, EC1.7mv

第 11 表は土壌中のクロル含量でみまして土壌 100 g 中に 150 mg 位ある加賀井の水田の土壌を使ってやった試験の成績です。すなわち、水田に換算して 5 万分の 1 の大きさのワグネルポットそれを使いまして土壌以外の条件を同じにして土壌の影響だけみるために 1 ポットあたり土壌 3.5 kg 位つめ、そして 3 連で試験をやりました。この目的というのは洗滌の効果を裏づける基礎的な試験ですが、だいたい風乾土 100 g 中にクロルが 150 mg 前後含まれていると、水稻は育たないのです。そういう土壌を使って、これはポットですから上に水を入れて下からぬけば、たてに水が流れるわけなんです。水田でいえば暗渠と同じ理くつになります。だいたい 1 回の灌水量 2 リットル、2 リットルと申しますと水田に換算した場合 10 cm の深さの水の割合、でやってみたわけです。ここにも書いてございますが、クロル含量から申しますと 153 mg、PH が 6.0、EC で 1.7 ミリモーというのですから土壌の汚染の状態からいって汚染のはなはだしいほうに入るとは思いませんけれど、このような土壌を使いまして、だいたい水を 6 回まで通してみますと 1 回目の 2 リットル、これだけの量の水でだいたい 40% 位がでてしまいます。一応アニオンとしてクロルを、カチオンとして一番問題になるナトリウムと両方を分析してみますと傾向は同じなんです。それから 3 回位蒸溜水をとおしますと、だいたい 80～90% 位は溶出します。6 回位とおしますと、もうほとんど溶出してきませんでしたので、だいたいこの辺でうち切りました。うち切ったその合計を 100 とした場合に 3 回で 80%～90% 近く溶出してしまうという一つの成績が得られたわけです。その場合に水稻に症状としてどういう形ででてくるかと申しますと 150 mg 位ある土壌に植付けしましても、これはダメですぜんぜん活着もしません。しかし、先程述べました坪刈りの状態と同じように濃度が薄くなるほど茎数も多くなり草たけがおさえられ分蘖も少なくなってきました。その結果として藁できも劣り、収量もおちてきます。収量と濃度の関係は、健全な土壌をポットにつめた場合の収量を 100 とすると、1 回洗滌では 44%、3 回の洗滌では 90% と洗滌回数が多くなると回復してきます。これがポットを使った試験の全容でございますが、この 1 番というのは最初でできました土壌で腰巻のうちでも汚染のない土壌です。この 2 番目の A というのは金田の 20 mg ですか 30 mg だったですか、その位の土壌です。この 3 番目が中村さんの腰巻地籍のクロル含量が約 150 mg 位の土壌です。これが加賀井温泉の裏の温泉の湯をかぶった土壌です。これが大熊沖の土壌です。先程も申しあげましたが、この場合の土壌中のクロルだとかナトリウムの含量というのはこれですと 100 g 中に 9 mg、ナトリウム 25 mg それから横まくりの土壌を使っていますが、これがクロル含量で 20 gm ですね。ナトリウム含量で 35 mg、それから 3 番目がクロルが 153 mg、ナトリウムが同じく 153 mg でございます。それから加賀井のはクロルが 183 mg、ナトリウムが多くて 470 mg 位ありました。それから 5 番目の大熊沖の土壌はクロル含量が 503 mg、ナトリウムが 290 mg 含まれていま

す。土壌 100 g 中に 100 mg 以上あると稲は育たないという成績です。この状態ですとだいたい 20 mg 位土壌中にありますが、20 mg 位では場合によるとやはり標準区よりよくなるという一つの例でございます。それから先程地力窒素のことでお話しあげましたが、これが先程の腰巻の 150 mg 位ある土壌に植えた稲です。次のポットは洗滌したのですね。左から 1 回洗滌、次が 3 回洗滌、その横が 6 回洗滌したものです。このように最初溶脱量を調べる試験のために写真のような装置をつくりました。ガラス管の下の細い部分にゴム管をつけ、その途中をピンチコックで閉じて上から入れた水をここから採って溶出量を調べたものが、先程の成績でございます。だいたいの場合に 3.5 kg の土壌から 6 g 位のクロルがでていいる。これを食塩になおしてみますと 1.65 倍しますから 10 何 g かの食塩が溶け出している計算になります。ナトリウムも同じ位出てきました。以上の数値から逆算すると土壌 100 g 中にだいたい 110 mg 位のクロルが含まれていることがわかります。現地では、このような土壌に水稻を栽培したのです。ここでははっきり差が出ていますように、初期成育はだいたい洗滌回数が多いほど草たけも高いし、枯れあがりも少ないという状態です。これが収穫の状態でございますが、収量指数からみますと健全田からとった土壌に植付けたこのポットの収量を 100 とした場合に 3 回洗滌で 90%位にでています。これが 1 回洗滌したポットの写真ですが、計算上は約 102%位の指数になりますけれど、ほとんど差はないとみていいのではないかと思います。水の動きがたてに動くような理想的な水田土壌の状態であれば 3 回位で結構だと思えます。だいたい 10 アールあたり 1 回に 100 トン、深さにしますと田面 10 cm の水を 3 回も灌水すれば田植の初期から被害は出ません。

次の写真は実験室で同じような溶脱試験をやってみました。このガラスのチューブへ土壌をつめまして、その下はポリエチレンのびんでキャッチしてありまして、ここから水を入れて浸透させます。このような精密な室内実験ですと 1 回で 90%位溶出します。2 回で 97～98%、3 回もやるとほとんどでてしまいます。先程のポットでやった実験の方がこれよりチョット能率が落ちるわけです。3 回目洗滌でだいたい 80～90%位の溶出の成績ですから、それから加賀井地区で除塩対策の 1 つとして、水田に暗渠を入れたものがありました。その場合には、1 回の洗滌で 50%位しかぬけませんでした。然し、水が田面からたてに動く場合にはどういう方法でやりましても除塩できますが、地下水の高い大熊沖のような湿田が問題です。その対策のモデル実験を室内でやってみました。まず、ビーカーに土壌を入れて溶脱実験と同じ比率で水を加えてかくはんし、うわ水を流していくという方法でやってみました。この場合は、1 回目だいたい 30%～40%くらい、2 回目でようやく 60～80%位、3 回やりますと 90%程除去できました。洗滌の考え方としては水をなるべく動くような形にもっていった方が良くということになります。それから、これは先程のポット試験といっしょに試験した成績でございますが、洗ったあとの地力がどのようにになっているかを検討しました。

これはみな 3 回洗った土壌でございますが、3 回洗いまして無窒素、窒素 5 割減、それから普通ポット試験で使用する量の肥料を入れた区、こういう処理でやってみますと無窒素ないし窒素を減量した場合の収量がものすごく低いわけです。また後程ご説明しますが、展示圃で実施した成績ですと無肥料でも 70%位の収量があります。だいたい水田の場合には肥料をたくさんやらない状態でもかなり取れるというのが一つの特徴なわけですが、完全に洗いきってしまうとやはり地力が落ちてしまう。これが 43 年か、44 年頃に問題になるのではないかと思います。一応これはポットの試験ですから極端にでましたが、現地ではこんなにはなりません、やはり数もおさえられますし、草丈も今度は肥料不足のために写真のような形になり、当然収量もさがります。これが大熊沖の松本弥太郎さんの水田だと思えますが、10 アールあたり 182 kg、先程 4 段階に分類しました。一番悪い土壌条件での稲の状態です。長礼の西で上野さんの圃場で、これが 300 kg、標準反収の 5 割減位だったと思えます。こんなに短い草



第12表 洗滌後の窒素的地力

丈ですが、それでも実ったので防虫網をはってありますが、これが400 kg 台の稲です。だいたい被害率からみますと20%減位になりましよう。クロル含量で土壤中に40～100 mg あります。前沢武男さんですが、ようするに目で見えた状態でもだいたい判定がつきそうです。これはやはり腰巻のだいたいクロル含量で申しまして、土壌100 g 中に150 mg のところですが、10aに70本ですか、暗渠をぬいたあと70 屯位の水を通した水田です。一応クロルなどが洗われたものと考え、そのあと肥料をどのように使用したらよいかということを検討するために試験田を作って稲を栽培してみました。肥料の種類は、現在この辺で多く使われている硫加磷安を中心に考えました。これは化成肥料でして窒素・磷酸・カリがおもな成分ですが、最近の傾向として省力だとか、いろいろな面でこのような化成肥料が使用されています。化成肥料の特徴というのは一つの肥料の中に窒素・磷酸・カリなど一番作物に必要な成分を適当に含んでいますので、単肥の場合のように何回もまいたり混合したりしなくとも、1回で用が足りません。その化成肥料の中にもやはり窒素の濃度の高いのだとか、それから窒素の濃度が低いのがありますが、汚染地域については、どのような濃度のものを用いたらよいかやってみました。ここで使用した肥料は普通の化成肥料に比較して窒素の濃度のみが半分含まれているのです。というのは先程の成績で説明しましたように、やはり除塩対策が十分に行なわれていない場合には地力窒素が出てくるために成育が遅れて青立ち症状が懸念されたのです。そのようなことから基肥の窒素濃度をおさえていって、もし、足りない場合には単肥の窒素、硫安だとか尿素でもって補う。そういう想定のもとに試験設計を組んでみました。この場合窒素の濃度の違う肥料を多く使ってみればよいのですが、処理に限界がありま

すので、この場合は2種類使いました。先程も申しあげましたようにどうも地力窒素がじわじわでてきやしないか、そうしますと当然あとぎきがしてくるわけですから追肥は考えなくてもよいのではないかと、一方やはり基肥の窒素をおとせば肥料不足が結局減収に結びつくことも考えられますので、半分は追肥として出穂前25日位のと看施用する試験区を設けてみました。次にその試験の結果について述べてみましょう。

第13表 洗浄あとの水稲の施肥法及び施肥量(kg/a)

試験区及び施肥量	生育調査				わら重	玄米重	同 %	しいな重	1000粒重
	7月13日		収穫時						
	草丈	茎数	稈長	穂数					
A (0-0-0)	44	8.4	79	10.2	47.9	40.1	79.6	0.26	22.2
B (0-7-7)	44	11.3	90	13.9	59.8	49.9	99.0	0.67	22.9
C (3.5-7-7)	45	10.4	86	12.0	59.8	50.4	100.0	0.76	22.5
D (7-7-7)	48	12.2	84	12.8	66.7	56.0	111.1	0.67	22.2
E (3.5-4.6-3.3)	44	9.0	84	13.6	63.1	50.6	100.6	0.76	21.7
F (7-7-7)	47	10.3	91	12.9	58.0	49.6	98.4	0.96	21.5

A 無肥料  
 B 無窒素  
 C 硫加磷安 16号 N 半量元肥  
 D 硫加磷安 16号 N 全量元肥  
 E 硫加磷安 12号 N 半量元肥  
 F 硫加磷安 16号 N 半量元肥追

この表には、いろいろ書いてありますが、要するに肥料の種類から云いまして、現在この辺で使っているのならどれを使ってもよいということです。それから基肥と追肥の関係から云いまして、やはり基肥を重点に考えていったほうがよいのではないかと。基肥だけでもいけるのではないかと。そのようなことが一応この成績からいえると思います。

これは先程ポットでみました湧水をかぶったままにしておけば、おそらく収穫皆無だったにちがいないという水田でございます。だいたい7月頃ですか、あまり枯れあがりもみえませんが、なからなからの草になっています。玄米重で申しあげますと収量は1番高く560kg位とれています。これは硫加磷安16号で肥料成分を全量基肥に施用したものです。560kg位とれていますから、先程お話ししました坪刈りの成績からいってもなからなからにいったという状態です。

1. ソロンチャークの脱塩化 (ナトリウムコロイドの生成)

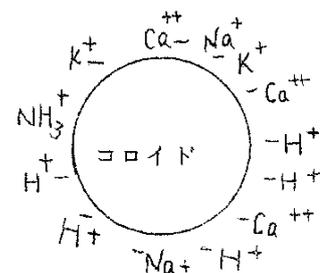


2. ソロニエーツの脱アルカリ化



3. 総合的対策

- a) 深く溝を切ること
- b) 無機質・有機質肥料の施用 (石コウ等)
- c) 灌 漑
- d) 多年性草本類の播類
- e) 客 土



第14表 塩類土壌の模式と対策

第14表は、塩分を多く含んだ水がかかると土壌が変質していくという一つの模式でございます。最初完全な土壌というのは(吸着複合体) Caの形であるわけなんです、そこへもって行って塩分の多い水がかかってくると、土壌の性質が変わっていくということなんです。このカルシウムを持っていった土壌コロイドがナトリウムで置換されていってしまう。その場合に症状としてどういうことが考えられるかと申しますとナトリウムコロイドがあった場合には乾燥するとかたくなってきます。皆さん見て頂いたと思いますが、湧水をたくさんかぶった水田の土壌というのは乾燥するとカチカチになるんです。それが症状的な一つの特徴なのです。それから除塩が進むとナトリウムコロイドが加水分解してアルカリ性をましてきます。それから場合によっては土壌が還元化する。酸素不足になっていくということです。症状としては水稻の根ぐされみたいな形になってでてきます。更に粘土分が高度の解膠を受け、分散状態を示します。従いまして構造的には単粒の土壌に変質します。本質的にこういったように変わってまいります。

次にナトリウムコロイドになった土壌の性質について述べてみたいと思います。この式で示されるように硫酸カルシウム、これは石こうで中性なものなんです、このようなものを作用させるともとの土壌コロイドにかえるという性質がある。結局この過程においてカルシウムがナトリウムに入れかわります。以上2つの性質は広く塩類土壌といわれるものの一般的な特徴を示しています。このような土壌に対して大きな意味の対策というのは5つ位に分けて考えられています。その一つとして深く溝をきる。これは水田の場合に暗渠ということにつながるわけです。それから無機質、有機質肥料の水用これは先程から試験の例などでお話してありますが、それから灌漑、灌漑ということは水洗いということなんです。畑の場合にも土壌の形として、日本にはこのような土壌はほとんどありませんが、やはり内陸地帯においては塩類土壌というものがありまして、乾燥しますと、下から塩分が上がってくる。そういう所ではやはりこのような対策が一般的に行われています。それから4番目の対策として多年生草本類の播種をあげておきました。話の始めの方で、作物の対塩性で申しあげましたように牧草類で豆科のものは塩害によわいのですが、禾本科系統のものは強いのです。牧草類は作物としては下等なものですから生育が旺盛で、土壌中からすいあげる養分というのは大変に多いのです。結局こういうもので吸わせて刈り出すとよいのです。5番目の対策としては客土があります。客土というのは作土の量を増やして根圏の濃度をうすめる効果があります。大きな対策としてはこのようなことが一般にいられています。最後に水稻についての問題点をしばってみますと、今後次の3点位に要約されると思います。1点は先程申しあげました窒素を例にとりまして申しあげました地力の低下ということ。それから2点目は物種性の悪化、すなわちコロイドがかわってくる。3点目は稔実歩合を高めること。と申しますのは先程の試験例で水洗いして普通に肥料をやればほぼ平年に近い収量があがると申しあげましたが、然し、その実態というのを見ますと収穫された米のだいたい10%位が青米としてでてきます。若しここに農家の方がおいでになりましたら教えていただきたいのですが、私どももたまたま25点程坪刈りしたのを試験場に持って帰りまして、こまかく千粒重や青米や屑米の率を調査してみました。そうしますとおおざっぱな見当で10%位でできました。屑米や青米が多いと販売するとき等級を下に格付けされますし、良質な米とは云い難いのです。

以上のようなことを総合的に検討しまして本年度の稲作の指針を作成してみました。それが先程おくばりしました資料でございますが、内容的には4つの対策に分けて書いてあります。まず、水の面からの対策、次に土壌の面からの対策、それから土壌対策のなされた水田に施用する肥料の種類と量の関係、更に栽植密度や植付け本数等の栽培上の注意点です。先程のご説明の中で一つ肥料の成分で申し落としていることがありますので補足させていただきます。作物が一番要求する要素としては、窒素、リン酸、

カリがありますが、カリにつきましては、やはり水の中にある程度ありまして、ある量というのは害にならない程度の量でして、これはあまり問題になりません。窒素は先程申しあげました、あとリン酸というのがひっかかってきます。私の方ではその成積はちょっと去年の段階では余裕がなくて手がつきませんでした。よそでやった成積でみますと土壌中のリン酸分が少ないと水稲はクロールをたくさん吸収するという特徴があります。吸収するということは結局それが塩害に結びつくわけなんです。また、植物体を分析してみますとリン酸の濃度が低い。展示的に先程の試験の中にリン酸を倍量入れた区を作ってみたのですが、リン酸がなければもちろん減収しますが、リン酸を多くやっても効果がありませんでした。いわゆる干拓地における塩害土壌の対策という岡山だとか千葉・長崎などの県の成積がありますが、やはりリン酸の増肥効果がないという一連の傾向がみられます。従いましてリン酸については普通量施用しておれば、生理・生態の面では多少障害があっても収量的にはあまり問題にならないのではないかという気がします。また、積極的に増収をねらう技術としてリン酸と窒素のかみ合せでリン酸を多量施用する方法もありますが、松代の場合は未知数です。一つの例といたしまして東北火山灰土壌からなる水田ではリン酸を3倍量やって水稲の収量が飛躍的に増収したという例があります。その場合には、やはり窒素とかみ合せがありまして、窒素も標準以上に増肥する必要があります。このように他の元素との相乗的な関係が認められますが、肥料的な面ではそういったことが残されているような気がします。

最後になりましたが、栽培上の留意点について述べたてみたいと思います。塩害地の水稲の草できの症状として分蘖がおさえられるということをお申しあげましたが、今年の重点的な栽培技術の一つとして植付け本数を増やしていった方がよいのではないかと。それから栽植密度ですが、塩害が想定されるような水田については、密度を高めていった方がよい。といったような対策をおくばりしました資料の2ページのところに書いてありますので、ご参考にしていただきたいと思います。

以上

## 【補足資料 1】

## 松代群発地震による桑園災害の実態

松代群発地震にともない、東条地区を中心として多量の湧水が起り、湧水と湧水中の塩分とにより農作物に被害を生じた。桑園の被害は、枯死および生育不良となってあらわれ、また葉の縮小・黄化・葉焼け等の症状がみられた。被害面積は 10 ha におよんだ。これら被害の実態について種々調査を行ってきたが、現在までに得られた結果の概要はつぎのようである。

- (1) 湧水について： 湧出場所によって異なるが、多いものでは 3,000 ~ 5,000 ppm の塩素量であった。塩素量の多い水は弱酸性であった。
- (2) 土壌について： 塩素量の多い湧水が流れ、あるいは湛水した桑園の土壌は、無被害桑園土壌に比べてつぎのような差異がみられた。
  - ① 塩素含有量： 土壌 100 g 中の塩素含有量は、重被害桑園では表土において 20 ~ 115 mg、下層土において 10 ~ 122 mg、中被害桑園では表土において 16 ~ 88 mg、下層土において 27 ~ 110 mg、軽被害桑園では表土において 10 ~ 34 mg、下層土において 10 ~ 74 mg であった。なお無被害桑園では表土で 10 mg、下層土で 6 mg であった。被害桑園では一般に表土より下層土の方が多い傾向であった。
  - ② 反応： PH(H<sub>2</sub>O) は大部分が弱アルカリ性~中性で、下層土の方が低かった。PH(KCl) は微酸性が多く、下層土の方が低かった。置換酸度は 0 に近かった。
  - ③ 石灰・苦土含有量： 無被害桑園より一般的に多い傾向がみられた。石灰では 2 倍、苦土では 3 ~ 4 倍の含有量のものがあつた。
  - ④ 諸成分の消長： 被害桑園土壌について、5 ヶ月後の下層土の性質を調査したところ、つぎの傾向がみられた。
    - イ) 塩素含有量はわずかではあるが減少していた。
    - ロ) 反応はわずかにアルカリ側へ動いた。
    - ハ) 石灰がやや増加し、苦土がやや減少した。
- (3) 桑の生育および収量について： 被害桑は春蚕期に新梢の生長不足、葉の縮小、黄化、枯死等の症状を呈し、晩秋蚕期に伸長不足、葉焼け、枯死などの症状を示した。
 

メチレン青により根の活性を調べた結果、被害程度により根の活性に差があり、対照（健全）> 軽被害 > 中被害 > 重被害 の順であることが観察された。

桑収量は対照（健全）株に比較して、軽被害株は 1/2 ~ 1/3、中~重被害株は 1/3 以下であり、収穫皆無のものもみられた。
- (4) 被害桑の飼料価格： 被害桑は飼料価格が劣り、春蚕期および晩秋蚕期の壮蚕飼育の結果、無被害桑にくらべつぎのような差異が認められた。（いずれも対照比）
  - ① 経過の遅延： 春蚕期に 4 日、晩秋蚕期に 2 日遅れた。
  - ② 結繭歩合の低下： 春蚕期に 20%、晩秋蚕期に 4% 低かった。
  - ③ 化蛹歩合の低下： 春蚕期に 40%、晩秋蚕期に 10% 低かった。
  - ④ 繭質の悪化（指数で比較、対照 100 に対し）
    - イ) 繭 重： 春蚕期に 55、晩秋蚕期に 78 であった。
    - ロ) 繭層重： 春蚕期に 49、晩秋蚕期に 81 であった。
  - ⑤ 体重の減少： 対照 100 に対し、春蚕期に 81、晩秋蚕期に 87 であった。

以上、無被害桑との差は春蚕期に著しく、晩秋蚕期に少なかった。

一方、給与桑の葉成分について分析した結果、乾物中の塩素量が春蚕期においては対照桑 0.15%、被害桑 0.86%であり、晩秋蚕期においては対照桑 0.35%、被害桑 0.50%であって、春蚕期に差が大きく晩秋蚕期に少なかった。

このことから、給与桑中の塩素量の多少と飼育成績の差異とに関連があるものと考えられ、土壌中の塩素の過剰吸収が葉質を悪化したものと思われる。

## 【補足資料 2】

**新しく普及に移す技術**  
**技術項目 松代湧水地域における水稲の濃度障害対策指針**

1. 目的 松代地震にともない、41年9月頃より皆神山周辺に百数十ヶ所の湧水現象がみとめられた。その湧水中には多量の各種成分が溶存し、これら湧水は、農地にかなりの冠・浸水となって溢流し土壌を汚染した。その結果、特に水稲作に被害が予想されたので水質と土壌の実態を調査し、改良対策を樹立する。
2. 研究担当者 農芸化学部 中村秀夫・梅村弘・原田康信
3. 研究期間 昭和42年1月～12月
4. 経過の概要
  - 1) 1月より主要な湧水・灌漑用水につき、1～2ヶ月おきにPH、EC、Cl、Na<sub>2</sub>O、CaO、MgO、K<sub>2</sub>O等の変化を調べ、用水としての可否、排水計画の基礎資料を得る。
  - 2) 3月には水質・土壌の汚染状態と水稲種子の発芽の関係を試験の結果からつかみ、苗代田設定の基準を示す。
  - 3) 4月に入り、冠浸水地域の水田、約30ha、112点（水田筆数）につき、土壌中の各種成分の含有量を調査し、汚染の実態を把握す。分析項目PH、EC、Cl、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O等
  - 4) 現地における暗渠排水と脱塩、および実験室で行った塩類の溶脱に関する浸透試験成績から土壌汚染の程度と洗滌対策の関係を明らかにする。
  - 5) 4地域につき、冠・浸水田土壌の深さ別濃度分布状態を調査。
  - 6) 6月に入って、これら水質の実態をつかむために湧水94点、灌漑用水16点を採水し、PH、EC、Cl、SO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、FeO<sub>3</sub>、CaO、MgO等につき分析実施す。
  - 7) 4地域の土壌を使用し、冠・浸水の程度、洗滌回数、施肥量と水稲の生育・収量の関係についてポット試験を行う。
  - 8) 現地において洗滌完了水田に対する施肥法、施肥量等に関する展示試験を行う。
5. 成果
  - 1) 各水系の水質について1ヶ年間時期別水質の変化を調査した結果、いずれもCl、Na<sub>2</sub>O、CaO、MgO等は増加の傾向にある。こも池、大日池、および加賀井用水は灌漑水として、ほぼ適当と判断されるが、内田用水及び内田沖用水は今後も濃度に注意する必要がある。実験の結果から灌漑用水濃度の限界はCl含有量で判定する場合は400 P.P.Mとする。
  - 2) 冠・浸水地域約30haのうち、70%余りは汚染され、30%は強度の被害が想定された。土壌汚染の判定はPH6.0<、EC 0.2mv、Cl 10mg/100g、Na<sub>2</sub>O 6mg/100g以上とする。収量とこれら要因との間には次のような関係が認められる。

判定基準	A	B	C	D	備考
収量 (%)	100(標準)	100 ~ 80	80 ~ 40	40>	Bに該当する数値で場合によると被害が出、C以上になると最低20%の減収となる。
PH	6.0>	6.0 ~ 6.5	6.5 ~ 7.0	7.0<	
E.C.(mv)	0.2>	0.2 ~ 0.3	0.3 ~ 0.5	0.5<	
Cl(mg/100g)	10>	10 ~ 40	40 ~ 100	100<	
Na <sub>2</sub> O(%)	6>	20 ~ 50	50 ~ 100	100<	

3) 土壌汚染の濃度と洗滌回数は大体次のとおりとする。

区分	A	B	C	D	備考
回数	0	1 ~ 2	3 ~ 4	5 ~ 6	1回の用水量 10a 当 100 t (1 m の深さ)

4) 洗滌跡の水稲の施肥量は慣行量とし、元肥重点施用とする。  
肥料の種類は硫化磷安 12 号および 16 号。いずれも肥効に大差ない。

## 6. 普及上の留意点

- 1) 灌漑用水を Cl 含有量で判断する場合は、400 P.P.M 以上では害が出る。
- 2) 土壌中の Cl、Na<sub>2</sub>O が土壌 100 g 中 40 ~ 50 mg 以上、EC 0.3 mv、PH6.5 以上の場合は 20% 以上の減収が予想されるので注意する。
- 3) 洗滌方法は暗渠排水による水の浸透溶脱が好ましいが、不可能な場合は秋耕し、良水の掛け流しを実施する。なお湧水田は必ず暗渠排水を行うこと。
- 4) 洗滌が充分なされた水田の施肥量は慣行に準ずる。洗滌のなされない場合は元肥の窒素量は約 3 ~ 5 割減肥とする。
- 5) 濃度障害田の水稲は分けつが抑制され茎数が少なくなる傾向が認められるので慣行より 1 ~ 2 本多く植えること。

## 7. 参考資料

成果①の資料 灌漑用水中の Cl・Na<sub>2</sub>O の年間の変化(P.P.M)

採水日付 用水別	41.10.27	42.1.28	2.16	3.17	4.18	6.8	9.13	11.21
こも池用水	23	-	55 (74)	55 (55)	53 (121)	60 (150)	70 (90)	66 (106)
大日池用水	-	15 (101)	170 (112)	191 (125)	130 (148)	172 (113)	170 (162)	181 (129)
加賀井用水	-	204 (108)	330 (85)	312 (112)	220 (139)	180 (112)	190 (160)	※ 496 (162)
内田用水	249	-	-	245 (115)	250 (161)	330 (144)	360 (170)	365 (142)
内田沖用水	185	713 (418)	915 (465)	570 (152)	530 (195)	440 (117)	460 (158)	463 (131)

◎ 農業改良課調査。 ※上流で排水工事のため高濃度の湧水混入し、Cl 含有量多し。

( ) の数字は Na<sub>2</sub>O。

成果①の資料 水質・土壌の相違が水稻の発芽・初期生育に及ぼす影響

水質の種類	土壌の種類	1週間後			2週間後			備 考							
		発芽率 %	発芽率 %	草丈 cm	発芽率 %	発芽率 %	草丈 cm								
蒸留水 (0)	対象 (9mg/100g)	80	96	6.9	温度処理30℃ 恒湿器 ( )はC1の濃度	水質	PH	EC mv	Na <sub>2</sub> O PPM	CaO PPM					
	展示圃 (104 )	36	68	2.6							蒸留水	6.6	—	—	—
	兼田 (30 )	48	72	5.8							大日池	7.5	0.5	112	80
	大熊沖 (344 )	0	0	0							加賀井	6.9	0.7	85	181
大日池 (170PPM)	対象	72	96	7.5	土壌	対象	4.1	0.1	78	161					
	展示圃	48	76	4.2							提示圃	6.8	0.5	128	310
加賀井用水 (330PPM)	対象	60	84	5.7	兼田	6.9	0.3	111	387						
	展示圃	28	68	2.5						大熊沖	7.9	1.5	678	332	

成果②の資料 冠・浸水の程度と収量の関係 (a 当り)

被害の程度	調査田数	稈長 cm	穂数 本	わら重 kg	玄米重 kg	同左 %	1000 粒重 g	しいな kg	青米 %	屑米 %
対象	5	88.8	17.8	72.4	54.1	100	21.7	0.48	1.8	9.6
軽微	7	85.8	14.9	62.3	54.5	101	21.9	0.51	2.2	10.9
弱	7	85.3	14.0	60.7	453	80	22.3	0.48	3.9	13.2
中	3	76.3	12.7	44.8	372	69	22.6	0.40	4.4	15.1
強	3	66.1	9.1	25.2	199	37	22.8	0.33	3.2	14.1

成果②の資料 調査田水稻栽培前後の土壌成分濃度の変化

被害の程度	調査田数	PH		EC mv/100g		Cl mg/100g		Na <sub>2</sub> O mg/100g		備 考
		前	後	前	後	前	後	前	後	
対象	5	5.7	6.3	0.10	0.20	6.3	13.0	6.0	23.6	
軽微	7	6.5	6.3	0.28	0.25	26.0	27.0	37.1	44.4	
弱	7	6.5	6.2	0.22	0.21	29.0	21.3	61.2	39.2	
中	3	6.5	6.5	0.36	0.39	45.7	36.7	104.7	63.7	
強	3	6.7	6.9	0.83	0.56	117.3	68.7	227.0	70.0	

成果③の資料 汚染土壌の洗浄効果 (ポット当り)

処 理	稈長 cm	穂数 本	わら重 kg	籾重 kg	同左 %	しいな kg	浸透水中の溶存量				備 考
							Cl		Na <sub>2</sub> O		
							mg	%	mg	%	
対象 (無冠水)	66	11.3	51.3	39.6	100	2.6	-	-	-	-	1ポット当土壌 3.5 kg 試験は2~3連 1回の灌水量2ℓ
無洗滌	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1回	59	3.7	16.0	17.6	44	0.8	2560	40	1806	36	
3回	69	7.2	29.5	35.6	90	2.3	5470	86	4192	88	
6回	68	8.5	32.0	40.4	102	2.0	6348	100	5078	100	

## 成果④の資料 洗滌あと水稻の施肥法及び施肥量 (kg/a)3 連平均

試験区及び施肥量	生育調査				わら重	玄米重	同左 %	しいな	1000 粒 重 g
	7 月 13 日		収穫時						
	草丈	茎数	稈長	穂数					
	cm	本	cm	本					
無肥料 (0-0-0)	44	8.4	79	10.2	47.9	40.1	79.6	0.26	22.2
無窒素 (0-7-7)	44	11.3	90	13.9	59.8	49.9	99.0	0.67	22.9
硫化燐安 16 号 N 半量元肥 (3.5-7-7)	45	10.4	86	12.0	59.8	50.4	100.0	0.76	22.5
硫化燐安 16 号 N 全量元肥 (7-7-7)	48	12.2	84	12.8	66.7	56.0	111.1	0.67	22.2
硫化燐安 12 号 N 半量元肥 (3.5-4.6-3.3)	44	9.0	84	13.6	63.1	50.6	100.6	0.76	21.7
硫化燐安 16 号 N 半量元肥・追肥 (7-7-7)	47	10.3	91	12.9	58.0	49.6	98.4	0.96	21.5