

干拓地土壤に関する研究

(第18報) 干拓新田における土壤の化学的性質の経時的变化について

河内 知道・米田 茂男

Studies on Polder Soils in Japan.

XVIII. Changes of Chemical Properties of Soil in Relation to Age of Polder Cultivated Under Paddy-Field Condition.

Tomomichi KŌCHI and Shigeo YONEDA

It is the purpose of this report to study changes of chemical properties of the soil in a halogenetic young polder, developed along the seacoast of inner Kojima Bay, in relation to the length of time which has elapsed since these polder being diked and cultivated under paddy-field condition. Soil samples used in this study were collected from Kojima 7 Polder B Section, A Section and Kojima 3·5 Polder. 7 Polder B Section is located in a recently empoldered virgin region. Ages of 7 Polder A Section and 3·5 Polder under paddy cultivation are 5 years and about 10 years, respectively.

The results obtained are to be summarized as follows :

(1) Ground water contains a large amount of soluble salts and its table is very high in a recently empoldered region. As paddy cultivation proceeds, a continuous decrease in salinity and lowering of water table are observed in well drained fields. On the contrary, salinity and water table remain unchanged in poorly drained fields along the dike.

(2) The content of soluble salt in recently empoldered soils is also very high in all the horizons. A considerable part of soluble salt has been washed out from the upper layer during 5 year cultivation by rain or irrigation water, and most of surface soils show the electric conductivity of less than 7 millimhos/cm, but salinity of subsoils remains unchanged, having 7 millimhos/cm or more. After about 10 year cultivation, all of the first horizon and most of the second horizon show a marked reduction of salinity, having the electric conductivity of less than 4 millimhos/cm and 7 millimhos/cm, respectively.

(3) The reaction of all the horizons of just empoldered soils lies within the range pH 7.0 to 8.1 but that of most surface soils becomes slightly acid, after 5 year cultivation, and considerably acid after about 10 year cultivation, showing the pH of 6.0—6.9 and below 5.9, respectively.

(4) Of exchangeable bases, mono-valent cations and Mg are more prominent than others, and the base-exchange complex is nearly saturated with bases in just empoldered soils. It is shown that the V values and exchangeable mono-valent cations are decreased slightly in surface soils but remain unchanged in subsoils during 5 year cultivation. After about 10 year cultivation, mono-valent cations and Mg are replaced by hydrogen, and V values decrease greatly in surface soils and the composition of the exchangeable bases gradually approaches to that of normal acid soil.

(5) A large amount of oxidizable sulfur is found in all the horizons of just empoldered soils and a considerable decrease of oxidizable sulfur in surface soils is found after 5 year cultivation, but a marked decrease of oxidizable sulfure in all the

horizons is found after about ten year cultivation. It is shown that oxidizable sulfur is rapidly oxidized in a field condition and its product is easily leached out. A relatively close correlation is also found to exist between the degree of desalting and the decrease of oxidizable sulfur.

緒 言

筆者等は、さきに児島湾内部沿岸地域に分布する干拓新田を対象として、その代表地点において、干陸後の土壤の動的変化を土壤生成論的に究明し、干拓新田土壤は開田後比較的短期間に、きわめて規則的にその性質を変化すること¹⁰⁾、更にはかかる土壤生成過程には硫化鉄が著しい影響を及ぼしていること¹¹⁾、等を明かにした。本研究においては児島湾干拓地に属する第7区B地区と同A地区及び第3・5区の干拓新田全域を対象として、開田初期の年次経過に伴う土壤性質の変化の実態を究明した。なお本調査は農林省直轄調査として昭和32年12月に第7区干拓地を、又昭和33年11月に第3・5区干拓地について行なった。

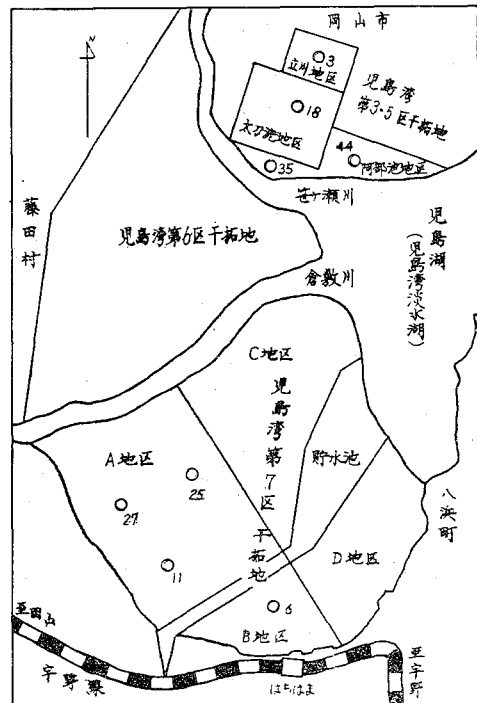
I. 供試土壤及び実験方法

1. 概 況

児島湾第7区干拓地は岡山県児島郡灘崎町及び玉野市槌ヶ原、同市八浜町に位置する海面干拓地で、B地区は総面積178ha.の葦の密生した干陸直後の未耕地であつた、従つて土層の分化は全くみられず、表面に数mmの酸化層を認める以外は全てグライ層で、断面形態には殆んど差異はみられなかつた。A地区は大部分の地域が開田後5年を経過した総面積492ha.の干拓新田であり、土層の分化は不完全で、概して表土は褐系統の色調を呈する酸化層よりなり、下層土はいずれも黒青緑系統の色調を呈する還元層で、地下水位付近まで縦の亀裂を生じていた。土性はA・B両地区共シルトに富む埴土よりなつている。第3・5区干拓地は岡山市浦安に位置し、開田後10～12年を経過した干拓新田で、調査は213ha.について行なった。土性は砂土から埴壤土にわたつていて、地点別にも層位別にも著しい差が認められたが、概して砂質土が多かつた。土壤の断面形態には若干の相違を認めるも、概して表土は褐系統の色調を呈する酸化層で鉄の斑紋を認める層位よりなり、その下層は亀裂面及びその周囲は酸化層を呈するが、内部は還元層よりなり、鉄及びマンガン斑の現出している層位で、最下層は地下水位附近より青灰或は緑灰色のグライ層よりなつていた。

土壤調査の結果より3地区の土壤型の分布状況をみるに、第7区B地区では強グライ土壤群の強粘土還元型土壤が、A地区ではグライ土壤

第1図 供試土壤の試坑地点図



群の強粘土構造型土壌が、又第3・5区ではグライ土壌群の壤土型土壌が大部分を占めていた。

2. 供試土壌及び実験方法

実験材料として、第7区B地区より6地点、A地区より44地点、第3・5区より47地点を選び、第7区では土層の分化が不完全なため、0~30cm, 30~60cm, 60~90cmの3層位について、又第3・5区では各層位について土壌の反応と、含塩度を土壌の飽和浸出液について既報¹⁸⁾の電気伝導度法で測定する一方、同浸出液について全固形物量と塩素を定量し、又、各地点において地下水位と地下水中の塩素含量を測定した、別に代表試料について加水酸度、置換性塩基、腐植、全窒素、乾土効果並びに酸化性硫黄を定量し、年次経過による各成分の比較検討をこころみた。干拓新田の位置及び供試土壌中、とくに本報告に掲げる代表試料の位置を示せば Fig 1 のとおりであり、又代表試料の土壌断面形態の概要及び土壌型を示せば次表のとおりである。

土 壌 の 断 面 形 態

土壌番号	地目	項 目	土 壌 の 断 面 形 態								土 壌 型			
			10	20	30	40	50	60	70	80	cm	基本土壌類型 (農林省)	干拓地土壌 類型(米田)	
児島湾第7区干拓地B地区														
6	未耕地	土性と特徴色 調 緑 灰	LiC+#										強グライ土壌 強粘土還元型	天然型
児島湾第7区干拓地A地区														
11	水田	土性と特徴色 調 暗 灰 褐	LiC XX	SiC XX ○	SiC #							グライ土壌 強粘土構造型	微溶脱型	
25	水田	土性と特徴色 調 暗 黄 褐 灰	LiC X	SiC X	C #							グライ土壌 強粘土構造型	微溶脱型	
27	水田	土性と特徴色 調 褐	LiC X	SiC	SiC #							グライ土壌 強粘土構造型	微溶脱型	
児島湾第3・5区干拓地														
3	水田	土性と特徴色 調 暗 黄 褐	SCL X	S X	S #							グライ土壌 砂土型	弱溶脱型	
18	水田	土性と特徴色 調 暗 黄 褐	SCL X	SiCL X	SiCL #							グライ土壌 粘土型	弱溶脱型	
35	水田	土性と特徴色 調 暗 黄 灰 褐	CL XX	SiL X	SiL #							グライ土壌 壤土型	強溶脱型	
44	水田	土性と特徴色 調 暗 黄 褐	SCL XX	SL XX	SiL #							グライ土壌 壤土型	弱溶脱型	

註 S…砂土, SL…砂壤土, SiL…微砂質壤土, CL…埴壤土, SCL…砂質埴壤土, SiCL…微砂質埴壤土, LiC…軽埴土, SiC…微砂質埴土, C…埴土
X…斑鉄含む, XX…斑鉄に富む, +…硫化物斑又は黒泥あり, ○…貝殻あり, #…グライ層

II. 分析成績並びに考察

1. 地下水位及び地下水の含塩度

各地区の地下水位及び地下水中の塩素含量を示せば Table 1 及び Table 2 のとおりである。地下水位をみるに、干陸直後の第7区B地区では、西半分が湛水していたため、地区全体の傾

Table 1. Table of Ground Water.

Locality	Number of samples, tested	Ground water level cm		Percentage of samples			Remark
		max.	min.	30cm >	30~50cm	50cm <	
Kojima 7 Polder B	6	flooding	40	67	33	0	Soon after empoldered
Kojima 7 Polder A	44	28	74	14	72	14	Cultivated 5 years
Kojima 3-5 Polder	47	19	100	4	26	70	Cultivated about 10years

Table 2. Salt Content of Ground Water.

Locality	Number of samples, tested	Cl %		Percentage of samples		
		max.	min.	0.3% >	0.3~0.5%	0.5% <
Kojima 7 Polder B	3	0.762	0.642	0	0	100
Kojima 7 Polder A	44	0.848	0.176	18	62	20
Kojima 3-5 Polder	47	1.158	0.057	53	9	38

向は判明しないが、湛水地区を除けば10~40cmの範囲にあり、全地域が高地下水位を示した。開田後5年を経過したA地区では、調査地点44カ所につき28~74cmに位置し、地域的な規則性は認められなかったが、大部分は50cm以内にあり、B地区に比べると若干地下水位は低下したが、かなり高位置に存在する地点が多かった。第3・5区では調査地点47カ所につき19~100cmの間に存在し、50cm以下の地点が70%を占め、開田後10年を経過すれば地下水位はかなり低下することが判った。一方堤塘沿いの地域ではかなり高位置にあるものが多く、阿部池地区の64%と太刀洗地区の29%は50cm以内に存在し、地下水位の低下は内陸地域に比べてかなり困難なことを知った。

次に地下水中の塩素含量をみるに、Table 2に示すごとく第7区B地区は湛水地域を除けば全てが0.6%以上で、干陸直後は地下水の含塩度は異常に高い値を示した。A地区は0.176~0.848%の範囲にあり、試料によつてかなりの差を示すが、0.3%以上の地点が82%存在し、大部分の地域は高濃度の塩分を含有していた。しかしB地区に比べると含塩度はかなり低下していることが判った。第3・5区は0.057~1.158%の範囲にあり試料によつて大差を示すが、0.3%以下の地点が53%存在し、地下水中の塩分含量は開田後10年を経過すればかなりの程度まで低下することが判った。一方堤塘沿いの地域には依然として高含塩地下水が分布しており、阿部池地区の79%及び太刀洗地区の53%は0.3%以上の含塩量を示した。

以上の如く、地下水位並びに地下水の含塩量は共に開田後の年次の経過と共に低下し、内陸の排水良好な地域ではきわめて短期間に両者共相当程度まで低下することが判った。一方堤塘沿いの排水不良地では、開田後10年を経過しても依然として干陸当初と大差を示さない地点もかなり分布していた。かかる地域では、除塩の面からも、硫化物による水稻の生育障害¹⁵⁾の点からしても、地下水位低下の問題は土壤管理上最も重要な課題の一つであることが判った。

2. 土壌の分析成績並びに考察

(1) 含塩度

全供試土壌の飽和浸出液の電気伝導度値を各層位別に一括して示せばTable 3のとおりであり、代表試料の含塩度はTable 4に示す如くである。

第7区B地区の伝導度値をみるに、第1層では6.56~12.18 millimhos/cmの範囲に、又第2

Table 3. Electrical Conductivity of Soils.

Locality	Horizon	Number of samples, tested	Conductivity of sat. ext. millimhos/cm		Percentage of soil samples			
			max.	min.	4 millimhos/cm >	4~7 millimhos/cm	7~15 millimhos/cm	15 millimhos/cm <
Kojima 7 Polder B Section	1	5	12.18	6.56	0	20	80	0
	2	5	19.04	15.71	0	0	0	100
Kojima 7 Polder A Section	1	65	9.86	1.58	56	35	9	0
	2	44	20.09	4.09	0	5	77	18
	3	10	21.67	12.03	0	0	30	70
Kojima 3-5 Polder	1	47	3.52	0.29	100	0	0	0
	2	47	15.36	0.58	66	13	19	2
	3	38	26.22	0.83	13	16	53	18

Table 4. Salt Content and Reaction of Soils.

Soil No.	Depth cm	Soluble salts and conductivity of sat. extracts			SO ₃ %	pH (H ₂ O)	Hydrolitic acidity Y ₁
		Conductivity millimhos/cm	Soluble salts %				
			Total solid	Cl			
Kojima 7 Polder B Section							
6-1	0~30	12.18	0.990	0.468	0.081	7.99	0
2	30~60	15.71	1.343	0.641	0.066	8.10	0
Kojima 7 Polder A Section							
11-1	0~30	3.73	0.311	0.095	0.053	7.25	1.6
2	30~60	9.75	0.970	0.413	0.213	7.71	0.8
25-1	0~30	4.68	0.375	0.100	0.112	7.58	0
2	30~60	8.42	0.474	0.179	0.166	7.51	1.3
27-1	0~30	2.92	0.251	0.086	0.080	6.95	2.5
2	30~60	9.92	0.991	0.405	0.246	7.57	1.5
Kojima 3-5 Polder							
3-1	0~13	0.56	0.033	0.003	0.022	6.05	7.7
2	13~60	1.52	0.045	0.015	0.033	7.39	4.0
18-1	0~14	1.23	0.094	0.006	0.034	7.54	5.5
2	14~50	12.47	0.605	0.097	0.355	5.39	6.0
3	50~	26.22	0.952	0.318	0.204	7.93	0.5
35-1	0~13	2.41	0.126	0.024	—	5.20	19.8
2	13~40	4.64	0.173	0.054	0.073	4.94	17.6
3	40~	7.76	0.423	0.040	0.234	4.70	8.0
44-1	0~11	3.52	0.108	0.037	0.053	5.23	14.8
2	11~28	8.18	0.350	0.091	0.088	6.63	6.0

層では 15.71 ~ 19.04 millimhos/cm の範囲にあり、表土が下層土に比べて若干低い傾向を示すが、表土の 1 点を除いて、他は全てが植物生育の危険限界である 7 millimhos/cm 以上を示し、全層含塩度は著るしく多かつた。A 地区の表土は 1.85 ~ 9.86 millimhos/cm の範囲にあり、7 millimhos/cm 以下の試料が 91 % を占めていることからみて、一応水稲作の可能な限度にまで

除塩は進行していることが判つた。これは調査の前年に児島湾淡水湖が完成し、良質の灌漑水が豊富に利用出来るようになったことが大きな原因と考えられる。これに対して第2層及び第3層では伝導度値が 7 millimhos/cm 以上の試料が 95 % 及び 100 % を占めていて、含塩量は著るしく多く、下層土の除塩は殆んど進行していないことを示した。第3・5区の表土は 0.29 ~ 3.52 millimhos/cm の範囲にあり、全試料が生育の安全限界である 4 millimhos/cm 以下を示し、第2層も生育の危険限界である 7 millimhos/cm 以下の試料が約 80 % を占めており、除塩は表土は勿論、第2層もかなり進行していることが判つた。第3層は 7 millimhos/cm 以上の試料が 71 % 存在し、本層位はまだ相当高濃度の塩分を含有していた。

次に飽和浸出液の全固形物量をみるに、第7区B地区においては、第1層は全試料が 0.6 % 以上を、又第2層は 1 % 以上を示し、全層位が高濃度の塩分を含有していた。A地区は第1層は 0.3 % 以下の試料が全供試土壌の 48 % を占め、含塩度はかなり低下したが、第2層は全試料が 0.4 % 以上を、又第3層は全てが 1 % 以上の含塩量を示し、下層土は高濃度の塩分を含有していることを示した。第3・5区は代表試料についてみるに、第1層、第2層及び第3層で、それぞれ 0.033 ~ 0.125 %、0.045 ~ 0.605 % 及び 0.423 ~ 0.952 % の範囲にあり、試料によりかなりの差を示すが、伝導度と同様、第2層にもかなり含塩量の低下している試料が存在した。

塩素含量は第1層、第2層及び第3層の各層位について第7区B地区では 0.202 ~ 0.468 % 及び 0.641 ~ 0.819 % の範囲を、A地区では 0.033 ~ 0.372 %、0.083 ~ 0.831 % 及び 0.454 ~ 1.050 % の範囲を示し、前記電気伝導度及び全固形物量と同様の傾向を示した。

次に構成塩類の質をみるに、第7区では塩化物が主要構成塩類をなしているのに対して、第3・5区では塩素の占める割合はかなり少なく、むしろ硫酸塩が主要塩類になっている場合の多いことが判明した。

土壤の除塩の速度は、灌漑水及び土性等との関係もあり一概には論議出来ないが、本地域においては灌漑用水さえ確保できれば開田後数年を経過すれば表土は水稻生育には支障のない程度にまで含塩量は低下し、10年を経過すれば第2層もかなり低下することが判つた。

(2) 反応及び加水酸度

全供試土壌の水浸液の反応を層位別に一括して示せば Table 5 のとおりである。

Table 5. pH of Soils.

Locality	Horizon	Number of samples, tested	pH (H ₂ O)		Percentage of soil samples			
			max.	min.	pH 4.9 >	pH 5.0 ~ 5.9	pH 6.0 ~ 6.9	pH 7.0 <
Kojima 7 Polder B Section	1	6	8.0	7.0	0	0	0	100
	2	6	8.1	7.6	0	0	0	100
Kojima 7 Polder A Section	1	65	7.6	5.4	0	3	95	2
	2	44	7.7	6.2	0	0	43	57
	3	10	8.3	7.5	0	0	0	100
Kojima 3-5 Polder	1	47	7.8	4.5	2	77	15	6
	2	47	8.2	4.0	13	15	42	30
	3	40	7.9	4.7	5	8	20	67

風乾細土の反応を層位別にみるに、第7区B地区は第1層及び第2層についてそれぞれ pH 7.0 ~ 8.0 及び 7.6 ~ 8.1 の範囲にあり、干陸直後は全層中性乃至弱アルカリ性を示した。A地区の土壌は、第1層、第2層及び第3層でそれぞれ pH 5.4 ~ 7.6、6.2 ~ 7.7 及び 7.5 ~ 8.3 の範

圃にあり、表土に進むに従つて若干酸性を増す傾向を示した。しかし第1層でも pH 6.0以上の試料が97%を占めており、B地区に比べると若干酸性化は進展しているが、所含酸化性硫黄による土壌の酸性化は現段階では殆んど問題にならない程度であつた。下層土は殆んど全ての試料が中性乃至弱アルカリ性を示した。第3・5区では第1層、第2層及び第3層について、それぞれ pH 4.5~7.8, 4.0~8.2及び4.7~7.9の範囲にあり、試料間にかんがりの差が存在した。これを反応別にみるに、下層土では一部に強酸性を示す試料が存在するが、pH 6以上の試料が第2層及び第3層でそれぞれ72%及び87%存在し、下層土の酸性化はあまり顕著でないことを示した。これに対して第1層では pH 5.9以下の試料が約80%を占め、表土の酸性化はかなり進行していることが判つた。この理由は、当地区は既報¹⁰⁾の如く干陸直後から強酸性を呈する酸性天然型土壌が多く分布していた地域で、所含酸化性硫黄の影響によるものである。

次に代表試料について加水酸度をみるに、Table 5に示すごとく Y₁値は第7区B地区は全層位0を、又A地区では全試料が3.9以下を示し、両地区共土壌コロイドはほぼ塩基で飽和されていることを示した。第3・5区の Y₁は表土で1.2~19.8の範囲にあり、下層に進むに従つて小となる傾向を示し、表土では土壌コロイドの不飽和化が若干進展していることを示した。

(3) 機械的組成

代表試料の表土のシルト及び粘土含量は Table 6に示すとおりである。

Table 6. Mechanical Composition and Nitrogen Content of Surface Soils.

Soil No.	Silt 0.02~0.002mm %	Clay <0.002mm %	Texture	Humus %	Total N %	Soil drying effect N mg/100g
Kojima 7 Polder B 6-1	36.67	35.93	Light clay	2.30	0.12	4.2
Kojima 7 Polder A 11-1	31.05	34.80	Light clay	2.07	0.15	2.6
25-1	23.94	33.55	Light clay	1.67	0.10	3.2
27-1	31.24	40.52	Light clay	1.95	0.13	3.4
Kojima 3-5 Polder 3-1	16.75	15.98	Sandy clay loam	1.88	0.09	3.8
18-1	19.86	18.00	Sandy clay loam	1.34	0.09	4.0
35-1	24.63	23.38	Clay loam	2.67	0.16	8.8
44-1	19.38	21.64	Sandy clay loam	2.31	0.15	5.4

表土の粘土含量をみるに第7区干拓地では33.55~40.52%の範囲を示し、全試料が33%以上の多量を含有していた。第3・5区干拓地では15.98~23.38%の範囲にあり、地点によつて若干の差がみられたが第7区に比べると粘土含量はかなり少ない。シルト含量も第7区が多い傾向を示すが両地区共粘土含量とほぼ同程度のかんがり多量を含有していた。シルト及び粘土含量から土性を判定するに、第7区土壌は Light clay に又第3・5区土壌は Clay loam 及び Sandy clay loam に属している。

(4) 置換容量及び置換性塩基

代表試料につきN-酢酸アンモニア浸出法で定量した塩基置換容量と置換性塩基を示せば Table 7のとおりである。

置換容量は第7区では18.75~25.30 me/100g, 第3・5区では9.10~20.25 me/100gの範囲

Table 7. Exchangeable Bases of Soils.

Soil No.	Base exchange capacity	N-ammonium acetate sol. base me/100g					Equivalent percent of the base exchange capacity				V	pH (H ₂ O)
		Ca	Mg	Na	K	sum	Ca	Mg	Na	K		
Kojima 7 Polder B Section												
6-1	21.00	6.88	8.96	8.16	2.13	26.13	(51.00)	38.86	10.14	(100)	7.99	
2	22.35	5.86	8.87	8.16	2.21	25.10	(53.60)	36.51	9.89	(100)	8.10	
Kojima 7 Polder A Section												
11-1	25.75	7.45	9.92	4.45	1.34	23.16	28.93	38.52	17.28	5.20	89.94	7.25
2	26.30	7.58	10.38	8.32	2.66	28.94	(58.26)	31.63	10.11	(100)	7.71	
3	25.10	7.20	10.02	9.45	2.79	29.46	(51.23)	37.65	11.12	(100)	8.02	
25-1	20.55	11.85	7.49	4.29	1.63	25.26	(71.19)	20.88	7.93	(100)	7.58	
2	18.75	8.02	7.55	6.22	1.71	23.50	(57.71)	33.17	9.12	(100)	7.51	
27-1	24.65	7.96	9.92	4.29	1.38	23.55	32.29	40.24	17.40	5.60	95.54	6.95
2	24.90	9.43	10.37	9.45	2.77	32.02	(50.93)	37.95	11.12	(100)	7.57	
3	23.50	5.25	9.62	9.29	2.91	27.07	(48.09)	39.53	12.38	(100)	7.80	
Kojima 3-5 Polder												
3-1	14.45	5.03	3.64	1.19	0.39	10.25	34.81	25.19	8.24	2.70	70.93	6.05
2	12.35	3.25	5.77	2.16	0.68	11.86	26.32	46.72	17.49	5.51	96.03	7.39
3	9.10	1.85	4.25	2.63	1.07	9.80	(59.34)	28.90	11.76	(100)	7.82	
18-1	16.10	11.19	2.96	1.05	0.44	15.64	69.50	18.39	6.52	2.73	97.14	7.54
2	16.30	5.32	5.89	2.78	1.18	15.37	32.64	36.13	18.28	7.24	94.29	5.39
3	15.34	6.37	5.97	4.94	1.63	18.91	(57.17)	32.20	10.63	(100)	7.93	
35-1	18.85	4.71	4.88	1.42	0.49	11.50	24.99	25.89	7.53	2.60	61.01	5.20
2	19.47	3.38	6.20	1.95	0.81	12.34	17.36	31.84	10.02	4.16	63.38	4.94
3	19.30	3.50	5.82	1.76	1.24	12.32	18.13	30.16	9.12	6.42	63.83	4.70
44-1	16.40	3.25	4.81	1.45	0.59	10.10	19.82	29.33	8.84	3.60	61.59	5.23
2	20.25	4.14	8.34	3.26	1.51	17.25	20.44	41.19	16.10	7.46	85.19	6.63
3	17.05	5.22	6.83	5.90	1.95	19.90	(53.96)	34.60	11.40	(100)	7.69	

にあり、試料によつて大差がみられるが、粘土含量の多い第7区が明らかに高い値を示した。

次にN-酢酸アンモニア可溶性塩基の含量をみるに、干陸当初の土壤にしばしば見られるごとく、試料によつては塩基含量が置換容量を凌駕する結果を示した。その理由としてこれら土壤中には易溶性のカルシウム及びマグネシウム塩が存在するためと考える。しかしてこれらの試料は何れもpH値は7以上を示し、加水酸度は1.5以下にあることから、前報¹⁷⁾に準じて塩基飽和度を100として、置換容量から置換性1価カチオンの含量を差引いた値をもつて置換性2価カチオンの含量として示した。

年次の経過に伴う塩基飽和度の変化をみるに、干陸直後は表土、下層土共に塩基で飽和されていることを示したが、開田後の年次の経過と共に表土から次第に低下し、順次下層に向つて進展することが判つた。即ち開田後5年目の第7区A地区では、表土のみが若干不飽和化し、開田後10年を経過した第3・5区では表土の飽和度は反応が中性を示す1点を除くと他は61~71%とかなり低下し、第2層もわずかではあるが不飽和化の進展していることを示した。又下層土まで強酸性を示すNo.35試料では第2層及び第3層で63%の飽和度を示し、下層土までかなり不飽

和化の進んでいる土壌も存在した。

置換性塩基の組成は、干陸当初の第7区B地区では1価カチオンとMgの含有率が正常土に比べて非常に高く、海水の影響下にある塩成土壌の共通的特徴を示した。年次の経過と共に塩基の組成は規則的に変化し、置換性1価カチオンと置換性Mgは先ず表土から順次下層に向つて減少の傾向を示した。即ち第7区A地区では置換性1価カチオンは1層のみがかなり減少し、第3・5区では1価カチオンは2層まで、又置換性Mgは表土でかなり少なくなり、表土ではCaが優位を占める試料も存在し、次第に本邦の正常土の組成に近づく傾向を示した。

以上の含塩度、反応及び置換性塩基の組成特徴から各新田における土壌型⁹⁾の分布状況をみるに、干陸直後の第7区B地区には天然型土壌が、A地区には微溶脱型土壌が、又第3・5区新田には弱溶脱型土壌と、一部に強溶脱型土壌が分布しており、干拓新田土壌は開田後の年次の経過と共にきわめて短期間に、且つ規則正しくその性質を変化することが判つた。これはさきに当地区周辺に分布する干拓新田の代表地点において調査研究した結果とよく一致している。

(5) 腐植、全窒素及び乾土効果

代表試料の表土の腐植、全窒素及び乾土効果の定量値はTable 6に示すとおりで、腐植含量は全層位について第7区で1.48~2.57%、第3・5区で0.57~2.67%の範囲を示し、第7区がやや高いものの多い傾向を示したが、全体に腐植含量は少なく、層位間に一定の傾向は存在しなかつた。代表試料の表土の全窒素含量は全地区で0.09~0.16%の範囲を示し、地区間に大差を示さず、全窒素含量は低位にあることを知つた、又乾土効果をみるに第7区で2.6~4.2mgN/100g、第3・5区では3.8~8.8mgN/100gの範囲を示し、第3・5区がやや高い傾向を示した。

3. 酸化性硫黄含量と反応の変化

海底土或は湖底土に由来する土壌中には、かなりの量の酸化性硫黄の存在する場合が多く、これらの酸化性硫黄は土壌の生成過程に大きな影響を与える¹¹⁾が、又作物生育に直接間接に大きな障害を与えることが判明し、^{2,3,6,7,12,14)}近年各地の干拓地で問題になつており、オランダ、スエーデン、アフリカ、ハンガリー等、諸外国においてもこれが機作の解明と対策が土壌管理上の重要課題として考究^{1,2,3,4,5)}されている。本地区の干陸当初のLungeのpyriteの分析法によるSの定量値は既報^{9,11)}の如く、第7区A地区で土壌100g当り219.8及び306.7mg、第3・5区で199.0及び318.8mgを示し、両地区共かなりの量を含有していたが、これらの酸化性硫黄が開田後の年次経過に伴い、如何なる行動を示すかを知ることは、土壌生成論的には勿論、土壌管理の上にも重要な意義を持つと考える。因つて代表試料についてH₂O₂-処理法¹⁹⁾による酸化性硫黄の含量と土壌反応の変化を測定し、年次経過に伴う酸化性硫黄の量的変化の実態を究明した。その成績はTable 8に示すとおりである。

(1) 土壌の反応の変化

干陸直後の第7区B地区試料についてみるに、風乾土の反応は表土、下層土共pH 8附近の弱アルカリ性を示すが、H₂O₂処理土の反応はpH 3.89及び4.58で何れも強酸性に転じ、酸化性Sの行動に基く土壌の酸性化に注意する必要があることを示している。第7区A地区試料の原土の反応はpH 6.95~8.02の範囲にあり、表土、下層土共中性乃至弱アルカリ性を示すが、H₂O₂処理土の反応は第2層以下の試料はpH 4.45~4.90の範囲を示し、何れも4.9以下の強酸性に転じ、下層土はB地区同様強酸性に転じる潜在性のあることを示した。これに対して表土の処理土の反応はpH 5.10~6.34の範囲を示し、全ての試料が原土に比べて酸性化はしたが、強酸性に転じる試料は存在せず、酸化性Sによる土壌の酸性化は今後極端には進行しないことを示した。第3・5区干拓地の試料についてみるに、表土の反応は原土と処理土との間に大差を示

Table 8. Content of Oxidizable Sulfur and Change of Reaction.

Soil No.	pH		Titrable acidity N/10 NaOH ml/100g	Active oxidizable S Smg/100g	Easily oxidizable S Smg/100g
	Original soil	H ₂ O ₂ -treated soil			
Kojima 7 Polder B Section					
6-1	7.99	3.89	120.5	193	629
2	8.10	4.58	57.8	93	360
Kojima 7 Polder A Section					
11-1	7.25	6.34	0	0	96
2	7.71	4.45	72.3	116	487
3	8.02	4.50	62.6	100	535
25-1	7.58	5.10	23.1	37	234
2	7.51	4.48	46.3	74	338
27-1	6.95	5.75	3.9	6	64
2	7.57	4.73	54.9	88	379
3	7.80	4.90	42.6	68	—
Kojima 3・5 Polder					
3-1	6.05	6.13	0	0	21
2	7.39	6.72	0	0	21
3	7.82	6.84	0	0	39
18-1	7.54	6.28	0	0	3
2	5.39	4.79	10.6	17	101
3	7.93	4.74	10.6	17	195
35-1	5.20	5.20	—	—	—
2	4.94	5.45	13.3	21	49
3	4.70	4.80	8.5	14	90
44-1	5.23	5.03	21.1	34	49
2	6.63	5.71	7.7	12	108
3	7.69	4.39	49.1	79	361

さず、むしろ処理土の反応が原土よりもアルカリ側に傾く試料も存在し、酸化性Sによる表土の酸性化は殆んど限度まで進行していることを示した。下層土はNo.3及びNo.35試料の如く、両pH値に大差を示さず、今後現状以上には極端には酸性化しない試料も存在したが、No.18及びNo.44試料の如く、処理土の反応は原土に比べて強酸性化する試料も存在した。

滴定酸度は、第7区B地区は57.8及び120.5とかなり高い値を示し、A地区では表土は0～23.1、下層土は42.6～72.3の範囲を、第3・5区土壌は表土及び下層土で0～21.1及び0～49.1の範囲を示し、概して処理土の反応との間に関連性が認められるが、粘土含量によつても左右される如くである。

(2) 活性及び易酸化性硫黄

第7区B地区試料の活性及び易酸化性Sは、土壌100g当り92～193mg、360～629mgを示し、本地区の土壌は全層多量の酸化性Sを含有していることが判つた。第7区A地区試料についてみるに、下層土の活性及び易酸化性Sは68～116mg及び338～535mgの範囲にあり、両酸化性S共干陸当初と大差ない程度の多量を含有していた。これに対して表土の活性及び易酸化性Sは、それぞれ0～37mg及び64～234mgの範囲にあり、程度に差はあるが、下層土に比べ

て両酸化性S含量はともに少なく、開田5年後には酸化性Sの一部は酸化生成物として既に表土から流亡していることを示した。第3・5区干拓地試料についてみるに、表土の活性酸化性Sは0~34mg、易酸化性Sは3~49mgの範囲にあり、何れも僅少にすぎず、開田10年後には酸化性Sの大部分は既に酸化生成物として溶脱していることが判つた。下層土は H_2O_2 処理土の反応が原土と大差を示さないNo.3及びNo.35試料では両酸化性Sはともに少なく、溶脱していることを示したが、No.18及びNo.44試料の如く、処理土の反応が強酸性に転じる試料では、かなりの量の酸化性Sが残存していた。

以上の結果から酸化性Sの好氣的状態での自然酸化はきわめて短期間に進行し、且つ酸化生成物として溶脱されることが判明したが、土壌中の易酸化性Sの含量と土壌の含塩度との関係を第3・5区試料についてみるに、除塩がほぼ完了している土壌、即ち伝導度値が4millimhos/cm以下を示す試料では易酸化性Sは全層位について49mg以下にあり、下層土でも僅少にすぎなかつた。これに対して除塩が不完全な、伝導度値が8millimhos/cm以上を示す試料は、全てが100mg以上の含有量を示し、易酸化性Sの残存量は土壌の除塩の程度とかなりの相関関係のあることが判明した。

Ⅲ. 要 結

兎島湾内部沿岸地域に分布する開田初期の干拓新田全域を対象として、開田後の年次経過に伴う土壌の化学的性質の変化の実態を究明し、次の如き結果を得た。

1) 干陸直後は高含塩度の地下水が高位置に分布しているが、年次の経過と共に地下水位、地下水中の含塩量は共に低下し、開田後10年を経過すれば排水良好な内陸地では、両者共かなりの程度まで低下することが判つた。一方堤塘沿いの排水不良地では依然として干陸当初と大差を示さない地点も多く存在することを知つた。

2) 土壌中の含塩度は、干陸直後は全層位にわたつて著しく多いが、数年を経過すれば、表土は水稻の生育には支障のない程度にまで低下し、10年を経過すれば、第1層は勿論、第2層の含塩量もかなり減少することが判つた。又含有塩類は干陸当初は塩化物が主体をなしているが、年次の経過と共に硫酸塩の占める割合が大きくなり、10年を経過した地区ではほぼ第2層までは硫酸塩が主要塩類になつていることが判つた。

3) 土壌の反応は、干陸直後は全層位が中性乃至弱アルカリ性を示したが、5年を経過した地区は表土のみがわずかに酸性化し、10年を経過した地区は表土はpH 5.9以下を示す地点が約80%を占め、かなり酸性化は進展した傾向を示した。下層土は顕著には酸性化していないが、中には強酸性を示す土壌も存在した。

次に代表試料について、置換性塩基の組成並びに酸化性Sの変化の実態を究明し、次の諸点を明かにした。

4) 干陸直後の置換性塩基の組成は、1価カチオン及びMgの占める割合が非常に高く、且つN-酢酸アンモニア可溶性塩類の含量は置換容量を凌駕し、塩成土壌の共通の特徴を示した。5年を経過した地区は、下層土の組成は干陸直後と大差を示さないが、表土は1価カチオンはかなり減少し、塩基飽和度はわずかに低下した。10年を経過した地区の塩基飽和度は、表土は大部分の試料が61~71%とかなり低下し、第2層もわずかであるが不飽和化の進展していることを示した。又酸化性Sの影響を顕著にうけた強酸性を示す土壌は下層土でも63%と低い飽和度を示した。置換性塩基の組成は、表土は置換性1価カチオン及びMgは著しく減少し、Caが

優位を占める試料も存在し、次第に本邦の正常土の組成に近づく傾向を示した。

5) H_2O_2 処理法により、酸化性S含量の変化の実態と、これが行動に基く土壌反応の酸性化の潜在性を究明した結果、干陸直後の土壌は全層酸化性Sの多量を含有しており、 H_2O_2 処理土の反応は強酸性に転じた。5年を経過した地区では、下層土の処理土の反応は強酸性に転じ、多量の酸化性Sの存在を示し、干陸直後の土壌と大差がなかつた。これに対して、表土では、処理土の反応は原土に比して低下はしたが強酸性は示さず、酸化性Sも下層土に比べてかなり少なく、酸化性Sの一部は既に酸化生成物として溶脱していることが判明した。又10年を経過した地区の表土では、原土と処理土の反応の間に大差を示さず、酸化性Sに由来する自然状態での酸性化は既に極限にまで進行していることを示し、残存する酸化性Sも僅少にすぎなかつた。又下層土でも既に大部分が流亡している試料も存在し、酸化性Sの自然状態での酸化はきわめて短期間に進行し、且つ酸化生成物として溶脱されることを知つた。又酸化性Sの溶脱と除塩の程度とはかなり密接な関係のあることも判明した。

これを要するに児島湾干拓地においては開田後の年次経過による土壌性質の変化はきわめて規則的に、且つ短期間に進行することが判明したが、この点はさきに報告¹⁰⁾した児島湾内部に分布する干拓新田の代表地点を対象として調査研究を行なつた結果とよく一致している。なお以上の分析結果より既報の分類基準³⁾に基づいて各新田の土壌の生成段階をみるに、干陸直後の第7区B地区には天然型土壌が、又開田後5年を経過したA地区には微溶脱型土壌が分布している。第3・5区新田には弱溶脱型土壌と一部に強溶脱型土壌が分布しているが、本地区は干陸直後には酸化性Sの多量を含有しており、砂質土壌が多いためにこれが影響を多大に受けて、強度の酸性溶脱が行なわれたためと解釈する。このように開田10年後に既に強溶脱型土壌の出現するのは例外に属すると考えるが、かかる事実はこの種の土壌の開田初期の土壌管理の重要性を示すものとして注目に価する。

引用文献

- 1) HART, M. G. (1959); *Plant and Soil*, 11: 215~236.
- 2) VAMOS, R. (1958); *Soil and Plant Food*, 4: 37~40.
- 3) VAMOS, R. (1959); *Plant and Soil*, 11: 65~77.
- 4) WIKLANDER, L., HALLGREN, G. and JONNISON, E. (1950); *Ann. Roy. Agr. Coll. Sweden*, 17: 425~440.
- 5) ZUUR, A. J. (1952); *Soil Sci.*, 74: 75~90.
- 6) 入沢 (1957); 低位生産地調査事業10周年記念論文集, 748~768.
- 7) 小林 (1952); 農業技術, 7, No. 10: 13~16. No. 11: 16~18.
- 8) 米田, 川田 (1953); 岡大農学術報告, 2: 8~18.
- 9) 米田, 川田 (1954); 土肥誌, 25: 36~40.
- 10) 米田, 川田, 河内 (1955); 土肥誌, 26: 57~62.
- 11) 米田, 池葉須 (1955); 土肥誌, 26: 109~112.
- 12) 米田 (1956); 土肥誌, 27: 185~188.
- 13) 米田, 河内 (1958); 岡大農学術報告, 11: 1~14.
- 14) 米田 (1958); 農業及び園芸, 33: 1177~1180, 1337~1342.
- 15) 米田, 河内 (1960); 岡大農土肥教室報告, 5: 1~27.
- 16) 米田 (1961); 岡大農学術報告, 17: 39~46.
- 17) 米田 (1961); 岡大農学術報告, 18: 51~60.