

霞ヶ浦周辺干拓地土壤の改良に関する研究

第3報 干陸年次の異なる2, 3干拓地土壤の粘土鉱物

平山 力.

*Improvement of the Polder Soil on Neighbouring Areas
of Lake Kasumigaura.*

*Part III. On the Claymineral of Lake Bottom Soil and
Some Polder Soils of Several Land Reclaimed Fields*

Chikara Hirayama.

I 緒言

筆者らは前報^{1,2)}において、霞ヶ浦周辺における干拓地土壌の種類、分布およびこれら一連の土壌の理化学的特徴をあきらかにした。

その結果、これらの特徴の中でとくに土壌の化学性では、粘土含量の高いにもかかわらず塩基置換容量が我が国の代表的な干拓地土壌に比べて低いこと。また、腐植含量、活性2価鉄の生成量の高いこと。さらに物理性では、きわめて和湿度の高いジェリー状構造を呈し、これが土壌の透水性、耕作性などに影響し、その性格をうらづけていることを報告した。

ところで、このような土壌の特徴は、直接、間接にこれら土壌の骨格をなす粘土鉱物の組成に支配されていることはもちろんであり、これらの性質を知ることは、前述の特徴をうらづける上でも重要であり、同時に、今後の干拓地土壌対策を検討する場合、きわめて意義深いものと考えられる。

しかるに、これまでの先進地干拓地土壌の調査結果によれば^{3,4,5)}、我が国における干拓地土壌の粘土鉱物は、おおむね2:1型のモンモリロナイト系を主体とすることが知られているが、霞ヶ浦周辺の干拓地土壌についてとりあげられた事例はきわめて少ない。

そこで、これらの粘土の性質を解明するため、供試土壌として干陸年次の異なる若干の干拓地土壌表土を用い、X線回折法により、粘土鉱物組成の同定を行なった結果、2, 3の知見が得られたのでその結果を報告する。

II 調査方法

1) 供試土壌

供試土壌は高浜入湖底土(昭和47年現在、干拓未着工、重粘なヘドロ)、羽賀沼土壌(干陸後3年目、黒泥土壌粘土型)、余郷入土壌(干陸後6年目、強グライ土壌強粘土還元型)、本新島土壌(干陸後16年目、強グライ土壌強粘土斑鉄型)であり、いずれも霞ヶ浦周辺に分布する干陸年次の異なる干拓地土壌の表土(0~15cm)で、母材は大部分非固結水成岩である(表-1)。

表-1 供試土壌

供試土壌	採取場所	干陸後年次	土壌型
1. 高浜入土壌	行方郡玉造町高浜入干拓	未着工	湖底土
2. 羽賀沼土壌	稲敷郡江戸崎町羽賀沼干拓	3年目	黒泥土壌粘土型
3. 余郷入土壌	稲敷郡江戸崎町余郷入干拓	6年目	強グライ土壌強粘土還元型
4. 本新島土壌	稲敷郡東村本新島干拓	16年目	強グライ土壌強粘土斑鉄型

一方、表-2, 3から、これら土壌の理化学性をみると、まず粘土含量はいずれの土壌も25% ~ 29% を占め、土性区分ではLiCに相当する。また、化学性では塩基置換容量はいずれも26~28meの範囲であり、腐植含量、りん酸吸収係数では余郷入、羽賀沼土壌で高い傾向が目立つ。

2), 粘土鉱物の同定法

粘土鉱物の同定はX線回折法により、おおむねつぎのような手順により分析を行なった。

(1) 試料の調製

植物根、礫を除いた生土を手でよれる状態の水分状態に保ち、これを30%過酸化水素水で処理して有機物を分解し、分解終了後食塩を添加、飽和ナトリウム粘土とし、さらに1N-苛性ソーダ(PH 8.5~9.0)で、分散、1N-塩酸(PH 5.0にしたもの)を添加、攪拌後飽和食塩水を加え、粘土を凝集させ、遠心分離した後風乾し、メノー乳鉢でよく摺って粘土試料を得た。

また、粘土鉱物のX線回折は、通常銅対陰極をX線源として行なわれるが、試料の鉄含量の高い場合には、回折線の分解能が妨げられる。とくに土壌の粘土フラクションの中には多少なりとも鉄の加水酸化物が含まれるので、これをあらかじめ化学的処理によって除去しておく必要がある。このような理由から、さきの粘土試料に0.3M-クエン酸ソーダ、1M-重炭酸ソーダを加え、80C以下に5分間加熱後、ハイドロサルハイトナトリウムを加え、さらに飽和食塩水を添加、遠心分離により上澄液をとった後、10% 過酸化水素水でクエン酸を分解し、蒸留水で食塩を洗滌して、脱鉄処理を行なった。

表-2 粒 径 組 成

項目 試料名	層位(層厚) ^{cm}	風乾水分 (%)	粒 径 組 成 (%)					土 性	仮比重 (g/ml)
			Co. S	F. S	T-S	Silt	Clay		
1. 高浜入	表層(0~15)	6.5	1.7	18.9	20.6	30.2	49.2	LiC	0.44
2. 羽賀沼	" (")	9.4	7.4	25.3	32.7	42.0	25.1	LiC	0.51
3. 余郷入	" (")	5.4	4.2	42.2	46.5	27.5	26.0	LiC	0.46
4. 本新島	" (")	3.9	7.6	41.0	48.6	22.0	29.4	LiC	0.84

表-3 化 学 性

(乾土あたり)

項目 試料名	PH (H ₂ O)	C.E.C (m.e)	腐 植 (%)	置換性(m.e)			塩基飽和度 (%)	アンモニア 生成量(30C) (mg/100g)	P ₂ O ₅ 吸収係数
				Ca	Mg	K			
1. 高浜入	4.0	28.3	7.2	6.7	2.8	1.4	23.7	27.3	1,620
2. 羽賀沼	5.4	25.7	11.4	6.5	1.7	0.3	33.0	28.5	1,820
3. 余郷入	2.8	26.3	9.0	2.2	2.4	0.2	18.3	22.5	1,900
4. 本新島	5.7	26.7	3.7	5.9	2.9	0.3	34.0	10.9	780

2) 同定法

X線の回折は、粉末試料と定方位試料について行なったが、この場合の粉末試料には、前処理により調製した 2μ 以下の粉末粘土をそのまま供試した。一方、定方位試料については、さきの脱鉄処理した粘土につき、K-Clay, Mg-Clay, Mg-glycerol 処理の各試料を調製し、供試した。K-Clay, Mg-Clay, Mg-glycerol 処理の各試料を調製し、供試した。K-Clayは1N-塩化加里でK飽和粘土を作り、この種の粘土を室温のほか、 400°C 、 600°C に加熱したもの、さらにMg-Clayは1N-塩化マグネシウムでMg飽和粘土を作り、続いてMg-glycerolはさきのMg-Clayにglycerol:Alcohol(1:4)を加え調整した。なお、この場合の有機溶媒添加粘土Mg-glycerolの調整の理由は、主として膨張型粘土格子の確認をねらったものである。

(3) X線回折条件

それぞれ処理調整した粘土について、理学電気製X線回折計を用いて測定を行なったが、この場合の測定条件は、対陰極Cuフィルター、Ni管電圧40KV、管電流10mA、スリット第2、 1° 、第3 0.3° 、第4、 1° 、走査範囲 2θ 、Time Constant 4 sec、チャートスピード、 $2\text{cm} 1 \text{ minute}$ である。

III 結果の概要

1) 粉末粘土試料のX線回折

まず、粉末粘土そのものを供試し、定性的にX線回折ピークを求めた。

この結果をまとめると表-4のようになる。これによれば、各土壌とも石英、雲母型粘土鉱物の存在が顕著に認められ、とくに本新島土壌では石英、長石類の存在が目立った。

一方、2:1型のモンモリロナイト、1:1型のカオリン鉱物についてみると、本新島、高浜入土壌ではほぼ中程度のピークをしめしたが、これに対して余郷入、羽賀沼土壌ではその反射ピークは弱かった。

2) 定方位試料のX線回折

さらにこれを定量的に解明するため、定方位試料についてX線回折ピークを求めた。この回折図は図-1~1, 2, 3, 4にしめしたとおりであるが、さらにこれをまとめると表-5, 図-2のようになる。

この結果によると、供試土壌の粘土鉱物組成は回折ピークの類似性から、本新島、高浜入土壌と余郷入、羽賀沼土壌の二つのタイプに分けられる。

(1) 本新島、高浜入土壌

まずMg方位についてみると、両土壌とも 14.72 \AA に強いピークが認められた。このピークはその

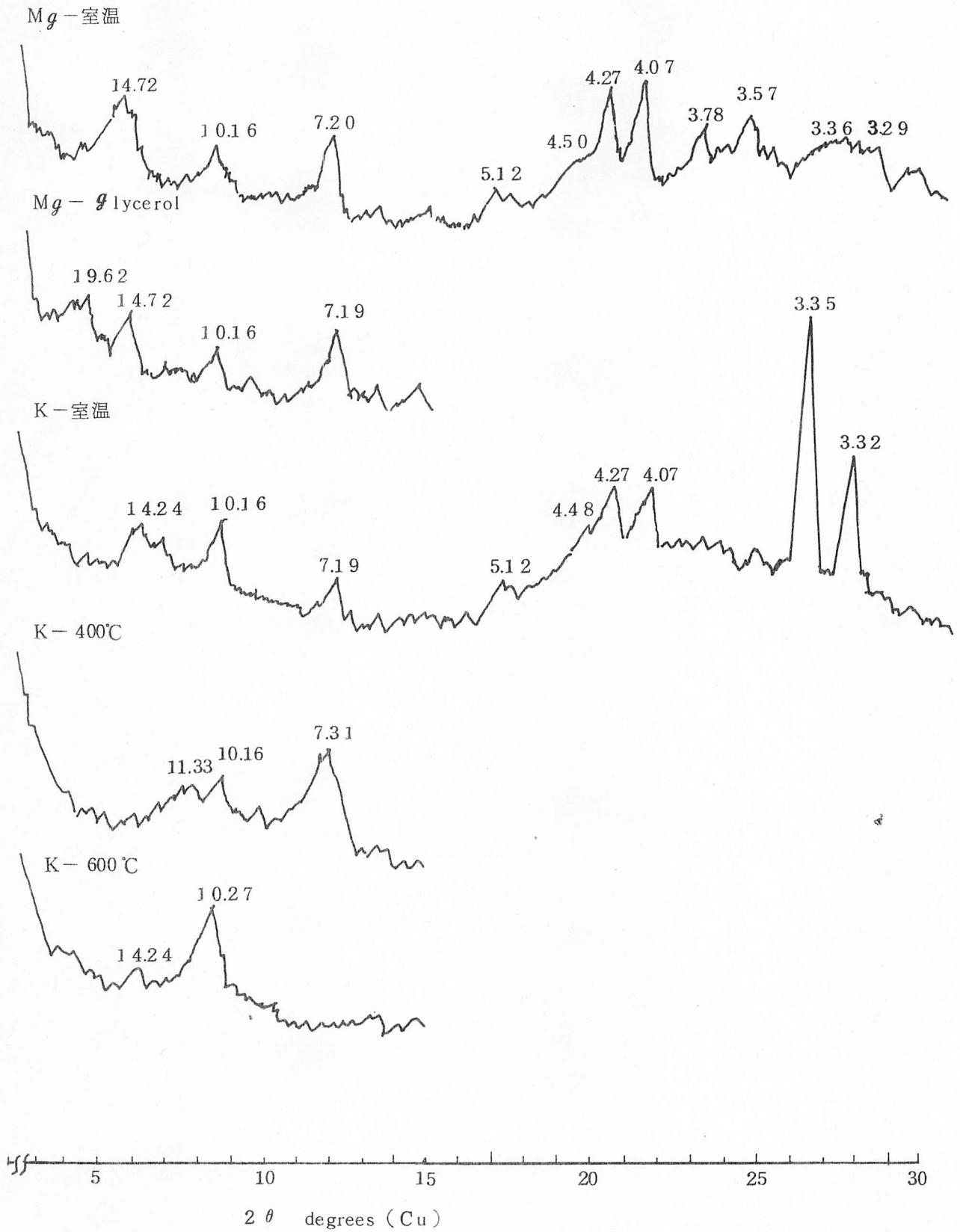


图-1-1 本新島土壤

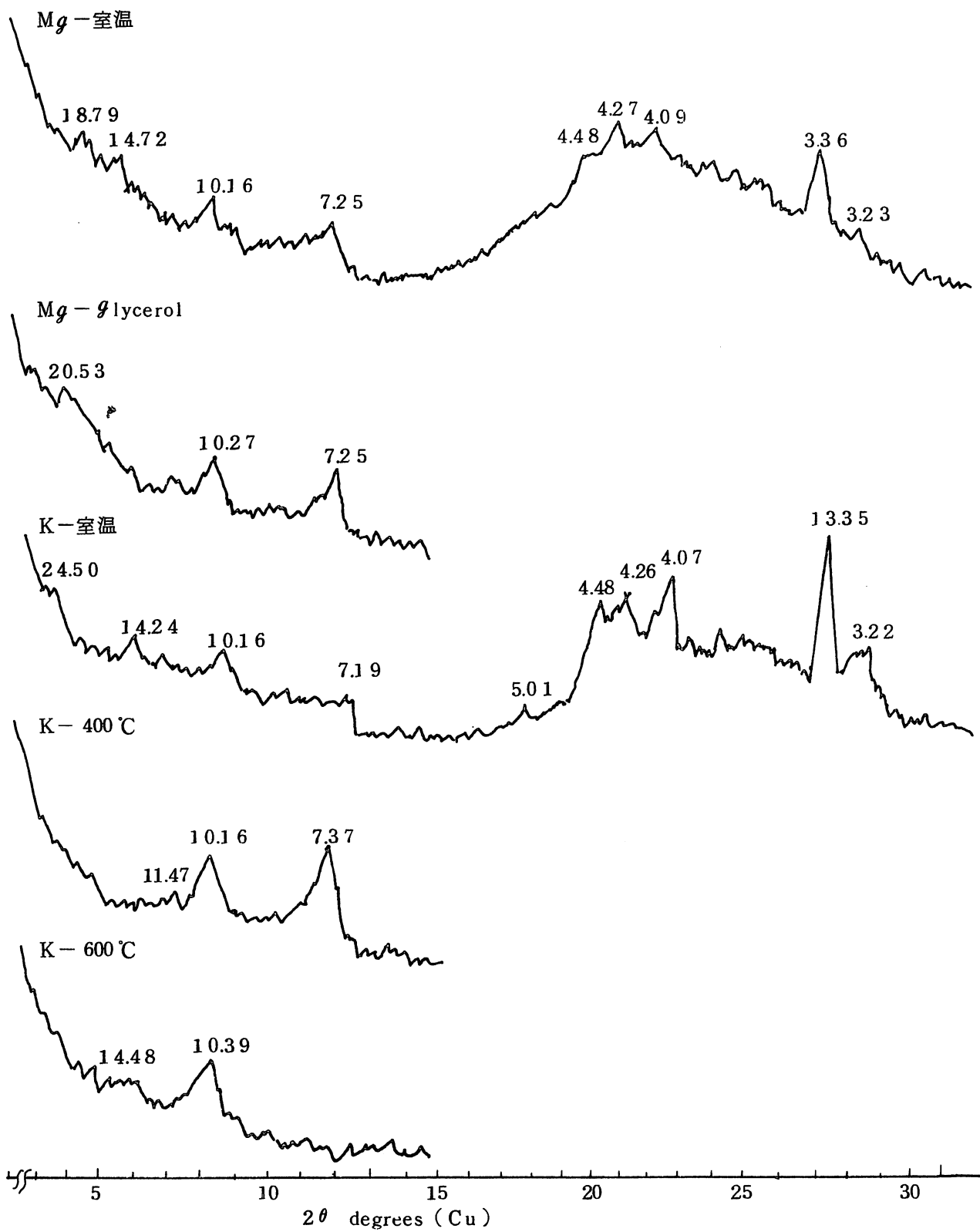


图-1-2 余郷入土壤

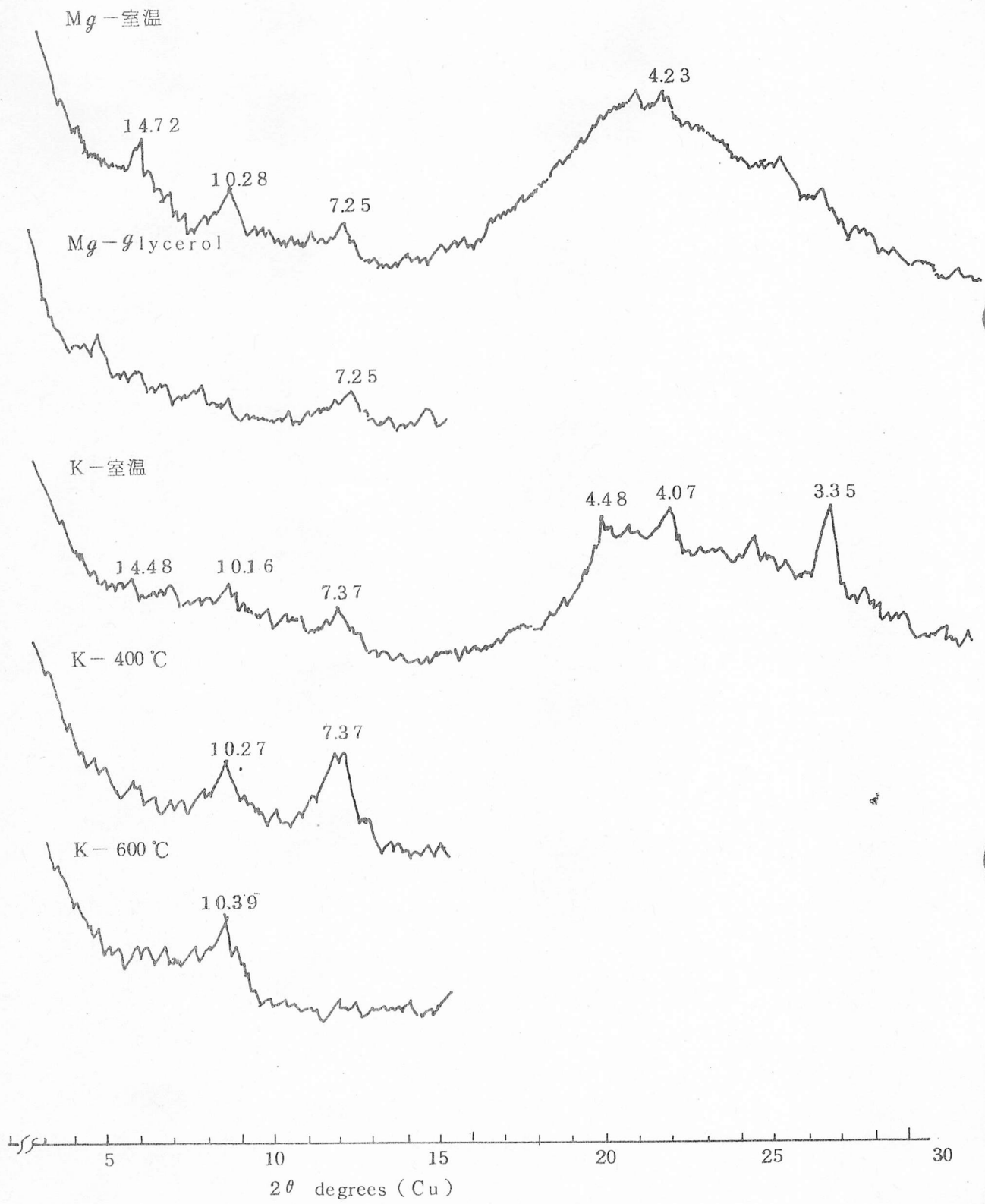


图-1-3 羽賀沼土壤

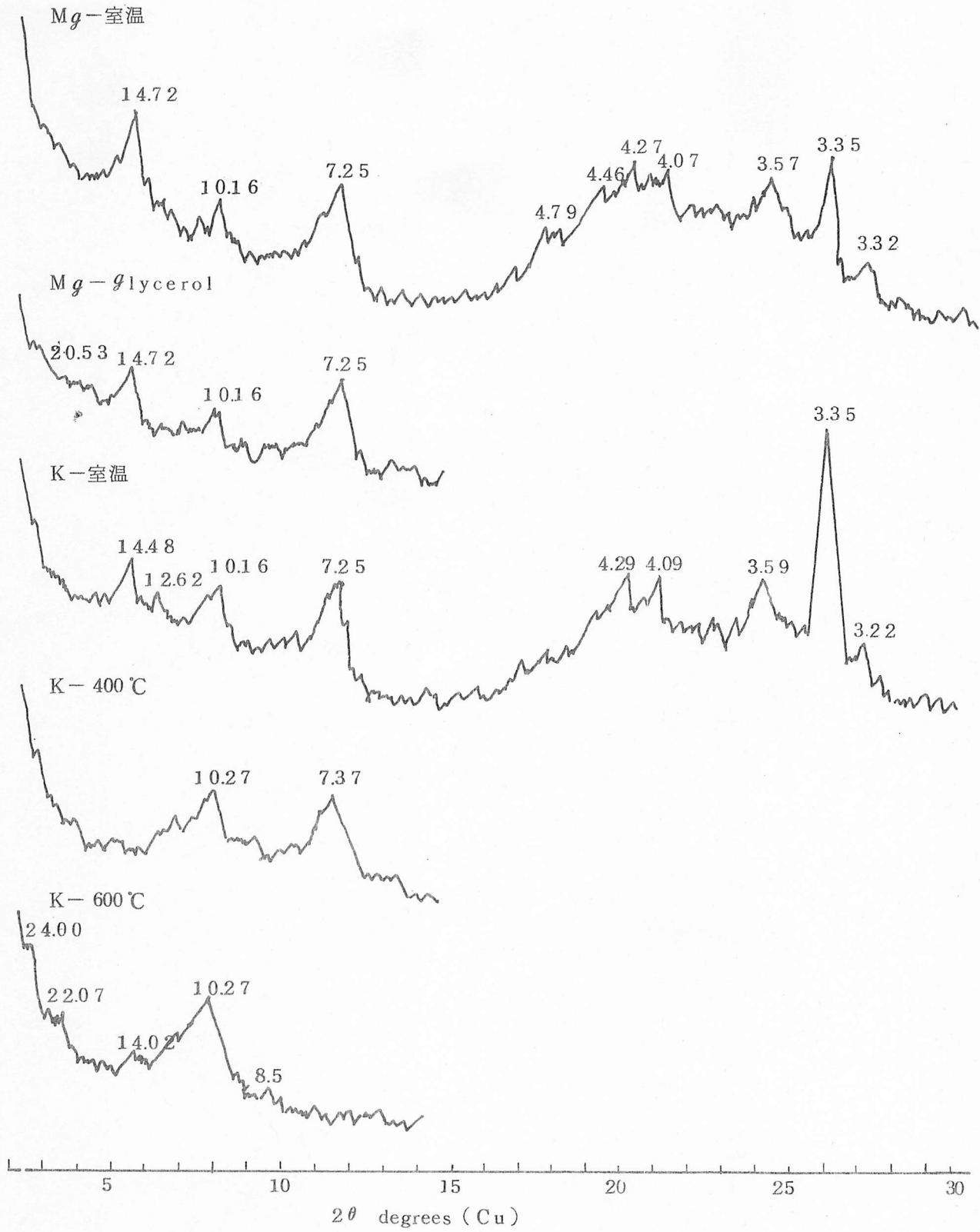


图-1-4 高浜入土壤

反射位置からみてあきらかに2:1型のモンモリロナイト系の粘土鉱物の存在をしめしている。続いて10.16°に中程度の反射ピークがみられるが、これは雲母型粘土鉱物の存在をしめし、さらに7.20~7.25°にかなり強いピークが認められた。これは1:1型のカオリン鉱物の存在をしめすものと思われる。これら粘土鉱物の存在の傾向は、Mg-glycerol 処理、K方位室温処理においても同様であった。

また、K方位室温で14.24°であったものが、K-400°C、K-600°C1時間加熱処理によってその一部の存在が認められるにしても、大部分、10°周辺に変位している。これはパーミキュライトの存在をしめすものと考えられる。

K方位室温処理についてみれば、7.19°のピークはK-600°C1時間加熱処理により、完全に消失しているが、このことはあきらかにカオリン鉱物の存在をうらづけている。またさきのMg方位室温処理X線回折ピークからもうかがわれるとおり、4.27°、4.07°に強いピークがみられる。これは粉末試料の回折図において知ったごとく石英、長石類の存在をしめしており、さらに本新島土壌において26.75°の弱いピークが認められたが、これは粘土鉱物の一部が、混層型を形成して存在していることを暗示するものと考えられる。

表-4 粉末粘土フラクションのX線回折ピーク

土 壌 粘土鉱物	本 新 島		余 郷 入		羽 賀 沼		高 浜 入	
	A°	I	A°	I	A°	I	A°	I
混層型粘土鉱物			17.66	w				
モンモリロナイト, パーミキュライト, 緑泥石	16.35	m	14.72	w	14.90	w	14.71	w
雲母型粘土鉱物 ハロイサイト	10.16	w	9.81	m	10.27	w	10.04	v-w
カオリン鉱物	7.25	m	7.13	w	7.25	w	7.31	m
雲母型粘土鉱物	5.15	m						
結晶性粘土鉱物			4.48	m	4.48	w	4.48	m
石 英	4.27	s~m	4.27	m	4.29	w	4.29	m
長石, クリストベル石	4.07	s~m	4.06	m	4.07	w	4.07	m
石英, 雲母型粘土鉱物	3.35	s	3.35	s	3.36	s	3.36	s
長 石	3.21	s~m	3.23	m	3.22	w	3.20	m
長 石	2.56	m						

s強, m中, w弱

(2) 余郷入, 羽賀沼土壌

Mg方位におけるモンモリロナイト系鉱物の存在は、前記干拓地に比して弱いピークをしめすが、Mg-glycerol, K方位室温処理でも、同様の傾向がうかがわれた。このことは、これらの土壌におけるモンモリロナイトの存在が比較的少ないことを示唆している。また、10.16°, 7.25°におい

て中程度のピークが認められるが、これは雲母型粘土鉱物、カオリン鉱物の存在を示唆しており、とくにカオリン鉱物の存在はK-400℃1時間加熱処理において、7.37 Åの強いピークがK-600℃処理で完全に消失している事実からみてもあきらかである。

表-5 Mg飽和型粘土フラクションの定方位試料のX線回折ピーク

土 壤 粘土鉱物	本 新 島		余 郷 入		羽 賀 沼		高 浜 入	
	Å	I	Å	I	Å	I	Å	I
混層型粘土鉱物 25Å(10Å+15Å) 17Å(10Å+7Å)	26.75	vwbr						
モンモリロナイト パーミキュライト	14.72	s	14.72	w	14.72	w	14.72	s-m
雲母型粘土鉱物 ハロイサイト	10.16	m	10.16	m-w	10.28	w	10.16	m-w
カオリン鉱物	7.20	s-m	7.25	m-wbr	7.25	w	7.25	s
雲母型粘土鉱物 (10Å/2)	5.12	m-w	(6.32)		(6.06)		4.79	wbr
結晶性粘土鉱物	4.50	m	4.48				4.46	w
石 英	4.27	s-m	4.27	svbr	4.23	svbr	4.27	w
石英, クリストベル石	4.07	s-m	4.09				4.07	w
	3.78	m-w						
カオリン鉱物 (7Å/2)	3.57	m					3.57	m
石英, 雲母型粘土鉱物 (10Å/3)	3.36	m	3.36				3.35	s
長 石	3.29	m	3.23	(2.88)	(2.88)		3.22	wbr

s:strong m:middle w:weak v:very br:broad

一方、図-1-2にみられるように、これらの土壌では4.27 Å, 4.09 Åのピークはかなり弱い。回折角20~30°の範囲の曲線が全体的にわん曲している。このことは結晶性粘土鉱物が少なく、非晶質の粘土、すなわちアロフィンがかなり存在することを示唆する。したがって、これらの結果からみれば、余郷入、羽賀沼土壌は本新島、高浜入土壌に比べて、かなり火山灰土壌の混入していることが推定される。

IV 考察

以上、霞ヶ浦周辺干拓地に分布する土壌の粘土鉱物組成を解明するため、干陸年次の異なる2, 3干拓地土壌を供試して、X線回折法により粘土鉱物組成の検討を行った。その結果、X線回折ピーク

からみられる粘土鉱物は、その組成の類似性からおおむね本新島、高浜入土壌と、余郷入、羽賀沼土壌の2つに大別された。そして、これらの主要粘土鉱物は、おもにモンモリロナイト、カオリン鉱物が主体で、さらにパーミュキュライト、緑泥石、雲母、長石、そして非晶質のアロフェンが随伴して存在していることを知った。

すなわち、本新島、高浜入土壌では、これらの主要粘土鉱物とみられる2:1型のモンモリロナイトおよび1:1型のカオリン鉱物の回折ピークは、かなり顕著に認められるのに対し、余郷入、羽賀沼土壌では、前者に比べてそのピークは弱い。

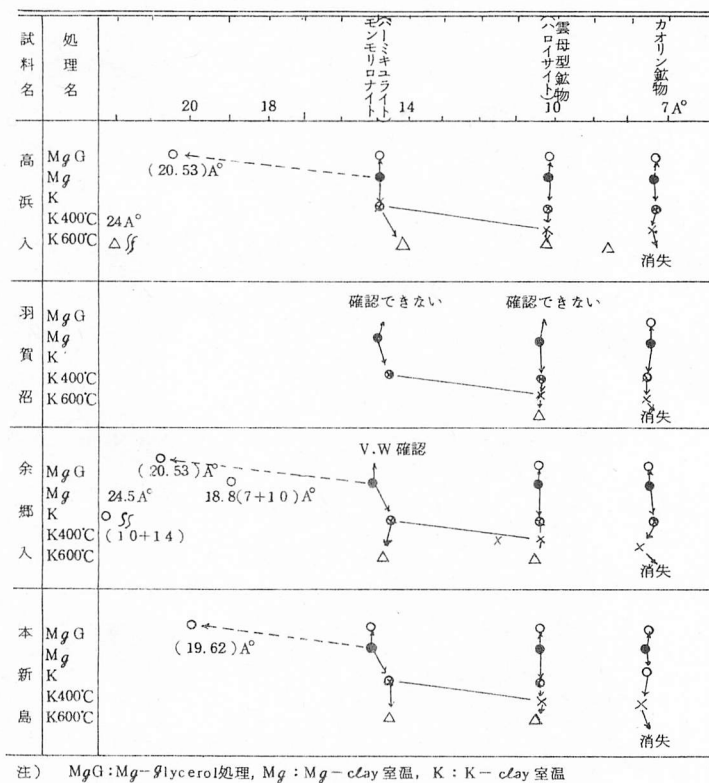


図-2 処理別粘土フラクションの回折ピーク

一方、その他の粘土鉱物についてみると、前者では緑泥石、雲母など結晶性粘土鉱物のピークが顕著であり、その一部に混層型を形成して存在していることが暗示されたのに対し、後者ではその存在が前者に比べて少なく、非晶質のアロフェンの存在が顕著に認められた。この事実はあきらかに本新島、高浜入土壌に比べて余郷入、羽賀沼土壌が火山灰の影響の大きいことを示唆する。そしてこのことは、前述の化学性において、りん酸吸収係数および腐植含量の高いことから容易にうらづけされよう。

ところで、我が国の代表的干拓地土壌の粘土鉱物についてみると、まず、八郎潟湖底土について藤井⁴⁾らの報告がある。これによると、湖底土の粘土鉱物の主体は、モンモリロナイトであり、邑知

瀉⁶⁾でも同様であるという。また、青峰⁵⁾らによれば、有明海泥土は、モンモリロナイトとイライトであるとし、川口、服部⁷⁾らによれば、児島湾干拓地土壤の分析結果では、イライト、ハロイサイトの間接体のものであるとし、島根県の中海干拓地土壤もこれに類似すると報告している。

以上の結果からみれば、霞ヶ浦周辺に分布する干拓地土壤の粘土鉱物は、おおむねその主体は2:1型のモンモリロナイト系および1:1型のカオリン鉱物系に包含され、先進干拓地土壤の粘土鉱物組成とほぼ類似するといえるが、とくにこれらの組成で特徴的なのは、アロフェンの存在であろう。

筆者らは前報²⁾の土壤調査の結果から、霞ヶ浦周辺干拓地土壤は、干陸当初からその断面形態の中に、かなり顕著に斑鉄の生成発達認められ、この斑鉄の生成が土壤の脱水、酸化、土壤構造の発達を有利にしていることを考察した。この原因はあきらかに火山灰土壤の混入に起因するものと考えられ、このことは、さきの事実からも容易に理解される。

本研究のねらいはあくまでも霞ヶ浦周辺に分布する干拓地土壤の粘土鉱物組成をあきらかにすることであったが、同時に粘土鉱物の組成を干陸年次の差異で把握しようというねらいもあった。このような観点から得られた結果をみると、干陸後16年経過した本新島土壤と干拓未着工の高浜入湖底土とはよくその内容が類似し、これに対して、干陸後6年目の余郷入土壤と3年目の羽賀沼土壤がよく類似した。このことは干陸年次による差異よりむしろ土壤の生成条件が粘土鉱物の組成に大きく反映していることをしめす。

川口ら⁸⁾は児島湾干拓地における干拓後の水田土壤の生成過程や、生産力の変遷過程にともなう土壤の粘土鉱物の変化について検討し、存在するモンモリロナイトはノントロナイトモンモリロナイトであろうと思われるが、これは粘土の主成分でなく、ハロイサイトが主体となっており、化学組成の上では、むしろハロイサイトとイライトの間接体であろうと報告している。さらにこのことは、とくに児島湾に注ぐ河川の流域で生成されたカオリン粘土の若がえりをしめしていると言及している。また、久保田ら⁹⁾は児島湾干拓地土壤を対象として、これらの粘土鉱物組成を未耕地、開田年次別に検討し、主要なものはイライト、モンモリロナイト系であったが、ほかにカオリン系粘土鉱物をみると、旧干拓地ではカオリン系の割合が、未耕地に比べて多くなる傾向にあると報じている。

これまでの結果によると、霞ヶ浦周辺干拓地土壤では、干陸年次による組成の差異はあきらかでなかった。しかし前述のように当該干拓地は入江干拓が多く、それぞれの地形、土壤の生成条件、さらに干拓工事の内容が古いもの、新しいものでかなり異なっている。そしてこのことが干陸後の土壤の乾燥化に大きく関与し、複雑、多様化している現状もみのがすわけにはいくまい。

V 要約

霞ヶ浦周辺に分布する2, 3干拓地土壤表土を供試して、X線回折法により粘土鉱物の同定を行った。その結果をまとめるとつぎのとおりである。

1. 高浜入湖底土および本新島土壤の粘土鉱物は、結晶性のものが多く、その内容はモンモリロナイトが主体で、その他カオリン鉱物、緑泥石、雲母の存在がみられ、その一部は混層型を形成して存在していることがあきらかとなった。

2. 余郷入、羽賀沼土壤の粘土鉱物は、本新島土壤に比べて結晶性のモンモリロナイト、カオリン鉱物等の存在が比較的少ない傾向をしめし、むしろ非晶質アロフェンの存在が認められた。このことから、これらの土壤ではかなり火山灰の混入していることが示唆された。

3. 干陸年次の差異による粘土鉱物組成の変化はあきらかでなく、むしろ土壤の生成条件による影響の大きいことが示唆された。

謝辞

本研究は昭和47年、農林省農業技術研究所化学部土壤化学第2研究室において実施したものであり、実験を行なうにあたり、種々親切なご指導をいただいた同研究室渡辺裕室長に対し、厚く感謝いたします。また、前農試石川昌男副場長、さらに土壤肥料部石川実主任研究員には、実験遂行上大変お世話になった。厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 平山ら(1977) : 霞ヶ浦周辺干拓地土壤の改良に関する研究(第1報)茨農試特別研報第3号
- 2) 平山ら(1977) : 霞ヶ浦周辺干拓地土壤の改良に関する研究(第2報)茨農試特別研報第3号
- 3) 久保田, 大森(1956) : 兎島湾干拓地土壤の研究, 粘土鉱物について, 中国農研, 4, 16~17
- 4) 藤井ら(1956) : 土肥誌(講演要旨)2, 7
- 5) 青峰ら(1954) : 九大農学芸誌, 14, 387
- 6) 農技研化学部, 土壤第2科, 土壤第3科(1969) : 研究成績, 94~116
- 7) Kawaguchi-K., Hattori, T. and Waki T.(1957) : Soil and Plant Food 3, 7
- 8) 川口(1957) : 日本土壤の粘土鉱物に関する研究, 文部省総合研究集録 P 76~78
- 9) 久保田, 大森(1955) : 岡山農試臨報, 53, 29~140