

霞ヶ浦周辺干拓地土壤の改良に関する研究

第5報 湖底土に対する土壤改良資材の添加が土壤の  
物理性におよぼす影響

平山 力. 本村 悟.\*\* 石川昌男\*.

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

*Part V. Effect of Soil Amendment Matters on the  
Physical Property of Lake Bottom soil*

*Chikara Hirayama, Satoru Motomura\**

*Masao Ishikawa\*\**

---

\*\* 農林省農業技術研究所化学部 \* 現県教育普及課

## I 緒 言

前報<sup>1)</sup>によってもあきらかなとおり、干拓の予定されている高浜入湖底土の物理的特性は土壤の透水性、アッターベルグ常数、切断強度などにも強く反映しているように、粘土含量が高く、極度に和らされたゼリー状構造をもった土壤である。したがって、干拓後、大型機械に対する適応性の高い土壤基盤、さらに畑作物が健全に生育しうる土壤条件を作り上げるためには、その性格を究明し、土壤の特性にもとづいた対策を行なわなければならないことはいうまでもない。すなわち、干拓地土壤改良の第一歩は、地下水を低下させ、土壤水分を減少させるとともに、土壤構造の生成、発達および安定化を図り、さらに脱水乾燥にもなり酸性化など、化学性の変化にも対応した対策を樹立しなければならない。

このような観点から、まづここでは湖底土の物理性改良にねらいをおき、2, 3土壤改良資材を用い、これらの添加が、土壤の物理性におよぼす影響について、若干の実験を行なった結果、2, 3の知見が得られたので、その概要を報告する。

## II 実験方法

供試土壤は高浜入湖底土を用い、改良資材は土壤改良剤として陽荷電高分子のEB-aを、阻大有機物資材として疎水性のモミガラ、親水性のオガクズを用いた。なお、脱水乾燥にもなると土壤は著しく酸性化するため、現地土壤改良にあたっては当然石灰の投入も必要となるので、石灰施用についても同様の実験を行なった。添加すべき石灰の量は、土壤の可酸化性硫黄含量を基礎とした。すなわち、高浜入湖底土の可酸化性硫黄を村上<sup>2)</sup>の方法によって求め、後述のイレキューベーションの結果からの最高値、乾土100gあたり840mgを算定基礎とし、これの中和に要する炭カル量1.05gを算出し、よく中和混合して供試した。

## III 実験結果および考察

### 1) 改良資材が透水係数におよぼす影響

さきの実験結果<sup>1)</sup>からもあきらかなように、乾燥化の進んでいない現地構造試料は膨潤水を多量に含み、和ら度の高いゼリー状構造を有することから、高い孔隙率を有するにもかかわらず、透水係数は小さく、透水性はきわめて不良であった。これに対して土壤を脱水乾燥させると、膨潤水の不可逆的な減少、耐水性粒団の生成などのため、透水性は改善されることがあきらかになった。したがって、透水性改善対策を検討するため、改良資材を用いて若干の実験を行なった。改良資材は前述のEB-a、モミガラ、オガクズを試供した。EB-aは風乾細土に対して0.5%、1%、3%とし、モミガラ、オガクズの場合は重量で1%、5%、10%、20%、100%になるように添加し、0.5、3.0、6.0

Kg/cm<sup>3</sup>に加重し、仮比重を異にした場合の飽和透水係数を測定した。なおモミガラ添加の場合は、粉碎したモミガラおよび現形のままの場合について実験を行なった。その結果を表-1, 図-1にしめた。なお、図-2は仮比重と改良資材の混合量との関係をしめたものであり、図-5は混合量と透水係数との関係をしめたものである。この結果によると、EB-a添加の場合は0.5%, 1%, 3%ともに10<sup>-4</sup>オーダーをしめし、透水性は著しく改善されたのに対して、モミガラ添加の場合は、粉碎モミガラで20%添加、現形5%添加で透水性の改善が認められたが、オガクツでは20%添加の場合でも、透水係数は無処理と大差なく、透水性改良には十分ではなかった。

表-1 改良資材が透水係数におよぼす影響

処 理	加 重 (Kg/cm <sup>3</sup> )	仮 比 重 (g/ml)	孔 隙 量 (%)	間 隙 比 (e)	透 水 係 数 K <sub>20</sub> (cm/sec)	
無 処 理	0	0.5	0.79	79.4	3.9	1.4 × 10 <sup>-5</sup>
		3.0	0.83	78.4	3.6	1.0 × 10 <sup>-5</sup>
		6.0	0.88	77.2	3.4	9.3 × 10 <sup>-6</sup>
EB - a	0.5	0.5	0.73	81.0	4.3	3.2 × 10 <sup>-4</sup>
		3.0	0.76	80.0	4.1	2.8 × 10 <sup>-4</sup>
		6.0	0.82	78.7	3.7	2.4 × 10 <sup>-4</sup>
	1	0.5	0.75	80.6	4.1	3.9 × 10 <sup>-4</sup>
		3.0	0.79	79.4	3.9	1.8 × 10 <sup>-4</sup>
		6.0	0.81	79.0	3.8	1.5 × 10 <sup>-4</sup>
3	0.5	0.76	80.2	4.1	1.6 × 10 <sup>-4</sup>	
	3.0	0.79	83.4	5.0	1.3 × 10 <sup>-4</sup>	
モミガラ ( 切 断 )	1	0.5	0.71	81.6	4.4	1.9 × 10 <sup>-5</sup>
		3.0	0.76	80.2	4.1	1.3 × 10 <sup>-5</sup>
		6.0	0.86	77.6	3.5	9.1 × 10 <sup>-6</sup>
	5	0.5	0.69	82.1	4.6	2.3 × 10 <sup>-5</sup>
		3.0	0.73	81.0	4.3	2.1 × 10 <sup>-5</sup>
		6.0	0.79	79.5	3.9	1.3 × 10 <sup>-5</sup>
	10	0.5	0.65	83.1	4.9	8.0 × 10 <sup>-5</sup>
		3.0	0.68	82.3	4.7	6.5 × 10 <sup>-5</sup>
		6.0	0.74	80.6	4.2	5.3 × 10 <sup>-5</sup>
20	0.5	0.51	86.7	6.5	1.3 × 10 <sup>-4</sup>	
	3.0	0.53	86.2	6.3	9.7 × 10 <sup>-5</sup>	
	6.0	0.60	84.4	5.4	8.3 × 10 <sup>-5</sup>	
100	0.5	0.36	94.2	16.2	5.8 × 10 <sup>-4</sup>	
	3.0	0.37	94.1	16.0	4.5 × 10 <sup>-4</sup>	
	6.0	0.40	93.6	14.6	3.2 × 10 <sup>-4</sup>	

処 理	加 重 (Kg/cm <sup>2</sup> )	仮 比 重 (g/ml)	孔 隙 量 (%)	間 隙 比 (e)	透 水 係 数 K <sub>20</sub> (cm/sec)	
モミガラ (現物)	(%)	0.5	0.51	85.2	5.8	6.1 × 10 <sup>-5</sup>
	1	3.0	0.60	84.4	5.4	2.7 × 10 <sup>-5</sup>
		6.0	0.63	83.6	5.1	3.5 × 10 <sup>-5</sup>
		0.5	0.41	89.3	8.3	1.7 × 10 <sup>-3</sup>
	5	3.0	0.42	89.1	8.2	1.5 × 10 <sup>-3</sup>
		6.0	0.43	89.0	8.1	1.4 × 10 <sup>-3</sup>
		0.5	0.13	97.9	47.1	5.9 × 10 <sup>-3</sup>
	100	3.0	0.15	97.6	40.7	3.0 × 10 <sup>-3</sup>
		6.0	0.16	97.4	38.1	1.6 × 10 <sup>-3</sup>
0.5		0.87	77.4	3.4	1.4 × 10 <sup>-5</sup>	
1	3.0	0.93	75.8	3.1	1.1 × 10 <sup>-5</sup>	
	6.0	0.99	74.3	2.8	9.4 × 10 <sup>-6</sup>	
	0.5	0.75	78.6	4.1	4.2 × 10 <sup>-5</sup>	
5	3.0	0.78	79.8	3.9	3.2 × 10 <sup>-5</sup>	
	6.0	0.83	78.3	3.6	1.8 × 10 <sup>-5</sup>	
	0.5	0.71	81.5	4.4	4.8 × 10 <sup>-5</sup>	
オガクツ 10	3.0	0.72	79.4	4.3	4.3 × 10 <sup>-5</sup>	
	6.0	0.77	80.0	4.0	1.9 × 10 <sup>-5</sup>	
	0.5	0.66	82.8	4.8	7.7 × 10 <sup>-5</sup>	
20	3.0	0.73	81.0	4.3	7.0 × 10 <sup>-5</sup>	
	6.0	0.76	80.2	4.1	2.1 × 10 <sup>-5</sup>	
	0.5	0.32	94.8	18.4	9.1 × 10 <sup>-4</sup>	
100	3.0	0.34	94.5	13.4	6.5 × 10 <sup>-4</sup>	
	6.0	0.36	94.2	16.4	4.3 × 10 <sup>-4</sup>	

EB-a添加が土壤構造に大きな影響を与えることはすでに富士岡<sup>3)</sup>らによってあきらかにされており、さらにEB-aの添加が透水性を良好にすること<sup>4)</sup>もあきらかにされている。本実験の場合もまったく同様の結果が得られた。同一加重に対する仮比重は無処理に対して小さくなっていることから、EB-aの添加が、透水性を良好にしたことは、孔隙量の増加に由来するものと推定され、この孔隙量の増加は後述の水中沈定容積から推定されるようにEB-a添加による団粒生成のためと考えられる。

一方、モミガラ、オガクツの場合は、少量では効果が期待できなかったが、モミガラ、オガクツ自体には荷電の性質がなく、少量では土壤粒子と粒子の間に挟まれ、土壤粒子面の接触が大きく、なお粘土優位のため、透水性改良に対する効果は少なかったものと思われる。

以上の結果からあきらかなように、改良資材によって透水性改良をねらう場合は、EB-aのように少量の添加で効果の期待できる場合と、モミガラ、オガクツのように大量添加でなければ効果が期待できない場合があり、実際圃場で透水性改良を考える場合には、改良資材にのみ依存するばかりで

なく、明きよあるいは暗きよの施行による地下水位の低下、土壤構造の生成、発達を図り、さらに高畦栽培などを組入れ、その上で改良資材の併用を行なえば、少量の添加量でもかなりの効果が期待できるものと考えられる。

## 2) 改良資材が水中沈定容積におよぼす影響

さきにEB-aおよびモミガラ、オガクヅを添加して土壤の透水性を測定した結果、EB-aの添加は透水性改善に有効であることが認められたが、モミガラ、オガクヅの場合、少量の添加では十分な効果が認められなかった。この原因を解析するため、添加による水中沈定容積の変化を追求した。添加量は透水係数の場合と同様にし、一定の水を加えて混合し乾土1gあたりのmlで表示した。なお測定方法は前報の方法に準じて行なった。この結果を表-2にしめた。

これによると、無処理に比べて改良資材を添加した場合は、水中沈定容積は全般的に小さい傾向をしめたが、とくにEB-aの場合に著しく、ついで石灰添加の順であった。また、未風乾土と風乾土を比較すると、いずれの処理においても風乾土の場合、小さい値をしめた。つぎに添加量との関係でみると、EB-aでは1%添加で著しく低い値をしめたが、モミガラ、オガクヅの場合は添加量による差は僅かであった。EB-a添加が、土壤の水中沈定容積におよぼす影響については、すでに横井<sup>5)</sup>らの実験によってもあきらかにされている。これによると、添加量1%で効果がみられ、一

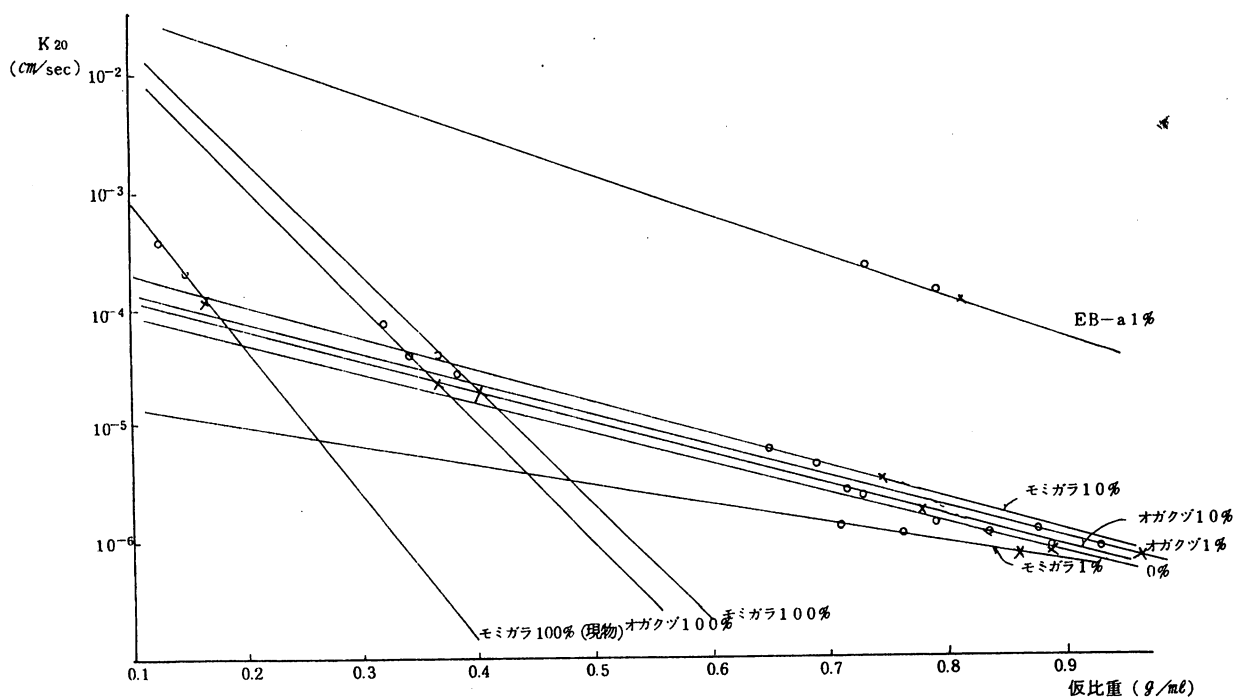


図-1 假比重とK20との関係

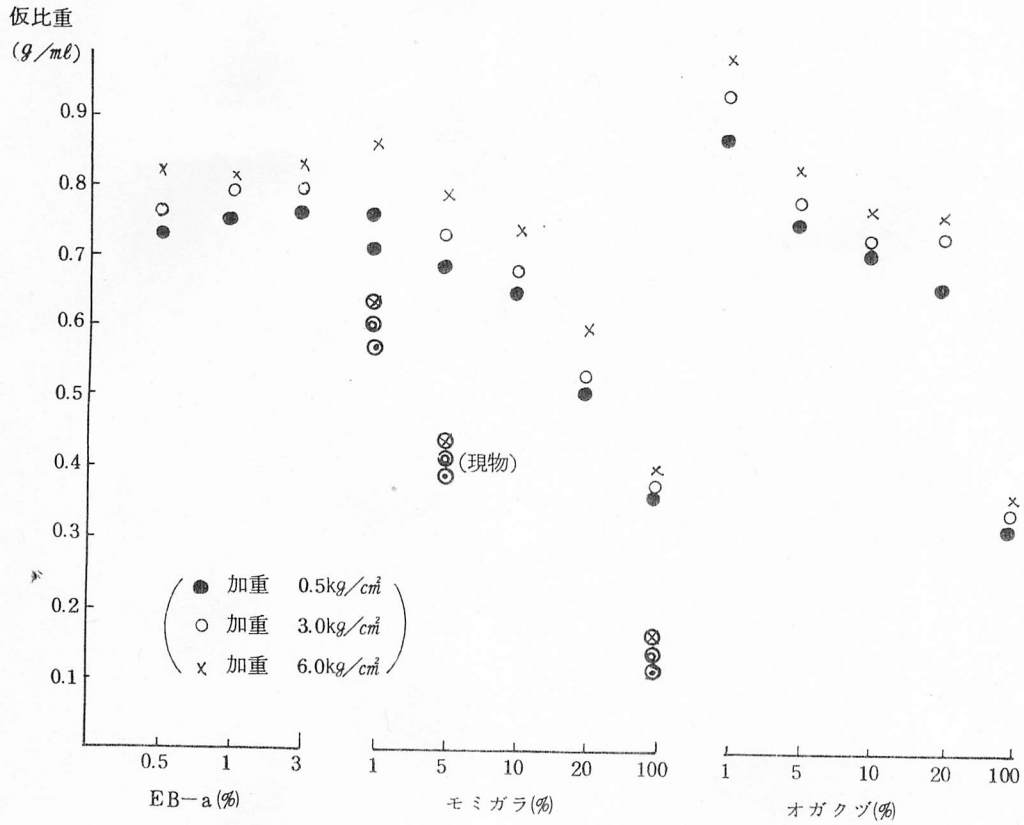


図-2 假比重と混合量 (高浜入土壌)

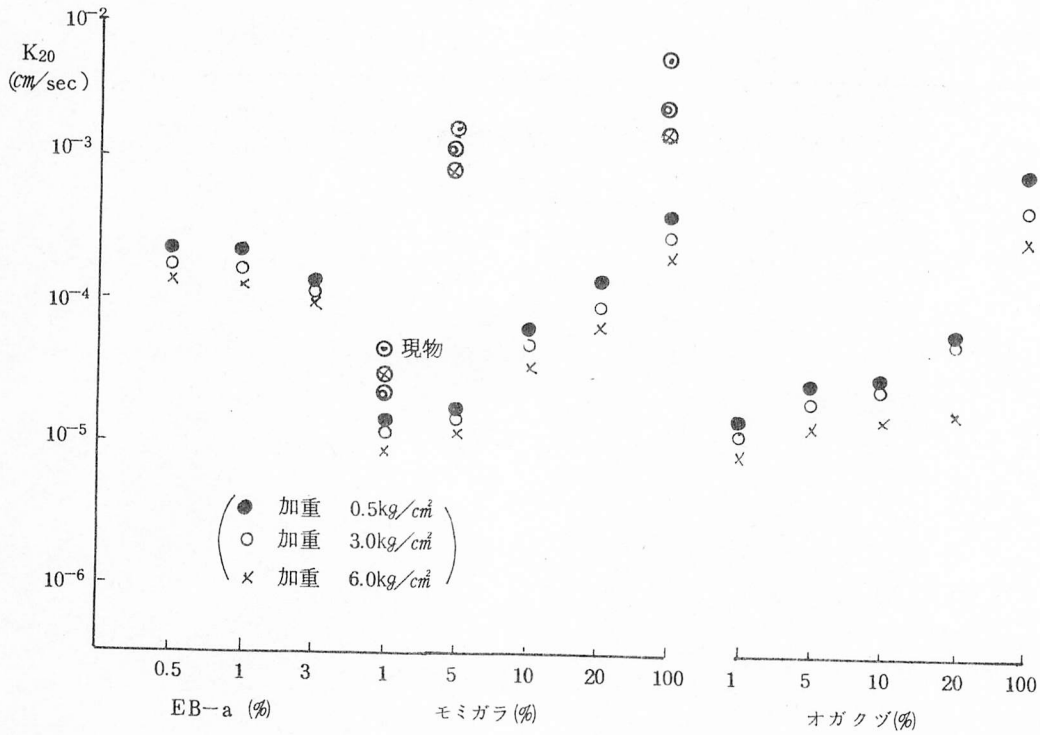


図-3 透水係数と混合量 (高浜入土壌)

表-2 改良資材が水中沈定容積におよぼす影響

処 理		水 中 沈 定 容 積 (ml/g)											
		1日目		2日目		3日目		5日目		10日目		1日目/10日目	
		未風乾土	風乾土	未風乾土	風乾土	未風乾土	風乾土	未風乾土	風乾土	未風乾土	風乾土	未風乾土	風乾土
無 処 理	0 (%)	8.90	3.35	8.70	3.30	8.25	3.20	8.05	3.20	7.70	3.15	1.16	1.06
	0.5	7.43	3.25	7.00	3.15	6.32	3.12	6.00	3.10	5.88	3.10	1.26	1.04
E B-a	1	4.88	2.50	4.15	2.40	3.90	2.38	3.60	2.35	3.50	2.35	1.39	1.06
	3	5.45	3.00	5.20	3.00	4.84	3.00	4.50	2.98	4.40	2.95	1.24	1.02
モミガラ	1	6.63	3.25	6.45	3.20	6.25	3.20	6.13	3.20	6.10	3.20	1.09	1.02
	5	6.70	3.35	6.53	3.26	6.25	3.25	6.15	3.20	6.13	3.20	1.09	1.05
	10	7.20	3.43	6.90	3.35	6.38	3.30	6.26	3.25	6.20	3.25	1.16	1.06
オガクツ	1	6.50	2.90	6.20	2.90	6.10	2.82	6.10	2.80	6.10	2.80	1.06	1.08
	5	7.25	3.04	7.00	3.00	6.90	2.90	6.30	2.90	6.90	2.90	1.05	1.06
	10	7.40	3.26	7.30	3.18	7.10	3.14	7.10	3.10	7.10	3.10	1.04	1.03
石 灰	可酸化性 S相当量	6.40	2.52	5.80	2.30	5.30	2.28	5.00	2.28	5.00	2.28	1.28	1.10

般の鈣質土壌の場合は1%を採用している。E B-a 1%の添加がなぜこのような効果を発揮するかについては不明な点が多く、今後の検討に待たねばならないが、陽荷電高分子の添加によって、土壌粒子の荷電が中和されて、土壌粒子間の反撥力が消失して土壌粒子の急激な凝集沈降がおこるためと考えられる。

石灰添加の場合、水中沈定容積は無処理に比べて明らかに低い値をしめしている。石灰施用は土壌コロイド粒子の負荷電を減弱させ、さらにpHの上昇、置換性塩基としてのCa<sup>++</sup>飽和度を増大させることによって土壌粒子を凝集沈降させるものと考えられる。

### 3) 改良資材が可溶性におよぼす影響

改良資材の添加が可溶性におよぼす影響について検討したのが表-3である。なお粗大有機物資材

表-3 改良資材が可溶性におよぼす影響

処 理		液性限界 (LL)		塑性限界 (PL)		塑性指数 (Ip)		流動指数 (If)		タフネス指数 (Ic)	
		未風乾土	風乾土	未風乾土	風乾土	未風乾土	風乾土	未風乾土	風乾土	未風乾土	風乾土
		(%)									
無 処 理	0	229.0	96.5	116.4	73.3	112.6	23.2	63.0	16.0	1.79	1.45
	0.5	230.0	99.0	117.6	75.2	112.4	21.8	37.0	13.8	3.04	1.58
E B-a	1	235.0	98.5	114.9	77.3	110.1	21.2	46.0	15.2	2.39	1.39
	3	235.0	99.2	117.1	81.2	117.9	18.0	55.0	11.5	2.14	1.57
石 灰	可酸化性 S相当量	234.0	94.2	124.0	73.8	110.0	20.4	48.0	20.0	2.30	1.02

(高浜入土壌)

としてのモミガラ，オガクツ添加の場合には測定が困難であったため省略し，EB-a，石灰添加のみについて前報の方法に準じて測定した。

この結果によると，液性ならびに塑性限界は未風乾土，風乾土ともEB-a，石灰添加により若干高くなる傾向が認められた。なお，これらの値を基礎として算出された流動指数，タフネス指数はおむねさきの結果が反映されている。

#### 4) 改良資材が収縮限界におよぼす影響

改良資材が収縮限界におよぼす影響を検討したのが表-4である。これによると，収縮限界は未風乾土の場合，無処理に比べてEB-a添加の場合はいずれも低い値をしめしたのに対し，モミガラの場合は5%，10%と添加量の増加にともなって高い値が認められ，オガクツ添加によっても同様の傾向であった。また風乾土ではEB-a，モミガラ，オガクツ添加によって全般的に高い値がみられる。さらに収縮比をみると，改良剤添加によって大きな差は認められないが，オガクツ添加によって小さくなる傾向がみられた。

表-4 改良資材が収縮限界におよぼす影響

処 理	収縮限界 (%)	収縮比 ( $g/cm^3$ )		体積変化 (%)		線 収 縮 (%)		初期含水比 (%)			
		未風乾土	風乾土	未風乾土	風乾土	未風乾土	風乾土	未風乾土	風乾土		
無 処 理	0	14.3	38.7	1.3	1.2	201.4	39.1	31.4	10.4	169.6	72.6
	0.5	11.2	39.4	1.3	1.2	201.7	38.8	30.8	10.4	163.6	72.7
EB-a	1	9.5	43.8	1.4	1.2	214.4	34.7	31.7	9.5	165.3	73.7
	3	12.1	44.8	1.4	1.1	211.7	34.5	31.5	9.4	166.2	75.3
モミガラ	1	9.8	41.4	1.5	1.2	229.8	30.5	32.8	9.9	168.7	72.8
	5	17.4	43.2	1.3	1.1	187.6	31.4	29.7	8.7	157.7	69.9
	10	28.5	43.4	1.2	1.1	166.4	35.1	27.9	8.5	162.3	74.8
オガクツ	1	39.2	52.8	1.2	1.1	278.8	90.0	35.9	19.3	228.1	89.3
	5	34.0	58.5	1.1	1.0	223.4	88.3	32.4	19.0	202.1	92.9
	10	45.6	62.4	1.0	0.9	201.3	88.2	30.8	18.2	199.3	98.8
石 灰	可酸化性 S相当量	32.0	62.3	1.2	1.1	250.2	23.6	34.0	6.7	184.5	82.6

#### 5) 改良資材が切断強度におよぼす影響

改良資材の添加が，切断強度におよぼす影響を検討するため，高浜入湖底土の未風乾土，風乾細土について水分を変えて切断強度を測定した。その結果を表-5にしめした。

この結果によると，切断強度の値は無処理に比べてEB-a，石灰，モミガラ，オガクツの順に低下し，オガクツが切断強度，つまり土壌の凝集力軽減に対して大きな効力のあることが認められた。また添加量との関係ではおむね添加量の増加にしたがって切断強度は低下する傾向がみられ，また



いずれの処理の場合でも熱乾で値の高かったことは前報の場合と同様であった。

EB-a添加と土壌の凝集力との関係については、すでに横井<sup>5)</sup>の報告にもあるように、EB-aは土壌粒子間を団結させる作用はなかったものと考えられる。またオガクズ、モミガラの効果の高いことはおそらく、オガクズ、モミガラそれ自身には凝集力もなく、それらが粒子間の孔隙に入って、粒子と粒子との結合を阻止したことにより、凝集力が弱められたものと考えられる。石灰添加においても切断強度は若干弱められるが、この効果は少ない。

前述したように、切断強度の値は、土壌の凝集力の強弱を意味するもので、実際圃場における大型

表-5 改良資材が切断強度におよぼす影響

処 理		切断強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		含水比 (%)
無 処 理	未風乾土	0 (%) 風 乾	22.10	9.14
		熱 乾	28.39	—
	風 乾 土	0 風 乾	7.93	7.55
		熱 乾	8.73	—
EB-a	未風乾土	0.5 風 乾	19.76	9.05
		熱 乾	23.39	—
		1 風 乾	12.26	10.85
		熱 乾	16.81	—
	風 乾 土	3 風 乾	18.21	9.55
		熱 乾	18.43	—
		0.5 風 乾	7.59	7.57
		熱 乾	8.16	—
モミガラ	未風乾土	1 風 乾	17.43	14.11
		熱 乾	22.06	—
		5 風 乾	10.40	13.31
		熱 乾	12.28	—
	風 乾 土	10 風 乾	9.13	12.14
		熱 乾	11.84	—
		1 風 乾	6.66	7.82
		熱 乾	8.74	—
風 乾 土	5 風 乾	5.81	7.81	
	熱 乾	6.70	—	
	10 風 乾	4.04	7.86	
	熱 乾	5.26	—	

処		理	切断強度 ( $kg/cm^2$ )	含水比 (%)	
オガクヅ	未風乾土	1 (%) 風 乾	16.81	19.88	
		熱 乾	21.33	—	
		5 風 乾	14.11	18.35	
	熱 乾	20.52	—		
	10 風 乾	8.52	15.18		
	熱 乾	17.50	—		
風 乾 土	1 風 乾	3.51	7.94		
	熱 乾	3.30	—		
	5 風 乾	2.88	8.13		
	熱 乾	3.27	—		
	10 風 乾	2.31	8.49		
	熱 乾	3.01	—		
石 灰	未風乾土	可 S 相当量	風 乾	18.40	9.50
			熱 乾	22.20	—

機械の支持力、耕耘、碎土の難易に関係するばかりでなく、発芽、苗立ち、作物根伸張など、実際栽培上の問題に影響をおよぼすものと考えられる。

これまでの実験結果によれば、モミガラ、オガクヅは少量添加では透水性改良に対する効果は期待されないが、凝集力軽減に対する効果は十分期待され、このような意味において、オガクヅ、モミガラを利用する意義は大きいと考えられる。

#### 6) 湖底土の酸化還元条件下における pH, Eh<sub>6</sub>, Fe(II) の経時変化

干拓地土壌における 2 価鉄の存在形態の特性および土壌の酸化還元にともなう 2 価鉄の経時変化ならびにその存在形態の様相をあきらかにすることは、干拓地土壌の生成的な見地ばかりでなく、作物培地としての立場からもきわめて重要な問題と考えられる。すでに本村<sup>6)</sup>があきらかにしているように、土壌の酸化還元の進行にともなう 2 価鉄の存在形態の変化は、干拓地土壌の物理化学的な性質の面に密接に関与し、干拓地土壌の生成、発達に大きな役割をはたしていることは周知のとおりである。前述のように、高浜入湖底土の 2 価鉄の含有量はきわめて高く、これらの 2 価鉄が土壌の酸化還元の進行にともなって、どのように変化してゆくかを知ることは、干陸後の土壌対策を検討する上できわめて重要であると考えられる。したがってここでは、供試土壌として高浜入湖底土とこれの対照として本新島土壌表層土を試供し、これに EB-a, モミガラを少量 (EB-a の場合 0.5%, モミガラの場合 1%), 多量 (EB-a の場合 3%, モミガラの場合 10%) の 2 段階に分けて添加し、それぞれ湛水状態、畑状態に分けて 30°C 定温器中でインキュベートし、定時的に pH, Eh<sub>6</sub>, Fe(II) の測定を行なった。なお、容器は 100 ml ガラス製トールピーカーを用い、2mm 別風乾細土 70g とし、畑状態の場合は水分含量を最大容水量の 60% とし、時々減量水分を補給し、分析に供した。Eh<sub>6</sub> の測

表-6 潜水状態における pH、Eh<sub>h</sub> および Fe(II)の経時変化

(mg/乾土100g)

土 壤 処 理	日数	pH (H <sub>2</sub> O)	Eh <sub>h</sub> (mV)	活 性 Fe (II)		不 活 性 Fe(II)
				0.2% AlCl <sub>3</sub> 抽出	N-NaOAc 抽出	0.2 N-HCl 抽出
高 浜 入	0	5.60	+ 457	6.4	6.4	54.2
	1	5.02	+ 381	60.4	57.2	170.4
	3	4.50	+ 271	171.5	174.3	241.5
	5	4.52	+ 120	189.0	180.6	233.8
	7	5.70	+ 73	228.8	224.5	330.2
	14	6.12	- 38	233.1	255.9	383.2
	21	6.30	- 21	281.8	254.5	314.5
	35	6.35	- 45	294.9	288.6	251.5
	1	4.48	+ 321	58.6	60.4	164.6
	3	4.62	+ 261	191.5	217.2	207.2
	5	5.60	+ 177	195.2	198.6	251.1
	7	5.80	+ 179	234.5	194.5	297.4
	14	6.20	+ 58	247.4	257.4	363.2
	21	6.30	+ 20	272.7	295.4	311.5
	35	6.42	+ 10	253.1	311.8	273.1
	1	4.45	+ 336	57.3	61.3	160.8
	3	4.50	+ 241	188.6	218.6	190.1
	5	5.60	+ 189	209.3	231.5	203.0
	7	5.79	+ 149	261.7	247.5	395.9
	14	6.20	+ 58	250.3	235.9	406.1
	21	6.40	+ 45	263.6	274.5	323.6
	35	6.45	+ 35	271.3	290.2	286.0
	1	4.60	+ 175	57.5	52.7	187.0
	3	4.82	+ 139	214.4	237.2	265.8
	5	5.74	+ 153	220.8	241.6	271.5
	7	5.80	+ 89	234.5	263.2	351.7
	14	6.25	- 61	260.3	280.2	473.2
	21	6.40	- 85	274.1	286.3	236.4
35	6.42	- 90	278.8	307.5	241.7	
1	4.52	+ 341	52.5	54.4	190.5	
3	4.96	+ 111	142.9	215.8	281.5	
5	5.62	+ 117	276.5	340.8	312.4	
7	6.12	+ 77	297.3	300.3	325.9	
14	6.30	- 182	287.3	344.5	486.2	
21	6.50	- 179	287.0	380.9	404.8	
35	6.65	- 207	280.0	407.6	323.1	
0	5.78	+ 519	1.2	3.2	27.4	
1	5.90	+ 305	51.6	53.4	102.0	
3	5.85	+ 217	107.5	111.3	155.0	
5	6.08	+ 187	179.6	188.6	158.7	
7	6.40	+ 145	200.0	227.5	137.5	
14	6.50	+ 49	191.3	196.3	257.4	
21	6.70	- 3	212.3	234.6	265.4	
35	6.85	- 10	245.0	243.8	220.0	
1	5.75	+ 299	60.8	62.6	150.3	
3	5.82	+ 239	105.0	125.0	240.0	
5	6.20	+ 188	140.1	172.5	268.0	
7	6.40	+ 125	146.3	178.8	225.0	
14	6.55	+ 77	180.0	196.3	330.2	
21	6.75	+ 29	212.3	242.3	184.6	
35	6.80	+ 20	210.6	233.8	303.8	
1	5.68	+ 283	59.8	56.5	111.4	
3	5.81	+ 229	102.5	106.3	145.0	
5	6.15	+ 221	154.8	119.8	171.5	
7	6.50	+ 89	161.3	128.8	280.0	
14	6.62	+ 27	168.8	216.3	251.8	
21	6.70	+ 43	206.9	234.6	200.0	
35	6.80	+ 20	231.3	242.3	181.3	
1	5.72	+ 243	51.3	59.5	164.2	
3	6.05	+ 217	177.5	188.8	236.3	
5	6.45	+ 51	180.7	221.0	230.0	
7	6.58	+ 17	193.8	200.0	253.8	
14	6.61	- 38	165.0	185.0	321.8	
21	6.78	- 51	234.6	230.8	307.7	
35	6.90	- 84	247.0	293.8	279.4	
1	6.02	+ 285	54.1	50.6	173.0	
3	6.22	+ 103	180.0	175.0	300.0	
5	6.60	+ 25	225.0	260.3	393.5	
7	6.62	+ 15	270.0	241.3	372.5	
14	6.62	- 78	257.5	260.0	366.0	
21	6.80	- 95	234.6	236.9	292.3	
35	6.92	- 120	271.4	275.8	290.5	

定は白金電極を用い、Fe(II)は、活性Fe(II)を0.2%  $AlCl_3$  抽出液、N-Na OAc 抽出液を用い、不活性Fe(II)は0.2 N-HCl抽出液を用い、 $\alpha$ 、 $\alpha'$ -ジピリジル法によって測定した。

#### (1) 湛水状態の場合

湛水状態にした場合のpH,  $Eh_6$ , Fe(II)の経時変化は表-7にしめしたとおりである。これによると土壤pHの経時変化は、いずれの土壤においても日数の経過にもなって上昇し、改良資材とくにモミガラ添加区の場合顕著であった。すなわち、高浜入湖底土では無処理区で実験開始時pH 5.60であったものが35日で6.35に上昇した。同様に本新島土壤では開始時pH 5.78であったものが35日目で6.85と高くなった。一方、 $Eh_6$ についてみると、いずれの土壤も日数の経過にもなって次第に低下する傾向をしめし、無処理区、モミガラ添加区においては添加後14日目で平衡に達し、その後の値は負になった。モミガラ添加区では添加後急速に $Eh_6$ の低下がみられ、この傾向は多量区で顕著であった。

これに対してEB-a添加の場合は、両土壤とも $Eh_6$ は全実験期間中正の状態を経過した。高浜入湖底土は本新島土壤に比して、土壤pHの上昇は低く、 $Eh_6$ の低下は顕著であった。

つぎに2価鉄の生成量についてみると、2価鉄の生成量は日時の経過にもなって、各土壤ともモミガラ添加区で若干増加の傾向をしめしたが、湖底土採取時の値に比べると、低い値をしめした。また、活性2価鉄においても0.2%  $AlCl_3$ 抽出とN-Na OAc抽出の場合においては両者との差はほとんど認められず、また、0.2 N HCl抽出のFe(II)との間にも大きな差は認められなかった。これは有明干拓、八郎瀧干拓地とは異なった2価鉄の存在形態であって、本干拓地土壤の著しい特徴である。0.2%  $AlCl_3$ 抽出のFe(II)が多いことは、乾燥過程で容易に酸化沈積しうることをしめし、土壤構造の安定化に大きな役割を果すものと推定される。

以上の結果からもあきらかなように、高浜入湖底土を湛水状態で経過させると、土壤pHは次第に上昇したがこれに対して $Eh_6$ はあきらかに低下し、同時に2価鉄生成量の増大が認められ、土壤は強還元化になることをしめしている。とくにこれらの傾向はモミガラ添加で著るしかった。したがって、本干拓地土壤を畑作物栽培に利用する場合においても、とくにモミガラなど、有機物施用に際して、過湿の条件下では還元状態になるものと予想され、排水には十分注意しなければならない。

#### (2) 畑状態の場合

畑状態におけるpH,  $Eh_6$ , Fe(II)の経時変化は、表-8にしめしたとおりである。土壤のpHの経時変化は、いずれの土壤においても、日時の経過にもなって次第に低下する傾向が認められた。また、本新島土壤に比べて高浜入湖底土においてこの傾向は著しく、またモミガラ添加区に比べて無処理区、EB-a区で低い傾向が認められた。すなわち、高浜入湖底土では実験開始時においてpH 5.62であったものが、7日目で4.80に低下し、さらに35日目で4.52まで低下した。これに対してモミガラ添加区は35日目でpH 4.82に留まった。一方、本新島土壤についてみると、実験開始時に

表-7 畑状態における pH, Eh<sub>6</sub> および Fe(II)の経時変化

(mg/乾土100g)

土 壤 処 理	日数	pH (H <sub>2</sub> O)	Eh <sub>6</sub> (mV)	活 性 Fe (II)		不活性 Fe (II)
				0.2%AlCl <sub>3</sub> 抽出	N-NaOAc抽出	0.2N-HCl抽出
無添加区	0	5.62	+ 446	6.4	6.4	54.2
	1	5.54	+ 450	6.2	6.0	56.8
	3	5.30	+ 399	—	—	—
	5	5.25	+ 469	3.3	5.0	60.1
	7	4.80	+ 419	—	—	—
	14	4.70	+ 463	3.1	5.0	64.8
	21	4.70	+ 493	—	—	—
	35	4.52	+ 497	2.4	3.7	65.7
EB-a 少量区	1	5.50	+ 436	4.6	4.6	39.5
	3	5.64	+ 437	—	—	—
	5	5.42	+ 465	3.3	5.0	56.8
	7	4.92	+ 493	—	—	—
	14	4.80	+ 509	3.7	4.7	58.4
	21	4.65	+ 492	—	—	—
EB-a 多量区	1	5.70	+ 453	4.6	5.5	54.2
	3	5.22	+ 431	—	—	—
	5	4.90	+ 443	3.3	5.7	28.4
	7	4.82	+ 469	—	—	—
	14	4.75	+ 434	3.1	5.1	26.9
	21	4.63	+ 497	—	—	—
モミガラ 少量区	1	5.80	+ 472	4.6	3.7	45.0
	3	5.20	+ 473	—	—	—
	5	5.00	+ 451	5.0	8.4	50.1
	7	4.98	+ 431	—	—	—
	14	4.90	+ 415	6.1	8.9	55.3
	21	4.88	+ 425	—	—	—
モミガラ 多量区	1	5.60	+ 475	6.4	7.4	45.0
	3	5.30	+ 459	—	—	—
	5	5.00	+ 431	8.4	8.4	56.8
	7	4.90	+ 425	—	—	—
	11	4.90	+ 425	9.2	9.6	68.5
	23	4.92	+ 405	—	—	—
35	4.82	+ 386	10.8	11.2	71.6	

表-8 畑状態における pH、Eh<sub>6</sub> および Fe(II)の経時変化

(mg/乾土100g)

土 壤 処 理	日 数	pH (H <sub>2</sub> O)	Eh <sub>6</sub> (mV)	活 性 Fe (II)		不活性 Fe (II)
				0.2%AlCl <sub>3</sub> 抽出	N-NaOAc抽出	0.2N-HCl抽出
無添加区	0	5.85	+ 505	1.2	3.2	27.4
	1	5.90	+ 485	1.4	3.0	24.7
	3	6.10	+ 497	—	—	—
	5	5.80	+ 499	tr	tr	24.1
	7	5.70	+ 500	—	—	—
	14	5.60	+ 487	0.0	0.0	21.5
	21	5.63	+ 477	—	—	—
	35	5.60	+ 474	0.0	0.0	16.8
EB-a 少量区	1	6.20	+ 503	tr	2.1	25.9
	3	6.15	+ 453	—	—	—
	5	6.00	+ 401	0.0	0.0	21.7
	7	6.03	+ 411	—	—	—
	14	5.70	+ 473	0.0	0.0	18.6
	21	5.65	+ 503	—	—	—
	35	5.64	+ 490	0.0	0.0	15.0
EB-a 多量区	1	6.57	+ 507	tr	2.1	21.4
	3	6.30	+ 479	—	—	—
	5	6.30	+ 499	0.0	0.0	18.4
	7	6.00	+ 469	—	—	—
	14	5.70	+ 450	0.0	0.0	13.7
	21	5.68	+ 493	—	—	—
	35	5.66	+ 490	0.0	0.0	8.6
モミガラ 少量区	1	6.80	+ 539	1.2	2.1	36.3
	3	6.40	+ 525	—	—	—
	5	6.32	+ 519	tr	3.3	35.1
	7	6.05	+ 443	—	—	—
	14	5.68	+ 465	0.0	1.2	32.6
	21	5.70	+ 440	—	—	—
	35	5.70	+ 450	0.0	tr	17.4
モミガラ 多量区	1	6.87	+ 555	1.5	4.3	32.1
	3	6.50	+ 511	—	—	—
	5	6.50	+ 521	3.3	5.0	33.4
	7	6.10	+ 467	—	—	—
	14	5.68	+ 403	3.8	7.1	35.6
	21	5.69	+ 423	—	—	—
	35	5.71	+ 410	3.6	6.7	37.5

pH 5.85 であったものが、35 日目で 5.60 となり、モミガラ添加区では、35 日目で 5.77 となった。

$Eh_6$  についてみると、モミガラ添加区で日時の経過にともなって若干低下する傾向がみられたが、その他の区では大差なく + 400 ~ 500 mV の値で経過した。

つぎに 2 価鉄の生成量の経時変化についてみると、畑状態で経過した場合の 2 価鉄の生成量はいずれの土壌においてもきわめて少なく、とくに本新島土壌においては Fe(II) の生成はほとんどみられなかった。モミガラを多量に添加した場合には、経過日数とともに Fe(II) は僅かに増大する傾向がみられた。

干陸後湖底土を畑状態に保つ場合、 $Eh_6$ 、Fe(II) 生成量から推定される土壌の還元は進行しないが、土壌 pH は著しく酸性に向うことがあきらかとなった。これはすでに考察したように、硫酸還元菌の作用によって、土壌中の硫化物が硫酸に酸化されるためであり、畑作物利用に対しては、石灰施用による反応矯正にはとくに留意しなければならない。

#### 7) 改良資材が亀裂の発生におよぼす影響

干拓後の湖底土の脱水乾燥をより促進させるためには、まず土壌に対する亀裂の発生をいかに促進するかが前提となってくる。亀裂の発生は土壌の透水性に影響をおよぼし、さらに土壌断面中の斑鉄の生成、発達を促し、土壌構造の発達を促進させる役割を果たす。したがって、亀裂の発生要因を解明し、その促進を図ることは、暗きょ施工にともなう排水効果をあげるためにも重要と考えられる。

しかしながら、高浜入土壌のように粘土含量が高く、膨潤型粘土鉱物を含む土壌においては、一般に大亀裂の発生がおこると考えられる。このような場合、亀裂の表面はもちろん乾燥脱水は進むが、亀裂間の土壌はきわめて緊硬となって、亀裂内部の乾燥はかえって抑えられるものと予想される。したがって、土壌内部まで脱水乾燥をさせるためには、数多くの亀裂を発生させることが望ましいと考えられる。

このような観点から、改良資材が、土壌の亀裂発生促進にどのように影響するかを検討するためにつぎの実験を行なった。

未風乾土を液性限界よりやや高い水分含量でよく練り、直径 7.5 cm のシャーレに一定重量の土壌を採って、気泡の入らないように填充し、室温条件下で徐々に乾燥させ、亀裂の生成しはじめたときの水分含量を測定した。

改良資材の添加は、EB-a 少量 (0.5%)、多量 (3.0%)、モミガラ少量 (1%)、多量 (10%)、オガクズ少量 (1%)、多量 (10%)、砂 (珪砂) 少量 (1%)、多量 (10%)、石灰 (可酸化性硫黄相当量) とし、よく混合し供試した。供試土壌は高浜入湖底土壌の他、八木 1 層、余郷入 1 層、本新島 1 層を用い亀裂発生時の水分含量を表一 9 に、亀裂発生状況を 図一 6 にしめした。

これによると、改良剤無添加の場合、高浜入湖底土では、222.8%、余郷入土壌では 59.0%、本新島土壌では 43.3%、八木土壌では 72.6% の水分減少によって、亀裂の発生がみられた。改良資材を

表-9 改良資材が亀裂の発生におよぼす影響

土 壤 処 理	セッ時の水分含量	亀裂発生時の水分含量
高 浜 入 ー	447.2 (%)	224.4 (%)
余 郷 入 1	220.8	161.8
本 新 島 1	150.5	97.2
八 木 1	201.7	129.1
高 EB-a 少量	317.9	239.9
" " 多量	313.4	243.4
" モミガラ 少量	288.1	226.1
" " 多量	276.8	232.0
" オガクズ 少量	285.2	221.7
" " 多量	265.2	228.5
" 砂 少量	291.8	226.6
" " 多量	287.9	229.7
" 石灰可 S相当量	297.4	226.7

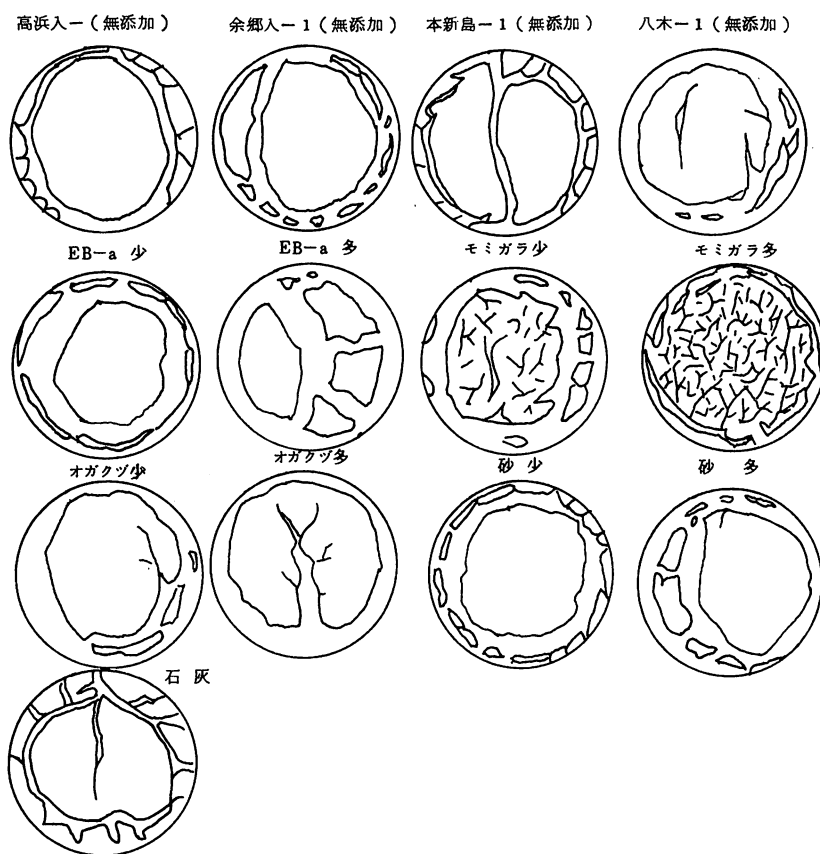


図-6 亀裂発生状況



添加すると、比較的高い水分含量において亀裂が発生しやすい。とくに粗大有機物資材の添加効果は著しく、モミガラ添加の場合では62.0%（少量区）～44.8%（多量区、オガクツ添加の場合、63.5%（少量区）～36.7%（多量区）の水分減少によって亀裂は発生し、図-6からあきらかなように、亀裂の数も多い傾向がみられた。すなわち、改良資材添加によって、亀裂は容易に、しかも多数発生するものと考えられる。

一般に水分の減少にともなって土壌を収縮させる力は、主として土壌粒子の毛管張力であり、これらは土壌の粒径、粒度および形状に支配されるといわれる。したがって、本実験において改良資材添加によっていずれも高い水分域から亀裂の発生をみたことは、EB-a添加の場合には団粒の生成によって、粗大有機物、砂添加の場合には、土壌孔隙内に存在すると考えられるこれらの資材が、水分の減少とともに土壌粒子間の均衡を乱し、毛管張力を弱めるためと推定される。

陽荷電高分子であるEB-aの施用は、土壌の透水性改良に対して著しい効果が認められたが、モミガラ、オガクツなど、粗大有機物の施用は多量に添加した場合を除いて大きな効果は認められなかった。他方、耕耘、碎土、発芽、苗立ち、植物根の伸張などに影響をおよぼす土壌の凝集力に対しては、EB-aに比べて粗大有機物の軽減効果は顕著であった。しかしながら、粗大有機物として、モミガラを施用する場合には、過湿条件下では、異常還元を惹起する危険性が高いため、排水に心掛けて、常に酸化的に保つようにしなければならないが、酸化的に保つ場合には、土壌の酸性化が著しく進行するので、石灰による土壌反応の矯正を図らなければならない。

このように、土壌改良資材はそれぞれ異なった効果を持っており、また、改良資材の投入によって、土壌条件も変化するので、改良資材を用いて、実際の土壌を改良するためには、それぞれの改良資材の効果が十分にかつ健全に発現できるように対応すべきであると考えられる。

#### IV 要 約

改良資材の添加が、高浜入湖底土の理化学性にどのように影響するかを検討し、今後の土壌改良対策の手がかりにすることをねらいとして2, 3実験を行なった。その結果を要約するとつぎのとおりである。

##### 1) 改良資材が透水性におよぼす影響

EB-aは少量添加でも（土壌に対して1%）効果がみられたが、モミガラ、オガクツは多量添加においてのみ（土壌に対して20%以上）効果が認められた。

##### 2) 改良資材が水中沈定容積におよぼす影響

EB-aはモミガラ、オガクツ添加に比べていちじるしく水中沈定容積の値を低下させ、とくにEB-a 1%添加量で、無処理区に対して約半分になった。

##### 3) 改良資材が可溶性におよぼす影響

EB-a, 石灰の添加によって僅かに液性限界の増加がみられた。

#### 4) 改良資材が収縮限界におよぼす影響

EB-a, 石灰, モミガラ, オガクズの添加は土壌の収縮限界の測定結果に反映していることが認められた。

#### 5) 改良資材が切断強度におよぼす影響

切断強度の値は, EB-a, 石灰, モミガラ, オガクズの順に低下し, オガクズの切断強度軽減に対して大きな効果のあることが認められた。

#### 6) 湖底土の酸化還元条件下における pH, $Eh_6$ , Fe(II)の経時変化

##### (1) 湛水状態の場合

いずれの場合も土壌 pH は上昇し,  $Eh_6$  は低下したが, EB-a 添加の場合には全期間負にはならなかった。

Fe(II)の生成量はいずれの場合も経時的に増加し, 0.2%  $AlCl_3$  抽出と N-NaOAC 抽出あるいは 0.2 N HCl 抽出量との間には大きな差はみられず, 本干拓地土壌では易酸化性の 2 価鉄含量が高いことをしめし, これは本干拓地土壌の特筆すべき特徴であった。 $Eh_6$ , Fe(II) 生成量から推定される土壌還元はモミガラ添加によって促進された。

##### (2) 畑状態の場合

$Eh_6$  の低下, Fe(II) 生成量はほとんどみられず, 土壌還元の発達は認められなかった。畑状態では土壌 pH の低下が著しく, 土壌酸性化が著しく進行するものと考えられる。

#### 7) 改良資材が亀裂の発生におよぼす影響

改良資材を添加した場合は無添加の場合に比べて容易に亀裂の発生がみられた。

## 謝 辞

本研究は昭和48年, 農研化学部土壌第二科土壌立地第一研究室で実施したものであり, 横井肇科長をはじめ研究室の関係各位に大変お世話になった。厚くお礼申し上げます。

本研究の一部は日本土壌肥料学会で発表した。

## 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 2 報) 茨城農試特別研報第 3 号
- 2) 村上 (1961) : 過酸化水素による干拓地土壤中の可酸化性硫黄の半定量, 日土肥誌 32, 6, 276 ~ 279.
- 3) 富士岡, 萩野 (1967) : 農土論集 19. 1
- 4) 農技研化学部土壤 2 科 (1968) : 研究成績
- 5) 横井 (1968) : 陽荷電合成高分子の作用について, 土壤の物理性, 19. 20 ~ 22
- 6) Satoru MOTOMURA, Feliciano M. LAPID and Hajime YOKOI (1970) : Soil Structure Development in Ariake Polder Soils in relation to Iron forms 16. Soil Sci and Plant Nutr 16. 2 47 ~ 54