

# イ草染土に関する研究

(第2報) 染土の物理的性質について

米田茂男・河内知道

Studies of Sendos of Mat Rushes.

II. On the Physical Properties of Sendos.

Shigeo YONEDA and Tomomichi KŌCHI

The formation of gel film of colloidal matter in sendo on the surface of rush stem seems to be highly affected by the clay content and nature of the soil used in the preparation of mud water. So the mechanical composition of typical sendo samples and some physical properties of clay particles in water were studied by the authors. Sendo samples which are produced in Hyōgo, Okayama, Hiroshima and Fukuoka prefectures were examined.

Mechanical composition. Akashi and Awaji sendos produced in Hyōgo are generally fine in texture and the contents of coarse and fine sands are less than 0.2 per cent, while the clay content varies wide from 10.2 to 40.3 per cent and decreases in the following order: Kyū-Akashi sendo > Shin-Akashi sendo > Awaji sendo. Kyūshū sendos are also fine in texture but Hiroshima sendos are generally coarse in texture. And Okayama sendos can be divided into two groups, the fine and the coarse ones.

Dispersion characteristics. Most of Shin-Akashi and Awaji sendos highly disperse in water, while Kyū-Akashi sendos coagulate completely in water. It is found that the latter contains a considerable amount of electrolyte, mostly of calcium sulfate. Hence, the difference in dispersion might be due largely to the content of electrolyte in sendo samples. Most of Hiroshima and Okayama sendos are also highly dispersive in water, while Kyūshū sendos show a markedly different dispersiveness. There are sharp distinctions in the dispersion ratio, that is, the ratios of Kyū-Akashi and clayey Okayama sendos are very low as compared to the other ones. The indices of swelling increase according to the following order: Kyū-Akashi sendo > Kyūshū sendo > Shin-Akashi sendo > Awaji sendo > Hiroshima sendo.

Collapse characteristics. The collapse characteristics of clod in water determine the ease of preparation of mud water. Kyū-Akashi clods collapse easily and rapidly in water forming leaf-like flakes, while Shin-Akashi clods do not collapse at all, but break into only several pieces in water. Hence, a marked difference is found in the degree of collapse between the two groups of Akashi sendo, namely the former from 27.0 to 60.5 per cent and the latter from 5.3 to 16.5 per cent. The two types are also found among Awaji sendo samples, while Hiroshima, Kyūshū and Okayama sendos collapse easily in water forming fine particles or granules, but the degrees of collapse are found in a rather wide range from 15.1 to 95.6 per cent.

緒

言

前報<sup>9)</sup>において筆者等はイ草に対する染土の作用を究明し、泥染の目的の第1が、コロイド粘土のゲル状皮膜で茎の表面を袋状に覆い包む点にあること、かつ染土の効果はかかる皮膜の形成

に直接、間接に起因することを明らかにした。これらの実験結果を基礎として、本研究においては現在染土として使用されている土壌が物理的にみて、いかなる組成特徴を有するかを解明し、更には染土の品質を判定し、かつ優良染土の規格を定める物理的試験法を求める上の基礎資料を得る目的で、若干の物理的性質に関する比較実験を試みた。

## I. 実験材料及び実験方法

### 1. 実験材料

実験材料として、主として現在岡山、広島及び福岡の3県下で使用されている代表的染土を集めて本実験に供試した。これら各染土の産地、地質及び風乾土と土壌懸濁液の色調を示せば第1表のとおりである。

第1表 主要染土の産地、地質及び懸濁液の色調

No.	試料名	産出地	地質・母岩	懸濁液の色調*	乾土の色調*
1	新明石 A	兵庫県明石市聖天山	洪積層	帯黄—濁黄緑(灰味黄緑)	帯黄—濁黄緑
2	" B	"	"	"	"
3	" C	"	"	淡—灰緑(明るい緑味灰1)	淡—灰緑
4	旧明石 A	兵庫県明石市六蔵谷多木山	"	帯緑—黄灰褐(灰味黄茶8)	帯緑—黄灰褐
5	" B	"	"	"	"
6	" C	"	"	"	"
7	" D	"	"	淡—黄緑灰(茶灰3)	淡—黄緑
8	" E	"	"	"	"
9	淡路 A	兵庫県洲本市池の内	"	淡—橙灰(うす黄橙5)	黄—灰白
10	" B	兵庫県三原郡三原町八木	"	灰—黄緑(明るいオリ—ブ灰1)	灰—黄緑
11	" C	" 南淡町東阿万	"	帯黄—濁黄緑(灰味黄緑)	帯黄—濁黄緑
12	" D	" "	"	淡—灰緑(明るい緑味灰1)	淡—灰緑
13	" E	" 西淡町湊	"	"	"
14	" F	" "	"	"	"
15	" G	" 津名郡五色町都志	"	"	"
16	広島 A	広島県松永市本郷町	古生層	淡—灰黄(うす黄)	淡—灰黄
17	" B	" " 神村町	"	黄—灰白(黄味白)	灰—黄緑
18	" C	" 沼隈郡沼隈町	"	帯黄—灰黄褐(うす黄茶5)	灰—黄
19	" D	" 尾道市原田町禰山田	花崗岩	黄—灰白(黄味白)	黄—灰白
20	九州 A	佐賀県鳥栖市炬方鉢山	—	帯黄—灰褐(うす黄茶4)	淡—灰橙
21	" B	福岡県浮羽郡浮羽町炬治鉢山	火山性土	橙—灰(うす黄橙4)	橙—灰
22	" C	" 八女市吉田鉢山	"	灰—黄褐2(灰味黄茶4)	"
23	" D	" " 岡山鉢山	"	灰褐2(うす黄茶3)	"
24	岡山 A	岡山県勝田郡勝央町植月	第3紀層	緑灰(灰味オリ—ブ灰)	淡—灰緑
25	" B	" 井原市木之子	花崗岩	黄—灰白(黄味白)	黄—灰白
26	" C	" " 県主	第3紀層	"	"
27	" D	" 笠岡市大井	古生層	"	"
28	" E	" 井原市稲倉	"	"	"
29	" F	" 笠岡市大井	"	淡—橙灰(うす黄橙5)	淡—灰黄

\* 日本土壌協会発行基準土色帖(1954)による。

#### (1) 明石染土

明石染土は兵庫県明石地方の丘陵から産出する土壌で、これは産出場所によつて旧明石染土と

新明石染土に2大別され、成層状態及び染土としての性質にも若干の相違が認められる。

旧明石染土はかつての海底堆積粘土が洪積紀に隆起して丘陵状を呈する地形において採掘されており、埋蔵量も頗る多い。これに対して新明石染土は性質を異にする礫、砂、粘土等の層理の互層から成り、成層状態から汎濫原又は河成段階粘土の特徴を示し、染土層の厚さも多くは数mにすぎない。従つて土塊はきわめて緻密であるのに対して旧明石染土の土塊はやや疎しうで、かつ薄板状に削離する性質がある。色調を比較すると新明石染土の方が青味を帯びた淡く鮮明な色調を呈している。

#### (2) 淡路染土

淡路島の各所において明石染土に類似の微粒質の堆積物が広く分布し、その色調はやや青味に勝るものが多い。現在は主として建材用、煉瓦用に採掘されているが、一部は染土としても使用されている。明石染土の埋蔵量の将来性の見地からこれに代わる給源の1つとして注目されている。

#### (3) 広島県内産染土

池田等<sup>3)</sup>の報告によれば広島県の染土の主産地は県東南部の三原、尾道及び松永の3市の附近で11カ所の産地があり、梶山田に産出する染土の母材は花崗岩に、瀬戸のは花崗斑岩に、その他は古生層に属し、染土の組成と性質は産地で著しく異なるという。池田等は土色によつて白灰色、淡黄褐色、黄灰色、淡褐灰色の4群に分類している。

使用量からいうと梶山田、本郷、神村の3種が最も多く、かつ梶山田は単用で、本郷、神村の場合は各々70%に沼隈30%の割で混合して使用している。

#### (4) 福岡県及び佐賀県内産染土

青峰等<sup>4)</sup>によれば姫路鉾山の染土中のハロイサイトは火山噴出物の風化物で軽石の風化した跡がよくみられ、古い噴出物に由来すると推定している。又八女市の吉田、岡山両鉾山の染土も八女粘土が水中に堆積した火山噴出物であるところから、これ又火山噴出物に由来するらしいとのことである。

#### (5) 岡山県内産染土

宇垣、長江<sup>5)</sup>によれば岡山県西部の広島県に接する井原市県主と笠岡市大井地方の山麓から白色で粘着力の強い優良な染土が産出され、同地方では専らこの土を使用しているが、反当り使用量の多いこと、遠地への輸送の不便なことから広くは用いられていないという。

## 2. 実験方法

各種の染土間の物理的性質の特徴を比較検討する目的で、まず基礎実験として機械的分析を行い、とくにコロイド粘土含量の多少を比較する一方、土壤懸濁液の分散度を比較するため懸濁状態、水中沈定容積及び分散率を測定し、かつ粘土粒子の膨潤性を判定するため膨潤量を測定した。

次に染土の水中崩壊性の難易と崩壊物の性状及び崩壊の程度を比較実験した。

## II. 染土の物理的性質に関する基礎実験

### 1. 機械的組成

染土の効果が粘土皮膜の形成にあるとすれば、まず染土のコロイド粘土の含量が問題となる。ピペット分析法による供試染土の機械的組成を示せば第2表のとおりである。

**明石染土** 旧明石染土の礫と粗砂の含量は0.5%以下できわめて少なく、粘土は約35%、シルトは約45%で、比較的均質な細微土であつた。新明石染土も粗粒子の含量は少なく、シルト

も旧明石染土と大差ないが、粘土は30%以下でやや少ない一方細砂はやや多く含まれていた。

**淡路染土** 淡路染土も明石染土に近似した組成の、かなり均一な細微土であるが、粘土は新明石染土の約半分にすぎず、10~14%を示した。かつ内部地域から産出するA、B 2試料(No. 9, 10)は50%近くの細砂を含むが、海岸沿いに分布する他の5試料はシルトが55~77%の範囲を示し、両群間で明らかな相違がみられた。

**広島染土** 梶山田(No. 19)及び沼隈(No. 18)の2試料の礫含量は20%近く、全供試染土中でとくに高い値を示した。かつ広島染土はすべてが25~55%の粗砂含量を示す一方、粘土は10%内外でかなり少なく、粗粒質の土壌であつた。

しかして池田等<sup>9)</sup>の広島染土11試料の分析値をみると、粘土は8.32~31.70%の範囲を示し、粘土含量約20%以上の試料が8点を占め、かつシルトと粘土の含量が約45%以上の細粒質の土壌も6点を示した。かかる成績からすると広島染土の機械的組成は一定せず、かなりの変動のあ

第2表 染土の機械的組成

No.	試料名	水分 %	礫 2mm< %	細土粒子100分中 %			
				粗砂 2.0~0.2mm	細砂 0.2~0.02mm	シルト 0.02~0.002mm	粘土 0.002mm>
1	新明石 A	3.98	0.05	0.2	32.2	45.0	22.6
2	〃 B	3.81	Tr	0.5	28.0	47.5	24.0
3	〃 C	3.42	0	0.3	16.0	55.1	28.6
4	旧明石 A	4.19	0.05	0.3	17.2	45.6	36.9
5	〃 B	3.88	Tr	0.3	15.5	47.1	37.1
6	〃 C	4.11	Tr	0.3	18.4	45.9	35.4
7	〃 D	2.97	0	0.1	11.5	51.5	36.9
8	〃 E	3.83	0	0.1	12.2	47.4	40.3
9	淡路 A	2.72	0	0.2	55.4	32.5	11.9
10	〃 B	2.55	0	0.4	44.5	42.5	12.6
11	〃 C	1.64	0	0.2	24.5	64.2	11.1
12	〃 D	1.35	0	0.4	33.1	55.3	11.2
13	〃 E	1.63	0	Tr	19.3	67.0	13.7
14	〃 F	1.00	0	0.1	29.6	60.1	10.2
15	〃 G	1.35	0	0.1	11.2	76.5	12.2
16	広島 A	1.59	0.56	54.8	20.7	12.1	12.4
17	〃 B	1.59	0.57	32.5	43.5	10.8	13.2
18	〃 C	2.46	19.01	25.4	25.5	39.8	9.3
19	〃 D	2.31	17.10	26.1	43.6	18.7	11.6
20	九州 A	12.55	1.60	24.8	16.9	30.7	27.6
21	〃 B	10.51	Tr	0.4	32.5	45.8	21.3
22	〃 C	12.06	0.70	19.8	15.3	34.8	30.1
23	〃 D	11.48	0.90	14.3	13.9	26.5	45.3
24	岡山 A	2.98	0	0.3	27.5	50.0	22.2
25	〃 B	2.08	4.62	40.8	36.0	11.1	12.1
26	〃 C	9.25	0	0.9	2.3	42.0	54.8
27	〃 D	7.31	0	1.2	2.1	48.6	48.1
28	〃 E	7.11	0	0.6	4.2	55.6	39.6
29	〃 F	7.01	0	0.2	3.2	41.9	54.7

ることが判つた。

**九州染土** 九州染土も礫は僅少であるが、細土の機械的組成にはかなりの相違がみられた。しかして粘土は21~45%の、又シルトは26~45%の範囲を示し、かつその含量は60~70%に達し、いずれも微粒質ないし細粒質の土壤であることを知つた。水分含量はすべて10%以上で他の試料に比べてかなり高い値を示したが、これは九州染土が火山噴出物に由来する火山性土であるためと考えられる。

なお青峰等<sup>1)</sup>も福岡染土と明石染土の組成は概して細微で粘土は12.8~42.1%、平均27.4%、又シルトは30.1~57.5%で広島染土に比べて一そう細微であると報じている。

**岡山染土** 岡山染土の中県主、大井、稻倉地方に産出する4試料(No. 26~29)の組成はかなり近似し、いずれも礫、粗砂及び細砂の含量が5%以下である一方粘土は40~55%の、又シルトは42~56%の範囲を示し、きわめて均質かつ細微な組成の粘土堆積物であつた。これに対して木之子染土(No. 25)は広島県の梶山田染土に近似した組成の粗粒質の土壤で、又植月染土のみはやや例外で、緑灰色を呈し、機械的組成も新明石染土に近似していた。

## 2. 粘土粒子の分散性及び膨潤性

粘土皮膜の形成という点からすると染土中の粘土含量の多少について粒子の水中における分散性と膨潤性の大小が造膜性の良否を左右する1因子である。青峰等<sup>2)</sup>もイ草に附着している染土の大部分が径0.02mm以下の部分であることから染土中の有効粒子は攪拌後数分間は少なくとも泥水中に懸濁しうほどの微粒子であると考えている。

しかして乾土中においてはコロイド粘土は通常凝固、集合して粒団又は単粒塊を形成して存在することから、かかる2次粒子が固結性で水中で再分散が困難な場合は粘土皮膜の形成に有効に作用しない場合があると考えられる。

筆者等は染土中のコロイド粘土の分散性、膨潤性の大小を判定する目的で各染土を供試して懸濁状態、水中沈定容積、分散率及び膨潤量を測定し、相互の比較を行なつた。その結果は第3表に示すとおりである。

### (1) 懸濁状態及び水中沈定容積

70 mesh 篩を通過した試料5gをビーカーに採り、水を加えて1昼夜浸漬せる後十分に捏和して機械的に粒団を粉碎し、次に真空デシケーター中で減圧処理して気泡を除去した。然る後内容物を30mlのEggertz比色管に移し、水を加えて30mlとし、振盪した後24時間放置して分散状態及び水中沈定容積を読み、供試土5g当りのml数を求めた。ただし分散性が強く、上液が著しく混濁する場合は転移点を判定して( )で示した。

染土の懸濁状態をみるに、第3表に示すごとく粒子が完全に凝固沈定して上液が透明となるものから著しく混濁して強分散状態を呈するまでの各階程のものが存在した。しかして土壤懸濁液の安定度は反応、粘土鉱物の種類、置換性塩基の形態等によつて左右されるが、染土の場合はこれに加えて水溶性塩類の含量とその形態も著しい影響を及ぼすことを知つた。

**明石染土** 新明石染土は1点を除き強分散性を示したのに対して旧明石染土は標準試料(No. 7, 8)を除く他の市販の染土(No. 4~6)は完全に凝固沈定し、沈定容積は7.8~10mlの値を示した。かかる差異を生じた理由として次報に述べるごとく凝固性の新明石染土B(No. 2)は0.19%の、又市販の旧明石染土は0.33~0.56%の水溶性塩類を含み、強分散性の試料に比べて含塩量が多く、かつ次報に述べるごとく所含塩類の主要部分が硫酸カルシウムより成ることから分散性の劣る原因は硫酸カルシウムの凝結作用に基くと考えられる。他方標準試料である旧明石

第3表 分散度及び膨潤量

No.	試料名	懸濁 <sup>*1</sup> 状態	水中沈 定容積 ml/5g	分散率 %		膨潤量 ml/g <sup>*2</sup>		
				0.02mm>	0.002mm>	1時間後	5時間後	24時間後
1	新 阴 石 A	卅	(4.7)	80.3	71.6	0.62	0.63	0.65
2	〃 B	—	7.8	78.8	63.3	0.60	0.60	0.65
3	〃 C	卅	(3.9)	73.3	73.2	0.74	0.74	0.75
4	旧 阴 石 A	—	9.4	64.6	33.4	0.90	0.92	1.02
5	〃 B	—	10.0	69.4	20.2	0.87	0.88	0.92
6	〃 C	—	9.4	72.1	26.0	0.82	0.82	0.85
7	〃 D	卅	(9.2)	72.3	43.2	0.94	0.94	0.95
8	〃 E	卅	(9.1)	69.1	39.4	0.87	0.88	0.91
9	淡 路 A	卅	(4.8)	91.3	76.9	0.62	0.62	0.62
10	〃 B	卅	(4.8)	78.9	72.5	0.68	0.68	0.68
11	〃 C	卅	(4.9)	81.6	65.2	0.71	0.71	0.71
12	〃 D	卅	(4.4)	83.1	63.5	0.59	0.59	0.59
13	〃 E	卅	(4.9)	78.8	79.1	0.69	0.69	0.71
14	〃 F	卅	(4.4)	79.5	60.5	0.58	0.58	0.58
15	〃 G	+	11.1	77.0	37.5	0.72	0.72	0.73
16	広 島 A	卅	(4.5)	92.2	59.9	0.56	0.58	0.66
17	〃 B	卅	(4.2)	89.2	54.7	0.47	0.48	0.57
18	〃 C	—	7.2	87.2	85.8	0.48	0.48	0.53
19	〃 D	卅	(4.0)	84.4	56.1	0.47	0.47	0.50
20	九 州 A	+	7.6	90.4	68.6	0.78	0.78	0.79
21	〃 B	卅	(9.6)	72.8	58.3	1.17	1.17	1.18
22	〃 C	卅	(6.9)	95.8	88.0	0.68	0.68	0.70
23	〃 D	卅	(8.3)	90.3	75.5	0.80	0.81	0.82
24	岡 山 A	+	(6.5)	57.4	33.4	0.43	0.43	0.47
25	〃 B	卅	(7.2)	95.1	57.0	0.53	0.53	0.58
26	〃 C	卅	(4.9)	27.9	16.5	0.75	0.79	0.86
27	〃 D	卅	(4.0)	40.6	24.9	0.75	0.79	0.86
28	〃 E	卅	(3.8)	65.1	39.4	0.70	0.72	0.76
29	〃 F	卅	(4.3)	38.8	23.2	0.77	0.79	0.86

\*1 卅 強分散, 卅 弱分散, + 微分散, — 凝固

\*2 70mesh 以下の試料 1g に吸着する水分

D (No. 7) 及び E (No. 8) の 2 試料は生土を当研究室で速にかつ十分に日乾, 乾燥した試料で, 本試料の含塩量は市販品に比べて著しく少なく, かつ懸濁液も強分散性を示すことは注目に値する。

**淡路染土** 淡路G試料 (No. 15) を除き他はすべて強分散性を示した。しかして含塩量もG試料の 0.106%を除き他は 0.06%以下で僅少であるが, 淡路染土は何れも当研究室で採取直後十分に日乾調製した試料であることも分散性の良い原因の 1つと考えられる。

**広島染土** 沼隈試料 (No. 18) を除き他は強分散性を示した。なお沼隈試料の含塩量が 0.06%にすぎないことからその凝固性の原因は, 本試料の反応が pH 5.2 と最低値を示すことと粘土がとくに少ないことに起因すると考える。

**九州染土** 九州染土は微ないし強分散性を示し、試料によつて分散性に大小の差がみられた。しかして分散性の劣る佐賀染土 (No. 20) は福岡染土に比べて含塩量はやや多い結果を示した。

**岡山染土** 重粘質の岡山C~F (No. 26~29) の4試料は何れも強分散性を示すに対し、他の2試料は微~弱分散性を示したが含塩量はすべて0.1%以下にすぎなかつた。

### (2) 分散率

Puri<sup>5)</sup>, Middleton<sup>4)</sup>及び Vageler<sup>6)</sup>の諸氏は土壤の粒団化状態の概要を示す土壤定数として分散因子又は分散率を提案した。筆者等も染土中の微細粒子の分散性の大小を判定する1指標として径0.02 mm以下及び径0.002 mm以下の粒子の分散率を次の方法で測定した。

予措として試料20 gを一昼夜水中に浸漬せる後 HRL Model stirrer にて5分間はげしく攪拌せる後更に10分間振盪処理し、内容物を1 lとした後ピペット法にて径0.02 mm以下及び径0.002 mm以下の粒子を定量し、分散率を算出した。分散率とは本測定法で求めた実測値(A)を別に完全分散法で求めた究極粒子(B)に対する百分率で示した値で、次式によつて算出した。

$$A/B \times 100 = \text{分散率}$$

従つて土壤が分散性を増すにつれて分散率の値は100%に近づき、反対に凝固性をますにつれてその値は0に近づく。

**明石染土** 径0.02 mm以下の粒子の分散率をみるに65~80%の範囲を示し、新明石染土が旧明石染土に比べて若干高い値を示す傾向がみられたが大差は生じなかつた。然るに径0.002 mm以下の粒子の分散率には明らかに差を生じ、新明石染土がほぼ70%内外の値を示すに対して市販の旧明石染土 (No. 4~6) は33%以下でかなり低く、標準試料は両者の中間値を示した。市販の旧明石染土の分散率が劣る理由は、所含電解質の凝結作用によつてピペットで採取するまでの8時間の静置中に一度分散した粒子が再び凝固沈定するためと考えられる。

**淡路染土** 含塩量のやや多いG試料 (No. 15) の径0.002 mm以下の粒子の分散率が37.5%とやや低い値を示す以外は、各試料とも新明石染土と同等か若しくはそれ以上の分散率を示した。

**広島染土と九州染土** 試料によつて分散率に若干の差を生じたが、何れもが径0.02 mm以下の粒子の分散率は73%以上の、又径0.002 mm以下の粒子の分散率も55%以上の値を示し、分散性はかなり良いことが判つた。

**岡山染土** 木之子染土 (No. 25) がほぼ広島染土に近似した分散率を示す以外は、何れも他地区の染土に比べて分散率はかなり低く、径0.02 mm以下の粒子では28~65%の、又径0.002 mm以下の粒子では16~39%の範囲を示すに止つた。その理由として県主、大井地区の重粘質の染土 (No. 26~29) については粘土含量がとくに多く、かつ団結性であることから単粒塊は水中処理によつての再分散が困難で、究極粒子にまで分散されることなく安定な2次の粒子のままで存続するものが多いがためと考えられる。

### (3) 膨潤量

粘土粒子の膨潤性の大小を判定する1指標として Freundlich 等の提案する方法<sup>8)</sup>によつて、70 mesh 篩を通過した試料を供試して、その1 gの粉末に吸着する水分量を求めて膨潤量を測定した結果は第3表に示すとおりである。

各染土間の膨潤量の大小を比較するに、若干の相違はあるがほぼ次の順序で増大することを知つた。

広島染土 < 新明石染土, 淡路染土 < 九州染土 < 旧明石染土

なお岡山染土の中、植月 (No. 24) と木之子 (No. 25) の2試料は広島染土に近似し、又県

主、大井地区の染土 (No.26~29) は九州染土と旧明石染土の中間値を示した。

以上の成績は、分散度と膨潤量は粘土含量の多少に加えて粘土鉱物の種類及び置換性塩基の形態等によって変化すること、とくに分散度は所含塩類の量と質に著しく左右されることを示している。

### III. 土塊の水中崩壊性

染土の物理的性質についての以上の実験は、主として粘土粒子そのものの物理性の相違を比較判定する目的で、試料を水中ではげしく捏和、攪拌、振盪等の機械的処理を行なつて単粒塊又は粒団を能う限り破壊した状態においての成績である。しかし現状では、明石染土には予め機械的に粉碎した微粉状のものも市販はされているが、その多くは荒砕きの粗塊状のまま市販されており、又広島及び九州染土も同様に採掘したままの、粗塊と粉末の混合物が実際には使用されている場合が多い。従つて荒砕きの粗塊を水中に浸漬した場合、どの程度に崩壊分散するかが染土の使い易さを定める条件の1つで、ある程度染土としての品質の良否を左右する性質となつている。

よつて筆者等は水中崩壊性の難易と崩壊物の性状、崩壊の程度を判定する目的で、土塊の重量が 13~17g の試料をビーカーに採り、水 100 ml を加えて水中での崩壊状態を観察する一方、崩壊物を 1 組のメッシュ篩で順次に水中篩別してその粒度分布を求め、かつその概要を現わす指標として崩壊度を算出した。その結果は第 4 表及び写真 1~10 にて示すとおりである。なお広島染土の 4 試料、九州染土の中 B 試料を除く 3 試料及び岡山染土の中の B 試料は何れも粗塊を含まない粒状物のみより成る試料であるので、5 mesh 以上の粗粒部分のみを選別して本実験に供した。

#### 1. 崩壊状態

土塊を水中に浸漬した場合に生じる変化は、第 4 表に示すとおり試料間で大差を生じた。その概要は次のとおりである。

**明石染土** 市販の新明石染土の水中崩壊性は著しく不良で、ほぼ原形のままの形態を持続するか(写真 1)、又は単に亀裂に沿つて数片に分裂するかに止まつた。然るにこれを十分に日乾、乾燥すると本土塊は小角塊及び小粒塊状に崩壊するに至つた(写真 2)。

旧明石染土はこれと全く行動を異にし、水中に浸漬すると直ちにはげしく発泡しながら薄い葉片状に崩壊し始め、数時間後には全体が均質な葉片状に崩壊して器底に堆積するに至つた(写真 3)。

**淡路染土** 淡路染土は産地によつて崩壊性を著しく異にし、新明石染土と同様に数個に分裂するか、又は表面のみ粒状に崩壊するが全体としてほぼ原形を維持する試料(写真 4)と、旧明石染土と同様に葉片状に崩壊(写真 5)するか、又は粉状に崩壊(写真 6)するかの 3 種類がみられた。

**広島染土及び九州染土** 供試染土はすべて速かに粉状に崩壊し、微粒子は砂粒間隙をみたして器底全面に緻密に堆積するに至つた(写真 7 と 8)。

**岡山染土** 粗粒質の木之子染土 (No. 25) は梶山田染土 (No. 19) と同様に粉状に崩壊した(写真 9)。然るに重粘質の染土には県主及び大井染土 (No. 26, 27, 29) のごとく小角塊と小粒塊に崩壊するに止まるもの(写真 10)と稲倉染土 (No. 28) のごとく粉状に崩壊するものとの 2 種類が存在した。



第4表 水中崩壊度

No.	試料名	水中崩壊状態	粒度分布 (颯式篩別分析) %					70mesh以下の 粒子の%		崩壊度 %	試料の 状態
			5 mesh <	5~9 mesh	9~32 mesh	32~70 mesh	70~200 mesh	200 mesh >	崩壊物		
1	新明石 A	崩壊せず, 原形を保つ	91.8	0.7	0.5	0.8	1.0	5.2	99.8	6.2	粗塊
1	" B (日乾)	小角塊, 小粒塊に崩壊	14.9	29.7	35.0	3.8	11.1	5.4	99.8	16.5	"
2	" C	数個に分裂	55.0	16.0	13.3	2.2	1.1	12.4	99.5	13.6	"
3	" D	表面のみ小角塊状に崩壊	14.5	35.8	40.4	4.0	0.8	4.5	99.7	5.3	"
4	旧明石 A	葉片状に直ちに崩壊, 発塵甚し	0.4	1.1	10.1	28.1	18.6	41.7	99.7	60.5	"
5	" B	"	0	4.1	30.1	22.4	8.5	34.9	99.7	43.5	"
6	" C	"	0	0.5	23.9	26.8	10.3	38.6	99.7	49.0	"
7	" D	"	1.2	4.1	40.6	26.5	9.0	18.0	99.9	27.0	"
8	" E	"	0	0.6	33.8	25.4	13.9	26.3	99.9	40.2	"
9	淡路 A	数個の角塊に分裂するが崩壊せず	95.7	3.1	1.1	0.4	0.2	0	99.8	0.2	"
10	" B	亀裂を生じて数個に分裂	96.5	1.5	0.9	0.2	0.1	0.8	99.6	0.9	"
11	" C	葉片状に崩壊	33.9	10.7	31.4	10.0	2.6	11.5	99.8	14.1	"
12	" D	表面のみ粒状に崩壊	94.8	0.3	1.3	1.7	0.3	1.6	99.6	1.9	"
13	" E	葉片状に崩壊	56.2	16.9	18.0	3.3	1.2	4.4	100.0	5.6	"
14	" F	"	48.7	16.0	24.4	4.2	1.2	5.5	99.9	6.7	"
15	" G	粉状に直ちに崩壊	0	0	0.9	1.3	3.3	94.5	99.9	97.9	"
16	広島 A	粉状に崩壊	5.1	2.3	18.8	25.4	0.6	47.9	48.5	75.7	粗粒
17	" B	"	(6.2) <sup>*2</sup>	(4.0)	25.2	28.7	14.6	21.3	35.9	62.2	"
18	" C	"	(68.5)	(1.3)	(4.0)	2.9	3.1	20.3	23.4	96.3	"
19	" D	"	0	(1.6)	(79.6)	(3.2)	(2.3)	13.3	15.6	85.8	粒状
20	九州 A	粉状に崩壊	(16.9)	(3.6)	(10.9)	12.4	9.8	46.4	56.2	74.7	粗粒
21	" B	小角塊と粉状に崩壊	1.3	5.0	43.9	23.0	8.4	18.5	26.9	26.9	粗塊
22	" C	粉状に崩壊	0	(0.9)	(9.5)	12.9	7.1	69.5	76.6	95.6	小塊
23	" D	"	(0.9)	(1.3)	(10.9)	12.2	6.2	68.5	74.7	87.2	"
25	岡山 B	粉状に崩壊	(1.7)	(2.4)	(21.4)	25.4	13.4	35.8	49.2	90.1	粗粒
26	" C	小角塊, 小粒塊に崩壊	0	7.3	69.0	8.8	4.1	10.9	15.0	15.1	粗塊
27	" D	小角塊と粉状に崩壊	0	17.3	49.3	7.3	5.2	20.9	26.1	26.4	"
28	" E	粉状に崩壊	0	0	26.3	17.3	9.1	47.4	56.5	56.8	"
29	" F	小角塊, 小粒塊に崩壊	0	14.9	49.8	8.1	4.3	23.0	27.3	27.3	"

\*1 日乾乾燥した試料, 水分1.6% \*2 肉眼的に砂粒子のみと判定せるものを( )で区別する

## 2. 水中崩壊度

前記1の実験によつて各種染土の水中における崩壊状態の相違が判明したが、次に土塊が水中でいかなる粒径の粒子群にまで崩壊するか、又それらの粒子群がいかなる安定度を有するかを明らかにする必要がある。よつて筆者等は上記のごとく処理した試料を数日間水中に浸漬した後振盪機に移して3分間振盪した後、5, 9, 32, 70及び200 mesh 篩を用いて順次に水中篩別を行ない、その粒度分布を求めた。次に崩壊の程度を現わす指標として崩壊度を算出した。崩壊度とは70 mesh 篩を通過した粒子量(A)の完全分散法で求めた究極粒子量(B)に対する百分率で、次式によつて算出した。

$$A/B \times 100 = \text{崩壊度} (\%)$$

従つて染土の崩壊性が悪い程この値は小さく、崩壊性が良い程その値は100%に近づく。その結果は第4表に示すとおりである。

**明染石土** 市販の新明石染土の崩壊度は14%以下できわめて低い値を示し、単粒塊はかなり安定で、水中で振盪、篩別する程度では大部分が径0.2 mm以上の粒子群として安定に残存することが判つた。かつNo. 1\*1の再日乾試料の崩壊度も16.5%と僅かに増大するに止まり、これらの結果は新明石染土は予め粉碎して使用するのが合理的であることを物語っている。実際にも市販品は粉状として販売される場合が多い。

これに対して水中で葉片状に崩壊した市販の旧明石染土の崩壊度は44~61%の値を示し、かつ200 mesh 篩を通過する粒子量も35%以上に達し、粗塊も水中では容易に分散することを示した。ただし十分に日乾調製した標準2試料D, Eでは崩壊度及び200 mesh 篩を通過する粒子量はともにやや減少する傾向を示した。

**淡路染土** 粉状に崩壊したG試料の崩壊度は98%と最高値を示したが、その他の試料は14%以下で、数パーセントにすぎない試料もあり、概して崩壊度は新明石染土に劣る傾向を示した。これらの結果は淡路染土の崩壊性の難易は産地によつて著しく異なることを示している。

**広島染土** 粉状に崩壊する広島染土の崩壊度は62~96%と高い値を示し、微細粒子の崩壊分散性は頗る良好であつた。

**九州染土** 九州染土の中、礫、粗砂を殆んど欠くB試料の崩壊度が27%と低い値を示したが、それ以外の3試料は75%以上の高度の崩壊度を示し、水中で容易に崩壊分散することが判つた。

**岡山染土** 粗粒質の木之子染土(No. 25)の崩壊度は87%の高率を示した。かつ重粘質の染土中でも粉状に崩壊した稲倉染土(No. 28)は57%とかなり高い値を示したが、小角塊及び小粒塊に崩壊した県主と大井の2染土の崩壊度は27%とやや低い値を示し、これらの単粒塊は水中でかなり安定に存続することが判つた。

## 3. 崩壊の機作

粘土質の土塊も予め十分に乾燥した後雨水で湿らせると比較的容易に崩壊することは周知のとおりである。土塊を乾燥すると容積の収縮を生じるが、Haines<sup>2)</sup>は土塊の収縮曲線は常収縮と残収縮の本質的に異なつた2つの部分よりなること、かつ残収縮は土粒間の孔隙中に空気が侵入し始めるまで含水量が減少したときに始めて現われると報じている。

しかして乾燥した土塊を水中に投じると、水の速かなる吸収は不均一な膨潤と吸蔵された空気の圧縮とを伴い生じ、かくて孔隙中に閉塞した空気の破裂的作用は吸水による容積の膨脹と相俟つて土塊をして容易に崩壊せしめるに至る。

さて染土の崩壊性の相違を検討するに、広島染土や木之子染土のごとく粘土含量の少ない粗粒

質の染土は何れも水中で容易に崩壊し高度の崩壊度を示したが、その理由として、これら染土の土塊中には粗大孔隙が多いため採掘後の乾燥によつて速かに水分は失われ、残収縮の段階に達して孔隙中に空気が侵入する結果、水中での崩壊性が良好であると考える。次に粘土含量が多く、粗粒子含量の少ない旧明石染土が前記の粗粒質染土と同様の高度の崩壊性を示すのは、その土塊が水中で葉片状に崩壊することから粘土堆積物はかなり疎しようで、葉片間に粗大孔隙が形成されているため採掘後の乾燥によつて水分はこれを通じて速かに蒸発し、これ又容易に残収縮の段階に到達し、かくて水中に浸漬するときは発泡しながら崩壊するに至ると考える。

これに対して新明石染土や淡路染土の一部のごとく、シルト含量が多く、かつ固結性で緻密な土塊を生じる場合は、土塊内部に粗大孔隙が少ない結果、普通の乾燥程度では残収縮の限界にまで達しがたいために崩壊性も劣るものと考える。その証拠として市販品（水分：3.81～3.98%）の崩壊性が不良であるのに対して再乾燥試料 No.1\*1（水分：1.60%）は水中で小角塊と小粒塊にまでは崩壊し、崩壊性がかなり向上することを知った。同じく粘土含量が10%内外の染土においても、礫、粗砂含量の多い広島染土が高度の崩壊性を示すに対して、粗粒子が少なく、シルト含量の多い淡路染土の崩壊性がきわめて不良であることは興味深い問題である。

とくに重粘質な岡山染土においても稲倉染土のごとく土塊が孔隙性を示すときは粉状に崩壊し、崩壊度も高い値を示したが緻密かつ固結性の県主、大井の3染土は水中で小粒塊の程度にまでは崩壊しても水中で安定に止まるため崩壊度は劣った。従つて重粘質かつ緻密な土塊を生じる場合は予め粉碎した粉末製品とすることが望ましいと考える。

#### IV. 要 結

イ草に及ぼす染土の効果は、主としてコロイド粘土のゲル状皮膜で茎の表面を包被する点にあるとの見地に基き、代表的染土の物理的性質とその特徴を解明する目的で、まず基礎実験として染土の機械的組成、粘土粒子の分散性及び膨潤性を究明し、次に土塊の水中における崩壊性と崩壊度を比較検討した。供試染土としては現在岡山、広島及び福岡の3県下で使用されている代表的染土、すなわち兵庫県明石市に産出する明石染土、淡路島の各所で産出する淡路染土、広島県の東南部に産出する広島染土、福岡及び佐賀の両県下に産出する九州染土、更には主として岡山県西部の山麓から産出する岡山染土を供試した。その結果を要約すると次のとおりである。

1) 各染土の機械的組成には大差がみられた。明石染土と淡路染土は何れも径0.2mm以上の粗粒子含量の僅少な均質の細微土で、粘土含量は旧明石染土>新明石染土>淡路染土の順に減少した。これに対して広島染土は礫あるいは粗砂含量の多い粗粒質の土壤で、粘土は淡路染土と同様に10%内外を示した。岡山染土には広島染土に近似した組成の粗粒質のものと、粘土含量が40%以上に達するきわめて重粘質のものとの2種類が存在した。九州染土は礫含量は少ないが細土の組成はかなりの相違を示し、粘土も21～45%の範囲を示す細粒質ないし微粒質の土壤であつた。

2) 染土中のコロイド粘土の分散度を比較するにこれまた試料によつて大差を生じた。すなわち市販の旧明石染土は例外なく凝固性が強く、径0.002mm以下の粒子の分散率も他の試料に比べて明らかに低い値を示した。これに対して新明石染土及び淡路、広島の両染土と重粘質の岡山染土の大部分は強分散性を示したが分散率には若干の相違がみられた。すなわち重粘質の岡山染土の分散率は旧明石染土に近似した低い値を示したが、その他の染土は何れも高度の分散率を示した。九州染土の懸濁状態は試料間で若干の相違を生じたが、分散率は何れもかなり高い値を示

した。

3) 各染土試料の膨潤量を比較するに、ほぼ次の順序で増大することを知った。

広島染土<新明石染土, 淡路染土<九州染土<旧明石染土

なお岡山染土の中粗粒質のものは広島染土に近似した膨潤量を, 又重粘質のものは九州染土と旧明石染土の中間値を示した。

4) 粗土塊の水中崩壊性と崩壊度を比較するに、新明石染土は水中で殆んど崩壊することなく崩壊度も低い値を示すに対し、旧明石染土は速かに葉片状に崩壊して崩壊度もかなり高い値を示した。淡路染土には殆んど崩壊しないものと葉片状又は粉状に崩壊するものと種々であつたが崩壊度は粉状に崩壊するもの以外はきわめて低い値を示した。広島染土はすべてが粉状に崩壊して崩壊度も高い値を示し、又九州染土と岡山染土についても粉状に崩壊するものは高度の崩壊度を示したが、小角塊状に崩壊する試料の崩壊度は低い値を示した。しかして崩壊度の劣る染土は水中で安定かつ固結性の単粒塊を生じることから、かかる染土は予め粉碎して市販することが合理的であると考えらる。

これを要するに一口に染土といつてもその物理的性質は試料によつてかなり相違することが判つた。しかして染土としての規格を定める物理的試験法としては機械的分析に加えて分散状態及び分散率、水中崩壊状態及び崩壊度の測定がその適否、優劣を判定する上にきわめて有効であると考えらる。

#### 引 用 文 献

- 1) AOMINE, S. and SHIGA, Y. (1960); Soil and Plant Food., 6: 19—24.
- 2) HAINES, W. B. (1923); J. Agric. Sci., 13: 296—310.
- 3) IKEDA, M. and MATSUI, E. (1958); J. Faculty of Fisheries and Animal Husbandry, Hiroshima Univ., 2, No. 1: 93—116.
- 4) MIDDLETON, H. E. (1930); U. S. Dept. Agric. Tech. Bul., 78.
- 5) PURI, A. N. and PURI, B. R. (1939); Soil Sci., 47: 77.
- 6) VAGELER, R. and ALTEN, E. (1931); Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk., 22A: 21.
- 7) 宇垣猛, 長江伝太郎(1952); 藎草の増収栽培法。
- 8) 須藤俊男(1953); 粘土鉱物, P.178.
- 9) 米田茂男, 河内知道(1962); 岡大農学術報告, 19: 55—61.

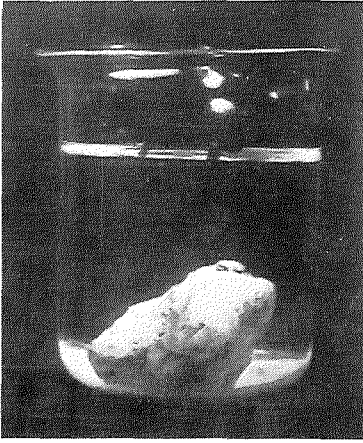


写真1 新明石染土A (No. 1)

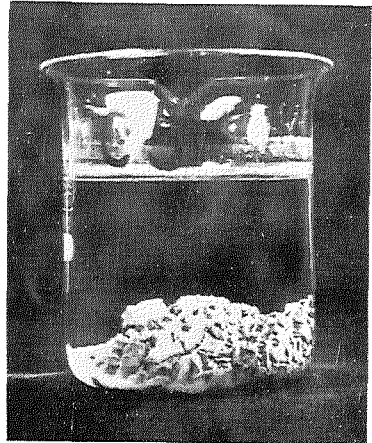


写真2 新明石染土A (No. 1\*)



写真3 旧明石染土C (No. 6)

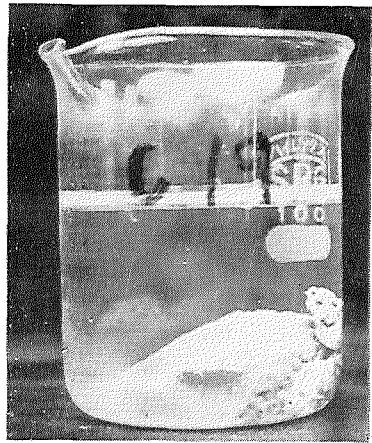


写真4 淡路染土B (No. 10)

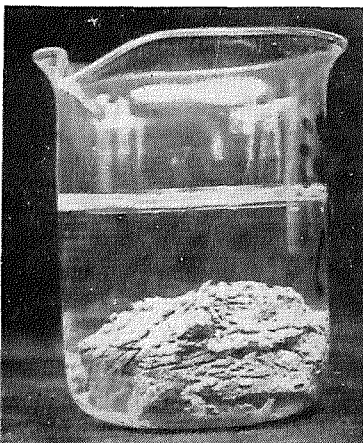


写真5 淡路染土C (No. 11)

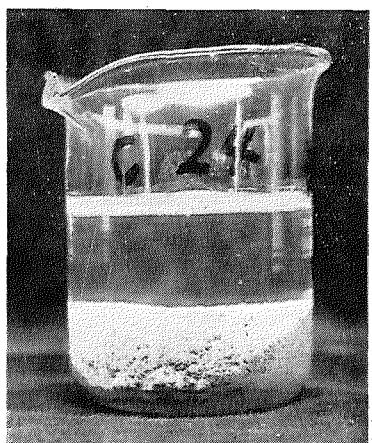


写真6 淡路染土G (No. 15)

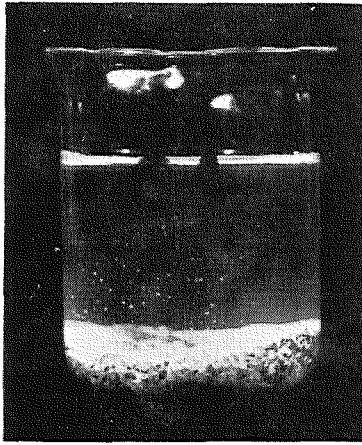


写真7 広島染土D (No. 19)

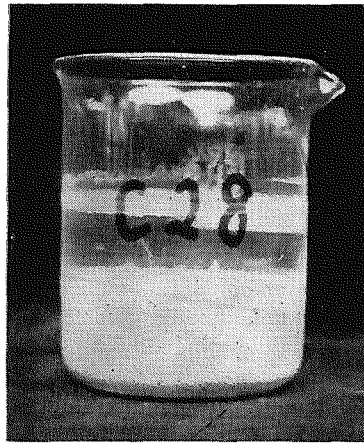


写真8 ]九州染土B (No. 21)

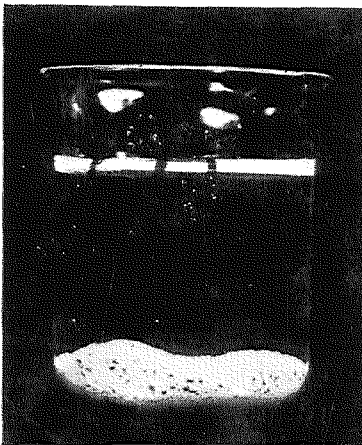


写真9 岡山染土B (No. 25)

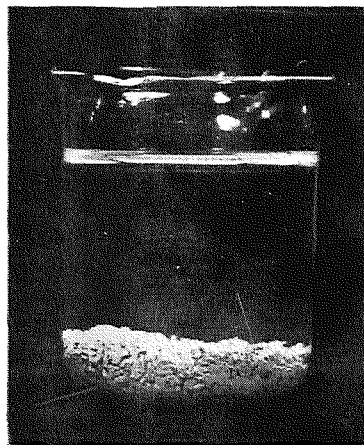


写真10 岡山染土C (No. 26)

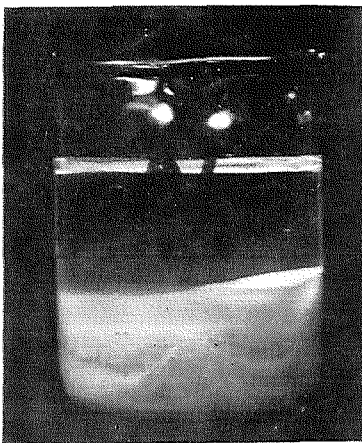


写真11 群馬県産ペントナイト



写真12 島根県産ペントナイト