

水田および畑土壌の粒団化度

三須英雄・小柴尚博・佐野豊（土壌肥料学研究室）

Hideo MISU, Naohiro KOSHIBA, and Yutaka SANO

On the Degree of Aggregation of the Farm Soils.

1. ま え が き

土壌の粒子は形状、大ききともに千差万別であって、それらの配列状態もまちまちである。土壌粒子の配列状態にしたがって、土壌の構造は単粒構造と団粒構造とに二大別されるのである。

土壌は構造の立場から見れば、単粒構造と団粒構造との集合体であるが、農耕の立場からいえば、団粒構造が最も好ましい状態である。

土壌の構造が団粒構造であれば、通気性、透水性、保水性、保水力など、あらゆる点が植物の生育に最も適合しているのである。その上、団粒構造は水や風による侵食に対しても、抵抗力が強大であるから、土壌保全の立場からも、有利な状態である。

土壌が団粒構造をもつためには、まず土壌中に多数の粒団 (aggregate) が生成されることが前提条件であるが、土壌内における行動は、あたかも単一粒子であるかの如くに、働くのである。粒団はある程度は外部の力に対して抵抗性をもち、安定である。水田土壌は長く水がたたえられているので粒団は大きな団塊になっている場合が多いのである。粒団の中には水につけても破壊されないものがある。(耐水性粒団, water-stable aggregate) 粒団は自然力によっても造られるが、耕やすこと、肥料を施すこと、などによって造られるのである。

土壌粒子の粒団化がますます進んで、団粒構造が最高度に発達することが多収穫上望ましいことであるから、どの程度まで粒団化が発達しているかを知ることは、栽培上きわめて有意義なことである。この目的を達成するために、島根県下の主として出雲地区の農耕地土壌を用いて、この実験を行ったのであるが、成績を得たので、ここに報告する。

2. 供試土壌および実験方法

本実験に供した土壌は第1表の如く出雲地区の水田土

第1表 水田土壌(作土)の採集地名

土壌番号	採 集 場 所
1	松江市西川津町鷺島
2	松江市乃木富富町屋敷堀
4	松江市下東川津町桜田
5	松江市下東川津町
8	松江市八幡町
9	松江市東津田町森脇
10	松江市竹矢町下手間田
11	松江市西川津町管田
12	松江市乃木富富町大学農場
501	安来市植田町西谷
502	安来市飯生町中輪
503	安来市今津町庄司原
601	江津市有福町
602	江津市有福温泉町本明

第2表 畑土壌(作土)の採集地名

土壌番号	採 取 場 所
51	松江市東津田町森脇
52	松江市竹矢町
53	松江市西川津町
54	松江市乃木富富町大学演習林
55	松江市乃木富富町
56	松江市乃木富富町農高茶園
57	松江市乃木富富町農高茶園
58	松江市乃木富富町農高農場
59	松江市乃木富富町農高桑園
60	松江市乃木富富町大学桃園
61	松江市乃木富富町大学ブドウ園
62	松江市乃木富富町大学柿園
63	松江市乃木富富町大学実験農場
64	松江市乃木富富町大学演習林
65	松江市乃木富富町大学演習林
151	浜田市田町

壤 (14点) と畑土壌 (16点) とであって、すべて作土である。

粒団測定方法としては、湿式し(篩)別法 (Wet-sieving method) を採用した。その理由は、粒団の耐水性を考えに入れなくて、粒団の分布を測定する場合には、乾式し(篩)別法を用いて足りるが、耐水粒団の分布を測ることに重点をおいたので、湿式し(篩)別法を採用することにしたのである。本法においては、2.0~1.0mm, 1.0~0.5mm, 0.5~0.2mm および 0.2~0.1mm の四種の孔径のふるいを使用したから、粒団を四種の階級に分けて定量することができた。

3. 粒団百分率について

粒団百分率 (Percentage of aggregate) とは、各階級のふるいで「分離された粒団」の量を、供試土壌 (乾土量) に対する百分率で表わした数値である。土壌を各粒階級のふるいで粒団分析するとき、各階級における分離物は、粒団およびそれと同粒径階級の一次粒子 (粒団ではない) との混合物である。そこで別に、一次粒子を分析して、その量をそれぞれの階級における分離物から、さし引いたものが「分離された粒団」である。粒団分析の成績は第3表のとおりである。

第3表 水田土壌の粒団百分率 (%)

土壌番号	粒 径 (mm)			
	2.0~1.0	1.0~0.5	0.5~0.2	0.2~0.1
1	2.33	7.34	12.57	4.38
2	4.21	6.13	10.44	6.74
4	2.61	5.91	20.71	12.33
5	9.14	11.61	22.13	12.50
8	1.29	7.55	13.30	5.89
9	5.68	8.80	14.53	9.09
10	2.38	8.51	17.06	10.93
11	7.87	10.92	20.00	12.12
12	3.07	7.42	18.52	10.96
501	2.27	4.14	4.63	4.05
502	2.02	5.05	7.18	4.58
503	4.78	4.77	6.99	2.83
601	9.30	12.81	13.52	6.44
602	4.34	9.95	14.44	7.40
平均	4.38	7.92	14.00	7.87

第3表によれば、水田土壌について、次のことを知ることができる。

粒径が2.0~1.0mmの階級に属する粒団の量は、1.29~9.30%の間にあって、平均4.38%である。粒径が1.0~0.5mmの階級に属する粒団の量は、4.14~12.81%の

間にあって、平均7.92%である。粒径が0.5~0.2mmの階級に属する粒団の量は、4.63~22.13%の間にあって、平均14.00%である。粒径が0.2~0.1mmの階級に属する粒団の量は、2.83~12.50%の間にあって、平均7.87%である。

第4表 畑土壌の粒団百分率 (%)

土壌番号	粒 径 (mm)			
	2.0~1.0	1.0~0.5	0.5~0.2	0.2~0.1
51	8.45	1.72	4.81	0.50
52	4.15	10.82	0.54	0.90
53	2.69	9.07	13.90	7.59
54	27.44	14.11	10.61	5.59
55	2.36	7.31	25.87	16.21
56	3.34	9.04	21.62	13.42
57	11.71	15.37	21.82	11.25
58	15.45	19.47	20.64	10.74
59	6.71	13.46	23.62	22.46
60	1.14	3.47	14.19	18.06
61	0.68	2.28	11.38	17.82
62	1.88	6.20	19.47	15.00
63	1.38	3.11	16.50	14.39
64	1.75	6.22	19.25	16.47
65	4.64	9.18	19.51	13.84
151	2.77	9.18	19.17	5.43
平均	6.03	8.03	16.43	11.79

第4表によれば、畑土壌について次のことを知ることができる。

粒径が2.0~1.0mmの階級に属する粒団の量は、0.68~27.44%の間にあって、平均6.03%である。粒径が1.0~0.5mmの階級に属する粒団の量は、1.72~19.47%の間にあって、平均8.03%である。粒径が0.5~0.2mmの階級に属する粒団の量は、0.54~23.62%の間にあって、平均16.43%である。粒径が0.2~0.1mmの階級に属する粒団の量は、0.50~22.46%の間にあって、平均11.79%である。

次に、各粒径階級における最大、最小および平均粒団百分率を、水田土壌、畑土壌および耕作土壌について、比較すれば第5表のとおりである。

第5表によって、次のことを知ることができる。粒径階級2.0~1.0mmにおいては、水田の土壌最小粒団百分率は、畑土壌に比して、やや大であって、耕作地としては0.99%である。また、最大粒団百分率は畑土壌のほうが大であって、耕作地としては、18.38%である。

粒径階級1.0~0.5mmにおいては、水田土壌の最小粒団百分率は、畑土壌に比して、やや大であって、耕作地

第5表 水田土壌、畑土壌および耕作地土壌における最大、最小および平均粒団百分率 (%)

粒 径 (mm)	地 目	最小(%)	最大(%)	平均(%)
2.0~1.0	水 田	1.29	9.32	4.08
	畑	0.68	27.44	6.03
	耕作地	0.99	18.38	5.06
1.0~0.5	水 田	4.14	12.81	7.92
	畑	1.72	19.47	8.03
	耕作地	2.93	16.14	7.98
0.5~0.2	水 田	4.63	22.12	14.00
	畑	0.54	23.62	16.43
	耕作地	2.59	22.87	15.22
0.2~0.1	水 田	2.83	12.50	7.87
	畑	0.50	22.46	11.79
	耕作地	1.67	17.48	9.83

としては2.93%である。また、最大粒団百分率は畑土壌のほうがやや大であって、耕作地としては16.14%である。

粒径階級0.5~0.2mmにおいては、水田土壌の最小粒団百分率は、畑土壌に比して、大であって、耕作地としては2.59%である。また、最大粒団百分率は、畑土壌のほうが、いくぶん大であって、耕作地としては、22.87%である。

粒径階級0.2~0.1mmにおいては、水田土壌の最小粒団百分率は、畑土壌に比して、やや大であって、耕作地としては1.67%である。また、最大粒団百分率は、畑土壌のほうが大であって、耕作地としては、17.48%である。

なお、最小粒団百分率を通覧すると、各粒径階級ともに、水田土壌のものは、畑土壌よりも常に大である。このことは水田土壌においては、畑土壌ほどの低位な粒団化はないということを表わしている。

最大粒団百分率についてみると、畑土壌のものは、各粒径階級ともに、水田土壌よりも大である。このことは、畑土壌には高度に粒団化したものが多いことを表わしている。

粒団百分率の平均値についてみると、各粒径階級ともに、水田土壌は畑土壌よりも小さいのである。このこと水田土壌は平均的にみるときは、畑土壌よりも粒団が少ないことを表わしている。

4. 集合度について

集合度 (state of aggregation) とは、一定の粒径以上の粒団の割合を示すものである。一定の粒径 (最下

限の粒径) をどれにするかは、研究者によってまちまちである。最下限の粒径は作物の種類によって決定すべきものであるが、著者等は粒団全体を4階級に分離したから、1.0mm, 0.5mm, 0.2mm および 0.1mm の4種を最下限とした場合の集合度を選出した。その成績は第6表のとおりである。

第6表 水田土壌の集合度 (%)

土壌番号	最 下 限 の 粒 径 (mm)			
	1.0	0.5	0.2	0.1
1	2.33	9.67	22.24	26.62
2	4.21	10.34	20.78	27.52
4	2.61	8.52	29.23	41.56
5	9.14	20.75	42.88	55.38
8	1.29	8.84	22.14	28.03
9	5.68	14.48	29.01	38.10
10	2.38	10.89	27.95	38.88
11	7.87	18.79	38.79	50.91
12	3.07	10.49	29.01	39.97
501	2.27	6.41	11.04	15.09
502	2.02	7.07	14.25	18.83
503	4.78	9.55	16.54	19.37
601	9.30	22.11	35.63	42.07
602	4.34	14.29	28.73	36.13
平均	4.38	12.30	26.30	34.17

第6表の成績から、水田土壌について、次のことがわかる。最下限の粒径 1.0mm 以上の集合度は、1.29~9.30%の間であって、平均4.38%である。

最下限の粒径 0.5mm 以上の集合度は6.41~22.11%の間であって、平均12.30%である。

最下限の粒径 0.2mm 以上の集合度は11.04~42.88%であって、平均26.30%である。

最下限の粒径 0.1mm 以上の集合度は、15.09~55.38%の間であって、平均34.17%である。

第7表の成績から、畑土壌について、次のことがわかる。

最下限の粒径 1.0mm 以上の集合度は、0.68~27.44%の間であって、平均6.03%である。

最下限の粒径 0.5mm 以上の集合度は、2.96~41.55%の間であって、平均14.78%である。

最下限の粒径 0.2mm 以上の集合度は、14.98~55.56%の間であって、平均31.22%である。

最下限の粒径 0.1mm 以上の集合度は、15.48~66.30%の間であって、平均42.44%である。

次に、各階級における最大、最小および平均集合度を、水田土壌および耕作地土壌 (水田および畑の平均) 畑土壌

第7表 畑土壌の集合度 (%)

土壌番号	最下限の粒径			
	1.0mm	0.5mm	0.2mm	0.1mm
51	8.45	10.17	14.98	15.48
52	4.15	14.97	15.51	16.41
53	2.69	11.76	25.66	33.25
54	27.44	41.55	52.16	57.75
55	2.36	9.67	35.54	51.75
56	3.34	12.38	34.00	47.42
57	11.71	27.08	48.90	60.15
58	15.45	34.92	55.56	66.30
59	6.71	20.17	43.79	66.25
60	1.14	4.61	18.80	36.86
61	0.68	2.96	14.34	32.16
62	1.88	8.08	27.55	42.55
63	1.38	4.49	20.99	35.38
64	1.75	7.97	27.22	43.69
65	4.64	13.82	33.33	47.17
151	2.77	11.95	31.12	36.55
平均	6.03	14.78	31.22	42.44

第8表 水田土壌, 畑土壌および耕作地土壌における最大, 最小および平均集合度

最下限粒径 (mm)	地 目	最小 (%)	最大 (%)	平均 (%)
1.0	水 田	1.29	9.30	4.08
	畑	0.68	27.44	6.03
	耕作地	0.98	18.37	5.05
0.5	水 田	6.41	22.11	12.30
	畑	2.96	41.78	14.78
	耕作地	4.68	31.95	13.54
0.2	水 田	11.04	42.88	26.30
	畑	14.98	55.56	31.22
	耕作地	13.01	49.22	28.76
0.1	水 田	15.09	55.38	34.17
	畑	15.48	66.30	42.44
	耕作地	15.28	60.84	38.31

について比較すれば, 第8表のとおりである。

第8表の成績によって, 次のことを知ることができ

る。
最下限の粒径 1.0mm においては水田土壌の最小集合度は, 畑土壌に比して, 大であって, 耕作地としては 0.98% である。また, 最大集合度は, 畑土壌のほうが, はるかに大であって, 耕作地としては 18.37% である。

最下限の粒径 0.5mm においては, 水田の最小集合度は, 畑土壌に比して大であって, 耕作地としては 4.68%

である。また, 最大集合度は, 畑土壌のほうが大であって, 耕作地としては 31.95% である。

最下限の粒径 0.2mm においては, 水田土壌の最小集合度は, 畑土壌に比してやや小であって, 耕作地としては, 13.01% である。また, 最大集合度は畑土壌のほうが大であって, 耕作地としては, 49.22% である。

最下限の粒径 0.1mm においては, 水田土壌の最小集合度は, 畑土壌とほとんど同じであって, 耕作地としては 15.28% である。また, 最大集合度は, 畑土壌のほうが大であって耕作地としては 60.84% である。

最小集合度について通覧すると, 各粒径階級間に一定の傾向は見られないが, 最大集合度においては, 最下限の粒径の大小にかかわらず, 畑土壌は常に水田土壌よりも大である。

このことは, 畑土壌は水田土壌よりも, 常に粒団が発達していることを示している。

平均値についてみると, 畑土壌の平均値は, 各粒径階級において, 常に水田土壌よりも大である。このことは, 畑土壌には平均的にみて, 常に多量の粒団が形成されていることを表している。たとえば, 最下限の粒径 0.1mm 以上の平均集合度は水田土壌においては 34.17% であるが, 畑土壌においては 42.44% である。

5. 粒団化度について

粒団化度 (Degree of aggregation) とは, 粒径が一定の大きさ以下の一次粒子のうちで, いくらの量が, この大きさ以上の粒団になったか, ということを百分率で示したものである。すなわち, 各粒径階級における分離物から, 一次粒子をさし引いた量の, 供試土壌 (一次粒子をさし引いたもの) に対する百分率 (%) で表わすのである。

「一定の大きさ」として, どの粒径を採用するかは, 研究者によってちがうが, 著者等は各粒径階級の最下位の粒径, すなわち 1.0mm, 0.5mm, 0.2mm および 0.1mm の四種類を基準として成績をとりまとめた。その成績は, 次の第9表のとおりである。

第9表の成績によって, 水田土壌については, 次のことが認められる。

最下限の粒径 1.0mm 以上の粒団化度は, 1.41~9.61% の間にあって, 平均 4.58% である。すなわち, 粒径 1.0mm 以下の一次粒子が中心になって 1.0mm 以上の粒団が 4.58% だけ形成しているのである。

最下限の粒径 0.5mm 以上の粒団化度は, 8.02~20.97% の間にあって, 平均 13.16% である。すなわち, 粒径 0.5mm 以下の一次粒子が中心になって, 0.5mm 以上の粒団を 13.16% だけ形成しているのである。

第9表 水田土壌の粒団化度 (%)

土壌番号	最下限の粒径 (mm)			
	1.0	0.5	0.2	0.1
1	2.36	9.97	23.32	34.11
2	4.30	11.10	27.61	45.70
4	2.65	8.90	31.98	48.37
5	9.17	20.97	43.91	57.81
8	1.41	11.15	33.27	49.10
9	6.41	18.77	41.47	60.06
10	2.38	10.97	28.75	47.08
11	8.00	19.48	41.77	57.49
12	3.24	11.86	35.64	53.60
501	2.51	8.02	16.27	30.73
502	2.32	9.64	25.43	38.60
503	5.18	11.14	24.17	41.04
601	9.61	16.72	34.36	45.85
602	4.52	15.52	33.50	46.37
平均	4.58	13.16	31.53	46.85

最下限の粒径 0.2mm 以上の粒団化度は、16.27～43.91%の間であって、平均31.53%である。すなわち、0.2mm 以下の一次粒子が中心になって、0.2mm 以上の粒団を 31.53%だけ形成しているのである。

最下限の粒径 0.1mm 以上の粒団化度は、34.11～60.06%の間であって、平均46.85%である。すなわち、0.1mm 以下の一次粒子が中心になって、0.1mm 以上の粒団が 46.85%だけ形成しているのである。

第10表 畑土壌の粒団化度 (%)

土壌番号	最下限の粒径 (mm)			
	1.0	0.5	0.2	0.1
51	11.15	22.36	43.71	53.02
52	4.57	26.96	57.38	66.42
53	2.79	12.58	28.85	43.86
54	10.72	42.33	53.40	59.74
55	2.38	9.83	36.39	57.52
56	3.38	12.78	36.56	53.35
57	15.49	27.75	51.81	65.96
58	15.63	36.25	59.37	79.97
59	13.65	21.04	46.92	72.33
60	1.17	4.93	21.41	43.96
61	7.06	3.25	17.06	41.66
62	6.33	8.49	31.04	50.49
63	1.47	5.20	26.88	49.60
64	1.79	8.39	29.82	50.36
65	4.68	14.06	34.33	53.40
151	2.91	13.41	39.62	54.32
平均	6.57	17.28	35.28	55.99

第10表の成績から、畑土壌について、次のことがわかる。

最下限の粒径 1.0mm 以上の粒団化度は、1.17～15.63%の間であって、平均6.57%である。すなわち、粒径 1.0mm 以下の一次粒子が中心になって、1.0mm 以上の粒団を6.57%だけ形成しているのである。

最下限の粒径 0.5mm 以上の粒団化度は、3.25～42.33%の間であって、平均17.28%である。すなわち、0.5mm 以下の一次粒子が中心になって、0.5mm 以上の粒団を17.28%だけ形成しているのである。

最下限の粒径 0.2mm 以上の粒団化度は、17.06～59.37%の間であって、平均35.28%である。すなわち、0.2mm 以下の一次粒子が中心になって、0.2mm 以上の粒団を35.28%だけ形成しているのである。

最下限の粒径 0.1mm 以上の粒団化度は、41.66～79.97%の間であって、平均55.99%である。すなわち、0.1mm 以下の一次粒子が中心になって、0.1mm 以上の粒団を55.99%だけ形成しているのである。

次に、各粒径階級における最大、最小、および平均粒団化度を、水田土壌、畑土壌および耕作地（水田および畑の平均）について、比較すれば第11表のとおりである。

第11表 水田土壌、畑土壌および耕作地における最大、最小および平均粒団化度

最下限粒径 (mm)	地 目	最小 (%)	最大 (%)	平均 (%)
1.0	水 田	1.41	9.61	4.58
	畑	1.17	15.63	6.57
	耕作地	1.29	12.62	5.58
0.5	水 田	8.02	20.97	13.16
	畑	3.25	42.33	17.28
	耕作地	5.64	31.65	15.22
0.2	水 田	16.27	43.91	31.53
	畑	17.06	59.37	35.38
	耕作地	16.67	51.64	33.46
0.1	水 田	34.11	60.06	46.85
	畑	41.66	79.97	55.99
	耕作地	37.89	70.02	51.42

第11表によって、次のことを知ることができる。

最下限の粒径 1.0mm 以上においては、水田土壌の最小粒団化度は、畑土壌に比してやや大であって、耕作地としては、1.29%である。また最大粒団化度は、畑土壌のほうが大であって、耕作地としては12.62%である。

最下限の粒径 0.5mm 以上においては、水田土壌の最小粒団化度は、畑土壌に比して大であって、耕作地とし

ては、5.64%である。また最大粒団化度は、畑のほうが大であって、耕作地としては31.65%である。

最下限の粒径 0.2mm 以上においては、水田の最小粒団化度は、畑土壌に比してやや小であって、耕作地としては16.67%である。また、最大粒団化度は、畑土壌のほうが大であって、耕作地としては51.64%である。

最下限の粒径 0.1mm 以上においては水田の最小粒団化度は、畑土壌に比してやや小であって、耕作地としては37.89%である。また、最大粒団化度は、畑土壌のほうが大であって、耕作地としては70.02%である。

最小粒団化度について通覧すると、各粒径階級間に一定の傾向は認められないが、最大粒団化度においては、畑土壌は、常に水田土壌よりも大きいのである。このことは畑土壌は水田土壌よりも、常に粒団化が発達していることを示しているのである。

平均粒団化度についてみると、畑土壌の平均値は、粒径階級の大小にかかわらず、常に水田土壌よりも大である。このことは畑土壌の粒団化は、平均的にみて、水田土壌よりも常に高度に発達していることを示している。

6. 要 約

出雲地区の水田土壌および畑土壌には、団粒構造がどの程度に発達しているか、を知るために、湿式し(篩)別法を用いて粒団分析を行った。その成績は要約すれば、次のとおりである。

1. 各粒径階級における平均粒団百分率は、次のとおりである。

粒径階級 (mm)	水田土壌	畑 土 壌	耕作地土壌 (水田畑平均)
2.0~1.0	4.08	6.03	5.06
1.0~0.5	7.92	8.03	7.98
0.5~0.2	14.00	16.43	15.22
0.2~0.1	7.87	11.79	9.83

この成績が示す如く、畑土壌の粒団百分率は、各粒径階級ともに、常に水田土壌よりも大である。

2. 各粒径階級における平均集合度は、次のとおりである。

最下限粒径 (mm)	水田土壌	畑 土 壌	耕作地土壌 (水田畑平均)
1.0	4.08	6.03	5.05
0.5	12.30	14.78	13.54
0.2	26.30	31.22	28.76
0.1	34.17	42.44	38.31

この成績が示す如く、畑土壌の集合度は、各粒径階級ともに、常に水田土壌よりも大である。

3. 各粒径階級における平均粒団化度は、次のとおりである。

最下限粒径 (mm)	水田土壌	畑 土 壌	耕作地土壌 (水田畑平均)
1.0	4.58	6.57	5.58
0.5	13.16	17.28	15.22
0.2	31.53	35.38	33.46
0.1	46.85	55.99	51.42

この成績が示す如く、畑土壌の粒団化度は、各粒径階級ともに、常に水田土壌よりも大である。

文 献

1. 京都大学：農芸化学分析書 第3巻, 1959.
2. BAVER, L. D. : Soil Physics, 3rd ed. p170, 1956.

Summary

We have studied about the degree of aggregation of the paddy and field soils. The results are as follows:

1. Average percent aggregate

Particle size (mm)	Paddy soils (%)	field soils (%)
2.0~1.0	4.08	6.03
1.0~0.5	7.29	8.03
0.5~0.2	14.00	16.43
0.2~0.1	7.87	11.79

2. Average state of aggregation.

Lowest particle size (mm)	Paddy soils (%)	field soils (%)
1.0	4.08	6.03
0.5	12.30	14.78
0.2	26.30	31.22
0.1	34.17	42.44

3. Average degree of aggregation.

Lowest particle size (mm)	Paddy soils (%)	field soils (%)
1.0	4.58	6.57
0.5	13.16	17.28
0.2	31.53	33.38
0.1	46.85	55.99