

## 滋賀県内水田土壌の粘土鉱物および微生物バイオマスの特性と 土壌類型化

西堀 康士\*・柴原 藤善\*\*・武久 邦彦・北川 靖夫\*\*\*・久馬 一剛\*\*\*\*

### Characterization and Grouping of Paddy Soils in Shiga Prefecture with Reference to Clay Minerals and Microbial Biomass

Yasushi NISHIBORI, Fujiyoshi SHIBAHARA, Kunihiro TAKEHISA,  
Yasuo KITAGAWA, and Kazutake KYUMA

キーワード：水田土壌，粘土鉱物，微生物バイオマス，類型化

滋賀県内の代表的な水田土壌（50地点）について，粘土鉱物組成および微生物バイオマスを調査し，一般理化学性を含めた土壌の特性を明らかにするとともに，今後食料生産や環境保全など土壌機能を多面的に活用するために，水田土壌を類型化した．

- 1) 微生物バイオマスは，炭素で343～1653 mgC/kg（平均742），窒素で45.0～216.7 mgN/kg（平均86.5）の範囲にあり，土壌タイプと肥培管理法の影響が認められた．また，粒径組成と粘土鉱物組成には，琵琶湖や低地の形成過程が影響していると考えられた．
- 2) 主成分分析によって主成分1（主として土壌有機物と生物活性に関連する性質），主成分2（主として塩基状態と粘土の質に関連する性質）および主成分3（主として可給態リン酸に関連する性質）の3つの主成分を抽出することができた．
- 3) クラスタ分析によって，滋賀県内の水田土壌を有機成分や無機成分の性質と組成によって特徴づけられる4つの類型に区分することができた．

#### 1. 緒 言

滋賀県は，日本最大の湖である琵琶湖を中心とし，その周辺に沖積低地，丘陵地，さらにそれらの外縁部を1000m級の山並みを取り囲む典型的な盆地地形を呈している．このため，琵琶湖の集水域は県域とほぼ重なり，県内の自然的・社会的な活動や変化がそのまま琵琶湖の水質に反映される構造になっている．

近年の琵琶湖の水質は，1979年に富栄養化防止条例を制定した後に一時改善の傾向を見せたものの，その後は横ばい，あるいは再び漸次悪化（例：COD）の傾向をたどっているとして憂慮されている．

このような状況の中で，近年，土壌の持つ有機物分解機能などの環境浄化機能を水質改善に積極的に活用していこうとする動きが始まっている<sup>2,5)</sup>．しかし，土壌の特性は，そこ

\*現，滋賀県農政水産部農業経営課，\*\*執筆・連絡先，\*\*\*前，福井県立大学，\*\*\*\*前，滋賀県立大学．本報告の一部は，日本土壌肥科学会2001年度大会（高知市）で発表した．

に含まれる有機物の質と量，粘土鉱物などの無機成分の質と量，土壤生物の活動などによって大きく規定される．さらにそれらは単独ではなく，相互に影響を及ぼし合っているため，土壤の環境浄化にかかわる特性を直接測定されたデータの累積だけから総合的に把握することは困難である．

本県農耕地土壤の92%を占める水田土壤の一般理化学性については，農林水産省の土壤保全対策事業（土壤環境基礎調査）により，全県的かつ長期的に土壤タイプや土壤管理法との関連で解析され，詳細に報告されている<sup>32, 29)</sup>．しかし，土壤の多くの機能とかわる粘土鉱物組成については，山本ら<sup>34)</sup>の報告があるものの，その供試土壤点数は少なく，全県的な土壤を対象とした定量的な調査の必要性が強く感じられている．

他方，粘土鉱物とならんで土壤の各種機能に強くかわる土壤有機物については，近年その中の最も活性な成分としての微生物バイオマス（生きている土壤微生物の総量）に関心が集まっている．また，近年，地球温暖化緩和策として土壤の炭素貯留機能が注目されており，微生物バイオマスは土壤，水および大気物質循環に関わる重要な指標として期待されている．このような中で，水田土壤の微生物バイオマスについては，Shibaharaら<sup>27)</sup>を初めとする一連の研究<sup>28, 30)</sup>があるが，県全域をカバーするような広範な調査はいまだ行われていない．

そこで，本研究では，既に一般理化学性が明らかにされている滋賀県内の水田土壤等を供試し，粘土鉱物組成および微生物バイオマスを新たに分析し，滋賀県水田土壤の基本的な特性を解析した．また，今後益々重要となるであろう食料生産や環境保全などの課題に対して，土壤が持つ多面的な機能を活用し，増強するための基礎資料として，これらの特性に基づいて水田土壤の類型化を行ったので，報告する．

## 2. 材料および方法

### 2.1 供試土壤

本県を代表する土壤として，以下の56ほ場の作土層を採取し，供試した（表1，図1）．

まず，従前の農林水産省土壤保全対策事業の土壤環境基礎調査として当センターが実施してきた定点ほ場の中から，重要定点48点<sup>32)</sup>（No.101～412）を選定した．これは，県内の主要な土壤統群について，土地利用，営農条件あるいは気象条件等の土壤に及ぼす要因を勘案して調査地区を選定し，さらにその中から継続的な調査が可能なほ場を選定したものである．また，基準点調査ほ場<sup>30)</sup>の試験区の中から3点（No.503,504および507）を選定した．これは，本県の代表的な土壤群であるグライ土および褐色低地土を対象に，水稻に対する有機物（稲わら，わら堆肥等）および土づくり肥料（珪カル，熔リン等）の連用効果を検討しているものである．

また，当センター内の牛糞堆肥連用試験ほ場<sup>28, 30)</sup>から3点（No.505,506および508），さらには滋賀県内で慣行的な管理がなされている農家水田ほ場2点<sup>30)</sup>（No.501および502）を加えた．

その結果，地目別の内訳は水田が50地点，畑地が3地点，樹園地が3地点となり，本県耕地面積の割合（水田92%，畑地6%，樹園地2%）<sup>17)</sup>とほぼ同様となった．

なお，微生物バイオマスの分析については，2000年夏に湛水条件下の水田（転作田を除く42点）から試料を採取した．

### 2.2 分析法

#### 2.2.1 一般理化学性

重要定点は武久ら<sup>32)</sup>，基準点は柴原ら<sup>29)</sup>，その他の地点はShibaharaら<sup>28, 30)</sup>と柴原<sup>32)</sup>のデータをそれぞれ引用した（表2）．

#### 2.2.2 粒径組成

ピペット法<sup>2, 22)</sup>により，過酸化水素水で土

表1 供試土壌の地点番号，地点名，土壌群，地目および分析項目

No.	地点名 <sup>b</sup>	土壌群	地目	分析項目 <sup>a</sup>	No.	地点名 <sup>b</sup>	土壌群	地目	分析項目 <sup>a</sup>
101	彦根市甘呂	グライ土	水田	○	308	大津市桐生	灰色台地土	水田	●
102	彦根市南三ツ谷	灰色低地土	水田	●	309	大津市堂	灰色低地土	水田	●
103	多賀町月之木	灰色低地土	水田	●	310	志賀町南比良	灰色低地土	水田	○
104	甲良町尻子	灰色低地土	水田	○	311	安曇川町青柳	灰色低地土	水田	●
105	愛知川町東円堂	灰色低地土	水田	●	312	新旭町太田	グライ土	水田	●
106	湖東町西菩提寺	褐色低地土	水田	●	313	高島町中溝	褐色低地土	水田	●
107	能登川町福堂	灰色低地土	水田	●	314	今津町深清水	灰色低地土	水田	●
108	安土町大中	グライ土	水田	●	315	安曇川町泰山寺	黒ボク土	普通畑	○
109	近江八幡市牧	グライ土	水田	●	401	余呉町下余呉	灰色低地土	水田	●
110	竜王町竜王東	灰色低地土	水田	○	402	高月町東高田	灰色低地土	水田	●
111	竜王町竜王西	灰色低地土	水田	●	403	湖北町南速水	グライ土	水田	●
201	八日市市小脇	多湿黒ボク土	水田	●	404	浅井町北之郷	灰色低地土	水田	●
202	八日市市中小路	灰色低地土	水田	○	405	長浜市垣籠	灰色低地土	水田	●
203	永源寺町市原野	灰色低地土	水田	●	406	長浜市加納	グライ土	水田	●
204	蒲生町市子沖	灰色低地土	水田	●	407	長浜市加田今	グライ土	水田	●
205	蒲生町鑄物師	灰色低地土	水田	●	408	山東町市場	灰色低地土	水田	●
206	甲西町菩提寺	灰色低地土	水田	●	409	近江町世継	グライ土	水田	○
207	水口町北脇	灰色低地土	水田	●	410	米原町入江	泥炭土	水田	●
208	甲賀町上田	グライ土	水田	●	411	伊吹町春照	黒ボク土	樹園地	○
209	甲南町柑子	グライ土	水田	○	412	湖北町八日市	灰色低地土	普通畑	○
210	土山町頓宮	黄色土	樹園地	○	501	大津(S)	灰色低地土	水田	●
211	信楽町下朝宮	褐色森林土	樹園地	○	502	大津(L)	灰色低地土	水田	●
301	中牟町安治	グライ土	水田	○	503	湖北基準点	グライ土	水田	●
302	守山市幸津川	グライ土	水田	●	504	安土基準点	グライ土	水田	●
303	守山市玉津河西	灰色低地土	水田	●	505	安土431北	グライ土	水田	●
304	草津市常盤	グライ土	水田	●	506	安土432	グライ土	水田	●
305	草津市北山田	褐色低地土	施設畑	○	507	湖西基準点	褐色低地土	水田	●
306	草津市五条	灰色低地土	水田	○	508	湖西牛糞堆肥	褐色低地土	水田	●

注) a ● 一般理化学性、粒径組成、粘土鉱物組成および微生物バイオマス

○ 一般理化学性、粒径組成および粘土鉱物組成

b 地点名は、2000年時点の市町村・字名(以下、同じ)

- 水田 (一般理化学性、粒径組成、粘土鉱物組成および微生物バイオマスを測定)
- 水田 (一般理化学性、粒径組成および粘土鉱物組成を測定)
- ▲ 畑地 (一般理化学性、粒径組成および粘土鉱物組成を測定)
- 樹園地 (一般理化学性、粒径組成および粘土鉱物組成を測定)

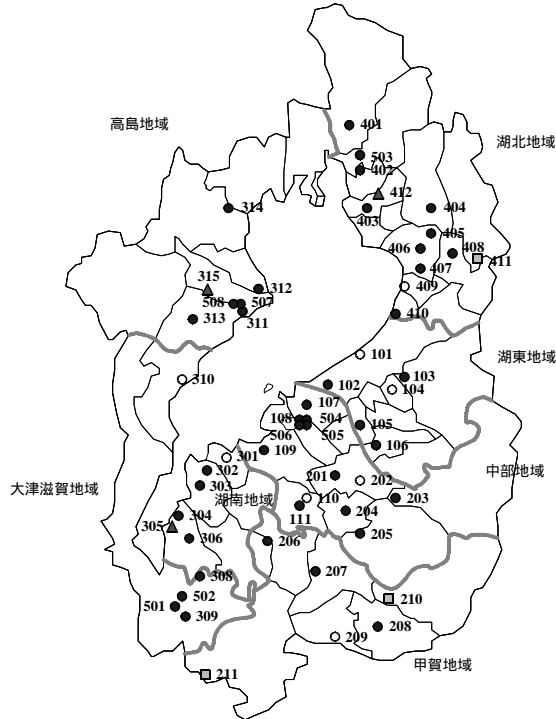


図1 供試土壌の採取地点

壤有機物を分解後，粗砂，細砂，シルトおよび粘土の画分に篩別・採取し，定量した．土性の分類は国際土壌学会法に従った．

## 2.2.3 粘土鉱物組成

### 2.2.3.1 X線解析

定方位法に従い，粒径組成の測定時に採取した粘土画分を二分し，それぞれを1M KClおよび0.5M MgCl<sub>2</sub>溶液で洗浄・水洗し，KおよびMg飽和粘土を調製した．これらを鉱物分析用スライドガラス上に塗布し，定方位試料を調製した．Mg飽和粘土については，室温(Mg-RT)および10%グリセロール液噴霧(Mg-GLY)の二処理を，K飽和粘土については室温(K-RT)および550 加熱(K-550)の二処理を行った．測定には福井県立大学の理学電機社製ガイガーフレックス装置を用いた．

### 2.2.3.2 熱分析

X線回折に用いたK飽和粘土の一部を用い

表2 供試土壌の一般理化学性

No.	地点名	土壌群	地目	作土深 (cm)	仮比重 (Mg m <sup>-3</sup> )	pH		T-C (g kg <sup>-1</sup> )	T-N (g kg <sup>-1</sup> )	CEC (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	塩基飽 和度 (%)	リン酸吸 収係数	可給態 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	可給態 SiO <sub>2</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	遊離 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )
						H <sub>2</sub> O	KCl								
101	彦根市甘呂	グライ土	水田	16.0	0.83	6.1	5.1	27.4	2.74	19.4	74.1	951	170	537	28.7
102	彦根市南三ツ谷	灰色低地土	水田	15.8	1.01	5.3	4.1	16.9	1.79	12.8	44.0	516	96	57	14.4
103	多賀町月之木	灰色低地土	水田	16.7	0.78	6.0	4.9	30.8	3.18	22.7	72.0	974	529	692	21.6
104	甲良町尼子	灰色低地土	水田	19.0	1.37	6.6	5.7	14.0	1.49	12.4	76.9	487	313	335	9.4
105	愛知川町東円堂	灰色低地土	水田	18.0	1.14	6.4	5.4	12.3	1.22	10.9	69.6	435	369	587	6.1
106	湖東町西菩提寺	褐色低地土	水田	13.8	1.01	5.9	4.9	21.7	1.75	17.0	61.6	687	284	748	9.7
107	能登川町福堂	灰色低地土	水田	15.3	1.10	5.6	4.5	15.3	1.46	13.1	63.1	693	160	262	15.4
108	安土町大中	グライ土	水田	14.7	1.06	6.3	5.3	24.2	2.09	19.5	86.4	951	188	1774	14.6
109	近江八幡市牧	グライ土	水田	13.8	0.88	5.3	4.2	28.2	2.15	19.7	55.9	819	161	193	13.0
110	竜王町竜王東	灰色低地土	水田	15.2	1.11	6.1	5.1	16.3	1.70	11.2	76.4	424	317	404	7.0
111	竜王町竜王西	灰色低地土	水田	15.0	1.09	6.2	5.3	15.2	1.55	9.4	86.0	401	371	330	4.1
201	八日市市小脇	多湿草ボク土	水田	15.8	0.70	5.3	4.5	58.4	4.36	28.3	50.1	1140	858	324	9.6
202	八日市市中小路	灰色低地土	水田	16.5	1.13	5.6	4.5	18.3	1.78	10.5	63.5	493	409	115	5.8
203	永源寺町市原野	灰色低地土	水田	15.7	1.15	5.9	4.9	16.8	1.57	11.3	79.0	487	430	312	4.1
204	蒲生町市子沖	灰色低地土	水田	15.7	1.09	6.0	5.0	14.3	1.49	10.2	78.8	481	174	284	9.1
205	蒲生町鑄物師	灰色低地土	水田	16.0	1.04	6.6	5.8	21.2	1.90	14.6	98.2	665	433	925	8.0
206	甲西町菩提寺	灰色低地土	水田	15.0	1.18	6.0	5.0	13.9	1.39	11.2	82.1	441	402	1666	6.2
207	水口町北脇	灰色低地土	水田	15.0	1.08	6.0	4.9	20.0	1.73	16.8	78.2	825	173	872	12.3
208	甲賀町上田	グライ土	水田	17.0	0.88	5.7	4.5	18.0	1.84	16.8	71.4	796	198	314	10.3
209	甲南町柑子	グライ土	水田	16.0	0.84	5.7	4.4	12.5	1.64	25.3	77.7	1083	33	336	16.6
210	土山町頼宮	黄色土	樹園地	20.0	0.51	3.2	2.6	98.2	10.14	43.5	14.3	733	1845		
211	信楽町下朝宮	褐色森林土	樹園地	17.0		4.7	4.3	26.0	3.05	11.3	54.6	269	3345		
301	中至町安治	グライ土	水田	13.5	1.07	6.2	5.0	17.6	1.60	11.0	79.3	527	187	125	10.9
302	守山市幸津川	グライ土	水田	12.3	0.96	6.6	5.6	21.1	1.87	19.2	94.5	917	354	632	15.5
303	守山市玉津河西	灰色低地土	水田	13.8	1.06	6.8	5.9	16.4	1.63	12.4	107.0	601	389	997	9.0
304	草津市常盤	グライ土	水田	14.8	1.15	6.3	5.2	19.8	1.72	15.6	92.5	813	123	510	13.7
305	草津市北山田	褐色低地土	施設畑	13.5	1.13	7.7	7.2	11.1	1.16	7.6	196.9	327	2676		
306	草津市五奈	灰色低地土	水田	11.5	1.24	6.3	5.2	16.0	1.48	11.0	83.8	665	134	343	10.8
308	大津市桐生	灰色台地土	水田	15.8	1.06	6.9	5.6	17.0	1.58	16.9	103.8	842	189	828	11.0
309	大津市堂	灰色低地土	水田	13.5	1.10	6.3	5.3	18.3	1.64	10.8	85.5	556	307	577	9.0
310	志賀町南比良	灰色低地土	水田			6.0	4.8	18.5	1.74	7.9	68.7	361	399	261	2.7
311	安曇川町青柳	灰色低地土	水田	11.5	1.10	5.4	4.2	15.6	1.51	5.4	49.2	292	117	67	3.2
312	新旭町太田	グライ土	水田	12.5	1.18	5.8	4.9	19.2	1.88	7.2	71.6	401	176	218	6.3
313	高島町中溝	褐色低地土	水田	13.8	0.88	6.0	5.0	25.5	2.30	9.1	75.9	470	652	457	4.9
314	今津町深清水	灰色低地土	水田	13.5	1.10	5.1	4.1	15.9	1.74	6.4	33.8	475	137	49	18.0
315	安曇川町泰山寺	黒ボク土	普通畑	13.8	0.76	5.8	4.6	100.7	5.02	38.3	46.3	2257	236		
401	余呉町下余呉	灰色低地土	水田	11.8	1.00	6.0	5.0	23.1	2.08	14.0	75.8	590	267	600	6.4
402	高月町東高田	灰色低地土	水田	13.0	0.95	5.7	4.6	22.7	2.12	14.7	62.7	624	119	84	10.9
403	湖北町南速水	グライ土	水田	15.3	0.75	5.7	4.6	24.9	2.30	20.0	71.5	991	58	225	32.0
404	浅井町北之郷	灰色低地土	水田	14.0	1.10	5.4	4.2	21.8	2.39	11.6	47.8	493	253	68	6.5
405	長浜市垣籠	灰色低地土	水田	14.0	1.13	6.5	5.7	16.6	1.77	11.9	91.7	556	263	155	11.1
406	長浜市加納	グライ土	水田	13.0	1.07	5.7	4.8	23.5	2.43	10.7	63.0	407	188	128	3.8
407	長浜市加田今	グライ土	水田	13.0	1.04	5.4	4.3	20.4	1.97	12.1	53.4	584	90	56	14.9
408	山東町市場	灰色低地土	水田	15.0	1.02	6.4	5.5	33.6	2.78	21.9	85.1	1048	399	808	15.9
409	近江町世継	グライ土	水田	13.5	0.96	5.8	4.7	22.2	2.21	16.5	65.5	848	131	120	25.8
410	米原町入江	泥炭土	水田	12.7	0.48	5.4	4.6	60.4	5.36	28.0	73.0	1261	153	166	16.7
411	伊吹町春照	黒ボク土	樹園地			3.5	3.0	122.1	10.66	47.6	12.8	1123	1471		
412	湖北町八日市	灰色低地土	普通畑			6.7	5.3	10.7	1.28	14.0	88.3	699	429		
501	大津(S)	灰色低地土	水田	15.0	1.25	5.6	4.9	12.3	0.91	8.7	51.3	228	295	210	4.3
502	大津(L)	灰色低地土	水田	17.5	0.96	6.4	5.8	30.7	2.50	17.0	85.2	567	927	820	5.7
503	湖北基準点	グライ土	水田			5.0	4.2	20.5	2.11	13.1	60.7	572	101	78	10.4
504	安土基準点	グライ土	水田		1.09	6.1	4.8	19.1	1.87	19.5	79.9	876	104	601	19.4
505	安土431北	グライ土	水田			5.5	4.5	22.0	2.02	19.7	78.9	1000	97	170	18.9
506	安土432	グライ土	水田			6.4	5.3	35.5	2.90	25.2	56.8	1094	193	310	23.4
507	湖西基準点	褐色低地土	水田		1.08	5.7	4.4	18.8	2.30	9.9	75.9	503	352	177	5.5
508	湖西牛糞堆肥	褐色低地土	水田			5.7	4.5	21.2	2.04	9.3	66.8	528	350	258	11.3

た．示差熱分析 ( differential thermal analysis, DTA ) および熱重量分析 ( thermogravimetry, TG ) には, 福井県立大学の理学電機社製TAS200型熱分析装置を用いた．

2 . 2 . 3 . 3 粘土鉱物組成の定量的評価

粘土鉱物組成の定量的評価は, Kitagawa<sup>10)</sup>, を初めとする一連の報告<sup>11), 12), 13), 14)</sup> で用いられている方法に準じ, 以下の手順で行った．

非晶質成分は200 加熱減量法 ( Kitagawa<sup>10)</sup> ) によって求めた．カオリン鉱物およびギブサイトは, TG曲線のそれぞれ500および300 付近の減量から, それぞれの構造式から求めた脱水減量13.9および34.6%にもとづいて算出した．

2：1型鉱物については, 非晶質成分, カオリン鉱物およびギブサイトを差し引いた部分で, 各種処理におけるXRDピークの強度比にも

とづいて求めた各種鉱物の量比を割り振った。ピーク強度はピーク高と半値幅の積とし、スメクタイトの1.4nmピークの強度は3倍とした。

## 2.2.4 微生物バイオマス

### 2.2.4.1 土壌サンプルの調製

湛水状態のほ場の中で、生育が中庸な3か所からそれぞれ鉄枠(7.5×15×20cm)をすき床まで(作土深15cm以上の地点では15cmまで)挿入し、土壌を採取した。それらを十分に混和した後、2mm円孔篩で篩別し、粗大有機物や植物根・植物遺体を取り除き、その後含水率を40%程度に調製し、分析に供した。

### 2.2.4.2 微生物バイオマスの抽出

微生物バイオマス炭素・窒素の抽出は、ククロホルムくん蒸・抽出法<sup>3)</sup>により行った。各土壌試料を20gずつ6本のガラス遠沈管に取り、これらのうち3本をくん蒸し、残りの3本はくん蒸せずにコントロールとした。

くん蒸サンプルには、エタノールを除去したククロホルムを120 $\mu$ L添加し、十分に混合後、土壌を遠沈管内壁に均一に薄く伸ばし、ククロホルム蒸気を充満させたデシケーター中で30分、24時間放置した。くん蒸後に0.5M K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液40mLを加え、30分間往復振とうし、乾燥ろ紙(No.6)でろ過して抽出液を得た。コントロールは、くん蒸処理を行わず、0.5M K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液を用いた同様の抽出操作を行った。抽出液は炭素・窒素の定量操作まで-15℃で冷凍保存した。

### 2.2.4.3 バイオマス炭素の測定

抽出液を解凍後、液温を室温にまで戻し、全有機態炭素計(Shimadzu TOC-5000)を用いて測定した。くん蒸土壌抽出液中の可溶性有機態炭素量から、非くん蒸土壌(コントロール)抽出液中の可溶性有機態炭素量を差し引き、その値に変換係数2.22(Shibaharaら<sup>2,7)</sup>)を乗じてバイオマス炭素(B<sub>C</sub>)を求めた。

### 2.2.4.4 バイオマス窒素の測定

抽出液を解凍後、全自動全窒素・全リン測定装置(AACS)を用いて測定した。くん蒸土壌抽出液中の可溶性全窒素量から、非くん蒸土壌抽出液中の可溶性全窒素量を差し引き、その値に変換係数2.41(坂本ら<sup>2,3)</sup>)を乗じてバイオマス窒素(B<sub>N</sub>)を求めた。

ただし、坂本らの研究では畑土壌を対象としており、この係数が湛水土壌にも適用可能か否かは今後詳細に検討する必要がある。

### 2.2.5 主成分分析

類似性の高い土壌の分析値には、項目によって高い相関関係があることが予測されるので、予め各測定値間の相関行列を作成した。

主成分分析は、SPSS<sup>31)</sup>(社会科学のための統計パッケージ)のプログラムを用いて行った。多数の予備的な分析の結果にもとづき、最終的には一般理化学性の結果からpH(H<sub>2</sub>O)、pH(KCl)、全炭素含量、全窒素含量、CEC、交換性塩基(交換性カルシウム+交換性マグネシウム+交換性カリウム)、リン酸吸収係数、可給態リン酸含量および可給態ケイ酸含量を、粒径組成からは砂含量、シルト含量および粘土含量を、粘土鉱物組成から非晶質成分含量、カオリン鉱物含量、雲母粘土鉱物含量、スメクタイト含量および緑泥石含量とパーミキュライト含量と緑泥石/パーミキュライト中間体含量との含量を、微生物バイオマスからはバイオマス炭素とバイオマス窒素を変数として用いた。

### 2.2.6 クラスタ分析

主成分分析によって得られた3つの主成分について主成分得点を計算し、それらを変数としてクラスタ分析を行った。ここでもSPSSのプログラムを用いた。主成分得点は平均値が0、標準偏差が1となるよう標準化された形で得られる。類似性の尺度として平方ユークリッド距離を2とし、クラスタの結合にはWard法を用いた。

### 3. 結果および考察

西牛糞堆肥は湖西基準点と近接しているの  
その粒径組成には湖西基準点の値を用いた。

#### 3.1 粒径組成

各土壌の粒径組成を表3に、地目別の粒径組成と土性を表4-1に、水田における土壌群別の粒径組成と土性を表4-2にそれぞれ示した。

安土432は安土431北と隣接しているの  
その粒径組成には安土431北の値を用いた。湖

国際土壌学会法にしたがって土性を決定したところ、砂壤土が9地点、壤土が7地点、シルト質壤土が2地点、埴壤土が24地点、軽埴土が14地点であり、全供試土壌の平均土性は埴壤土であった。

表3 供試土壌の粒径組成および土性(単位:%)

No.	地点名	土壌群	地目	砂			シルト	粘土	土性
				粗砂	細砂	計			
101	彦根市甘呂	グライ土	水田	5.9	21.2	27.2	37.0	35.8	軽埴土
102	彦根市南三ツ谷	灰色低地土	水田	11.8	38.7	50.5	31.0	18.5	埴壤土
103	多賀町月之木	灰色低地土	水田	5.9	26.8	32.7	33.7	33.6	軽埴土
104	甲良町尼子	灰色低地土	水田	13.6	32.5	46.0	35.1	18.8	埴壤土
105	愛知川町東田堂	灰色低地土	水田	20.9	42.1	63.0	25.0	12.1	壤土
106	湖東町西菩提寺	褐色低地土	水田	14.1	25.2	39.3	36.0	24.7	埴壤土
107	能登川町福堂	灰色低地土	水田	8.7	36.5	45.2	34.9	19.9	埴壤土
108	安土町大中	グライ土	水田	3.2	29.0	32.2	39.1	28.7	軽埴土
109	近江八幡市牧	グライ土	水田	14.5	24.2	38.7	32.6	28.7	軽埴土
110	竜王町竜王東	灰色低地土	水田	8.8	50.4	59.2	28.3	12.5	壤土
111	竜王町竜王西	灰色低地土	水田	24.8	38.5	63.3	20.8	15.9	埴壤土
201	八日市市小脇	多湿黒ボク土	水田	9.1	29.4	38.5	44.1	17.4	埴壤土
202	八日市市中小路	灰色低地土	水田	17.9	50.3	68.2	21.8	9.9	砂壤土
203	永源寺町市原野	灰色低地土	水田	15.4	31.6	47.0	33.9	19.1	埴壤土
204	蒲生町市子沖	灰色低地土	水田	13.0	40.0	53.0	29.3	17.7	埴壤土
205	蒲生町鑄物師	灰色低地土	水田	12.5	33.9	46.4	36.9	16.7	埴壤土
206	甲西町菩提寺	灰色低地土	水田	20.7	38.1	58.8	27.8	13.4	壤土
207	水口町北脇	灰色低地土	水田	14.5	27.3	41.9	33.0	25.1	軽埴土
208	甲賀町上田	グライ土	水田	13.3	27.5	40.7	29.6	29.6	軽埴土
209	甲山町柑子	グライ土	水田	1.0	12.0	13.0	48.0	39.0	シルト質埴土
210	土山町頓宮	黄色土	樹園地	17.1	33.2	50.3	30.1	19.6	埴壤土
211	信楽町下朝宮	褐色森林土	樹園地	32.9	26.8	59.7	26.8	13.5	壤土
301	中至町安治	グライ土	水田	27.5	32.5	60.1	25.3	14.6	壤土
302	守山市幸津川	グライ土	水田	6.1	26.4	32.5	43.8	23.7	埴壤土
303	守山市玉津河西	灰色低地土	水田	12.1	38.5	50.7	35.5	13.8	壤土
304	草津市常盤	グライ土	水田	20.3	16.8	37.1	57.0	5.9	シルト質埴土
305	草津市北山田	褐色低地土	施設畑	54.5	25.0	79.5	12.3	8.2	砂壤土
306	草津市五条	灰色低地土	水田	18.2	33.3	51.6	29.3	19.2	埴壤土
308	大津市桐生	灰色台地土	水田	13.2	29.6	42.8	30.9	26.2	軽埴土
309	大津市堂	灰色低地土	水田	27.3	38.9	66.1	19.8	14.0	砂壤土
310	志賀町南比良	灰色低地土	水田	41.8	32.0	73.9	16.6	9.5	砂壤土
311	安曇川町青柳	灰色低地土	水田	40.4	31.2	71.6	20.0	8.5	砂壤土
312	新旭町太田	グライ土	水田	23.4	36.1	59.5	26.7	13.8	壤土
313	高島町中溝	褐色低地土	水田	45.1	28.2	73.3	16.2	10.4	砂壤土
314	今津町深清水	灰色低地土	水田	21.4	26.0	47.5	33.8	18.8	埴壤土
315	安曇川町泰山寺	黒ボク土	普通畑	5.5	33.3	38.8	43.2	18.0	埴壤土
401	余呉町下余呉	灰色低地土	水田	17.3	32.4	49.7	29.0	21.3	埴壤土
402	高月町東高田	灰色低地土	水田	4.5	26.0	30.5	41.9	27.5	軽埴土
403	湖北町南速水	グライ土	水田	3.6	24.2	27.7	38.4	33.8	軽埴土
404	浅井町北之郷	灰色低地土	水田	13.1	29.9	43.0	33.6	23.4	埴壤土
405	長浜市垣籠	灰色低地土	水田	20.4	32.0	52.4	29.1	18.5	埴壤土
406	長浜市加納	グライ土	水田	34.8	32.3	67.1	20.0	12.9	砂壤土
407	長浜市加田今	グライ土	水田	31.0	25.0	55.9	25.7	18.3	埴壤土
408	山東町市場	灰色低地土	水田	15.7	26.7	42.4	38.7	18.9	埴壤土
409	近江町世継	グライ土	水田	9.3	25.0	34.2	35.7	30.1	軽埴土
410	米原町入江	泥炭土	水田	19.5	16.6	36.1	34.7	29.2	軽埴土
411	伊吹町春照	黒ボク土	樹園地	29.8	27.7	57.5	26.4	16.1	埴壤土
412	湖北町八日市	灰色低地土	普通畑	8.7	61.2	69.9	18.3	11.8	砂壤土
501	天津(S)	灰色低地土	水田	55.1	24.6	79.7	11.8	8.5	砂壤土
502	天津(L)	灰色低地土	水田	30.8	32.3	63.1	20.6	16.3	埴壤土
503	湖北基準点	グライ土	水田	2.9	35.6	38.5	39.6	21.9	埴壤土
504	安土基準点	グライ土	水田	2.1	43.8	45.9	27.9	26.2	軽埴土
505	安土431北	グライ土	水田	1.6	30.2	31.7	37.0	31.3	軽埴土
506	安土432	グライ土	水田	1.6	30.2	31.7	37.0	31.3	軽埴土
507	湖西基準点	褐色低地土	水田	12.6	35.1	47.6	35.9	16.5	埴壤土
508	湖西牛糞堆肥	褐色低地土	水田	12.6	35.1	47.6	35.9	16.5	埴壤土

地目別では水田と樹園地が埴壤土，畑地が壤土であった。久馬<sup>15)</sup>は日本の水田土壌の平均粒径組成を砂含量49%，シルト含量30%，粘土含量21%としている。本研究では砂含量48%，シルト含量32%，粘土含量20%であり，供試した水田土壌の粒径組成は一般的なものであったといえる。水田土壌について土壤群別に見ると，多湿黒ボク土，褐色低地土および灰色低地土では埴壤土，灰色台地土，グライ土および泥炭土では軽埴土であった。

粘土含量25%以上の土壌（軽埴土およびシルト質埴土）は，湖北地域から中部地域にかけての湖辺部に多く，湖辺部の低地が形成された過程に関係があると考えられる。滋賀県の低地は周辺の山地が浸食され，そこで生産された土砂が河川によって山麓に運ばれ，最後に土砂の受け皿となる琵琶湖に堆積して形成されたものであり（池田ら<sup>5)</sup>，竹村ら<sup>33)</sup>），最も粒径の小さな粘土画分が最後まで沈降せずに河口まで運ばれたためと考えられる。

### 3.2 粘土鉱物組成

粘土鉱物組成の結果を表5に示す。なお，含量が1%未満のものはtrと表示した。

非晶質成分（Amr）含量は，No.201(八日市市小脇)，315(安曇川町泰山寺)および411(伊吹町春照)で顕著に高かった。これら3地点はいずれも黒ボク土に分類される土壌である。またNo.210(土山町頓宮)と408(山東町市場)がこれらの次に高かった。土山町頓宮は分類上黄色土ではあるが，滋賀県耕地土壌図<sup>26)</sup>によると，近くに黒ボク土が分布しており，この影響を受けているものと考えられる。山東町市場は分類上灰色低地土であるが，土壌採取地点付近は褐色低地土，灰色低地土，黒ボク土が複雑に入り組んで分布しているため<sup>2)</sup>，これも黒ボク土の影響を受けているものと考えられる。黒ボク土分布域の周辺でAmr含量が高い傾向にあることがわかる。

カオリン鉱物（Kt）はすべての土壌に存在していたが，なかでもNo.111(竜王町竜王西)，

表4-1 地目別に見た粒径組成の平均と平均土性

地目	砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)	平均土性
全地点 (n=56)	49.1	31.1	19.7	埴壤土
標準偏差	14.6	8.9	7.8	
水田 (n=50)	47.9	31.7	20.4	埴壤土
標準偏差	14.2	8.6	7.9	
畑地 (n=3)	62.7	24.6	12.6	壤土
標準偏差	21.3	16.4	5.0	
樹園地 (n=3)	55.8	27.8	16.4	埴壤土
標準偏差	4.9	2.0	3.1	

表4-2 水田における土壤群別の粒径組成の平均と平均土性

土壤群	砂 (%)	シルト (%)	粘土 (%)	平均土性
全土壤群 (n=50)	47.9	31.7	20.4	埴壤土
標準偏差	14.2	8.6	7.9	
多湿黒ボク土 (n=1)	38.5	44.1	17.4	埴壤土
標準偏差				
灰色台地土 (n=1)	42.8	30.9	26.2	軽埴土
標準偏差				
褐色低地土 (n=4)	52.0	31.0	17.0	埴壤土
標準偏差	14.8	9.8	5.9	
灰色低地土 (n=26)	53.7	28.9	17.4	埴壤土
標準偏差	14.2	8.3	8.1	
グライ土 (n=17)	39.6	35.3	25.0	軽埴土
標準偏差	14.0	9.2	9.2	
泥炭土 (n=1)	36.1	34.7	29.2	軽埴土
標準偏差				
日本の平均 <sup>a)</sup> (n=155)	49.2	29.6	21.2	埴壤土
標準偏差	18.2	10.6	10.1	

注) a) 久馬 (1984) のデータから抜粋

203(永源寺町市原野)，211(信楽町下朝宮)および502(大津(L))でその含量が顕著に高く，Amr含量の高かったNo.201(八日市市小脇)，315(安曇川町泰山寺)および411(伊吹町春照)で低かった。Ktの代表的な鉱物であるカオリナイトは多くのケイ酸塩鉱物からの風化作用の産物として広く産出する(岩生ら<sup>7)</sup>)。しかし，No.201，315および411の黒ボク土はAmr含量が高く，Ktを生成する結晶性のケイ酸塩鉱物が相対的に少ないため，Amr含量の高い地点でKt含量が低くなったと考えられる。Kt含量は中部地域以南の県南部で高い傾向がみられる。

ギブサイト（Gb）はすべての土壌においてほとんど存在せず，存在してもごく少量であった。Gbは風化作用によって生成し，特に熱帯あるいは亜熱帯の湿潤な気候の下で生成し

表5 供試土壌の粘土鉱物組成(単位:%)

No.	地点名	非晶質成分 (Amr)	カオリン 鉱物 (Kt)	ギブサイト (Gb)	雲母粘土 鉱物 (Mi)	スメクタイト (Sm)	緑泥石 (Ch)	パーミキュライト (Vt)	緑泥石/パーミ キュライト 中間体 (C/W)
101	彦根市甘呂	7	23	tr	30	1	tr	12	26
102	彦根市南三ツ谷	7	20	tr	23	5	18	17	9
103	多賀町月之木	8	22	tr	16	tr	tr	6	46
104	甲良町尾子	5	28	tr	36	2	tr	4	25
105	愛知川町東円堂	7	25	tr	23	2	22	10	10
106	湖東町西菩提寺	12	32	tr	19	2	14	19	2
107	能登川町福堂	7	20	1	25	10	12	6	19
108	安土町大中	7	25	tr	16	11	14	12	13
109	近江八幡市牧	11	36	tr	11	40	tr	tr	tr
110	竜王町竜王東	8	34	tr	11	44	tr	3	tr
111	竜王町竜王西	7	45	tr	6	39	tr	3	tr
201	八日市市小脇	31	16	1	15	5	19	2	11
202	八日市市中小路	10	22	tr	20	3	18	tr	26
203	永源寺町市原野	7	43	tr	17	10	2	tr	19
204	蒲生町市子沖	8	36	tr	20	11	5	7	13
205	蒲生町鑄物師	9	36	tr	14	12	8	5	17
206	甲西町菩提寺	9	37	tr	17	11	4	10	12
207	水口町北脇	12	29	1	19	7	10	7	15
208	甲賀町上田	10	38	tr	7	41	tr	4	tr
209	甲南町柑子	7	27	tr	11	53	tr	tr	tr
210	土山町朝宮	18	17	2	26	tr	tr	19	18
211	信楽町下朝宮	7	49	2	21	tr	2	19	tr
301	中主町安治	9	26	1	13	47	tr	4	tr
302	守山市幸津川	8	24	1	8	43	13	3	tr
303	守山市玉津河西	9	25	tr	10	45	7	3	tr
304	草津市常盤	7	34	tr	13	42	tr	4	tr
305	草津市北山田	8	32	2	45	5	tr	6	2
306	草津市五条	7	31	tr	17	17	5	3	20
308	大津市桐生	7	32	tr	6	55	tr	tr	tr
309	大津市堂	9	40	4	8	16	tr	tr	23
310	志賀町南比良	9	25	4	10	20	4	11	17
311	安曇川町青柳	7	30	3	18	12	10	7	14
312	新旭町太田	5	14	tr	46	3	21	6	5
313	高島町中溝	11	30	7	15	4	3	1	28
314	今津町深清水	5	15	2	47	tr	31	tr	tr
315	安曇川町泰山寺	32	6	4	2	tr	12	10	34
401	余呉町下余呉	6	17	1	39	1	tr	6	30
402	高月町東高田	7	18	tr	35	tr	tr	14	26
403	湖北町南速水	8	16	2	29	tr	tr	20	26
404	浅井町北之郷	5	18	tr	42	tr	tr	1	33
405	長浜市垣籠	8	20	1	31	tr	tr	6	33
406	長浜市加納	7	22	tr	25	tr	14	8	23
407	長浜市加田今	14	23	tr	23	tr	tr	13	28
408	山東町市場	15	13	2	34	tr	12	7	17
409	近江町世継	10	24	tr	16	tr	4	12	35
410	米原町入江	11	21	tr	24	5	5	11	23
411	伊吹町春照	27	5	tr	45	tr	tr	14	9
412	湖北町落合	9	14	tr	46	tr	6	1	24
501	大津(S)	7	38	1	11	39	tr	3	tr
502	大津(L)	10	54	1	3	32	tr	tr	tr
503	湖北基準点	6	20	tr	33	tr	tr	7	33
504	安土基準点	9	29	tr	14	14	6	6	21
505	安土431北	8	32	1	17	39	tr	4	tr
506	安土432	8	32	1	17	39	tr	4	tr
507	湖西基準点	6	15	tr	40	3	11	6	19
508	湖西牛糞堆肥	6	15	tr	40	3	11	6	19

たラテライト質の土壌の中に多量に含まれ<sup>7)</sup>、日本では赤黄色土や古い火山灰土などに少量見出される<sup>6)</sup>。

雲母粘土鉱物(Mi)はすべての土壌で存在していたが、No.305(草津市北山田)、312(新旭町太田)、314(今津町深清水)、404(浅井町北之郷)、411(伊吹町春照)、412(湖北町落合)

で顕著に高く、湖北地域や高島地域で高い傾向がみられた。Miは酸性火成岩、堆積岩、変成岩に由来する土壌で、母材中の雲母類の風化によって生成すると考えられるが、さらに風化過程を経ると他の2:1型鉱物からさらに1:1型鉱物に変化する<sup>8)</sup>。湖北地域や高島地域の土壌採取地点は、山からの距離が近く、比較



的風化の程度が低い粘土鉱物が多い可能性が考えられる。

スメクタイト (Sm) は土壌によって差が大きかったが、その含量はNo.110(竜王町竜王東), 209(甲南町柑子), 301中主町(安治), 303(守山市玉津河西), 308(大津市桐生)で顕著に高かった。中部地域の一部, 湖南地域の湖辺部, 甲賀地域の一部および大津滋賀地域の一部で高く, Sm含量が高い地点が分布する低地を形成している日野川と野洲川の集水域には, 古琵琶湖層群と呼ばれる堆積岩が広く分布しており, これらの中の粘土層がスメクタイトの給源となっている可能性が考えられる。

緑泥石/パーミキュライト中間体 (C/V) は, パーミキュライト (Vt) の層間にアルミニウムが蓄積してできる場合と, 緑泥石 (Ch) の風化によってできる場合があると考えられている<sup>7)</sup>。そこで, これら三種の鉱物はCh+Vt+C/Vとしてまとめて取り扱うことにする。

Ch+Vt+C/V含量も土壌によって差が大きかったが, Smの多い土壌で低い傾向がみられた。Smの分布とは反対に湖北地域, 湖東地域, 中部地域の一部, 甲賀地域の一部などSm含量が低い地点で高い傾向がみられた。Amr含量とKt含量が特に高い地点を除けば, 2:1型鉱物が粘土鉱物の主体となっており, その中でもMiは, 差はあるものの普遍的に存在している。したがって, 結果的にSmが少ない土壌ではCh+Vt+C/V含量が多くなっていると考えられる。

### 3.3 微生物バイオマス炭素および窒素

微生物バイオマス炭素 ( $B_c$ ), バイオマス窒素 ( $B_N$ ), 土壌有機物に占めるバイオマスの割合 ( $B_c/TC$ ,  $B_N/TN$ ) および  $B_c/B_N$  比を表6-1および表6-2に示した。

微生物バイオマス炭素は, 343~1653 (平均742) mgC/kgの範囲にあり, 土壌有機物含量の高い多湿黒ボク土および泥炭土で特に高く, また半湿田 (グライ土) よりも乾田 (褐色低地土・灰色低地土) で高くなる傾向が認められた。微生物バイオマス窒素は, 45.0~216.7

(平均86.5) mgN/kgの範囲にあり, 土壌有機物含量の高い多湿黒ボク土および泥炭土で高いものの, 地下水位の影響 (乾田と半湿田) は炭素ほど明確ではなかった。

供試土壌は全て水田土壌であるが, 土壌有機物に占めるバイオマスの割合は, 各土壌群の平均で2.1~4.8%であり, 全土壌群の平均は3.5%であった。これは土壌微生物の大部分が土壌有機物をエネルギー源として利用すると同時に有機態炭素源として利用するヘテロトロフであるため<sup>20)</sup>で, TCあるいは全有機態炭素含量と  $B_c$  との間には正の相関関係が存在することが畑土壌・水田土壌を問わず報告されている<sup>18,30)</sup>。

微生物バイオマスは土壌中の有効態養分プールとしても重要であり, 例えば, 乾燥によって死滅した菌体から放出される窒素は乾土効果の大きな部分を占めるとされる<sup>19)</sup>。また, Andersonら<sup>1)</sup>は, ヨーロッパの鉱質畑土壌の作土12.5cm中における  $B_N$  を108kgN/haとしている。本研究における供試土壌でも同様の見積もりを行ったところ (表2より, 作土深の平均を14.5cm, 仮比重の平均を1.02Mg/m<sup>3</sup>とした), 平均で130kgN/ha程度となった。滋賀県の基準点圃場の窒素施肥量が85~100kgN/ha<sup>29)</sup>であることから, 微生物菌体中には施肥量に匹敵する量の窒素が蓄えられていることになる。

$B_c/B_N$  比の平均値には, 最も小さい泥炭土の5.8から最も大きい多湿黒ボク土の12.1まで約2倍の幅があった。菌体のC/N比は細菌で3.5, 糸状菌で12.8の報告<sup>9)</sup>もあり, 土壌の特性によって微生物フローラが変化することが推察される。 $B_c/B_N$  比と粘土含量との間には負の相関が見られた (有意水準1%,  $r = -0.527$ )。

微生物の住処は土壌の物理的な構造とも密接に関係しており, 直径数  $\mu\text{m}$  以下の「毛管孔隙」には主として細菌が, それ以上の大きさの「非毛管孔隙」には細菌のほかに, より大型の原生動物, 藻類および糸状菌が活動すると考えられている<sup>21)</sup>。

表6-1 供試土壌の微生物バイオマス炭素および窒素

No.	地点名	土壌群	$E_C$	バイオマスC ( $B_C$ )	$E_N$	バイオマスN ( $B_N$ )	$B_C/B_N$
			( $mgC\ kg^{-1}$ )	( $mgC\ kg^{-1}$ )	( $mgN\ kg^{-1}$ )	( $mgN\ kg^{-1}$ )	
102	彦根市南三ツ谷	灰色低地土	257 ± 21	570	25.9 ± 3.9	62.3	9.1
103	多賀町月之木	灰色低地土	540 ± 5	1199	47.4 ± 2.2	114.2	10.5
105	震知川町東円堂	灰色低地土	261 ± 34	579	32.1 ± 3.0	77.3	7.5
106	湖東町西菩提寺	褐色低地土	361 ± 13	801	38.5 ± 1.8	92.7	8.6
107	能登川町福堂	灰色低地土	231 ± 6	512	25.2 ± 1.5	60.8	8.4
108	安土町大中	グライ土	204 ± 7	452	34.7 ± 3.4	83.5	5.4
109	近江八幡市牧	グライ土	263 ± 12	584	37.6 ± 3.4	90.7	6.4
111	竜王町竜王西	灰色低地土	249 ± 2	552	29.5 ± 0.7	71.2	7.8
201	八日市市小脇	多湿黒ボク土	745 ± 11	1653	56.9 ± 3.2	137.2	12.1
203	永源寺町市原野	灰色低地土	189 ± 4	419	21.9 ± 0.4	52.8	7.9
204	蒲生町市子沖	灰色低地土	307 ± 5	682	23.5 ± 1.5	56.6	12.0
205	蒲生町鑄物師	灰色低地土	264 ± 3	587	33.7 ± 2.0	81.3	7.2
206	甲西町菩提寺	灰色低地土	187 ± 2	415	19.5 ± 1.6	47.1	8.8
207	水口町北藤	灰色低地土	264 ± 8	586	29.1 ± 1.5	70.2	8.3
208	甲賀町上田	グライ土	216 ± 9	479	26.8 ± 3.1	64.5	7.4
302	守山市幸津川	グライ土	154 ± 3	343	27.2 ± 4.5	65.6	5.2
303	守山市玉津河西	灰色低地土	195 ± 6	434	23.5 ± 1.8	56.6	7.7
304	草津市常盤	グライ土	278 ± 5	618	18.7 ± 1.2	45.0	13.7
306	草津市五条	灰色低地土	249 ± 6	554	24.0 ± 0.8	57.9	9.6
308	大津市桐生	灰色台地土	182 ± 5	405	21.1 ± 2.0	51.0	7.9
309	大津市堂	灰色低地土	220 ± 3	489	30.1 ± 2.6	72.5	6.7
311	安曇川町青柳	灰色低地土	378 ± 3	839	23.5 ± 2.0	56.5	14.8
312	新旭町太田	グライ土	196 ± 5	436	21.2 ± 2.8	51.1	8.5
313	高島町中溝	褐色低地土	400 ± 5	889	38.9 ± 1.9	93.8	9.5
314	今津町深清水	灰色低地土	393 ± 4	872	33.3 ± 1.6	80.2	10.9
401	余呉町下余呉	灰色低地土	323 ± 13	717	44.5 ± 0.9	107.2	6.7
402	高月町東高田	灰色低地土	476 ± 9	1056	51.0 ± 2.1	122.9	8.6
403	湖北町南速水	グライ土	256 ± 8	569	40.8 ± 5.4	98.4	5.8
404	浅井町北之郷	灰色低地土	602 ± 6	1336	47.4 ± 2.0	114.3	11.7
405	長浜市垣籠	灰色低地土	382 ± 14	849	48.3 ± 7.6	116.5	7.3
406	長浜市加納	グライ土	456 ± 5	1013	46.3 ± 1.6	111.7	9.1
407	長浜市加田今	グライ土	359 ± 8	798	34.8 ± 7.7	83.8	9.5
408	山東町市場	灰色低地土	519 ± 5	1153	46.5 ± 1.6	112.1	10.3
410	米原町入江	泥炭土	565 ± 12	1254	89.9 ± 1.4	216.7	5.8
501	大津(S)	灰色低地土	164 ± 2	364	19.1 ± 0.8	46.0	7.9
502	大津(L)	灰色低地土	453 ± 2	1005	38.3 ± 1.4	92.4	10.9
503	湖北基準点	グライ土	591 ± 14	1311	61.3 ± 4.2	147.7	8.9
504	安土基準点	グライ土	179 ± 5	397	29.6 ± 2.5	71.3	5.6
505	安土431北	グライ土	197 ± 4	437	30.7 ± 1.6	73.9	5.9
506	安土432	グライ土	258 ± 5	573	42.3 ± 3.8	102.0	5.6
507	湖西基準点	褐色低地土	528 ± 5	1172	47.6 ± 0.8	114.7	10.2
508	湖西牛糞堆肥	褐色低地土	554 ± 6	1229	44.6 ± 1.8	107.6	11.4

注) バイオマスC( $B_C$ )= $E_C \times 2.22$ , バイオマスN( $B_N$ )= $E_N \times 2.41$ .

表6-2 土壌群別の土壌微生物バイオマスの性質

土壌群	作度深 <sup>a</sup> (cm)	仮比重 <sup>b</sup> ( $Mg\ m^{-3}$ )	TC ( $g\ kg^{-1}$ )	$B_C$ ( $mgC\ kg^{-1}$ )	$B_C/TC$ (%)	TN ( $g\ kg^{-1}$ )	$B_N$ ( $mgN\ kg^{-1}$ )	$B_N/TN$ (%)	$B_C/B_N$
全土壌群	14.5	1.02	22.4	742	3.47	2.06	86.5	4.24	8.7
標準偏差	1.5	0.15	10.0	330	1.32	0.78	33.5	0.97	2.3
多湿黒ボク土	15.8	0.70	58.4	1653	2.83	4.36	137.2	3.15	12.1
標準偏差									
灰色台地土	15.8	1.06	17.0	405	2.38	1.58	51.0	3.23	7.9
標準偏差									
褐色低地土	14.4	0.99	21.8	1023	4.80	2.10	102.2	4.91	9.9
標準偏差	0.7	0.08	2.8	210	1.41	0.26	10.7	0.57	1.2
灰色低地土	14.7	1.08	19.1	717	3.78	1.81	78.6	4.38	9.1
標準偏差	1.8	0.10	6.0	282	1.07	0.52	25.3	0.92	2.0
グライ土	14.3	1.00	22.8	616	2.78	2.09	83.8	3.98	7.5
標準偏差	1.3	0.12	4.8	276	1.37	0.31	27.4	1.08	2.4
泥炭土	12.7	0.48	60.4	1254	2.08	5.36	216.7	4.04	5.8
標準偏差									

注) a データが欠損している地点は15.0cmとして計算した。

b データが欠損している地点は1.00Mg $m^{-3}$ として計算した。

そのため粘土含量が高い土壌では微細な構造が発達し、細菌が微生物フローラにおいて優勢となっており、逆に粘土含量の低い土壌では糸状菌が優勢となっていると考えられる。

### 3.4 主成分分析

変数としては、最初pH(H<sub>2</sub>O)、pH(KCl)、TC、TN、C/N、CEC、交換性CaO、交換性MgO、交換性K<sub>2</sub>O、塩基飽和度、リン酸吸収係数、可給態P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、可給態SiO<sub>2</sub>、遊離Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、砂含量、シルト含量、粘土含量、Amr含量、Kt含量、Mi含量、Sm含量、Ch+Vt+C/V含量、B<sub>C</sub>、B<sub>N</sub>およびB<sub>C</sub>/B<sub>N</sub>の25変数を用いたが、交換性K<sub>2</sub>Oの共有性が低かったことと、交換性塩基類のうち、大部分がカルシウムとマグネシウムであることを考え、三種の交換性塩基は合算して、新しく交換性塩基というひとつの変数とした。共有性の低い変数を除いたり、それ以前に除いた変数を戻す操作を繰り返し行い、土壌の有機的・無機的・生物的成分が抽出できるまで試行錯誤した。最終的には先に述べた変数から、C/N、塩基飽和度、遊離Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、B<sub>C</sub>/B<sub>N</sub>を除いた

19変数で分析を行った。その結果得られた主成分の因子負荷行列を表7に示した。

主成分1は、CEC、粘土含量、リン酸吸収係数、TC、TNおよびB<sub>N</sub>と高い正の相関を、また砂含量と高い負の相関を示し、主として土壌有機物と生物活性に関連する主成分であると考えられる。

主成分2は、交換性塩基、可給態SiO<sub>2</sub>、Kt含量、Sm含量、pH(H<sub>2</sub>O)およびpH(KCl)と高い正の相関を、Mi含量、Ch+Vt+C/V含量と高い負の相関を示していたことから、主として塩基状態と粘土の質に関連する主成分であると考えられる。

主成分3は、可給態リン酸のみと高い正の相関をもち、主として可給態リン酸に関連する主成分であると考えられる。

主成分4は、どの変数とも高い相関をもたなかった。主成分4は、1以上の固有値を持ち、寄与率は9.3%であるが、主成分1~3で累積寄与率が72.8%に達し、情報の大部分を説明しているため、以降のクラスター分析には主成分1~3のみを用いることとした。

表7 主成分の因子負荷行列

	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	共有性	主成分	固有値	寄与率 (%)	累積寄与率 (%)
CEC	0.85018	0.46275	-0.03518	-0.10480	0.94917	1	6.31065	33.2	33.2
交換性塩基	0.61512	0.70779	-0.10726	0.18043	0.92340	2	4.97902	26.2	59.4
可給態P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09823	0.27889	0.81759	0.12410	0.77128	3	2.51948	13.3	72.7
可給態SiO <sub>2</sub>	-0.03634	0.60965	0.09078	0.54647	0.67986	4	1.76009	9.3	81.9
砂	-0.73263	-0.19374	0.58401	-0.04753	0.91761				
シルト	0.59111	0.13835	-0.44682	0.17181	0.59771				
粘土	0.61864	0.18492	-0.52188	-0.11719	0.70301				
Amr	0.52075	0.17513	0.53142	-0.17658	0.61544				
Kt	-0.45626	0.62026	0.21112	-0.37283	0.77647				
Mi	0.17192	-0.80963	-0.21025	0.31875	0.83086				
Sm	-0.24737	0.76276	-0.16043	-0.43609	0.85891				
Ch+Vt+C/V	0.31080	-0.66803	0.02361	0.52405	0.81804				
pH(H <sub>2</sub> O)	-0.21062	0.73332	0.06307	0.54916	0.88796				
pH(KCl)	-0.18159	0.71961	0.23158	0.52192	0.87684				
リン酸吸収係数	0.84101	0.43985	-0.21102	-0.03706	0.94668				
TC	0.86626	0.07972	0.38239	-0.17367	0.93313				
TN	0.88188	-0.05021	0.32752	-0.12089	0.90212				
B <sub>C</sub>	0.58734	-0.50805	0.45222	0.00967	0.80768				
B <sub>N</sub>	0.77795	-0.32906	0.24366	0.01436	0.77306				

今回の結果からは、土壌の生物性に関連する主成分を抽出することはできなかった。この理由として、今回用いた変数のうち直接生物性を示す変数が  $B_c$  と  $B_N$  の二つだけであり、これらと土壌有機物を示す変数 TC, TN との間には非常に強い相関があるためと考えられる。

Shibaharaら<sup>28), 30)</sup>は、有機物の長期連用試験水田(5か所)から採取した計23試験区の土壌について、微生物バイオマス窒素、炭素およびアデノシン三リン酸(ATP:生物固有の物質)を分析し、一般理化学性を含めて主成分分析を行った結果、土壌微生物性に関連する主成分が抽出されており、今回は慣行的な管理が行われたほ場が多く、ATPも分析しなかったことが影響していると考えられる。

### 3.5 クラスタ分析

クラスタ分析の結果得られたデンドログラムを図2に示す。

相対的な結合距離10付近までは各ケースが比較的近い距離で結合しているが、それ以降では結合までかなりの距離があり、類似性が乏しいことから、相対的な結合距離10付近で類型化を行い、滋賀県内水田土壌をグループA~Dの4つに類型化した。なお、グループDのうちNo.313(高島町中溝)および502(大津(L))の2地点は比較的早い段階で一つのサブグループとなっているが、相対的な結合距離9付近までほかと結合しないまま残っていたので、ある程度特殊なグループであると考えてサブグループD<sub>1</sub>とし、他をD<sub>2</sub>とした。

各グループの主成分得点でみた位置関係を図3に、各グループの分布を図4に、グループ間の各測定値の平均を表8に示した。各グループ内での各測定値には、かなりの幅をもつものがあり、単純に平均値で比較しきれない部分もあるが、グループの特徴をみる参考とした。

グループAは、主成分1および3について平均的であったが、主成分2は低い値を示した。このグループは湖北地域から高島地域にかけ

て多く分布していた。各測定値の平均で比べると、一般理化学性ではpHが低く、TCおよびTNがともに低く、CECおよびリン酸吸収係数が小さく、交換性塩基が少なく、可給態P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>および可給態SiO<sub>2</sub>が低かった。粒径組成では砂、シルトおよび粘土含量が中程度であった。粘土鉱物組成ではAmr, KtおよびSm含量が低く、MiおよびCh+Vt+C/V含量が高かった。微生物バイオマスでは  $B_c$  および  $B_N$  がともに中程度であった。

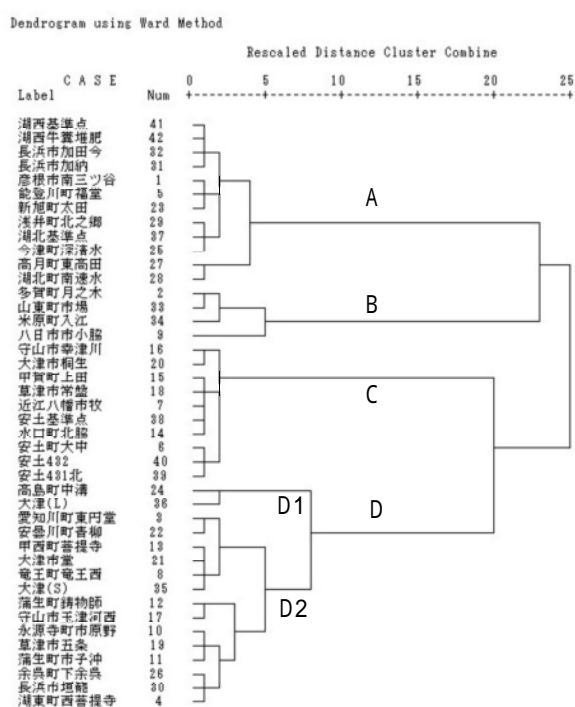


図2 デンドログラム

グループBは、主成分1と3について高く、主成分2については平均的であった。このグループは、黒ボク土と泥炭土を含む有機物含量が高い土壌によって構成されている。またその地点数は少なく、湖北地域、湖東地域および中部地域に点在していた。各測定値の平均で比べると、一般理化学性ではpHが中程度で、TCおよびTNが高く、CECおよびリン酸吸収係数が大きく、交換性塩基が多く、可給態P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>が高く、可給態SiO<sub>2</sub>が中程度であった。粒径組成では砂含量が低く、シルトおよび粘土含量が

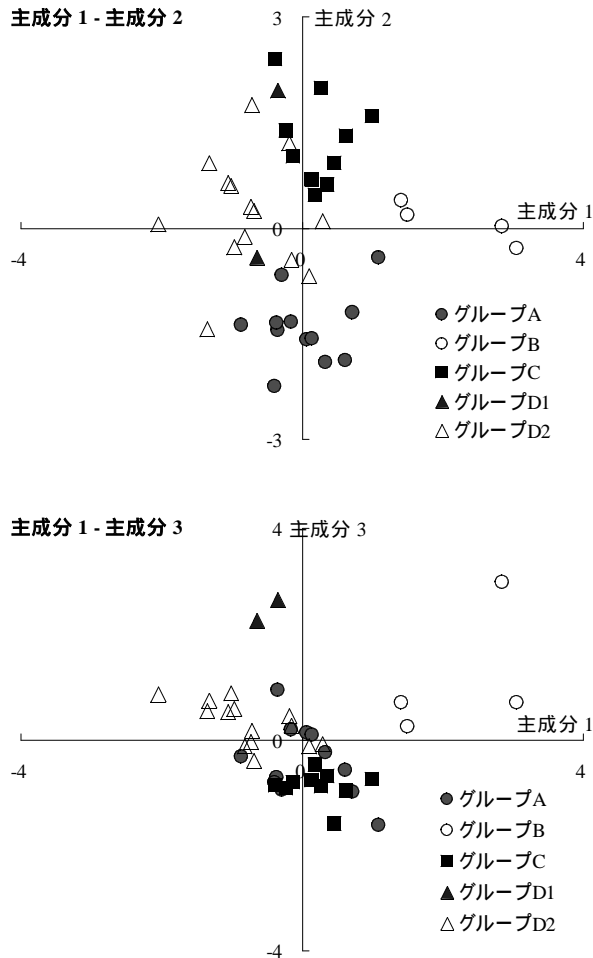


図3 各グループの主成分得点でみた位置関係

高かった。粘土鉱物組成ではAmrおよびCh+Vt+C/V含量が高く、KtおよびSm含量が低く、Mi含量が中程度であった。微生物バイオマスではBcおよびB<sub>N</sub>がともに多かった。

グループCは、主成分1について平均的で、主成分2は高く、主成分3は低かった。このグループの分布はSm含量のそれとよく似ており、中部地域から湖南地域の湖辺部、甲賀地域に分布していた。つまり塩基状態と粘土の質がよいことで特徴づけられるグループである。各測定値の平均で比べると、一般理化学性ではpHが高く、TCおよびTNがともに低く、CECおよびリン酸吸収係数が中程度で、交換性塩基

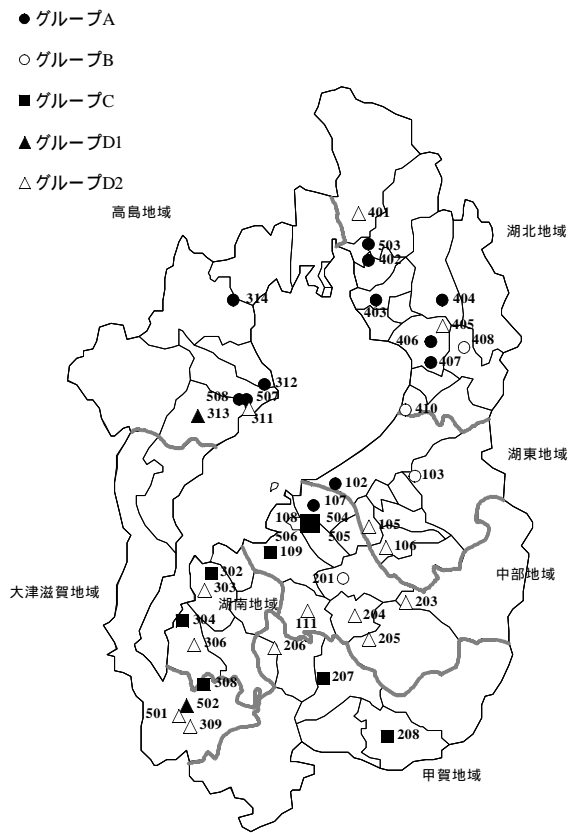


図4 各グループの分布

が多く、可給態P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>が低く、可給態SiO<sub>2</sub>が高かった。粒径組成では砂含量が低く、シルトおよび粘土含量が高かった。粘土鉱物組成ではAmr、MiおよびCh+Vt+C/V含量が低く、KtおよびSm含量が高かった。微生物バイオマスではBcおよびB<sub>N</sub>がともに少なかった。

グループDは土壌によって変動があるものの、概して主成分1が低く、主成分2については平均的で、主成分3がやや高かった。このグループは全県的に分布していた。ただし、グループDのうちサブグループD<sub>1</sub>は主成分3において著しく高く、このことが相対的な結合距離9付近まで結合しなかった原因として考えられる。

グループD全体を各測定値の平均で比べると、一般理化学性ではpHが高く、TCおよびTN

表8 各測定値のグループ間平均

グループ	pH		T-C	T-N	CEC	交換性塩基	リン酸	可給態P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	H <sub>2</sub> O	KCl	(g kg <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )	(cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	(cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	吸収係数	(mg kg <sup>-1</sup> )
A	5.5	4.4	20.1	2.04	11.7	7	566	173
標準偏差	0.3	0.3	3.0	0.29	3.6	3	158	98
B	5.8	4.9	45.8	3.92	25.2	17	1106	485
標準偏差	0.5	0.5	15.8	1.17	3.4	3	124	294
C	6.1	5.0	22.5	1.98	18.9	15	893	178
標準偏差	0.5	0.5	5.6	0.37	2.7	2	97	72
D1	6.2	5.4	28.1	2.40	13.1	11	518	790
標準偏差	0.3	0.5	3.7	0.14	5.6	5	69	194
D2	6.1	5.2	16.7	1.56	11.3	9	506	303
標準偏差	0.4	0.4	3.3	0.29	2.8	3	138	105
D	6.1	5.2	18.1	1.67	11.6	9	508	363
標準偏差	0.4	0.4	5.1	0.39	3.0	3	130	199

グループ	可給態SiO <sub>2</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	砂	シルト	粘土	Amr	Kt	Mi	Sm	Ch+Vt+C/V
A	138	46.7	33.1	20.1	7	18	34	2	38
標準偏差	84	11.2	6.3	5.9	2	3	9	3	5
B	498	37.4	37.8	24.8	16	18	22	3	40
標準偏差	302	4.1	4.7	7.9	10	4	9	3	8
C	620	37.5	36.8	25.7	9	31	13	33	14
標準偏差	474	5.3	8.6	7.4	2	4	5	16	16
D1	639	68.2	18.4	13.3	11	42	9	18	16
標準偏差	257	7.3	3.1	4.1	1	17	9	19	23
D2	557	56.6	27.4	16.0	8	33	18	15	25
標準偏差	425	11.0	7.3	4.6	1	8	9	15	12
D	567	58.1	26.3	15.6	8	34	17	16	24
標準偏差	402	11.1	7.5	4.5	2	9	9	15	13

グループ	B <sub>C</sub> (mgC kg <sup>-1</sup> )	B <sub>N</sub> (mgN kg <sup>-1</sup> )	主成分得点		
			主成分1	主成分2	主成分3
A	906	96.3	0.04395	1.18081	0.40646
標準偏差	327	29.0	0.56048	0.42315	0.68177
B	1315	145.1	2.20476	0.06421	1.14994
標準偏差	229	49.1	0.86597	0.23891	1.23362
C	487	71.8	0.23160	1.02901	0.88056
標準偏差	96	17.2	0.41414	0.51838	0.29134
D1	947	93.1	0.49096	0.64125	2.45016
標準偏差	82	1.0	0.21123	1.40293	0.27159
D2	591	70.9	0.76290	0.16716	0.29879
標準偏差	163	22.0	0.62467	0.67494	0.41154
D	636	73.7	0.72890	0.22642	0.56771
標準偏差	196	21.9	0.59143	0.74313	0.83167

がともに低く、CECおよびリン酸吸収係数が小さく、交換性塩基が少なく、可給態P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>が中程度で、可給態SiO<sub>2</sub>が高かった。粒径組成では砂含量が高く、シルトおよび粘土含量が低かった。

粘土鉱物組成ではAmr、Mi含量が低く、Kt含量が高く、SmおよびCh+Vt+C/V含量が中程度であった。微生物バイオマスでは、B<sub>C</sub>およびB<sub>N</sub>がともに少なかった。粘土含量が低く、その

なかでもKtが卓越しており、有機物含量が低いことから、砂質で比較的痩せた土壤がこのグループを形成していると考えられる。

サブグループについてみると、サブグループD<sub>1</sub>の各測定値の平均は、一般理化学性ではpHが高く、TCおよびTNがともに中程度で、CECおよびリン酸吸収係数が小さく、交換性塩基が中程度で、可給態P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>および可給態SiO<sub>2</sub>が高かった。粒径組成では砂含量が高く、シルト

および粘土含量が低かった。粘土鉱物組成ではAmrおよびSm含量が中程度で、Kt含量が高く、MiおよびCh+Vt+C/V含量が低かった。微生物バイオマスでは $B_c$ および $B_N$ がともに中程度であった。サブグループD<sub>2</sub>は、一般理化学性ではpHが高く、TC・TNがともに低く、CECおよびリン酸吸収係数が小さく、交換性塩基が少なく、可給態P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>が中程度で、可給態SiO<sub>2</sub>が高かった。粒径組成では砂含量が高く、シルトおよび粘土含量が低かった。粘土鉱物組成ではAmrおよびMi含量が低く、Kt含量が高く、SmおよびCh+Vt+C/V含量が中程度であった。微生物バイオマスでは $B_c$ および $B_N$ がともに少なかった。

このように、サブグループD<sub>1</sub>は、サブグループD<sub>2</sub>に比べて可給態P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>および微生物バイオマスが高いことが特徴であり、その理由としてはいずれの圃場（No.313,502）でもリン酸質の土づくり肥料を連用しており、またNo.313では牛糞堆肥や鶏糞の施用来歴があることによるものと考えられる。Shibaharaら<sup>28)</sup>は、水田土壌において微生物バイオマス（ $B_c$ 、 $B_N$ およびATP）と可給態P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>との間に高い正の相関を認めており、サブグループD<sub>1</sub>は砂質で比較的痩せた土壌における土づくりによって形成されたものと考えられ、また一方では可給態P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>が改善目標値（200mg/kg）を大きく上回っていることから、土壌診断に基づく施肥節減の必要性を示すものといえる。

### 3.6 水田土壌の類型区分

以上の結果から、滋賀県内の水田土壌は4類型に区分され、次のような特性を有するとともに、作物生産と環境浄化についてもそれぞれ特徴的な機能を有すると考えられる。また、今回試みた土壌類型化は、近年重要な課題となってきた地球温暖化緩和策の一つとして期待されている土壌の炭素貯留機能の評価にも活用可能なことから、地域環境の水質保全対策に加え、今後は地球規模の環境保全対策として土壌機能の評価や増進に関する研究

の発展にも貢献できると考えられる。

#### グループA：

腐植含量は低いが微生物バイオマスは中程度であるため、窒素の肥沃度と有機汚濁物質に対する分解能は中程度であると考えられる。一方、粘土含量は中程度だがスメクタイトに乏しいため、CECが小さく、塩基類および重金属類に対する保持能はあまり高くないと考えられる。

#### グループB：

腐植含量が高く微生物バイオマスも大きいいため、窒素の肥沃度と有機汚濁物質に対する分解能は高いと考えられる。一方、粘土含量は高いがスメクタイトに乏しい。しかし腐植含量が高いためCECは大きく、塩基類に対する保持能は高く、また腐植との錯形成による重金属保持能も高いと考えられる。

#### グループC：

腐植含量は低く微生物バイオマスも小さいため、窒素の肥沃度と有機汚濁物質に対する分解能は低いと考えられる。一方、粘土含量は高くスメクタイトに富むため、CECは中程度であるがSm含量が高いため塩基類および重金属類に対する保持能はともに高いと考えられる。

#### グループD：

腐植含量は低く微生物バイオマスも小さいため、窒素の肥沃度と有機汚濁物質に対する分解能は低いと考えられる。一方、Sm含量は中程度だが粘土含量が低いため、CECは小さく、塩基類および重金属類に対する保持能はともに低いと考えられる。

## 謝 辞

本研究の一部は、西堀康士主任技師が滋賀県立大学大学院派遣研修（1999～2000年）として実施したものである。

本派遣研修では、滋賀県農政水産部農政課をはじめ県関係機関にお世話を頂いた。滋賀県立大学の須戸幹講師からご指導、ご助言を頂き、研究室の学生諸氏にも実験室内で多く

の支援を頂いた。ここに記して、感謝の意を表する。

なお、当研修では、滋賀県立大学 久馬一剛前教授(京都大学名誉教授)が指導教官として終始指導するとともに、粘土鉱物組成については福井県立大学 北川靖夫 前教授が分析装置の便宜と指導を行い、微生物バイオマスについては滋賀県農業技術振興センター環境研究部職員が指導と協力を行ったことを付記する。

### 引用文献

- 1) Anderson, J.P.E. and Domsch K. H., 1980. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. *Soil Sci.*, **130**(4): 211-16.
- 2) 土壤環境分析法編集委員会編, 1997. 土壤環境分析法, 博友社, 東京.
- 3) 土壤微生物研究会編, 1997. 新編土壤微生物実験法, 養賢堂, 東京.
- 4) 土壤保全調査事業全国協議会編, 1991. 日本の耕地土壌の実態と対策, 博友社, 東京.
- 5) 池田碩・大橋健・植村善博, 1991. 滋賀県・近江盆地の地形. 滋賀県自然誌編集委員会編, 滋賀県自然誌, p.105-236, 財団法人滋賀県自然保護財団.
- 6) 井上克弘, 1997. 3. 土壌の材料. 久馬一剛編, 最新土壌学, p.27-42, 朝倉書店, 東京.
- 7) 岩生周一・長沢敬之助・宇田川重和・加藤忠蔵・喜田大三・青柳宏一・渡邊裕編, 1985. 粘土の事典, 朝倉書店, 東京.
- 8) Jackson, M.L., 1968. Weathering of primary and secondary minerals in soils. *Trans. 9th Int'l. Congr. Soil Sci.*, **4**: 281-292.
- 9) Jenkinson, D.S., 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-IV. The decomposition of fumigated organisms in soil. *Soil Biol. Biochem.*, **8**: 203-208.
- 10) Kitagawa, Y., 1977. Determination of allophane and amorphous inorganic matter in clay fraction of soils. *Soil clay fractions. Soil Sci. Plant Nutr.*, **23**(1): 21-31.
- 11) 北川靖夫・坂東義仁・菊澤正裕, 1994a. 福井県嶺北地方の主要な水田土壌中の粘土鉱物組成. *ペドロジスト*, **38**(2): 55-67.
- 12) 北川靖夫・坂東義仁・菊澤正裕, 1994b. 福井県嶺南地方の主要な水田土壌中の粘土鉱物組成. *ペドロジスト*, **38**(2): 68-74.
- 13) 北川靖夫・坂東義仁・菊澤正裕, 1995. 福井県の主要畑土壌の粘土鉱物組成. *ペドロジスト*, **39**(1): 2-11.
- 14) Kitagawa, Y. and Itami K., 1995. Derivative-Thermogravimetric estimation of kaolin minerals in soils. *Clay Science*, **9**: 247-257.
- 15) 久馬一剛, 1984. 熱帯の土壌. 社団法人国際農林業協力協会, 東京.
- 16) 久馬一剛・佐久間敏雄・庄子貞雄・鈴木皓・服部勉・三土正則・和田光史編集, 1993. 土壌の事典. 朝倉書店, 東京.
- 17) 近畿農政局滋賀統計情報事務所編, 1999. 平成10年次滋賀農林水産統計年報. 滋賀農林統計協会.
- 18) 丸本卓哉, 1984. 4. 畑土壌の養分と微生物バイオマス. 日本土壌肥料学会編「土壌のバイオマス-土壌生物の量と代謝-」p.115-140, 博友社, 東京.
- 19) 丸本卓哉, 1994. 3. 微生物バイオマス. 木村真人ら編「土壌生化学」p.34-51, 朝倉書店, 東京.
- 20) 西尾道徳, 1996. 第2章 畑の物質変化と微生物. 土壤微生物研究会編, 新・土の微生物(1), p.25-58, 博友社, 東京.
- 21) 西山雅也・服部勉, 1996. 第1章 土の微視的住み場所. 土壤微生物研究会編, 新・土の微生物(1), p.5-24, 博友社, 東京.
- 22) 日本第四紀学会編, 1993. 第四紀試料分析法2 研究対象別分析法. 財団法人東京大学



- 出版会，東京。
- 23) 坂本一憲・林敦敏，1999．土壌中の微生物バイオマス窒素量の迅速測定法 - ペルオキシ二硫酸カリウム分解法による可溶性全窒素量の測定 - ．土と微生物 (*Soil Microorganisms*) , **53**(1) : 57-62 ．
- 24) 滋賀県，1979．滋賀県の自然 10万分の1 滋賀県地質図 ．
- 25) 滋賀県環境政策課，1999．土の浄化機能調査に伴う有機汚濁成分調査分析結果報告書 ．
- 26) 滋賀県農業試験場，1979．地力保全基本調査 滋賀県耕地土壌図 ．
- 27) Shibahara, F. and Inubushi K., 1995 ． Measurements of microbial biomass C and N in paddy soils by the fumigation-extraction method . *Soil Sci. Plant Nutr.* , **41**(4) : 681-689 ．
- 28) Shibahara, F. and Inubushi K., 1997 ． Effects of organic matter application on microbial biomass and available nutrients in various types of paddy soils . *Soil Sci. Plant Nutr.* , **43**(1) : 191-203 ．
- 29) 柴原藤善・武久邦彦・小松茂雄・波部恒昭，1999．水稲に対する有機物および土づくり肥料の連用効果（第1報）水稲の生育収量，養分吸収および土壌の化学性の変化 ． 滋賀農試研報，**40** : 54-77 ．
- 30) 柴原藤善，2002．水田生態系における土壌微生物バイオマス窒素の動態とその意義に関する研究 ． 滋賀農総セ農試特別研報，**22** : 1-149 ．
- 31) SPSS Inc., 1993 ． SPSS Professional Statistics Release 6.xJ (日本語版) ．
- 32) 武久邦彦・柴原藤善・小松茂雄，1999．滋賀県における農耕地土壌の実態と変化（第1報）最近5年間の土壌理化学性の実態 ． 滋賀農試研報，**40** : 39-53 ．
- 33) 竹村恵二・横山卓雄，1991．琵琶湖湖岸・流入河川の砂粒組成 ． 滋賀県自然保護誌編集委員会編『滋賀県自然誌』687-701頁，財団法人滋賀県自然保護財団 ． (滋賀県，1979より引用)
- 34) 山本満二郎・中田均・澤重孝，1964．滋賀県耕地土壌の粘土鉱物について ． 滋賀農試研報，**8** : 25-30 ．

## Summary

Representative paddy soil samples from fifty points in Shiga Prefecture were analyzed for clay mineral composition and microbial biomass to characterize the prefecture's paddy soils, including general physicochemical properties. The soils were grouped to facilitate multiangle utilization of soil functions, including food production and environmental conservation.

- 1) The amount of microbial biomass in soils ranged from 343 to 1,653 mg C/kg (mean = 742) for carbon and from 45.0 to 216.7 mg N/kg (mean = 86.5) for nitrogen, depending on soil type and manuring practice. Soil grain size distribution and clay mineral composition seemed to be related to the geographical process of formation of Lake Biwa and lowlands.
- 2) Component analysis extracted three primary components (PCs): PC1 representing organic and biological characteristics, PC2 representing clay quality and base status, and PC3 representing available phosphate.
- 3) Cluster analysis identified four types of paddy soil in Shiga Prefecture according to organic matter and clay mineral component properties and compositions.