

滋賀県における農耕地土壌の実態と変化 (第2報) 土壌理化学性の変化と施肥の実態

堀田 悟・園田 敬太郎*・武久 邦彦・西堀 康士**・山田 善彦

Status and Changes of Cultivated Soil Properties in Shiga Prefecture (Report 2) Changes of Soil Physicochemical Properties and Status of Fertilizer Application

Satoru Hotta, Keitarou Sonoda, Kunihiko Takehisa, Yasushi Nishibori
and Yoshihiko Yamada

キーワード：経年変化，滋賀県，施肥実態，土壌理化学性，農耕地土壌

平成11(1999)年度から平成15(2003)年度における滋賀県の農耕地の地力実態を調査し，調査を開始した1979年以降，25年間の水田土壌理化学性の変化を施肥量や有機物および土壌改良資材の施用率と関連づけて明らかにした。

滋賀県の農耕地の約92%を占める水田⁷⁾では，塩基飽和度と遊離酸化鉄で，目標値を下回る調査地点がそれぞれ51.8%，52.2%あり，土壌改良資材の施用率の低下が一因であると考えられた。一方，可給態リン酸では，調査地点の55.3%で目標値の上限を上回っており，前巡と同様，土壌中のリン酸は蓄積傾向にあった。また，調査開始以降の窒素，リン酸およびカリの総施肥量は減少しているものの，生産力は低下していないことから，肥料の利用率の向上が施肥量の削減に貢献していると考えられた。

畑地および樹園地では，土壌群や地目の違いによって土壌理化学性の特徴が大きく異なった。しかし，堆肥や肥料を過剰に施用している地点が多かったことから，それぞれの産地や地目に合った適正な土づくりおよび施肥管理が必要であると考えられた。

1. 緒 言

滋賀県では農林水産省の土壌保全対策事業である土壌環境基礎調査(1979年～1998年)および土壌機能実態モニタリング調査(1999年～)において土壌管理や肥培管理の実態ならびに理化学性の変化についての調査を継続的に実施している。

武久ら¹¹⁾による第1報では，1979年～1998年の土壌分析結果をもとに，土壌群別および地域別に土壌理化学性の実態を明らかにした。本報では，1999年～2003年の調査結果を加え，土壌理化学性の変化と施肥の実態について考察した。

2. 方 法

2. 1 調査地点

滋賀県内の主要な土壌群について，土地利用，営農条件あるいは気象条件等の土壌に及ぼす要因を勘案して，調査地区を選定した。その中から，当該地区の土地利用，営農実態を代表し，継続的に調査が可能な地点を3～5箇所選定し，定点とした。

県内を4つのブロックに分け，各年度に1ブロックずつ調査し，4年間で県内を1巡した。平成11(1999)年度は湖東地域および東近江西部地域(Iブロック)，平成

*現，大津・南部農業農村振興事務所農産普及課， **現，滋賀県農政水産部農業経営課

12(2000)年度は東近江東部地域および甲賀地域(Ⅱブロック)、平成13(2001)年度は湖南・大津地域および湖西地域(Ⅲブロック)、平成14(2002)年度は湖北地域(Ⅳブロック)の各定点を調査した。

各調査地区は、一般的な調査を行う一般定点と、特に精密な調査を実施するための重要定点1ほ場で構成される。調査地点の概要については表1に示した。

地目別には、本県の農耕地の約92%を占める水田は170地点で調査を実施した。水田の土壌群の内訳は、多湿黒ボク土4地点、灰色台地土4地点、褐色低地土9地点、灰色低地土86地点、グライ土64地点および泥炭

土3地点であった。露地畑、施設畑では野菜の主要産地3地区を主とした16地点、樹園地では茶およびカキの主要産地3地区を主とした13地点を調査した。

2. 2 調査方法および分析方法

土壌理化学性の測定は、「土壌環境基礎調査における土壌・水質及び作物体分析法」^{14, 15)}に従った。

また、調査ほ場の耕作者に対して土壌管理および肥培管理についてのアンケート調査を実施した。

表1 定点調査地点の概要

ブロック名	地区名	市町村名	土 壌 群 (地点数)	重要定点の土壌統群	地目 (作目)	備 考	
Ⅰ	甘南子東西福大	呂三子円善提堂	彦根市 " " 甲良町 愛荘町 近江市 " " 安土町 近江八幡市 東竜王町 西竜王町 彦根市	グライ土(5)	細粒強グライ土	水田	変更地点(1)
				灰色低地土(1), グライ土(4)	中粗粒灰色低地土, 灰色系	水田	
				褐色低地土(1), 灰色低地土(4)	中粗粒灰色低地土, 灰色系	水田	
				褐色低地土(1), 灰色低地土(4)	礫質灰色低地土, 灰色系	水田	
				褐色低地土(5)	細粒褐色低地土, 斑紋あり	水田	
				灰色低地土(4), グライ土(1)	細粒灰色低地土, 灰色系	水田	
				グライ土(5)	細粒強グライ土	水田	
				灰色低地土(1), グライ土(4)	細粒グライ土	水田	
				灰色低地土(5)	中粗粒灰色低地土, 灰色系	水田	
				灰色低地土(5)	細粒灰色低地土, 灰色系	水田	
Ⅱ	小中市	脇野子沖物師善北上柑頓下	東近江市 " " " " " " " " " " " " " " " " " "	多湿黒ボク土(4)	表層腐植質多湿黒ボク土	水田	重要定点変更
				灰色低地土(4)	細粒灰色低地土, 灰褐色系	水田	
				灰色低地土(4)	細粒灰色低地土, 灰色系	水田	
				灰色低地土(4)	細粒灰色低地土, 灰色系	水田	
				灰色低地土(4)	細粒灰色低地土, 灰色系	水田	
				灰色低地土(4)	中粗粒灰色低地土, 灰色系	水田	
				灰色低地土(4)	細粒灰色低地土, 灰褐色系	水田	
				灰色低地土(1), グライ土(3)	細粒グライ土	水田	
				褐色低地土(1), グライ土(3)	細粒グライ土	水田	
				黄色土(3), 灰色低地土(1)	細粒黄色土	樹園地(茶)	
Ⅲ	安幸津常北五桐堂南青太中深泰	治川河西警山田" "生堂比良柳田溝水" "寺	洲守山市 " " 草津市 " " " " 大津市 " " " " 高島市 " " " " " " " "	灰色低地土(2), グライ土(2)	中粗粒強グライ土	水田	施設畑(野菜)
				グライ土(4)	細粒グライ土	水田	
				灰色低地土(3), グライ土(1)	中粗粒灰色低地土, 灰色系	水田	
				灰色低地土(1), グライ土(3)	細粒グライ土	水田	
				灰色低地土(4)	中粗粒灰色低地土, 斑紋なし	施設畑(野菜)	
				灰色低地土(1), グライ土(1)	中粗粒灰色低地土, 灰色系	水田	
				灰色低地土(1), グライ土(1)	施設畑(野菜)	施設畑(野菜)	
				灰色台地土(4)	細粒灰色台地土	水田	
				灰色低地土(4)	細粒灰色低地土, 灰色系	水田	
				灰色低地土(3), グライ土(1)	礫質灰色低地土, 灰色系	水田	
Ⅳ	下東南北垣加加市世入春	余田速之垣加市世入春	呉高水郷籠今場米原市 " " " " " " " " " " " " " " " " " "	灰色低地土(3), グライ土(1)	礫質灰色低地土, 灰色系	水田	施設畑(野菜) 地目変更
				灰色低地土(2), グライ土(2)	細粒灰色低地土, 灰褐色系	水田	
				グライ土(4)	細粒強グライ土	水田	
				灰色低地土(4)	礫質灰色低地土, 灰色系	水田	
				灰色低地土(4)	細粒灰色低地土, 灰色系	水田	
				灰色低地土(1), グライ土(3)	細粒グライ土	水田	
				グライ土(4)	中粗粒強グライ土	水田	
				灰色低地土(3)	灰色低地土, 下層黒ボク	水田	
				グライ土(4)	細粒強グライ土	水田	
				グライ土(1), 泥炭土(3)	泥炭土	水田	
黒ボク土(4), 灰色低地土(1)	表層腐植質黒ボク土	樹園地(果樹) カキ園					

注1) 備考欄の「変更地点」は、第4巡調査以降のほ場整備、宅地化等により同一地点での調査が継続できなくなったため、新たに設置した地点を示す。「重要定点変更」は、第4巡調査までの重要定点を廃止し、一般定点を重要定点に変更したことを示す。「地目変更」は、第4巡調査時点の地目(水田)と第5巡調査時点の地目(施設畑)が異なることを示す。()内は地点数を示す。

注2) 土壌類型区分の下線は重要定点(各地区1地点)の土壌群。

3. 結果および考察

3. 1 水田

3. 1. 1 土壌改良目標値からみた土壌理化学性の実態

第5巡の分析結果(表2)により、土壌改良目標値(表3)⁶⁾からみた土壌理化学性の頻度分布を図1に示した。作土深については、目標値(15cm以上)を満たしてい

る地点が130地点中の69地点で、全体の53.1%であった。前巡では同割合が29.0%であり、改善がみられた。

pHについては、目標値(5.5~6.5)を満たしている地点が170地点中の94地点で、全体の55.3%であったが、55地点(32.4%)が目標値を下回っており、資材の施用等により改善を図ることが望まれる。

腐植については、170地点中の168地点(98.8%)で目標値(多湿黒ボク土、泥炭土：5~10%、その他：2~10%)を満たしていたが、下限値に近い地点が多かった。

表2 水田の土壌群別土壌理化学性(第5巡)

土壌群	作土深 (cm)	仮比重 (g/ml)	pH H ₂ O	T-C (%)	T-N (%)	C/N	腐植 (%)	CEC (me/100g)	置換性塩基			塩基飽和度 (%)	リン酸吸収係数	可給態P ₂ O ₅ (mg/100g)	可給態SiO ₂ (%)	遊離Fe ₂ O ₃ (%)	
									CaO	MgO	K ₂ O						
									(mg/100g)								
(全土壌群)	地点数 130	118	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	44	170	161	46	
	平均	15.0	1.01	5.8	2.10	0.20	10.5	3.62	14.8	231	36	19	68.8	749	25.6	23.1	0.84
	標準偏差	1.5	0.14	0.5	0.83	0.07	0.9	1.43	5.0	105	26	7	17.1	349	17.8	15.1	0.53
	変動係数	10.0	14.0	9.3	39.6	34.6	8.3	39.6	33.7	45.4	73.6	39.5	24.9	46.6	69.3	65.3	63.0
	最大値	20.0	1.40	7.3	6.82	0.62	13.0	11.73	32.5	530	170	51	119.5	1612	119.1	86.3	2.90
	最小値	12.0	0.52	4.9	1.21	0.13	7.2	2.08	6.5	51	8	5	27.3	68	2.3	5.9	0.16
褐色低地土	地点数	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	2	9	6	4	
	平均	15.3	1.09	6.0	2.01	0.18	11.0	3.46	15.8	276	48	23	79.2	623	33.7	43.7	0.91
	標準偏差	0.8	0.07	0.2	0.34	0.03	1.0	0.59	3.7	75	46	5	13.0	-	15.8	32.1	0.44
	変動係数	4.9	6.1	4.2	16.9	15.4	9.3	16.9	23.1	27.2	96.4	21.3	16.4	-	47.0	73.5	48.4
	最大値	16.3	1.17	6.4	2.53	0.25	12.1	4.35	23.3	359	167	30	93.5	658	61.1	86.3	1.37
	最小値	14.3	0.97	5.7	1.50	0.16	9.4	2.58	9.8	119	8	13	50.4	588	2.7	17.7	0.32
灰色低地土	地点数	61	53	86	86	86	86	86	86	86	86	86	23	86	84	23	
	平均	15.3	1.08	5.8	1.83	0.18	10.4	3.15	12.2	191	25	17	67.4	572	29.2	21.8	0.58
	標準偏差	1.6	0.13	0.6	0.46	0.04	0.8	0.78	3.0	85	12	7	18.8	220	16.3	14.0	0.32
	変動係数	10.1	11.7	10.2	24.9	22.6	7.9	24.9	24.4	44.3	47.8	42.9	27.9	38.4	56.0	64.2	55.5
	最大値	20.0	1.40	7.3	4.01	0.36	13.0	6.90	22.4	450	65	51	119.5	1033	80.1	74.3	1.46
	最小値	12.0	0.76	4.9	1.22	0.13	7.2	2.10	6.5	51	9	5	27.3	68	3.7	6.4	0.16
グライ土	地点数	53	51	64	64	64	64	64	64	64	64	64	13	64	60	13	
	平均	14.6	0.95	5.8	2.17	0.21	10.4	3.73	16.5	252	46	19	69.1	805	19.1	22.6	1.16
	標準偏差	1.4	0.10	0.5	0.46	0.04	0.7	0.79	4.5	104	32	7	15.5	238	17.1	14.2	0.71
	変動係数	9.8	10.7	8.7	21.2	19.2	6.9	21.2	27.5	41.1	69.4	35.9	22.5	29.5	89.6	62.7	60.9
	最大値	18.0	1.14	6.7	3.54	0.32	12.6	6.09	28.1	501	170	51	100.8	1198	119.1	62.1	2.90
	最小値	12.3	0.70	4.9	1.31	0.14	8.4	2.25	8.1	84	12	8	42.6	352	2.3	5.9	0.21
多湿黒ボク土	重要定点	-	0.86	5.8	5.07	0.39	13.0	8.72	24.1	444	34	38	76.1	1539	52.2	20.2	0.83
	一般定点1	-	-	5.5	5.97	0.47	12.7	10.27	26.5	368	37	32	59.1	1612	77.8	29.4	1.22
	一般定点2	17.0	-	5.2	5.27	0.41	12.9	9.06	20.9	235	17	20	46.1	1607	32.7	19.7	1.13
	一般定点3	18.0	-	5.8	4.79	0.38	12.6	8.24	23.4	411	33	35	72.0	1455	58.2	32.3	0.98
	平均	17.5	0.86	5.6	5.28	0.41	12.8	9.07	23.7	365	30	31	63.3	1553	55.2	25.4	1.04
灰色台地土	重要定点	15.0	1.09	6.7	1.63	0.15	10.9	2.80	18.2	360	70	20	91.6	797	25.0	27.0	0.80
	一般定点1	12.3	1.10	5.4	1.21	0.13	9.3	2.08	19.8	285	60	19	68.4	-	6.6	18.3	-
	一般定点2	13.7	0.99	6.3	1.48	0.15	9.9	2.55	18.9	327	81	21	85.1	-	11.7	20.9	-
	一般定点3	-	-	6.0	1.55	0.16	9.7	2.67	19.6	326	81	18	81.7	-	11.3	18.4	-
	平均	13.7	1.06	6.1	1.47	0.15	9.9	2.52	19.1	325	73	20	81.7	797	13.7	21.2	0.80
泥炭土	重要定点	14.7	0.53	5.5	6.82	0.62	11.0	11.73	32.5	530	39	26	65.7	1059	25.5	22.8	1.64
	一般定点1	-	-	5.0	4.70	0.45	10.4	8.08	31.7	416	50	28	56.4	-	8.9	20.9	-
	一般定点2	15.5	0.52	5.5	4.71	0.47	10.0	8.10	31.4	520	50	15	68.0	-	11.2	36.3	-
	平均	15.1	0.53	5.3	5.41	0.51	10.5	9.31	31.9	489	46	23	63.4	1059	15.2	26.7	1.64

注) 多湿黒ボク土、灰色台地土、泥炭土については、地点数が少ないため地点ごとの数値を記載した。

表3 滋賀県の主な土壌改良目標値

地目	土壌群	作土深 (cm)	pH H ₂ O	腐植 (%)	CEC (me/100g)	塩基飽和度 (%)	可給態P ₂ O ₅ (mg/100g)	可給態SiO ₂ (%)	遊離Fe ₂ O ₃ (%)
水田	多湿黒ボク土、泥炭土	15以上	5.5~6.5	5~10	20以上	60~90	10~20	15~30	0.8~2.0
	灰色台地土、褐色低地土	15以上	5.5~6.5	2~10	20以上	70~90	10~20	15~30	0.8~2.0
	灰色低地土、グライ土								
普通畑	黒ボク土	25以上	6.0~6.5	5~10	20以上	60~90	30~100	-	-
施設	褐色低地土、灰色低地土	25以上	6.0~6.5	2~4(砂質)	20以上	70~90	30~75	-	-
	グライ土			3~5(壤~粘質土)					
樹園地 (茶)	褐色森林土、黄色土	-	4.0~5.0	2~4(砂質)	20以上	50~60	10~30	-	-
	灰色低地土			3~5(壤~粘質土)					
樹園地 (果樹)	黒ボク土	-	5.5~6.5	7~15	20以上	40~60	10~30	-	-
	灰色低地土	-	5.5~6.5	3~5(壤~粘質土)	20以上	70~90	10~30	-	-

注) 定点調査地点に該当する部分のみ表に示した。

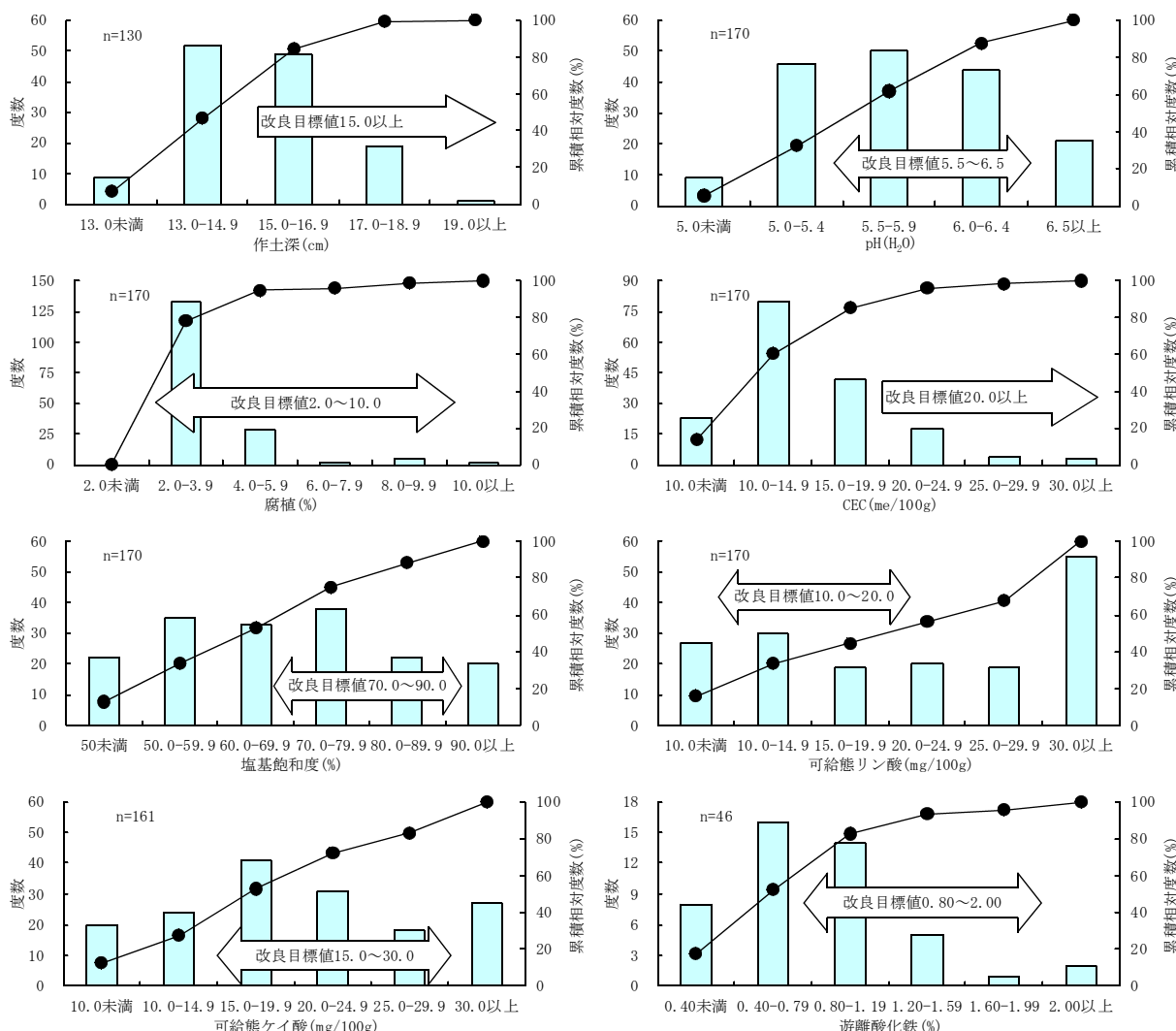


図1 水田における各土壌理化学性の頻度分布 (第5巡)

注1) 棒グラフは度数, 折れ線グラフは累積相対度数を示す。

注2) 図中の改良目標値は灰色台地土, 褐色低地土, 灰色低地土, グライ土の目標値を示す。多湿黒ボク土, 泥炭土については表2に示す。

CECでは, 腐植含量の高い黒ボク土や泥炭土において全地点で目標値(20me/100g以上)を満たしていたが, 県内水田のほとんどを占める灰色低地土やグライ土では目標値を満たしている地点が少なかった。このため, 170地点中の155地点(85.3%)で目標値を下回った。

塩基飽和度では, 目標値(多湿黒ボク土, 泥炭土: 60~90%, その他: 70~90%)を満たしている地点が, 多湿黒ボク土および泥炭土で7地点中4地点(57.1%), その他の土壌タイプで163地点中58地点(35.6%)で, 前巡よりも低い水準となった。

可給態リン酸では, 目標値(10~20mg/100g)を満たしている地点が170地点中の49地点で, 全体の28.8%で

あった。しかし, 94地点(55.3%)で目標値の上限を上回っており, 前巡と同様, 目標値を超過している地点が多かった。

可給態ケイ酸では, 目標値(15~30mg/100g)を満たしている地点が161地点中の90地点で, 全体の55.9%であった。44地点(27.3%)で目標値を下回る一方で, 27地点(16.8%)で目標値の上限を上回っており, ばらつきが大きかった。

遊離酸化鉄では, 目標値(0.8~2.0%)を満たしている地点が46地点中の20地点(43.5%)であった。目標値未満の地点は24地点(52.2%)であり, 灰色低地土が19地点と多かった。

3. 1. 2 施肥の実態と経年変化

アンケート調査に基づき、土壌の理化学性に関する有機物、土壌改良資材および肥料の施用実態について第1巡から第5巡までの推移をみた。

(1) 有機物の施用

第1巡以降、有機物が施用されているほ場数および施用率について表4に示した。

表4 有機物が施用されている水田の割合の推移

調査有効ほ場数	有機物施用ほ場数 ¹⁾		施用率(%)		牛糞堆肥平均施用量 ²⁾ (kg/10a)	
	うち牛糞堆肥施用ほ場数	うち牛糞堆肥施用ほ場数	うち牛糞堆肥施用率(%)	うち牛糞堆肥施用率(%)		
第1巡 (S54~58)	188	12	8	6.4	4.3	2229
第2巡 (S59~63)	202	11	5	5.4	2.5	2520
第3巡 (H1~5)	205	21	7	10.2	3.4	1471
第4巡 (H6~10)	206	11	5	5.3	2.4	1560
第5巡 (H11~15)	141	12	8	8.5	5.7	1725

注1) 稲わら等作物残渣のほ場還元については含めていない。

注2) 牛糞堆肥平均施用量は、牛糞堆肥が施用されているほ場の平均値。

有機物の種類としては牛糞堆肥の割合が多く、続いて豚糞堆肥や鶏糞等が施用されていた。施用されている有機物のほとんどを家畜糞や家畜糞堆肥が占めており、稲わら堆肥等の自給肥料はほとんど施用されていなかった。また、第1巡から第5巡までの施用ほ場数の推移は概ね横ばいであり、その施用率は非常に低く、第3巡を除いて10%に満たなかった。

(2) 土壌改良資材の施用

第1巡以降、土壌改良資材が施用されているほ場数および施用率について表5に示した。

表5 土壌改良資材が施用されている水田の割合の推移

調査有効ほ場数	土壌改良資材施用ほ場数	施用率(%)		
		施用率(%)	うち含鉄資材施用率(%)	
第1巡 (S54~58)	188	172	91.5	14.9
第2巡 (S59~63)	199	156	78.4	-
第3巡 (H1~5)	215	160	74.4	11.6
第4巡 (H6~10)	205	137	66.8	7.3
第5巡 (H11~15)	141	88	62.4	6.4

第1巡では91.5%のほ場で土壌改良資材が施用されていたが、その後徐々に低下しており、第5巡では約30%減の62.4%となった。それに伴い、施用量も減少した。

資材の種類は、鉱さいケイ酸質肥料およびリン酸質肥料が多く、この2種類でほとんどを占めていた。施用率は含鉄資材で最も低下しており、第1巡の14.9%から第5巡の6.4%に低下していた。このため、水田の遊離酸化鉄について、継続的なモニタリングが必要と考えられた。

土壌改良資材は作物の直接的な栄養素となる肥料とは異なり、土壌の物理性や化学性を改良することを目的とするものであるため、農業経営の中で直接的な利益に貢献しないと考えられ、施用が見送られる傾向にあるのではないかと考えられた。

(3) 窒素施肥

第1巡以降の窒素施肥量の推移を図2に示した。

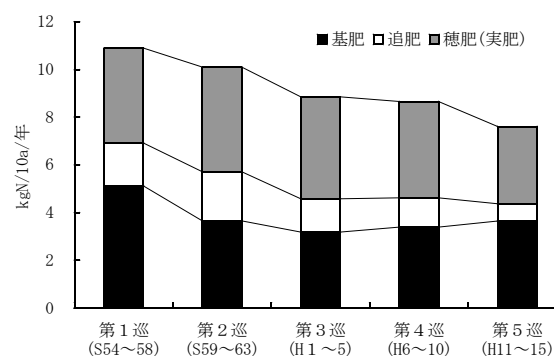


図2 水稻における窒素施肥量の推移

滋賀県では、「滋賀県琵琶湖の富栄養化の防止に関する条例」が1979年に公布され、農業においても窒素やリンを含む排水をみだりに公共水域に排出しないよう、適正な施肥および水管理に努める義務が課されている。1982年には追肥重点型の施肥法^{1, 12, 13)}が普及に移され、第1巡に5.1kgN/10a施用されていた基肥が、第2巡には3.7kgN/10aと大きく減少した。新たな施肥法は、もともと水稻の収量向上のために開発された技術であったが、農業排水対策にも極めて有効であることが明らかにされている¹⁷⁾。農業分野における環境負荷を低減するため、本施肥法の普及に努めた効果と考えられる。また、第5巡では食味確保の目的で実肥の実施が見送られる^{20, 22)}ようになり、総施肥量についても第1巡の10.9kgN/10aから第5巡の7.6kgN/10aと大きく減少した。一方、第3巡以降、基肥がわずかに増加していることは、被覆肥料等の追肥省略型の施肥が徐々に増えた影響と考えられた。

(4) リン酸施肥

第1巡以降のリン酸施肥量の推移を図3に示した。

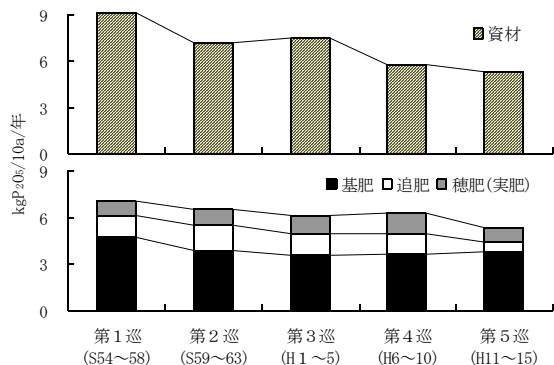


図3 水稻におけるリン酸施肥量の推移

リン酸は、第1巡に基肥で4.6kgP₂O₅/10a施用されていたが、第2巡には3.9kgP₂O₅/10aになった。また、総施肥量も第1巡の7.0kgP₂O₅/10aから第5巡の5.3kgP₂O₅/10aと減少した。リン酸の施肥が減少傾向にある理由は、施用される肥料のほとんどが複合肥料であることから、窒素施肥量の減少に付随するためと考えられた。ただし、リン酸は穂肥としてはあまり施用されないため、減少傾向は窒素に比べて緩やかであった。さらに、リン酸質の資材施用率の低下に伴い、土壤改良資材として施用されるリン酸についても、第1巡の9.1kgP₂O₅/10aから第5巡の5.3kgP₂O₅/10aと大幅に減少した。

(5) カリ施肥

第1巡以降のカリ施肥量の推移を図4に示した。

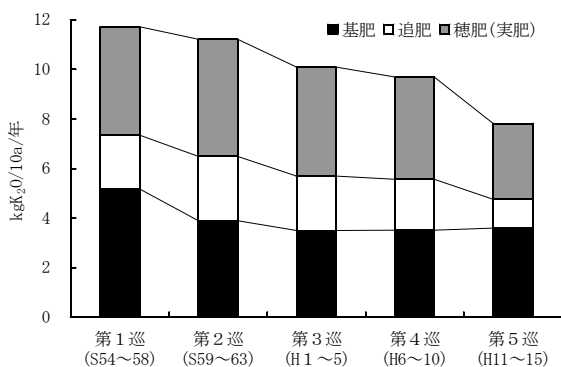


図4 水稻におけるカリ施肥量の推移

カリは、第1巡に総施肥量11.7kgK₂O/10aであったが、第5巡には7.8kgK₂O/10aとなり、特に第5巡での減少が大きくなった。近年はカリ成分の少ない有機質肥料が施用されるケースが増えているためと考えられた。カリの施肥についても、複合肥料として施用される傾向が強いため、窒素と類似する傾向が認められた。

(6) 施肥と生産性

滋賀県における水稻収穫量と普通化学肥料搬入量の推移を図5に示した。

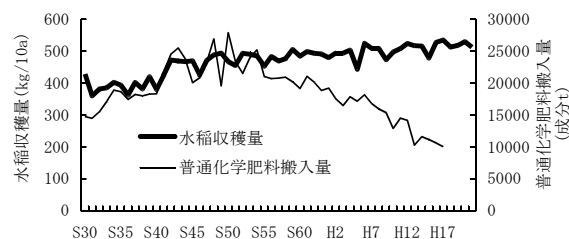


図5 滋賀県における水稻収穫量と普通化学肥料搬入量の推移

注1) データの出典は、農林水産省作況調査および滋賀県土壤肥料協会発行『土と肥料』による。

注2) 普通化学肥料搬入量は、窒素、リン酸およびカリの合算値。

これまで述べてきたように、有機物や土壤改良資材はもとより、窒素、リン酸およびカリの施肥量が減少傾向にあることは、滋賀県における普通化学肥料搬入量が1979年以降減少傾向にあることと一致する。一方、水稻の収穫量は1979年以前より現在に至るまで微増傾向にある。このことから、施肥量の減少が生産性の低下を招いているという事実はなく、肥料の利用率の向上が生産性の維持と施肥量の削減に貢献しているということが分かる。

3. 1. 3 土壤理化学性の経年変化からみた現状と課題

土壤実態に応じた的確な土づくり対策を推進するためには、土壤タイプごとに経年変化を把握する必要がある。そこで、県内で分布面積の大きい灰色低地土およびグライ土を対象に、第1巡から第5巡までの土壤理化学性の推移について図6に示した。また、データの連続性を維持するため、欠測値がなく、ほ場整備等による地点変更のなかった重要定点のみを対象にした。

作土深については、灰色低地土およびグライ土ともにやや深くなる傾向がみられた。これは、耕深を深くすることで水稻の根の張りを良くし、収量や品質を向上させる効果があるという知見¹⁸⁾が広く普及してきたためと考えられた。また、近年大型のトラクターによるプラウ耕など、従来より深く耕うんできる手段が普及してきたことも原因の一つと考えられた。

土壤pHについては、灰色低地土では第2巡以降、低下傾向がみられた。これは、神田ら³⁾の報告にもある

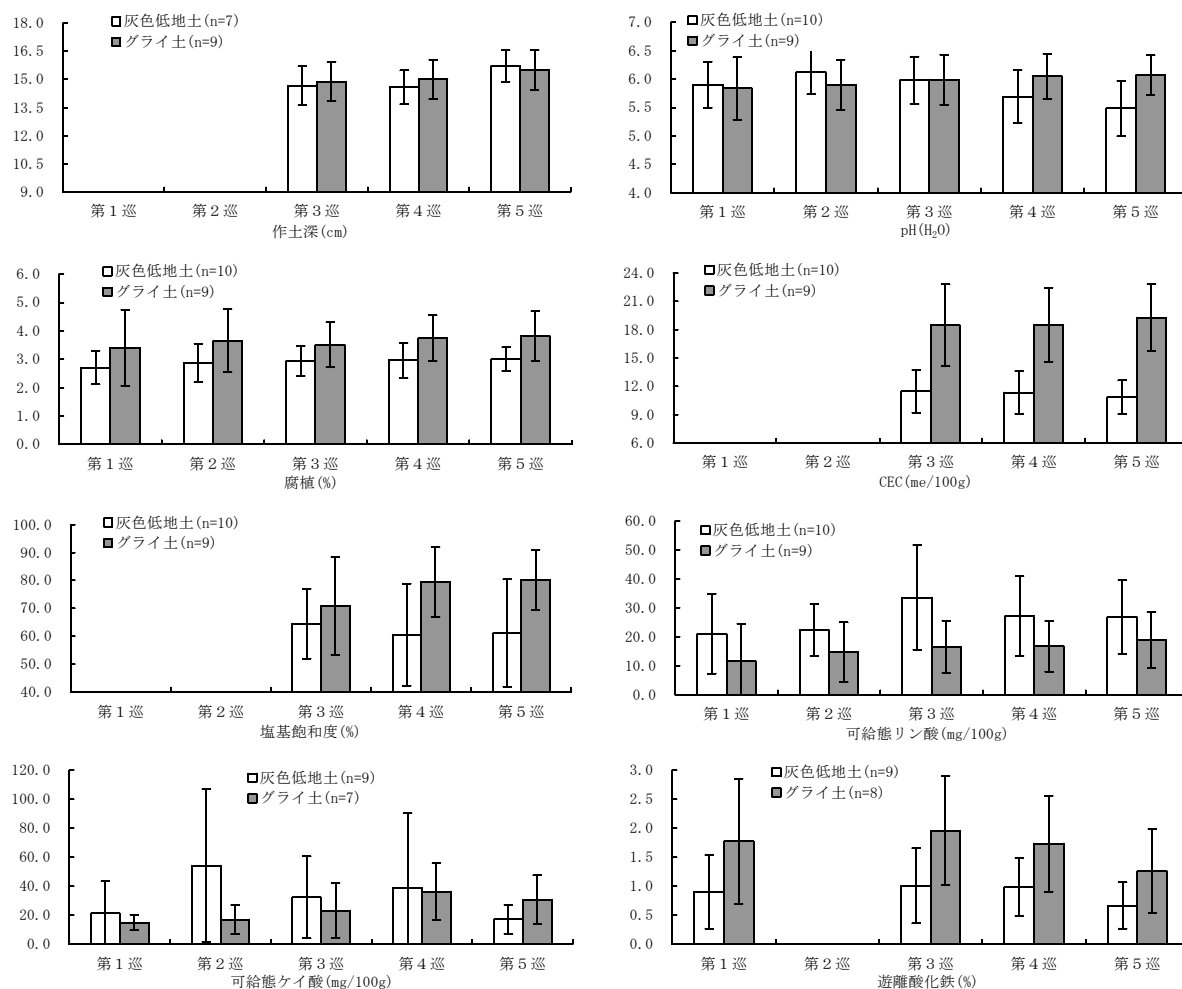


図6 灰色低地土およびグライ土水田（重要定点）における土壌理化学性の推移

注1) 図中のエラーバーは標準偏差を示す。

注2) 遊離酸化鉄の第1巡のⅢおよびⅣブロックの値は、第2巡の値。

注3) 第1～2巡の作土深、CEC、塩基飽和度および第2巡の遊離酸化鉄については、十分なデータがないため省略した。

ように、土壌改良資材の施用が減少傾向にあることと関連が強く、本調査においてもアルカリ分を含む土壌改良資材の施用率が経年的に低下していることと一致する。一方、グライ土ではpHの大きな変化はみられず、乾田に比べ湿田では塩基類の溶脱が少ないためと考えられた。

腐植については、灰色低地土およびグライ土ともに概ね横ばいであった。本調査では、ほとんどの地点で堆肥等の有機物は施用されていないが、コンバイン収穫後に稲わらが還元されており、柴原ら⁸⁾の報告にあるように、このことが土壌の有機物含量の維持に貢献していると考えられた。しかし、近年は畑利用が増加していることから、土壌の有機物が消耗しやすいため、継続して調査をしていく必要があると考えられた。

塩基飽和度については、グライ土ではやや高くなる傾向にあったが、灰色低地土では逆に低くなる傾向にあった。これは、pHと同様、土壌改良資材の施用率が低下傾向にあることと、溶脱が要因となっていると考えられた。

可給態リン酸については、灰色低地土およびグライ土ともに概ね増加傾向にあった。全国においても同様の傾向が認められており^{2, 9, 19)}、リン酸の総施肥量は減少傾向にあるものの、農地へのリン酸の蓄積は進んでいると考えられた。水稻作付期間中のリン酸は、濁水等による懸濁態リンとしての流出割合が高く、水管理によって排出型(汚濁型)に作用する¹⁶⁾ことから、生態系への影響を抑えるためにも、土壌分析によるリン酸の適正かつ効率的な施肥を進める必要がある。

遊離酸化鉄については、灰色低地土およびグライ土ともに第3巡以降、減少傾向にあった。近年、含鉄資材の施用率が低下していることが一因と考えられた。特に、灰色低地土では第5巡で改良目標値を下回っている地点が多かった。

以上より、水田では施肥法の改善や被覆複合肥料の増加により総施肥量が減少傾向にあり、生産効率の改善や環境への負荷低減は進んでいる^{4,10)}と考えられた。しかし、土壌中のリン酸の蓄積傾向は変わらず認められ、施肥改善の必要性が示唆された。また、灰色低地土では塩基飽和度の低下や遊離酸化鉄含量の減少により、土壌の理化学性の悪化が認められた。これは、石灰資材や含鉄資材など土壌改良資材の施用率の低下が一因であると考えられた。

3. 2 畑地および樹園地

第5巡の分析結果(表6)と土壌改良目標値(表3)の比較を行い、表7に示した。

露地畑では、全ての地点で作土深、pH、塩基飽和度および可給態リン酸が目標値を下回っていた。一方、腐植は全ての地点で目標値を超過しており、黒ボクの影響がうかがえた。pHや塩基飽和度の値が低いことから、石灰資材を施用し、pHを矯正する必要があると考えられた。

施設畑では、約半数の地点で作土深やCECが目標値範囲内であったが、pH、塩基飽和度および可給態リン酸については目標値超過地点が多かった。これは、施肥や牛糞堆肥等の有機物が多く施用されているためと

表6 畑地および樹園地の土壌理化学性(第5巡)

地目	土壌群	作土深 (cm)	仮比重 (g/ml)	pH H ₂ O	T-C (%)	T-N (%)	C/N	腐植 (%)	CEC (me/100g)	置換性塩基			塩基飽和度 (%)	リン酸吸収係数	可給態 P ₂ O ₅ (mg/10)	遊離 Fe ₂ O ₃ (%)	
										CaO (mg/100g)	MgO (mg/100g)	K ₂ O					
露地畑	黒ボク土(4地点)	地点数	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
		平均	21.4	0.68	5.6	8.86	0.45	19.8	15.2	44.4	288	30	36	28.1	2380	24.8	2.32
		標準偏差	1.4	-	0.2	0.81	0.04	0.5	1.4	1.4	85	19	10	8.1	40	3.1	0.36
		変動係数	6.3	-	3.6	9.2	9.7	2.6	9.2	3.1	29.4	61.9	27.4	28.8	1.7	12.6	15.5
		最大値	23.0	0.71	5.7	9.89	0.51	20.5	17.0	45.8	393	55	44	36.1	2432	26.8	2.69
最小値	19.7	0.64	5.3	7.97	0.41	19.4	13.7	42.6	211	12	22	20.1	2334	20.2	1.84		
施設畑	褐色低地土(5地点) 灰色低地土(6地点) グライ土(1地点)	地点数	12	4	12	12	12	12	7	12	12	12	12	6	12	6	
		平均	22.3	1.10	6.7	2.89	0.27	10.5	2.8	19.6	575	75	92	136.5	974	346.8	1.42
		標準偏差	5.6	0.25	0.5	1.63	0.14	1.3	1.2	10.0	330	32	82	25.0	339	182.7	0.50
		変動係数	25.2	22.5	7.3	56.3	51.3	12.2	40.6	51.2	57.4	42.4	89.6	18.3	34.8	52.7	35.1
		最大値	32.0	1.43	7.5	5.04	0.46	12.3	5.0	34.7	1315	135	285	178.3	1417	636.6	1.83
最小値	14.0	0.83	5.9	0.86	0.10	8.1	1.5	7.8	264	38	20	105.2	458	68.2	0.47		
樹園地 (茶)	褐色森林土(2地点) 黄色土(5地点) 灰色低地土(1地点)	地点数	-	-	8	8	8	8	8	8	8	8	8	2	8	2	
		平均	-	-	4.2	6.17	0.66	9.2	10.6	46.2	171	42	78	28.8	844	209.7	0.68
		標準偏差	-	-	1.0	4.01	0.41	0.5	6.9	17.8	118	47	27	26.6	-	112.6	-
		変動係数	-	-	23.3	65.1	61.9	5.6	65.1	38.5	69.4	111.0	34.7	92.4	-	53.7	-
		最大値	-	-	5.7	12.30	1.26	9.8	21.2	74.8	387	153	113	73.0	961	409.7	0.74
最小値	-	-	3.2	1.94	0.22	8.4	3.3	20.2	56	11	38	7.3	726	46.7	0.61		
樹園地 (カキ)	黒ボク土(4地点) 灰色低地土(1地点)	地点数	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	
		平均	-	-	5.5	3.43	0.28	12.0	5.9	31.6	585	27	57	72.2	1264	82.2	1.37
		標準偏差	-	-	0.7	0.80	0.05	1.3	1.4	4.6	463	14	19	50.6	-	67.2	0.17
		変動係数	-	-	12.1	23.2	17.7	10.6	23.2	14.5	79.1	50.4	33.8	70.0	-	81.8	12.3
		最大値	-	-	6.3	4.18	0.34	13.3	7.2	36.7	1330	46	77	151.6	-	171.5	1.50
最小値	-	-	4.6	2.14	0.21	10.2	3.7	24.8	113	10	30	21.0	-	17.3	1.08		

表7 畑地および樹園地における各土壌理化学性と土壌改良目標値の比較(第5巡)

項目	作土深 (cm)	pH H ₂ O	腐植 (%)	CEC (me/100g)	塩基飽和度 (%)	可給態 P ₂ O ₅ (mg/100g)
露地畑	4	4	4	4	4	4
目標値未満地点数	4	4	0	0	4	4
目標値範囲内地点数	0	0	0	4	0	0
目標値超過地点数	-	0	4	-	0	0
目標値範囲内地点割合	0%	0%	0%	100.0%	0%	0%
施設畑	12	12	7	12	12	12
目標値未満地点数	6	1	4	7	0	0
目標値範囲内地点数	6	4	2	5	0	1
目標値超過地点数	-	7	1	-	12	11
目標値範囲内地点割合	50.0%	33.3%	28.6%	41.7%	0%	8.3%
樹園地 (茶)	-	8	8	8	8	8
目標値未満地点数	-	5	0	0	6	0
目標値範囲内地点数	-	1	1	8	0	0
目標値超過地点数	-	2	7	-	2	8
目標値範囲内地点割合	-	12.5%	12.5%	100.0%	0%	0%
樹園地 (カキ)	-	5	5	5	5	5
目標値未満地点数	-	2	3	0	2	0
目標値範囲内地点数	-	3	1	5	2	2
目標値超過地点数	-	0	1	-	1	3
目標値範囲内地点割合	-	60.0%	20.0%	100.0%	40.0%	40.0%

注) 目標値は表2に示す。

考えられるが、ハウス土壌では下層から上層への水の動きが強いため、施肥が過剰に行われると遊離した塩類が地表に移動集積する。特に、本調査の全ての地点で塩基飽和度が100%を超えているため、施肥の適正化とともに、除塩の必要があると考えられた。

茶園では、pHおよび塩基飽和度で目標値未満が多かったことから、土壌の酸性化がうかがえた。茶は、pH 4.0～5.0の酸性土壌を好むが、pH4.0を下回るような極端な酸性は根の生長を抑制する⁵⁾ため、目標値以下の地点では酸度矯正が必要と考えられた。また、可給態リン酸については全ての地点で目標値を超過しており、土壌診断に基づく施肥が必要であると考えられた。さらに、腐植含量がほとんどの地点で目標値を超過していたが、これは安田らの報告²¹⁾と同様の傾向であり、摘採された茎葉部の残渣が耕土に豊富に供給されているためと考えられた。

カキ園では、地点のほとんどが黒ボク土であるが、腐植が目標値未満の地点が5地点中3地点ある一方で、可給態リン酸が3地点で基準値を超過していた。リン酸の施肥量は多くなかったが、カキ園では果樹の周りに集中的に有機物や肥料が施用されているため、この影響で可給態リン酸含量が高くなったと考えられた。

以上より、畑地および樹園地では土壌群や地目の違いによって土壌理化学性の特徴が大きく異なった。しかし、畑地や樹園地では堆肥や肥料を過剰に施用している地点が多かったことから、それぞれの産地や地目に合った適正な施肥対策が必要であると考えられた。

謝 辞

本調査の遂行にあたり、土壌調査やアンケート調査にご協力いただいた耕作者の方々に謝意を表す。

引用文献

- 岡本将宏・大橋恭一・長谷川清善・西川吉和, 1986. 機械移植水稻の施肥配分が物質生産と窒素収支に及ぼす影響(第1報)生育経過と窒素吸収について. 滋賀県農業試験場研究報告. 27 : 1-16.
- 小原洋・中井信, 2004. 農耕地土壌の可給態リン酸の全国的変動-農耕地土壌の特性変動(Ⅱ). 日本土壌肥料学雑誌. 75(1) : 59-67.
- 神田美奈子・野上雅弘・小谷佳史・水澤靖弥・松田隆一・平井浩一, 2005. 水田の汎用化に伴う土壌変化. 平成17年度関東東海北陸農業研究成果情報.
- 小林敏正・小森信明・徳田裕二, 2004. 施肥改善および水管理の適正化によるグライ土水田からの栄養塩類等の流出負荷軽減対策. 滋賀県農業試験場研究報告. 45 : 13-36.
- 佐波哲次・山下正隆・武弓利雄, 1995. 土壌pH条件の違いがチャ種子根の生長に及ぼす影響. 日本作物学会九州支部会報. 61 : 57-59.
- 滋賀県, 2002. 土づくり技術対策指針. 57-112.
- 滋賀県, 1978. 地力保全基本調査総合成績書. 56-159.
- 柴原藤善・武久邦彦・小松茂雄・波部恒昭, 2000. 水稻に対する有機物および土づくり肥料の連用効果(第1報)-水稻の生育収量, 養分吸収および土壌の化学性の変化. 滋賀県農業試験場研究報告. 40 : 54-77.
- 東海林覚: 山形県の水田土壌におけるリン酸蓄積の実態とその有効活用, 1992. 山形県立農業試験場特別研究報告. 21 : 1-48.
- 園田敬太郎・徳田裕二・岡本佐知子・田中靖志・北野亮・大橋恭一, 1998. 水田群からの栄養塩類発生負荷量調査(第1報)-水田作付期間の水田群栄養塩類発生負荷量について. 滋賀県農業試験場研究報告. 38 : 57-65.
- 武久邦彦・柴原藤善・小松茂雄, 2000. 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. 滋賀県農業試験場研究報告. 40 : 39-53.
- 西川吉和・岡本将宏・大橋恭一・島田安二・中田均, 1983. 機械移植水稻の効率的施肥法に関する研究(第4報)窒素の施肥配分と生育・収量に及ぼす影響. 滋賀県農業試験場研究報告. 25 : 11-25.
- 西沢良一・大橋恭一・西川吉和・中田均, 1981. 機械移植水稻の効率的施肥法に関する研究(第3報)最高分げつ期肥の効果について. 滋賀県農業試験場研究報告. 23 : 38-50.
- 農林水産省農蚕園芸局農産課(編), 1979. 土壌, 水質及び作物体分析法. 土壌保全調査事業全国協議会. 1-202.
- 日本土壌協会(編), 2001. 土壌, 水質及び作物体分析法. 日本土壌協会. 1-321.

- 16) 蓮川博之・柴原藤善・駒井佐知子・水谷智・大林博幸・藤井吉隆・須戸幹, 2009. 環境こだわり農業の取り組みによる水稲作付期の流出負荷低減効果. 滋賀県農業技術振興センター研究報告. **48** : 1-21.
- 17) 長谷川清善, 1992. 水田における窒素の動態と環境への影響評価に関する研究. 滋賀県農業試験場特別研究報告. **17** : 51-69.
- 18) 日高伸・山口幹周, 1991. 深耕田の水稲生育と土壌窒素の評価. 日本土壌肥料学会講演要旨集. **37** : 283.
- 19) 松浦謙吉・中沢征三郎・上本哲・宮地勝正・谷本俊明, 1994. 広島県における水田土壌環境の実態と変化. 広島県立農業技術センター研究報告. **60** : 1-12.
- 20) 宮田邦夫・伊藤邦夫, 1991. 稲体窒素栄養条件と玄米窒素含量の関係. 日本作物学会中国支部研究集録. **32** : 6-7.
- 21) 安田典夫・石川裕一・大森螢一・米野泰滋, 1994. 三重県の農耕地土壌に関する研究(第5報)-土壌環境基礎調査から見た土壌管理および土壌の実態について. 三重県農業技術センター研究報告. **22** : 31-43.
- 22) 山田善彦・大場功・小原安雄, 1998. 米の食味関連形質の変動特性と良食味栽培法の検討. 滋賀県農業試験場研究報告. **38** : 42-56.

Summary

Soil fertility in cultivated lands in Shiga Prefecture was investigated between 1999 and 2003, and changes of physicochemical properties of paddy soil during the 25 years after the start of survey in 1979 were discussed in relation to the rate of fertilizer application and organic matter and soil amendments application rates.

In paddy fields of Shiga Prefecture, which account for about 92% of the prefecture's overall cultivated lands, base-saturation percentage and free iron oxide content were lower than the soil diagnosis standards in Shiga at 51.8% and 52.2% of the survey points, respectively; this was attributed to a reduction in soil amendments application rate. Meanwhile, available phosphate content exceeded the upper limit of the soil diagnosis standards in Shiga at 55.3% of the survey points; as in the previous report, phosphate tended to accumulate in the soil. Since the start of the survey, total nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers applied had been decreasing, whereas overall productivity had not been decreasing. It was estimated, therefore, that improved fertilizer bioavailability contributed to the reduction in the rate of fertilizer application.

In upland fields and land under perennial crops, soil physicochemical properties differed widely depending on soil group and land category. Because over-application of animal waste composts or fertilizers was prevalent at many survey points, it seems necessary to implement adequate soil improvement and fertilizer application management befitting each place of production and land category.