

## 岩手県内水田土壌における 15 年間の有機物・ 施肥管理と土壌化学性の変化\*

高橋正樹・小野剛志・島輝夫\*\*

### 摘 要

岩手県内の土壌環境基礎調査（定点調査）は、昭和 54 年から 5 年毎に実施され平成 10 年までに 4 巡目を経過した。各定点では 15 年間の管理方法と土壌の変化傾向のデータが得られた。本報告ではそのうち水田定点 355 地点での有機物・施肥管理と土壌化学性の変化傾向を取りまとめた。

その結果、有機物施用に関しては、堆きゅう肥施用農家数が減少し、コンバイン使用による稲わら施用農家数が増加する傾向が認められた。堆きゅう肥を施用している個々の農家では施用量が増加する傾向が見られるが、県全体水田での平均施用量は低下傾向にあった。

化学肥料施用に関しては、窒素、リン酸、カリの三要素が減少傾向にあり、土づくり肥料の石灰、苦土、ケイ酸施用量は三要素よりも更に減少傾向が大きかった。減少率が大きかった成分は、窒素、ケイ酸であった。

土壌化学性に関しては、全炭素含量は変化が認められなかったが、全窒素が増大傾向にあり、C/N 比が低下するなど土壌有機物の質的变化が示唆された。可給態窒素もこれに合わせて増加傾向が見られた。三要素成分である可給態リン酸及び交換性カリも増加傾向にあるが、リン酸は 4 巡目で増加が鈍った。石灰は微増傾向にあるが CEC も増えているため、土壌 pH は低下した。可給態ケイ酸は減少傾向にあった。

キーワード： 県内水田土壌 有機物・施肥管理 土壌化学性

### 緒 言

農業生産の基盤である農耕地の土壌実態を常に把握し、必要な対策を講じることは、農業生産のみならず今後の環境保全にとっても極めて重要である。そのため全国共通の土壌環境基礎調査で昭和 54 年度から定点調査が実施された。本県では 785 地点の定点（水田 355 地点、畑地 430 地点）を設け、5 年ごとに同一の圃場について有機物や施肥管理についてのアンケート調査及び土壌調査を実施した。3 巡目（平成 5 年度）までの調査結果については既報で示されており<sup>10,14)</sup>、県内水田土壌の実態を明らかにしている。その後も調査を継続し、平成 10 年度には 4 巡目が終了した。本報ではこの結果から県内水田の 15 年間の有機物・施肥管理と化学性の変化の全体傾向を取りまとめた。

### 材料及び方法

調査期間は、1 巡目（昭和 54 ~ 58 年度）、2 巡目（昭

和 59 ~ 63 年度）、3 巡目（平成元 ~ 5 年度）、4 巡目（平成 6 ~ 10 年度）である。

調査地域は、県を 4 つのブロックに分け、各巡とも初年目は主に県北部、2 年目は県中北部、3 年目は県中南部、4 年目は県南部を中心に設定した。また、5 年目は各巡の取りまとめの年とした。

水田の調査地区は 71 地区で、各地区には重要定点 1、一般定点 4 の 5 地点を設定し、合わせて 355 地点の調査を行った。また、重要定点については全巡で土壌断面調査を実施した。

調査方法は各定点圃場の土壌断面調査並びに作土の均一採取とその理化学性分析<sup>13)</sup>を行った。同時に行った農家アンケートでは調査した水田での有機物や施肥管理方法の聞き取りを実施した。

土壌化学性の分析<sup>13)</sup>は、全炭素・全窒素は乾式燃焼法（N.C-ANALYZER (NC-800)）、可給態窒素は保温静置法（30℃、4 週間培養）、可給態リン酸はトルオーグ（Truog）法、リン酸吸収係数は 2.5%リン酸アンモニウム液法・パナドモリブデン酸法、可給態ケイ酸はたん水保温静置法、置換酸度（ $y_1$ ）は滴定法、pH(H<sub>2</sub>O)およ

\* 本研究は昭和 54 年度より開始した土壌環境基礎調査で行われた。 \*\* 岩手県農林水産部農業普及技術課

びpH(KCl)はガラス電極法(土壌:溶液(脱塩水および1N-KCl)比1:2.5), CECはセミマイクロ Schollenberger法, 交換性塩基は原子吸光光度法(Ca, Mg)および炎光光度法(K)で行った。

全体の年数は昭和54年から平成10年までの延べ20年間にわたるが, 各定点でみれば調査スタート時点から15年間の変動となる。延べ20年の間には転作水田も見られるが, 本調査では水稲作付け圃場に限定してデータを取りまとめた。

なお肥料成分投入量や土壌化学性の変化を土壌タイプ別に把握するため, 水田土壌全体を大きく3区分して集計した。区分は土壌統の設定基準第2次案<sup>12)</sup>の土壌群を黒ボク土(03黒ボク土, 04多湿黒ボク土, 05黒ボクグライ土), 台地土(06褐色森林土, 07灰色台地土, 08グライ台地土, 10黄色土), 低地土(12褐色低地土, 13灰色低地土, 14グライ土, 15黒泥土, 16泥炭土)に区分した。なおこの区分は岩手県の地形と土壌を勘案し筆者らが独自に行ったものである。

## 結果と考察

### 1 県内有機物施用の実態

表1に有機物種類別の施用農家戸数および施用農家割合を示した。表によると, ほとんどの農家が有機物を施用しており, 有機物無施用農家は十数%にすぎなかった。有機物の種類は堆きゅう肥と稲わらで約9割を占め, 堆きゅう肥も牛きゅう肥が大部分を占めた。年次ごとに堆きゅう肥が減少し, 稲わらが増加する傾向が顕著であった。そして3巡目までは5割以上であった堆きゅう肥の施用農家割合が4巡目になると初めて5割を下回り, 稲わら施用農家割合が初めて堆きゅう肥農家を上回った(図1)。

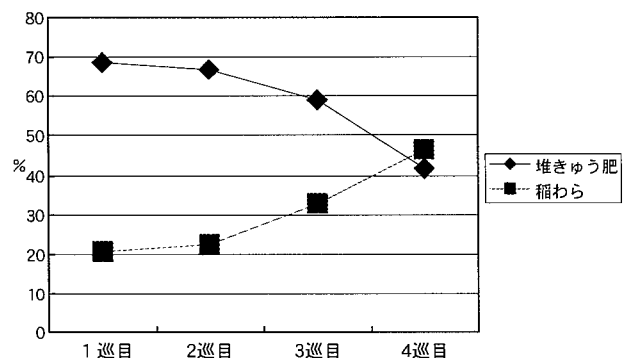


図1 水田での堆きゅう肥と稲わら施用農家割合の変化

表1 有機物種類別施用農家戸数および農家割合

有機物の種類	農家戸数(戸)				農家割合(%)			
	1巡目 (S54-58)	2巡目 (S59-63)	3巡目 (H1-5)	4巡目 (H6-10)	1巡目 (S54-58)	2巡目 (S59-63)	3巡目 (H1-5)	4巡目 (H6-10)
堆きゅう肥	208	207	181	129	68	67	59	42
堆肥(畜糞尿含まず)	19	19	8	5	6	6	3	2
籾殻堆肥(畜糞尿含まず)	2	0	1	0	1	0	0	0
きゅう肥	178	183	160	117	59	59	52	38
小計	178	183	160	117	59	59	52	38
牛糞尿	164	171	146	115	54	55	48	37
豚糞尿	10	7	8	1	3	2	3	0
牛豚以外糞尿	4	5	6	1	1	2	2	0
オガクズ類	4	5	12	7	1	2	4	2
小計	4	5	12	7	1	2	4	2
混合きゅう肥	3	5	11	2	1	2	4	1
牛糞尿	3	5	11	2	1	2	4	1
豚糞尿	0	0	0	1	0	0	0	0
牛豚以外糞尿	1	0	1	4	0	0	0	1
オガクズ・パーク類堆肥	5	0	0	0	2	0	0	0
有機質肥料	1	1	1	3	0	0	0	1
稲わら	63	70	100	143	21	23	33	46
麦かん	2	0	0	0	1	0	0	0
れんげ等緑肥	1	2	2	0	0	1	1	0
し尿及びし尿汚泥	1	0	0	0	0	0	0	0
食品加工廃棄物	1	0	0	0	0	0	0	0
都市ゴミコンポスト	0	0	0	1	0	0	0	0
その他	2	4	2	1	1	1	1	0
無施用	38	39	33	45	13	13	11	15
合計	317	323	319	322	104	104	104	104
調査農家戸数	304	310	306	309	-	-	-	-

注) 農家割合で合計が100を超えるのは, 有機物を数種類使用している農家がいるため

表2には有機物の種類別施用量を平均値と標準偏差で示した。堆きゅう肥施用量は3巡目まで急速に増大したがバラツキも増大していた。4巡目は平均値、バラツキとも3巡目よりやや低下した。堆きゅう肥の大部分を占める牛きゅう肥の施用量も同じ傾向が見られた。一方、稲わら施用量は基本的に自脱型コンバインによる全量還元のため施用量はほぼ一定している。

堆きゅう肥施用量とそのバラツキが増大した原因を調べるため、施用量を4段階に区分して農家割合を計算したものが表3である。これを見ると1000 gm<sup>2</sup>未満や1000～2000 gm<sup>2</sup>施用農家割合は減少傾向にあるのに対し、2000～3000 gm<sup>2</sup>や3000 gm<sup>2</sup>以上施用する農家割合はむしろ増加傾向にあった。従って全体としては堆きゅう肥は稲わらに押されて減少傾向にあるもの施用農家個々の施用量は増加する傾向にあり、これが平均値とバラツキが増大した原因と考えられる。

水田農家全体としての堆きゅう肥施用量を知るため、堆きゅう肥以外の有機物施用農家と無施用農家の施用量を『0』として集計した堆きゅう肥の施用量を計算し、図2に示した。これによると県全体での水田への堆きゅう肥平均投入量は1巡目の911 gm<sup>2</sup>から2巡目の1010 gm<sup>2</sup>に増加し、3巡目は981 gm<sup>2</sup>、4巡目は665 gm<sup>2</sup>と減少傾向にある。

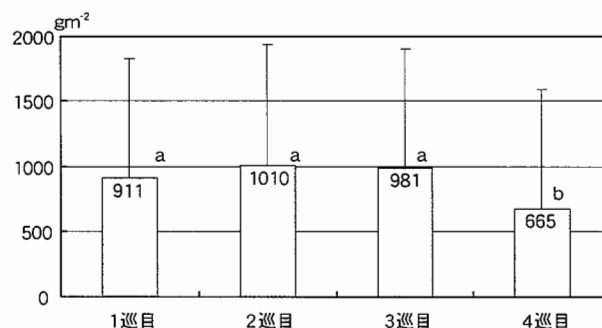


図2 水田全体への堆きゅう肥施用量の変化  
(堆きゅう肥以外の有機物施用農家と無施用農家の施用量を『0』とした)

表2 有機物種類別施用量 (kg/10a)

有機物の種類	1巡目	2巡目	3巡目	4巡目	1巡目	2巡目	3巡目	4巡目
	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD	AVG	STD
堆きゅう肥	1388	794	1576	942	1728	1699	1660	1032
堆肥 (畜糞尿含まず)	1041	439	1295	1166	1663	996	2100	1884
初穀堆肥 (畜糞尿含まず)	550	636	—	—	2000	—	—	—
きゅう肥								
小計	1441	806	1586	903	1693	1766	1667	963
牛糞尿	1474	807	1631	895	1760	1801	1683	963
豚糞尿	1170	786	954	807	1334	1415	750	—
牛豚以外糞尿	789	474	918	872	535	616	700	—
オガクズ類								
小計	1825	1121	2300	1204	2217	1120	1223	1423
混合きゅう肥								
牛糞尿	2333	577	2300	1204	2409	944	2750	1768
豚糞尿	—	—	—	—	—	—	500	—
牛豚以外糞尿	300	—	—	—	100	—	640	910
オガクズ・パーク類堆肥	798	532	—	—	—	—	—	—
有機質肥料	60	—	45	—	75	—	190	225
稲わら	560	87	536	81	537	129	574	104
麦かん	1150	1202	—	—	—	—	—	—
れんげ等緑肥	1000	—	350	212	1500	707	—	—
し尿及びし尿汚泥	600	—	—	—	—	—	—	—
食品加工廃棄物	100	—	—	—	—	—	—	—
都市ゴミコンポスト	—	—	—	—	—	—	2700	—
その他	1500	0	1250	866	2000	849	75	—
無施用	0	0	0	0	0	0	0	0

注)AVG, STDはそれぞれ平均値、標準偏差を示す

表3 堆きゅう肥施用量別農家組合

巡	農家割合 (%)				同左指数 (1巡目を100とした)			
	< 1000 gm <sup>2</sup>	1000-2000 gm <sup>2</sup>	2000-3000 gm <sup>2</sup>	3000 gm <sup>2</sup> ≤	< 1000 gm <sup>2</sup>	1000-2000 gm <sup>2</sup>	2000-3000 gm <sup>2</sup>	3000 gm <sup>2</sup> ≤
1巡目	22.0	51.9	19.2	6.7	100	100	100	100
2巡目	14.0	50.7	25.6	9.7	64	98	133	145
3巡目	14.4	47.5	24.9	13.3	65	92	130	199
4巡目	17.8	43.4	24.0	14.7	81	84	125	219

注)堆きゅう肥無施用農家は除く





gm<sup>2</sup>に増え、3巡目 981 gm<sup>2</sup>とやや低下し、4巡目で 665 gm<sup>2</sup>と有意に減少したことになる。この第一原因は、機械化の進展、特にコンバインの普及により、稲わらを直接水田に還元する水田農家が増えたことと考えられる。また県全体としてみれば稲わら交換をする肉牛や乳牛生産農家数と県全体の飼養頭数が減少傾向にある<sup>8)</sup>ことも影響しているものと見られる。

堆きゅう肥施用は古くから地力維持向上<sup>19)</sup>および耕畜連携<sup>16)</sup>の最重要手段と見られている。また、環境3法施行により畜産廃棄物の循環利用が一層求められる。

## 2 投入肥料成分量の推移

調査農家が水稻栽培に用いた化学肥料施用量から算出した三要素成分量 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) と土づくり肥料成分量 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CaO, SiO<sub>2</sub>) の変化を表4-1 (水田全体と黒ボク土) と表4-2 (台地土と低地土) に示した。また各巡の変化傾向を見るため、1巡目を100として2～4巡を指数化した結果を表5に示した。

1巡目と比較すると、3要素とも2巡目にやや増加し、3巡目以降は減少傾向にあった。この理由としては、2巡目である昭和59～63年度は55年からの3年連続冷害の後であり、コガネヒカリやアキヒカリなどの多収品種が作付けされ<sup>3)</sup>、収量向上を目的とした多肥栽培が行われたことが考えられる(図3)。またその後の施肥量低下は、良食味品種で倒伏しやすいササニシキやあきたこまち、その後ひとめぼれ等の品種が拡大した<sup>4)</sup>ことや、減農薬・減化学肥料栽培が増加したことが影響していると

考えられる。

施肥成分量で1巡目と4巡目を比較し低下率が最も大きかった成分は窒素であり、14%も減少しているが、カリは減少率が6%と低下が小さかった(表5)。これは水稻品種の収量・食味・耐倒伏性に最も影響する窒素の施用について、最も農家が注意したためと考えられる。土壌別に見れば施肥窒素の低下率は黒ボク土と台地土で大きく、低地土は小さかった(図4)。これは、低地土が河川流域の沖積地帯に存在し、倒伏しやすいササニシキが主に栽培されており、もともと施肥窒素が少ないためと考えられる。

施肥成分量と同様にして算出した土壌改良資材成分量を見ると、全ての土壌タイプで石灰、リン酸、ケイ酸いずれも大幅に減少しており、特にケイ酸の減少率が最大であった(図5)。土壌改良資材の主要なものは、化成肥料よりも重量の大きいようりんやケイカルであり、農業労働力の減少<sup>5)</sup>が大きな原因ではないかと考えられる。

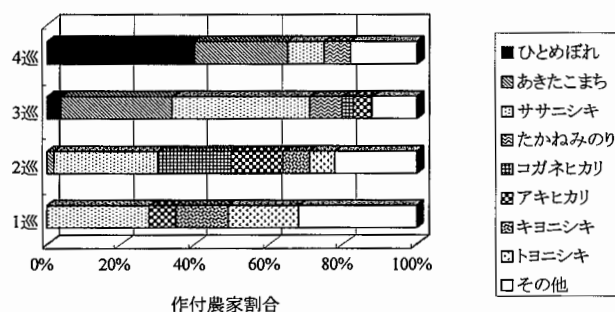


図3 調査農家における品種別作付農家割合

表5 施肥成分量および土壌改良資材成分量の変化割合

巡	三要素成分量 (A)			土壌改良資材成分量 (B)			(A) + (B)
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO %	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %
水田全体	1	100ab	100a	100a	100a	100a	100a
	2	105b	122b	111b	48b	81b	108b
	3	94b	95ac	99a	80ac	67b	92c
	4	86c	91c	94a	76c	51c	88c
黒ボク土	1	100	100	100	100	100	100
	2	106	131	109	41	62	108
	3	93	101	92	70	58	93
	4	83	96	92	75	45	91
台地土	1	100	100	100	100	100	100
	2	101	126	116	39	94	111
	3	90	91	111	95	69	92
	4	83	88	102	71	52	85
低地土	1	100	100	100	100	100	100
	2	106	111	110	70	95	105
	3	99	92	100	93	76	92
	4	95	86	93	83	58	86

注) 1巡目を100とした場合の変化割合

各項目内で同一英数字を付した数値間には危険率5%で有意差が無いことを示す(有意差検定は水田全体のみ行った)

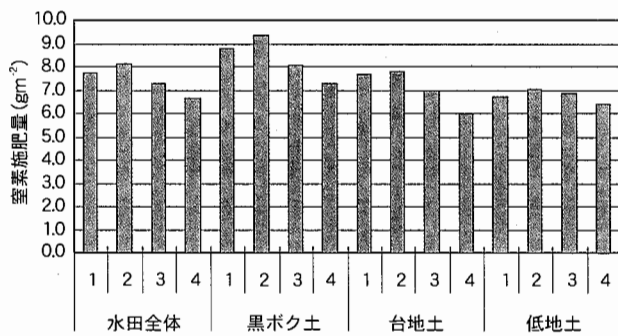


図4 窒素施肥量の変化

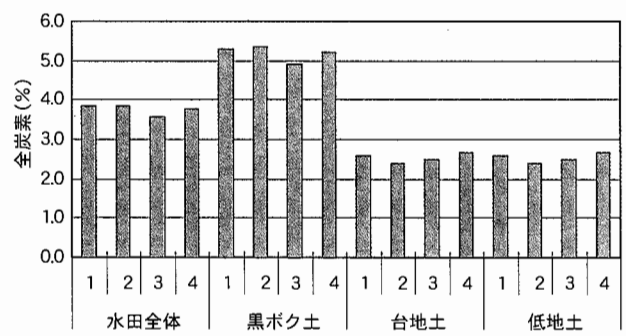


図6 全炭素の変化

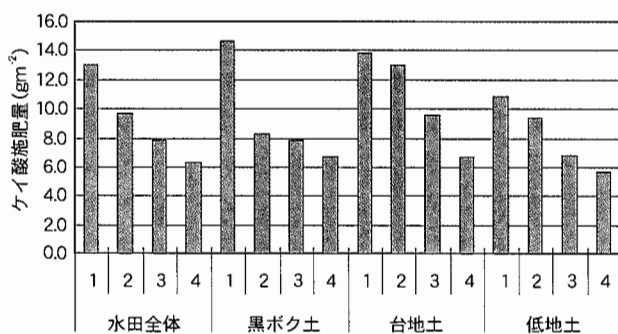


図5 ケイ酸投入量の変化

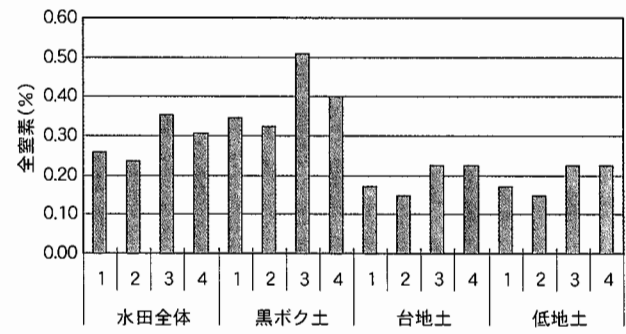


図7 全窒素の変化

リン酸の施用量(三要素リン酸+土壌改良資材リン酸)は2巡目で増加したが3巡目以降減少していた。これは平成2年度および平成4年度に研究成果として「水田土壌リン酸蓄積の実態と土づくり肥料(リン酸)の施用基準」<sup>9)</sup>および「水稲リン酸施肥の実態と肥効」<sup>10)</sup>が示され、県のリン酸施肥基準が改訂されたことも、この時期にリン酸施肥量が低減した原因の一つと考えられる。

### 3 作土深および土壌化学性の変化

表6および7に1巡から4巡までの土壌化学性(作土)の変化を全体と土壌タイプ別にそれぞれの平均値、標準偏差、最大、最小、点数で示した。また比較のために地力保全基本調査における生産力可能性分級での要因強度<sup>6)</sup>を下段に示した。表8、9には1巡目を100とした各巡の変化傾向を示した。

(1)作土深: 作土の厚さは1巡目に比して2巡目では浅くなっているが、3巡目以降はむしろ深くなる傾向が見られた。作土深の変化割合は水田全体では13%であるが、黒ボク土で11%、台地土で12%と低いのにに対し、低地土では16%と大きかった(表8)。これは前2者が1巡目から作土深が深かったのに対し、低地土は浅かったことが影響しているものと考えられる。

(2)全炭素、全窒素、C/N比:

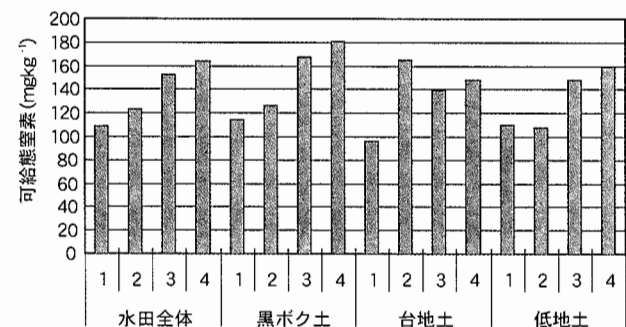


図8 可給態窒素の変化

土壌中の全炭素含量は各巡とも3.8%前後で全体としては平均値に有意差が見られなかった。これは土壌タイプごとに腐植含量が大きく異なりバラツキが大きいためであるが、各土壌タイプでも年次変化は見られなかった(図6)。土壌中全窒素も同様にバラツキが大きい、1、2巡目に比して3、4巡目は有意に増加していた。全体の平均を押し上げているのは黒ボク土であったがこの理由は不明である(図7)。全炭素に対する全窒素の比(C/N比)は腐植と窒素の変化に影響され、全窒素と正反対に1、2巡に比して3、4巡は有意な低下傾向が見られた。C/N比の低下は土壌有機物に変質し、微生物分解を受けやすくなったことを示している。30℃、4週間培養の可給態窒素含量はいずれの土壌タイプでも巡を追うごとに

表6-1 作土深および土壌化学性（全炭素・全窒素・可給態成分等）の変化（水田全体・黒ボク土）

巡		作土深 cm	T-C %	T-N %	CN比	可給態	可給態	リン酸	可給態	置換酸度 y <sub>1</sub>
						窒素 mgkg <sup>-1</sup>	リン酸 mgkg <sup>-1</sup>	吸収 係数	ケイ酸 mgkg <sup>-1</sup>	
水 田 全 体	1 平均值	14.9	3.85	0.26	15.7	109	184	1054	413	3.6
	標準偏差	2.5	2.18	0.15	4.3	61	128	399	304	4.9
	最大値	25.0	11.62	0.73	31.6	632	689	2280	1608	50.1
	最小値	8.0	0.09	0.02	3.4	5	5	397	43	0.2
	点数	352	352	352	352	341	352	350	70	353
	2 平均值	13.8	3.84	0.24	16.8	124	224	1101	485	3.0
	標準偏差	2.3	2.04	0.13	4.9	55	154	368	350	4.3
	最大値	20.0	10.14	0.78	49.7	294	1256	2330	1136	20.1
	最小値	8.0	0.00	0.00	0.0	7	8	4980	73	0.4
	点数	353	199	199	199	74	352	263	31	75
	3 平均值	15.2	3.58	0.35	11.7	153	258	1040	478	2.7
	標準偏差	2.8	1.81	0.24	4.6	55	164	376	290	3.0
	最大値	26.0	12.38	1.71	37.8	388	903	2267	1288	29.5
	最小値	7.0	0.26	0.05	4.1	26	5	330	90	0.3
	点数	304	321	321	321	319	321	321	67	321
	4 平均值	15.7	3.77	0.31	12.1	164	272	1124	288	3.2
	標準偏差	2.4	1.90	0.13	1.5	54	173	346	206	3.7
	最大値	23.0	10.42	0.72	17.8	321	860	2150	1049	26.1
	最小値	8.0	0.71	0.08	8.0	10	6	490	61	0.5
	点数	284	325	325	325	253	325	325	56	325
黒 ボ ク 土	1 平均值	15.3	5.30	0.35	15.9	115	226	1281	467	2.2
	標準偏差	2.5	2.09	0.14	4.2	59	145	428	318	1.9
	最大値	24.0	11.62	0.73	28.7	288	689	2280	1608	12.7
	最小値	8.0	0.92	0.09	3.4	5	5	440	80	0.3
	点数	139	140	140	140	133	139	138	27	140
	2 平均值	14.0	5.35	0.32	17.2	127	261	1318	556	1.7
	標準偏差	2.2	1.88	0.13	3.5	59	166	406	361	1.6
	最大値	20.0	10.14	0.78	27.1	294	796	2330	1104	9.2
	最小値	8.0	1.19	0.08	5.7	17	8	630	76	0.4
	点数	139	74	74	74	49	139	104	15	50
	3 平均值	15.1	4.93	0.51	11.5	167	311	1257	512	2.0
	標準偏差	2.6	1.79	0.28	5.0	63	200	406	251	1.7
	最大値	26.0	12.38	1.71	37.5	388	903	2267	1037	10.6
	最小値	10.0	1.36	0.07	4.1	48	23	520	90	0.3
	点数	115	122	122	122	122	122	122	25	122
	4 平均值	15.6	5.21	0.40	13.0	181	312	1305	327	2.5
	標準偏差	2.3	1.79	0.12	1.6	54	193	374	158	2.1
	最大値	22.0	10.42	0.72	17.8	321	860	2150	714	12.5
	最小値	10.0	1.81	0.16	9.7	67	6	630	76	0.6
	点数	108	126	126	126	81	126	126	18	126
要 因 強 度	1					> 200	> 100	< 700	> 150	< 3
	2					200-100	100-20	700-1500	150-50	3-6
	3					< 100	< 20	1500-2000	< 50	6-15
	4							> 2000		> 15



表6-2 作土深および土壌化学性（全炭素・全窒素・可給態成分等）の変化（台地土・低地土）

巡	作土深 cm	T-C %	T-N %	CN比	可給態	可給態	リン酸	可給態	置換酸度 y <sub>1</sub>	
					窒素 mgkg <sup>-1</sup>	リン酸 mgkg <sup>-1</sup>	吸収 係数	ケイ酸 mgkg <sup>-1</sup>		
台 地 土	1 平均值	15.5	2.59	0.17	16.4	97	155	913	431	3.3
	標準偏差	2.8	1.95	0.13	4.8	43	99	327	299	3.4
	最大値	25.0	9.42	0.61	31.3	205	498	1720	940	17.3
	最小値	9.0	0.49	0.02	5.8	16	36	445	53	0.2
	点数	74	73	73	73	71	73	73	15	73
	2 平均值	13.9	2.38	0.15	17.0	165	221	878	523	11.3
	標準偏差	2.7	1.45	0.10	7.6	38	135	232	482	6.1
	最大値	20.0	6.63	0.48	49.7	201	646	1395	1136	19.6
	最小値	9.0	0.00	0.00	0.0	122	47	485	165	2.5
	点数	75	56	56	56	5	75	55	5	5
	3 平均值	15.7	2.50	0.22	11.7	139	242	905	562	2.0
	標準偏差	3.2	1.48	0.14	4.1	53	146	300	369	2.3
	最大値	24.0	8.50	0.75	37.8	268	642	1670	1288	11.4
	最小値	9.0	1.00	0.05	5.3	26	5	387	136	0.3
	点数	71	72	72	72	72	72	72	15	72
	4 平均值	15.9	2.65	0.22	11.5	148	260	1034	335	2.8
	標準偏差	2.6	1.57	0.11	1.1	54	173	272	236	3.0
	最大値	21.0	7.72	0.61	15.1	302	842	1720	1048	18.8
	最小値	8.0	1.09	0.09	8.0	10	38	530	84	0.5
	点数	65	70	70	70	62	70	70	14	70
低 地 土	1 平均值	14.1	3.04	0.21	15.2	110	158	901	353	5.2
	標準偏差	2.2	1.45	0.11	4.1	70	112	282	292	6.9
	最大値	20.0	8.54	0.63	31.6	632	605	1900	1007	50.1
	最小値	10.0	0.09	0.04	6.7	13	22	397	43	0.3
	点数	139	139	139	139	137	140	139	28	140
	2 平均值	13.5	3.42	0.22	16.2	108	188	1003	371	4.2
	標準偏差	2.2	1.49	0.10	3.2	44	144	261	262	5.8
	最大値	20.0	7.98	0.47	27.4	165	1256	1750	1009	20.1
	最小値	10.0	1.08	0.07	10.5	7	21	480	73	0.6
	点数	139	69	69	69	20	138	104	11	20
	3 平均值	14.9	2.90	0.28	11.9	148	216	908	400	3.7
	標準偏差	2.6	1.05	0.17	4.6	45	115	277	266	3.9
	最大値	25.0	7.23	1.02	30.0	266	541	1744	1262	29.5
	最小値	7.0	0.26	0.05	4.5	33	34	330	161	0.3
	点数	118	127	127	127	125	127	127	27	127
	4 平均值	15.7	2.98	0.26	11.5	160	239	995	231	4.1
	標準偏差	2.4	1.16	0.09	1.1	52	142	269	214	4.9
	最大値	23.0	7.90	0.53	14.9	317	683	1660	1049	26.1
	最小値	10.0	0.71	0.08	8.9	13	39	490	61	0.5
	点数	111	129	129	129	110	129	129	24	129
要 因 強 度	1					> 200	> 100	< 700	> 150	< 3
	2					200-100	100-20	700-1500	150-50	3-6
	3					< 100	< 20	1500-2000	< 50	6-15
	4							> 2000		> 15





表8 作土深および土壌化学性(全炭素・全窒素・可給態成分等)の変化割合

	巡	作土深 cm	T-C %	T-N %	CN比	可給態 窒素 mgkg <sup>-1</sup>	可給態 リン酸 mgkg <sup>-1</sup>	リン酸 吸収 係数	可給態 ケイ酸 mgkg <sup>-1</sup>	置換酸度 y <sup>-1</sup>
水田全体	1	100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a	100a
	2	93b	100a	92a	107b	114b	122b	105ab	117a	83ab
	3	102a	93a	138b	75c	140c	140c	99a	116a	74b
	4	106c	98a	118c	77c	149d	148c	107b	70b	89ab
黒ボク土	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	91	101	93	108	110	116	103	119	79
	3	99	93	147	73	145	138	98	110	91
	4	102	98	115	82	157	138	102	70	117
台地土	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	90	92	86	104	170	143	96	121	340
	3	102	97	131	72	144	156	99	130	61
	4	102	102	131	70	152	168	113	78	84
低地土	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	95	112	102	107	98	119	111	105	79
	3	105	95	131	78	134	137	101	114	71
	4	111	98	120	76	145	152	110	66	79

注) 1巡目を100とした場合の変化割合

各項目内で同一英数字を付した数値間には危険率5%で有意差が無いことを示す(有意差検定は水田全体のみ行った)

増加しており、このことも土壌中の蓄積有機物の質的变化により無機態窒素が発現しやすくなっていることを示している<sup>14)</sup>(図8)。しかし、可給態窒素が高まっていると言っても依然平均値100~200mgkg<sup>-1</sup>の中程度(要因強度2)の水準にある(表6-1)。

### (3)陽イオン交換容量(CEC)と酸性(pH) :

土壌中のマイナス荷電量を表すCECは2巡目で低下した後、上昇傾向が見られた(表7-1, 表7-2)。土壌タイプで見ると、炭素含量(図6)と同様、黒ボク土で高く、台地土と低地土では低い傾向が見られた(図9)。土壌中のマイナス荷電を中和するプラス荷電である交換性塩基の変化は、石灰がCECと同様に推移し、苦土がやや減少傾向、カリが急速に増加している。そのため塩基飽和度には一定の傾向が見られなかった(表7-1, 表7-2)。しかし、酸性の強度因子であるpH(H<sub>2</sub>O), pH(KCl)とも年々低下しており、徐々に酸性化が進みつつある(表7-1, 7-2)。また酸性の容量因子である置換酸度y<sub>1</sub>は平均値で見るとCECと同様に2巡目で低下した後、上昇傾向が見られた(表6-1)。4巡目の平均値はpH(H<sub>2</sub>O)で5.5, y<sub>1</sub>で3.2であり、要因強度2(中程度)の明~弱酸性2)と見なされる。

pH(KCl)からpH(H<sub>2</sub>O)を引いた値は一般にデルタ(Δ)pHと呼ばれ、土壌の荷電的特性を反映する指標として用いられている<sup>15)</sup>。図10には各巡の平均値でCECとΔpHの関係を示したが、両者には一回帰での

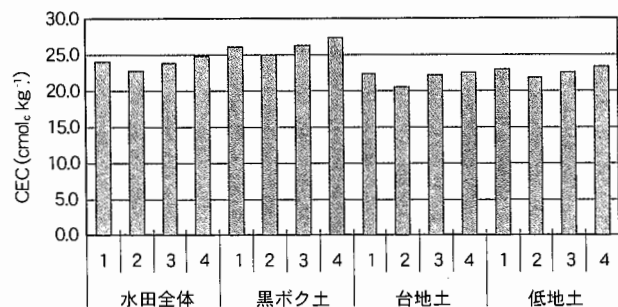


図9 陽イオン交換容量の変化

相関が見られた。このことから、県内水田土壌の酸性性質が有機物や施肥管理の影響を受け、マイナス荷電(CEC)の増大を伴う酸性化が徐々に進んでいるものと考えられる。

### (4)交換性塩基とバランス :

交換性塩基のうち石灰は水田全体では2巡目に低下しその後増加する傾向が見られた。土壌タイプによる交換性石灰の含量や変化傾向に差は認められなかった(図11)。交換性苦土は平均値で毎巡減少する傾向が見られた。土壌による苦土含量の違いを見ると、黒ボク土の苦土含量が他の土壌よりも低く、台地土が最も高かった(図12)。なお黒ボク土は交換性苦土の減少率も最大であった(表9)。交換性カリの全体平均値は有意差がないものの2巡目で石灰と同じくやや減少し、3, 4巡目で有意な増大傾向が認められた。土壌タイプで見ると、苦土と

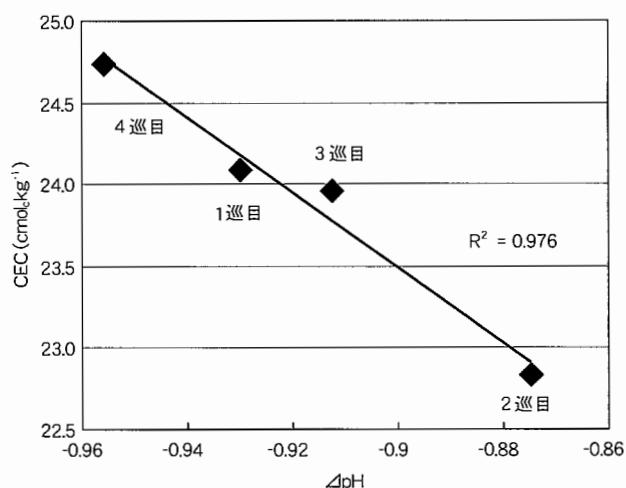


図10 ΔpHとCECの関係(各巡平均値)

同様、黒ボク土のカリが他の土壌よりも低く、増加傾向も小さいのに対し、台地土のカリは最も多く、増加も顕著であった。カリの増加は堆きゅう肥施用の減少とコンバインによる稲わら鋳込みによる影響が大きいと考えられ<sup>18)</sup>、特に台地土でこのような変化が顕著であった可能性が示唆される。無カリ栽培が可能な交換性カリ水準は400 mgkg<sup>-1</sup>と考えられるが<sup>18)</sup>、これによれば、4巡目では既に21%の水田土壌でカリ施肥が不要な水準に達している(図14)。

塩基バランスは石灰苦土比6以下、苦土カリ比2以上が目標とされるが、いずれも苦土が核となるため、苦土

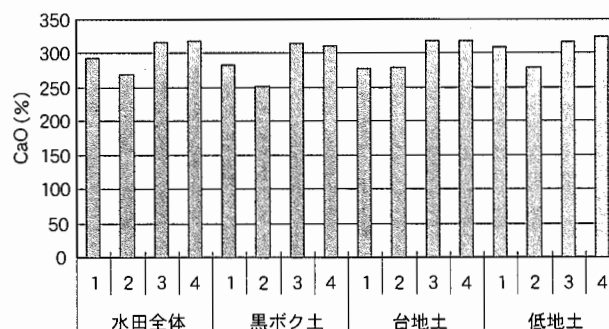


図11 交換性石灰の変化

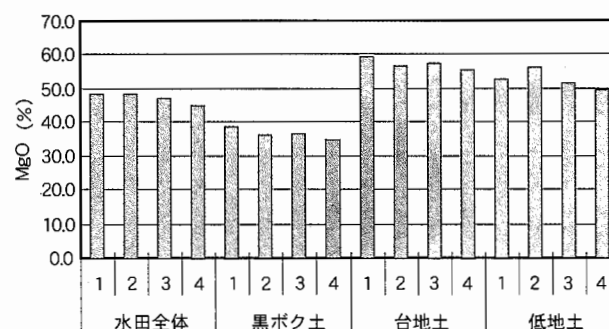


図12 交換性苦土の変化

の低下傾向は塩基バランスに大きく影響する。そのため水田全体で石灰苦土比上昇と苦土カリ比低下のバランス悪化傾向が認められる。土壌では苦土が少なかった黒ボク土の石灰苦土比が最大で、増加率も最大であった。水田全体の石灰苦土比は4巡目で基準の6を僅かに超した

表9 土壌化学性(pH・CEC・交換性塩基等)の変化割合

巡	pH(H <sub>2</sub> O) (A)	pH(KCl) (B)	pH (B)-(A)	CEC cmol.kg <sup>-1</sup>	交換性塩基			塩基飽和度 %	石灰苦土比	苦土カリ比
					CaO	MgO mgkg <sup>-1</sup>	K <sub>2</sub> O			
水田全体	1	100a	100a	100ac	100a	100a	100a	100ab	100a	100a
	2	96b	97b	96b	95b	92b	100a	95a	94a	114a
	3	96b	95bc	98ab	99ab	108c	97a	102b	111b	78b
	4	96b	94c	103c	103a	109c	93a	98ab	117bc	73b
黒ボク土	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	96	98	90	96	89	94	91	92	116
	3	96	96	97	100	111	95	112	104	97
	4	95	95	98	105	110	90	140	99	124
台地土	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	96	95	98	92	100	95	93	100	109
	3	98	98	98	99	114	97	167	104	69
	4	97	96	103	101	115	94	178	101	94
低地土	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	97	97	103	95	90	107	97	95	116
	3	95	95	100	99	102	98	141	98	70
	4	96	96	107	102	105	94	177	97	49

注) 1巡目を100とした場合の変化割合

各項目内で同一英数字を付した数値間には危険率5%で有意差が無いことを示す(有意差検定は水田全体のみ行った)

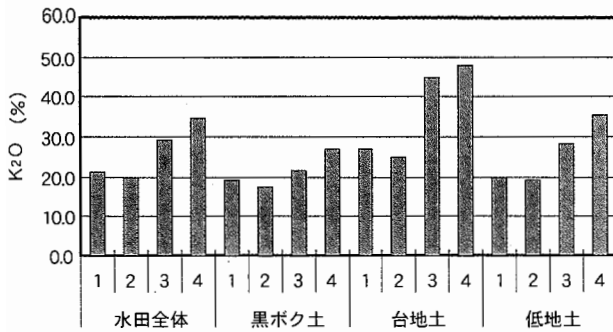


図13 交換性カリの変化

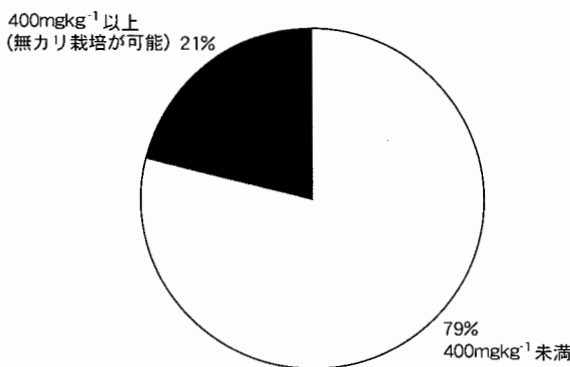


図14 水田土壌の交換性カリ (4巡目)

レベルであるが、黒ボク土では平均7.6と目標値を超えている。一方苦土カリ比は4巡目水田全体で5.2で目標水準(2以上)を保っている(表7-1)。交換性苦土の減少率が最大であった黒ボク土では交換性カリの増加率も他土壌より低かったため、苦土カリ比の低下は少なかった。最も苦土カリ比の低下した土壌は低地土であった(表10)。

#### (5) 可給態リン酸、ケイ酸

可給態リン酸(Truog法)は水田全体で1巡目の184 mgkg<sup>-1</sup>から4巡目の272 mgkg<sup>-1</sup>に増大した。土壌別可給態リン酸ではリン酸施肥の必要性が強調されてきた黒ボク土で226~312 mgkg<sup>-1</sup>と他土壌より高かった(表6-1, 表6-2, 図15)。年次による変化は3巡目までは毎巡2割前後で大幅に増加していたが、4巡目ではやや上昇傾向が鈍化した(表8)。これは土づくりおよび施肥リン酸の減少(表4-1, 表4-2, 表5)により土壌中リン酸の蓄積が抑制されたものと考えられる。生産力可能性分級基準の要因強度<sup>6)</sup>から見れば既に良好域である100 mgkg<sup>-1</sup>を遙かに越えた272 mgkg<sup>-1</sup>が4巡目の平均値であり、リン酸肥料低減の必要性が高まっていると考えられる。岩手県では、水稻無リン酸栽培基準を可給態リン酸(Truog法)で300 mgkg<sup>-1</sup>以上、施肥リン酸7 gm<sup>2</sup>のみで可能な水準は300~60 mgkg<sup>-1</sup>、更にリン酸改良を必要とする水準は60 mgkg<sup>-1</sup>以下としている<sup>7)</sup>。この水準にある4巡目の水田土壌割合は図16に示すとおり、無リン酸レベルが33%、7 gm<sup>2</sup>レベルが64%で、リン酸改良が必要な水田は3%のみであった。本調査の選定農家は地域の代表的農家であり、この割合を県全体にそのまま適用はできないが、傾向としては注目すべき数値である。

可給態ケイ酸は分析点数が重要定点のみで少ないものの、水田全体で3巡目までは400 mgkg<sup>-1</sup>台を保っていた。しかし4巡目になって200 mgkg<sup>-1</sup>台へと大きく低下した(表6-1, 表6-2)。土壌タイプ別では可給態ケイ酸は黒ボク土が最も多く、低地土が最低であった。減少率も低地土が最大であった。可給態ケイ酸の低下は土づくり肥料の減少(図4)の他に、灌漑用水中のケイ酸濃

表10-1 施用有機物の種類別の土壌化学性(pH・腐植・全窒素等)

	調査戸数	pH(H <sub>2</sub> O)	腐植 (%)	T-N (%)	C/N比 (%)
イナワラ	18	5.27 ± 0.28a	9.29 ± 4.17a	0.37 ± 0.14a	14.0 ± 1.6a
堆きゅう肥	55	5.52 ± 0.34b	6.79 ± 3.12b	0.33 ± 0.14a	11.9 ± 0.9b

注) 表中の数値は(平均値±標準偏差) 腐植は(全炭素×1.724)

表10-2 施用有機物の種類別の土壌化学性(CEC・交換性塩基・可給態成分等)

	調査戸数	CEC (cmol.kg <sup>-1</sup> )	交換性塩基 (mgkg <sup>-1</sup> )			可給態リン酸 mgkg <sup>-1</sup>	可給態窒素 mgkg <sup>-1</sup>
			CaO	MgO	K <sub>2</sub> O		
イナワラ	18	29.7 ± 7.2a	2730 ± 1330a	392 ± 223a	418 ± 224a	214 ± 92a	188 ± 59a
堆きゅう肥	55	23.9 ± 5.8b	3050 ± 1350a	430 ± 296a	286 ± 196b	317 ± 189b	171 ± 53a

注) 表中の数値は(平均値±標準偏差)

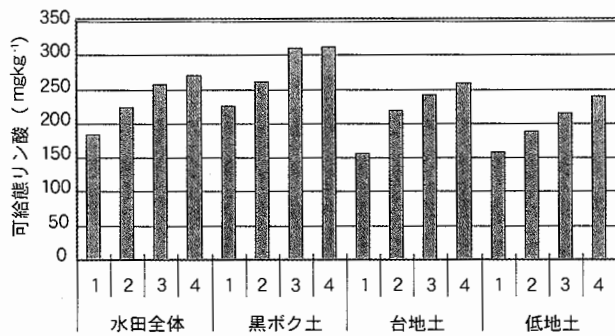


図15 可給態リン酸の変化

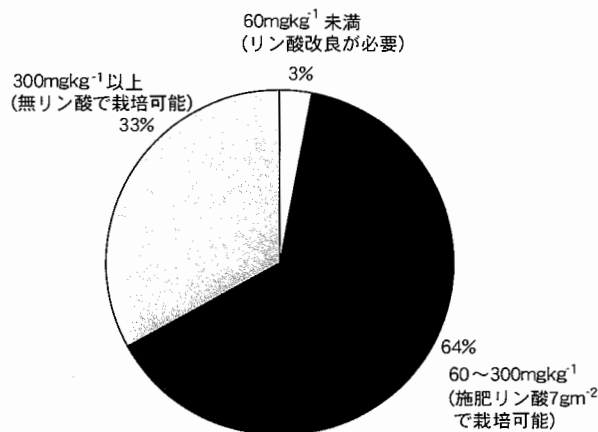


図16 水田土壌の可給態リン酸 (4巡目)

度低下<sup>10)</sup>も原因として考えられる。灌漑水中ケイ酸低下はダムによるケイ酸沈殿や、コンクリートやパイプライン用水路の普及により水路周辺の土壌から用水に溶出していたケイ酸の供給カットなどの要因が考えられる。しかし、生産力可能性分級基準の要因強度から見れば依然として平均値 200 mg/kg<sup>1</sup>以上である。これは、本県に多い火山灰土壌などからもケイ酸が供給されるためと考えられる。今後は、持続型農業の展開に伴い水稻のいもち抵抗性を高めるためにもケイ酸の供給は重要と考えられるが、ケイ酸資材投入の他に、用水路改良などの農業土木的手法、上流地質のケイ酸供給能や気象に応じた施肥管理など様々な手法の検討が必要である。

#### 4. 有機物施用と土壌化学性

以上検討してきたように、土壌化学性の変化には施肥の他に堆肥やイナワラ等の有機物管理も大きく影響していると考えられた。そこで表 10-1, 表 10-2 に 4 巡とも同じ有機物を施用している農家について、4 巡目における土壌の化学性を示した。

イナワラ施用と堆きゅう肥施用を比較すると、pH(H<sub>2</sub>O) はイナワラ施用が低く、有機酸の影響が考えら

れる。腐植含量はイナワラ施用が高く、イナワラの全炭素が高いためと考えられる。全窒素は有意な差がなかった。C/N 比はイナワラ施用が高く、イナワラの C/N 比が 60 以上と高い<sup>17)</sup>ためと見られる。可給態窒素は有意な差がなかった。CEC はイナワラ施用が高く、分解過程での腐植酸の増大が考えられる。交換性石灰及び苦土には有意な差が見られなかったが、カリはイナワラ施用が高かった。コンバイン収穫では水稻の茎葉がそのまま土に戻るため、カリの増大に寄与すると見られる<sup>18)</sup>。可給態リン酸は堆きゅう肥施用で有意に高く、家畜糞によるリン酸供給効果と見られた<sup>1)</sup>。

## 謝 辞

本研究は、現地での土壌断面調査と農家アンケートの結果を取りまとめたものである。実際に調査を行った旧岩手県立農業試験場施肥改善科、土壌改良科並びに岩手県農業研究センター土壌作物栄養研究室の担当者を初めとする生産環境部関係各位に対して感謝の意を表す。

また、定点圃場の選定にご協力いただいた各農業改良普及センター、定点圃場の調査依頼を快諾し、アンケートに快く協力して下さった農家の方々に厚く御礼申し上げます。

## 引用文献

- 橋元秀教・松崎敏英 (1976). 土づくり講座 V 有機物の利用, 農文協
- 石橋英二 (1998). 新版土壌肥料用語事典 p78-86, 藤原他編, 農文協
- 岩手県 (1990). 平成元年度, 岩手県農業動向年報, p64
- 岩手県 (1999). 平成 10 年度, 岩手県農業動向年報, p61
- 岩手県 (1999). 平成 10 年度, 岩手県農業動向年報, p28
- 岩手県 (1978). 地力保全基本調査総合成績書 p11-31, 岩手県立農業試験場
- 岩手県農業研究センター (2000). 土壌蓄積リン酸を活用した水稻のリン酸施肥基準, 平成 11 年度試験研究成果 (普及 18-1 ~ 2)
- 岩手県農政部畜産課 (2000). 平成 12 年度版「畜産いわて」 p2-5
- 岩手農試環境部 (1990). 水田における土壌リン酸の実態と土づくり肥料 (リン酸) の施用基準, 平成 2 年度指導上の参考事項

- 10) 岩手農試環境部 (1993). 水稲施肥量と土壌・水質養分の実態と技術対策, 平成5年度指導上の参考事項
- 11) 岩手農試環境部・県南分場 (1993). 水稲リン酸施肥の実態と肥効, 平成4年度参考事項
- 12) 農業技術研究所化学部土壌第3科 (1977). 土壌統の設定基準および土壌統一覧表 第2次案
- 13) 農水省農産園芸局農産課編 (1979). 土壌環境基礎調査における土壌, 水質及び作物体分析法. 土壌保全調査事業全国協議会.
- 14) Ono, T., Ito, K., Suzuki, Y., Odanaka, A. (1996) Long-term changes in humus quality of paddy soils in Iwate Prefecture, Japan. 8th Meeting of the International Humic Substances Society p184
- 15) Parfitt, R.L. (1980). Chemical Properties of Variable Charge Soils. in Soils with Variable Charge ed. by B.K.G. Theng p167-194
- 16) 坂井弘 (1974). 農業公害ハンドブックー畜産廃棄物, 地人書館
- 17) 志賀一一・大山信雄・前田乾一・鈴木正昭 (1985). 各種有機物の水田土壌中における分解過程と分解特性に基づく評価. 農研センター研報 5,1-19
- 18) 高橋良学・島輝夫・高橋好範・高橋正樹・小野剛志 (2002). 水稲無力り栽培が可能となる土壌中力り蓄積水準. 岩手県農研センター研報投稿中
- 19) 山本毅 (1976) 地力の概念とその意義, 日本の地力, 小倉, 大内監修, 農政研究センター



## 15 years of change in the management of organic material and chemical fertilizer and chemical properties of paddy soil in Iwate Prefecture

Masaki TAKAHASHI, Tsuyoshi ONO and Teruo SHIMA

### Summary

A Basic Survey of the Soil Environment was practiced at 785 points in Iwate prefecture at five-year intervals from 1979 and expired after 20 years in 1998. 15 year trends of management and soil properties at each fixed point were obtained. We arranged 355 survey points in paddy fields for inquiry into the trends in the management of organic matter and fertilizer and the soil chemical properties of soil.

**Organic management:** The number of farmers who use farmyard manure is decreasing and the number who apply rice straw is increasing. The latter exceeded the former in 4 cycle periods. Although the application rate of farmyard manure for each farmer is increasing, the total manure amount put into paddies in Iwate prefecture is decreasing.

**Fertilizers:** The dosage of N, P, and K elements by chemical fertilizer is decreasing and the dosage of Ca, P, and Si elements as the soil amendment fertilizers is decreasing more significantly.

**Soil chemical properties:** TC was constant, TN was increasing and C/N ratio was decreasing which seemed to suggest a change in the quality of soil organic matter. As a result, available N tended to increase. Available P and exchangeable K was also increasing, however, the former increase tended to slow down at the 4th interval of the survey. Exchangeable Ca and CEC was increasing and pH was decreasing. Available Si was decreasing.

**Key Words :** paddy soil in Iwate Pref, management of organic matter and fertilizer, soil chemical properties