

# 福井県の水田土壌の変化と土壌施肥管理の方向

伊森博志\*・牧田康宏\*・西端善丸\*・坂東義仁\*\*・栗波哲\*\*\*・森永一\*\*\*\*・長谷光展\*\*\*\*\*

## Change of the Paddy Soil Characters and Desirable Direction of Soil and Fertility Management in Fukui Prefecture

Hiroshi IMORI\* , Yasuhiro MAKIDA\* , Yoshimaru NISHIBATA\* , Yoshihito BANDOU\*\* , Satoshi KURINAMI\*\*\* , Hajime MORINAGA\*\*\*\* and Mitsunobu NAGATANI\*\*\*\*\*

農作物の生産安定と品質向上対策に役立てるため、県下全域の水田を対象に土壌調査を実施した。その結果を過去の調査データと比較したところ、乾田率が高まるなど汎用化が進む一方で、作土の浅耕化や石灰減少に伴う低pH、磷酸富化などの問題点が浮き彫りになった。これらの結果から、今後の施肥管理や土づくり対策の方向を明らかにした。

Key Words : 水田、土壌調査、土壌変化、土壌養分

### I 緒言

米余りによる米価低迷と産地間競争の激化を背景に、水稻をはじめ水田畑作物の生産安定と品質の向上が求められている。その対策の一環として、生産基盤である水田土壌の生産力を明らかにし、汎用化を前提とした適切な土壌・施肥管理対策に役立てるため、平成9年度から4か年計画で、農業試験場、園芸試験場、各農業改良普及センターが協力分担し、福井県下全域の水田を対象に土壌実態調査を行った。このような県下全域の土壌調査は、昭和34年から昭和49年にかけて行われた「地力保全基本調査」以来のものである。1筆毎の診断結果と対策の処方箋は、コンピュータを用いた「土壌断面調査結果の活用支援システム<sup>10)</sup>」により、また、土壌診断マップは前述のシステムを組み入れた「土壌保全調査分析システム」によって普及センターを通じて農家に情報提供された。

今回の調査結果を地区別に集約し、前回の地力保全基本調査のデータと比較したところ、いくつかの土壌変化が浮き彫りになり、今後の土壌管理の方向性が明らかになったので報告する。

なお、この調査は国庫補助によって実施した「土壌保全調査事業」の成果の一部である。

\* 福井県農業試験場 生産環境部 土壌環境研究グループ  
\*\* 福井県農業試験場 生産環境部 地力保全研究グループ  
\*\*\* 現福井県農業試験場 食品加工研究所  
\*\*\*\* 現奥越農林総合事務所  
\*\*\*\*\* 現福井農林総合事務所（前福井県園芸試験場）

### II 調査方法

#### 1. 土壌断面調査および土壌分析

土壌断面調査は、新たに作成した土壌調査マニュアルである「土壌調査の手引き」に基づき実施した。このマニュアルは、農耕地土壌分類第3次改訂版の手引き（日本土壌協会）に準じ、福井県用に作り直したものである。個別項目の断面調査法は基本的に同じであるが、詳細な分類については、福井県の実態に即して集約した点が若干異なっている。

土壌養分の一般化学成分の分析項目は、pH(H<sub>2</sub>O)、腐植(全炭素×1.724)、全窒素、塩基置換容量、置換性石灰・苦土・加里、可給態リン酸(Truog法)、可給態ケイ酸(40℃1週間湛水保温静置法)、遊離酸化鉄、易還元性マンガ、リン酸吸収係数で、分析法は、土壌、水質及び作物体分析法（農林水産省農蚕園芸局農産課編）および土壌標準分析・測定法（土壌標準分析・測定法委員会）に従った。

土壌断面調査は5haに1点の割合で行い、各農業改良普及センターが担当した。その内、土壌分析は、原則として土壌断面の5点に1点の割合で実施し、嶺北地方は農業試験場、嶺南地方は園芸試験場が担当した。地区別の調査分析点数は表1のとおりである。

#### 2. 土壌変化

過去の土壌実態は、地力保全基本調査総合成績書（1978年、福井県）の「耕地土壌の土壌群、土壌統群及び土壌統別面積」および「耕地土壌の生産力可能性等級、生産力阻害要因強度及び簡略分級式別面積」に基づいた。過去と現在の項目別分布面積の比較から地区別の土壌変

化を明らかにしようとした。

土壌タイプは、現在の土壌分類法を基本とし、グライ層の位置によって、湿田、半湿田、乾田の3つに区分した。すなわち、湿田はほぼ全層がグライ層のもの、乾田はグライ層が50cm以深のもの、半湿田はグライ層が湿田と乾田の中間に位置するものとした。なお、この区分は

表1 水田面積および調査・分析点数

地区	水田面積 <sup>a)</sup> ha	土壌断面	土壌分析
		調査点数	点数
高志	7,778	1,533	356
坂井	8,643	1,747	455
嶺北	奥越	5,747	1,149
	南越	6,951	1,416
	丹生	2,214	435
	計	31,333	6,280
嶺南	二州	2,432	519
	若狭	3,431	635
	計	5,863	1,154
	県計	37,196	7,434

a)水田面積は農林水産統計(1998)による

農耕地土壌分類第3次改訂版によると、強グライ土は湿田に、グライ土は半湿田に、灰色低地土は乾田に相当する。しかしながら、地力保全基本調査の分類法では、グライ層の位置基準が異なるため、グライ土のK3に相当するものは乾田と半湿田に区分されることになる。当時の詳細なデータがなく、グライ層の位置が不明のため、ここでは半湿田に区分した。したがって、過去のデータでは、湿田および乾田については現在の分類に読替が可能であるが、半湿田については、データの一部に乾田が含まれる可能性がある。

土壌養分分析については、可給態ケイ酸の分析法が異なる。地力保全基本調査では、pH4の酢酸緩衝液抽出法で分析したが、土壌保全調査では、水稻の生育等との関連性が高く、ケイ酸肥沃度の評価手法として優れていると言われている40℃1週間湛水保温静置法<sup>6)7)</sup>によって行った。なお、この分析法における要因強度区分が明示されていないので、本報では、宮森の設定した目標値を参考に、従来の分析法による要因強度区分と同じ値を用いた<sup>11)</sup>。

### Ⅲ 調査結果および考察

#### 1. 土壌タイプの変化

現在の地区別土壌タイプを表2に示した。県全体では、湿田が33%、半湿田が13%、乾田が55%であった。地区別では、奥越地区で乾田が多く、二州地区で湿田が多かった。

これを、過去の土壌タイプと比較したものが図1であ

表2 現在の水田土壌タイプ (%)

地区	土壌タイプ (%)			礫質 <sup>a)</sup>
	湿田	半湿田	乾田	
高志	32.1	14.2	53.7	8.8
坂井	32.4	19.9	47.7	2.6
奥越	18.5	3.1	78.4	33.9
南越	32.1	12.9	54.9	14.1
丹生	44.5	10.8	44.7	4.8
二州	53.0	8.1	38.9	16.0
若狭	35.9	9.1	55.0	29.3
全県	32.6	12.5	54.9	14.2

a)深さ30cm以内から礫が出現する土壌

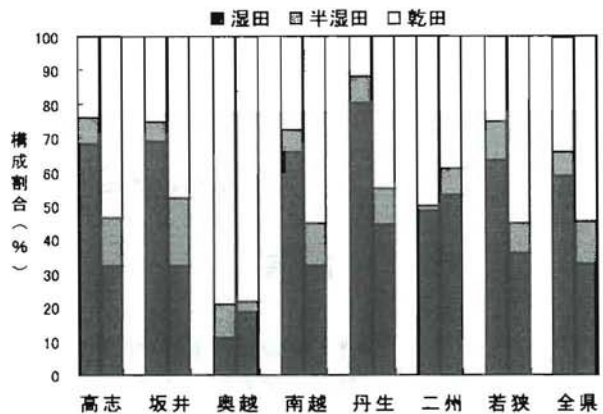


図1 土壌タイプの変化  
左側が過去(地力保全基本調査)、右側が現在(土壌保全調査)

る。県全体では、湿田が大幅に減少し、乾田が大幅に増加した。地区別では、もともと乾田が多かった奥越、二州地区では変化が小幅なのに対し、その他の地区は湿田が大幅に減少した。このように湿田が減少してきたのは、昭和48年から転作が始まり、その後徐々に転作面積が増加してきたことに加え、昭和45年までの圃場整備率が50%と少なかったのが、徐々に圃場整備が進むとともに暗渠を設置した汎用化水田が多くなってきたこと(H10の圃場整備率は84.6%、汎用化水田率:80.8%)が主要因と考えられる。

表3 現在の作土深の等級別割合と平均値

地区	等級別割合 (%)			平均値 (cm)
	II等級	II等級	I等級	
	<10cm	10~15cm	15cm≤	
高志	13.7	59.1	27.2	12.7
坂井	4.5	50.0	45.4	14.2
奥越	6.2	53.9	39.9	13.9
南越	6.4	48.1	45.6	14.2
丹生	1.1	67.7	31.2	13.7
二州	10.4	65.1	24.5	12.7
若狭	17.0	69.4	13.6	11.9
全県	8.3	55.9	35.8	13.5

## 2. 作土深の変化

現在の作土深の地区別実態を表3に示した。全県では、目標作土深の15cmを越える水田は全体の約36%で、10cm以上の割合は90%を越えた。作土深が非常に浅い10cm未満の水田は10%に満たなかった。県全体の平均作土深は13.5cmであった。

地区別では、若狭地区の平均作土深が12cm未満で最も

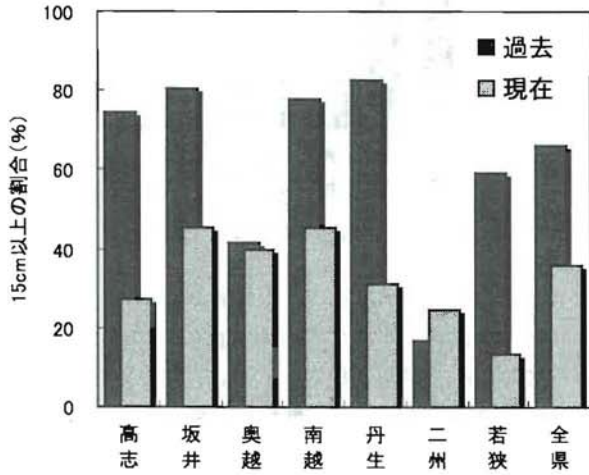


図2 作土深の地区別変化

表4 土壌タイプの変化と作土深の変化の相関係数

項目	湿田 増加率	半湿田 増加率	乾田 増加率	浅耕田 増加率
湿田増加率	1.00			
半湿田増加率	-0.07	1.00		
乾田増加率	-0.66	-0.38	1.00	
浅耕田増加率	-0.77	-0.25	0.95	1.00

注) 浅耕田：作土深15cm未満

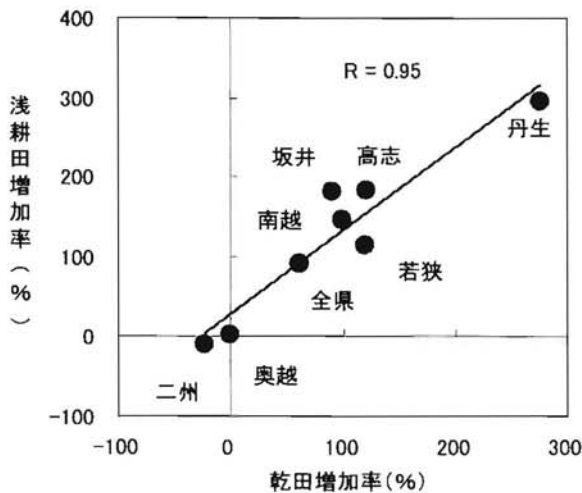


図3 土壌タイプの変化に伴う作土深の変化

浅く、次いで、高志および二州地区の13cm未満と続いた。

過去の作土深と比較するために、作土深15cm以上の割合の変化を図2に示した。これによると、奥越および二州地区ではあまり変化していないが、その他の地区では、いずれも過去の調査時に比べ大幅に浅くなっていた。

これら地区による差は、土壌タイプの変化と同様であることから、作土の浅耕化は乾田化との関係が示唆された。そこで、土壌タイプの変化と作土深の変化についてみたのが表4、図3である。これによると、土壌タイプと作土深とは非常に関係が深く、特に乾田増加率と浅耕田増加率との相関係数が0.95と最も高かった。すなわち、土壌タイプの変化が小さかった奥越および二州地区では、作土深の変化は小さかったが、その他の地区、すなわち湿田が減少し、乾田が大幅に増加した地区では作土が大幅に浅くなったことを示している。

乾田化によって作土が浅くなった原因を明らかにするため、土壌タイプと第2層のち密度の関係についてみたのが図4である。

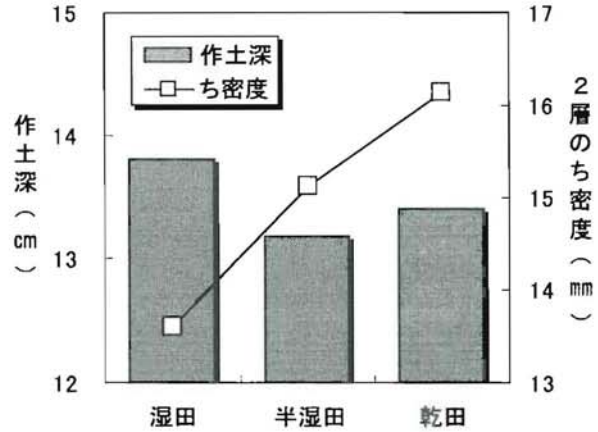


図4 土壌タイプ別作土深と土の硬さ

これによると、第2層のち密度は乾田>半湿田>湿田の順に高くなり、作土深は湿田が半湿田や乾田に比べ深かった。これは、乾田化によって第2層(鋤床層)が硬くなり、トラクター等によるロータリ耕耘が浅くなったためと推察される。耕耘の深さは人為的な要因、すなわち、トラクターの操作方法に影響されると考えられるが、土壌物理性の悪化原因も作土浅耕化の背景にあると考えられる。第2層のち密化は、乾田の増加に加え、トラクターやコンバイン等の大型機械が昭和50年前後から急激に増加したことも影響していると推察される。

グライ層は地下水の停滞によって出現する、いわゆる地下水グライが一般的である。しかし、乾田などでは、土壌の圧密化によって土壌水の浸透が阻害されると、停滞水による部分的なグライ層(逆さグライ層)が出現することがある。このような逆さグライ層を有する土壌の出現頻度と第2層のち密度との関係を図5に示した。逆

さグライ層を有する土壌の出現頻度と第2層のち密度との間には高い相関関係 ( $r=0.75$ ) が認められ、ち密化によって逆さグライ層が多くなることが示唆された。このような土壌は全県で20%近くも占めており、過去のデータがないので比較はできないが、逆さグライ層を有する土壌は第2層の圧密化によって多くなってきたと推測される。逆さグライ層を有する土壌は奥越、坂井、南越地区で多く、二州及び若狭地区で少なかった。

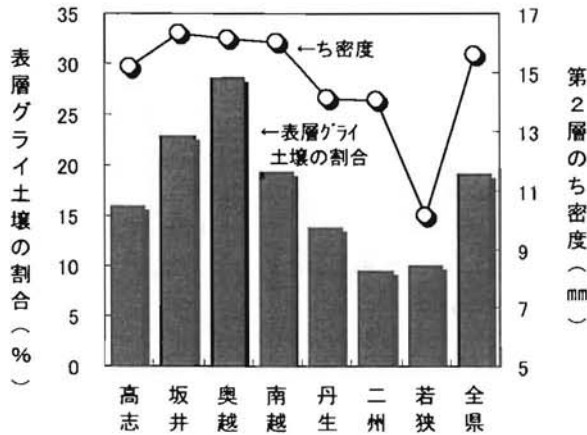


図5 乾田土壌の表層に逆さグライ層を有する土壌の割合と第2層のち密度

3. 土壌養分の変化

1) pH(H<sub>2</sub>O)

pH(H<sub>2</sub>O)の地区別実態を表5に示した。県全体では、全体の約80%がpH5~6に含まれており、水稲作でpH矯正が必要となるpH5未満は全体の10%であった。しかしながら、大麦や大豆など転換畑作物を栽培するには少なくともpH6以上が必要であり、その割合は全体の14%と少なかった。したがって、畑作物を栽培するには、石灰質資材の施用が不可欠と考えられた。

地区別では、奥越および二州地区が高めであり、逆に、高志、坂井、丹生の各地区が低めであった。

過去のpHと比較するために、pH6以上の割合の変化を

地区	等級別割合 (%)			平均値
	III等級 <5	II等級 5~6	I等級 6≤	
高志	12.6	82.0	5.3	5.4
坂井	15.9	76.7	7.5	5.4
奥越	1.7	72.9	25.4	5.8
南越	10.6	74.8	14.5	5.5
丹生	12.7	73.5	13.7	5.4
二州	4.7	70.6	24.7	5.7
若狭	4.7	75.5	19.8	5.6
全県	10.0	76.1	14.0	5.5

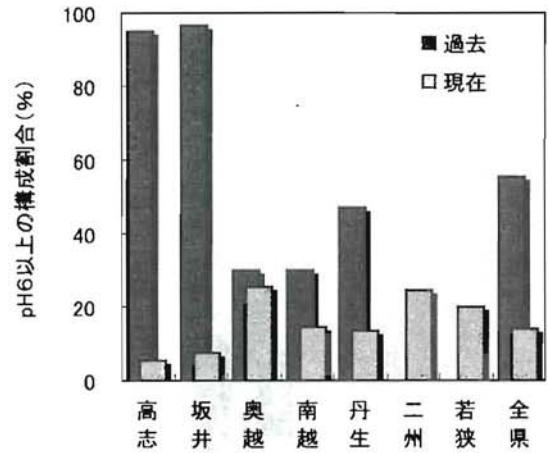


図6 pH(H<sub>2</sub>O)の変化

図6に示した。全県では過去の調査時にはpH6以上が約60%を占めたが、現在では約10%あまりとなり、大きく酸性化したことが明らかになった。地区別では、高志、坂井および丹生の各地区で酸性化が顕著であった。これらの地区はいずれも乾田が大幅に増加した地区であり、乾田化によって塩基分が流れやすくなったことが酸性化の一因と推測された。

一方、二州、若狭地区では、pH6以上の割合は過去の調査時に比べ増加したが、両地区を含めいずれの地区ともpH6以上の割合は低かった。

代表的な土づくり肥料で、pHを高める効果のあるケイ酸石灰の施用量は、昭和54年の10アール当たり約80kgをピークに毎年減少しており、平成11年では10アール当たりケイカル換算値で約40kgに減少している。近年における土づくり肥料の施用量とpHの関係について図7に示した。これによると、pHの高い地区はケイ酸質やリン酸質の土づくり肥料の施用量が多かった。pHと資材施用量との相関係数はケイ酸質で0.71、リン酸質で0.78と高かった。したがって、酸性化の原因は土づくり肥料の施用量

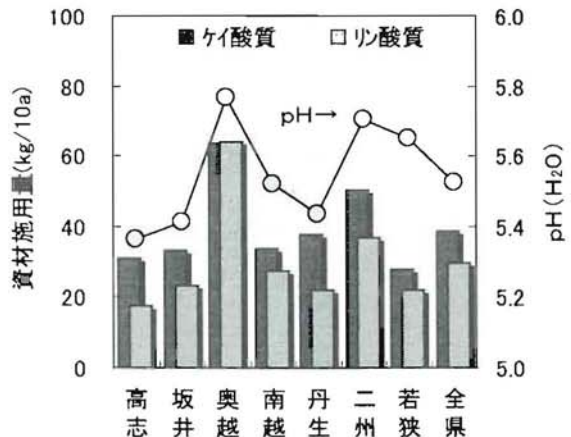


図7 土づくり肥料の施用量とpHの関係 (施肥量はJA扱H11肥料年度統計による)

も要因の一つと考えられる。

## 2) 塩基置換容量(CEC)

塩基置換容量の地区別実態を表6に示した。県全体では、全体の80%以上が6~20me/100gに属し、20me/100g以上は全体の20%不足であった。県平均では15.3me/100gであった。地区別では、丹生、奥越地区が平均値でそれぞれ18.9、17.8me/100gと高く、二州、若狭地区はそれぞれ10.1、11.8me/100gと低かった。これは、母材の影響に寄るところが大きいと考えられる。すなわち、奥越は黒ボク混じりの土壌が多く、丹生地区は強粘質土壌が多く、一方、二州および若狭地区は花崗岩の影響による砂質系土壌が多いことを反映しているものと推測される。

表6 現在の塩基置換容量の等級別割合と平均値

地区	等級別割合 (%)			平均値 (me/100g)
	III等級 <6me	II等級 6~20me	I等級 20me≤	
高志	0.8	82.6	16.6	15.8
坂井	1.5	94.5	4.0	13.9
奥越	0.0	63.1	36.9	17.8
南越	0.0	79.6	20.4	15.9
丹生	0.0	65.7	34.3	18.9
二州	5.5	93.9	0.6	10.1
若狭	0.8	92.4	6.7	11.8
全県	0.9	81.6	17.5	15.3

過去の塩基置換容量との比較を図8に示した。各地区ともそれほど大きな変化が認められなかった。したがって、圃場整備が進んでも基本的な土壌の性格である塩基置換容量はあまり変化しないことを示している。

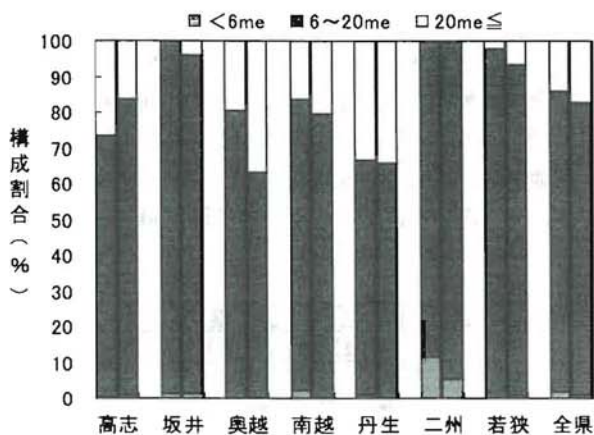


図8 塩基置換容量の変化  
 (左側が過去、右側が現在)

## 3) 腐植(T-N×1.724)・全窒素(T-N)

この分析項目は、生産力可能性分級基準にはない。し

かしながら、腐植や全窒素は土壌の総合的な生産力の目安であり、また、土壌の物理性や微生物性にかかわる項目である。

表7 腐植の階級別割合と平均値

地区	階級別割合 (%)					平均値 (%)
	<1%	~2%	~3%	~4%	4%≤	
高志	0.8	10.7	29.8	36.8	21.9	3.23
坂井	0.4	8.6	32.6	34.4	24.0	3.30
奥越	0.0	2.3	18.0	25.9	53.8	4.83
南越	0.0	3.5	25.2	40.4	30.9	3.62
丹生	0.0	11.8	20.6	36.3	31.4	3.45
二州	0.0	8.2	31.3	28.0	32.5	3.73
若狭	0.2	3.3	29.9	32.4	34.2	3.69
全県	0.3	6.7	27.0	33.7	32.3	3.70

注) 腐植は全炭素(T-C)×1.724

表8 全窒素の階級別割合と平均値

地区	階級別割合 (%)					平均値 (%)
	<0.1%	~0.15%	~0.20%	~0.25%	0.25%≤	
高志	9.8	27.8	41.6	15.4	5.3	0.163
坂井	7.7	33.9	36.6	17.6	4.2	0.163
奥越	2.3	13.8	34.4	20.3	29.3	0.215
南越	2.5	18.7	42.3	28.5	8.1	0.181
丹生	4.9	23.5	41.2	21.6	8.8	0.171
二州	2.2	17.6	38.4	24.1	17.8	0.196
若狭	0.0	4.1	35.5	37.3	23.0	0.219
全県	5.2	22.7	38.3	21.4	12.4	0.182

土壌保全調査による腐植および全窒素を表7、表8および図9、図10に示した。地力増進法では腐植の改善目標値を2%と定めており、福井県では3%としている。全県では全体の90%以上が腐植2%を越えており、全体の60%以上が腐植3%を越えていた。地区別では奥越地区がとりわけ高いが、これは黒ボク土壌の影響と考えられる。

全窒素には特に目標値が定められていない。全窒素は

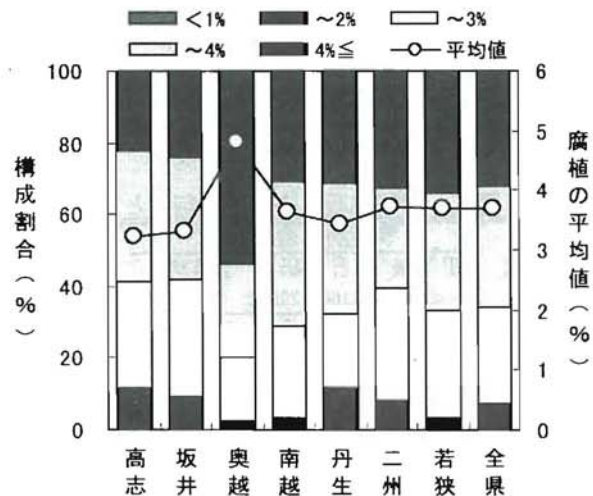


図9 腐植(土壌保全調査)

腐植とほぼ一定の関係にあり (CN比は全県平均で11.7)、全窒素が多いほど肥沃度が高いと言える。しかしながら、水田では全窒素よりも、湿潤土の可給態窒素が作物の生育との関係が深いため、今後解析を進める予定である。

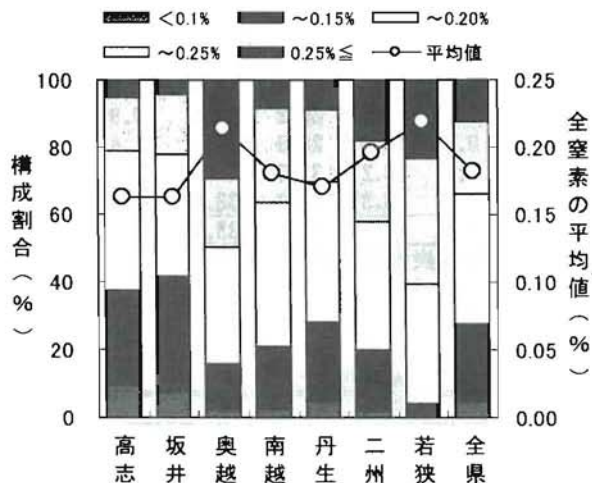


図10 全窒素(土壤保全調査)

地区別では、腐植が多かった奥越地区と嶺南地方の二州および若狭地区で全窒素が高めであった。

嶺南地方は塩基置換容量が小さい中粗粒質土壌が多く分布しており、一般に地力が乏しいと言われてきたが、腐植や全窒素からは全く反対の結果であった。この理由として、同地方は作土が浅いため、稲わら還元による有機物量の濃度が高くなることや、同地方では有機物が分解しにくい湿田タイプが比較的多いことなどが原因と考えられる。母材の違いや粘土鉱物の違い<sup>4, 5)</sup>も考えられるが、判然としなかった。

腐植および全窒素の変化については、地力保全基本調査のデータがないので明らかにすることはできない。土壌環境の変化から腐植および全窒素の変化を推測すると、増加の要因として、地力保全基本調査時に比べ、稲わらの還元率が飛躍的に向上したことや作土深が浅くなったことなどが挙げられる。一方、減少の要因として乾

田化の進展が大きいと思われる。

4) 置換性塩基 {石灰(CaO)・苦土(MgO)・加里(K<sub>2</sub>O)}

置換性石灰の地区別実態を表9に示した。県全体では、全体の約50%が200mg/100gで、100mg未満は全体の10%あまりであった。地区別では、丹生地区が平均値で300mg/100gを上回って最も多く、二州、若狭地区では100mg未満が30%以上を占め、平均値でも100mg台と少なかった。

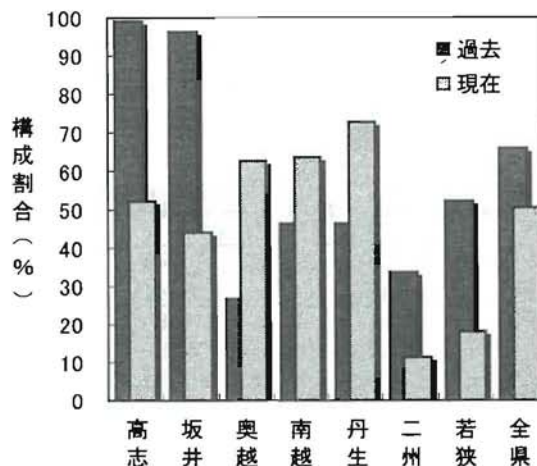


図11 置換性石灰の変化 (CaO200mg/100g以上の割合)

置換性石灰の変化を図11に示した。CaOで200mg/100gを越える割合は、全県では約15%少なくなった。地区別にみると、高志、坂井、二州、若狭の各地区では200mg/100gの割合が少なくなったが、奥越、南越、丹生の各地区では、その割合は増加した。高志および坂井は極端にpHが低下した地区であり、その原因は石灰の流亡によるものと推察される。

置換性苦土の地区別実態を表10に示した。県全体では、全体の約70%が25mg/100g以上で、10mg未満は全体の3.2%と少なかった。地区別では、丹生、南越および高志地区が平均値で50mg/100g以上と多かったが、二州、若狭、高志の各地区では、平均値で20~30mg台と少なか

表9 現在の置換性石灰の等級別割合と平均値

地区	等級別割合 (%)			平均値 CaO (mg/100g)
	III等級	II等級	I等級	
	<100mg	100~200mg	200mg≤	
高志	11.8	36.0	52.2	223
坂井	12.3	43.6	44.1	206
奥越	4.2	33.2	62.5	253
南越	5.0	31.2	63.8	285
丹生	0.0	27.5	72.5	316
二州	33.1	55.8	11.2	131
若狭	30.5	51.4	18.1	145
全県	11.2	38.3	50.5	229

表10 現在の置換性苦土の等級別割合と平均値

地区	等級別割合 (%)			平均値 MgO (mg/100g)
	III等級	II等級	I等級	
	<10mg	10~25mg	25mg≤	
高志	0.6	16.3	83.1	51.5
坂井	6.8	23.8	69.4	33.5
奥越	0.8	29.9	69.3	38.6
南越	2.8	25.5	71.6	52.6
丹生	2.9	6.9	90.2	62.0
二州	5.3	63.0	31.7	22.6
若狭	3.9	45.2	50.9	33.0
全県	3.2	26.5	70.2	42.2

った。また、25mg/100gを越える割合は、嶺北地方では約70～90%を占めたのに対し、嶺南地方では約30～50%と少なかった。

置換性苦土の変化を図12に示した。MgOで25mg/100gを越える割合は、全県では10%あまり増加し、その割合は約70%となった。地区別にみると、高志および坂井地区では、過去の調査時には100%近く占めたものが80～70%に少なくなった以外は、各地区とも増加した。

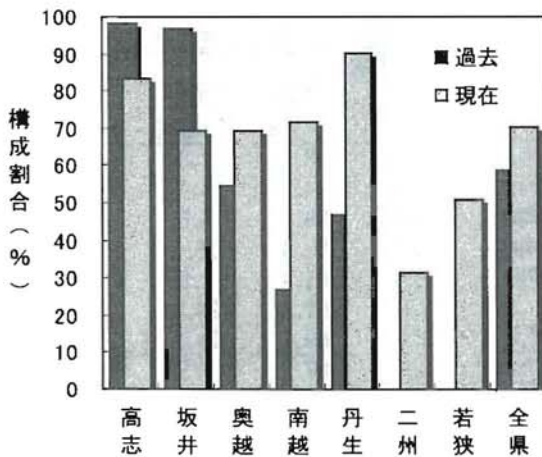


図12 置換性苦土の変化  
 (MgO25mg/100g以上の割合)

川端は1960年に、水田土壌50haに1点の割合で採取した土壌の置換性苦土を分析した結果から、20mg以下の弱欠乏水田は約1万haと見込んでいる<sup>2)</sup>。今回の調査では、20mg以下の水田は約5千haに減少していた。

置換性苦土の増加は、苦土を含有した本田用肥料や土づくり肥料を積極的に使用してきたことが原因と考えられる。

置換性加里の地区別実態を表11に示した。県全体では、全体の約70%が15mg/100g以上で、8mg未満は全体の3.9%と少なかった。全県平均で19.2mg/100gであった。地区別では、丹生、奥越および高志地区が平均値で20mg/100g以上と多かったが、若狭、二州地区では、平均値で15mg前後と少なかった。また、K<sub>2</sub>Oで15mg/100gを越える割合は、嶺北地方では約60～90%を占めたのに対し、嶺

表11 現在の置換性加里の等級別割合と平均値

地区	等級別割合 (%)			平均値 K <sub>2</sub> O (mg/100g)
	III等級 <8mg	II等級 8~15mg	I等級 15mg≤	
高志	0.6	23.6	75.8	20.3
坂井	3.3	31.1	65.6	17.6
奥越	1.4	28.2	70.4	22.7
南越	0.4	40.1	59.6	17.2
丹生	0.0	7.8	92.2	27.0
二州	19.2	42.7	38.2	15.1
若狭	22.0	36.5	41.5	14.3
全県	3.9	30.1	66.0	19.2

南地方では約40%と少なかった。石灰、苦土を含め塩基全般に、含量の違いはおおむね塩基置換容量に対応しており、塩基置換容量が大きい嶺北地方は塩基は多め、塩基置換容量が小さい嶺南地方は塩基が少な目であった。

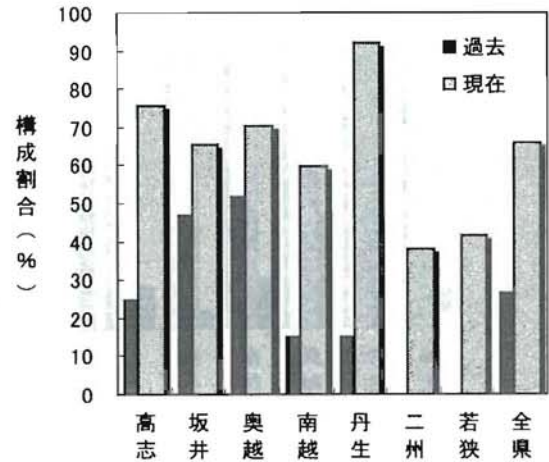


図13 置換性加里の変化  
 (K<sub>2</sub>O15mg/100g以上の割合)

置換性加里の変化を図13に示した。K<sub>2</sub>Oで15mg/100gを越える割合は、全県では約40%増加し、その割合は約70%となった。各地区別にみると、いずれの地区も増加し、奥越および高志地区で約20%増加し、その他の地区では40～70%増加した。このように全県的に加里が増加したのは、過去の土壌調査時に比べ、収穫作業がバインダーからコンバインに置き換わり、現在では稲わらの殆どが水田に還元されるようになったため、稲わらに多く含まれている加里分が土壌中の置換性加里の増加に寄与したものと考えられる。

#### 5) 可給態リン酸(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

可給態リン酸の地区別実態を表12に示した。県全体では、全体の80%以上が10mg/100g以上で、2mg未満は全体の0.1%と極めて少なかった。全県平均で20.9mg/100gであった。各地区とも平均値で10mgを大幅に越えており、10mg/100g以上の割合は各地区とも70%を越えていた。

表12 現在の可給態リン酸の等級別割合と平均値

地区	等級別割合 (%)			平均値 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)
	III等級 <2mg	II等級 2~10mg	I等級 10mg≤	
高志	0.0	26.7	73.3	15.4
坂井	0.2	17.0	82.8	18.2
奥越	0.0	3.4	96.6	29.6
南越	0.0	11.3	88.7	22.8
丹生	0.0	28.4	71.6	17.1
二州	0.2	11.1	88.7	24.5
若狭	0.0	23.9	76.1	17.7
全県	0.1	16.1	83.8	20.9

特に、奥越地区が96.6%と最も高く、次いで二州および南越地区であった。

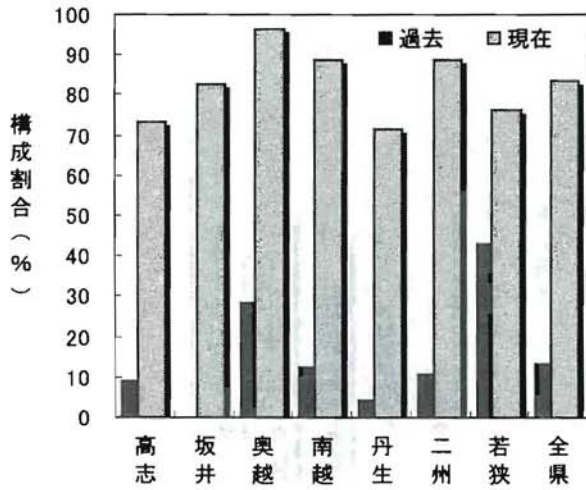


図14 可給態リン酸の変化 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>10mg/100g以上の割合)

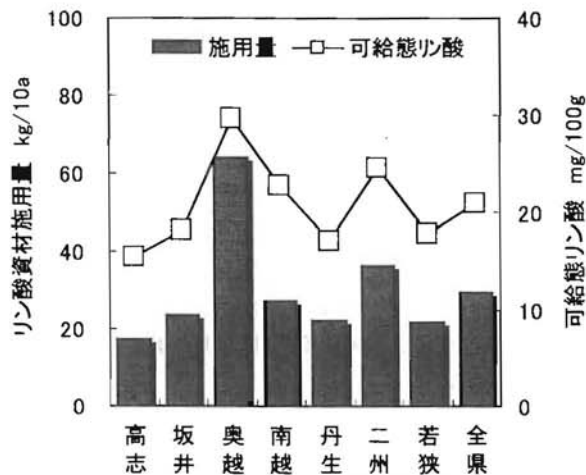


図15 資材施用量と可給態リン酸 (資材施用量はJAH11肥料年度統計による)

可給態リン酸の変化を図14に示した。過去の調査時には、10mg/100g以上の割合が全県で10%あまりであったが、現在ではその割合が80%以上の大幅な増加を示し、リン酸肥沃度が大幅に高まった。この理由は、福井県では、従来より移植時期の低温対策や圃場整備した土壌に対する養分補給対策として、リン酸質の土づくり肥料の施用を推進してきたことや、基肥に高リン酸肥料が長年使用されてきたこと、さらには、地区によりケイ酸補給に溶リンが利用されてきたこと等によると推察される。リン酸質資材の施用量と可給態リン酸との関係は深く(図15)、今後、低コスト化や環境保全の点からも、土づくり肥料の種類や肥料のリン酸成分の見直しが必要と考えられる。

6) 可給態ケイ酸(SiO<sub>2</sub>)

可給態ケイ酸の地区別実態を表13に示した。県全体では、目標値の15mg/100g以上の割合は全体の10%不足と少なかった。地区別では、丹生、坂井、高志の各地区が目標値を越える割合が特に低く、平均値も低レベルであった。一方、二州、若狭の両地区は嶺北地方に比べると目標値に達している割合が27%と高く、平均値も12mg台と県下では最も高かった。

表13 現在の可給態ケイ酸の等級別割合と平均値

地区	等級別割合 (%)			平均値 SiO <sub>2</sub> (mg/100g)
	III等級	II等級	I等級	
	<5mg	5~15mg	15mg≤	
高志	3.1	93.0	3.9	9.3
坂井	2.0	94.7	3.3	10.2
奥越	2.0	89.9	8.2	10.6
南越	1.1	82.4	16.5	11.6
丹生	15.7	81.4	2.9	7.8
二州	5.8	67.3	26.8	12.4
若狭	3.4	69.7	26.9	12.6
全県	3.2	87.3	9.5	10.5

可給態ケイ酸の変化を図16に示した。県全体では、現在も過去の調査時にも目標値に達している割合が低く、土壌肥沃度が低いことがあらためて明らかになった。地区別では、丹生地区が極端に低くなり、二州、若狭両地区の増加が目立っていた。可給態ケイ酸が少ないのは、母材の影響とケイ酸石灰等の土づくり肥料の施用量が減少してきたことが要因と考えられる。

福井県はかんがい水のケイ酸濃度も低いいため、水稻の生産安定と品質向上を図るには、従来から言われているようにケイ酸質の土づくり肥料を積極的に施用することが重要と考えられる<sup>3)</sup>。

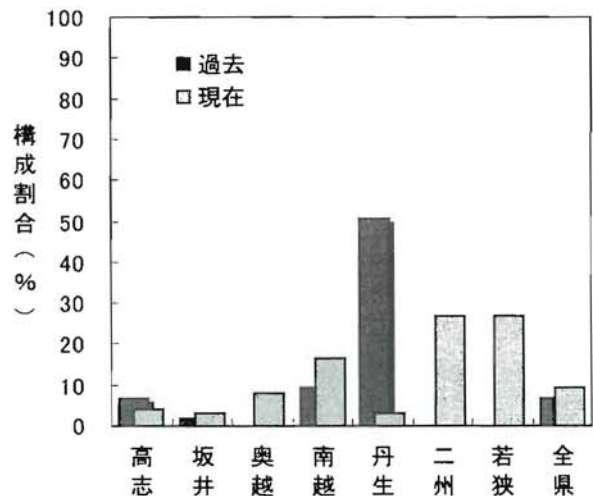


図16 可給態ケイ酸の変化 (SiO<sub>2</sub>15mg/100g以上の割合)



7) 遊離酸化鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

遊離酸化鉄の地区別実態を表14に示した。県全体では、1.5%以上の割合は全体の約70%と多かったが、地区による違いが顕著であった。すなわち、二州地区では1.5%以上の割合は26.5%と極端に低く、遊離酸化鉄の平均値が1.13%と他地区の約半分の値であった。これは、当地区が花崗岩を母材とする中粗粒質土壌のためと考えられる。

表14 現在の遊離酸化鉄の等級別割合と平均値

地区	等級別割合 (%)			平均値 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
	III等級	II等級	I等級	
	<0.8%	0.8~1.5%	1.5%≤	
高志	3.7	19.1	77.2	2.15
坂井	5.3	20.0	74.7	1.97
奥越	4.2	30.1	65.6	1.93
南越	18.8	28.0	53.2	1.72
丹生	2.0	13.7	84.3	2.37
二州	38.9	34.6	26.5	1.13
若狭	6.1	28.4	65.5	1.93
全県	8.7	24.2	67.1	1.93

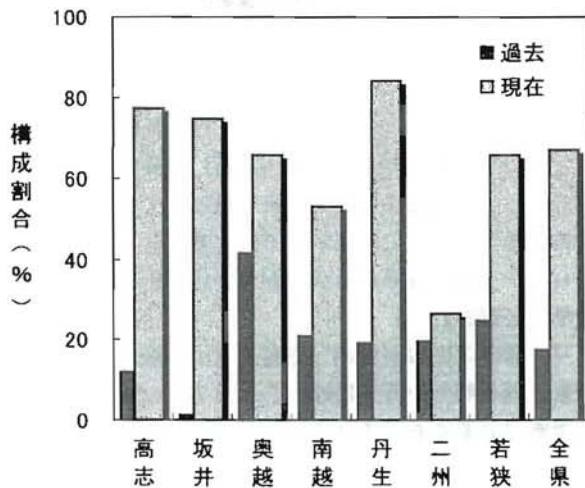


図17 遊離酸化鉄の変化  
(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.5%以上の割合)

遊離酸化鉄の変化を図17に示した。これによると、各地区とも過去の調査時に比べ遊離酸化鉄は増加していた。その増加率は、坂井、高志、丹生の各地区が高く、二州、奥越の各地区は低かった。この傾向は、乾田の増加率と概ね一致していた。したがって、土壌乾燥の影響が大きい湿田ほど遊離酸化鉄の増加に結びついていると言える。田中ら<sup>9)</sup>は、同一圃場において、土壌養分状態の変化を追跡しており、その中で水田転作によって遊離酸化鉄の大幅な増加を認めている。したがって、遊離酸化鉄の増加は、転作や圃場整備率の増加による土壌の乾燥歴に起因しているものと考えられる。

8) 易還元性マンガン(Mn0)

易還元性マンガンの地区別実態を表15、図18に示した。易還元性マンガンは、生産力可能性分級基準の障害性のうち重金属含量の項目に該当する。ただし、要因強度区分が定められていない。福井県における水田では、昔からマンガン過剰による生育不良<sup>9)</sup>や止葉枯症<sup>1)</sup>が問題となっている。過剰が問題となる易還元性マンガンのレベルは土壌タイプで異なるが、一般に30~50mg/100gを越えると危険性が大きくなると言われている。全県では、50mgを越える地点は全体の約5%、30mgを越える地点は全体の約20%であった。地区別では、30mgおよび50mgを越える地点割合は、奥越および高志地区で高く、平均値では奥越および丹生地区で高かった。

表15 易還元性マンガンの階級別割合と平均値

地区	階級別割合 (%)				平均値 mg/100g
	<10mg	~30mg	~50mg	50mg≤	
高志	35.4	38.5	17.7	8.4	20.8
坂井	44.1	47.8	6.4	1.8	14.0
奥越	27.1	46.6	18.4	7.9	22.7
南越	38.7	36.5	20.2	4.6	20.0
丹生	18.6	58.8	17.6	4.9	22.2
二州	55.7	36.4	5.7	2.2	12.8
若狭	40.6	42.3	13.5	3.6	17.4
全県	37.0	43.5	14.4	5.1	18.7

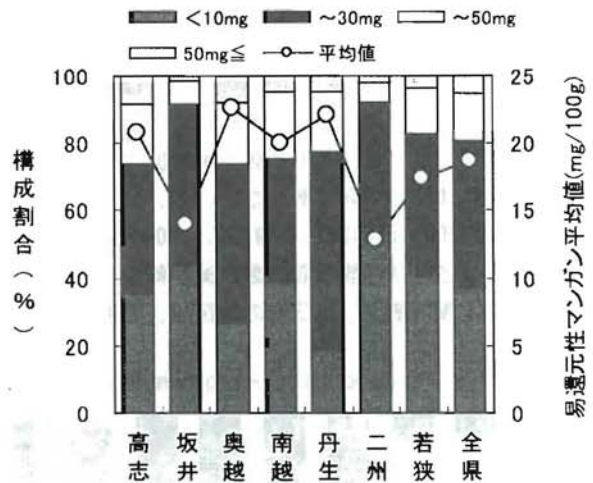


図18 易還元性マンガン(土壌保全調査)

土壌変化については、過去のデータがないので判然としないが、マンガン過剰が問題となった大野市における1984年の土壌分析結果と比較するとかなり減少していた。調査の密度や規模が異なるので正確な比較とは言えないが、若干減ってきた現場の実態と一致しているように思われる。しかしながら、マンガンは非常に動きやすいので、作土のみの分析結果からは正確な判断はできないことから、今後、下層部も含めて検討が必要と思われる。

る。

9) リン酸吸収係数

リン酸吸収係数の地区別実態を表16に示した。リン酸吸収係数は、粘質土壌が多い嶺北地方で高く、中粗粒質土壌が多い嶺南地方で低かった。

地区別では奥越地区でリン酸吸収係数が最も高かった。同地区では、リン酸吸収係数が1500を越える土壌が7.4%と高く、平均値でも1000を越え、最も高かった。これは、奥越地区は、黒ボク混じりの土壌が多く分布するためと考えられる。一方、中粗粒質土壌が多く分布する二州地区では、リン酸吸収係数の平均値が500未満と最も低かった。

表16 現在のリン酸吸収係数の等級別割合と平均値

地区	等級別割合 (%)			平均値
	I 等級 <700	II 等級 700~1500	III 等級 1500≤	
高志	14.2	84.3	1.4	893
坂井	21.7	78.3	0.0	826
奥越	10.8	81.8	7.4	1005
南越	27.4	71.5	1.1	844
丹生	5.9	91.2	2.9	976
二州	81.9	17.9	0.2	496
若狭	63.9	34.6	1.5	658
全県	24.5	73.3	2.2	856

リン酸吸収係数の変化を図19に示した。奥越、南地区では変化は小さかったが、その他の地区では大きな変化がみられた。高志、坂井および丹生地区では、700未満の割合が減少し、700~1500の割合が増加するなど、リン酸吸収係数は増加傾向であった。一方、二州および若狭地区では、700未満の割合が増加し、700~1500の割合が減少するなど、リン酸吸収係数は減少傾向であった。リン酸吸収係数が増加した3つの地区は、最も酸性化し

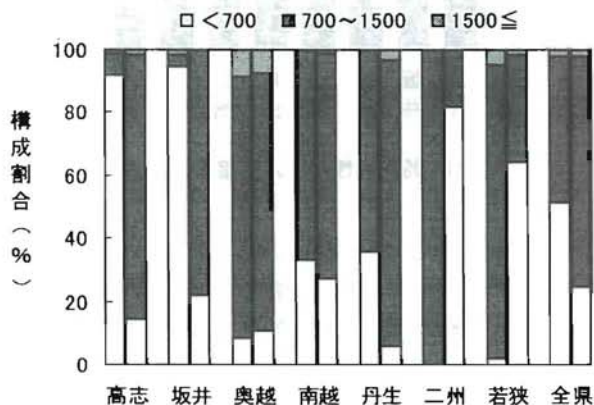


図19 リン酸吸収係数の変化 (左側が過去、右側が現在)

た地区であり、また、遊離酸化鉄が最も増加した地区でもある。一方、リン酸吸収係数が減少した地区は、遊離酸化鉄の増加率が低く、また、pHが低いレベルではあるがやや上昇した地区である。したがって、リン酸吸収係数の増加は酸性化と遊離酸化鉄の増加に起因していると考えられる。しかしながら、地域によってリン酸吸収係数の減少した根拠については判然としなかった。

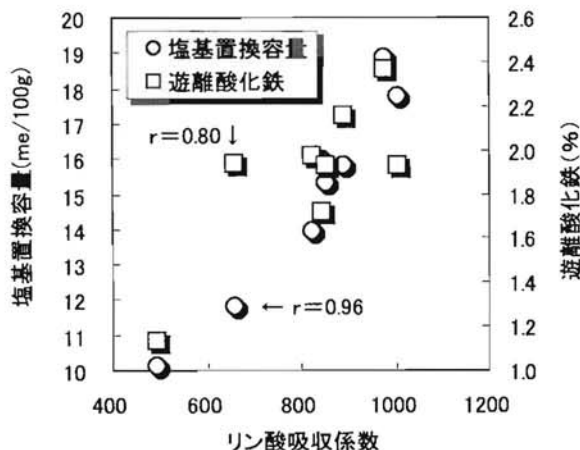


図20 リン酸吸収係数と塩基置換容量及び遊離酸化鉄との関係(データは各地区の平均値)

リン酸吸収係数は、図20に示すとおり塩基置換容量 (r=0.96) および遊離酸化鉄 (r=0.75) と高い相関関係が認められた。遊離酸化鉄は大幅に増加しているが、塩基置換容量は、図8に示すとおり殆ど変化していないことから、リン酸吸収係数も図19が示すほどの大きな変化はないと思われる。

リン酸吸収係数が増加した高志および坂井地区では、従来と同じ肥効を得るには、これまでよりもリン酸資材の増施が必要であることを示している。しかしながら、全県的にリン酸肥沃度が大幅に高まっていることから、リン酸吸収係数の増加に係わる問題は大きくはないと考えられる。

IV まとめ

約30年前頃から農業を取り巻く環境は大きく変わってきた。水田転作の導入と転作面積の増加、圃場整備の進展、農業機械の大型化などの直接的な要因と、兼業化・高齢化の進展など間接的な要因等が複雑に絡み合い、それらの影響が確実に土壌に刻まれていることが、今回の調査から、また、過去のデータとの比較の中から明らかになった。これら土壌変化の要因とその対策を図21に示した。

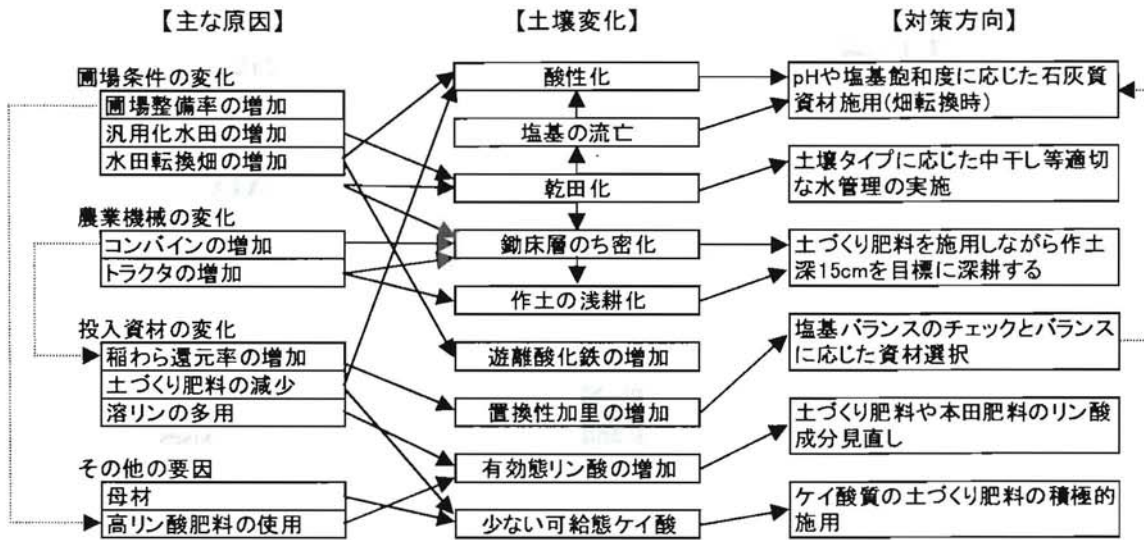


図21 水田土壌の変化の要因とその対策

これらの情報を、今後の土づくりや施肥管理に生かしながら、福井米のハイグレード化や水田畑作物の生産安定に結びつけてゆくことが重要と考える。

農試特別報告第5号:1~86.

10)牧田康宏・西端善丸・伊森博志(1998). 土壌断面調査結果の活用支援システム. 北陸農業研究成果情報第14号:53~54.

11)宮森康雄(1996). 低タンパク米生産におけるケイ酸の役割とその診断指標. 土肥誌. 67(6):696~700.

## V 引用文献

- 1)岩田忠寿(1975). 水稻止葉枯症の発生機作並びに防止に関する研究. 福井農試特別報告第6号:1~69.
- 2)川端清一(1960). 苦土に関する研究. 福井県農事試験場創立60周年記念論文集:147~153.
- 3)川端清一(1960). 珪酸石灰に関する研究. 福井県農事試験場創立60周年記念論文集:131~145.
- 4)北川靖夫・坂東義仁・菊澤正裕(1994). 福井県嶺北地方の主要な水田土壌中の粘土鉱物組成. ペドロジスト第38巻第2号:11~23.
- 5)北川靖夫・坂東義仁・菊澤正裕(1994). 福井県嶺南地方の主要な水田土壌中の粘土鉱物組成. ペドロジスト第38巻第2号:24~29.
- 6)住田弘一(1996). 多用な水稻栽培方式における水田土壌肥料研究の現状と方向1. 水田土壌における養分動態研究の進歩, その3-ケイ酸-. 土肥誌. 67(4):435~439
- 7)高橋和夫・野中邦彦(1986)水田土壌中の有効態ケイ酸の測定法. 土肥誌. 57(5):515~517.
- 8)田中英典・北倉芳忠・森川峰幸(1995). 細粒質水田における乾田直播を導入した水田輪作体系が土壌理化学性に及ぼす影響. 福井県農業試験場研究報告. 32:31~42.
- 9)寺島利夫(1973). マンガン過剰水田に関する研究. 福井

# Change of the Paddy Soil Characters and Desirable Direction of Soil and Fertility Management in Fukui Prefecture

Hiroshi IMORI, Yasuhiro MAKIDA, Yoshimaru NISHIBATA, Yoshihito BANDO,  
Satoshi KURINAMI, Hajime MORINAGA and Mitsunobu NAGATANI

## Summary

1. For the stable and high quality crop production, soil survey of the paddy field was conducted in cooperation with Fukui Horticultural Experiment Station and Agricultural Extension Centers in Fukui prefecture. About 7,500 soil profile investigations and about 2,700 soil fertility analyses were performed. The results of this survey showed remarkable changes with regard to soil physics and fertilities in comparison with those of the survey performed from 1959 to 1974.
2. From the results of soil profile investigations, it became clear that the ill-drained paddy fields decreased, the well drained ones increased and the depth of plow layer became shallow. These results strongly appeared in the areas where the percentage of the ill-drained paddy had been high. The increase in the percentage of the well-drained paddy fields could be attributed to the farm land consolidation with the construction of underdrain and the occasional conversion for upland crops cultivation. The plausible reasons of shallower plow layer were that the plow sole became hard by the dryness of the soil and by the tread pressure accompanied with the use of large-sized agricultural machines. In addition, quicker tilling speed may cause shallow depth of plow layer. From these results, the necessity of deep and slow tilling was reaffirmed for paddy field management.
3. By soil fertility analyses, it became clear that soil pH fell down and the content of available phosphorus, exchangeable potassium and free iron oxide increased compared with the data analyzed more than 25 years ago. The content of available silica, which is important for paddy rice, was still in a low level. The reasons of the acidification could be the increase in the percentage of the well-drained paddy which caused the reaching loss of bases from the soil, such as lime, and the decrease in application rate of soil conditioners. The application of calcic materials was recommended for the region where soil acidification was observed, because the growth of upland crops, such as barley and soybean, tends to be stagnated by low pH soil conditions. For the rice cultivation, it was also recognized that the application of silicate fertilizers is still important as well as 25 years ago and the revision of the application rate of phosphorus fertilizer is needed from the point of view of lowering the cost of fertilizer and reducing the runoff from the paddy field.
4. As a result, it was confirmed that the change of the cultural practices in paddy field agriculture certainly influenced the soil characters. This survey showed us a lot of and very important information for a desirable soil and fertility management in future.