

## 兵庫県下水田土壌の養分特性の経年変化と土壌改良対策

青山喜典\*・津高寿和\*\*

### 要 約

県下水田について、1979年から5年間隔で4回調査を行い、県下の土壌養分実態と15年間の変化について地域別に明らかにし、改良対策を示した。

- 1 県下全域の水田土壌養分については、可給態リン酸含量が増加、可給態ケイ酸含量が減少したが、腐植含量が2～4巡目は変化なく、その他の項目の変化はわずかであった。現在の土壌養分はリン酸が高くケイ酸が低い以外は、ほぼ土壌の診断基準<sup>9)</sup>内であった。
- 2 地域別の水田土壌養分は、各地域とも、リン酸が増加しケイ酸が減少傾向にあった。腐植、pH、交換性苦土及びカリについてはほとんど変化がなかった。しかし、淡路地域では交換性石灰、カリの増加及び可給態リン酸の急増が認められた。
- 3 今後、生産調整の拡大による地力の低下や一部集約栽培による養分集積等環境負荷の増大が懸念されるため、県下耕地土壌の調査を継続し環境に配慮した施肥・土づくりの方策を推進することが重要であると考えられた。

### Chemical Properties and Changes of Paddy Soils at Each District in Hyogo Prefecture

Yoshinori AOYAMA and Toshikazu TSUTAKA

#### Summary

We researched the chemical properties of paddy soils at each district in Hyogo Prefecture and compared them with chemical properties of 15 years ago.

- (1) There was little change in the chemical properties of paddy soils in Hyogo Prefecture except for an increase of available  $P_2O_5$  and decrease of available  $SiO_2$ .
- (2) There was little change in the soil organic matter, pH, exchange  $MgO$  and  $K_2O$  of paddy soils at each district. Exchange  $CaO$  and  $K_2O$  increased and the available  $P_2O_5$  increased very much in the Awaji District.
- (3) It is important to continue the research of the chemical properties of cultivated soils and influence of fertilizer and organic matter application, and to promote environmentally conscious agriculture.

キーワード：水田、有機質資材、腐植、土壌養分、可給態リン酸

#### 緒 言

近年、兼業化の進行及び農業者の高齢化に伴い、堆きゅう肥の生産や有機質資材施用の減少、作土の浅耕化による土壌生産力の低下が懸念されている。そこで、作物生産の安定性に影響を与える土壌の特徴を知り、長期にわたる変化を把握することは、環境に配慮した土づくり施策を考えるうえで大変重要である。

1979～1998年に、農林水産省の補助事業である土壌環

境基礎調査(定点調査)で、耕地土壌の土壌断面調査、土壌の理化学性調査及び土壌管理実態調査が全国的に実施された。本県でも、水田土壌を中心に調査を実施し、地域別の水田土壌と土壌養分の特徴を明らかにした<sup>9)</sup>。その後、15年間の土壌養分の変化から、土壌改良対策を検討したので報告する。

#### 材料及び方法

県下各地域の水田から305の代表ほ場を選定し、1979年から5年を1巡として5年間隔で4回調査を実施した。ほ場選定に当たっては、地力保全基本調査総合成績書(1978年兵庫県発行)を参考にその地区に広く分布する

2002年8月30日受理

\* 農林水産技術総合センター部長(普及担当)

\*\* 農林水産技術総合センター部長(農林水産環境担当)

土壌型のは場を、水田面積約250haに1点の割合で選定した。

土壌養分分析は、原則として作土の風乾細土を分析測定法<sup>4)</sup>と土壌、水質及び作物体分析法<sup>5)</sup>により行った。

土壌 pH はガラス電極法 (pH メーター: 東亜電波 HM-305) で、陽イオン交換容量はセミマイクロ Schollenberger 法に準じ測定した。交換性陽イオンは pH 7.0 1mol L<sup>-1</sup> 酢酸アンモニウム溶液で抽出し、石灰と苦土は原子吸光光度法 (原子吸光分光光度計: 日立 180-50) で、カリは炎光光度法 (炎光光度計: 英弘精機 LF-32) で測定した。

可給態リン酸は Truog 法で抽出して、モリブデンブルー法で発色させ、可給態ケイ酸は酢酸緩衝液抽出法で抽出して、モリブデンブルー法で発色させ、分光光度法 (ダブルビーム分光光度計: 島津 UV-160) で測定した。可給態窒素は、湛水保温静置培養法で無機化した窒素を蒸留法で測定した。

1 巡目のみ、腐植含量はチューリン法で、全窒素含量はケルダール分解後、セミマイクロ蒸留法で測定した。

2 巡目以降、分析精度の向上と迅速化をはかるため、腐植及び全窒素含量は、乾式燃焼法 (NC アナライザー: 住友化学 SUMIGURAPH NC-80 AUTO) で測定した。

土壌断面調査は地力保全基本調査実施要領<sup>7)</sup>、土壌分類は土壌統設定基準及び土壌統一覧表<sup>6)</sup>に準じて行った。すなわち、幅約 1 m、深さ約 1 m の断面を試掘して

調査を実施し、土壌硬度は山中式硬度計で測定し、土色は標準土色帳 (農林水産技術会議事務局監修) で、グライの有無は、ピリジル反応で判定した。

土壌管理実態調査は耕作者から、地域を担当する農業改良普及員による聴き取り調査により行った。

## 結 果

県下の市郡別及び土壌型別調査ほ場数を表 1 に示した。

各地域とも調査ほ場の土壌型は灰色低地土が最も多く、但馬と丹波は他の地域に比べて湿田であるグライ土が多かった。

東播磨は他地域に比べて粘質の黄色土と火山灰に由来する多湿黒ボク土が多かった。

西播磨、阪神及び淡路は他の地域に比べ灰色低地土の比率が高く、特に西播磨は漏水田の中粗粒及び礫質灰色低地土が多かった。

県下水田土壌の 1 巡目 (1979~82年) から 4 巡目 (1994~97年) 15年間における養分値 (作土の平均値) と土壌診断基準<sup>5)</sup> 及び資材施用量を表 2 に示した。腐植と全窒素含量は、材料及び方法に記述したように、2 巡目からより精度の高い乾式燃焼法 (値がやや高く出る) に変更したので腐植と全窒素のみ 2~4 巡目の 10年間の変化を比較し、その他の項目は、1~4 巡目の 15年間の変化を比較した。

腐植は 3.6% から 3.7% と基準値 (表 2 の目標値、以下

表 1 県下各地域の市郡別及び土壌型 (土壌群) 別調査ほ場数

地域名	ほ場数	市郡名及び調査ほ場数	土壌群名及び調査ほ場数
但馬	55	豊岡市 5, 城崎郡 7, 出石郡 7, 美方郡 11, 朝来郡 15, 養父郡 10	多湿黒ボク土 3, 黄色土 3, 褐色低地土 1, 灰色低地土 28, グライ土 20
丹波	45	氷上郡 25, 多紀郡 20	多湿黒ボク土 2, 黒ボクグライ土 1, 黄色土 1, 褐色低地土 3, 灰色低地土 23, グライ土 15
東播磨	60	明石市 2, 加古郡 3, 加古川市 4, 高砂市 1, 三木市 1, 美嚢郡 4, 加西市 5, 小野市 5, 加東郡 15, 西脇市 7, 多可郡 13	多湿黒ボク土 6, 黄色土 13, 灰色低地土 39, グライ土 2
西播磨	85	姫路市 12, 飾磨郡 5, 神崎郡 15, 龍野市 6, 揖保郡 10, 宍粟郡 13, 相生市 2, 赤穂市 7, 赤穂郡 6, 佐用郡 9,	多湿黒ボク土 3, グライ台地土 2, 黄色土 5, 褐色低地土 1, 灰色低地土 70, グライ土 4
阪神	25	神戸市北区 10, 宝塚市 2, 川辺郡 3, 三田市 10	黄色土 1, 灰色低地土 22, グライ土 2
淡路	35	洲本市 5, 津名郡 15, 三原郡 15	黄色土 4, 灰色低地土 30, グライ土 1
計	305		多湿黒ボク土 14, 黒ボクグライ土 1, グライ台地土 2, 黄色土 27, 褐色低地土 5, 灰色低地土 212, グライ土 44

表2 過去15年間における県下水田土壌の養分値（作土の平均値）と土壌診断基準（維持すべき目標値）

調査 <sup>1)</sup> 年度	調査 点数	腐植 <sup>2)</sup> %	pH (H <sub>2</sub> O)	全窒素 <sup>2)</sup> %	陽イオン 交換容量 cmolc kg <sup>-1</sup>	交換性陽イオン			可給態			有機質資材 施用量 t ha <sup>-1</sup>		土づくり資材 施用量 <sup>3)</sup> t ha <sup>-1</sup>		
						石灰	苦土	カリ	リン酸	ケイ酸	窒素	稲わら	堆肥	リン酸	ケイ酸	石灰
1 巡目	305	3.3 (1.4)	6.1 (0.6)	0.183 (0.069)	13.6 (4.3)	2020 (880)	300 (170)	200 (150)	330 (430)	270 (270)	115 (42)	5.4	13	160	500	800
2 巡目	297	3.6 (1.7)	5.9 (0.6)	0.200 (0.070)	—	2050 (800)	280 (170)	200 (160)	330 (380)	330 (270)	121 (44)	5.3	15	120	530	850
3 巡目	296	3.7 (1.7)	6.0 (0.5)	0.206 (0.072)	—	2010 (800)	280 (180)	200 (120)	400 (470)	300 (280)	127 (44)	5.2	20	100	460	650
4 巡目	300	3.7 (1.5)	6.0 (0.6)	0.200 (0.061)	—	2080 (880)	280 (180)	220 (190)	440 (570)	220 (190)	124 (41)	5.7	14	50	270	450
目標値 (*野菜)		3.0~ 5.0	6.0~ 6.5		12.0	2000~ 2500	250~ 350	200~ 300	100~300 *500	250						

( ) 内の値：標準偏差

<sup>1)</sup> : 1 巡目；昭和54 (1979) ~ 57 (1982) 年、2 巡目；昭和59 (1984) ~ 62 (1987) 年、3 巡目；平成元 (1989) ~ 4 (1992) 年、4 巡目；平成6 (1994) ~ 9 (1997) 年

<sup>2)</sup> : 1 巡目の腐植の分析法；チューリン法、全窒素の分析法；ケルダール法、2 巡目以降は腐植、全窒素とも NC アナライザーによる機器分析で、分析値はより精確であるが1 巡目の分析法より数値がやや高く出る。

<sup>3)</sup> : リン酸は榕リン (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ; 20%)、ケイ酸はケイ酸カルシウム (SiO<sub>2</sub> ; 30%)、石灰は炭酸カルシウム (CaO ; 40%) で表示。

基準値とする) 内、全窒素は0.2%で変化がなかった。

pH は6.1から6.0と、ほぼ基準値内であった。交換性陽イオンである、石灰は2020から2080mg kg<sup>-1</sup>、苦土は300から280mg kg<sup>-1</sup>、カリは200から220mg kg<sup>-1</sup>に増加した。基準値内であるが石灰とカリは下限値に近かった。

可給態リン酸は330から440mg kg<sup>-1</sup>と増加して水田の基準値を超え、可給態ケイ酸は270から220mg kg<sup>-1</sup>に減少して基準値を下回った。可給態窒素は115から124mg kg<sup>-1</sup>に増加した。

県下水田土壌養分の1 巡目 (1979~82年) から4 巡目 (1994~97年) の15年間の地域別経年変化を図1 にレーダーチャートで示した (腐植のみ2 ~ 4 巡目10年間の比較を行った)。

#### 阪神地域

腐植含量は3.8%から4.0%に微増したが基準値内、pH は6.1前後で変化が少なく基準値内であった。

交換性石灰は2510から2730mg kg<sup>-1</sup>に増加し、苦土は410から380mg kg<sup>-1</sup>に減少したが、いずれも基準値を超えていた。カリは260から340mg kg<sup>-1</sup>に増加して基準値を超えた。

可給態リン酸は520から660mg kg<sup>-1</sup>と増加し、いずれも基準値を超え、可給態ケイ酸は420から180mg kg<sup>-1</sup>に半減して基準値以下となった。可給態窒素は130から134mg kg<sup>-1</sup>に変化した。

花や野菜等の栽培が盛んな阪神地域のレーダーチャー

トは、水稻に必要なケイ酸のみ引込み、その他の項目は、外に向かって広がっていた。

#### 東播磨地域

腐植含量は3.7%から4.0%に微増して基準値内であり、pH は6.1から5.9に低下し基準値を少し下回った。

交換性陽イオンの石灰は1800mg kg<sup>-1</sup>前後と基準値以下で、苦土は270から240mg kg<sup>-1</sup>、カリは200から210mg kg<sup>-1</sup>と基準値内であった。石灰と苦土が基準値を下回っていた。

可給態リン酸は230から340mg kg<sup>-1</sup>と増加して水田の基準値を超え、可給態ケイ酸は220から180mg kg<sup>-1</sup>に減少していずれも基準値を下回り、可給態窒素は105から125mg kg<sup>-1</sup>と増加した。

台地の土壌が比較的多い、東播磨地域のレーダーチャートは、石灰、苦土、ケイ酸が少なく縦にひしゃげた形になっていた。

#### 西播磨地域

腐植含量は3.6%から3.6%と横ばいで基準値内、pH は6.2から5.8に低下し基準値内から基準値以下となった。

交換性陽イオンの石灰は1860から1760mg kg<sup>-1</sup>、苦土は210から190mg kg<sup>-1</sup>、カリは170から160mg kg<sup>-1</sup>と減少し、いずれも基準値を下回っていた。

可給態リン酸は290から410mg kg<sup>-1</sup>と増加して水田の基準値を超え、可給態ケイ酸は270から180mg kg<sup>-1</sup>に減少して基準値を下回り、可給態窒素は105から110mg

kg<sup>-1</sup>と微増した。

漏水田が多く土壌養分の溶脱が激しい西播磨地域は、可給態リン酸以外のほとんどの養分が減少して基準値を下回り、レーダーチャートは、全般に土壌養分が少なく、pHとリン酸以外は中央に片寄っていた。

**但馬地域**

腐植含量は4.1%から4.0%と横ばいで基準値内、pHは5.8から5.9、わずかではあるが基準値以下であった。

交換性陽イオンの石灰は2020から2300mg kg<sup>-1</sup>で基準値内、カリは170から200mg kg<sup>-1</sup>と増加して基準値を維持し、苦土は400から390mg kg<sup>-1</sup>と横ばいで、基準値以上であった。

可給態リン酸は180から280mg kg<sup>-1</sup>と増加し基準値内、可給態ケイ酸は240から230mg kg<sup>-1</sup>と基準値をわずかに

下回り、可給態窒素は146から148mg kg<sup>-1</sup>で横ばいであった。

湿田の多い但馬地域のレーダーチャートは、カリが少なく、えぐれた様な形になっていた。

**丹波地域**

腐植含量は3.4%から3.6%とほぼ横ばいで基準値内、pHは5.9から6.0とほぼ基準値内であった。

交換性陽イオンの石灰は2220から2140mg kg<sup>-1</sup>と低下し、苦土は280から280mg kg<sup>-1</sup>と横ばい、カリは290から270mg kg<sup>-1</sup>と横ばいしないしやや減少したが基準値を維持した。

可給態リン酸は380から330mg kg<sup>-1</sup>と減少したが基準値を超え、可給態ケイ酸は300から270mg kg<sup>-1</sup>と減少したが基準値を維持した。可給態窒素は123から122mg

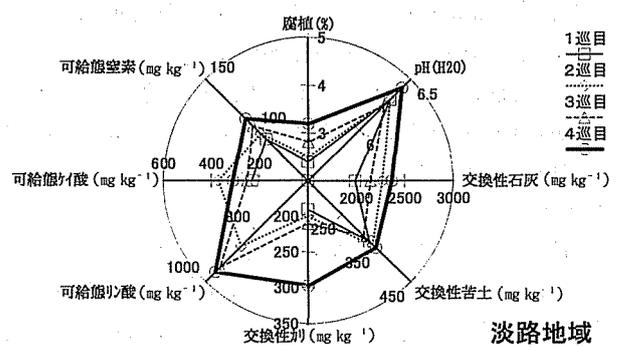
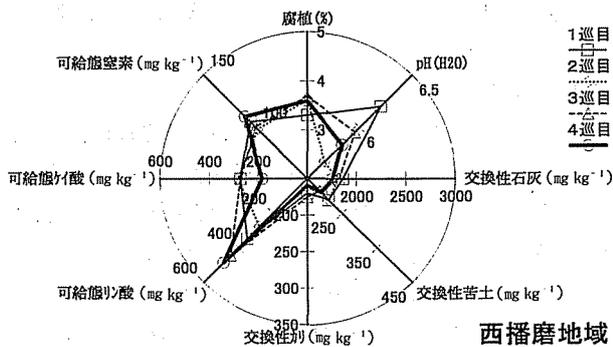
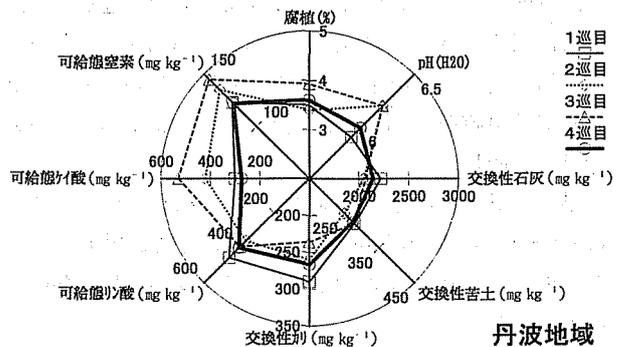
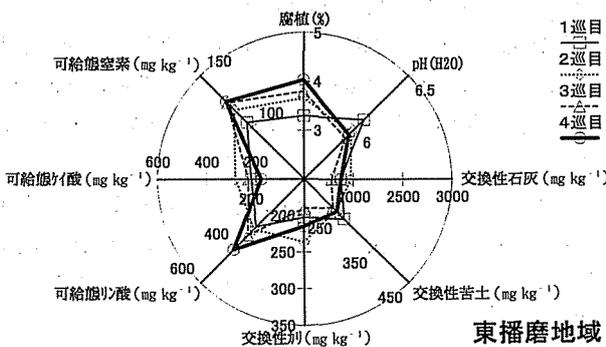
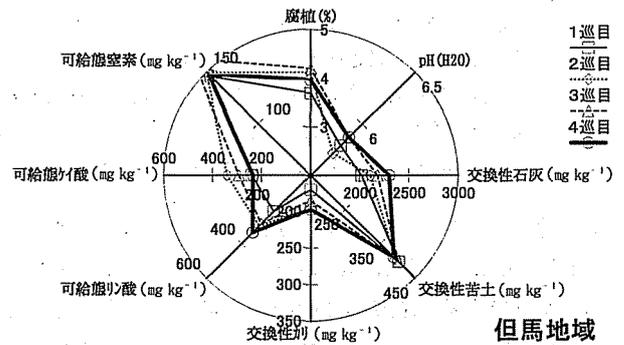
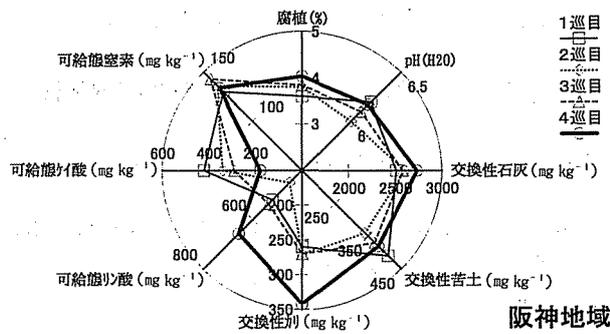


図1 県下水田土壌養分の地域別経年変化

kg<sup>-1</sup>と現状維持であった。

湿田の多い丹波地域のレーダーチャートは、ケイ酸が減少傾向にある以外は、バランス良くまとまっていた。

#### 淡路地域

腐植含量は他地域より明らかに低いが2.5%から3.2%と増加し、基準値に達し、pHは6.3から6.4で基準値内であった。

交換性陽イオンの石灰は1990から2370mg kg<sup>-1</sup>、苦土は330から350mg kg<sup>-1</sup>、カリは190から300mg kg<sup>-1</sup>と増加して基準値を維持した。

可給態リン酸は570から960mg kg<sup>-1</sup>と急増しいずれも基準値を大きく超え、可給態ケイ酸は230から310mg kg<sup>-1</sup>に増加し基準値に達した。可給態窒素は91から111mg kg<sup>-1</sup>と増加した。

花や野菜等の栽培が盛んで資材の施用の多い淡路地域のレーダーチャートは、腐植と可給態窒素含量が少なく、非常にアンバランスになっていた（リン酸の最大値が淡路のみ1000mg kg<sup>-1</sup>であることに留意）。

県下の水田土壌は、阪神、淡路地域では、野菜や花の栽培が盛んで資材や肥料の施用量が多く、リン酸を中心に土壤養分の増加が顕著であった。西播磨地域は、漏水田が多く、野菜や花の栽培が少ないので施肥量も少なく土壤養分の減少が認められた。聞き取り調査結果から資材施用量が減少しているケイ酸は、淡路以外の全地域で減少傾向が認められた。

## 考 察

1979年から5年を1巡（サイクル）とし5年間隔で調査を行い、県下6地域（阪神、東播磨、西播磨、但馬、丹波、淡路）の土壤養分実態と15年間の変化を明らかにしたので、地域別の改良対策について述べる。

#### 阪神地域

阪神地域は、軟弱野菜等が多く作付けされ、リン酸、石灰の施用が多く、土壤のリン酸と石灰が増加、ケイ酸が減少傾向にある。ケイ酸の補給とともに養分の集積とバランスを考慮しながら土づくりを推進していく必要がある。リン酸については、有機質資材や土づくり資材としてのリン酸の施用を控えるとともに、施肥についてもリン酸の少ない、いわゆるV字型肥料を活用する等、リン酸の施用量を削減する必要がある。

#### 東播磨地域

ケイ酸質資材の施用量が減少しており、土壤中のケイ酸と石灰が少ない。水稻後にはケイカル等のケイ酸資材の施用が、畑作前には炭カル等の石灰資材の施用が必要である。また、地力を維持するため、稲わらや堆肥など

有機質資材の継続的な施用による土づくりを推進する必要がある。

#### 西播磨地域

この地域は砂礫層が存在する漏水田が多い。このため、土壤養分の溶脱が激しく、ケイ酸、石灰、苦土及びカリが少ない値を示した。ケイ酸を中心に石灰、苦土の補給等、有機質資材の継続的な施用による土づくりを推進する必要がある。また、施肥法としては肥効調節型肥料（被覆肥料）の施用が考えられる。

#### 但馬地域

この地域は湿田の占める割合が多い。このため腐植の消耗が少なく、ほぼ横ばいで、他の地域よりやや多い。有機質資材の施用は、完熟堆肥施用を基本とし、施用量も10t ha<sup>-1</sup>程度にとどめる。水稻の収穫後、稲わらは出来るだけ早く石灰窒素（200kg ha<sup>-1</sup>）と共にすき込み、畝立てあるいは排水溝を作り、乾田化に努め、さらに分解促進をはかる。

ケイ酸含量は土壤診断の基準値<sup>5)</sup>の250mgを下回る230mg kg<sup>-1</sup>なので、ケイ酸資材の施用が必要である。

#### 丹波地域

ケイ酸質資材の施用が減少しており、土壤中のケイ酸が年々減少している。ケイ酸資材の適正な施用が必要で、但馬地域同様、湿田が多いので未熟な有機物の施用は避け、完熟堆肥の施用を中心として養分バランスのとれた土づくりを推進する必要がある。

#### 淡路地域

レタス、タマネギ等野菜の作付けが多いので土づくり資材や肥料の施用量が多く、リン酸の集積が著しく石灰も多い。リン酸質肥料の削減は土づくり資材、施肥とも既に現場で取り組まれたため、3巡目から4巡目にかけてリン酸集積にブレーキがかかってきた。しかし、現在でも土壤に960mg ha<sup>-1</sup>と野菜に対するリン酸の基準値500mg ha<sup>-1</sup>の約2倍あり、リン酸等肥料の施用量はさらに削減する必要がある。

淡路地域は腐植含量が3.2%と他地域より低い。この理由は、特に三原郡は砂質な乾田が多く、野菜等の三毛作田が多いことから、腐植の消耗が激しく、他の地域より腐植含量が低く推移すると考えられる。有機物の供給を中心とした土づくりを推進していく必要がある。

大塩らは<sup>2)</sup>、野菜を年2作（キャベツ・タマネギ）栽培する転換畑水田で、腐植含量を維持するには、オガクズ入り牛ふん堆肥では年間30t ha<sup>-1</sup>の施用が必要であることを示している。オガクズ入り牛ふん堆肥は、リン酸を乾物当たり2%前後含んでおり、水分60%（乾物40%）とすると、年間30t ha<sup>-1</sup>の施用で、リン酸を240kg

ha<sup>-1</sup>施用することになる。リン酸は土壌での溶脱が少なく、通常作物の吸収量に見合った量のリン酸は肥料で施用されているので、堆肥の連用はリン酸集積をまねくおそれがある。そこで、有機物の補給を家畜ふん堆肥に依存するだけでなく、ソルガム等の地力増進作物の導入を図っていくことが必要である。

#### 県下全域

県下各地域の土壌養分の変化と改良対策を示したが、土壌の養分状態は個々のほ場により異なるので、実際の土づくりにあたっては、土壌診断に基づき行う必要がある。

各土壌養分の平均値は、概ね土壌診断の基準（維持すべき目標値）<sup>6)</sup>内であったが、リン酸の増加とケイ酸の減少傾向が認められた。リン酸については土壌診断に基づき、土づくり資材としてのリン酸の施用を控えるとともに、施肥についてもリン酸質肥料の施用量を削減する必要がある。また、淡路地域地域で考察したように、家畜ふん堆肥の連用はリン酸集積をまねくおそれがあるので、有機質資材の施用にあたって、資材の種類と施用量に留意する必要がある。

ケイ酸は、表2に示したアンケート調査結果からも明らかのように、ケイ酸資材施用の減少が理由として考えられる。すなわち、水稲による土壌からのケイ酸収奪量は、水稲の吸収量1,000kg ha<sup>-1</sup>（玄米収量5,000kg ha<sup>-1</sup>、1,000kgあたり200kg吸収）、灌漑水からのケイ酸供給量150kg ha<sup>-1</sup>、ほ場還元した稲わらからの供給量500kg ha<sup>-1</sup>（稲わら5,000kg ha<sup>-1</sup>、ケイ酸含量10%）とすると、土壌からのケイ酸収奪量は、1,000-150-50=350（kg ha<sup>-1</sup>）となる<sup>3)</sup>。市販のケイ酸質肥料は、ケイ酸含有率が25~30%なので、30%として計算すると、1,170kg ha<sup>-1</sup>用しないと現状維持できないことになる。施用量は1から2巡目に500から530kg ha<sup>-1</sup>に増加したが、その後270kg ha<sup>-1</sup>に減少しており、土壌中の可給態ケイ酸含量も同様の動きをしている。

ケイ酸は、散布作業の集団化、機械化等により、適切な施用を継続的にやっていく必要がある。

県下全域の水田で耕起深の低下が認められている。灰色低地土及び黄色土等有効土層の深い土壌型では、0.15~0.18m程度の深耕の効果が期待できるが、排水不良のグライ土や下層に礫層が出現する土壌型では、実施してはならない。

先に筆者ら<sup>1)</sup>は、所内の調査ほ場で、水田土壌では毎年の稲わらのほ場還元により、腐植含量がほぼ維持されることを明らかにしたが、今回、県下水田作土の腐植含量は現状では各地域とも基準値の3%以上で、2~4

巡目の10年間ほとんど変化がないことを示した。さらに、兵庫県の水田には、稲わらが5 t ha<sup>-1</sup>以上施用されていることを明らかにした（表2）。このことは、ほとんどの水稲がコンバイン収穫され、稲わらが水田に還元されており、それにより、腐植含量がほぼ維持されていることを示している。しかし、今後、生産調整の拡大による地力の低下、一部集約栽培による養分集積等環境負荷の増大が懸念されるため、県下耕地土壌の実態把握と環境に配慮した施肥・土づくりが益々重要であると考えられた。

#### 謝辞

本研究の実施に当たり、農産園芸課、各農林（水産）振興事務所、各農業改良普及センター及び旧農業試験場土壌肥料担当職員の方々に多大の御協力、御教示をいただいた。関係各位に感謝の意を表する。

#### 引用文献

- (1) 青山喜典・大塩哲視・松浦克彦・津高寿和(2002): 有機質資材の11年間連用による水田土壌の変化と水稲の収量: 兵庫農技研報 50, 33-36
- (2) 大塩哲視・三好昭宏・青山喜典・松浦克彦・齋藤教子・津高寿和(2000): 有機質資材の連用による転換畑の土壌変化とタマネギの収量: 兵庫農技研報 48, 22-27
- (3) 兵庫県(2003): 環境負荷軽減に配慮した各種作物の施肥基準 4-5
- (4) 兵庫県農林水産部(1982): 分析測定法 14-52
- (5) 兵庫県農林水産部(2001): ひょうごのやさしい施肥・土づくり推進資料 29
- (6) 農業技術研究所(1983): 土壌統の設定基準及び土壌統一覧表(第2次案改訂版) 1-75
- (7) 農林水産省農蚕園芸局農産課(1976): 土壌保全対策関係通達集 2-17
- (8) 農林水産省農蚕園芸局農産課(1979): 土壌、水質及び作物体分析法 77-80, 84-85
- (9) 津高寿和・吉川年彦・砂野正・直原毅・世古静夫・田中平義(1985): 県下各地域の水田土壌の化学性: 兵庫農総セ研報 33, 1-8