

## [2] 土壤診断の方法と活用

### 1 土壤診断の進め方

土壤診断には予防診断と対策診断とがある。予防診断は、土壤悪化を事前に把握して、土壤の状態を点検しようとするものである。一方、対策診断は作物の生育が何らかの原因で不良になってから治療を行なうものである。この両者を包括して土壤診断の手順を整理すると図1の通りである。

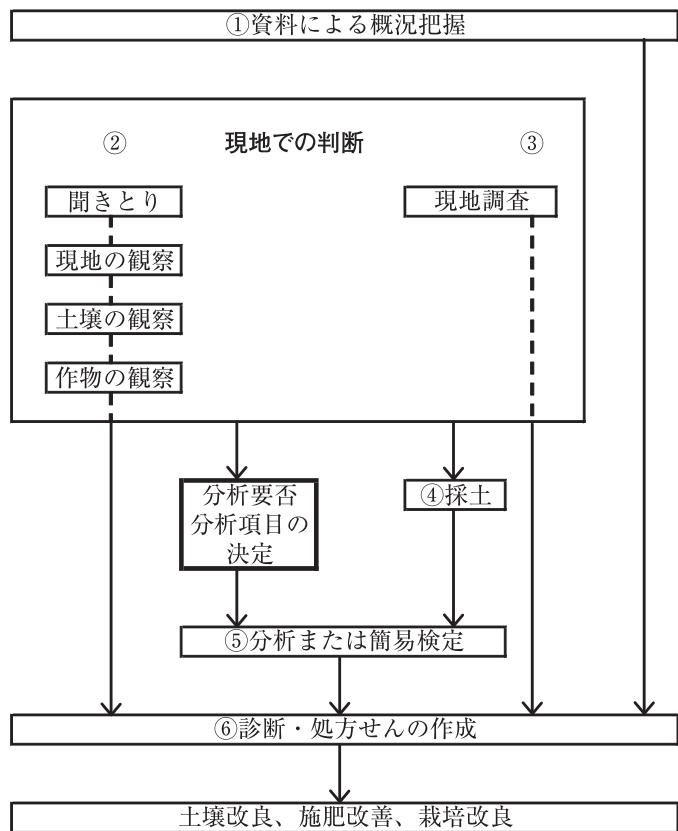


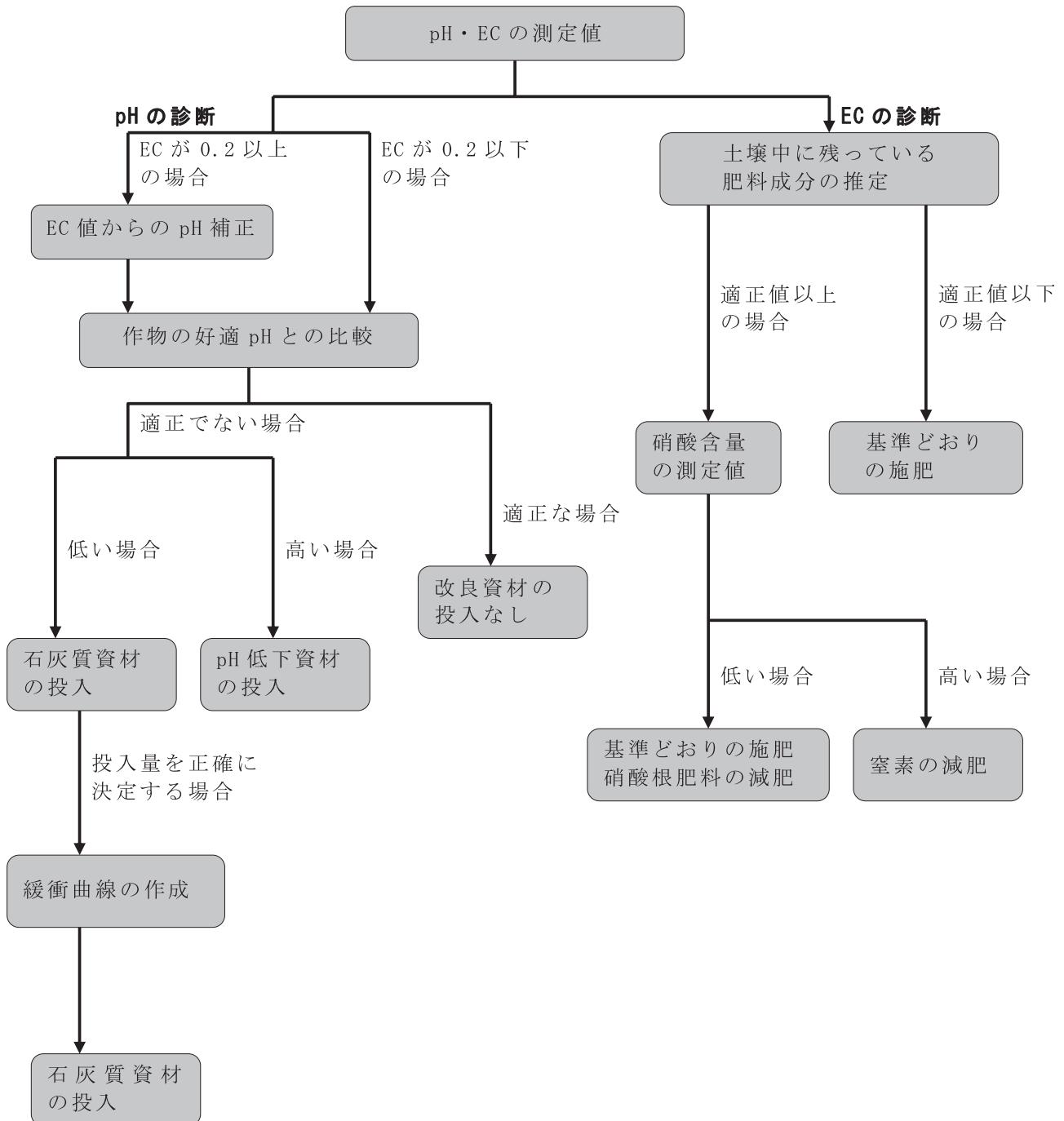
図1 土壤診断の手順

最初は過去の調査結果、資料などを収集、整理して診断地域の概況を把握する（①）。次に診断の対象となる現地での聞き取り、観察、調査により判断をする（②、③）。次に採土（④）した試料を分析（⑤）し、以上の結果を総合的に考察して処方せんを作成（⑥）する。処方せんに従い、土壤改良、施肥改善、栽培改良を行い、その効果を確認する。

この手順は場合によって部分的に省略されることがある。①、②の下調べ、聞き取り、観察の省略ができるのは、前もって概況なり問題点なりの把握がしっかりできている場合である。はじめての場や概況、問題点の把握が十分でない場合は省略するべきでない。③の現地調査が省略できるのは、①、②の下調べ、聞き取り、観察の結果、土壤の分析を行なえば十分診断ができると判断した場合である。しかし、現地の土壤や作物を観察しない診断は誤りをおかしやすいので、③は原則として省略するべきではない。④、⑤の採土、分析を省略できるのは、①、②の資料、聞き取り、観察で問題の解決方法が分かった場合と、③の現地調査で解決した場合である。

土壤診断に基づく改良対策が所期の成果をあげたかどうかを確認することが、次の機会によりよい土壤改良をするための大切な経験となる。深耕は有効だったか、かん排水対策は十分だったか、土壤の化学性はどこまで改善されたか、作物の生育収量の回復状況などを確認する必要がある。

### ＜一般的な土壤診断フロー＞



## 2 土壤物理性の診断

### (1) 物理性の評価基準

土壤物理性の診断項目は①表土の厚さ、②有効土層の深さ、③表土の礫含量、④耕うんの難易、⑤湛水透水性、⑥酸化還元性、⑦土地の乾湿である。「表土の厚さ」などは15cm以上、25cm以上などの厚さだけで判断できるが、「耕うんの難易」「土地の乾湿」などは、関連するいくつかの要因項目ごとにその強度をきめ、それらを総合して判定しなければならない。たとえば「耕うんの難易」の場合は、表土の土性、表土の粘着性、表土の風乾土の硬さを要因項目とし、各項目の強度が異なっている場合は、安全性をみて、低い項目に合わせて等級を判定する。

等級と各診断項目の分級基準は次の通りである。

#### ア 等級

各診断項目について、制限あるいは阻害因子の強度によってⅠ～Ⅳ等級に分類する。改良対策が著しく困難な場合を除いて、第Ⅰ等級を改良目標とする。

##### 【第Ⅰ等級】

正当な収量をあげ、また正当な土壤管理を行う上で、土壤的にみてほとんど制限因子あるいは阻害因子がなく、土壤悪化の危険性もない良好な耕地とみられる土地。

##### 【第Ⅱ等級】

土壤的にみて若干の制限因子あるいは阻害要因があり、また土壤悪化の危険性が多少存在する土地。

##### 【第Ⅲ等級】

土壤的にみてかなり大きな制限因子あるいは阻害要因があり、また土壤悪化の危険性がかなり大きい土地。

##### 【第Ⅳ等級】

土壤的にみて極めて大きな制限因子あるいは阻害要因があり、また土壤悪化の危険性がかなり大きい土地。

#### イ 分級基準

水稻、普通作物をはじめ、果樹、牧草など、作物別に基準項目およびその内容を考慮して等級値が決められている。

##### (ア) 表土の厚さ

表土というのは土層の最表層で、作物の根が水分および養分吸収のため容易に伸長できる土層のことである。

表1 作物別表土の厚さの等級

分級基準	等 級			
	水稻	普通作物・野菜	果樹	草地
25cm以上	I	I	I	I
15~25cm	I	II	II	I
15cm未満	II	III~IV <sup>※1</sup>	III~IV <sup>※1</sup>	II <sup>※2</sup>

注) ※1: 有効土層の深さがIVの場合にはIVとする。

※2: 有効土層の深さがIIIの場合はIIIとする。

#### (イ) 有効土層の深さ

作物の根がかなり自由に貫入しうると認められる土層のことである。すなわち、基盤、盤層および硬度計で29以上を示し、厚さ10cm以上の土層あるいは極端な礫層までを有効土層としている。

表2 作物別有効土層の深さの等級

分級基準	等 級			
	水稻	普通作物・野菜	果樹	草地
100cm以上	I	I	I	I
50~100cm	I	II	II	I
25~50cm	II	III	III	I~II
15~25cm	III	III	IV	II~III
15cm未満	IV	IV	IV	III~IV

#### (ウ) 表土の礫含量

礫の含量と大きさ、風化の程度を考慮して等級を決める。

表3 作物別表土の礫含量の等級

分級基準	等 級			
	水稻	普通作物・野菜	果樹	草地
5%未満	I	I	I	I
5~10%	I	II	I	I
10~20%	I~II	II~III	I~II	II
20~50%	II~III	III~IV	II~III	III~IV
50%以上	IV	IV	III~IV	IV

## (エ) 耕うんの難易

表土の土性、粘着性、風乾土の硬さを要因項目とし、これらを総合して判定する。

表4 要因項目別耕うんの難易の等級

要因項目				等級	備考
土性	粘着性	風乾土の硬さ	湿潤度		
1	1	(2)	1	I	耕うんし易い～ わずかに困難
2	2	2	1	I	
2	2	2	2	I	中度に困難
2	2	3	2	II	
3	3	3	1	II	非常に困難
2	2	3	3	III	
3	3	3	2	III	

表5 要因項目別要因強度

要因項目	要因強度			
	(2)	1	2	3
表土の土性		中粗粒	細粒質	微粒質
表土の粘着性		なし～弱	中	強
表土の風乾土の硬さ	軟	やや硬	硬	極強
表土の湿潤度	乾～半乾	半湿	湿	多湿

注1：要因強度を（ ）で表したのは、風乾土の硬さが基も耕うんし易い状態の1に対して軟らかすぎるための耕うんし難さを示す。

## 2：土性区分

粗粒質：砂土 (S) 、壤質砂土 (LS)

中粒質：砂壤土 (SL) 、細砂壤土 (FSL) 、壤土 (L) 、シルト質土 (SiL)

細粒質：砂質埴壤土 (SCL) 、埴壤土 (CL) 、シルト質埴壤土 (SiCL)

微粒質：砂質埴土 (SC) 、軽埴土 (LiC) 、シルト質埴土 (SiC) 、重埴土 (HC)

## (オ) 湿水透水性

この項目は水田のみについて、作土下50cmの土性およびその最高ち密度によって等級を決定する。

表6 要因項目別湿水透水性の等級

要因項目		等級	備考
作土下 50cm の土性	最高ち密度		
1	1	I	透水性 弱
1	2	I	
2	2	I～II	透水性 中～良好
3	2	II	
3	3	III	透水性 良～過良

注：土性は微粒質1、細粒質2、中粒質3に区分し、

最高ち密度は硬度計の読みで25以上は1、11～24は2、10以下を3に区分する。

(カ) 酸化還元性

この項目も水田のみについて、作土の易分解性有機物含量、作土の遊離酸化鉄含量及びグライ化度を要因項目として、水田土壤の酸化還元性を判定する。ただし、湛水透水性がⅢ等級で良～過良の場合および冷水が原因で地温が低いところでは酸化還元性を1等級引き上げて決定する。

表7 要因項目別酸化還元性の等級

要因項目			等級	備考
易分解性有機物含量	遊離酸化鉄含量	グライ化度		
1	1	2	I	
1	3	2	I	
2	1	2	I	
1	1～2	3	II	
1	3	3	II	
2	1～2	3	II	
3	1	2	II	
2	3	3	III	
3	2	2	III	
3	3	2	III	
3	1	3	III	

表8 要因項目別要因強度

要因項目		要因強度			備考
		1	2	3	
作土の易分解性有機物	風乾生成量	10以下	10～20	20以上	乾土100g当たりの NH <sub>4</sub> -N生成量 (mg)
	高温生成量	10以下	10～15	15以上	
作土の遊離酸化鉄含量	1.5%以上	0.8～1.5	0.8%以下		
グライ化度	50cm以内にグライ層のないもの	50cm以内より下部にグライ層のあるもの	全層グライ、作土直下からグライ層のあるもの		

(キ) 土地の乾湿

透水性、保水性、湿潤度を要因項目として総合的に判定する。通常は普通作物、果樹、牧草を対象とする。干ばつのおそれがある場合には要因強度、等級とも（ ）で表現する。

表9 要因項目別土地の乾湿の等級

要因項目			等級	備考
透水性	保水性	湿潤度		
1	3	(2)	(IV)	干ばつの危険性 大
1	3	1	(III)	中
1	2	1	(II)	小
1	1	1	I	なし
2	2	2	II	過湿の危険性 小
1～3	1	3	III	中
3	2	3	IV	大

表10 土地の乾湿の要因項目別要因強度

要因項目	要因強度			
	(2)	1	2	3
透水性		大	中	小
保水性 (ほ場容水量～萎凋係数)		20以上	20～10	10以下
湿潤度	乾～半乾	半湿	湿	多湿

注) 保水性: 土壤100g当たりの水分 (g)

## (2) 診断項目

### ア 表土の厚さ

表土とは、農耕地では一般に作土あるいは耕起されている土層のことである。黒ボク土の畑土壤では単に作土だけでなく、土壤断面の最上層の腐植層を表土とする場合もある。

作土とは、作物の根が水分および養分を吸収するために、容易に根が伸長していくことができる土層のことで、人工的に耕起などの影響を直接受けた膨軟な土層の部分である。作土の厚さは、耕起に使う農具あるいは機械によって異なる。くわでは10～12cm、ロータリでは12～15cm、ディスクプラウでは20～25cm、ボトムプラウでは15～30cm耕起されるので、その深さが作土の厚さになる。

表土の浅い場合には、根域は狭くなり、過湿過乾になりやすく、養分供給力は小さく、作物の生産力は著しく低下することになる。

表土の厚さを規制している要因は、礫、火山砂礫の存在、盤層、ち密層など不良土層の存在などである。礫、火山砂礫が存在する場合は、土性は一般に粗粒質で透水性過良のため、養分の溶脱をまねき、水田では用水過多による冷水かんがいとなり、畑、樹園地では水分不足になりやすい。

盤層、ち密層など不良土層の存在する場合には、透水性が不良となり、根の活力低下に基づく養水分の吸収阻害が起こることになる。

改良対策としては、次層が砂礫層の場合は除礫や客土を行なう。客土材料の性質によっては、改良資材の施用や有機物の投入も必要である。盤層、ち密層などの不良土層の存在する場合、あるいは次層の母材、堆積様式が著しく異なっている場合は、深耕、混層耕、心土耕、盤層除去などの土層改良を行なうが、下層土の性質に応じて、土壤改良資材の施用、有機物の増施につとめる必要がある。なお、畑、樹園地、草地では、土壤浸食が表土の厚さを規制している場合も多いので、浸食防止による表土の保全をはかることも重要である。

### イ 有効土層の深さ

有効土層とは、作物の根がかなり自由に貫入しうると認められる物理状態の土層を意味する。その深さは、おおむね基岩、盤層、ち密層29以上のち密層あるいは極端な礫層までと考えればよい。

ただし、地表下50cm以内で、有効土層を制限している土層が、機械力により比較的容易に破碎混入または除去しうる場合は、その層または下層までを有効土層に含めることができる。したがって有効土層は、作物の根が十分に伸長する可能性のある全土層のことであり、作土層とは区別されるものである。

有効土層が浅い場合には、根系の活動範囲が制限され、養水分の吸収に直接的な影響を与え、また過湿・過乾になりやすい。水稻の場合、土層の状態によって、漏水過多になったりあるいは酸素

不足になって還元が進んだりし、間接的に根系の発達、養分の吸収機能の低下をもたらすことになる。

有効土層の改良法はこれを制限している要因によって異なり、礫層が浅く出現する場合には、除礫による有効土層の拡大、耕土量の増大、漏水防止対策の実施が最重要であり、盤層、ち密層が存在する場合には、土層改良による根圏の拡大と透水性を与えることが目的となる。

岩盤、基岩が存在する場合の改良は極めて困難であるが、客土によって可能な限り有効土層の拡大をはかる必要がある。

ち密度と根群の分布（図2）との関係をみると、火山灰土では、ち密度20～23mm、非火山灰土では20～22mmを境にして根群の分布が激減していることから根群はち密度おおむね20mm未満でよく発達するようである。

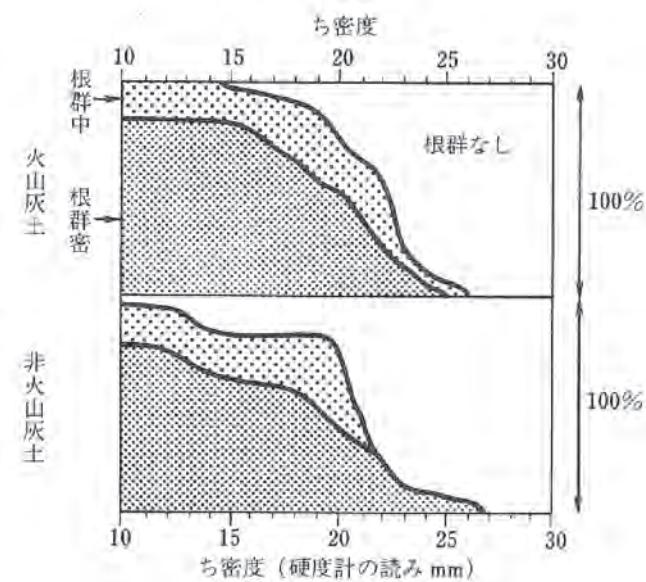


図2 ち密度と根群の分布（三好、1971）

#### ウ 表土の礫含量

多量の礫が表土中に存在する場合、細土量が少なく養分の供給力が小さく、保肥力も小さいため肥料成分が溶脱しやすい。また、保水力が小さいため過乾になりやすい。しかしながら、畑、樹園地などの土壤では、ある程度の礫の存在は通気性や透水性を良好にし、かえって好適な条件を作り出している場合もある。また礫の存在は一般には耕起、碎土など農作業面に対して能率を低下させる。

礫含量の高い土壤は除礫あるいは客土などによって、養水分供給の大きい農作業を行いやすい土壤に改善しなければならない。

具体的には、細、小、中礫含量50%以上または大巨礫が存在する場合には除礫を、細、小、中礫含量20～30%の場合には、客土、混層耕、ブルドーザによる代かきを行なう。客土、混層耕を行うときは改良資材および有機物の施用が必要である。

#### エ 耕うんの難易

耕うんの難易は、耕起、碎土に関する評価であり、土壤のコンシステンシーに関連した諸性質として表土の土性、粘着性、風乾土の硬さなどが関与している。

表土の土性は耕起、碎土時における土塊の大小、粘着性、風乾土の硬さと密接な関係を持っている。一般に粘土含量が高いほど、またモンモリロナイト系粘土はアロフェン系粘土よりも耕起、碎土時に大きな土塊を作りやすく、発芽、苗立ちに影響を与える。粘着性は湿潤時において、土壤が農機具へ付着する性質を示すもので、腐植含量が少なく、粘土含量が高いほど、また保水力の大きい性質を持った土壤ほど付着力は強くなる。風乾土の硬さは乾燥時、土壤の農機具に対する抵抗性の指標になるもので腐植含量が少なく、粘土含量が高いほど、またモンモリロナイト系の粘土を多

く含む場合に、乾燥時に強い団結力を示し、農機具に対する抵抗が大きくなる。

耕うんの難易に対する改善策として、農機具による耕起、碎土などの作業効率をあげるとともに、作業適期を拡大するための土壤条件の改善が必要である。

表土の土性が強粘質の場合には、一般に砂客土を行うが、水田の場合には代かき作業によって砂の部分は作土直下に沈降し、盤層を形成する懸念がある。

有機物施用によって土壤中の腐植含量を高めると土壤の粘着性や団結力を低下させて易耕性を高める。

下層に盤層、ち密層など不透水層が存在したりあるいは地下水位が高い場合には過湿になりやすく、作業適期が限定され、農機類のスリップ、沈下など機械走行に大きな支障をきたすので心土破碎、深耕などによって透水性を付与するとともに暗きょなどによって地下水位を下げることが重要な改善対策である。

#### オ 滞水透水性

透水性の問題には、透水性がよすぎる場合と、悪い場合とがある。転換畑や野菜ではおもに透水不良が問題になり、水田では透水性がよすぎる漏水田が問題とされる。

透水性の表し方は、表11のように透水係数と減水深の二つがあり、これらは互換性がある。

水田の透水性は土性によって異なり、透水係数 (cm/秒) で示すと粗粒質 (砂質～砂壤土)  $10^{-4}$ 、中粒質 (壤土)  $10^{-5}$ 、細粒質 (埴壤土～埴土)  $10^{-6}$ 位である。畑地では $10^{-3} \sim 10^{-4}$ が適正とされている。

一般に畑地では、土性が強粘質の場合や耕盤が形成されている場合以外は、透水性に問題がなく最も問題になるのは転換畑で、排水対策が必要な場合が多い。

透水過多な水田は肥料および養分の溶脱流亡が激しいために、水稻は養分欠乏を起こしやすく、秋落ち型の生育となって収量の低下、地力の低下などを起こしやすい。さらに、透水性が大きいために過度の用水量を必要とし、田面水温が上昇しにくく、水稻の活着不良、冷水害、養分の吸収能力低下を生じやすく、水稻の生育、収量に悪影響を与えることになる。（図3）

水田で透水性が良すぎる場合の改善対策は透水を抑制することにあるが、改善目標は日減水深を20～30mmとする。作土下50cmまでの土性が中粗粒質で透水性が極めて大きい場合には、作土に客土、ペントナイトのような優良粘土の客入によって漏水防止をはかる。作土50cmまでの最高ち密度が疎の場合には、転圧、破碎転圧によって床締めを行い山中式硬度計で25～28とするか、または盤ねり工法（作土を除去し、砂礫層の上に強粘質の湿潤土を、壁に塗ったようにする）によって透水性の小さいすき床をつくる。透水過多な水田は一般に鉄や塩基も欠乏している場合が多いので、含鉄資材や土壤改良資材の施用も必要である。このほか、代かき回数の増加による減水深の抑制、迂回水路を用いてのかんがい水温の上昇、ゼオライトの施用や肥料の分施による施肥効率の向上、有機物施用による地力消耗などの肥培管理が大切である。

転換畑や野菜畑における透水不良の場合は暗きょの効果が大きい。畑では耕盤破壊も必要になる。

表11 透水係数と減水深（三好）

透水係数 (cm / 秒)	減水深 (mm / 日)
$1 \times 10^{-7}$	0.1
$1 \times 10^{-6}$	0.9
$1 \times 10^{-5}$	8.6
$1 \times 10^{-4}$	86.4
$1 \times 10^{-3}$	86.4

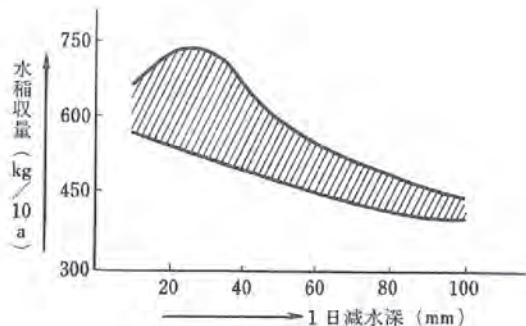


図3 減水深と水稻収量（五十嵐、1956）

## 力 酸化還元性

水田の湛水前の作土は、畑地と同じようにたくさんの空気を含んでいる。しかし、湛水してから代かきをすると空気は追い出され、残り少ない酸素は有機物の分解に消費される。酸素の多い状態を酸化状態といい、酸素が少なくなった状態を還元状態と呼んでいる。その程度をあらわす単位として酸化還元電位 (Eh) が用いられ、ミリボルト (mV) で表現することになっている。

Ehは水田だけで問題になる診断項目で、土壤中における還元の過程は、第12表のようになると報告されている。水田の酸化と還元状態の境のEhは300mV付近にあるといわれ、Ehが150mV以下になると、水稻の根の活性が衰えるとされている。

泥炭土や黒泥土などの水田、稲わらなどを多施用した水田、都市の雑排水などが流れ込む水田は、地温が上がると急激に有機物の分解が進み、異常還元になりやすい。

湛水下土壤の還元化は、りん酸の有効化、pHの上昇、窒素利用率の向上など、水稻にとってはプラスの働きをするが、還元が過度に発達すると硫化水素、有機酸のような有害物質が集積し、水稻根の呼吸や養分、水分などの吸収を阻害することになる。

一般に易分解性有機物の多いほど、また遊離鉄含量の少ないほど、強度に還元化がすすみ、グライ層、泥炭層、黒泥層の位置が高いほど強度な還元になりやすい。還元性の高い土壤の改善対策としては、暗きよ排水に加えて、弾丸暗きよなどの表層排水も必要である。

作土の遊離鉄含量の少ない土壤に対しては、含鉄資材の施用、鉄含量の高い土壤の客入などを実施し、あわせて間断かんがい、中干し、無硫酸根肥料の施用などに努める。

表12 水田土壤の還元化の過程（渡辺）

灌水後の経過	大きな分け		土壤中での物質の変化	酸化還元電位 (Eh, mV)	有機物からのアンモニアの発生	発生する問題
前期	第一期 好気→半嫌気段階		酸素ガス→消失	600～500	活発に進む	脱窒 水田の老朽化
			硝酸→窒素ガス	600～500		
	第二期 嫌気段階		二酸化マンガン→一酸化マンガン	600～400	ゆっくり進む	水田の老朽化
			酸化鉄→亜酸化鉄	500～300		
後期			硫酸→硫化水素	0～-190		根腐れ
			有機物→水素ガス	-150～-220		ごま葉枯れ
			炭酸ガス→メタンガス	-150～-190		

表13 土壤の状態による還元化の判定指標

項目	土壤の状態	土壤中での物質の変化
作土の土色	青灰色	二価鉄が生成している
	黒色	硫化物ができている
臭い	卵の腐臭がする	硫化水素が発生している
泡	足を入れると出る	ガスが発生している
	ブクブク湧きあがる	ガスが大量に発生している

注) 物質の変化状況から表12によって判定する。

## キ 土地の乾湿

土壤中の水分が不足すると作物は水分吸収、光合成、呼吸作用などの生理作用に異常をきたすことがある。逆に、土壤中の水分は過剰になると土壤中の通気が不良となり酸素が不足することによって、根の呼吸障害、養分吸収が妨げられるほか、地温上昇の抑制、根の伸長、活力低下に伴う根ぐされの多発および微生物活性の低下をもたらす。したがって、作物栽培に対して、土壤水分を最適に保つことはきわめて重要である。さらに、過湿地では地耐力が弱いため、機械作業の能率、精度が悪いばかりでなく、機械運行に伴う土地の物理性の悪化を招きやすい。

### (ア) 土壤水分の種類

土壤水分は作物の側からみると図4のように分類される。

重力水は、雨が降って24時間のうちに流れてしまう水のことで、土の一番大きな孔隙を通って流れ落ちてしまうため、作物には直接利用されない水である。作物に利用される水は主として毛管水と呼ばれ、土の中の毛管孔隙中に保持される水である。さらに小さな孔隙に保持される水は吸湿水と呼ばれ、土の粒子と強く結びついているため、作物には利用できない水である。

雨が降って重力水が流れ落ちた24時間後に残った水分をほ場容水量といい、作物がしおれ始める水分量を初期しおれ点と呼んでいる。この間の水分を有効水と呼んでいるが、作物が普通に生育するために必要な水分は初期しおれ点よりは多く、ほ場容水量と毛管連絡切断点との間の易効水である。毛管切断点とは、水分量が減った場合、毛管現象が断たれ作物に水分供給がスムーズ

にいかなくなる状態のことである。

水分量を示す指標として一般にpFが使われている。pFとは、水が土壤にひきつけられている強さの程度を示す数値で、ほ場容水量はpF1.8にあたり、毛管連絡切断点はpF2.7に相当する。

作物にとって重要なのは有効水の量であるが、これは土壤の保水量や機械による圧密などによって変化するものである。表14は、土壤の種類による保水力のちがいをみたもので、粘土が多くなると保水力は大きく、砂が多いと保水力は小さくなり、同じ粘土分でも、腐植が多い火山灰土壤などは、ほかの土壤に比べて保水力は大きい傾向がある。

pF	相当する土壤水の 気圧分類			土壤の水分恒数 その他
	0	0.01	0.1	
0	重力水			← 最大容水量
1.8		毛管水		← ほ場容水量
2.7			有効水	← 水分当量 ← 毛管連絡切断点
3.8			難効水	
4.2	10	水		← 初期しおれ点 ← 永久しおれ点
4.5		吸湿水		
5.5	100		無効水	← 風乾
7.0	1000			← 100°C 炉乾

図4 土壤水分の種類とpFおよび水分恒数（三好）

表14 土性と保水力（松尾、1964）

土壤	粒径組成 (%)		ほ場容水量 (%)	しおれ点 (%)	保水力 <sup>*1</sup>
	シルト	粘土			
洪積層土壤	16	45	24.4	18.2	6.2
	12	35	16.8	12.8	4.0
	9	25	11.7	9.1	2.6
	7	20	10.0	7.1	2.9
	5	15	7.9	5.8	2.1
	4	10	5.6	3.5	2.1
	2	5	3.6	2.1	1.5
	0 <sup>*2</sup>	0 <sup>*2</sup>	2.1	1.5	0.6
洪積層土壤	25	50	26.3	18.0	8.3
	ク	40	21.3	14.1	7.2
	ク	30	18.5	11.5	7.0
	ク	20	15.4	8.8	6.6
	ク	10	12.5	6.5	6.0
	ク	0	8.6	3.4	5.2
火山灰土壤	25	40	34.7	24.3	10.4
	ク	30	28.6	21.0	7.6
	ク	20	23.8	16.2	7.6
	ク	10	19.6	12.4	7.2
	ク	0	16.2	8.4	7.8

注) \*1 : 保水力 = ほ場容水量 - しおれ点

\*2 : 砂100%

## (イ) 土地の乾燥

干ばつ時に土地が過干になるのは、作土層の透水性が大きく、保水性が小さい場合および地下水水面との間に盤層、ち密層など不透水層があって下層からの水の供給が妨げられている場合、ならびに土壤が重粘で水分の上昇が遅い場合などである。

作物の生育は、土壤の水分状態がpF3.0以上に乾燥すると阻害されるといわれている。

過干になりやすい土壤、とくに粗粒質の土壤などでは、粘土の客土、盤層、礫層の存在する土壤では、混層耕、心土破碎などによって根群域を拡大して保水性、透水性を改良し、土壤水分の有効利用をはかる必要がある。特に降水量の少ない地域では、畑地かんがいが必要である。このほかに、有機物の増施によって土壤の保水力を増大させることは、砂質あるいは粘質の土壤において効果が大きい。また、ポリエチレンフィルム、稻わらなどで地表面を覆うマルチは、土壤水分の蒸発を抑制する効果とともに地温を上昇させ、作物の養水分の吸収を促進し、生育が良好となる。

## (ウ) 土地の湿潤

粘質な土壤あるいは盤層、ち密層の存在は、雨水の浸透を阻害し、地表部に過剰な水分を停滞させることによって過湿にする。さらに、地下水などの影響で年間をとおして湿潤な土壤は還元的な性格が強く、根の発達が悪く、湿害を起こしやすい。

過湿地の改善対策は排水促進にあるが、土壤条件からみた改善目標は飽和透水係数 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ cm/秒とする。

排水の方法には明きょ排水、暗きょ排水などの恒久的な対策と心土破碎、弾丸暗きょなどの補助的な対策がある。

補助的な対策はそれ自体でも十分な排水効果を持っているが、暗きょ排水と組み合わせて排水機能の向上をはかる必要がある。このほかに、深耕、心土耕、混層耕などは、下層のち密層に対していずれも透水性を付与し、また砂客土は土性を改善することによって、透水性の改善効果が期待される。

## (エ) 三相分布

土壤は、固体、液体、気体の三部分によって構成され、それぞれを固相、液相、気相という。これら三相を容積百分率で表示したものを三相分布あるいは三相組成と呼んでいる。

固相は、砂、シルト、粘土などさまざまな形態、粒径、化学組成の無機鉱物と有機物から成り立っている。

液相は孔隙と呼ばれる固相間のすき間の一部を満たす土壤水であり、固相との結びつきの強さによって重力水、毛管水、膨張水、吸湿水の順に区別される。重力水は固相との結びつきが最も弱く、0.1mm以上の大きさを持つ固相間のすき間に存在する液相で、農地の排水性を判断する場合に重要な指標となる。

気相は孔隙のうち、土壤水で満たされていない空間部分をいう。作物の湿害は気相率不足に原因しており、転換畑では、気相率は少なくとも20%以上は必要とされている。

液相や気相の比率は、土壤の水分状態などで変化するが、固相率は地質や母体でほぼ一定の値

となる。火山灰土は16~30%と低く、非火山灰土では40から45%が一般的な値である。

三相分布は、土壤粒子と水の充填状態を総合的に表示している。すなわち、固相率は土壤の硬さと関係し、気相率は通気性や排水性と関係しており、作物生育、特に根の伸長と密接に関連している。根群分布を良好にする土壤条件の限界は、土壤三相適正範囲として表されている。

一般的には三相分布の理想的な比率は、固相：液相：気相が5：2：3、あるいは5：3：2といわれている。厳密には固相が45~50%、液相はpF1.8~3.0の範囲にあって作物が吸収できる水分で20~30%、気相率は20%以上と言われている。畑作物は根圏の土に空気が十分ないと、根の健全な生長は望めない。根が伸長して十分な量まで分布するために必要な気相率は13~17%以上、根の活動を盛んにするために必要な気相率は、普通作物、野菜が20%以上である。ただし、より多くの空気を必要とするキャベツやインゲンなどは24%以上である。

野菜栽培土壤の物理性の診断基準を表15に示した。これらの根の伸長にとって好適な三相分布範囲から測定値が大きく外れた場合は適切な対策を講じなければならない。一般的には固相率が高くなつたために三相分布が問題となることが多い。その対策は、深耕、心土破碎などによりち密層を膨軟化させることが必要である。

表15 野菜栽培土壤の物理性の診断基準

土壤	作物	有効根郡域 必要深 (cm以上)	有効根郡域の条件			
			固相率 (仮比重)	気相率	粗孔隙 <sup>※2</sup>	ち密度 <sup>※4</sup>
火山灰土	野菜	40~50	< 28 (< 0.75)	> 15~20	> 10 <sup>※3</sup>	< 20
	葉菜	40 <sup>※1</sup>				< 18
	短根菜	40~50				
	長根菜	80				
砂質土	野菜	40~50	< 50 (< 1.40)	> 15~20	> 10 <sup>※3</sup>	< 20
	葉菜	40 <sup>※1</sup>				< 18
	短根菜	40~50				
	長根菜	80				
壤質土	野菜	40~50	< 53 (< 1.35)	> 15~20	> 10 <sup>※3</sup>	< 20
	葉菜	40 <sup>※1</sup>				< 18
	短根菜	40~50				
	長根菜	80				
粘質土	野菜	40~50	< 53 (< 1.35)	> 15~20	> 10 <sup>※3</sup>	< 20
	葉菜	40 <sup>※1</sup>				< 18
	短根菜	40~50				
	長根菜	80				

注) ※1 : 集約で30

※3 : 作土は>15%

※2 : pF1.5の気相率

※4 : 山中式硬度計mm

## (オ) 孔隙

土壤中には、大は亀裂から小はウィルスをも通さない極小の孔隙まで、いろいろな大きさ、形態の孔隙が無数に分布している。その大まかな役割分担は図5の通りで、亀裂や比較的大きな孔隙・粗孔隙（直径0.1mm相当）はおもに通気性、透・排水性、微細な孔隙・毛管孔隙は保水性に重要な役割を担っている。これらの孔隙量を知ることは土層改良、土壤診断を行ううえできわめて重要である。また、毛管孔隙のうち、有効孔隙量の把握は畑地かんがいの計画や実施に際しての必須条件でもある。

孔隙は水と空気と養分の移動の場であるため、水を貯える水田はあまり関係ないが、畑地では根の通路で生活の場でもあり、湿害、干害など根の働きに関連してその組成は作物栽培上きわめて重要である。孔隙の基準値は表16のように設定されている。

孔隙特性から畑土壤は、おおよそ次の3タイプに分けられる。①粗孔隙多・有効孔隙少（保水性・水に問題あり）、砂土、粗粒火山灰土、②粗孔隙少・有効孔隙少～中（通気性、水分供給性・水と空気に問題あり）、構造の悪い低湿な土壤、水田転換畑、重粘土、構造が破壊された圧密層および造成搅乱土、③粗孔隙中・有効孔隙中（問題なし）、構造の発達した土壤・壤粘質土、黒ボク土。

土壤の孔隙特性とその改良目標とを照らし合わせると、前述の①②の問題点が明らかにされる。改善対策は問題点に対応して客土、心土破碎、排水などのなかから方法を選ぶ必要がある。粗孔隙はpF1.5の時の気相率、すなわち32cm下に地下水があってもなお空気で占められている孔隙と規定される。

作物生産に有効な水分の保持、移動に最も重要な役割を果たす孔隙である。

保水性が低い砂質土（6～15mm/30cm）の改善対策として、客土が実施されている。これによる保水性は増加するが、地温が上昇しにくくなるため、その効果は作物の種類によって異なる。すいと、メロンなど高温を好む作物を除いて、効果はかなり高い。しかし、地温が上昇しやすいという砂質土の特性を生かすため、客土のかわりに畑地かんがいが実施されている。

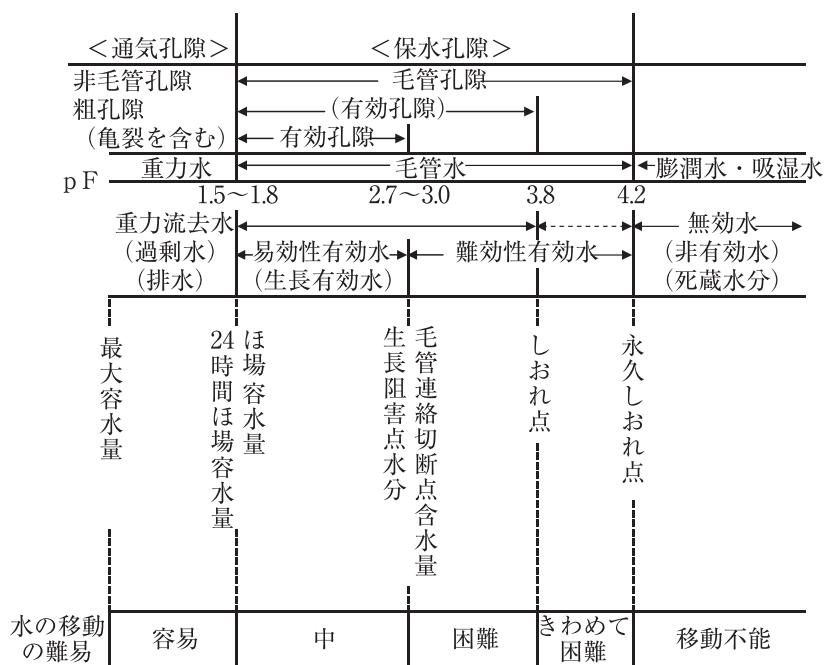


図5 作物の生育と水分恒数

表16 望ましい畑土壤の性質

項目	理想値	許容値	関係する土層改良工
1) 作土深	25cm以上	15cm以上	(深耕)、客土
2) 有効土層 <sup>*1</sup> 深	100cm以上	30cm以上	心土破碎
有効土層のち密度 (山中式硬度計)	10~15mm	20mm以下	心土破碎
3) 孔隙		普通土30~80% 黒ボク土40~90%	粗にすぎるとき：客土（鎮圧） 密にすぎるとき：（団粒形成）
孔隙率	60%程度		
粗孔隙 (pF1.5 以下)	15~20%	10~30%	
細孔隙 <sup>*2</sup> (pF1.5 ~ 3.0)	15%以上	10%以上	
4) 透水性	50mm/日	20mm/日以上	心土破碎
透水係数	$10^{-3}$ cm/秒以上	$10^{-4}$ cm/秒以上	混層耕
5) 土性（粒径組成）	L~CL (壤土～埴壤土)	SL~LiC (砂壤土～軽埴土)	砂土：客土
6) 石礫（3.5cm以上）	なし <sup>*3</sup>	容積10%以下	強埴土：砂客土（暗きよ） 除礫

注) ※1：畑地かんがいの場合に使われるものとは異なることに注意

※2：便宜的に用いたもので、学術用語ではない

※3：特に石礫を必要とする作物は別途考慮する

この表の作成については、農業土木学土層改良設計基準作定委員会の方々の援助をえた。

細孔隙15~20%は厚さ10cmの土層で15mm~20mmの水分量に相当する（加筆：渡辺）。

### 3 土壤化学性の診断

#### (1) 土壤の採取方法

土壤分析試料は、そのは場を正確に代表する性質を持つように採取しなければ、誤った診断あるいは改良対策を行なうことになる。

土壤はもともと物理的にも化学的にも不均質なものであり、異なった状態で生成され集合し、さらに経時的にも絶えず変化している。例えば、同一は場で採取したとしても、数メートル離れたところでは土層の厚さや性質は異なり、深さによってもそれは異なる。

また、土壤試料の採取は、必ず何らかの目的があって行なわれるはずであり、採取方法も、その目的に合致した地点や方法である必要がある。目的に合致しない採取の方法では、その後の調製、分析がいかに精密、丁寧に行なわれても意味がないことになる。サンプリングの誤差は、分析測定の誤差よりもはるかに大きいものであることを念頭に入れて、慎重に正確な採取をするべきである。

##### ア 採取時期

原則として作物収穫後、後作の耕起施肥前に採取する。永年作物の場合もこれに準じて行なう。

##### イ 採取方法

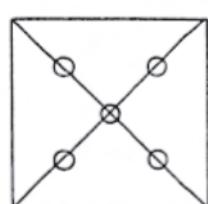
主な採土法を図6に示した。水田や畑の採土は場所による差を小さくするため、対角線に5地点から、1地点500g程度採土し、混合したものを試料とする。このとき目的とする深さまでV字型に掘り、その面に沿って一定の厚さで採土する。うね立てしてある場合は、うね間から隣のうね間までの土壤を採土する。

樹園地では平均的な樹5~6本について、樹冠下から2~3ヶ所を採土し、混合したものを試料とする。

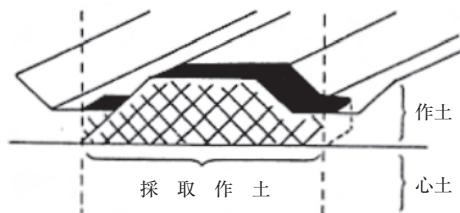
採取した土壤試料はよく混合した後、直射日光の当たらない場所にうすく広げ、大きな土塊を碎いて速やかに風乾する。急を要する場合は30~40℃の温風乾燥器を用いてもよい。

風乾した試料は粉碎後、2mmのふるいを通して分析に供する。

対角線採土法（畑、水田、ハウス）



うね立てしてある場合



採土方法

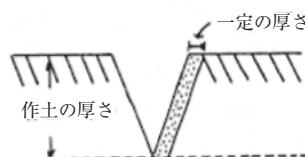


図6 土壤試料の採取方法

## (2) 診断項目

### ア pH

土壤化学性を診断するときに必ず最初にpHを測定し、次の項目の測定に移るが、これは土壤の健康状態がpHでおおよそ判定できるからである。作物の生育は土壤のpHに大きく影響され、アルカリ性や酸性に傾いていると養分欠乏症、過剰症、生育不良などさまざまな障害を引き起こす。そのため、土壤のpHは常に適正に保つ必要があり、土づくりの基本といえる。

土壤に一定の比率で水あるいは塩化カリウム溶液を加えて得られた懸濁液のpHを測定し、この値を土壤のpHとして表す。

土壤中のH<sup>+</sup>には土壤水分（溶液）中に溶けているものと、土壤コロイド粒子（粘土や腐植）の表面に電気的に吸着されているものとの2種類がある。水を加えて測定するpHは、溶液中に溶けているH<sup>+</sup>の濃度を表し、塩化カリウム溶液を加えて測定したpHは溶液中に溶けているH<sup>+</sup>と土壤コロイド粒子に吸着されているH<sup>+</sup>の合計濃度を表している。

この2通りのpHを区分するために、水を加えて測定した場合はpHあるいはpH (H<sub>2</sub>O)と表示し、塩化カリウム溶液を加えて測定したpHはpH (KCl)と表示することになっている。

pH (H<sub>2</sub>O)とpH (KCl)にはそれぞれ違った意味があり、pH (H<sub>2</sub>O)は作物（根）の生育に直接関わる土壤酸性の強弱（活性性）を示すのに対し、pH (KCl)は土壤が持つ潜在的な酸性（潜酸性）を示す。

土壤pHと作物の生育との関係については、これまで多くの水耕試験や土耕試験などで解明され、実際の土壤でもほぼ適正pH領域が明らかになっている（表17）。

表17 作物別の最適pH (H<sub>2</sub>O)

穀物・普通作物		野菜	花き	果樹
水稻	5.5~6.0	キャベツ 6.0~6.5	アルストロメリア 6.0~6.5	オウトウ 5.5~6.0
小麦	6.0~7.5	きゅうり 6.0~6.5	カーネーション 6.0~6.5	ナシ 5.5~6.0
そば	5.5~6.0	ごぼう 6.5~7.0	キク 6.0~6.5	ブドウ 6.0~6.5
大豆	5.5~6.5	スイートコーン 6.0~7.0	デルフィニウム 6.0~6.5	モモ 5.5~6.0
ばれいしょ	5.0~6.5	すいか・メロン 6.0~6.5	トルコギキョウ 6.0~7.0	リンゴ 6.0
		だいこん 6.0~6.5	バラ 5.5~6.5	
		ながいも 6.0~6.5	ユリ類・球根類 6.0~6.5	
		にんじん 6.0~6.5	リンドウ 5.0~6.0	
		にんにく 6.0~6.5	宿根カスミソウ 6.0~6.5	
		ねぎ 6.0~6.5		
		はくさい 6.0~6.5		
		レタス 6.0~6.5		

わが国は降水量が多く、雨に炭酸が含まれているため、土壤は塩基成分（Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>）が溶脱されて酸性になりやすい。酸性土壤では、塩基成分の欠乏、アルミニウムイオンの過剰害、りん酸の固定、微量元素の過剰（鉄、マンガン、銅、亜鉛）および欠乏（ホウ素、モリブデン）、病害の多発（アブラナ科の根こぶ病）による生育不良になる場合が多い。

一方、野菜や果樹の施設では年中雨水による溶脱がほとんどないので、カルシウムなどの塩基成分がかなり蓄積し、土壤のpHが7を超えることがある。このようなアルカリ性土壤では、微量元素の不可給化（鉄、マンガン、ホウ素、銅、亜鉛）、石灰によるりん酸の不可給化、病害の多発（ジャガイモのそうか病）による生育不良が発生する。

### イ EC

ECとは、Electro Conductivity（電気伝導度）の略で、土と純水を混ぜた混濁液中の電気の通りやすさを数値化したものであり、水溶性塩類（塩基、陰イオン）の濃度が高くなると、ECは高くなる。

一般にECが高くなると作物の根からの吸収が阻害され、作物体内の塩類含有率が高くなつて生育不良になり、限界濃度を超えると枯死に至る。塩類による阻害程度（耐塩性）は、作物の種類により異なり、診断基準も作物ごとに設定されている。

わが国は降水量が多いために、農耕地での塩類集積は起こりにくいとされてきた。しかし、施設栽培の普及に伴つて、雨水がかからぬいため、土壌中の塩類濃度が上昇し、濃度障害の発生がみられている。

### ウ 塩基交換容量（CEC）

土壌の粒子あるいは腐植の表面は、マイナスの電気を帶びている。一方、アンモニウム態窒素、石灰、苦土、カリなどの養分は土壌中の水に溶けてプラスの荷電を持つ陽イオンとして存在する。土壌のマイナス荷電は、これら陽イオンとともに水素イオンを吸着し保持している。このため、土壌のマイナス荷電の総量を表した値を塩基交換容量（CEC：Cation Exchange Capacity）と呼び、CECが高い土壌ほど、多くの養分を保持することができる。

CECは、土壌の養分保持力やpHなどに深く関係しているとともに、石灰や苦土を含む土壌改良資材の適切な施用量を算出するために欠かせない値である。

CECの大きい土壌は保肥力が高く肥沃度が高いといえるので、CECの小さい土壌では堆肥やゼオライトなどの改良資材の投入により、CECを高めることが必要である。

### エ 交換性塩基

土壌は粘土と腐植からなる土壌コロイドを含んでいる。土壌コロイドは一般的には陰荷電を帶びており、これと電気的に中性を保つため、カルシウム（Ca）、マグネシウム（Mg）、カリウム（K）、ナトリウム（Na）、水素（H）、などの陽イオンが土壌コロイドに吸着されている。土壌コロイド表面に吸着されている陽イオン（交換性陽イオン）が土壌溶液中の他の陽イオンと交換することを、土壌の陽イオン交換と呼んでいる。なお、交換性陽イオンのなかで水素イオンを除いたものが交換性塩基と呼ばれる。

一般に陽イオンはその種類によって土壌に吸着されやすいものと、されにくいものとがある。その順序は $H > Ca > Mg > K > NH_4 > Na$ であり、水素イオンがもっとも吸着されやすく、ナトリウムイオンが最も吸着されにくい。

交換性塩基は土壌溶液中の水素イオンと置き換わり、植物の養分となるが、一部は降雨とともに下層に溶脱される。陽イオン交換は土壌中の最も重要な反応の一つであり、物質の変化や移動、鉱物の風化、膨潤・収縮、透水などの物理性、植物への養分供給能などと関係が深い。

交換性塩基類の総量は土壌pHとも密接な関係にあり、pHの測定でもある程度類推ができる。しかし、総量だけでなく塩基間のバランスも重要な要素であり、それらの把握のためには個々の成分測定が必要になる。

### (ア) 石灰

石灰は作物の養分として欠くことができない要素であるが、それ以上に土壤團粒の形成、土壤pHにかかわる緩衝能の向上、土壤物理性の改良や微生物活動にとって非常に大切な要素である。

土壤の塩基交換容量に対する交換性石灰の割合を石灰飽和度と呼んでいる。土壤改良の目標値設定の項目のひとつになっている。改良目標を設定する場合、石灰飽和度を設定する場合と土壤pHで設定する場合、さらに、養分的な考え方を中心として、土壤中に含まれる交換性石灰の絶対含量を基準にして設定する場合がある。

これら3つの基準値の相互作用はまだ明らかになっていない。石灰飽和度で基準値を定めると、塩基交換容量が小さい場合は相対的に石灰質肥料の施用量が少なくなり、絶対量が不足になる可能性があり逆に塩基交換容量が大きい場合には、多量の石灰質肥料を施す必要がある。

pHを基準値に定めると、いろいろな土壤に対する使用資材の緩衝曲線が一般化されていないので、使用のつど緩衝曲線を測定しなければならないことになる。

絶対量を基準に定めると、主として石灰に関する生理障害の発生限界を基礎にしているので、土壤の物理性、微生物相に対する影響、土壤pHなどの相互関係が無視されることになる。したがって、測定結果からそれぞれの方法に従って施用量を推定し、総合的に判断する必要がある。

### (イ) 苦土

苦土は葉緑素の構成元素であり、葉に含まれる苦土の10%程度がクロロフィル成分として、残りは原形質中で結合した状態およびMg<sup>2+</sup>として存在している。

土壤中では交換性の苦土として石灰と同様に緩衝的な作用を持っている。しかし、石灰とは異なり、ケイ酸塩に変化しやすく、土壤溶液中から除外されやすい養分でもある。りん酸、石灰、カリの多施用によって、この傾向を助長し、苦土欠乏症が発生する可能性がある。

苦土欠乏の診断にあたっては、作物の生育状況を観察し、苦土の絶対量不足によるものか、ほかの要素との割合、バランスなどによって吸収が阻害されているのかを土壤分析によって診断する必要がある。

### (ウ) カリ

カリは、植物の三要素の一元素であり、作物中の含量も多い元素である。生理的な機能は、細胞内での物質代謝が正常に行なわれるための原形質構造の維持やそのpH、浸透圧の調整にK<sup>+</sup>として作用するなど、多くの生理作用に直接、間接的に影響している。

自然状態の土壤は可給態のカリを非常に多く含んでいる。長石、雲母あるいは粘土類などの風化にともなってカリウムイオン (K<sup>+</sup>) が土壤溶液中に放出されるものである。土壤溶液中のK<sup>+</sup>は作物に直接吸収されたり、土壤コロイドに吸着保持されたりする。さらに、吸着保持された交換性カリウムの一部はりん酸、アルミニウムなどと難溶性の塩（化合物）をつくり、作物に直接利用されない形態にある。

K<sup>+</sup>はアンモニウムイオン (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) とほぼ等しい大きさを持ち、土壤の同一格子空間に固定するために、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>の過剰施用はK<sup>+</sup>の溶脱を促進する結果になる。とくに、火山灰土などの塩基交換容量がpH依存型の土壤ではpHの低下にともなって交換容量が減少してK<sup>+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>の溶脱が起こる。

## オ 塩基バランス

交換性塩基類は、いずれも水和するとアルカリ性を示すという共通した性質を持っている。一

方、作物がこれらの塩基類を吸収する過程でも共通した性質がみられる。作物による塩基類の総吸収量はほぼ一定である。カリの吸収量が少ない場合には石灰、苦土の吸収量が多くなり、逆にカリの吸収量が多くなると石灰、苦土の吸収量が低下する。このような現象を養分吸収における拮抗作用と呼んでいる。

養分の吸収が偏ると当然の結果として、要素欠乏が発生し、収量は低下してくる。

石灰、苦土、カリの合計値から塩基飽和度を求め目標値に照合して過不足を計算するが、塩基バランスをどのように設定するかという問題は、作物の種類別養分吸収量や最適pHの条件などで変化するので単純には決めることができないが、石灰/苦土（当量比）は6以下、苦土/カリ（当量比）は2以上が望ましいとされている。

### 力 塩基飽和度

塩基飽和度とは、土壌の塩基交換容量（CEC）が交換性塩基で満たされている程度を百分率で表したものであり、次式によって計算される。

$$\text{塩基飽和度（%）} = \frac{\text{交換性全塩基（me）}}{\text{塩基交換容量（me）}} \times 100$$

塩基飽和度は計算上の値であるが、土壌のpH、塩基バランスなど土壌の状態を検討するときに参考となる項目である。

一般に交換性塩基類の総量が塩基交換容量の80%程度がよいとされている。

施設栽培の場合には、塩基飽和度が100%を超えているものがある。とくに塩基交換容量が小さい場合に塩基飽和度が大きくなっている傾向がみられる。塩基交換容量が小さい場合には、塩基飽和度で施肥量を制限すると、土壌養分の絶対量が少なくなり、養分不足をきたしやすい。これは、塩基飽和度が100%を越えて濃度障害が出現する限界点まで施用されているためと考えられる。

このような塩基交換容量が小さい土壌で、塩類濃度障害を避けるためには、塩基飽和度を100%以下に抑えると同時に、肥料養分の絶対量が不足しないように追肥回数を多くして、1回当たりの施用量を少なくするような対策が必要である。

### キ 有効態りん酸

施肥されたりん酸は、カリや石灰などのように交換態として土壌に保持されることはほとんどなく、多くは土壌中のカルシウム（Ca型）やアルミニウム（Al型）、鉄（Fe型）と結合した形態となる。

作物によく利用されるのはカルシウム型のりん酸で、アルミ型は吸肥力の強い普通作物や牧草が一部利用するといわれている。畑地では、鉄型のりん酸は難溶性のため、利用するのは困難である。しかし、水田においては、湛水して還元化が進むと、鉄の形態が変化して水に溶けるようになり、りん酸が有効化し、イネに吸収利用される。

このように土壌中のりん酸は形態の違いや土壌環境によって変化するため、有効態りん酸の定量が問題となる。一般には薄い硫酸（0.002N）に溶けるりん酸を土壌から抽出し測定するトルオーグ

法が広く採用されている。トルオーグりん酸は調査資料も多く、作物の生育との関係もかなり明らかにされているため、単に有効態りん酸という場合は、これを指すことが多い。トルオーグ法では、おもにCa型のりん酸を測定していることになる。

#### ク りん酸吸収係数

土壤にりん酸質肥料を施すと、一部は易溶性になったり、石灰と結合したりして、作物に利用されやすい形で残る。しかし、大部分は土壤中の鉄とかアルミニウムと結びついて、水に溶けにくく、作物に利用されにくい難溶性のりん酸に変化する。このような水溶性から難溶性への変化をりん酸の固定と呼んでいる。固定力の強さをあらわす指標として、乾土100g当たりに固定されたりん酸の量をmg単位で示し、りん酸吸収係数と呼んでいる。

りん酸固定の特徴は、土壤の生成過程で活性アルミニウムを多く含む火山灰土（黒ボク土）で強く、きわめて速やかに固定される。

りん酸吸収係数の区分はおよそ1,200を目安として、火山灰土と非火山灰土とを区分しており、一般に火山灰土は1,500以上、非火山灰土は500～1,000程度である。

火山灰土と非火山灰土が混合再堆積された土壤や、強酸性化した赤、黄色土などでは、1,000～1,500の数値がみられる。

りん酸吸収係数が1,000以上の土壤では、りん酸の固定はあまり問題にならないが、1,500以上の火山灰土の畑地や水田では土壤改良を考慮する必要がある。

りん酸吸収係数の高い火山灰土でも、施肥りん酸の大部分は土壤に残存、蓄積されるので、りん酸の肥沃度は向上してくる。しかし、かなり多量のりん酸を蓄積しても、りん酸吸収係数は急減するようなことは少ない。したがって、りん酸の肥沃度に応じた、合理的な土壤改良や施肥を行なうために、りん酸吸収係数と合わせて、土壤中の有効態りん酸を測定する必要がある。

火山灰土の生産性を高めるには、アルミニウムの活性化を弱めることである。そのためには、pHの矯正、堆肥などの有機質資材の施用、ケイ酸質資材の施用などが有効であるが、りん酸の肥沃度を高め、生産力の高い土壤にするには長い年月を必要とする。

そこで、短期間に生産力を上げるための土壤改良法として、りん酸多施用技術がある。この方法は、りん酸吸収係数の5～10%に相当するりん酸量を、一度に投入して土壤と混和、有効態りん酸を富化すると同時に、酸性の矯正、石灰と苦土の比率、塩基飽和度を含めて総合的に改善する方法である。

