

6 土壤診断の方法

6 土壌診断の方法

表 6-1 地目別の主な診断、改善のポイント

地目	主な診断、改善のポイント	地目	主な診断、改善のポイント
水田	地下水位の高さ	施設畑	土の細粒化
	粘土含量の多さ		土壌 pH と EC
転換畑	保肥力と水はけの程度	果樹園	塩基のバランス、集積
	作土の深さと硬さ		窒素とリン酸の量
	養分含量（ケイ酸、リン酸、鉄）		どの部分の土を診断するのか
	地下水位の高さ		有効土層の深さ（樹種で違う）
露地畑	水はけの程度（ほ場の排水性も）	茶園	土の硬さ
	作土の深さと硬さ		土壌 pH
	養分含量（窒素、リン酸、石灰、苦土、加里等）		養分含量（リン酸等）
	地力の大きさによる減肥		どの部分の土を診断するのか
露地畑	すき床の存在	茶園	水はけの程度
	作土の深さ		土の硬さ
	特定養分の蓄積（石灰、苦土、加里等）		保肥力の大きさ
	土壌 pH		土壌 pH

(1) 事前調査

土壌分析は、地域品目の土壌実態を把握したり、土壌改良の計画作成や作物の生育不良の原因究明のため、土壌の養分状態を把握するために実施するものであり、土壌診断の一部に過ぎない。

土壌や作物体の診断には、あらかじめ診断して土壌に起因して発生する障害を回避する予防診断と、生育中に異常が発生した際の原因究明・応急処置がある。診断を行う前には、現地における作物の生育状況や土壌条件に関する情報を収集し、診断を必要とする事例の観察と耕種概要等について農家、関係者への問診を行うことが大切である。

土壌診断で最も重要なのは、聞き取り調査や現地での土壌調査で、調査対象のほ場の履歴や特徴を把握することである。

表 6-2 事前調査のポイント

ポイント	内 容
地 形	山地、丘陵地、台地、段丘、低地
微 地 形	尾根部分、谷部分、傾斜度、後背地の有無
土 壤	
土 性	砂質、壤質、粘質
排 水 性	排水施設の有無、滞水、湧水
耕種概要	品目、播種、収穫、作柄
肥培管理	施肥量、土壌改良対策
障害の有無	過去の生育障害の有無、種類

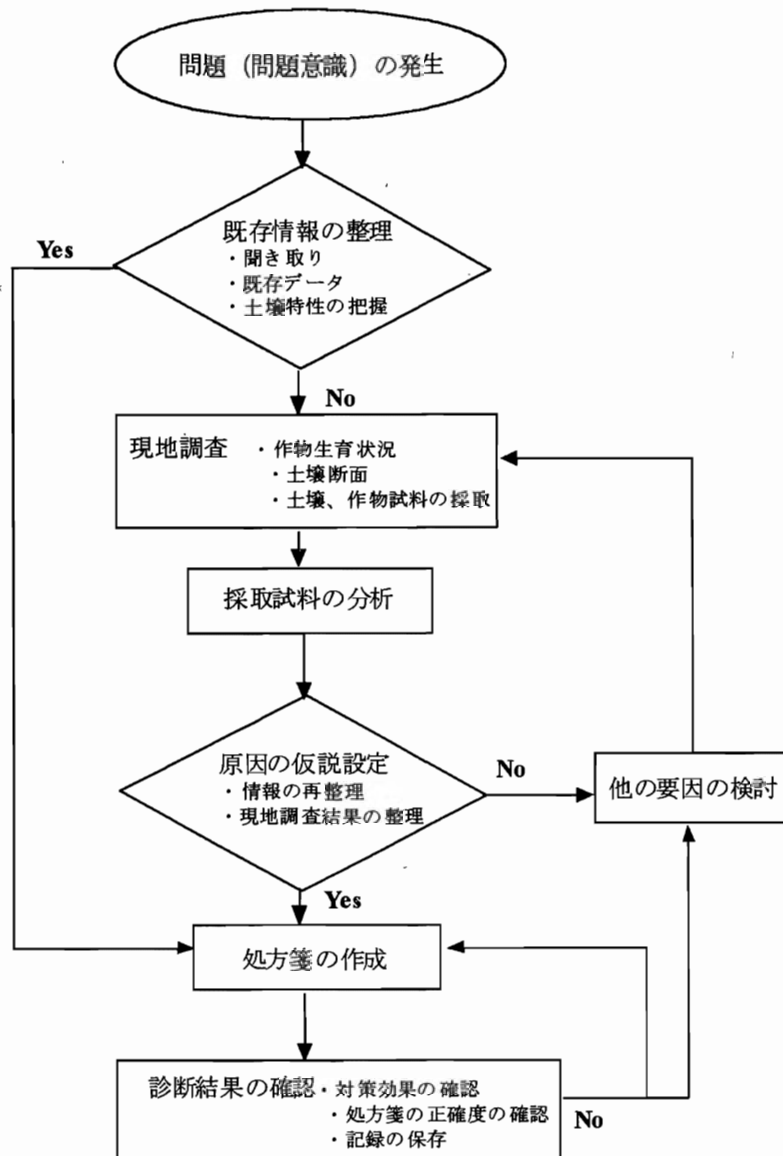


図 6-1 土壌診断の流れ

(2) 土壌断面の調査

ほ場の中央部に穴を掘り、土壌の内部を垂直に削った断面を調査する。ほ場整備のための厳密な事前調査方法は「土壌調査実施の手引き」(京都府農林部耕地課発行 昭和 58 年)で詳細に記述されているが、調査目的に応じて項目をしぼって調査を行う。

表 6-3 土壌断面による調査・観察のポイント

項目	内容
作土	土性、厚さ、硬さ、色、水分状態、作物根の発達状況
次層	圧密層の有無、すき床の硬さ（水田）、礫の有無、作物根の発達状況
酸化還元の状態	土層の色、グライ層の有無、湧水面の有無、地下水位
透水性の良否	孔隙の量、亀裂の程度、斑紋・結核の位置や量

(3) 土壌物理性

ア 土性

土壌は、砂、シルト、粘土からなっており、2mm 以上は礫である。砂は粒子が大きく孔隙が大きくなるので通気性や透水性が大きい。粘土は粒子が細かく表面積が大きいので交換性石灰や苦土、カリ等を保持する性質を持ち、細かい孔隙が保水性を高める。土壌の基本的な性格を把握する上で、砂と粘土の割合を示す土性の判断が大切である。

土性の判断では、土を少量の水で湿らせ、触感では親指と人さし指でこねて判断し、粘土細工は手のひらを擦りあわせて棒状にして判断する。

表 6-4 実用的な土性の区分と理化学的特徴

区分	記号	触感	粘土細工をすると	通気性	排水性	保水力	保肥力
砂質	S、LS	ざらざらして、ほとんどが砂の感じ	はしにも棒にもならない	大	大	小	小
壤質	SL、L、SiL	砂を多く感じるか、砂と粘土が半々の感じ	鉛筆ぐらいの太さになる	中	中	中	中
粘質	SCL、CL、SiCL	大部分が粘土で、こねていくと砂も感じる	マッチ棒ぐらいの太さになる	やや小	小	大	やや大
強粘質	SC、SiC、LiC、HC	ほとんど砂を感じないヌルヌルした粘土の感じ	コヨリのように細長くなる	小	極小	小	大

注) 土を少量の水で湿らせ、触感は親指と人さし指でこねて判断し、粘土細工は手のひらを擦りあわせて棒状にして判断する。

イ 土壌硬度

土壌硬度は、植物根の伸張の難易、透水性や通気性の程度に影響する。測定では、土壌を垂直に削った断面に対して垂直に土壌硬度計を差し込む。土壌水分が少なくなると硬くなるので、適度の水分があることを前提として測定する。山中式硬度計によるち密度で約 20mm 以下が適正な硬度である。

断面を作らずに貫入式土壌硬度計で測定する場合もある。その場合、読み取り値をち密度に補正する必要がある。

表 6-5 土の硬さと根の伸び

硬度 (ち密度mm)	根張りと乾湿	親指による判定
10mm以下	干ばつの危険	親指が自由に入る
10~15mm	適当	親指に力を加えれば元まで入る
15~22mm	やや硬いが根は伸びる	力を入れると、半分ぐらい入る
22~25mm	根は少し入るが伸びが悪	入らない
25mm以上	根が入りにくい	

注) ち密度は、山中式硬度計による測定値

ウ 三相分布

土の中には、土壤粒子と酸化物等その他の個体と、水及び空気が含まれている。これらの成分を、各々固相、液相、気相と呼び、その容積割合を三相分布と呼ぶ。

一般には、作物の生育に適する比率は、固相 45 ~ 50%、液相および気相が各々 20 ~ 30% と言われている。

固相率が高い場合は、バーク堆肥等の粗大有機物を施用し、孔隙量を増やす。晴天が継続した後でも液相率が高い場合は粗大有機物の施用により孔隙量を増やすか、ほ場排水を促す。

排水性の程度を判断する場合には、粗孔隙 (大きな孔隙、pF1.5 の水分状態での孔隙量) が指標となる。容積率で 15 ~ 20% が望ましい値で、10 ~ 30% が許容できる値である。

エ 土壤水分 (pF 値) と保水力

植物が利用できる水は、降雨やかんがいの 24 時間後 (重力水が下層に抜ける) の水分状態 (ほ場容水量) から、植物がしおれ始める初期しおれ点 (かん水すれば萎れが回復する) までである。しかし、作物生産では、ほ場容水量から、土壤が乾燥して作物生育に支障がでる毛管連絡切断点 (生育阻害水分点) の水分量を差し引いた水分である。

pF 値の測定にあたっては、目的にもよるが、作物根系の大部分が存在する位置で行う。

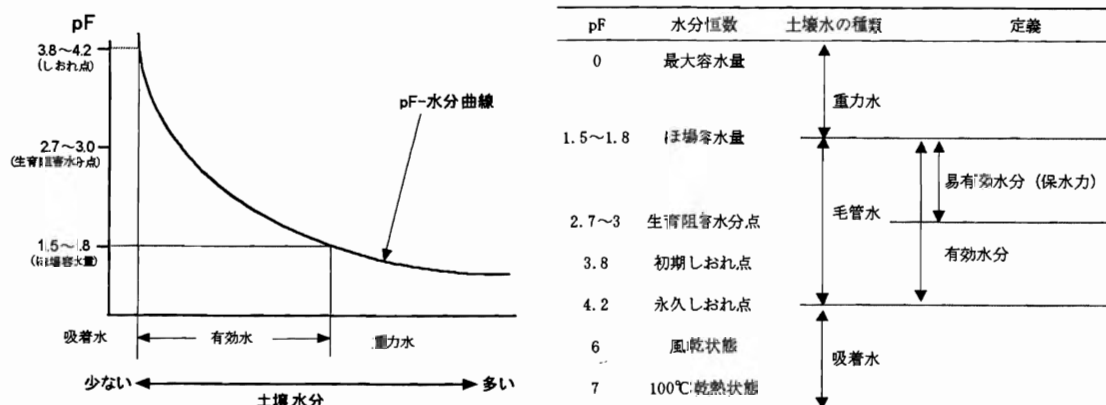


図 6-2 土壤水分と pF との関係

オ 透水性 (飽和透水係数)

透水性は透水係数で判断する。透水性は排水性と同義であり、通気性の善し悪しとも関連が深い。粗孔隙率の測定によっても判断ができる。

土壌中の孔隙の中で、大きな孔隙は水を保持することができずに、水が下層に浸透し空気が入り込む。不良の場合は湿害を受けやすく、過良の場合は干ばつの被害を受けやすい。

表 6-6 飽和透水係数と透水性

透水性	透水係数 (cm/秒)	水の移動距離 (cm/日)
過良	10^{-2}	864
良	10^{-3}	86.4
良	10^{-4}	8.64
やや不良	10^{-5}	0.86
不良	10^{-6}	0.09
不良	10^{-7}	0.01

(4) 土壌化学性

ア pH

作物により適正な pH 域がある。pH が低すぎると、特に pH が 4 以下になると水素イオンが直接的に根の活動を阻害し、間接的にはアルミニウムの可溶化を促して根に障害が発生する。また酸性化により、多量要素やホウ素、モリブデンが吸収されにくくなり、逆に鉄、銅、亜鉛等の微量元素が溶出して過剰吸収され過剰症が発生する。逆に pH が高すぎると微量元素が不溶化して吸収されにくくなり欠乏症が発生しやすくなる。

表6-7 作物の好適 pH (地力増進基本指針等より引用)

作物名	好適範囲	作物名	好適範囲
小麦	6.0~7.5	ダイコン	6.0~7.5
大麦	6.5~8.0	カブ	5.5~6.5
大豆	5.5~7.0	ニンジン	5.5~7.0
小豆	6.0~7.5	サトイモ	5.5~7.0
インゲン	5.5~6.7	ハクサイ	6.0~6.5
落花生	5.3~6.6	キャベツ	6.0~7.0
エンドウ	6.0~7.5	ホウレンソウ	6.0~7.5
トウモロコシ	5.5~7.5	タマネギ	5.5~7.0
ソバ	5.0~7.0	ナス	6.0~6.5
カンショ	5.5~7.0	トマト	6.0~7.0
バレイショ	5.0~7.5	キュウリ	5.5~7.0
ソルゴー	5.5~7.5	カボチャ	5.5~6.5
エン麦	5.5~7.0	イチゴ	5.0~6.5
ミカン	5.0~6.0	レタス	6.0~6.5
リンゴ	5.5~6.5	カリフラワー	5.5~7.0
ブドウ	6.5~7.5	アスパラガス	6.0~8.0
日本ナシ	6.0~7.0	チャ	4.0~5.0
モモ	5.0~6.0		
オウトウ	5.0~6.0		
カキ	6.0~7.0		
クリ	5.0~6.0		

(鶴島、1983)

酸度	花きの種類
強酸性 (pH5以下)	ツツジ、アザレア、ガーデニア、ペゴニア類 アジアンタム、ネフロレビス、アナナス、スズラン アグラータム、カラー、クレマチス
弱酸性 (pH5~7)	キク、バラ、ユリ、シクラメン、ポインセチア フクシア、ハナショウブ、キンギョソウ、シンビジウム カーネーション、ストック、ペチュニア、チューリップ
中性 (pH7)	ジニア、マリーゴールド、プリムラ類 マーガレット、アスター
アルカリ性 (pH7以上)	キンセンカ、シネラリア、ゼラニウム、ガーベラ スイトピー、ジャーマンアイリス

(7) pH が適正值より低い場合

土壌 pH が低い場合は、作付け予定品目の適正域まで上げなければならない。厳密には、緩衝曲線法により中和石灰量を算出する。以下に、pH を 1 上げるのに必要な石灰資材の施用量のめやすを示す。

表 6-8 pH を 1 上げるのに必要な資材施用量の目安

土壌の種類	石灰の種類		
	炭カル	苦土炭カル	消石灰
粘質土・沖積土	180-200	170-210	140-180
砂質土	100-150	90-140	80-120

注) 施用量が100kgを越える場合は、2回に分けて施用する。

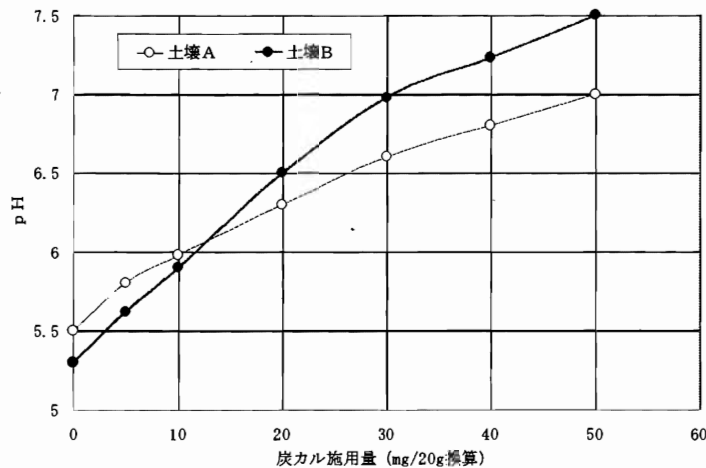


図 6-3 緩衝曲線法によるグラフ作成例

土壌 A の目標 pH を 6.5 とする場合には、上図における pH6.5 での炭カル施用量 20mg/20g から、以下の計算で炭カル施用量を計算する。

表 6-11 EC を目安とした施肥量

$$\text{炭カル施用量 (kg/10a)} = 20 \times 100g / 20g \times \text{作土深さ (cm)} / 10 \times \text{仮比重}$$

(イ) pH が適正值より高い場合

石灰質肥料の多施用や、硝酸態窒素が蓄積した条件での酸度矯正により、土壌 pH が適正值より高い場合がある。

この場合は、硫黄華や pH を下げる改良資材を施用する。施用量は、土壌の種類毎に異なるので注意する。市販の改良資材は、その使用基準に従って施用する。硫黄華は、硫黄が酸化されて硫酸になってから pH を下げるので、効果の発現には温度が高い時期でも 2 ～ 3 ヶ月を要する。酸性を調整していないピートモスも、pH が 3 程度なので pH を低下させるのに使用できるが、多量に施用しないと効果がでにくいので、培養土の調整等に用いる。

pH が高くても石灰やリン酸を供給する必要があるならば、硫酸カルシウムや過リン酸石灰、重焼リンを用いる。

表 6-9 pH を 1 下げるのに要する硫黄華の量

土壌の種類	施用量 (kg/10a)	備考
砂土	54	作土深が10cm
埴土	78	作土深が10cm

イ EC

EC 値は、塩類集積の進行していないほ場では窒素施肥診断に活用できる。また、土壌中の個々の肥料成分を詳細に定量しなくても、値が低すぎたり高すぎたりする場合には、肥料不足や肥料蓄積による濃度障害の指標として有効である。砂質土では EC 値が低くても濃度障害が起こる場合がある。ただし、値が著しく高い場合には、塩類集積を進行させないために、硝酸態窒素や交換性塩基を測定して、各肥料成分の過不足を把握して肥培管理を行う。

表 6-10 土壌の EC と作物生産の関係 (和歌山県土壌対策指針より引用)

作物名	最適EC			障害発生EC		
	粘質土	壤質土	砂質土	粘質土	壤質土	砂質土
キャベツ、ダイコン	1.0～2.0	0.5～1.0	0.4～0.8	2.7～4.1	1.6～2.5	1.1～1.6
ホウレンソウ、カブ、ハクサイ	0.8～1.5	0.5～1.0	0.3～0.7	2.4～3.6	1.5～2.2	1.0～1.5
セロリ、カーネーション	0.5～1.3	0.3～0.8	0.2～0.5	1.8～2.7	1.0～1.6	0.7～1.0
ナス、ネギ、レタス、ニンジン、キウイ、ピーマン	0.5～1.0	0.3～0.7	0.2～0.5	1.7～2.5	1.0～1.5	0.7～1.0
トマト、パプリカ	0.4～0.8	0.3～0.6	0.2～0.4	0.8～1.4	0.9～1.3	0.6～0.9
トウガラシ、キュウリ、メロン、アスパラガス	0.3～0.8	0.2～0.5	0.2～0.3	1.0～1.5	0.6～0.9	0.4～0.6
ソラマメ、タマネギ、スカシユリ	0.3～0.5	0.2～0.3	0.1～0.2	0.8～1.2	0.5～0.7	0.3～0.5
インゲン、イチゴ、テッポウユリ	0.2～0.5	0.1～0.3	0.1～0.2	0.7～1.0	0.4～0.6	0.3～0.4

注) 障害発生ECとは作物の収量や品質が低下するEC値を表す。

表 6-11 EC を目安とした施肥量

土壌の種類	EC値(mS/cm)			
	0.3以下	0.3~0.6	0.6~1.2	1.2以上
一般土壌	基準量	2/3	1/3	無施用
砂質土壌	基準量	1/2	1/4	無施用

ウ pH と EC の同時診断

pH と EC を同時に診断することにより、塩類集積の進行の状況を判断できる。下表の①~④であれば、pH や EC の値により肥培管理方法を判断できるが、⑤~⑧では、肥料成分のアンバランスが進行していくと予想されるので、交換性塩基や無機態窒素の測定値に基づき、適正量の肥料や資材を施用する。⑨は除塩対策が必要である。

EC	⑦	⑧	⑨	
	窒素(硝酸)多い 石灰少ない	窒素多い 石灰多い	窒素多い 石灰多い	
	0.5~1.0	③	④	⑥
	石灰少ない	適量	石灰多い	
	0.3	①	②	⑤
	窒素少ない 石灰少ない	窒素少ない	窒素少ない 石灰多い	
		6.0	6.5	pH

図 6-4 pH 値と EC 値から推定できる土壌化学性

エ 無機態窒素 (アンモニア態窒素、硝酸態窒素)

無機態窒素は、土壌診断項目として確立されておらず、作物の種類や生育ステージによって適正な数値は異なる。基本的には、基肥施用時に土壌に残存する無機態窒素量を求め、基準となる作物の基肥窒素施用量から土壌残存窒素量を差し引いて、基肥窒素施用量を算出する。

この場合、好アンモニア性作物である水稲や茶、ベリー類ではアンモニア態窒素を指標とし、その他の作物(好硝酸性作物)では、硝酸態窒素を指標とする。ただし、有機質肥料や堆肥施用来歴のある場合は、アンモニア態窒素と硝酸態窒素の合計量である無機態窒素量を指標として判断する。

$$\text{窒素施用量} = \text{基準(基肥)施用量} - \text{土壌残存量} - \text{有機質資材の有効成分量}^*$$

*作付け品目の作期に応じて、有機質肥料や堆肥の肥効発現量を予測する

オ 可給態窒素

土壤に含まれる窒素の大部分は有機態であり、それらが微生物による分解で緩やかに無機態窒素に変化する。可給態窒素は、培養により無機化した窒素量を示し、作物作付け中の無機態窒素供給との関連が深い。

有機物施用をした水田の基肥窒素施用量を判断したり、畑地の有機物施用量の必要性を判断するのに活用できる。

表 6-12 可給態窒素の値による基肥施用量の診断（茨城県）

品種:コシヒカリ	
測定値	対応
8～9mg/100g	元肥窒素は無施用
7～8mg/100g	元肥窒素は1kg/10a
6～7mg/100g	元肥窒素は2kg/10a
5mg/100g以下	基準施肥量

カ 可給態リン酸（有効態リン酸）

リン酸は土壤に吸着されやすく、施用したリン酸のうち作物に利用される割合が 5 ～ 10%と低い。有効態リン酸は、土壤中に存在するリン酸のうち植物に吸収されやすいものだけを取り出して測定している。

施肥来歴のある土壤では有効態リン酸が不足することは希であり、むしろ過剰なリン酸の蓄積を避けるために、生育初期の肥効を確保した上で減肥する必要がある。

表 6-13 有効態リン酸の値による
施用の目安

有効態リン酸 (mg/100g)	施用の目安
10以下	基準施用量の120%
10～50	基準施用量
50～80	基準施用量の80%
80～100	基準施用量の50%
100以上	リン酸無施用

キ 交換性塩基

交換性塩基の適正量は、主に土壤の種類により異なり、CECの大小によっても異なる。また、個々の成分量に加えて、塩基間のバランスも重要である。これが崩れると、色々な障害が発生する。

交換性塩基は、土壤条件の維持すべき目標値（一般土壤、砂質土壤）に基づき適正量を施用する。また、有機物の多い土壤や塩類集積の進んだ土壤では、塩基置換容量（CEC）と交換性塩基含量に基づき適正な施用量を算出する必要がある。

塩基置換容量（CEC）の分析値がなければ、土性や管理状況の類似した土壤のデータを活用する。農業総合研究所の土壤環境基礎調査では、府内の代表的な土壤を地目別に調査しており、類似する土壤のデータを活用しても良い。（参考資料：定点調査表示システム

の項を参照)

(7) 交換性塩基含量の目標値より診断する場合

石灰施用量 = 交換性石灰の目標値* - 交換性石灰含量
苦土施用量 = 交換性苦土の目標値* - 交換性苦土含量
カリ施用量 = 交換性加里の目標値* - 交換性加里含量

※土壤条件の維持すべき目標値を参照

(i) 交換性塩基含量と塩基置換容量により診断する場合

施設土壌のように養分が集積していると、石灰、苦土、カリ含量を合計すると、塩基飽和度（塩基置換容量に対する交換性塩基の当量割合）が 100%を超えたり、塩基間のバランスが崩れていることがある。このような場合には、集積した塩基の施用を中断し、原則として塩基飽和度が 100%以下になってからバランスの改善をする。

石灰施用量 = 塩基置換容量 × 石灰飽和度の基準* / 100 × 28 - 交換性石灰含量
苦土施用量 = 塩基置換容量 × 苦土飽和度の基準* / 100 × 20 - 交換性苦土含量
カリ施用量 = 塩基置換容量 × 加里飽和度の基準* / 100 × 47 - 交換性加里含量

※石灰飽和度は 50%、苦土飽和度は 20%、加里飽和度は 10%程度

表6-14 CECに応じた塩基飽和度の適正範囲の目安

CEC me/100g	塩基飽和度 %	石灰飽和度 %	苦土飽和度 %	加里飽和度 %
5	110~140	66.0~84.0	27.5~35.0	16.5~21.0
6	103~130	61.5~78.0	25.6~32.5	15.4~19.5
7	95~120	57.0~72.0	23.8~30.0	14.3~18.0
8	88~110	52.5~66.0	21.9~27.5	13.1~16.5
9	80~100	48.0~60.0	20.0~25.0	12.0~15.0
10 以上	70~90	42.0~54.0	17.5~22.5	10.5~13.5

ク 塩基置換容量 (CEC)

土壌の保肥力の尺度で、土壌に含まれる粘土の種類や粘土含量、腐植含量により変化する。粘土や有機物含量の増加に伴い値が大きくなる。CEC の値に基づき、交換性塩基含量の適正量を設定する。

CEC 値が大きいほど保肥力が高くなり望ましいが、粘土の種類や含量という土壌本来の基本的な性質に規定されるので、簡単に増加させるのは困難である。粘土鉱物を含む資材を施用する技術もあるが、CEC を増加させるには多量の資材施用が必要で、ほ場レベルでは現実的な方法ではない。

CEC そのものの高低を判断するのではなく、CEC 値に応じた施肥やアルカリ資材を施用することが大切である。

ケ 腐植

腐植とは、落葉や植物遺体、堆肥成分のうち分解しにくい部分が化学変化をおこしたもので、土壌の団粒構造を発達させて保水性や通気性等の土壌環境を改善したり、リン酸や微量要素の利用性を高めたりする効果を持っている。これらの効果を発現するには、土壌中に 5%程度あれば充分であり、それ以上の腐植は緩やかな肥効の発現に作用するが、土壌改良効果は低い。堆肥等の投入量の判断基準の例を以下に示す。

3%以下：慣行量を投入する。投入履歴がなければ 10 アール当たり 3～5 t 程度の投入。

3～5%：慣行量を投入する。砂質土壌では 10 アール当たり 3～5 t 程度の投入を行う。

5～10%：慣行の半量以下で投入する。

10%以上：投入しない

コ 遊離酸化鉄

砂質や礫質で水はけの良すぎる水田では、鉄分が不足しやすい。一般の水田でも、鉄不足により水稻の後期凋落傾向が認められる場合もある。遊離酸化鉄が 1.5%以下のほ場では、含鉄資材の施用が必要である。なお、転炉さい等の含鉄資材を施用した場合は、けいカル^①の施用を控える。

表 6-15 転炉さい施用の目安

遊離酸化鉄含量	転炉さい施用量
0.7%以下	250～350kg を 2 年連用
0.8～1.1%以下	200～250kg を 2 年連用
1.2～1.4%以下	150～200kg を 2 年連用
1.5～2.0%以下	150～200kg を隔年連用

サ 有効態けい酸

土壌中の可給態けい酸が 10mg/100g 以下になると、水稻では欠乏症が出やすくなる。適正範囲としては 15mg/100g 以上あれば良い。10mg/100g 以下の場合には、けい酸資材の施用を行う。稲わらの中にもけい酸が含まれるので、これを水田に還元する。