なるほど！土壌診断ガイド

読んで、診て、作物イキイキ！

JA全農　肥料農薬部

目 次

●作物の必須要素 …… 2
●pH …… 4
●EC …… 6
●りん酸吸収係数 …… 8
●可給態りん酸 …… 9
●CEC …… 10
●塩基飽和度 …… 11
●有効態けい酸 …… 12
●土性 …… 13
●分析値と施用量 …… 14
●腐植 …… 15
●鉄含有量 …… 16
●堆肥成分と施肥 …… 17
●pH、EC 簡易診断 …… 20
●低成分肥料適用の判定 …… 22
付 録 代表的な肥料とその特性 …… 24

はじめに

農業現場での土壌診断の重要性が叫ばれています。平成20年に入り、世界的に肥料価格は大幅上昇しました。この傾向は世界人口の増大やバイオエタノールの増産にともない継続するものと予想されています。こうしたなかで、土壌診断による適正施肥や、堆肥に含まれる肥料成分の活用による施肥コスト抑制の取り組みが求められています。

ＪＡ全農では、現在の情勢をふまえ、ＪＡグループにおける土壌診断体制の強化を進めています。農業生産現場でより多くの土壌分析結果が活用できるように、ＪＡや県連合会における土壌分析や人材育成への支援、県域の補完を担う広域土壌診断センター設置などを行います。

今回作成した「土壌診断なるほどガイド」は、農業現場で土壌診断に携わる機会が多い皆様に、分析結果をどのように診たら良いのか、施肥にどのように反映させていくのかについて、イラストを交え、できるだけ判りやすくなるようにまとめたものです。このガイドが活用され、生産者との対話を通じて土壌診断への関心がより一層高まることを期待しています。

今後、土壌診断への取り組みの強化が、安定かつ高品質な農産物生産に結びつくことで、生産者の手取が向上することを願っています。

平成20年12月

ＪＡ全農　肥料農薬部 部長　山﨑　周二

作物の必須要素

土壌の化学性が悪化すると、作物は必要な養分を吸収できなくなり、生育が悪くなります。そのような場合、やがて作物の葉、茎、子実、根などに養分の過不足時特有の障害症状、いわゆる要素障害（栄養障害）が現れます。

土壌分析によって土壌の状態を確認することは重要ですが、日頃から作物の生育状態などをよく観察しておくことも大切です。

◆作物の必須要素

植物の生育に必要不可欠な要素を必須要素といい、表－１のように現在17の元素が必須要素として認められています。

表－１　作物の必須要素

空気中の炭酸ガスや水から摂取する要素	炭素 (C)、水素 (H)、酸素 (O)
土壌から摂取する要素	窒素 (N)、リン (P)、カリウム (K)、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、イオウ (S)、鉄 (Fe)、マンガン (Mn)、ホウ素 (B)、亜鉛 (Zn)、銅 (Cu)、モリブデン (Mo)、塩素 (Cl)、ニッケル (Ni) 注）水稲ではケイ素 (Si) が不可欠な要素

（「作物栄養診断とその活用」（JA 全農大阪肥料農薬事業所）より）

◆主な必須要素のはたらき

植物が必要とする元素のうち、炭素・水素・酸素は大気中の二酸化炭素や水から供給されます。窒素、リン、カリウムは土壌中で不足することが多く、肥料としての効果も表れやすいので肥料三要素といいます。カルシウム・マグネシウム・イオウは三要素についで植物の要求性が大きいため、二次要素といいます。また、植物の必要とする量が比較的少ない鉄、マンガン、ホウ素などは微量要素といいます。表－２に、それぞれの必須要素の作物に対するはたらき（生理作用）を示しました。

表－２　必須要素の主なはたらき（生理作用）

元素名		主な生理作用
炭　素	C	炭水化物・タンパク質・脂質等有機化合物の構成元素、光合成に不可欠
水　素	H	炭水化物・タンパク質・脂質等有機化合物の構成元素、水の構成要素
酸　素	O	炭水化物・タンパク質・脂質等有機化合物の構成元素、呼吸に不可欠
窒　素	N	タンパク質・核酸・葉緑素等の主要構成元素、生育の促進
リン	P	核酸・核タンパク・リン脂質の構成成分、エネルギー代謝に関与、開花結実の促進
カリウム	K	光合成・炭水化物の蓄積に関係、開花結実の促進
カルシウム	Ca	ペクチン酸と結合し、植物細胞膜の形成等に関与、根の生長促進
マグネシウム	Mg	葉緑素の構成成分、光合成に関与
イオウ	S	含硫アミノ酸を構成
鉄	Fe	鉄タンパクとして酸化還元反応・光合成に関与、マンガンとの拮抗作用あり
マンガン	Mn	光合成に関係、酸化還元などの賦活剤
ホウ素	B	リグニン・ペクチンの形成に関与、花粉・花芽・花粉管の生育に関与
亜　鉛	Zn	各種酵素の構成要素
銅	Cu	チトクロム a、アスコルビン酸酸化酵素などを構成
モリブデン	Mo	硝酸還元酵素を構成、根粒菌の窒素固定に関与
塩　素	Cl	光合成に関係
ニッケル	Ni	ウレアーゼの構成元素
ケイ素	Si	水稲葉の組織の強化、耐病虫性の増加、水分代謝の調整

（「作物栄養診断とその活用」（JA 全農大阪肥料農薬事業所）より）

pH

土壌の酸性、アルカリ性を示す指標

pHは0～14の値で示される数値で、7程度を中性、7から小さくなるほど酸性、7より大きくなるほどアルカリ性となります。

土壌の場合、一般的な適正値は6.5程度であり、6.0を下回ると酸性と呼ばれます。また、6.5～7.0以上になると作物の生育に必要なホウ素、鉄、マンガンなどの微量要素が土壌中で溶解しにくくなり、欠乏することがあります。

◆目　標

国の地力増進基本指針の土壌改良の目標値は、水田・普通畑で6.0～6.5、樹園地5.5～6.5（ただし、茶園では4.0～5.5）となっています。作物ごとの詳しい数値は表－3のとおりです。

◆改善のポイント

酸性の土壌を改良するには、苦土石灰、炭酸カルシウムなどの石灰資材を用います。施用量については、土壌のタイプによっても違いますが、おおむね表－4の施用量が目安です。また、土壌診断ソフトなどを活用して塩基飽和度から施用量を計算する場合もあります。

露地では、降雨により土壌中の養分が溶脱してpHが低下しやすいので、診断の結果、pHが適正であっても苦土石灰を年間50～100kg/10a施用するとよいでしょう。

一方、ハウス土壌などでは、多肥に加え、露地に比べて降雨の影響を受けないことから溶脱が少なく、土壌に肥料養分が蓄積しやすいため、pHが7以上と適正値を超えて高い場合があります。こうした土壌の高pHをすぐに下げることは難しいですが、①施肥診断を行いさらに過剰施肥にならないようにする、②硫安、過りん酸石灰などpHが低下する肥料を施用するなどの対策があります。

表－３　作物の生育に好適な pH 範囲

水稲	5.0 ～ 6.5	ホウレンソウ	6.0 ～ 7.5
オオムギ	6.5 ～ 8.0	タマネギ	5.5 ～ 7.0
コムギ	6.0 ～ 7.5	ナス	6.0 ～ 6.5
エンバク	5.5 ～ 7.0	トマト	6.0 ～ 7.0
ライムギ	5.5 ～ 7.0	キュウリ	5.5 ～ 7.0
アワ	6.0 ～ 7.5	カボチャ	5.5 ～ 6.5
アズキ	6.0 ～ 6.5	イチゴ	5.0 ～ 6.5
インゲン	5.5 ～ 6.7	スイカ	5.5 ～ 6.5
ラッカセイ	5.3 ～ 6.6	レタス	6.0 ～ 6.5
エンドウ	6.0 ～ 7.5	カリフラワー	5.5 ～ 7.0
トウモロコシ	5.5 ～ 7.5	アスパラガス	6.0 ～ 8.0
ソバ	5.0 ～ 7.0	キク	6.0 ～ 7.5
カンショ	5.5 ～ 7.0	ツツジ	4.5 ～ 5.0
バレイショ	5.0 ～ 6.5	カーネーション	6.0 ～ 7.5
葉タバコ	5.5 ～ 7.5	テッポウユリ	6.0 ～ 7.0
テンサイ	6.5 ～ 8.0	ラン	4.0 ～ 5.0
アカクローバ	6.0 ～ 7.5	シャクナゲ類	4.5 ～ 6.0
シロクローバ	6.0 ～ 7.2	ミカン	5.0 ～ 6.0
アルファルファ	6.0 ～ 8.0	リンゴ	5.5 ～ 6.5
トールフェスク	5.0 ～ 6.0	ブドウ	6.5 ～ 7.5
イタリアンライグラス	6.0 ～ 6.5	ナシ	6.0 ～ 7.0
オーチャードグラス	5.5 ～ 6.5	モモ	5.0 ～ 6.0
チモシー	5.5 ～ 7.0	オウトウ	5.0 ～ 6.0
ソルゴー	5.5 ～ 7.0	カキ	6.0 ～ 7.0
ダイコン	6.0 ～ 7.5	クリ	5.0 ～ 6.0
カブ	5.5 ～ 6.5	アンズ	6.0 ～ 7.0
ニンジン	5.5 ～ 7.0	パイナップル	5.0 ～ 6.0
サトイモ	5.5 ～ 7.0	ブルーベリー	4.0 ～ 5.0
ハクサイ	6.0 ～ 6.5	チャ	4.5 ～ 6.5
キャベツ	6.0 ～ 7.0	クワ	5.0 ～ 6.5

表－４　pH を１上昇させるための石灰量の目安（kg/10a）

土壌の種類	炭カル	苦土石灰	消石灰
黒ボク土	300 ～ 400	280 ～ 380	240 ～ 320
沖積土・洪積土	180 ～ 220	170 ～ 210	140 ～ 180
砂質土	100 ～ 150	90 ～ 140	80 ～ 120

（加藤、1996）

EC

土壌の塩類濃度を示す尺度

EC（Electrical Conductivity）は日本語では電気伝導度といいます。EC は土壌中の塩類濃度の目安となり、高いほど養分量が多いことになります。表示の単位は mS/cm または dS/m で表します。

ハウス栽培では、雨で養分が流されてしまうことがないため、EC が高くなる傾向にあります。土壌中の肥料養分濃度が高くなると、根が水分を吸収できなくなるなどの「塩類濃度障害」（肥［こえ］やけ）を起こすことがあります。なお、同じ肥料養分濃度でも、作物や栽培方法によって濃度障害の程度は異なります。

通常の土壌では、EC は硝酸態窒素との関わりが深く、大まかな目安としては EC が 1mS/cm であれば硝酸態窒素は 20mg/100g 程度に相当し、窒素肥料を減肥する際の目安になります。なお、この関係は土壌によって異なるため、実際には表－５を参考にするか、より精度を求めるためには EC に頼らず、土壌中の硝酸態窒素を測定したほうがよいでしょう。

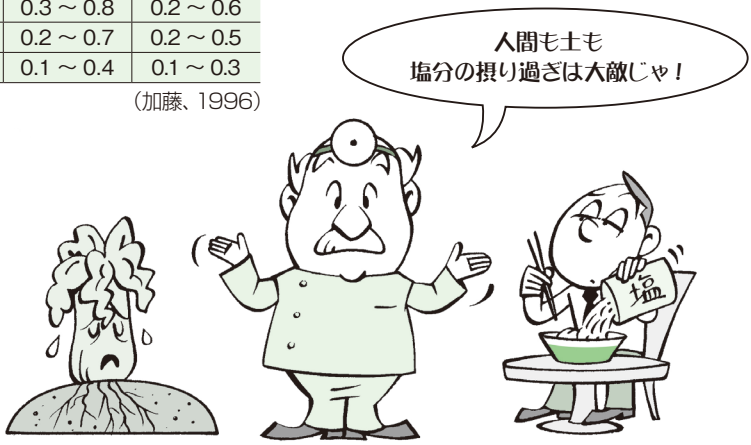
◆目　標

EC 値に注意しなければならないのは、特に園芸作物です（水稲では EC が問題になることはありません）。その適正範囲は表－５のように作物によって違います。

表－５　植付け時の適正な EC の目安 (mS/cm)

土壌の種類	作物の種類	
	果菜類	葉・根菜類
腐植質黒ボク土	0.3 ～ 0.8	0.2 ～ 0.6
沖積土・洪積土	0.2 ～ 0.7	0.2 ～ 0.5
砂質土	0.1 ～ 0.4	0.1 ～ 0.3

（加藤、1996）



◆改善のポイント

作物別の適正範囲を超えた場合は、基肥施肥量を少なくし、その後の生育を見ながら追肥で調整してください。EC 値を活用した、窒素肥料の減肥の目安は表－6のとおりです。

表－6　施肥前 EC 値による基肥窒素量補正の目安（対基準値）

土壌の種類	0.3mS/cm 以下	0.4 ～ 0.7	0.8 ～ 1.2	1.3 ～ 1.5	1.5 以上
腐植質黒ボク土	基準量	2/3	1/2	1/3	無施用
沖積土・洪積土	基準量	2/3	1/3	無施用	無施用
砂質土	基準量	1/2	1/4	無施用	無施用

（加藤、1996）

ハウス土壌などで著しく EC が高い場合は、次のような対策をとってください。

①深耕により塩類濃度を低下させる。

②青刈り作物を植えて、養分の持ち出しを行う

イネ科作物のトウモロコシやソルゴーなどの青刈り作物（クリーニングクロップ）を植え、栽培後刈り取りし、すき込まず圃場の外に持ち出す。

りん酸吸収係数

土壌が固定するりん酸量の指標

土壌がりん酸を吸収（固定）する程度を示す数値です。りん酸吸収係数が1500以上の土壌では、仮にりん酸を施用しても、その多くが土壌に吸収されてしまいます。

日本は火山灰由来の土壌（黒ボク土などの火山灰土壌）が多く、これらの土壌はりん酸吸収係数が2000を超えているため、りん酸質肥料を多く施用しなければなりません。

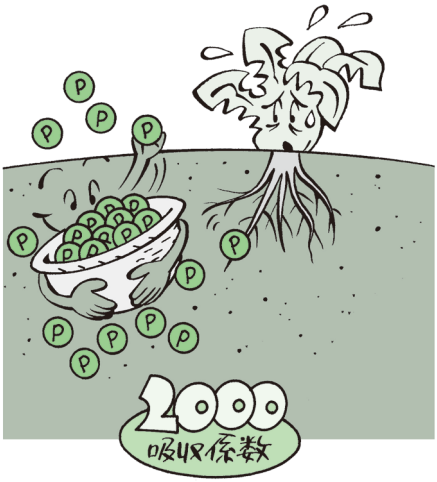
◆目　標

りん酸吸収係数は土壌の特性を示した数値であり、改良するのは非常に困難です。したがって、改良目標はありません。

◆改善のポイント

表－7は、りん酸吸収係数ごとの施用倍率（どのくらい多く施用しなくてはならないか）を示したものです。このうち1500以上のりん酸吸収係数が高い土壌では、特にりん酸を多めに施用しなければなりません。

最近はりん酸質肥料の長年にわたる多施用により、りん酸吸収係数が高くても可給態りん酸が多い土壌が増えています。その場合は必ずしもりん酸を多めに施肥する必要はありません。したがって、まずは可給態りん酸を測定し、無駄のない施肥を心がけることが必要です。



表－7　りん酸必要量とりん酸吸収係数との関係

りん酸吸収係数	不足りん酸1mg当たりりん酸施用量（mg/100g乾土）	作物のりん酸の利用率の目安（%）	該当する主な土壌
2000以上	12	6～10	腐植質火山灰土壌
2000～1500	8	10～15	火山灰土壌
1500～700	6	15～20	洪積土壌
700以下	4	20～30	沖積土壌

可給態りん酸

作物が吸収できるりん酸量の指標

主にトルオーグ法※という測定方法によって求められる土壌中のりん酸量をいいます。りん酸吸収係数の項でも示したとおり、土壌はりん酸を吸収、固定してしまう性質をもつものが多いため、施用したりん酸がすべて作物に利用されるわけではありません。

そこで、作物が吸収できるりん酸が土壌中にどのくらいあるのかを示す指標である可給態りん酸を測定し、適正なりん酸施用量を把握してください。

※地域、作物によってはトルオーグ法ではなく、ブレイ第2法で測定される場合もある。

◆目　標

可給態りん酸は地域ごと、作物ごとに基準値が設定されています。表－8に国の地力増進基本指針で設定された基準値を示しました。なお、水田については、20mg の上限※が示されています。

※2008年7月「土壌管理のあり方に関する意見交換会」(農林水産省で設定)

表－8　地力増進基本指針におけるりん酸の改善目標

区　分	土壌の種類	目標りん酸量(乾土 100g 当たり)
水　田	－	10mg 以上
普通畑	黒ボク土、多湿黒ボク土	10 ～ 100mg
	その他の土壌	10 ～ 75mg
樹園地	－	10 ～ 30mg

◆改善のポイント

りん酸の改良には、あわせてりん酸質肥料が効きやすくなるように土壌 pH の改良や有機物施用を実施するとよいでしょう。土壌りん酸レベルが低い場合は、りん酸吸収係数の項を参考に、多くのりん酸を施用するような土壌改良を実施します。

これまでの慣行栽培体系では、基準値以上にりん酸があっても、りん酸質肥料が施用され続ける傾向がありました。例えば、「寒冷地だから」あるいは「初期生育に必要なりん酸を確保するためのスターターとしてりん酸を使う」といった理由で、必要以上のりん酸が施肥され続けた土壌もあります。そのようにりん酸が過剰に蓄積した土壌では、りん酸質肥料の減肥や、場合によっては無りん酸で栽培することもできます。

CEC

土壌の肥料を保持する力を示す指標

CEC（Cation Exchange Capacity）は、日本語では陽イオン交換容量といいます。これは土壌が肥料を保持する力を示す指標です。通常、乾土100g当たり陽イオンのミリグラム当量（meq）で表し（1meq= 原子量（mg）/ 荷電数）、数値が小さいほど肥料保持力が低く、逆に高いほど肥料を土壌にためておく力が強いことを示します。わが国の土壌ではCECは比較的低く、数～40meq程度が一般的です。

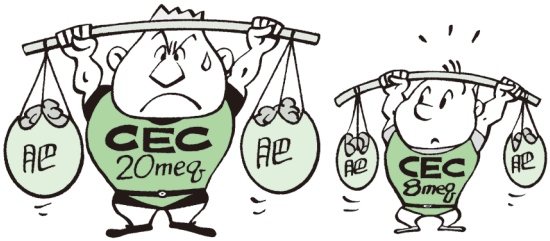
CECの測定には時間と手間がかかるため、土壌分析時に行われないことがほとんどです。しかし、土壌改良をするにあたって、土壌固有のCECは必要な数値ですので、CECのデータがない場合は、普及センターや試験場などのデータを活用してください。

◆目　標

国の地力増進基本指針におけるCECの基準は、表－9のとおりです。

表－9　地力増進基本指針におけるCECの改善目標

区　分	土壌の種類	CEC（乾土100g当たり）
水　田	灰色低地土、グライ土、黄色土、褐色低地土、灰色台地土、グライ台地土、褐色森林土	12meq以上 （ただし、中粗粒質の土壌では8meq以上）
	多湿黒ボク土、泥炭土、黒泥土、黒ボクグライ土、黒ボク土	15meq以上
普通畑	褐色森林土、褐色低地土、黄色土、灰色低地土、泥炭土、暗赤色土、赤色土、グライ土	12meq以上 （ただし、中粗粒質の土壌では8meq以上）
	黒ボク土、多湿黒ボク土	15meq以上
	岩屑土、砂丘未熟土	10meq以上
樹園地	褐色森林土、黄色土、褐色低地土、赤色土、灰色低地土、暗赤色土	12meq以上 （ただし、中粗粒質の土壌では8meq以上）
	黒ボク土、多湿黒ボク土	15meq以上
	岩屑土、砂丘未熟土	10meq以上



◆改善のポイント

CECは土壌に含まれる粘土鉱物の種類、量に支配されるため、その改良は容易ではありません。しかし、堆肥などの有機物、腐植酸質資材やゼオライト、ベントナイトといった土壌改良資材を施用することでCECを高めることができます。

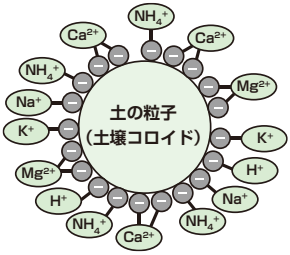
塩基飽和度

CEC に占める石灰、苦土、加里の割合

通常、土壌はマイナスの電気を多くもっており、そのため陽イオンを吸着するはたらきがあります。その能力は CEC（陽イオン交換容量）で示します。この CEC に占める石灰、苦土、加里の割合を塩基飽和度といいます。塩基飽和度は pH と比例し、飽和度が100%の土壌では中性、60%で弱酸性となります。

◆目　標

土壌改良目標としては、野菜畑の場合、塩基飽和度60 ～ 90%を基本にします。ただし、CEC が低い場合（10meq/100g など）は、塩基飽和度が100%を超えてもバランスを重視した改良がよいでしょう。



図－1　塩基成分の吸着

◆改善のポイント

塩基飽和度が低い場合は、石灰質資材などで土壌改良を行うのが基本ですが、同時に塩基バランスにも注意する必要があります。塩基バランスは石灰：苦土：加里＝5：2：1を目標に改良するとよいですが、石灰／苦土のバランスは5～8、苦土／加里は2～6になるように改良することが望ましいでしょう。

改良の計算は難しくありませんが、数多くの土壌を診断する場合は、表計算ソフトや土壌診断ソフトなどで実施するのが一般的です。

塩基飽和度と塩基バランスの計算方法

飽和度を計算するための計算は、次の２段階で行う。

①重量（mg/100g）を当量（meq/100g）に換算する。次の係数を使用する。

CaO 1meq → 28mg　MgO 1meq → 20mg　K_2O 1meq → 47mg

② CEC に対する各塩基の飽和度を求める。塩基飽和度は、各塩基の飽和度を合計したもの。

【計算例（塩基飽和度とバランス）】

CEC 20meq、CaO 270mg、MgO 70mg、K_2O 30meq のときの飽和度の計算例

CaO の当量＝270mg/28＝9.64meq　CaO の飽和度＝9.64/20 × 100＝48.2（%）

MgO の当量＝ 70mg/20＝3.50meq　MgO の飽和度＝3.50/20 × 100＝17.5（%）

K_2O の当量＝ 30mg/47＝0.64meq　K_2O の飽和度＝0.64/20 × 100＝ 3.2（%）

●塩基飽和度＝ 48.2＋17.5＋3.2＝68.9（%）

●塩基バランス　CaO：MgO：K_2O ＝9.64meq：3.50meq：0.64meq

石灰／苦土比（CaO/MgO ＝9.64 ÷ 3.50＝2.75）

苦土／加里比（MgO/K_2O ＝3.50 ÷ 0.64＝5.47）

有効態けい酸

水稲栽培では重要なけい酸の指標

有効態けい酸は、水稲栽培では非常に重要な指標です（けい酸をあまり吸収しない野菜類では、有効態けい酸量が問われることはほとんどありません）。

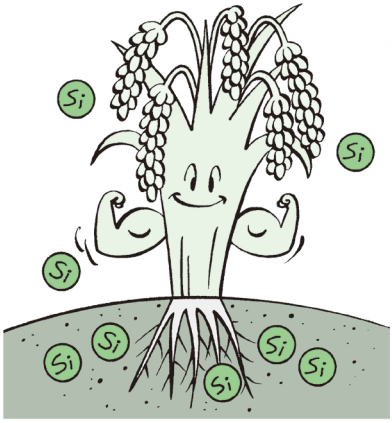
水稲は窒素の10倍以上のけい酸を吸収すると言われており、けい酸が欠乏しやすい作物といえます。けい酸が欠乏した水田にけい酸資材を施用することにより、増収や米の品質向上などの効果が期待できます。けい酸は、灌漑水からも多く供給されますが、その量（天然供給量）は、利用する河川の水によって異なります。

◆目　標

国の地力増進基本指針の土壌改良目標は、水田を対象にpH4.0酢酸塩緩衝液により浸出されるけい酸（今泉・吉田法）で目標値が設定されており、乾土当たり15mg以上となっています。望ましいレベルは表－10を参照してください。

表－10　水田の有効態けい酸の改善目標

区分	地力増進法指針（乾土100g当たり）	望ましいレベル（乾土100g当たり）
水田	15mg以上	15～30mg
黒ボク土 湿田	15mg以上	20～40mg



◆改善のポイント

前述のように、けい酸は灌漑水などからも供給されますが、最近、農業用水中のけい酸濃度は低下傾向にあります。これは上流にダムのある河川が増え、けい酸濃度が低いダムからの水を直接利用する用水が多くなったことが理由として考えられています。そのため、潜在的にけい酸が不足している土壌は多くなってきています。まずは、土壌のけい酸を測定し、不足しているようであれば、けい酸資材を施用するのが望ましいでしょう。

土性

土を構成する粒の大きさの構成割合

土の粒は細かい粒（粘土）から荒い粒（れき）まで様々あり、土壌の性質はその粒の大きさと割合によって性質が異なります。粒の大きさを所定の大きさに区分し、その組成を示したのが土性です。土性の違いによって、土壌が肥料養分を保持する力が異なってきます。生産現場では、手で土壌を触ることによって、その割合をある程度把握することできます。

●土性の見分け方と性質

土性を厳密に測定する方法はありますが、生産現場では、表－11ような簡易的に見分ける手法が一般的に行われており、それにより土性を判断することができます。

表－11　現場での土性の簡易判定法

粘土と砂との割合の感じ方	ザラザラとほとんど砂だけの感じ	大部分（70～80%）が砂の感じで、わずかに粘土を感じる	砂と粘土が半々の感じ	大部分は粘土で、一部（20～30%）砂を感じる	ほとんど砂を感じないで、ヌルヌルした粘土の感じが強い
分析による粘土	12.5%以下	12.5～25.0%	25.0～37.5%	37.5～50.0%	50%以上
記　号	S	SL	L	CL	C
区　分	砂土	砂壌土	壌土	埴壌土	埴土
簡易的な判定法※	棒にもハシにもならない	棒にはできない	鉛筆くらいの太さにできる	マッチ棒くらいの太さにできる	コヨリのように細長くなる

※判定にあたっては、土を少量の水でこねて土性を判定する。（前田・松尾、1974を一部改変）

●土性の特性

土性は、それぞれ次のような特性を持っています。

表－12　土性の特性

	砂土	壌土	埴土
透水性	良い	←→	悪い
保肥力	小さい	←→	大きい
養分含量	少ない	←→	多い

分析値と施用量

mg/100g は kg/10a・深さ10cm

土壌の分析（値）では、いくつかの単位が用いられています。ＪＡで行われる土壌分析では、一般に「風乾土」100g 当たりの数値で示されます。「風乾土」とは、土壌を自然乾燥などで乾かした状態をいいます。「乾土」は水分を0とした値です。もっともよく使われる単位は、土壌中の養分量を示す mg/100g 乾土（風乾土）です。また、土壌が肥料を保持する能力（CEC）は meq/100g 乾土、土壌の塩類濃度（EC 電気伝導度）は mS/cm（dS/m）という単位で示します。

土壌分析値から土壌の養分量への換算は、mg/100g ⇒ kg/10a（深さ 10cm）というように、そのまま換算することができ便利です。

土壌分析で使用する計算式の基本

土づくり肥料などの施用量は、次の式によって計算します。

$$\text{成分施用量（kg/10a）} = \text{（改良目標値} - \text{分析値）} \times \text{仮比重} \times \frac{\text{作土深さ（cm）}}{10}$$

【計算例】

深さ0 ～ 15cm の土壌を採取し、土壌分析を行った結果、交換性カリウム（植物が比較的利用しやすいカリウム）が30mg/100g 風乾土でした。改良目標値が50mg/100g 風乾土の場合、圃場10a、15cm の深さを改良するためには何 kg のカリウム成分が必要でしょうか。なお、土壌の仮比重（風乾土重）は、0.8g/cm^3 です。

この場合のカリウム成分量は、次の式によって算出します。

$$\text{成分施用量（kg/10a）} = (50 - 30) \times 0.8 \times \frac{15\text{（cm）}}{10} = 24\text{kg}$$

となり、目標値まで改良するには24kg のカリウムの施用が必要となります。

腐植

土壌中の有機物含有量の指標

腐植とは土壌に含まれる有機物のことで、土壌の物理性、化学性、生物性を良好にするための重要な物質であり指標です。

腐植は、微生物によって時間の経過とともに分解していくうえに、耕うん作業等により土壌の構造が破壊されたり、酸素供給量が多くなるとさらに分解が進んだりするため、堆肥などの有機物の施用により補給する必要があります。

◆目　標

腐植の目標は、水田（灰色低地土など）で乾土当たり2%以上、普通畑（黄色土など）で3%以上となっています。

表－13　地力増進基本指針における土壌有機物含有量の改善目標

区　分	土　壌	目　標
水田	灰色低地土、グライ土、黄色土、褐色低地土、灰色台地土、グライ台地土、褐色森林土	2%以上
	多湿黒ボク土、泥炭土、黒泥土、黒ボクグライ土、黒ボク土	－
普通畑	褐色森林土、褐色低地土、黄色土、灰色低地土、泥炭土、暗赤色土、赤色土、グライ土	3%以上
	黒ボク土、多湿黒ボク土	－
	岩屑土、砂丘未熟土	2%以上
樹園地	褐色森林土、黄色土、褐色低地土、赤色土、灰色低地土、暗赤色土	2%以上
	黒ボク土、多湿黒ボク土	－
	岩屑土、砂丘未熟土	1%以上

◆改善のポイント

有機物を施用して、すぐに土壌中の腐植含有量をあげるのは一般に困難です。有機物を多く施用すると窒素などの養分過剰となる可能性があるので、一時的に施用できる量には限界があります。

そのため、腐植含有量を改善するには、堆肥などを連用して、長年の集積効果を利用することが大切です。

鉄含有量

水田の老朽化・根ぐされを防ぐ指標

一般の土壌には鉄が多く含まれていますが、老朽化した水田では作土から鉄が溶脱してしまい、少なくなっている場合があります。鉄が少なくなると土壌に硫化水素が発生しやすくなり、根ぐされなどを引き起こし、いわゆる秋落ちを生じる可能性があります。そのため、水田では適正な鉄レベルとなるように管理することが重要です。

◆目　標

国の地力増進基本指針では、遊離酸化鉄として0.8％以上となっていますが、1.5～4％程度が望ましいでしょう。

◆改善のポイント

遊離酸化鉄が少ない場合は、次のような対策をとります。

①土壌に含鉄資材（転炉さいなど）を施用することで改善する。

②作土から鉄が溶脱して、下層に移動していることがあるので、その層を掘り上げ、作土と混合することで、作土層の鉄含量を改善することも可能です。ただし、その場合には、作土およびすき床層とその直下5～10cm 程度の土層の遊離酸化鉄含有率を測定し、さらに不足する成分を含鉄資材で補う必要があります。

堆肥成分と施肥

堆肥の成分を踏まえた施肥

堆肥成分を活用し、施肥コストを下げることは、土壌管理面、環境面からも有効です。しかし、堆肥については、堆肥に含まれる肥料成分を考慮した基肥等の減肥をせずに施用される場面も多く、そうした圃場ではりん酸や加里などが過剰に蓄積している場合が多くあります。

堆肥の施用にあたっては、必ず堆肥の成分を踏まえた施肥を実施するべきでしょう。ここでは2008年7月「土壌管理のあり方に関する意見交換会」報告書で示された「たい肥の成分を考慮した施肥の考え方」の概略を紹介します。

●簡易な減肥方法（導入編）

土づくりを推進する観点から、積極的に堆肥を施用することとし、「堆肥の施用基準」にもとづき、堆肥の施用量を決定します。堆肥等有機物を施用した場合の減肥の対象となる肥料成分は、窒素、りん酸、加里の3要素とします。窒素、りん酸、加里の減肥量は、表－14の「堆肥1ｔ当たりの減肥量」を参考に算出します【計算式1】。

「標準的な施肥量（施肥基準）」から、「堆肥を施用した場合の減肥量」を差引いた量を化学肥料や有機質肥料で施用します【計算式2】。また、適時、土壌診断を行うことによって土壌残存養分量を把握し、施肥量から減肥することも必要です。

表－14　堆肥1ｔ当たりの減肥量 (kg/t)

種　類	窒素		りん酸	加里
	非連用	連用		
稲わら堆肥	1.0	1.7	2.0	2.9
牛ふん堆肥	2.1	4.3	7.0	4.8
豚ぷん堆肥	4.1	8.1	19.4	6.9
バーク堆肥	1.1	1.9	3.1	1.8

（農林水産省、2008）

【計算式1】
堆肥等を施用した場合の減肥量 (kg/10a)
　＝ 堆肥施用量 (t/10a) × 堆肥 1t 当たりの減肥量 (kg/t)

【計算式2】
施肥量 (kg/10a)
　＝ 施肥基準 (kg/10a) － 堆肥を施用した場合の減肥量 (kg/10a)
　（－ 土壌残存養分量を勘案した減肥量 (kg/10a)）

●減肥方法（応用編）

作物の収量・品質を確保するため、作物ごとの３要素（窒素、りん酸、加里）の必要養分量は、最新の都道府県等の施肥基準に準じることとします。

堆肥の施用量については、都道府県の施用基準や表－15の「堆肥の施用基準」等を参考とします。また、施用する堆肥の種類や土壌条件が標準的でないなど、独自に堆肥の施用量を決定する場合には、堆肥の代替率（通常30％程度）、表－16の窒素成分含有率、窒素肥効率を参考に堆肥の施用量を算出します【計算式３】。

表－15　堆肥の施用基準（t/10a）

作　物	種　類	黒ボク土		非黒ボク土	
		寒　地	暖　地	寒　地	暖　地
水　稲	稲わら堆肥	1	1	1	1
	牛ふん堆肥	0.3	0.3	0.3	0.3
	豚ぷん堆肥	0.15	0.15	0.15	0.15
	バーク堆肥	1	1	1	1
畑作物	稲わら堆肥	2	4	1.5	1.5
	牛ふん堆肥	1.5	2.5	0.5	1
	豚ぷん堆肥	1	1.5	0.3	0.5
	バーク堆肥	1.5	2	1.5	1.5
野　菜	稲わら堆肥	2.5	4	2.5	2.5
	牛ふん堆肥	1.5	2.5	1	1
	豚ぷん堆肥	1	1.5	0.5	0.5
	バーク堆肥	2.5	2.5	2.5	2.5
果　樹	稲わら堆肥	2.5	2.5	2	2
	牛ふん堆肥	1.5	1.5	1	1
	豚ぷん堆肥	1	1	0.3	0.3
	バーク堆肥	1.5	1.5	1.5	1.5

注１．本数値は堆肥連用条件下における１年１作当たりの堆肥施用基準。
注２．本数値は標準的な堆肥の成分含有量を用いて算出したものであり、施用する堆肥により変動する。

（農林水産省、2008）

表－16　家畜ふん堆肥等の種類別成分含有量に含まれる成分の肥効率（％）

種　類	堆肥の成分含有量			肥効率			
	全窒素	りん酸	加里	窒素		りん酸	加里
				非連用	連用		
稲わら堆肥	0.42	0.20	0.45	20	40	100	65
牛ふん堆肥	0.71	0.70	0.74	30	60	100	65
豚ぷん堆肥	1.35	1.94	1.05	30	60	100	65
バーク堆肥	0.48	0.31	0.28	20	40	100	65

注．本堆肥種類別の成分含有率及び肥効率については、都道府県ごとに地域で標準的に使用される堆肥の成分含有率を踏まえて設定することが望ましい。

（農林水産省、2008）

【計算式3】
堆肥の施用量（t/10a）
＝ 施肥基準（kg/10a）×代替率（%）/100×100/ 堆肥の窒素成分含有率（%）
×100/ 窒素肥効率（%）×1/1000

算出した堆肥の施用量のうち、りん酸、加里のいずれかの有効成分が施肥基準を超えた場合には、地域の実情を踏まえつつ、必要に応じてその要素が施肥基準の水準になるよう堆肥の施用量を減らします。

不足する窒素やその他の要素は、化学肥料や有機質肥料で補い、最終的には施肥基準に示されている３要素の量とのバランスを維持します。

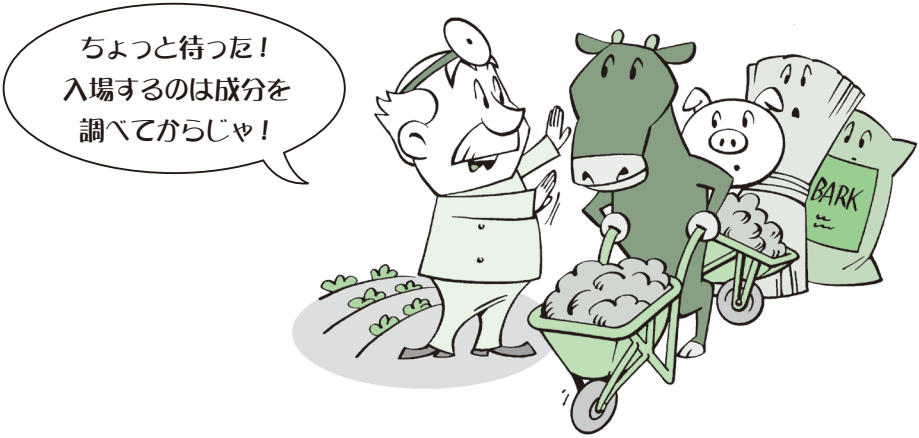
● 堆肥施用の上限値

堆肥から放出される養分を中心にして、化学肥料や有機質肥料の施用量を大幅に減らす施肥を行う場合があります。このような場合、養分過剰による生産の低下や環境負荷を生じないようにするために、堆肥から放出される有効窒素が施肥基準を超過することがないような水準として、表－17のような「堆肥の施用上限値」が設定されています。

表－17　堆肥の施用上限値（t/10a）

種　類	作物			
	水稲	畑作物	野菜	果樹
稲わら堆肥	4.5	9	14	13
牛ふん堆肥	2	3.5	5	5
豚ぷん堆肥	1	2	2.5	2.5
バーク堆肥	4	6	12	11

注１．本数値は堆肥連用条件下における１作当たりの堆肥施用上限値。
注２．本数値は標準的な堆肥の成分含有量を用いて算出したものであり、施用する堆肥により変動する。
（農林水産省、2008）



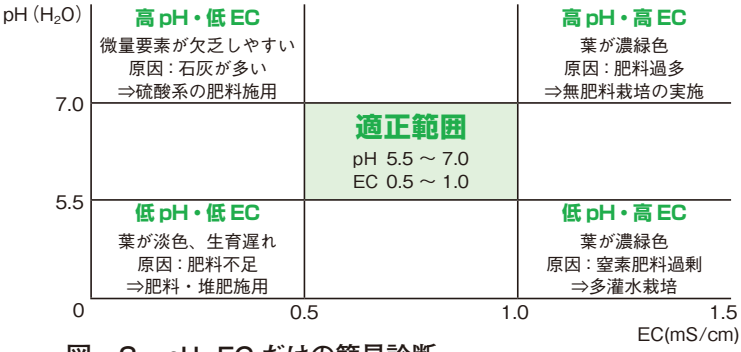
pH、EC 簡易診断

pH、EC だけでここまでわかる

精度の高い土壌分析には高価な機械と多くの分析時間が必要です。ただし、生産現場で pH、EC 値を測定するだけでも、迅速、簡便に土壌の健康状態を判断することができるのです（この方法はハウス栽培土壌を中心とした方法であり、養分レベルの低い水田土壌などについては、化学分析が必要です）。

● pH、EC だけの簡易診断

栽培途中などで pH と EC の値を合わせて判断することにより、土壌の状態を推定することができます。生産現場で作物の生育が停滞している、葉に異常が認められるなど、何か問題があったときでも pH、EC は生土で測定でき、迅速な判断の一助になります。pH、EC が適正範囲にない場合は図－２のような診断となります。



図－２　pH、EC だけの簡易診断

（藤原、2008を一部改変）

●土壌の状態から見た対処法

土壌の pH、EC に応じて、表－18のような施肥の対応を行います。

表－18　pH、EC から想定した土壌の状態と施肥対応

タイプ	pH	EC (mS/cm)	主な原因・症状	対処方法
高 pH 高 EC	7以上	1.5以上	①窒素、塩基成分がいずれも過剰に蓄積している可能性がある。 ②葉は濃緑色、草丈が伸びず、花落ち、着果不良などの症状が植物に現れることがある。	無肥料栽培など施肥量を大幅に削減した施肥を行う。
高 pH 低 EC	7以上	0.5以下	①塩基成分が多いものの、窒素成分が少ない圃場である。 ②地上部生育は悪く、微量要素欠乏症などが発現している場合がある。	窒素肥料を基準量施用する。栽培途中であれば、追肥する。
低 pH 高 EC	5.5以下	1.5以上	①石灰などの塩基成分の不足ではなく、硝酸や硫酸などの陰イオンの蓄積よる pH 低下の可能性がある。 ②作物の生育は地上、地下部とも悪い。	窒素肥料の施肥を避ける。
低 pH 低 EC	5.5以下	0.5以下	①窒素、塩基成分がいずれも不足している可能性がある。 ②作物の葉色は淡く、生育は悪い。	石灰質肥料を施用して、pH を上げ、窒素は基準量を施用する。
適正	5.5～7.0	0.5～1.0	－	－

低成分肥料適用の判定

ＰとＫを中心に判定

世界的な肥料価格の高騰が続く中で、りん酸、加里の成分が低い「低成分肥料」を利用することで施肥コストを下げる取り組みがすすめられています。こうした低成分肥料は、土壌分析により肥料成分が十分量あるかを判定した上で、使用する必要があります。

本来、土壌分析は pH、窒素、りん酸、塩基成分（石灰、苦土、加里）をすべて分析することが望ましいですが、低成分銘柄を利用する場合は、最低限、りん酸、加里だけを分析をして判定してもよいでしょう。

●水稲・麦

国の示した指針に従い、水稲では可給態りん酸（トルオーグりん酸）が20mg/100g を超えた場合に低成分銘柄を導入します。稲わらを還元した場合の収奪量（籾殻＋玄米の持ち出しによる）がりん酸で4kg/10a、加里が2.5kg/10a 程度であり、低成分銘柄を導入した場合は、りん酸収奪量を確保すれば加里の収奪量も確保できます。このため、りん酸をもとに銘柄を選定します。

表ー19　水稲・麦の低成分銘柄と使用場面

銘柄	使用場面
14-14- 8	・高冷地ややませ地帯での低成分タイプ。 ・低温下でのりん酸吸収量の減少による生育不良を回避するため、りん酸施用量を確保し、加里成分のみ低減した銘柄。 ・基肥窒素施用量が３～4kg/10a 程度の品種にも適する。（りん酸吸収見合い量をほぼ確保できる。）
14-12-12	・水稲の平坦地を対象地域とした銘柄。 ・麦の基肥として使用可能。 ・基肥窒素施用量が４～5kg/10a 程度の品種に適する。
14-10-10	・水稲の平坦地を対象地域とした銘柄。 ・麦の基肥として使用可能。 ・基肥窒素施用量が５～6kg/10a 程度の品種に適する。
14- 8- 8	・水稲の平坦地を対象地域とした銘柄。 ・基肥窒素施用量が6kg/10a を超える品種、りん酸含有量が30mg/100g を上回る地域、晩期移植など移植時の気温の高い地域に適する。 ・堆肥や土づくり肥料との併用を前提とし、積極的に減肥する場合に適する。

●野菜その他

減肥指針を設けているある県の例では、「有効態りん酸100mg/100g 以上でりん酸無施用」としている場合が多いようです。ただし、「無施用」は生産者の理解を得られない可能性が高いので、表－20のような考え方で低成分肥料を導入しましょう。

なお、わが国では、窒素に対してりん酸施用量を増やした施肥基準が多いため、ここではりん酸を中心とした肥料を選定しました。

表－20　野菜の低成分肥料と使用場面

銘柄	使用場面
14-14- 8	・水稲を想定した銘柄であるが、畑作でも加里のみが集積している場合に適する。
14-12-12	・施肥基準の基肥りん酸施用量が窒素の1.6倍以上の場合に適する。
14-10-10	・施肥基準の基肥りん酸施用量が窒素の1.1 ～ 1.5倍の場合に適する。
14- 8- 8	・施肥基準の基肥りん酸施用量が窒素と同等以下の場合に適する。

●付録 代表的な肥料とその特性

付表－1　代表的な窒素質肥料とその特性

肥料の種類	性　状	含有成分量（%）	水に対する溶解性	吸湿性	肥効	備　考
硫酸アンモニウム（硫アン）	白色結晶または粉	AN 21	＋	±	速効	
塩化アンモニウム（塩アン）	白色結晶粗粒状	AN 25	＋	±	速効	
硝酸アンモニウム（硝アン）	白色粒状	AN 16～17 NN 16～17	＋	＋	速効	園芸作物に適する。溶脱に気をつける。
尿素	白色粒状または粉	TN 46	＋	＋	速効	
硝酸カルシウム（硝酸石灰）	白色粒状	NN 10	＋	＋	速効	Ca を含み土壌を酸性化しない。
石灰窒素	灰黒色粒状または粉	TN 21 アルカリ分 50	＋	＋	やや遅	施肥してすぐ移植、播種できない。除草・殺菌・殺虫効果
ホルムアルデヒド加工尿素肥料（ホルム窒素肥料）	白色粗粒状	TN 35～40	±	＋	緩効	緩効性窒素肥料主として微生物分解
イソブチルアルデヒド縮合尿素（ＩＢ窒素）	白色粒状	TN 30	－	－	緩効	緩効性窒素肥料化学的加水分解造粒効果大
アセトアルデヒド縮合尿素（ＣＤＵ窒素）	白色粒状	TN 30	－	－	緩効	緩効性窒素肥料微生物および化学的加水分解
オキサミド	白色針状結晶	TN 30	－	－	緩効	緩効性窒素肥料微生物分解
硫酸グアニル尿素	白色結晶	TN 32～34	－	－	緩効	緩効性窒素肥料微生物分解
被覆窒素肥料	白色球状	TN 36～41	－	－	緩効	緩効または遅効

付表－２　代表的なりん酸質肥料とその特性

肥料の種類	性　状	含有成分量（%）	水に対する溶解性	吸湿性	肥効	備　考
過りん酸石灰（過石）	灰白色粉または粒子	SP 17～20 WP 14～18	±	±	速効	
よう成りん肥（ようりん）	淡緑粗粒または粉	CP 20～25 CMg 12～17 SSi 20 アルカリ分 40	－	－	中間	土づくり肥料としても利用される。
加工りん酸肥料（苦土重焼りん）	灰白色粒状	SP 28～46 WP 6～30 CMg 4～8	±	±	中間	土づくり肥料としても利用される。
加工りん酸肥料（ダブリン）	灰白色粒状	SP 20～35 WP 5～19 CMg 4～15 WMg 0～6	±	±	中間	ようりんまたは重過石＋鉱さいにりん酸を反応させたもの
加工りん酸肥料（リンスター）	灰白色粒状	SP 30 WP 5 CMg 8 WMg 2	±	±	中間	Ｍｇ含有物、鉱さいの混合物をりん酸で処理

付表－３　代表的な加里質肥料とその特性

肥料の種類	性　状	含有成分量（%）	水に対する溶解性	吸湿性	肥効	備　考
塩化カリウム（塩加）	白～赤褐色結晶	WK　58～62	＋	±	速効	産地によって色が着いているが、肥効には差がない。
硫酸カリウム（硫加）	白～灰白色結晶	WK　48～50	＋	±	速効	
重炭酸カリウム	白色結晶	WK　46	＋	±	速効	
けい酸加里肥料	灰白色粒状	CK　20 SSi　34 CMg　4 CB　0.1	－	－	緩効性	緩効性加里肥料 けい酸資材としても評価
よう（熔）成けい酸加里肥料	黒褐色粒状	CK　20 SSi　25 アルカリ分　15 CMn　1	－	－	緩効性	けい酸肥料の一種
硫酸加里マグネシウム（サルポマグ）	白～淡褐色結晶	WK　23 WMg　19	±	－	中間	硫酸カリウムと硫酸マグネシウムの複塩。水に溶けるのが遅い。

付表－４　代表的な石灰質肥料とその特性

肥料の種類	性　状	含有成分量（%）	水に対する溶解性	吸湿性	肥効	備　考
生石灰	白色 微粉末	アルカリ分　80～100 CMg　27～30	±	＋	速効	水に触れると発熱する。貯蔵中雨に当って火災を起した事例がある。
消石灰	白色 微粉末	アルカリ分　60～75 CMg　5～20	±	＋	速効	効きめが早く塩基性が強い。
炭酸カルシウム肥料	白色粉末 または 粒状	アルカリ分　53～56 CMg　3.5～11	－	－	中間	Ｍｇを含んだものは苦土炭カル。土づくりに利用される。
副産石灰肥料	白色 粉末状	アルカリ分　35～80 CMg　1.5～5	±	＋	速効	製糖工業などから排出。消石灰の形のものが多い。
貝化石灰肥料	白色粒状	アルカリ分　35以上 CMg　0～	－	－	中間	貝化石粉末を造粒。 炭酸カルシウムの形態

MEMO

MEMO

MEMO

MEMO

＜主な参考文献＞

農林水産省：「土壌管理のあり方に関する意見交換会」報告書（2008）

藤原俊六郎・安西徹郎・加藤哲郎：土壌診断の方法と活用、農文協（1996）

藤原俊六郎：肥料の上手な効かせ方、農文協（2008）

前田正男・松尾嘉郎：図解　土壌の基礎知識、農文協（1974）

全国農業協同組合連合会：施肥診断技術者ハンドブック（2007）

全国農業協同組合連合会：施肥診断技術者養成講習会テキスト
「肥料・土壌改良資材の知識」（2007）

土壌診断なるほどガイド

発 行 日：平成21年9月改編

編集発行：全国農業協同組合連合会　肥料農薬部

〒100-6832　東京都千代田区大手町1-3-1(JAビル)
☎03-6271-8296

制　　作：(株)日本制作社

なるほど！土壌診断ガイド