

Ⅱ 施肥低減に関する手法

1 土壌診断に基づく適正施肥の推進

土を利用して食糧生産を行う農業にとって、作物がどのような土壌の性質・機能を求めているかを把握することは、極めて重要である。作物の生産性向上を図るには、生育を阻害する土壌理化学性の短所を改善する必要がある。このような作物生産基盤である農地を調査・分析し、診断基準に基づいて、物理性（水はけ、水もち等）、化学性（養分の状態、供給力等）、生物性（微生物の多様性、活性等）といった理化学的性質について診断を下し、施肥や対処方針を提案することを土壌診断という。

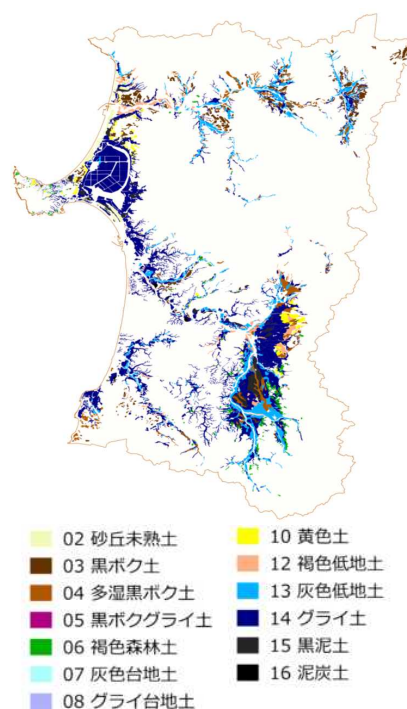
土壌改良にあたっては、何を目標とするかが問題となるが、過去の調査、試験などから集約された目標値は、「秋田県の農耕地土壌」（秋田県農政部，平成9年）に掲載されている。この土壌改良目標値は、「一般的な肥培管理を行って正常な収量をあげうると思われる範囲」を示すものである。土壌養分含量の項目には数値の幅を設け、下限値以下は作物への養分供給が不十分な状態を示し、上限値以上は養分の過剰吸収をもたらし、いずれも作物に生育阻害が現れる可能性のある領域を示す。したがって、正常な収量をあげるためには、提示された養分含量の範囲内に土壌を管理する必要がある、とくに上限値を上回る場合には、肥料や資材の施用を減量または中止するなどの施肥設計も必要となる。

将来にわたって、持続的に農作物の品質・収量を維持しつつ良好な営農環境を保ち続けるためには、作物の要求する養分を適正な範囲に調整し、維持していくことが重要である。このためには、定期的に土壌診断を行い、診断結果に基づき必要な量のたい肥や土壌改良資材と化学肥料をバランス良く施用していくことが大切である。

2 秋田県の農地土壌の実態

本県の耕地面積は14.6万ha、水田が約12.8万ha、畑地が1.8万haであり、耕地の87%が水田となっている。水田の土壌タイプではグライ土が53%と最も多く、次いで灰色低地土と泥炭・黒泥土が分布している。広く低平な地形は県南部の雄物川流域に分布しており、中でも横手盆地は水稻生産力が著しく高く、水田農業経営が安定的に成立した水田単作地帯になっている。沖積地は上流の母材の影響を強く受けており、米代川流域は浮石を含む砂質～壤質が多いのに対し、雄物川や子吉川の流域では強粘質～粘質の割合が多い（図Ⅱ－1）。

一方、畑地面積は約2万haで大部分は黒ボク土、褐



図Ⅱ－1 秋田県の土壌図

色低地土であり、褐色森林土は多くはない。黒ボク土は主に県北部の米代川沿いの台地に分布しており、非アロフェン質黒ボク土に区分される。

1979年から実施している土壌調査の結果から、40年間の土壌の理化学性の変化を概観すると以下のとおりである（表Ⅱ－１）。

【水田】

pHは改良目標値（以下、目標値）の下限とやや低い。陽イオン交換容量は目標値を上回り、保肥力は高いことが分かる。また、作土の可給態リン酸、カリ飽和度は維持水準（Ⅱ章－４参照）を上回る地点が多く、高い肥沃度を維持している。

【畑】

水田と同じくpHは目標値を下回っている。土壌タイプは黒ボク土が多く、保肥力が高く地力の源である全炭素も大きい。可給態リン酸は畑作物、野菜とも改良目標値を上回っており、蓄積傾向である。一方、交換性カリは畑作物を対照とした場合は目標値を超えているものの、野菜作では適正範囲内にある。

【樹園地】

pHは畑と同程度ある。全炭素と陽イオン交換容量が畑よりも低い、これは褐色森林土が多いためである。可給態リン酸は畑作物の改良目標値を上回っており、交換態カリも目標値を超えている。

以上、全体を概観すれば、本県の農地土壌は水田、畑、樹園地の地目に関わらず高い保肥力によって良好な養分状態を維持し、地力の源である全炭素・全窒素の状態も良好である。一方、可給態リン酸、交換性カリは改良目標値を上回っており、蓄積した養分を上手く利用することで減肥が可能である。

表Ⅱ－１ 本県の地目ごとの土壌養分状態

	地点数	pH	EC (mS/cm)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	陽イオン交換容量 (me/100g)	可給態窒素 (mg/100g)	可給態リン酸 (mg/100g)	交換性カリ (mg/100g)
田	67	5.5	0.05	3.97	0.31	25.3	25.0	28.3	31.1
畑	6	5.8	0.06	6.18	0.39	35.0	6.2	59.3	56.9
樹園地	8	5.7	0.05	4.06	0.32	27.9	8.9	49.7	38.8

【改良目標値】

田	5.5 ～6.0	なし	なし	なし	15以上 (黒ボク土、 泥炭・黒泥土20以上)	なし	10～20	12～24
畑	6.0 ～6.5	0.5 以下	なし	なし	15以上 (砂丘未熟土10以上 黒ボク土、 黒泥土20以上)	なし	畑作物10～20 野菜10～40	畑作物12～24 野菜12～ 118

注１）土壌理化学性は、2016～2019年の農地管理実態調査調査で採取した作土の分析結果。

注２）改良目標値は「秋田県の農耕地土壌」（平成９年）から引用した。

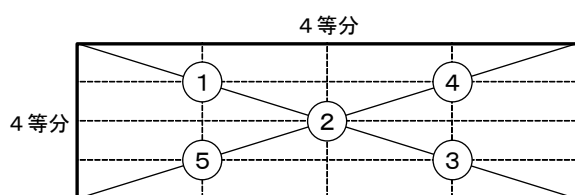
3 土壌診断のための土壌試料の採取方法

(1) 採取時期

原則として作物収穫後、次作の堆肥や土づくり資材の散布、施肥、耕起を行う前に採取する。

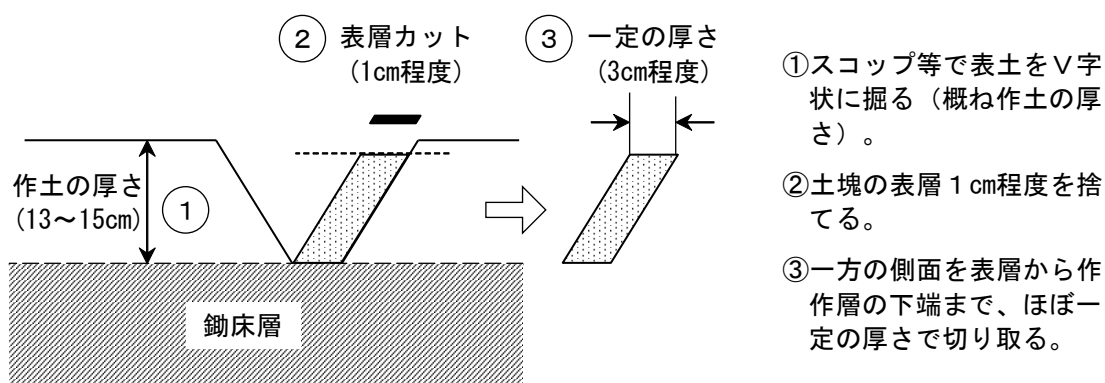
(2) 採取方法

水田や畑は、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(図Ⅱ-2)。このとき、ごく表層部を薄く剥いだあと耕うんされている深さ(作土部分)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(図Ⅱ-3、図Ⅱ-4)。うね立てしてある場合には、うね間からとなりうね間までの土壌を採土する。



※ それぞれの対角線上で、概ね等間隔となるように採取する。ただし、暗渠の直上、枕地は避ける。

図Ⅱ-2 ほ場内での土壌の採取位置



図Ⅱ-3 土壌の採取方法



①オーガーを鋤床層の上端まで垂直に押し込み、回しながら引き抜く



②作土層の部分を半円筒状に成形し取り出す

図Ⅱ-4 専用の採土器具(オーガー)を用いた土壌の採取方法

(3) 土壌試料の調整

ア 土壌の乾燥

採土した試料は、直射日光の当たらない場所で、新聞紙等にうすく広げ、大きな土塊を砕いて速やかに風乾する。急ぐ場合は扇風機や20～30℃の通風乾燥機を用いても構わないが、ストーブの側やバーナー等、強熱での乾燥は避ける（図Ⅱ－5）。

イ 土壌の粉碎

十分に乾燥させた後、ハンマー等で軽く叩いて粉碎する。石や貝殻、稲わら、植物根などは砕かずに、出来るだけ取り除く。2mmの篩を通過したものを分析用試料とする。篩が無い場合は、家庭用のざる等で目が2mmであれば代用する（図Ⅱ－5）。

➤ 乾燥



- ・新聞紙等に広げて陰干し。

➤ 粉碎



- ・乾燥後、ハンマー等で軽く叩いて粉碎。
- ・石や貝殻、稲わら、植物根などは取り除く。

➤ ふるい分け



- ・2mmの篩を通過したものを試料とする。
- ・家庭用のザルで網目が同等であれば代用可。

➤ 保管、提出



- ・試料は紙袋やビニール袋に保管。
(袋に氏名や地点、月日等を記載)
- ・300gほど分析機関に提出。

図Ⅱ－5 土壌試料の調整方法

ウ 土壌試料の提出

J A全農の分析センターや民間の分析会社に300g程度を提出する。

4 水稲

土壌分析により土壌の可給態リン酸や交換性カリが維持水準内にある場合は、粃として圃場から収奪される量を施用する。維持水準より低い場合は、資材や堆肥を併用し維持水準内になるよう努める。維持水準より高い場合は維持水準内に低下するまで施肥しない。

(1) リン酸 (P_2O_5) の施肥基準 (表Ⅱ－2)

リン酸は、水田に雨水や灌漑水によって流入したり、浸透水や排水によって排出する量は極めて少ない。水田に施肥されたリン酸は土壌中の鉄 (Fe) やアルミニウム (Al) などと結合し不溶化することから、水稲によって収奪されたもの以外はほとんどが土壌に蓄積する。成熟期の水稲のリン酸吸収量は玄米収量が10a当たり570kgの場合概ね6kgである。稲わらをほ場に還元する場合、粃の持ち出しによってほ場から収奪されるリン酸は10a当たり4kg程度である。

土壌の可給態リン酸 (トルオーグ法) 維持水準は乾土100g当たりで21～30mgである。

リン酸改良資材とは、ヨウリンなどのク溶性リン酸※を多く含む資材のことである。その他家畜糞を主原料とするたい肥もク溶性リン酸を多く含むことから、リン酸改良資材として施用しても良い。

※ク溶性リン酸とは、水に溶けず2%クエン酸に溶けるリン酸のことである。ク溶性リン酸は、作物の根が分泌する有機酸で溶けて吸収利用される。

表Ⅱ－2 リン酸 (P_2O_5) の施肥基準

可給態リン酸 (mg/100g乾土)	リン酸施肥量 (kg/10a)	リン酸施肥量 (kg/10a)	リン酸改良 資材
	わら鋤込み	わら持ち出し	
～5	8	8	要施用
6～20	8	8	不要
21～30	4	6	不要
31～	0	0	不要

注1) 成熟期水稲のリン酸吸収量 (kg/10a) を茎葉 (わら) : 2、粃 : 4として施肥量を算出した。

(2) カリ (K_2O) の施肥基準 (表Ⅱ－3)

カリは、水田に雨水や灌漑水によって流入するものの、浸透水や排水によって排出され、流入と排水による収支は相殺される場合が多い。水田に施肥されたカリは陽イオンとして土壌に吸着され、その後水稲に吸収利用されたり、一部は浸透水や排水によって排出される。成熟期の水稲のカリ吸収量は玄米収量が10a当たり570kgの場合概ね14kgである。稲わらをほ場に還元する場合、粃の持ち出しによってほ場から収奪されるカリは10a当たり3kg程度である。

土壌の交換性カリ維持水準は乾土100g当たりで21～40mgである。交換性カリが維持水準より低く、カリを一度に多量施用する場合は、石灰、苦土との塩基バランスも考慮する。

表Ⅱ－３ カリ（K₂O）の施肥基準

交換性カリ (mg/100g乾土)	カリ施肥量 (kg/10a) わら鋤込み	カリ施肥量 (kg/10a) わら持ち出し
～20	8	16
21～40	3	14
41～	0	10

注１）成熟期水稻のカリ吸収量（kg/10a）を茎葉（わら）：11、籾：３として施肥量を算出した。

5 野菜・花き

(1) 窒素 (N) の減肥基準

作付前土壌の硝酸態窒素含量を指標とする（表Ⅱ－４）。厳密には土壌の有機物が分解して肥効となる可給態窒素を知る必要があるが、当県の水田、畑地土壌の可給態窒素の値は目標値3mg/100g以上をほぼ満たしており、不足が問題となることは少ない。逆に施設内土壌に硝酸態窒素が蓄積していることが多く、土壌の電気伝導率（EC）を測定し、推定するのが実用的である。

一方、家畜ふん堆肥（特に鶏ふんや豚ふん堆肥）を大量に施用すると、有機物が分解し窒素が大量に放出される。このような場合は窒素肥効を見越して減肥する必要がある（詳細はⅢ 4 野菜・花きにおける堆肥利用を参照）。

表Ⅱ－４ 窒素 (N) の減肥基準

硝酸態窒素 (mg/100g 乾土)	減肥基準 (kg/10a)	(参考) ECの目安
～10	標準施肥	0.2未満
11～15	5kg減肥	0.3程度
16～20	10kg減肥	0.5程度
21～25	15kg減肥	0.7程度
26～30	20kg減肥	0.7以上
31～35	25kg減肥	
36～	無施肥	

(2) リン酸 (P₂O₅) の減肥基準

作付前土壌のリン酸含量を指標とする。リン酸は、水溶性リン酸とく溶性リン酸を合わせて評価するトルオーグ法で判断する（表Ⅱ－５、表Ⅱ－６）。

野菜の品目によって、根のリン酸吸収能が異なる。土壌のリン酸濃度がやや高い状態を好むネギ・タマネギなどは高リン酸作物、それ以外を低リン酸作物と定義し、基準を分けている。また、黒ボク土はリン酸固定能が高いため、他土壌と分けて基準を設定している。

県内の栽培圃場では、野菜の栽培履歴が長いほ場ほどリン酸が蓄積する傾向にあった（ネギ、キャベツ、エダマメ、アスパラガスほ場で確認）。蓄積したほ場ではリン酸資材を施用しなくても収量・品質に差は見られなかった。

分析値を指標として適正な施肥を行うことで、肥料コスト低減、過剰蓄積の回避につながる。

表Ⅱ－５ 高リン酸作物の減肥基準

可給態リン酸 (mg/100g 乾土)	減肥基準	
	黒ボク土	非黒ボク土
～49	標準施肥	標準施肥
50～99	50%減肥	50%減肥
100～	無施肥	無施肥

※ 高リン酸作物 ネギ、タマネギなど

表Ⅱ－６ 低リン酸作物の減肥基準

可給態リン酸 (mg/100g 乾土)	減肥基準	
	黒ボク土	非黒ボク土
～29	標準施肥	標準施肥
30～49	50%減肥	80%減肥
50～	無施肥	無施肥

農試ほ場（非アロフェン質黒ボク土）で土壌のリン酸含量を測定し、上記基準に合わせてネギやエダマメ、キャベツを栽培した。その結果、基準は適正との結果が得られた。

また、現地ほ場でもリン酸減肥基準の適用性を確認した。

(3) カリ (K₂O) の減肥基準

土壌の陽イオン交換容量 (CEC) と作付け前の交換性カリ含量を指標とする (表 II-7)。土壌の CEC が 25meq/100g 以上ではカリ飽和度 5~6% で施肥量を 50% 減肥とし、それより少なければ慣行量、多ければ無施用とする。含量の分析値は重量 (mg/100g) で示されることが多いので、CEC に対応した重量で示している。

キャベツ、ネギ、エダマメ等で減肥試験を行ったが、基準は概ね妥当であった。カリはカルシウムや苦土との塩基バランスも重要なので、それらも考慮して施用量を決める。

表 II-7 カリの減肥基準

CEC (meq)	交換性カリ (mg/100g 乾土)	減肥基準
10	~24	標準施肥
	25~49	50%減肥
	50~	無施肥
15	~34	標準施肥
	35~69	50%減肥
	70~	無施肥
20	~44	標準施肥
	45~69	50%減肥
	70~	無施肥
25	~59	標準施肥
	60~69	50%減肥
	70~	無施肥
30	~70	標準施肥
	71~85	50%減肥
	86~	無施肥
35	~81	標準施肥
	82~99	50%減肥
	100~	無施肥
40	~93	標準施肥
	94~113	50%減肥
	114~	無施肥
45	~105	標準施肥
	106~127	50%減肥
	128~	無施肥
50~	~117	標準施肥
	118~141	50%減肥
	142~	無施肥

6 果樹

化成肥料や堆肥などの施用に際しては、土壤養分の過不足の状況を土壤診断で把握して施肥設計を行うことが基本になる。診断で不足している成分は適正なレベルになるように補給する。過剰な成分は化学肥料や堆肥を問わず投入するのを控えて（減肥して）蓄積している土壤中の養分で当面まかない、適正レベルになるように誘導する。適正範囲に土壤養分があれば、標準量を施用してその状態を維持する。

果樹では、従来から堆肥などの有機物を継続施用している園地も多い。このため、カリやリン酸が蓄積している園地がまま見られ、蓄積成分を有効活用できるような資材を選択し、施肥設計を立てる必要がある。

一方、化成肥料の投入量が多い場合には、苦土や石灰といった塩基の溶脱を早め、土壤の酸性化を招きやすい。3要素だけでなく苦土、石灰の含量にも注意する必要がある。

各樹種毎の施肥基準量は、「Ⅲ－５－（１）果樹の施肥基準」の通りである。

（１）窒素（N）の施肥判断と対応

毎年の木の状態（樹勢）や果実の品質等をみながら施肥量を調節する。

樹勢強い樹や落葉が遅れ気味の樹、着色の思わしくなかった樹では、施肥量は半減もしくは、施用しない。

樹勢が低下している樹では、県の施肥基準量の2割まで増肥してもよい。なお、樹勢が低下する原因は、土壤の物理的環境が悪い（土が硬い、水はけが悪い等）、病害虫による影響等、施肥以外の要因も考えられるため、根域の観察も行い、要因に応じた対策を講じる。

次項のリン酸やカリの診断で過剰が認められる園地では、尿素などの窒素単肥の対応も施肥コストの削減に有効である。

（２）リン酸（ P_2O_5 ）の診断基準と施肥対応

施肥量は、施肥（元肥）前の可給態リン酸（トルオーグ法）含量を指標として判断する（表Ⅱ－８）。

基準値未満の場合は、不足分をようりん等で基準値を目標に補給し、その後は一般施肥量通りの施用とする。上限値を超える場合には、基準値になるまで無施用とする。

表Ⅱ－８ リン酸の診断基準

診断基準	可給態リン酸 (mg/100g 乾土)			
	リンゴ	ニホンナシ		ブドウ
		黒ボク土	黒ボク土以外	
基準値未満	～ 10	～ 10	～ 20	～ 20
基準値	10～25	10～30	20～40	20～60
基準値以上	25～	30～	40～	60～

(3) カリ (K₂O) の診断基準と施肥対応

施肥量は、土壌の陽イオン交換容量 (CEC) と、施肥 (元肥) 前のカリ飽和度 (%) を指標として判断する (表Ⅱ－9)。

カリ飽和度が基準値未満の場合は、硫酸カリ等単肥で不足分を補い、この後は一般施肥量通りの施用とする。基準値を上回る場合は、標準施用量の半量もしくは無施用とする。

表Ⅱ－9 カリの診断基準

CEC (meq/100g)	診断基準	カリ飽和度 (%)		
		リンゴ	ニホンナシ	ブドウ
～ 15	基準値未満	～ 4	～ 4	～ 5
	基準値	4 ～ 6	4 ～ 6	5 ～ 7
	基準値以上	6 ～	6 ～	7 ～
15 ～ 30	基準値未満	～ 4	～ 4	～ 6
	基準値	4 ～ 6	4 ～ 6	6 ～ 8
	基準値以上	6 ～	6 ～	8 ～
30 ～	基準値未満	～ 2	～ 2	～ 5
	基準値	2 ～ 6	2 ～ 6	5 ～ 6
	基準値以上	6 ～	6 ～	6 ～