

Ⅱ 作物別の土壌管理指針

1 作物別の土づくりと施肥管理

(1) 水稻

ア 土づくり対策とほ場管理

(ア) 総論

水田と畑の違いは、水田では水稻の栽培期間中に湛水されることである。この湛水の影響を受けて水田土壌は、他作目の土壌と異なる性質を持っている。県内の水田面積の約8割はシラスを主な母材とする灰色低地土およびグライ土である。シラス水田土壌は粗砂、細砂が多く、粘土含量に乏しく、陽イオン交換容量が小さい。また、全炭素、全窒素、交換性塩基含量等も少ない土壌である。そのため、減水深が大きく、交換性塩基類の溶脱も大きい。

水田土壌を土性からみると、粘土含量の多い埴土の水田は、乾湿によって土壌の物理性や作業性が異なる。湿田では、土が膨軟となり、農業機械の作業効率が低下する。一方、乾田では、水分状態によって、土が粘って作業に支障をきたす。

(イ) 物理性の改善

a 作土の厚さ

土壌保全対策調査によると、作土が浅くなったことが明らかになっている。その最も大きな原因は、ロータリー耕での耕うんが主流となったことによる。これは、ロータリー耕は、すき起こしやプラウ耕に比べて労力が要らず、整地性にすぐれるためである。しかし、作土が浅いと、稲の養分吸収や有効な根群域が狭くなり、生育・収量の不安定要因となる。作土の厚さは、15～20cmを目標とする。このためには、収穫後～秋にプラウ耕により荒起こしをして、春の代かき前にロータリー耕で碎土するとよい。

b 作土の硬さ

トラクタや自脱型コンバインなどの大型機械による土壌の圧密化やほ場整備でのブルドーザー等、重機の走行による土壌への踏圧により、作土の硬いほ場がみられる。作土が硬ければ根の伸長が阻害され、根群域が狭ければ養分の吸収が不十分となる。また、透水性が悪くなるので、土壌がより還元的になり、水稻根に害を及ぼす。作土の硬さは、山中式硬度計で3～10mmが適当である。作土の硬い水田では、耕うん碎土を行い、有機物を施用して団粒構造の発達を促すことが大切である。逆に、作土の柔らかい水田では、排水対策を行い、中干しや水稻作終了後の田面乾燥により作土を乾燥させるよう努める。

c すき床層の硬さ

すき床層の硬さは、大型機械のほ場作業性の難易や、湛水期間中の漏水防止に大きく関わっている。大型機械の作業性が良好で、しかも健全な稲の生育が期待されるすき床層の硬さは、山中式硬度計で15～20mmである。この程度であれば、漏水はみられず、すき床層付近まで水稻根が伸長する。

d 透水性（減水深）

透水性が良好であると、土壤中に酸素が供給され、根が健全に生長するので、生育や収量の向上が期待できる。しかし、透水性が良すぎると、かんがい水が多量に必要となる。現地での透水性は減水深を測定することにより把握できる。実際の測定は、水田に無底の円筒を差し込んで、一定時間後に減少する水分量を調べる。

透水性が良すぎる水田では、ブルドーザーによる床締めを実施する。また、透水性は良好でもすぐに水が引く場合は、あぜからの横浸透が原因であるので、あぜ塗りを丁寧に行い、漏水を防ぐ。

(ウ) 塩基類の補給と微量元素

石灰と苦土はかんがい水から供給されるため、不足することは少ない。しかし、近年、水田への有機物施用が少ないため、カリウム欠乏がしばしばみられる。特に、乾田など排水良好な水田では、下層へ溶脱するおそれがある。これら塩基類は、肥料や土壤改良資材（ケイカル等）で補給されるが、家畜ふん堆肥や稲わらなどの有機物を施用するのが効果的である。

また、塩素、亜鉛、銅、ホウ素、モリブデン等の微量元素は、かんがい水からの供給量がイネによる吸収量を上回っており、欠乏することはほとんどない。

イ 施肥管理上の留意点

(ア) 有機物および土壤改良資材の施用

a 有機物

地力維持のため、稲わらまたは堆肥を施す。施用量は10 a 当たり稲わらは500kg程度、堆肥は1,000kg程度を目安とする。ただし、湿田および地力の高い水田では施用量を少なくする。

b 土壤改良資材

成熟期の茎葉中ケイ酸含有率が11%以下では、収量や病害に対してケイ酸質肥料施用の効果が高いとされている。水田の土壤改良資材としては、ケイ酸質肥料（ケイカル：10 a 当たり100kg）および含鉄資材（ケイ鉄：3年に1回施用とし、1回につき10 a 当たり300kg）が用いられる。

水稻はケイ酸の吸収量が多く、ケイ酸の施用は倒伏防止や病害虫に対する抵抗性を強める効果、食味を向上させる効果も期待される。出水干拓のようにかんがい水中のケイ酸濃度が低く、土壤中の可給態ケイ酸含量が不足する地域では、特にケイ酸質肥料の施用効果が期待できる。

また、基盤整備等によって耕土が激しく移動した場合には、リン酸質肥料を10 a 当たり60kg程度を施用する。

(イ) リン酸およびカリに対する補給型施肥

水稻では、かんがい水からの養分供給、稲わらのすき込み等によって養分供給が安定しており、土壌診断基準値の範囲内では、収穫物として土壌から持ち出された肥料成分を施肥で補給する補給型施肥の考え方が推奨されている（「土壌管理のあり方に関する意見交換会」報告書、農林水産省）。

a リン酸

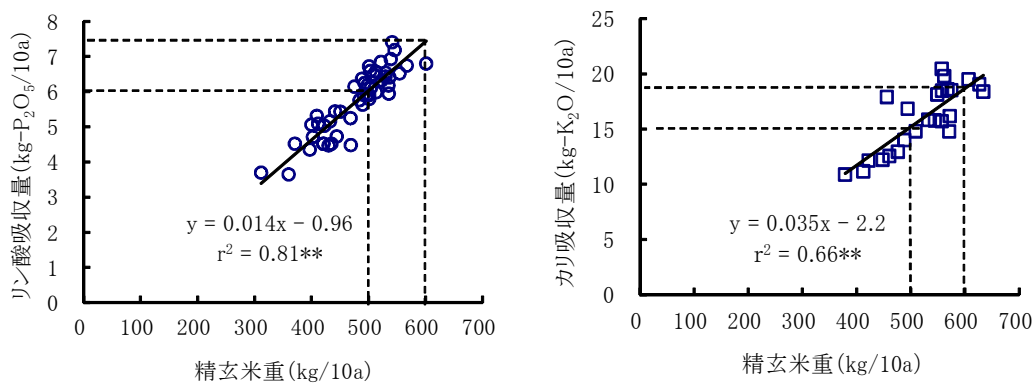
玄米収量が500～600kg/10aのヒノヒカリでは、水稻体が吸収するリン酸は6.0～7.4kg/10aで、70%がもみに蓄積される。補給型施肥では、収穫物として持ち出したリン酸量を補給するため、稲わらを持ち出すか、すき込むかによって補給量が異なる。

- ・稲わらを持ち出す場合、稲わらともみで持ち出されるリン酸（6.0～7.4kg/10a）のリン酸補給が必要となり、これは施肥基準相当量である。
- ・稲わらをすき込む場合のリン酸補給量は、もみで持ち出されるリン酸（4.2～5.2kg/10a）となる。

b カリ

水稻が吸収するカリは、85%が稲わらに蓄積される。玄米収量500～600kg/10aのヒノヒカリのカリ吸収量は稲わらで12.9～16.3kg/10a，もみで2.3～2.4kg/10aである。

- ・稲わらを持ち出す場合、稲わらともみのカリ吸収量（12.9～16.3kg/10a）分を補給する。
- ・稲わらをすき込む場合、もみのカリ吸収量（2.3～2.4kg/10a）分を補給する。



図Ⅱ-1-(1)-1 精玄米重とリン酸吸収量，カリ吸収量の関係

注) 平成25年度 研究情報：普通期水稻における収量とリン酸及びカリ吸収量の関係

表Ⅱ-1-(1)-1 精玄米重から想定されるヒノヒカリのリン酸およびカリ吸収量 (kg/10a)

精玄米重	リン酸吸収量			カリ吸収量		
	稲わら	もみ	合計	稲わら	もみ	合計
500	1.8	4.2	6.0	12.9	2.3	15.2
600	2.3	5.2	7.5	16.3	2.4	18.7

現在、水稻の施肥基準は、土づくり資材の施用（稲わらは500kg/10a程度、または堆肥は1,000kg/10a程度の施用）を前提として作られている。今後、これらの考え方を踏まえて、地域や栽培方法別に施肥量を検討する。

ウ 土壌診断基準

土 壤	非火山灰土	火山灰土
表層（作土）の厚さ（cm以上）	15	15
有効根群域の最高ち密度（mm以下）	22	22
有効根群域の最小透水係数（cm/sec以上）	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
地下水位（cm以下）	60	60
グライ層の位置（cm以下）	60	60
減 水 深（mm/日）	20～30	20～30
腐 植（%以上）	3	5
pH（H ₂ O）	5.5～6.5	5.5～6.5
pH（KCl）	5.0～6.0	5.0～6.0
陽イオン交換容量（CEC meq/100g乾土）	5～20	15～35
塩基飽和度（%）	59～80	50～85
石灰飽和度（%）	50～65	40～65
苦土飽和度（%）	7～10	8～15
カリ飽和度（%）	2～ 5	2～ 5
塩基含量（陽イオン交換容量(CEC)で異なる）	15meqの場合	20meqの場合
交換性石灰 [CaO]（meq/100g乾土）	7.5～9.8	8.0～13.0
交換性苦土 [MgO]（meq/100g乾土）	1.1～1.5	1.6～ 2.6
交換性カリ [K ₂ O]（meq/100g乾土）	0.3～0.8	0.4～ 1.0
交換性石灰 [CaO]（mg/100g乾土）	210～273	224～364
交換性苦土 [MgO]（mg/100g乾土）	21～ 30	32～ 61
交換性カリ [K ₂ O]（mg/100g乾土）	14～ 35	19～ 47
CaO/MgO（当量比）	4～ 8	4～ 8
MgO/K ₂ O（当量比）	2～ 5	2～ 5
無機態窒素生成量（mg/100g乾土）	8～15	8～15
可給態リン酸（mg/100g乾土）	10～50	10～50
可給態ケイ酸（mg/100g乾土）	15	15
遊離酸化鉄（%乾土以上）	1	1

エ 施肥基準

水稻は、土壌に由来する地力窒素と肥料に由来する施肥窒素を吸収する。このため、地力窒素の供給量が多ければ、施肥窒素量は少なくてすむ。

施肥窒素の利用率は、土壌条件や栽培条件が同じであっても、肥料の種類、施肥時期、施肥位置などによって異なるが、一般的には水稻の吸収が30～40%、土壌への残留が20%、脱窒を含めた損失が30～40%である。

(ア) 早期水稻

a 施肥法

窒素の施肥法および追肥時期は、収量・品質（食味等）・安全性（倒伏等）に大きな影響を与える。特に、コシヒカリは耐倒伏性およびいもち耐病性が劣るので適正な施肥を行う。

施肥にあたっては次のことを考慮する。

(a) 早期水稻の生育は、初期は低温のため緩慢であるが、水温の上昇に伴い土壌からの窒素の供給が高まり、急速に生育量が増加する。過繁茂および倒伏の原因となる可能性が高いので、施肥量は地力を十分考慮して行う。

(b) 土壌からの窒素の供給は変動するため、基肥を抑えて生育診断に基づいた追肥を行う分施肥型を基本とする。

b 追肥施用上の注意

(a) 中間追肥

砂質で肥料切れの起こる水田では、移植後1ヶ月頃行う。それ以外の水田では倒伏の原因となるので実施しない。

(b) 穂肥

品質に最も影響するため、生育診断に基づいて慎重に行う。コシヒカリは出穂期の年次変動が大きいので、幼穂の発育程度で時期を決定する。出穂18～20日前（幼穂長10mm）を目安とする。

一方、イクヒカリは出穂20～25日前（幼穂長2～5mm）を目安とする。

(c) 穂肥の判定に葉色カラスケールを用いる場合は、葉色が中庸な部分にカラスケールを置き、太陽光を背にして3m離れた位置から色番号を読みとる。穂肥の窒素量は色番号3～3.5で10a当たり2kgが目安となる。

(d) 遅い時期の穂肥施用、多量の穂肥施用、実肥は、食味低下の原因となるので行わない。

表Ⅱ-1-(1)-2 「コシヒカリ」の施肥基準 (kg/10a)

目標収量	堆肥	基肥			穂肥			計		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
450～500	1,000	3～4	5～6	4～5	2～3	0	2	5～7	5～6	6～7

注1) 穂肥は出穂18～20日前（幼穂長10mm程度）に施用する。

2) 「イクヒカリ」、「峰の雪もち」は基肥窒素施用量を4～5kg/10aとする。

(イ) 普通期水稻

a 施肥法

窒素の施肥法および追肥時期は、収量・品質（食味等）・安全性（倒伏・病害発生程度等）に大きな影響を与える。特に、良食味米生産にとって、施肥管理は最も重要な管理作業といえる。施肥設計にあたっては、品種・土壌の肥沃度・気象条件を考慮して行う。普通期水稻における留意点は次のとおりである。

(a) 普通期水稻の生育は、早期水稻に比べて、水温が高いため地力窒素の発現が早く、初期から旺盛である。

(b) 生育期間中は高温のため葉身長が長くなり、過繁茂になりやすい。

(c) 出穂期前後の気象は、秋雨による日照不足、台風等による生育障害など、登熟が劣る条件下にある。

以上のことから、普通期水稻では、品質向上を図る上でも、過繁茂にならない施肥法に努める必要がある。

b 追肥施用上の注意

(a) 穂肥は、収量・品質・安全性に最も影響し、生育を調節する目的を含むので、生育診断に基づいて慎重に行う。施用時期は下表を目安にするが、過繁茂の場合、また生育後半の肥料切れが懸念される場合は、生育に応じて施用量を調整する。なお、ヒノヒカリは過繁茂になりやすいので注意する。

(b) 遅い時期の穂肥施用，多量の穂肥施用，実肥は，食味低下の原因となるので行わない。

表Ⅱ-1-(1)-3 「ヒノヒカリ」，「さつま絹もち」の施肥基準 (kg/10a)

目標収量 (ヒノヒカリ)	堆肥	基肥			穂肥			計		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
500～540	1,000	3～4	5～6	4～5	2～3	0	2～3	5～7	5～6	6～8

注) 穂肥は出穂18～20日前(幼穂長10mm程度)に施用する。

表Ⅱ-1-(1)-4 「あきほなみ」，「はなさつま」，「夢はやと」，「さつま雪もち」，「彩南月」の施肥基準 (kg/10a)

収量目標	堆肥	基肥			追肥			計		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
550	1,000	4～5	6～7	5～6	3	0	3	7～8	6～7	8～9

注) 穂肥は出穂20～25日前(幼穂長2～5mm程度)に施用する。

(ウ) 飼料用稲

飼料用稲には「飼料用米」および「WCS用稲」などがある。飼料用米とは、米（子実）を濃厚飼料に混合し活用するもので、牛、豚、鶏に給餌される。一方、WCS用稲とは、子実が完熟する前に稲を刈り取り、穂と茎葉を丸ごとサイレージ化（発酵）するホールクロップサイレージ（WCSと略す）用の稲である。

本県では、平成26年度にWCS用稲が約2,380ha、飼料用米が約300ha栽培されている。

生産現場では食用米との混入を恐れ、主食用品種を飼料用として代用する場合もあるが、以下には、粗玄米収量が10a当たり800kgを超えるような専用多収品種による飼料用米栽培について、試験事例とともに述べる。

なお、WCS用稲は地上部全体が収穫物として持ち出されるため、養分吸収や土壌養分管理等については、飼料用米栽培のもみと稲わらの両方を持ち出す場合に相当すると考えてよい。

a 飼料用米の養分吸収量の比較

表Ⅱ-1-(1)-5は早期栽培、表Ⅱ-1-(1)-6は普通期栽培における試験成績である。もみ収量1t程度は、粗玄米収量で800kg程度に相当する。専用品種を用いて10a当たり粗玄米収量800kgを得るためには、主食用品種の約1.5倍の施肥量が必要になる。

表Ⅱ-1-(1)-5 早期栽培における施肥量と収量および養分吸収量

項目 品種	施肥量 (kg/10a)			収量 (kg/10a)		養分吸収量 (kg/10a)		
	N (基肥+穂肥)	P ₂ O ₅ 基肥	K ₂ O (基肥+穂肥)	もみ	稲わら	N (もみ+稲わら)	P ₂ O ₅ (もみ+稲わら)	K ₂ O (もみ+稲わら)
コシヒカリ	7.0 (4.5+2.5)	6.8	7.8 (5.3+2.5)	653	509	11.0 (8.2+2.8)	6.8 (5.3+1.5)	9.3 (1.6+7.7)
べこあおば	10.0 (7.5+2.5)	11.3	11.3 (8.8+2.5)	1,006	646	15.8 (11.7+4.1)	9.5 (7.5+2.0)	14.1 (2.6+11.5)

注)1.平成24年度、農業開発総合センター内水田における試験結果 移植:4月上旬, 収穫:8月中旬

2.「べこあおば」は、早期栽培での飼料用米の有望品種である

表Ⅱ-1-(1)-6 普通期栽培における施肥量と収量および養分吸収量

項目 品種	施肥量 (kg/10a)			収量 (kg/10a)		養分吸収量 (kg/10a)		
	N (基肥+穂肥)	P ₂ O ₅ 基肥	K ₂ O (基肥+穂肥)	もみ	稲わら	N (もみ+稲わら)	P ₂ O ₅ (もみ+稲わら)	K ₂ O (もみ+稲わら)
ヒノヒカリ	7.0 (4.5+2.5)	6.8	7.8 (5.3+2.5)	655	701	11.2 (7.4+3.8)	7.3 (4.7+2.6)	9.5 (1.9+7.6)
ミズホチカラ	10.0 (6.5+3.5)	9.8	11.1 (7.6+3.5)	1,018	761	15.2 (10.4+4.8)	9.1 (6.4+2.7)	14.8 (3.4+11.4)

注)1.平成22~25年度、農業開発総合センター内水田における試験結果の平均 移植:6月中旬, 収穫:10月中旬

2.ミズホチカラは、普通期栽培での飼料用米の有望品種である

b 飼料用米栽培における土壌養分管理

飼料用米専用品種は、主食用米に比べて養分吸収量が多いため、土壌養分の変化が大きい。表Ⅱ-1-(1)-7は、堆肥無施用条件の化学肥料による普通期栽培とし、もみと稲わらを粗飼料として搬出した場合の土壌養分の変化を追跡調査した結果である。

飼料用米では、稲わらを粗飼料として搬出するか、ほ場に還元するかによって土壤養分の変化程度が異なる。すなわち、稲わらに多く吸収される養分のカリ(10a当たり11kg程度)、ケイ酸(10a当たり100kg程度)は、稲わら搬出条件では土壤中の養分含量が大きく減少する。カリは化学肥料や堆肥等からの投入が可能であるが、ケイ酸はケイ酸質肥料あるいは稲わら還元によって補給する必要がある。

表Ⅱ-1-(1)-7 飼料用米の普通期栽培における跡地土壤の養分含量の変化

項目	可給態リン酸				交換性カリ				可給態ケイ酸			
	H22	H23	H24	H25	H22	H23	H24	H25	H22	H23	H24	H25
品種	(mg/100g)				(cmol _c /kg)				(mg/100g)			
ミズホチカラ	23.4	22.8	18.8	18.6	0.57	0.44	0.46	0.43	20.0	18.1	14.5	12.6

注) 可給態ケイ酸はpH6.2リン酸緩衝液抽出法による測定値

c 家畜ふん堆肥の活用

飼料用米は栽培コスト低減の観点から、耕畜連携による家畜ふん堆肥を活用した栽培が推奨される。専用多収品種は、主食用品種に比べて養分吸収量が多く、耐倒伏性に優れるため、多量施肥になりがちなので注意が必要である。また、基肥に施用した家畜ふん堆肥の窒素肥効は穂肥としては期待できないため、穂肥の施用は必要である。

家畜ふん堆肥の施用量は、窒素肥効率等を勘案して決定する。本県における家畜ふん堆肥の肥効率は表Ⅱ-1-(1)-8のとおりであるが、水稻作では畑作に比べて窒素肥効率が1/2~2/3程度に低下するため施用量の算出に注意する。

また、家畜ふん堆肥に含まれる有機物の窒素は、次作以降も継続的に無機化されるため、連用する場合は、表Ⅱ-1-(1)-9のように肥効率を高く設定することで施用量を減じる必要がある。

表Ⅱ-1-(1)-8 家畜ふん堆肥の肥効率(想定値)

畜種	肥効率 (%)			肥料成分 (現物当たり%)		
	窒素 ^{注1)}	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ
牛ふん堆肥	30~40	60~70	90	1.4	2.7	2.6
豚ふん堆肥	50~60	60~70	90	2.3	5.2	2.7
鶏ふん堆肥	60~70	60~70	90	2.4	4.7	3.4

注) 1. 水稻栽培の場合は約半分(牛ふん堆肥で20%、鶏ふん堆肥で40%)程度とする。

$$2. \text{家畜ふん堆肥 (kg/a)} = \frac{\text{化学肥料成分施用量 (kg/a)}}{\text{肥効率 (\%)} \times 0.01} \times \frac{1}{\text{堆肥の肥料成分 (\%)} \times 0.01}$$

表Ⅱ-1-(1)-9 家畜ふん堆肥連用における肥効率のめやす

堆肥の全窒素含有率 (乾物当たり)	堆肥を連用して いない場合 (%)	堆肥を連用 連用した場合 (%)
2%未満	20	40
2~4%	30	60
4%以上	50	70

注) 1. 牛ふん主体の堆肥では5年目以降、豚ふん主体の堆肥では3年目以降

2. 鶏ふん主体の堆肥では2年目以降. 西尾道徳(2007)「堆肥・有機質肥料の基礎知識」農文協