

第2章

第1 土づくりの必要性

土壌は、母材である岩石が気象や地形、生物等の作用を受けて長い年月をかけ形成されてきたものである。土壌には各種環境の変化にある程度対応できる緩衝能が備わっている。しかし、これまでの農業は効率性の追求から、化学肥料及び農薬への依存が増加し、堆肥等有機物の投入が減少して、土壌中では養分の集積やアンバランスな状況が現れてきた。また、機械化による作土の浅耕化、下層土の圧密化などが根圏環境を悪化させてきた。これらの影響が土壌の緩衝力を超えて、作物の生理障害や病虫害発生の誘因となり、作柄の不安定化を招いている。近年は持続型社会が志向され、農業生産も環境への負荷軽減が求められるようになってきた。そのため、土づくりが見直され、その効果への期待が高まっている。土づくりとは、作物に必要な養分と水分をバランス良く供給できるよう、土壌の環境を整えて、土壌が持つ作物生産能力、いわゆる地力を維持・向上させることである。地力には、土壌の性質を決める物理性（硬度、排水性、保水性、通気性）、化学性（pH、保肥力、養分、生育阻害物質）、生物性（土壌動物、有用微生物、病虫害）の3つの特性が相互に密接に関係している。これらを総合的に良い条件に近づけることで、バランスの取れた土壌生態系を保つことが可能となる。その結果、土壌の緩衝能が高まり、気象変動や病虫害のストレスに対しても影響を受けにくくなり、作物生産が安定化すると考えられる。今後は、適切な土壌診断により、化学性に偏らず土壌改良方法等や施肥量を総合的に判断することが大切である。

第2 作物・土壌ごとの土づくり

(1) 土地利用型作物（稲、麦、大豆）

ア 水稲

(7) 土壌の維持すべき状態

表 2-1 土壌の維持すべき目標値（水稲）

項目	目標値	備考
作土の厚さ (cm)	15～18	耕起深
すき床のち密度 (mm)	14～20	山中式土壌硬度計による
有効土層 (cm)	50以上	
グライ層の位置 (cm)	50以下	
減水深 (mm/日)	15～20	湛水透水性
pH (H ₂ O)	6.0～6.5	
陽イオン交換容量 (CEC) (mg/100g)	12以上	
交換性石灰 (CaOmg/100g)	200～250	
交換性苦土 (MgOmg/100g)	25～35	
交換性カリ (K ₂ Omg/100g)	20～30	
石灰/苦土 (CaO/MgO) 当量比*	3～6	
可給態リン酸 (P ₂ O ₅ mg/100g)	10～30	トルオーグ法(グライ土壌は10mg)**
可給態ケイ酸 (SiO ₂ mg/100g) ***	25以上	pH4酢酸緩衝液抽出法
遊離酸化鉄 (Fe ₂ O ₃ %)	0.8以上	
腐植 (%)	3～5	

注1*：当量比とは、各成分の絶対量（グラム当量）による比率。詳細は用語説明参照(p.144)。原子量（分子量）/原子価（イオン原子価）を1グラム当量、その1,000分の1を1ミリグラム当量という。CaOの分子量は56、原子価は2なので、 $56/2=28$ mgが1meになる。CaO200mgは $200/28=7.1$ me、同様にMgO30mgは1.5meとなり、当量比は $7.1/1.5=4.7$ となる。

注2**：グライ土壌では、トルオーグリン酸として測定値に現れない鉄型リン酸が多く、これは水稲に利用されるので10mgでも十分である

注3***：湛水保温静置法の場合は、16mg/100g以上、可給態ケイ酸の分析法についての詳細は p.142 参照。

(イ) 水田土壌の特徴

a 水田土壌の土層分化

水田土壌は、水稲栽培期間中、湛水状態で保たれているので、土壌表層をのぞくと酸素の供給がほとんどないため還元層が生成する。還元層では、鉄、マンガンが水に溶解しやすい形態に変化し、水の浸透にともなって土層内を下方に移動する。これを溶脱という。また、溶脱した成分がある部位に沈積することを集積という。このように還元化、溶脱、集積が繰り返されることにより水田土壌はいくつかの層に分化する (p. 110、図 3-9 窒素循環の模式図参照)。

表 2-2 水田作土の土層分化と元素の安定形態

元 素	酸化・還元状態での安定な形態		備 考
	酸化状態	還元状態	
炭素 (C)	炭酸ガス (CO ₂)	メタン(CH ₄) 酢酸(CH ₃ COOH)	還元状態で有害物質生成
窒素 (N)	硝酸 (NO ₃ ⁻)	アンモニウム(NH ₄ ⁺)	酸化状態で移動性
マンガン(Mn)	二酸化マンガン(MnO ₂)	酸化マンガン(MnO)	還元状態で移動性
鉄 (Fe)	酸化第二鉄 (Fe ₂ O ₃)	酸化第一鉄 (FeO)	還元状態で移動性
硫黄 (S)	硫酸 (SO ₄ ²⁻)	硫化水素 (H ₂ S)	還元状態で水稻に障害 酸化状態で土壌の酸性化

b 水田の養分供給力と地力窒素

作物の生育、収量に最も影響を与える養分は窒素であるが、特に水田では地力窒素の発現が多く、それを考慮した施肥技術が必要となる。水稻が吸収した窒素のうちほぼ 6 割は地力窒素由来のもので、肥料からの吸収は 4 割程度である。なお、リン酸については施用された肥料から 10～15%程度、カリでは 40～70%程度吸収される。

(a) 乾土効果

土壌が乾燥した後、湛水状態にして温度が上がると、窒素が無機化して行くことを乾土効果という。これは乾燥により土壌中の有機物の一部が脱水作用によって分解されやすい形に変わることによる。乾土効果は堆きゅう肥の施用などで有機物含量が多いほ場で高く、また、土壌が乾燥する機会が少ない湿田では乾田に比べて高い。

(b) 地温上昇効果

有機物の分解は地温の上昇によって促進される。これは土壌微生物の活動が活発になるからである。地温が 30℃から 40℃に上昇した場合、全窒素が 0.25%程度の有機物が豊富な水田では、湿田で約 7kg/10a、乾田で約 3～4kg/10a の窒素が無機化するといわれている。

(c) 土壌反応効果

土壌の pH が酸性側あるいはアルカリ性側に傾くと、土壌有機物の分解が促進される。これを土壌反応効果という。とくに石灰質資材を施用したときの窒素の無機化はよく知られており、アルカリ効果と呼ばれている。

(ウ) 土づくり

a 有機質資材の施用方法

(a) 稲わら等の施用方法

稲わらは水田土づくりの重要な資材である。しかし、C/N（炭素率）比が高いため分解にはかなりの時間を要する。特に、過剰に施用したり腐熟が不十分な時には、稲わらが嫌氣的に分解し、土壌の強還元化、酢酸や蟻酸などの有機酸やフェノール類の生成などがおこり、水稻の生育障害や根腐れが発生するため注意が必要である。

表 2-3 稲わらのすき込み時期と方法

乾・湿の別	稲わら還元量	すき込み時期と方法	その他
乾田	全量	年内にすき込む。	分解促進のため石灰窒素15～20kg/10aを稲わらすき込み時に散布するもよい。湿田で年内すき込みが困難な場合は、春先等の比較的乾燥した時期に耕起する。
湿田	全量	年内にすき込み、再度4月中に耕起して、わらの分解を図る。	

乾 田：非かんがい期に、作土の土壌水分が畑地と同じ程度になる水田。

湿 田：非かんがい期でも作土が水で飽和し、裏作の出来ないような水田。

半湿田：乾田と湿田の中間にあり、高畝にすれば裏作が出来るような水田。

【留意事項】

- ・稲わらを分解し、C/N比を約20前後に下げするためには、微生物の活動を促進するための窒素源（石灰窒素や硫酸）が必要。なお、石灰窒素には、肥料登録だけでなく農薬登録のあるものも販売されているため、特別栽培農産物などとして栽培する場合に農薬登録のある石灰窒素を使用すると化学合成農薬として取り扱うので留意を要する。
- ・特にいもち病、白葉枯病、紋枯病の常発地では、必ず稲わらは年内にすき込む。また、赤枯れ発生田では、根ぐされ防止のため必ず年内にすき込み、湛水時の異常還元を防止する。
- ・排水不良対策として、粃がらを毎年100kg/10a程度を年内にすき込むのもよい。

(b) 家畜ふん堆肥の施用方法

表 2-4 家畜ふん堆肥の施用について

種 類	形 態	施用時期	施用量 (t/10a)	化学肥料の施用量
牛ふん	堆積発酵した もの乾燥した もの オガクズと混 合し堆積発酵 したもの	秋すき時	1~2	基肥は基準どおり施用し、分 げつ肥は施用せず、穂肥は生 育診断により調節する。
豚ふん	堆積発酵した もの	秋すき時	1	基肥は基準より20~30%程度 減肥し、分げつ肥は施用せず 、穂肥は生育診断により調節 する。
鶏ふん*	堆積発酵した もの	植え付け 前	0.3	

* 鶏ふんは、肥料効果が高いので土づくり資材としてよりもむしろ肥料として利用する。詳細は第2章第3のケイフンの項目(p.70)参照。

【留意事項】

- ①窒素過剰は過繁茂、倒伏、いもち病の発生、登熟不良等による品質低下などを起こしやすいので、土壌の状況により適量を施用する。施用は冬期の休閑または裏作栽培期間を利用して施用し、土壌を耕うん乾燥させ腐熟を促進する。また、水稻栽培期間中は未熟有機物の分解によるガス発生のおそれがあるので、水管理に留意する。
- ②家畜ふん尿にオガクズを混合した場合は、十分に腐熟して堆肥化したものを施用する(6か月程度堆積発酵したものがよい)。

b 緑肥の利用方法

(a) レンゲ

レンゲの成熟期前のすき込みは窒素の肥効が高いので、「緑肥」として取り扱う。

表 2-5 レンゲのすき込みについて

項 目	内 容
播種量	2~4kg/10a 寒地・やせ地・湿田は多めに、暖地・乾田・肥沃地は少なめに播種する。
すき込み量	10a当たり生草量で2~3tとする(窒素9~14kg程度に相当、化学肥料に換算すると4.5~7kg)。施用にあたっては生草量を確認し、多い場合は必ず刈り出しを行い、他のほ場に施用するか、家畜の飼料として利用する。 レンゲ乾物中成分含有率：窒素 2~3%、リン酸 0.5~0.7%、カリ 1~2%、生草の乾物率：17~20%
すき込み時期とすき込み時の留意点	少なくとも移植の2~3週間前とし、いったん刈り倒して乾燥が進んだものをすき込む。すき込み時にケイ酸質肥料100kg/10aを施用してレンゲの分解促進を図る。
施肥の留意点	基肥は無窒素とし、リン酸とカリのみを施肥基準に準じて施用する。穂肥は、一般には施肥基準に準じて施用すればよいが、気象や土壌条件、水管理によってレンゲの肥効発現が異なる場合があるので、穂肥診断を行って生育に応じて加減することが必要になる。
水管理の留意点	生育初期から浅水、間断灌水を行い、根腐れ防止に努める。

(b) ヘアリーベッチ

マメ科牧草で根粒菌の窒素固定量が多い。C/N比(炭素率)が10程度と低く土壤中での分解が早い。

表 2-6 ヘアリーベッチのすき込みについて

項目	内 容
ほ場準備	排水不良田では額縁明きよ及び排水溝を設置し、ほ場排水を良好にする。
播種時期	秋まき：晩生種(例)「寒太郎」10月中旬～11月上旬 春まき：早生種(例)「藤えもん」2月下旬～3月上旬 秋まきは早期播種ほど生育量が多い。秋まきは生育量の早期確保に適。 春まきは天候不順で生育量が不安定になりやすい。
播種量	3～5 kg/10a 前年のすき込み量が多すぎた場合は少なめに播種する。 春まきですき込み量を多くしたい場合は、多めに播種する。 耕耘後手まき、散粒機、動力散布機で播種する。覆土は必須ではないが春まきでは必要。覆土すると鳥害防止や発芽の安定につながる。
すき込み量 *1	10a当たり生草量で2～4t程度とする。(コシヒカリは2tまで) (窒素8～16kg程度に相当、化学肥料に換算すると4～8kg) 代かき1ヶ月前にm ² 当たり生草量*2を測定し、緑肥窒素の化学肥料相当量を次の計算式から判定する。 緑肥窒素量kg/10a(化学肥料相当量) = m ² 当たり生草重量kg×乾物率10%×4%(窒素含有率%)×1000(m ² を10aに換算)×0.5(化学肥料換算係数) すなわち、m ² 当たり生草重量kg×2 = 化学肥料相当量になる。 ただし、計算に用いたヘアリーベッチの成分量や生草の乾物率には各種栽培条件で変動幅があるが、ここでは窒素含有率4%、乾物率10%を用いた。 ヘアリーベッチ乾物中成分含有率：窒素 3～4%、リン酸 0.8～1%、カリ 3～4% 生草の乾物率：10～20%
すき込み方法	草高40cm以内なら直接ロータリーで刈り倒し、乾いてからすき込む。草高が高くなると、つる性のためロータリーに絡みつくので、フレールモアで刈り取り裁断し、乾いてからロータリーやプラウですき込む。
すき込み時期とすき込み時の留意点	少なくとも移植の2～3週間前とし、生草量が過剰の場合は、さらに早めに刈り倒してすき込み、窒素量を減らすなどの調整を行う。なお、刈り倒してもすき込まず放置するか、すぐに湛水すると分解が進みにくい。そのため、生草量が少ない場合は刈り倒し後すき込まず放置またはすぐに湛水する方が窒素量を維持できる。
施肥の留意点	基肥窒素は緑肥窒素量により減肥を行い、多い場合は無施用とし、穂肥時に調整する。連作により緑肥残存窒素が蓄積していくので、年数に応じて減肥する。ヘアリーベッチや水稻の品種、気象、土壌条件、水管理によって肥効発現が異なるので、穂肥診断を行って生育に応じて加減する。 リン酸は可給態リン酸が10mg/100g以上、カリは交換性カリが30mg/100g以上を満たし、緑肥量が十分あれば無施用も可能。
水管理の留意点	還元によるガス沸きを抑えるため、生育初期から浅水、間断灌水を行い、根腐れ防止に努める。

*1：すき込み量が過剰になると、過繁茂となり、m²もみ数が増えて登熟歩合や食味の低下、病害虫発生や倒伏等を招くので、適正量のすき込みに留意する。

*2：生草量の測定は、50cm×50cm 枠をヘアリーベッチが最も繁茂しているカ所に被せて、地際から刈り取り重量を測定し4倍して m² 当たり生草量とする。ヘアリーベッチが全体に繁茂していない場合は、被覆率をかけて生草量を補正する。

(c) シロガラシ

アブラナ科に属し、春季の景観形成だけでなく、冬季のほ場外への肥料成分の流出を低減する効果や稲作時の肥料代替効果が期待できる。

- ・シロガラシを栽培して十分な景観形成を得るには 300kg/10a 程度の乾物量が必要なため、水稲に対する肥料代替効果を発揮させるためにも以下の点に留意する。
- ・シロガラシは、無機態窒素の多い畑地土壌で生育が良好であるので、堆肥連用ならびに野菜栽培後のほ場に、排水対策を徹底して乾土効果を高めたりすることによって無機態窒素の発現を促す。
- ・稲作後ではシロガラシの初期生育に必要な無機態窒素が不足しているため、無機態の窒素肥料を地力に応じて施用してから播種する。
- ・すき込みの作業性を考慮すると、2月中旬～3月初旬に 2 kg/10a 播種するのがよいと考えられるが、景観形成上、早くから生育量を確保したいときには 10月上旬頃から播種する。播種後に軽く鎮圧すると出芽が良好になる。すき込み作業前には、シロガラシの分解を促進するためにフレールモア（ハンマーナイフモア）などで細断処理する。



レンゲ



ヘアリーベッチ



シロガラシ

写真 2-1 緑肥の写真

c. 土づくり肥料（土壌の化学性を改善する土壌改良資材）の施用方法

窒素、リン酸、カリの三要素は、施肥で補われるためそれほど不足することはないが、水稻ではそれ以外にケイ酸と鉄が重要となる。また、基盤整備直後や新規開田直後、火山灰土壌の場合は、リン酸固定量が大きいので通常の施肥以外にリン酸質肥料の施用が必要である。

(a) リン酸質肥料

- ① 新規開田、基盤整備水田その他天地返しや客土実施田では、土壌のリン酸吸収係数の1～5%相当量を含む資材を施用する。
- ② 火山灰土壌では、活性アルミニウムによるリン酸固定を考慮して、リン酸質肥料の増施が必要である。火山灰土壌ではようりんが施肥効率が高い。
- ③ 寒冷地、山間地の冷水田では生育初期のリン酸の肥効が悪いので、リン酸質肥料の施用が必要である。
- ④ 上記以外のほ場では、土壌中の有効態リン酸含量が目標値に達していれば、リン酸施用量は施肥基準に準じる。
- ⑤ 堆きゅう肥などの有機質資材の施用はリン酸の肥効を高める。堆肥施用が困難な水田では腐植酸質資材の施用がリン酸の肥効向上に効果がある。

(b) ケイ酸質肥料

- ① 水稻はケイ酸吸収量が100～150kg/10aと極めて多い。通常は土壌や灌漑水、施用した稲わら、堆きゅう肥などから供給されるが、その中でも土壌からの供給量が多い。なお、稲わらやモミガラはケイ酸は結晶化したもの（プラントオパール）が多い。稲わら等を還元してもその全量がすぐに可給化することはなく、過去の還元分から少しずつ放出される。したがって適切な測定法による可給態ケイ酸の値を参考に、不足分を適時、ケイ酸質肥料で補うことが望ましい（p. 143 参照）。
- ② 水稻は根から溶存シリカ（ケイ酸分子の親水コロイド）を吸収し、蒸散圧により気孔の周辺組織に集積沈着する。そのため、茎、葉、もみなど各組織はケイ酸の集積により剛性が向上する。その結果受光体勢の向上による光合成能力の向上、耐倒伏性の向上、窒素の過剰吸収抑制などにより、収量・登熟歩合の向上、いもち病やメイチュウなどに対する抵抗性の増加が期待できる。
- ③ 土壌や灌漑水からのケイ酸供給能力は、温度や珪藻によるケイ酸固定力、土壌 pH、ほ場の土質や母岩の種類によって異なるが、各ほ場ごとの供給力はほぼ安定しており、止め葉のケイ酸含量分析により把握することができる。また、土壌や灌漑水の可給態ケイ酸濃度を湛水保温静置法とパックテストを用いた簡易測定により、把握することができる。（参考資料参照）
- ④ ケイ酸供給力が低いほ場では、堆きゅう肥の施用やケイ酸質肥料の施用効果が大きいので積極的に施用する。近年、さまざまなケイ酸質肥料が開発され、弱酸性域ではケイ酸カルシウムよりも熔成燐肥や熔成けい酸燐肥、熔成けい酸カリ、シリカゲルなどの資材が肥効が高い。

(c) 含鉄資材

鉄は土壌中の天然賦存量が多いため、肥料成分としては指定されていないが、水田では還元化にともない作土の鉄が溶脱し、老朽化田ではしばしば硫化水素による根傷み、根ぐされが発生する。このような場合、遊離酸化鉄が0.8% (800mg/100g)未満では、含鉄資材を投入し、遊離酸化鉄含量を維持することが必要である。

(d) ほ場条件等による施用法

表 2-7 ほ場条件による肥料の施用法

施用資材名	毎年度 施用量 (kg/10a)	施 用 条 件		
		ほ 場 条 件	養 分 条 件	水稲生育条件
リン酸質肥料	20～40	火山灰土壌 (黒ボク土)	可給態リン酸 10mg/100g未満 (トルオーグ法)	
腐植酸質資材	40	堆肥を施用して いない腐植含量 の低いほ場	腐植含量 2.5%未満 陽イオン交換容量 8me未満	
ケイ酸質肥料	60～200	上記以外のほ場	可給態ケイ酸 25mg/100g未満 ケイ酸(止葉中) 12.5%未満 遊離酸化鉄 0.8%以上	いもち病に罹 病しやすい 軟弱徒長 窒素過多 倒伏
含鉄資材	200～300	砂礫質漏水田 (礫質礫層土壌) 減水深30mm/日 以上 秋落ち田	可給態ケイ酸 25mg/100g未満 遊離酸化鉄 0.8%未満	根腐れ ごま葉枯れ 登熟不良

【留意事項】

- ・各施用資材とも秋すき時に施用する。
- ・各施用資材の成分含有量は、含鉄資材は酸化鉄30%、ケイ酸質肥料はケイ酸25%、リン酸質肥料はリン酸20～30%を基準としている。成分含有量の高い資材及び易溶出資材の場合は、施用量を削減する。
- ・含鉄資材とケイ酸質肥料は、併用する必要はない。
- ・ケイ酸質肥料は種類に応じて、石灰、カリ、リン酸の補給ができる。
- ・この表の可給態ケイ酸の分析値は pH4 酢酸緩衝液抽出法で分析した。可給態ケイ酸の測定法についての詳細は p.142 参照。

(e) 土壌分析結果からの施用量の算出例(水稻)

○リン酸質肥料の算出例

計算式

仮定値 可給態リン酸 a mg/100g、目標値 20 mg/100g、仮比重 b 、
土づくり肥料リン酸含量 d %、耕起深 c cm

$$\text{リン酸質肥料施用量 (kg/10a)} = \frac{(20 - a) \times b \times c}{10} \times \frac{100}{d}$$

○ケイ酸質肥料と含鉄資材の選択方法と算出例

次表のとおり、土壌中の遊離酸化鉄含量を基準として資材を選択する。

計算式

仮定値 可給態ケイ酸含量 a mg/100g、目標値 25 mg/100g
水稻 1 作当たりの収奪量 35kg/10a、仮比重 b 、
耕起深 c cm、土づくり肥料ケイ酸含量 d %

$$\text{ケイ酸質肥料施用量 (kg/10a)} = \left\{ \frac{(25 - a) \times b \times c}{10} + 35 \right\} \times \frac{100}{d}$$

<算出例 1 : ケイ酸>

可給態ケイ酸 10 mg/100g、遊離酸化鉄 1.2%の場合
遊離酸化鉄が 0.8%以上なので、ケイ酸質肥料を使用する。

仮定値 仮比重 1.2、耕起深 10cm、土づくり肥料ケイ酸含量 25%

計算例

$$\frac{(25 - 10) \times 10 \times 1.2}{10} + 35 \times \frac{100}{25} = 212\text{kg/10a}$$

[ケイ酸質肥料の施用量に関する考え方]

- 水稻の吸収量 100kg/10a(玄米収量 500kg、100 kg 当たり 20 kg 吸収)、灌漑水からのケイ酸供給量 15kg/10a、還元した稲わらからの供給量 50kg(稲わら 500kg/10a、ケイ酸含量 10%)とすると、土壌からのケイ酸収奪量は、 $100 - 15 - 50 = 35\text{kg/10a}$ となる。
- 土壌の仮比重が 1.2、耕起深が 10cm なので、10a 当たりの土量は 120t となる。
- 目標値からの不足量 $25 - 10 = 15$ mg/100g は、土量 120t では、 $15 \times 1.2 = 18\text{kg/10a}$ となる。
- 10a 当たりの供給量は、収奪 + 不足量で、 $35 + 18 = 53\text{kg/10a}$ となる。
- 10a 当たりのケイ酸質肥料施用量は、ケイ酸含量 25% のため、 $53 \times (100 \div 25) = 212\text{kg}$

<算出例 2 : 含鉄資材>

可給態ケイ酸 30mg/100g、遊離酸化鉄 0.6% (600 mg/100g) の場合
遊離酸化鉄が 0.8% (800mg/100g) 未満なので、含鉄資材を使用する。

[分析値から施用量を計算した場合]

遊離酸化鉄の目標値を 800mg/100g、仮比重 1.2、耕起深 10cm とすると、
土量は 120t/10a、目標値からの不足量 $800 - 600 = 200\text{mg}/100\text{g}$ (200kg/100t) なので、土量 120t では $200 \times 1.2 = 240\text{kg}$ 、含鉄資材中の遊離酸化鉄含量を 25% とすると含鉄資材施用量は $240 \times (100 \div 25) = 960\text{kg}/10\text{a}$ と非常に多量となる。このような多量を毎年施用すると、土壌はアルカリ化する。したがって、分析値から施用量を算出するのは難しい。

[含鉄資材の施用量に関する考え方]

県の基準値である遊離酸化鉄含量 0.8% 未満の水田で毎年施用する場合、
200kg~400kg の範囲内で施用する。

土壌中遊離酸化鉄含量 (%)	土づくり肥料
0.8未満の場合	含鉄資材
0.8以上の場合	ケイ酸質肥料

例えば、遊離酸化鉄含量 0.8% 未満~0.6% 以上は 200kg、0.6% 未満~
0.4% 以上は 300kg、0.4% 未満は 400kg/10a を施用する方法も考えられる。
この程度の施用では、遊離酸化鉄は目標値に到達しないので、毎年施用する。
1 回に多量施用すると、アルカリ化する危険性があるので 1 回の施用量の上限は 400kg/10a にする。

(I) 水田土壌の物理性改善

水田の作土は近年浅くなる傾向にある。実際、高速でロータリー耕を行うと、
10cm 程度しか耕起できないことが多く、浅層化が進む要因になっている。作土層が薄くなると水稻の根群伸長域が狭くなり、土壌からの養水分の供給量が減少し、生育が不安定になりやすい。また、有機物を施用したときに作土層が浅いと異常還元を引き起こすことがある。そこで、ゆっくりていねいに耕うん・碎土を行ったり、深耕用機械を用いて深耕を行う。

また、すき床層のち密度が高かったり不透水層が存在すると、水の縦浸透が阻害され、還元化が進行するため、心土破碎耕を実施して透水性の改善を図る。

a 深耕の実施 (作土深の確保)

(a) 深耕の適・不適条件

深耕の効果は土壌型により異なり、地下水位が低く深耕後に土壌が乾燥する場所では、特に効果が高い。増収だけでなく、近年の高温登熟条件下では品質低下の抑制効果も期待できる。

過去の多収穫田の耕起深は、20cm 程度が多い。耕起深を 12cm から 18cm

にすることにより、10a 当たり乾土として約 60t の耕土が増加することになる。

また高い効果を得るためには、新たに耕起される土層の性質に応じた土壌の改良対策を実施するほか、間断灌がい、中干しなどの水管理を励行して、土壌が強度の還元状態になるのを抑制することが大切である。

表 2-8 深耕の適・不適条件

項目	効果の高い適条件	効果の期待できない不適条件
透水・排水性	灌排水自由な乾田	湧水田、湿田
土壌型	灰色、灰褐色、黄褐色、礫質土壌（グライ土壌）	泥炭、泥炭質、黒泥、強グライ土壌
土壌条件	効果の高い順位は 砂質土＞壤質土＞粘質土 作土下に塩基、鉄などが溶脱し、深耕によりその作土との混和が可能な場合	作土直下に砂礫層が出現
生育型	秋落ち型	でき遅れ型

【留意事項】

深耕に適した土壌型でも、深耕を行う前に新たに耕起しようとする土層の状態（礫含量、土性、化学性など）をあらかじめ調査し、深耕しても支障が生じないか確認する。

(b) 深耕の方法

2～3年に1回プラウ耕などによる深耕を行い、作土を少なくとも15cm～18cm程度にすることが必要である。しかし、いきなり作土を深くしすぎると、生育後期まで窒素が過剰に供給されて、米の品質に影響が出たり、水稻の機械移植では植え付け精度が低下するなど機械作業効率の低下を招くので注意が必要である。また、転換畑においても、作土が深い方が生産性は高まるが、水田の高度利用で輪作を行う場合は、すき床層を破壊しないよう留意する。

表 2-9 水田深耕機械の種類と特徴

機 種	種 類 と 特 徴
プラウ	プラウにはボトムプラウとディスクプラウがあるが、一般にプラウといえはボトムプラウを指していることが多い。 プラウ（ボトムプラウ）耕は、土を切断し、耕起して反転・破碎するため、土塊はほぼ完全に反転され、ほ場表面の夾雑物、作物の切株、雑草などをすき込むので、その後の雑草の発生も少なくなる。しかし、耕起後の均平度が劣るので、ロータリーあるいはハローで碎土・均平化する必要がある。
駆動ディスク ハロー型プラウ	プラウによる反転耕（深耕・反転）とロータリー耕による攪拌耕（耕幅が広い、破碎力が大きい）の両面を併せ持つ。
ロータリー	ロータリー耕は、土を攪拌して細かく碎土する作用が強く、耕起と同時に碎土、均平整地ができる。深耕用ロータリーを用いると、耕起深は30cmぐらいまでいけるが、土壌水分が多いとかなりの馬力を要し、作業が困難になることがある。
その他	すき … 単用すき・双用すき・2段耕すきなどがある。 心土破碎機 … 振動式心土破碎機（パンブレイカー）・サブソイラー・ロータリーディガなどがある。

表 2-10 深耕・反転・有機物すきこみ用機械の適応性

機械の種類		標準 ロータリー	逆転 ロータリー	駆動型 ディスク	すき	プラウ	
作業性	耕起性	耕 深	13～18cm	13～18cm	18～20cm	18～20cm	20cm以上
		耕 幅	トラクター幅			トラクター幅以下	
		反転性	泥層攪拌	泥層攪拌	セミ反転	完全反転	完全反転
	耕起状態	土 塊	大きい	上細・下粗	非常に大	非常に大	非常に大
		乾土効果	ほぼよい	よくない	全体によい	全体によい	全体によい
	有機物 すきこみ	埋没の程度	露出小	露出大	露出小	露出大	露出大
		土への攪拌	よく混ざる	下層に混ざる	混ざらない	混ざらない	混ざらない
	土のかたより		少ない	少ない	やや多い	多い	多い
	その他	後作業	不要	不要	必要	必要	必要
		あぜ際耕起	可能	可能	可能	困難	可能
作業速度		2～3km/hr.	2～3km/hr.	3～5km/hr.	6～7km/hr.	3～5km/hr.	
牽引抵抗		なし	小	小	中	大	
適応性	ほ場	水 田	最適	適	最適	最適	可
		畑	適	最適	適	適	最適
		水田転換畑	適	最適	最適	適	適
	土性	重い土	最適	最適	適	適	適
		普通の土	最適	最適	最適	最適	最適
		軽い土	適	適	適	最適	最適

c 排水対策

(a) 排水のねらいと計画

すき床層のち密度が過大であったり、作土直下に不透水層がある場合は、心土破碎耕を行うと透水性の改善が図れる。特に転換畑の場合は効果が高い。

また、粘質土壌に由来する透水性不良がある場合は、溝切り栽培や弾丸暗きよの施工が有効である。排水不良田ではしばしば地耐性の不足により機械作業が困難になることがある。この場合も、溝切り、弾丸暗きよ等の実施により作土層の乾燥を促すとよい。また、有機物の施用により団粒化を促進すると排水改善に役立つ。

なお、ほ場における排水は、主として洪水時の排水が重要であり、水稻作付期間中は当日の雨量は、その日のうちに排除が原則である。

また、ほ場の排水は、耕起、収穫等の作業が円滑に行うことができ、さらに水稻の健全な生育を維持するため、生育時期に応じた排水管理ができることが必要である。

(b) 排水の目標

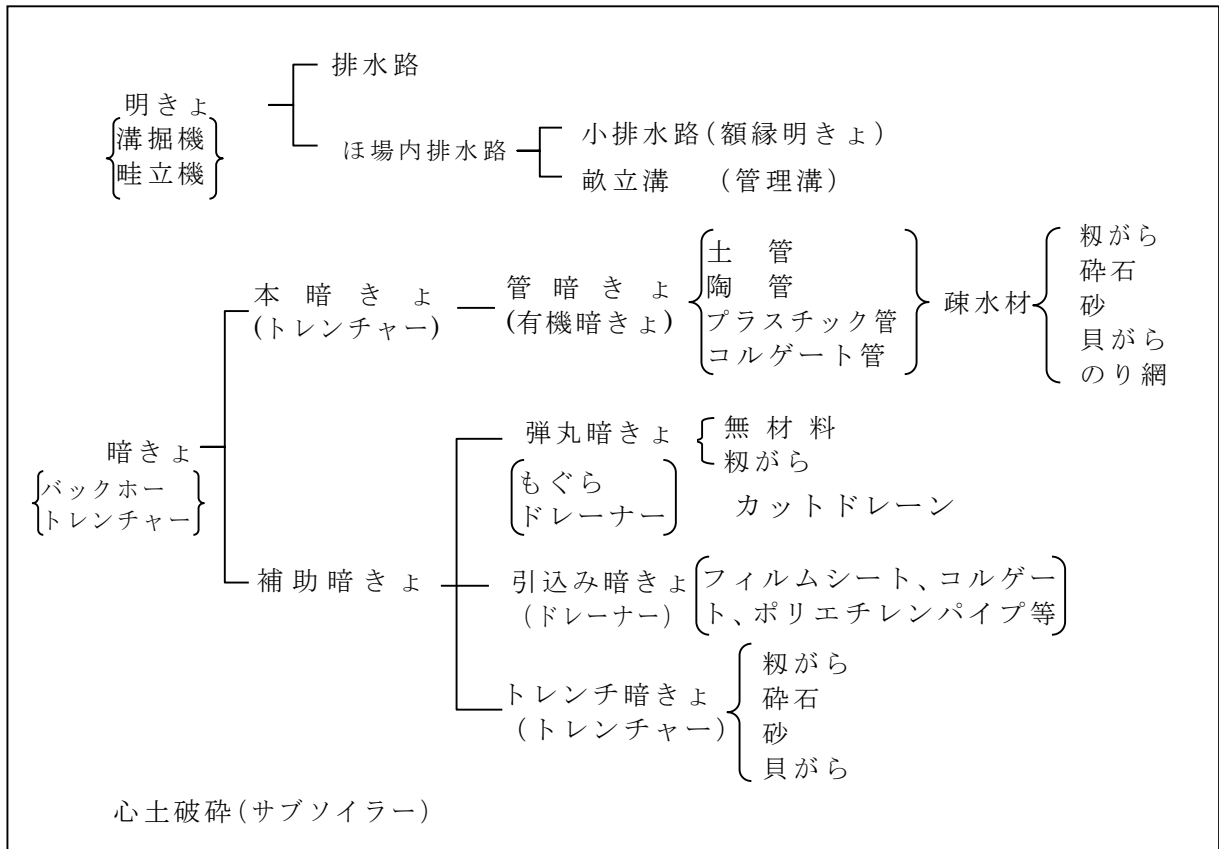
表 2-11 排水の目標

項 目		目標値
田面排水計画	湛水直播きの芽干し時	1日以内
	中干し時	2～3日以内
	灌がい終了時	3～5日以内
	大雨時の湛水排除（10cm以上の湛水）	1～2日以内
水田の暗きよ排水計画	計画暗きよ排水量	50mm/日
	吸水きよ埋設深	0.6～1.0m
	暗きよ間隔（地下水位・土壌等による）	10～15m
汎用化水田の排水計画	地表残留水許容日数	1日以内
	降雨後2～3日の地下水位	40～50cm
	地下水位（降雨後7日）	50～60cm
	透水係数	10 ⁻⁴ cm/秒以上

(c) 排水の種類とその方法

排水の方法としては、地下水の排除と地表水の排除に大別される。また、難透水性土壌では、本暗きよと補助暗きよを組合せた複合暗きよが必要である。

表 2-12 排水の種類と方法 (麦の排水対策事例 p. 35 参照)



d ほ場整備田の早期熟田化対策

(a) ほ場整備田での問題点

- ・盛土部の土壤沈下などにより、田面が凹凸になり高低差が大きくなることが多い。このため、ほ場全体が均一な土壤水分になるような理想的な水管理ができ難くなる。
- ・ほ場整備工事過程での大型ブルドーザーなどの踏圧による下層土上部の圧密化により不透水層が形成されている。また、土壤の攪乱により土壤構造が破壊される。これらの原因により、透水性が小さくなり、表面排水が悪化する。
- ・切土部では養分不足、盛土部では養分過多になりやすく、地力が不均一になり作物の生育も不均一になる。
- ・棚田の下方に位置する田の畦畔直下は、たえず上方に位置する田より水の浸透があり、水分過飽和状態になりがちである。

(b) ほ場整備田での改良対策

- ・ほ場が凹凸で高低差がある場合、高い部分の土を低い部分に運搬したり、客土を行い、ほ場全体が均一になるように努める。ほ場が均一になると中干しなどの水管理も効率的に行える。
- ・不透水層が生じ、排水が悪くなった場合、これを改良するためには表面排水あるいは地下排水を行うことが重要である。

(c) 表面排水対策

- ・ 5 m 間隔に排水溝を設け、排水口まで余剰水がすみやかに流れるようにする。
- ・ 棚田では、上部水田の畦畔からの浸透水を除去するため、法尻に畦畔に沿って明きよを掘る。
- ・ 作土を 18cm 前後深耕し、根域を拡大させ養分吸収を増加させる。なお、深耕時には堆肥の併用が必要である。
- ・ 休閑期には完熟堆肥を施用し、土壌の理化学性の改善を行う。秋すきを励行し、表面排水を図り土壌の乾燥により構造を発達させるため、畝立てあるいは 5 m 間隔程度に排水溝を作っておく。

(d) 地下排水対策

- ・ 圧密層が比較的下層にある場合や地下水位が高い場合は、地下排水により乾田化する。
- ・ 地下排水するには、暗きよを施工するのが効果的である。
- ・ 湿田に対する一般的な暗きよ施工法は「カ 排水対策」の項目を参照のこと。

(e) 漏水防止対策

- ・ 別項（p. 31 表中）の施肥土壌区群 V およびその他の漏水過多水田で、中部山間、丹波、播但山間高冷地、但馬平坦地の地域では冷夏等に対して、田面水温や地温の維持上昇のためにも、また土壌養分の流亡防止のためにも漏水防止対策が必要である。
- ・ 水田の漏水は畦畔からが大半を占めることが多いので、以下のような対策を実行する。
- ・ 代かき時にできるだけ畦まわりを丁寧に代かき
- ・ 畦畔沿いにベントナイト等の資材散布やあぜ塗り機の活用等によるあぜ塗り、あるいは畦シートを利用
- ・ 代かき時に畦畔際をトラクターのタイヤで幅 2 m ほど踏圧することも有効

(f) 不良水田土壌と改良対策

a 老朽化水田

作土層やその下層のすき床層から鉄(遊離酸化鉄)が強度に溶脱されているような水田を老朽化水田という。老朽化水田では、鉄のほか、マンガン、カリ、カルシウム、マグネシウム、ケイ酸などが強度に溶脱される。

(a) 問題点

老朽化水田における問題点は、養分の不足と有害物質(とくに硫化水素)による水稻根への害がある。養分の不足については、窒素、リン酸、カリ、ケイ酸、マグネシウム、マンガンなどが知られている。また硫化水素は、土壌の酸化還元電位が -150mV 以下の強還元状態になると硫黄が還元されて生成する。硫化水素が発生すると養分の吸収阻害が起こり、その影響の程度は、リン酸>カリ>ケイ酸>アンモニウム>マンガン>マグネシウム>カル

シウムの順である。

さらに、強還元状態が常態化した水田では、鉄やマンガンが流亡した結果、水稻根の酸化鉄や酸化マンガンによる防護が弱くなり、直接根が硫化水素に犯されやすくなることにより根ぐされが発生する。硫化水素の害が進むと、根は半透明になり、皮層、細胞が破壊され、機能を失い壊死する。

(b) 改良対策

老朽化水田の改良法としては、客土、天地返し、含鉄資材の施用、優良粘土、ケイ酸質肥料、マンガンやマグネシウムを含む肥料の施用などがあるが、それらとあわせて無硫酸根肥料の施用、かん排水の合理的管理、窒素およびカリ肥料の合理的施用なども必要となる。

b 湿田

湿田では地下水位が高く、酸素の供給がないので土壌は還元状態を呈する。還元状態を診断するには、ジピリジル反応を確認する。湿田は地下水位の高さによって湿田、半湿田に分けられる。湿田は年間を通じて灌漑水の動きがまったくないかあるいは少ない。Eh 値は全層とも終始低い。半湿田は乾田と湿田の中間的性格を有し、一年のある期間、湿田状態になる水田をいう。

(a) 問題点

湿田では好気性菌の活動が弱く、常に未熟な有機物が多い状態にある。地温が上昇するのにもとない、急激に分解が始まり、酸素欠乏に起因して根ぐされや養分吸収阻害が発生する。

(b) 改良対策

湿田の改良は、暗きょ排水の施工によって地下水位を下げることに、灌漑水の地下浸透を図ることが重要である。排水工事にともなう乾田化過程に応じ、肥培管理を行うことも大切で、とくに窒素は基肥を減らして穂肥重点の施肥を行う。

c 泥炭田

泥炭地とは地表下 50cm 以内に泥炭層があり、排水しても泥炭層が約 20cm 以上の厚さを持つものをいう。泥炭はそれを構成する原植物によって高位泥炭(ミズゴケ類を主体とする)、中間泥炭(ワタスゲ類)、低位泥炭(ヨシ類)に分けられる。泥炭土は有機物含量が多いため、容積重が小さく塩基含量が少ない。酸性が強く pH は 4 前後であることが多いため、酸度矯正が必要である。

(a) 問題点

養分ではリン酸、カリ、カルシウム、マグネシウム、マンガン、ホウ素、銅、亜鉛などが欠乏している。また、湛水時に生成される各種有害還元物質により、水稻根の養分吸収が阻害される。土層が軟弱なため、機械作業の場合にスリップやめり込みなどがおきやすい。

(b) 改良対策

明きょ、暗きょによる排水が基本となる。泥炭田は鉍物質が不足しているため、優良粘土の客土、塩類の補給などを行えば、生産力の高い水田になる

ことが多い。

d 干拓田

(a) 問題点

土壌構造がまったく未発達であるため物理性が劣悪である。また、塩害、乾田化にともなう硫酸発現による酸性害、還元状態になった場合の障害、アルカリ害などが知られている。

(b) 改良対策

干拓地では排水工事による地下水の引き下げが最優先すべき対策である。これを契機にして乾田化が進行し、固相率の増加、透水性や地耐力の向上、団粒構造の発達など物理性の改良が進行する。土壌有害物質が流去するとともに塩基の溶脱も促進されるので、塩基成分、リン酸などの補給のために土づくり肥料の施用が必要である。塩害地、強酸性化地では、脱塩に努めるとともに石灰質肥料を施用し、栽培期間は灌漑水の掛け流しを行うことが望ましい。

e 火山灰土壌

火山灰土壌は主に洪積台地に分布し、腐植に富む黒色土壌で、比重が軽く透水性が極めてよい。リン酸固定力が非常に強く可給態リン酸が非常に少ない。一方、窒素やカリウムの吸着力が弱いため流亡しやすく、塩基が不足しやすい。

(a) 問題点

リン酸欠乏に陥りやすい。また漏水による養分流亡がはなはだしい。山間部や冷涼地では水温が上がりにくいいため、地力窒素の発現が遅れる。

(b) 改良対策

火山灰土壌での改良目標は、初期生育を良好にし、登熟不良、いもち病による減収を防ぐことが第一である。初期生育の促進には、リン酸を多用することが重要である。通常の施肥ではリン酸吸収係数の1%程度を施用量の基準とする(リン酸吸収係数2,000であればリン酸として20kg/10a)。

新規開田の場合は、これよりさらに多く、一時に5~10%量を加えて土壌改良を行う方法がとられる。なお、土壌中の塩基含量やケイ酸含量が少ないとリン酸多用の効果も出にくいいため、塩基飽和度を50~80%に保ち、ケイ酸質肥料の施用を行う。

f 漏水過多田

減水深が異常に大きい水田を漏水過多田という。全層または下層が砂質または砂れき質からなる水田、火山灰水田、および傾斜地帯の階段状水田に多い。

(a) 問題点

漏水過多田は土壌養分の保持能力が弱く、肥料成分や塩基などが溶脱しやすい。また土壌自体から供給されるケイ酸、マグネシウム、カリ、リン酸、鉄、マンガンなども乏しい。

(b) 改良対策

改良対策は状況に応じた対策が必要で、床締め、優良粘土含有土壌(ベントナイトなど)の客土、含鉄資材の施用、ケイ酸、マグネシウム、カルシウ

ム、マンガンなどの施用、窒素、カリの増施と分施、固形肥料の施用やリン酸多施などが効果的である。

(カ) 施肥基準

a 施肥基準の設定

- ・施肥は、気象、土壌条件、灌漑水質等の自然条件や品種、作付体系、栽培管理等の栽培条件の相違により異なるので、それらを考慮して、土壌区分ごとに目安となる施肥基準を定める。
- ・経済的、効率的な効果をあげるために土壌条件を把握し、土壌図の活用やきめ細かな土壌診断を実施して、効率的な施肥を推奨する。

b 施肥基準の使用上の注意点

この基準は主として機械移植栽培について記載しているが、施肥設計を作成するに当たっては、次の事項を十分考慮するものとする。

(a) 目標収量

各地域とも水稻 500～550kg（10a 当たり）を目標収量として作成した。

(b) 土壌区分

土壌区分は、p. 31 の別表のとおり、6 施肥土壌区群に分類した。地域ごとの土壌区分は、インターネット上で県内各地域の土壌図等が公開されているので、参照、確認する。

《参考》 土壌図の検索方法

インターネット上で県下各地域の土壌図等が公開されているので、指導に活用すること。

[ホームページ] <http://soil-inventory.dc.affrc.go.jp/>

c 有機質資材の施用

堆きゅう肥、稲わら等の有機質資材の施用を心がける。

d 土づくり肥料の施用

土づくり肥料の施用は別項「土づくり」を参照のうえ施用推進を図る。

e 栽植密度及び苗令

機械移植栽培での栽植密度は㎡当たり 15～22 株（坪当たり 50～70 株）、稚苗は 20 日苗（3.5 葉程度）、中苗は 35 日（4.5 葉程度）を標準とした。

注）葉齢は不完全葉を含む。

f 品種別補正

窒素成分について、品種ごとに必要とされる成分量が異なるので、品種に応じて施肥量を補正する（p. 32 の品種別補正值を参照）。

g 前作の種類による補正

前作物の種類または施肥の方法により施肥量を加減する必要があるときは、土壌診断等により補正をして使用する。

h 汚濁水流入田に対する適用

汚濁水の流入田などは、水質及び土壌診断によって適切な土壌の改良を行う。なお、特に窒素過剰となるところでは、節水栽培などをとり入れ、併せて生育状態を診断して窒素肥料を減量する。

表 2-13 施肥土壌区と施肥窒素分量(基肥-分げつ肥-穂肥 1-穂肥 2 kg/10a)

施肥土壌区	土壌群または土壌統群	区分上の概念並びに特徴	基準窒素分量および特記事項
I 有機質湿田 (泥炭黒泥土 壤)	黒泥土 泥炭土 灰色低地土・下層有機質 グライ土・下層有機質	地表下60cm以内に泥炭あるいは黒泥を含む湿田土壌である。有機物が過剰であるため、塩基が不足しやすく酸性を呈するものが多い。夏季、地温の上昇に伴う急激な有機物の分解により生育遅延または根腐れを起しやすく、種々の病害虫の被害も大きく、倒伏しやすい。但馬地域にごくわずか分布する。	6-0-1.5-0 穂肥で減肥する
II 一般湿田 (グライ土 壤)	グライ土(グライ土・下層有機質を除く)	作土及び作土直下からグライ層(いつも水がついて青灰色を呈する層)になる湿田である。またグライ層でなくても地下水の極めて高い湿田も含まれる。斑鉄(酸化鉄の斑紋)が深くまで多くみられる水田は、収量がやや高く、斑鉄が認められないものは収量が低い。また、夏季に地下水位の低下するものと上昇するものがあり、前者は収量が高い。一般に潜在地力に富み、腐植、全窒素及び遊離酸化鉄含量が他の土壌より多い。夏季高温時に有機物が急激な分解を始めるので、無効分げつが多くなりやすく、また、根腐れを起しやすく倒伏しやすい。	6-0-2-0 穂肥で減肥する
III 一般半乾半湿田及び粘土質乾田 (灰色土 壤)	細粒灰色低地土・灰色系 中粗粒灰色低地土・灰色系 灰色低地土・下層黒ボク 多湿黒ボク土	作土下1mの全層にわたって灰色を呈するかあるいは下層がグライ層となる土壌である。さらに下層が灰褐色であるが、粘質の土壌を含む。前二者は地下水位がやや高く、困難な場合もあるが、一般に二毛作が可能である。土性は地下水位の低い所では砂壤土～壤土の場合があるが、一般には埴壤土～壤土の場合が多い。この土壌区は欠陥の少ない土壌で水稻の収量の高い所が多い。所によっては遊離酸化鉄含量が少なく、老朽化の進んでいることもあるので、注意が必要である。	6-0-2-0 穂肥で減肥する
IV 中間質乾田 (灰褐色土 壤)	細粒灰色低地土・灰褐色系 中粗粒灰色低地土・灰褐色系	全層が灰褐色を呈する乾田土壌であるが、時には斑紋が多いため褐色を帯びることがある。また砂礫層が地下60cm以下に存在する土壌並びに下層に角礫を含む崩積土壌あるいは熟田化した台地土壌(第三紀層、洪積層)なども含まれる。土性は壤土～埴壤土で水もちがやや悪い。老朽化が進んでいるものは対策を必要とする。下層の密度が高く深耕の効果が高い。	4-2-3-0 気象条件生育状態によって穂肥を減量、あるいは分施する
V 砂礫質漏水田 (礫質礫層土 壤)	礫質黄色土・斑紋あり 礫質褐色低地土・斑紋あり 礫質灰色低地土・灰色系 礫質灰色低地土・灰褐色系	作土直下あるいは30～60cmから砂礫層になる乾田である。水もちが悪く肥料も流亡しやすい。また各種養分の溶脱が激しく、特に、ケイ酸、苦土、マンガン等が欠乏した老朽化水田が多く、地力が低いので、なにより土づくりが必要である。	4.5-2-2-1 分施して肥料利用率を高める

VI 台地性 未発達田 (黄褐色 土壌)	細粒黄色土・斑 紋あり 細粒褐色低地 土・斑紋あり 中粗粒褐色低 地土・斑紋あり 暗赤色土	一般に埴土で強粘質である。また、水田としての歴史が浅く黄色を呈し、第三紀層、洪積層が多い。自然肥沃度が低く、養分も溶脱し、腐植、全窒素等が少なく酸性を呈する。なお、地下水位は低い構造が未発達で、作土、下層土の土性が粘質～強粘質土壌なので透水性が不良な土壌が多い。	6-0-3-0
----------------------------------	---	---	---------

◎リン酸成分の施肥量：窒素成分の60～70%を基肥として施用する

◎カリ成分の施肥量：窒素成分と同量を、基肥および追肥として施用する。

◎基準窒素成分量の品種別補正值（窒素成分量に対する%）

100 95 85 75 60	はりもち キヌヒカリ、きぬむすめ、ヒノヒカリ、兵庫夢錦 どんとこい、ヤマフクモチ、五百万石、兵庫北錦 コシヒカリ 山田錦
-----------------------------	--

イ 麦

(7) 土壌の維持すべき状態

表 2-14 土壌改良基準

項 目	目 標 値
作土厚さ (cm)	15 以上
地下水位 (cm)	40 以深
粗孔隙 (pF1.5) (%)	10 以上(耕起前)
pH (H ₂ O)	6.0~7.0
交換性塩基含量	
石灰 (CaO mg/100g)	200~250
苦土 (MgO mg/100g)	25~35
カリ (K ₂ O mg/100g)	20~30
塩基組成	
石灰/苦土 (CaO /MgO) 当量比	3~6
可給態リン酸 (P ₂ O ₅ mg/100g) *Truog 法	10~30

* 土壌 pH を 6.5~7 程度に高めたり、堆肥を施用することは麦の収量・品質向上に重要な項目である。また、稲、大豆等との輪作体系においても効果が期待できる。

(イ) 土づくり

堆肥は 10a 当たり 1~2t、または、麦の播種作業に支障をもたらさないかぎり、稲わら全量をほ場に還元する。土壌診断に基づいて、石灰質または苦土石灰肥料等の土づくり肥料を 100~150kg/10a 施用する。pH5 以下になると生育が極端に悪くなるので土づくりは特に重要である。

(ウ) 排水対策事例

麦作にとって排水対策は作柄の良否に最も影響する作業であり、耕起・播種時には、十分にほ場が乾燥していることが必須である。したがって、以下の施工方法を参考にして、効果の高い排水対策方法を効率的に行う必要がある。

a 本暗きよ+補助暗きよの組み合わせ

乾田化が困難で湿害を回避できないような粘質ほ場でも効果が高い。管理溝等の潰れ地が少なく、ほ場全面に播種できるので面積当たりの実収量が増加する。

(a) 本暗きよの施工

30 a 区画ほ場 (30m×100m) の場合、本暗きよは右図のように長辺方向に 10m 間隔に 3 本施工する。施工方法はトレンチャまたはバックホーで幅 20~30cm、深さ 50~70cm の溝を掘り、底部は凹凸がないように仕上げる。このとき、暗きよに集められた水が速やかにほ場外に排出されるように暗きよの深さは上流側 50cm、下流側 70cm を設定し、1/500 程度の勾配を設ける。溝が仕上がったら底部に多孔パイプ (直径 65mm) を埋設し、溝に籾殻また

は碎石等を充填する。

充填資材が籾殻の場合、施工後陥没しないように充填途中によく踏みつける。充填量は籾殻の場合田面まで、碎石の場合田面下 30cm とし、碎石の上に籾殻を田面まで充填する。集水管（塩ビパイプ、直径 65mm）は多孔パイプと直結し 3 本それぞれ単独に設置するか、もしくは短辺側に集水きよを設け 1 本にまとめて設置する。集水管を設置した畦畔部は崩壊や、水田に戻したときの漏水を防ぐため、固く締めつけながら土を埋め戻す。

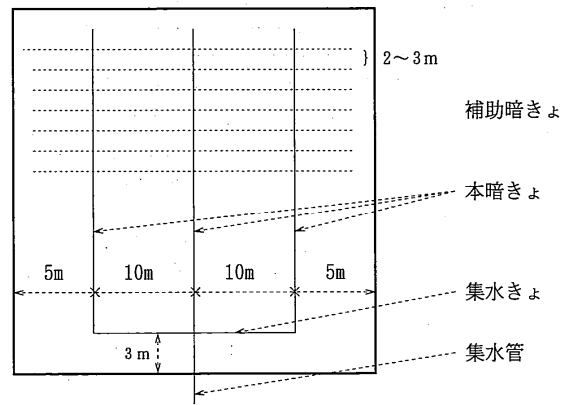


図 2-3 本暗きよの施工

(b) 補助暗きよ（弾丸暗きよ）の施工

補助暗きよは一般に弾丸暗きよとし、本暗きよに直交するように短辺方向に 1.5～2 m 間隔で施工する。施工深さは 30cm 前後とし、籾殻層と交叉していることが重要である。補助暗きよは営農作業と考えるべきで、播種作業前に毎年施工することが望ましい。

b 額縁明きよ＋弾丸暗きよの組み合わせ（放射状弾丸暗きよ施工法）

本暗きよを施工していないほ場では、額縁明きよと弾丸暗きよの組み合わせによって、大区画ほ場でも十分な排水効果が期待できる。本暗きよと同様にはほ場全面に播種できるので面積あたりの実収量が増加する。施工方法は額縁明きよを設置後、まず深さ 30cm 前後の弾丸暗きよをほ場の短辺方向に平行して 3～5 m 幅（土壌条件によって異なる）で施工し、次に 40～50cm 程度まで掘り下げた排水口から放射状に集水きよとなる弾丸暗きよを施工する。

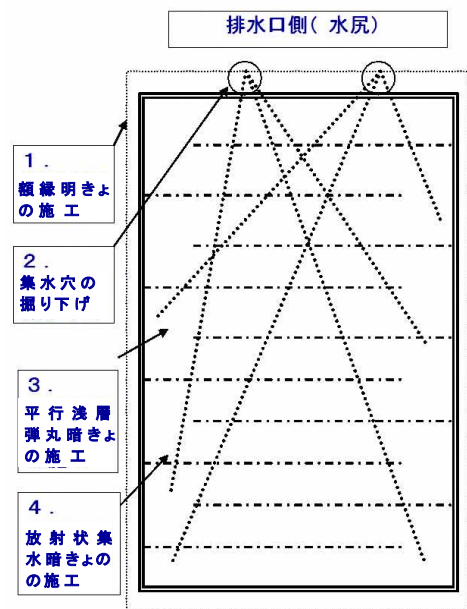


図 2-4 補助暗きよ（弾丸暗きよ）の施工

c 明きよを活用した排水対策（従来法）

従来より実施されている営農排水方法は、排水溝部分に播種できないが排水効果は高いので、弾丸暗きよ等の作業機がない場合は、この方法で、徹底

した排水対策を行う必要がある。排水準備が整い次第行うのが望ましい。間隔は土性や排水の良否により適宜定めればよいが、壤質土の乾田では3m程度がよい。また、雨水がほ場内にたまることのないよう特に留意する。

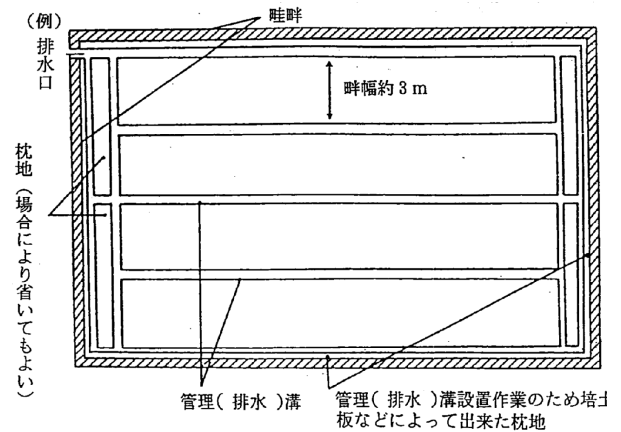


図 2-5 明きよを活用した排水対策

d 心土破碎

現在のような大型機械による作業体系では、機械の踏圧により作土直下の耕盤層が形成される。

暗きよを生かしながら透水性の改善と根圏拡大を図るためには、心土破碎が有効な手だてとなる。

◎基本的整備→暗きよ・明きよの整備

◎補助的整備→サブソイラー等による心土破碎の施工

機械による農作業を繰り返していくと機械の重みによって土がしだいに固められていく。通常は毎年耕すと、表面部分(15cm程度)は柔らかくなるが、その下には堅い土の層が残る。このため、作物の根が伸びなかつたり、水や空気の通りが十分に得られず作物の生育が悪くなつたりする。せっかく「暗きよ」を整備していても、この堅い層があると雨が降ったあとの水がなかなか抜けずに、「暗きよ」の機能が発揮されないこともある。堅い土の部分に亀裂を入れ、水が通る道をつけ農地の排水性や通気性を確保し、作物の生育環境を良くする工事を「心土破碎」という。また、透水性の確保を持続させるため亀裂の部分に貝殻・チップ等の疎水材を入れる有材心土破碎もある。

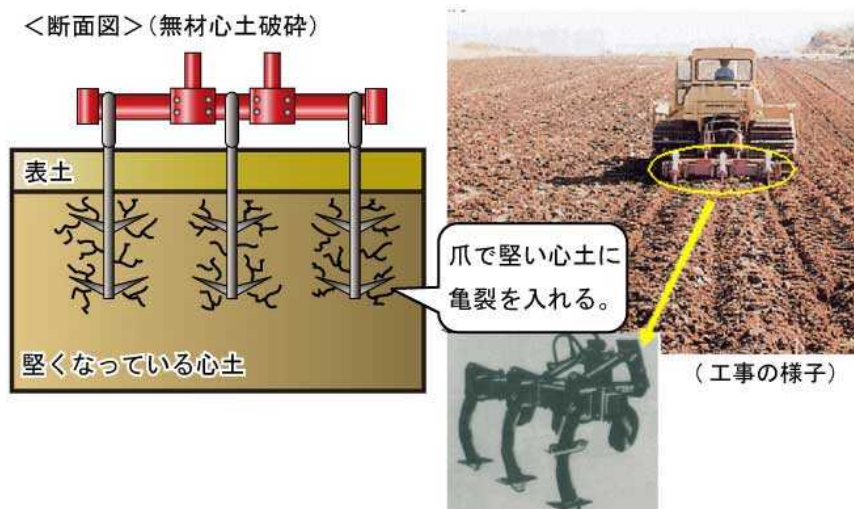


図 2-6 心土破碎

<原図：北海道庁HP> ※無材心土破碎は、土中の疎水材無しの意味

表 2-15 営農排水対策の種類

排水対策	基本的な考え方	内容(施工基準)
ほ場内排水等	水田の畑利用の初期には作土下に水の縦浸透を妨げるすき床層が存在するので、ほ場内に排水溝を掘削することにより、地表面滞留水の排除を速やかに行う。 乾田型の礫質礫層土壌、灰褐色土壌、黒ボク土等の排水条件の良い水田を除き、大部分の水田で実施することが望ましい。	ほ場内排水溝の設置 深さ：20～30cm 間隔：3～5m
すき床層の膨軟化	耕土内部の粗孔げきを多くし、透水性・通気性の改善を図るために深耕等によりすき床層の膨軟化を図る。 水田の畑利用初期にあたっては、基本的に全ての水田を対象に実施することが望ましい。 特に土性が細粒質及び中粒質ですき床層の形成されやすい土壌条件をもった水田については必ず実施する。	プラウ等による深耕 深さ：15～18cm
捕水きよ(明きよ)	ほ場一筆ごとの個別転作を行う場合、隣接田からの横浸透水及び降雨時の隣接田からの溢流水を防止するため、ほ場の周囲等に捕水きよを設置する。 扇状地等傾斜地で伏流水がある場合には、山側に捕水きよを設置する。	捕水きよの設置 深さ：30cm以上
弾丸暗きよ等(補助暗きよ)	土壌構造の発達那不十分で土壌透水性が不良となっている水田では、弾丸暗きよ、靱がら暗きよ、コルゲート管の設置等の補助暗きよにより、地表面滞留水及び作土層重力水の排除を促進する。 弾丸暗きよ等の施工にあたっては、本暗きよ排水の有無及びその施工状況等を勘案して実施する。	弾丸暗きよ等の施工 深さ：30cm前後 間隔：2～3mが望ましい。
心土破砕	土性が細粒質で速やかな土壌構造の発達ができない水田では、弾丸暗きよ等と併せて、心土破砕により土層に亀裂を作って排水を促進する。	パンブレーカーによる心土破砕 深さ：30cm前後 間隔：1m程度
その他(高畦栽培)	以上のような営農対策でも、なお排水が不良な強グライ土等において栽培しようとする場合には、高畦栽培を行う必要がある。	高畦栽培 高さ：30cm以上

ウ 大豆

(7) 土壌の維持すべき状態

表 2-16 土壌改良目標

項目	目標値
作土の厚さ (cm)	15 以上
地下水位 (cm)	50 以深
粗孔隙 (pF1.5) (%)	10 以上 (耕起前)
pH (H ₂ O)	6.0~7.0
交換性塩基含量	
石灰 (CaO mg/100g)	200~250
苦土 (MgO mg/100g)	25~35
カリ (K ₂ O mg/100g)	20~30
塩基組成	
石灰/苦土 (CaO/MgO) 当量比	3~6
可給態リン酸 (P ₂ O ₅ mg/100g) *Truog 法	10~30

<ほ場の選定>

- a 過乾・過湿のおそれのない地力のあるほ場が望ましい。
- b 栽培適地の土壌条件として、冠水しても半日以内に排水可能であること。
- c ほ場整備直後のほ場は、特に排水性を高めるよう努める。
- d 連作を避け、麦や水稲とのローテーションを図る。
 - (a) 紫斑病、立枯病害、センチュウなどの多発地では連作しない。
 - (b) 麦類や緑肥など、冬作物を導入して連作障害を緩和する。

(イ) 耕起・砕土・整地

耕起・砕土・整地は丁寧に行う。不耕起栽培の場合はこの限りでない。

- a 砕土性が良いと、播種の深さ、覆土の厚さが一定して種子の発芽率が高まり、除草剤の効果も高まる。ただし、播種が深くなりやすいので、播種機の調整を十分に行う
 - (a) 転換畑で土壌水分が高い状態では砕土不良になりやすいので注意を要する。
 - (b) 麦跡や春期に土壌が十分乾燥した状態になると大豆時の砕土はしやすくなる。
- b 土壌条件や水分条件に応じて適応作業機械の選定や作業体系の組み立てをする。

(ウ) 土づくり

大豆は、窒素要求量は高いが施肥効率の低い作物で、窒素施肥だけでは増収は困難であり、地力の消耗も大きいため、堆肥等の施用による窒素肥沃度の向上が重要となる。また根粒における窒素固定にはモリブデンと多量の酸素が要求され、土壌 pH が低いとモリブデンの供給に、土壌の通気性が低いと酸素の供給に支障を生じる。一方で大豆は水の要求量も多く、堆肥等の施用による、

通気性と保水性を兼ね備えた土づくりが必要である。子実に多量に蓄積されるタンパク質の生産にはイオウが必須であるが、堆肥施用にはその供給も期待できる。

- ・ 10a 当たり堆肥 1～2t、稲わらの全量を秋冬期にすき込む。
- ・ 前作が麦の場合も、麦わらは全量すき込む。
- ・ 石灰質または苦土石灰 100～150kg 施用
 - * 土壌 pH を 6.5～7 程度、腐植を 4%程度に高めるよう、石灰質資材や堆肥の施用を継続することは、大豆の収量・品質向上に重要な項目である。

(a) 緑肥作物の利用

緑肥作物の利用にあたっては、有機物としての土づくり効果の持続性や、共通の病害虫が少ないことなど利用目的にあった種類や栽培方法を選択する必要がある。緑肥作物の栽培上の留意点や作物別の特徴などが「ひょうご安心ブランド農産物生産技術マニュアル（水稻編）p.6～10」にまとめられており、大豆栽培における基本的な活用方法にも参考にできる。

<参考>ヘアリーベッチについて

- ・ 水稻同様、すき込み 2 週間後を目安に播種する。梅雨で水分条件が不安定な場合、刈り倒した後すき込まずに置き、無機化の時期を調節する。
- ・ 畑地のため、窒素の無機化は早く、肥効としては 30%程度と想定される。
- ・ すき込み量が少ない場合は、開花期の追肥で調整する。
- ・ 丹波黒大豆では、生草量 3.5t/10a 以上のすき込みを推奨している。
- ・ 大豆はヘアリーベッチと属が違うため、連作障害は出にくいとされている。

また、他に「ヘアリーベッチを利用したダイズ・エダマメ増収技術マニュアル」（農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（平成 24～26 年度）「排水不良転換畑における緑肥作物と穀類補助暗きよによる大豆・エダマメ多収技術の確立」の研究成果をまとめたマニュアル）が作成され、下記アドレスに公開されている。

www.akita-pu.ac.jp/bioresource/dbe/soil/HV_manual.pdf

(I) 排水対策

a 排水対策の留意事項

(a) 排水対策計画にあたっては、排水不良の原因を十分に調べ地域の状況にあった効果的な排水対策の選択・組み合わせを実践する。

(b) 排水不良の主な原因

- ・ 傾斜地での伏流水や平坦地での地下水位上昇等の地形条件
- ・ 排水路側の高低差が小さく、水位差が確保できないほ場条件
- ・ 土壌が粘質で透水性が低い等の土壌条件
- ・ ポンプ排水の能力不足等の排水施設の不備
- ・ 水路に雑草が生えて排水できない等の維持管理不良
- ・ すき床層あるいは下層上部の圧密化による透水不良

(b) 排水対策の方法

麦の項 (p. 35) を参照

麦作後の作付けでは、前作で実施した排水溝等を有効に活用し、作業の効率化を図る。

(オ) 土づくり・施肥の注意点

- ・土づくり肥料として熔リン等を施用している場合は、基肥量からリン酸の施用成分を差し引くこと。
- ・肥沃地では、基肥の窒素は無施用とする。
- ・基肥に被覆尿素を用いる場合は、60～80日溶出シグモイド型が適する。
- ・追肥は生育状態をみて行い、生育が劣る場合は開花期に窒素とカリを各2～4 kg/10a程度追肥するとよい。
- ・大豆は窒素吸収量が他の作物に比べて多く、そのうちの50～70%は根粒菌に依存しているといわれている。しかし、収量水準が高くなると根粒菌への依存度が低くなるので、多収を目指す場合は追肥量を多くするなど増肥する必要がある。

エ 小豆

(7) 土づくり・施肥の注意点

- ・土づくり肥料として、熔リン等を施用している場合は、基肥量からリン酸の施用成分を差し引く。
- ・肥沃地では、基肥の窒素は無施用とする。
- ・追肥は生育状態をみて行い、生育が劣る場合は、開花期に窒素とカリを追肥するとよい。

(2) 野菜

野菜は品目が多いためすべてを網羅する土づくり方針を示すことが困難である。まず畑地、水田転換畑に共通する内容を述べてから水田転換畑、普通畑、施設土壌における注意点を述べる。

ア 共通事項

兵庫県では水田が多く本県農業は稲作中心に展開されてきたが、水田転換畑として畑作物が栽培されることも多い。水田は元来水稻の生産性を向上させる目的で土壌管理が行われてきたため、水田転換畑で畑作物を栽培するにあたっては留意すべきことがいくつかある。また、畑地は生産環境としては劣悪な条件のほか場もあり、土壌改良の必要性は高い。

畑土壌は一般的に酸化的な条件にあり、好氣的な条件で活動する微生物等の働きが活発になり土壌中の有機物の分解が盛んになる。野菜は一般的に生長が早く、養分の吸収量が多いため、多量の施肥が行われるので、土壌の化学性の変化が大きい。また、耕起や管理による土壌への影響も大きく、土づくりが不十分な場合、土壌構造が破壊され単粒構造になりやすい。土壌構造の単粒化は透水性、保水性を低下させ、植物の生長、養分の吸収に大きな影響を与える。

土壌改良の目標は、土壌の持つ肥沃度を高めることである。土壌の肥沃度とは、「植物が生育するための要求、即ち生存の二つの要因（水と養分）を同時に共存して保証しうる土壌の能力」と定義されている。「水はけがよく、しかも水持ちがよい」という相反する条件を同時に満たすことが求められる。ここに関係する要因は極めて多く、かつ、それらの要因は相互に密接な関連を持っている。表2-17に畑、水田転換畑での土壌改良目標値を示す。

表2-17 水田転換畑での土壌改良目標値（野菜）

項目	区分	畑（転換畑の園芸作物も含む）	
		露地	施設
作土の厚さ（耕起後）	（cm）	20 以上	25 以上
主要根群域のち密度	（mm）	10 以下	10 以下
有効土層	（cm）	40 以上	40 以上
地下水位	（cm）	60 以下	60 以下
pH（H ₂ O）		6.0～7.0	6.0～7.0
陽イオン交換容量(CEC)	（me/100g）	12 以上	15 以上
塩基飽和度（%）		70～ 90	70～100
交換性塩基(mg/100g)	石灰(CaO)	200～250	250～300
	苦土(MgO)	25～ 35	35～ 50
	カリ(K ₂ O)	20～ 30	30～ 50
石灰/苦土	（当量比）	3～ 6	3～ 6
可給態リン酸(P ₂ O ₅)	（mg/100g）	30～ 50	50～100
腐植（土壌有機物）	（%）	3～ 5	3～ 5

(7) 土壌の物理性

a 作土層の厚さ

作土とは作物の根が水分や養分吸収のために容易に伸長していくことのできる土層のことで、人為的な耕耘の影響を直接受けた膨軟な部分をいう。畑作物では直根性で根が深くまで入るものが多い。通常は25cm程度、根菜類では30cm以上、ゴボウでは60cm以上が必要である。

適度な作土の厚さを確保するため、必要に応じて深耕用ロータリーやプラウなどで耕起するが、急激に作土を深くすると、下層土の性質によっては肥沃度が低下したり作物の生育が不良となる。同時に堆肥などの有機物を施用して養分を補給することが必要である。

表2-18 望ましい作土層の厚さ (cm)

分 類			作 物 名
望ましい範囲	望ましくない範囲	著しく望ましくない範囲	
26cm以上	16～25cm	15cm以下	かんしょ、ばれいしょ、いんげんまめ、らっかせい、ソラマメ、きゅうり、トマト、なす、かぼちゃ、すいか、メロン、スイートコーン、キャベツ、はくさい、カリフラワー、たまねぎ、レタス、かぶ、にんじん、さといも、こまつな、アスパラガス、セルリー、ふき
31cm以上	16～30cm	15cm以下	こんにゃくいも、てんさい、ピーマン
31cm以上	21～30cm	20cm以下	ほうれんそう、だいこん、ごぼう、にら
41cm以上	21～40cm	20cm以下	ながいも

(農林水産省,1987を改変)

b 主要根群域の最大ち密度

作物の根は山中式硬度計で22mm以下であればよく伸長するが、これ以上になると伸長が妨げられ、24mm以上で透水性も悪くなる。このようなち密層が厚く、粗孔げき率が少ないときには心土破碎が有効である。また、ち密層により根の伸長が妨げられるときには、混層耕によりその層を砕き上下の層と混合する。

表2-19 土壌の硬度と根の伸びおよび簡易判定法

硬度計の数値	粘りと乾湿	指で押したときの判定
10mm以下	干ばつが心配	指で断面を押すとたやすく貫入する
10～15mm	ちょうど適している	指で断面を押すと深い指痕ができる
15～22mm	やや硬いが根は伸びる	指で断面を押すと浅いかあるいはわずかに指痕ができる
22～24mm	根は少し入るが伸びが悪い	指で断面を押しても指痕がつかない
24mm以上	根が入らない。湿害の危険が大	移植ごての先端がかろうじて入る

c 主要根群域の粗孔げき率

粗孔げき率は三相分布を調査すれば把握することができる。厚いち密層が存在するために粗孔げき率が少ない場合は深耕を実施する。また、土壌が細粒質であるために粗孔げき率が少ないときは堆肥などの有機物を施用し団粒化を図る。

d 主要根群域の易有効水分保持能

粗孔げき率が過大で易有効水分保持能が少ない(水もちが悪い)場合はベントナイトなどの粘土質の土壌改良資材を施用する。また、パーライト、泥炭などの保水性に富む土壌改良資材を施用する方法も有効である。

表2-20 水田転換畑および普通畑の土壌の好適な物理性

項 目	条 件	好適な数値
根群の活動を盛んにする 気相率	普通作物・野菜類	20%以上
	とくに好氣的な作物	25%以上
	果 樹	15%以上
根群の伸長に必要な粗孔 げき率	露 地	10%以上
	施 設	13～14%以上
	果 樹	10%以上
根群の張りをよくするための土壌のち密度		20～22mm以下 (山中式硬度計)
根菜の商品価値を高く保つための土壌のち密度		18mm以下
露地野菜栽培の根域土層 の条件	固相率	50%以下 (火山灰土27%以下)
	粗孔げき率	20%以上
	ち密度	18mm以下
露地野菜の必要根群の 深さ	葉茎菜・果菜類	50cm以上
	短根性根菜類	60cm以上
	長根性根菜類	80cm以上
転換畑野菜における地下 水位の必要な深さ	葉茎菜・果菜類	50～60cm以上
	短根性根菜類	80cm以上
	長根性根菜類	120cm以上

表2-21 畑地における土壌生産阻害要因を改良するための対策

阻害要因	対策の種類		改良対策の概要
有効土層の深さ	客 土		粘土の客土
表層の厚さ	深 耕		大型トラクタによる深耕 (プラウ耕)
有効土層の厚さ	土層改良		混層耕、心土破碎の実施
土地の湿り	排 水		明きょ排水、心土破碎
土地の乾き	畑地かんがい		畑地かんがい施設の整備
耕うんの難易、保肥力	有機物施用		堆肥など有機質の多量施用、腐植酸質資材、ゼオライトの施用
交換性塩基含量、酸度	土 づ く り 肥 料 の 施 用	石灰質肥料 苦土肥料	カルシウム、マグネシウムのバランスのとれた施用、カリ肥料の適正施用
可給態リン酸含量、リン酸固定力		リン酸質肥料 有機質資材の施用	リン酸質肥料、有機質資材の施用
傾 斜	傾斜の改善		自然傾斜の軽減、テラスの造成
侵 食	侵食の防止		簡易テラスの造成、マルチ、排水路整備、草生栽培、防風林、防風棚、防風垣などの整備

(静岡県土壌肥料ハンドブック,2014)

(イ) 土壌の化学性

土壌の化学性とは、pHや石灰、苦土、カリなどの土壌に含まれる養分などをひとまとめにしたものである。土壌のpH、EC、塩基含有量等は施肥などに影響を受けてすぐに変化するが、塩基交換容量やリン酸吸収係数は短期間ではあまり変化しない。塩基の施用に関しては、塩基飽和度、塩基バランスに注意する必要がある。塩基飽和度は土壌pHと関係が強い。

a pH、電気伝導度（EC）

表 2-22 作物別の好適 pH

作物名	好適範囲	作物名	好適範囲	作物名	好適範囲
あおうり	6.0～6.8	しろな	6.0～6.5	ねぎ (根深ねぎ)	5.8～7.0
アスパラガス	6.0～7.0	すいか	5.5～6.5	ねぎ (葉ねぎ)	6.0～7.0
いちご	5.5～6.5	だいこん	5.5～6.5	はくさい	6.0～6.5
インゲン	5.5～6.8	大豆	6.0～7.0	ばれいしょ	5.0～6.5
エンドウ	6.5～7.0	タバコ	5.5～7.5	ピーマン	6.0～6.8
かぶ	5.2～6.5	たまねぎ	5.5～6.5	ふき	5.5～6.5
かぼちゃ	5.5～6.5	ちんげんさい	6.0～6.5	ブロッコリー	5.5～6.5
カリフラワー	5.5～6.5	テンサイ	6.5～8.0	ほうれんそう	6.0～7.5
かんしょ	5.5～6.8	スイート コーン	5.5～6.5	みずな	6.0～6.5
キャベツ	6.0～6.8	トマト	6.0～6.5	メロン	6.0～6.8
きゅうり	5.5～6.5	なす	6.0～6.8	やまのいも	5.5～6.5
こまつな	5.5～6.5	なばな	5.5～6.5	ラッカセイ	5.3～6.6
さといも	5.5～6.5	にら	6.0～6.5	レタス	6.0～6.5
しゅんぎく	6.0～6.5	にんじん	5.2～6.5	れんこん	5.5～6.5

表2-23 土壌塩類濃度に対する耐性の目安

耐性	電気伝導度EC (dS/m) の範囲	野菜の種類
強い	1.0～1.5	茎葉菜類(レタス、ねぎ類を除く)、だいこん、かぶ
中程度	0.5～1.0	なす、トマト、きゅうり、ピーマン、スイートコーン、ねぎ類、にんじん、れんこん、いも類、すいか、メロン、あおうり
弱い	0.3～0.5	さやえんどう、えだまめ(黒大豆)、さやいんげん、レタス、たまねぎ、いちご

表2-24 濃度障害が発生する土壌のECと土性との関係（土1：水5，dS/m）

土の種類 (土性)	適正 EC 値		生育障害の起こるEC値		枯死限界のEC値	
	きゅうり	トマト	きゅうり	トマト	きゅうり	トマト
砂土	0.3～0.8	0.3～0.8	1.3～1.6	1.3～1.8	1.6～2.2	1.8～2.2
沖積 埴壌土	0.5～1.0	0.7～1.3	1.6～2.3	1.8～2.3	2.3～2.9	2.3～3.3
腐植質 壤土	0.7～1.5	0.9～1.7	2.1～2.8	2.1～2.8	3.5～	2.8～

注) 土性によっても障害が発生するEC値は異なる。

表2-25 pHおよびECによる施設土壌の類型と改良対策

		EC(1:5)	
		高い	低い
pH(H ₂ O)	高い	肥料や有機質資材の多施用により養分が過剰になっている。土壌診断に基づく減肥と除塩対策を実施する。	塩基成分が多く窒素が少ない場合が多い。硫酸根を含む肥料(硫安、硫酸カリなど)を用いて酸性物質と塩基類のバランスをとる。硫黄華やピートモスによる酸度矯正も可能である。
	低い	硝酸、硫酸、塩素など酸性物質が過剰となっている。石灰質肥料による酸度矯正効果は少ない(硝酸、塩素が多いときはかえってECを上昇させる)。窒素肥料が過多になっていないかに注目し、減肥、多灌水栽培、除塩の順に実施する。硫酸根は水では除去しにくい、熱水を用いると除塩効果が高い。	全体に肥料不足となっている。塩基飽和度が低く、かつ窒素量も少ない。土壌診断に基づく施肥と有機質資材の施用が必要である。

pHの矯正には石灰質資材を中和石灰曲線やアレニウス表に基づき施用量を決定するが(第3章1(2)参照p102)、一度に多量に施用すると野菜の生育不良を起こす可能性があるため注意する。石灰資材の施用時期は、春に定植する野菜の場合は前年秋を基本とし、遅くとも定植の1カ月前までに施用する。一回の施用量は200～300 kg/10aを限度とし、これ以上施用する場合は複数回に分けて施用する。定植の30日前頃に施用する場合は、一回の施用量を少なくする。

リン酸や交換性塩基(石灰、苦土、カリ)の施肥についても同様で、一年目の水田転換や遊休地を活用して野菜を生産する場合、目標とする数値に近づけるため多量に施肥しがちではあるが、野菜に悪影響を与える場合がある。石灰やリン酸、交換性塩基を一度に多量に施肥した場合、塩基間のバランス

が崩れ拮抗作用による吸収抑制が生じたり、局部的に生じる高pHによりマンガ、鉄、ホウ素などの不溶化が生じることがある。また一時的に土壌溶液の浸透圧が高まることで微生物活性が抑制され、硝酸化成速度が低下することがある。堆肥等の有機物を施用すると弊害を緩和する方向に働くが、それ以前に一度に多量の施肥をしないことが肝要である。

イ 水田転換畑における注意点

(7) 水田転換畑の特徴

a 地下水位

水田はもともと地下水位が高い場合が多く、酸素要求量が高い畑作物を栽培すると、しばしば湿害が発生する。したがって、転換畑では明きよなどの排水対策による湿害回避が必須条件となる。ほ場条件によっては、湿害に強い作物の選択や高うね栽培などが必要となる。

表2-26 野菜の適正地下水位

作物名	適正地下水位(cm)
れんこん	通常、湛水条件下で可。
さといも、ねぎ	20cm以下でも収量性は確保できるがサトイモでは20~40cm、ネギでは15~60cmで高収量となる。
なす、スイートコーン	25cm以下で正常に生育する。
レタス、トマト、きゅうり	30cm以下で正常に生育するが、キュウリは高いほど多収。レタスは60cm以下で玉揃いが悪くなる。トマトは60cm以下で尻腐れ果が増加する。
いんげんまめ、ピーマン、すいか	30cm以下で正常に生育する。ピーマンは地下水位が高いところほど疫病が多い。
はくさい、かぼちゃ、いちご、かぶ、えだまめ	30cm以下で正常に生育する。
にんじん(春まき)、ばれいしょ、たまねぎ、やまのいも、キャベツ、らっかせい	40cm以下で正常に生育する。
にんじん(夏まき)、ほうれんそう、カリフラワー、かんしょ、メロン	60cm以下で正常に生育し、品質も安定する。
ごぼう、だいこん、ながいも	1m以下で正常に生育する。ゴボウ、ダイコン、ナガイモは硬盤が存在しないことも必要

(農林水産省, 1987を改変)

b 物理的性質

水田では機械の大型化の影響で耕盤層が形成されていることに加え団粒構造の発達が不十分であり、畑作物の栽培においては排水性が不十分であることが多い。排水不良のほ場は明きよや弾丸暗きよの施工、心土破碎、堆肥等の有機質資材の施用により排水性を改善する。

水田からの転換により土壌は酸化的になり、その程度は転換期間が長いほど進行する。土壌中の鉄が2価から3価に変わることによって、土色は暗褐色から明褐色に変化する。土壌の構造は単粒構造からしだいに団粒構造に変わり、透水性、通気性が増し保水力が低下する。

c 化学的性質

水田では灌漑水からの養分の補給、還元化によるリン酸の可給態化などにより比較的肥沃である。転換畑では微生物の働きが活発になり有機物の分解が促進され、無機態窒素の増加が見られるが、放置すると地力が消耗するため肥沃度は低下に向かう。

また、塩基類が溶脱するため土壌の酸性化が急速に進む。これは肥料に含まれる硝酸態窒素や硫酸根は溶脱の際に石灰や苦土などの塩基を随伴して流亡することが原因である。土壌が酸性に傾くと鉄、マンガン、ホウ素などの微量元素が溶出しやすくなり、これらの過剰症が出やすくなる。

d 生物的性質

転換畑では酸化条件になるので、微生物層も嫌気的な条件化の水田とは大きく異なる。転換当初のほ場では根粒菌が少ないことが多く、ダイズやマメ科作物を栽培するときは根粒菌の接種を行うか、窒素肥料の施用で補う必要がある。また、硝酸化成菌も少ないことがあるので、土壌の乾燥促進とともに堆肥の施用が効果的である。

表2-27 水田と畑の微生物相の特徴

微生物の種類	水田土壌	畑土壌
細菌	嫌気性細菌(脱窒菌、メタン生成菌など)が多い	好気性細菌(硝酸化成菌など)が多い
糸状菌	少ない	多い
放線菌	少ない	多い
センチュウ	少ない	多い
土壌病害	少ない	多い
雑草	少ない	多い

ウ 水田転換畑の土壌改良対策

水田を畑として利用するためには、排水を中心とした対策が必要であるが、転換にともなう土壌の変化や土壌の種類によって対策の内容は異なる(表2-28)。

(7) 転換1年目

- a 地下水位を30cm以下(対象作物によっては50cm以下)に保つため、明きよ(必要であれば暗きよ)の施工を行う。また、排水溝の整備により表面排水の促進を図る。
- b リン酸吸収係数の少なくとも2.5~3%相当のリン酸質肥料を施用する。
- c 栽培品目の適正なpHになるよう石灰質肥料の施用を行う。
- d 土壌の団粒化を促進するため有機質資材の施用を行うが、当初は微生物相が貧弱であるので、良質な完熟堆肥を施用する。

(イ) 転換2年目以降

- a 年数が経過するにしたがって地力の消耗が進むので、堆肥や有機質資材を施用する。
- b 塩基類の流亡が進行するので、石灰質肥料や苦土質肥料の施用を行う。
- c 土壌が常に酸化状態にあるとリン酸の固定が進むので、リン酸質肥料を施用する。
- d 深耕により有効土層を増加させ、通気性、排水性の改良を行う。

(ウ) 微生物相改善の考え方

種々の微生物資材が市販されているが、自然状態での微生物相は極めて多様であり、特定の微生物の接種によって改善を図ることは困難である。通気性、土壌反応、基質の補給(微生物のエネルギー源となる有機物など)などにより、土壌条件の改善を図ることが微生物相改善の近道である。

表2-28 土壌の種類別にみた転作水田での転換対策

土壌 類型	畑利用の可能性		必要な転換対策					
	個別	集団	排水溝	すき床層 の軟化	捕水 きよ	弾丸 暗きよ	心土 破碎	その他
多湿 黒ボク土	可	可	必要	必要	条件付	条件付	—	高うね
黒ボク グライ土	難	可	必要	—	必要	必要	—	高うね
灰色 台地土	条件付	可	必要	必要	—	必要	—	—
黄色土・ 赤色土	可	可	必要	条件付	—	必要	必要	—
灰色 低地土	条件付	可	必要	必要	条件付	必要	必要	遮水壁
グライ土	条件付	可	必要	必要	必要	必要	必要	深耕・ 高うね
黒泥土	条件付	可	—	—	必要	必要	—	高うね
泥炭土	条件付	可	—	—	—	—	—	客土

条件付： 条件付で可能、もしくは条件付で必要

エ 普通畑における注意点

(7) 土壌侵食対策

畑土壌は水田転換畑に比べ土壌侵食を受けやすい。土壌侵食には風による風食、水による水食がある。風食は3 m/秒以上の風が連続して吹く条件下で起こり、北海道、岩手県、栃木県の畑作地帯で発生が多い。水食は傾斜地の畑で発生しやすく、雨水や融雪水が薄い層状に流れて表面を一様に侵食する面状侵食、小さな溝状に侵食するリル侵食、リル侵食が放置され小さな溝が谷状の溝に発達したガリ侵食がある。水食の発生と進行には気象因子（降雨の量、強度、継続時間）、地形因子（傾斜の緩急、斜面長の長短、斜面の方向）、土壌因子（雨水の浸透性、流去水の掃流力に対する抵抗力）が関連する。

風食対策には防風林や防風網の設置が有効である。傾斜畑での水食対策には、雨滴による土壌分散の回避、雨水の浸透性向上、地表を流れる流去水の制御が基本である。具体的な手法としては等高線栽培（等高線に沿って畝を立て作物を栽培する方法）、牧草帯の設置（畑作物15～20mごとに1～2mの牧草帯を設置）、作付体系の改善（侵食しやすい裸地状態を避ける）がある。牧草帯の設置や作付体系に緑肥を導入して裸地状態を避けることは、すき込み後に耐水性団粒の生成促進、地力増進にも効果がある。

(イ) 黒ボク土での注意点

黒ボク土は関東以北や九州の火山の東側に位置する台地・丘陵地などの緩傾斜地に広く分布する土壌である。本県では主に但馬に分布し、但馬では神鍋山のある豊岡市日高町、鉢伏山周辺の養父市関宮町と八鹿町、北播磨では西脇市、多可郡を流れる杉原川の河岸沖積地、西播磨では市川の上中流の神崎郡、姫路市北部、揖保川上流の宍粟市一宮町の河岸沖積地、淡路では南あわじ市三原町と南淡町の中位段丘に分布している。

黒ボク土は一般的に非晶質アロフェンという粘土鉱物で構成されており、ケイ酸が少なくアルミニウムが多い。表層ではアルミニウムに腐植が結合して団粒構造を形成している。軽い土壌で透水性などの物理性に優れるため野菜栽培には適しているが、リン酸を強く固定するのでリン酸欠乏が発生しやすい。土壌のリン酸吸収係数が1,500以上の土が黒ボク土に分類される（三次案）。リン酸肥料を施肥することにより土壌物理性を活かした生産性の高い畑土壌へ改良することができる。

黒ボク土は塩基成分の保持力が弱く酸性化しやすい。土壌が酸性化すると活性アルミニウムの溶出が増加してリン酸固定力が増すため、石灰質資材の施用により適切なpHを維持する。

オ 施設土壌の特徴

(7) 化学的性質

施設栽培では高収益性の作物が連続的に栽培され、高度な土地利用が行われている。当然、施肥量や堆肥の施用量も多くなる。さらに施設内では降雨

の影響が少なく、しかも高温となって水分の蒸発散量も多くなる。これにもなって毛細管現象で土壌水分の動きは上向きとなり、土壌中の養分は溶脱することなく土壌の表層に集積しやすい。肥料や堆肥に由来する硝酸イオンや硫酸イオンはカルシウム、カリウム、マグネシウムなどの塩基類と結合して塩となり、土壌表面に析出することもある。このような土壌ではECが高く、作物の生育は不良となる。

また、施設内は換気が悪いため多量の窒素肥料や未熟有機物を施用すると、アンモニアや亜硝酸がガス化して作物に障害を与えることがある。

(イ) 物理的性質

施設土壌では物理性はあまり問題にならないが、水田埋め立てなどの造成地に作られた施設では、造成時の大型機械の踏圧により硬盤が形成されて物理性が悪化しているほ場がある。また、水田転換畑を利用した簡易施設では、水田転換畑と共通の問題点が見出される。

堆肥等の有機質資材の施用は土壌団粒の発達を促し、排水性および保水性の改善に役立つが、過剰に連用した場合は有機物中の疎水基が水をはじき生育不良となることがあるので注意する。土壌撥水による生育不良は熱水土壌消毒、太陽熱消毒の際に、土が乾きすぎることによって発生しやすく、①腐植が多い、②砂質土壌では発生を助長する。土壌消毒の際に含水率15%程度に保つことで撥水による悪影響を抑制することができる。

カ 施設土壌の改良対策

(ア) 除塩対策

塩類が集積した土壌では塩類除去対策が必要となる。灌漑水量を増加する程度ではある程度の障害の軽減にはなっても根本的な解決にはならない。除塩の方法については以下のものがある。

a 水による除塩

塩類が集積しやすく、また連作により障害が発生しやすい施設栽培地帯において施設に水をためる湛水処理が行われている。湛水処理による除塩の効果は塩類の水への溶けやすさによって変わるため、成分によって効果が異なる。EC、硝酸態窒素を下げる効果が大きく、次いでカリに対して効果が大きい。リン酸、石灰、苦土に対する効果は少ない。湛水除塩では地下水などへの影響が懸念される地域では注意が必要である。

b クリーニングクロープによる除塩

土壌中に集積する塩類のうち、その大部分は作物養分でもあることから、洗い流してしまうよりは作物に吸着させる方が環境負荷の観点からは望ましい。そこで、休閑期を利用して吸肥力の強い作物を栽培し、残った成分を吸収させる方法が行われている。

最も一般的なのは、有機物源として休閑期にイネ科作物を栽培し、それを再び土壌に還元する方法である。生育が旺盛なソルゴーやトウモロコシ

などがよく用いられる。ソルゴーやトウモロコシは窒素、カリウムの吸収力が強く、クリーニングクroppとしての効果はEC、硝酸態窒素、カリにおいて現れやすく、リン酸、石灰、苦土では効果が劣る。

この方法は湛水除塩と同程度の効果が認められているが、イネ科作物の栽培期間が長く、収益性が低下してしまうなどの課題がある。

c 高炭素率有機物の施用による除塩

土壌に有機物が施用され、適当な温度と水分があると、土壌中の微生物の働きで、この有機物を分解する。このときの有機物中の成分組成は、微生物体に合成されるものとエネルギーとして消費されるものを合計すると窒素1に対して炭素15(土壌によって差がある)の比率が適当である。もしこの比率より炭素が多い時は、不足する窒素を土壌中からとるので、土壌中の窒素濃度は低下する。

ナタネかす、綿実かすなどは炭素率(窒素に対する炭素の比率)が6~7で、15よりもはるかに低い。したがって、分解により過剰の窒素は放出されることになる。これに対して、稲わらは炭素率が60前後と著しく高いために、土壌中の窒素が奪われることになる。ハウスのように土壌中に過剰の窒素が含まれているところで稲わらを施用すると大きな除塩効果が現れる。

d 天地返しによる除塩

土壌中の塩類は地表に近い層により多く集積し、作物の根に障害を与える。したがって、休閑期に深耕し、表層の塩類を下層に入れ、作土層の塩類濃度を下げる。この方法は施設内からの塩類除去には役立たないが、塩類が下層に混ざって希釈される効果は大きく、深耕によって水の縦浸透が良好となる。多量灌水した時に下層まで水が動くという副次的効果も重なって、作物の生育に好影響を与える。

e 耕土の取り替え

施設栽培での土壌管理の原点であるが、大規模経営においては、一部の温室メロン栽培などを除きほとんど不可能である。諸外国では土を動かさずに、逆にハウスそのものを動かす移動式温室も考えられているが、耕地の狭い我が国での導入は困難である。

f 熱水処理による除塩効果

最も一般的に行われている除塩技術は水によるものであるが、水温が上昇すると一般に塩類の溶解度が高くなり、より高い除塩効果が期待できる。熱水処理により、土壌のpHは高くなり、EC、硝酸態窒素、リン酸、塩素、硫酸根は低下する。土壌コロイド表面はマイナスの荷電であるため、陽イオンの養分は土壌に吸着しているが、陰イオンの硝酸態窒素などは流れやすい。熱水処理には除塩効果以外に、病虫害防除効果や雑草防除効果が期待できる。しかしながら、熱水処理により多量の硝酸態窒素などを作土層から取り除く場合には、地下水や河川等への環境汚染が懸念される。したがって、これからはその点も考慮に入れた熱水処理量の設定が必要となる。

表2-29 熱水処理が土壌の化学性に及ぼす影響

処 理		土 層	土 壌 の 化 学 性					
温度	水量		pH	EC	硝酸態窒素	リン酸	塩素	硫酸根
℃	l/m ²			dS/m	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
無処理		—	6.8	1.4	28.0	7.0	14.4	244.3
90	50	上	7.2	0.58	1.1	5.9	2.1	87.9
		中	7.1	1.14	10.1	4.9	7.1	211.0
		下	6.8	1.6	67.9	6.6	17.5	266.7
90	100	上	7.4	0.22	0.24	5.8	2.4	19.2
		中	7.2	0.70	0.31	5.9	1.1	149.0
		下	7.1	1.3	0.18	4.7	10.8	255.3
90	200	上	7.5	0.16	0.00	4.6	0.39	4.0
		中	7.4	0.27	0.00	3.7	0.58	23.8
		下	7.2	0.64	0.05	2.3	0.87	78.2
80	100	上	7.4	0.23	0.33	5.7	1.1	29.6
		中	7.5	0.43	0.41	5.6	1.8	95.9
		下	7.2	0.92	0.53	4.5	7.0	242.5
30	100	上	7.0	0.59	16.0	6.6	1.9	59.0
		中	7.0	0.64	15.1	5.5	2.2	108.1
		下	7.0	1.2	14.4	4.2	10.7	283.4

使用土壌の水分含量：24.8%

土層 上：0～10cm 中：10～20cm 下：20～30cm

キ 施設土壌のガス障害

生ふん尿や未熟な堆肥、窒素成分が多い有機質肥料(鶏ふんなど)を多量に施用すると、土壌中で易分解性成分が急激に分解されて、アンモニアが生じる。土壌のpHがアルカリ性だと、アンモニアがガスとして揮散する。施設園芸ではガスの拡散が行われないため、窒素の無駄になるだけでなく作物の葉などに障害をもたらすことがある。また、露地栽培であっても畝全体にマルチングをした場合に、ガス化したアンモニアが植え穴付近から排出されて障害が発生することもある。この反応は有機物と尿素を多量に施用した場合に起こりやすい。

低温期で土壌水分が多く酸性が強い条件だと硝酸化成菌の活動が抑制され、亜硝酸ガスによる障害が出ることもある。やはり有機物と尿素の多量施用で起こりやすい。春先の施設園芸では要注意である(図2-7)。

(ア) 対 策

- a 急激な分解によるアンモニアの発生は、高温期では約2週間で減少するので、C/N比が高い未熟有機物を施用した場合は播種または植付けまで充分期間をとる。これは尿素を多量施用したときも同様である。
- b 土壌pHを確認するとともに未熟な有機物を施用しない。
- c 亜硝酸ガスの害は施設のビニールに付着している露滴のpHを測定し(表2-30)、pHが5.4以下であれば炭カルなどで土壌の酸度矯正を行うか、硝酸化成抑制剤を施用する。
- d 亜硝酸対策としては、多量の灌水などで塩類を洗い流すのも有効である。
- e アンモニアガス、亜硝酸ガスともに、換気が悪い施設内で発生する。窒素施肥の直後はとくに換気に注意し、障害の発生を未然に防止する。

表2-30 露滴のpHによる判定（高知農技研 一部改変）

露滴のpH	判定
7.0以上	アンモニアの発生が優勢
7.0～6.2	窒素ガスの発生がないか、アンモニアと亜硝酸が同量発生。障害は起こりにくい。
6.2～5.6	亜硝酸が発生し始めている恐れがある。
5.6～4.6	抵抗性が弱い作物では障害が出始める。
4.6以下	ほとんどの作物で亜硝酸ガス障害が発生する恐れがある。

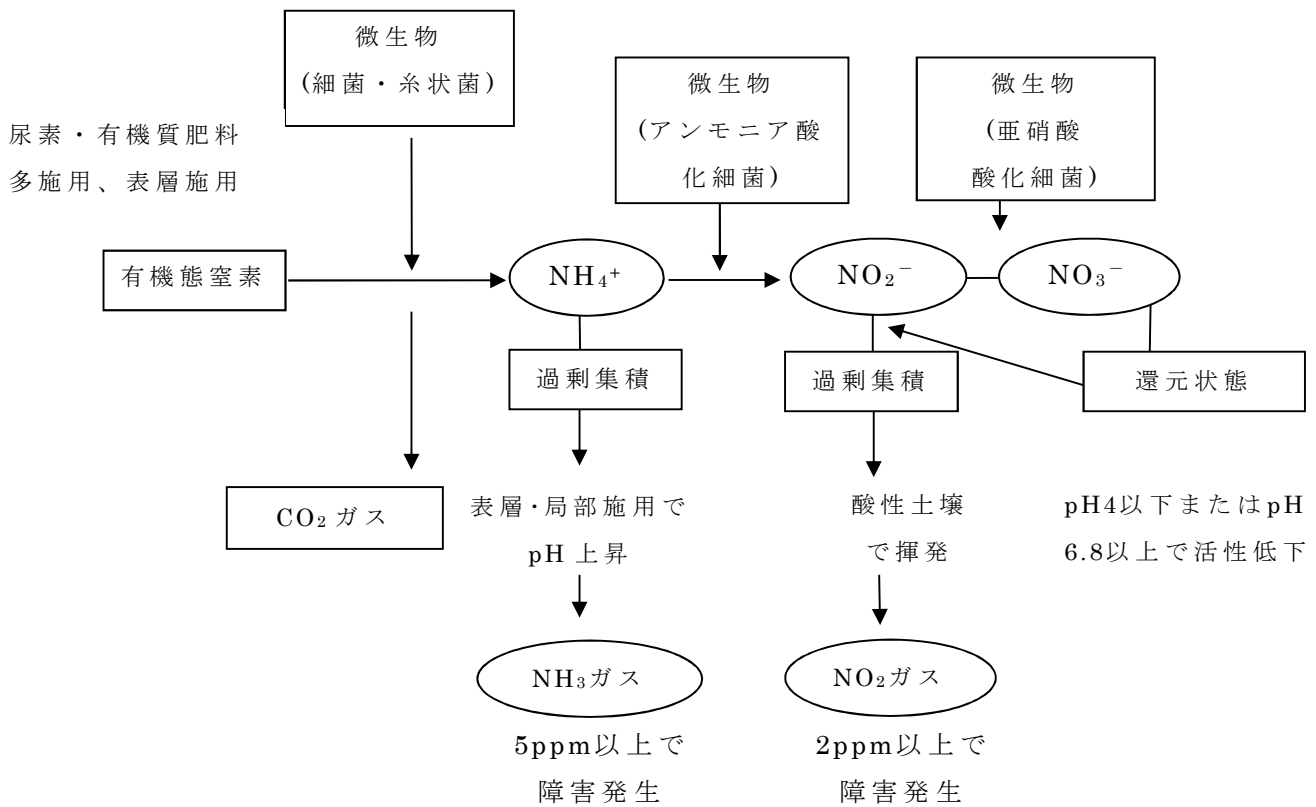


図2-7 アンモニアガス、亜硝酸ガスの発生メカニズム

(3) 果樹

ア 畑地

(ア) 土壌の維持すべき状態

永年作物の果樹において高品質果実を安定生産するには、それぞれの樹種の物理的、化学的に適した土壌条件を維持する必要がある。近年、気象変動が著しく、果樹の生育や収量、品質への影響も大きくなっており、土づくりの重要性が増している。

土壌の深い部分の改良は苗木の植栽前でないと十分に実施できないことから、事前に土壌調査などを行って改良しておくことが望ましい。栽培開始後は栽培者の踏圧やスピードスプレーヤー、運搬車など機械類の走行による土壌の圧密化により、経年的に物理性が不良となりやすい。このため土壌や地上部の生育状況を観察して、部分的な改良を計画的に行う。

一方、近年堆肥等の有機質資材の利用が増えていることから、土壌 pH が適正值より高くなり、リン酸やカリが過剰になる事例もみられる。このため生育状況の観察や定期的な土壌診断を行い、合理的に施肥することが重要である。

表 2-31 土壌の維持すべき目標値

項目	ぶどう	いちじく	くり	なし	かんきつ
主要根群域の厚さ (cm)	30 以上	30 以上	40 以上	40 以上	30 以上
根域の厚さ (cm)	50 以上	50 以上	60 以上	70 以上	60 以上
地下水位 (cm)	80 以下	100 以下	100 以下	100 以下	100 以下
ち密度 (mm)	20 以下	22 以下	22 以下	20 以下	20 以下
粗孔隙 (%)	12 以上	15 以上	15 以上	10 以上	15 以上
腐植 (%)	2 以上	3~5	2 以上	3 以上	2 以上
pH (H ₂ O)	6.0~7.0	6.0~6.8	5.0~5.5	5.5~6.5	5.5~6.5
塩基飽和度 (%)	70~100	80~95	35~50	50~70	50~80
石灰/苦土当量比	3~6	3~6	4~7	6~6.5	4~8
苦土/カリ当量比	2 以上	2~4	2~5	2 以上	2~6
可給態リン酸 (Truog 法) (mg/100g)	10 以上	30~50	5 以上	20 以上	20 以上

注) 果樹園の土壌診断基準 (果樹試験場 1985) から、イチジクの主要根群域と根域の厚さ以外は愛知県、福岡県の土壌診断基準から。

(イ) 土づくり

a 家畜ふん堆肥の施用方法

果樹園土壌における良質の家畜ふん堆肥の利用は土壌の物理性、化学性、生物性の改良に有効であり、コスト的にも望ましい。しかし、堆肥施用により施肥量が適正量を超えた場合、特に窒素過剰は新梢の徒長や果実品質の低下、病害の発生、耐凍性の低下などを招く。このため、堆肥の施用量に合わせて化成肥料などの施用量は削減する必要がある。

堆肥施用は基本的に作業時間に余裕があり、樹体の休眠期である冬季を中心にを行う。堆肥中の成分の無機化は気温が上昇する夏季に盛んになるため、この時期に成熟期を迎える樹種では施用時期や量に留意する。また、施用は深耕や中耕と合わせて行い、根域土壌と混和することが望ましい。この場合、既存樹の断根量が多くならないように注意する。

表 2-32 有機質資材の施用方法

樹種	施用法	施用量	備考
ぶどう	10～12月	1～2t/10a	畝の肩を耕して施用後、畝を立て直し全面改良（天地返し）の場合 10t
いちじく	12月	1～2t/10a	
くり	1～2月	2～3t/10a	
なし	10月下旬～11月中旬	2～3t/10a	
かんきつ	1～2月	2～3t/10a	

注) 牛糞堆肥の施用を基本とし、他の資材の場合は成分含量、肥効率を考慮して施用量を決める。

【留意事項】

家畜ふん尿にオガクズを混合した場合は、十分に腐熟して堆肥化したものを施用する（6か月程度堆積発酵したものがよい）。

鶏ふんは肥料効果が高いので、土づくり資材よりむしろ肥料として利用する。

注) 果樹園の土壌診断基準（果樹試験場 1985）から、イチジクの主要根群域と根域の厚さ以外は愛知県、福岡県の土壌診断基準から。

b 草生栽培

樹冠下に特定の草種や雑草を生育させることにより、その有機物の土壌への還元と草の根群により物理性の改善を図る。また、傾斜地に多い果樹園では雨による土壌、特に表層の肥沃な土壌の流亡防止にも役立つ。

反面、果樹との養水分の競合や病害虫の発生を助長する事例もあり、注意して管理する必要がある。その対策として樹冠下や樹幹周辺を清耕として他を草生とする部分草生を行い、刈草等を樹冠下にマルチする方法がある。



写真 2-2a 生育期のナギナタガヤ



写真 2-2b 枯死後のナギナタガヤ

表 2-33 草生栽培の主な草種の特徴

草種	草高 (cm)	乾物生産量 (kg/10 a)	管理	特徴
イタリアンライグラス (イネ科)	高	400~600	播種 3~4 月および 9 月中旬~11 月上旬、播種量 3~4 kg/10 a	低温や多湿でも生育、倒伏しにくい。
ナギナタガヤ (イネ科)	中	400~500	播種 9 月中旬~10 月下旬、播種量 2~3 kg/10 a	5 月頃枯死し、倒伏、マルチ状となるが滑りやすい。
ヘアリーベッチ (マメ科)	中	300~600	播種 9 月中旬~11 月上旬、播種量 3~5 kg/10 a	窒素固定 (10~15 kg/10 a)、アレロパシーで雑草抑制、日陰でも生育、湿害に弱い、つる性で作業の妨げとなる場合もある。アザミウマ類の発生に注意する。

注) 草高: (中) 30~50 cm (高) 50 cm 以上

c 深耕の実施（有効土層の確保）

降水量の変動が著しい気象条件で高品質安定生産を図るには、各樹種に必要な有効土層を確保、維持することが重要である。逆に岩盤や鍍床等があり根群が浅い場合には干ばつの影響を受けやすい。また、造成地では不透水層があり、地下水位が高い部分では生育が不良となり果実収量や品質も劣る。そのため深耕により土壌を軟らかくし、孔隙率（気相＋液相）の高い状態を維持して、根群の発達を促す。

植付け前には十分に深耕を実施できるが、定植後は既存樹の根を多く切断すると生育への影響が大きくなるので、数年計画で部分的（タコツボ状、放射状、条溝）に実施することが望まれる（図 2-8）。また、深耕の効果を維持するには有機質資材や改良資材（パーライトなど）も投入する。

深耕はトレンチャー、油圧ショベル、オーガーなどで行う。なお、水の確保が可能であれば動力噴霧機（25kg f/cm²以上）と専用ノズルを用いたボーリング処理が排水性の確保等に効果的である（樹冠面積 1 m²あたり 1 穴、処理後は改良資材を投入する）。



写真 2-3 ボーリング処理

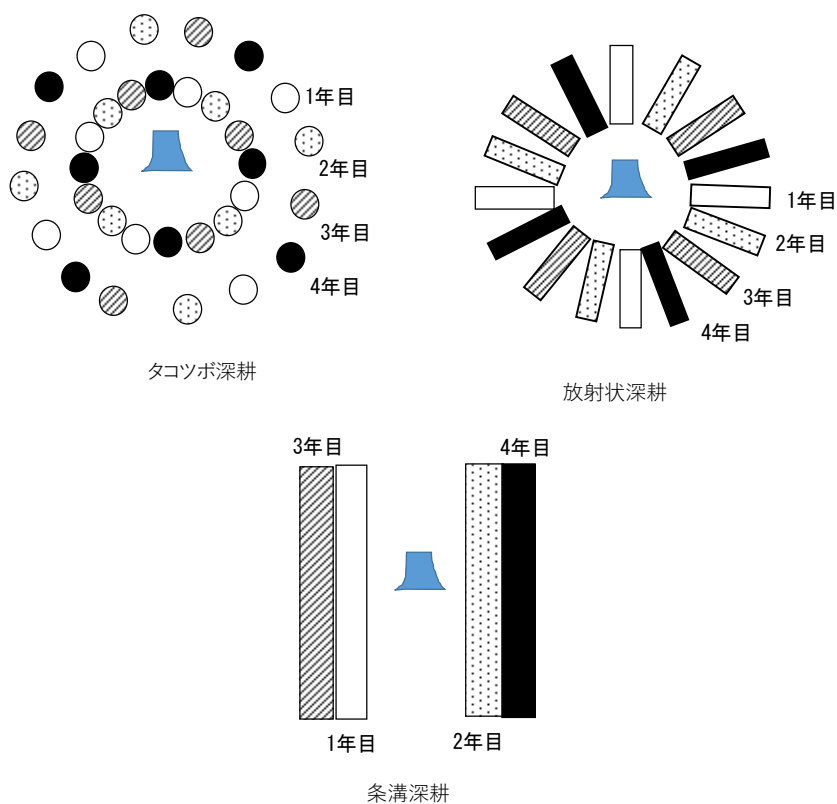


図 2-8 深耕の方法（例）

d 排水対策

畑地や山林でも部分的に排水不良の場所や伏流水が地表近くを流れる場合がある。また、造成地では場所により岩盤があり、重機による圧密化で不透水層ができる場合があり、排水対策が必要な場合がある。排水対策は、次の水田転換園の項を参考に実施する。

イ 水田転換園

果樹園土壌としての重要条件は、排水がよく適度の保水性があり、根が深くかつ広範囲に分布できることである。果樹の生育や生産性は表土の種類や性質より、下層土の状態に左右され、ほとんどの果樹は排水不良、すなわち湿害に弱い。そのため、湛水することを前提に鋤床層を突き固めた水田土壌は、基本的に果樹栽培に不向きである。しかしながら、いちじくのようにそのほとんどが水田転換園に植栽されている種類もあり、増加する転作や各地の地域活性化の動きの中で、果樹園としての取り組みが必要とされる事例も数多く出てきている。こうした中、安定生産のためには、できる限りの排水対策を取ることが重要である。

(7) 排水不良の原因とチェックポイント

a 土壌の性質による排水不良

土壌は種類によって透水性が異なる。一般に粘土質土壌は排水が悪く、砂質土壌は排水がよい。表 2-34 は触感による土壌種類の判断基準を示したものである。砂土、壤土では、ほ場周囲の排水条件を整備すればよいが、粘質の埴壤土、埴土では、直接ほ場に何らかの排水対策を取らなければならない。粘質土の多い兵庫県ではこのような条件がかなり多く、果樹園の開園には何らかの排水対策が必要である。

表 2-34 土壌の種類と触感判断

種類	触感判断
砂土	ざらざらとした触感があり、粘りがない
砂壤土	ざらざらしているが粘りもある
埴壤土	粘りが多く、指間に抵抗を感じる
埴土	こねるとひも状に細長くなる

b 地形による排水不良

干拓地などの標高の低い水田は概してほ場の地下水位が高く、排水が悪い。これに対して傾斜地水田は下流に自然排水できる地形であるため、一般に排水がよい。しかし、伏流水が地下にある場所などでは湧水がひどく、排水が悪くなる。山に囲まれた谷地田などでよく見られる。

c 周りのほ場条件による排水不良

ほ場の周囲が水田に取り囲まれ、周囲の水田から水が浸入してくる場合がある（写真 2-4）。また、ほ場に接した排水路の水位が高い場合や、極端な場合では流れ出る水路が全くなく、排水が不可能なほ場もある。周囲のほ場もよく観察しておく。



写真 2-4 上段の水田から園内に浸入した漏水

d 基盤整備による排水不良

基盤整備時の各種機械の走行による土壌の踏み固めやキャタピラ、車輪による土壌の練り返しは、物理性と透水性を悪化させる。ほ場基盤整備後、すぐに開園する場合には特に注意を要する。

(イ) 排水対策の種類と留意点

水田転換園における排水方法を検討する場合、まず、園内の水が速やかに園外に排出されることが基本である。園外の周囲に必ず排水路が確保できるか、園の排水口の高さより低い位置（20cm 以下）に排水路があるかを十分に確認する。水田転換園の排水口は稲作用では浅すぎる。園の畝の谷や排水溝、明きよの深さに合わせて排水口を作り直す必要がある。



写真 2-5a 園外縁部に掘られた明きよ
ともにいちじく園



写真 2-5b 高畝栽培の例

まわりが水田で囲まれていると、伏流水によって地下水位が上がる。水の浸入を遮断する明きよ（承水溝）を園の外縁部に掘っておく（写真 2-5a）。さらには高うねとし、うねの谷も排水路として使用する（写真 2-5b）。粘土質のほ場で、排水不良となりやすい地域では特にうねを高くし、客土するなど有効土

層の確保に努める。

再度水田に戻すことが視野にある場合には、これらの高うね、明きよのみで対応するが、そうでない場合にはできるだけ暗きよを設置しておきたい（写真2-2(3)の7）。

暗きよの設置は、まず溝を各うねの直下にトレンチャーなどでまっすぐに勾配をつけて掘り、そのまま園外に水が排出できるようにする。深さは排水路の水位にもよるが、うねの表面から60～80 cm程度欲しい。溝の底には砕石を敷き詰め、その上に排水管を並べる。排水管に使用する資材は直径5～10 cm程度のコルゲート管や塩ビ・ポリ有孔管が耐久性に優れる。排水管のまわりには目詰まりしないように砕石や荒砂を敷き詰め、さらに土壌改良資材を入れた真砂土などで埋め戻す。

一般的にはまず明きよによるほ場排水を検討し、それでも不十分な場合に暗きよ排水を考える。しかし、排水の悪い本県のような土壌では、最初から暗きよを設置することが望ましい。また、明きよや暗きよの効果を高めるためには、地域排水の取り組みも重要である。果樹においてもほ場を団地化することが望ましい。



写真 2-7 暗きよ、明きよを整備したイチジク園

(ウ) その他の留意点

a 開園前の土壌管理

植え付け後の土壌改良は困難なので植え付け前の11～12月に10a当たり3～10tの完熟堆肥と苦土石灰を10a当たり200～300kg、ようりんを100kg程度すき込む。なお、ブルーベリーは酸性土壌を好むため、これらの資材は施用せず無調整ピートモス(pH4.0前後)を株当たり約100L、土壌pHが6以上なら硫黄華を10a当たり60kg程度施用する。

完熟堆肥の投入はカキなどでは多めでもよいが、徒長しやすいいちじく、

大粒系ぶどう、ももなどは施用しないか控えめにする。これらの樹種では鶏糞などの窒素肥料も避ける。

水田転換園の場合、開園時には乾土効果により地力窒素の発現量が顕著に増加するため、多くの樹種は開園後数年間、徒長気味の生育をすることが多い。そのため、石灰質資材以外の肥料はほとんど不要である。

再度水田に戻さなければ水田の耕盤を破り、60 cm程度に有効土層を深めておく。これを「床破り」といい、明きよ、暗きよの施工時にあわせて行う。床破りには大型バックホーを使用するが、ブルドーザーは心土が締まるので不適當である。また、下層土は酸性土壌のため苦土石灰、ようりんはやや多めに施用する。上層の作土と下層の心土を反転することは、生育が悪くなりやすいので避けるべきである。

b 開園後の土壌管理

(a) マルチ

水田転換園の果樹は総じて根が浅くなりやすいため、敷わらなどでマルチする。敷わらは土壌の乾燥防止、夏季の地温上昇の抑制による根の老化防止、雑草抑制、雨滴のはね返り防止による病害の発生予防、有機物の補給などの効果がある。ただし、あまり早春からマルチすると地温の上昇抑制による生育遅延、凍害を招く。また、根がさらに浅くなり、かえって乾湿の変動に弱くなる危険性もある。近年稲わらの確保は難しいが、できれば1.5～2 t/10a程度は投入したい。

(b) 客土

有効土層が少ない園や樹勢の衰えた園では、山土を客土する。冬季、基肥施用後に10～20 t/10a程度、畝の上に投入する。これを3年程度継続する。山土は森林の表土など粗大有機物の多い場合は、白紋羽病などの危険があるので利用を避け、代わりに真砂土などを使う。これらの土壌も酸性である場合が多いため、苦土石灰を10 a当たり200～300 kg、ようりんを100 kg程度すき込む。

(c) 表面耕起

いちじくなどは断根への影響を懸念してあまり中耕は行われませんが、栽培年数が経つにしたがって畝が踏み固められ、土壌の物理性は悪くなる。また、石灰の施用によって表層のみpHが高くなる。そこで樹勢の衰え始めた園を対象に、休眠期の11月下旬～2月、畝の肩の部位を中心に表面耕起を行い、完熟堆肥(2～3 t/10a)、腐熟した稲わら(マルチ材料)や土壌改良資材(苦土石灰約100 kg/10a、ようりん約40 kg/10a)を同時にすき込む。

耕起する深さは10 cm程度とし、主幹近くは太い根を傷めるので避ける。太い根を切った場合は、せん定バサミで切断面を切り戻し、なめらかにして新根の再生を促す。畝の片側を2年に1回交互に耕起し、1樹当たりの断根量は20%程度にとどめる。耕起後は再度谷上げを行って元の高畝に戻す(図2-9)。

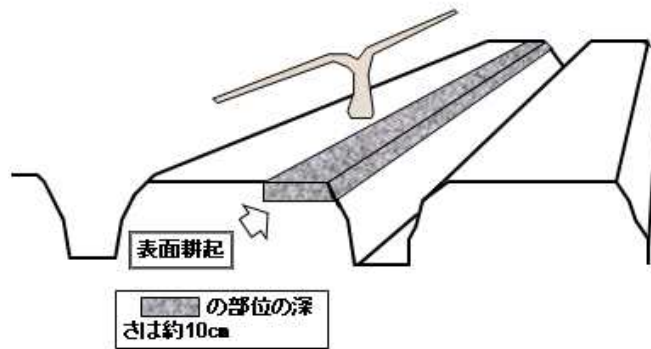


図 2-9 表面耕起による土づくりの例

c かん水施設の整備

排水対策とは一見相反する事項であるが、硬い耕盤、高い地下水位などが原因で水田転換園の果樹は総じて根が浅い。このため、梅雨明け後の急激な高温乾燥に弱く、他の果樹園より干ばつを受ける危険性が高い。かん水方法は、畝間かん水よりもパイプやチューブかん水（写真 2-8）が効率よく、かつ効果的に行うことができる。



写真 2-8 いちじく園のチューブかん水

d 樹種、台木の選択

耐水性のある樹種、台木を選択する。果樹の根は生育期に過剰な土壤水分状態が続くと通気不良となり、生育が著しく阻害される。根の耐水性は果樹の種類や台木によってかなり異なる。かき、ぶどうは耐水性が強く、なし、りんごも比較的強い樹種とされているが、りんごのM系台木(わい性台木)は耐水性が弱い。いちじく、もも、おうとう、かんきつ類は耐水性の弱いグループに属する。各樹種間の耐水性は表 2-35 のとおりである。

表 2-35 果樹の樹種間の耐水性比較（板倉 1956）

調 査 者	耐水性の強弱
藤村ら（1934）	モモ<ナシ
森（1946）	モモ<カラタチ台温州<日本ナシ
小林ら（1949）	モモ・イチジク<ナシ<ブドウ・カキ
森田（1949）	モモ・オウトウ・イチジク<ナシ<カキ・カラタチ・ユズ
須佐ら（1952）定森ら（1952）	マメガキ<ミツバカイドウ<マルバカイドウ<ブドウ
林ら（1953）	モモ<イチジク<ナシ<ブドウ・カキ
大畑（1953）松本（1951）	ユズ<カラタチ
細井（1953）	ヤマナシ<マンシュウマメナシ

e クリの凍害対策

クリの凍害は幼木期に発生しやすく、気象条件とともに園の土壌条件により発生程度が大きく異なる。水田転換園や造成地のように土壌の排水性が劣る場合、凍害発生リスクが高まることから、新植前には土壌改良を徹底する。詳しくは「クリ凍害の危険度判定指標と対策技術マニュアル」（県立農林水産技術総合センターのホームページ（下記アドレス）を参照する。

<http://hyogo-nourinsuisangc.jp/kuritougai/index1.html>

第3 土づくり資材の特徴（施用方法）

(1) 有機質資材（堆肥等）・肥料

有機質資材と有機質肥料を明確に分ける境界線はないが、ここでは、従来から土づくりのために施用されてきたもの、及び堆肥化の材料として使われてきたものを有機質資材とする。一方、無機化学肥料に代わって肥料として施用されるものを有機質肥料とする。例えば、鶏ふんは、堆肥製造時に混入する場合は資材であり、直接基肥や追肥として施用する場合は肥料として扱う。

ア 有機質資材の施用効果と必要性

良質な有機質資材の施用は土づくりの基本であり、表 2-36 に示したように多面的な効果が知られている。

表2-36 多面的な効果特性からみた有機質資材の種別

施用効果		効果の高い有機質資材
①肥沃度向上(有機物増加)		乾燥牛ふん、馬ふん堆肥、オガ牛ふん堆肥、オガ鶏ふん堆肥、稲わら堆肥
②物理性改善		オガ牛ふん堆肥、馬ふん堆肥、バーク鶏ふん堆肥、オガ鶏ふん堆肥、バーク堆肥、ピートモス
③生物性改善	・微生物活性	乾燥豚ふん、乾燥牛ふん、稲わら、小麦稈、スイートコーン残渣
	・リゾクトニア病抑制	乾燥牛ふん、オガ鶏ふん堆肥、小麦稈、スイートコーン残渣
	・センチュウ害抑制	乾燥豚ふん
④作物の生産性		乾燥牛ふん、乾燥豚ふん、馬ふん堆肥、オガ鶏ふん堆肥、(いちご)稲わら、稲わら堆肥、(トマト)バーク堆肥、オガ牛ふん堆肥

(注) 地域重要新技術研究(1984～1988)成果から

肥沃度向上効果とは、作物が要求する窒素、リン酸、カリ及び微量元素を土壌中に供給する効果である。特に土壌有機態窒素として土壌に集積した窒素は地力窒素としての効果が大きく、作物の生育に応じた力強い肥効を示す。

物理性改善効果とは、土壌の団粒化を促進し、孔隙量の増加により通気性、透水性、保水性などを向上させる効果である。

生物性改善効果とは、作物根周辺の土壌微生物をバランス良く増加活動させることにより、有機物の分解から始まる物質循環を円滑にして、土壌養分の有効化を進め、作物が病虫害の被害を受けにくい健全な土壌にする効果のことである。

これらの効果の相乗作用として、保肥力も増強する。また、様々なストレスに対する作物への悪影響を和らげる緩衝機能も増加する。さらには、残留農薬

等土壌中に残留する化学物質等の分解促進にも効果を発揮する。そして総合的に、作物の生産性が高水準で安定するという効果が期待できる。

このように有機質資材施用効果の特徴は、「多面的」という一言でまとめられるが、資材の種類によりその効果特性は、表 2-36 のようになり異なる。このことは、それぞれの資材の長所、短所を熟知して上手に施用する必要があることを示している。

有機物は土壌中では微生物の活動に応じて絶えず分解していくので、常にその補給が必要であり、地力の維持増強には有機質資材の施用は欠かせない。しかしながら、実際の施用にあたっては有機質資材の種類、施用量、施用時期を十分に検討しないと作物に障害が発生したり、周辺の環境に悪影響を及ぼしたりすることもある。例えば、未熟な有機物を施用すると土壌中で急激に分解して、ガス障害や根腐れの原因にもなる。また、土づくりを急ぐあまり、一度に多量施用すると窒素過多による障害を引き起こしたり、逆に堆肥の種類によっては、分解過程における窒素吸収により作物が窒素飢餓を起こし減収を招くこともある。

21 世紀は資源リサイクルの時代といわれる。有機質資材を健全な土壌をつくる材料としてみれば、地域内で発生する家畜ふん尿、稲わら、作物の収穫残さ、生ゴミ等はまさに貴重な資源である。豊かな農村環境をはぐくむためにも、これらの有機質資材を合理的かつ有効に利用して、効率的な土づくりを推進する必要性が益々高まると考えられる。

イ 主な有機質資材・肥料の特性

土づくりに使用される有機質資材の種類は多く、成分含量も変化に富んでいる。また、土中での分解の仕方も種類によって大きく異なる。表 2-37 に主な有機質資材の成分組成の例を示した。表 2-38 には、有機質資材の種類による土壌中における分解特性と施用効果を示した。

各種有機質資材は堆肥化して施用するのが望ましく、その主な堆肥の品質を表 2-39 に示した。ここでは、兵庫県における主な有機質資材の特性と利用法の概略について紹介する。

表 2-37 有機質資材の有機・無機組成

有機質資材の種類	乾物当たり (%)							
	T-C	T-N	C/N	灰分	セルロース	リグニン	粗脂肪	P ₂ O ₅
稲わら	42.8	0.90	47.6	13.4	31.4	15.1	1.77	0.30
小麦稈	43.1	0.29	148.1	9.3	35	11.3	-	0.12
青刈りソルゴー	42.5	1.46	29.1	8.6	31.6*	-	1.03	0.60
スイートコーン残さ	45.9	1.85	24.8	8.4	23.6	8.1	-	0.93
稲わら堆肥	32.4	2.25	14.4	-	-	-	-	1.48
乾燥牛ふん	37.2	2.35	15.8	21.5	22.3	27.1	0.35	2.28
乾燥豚ふん	41.7	4.24	9.8	17.1	6.3*	-	5.44	4.70
馬ふん堆肥	21.2	1.27	16.7	22.7	9.6*	-	0.21	1.42
カクズ入り牛ふん堆肥	39.6	2.31	17.1	19.9	39.8*	-	0.29	3.10
カクズ入り鶏ふん堆肥	37.5	1.08	34.7	26.3	29.4	24.5	-	2.45
オガクズ入り豚ふん堆肥	39.0	2.90	13.4	-	-	-	-	4.43
バーク入り鶏ふん堆肥	44.3	1.45	30.6	9.9	30.3	33.3	-	1.24
バーク堆肥	45.8	2.32	19.7	-	-	-	-	0.71
ピートモス	45.4	1.24	36.6	-	-	-	-	0.24

有機質資材の種類	乾物当たり (%)				乾物当たり (ppm)		
	K ₂ O	CaO	MgO	Fe	Mn	Cu	Zn
稲わら	2.64	0.28	0.27	0.06	574	2.4	24.2
小麦稈	1.67	0.42	0.13	-	-	-	-
青刈りソルゴー	2.58	0.36	0.33	0.05	110	8.0	16.6
スイートコーン残さ	2.91	0.32	0.28	-	-	-	-
稲わら堆肥	5.16	2.39	0.51	0.23	2,275	-	88
乾燥牛ふん	1.79	2.27	0.99	0.43	724	16.8	103
乾燥豚ふん	1.99	2.97	1.23	0.73	300	1,613	582
馬ふん堆肥	1.61	1.40	0.8	1.27	557	28.6	128
カクズ入り牛ふん堆肥	2.71	4.14	1.06	0.35	350	126.4	312
カクズ入り鶏ふん堆肥	0.16	11.31	0.36	-	-	-	-
オガクズ入り豚ふん堆肥	3.27	3.31	1.31	0.58	323	290	459
バーク入り鶏ふん堆肥	0.82	3.53	0.30	-	-	-	-
バーク堆肥	0.64	2.01	0.45	0.39	323	-	76
ピートモス	0.46	0.62	0.25	0.45	130	-	26

(注) 地域重要新技術研究(1984~1988)で使用した資材
セルロースのうち*印は粗繊維を示す。

表 2-38 有機質資材の分解特性による群別と施用効果

分解（速度）特性		有機質資材の種類	施用効果	
炭素の分解	窒素の放出		肥料的効果	有機物集積
速	速（多）	乾燥豚ふん	大	小
	初期取込（少） → 速（中）	青刈りソルゴー、 スイートコーン残さ	初期マイナス → 小	小
	初期取込（中） → 遅（中）	稲 わ ら	初期マイナス → 小	小
	取込（極多） → 極遅（少）	小 麦 稈	初期マイナス大 → 極 小	小
中	中	乾 燥 牛 ふ ん	中	中
		稲 わ ら 堆 肥	小	中
緩	中	馬 ふ ん 堆 肥	小	大
	中→緩	オガ牛ふん堆肥	小	大
	初期大→取込→緩	オガ鶏ふん堆肥 パーク鶏ふん堆肥	初期大→小	大
	初期取込→緩（少）	パーク（尿素）堆肥	小	大
極遅	初期取込（少）→ 極少	ピ ー ト モ ス	極 小	極 大

表 2-39 堆きゅう肥等有機質資材の品質（農蚕園芸局農産課、1982）

種 類	点 数	水分 %	乾物当たり（%）							
			T-C	T-N	C/N比	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂
堆肥	100 前後	74.6	28	1.64	18.7	0.77	1.76	1.99	0.55	32.5
きゅう肥（牛ふん尿）	150 "	66.0	33.3	2.10	16.5	2.06	2.19	2.31	0.99	20.8
〃（豚ふん尿）	70 "	52.7	35.4	2.86	13.2	4.31	2.23	3.96	1.35	11.4
〃（鶏ふん）	50 "	38.5	29.3	2.89	12.5	5.13	2.68	11.3	1.36	12.4
木質きゅう肥（牛ふん尿）	300 "	65.4	38.5	1.66	24.6	1.59	1.70	1.91	0.75	9.0
〃（豚ふん尿）	180 "	55.7	36.5	2.11	19.3	3.37	1.84	3.35	1.08	7.3
〃（鶏ふん）	70 "	52.4	33.8	1.93	19.8	4.09	2.14	9.12	0.96	7.2
木質資材堆積物	100 "	60.7	40.1	1.21	36.0	0.84	0.72	2.72	0.42	14.6
もみがら堆肥	40 "	55.4	32.4	1.12	44.3	1.24	1.04	1.53	0.32	17.0
都市ゴミコンポスト	10 "	46.5	38.9	1.63	27.0	1.02	0.88	4.43	0.48	6.2
下水汚泥堆積物	60 "	58.4	24.9	3.58	7.9	5.18	0.32	10.4	1.23	8.4
食品残渣	30 "	62.7	34.9	3.65	11.3	2.80	0.95	4.71	0.74	13.4

(7) 牛ふん、牛ふん堆肥

生牛ふんを堆肥舎やハウス内で、水分 50～60%の生乾きにして堆積発酵させると、適度に乾燥した臭気の少ない乾燥牛ふんにすることができる。また、水分 60%程度で、1 か月程度堆積発酵させるとほぼ完熟し、炭素率 15～20 となり、取り扱いやすくなる。

窒素成分は豚ふんや鶏ふんに比べて少なく、肥効は緩やかである。注意すべきは、カリやナトリウム含量である。尿が多く混入しているとナトリウム含量は高い。

水稻に対して牛ふん堆肥を施用すると、堆肥として投入した窒素量の 15～20%が 6～7 月中に吸収される。したがって、その分だけ基肥や分げつ肥の施肥量を減らすことができる。堆肥を連用しているほ場では、堆肥として施用する年間窒素量の 30～35%が水稻に吸収されるので、その分だけ施肥量の削減が可能である。

水稻に対する牛ふん堆肥の肥効は 8 月以降はあまり期待できない。したがって、穂肥は水稻の生育に応じて施用する必要がある。

牛ふん堆肥は兵庫県の代表的な有機質資材である。その土壌改善効果はバランスの良い優れたもので、作物の生産性向上に大きく寄与する。貴重な資源として有効利用を推進する。

(イ) 豚ふん、豚ふん堆肥

豚ふんの水分を 50～70%に調節すれば、1 か月程度の堆積発酵でほぼ完熟化する。わらやオガクズを混入したものは、2～3 か月を要する。

豚ふんの肥料分量は、牛ふんと鶏ふんの間程度である。また、微量元素が多く含まれる。豚ふんを施用すると、土壌微生物活性が急激に高まり、微生物による障害やガス障害など作物への影響が懸念される。また、土壌中にリン酸や銅、亜鉛などの含有量が高まる傾向がある。そのため、生、堆肥化物共に多量施用や連用には注意が必要である。豚ふんの特性を活かすためには、土壌微生物性を変化させる資材として、あるいは微量元素の補給資材としての利用が望ましい。また、牛ふんなど他の資材との混合施用も効果的である。

(ウ) 鶏ふん、鶏ふん堆肥

乾燥鶏ふんは、有機質肥料として古くから使われてきた。その肥料分量は牛ふんの 3 倍、豚ふんの 1.5 倍と高く、低度化成肥料と同程度である。一般に、窒素の肥効の現れ方は、なたね油かすよりやや早く、リン酸は熔リンよりやや早く、カリは速効性である。鶏ふんは他の家畜ふんと比べ窒素含量が高く肥効が高いため、施用時期や施用量には特に注意が必要である。乾燥鶏ふんは、緩効性の低度化成肥料という認識で肥料的に使用するのが無難である。また、鶏ふんには石灰やリン酸も多く含まれており（特に採卵鶏ふん）、石灰の補給ができるものの、多量施用や連用はリン酸の集積を招く恐れがある。鶏ふん単独では土づくり効果が低いので、単一で堆肥化されることは少なく、オガクズ、もみがら、バークなど分解が遅い副資材との堆肥化を促進する窒素源として混合して使用される。

水稻に施用する場合の注意事項を表 2-40 に示した。堆肥化したものを遅くとも植付け 1 週間前までには施用し、施用量は 300 kg/10a 程度にとどめる。基肥は基準より 30% 程度減肥して分げつ肥は施用しない。500 kg～1t/10a の堆肥施用事例もみられるが、その場合は、基肥、分げつ肥とも窒素肥料は無施用とし、穂肥は生育診断により調節する。加えて、倒伏しやすい品種を栽培する場合には、疎植（15 株以下/m²（株間 22cm 以上））栽培で、間断灌水を行い、強い中干しを避けるのが望ましい。乾燥鶏ふん等副資材を含まないものを施用する場合には、秋すき時（年内）に 2t/10a までとし、散布後土と良く混和しておくが、土づくり効果を高めるため、稲わらやもみがら等とともに混和するのが望ましい。

表 2-40 水稻での鶏ふんの施用量及び注意事項

形態	施用時期	施用量 (t/10a)	化学肥料の施用量及び注意事項
乾燥	植付け 4～5 か月前まで	2	施肥は基準どおり。散布後土と良く混和しておく。
堆肥	植付け 4～5 か月前まで	2	施肥は基準どおり。散布後土と良く混和しておく。
	植付け 2 か月 前まで	1	基肥は基準より 20% 程度減肥して分げつ肥は施用しない。穂肥は生育診断により調節する。
	植付け 1 週間 前まで	0.5～1	基肥、分げつ肥とも窒素肥料は施用しない。穂肥は生育診断により調節する。
		0.3	基肥は基準より 30% 程度減肥して分げつ肥は施用しない。穂肥は生育診断により調節する。

(イ) オガクズ入り家畜ふん堆肥

オガクズは吸水性と脱臭性に優れているため、家畜の敷料としてよく使われる。その成分は、樹種及び混合割合、堆積期間により異なるが、一般に、炭素率が高く、セルロース、リグニンなど分解しにくい有機物が多く含まれる。さらに、タンニン、フェノール類など有害物質も含まれており、溶出して作物に障害を及ぼすことがある。したがって、未熟な資材の施用は禁物である。堆肥化のポイントは、オガクズの混合割合を減らすこと、有害物質を減少させるために高温を伴う好気性発酵を最低 3 か月以上継続させることである。その後、数か月の堆積期間があれば良質の堆肥となる。よく腐熟した木質は分解されにくい腐植となり、土壌の保肥力を高めるとともに物理性の改善に大きな効果を発揮する。

(オ) バーク堆肥

広葉樹または針葉樹の樹皮に鶏ふんなどの窒素源を加えて切り返しながら、半年程度堆積発酵させてタンニンやフェノール類を分解させたものである。樹

皮は広葉樹の方が針葉樹より優れ、堆肥化しやすく製品も良い。一般に、バークに対して添加された鶏ふんの窒素源が多く、また、堆積期間の長いものほど高品質である。原木が長く海水に漬かっており、堆積期間の短い堆肥を施用した場合、塩化ナトリウムによる塩害が出ることもある。バーク堆肥には、土壌の膨軟化、透水性向上、保肥力の増大などの土壌改善効果がある。しかし、未熟堆肥を施用すると窒素飢餓を引き起こすので、腐熟度に十分注意する必要がある。全窒素含量 1.5% (乾物当たり) 以上、炭素率 30 以下で、樹皮がよく崩壊している堆肥を用いる。

(キ) 稲わら、もみがら

稲わらの生産量は、10a 当たり乾物で約 600kg、全窒素含量は、乾物当たり約 0.6%、炭素率は約 60 である。稲わらは、コンバイン収穫時に全量ほ場へ還元される場合が多い。稲わらのすき込みは水田の地力維持向上に役立つ。毎年稲わらが全量還元される水田では、稲わら由来の窒素が 10a 当たり 1.5kg 程度水稻に吸収されるので、その分だけ施肥窒素量の減肥が可能である。

もみがらの生産量は、10a 当たり乾物で約 120kg、全窒素含量は、乾物当たり約 0.3%、炭素率は約 120 である。また、ケイ酸が約 20% 含まれる。腐熟が遅いため、土壌の通気性、透水性など物理性改善に効果を発揮する。家畜ふん堆肥製造時の水分調整材としても好適である。近年では、もみがら粉碎機を設置したライスセンターも増加している。粉碎もみごらは、かさばらないため施用しやすく、また分解も早い、炭素率は変わりなく高いため、多量施用する場合は、窒素飢餓等を引き起こさないような配慮が必要である。

稲わらやもみごらは、かつては最も身近で貴重な有機質資材であった。

しかし、水稻の収穫から出荷までの作業が機械化、システム化され、農家の生活様式も変化した現代では、廃棄物的に扱われる場合も多い。従来から、マルチ資材、家畜の飼料や敷料、堆肥の材料、燐炭としての利用等、農業生産や土づくりに関わる様々な用途で利用されてきた。その価値を再認識して有効に活用したいものである。

(ク) 有機質肥料

有機質肥料は肥料取締法の普通肥料あるいは特殊肥料である。あくまで、作物の栄養を補給するためのものなので、土づくりより、まず第 1 に肥料として適切に施用することが大切である。次に、付随する土づくり効果を配慮したその後の土壌管理が重要になる。一般にこの付随効果は土壌の化学性、物理性、生物性全般にわたるもので地力の維持、培養効果が期待できる。ここでは、表 2-41 で油かす類や骨粉等一般的な有機質肥料の成分と窒素無機化率を示した。併せてこれらの有機質肥料の全般的な特徴について記述する。

- a 植物油かすの窒素成分は 5～8% のものが多い。カリ含量は 1～2% で低い。骨粉類のリン酸含量は 10% 以上で高く、窒素含量は 5% 程度あるが、カリは 1% 以下で低い。魚肥類の窒素は 6～10%、リン酸は 4～10%、カリは 1% 前後で低い。

- b 有機質肥料は微生物により分解され、無機化してから作物に吸収される。1作(12週間)の無機化率は種類により異なるが、ほぼ6～8割である。無機化率はC/N比、温度、土壌水分、土壌pHに影響される。無機化率(窒素)は高温で高く、低温では低くなる。全無機化量の1/2が無機化する日数は10℃で4～8日、26℃では4日以内と比較的早い。無機化速度は初期が早く、全窒素量の30%前後が1週間以内に無機化する。その後遅くなり、30～40日頃から非常に緩慢となる(表2-41参照)。
- c 窒素は主に蛋白態であるが、その他アミノ酸態等の形態でも存在する。1作目の窒素肥効は60～70%程度であるが、2作目以降は残効がみられ肥効は高まる。動物質のリン酸は作物の根が吸収しにくい形態のものが多い。植物質のリン酸は土壌中では比較的容易に分解し、作物に利用されやすい形態に変化する。カリは比較的早く吸収されるが、含量が低いものが多い。
- d 有機質肥料は三要素だけでなく、微量元素を含み、肥効は緩効的で濃度障害を生じにくく、土壌の理化学性、生物性の改善に効果がある等の優れた性質があるが、化学肥料より肥効がやや低い、肥料の種類が多く品質が不安定、単位成分当たりの単価が高い等の欠点もある。

表 2-41 有機質肥料の成分と窒素無機化率 (藤沼・田中 1973)

肥料	肥料の成分						Nの無機化率(注)			
	試料水分 %	T-N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	10℃ %	50% D 日	26℃ %	50% D 日*
大豆油かす	7.4	7.0	1.5	2.5	0.44	0.15	66	4～8	78	<4
なたね油かす	12.6	5.0	2.6	1.4	0.90	0.34	68	8～15	88	4～8
ひまし油かす	10.8	6.1	2.5	1.3	0.53	0.53	66	4～8	85	<4
綿実油かす	9.2	6.3	3.0	1.9	0.30	0.36	68	8～15	85	4～8
米ぬか	11.8	2.4	5.8	2.0	0.08	0.74	48	15～30	83	15～30
肉骨粉	8.6	6.6	15.0	0.3	24.6	0.31	61	4～8	80	<4
蒸製骨粉	9.0	5.1	20.8	0.2	28.2	0.38	60	4～8	72	<4
イワシかす	11.5	9.1	4.1	1.2	2.7	0.08	76	4～8	88	<4
荒かす	10.9	11.3	3.6	0.9	2.5	0.04	78	4～8	86	<4
鶏ふん	12.6	2.1	6.8	2.4	18.8	0.34	40	<4	70	15～30
糖蜜加工鶏ふん	4.0	3.3	5.4	5.1	13.6	0.88	55	<4	73	4～8
(対照)硫安		20.0					110	<4	102	<4

注) 培養条件

土壌水分：最大容水量の60%、温度：10℃および26℃、乾土(埼玉園試沖積土)50gにN25mgを添加、培養期間12週で84日目の分析値である。

* 50% D：全無機化量の1/2が無機化する日数

(ケ) 天然資材を原料とした肥料（石灰質等）

a 貝化石肥料（普通肥料）

貝化石粉末を造粒したものをいい、アルカリ分 35%以上を含む。また、苦土肥料を混合して造粒したものは、アルカリ分の他、ク溶性苦土 1%以上を含む。

b 貝化石粉末（特殊肥料）

過去に生息した貝類、また、貝類とひとで類、その他の水生動物類とが混在して地中に埋没堆積し、風化または化石化したものの粉末をいう。通常可溶性石灰 30~50%を含む。

c 貝殻肥料（特殊肥料）

貝または貝がらを粉砕したもの若しくは貝灰をいう。主成分は炭酸カルシウムで可溶性石灰 30~50%であり、貝の粉末は若干の窒素を含む。

・製法・性質

貝化石とは、貝やひとでなどが化石となったもので、貝化石層を形成して全国に散在している。一般には、採掘し土砂を分離して、貝化石粉末として販売されており、主成分は炭酸石灰で、良質のものはアルカリ分が 40~45%と高い。富山県から産出されるアルカリ分 35%以上の良質の貝化石粉末は、造粒され、貝化石肥料として、公定規格が定められている。貝がら粉末は主としてカキ殻を粉砕したもので、アルカリ分は約 40%前後、貝化石と同様に土壤酸性の改良材として用いられている。

・特徴

酸性中和能力：酸性土壌を中和するための反応性は粒径の影響を受ける。粒子が大きくなれば反応しにくくなるが、カキがら粉末では炭カルより粒子が大きくても、炭カルと同程度の中和効果を発揮する。

過剰中和障害の軽減：酸性土壌を中和する場合、一番問題になるのは過剰施用により、土壌 pH が上昇しすぎて微量要素欠乏等の生育障害が生じることである。カキがら粉末肥料では、炭カル等より、pH は上昇しにくく、過剰障害は少ない。微量要素も含まれている。

・施用量

良質なものでも炭カルよりアルカリ分が低い(炭カルの約 80%)ので、炭カル施用量の 20%増くらいを目安に、できるだけ良質のものを選んで施用する。

d カニがら等甲殻類のかす

甲殻類のカニやシャコ、エビなどの殻を原料としたもので、乾燥・粉砕したものは普通肥料の登録がとれ、粉砕しないものは特殊肥料に指定される。動物質であるため、窒素分とカリ分を数%含み、普通肥料では窒素 4%以上、リン酸 1%以上の成分が保証されている。成分は製品によりばらつきが大きく、5~6%以上のリン酸を含むものもある。カニがらにはキチン質が多く、土壌に施用すると放線菌を増殖させ、フザリウム菌を抑制する働きがある。カニがら粉末肥料は無機化が遅いグループに属し、2週間

で 20% であり、8 週間でやっと 50% 程度である。無機化速度は米ぬかとほぼ同じである。

ウ 堆肥の熟度判定法

土づくりをするためには、有機質資材を堆肥化して土壤に施用する。施用する堆肥が栽培する作物や土壤環境さらには周辺環境にまで悪影響を及ぼさないことを確認する必要がある。ここでは、現場で使える簡易な堆肥の品質評価法を紹介する。

(7) 良い堆肥とは

農家が自前のわらや家畜ふんを材料として自給的に堆肥をつくっていた時代とは異なり、現在では堆肥は、食品残渣や木質系資材等様々な材料が混合されて大量に製造されている場合が多く、その品質も多様になっている。また、堆肥施用にあたっては、地力を高めて作物生産を安定化させるという本来の目的に加えて、周辺の環境に配慮して適量を合理的に使用することが必要となっている。したがって、現在における「良い堆肥」は①十分に腐熟している。②病原菌や雑草種子が少ない。③含水率が 50% 程度で、取り扱いやすい。④窒素、リン酸、カリ等肥料成分の含量がわかっている。⑤重金属等の有害成分の含量が少ない。という条件を満たす必要があると考えられる。

(イ) 現場における良い堆肥の判定法

現場で堆肥を施用する際に最も大切なことは、作物に生育障害を引き起こさないことと周辺環境に異臭等の悪影響を及ぼさないことである。未熟堆肥を施用すると作物に窒素飢餓を引き起こしたり、病原菌や雑草種子を拡散する恐れがある。また、バーク等木質を含む未熟堆肥では、フェノール物質を含む場合もあり、発芽障害の原因にもなる。家畜ふん等動物質に由来する未熟堆肥は、窒素過剰害、アンモニア等のガス障害、悪臭等が問題になる。これらの諸問題は、十分に腐熟した堆肥を用いることにより回避できる。現場では、堆肥の腐熟度を判定することが大切である。あらゆる種類の堆肥に適応する統一的な腐熟度判定方法は確立されていないが、ここでは比較的簡単にできる手法を 3 例示す。

a 現場観察法

現物の堆肥を観察して、感覚で判定する。

- ・ 触覚 (手でもむ) → 手でもみきれる → 完熟度が高い
- ・ 視覚 → 暗褐色を帯びている → 完熟度が高い
- ・ 臭覚 → あまり臭いがしない → 完熟度が高い
→ 刺激臭、アンモニア臭、カビ臭 → 完熟度が低い

b 発芽試験法

堆肥の種類を問わず、生育障害を引き起こすかどうかを判定する手法として最も優れている。特に、バークやオガクズに含まれるフェノール等の生育阻害物質の有無を調べるのに適する。

風乾堆肥 5 g をビーカーに入れる

↓ ← 温水 (60℃) 100ml

湯煎 (60℃ で 3 時間)

↓

ろ過 (ガーゼ)

↓

ろ液 10ml を ろ紙 (No 6) を 2 枚敷いたシャーレに入れる

↓

播種 (こまつな*種子 25 粒を播き、ろ紙 1 枚で覆う)

↓

※だいこん、ちんげんさい等も適する

3 日間静置後、発芽率と子葉の異常を調べる

- ☆ 判定 … 蒸留水を用いたものを対照として、対比 90% 以上で良好とする。
 なお、土壌を用いてポット試験で検討する場合は、施用ほ場の土壌：施用堆肥 = 5 : 1 (現物重量比) で混和後に播種する。このとき、堆肥無施用のポットにも同様に播種して、対照とする。

c 採点法

次表に基づき、現場での観察と聞き取り調査結果を数値化して評価する。家畜ふんのおおよその熟度が判定できる便利で簡易な手法である。

表2-42 家畜ふん腐熟判定基準 (草地試験場1984)

項目	評価と配点 () 内の数値は点数を示す
色	黄～黄褐色 (2)、褐色 (5)、黒褐色～黒色 (10)
形状	現物の形状をとどめる (2)、かなり崩れる (5)、ほとんど認めない (10)
臭気	ふん尿臭強い (2)、ふん尿臭弱い (5)、堆肥臭 (10)
水分	強くにぎると指の間からしたたる…70%以上 (2) 強く握ると手のひらにかなりつく…60%前後 (5) 強く握っても手のひらにあまりつかない…50%前後 (10)
堆積中の最高温度	50℃以下 (2)、50～60℃ (10)、60～70℃ (15)、70℃以上 (20)
堆積期間	家畜ふんのみ…20日以内 (2)、20日～2か月 (10)、2か月以上 (20) 作物収穫残渣との混合物…20日以内 (2)、20日～3か月 (10)、3か月以上 (20) 木質物との混合物…20日以内 (2)、20日～6か月 (10)、6か月以上 (20)
切り返し回数	2回以下 (2)、3～6回 (5)、7回以上 (10)
強制通気	なし (0)、あり (10)

- ☆ 判定 … 合計点数 30点以下－未熟、31～80点－中熟、81点以上－完熟

(2) 緑肥作物

緑肥作物とは、作物そのものを収穫して利用するのではなく、地力培養、有機物の補給などを目的として栽培される作物のことをいう。近年では、化学肥料や農薬に頼った農業により、地力の消耗や、連作障害を招いて、産地の収量低下が生じている。このため、堆きゅう肥等の有機物の補給が必要となっており、緑肥作物が見直されてきている。緑肥作物は堆きゅう肥のような臭気がないことから都市近郊でも利用しやすく、連作ほ場を輪作体系化することができる。

また、緑肥作物には、重粘土壌や土層の改良、連作障害の改善、塩類集積の改善、土壌侵食防止、景観形成等の効果を持つものもある。さらに、非作付期間に緑肥を栽培して、裸地状態にしないことで肥料成分の流亡を防ぎ、環境負荷を軽減する効果もある。以上の特徴から、今後、環境創造型農業を推進する上で、益々重要性が高まるものと思われる。

ア 緑肥作物の種類の設定

土壌改良の目標、方法を明確にし、それにあった種類を選択しなければならない。

「イネ科作物」は、深根性により土層改良や、ほ場外への持ち出しにより除塩対策にも使われる。C/N比（炭素率）が高いため、すき込み後の分解は遅れるが、繊維質が多く、根量が多いことなど地力増進効果が高い。土壌有機物を高め、微生物による分解過程で多糖類が生成して土壌を団粒化し、土壌の物理性、化学性、生物性を改善する。すなわち物理性では、透水性、保水性が改善され、耕うんが容易になる。化学性では、腐植が増え、陽イオン交換容量(CEC)が増大する。

「マメ科作物」は根粒菌による空中窒素固定を行うため、窒素肥料の施用が必要でない。炭素率が低いため、すき込み後の分解が早く、速効性の窒素質肥料と同じような効果が期待できる。一般に土壌の深い層まで根が到達し、耕うん効果がある。下層に溶脱した石灰や苦土等の塩基類を吸収して表層土壌に還元する働きもある。

以上の他、①栽培が容易で、短期間の収量が多い、②土壌中で有機物の改良効果が持続する、③前後作の作物と同じ科のものにしない、④共通の病害虫が少ない、⑤種子が安価で入手しやすいことなどの条件を考慮すること。

表 2-43 用途別緑肥作物一覧

用途	緑肥作物名
肥料的効果	レンゲ、ヘアリーベッチ、クローバ、ダイズ、アルファルファなど
土壌物理性の改善	ソルゴー、トウモロコシ、セスパニア、クロタラリアなど
地力培養（有機物補給）	ソルゴー、トウモロコシ、エンバク、ライムギなど
除塩	ソルゴー、トウモロコシなど
マルチ（雑草防止、浸食防止）	エンバク、ライムギ、ナギナタガヤ、ヘアリーベッチなど
連作障害回避	エンバク、ネギなど
センチュウ対策	エンバク、クロタラリア、マリーゴールド、ギニアグラスなど
景観形成	ナタネ、シロガラシなど

イ 緑肥作物栽培上の留意点

- ・水田跡地へ導入する場合は、周囲に溝を切り、排水をよくする。また、適期適量の播種を行う。播種が遅れたり、播種量が少ないと雑草に負けることがある。
- ・緑肥のすきこみは、乾物(肥料的効果を期待する場合は窒素)の生産量が最大で、しかも分解が速い時期を選ぶことが大切である。すきこんだ後の分解が速いのは、マメ科では開花期まで、イネ科植物では出穂期までである。この時期をすぎるとC/N比が高くなって窒素飢餓がおきやすくなり、また分解しにくいセルロースやリグニンの含量が高くなる。茎が木質化する作物については、すき込み、整地作業が困難になるため、木質化するまでにすき込む方がよい。
- ・未熟有機物のため、後作への悪影響が出やすい。このため、すき込みから作物植付けまで20~30日の期間を確保する。水稻では還元状態で緑肥が嫌気性分解されるため、初期生育が抑制されることがある。早めにすき込んで良く分解させておくとともに、浅水管理や中干しの徹底で障害の解消を図る。
- ・炭素率(C/N比)の高い緑肥(例:ソルゴー)をすき込むときは、窒素飢餓を防ぐため、石灰窒素の施用を行い、細断処理や深めのすき込みを行う。
- ・炭素率の低い緑肥(例:ヘアリーベッチ)の場合、すき込み後すぐに後作を播種すると、ピシウム菌が増えて発芽生育障害を生じやすい。そのため、分解が落ち着くまで、3週間程度の腐熟期間を設け、この間に数回のロータリー耕を行い、分解を早める方がよい。
- ・後作物に好結果を期待するためには、緑肥作物の収穫量、成分量、分解速度からすき込み量及びすき込み時期を決定する必要がある。一般に後作物のは種、定植はすき込みの約1ヶ月後が無難である。
- ・緑肥作物の後作に対する施肥は、供給された養分量と肥効発現を考慮すべきである。一応の目安として、水稻は2~5割減肥し、間断かんがいを早めるなど水管理に注意する。
- ・緑肥作物は、1年のみの導入より、2年連続して栽培する方が地力増強効果が高い。
- ・養蜂関係者は蜜源とするためレンゲ等のすき込みをできるだけ遅くすることを望んでおり、必要に応じてすき込み時期に配慮する。

表 2-44 緑肥すき込みの後作物の窒素減肥可能量 (北海道農政部, 1994)

緑肥の C/N 比 (全窒素%)	緑肥の乾物収量 (kg/10a)			
	200	400	600	800
10 (4.0~4.4)	5.5	11.0	16.0	—
15 (2.7~2.9)	2.5	5.0	7.5	9.5
20 (2.0~2.2)	1.0	2.5	3.5	4.5
25 (1.6~1.8)	0.5	1.0	1.5	2.0

注) 例えば、乾物収量で 500kg、C/N 比が 20 であれば、窒素の減肥量は、 $(2.5+3.5) \div 2=3\text{kg}$ となる。

ウ 緑肥作物別の特徴と利用法

以下に代表的な緑肥作物の特徴と栽培指針の例を記載する。

(ア) ソルゴー

イネ科で、耐暑性、耐旱性に強く、播種後約2ヶ月で草丈2m以上に達し、根群も深く入り、サツマイモネコブセンチュウの密度を抑制する。

青刈りすき込みは容易で、草丈1.5mを目安にプラウ、ロータリー耕で2～3回行う。分解はやや難で窒素の取り込みが大きいいため、石灰窒素を施用して分解促進を図る。根群発達は中程度。すき込み後20～30日後に後作の播種定植を行う。

(イ) イタリアンライグラス

耐寒性の強い秋まきのイネ科作物で、初期生育はエンバク、ライムギにやや劣る。土壤被覆性が良好で根群発達は極大。土を膨軟にするが、耕耘しにくく、青刈りすき込みは難しい。分解は容易で窒素の取り込みは少～中。

(ウ) エンバク

イネ科で初期生育と耐寒性はライムギに劣るが収量は高い。青刈りすき込み、分解とも容易で、窒素の取り込みは少から中。根群発達は中程度。

(エ) ライムギ

耐寒性が強いイネ科作物で、初期生育が旺盛。青刈りすき込み、分解とも容易で、窒素の取り込みは少～中。根群発達は中程度。

(オ) ヒエ

イネ科で初期生育が良く、短期栽培に向く。青刈りすき込み、分解とも容易で、窒素の取り込みは中程度。根群発達は大。

(カ) レンゲ (p. 15 参照)

(キ) ヘアリーベッチ (p. 16 参照)

(ク) セスバニア

熱帯性のマメ科作物で、草丈は3～4mに達する。直根性の根は1m以上も深く入り、硬盤破碎効果があり、土壤の排水性、通気性を高め、団粒構造を形成する。重粘土質土壤や湿害の発生しやすいほ場に適している。品種ロストアラータでは窒素固定する根粒の他、茎粒が着生する。すき込みは茎が木質化しないよう、草丈2mを目安にプラウ、ロータリー耕で縦横に2～3回行う。

(ケ) クロタラリア

マメ科一年生作物で初期生育が良好、播種後2ヶ月近くで草丈1.5～2mに達する。サツマイモネコブセンチュウに特異的に密度抑制効果がある。直根性の根は1m以上伸び、根粒菌による窒素固定能力で地力増進に適している。すき込みは茎が木質化しないよう、開花始期を目安にプラウ、ロータリー耕で縦横2～3回行う。後作物の窒素施肥は10～20%減肥する。マメコガネが発生することがある。

(コ) 赤クローバー

マメ科短年草で耐寒性は強いが、耐暑性が弱く、暖地では越年生利用のみ。地力増進、透水性改善効果が高く、ダイズシストセンチュウ対策にもなる。後

作の約1ヶ月前にすき込む。

(4) シロガラシ (p. 17 参照)

表 2-45 代表的な緑肥作物の栽培指針の例

作型	作物名	播種期 (月)	播種量 kg/10a	すき込み期 (月)	乾湿 の別	乾物量 kg/10a	C/N 比	全窒素 (%)
春まき	エンバク	3～5	10	6～7	乾	800～	15～30	1.5～2.8
	イタリアンライグラス	3～5	4	6～7	乾	600～	20	0.9
	ヘアリーベッチ	2～3	3～5	6～7	乾	500～	10～30	3.0～4.0
夏まき	ソルゴー	5～8	4	7～10	半乾	1500～	30～40	1.0～1.4
	ヒエ	5～7	3	7～10	湿	1000～	40～90	0.9
	クロタラリア	5～8	4～5	7～10	乾	1000～	14～26	1.6～2.9
	セสบニア	6～7	4～5	8～10	半乾	1500～	25	1.5～3.0
夏晩まき	エンバク	8～9	10	10～12	乾	800～	15～20	2.0～2.8
秋まき	エンバク	9～11	10	4～5	乾	800～	15～20	2.0～2.8
	ライムギ	9～11	8～10	4～5	乾	1000～	15～25	1.7～2.8
	イタリアンライグラス	9～11	8～10	4～5	乾	600～	20	0.9
	レンゲ	9～11	3～4	4～5	乾	500～	15	2.0～3.0
	ヘアリーベッチ	9～11	3～5	4～5	乾	500～	10～13	3.0～4.0



ソルゴー



イタリアンライグラス



セสบニア



クロタラリア



赤クローバー

写真 2-9 緑肥の写真

(3) 土壌改良資材（土づくり資材）

広義の土壌改良（土づくり）資材は、土壌の持つ多面的な機能のいずれかを高めたり、欠陥を修正する物質・資材の総称である。土づくりに関する「肥料」や「資材」の呼称が紛らわしいので、肥料取締法と地力増進法に基づき、用語の使い方を下図のように整理する。ここでは、土づくり肥料と指定土壌改良資材についてその特徴を記述する。

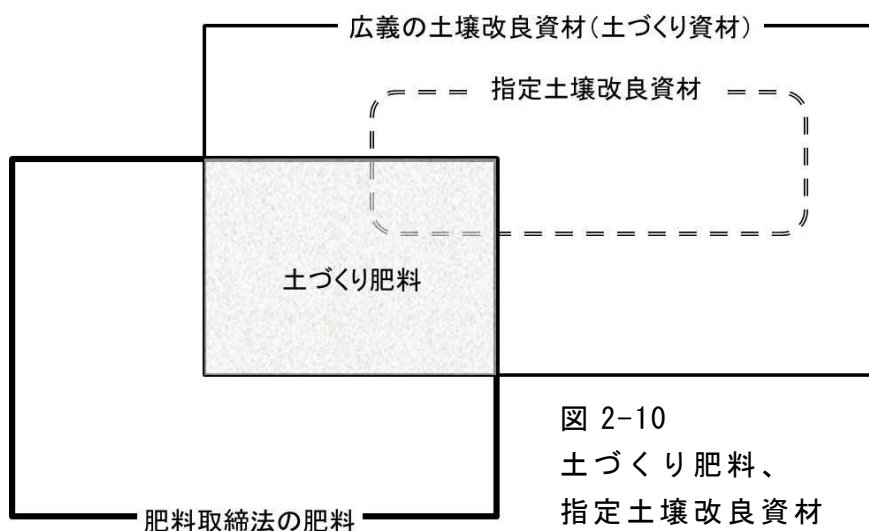


図 2-10
土づくり肥料、
指定土壌改良資材
の位置づけ

ア 土づくり肥料

肥料であるが、土壌改良にも役立つものを特に土づくり肥料と呼ぶ。主に土壌の酸度矯正、特定成分の補給など、土壌の化学性の改良のために施用される。

(7) 必要性

耕地土壌の養分は、補給がなければ、作物による吸収と溶脱により徐々に減少する。このため、地力増強を図り良質かつ安定多収の作物栽培を継続していくためには、堆肥等有機質資材の施用とともに、塩基類（石灰、苦土、カリ）、リン酸及びケイ酸等の養分補給が必要になる。

肥料成分の中には、石灰のように土壌 pH 維持の為に作物の吸収量以上の施用が必要なものや、リン酸のように土壌に吸着されて作物が吸収しにくくなる成分がある。そこで、作物を栽培しやすい土壌条件を維持、増進するためには、基肥や追肥の施用以外に肥料等資材の施用が必要となってくる。

兵庫県は、耕地面積 74,200ha のうち 91%が水田である（平成 29 年度農林水産統計）。その水田は田畑輪換や二毛作等により高度に利用され、水稻だけではなく、麦、大豆、野菜等多種類の作物が栽培されている。したがって、本県土壌の土づくりには特に、多様な栽培品目を考慮した計画的な土づくり肥料の施用が肝要である。これら資材の施用は、10a 当たり 100 kg 前後と量が多く作物栽培中の施用は困難であり、作業効率等省力化も考慮して、基肥や追肥とは別に「土づくり」として行う必要がある。

(イ) 施用時の留意点

- ・土づくり肥料の施用に当たっては、土壌診断（土壌診断基準(維持すべき目標値)参照）の結果に基づいた適正な施用が重要である。
- ・土壌の交換性石灰、苦土、カリ含量の不均衡は、生理障害の発生原因になるので、量的なバランス（当量比）の維持に注意する。
- ・作物には、リン酸過剰症は出にくいですが、土壌リン酸の多量集積は、生理障害の誘発要因になることがあるので、リン酸の適正施用に留意する必要がある。

(ウ) 主な土づくり肥料の施用効果

a ケイ酸質肥料

- ・土壌の酸性を矯正する以外にケイ酸、石灰及び苦土等の養分を補給する。
- ・茎葉を丈夫にし、水稻や畑作物の病害虫への抵抗性を高める。
- ・水稻の受光体勢を良くし、光合成能を高める。
- ・「土壌中の可給態ケイ酸含量(pH4 酢酸緩衝液法)が 25mg/100g 未満のほ場」、湿田、いもち病常発田、窒素過多田で施用効果が高い。

b 含鉄資材

- ・根腐れ、ごま葉枯れ病の発生を軽減する。
- ・礫質土壌等の漏水田や秋落ち田では、施用効果が高い。
- ・「土壌中の遊離酸化鉄含量 0.8% 未満のほ場」で施用効果が高い。
- ・含鉄資材にはケイ酸が含まれているので、施用した場合には、ケイ酸質資材の施用を控える。

c リン酸質肥料

- ・根の発育を促し、稔実を良くし、品質を向上させる。
- ・豆類では、根粒の着生促進効果がある。
- ・リン酸肥沃度が低い土壌では、初期生育が低下する。
- ・リン酸質肥料は、石灰、苦土及びケイ酸等多くの有用な成分が含まれているので、これらを考慮して資材を選択することが大切である。

d 腐植酸質資材

- ・養分の過剰集積による障害の発生を軽減する。
- ・腐植含量を高め、保肥力の増大、土壌の物理性の改善向上に効果がある。
- ・「土壌中の腐植含量 2.5% 以下のほ場」に施用する。

e 窒素肥料（石灰窒素）

- ・石灰により土壌酸度を矯正する。
- ・窒素の供給により粗大有機物の腐熟を促進させる。
- ・農薬としての効果も期待できる。（農薬登録のある製品を使用。）

(E) 主な土づくり肥料の概要

表 2-3(3)-1 主な土づくり肥料

資材の分類	資材の名称	内 容 成 分	備 考
ケイ酸質肥料	ケイカル	可溶性ケイ酸 30%、 く溶性苦土 3%、アルカリ分 45%	ケイ酸及び塩基類の補給 酸性改良
	粒状ケイカル	可溶性ケイ酸 27%、 く溶性苦土 3%、アルカリ分 45%	ケイ酸及び塩基類の補給 酸性改良
含鉄資材	転炉サイ (ミネカル)	酸化鉄 25~30%、 可溶性ケイ酸 13~16%、 く溶性苦土 3~7%、 く溶性石灰 40~45%、 く溶性マンガン 2~4%、 アルカリ分 45~50%	鉄、ケイ酸及び塩基類等の補給 酸性改良 ケイ酸質肥料と併用しない
リン酸質肥料	リンスター	く溶性リン酸 30%、 く溶性苦土 8%	リン酸、苦土の補給
	ようりん	リン酸 20%、苦土 12%、 ケイ酸 25%、アルカリ分 45%	リン酸、苦土、ケイ酸の補給、 酸性改良
	BMようりん	リン酸 20%、苦土 13%、 ケイ酸 20%、ホウ素 0.5%、 マンガン 1%、アルカリ分 45%	リン酸、苦土、ケイ酸、ホウ素、 マンガンの補給 酸性改良 FTE との併用を避ける
	苦土重焼リン	く溶性リン酸 35%、 く溶性苦土 4.5%	リン酸、苦土の補給
腐植酸質資材	アヅミン	腐植酸 50~60%、 く溶性苦土 3%、全窒素 3%、 ケイ酸 4%、鉄 2%	腐植及び苦土の補給 * 指定土壤改良資材でもある。
窒素肥料	石灰窒素 (粉状・防散) (粒状)	窒素 21%、アルカリ分 50% 窒素 20%、アルカリ分 50~55%	石灰補給、酸性改良 粗大有機物腐熟促進 殺虫、殺菌、殺草効果

イ 指定土壌改良資材

昭和 59（1984）年に制定された地力増進法の中で指定された土壌改良資材で、施用効果ははっきりしており、材料や成分、品質も保証されている。平成 29 年現在、12 種類が指定されている。うち 11 種類は、主に土壌の透水性や保水性の改善など土壌の物理性の改良に用いられる資材である。残り 1 種類は有用微生物の施用による土壌微生物相の改善など土壌の生物性の改良に用いられる資材である。

(7) 主に物理性の改良を目的とする資材の特徴

表 2-47 主に物理性の改良を目的とする資材の特徴

種 類	原材料の表示例及び	用 途	施用効果・留意点等
泥 炭 (ピートモス)	北海道産みずごけ (水洗-乾燥)	土壌の膨軟化 保水性の改善 保肥力の改善	肥料効果はほとんどない。 ピートモスそのものは酸性なので中和済みであるかを確認する。 中和していなければ石灰で中和する。 乾かすと水をはじくので湿気を保つ。 使用数時間前から十分水になじませる。
バーク堆肥	広葉樹の樹皮を主原料(85%)として牛ふんを加えて堆積腐熟させたもの	土壌の膨軟化	バークの樹種は針葉樹よりも広葉樹の方が堆肥化されやすい。 全窒素を1.5%ほど含むがC/N比が25~40と高く、分解が遅い。 樹種や生産方法に差が大きいので袋に記載された使用方法を確認する。 C/N比が高いものは果樹や樹木のマルチ資材とするか、窒素肥料を添加して使う。 バーク堆肥の規格(注1)にあっても、時として生育障害等が発生することがあるので、ミミズの生育を確認するか種子の発芽状況を確認する方がよい。
腐植酸質資材	亜炭を硝酸で分解し、炭酸カルシウムで中和したもの	保肥力の改善	堆肥と違い易分解性有機物が少なく、微生物の活性化促進は期待できない。
木炭	広葉樹の樹皮を炭化したもの	通気性の改善 透水性の改善	ミネラル成分を多く含み、pH8~10のアルカリ性を示す。原料、炭化条件により理化学的性質が異なる。木炭の炭素は土壌中で分解されにくく微生物の繁殖の役にたたないが、多数の細孔があり微生物の住処となりうる。 透水性の改善効果は、土壌に対して容積比5%程度で認められる。
けいそう土焼成粒	けいそう土を造粒(粒径2mm)して焼成したもの	透水性の改善	化学成分は乏しく、pHは中性付近である。 粘土分の多い土壌では効果が高い。効果も長期に持続する。平均粒径が2mmのものが土壌改良に用いられ、土壌に対する容積比10%で透水性が約20%改善した報告がある。
ゼオライト	大谷石(沸石を含む凝灰岩) CEC120~160 pH7.2~7.5	保肥力の改善	CECが高いがベントナイトのような膨潤性はない。土壌のCECを増加させるためには1t以上/10a施用する。 堆肥や有機質肥料と混用すると、保肥力がさらに向上する。

種 類	原材料の表示例及び成分例	用 途	施用効果・留意点等
バーミキュライト	中国産ひる石 (粉碎－高温加熱 処理)	透水性の改善	多孔質で軽量。重さで約6倍の吸水能力とCEC40～140meq/100gに相当する陽イオン吸着力を示す。 土壌改良効果を見るためには、土壌容積の2割程度以上を施用する必要があるため、あまり用いられない。 育苗底土等鉢用培養土には土壌1に対し0.2～0.5の混合割合で混合するのがよい。
パーライト	真珠岩 (粉碎－高温加熱 処理) pH7.4～7.8	保水性の改善	多孔質で透水性、通気性に優れる。最大吸水能力は重量の2～3倍。 土壌に対する容積割合で10～30%混合すると改良効果がみられる。 経済的な使用方法としては作条施用または定植穴施用とする。 ピートモスと肥料を混用した園芸用培土資材として広く用いられている。
ベントナイト	山形県産ベントナイト(膨潤性粘土鉱物) 200メッシュ CEC 115～180 pH7.8～8.3	水田の漏水防止 保肥力の改善	膨潤性を活かして漏水田の改善に用いる。CECが高く保肥性が向上する。ケイ酸資材としても有効。 1～2t/10aを耕起または荒代前に全面施用し、作土とよく混合する。 土壌のCECを上昇させるためには、単独施用より堆きゅう肥や化学肥料との混合施用が効果的である。
ポリエチレンイミン系資材	アクリル酸・メタクリル酸ジメチルアミノエチル共重合物のマグネシウム塩とポリエチレンイミンとの複合体	団粒形成促進	EB-aの複合体の持つプラス荷電と粘土コロイド表面のマイナス荷電とがイオン結合することにより粘土の凝集・架橋作用が働き、団粒形成が進むと考えられる。原液は水で数10倍～数100倍に希釈し、乾土に対して0.1%以上相当量を施用する。
ポリビニルアルコール(PVA)系資材	ポリビニルアルコール(ポリ酢酸ビニルの一部をけん化したもの)	団粒形成促進	非イオン系高分子化合物であり、高分子鎖の水酸基が粘土表面のケイ酸層の酸素と水素結合し、炭化水素鎖で粘土表面を疎水性にすることにより、土壌粒子を凝集し、団粒化する。 PVAによる団粒形成は、土壌に添加したPVAを溶解させて土粒子間に十分浸透させてから土壌をいったん乾燥させることで完成する。 団粒化促進には土重の0.2%まで施用する。施用量が多いほど効果がある。

注1) バーク堆肥の品質基準 (日本バーク堆肥協会、全国バーク堆肥協会)

有機物含有量：70%以上、全窒素：1.2%以上、C/N比：35以下、リン酸全量0.5%以上、カリ全量：0.3%以上、pH：5.5～7.5、陽イオン交換容量70meq/100g以上、水分：60±5%、幼植物テスト：異常なし

注2) バーク堆肥および腐植酸質資材は、肥料取締法の肥料でもある。さらに腐植酸質資材は土づくり肥料でもある。

(イ) 生物性の改良を目的とする資材の特徴

表 2-48 生物性の改良を目的とする資材の特徴

種 類	原材料の表示例 及び成分例	用 途	施用効果・留意点等
V A 菌根菌資材	V A 菌根菌をゼ オライトに保持 させたもの	土壌のリン 酸供給能の 改善	微生物資材で唯一指定。幅広い作物と共生するが、アブラナ科植物等、共生しにくいものがある。 根の表面から伸びる菌糸が吸収する養分や水分を宿主も利用できるため、リン酸吸収促進の他、乾燥ストレスの軽減、微量要素の欠乏や過剰症を軽減する効果がある。