

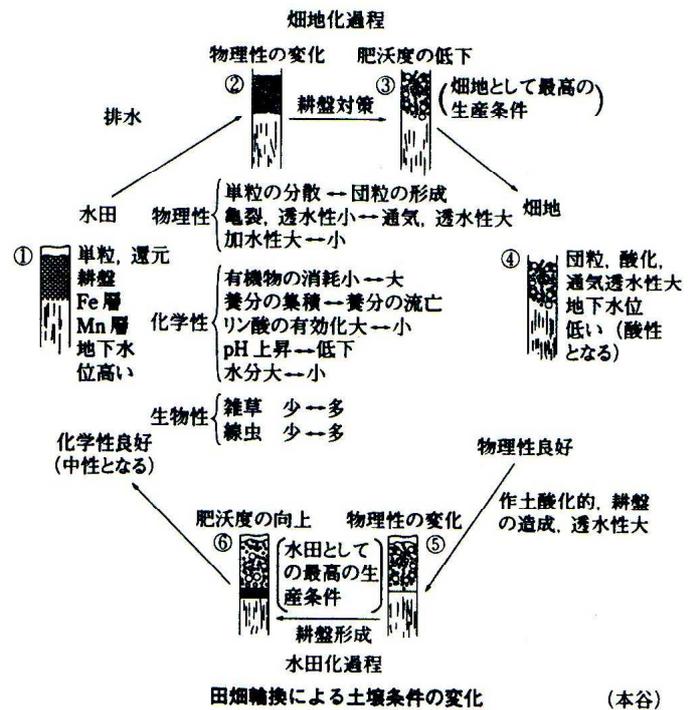
2. 輪換畑

1) 田畑輪換の特性と管理

水田の高度利用という経済面や土壌の団粒化・透水性の付与など土壌の物理性・化学性や作物への影響から見ても、田畑輪換する意義は大きい。

反面、地力の消耗や水田に復元したときの漏水など留意すべき点もある。

田畑輪換による土壌変化を総合的に模式図で示したものが図III-2-1である。



図III-2-1 田畑輪換による土壌特性の変化 (本谷 1974)

土壌の物理性・化学性の変化を個々にとらえてみると次のようになる。

(1) 輪換畑における土壌の物理性・化学性の変化

- ア. 砕土率が増大し、転作作物の出芽・苗立率が向上する。
- イ. 気相、液相部分（孔げき）が増加し、3年程度で安定する。
- ウ. 透水性は畑地化に伴い、漸次改善されていく。
- エ. 輪作年数が長くなるほど団粒構造が発達してくる。
- オ. 上記のような物理性の変化に伴って化学性も大きく変化する。
- (ア) 陽イオン効果容量（CEC）が増大する。
- (イ) 輪換当初は乾土効果によって無機態窒素が多くなるが、これは経時的に低下していく。
- (ウ) 通常の場合、転換3年目以降に養分が減耗し、収量も低下する。

(2) 輪換畑から水田に復元した場合

- ア. 透水性が増加し、水もちが悪くなって、用水量が連続水田より多くなる。
この場合、代かきを丁寧なことににより透水は防げる。
また、畦畔等からの横浸透による漏水も激しくなるため、畦塗りや波板等による漏水対策をとる。
- イ. 化学成分の変化には、遊離酸化鉄の増大、酸化還元電位の上昇、 H_2S ガス発生量の減少、乾土効果の発現による地力窒素の増加が見られ、水稻根は健全となる。

表Ⅲ-2-1 田畑輪換による水稻の施肥節減（1984～1989年 湖北分場、環境部）

土壤統群	畑転換年数		品種	施肥量 (kgN/10a)	施肥配分				肥料 節減率 (%)	精 玄 米 重 (kg/10a)	収量比	倒伏 程度 0～5
	前作物	栽培ほ場			基	追	穂	実				
	—	連作田	日本晴	9	4	2	3	—	—	6 7 7	(100)	
	2年・大豆	復元田	〃	7	2	1	4	—	2 2	6 6 3	98	
細粒グライ土 (木之本)	2年・大豆	復元田	日本晴	9	4	2	3	—	—	6 3 8	(100)	2.5
	〃	〃	〃	7	2	2	3	—	2 2	6 3 8	100	1.0
	1年・大豆	復元田	コシカ	9	2	2	3	2	—	6 2 4	(100)	5
	〃	〃	〃	7	0	2	3	2	2 2	6 1 9	99	4
中粗粒グライ土	—	連作田	日本晴	1 0	3	3	4	—	—	6 4 5	(100)	
	1年・青刈大豆	復元田	〃	7	2	3	2	—	3 0	6 3 0	98	

表Ⅲ-2-2 輪換畑及び水田表土の物理性

土壤群	試 料	層位	乾燥密度 (g/)	三相分布(pF1.5) (%)			容気土 (%)
				固 相	液 相	気 相	
多湿黒 ボク土	輪換畑 (1年)	A p	0. 6 8	2 6. 7	4 2. 2	3 1. 1	4 2. 4
	輪換畑 (2年)	A p	0. 6 1	3 4. 5	5 2. 0	1 3. 7	2 0. 9
	輪換畑 (4年)	A p	0. 6 0	2 8. 6	5 4. 3	1 7. 1	2 3. 9
	輪換田 (1年)	A p g	0. 8 6	3 3. 1	5 7. 2	9. 7	1 4. 5
	連続水田	A p g	0. 7 5	3 0. 6	5 8. 1	1 1. 3	1 6. 3
灰 色 低地土	輪換畑 (1年)	A p	0. 8 3	3 2. 2	4 3. 5	2 4. 3	3 5. 8
	輪換畑 (1年)	A p	0. 8 0	3 7. 8	4 4. 0	1 8. 2	2 9. 3
	輪換畑 (2年)	A p	0. 7 5	3 0. 3	4 2. 2	2 7. 5	3 9. 5
	連続水田	A p g	0. 8 9	3 2. 3	5 2. 6	1 5. 1	2 2. 3

表Ⅲ-2-3 輪換畑における作物の収量性（高橋均 田畑転作と集团的土地利用）

作 物	輪 換 畑 経過年数	試験点数	うち増収した 試験 点 数	平均収量比 (普通畑=100)
大 豆	1年目	3 2	2 2	1 1 3
	2年目	2 0	1 5	1 3 0
	3年目	1 4	1 3	1 4 3
麦 類	1年目	2 6	2 1	1 0 9
	2年目	2 1	1 8	1 1 3
	3年目	1 7	1 2	1 1 0
牧 草	1年目	1 0	8	1 1 6
	2年目	1 8	1 2	1 0 7
	3年目	6	3	1 0 8
葉 菜	1年目	3 8	2 3	1 0 6
	2年目	1 7	1 1	1 0 4
果 菜	3年目	6	4	1 0 2
	1年目	1 9	9	9 5
根 菜	2年目	1 5	9	1 0 4
	3年目	6	4	9 4
	1年目	3 2	1 4	1 0 3
いも類	2年目	2 2	1 2	1 1 7
	3年目	1 1	6	1 0 6
	1年目	4 1	3 1	1 3 3
麦 類 (連作田対比)	2年目	2 9	2 5	1 2 5
	3年目	1 7	1 4	1 1 3

注1) 全国の既往の研究成
果から、対照（普通
畑）との比較がある
ものについて集計し
た。
2) 各試験名処理区毎に
1点とした。反復と
みなせるものは平均
点をとって1点とし
た。

2) 排水対策

水田において輪作を行う場合、最も重要なことは、用排水が自由にできる汎用水田化することであり、基盤整備において具備しておかなければならない。

しかし、基盤整備における本暗きょ施行等のみで十分であるわけではなく、この効果を発揮させるためには、営農排水対策を組み合わせる行うことが不可欠である。

営農排水対策としては

(1) 地表排水

- ① ほ場内排水溝の掘削、② 畦立て栽培（ほ場の排水性によって畦幅、高さを変える）、
- ③ ほ場面の均平化。④ 落水口の増設

(2) 地下排水

- ① 補助暗きょ（弾丸暗きょ、モミガラ暗きょ等）、② 心土破碎、
- ③ 深耕

(3) 横浸透防止

- ① 補水明きょの掘削、② 波板等の横浸透防止板の設置、
 - ③ 畦畔補強
- が上げられられる。

3) 排水対策方法

Ⅱ 土づくり技術対策～総論～ 5. 土づくりの機械作業 2) 参照

4) 排水対策効果

組合せ暗きょの施行により、細粒グライ土や灰色低地土では小麦や大豆などの転作作物の増収効果やタンパク含量の増加という品質向上に結びつく。また、細粒強グライ土は増収効果がみられないもののタンパク含量の増加効果はみられる。

表Ⅲ-2-4 小麦作への弾丸暗きょ組合せによる効果

(滋賀農試H. 1 秦荘町現地試験)

試験地 土壤類型	本暗渠 間隔	弾丸 暗渠 間隔	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²	わら重 kg/a	精子 実重 kg/a	収量 比 %	容積 重 g/斗	千粒 重 g	子実の タンパク 含量 %
湖北町	—	—	80	7.9	289	27.9	30.3	(100)	748	40.2	7.97
山本	10	4	81	8.0	223	23.5	25.9	85	763	41.1	8.94
細粒強 グライ土	10	2	81	7.8	259	28.0	30.6	101	772	43.2	9.62
	7.5	2	78	7.7	196	22.1	23.2	77	768	41.5	9.56
秦荘町	15	—	92.7	7.3	557	52.7	37.4	(100)	786	35.9	6.75
蚊野	15	10	92.7	8.2	451	54.1	42.2	113	784	38.8	7.19
灰色低地土	15	5	98.1	7.8	553	69.6	50.4	135	784	35.8	6.96

表Ⅲ-2-5 大豆作への弾丸暗きょ組合せによる効果

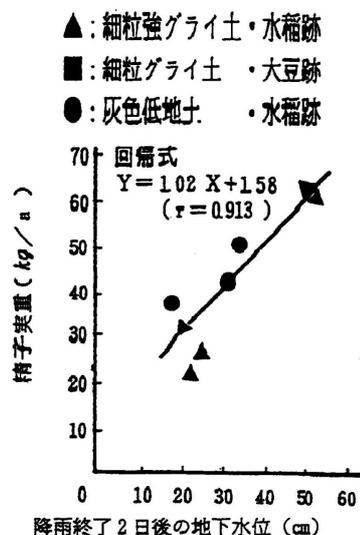
(滋賀農試H. 1)

ほ場試験区	若莢期(9月1日)			成 熟 期								
	主莖長 cm	主莖 節数	乾物重 kg/a	主莖長 cm	主莖 節数	分枝 数	m ² 当り 有効莢数	全重 kg/a	子実重 kg/a	収量 比%	百粒 重g	粒/莖 比
大中 対 照	54.4	10.9	34.9	51.4	10.5	3.9	554	48.5	31.3	(100)	32.6	2.69
弾丸5m間隔	50.6	11.5	37.4	51.2	11.2	4.8	626	51.5	34.3	110	30.9	3.09
秦荘 対 照	56.5	10.7	29.1	56.2	10.9	4.3	572	42.0	25.4	(100)	31.2	2.59
弾丸5m間隔	61.6	10.9	53.5	60.6	10.9	3.7	616	53.0	31.8	125	34.0	2.63

5) 暗きょ排水基準

麦作は湿害により収量、品質が大きく影響される作物である。排水性の良否の指標を「20ミリ以上の降雨があった二日後の地下水位」とした場合、小麦収量との間には図Ⅲ-2-2に示したように比例関係が見られる。この時の目標値を10a 当たり500kgとすると、降雨終了二日後の地下水位は少なくとも40~50cm以下に低下させる必要がある。暗きょ施工田においてこの目標値を達成するためには、表Ⅲ-2-6に示した基準により弾丸暗きょの施工を行い 排水対策を行う。

本県の代表的な土壌統群である細粒強グライ土、細粒グライ土および灰色低地土における本暗きょ間隔と補助暗きょ間隔の基準と表層土30cmの飽和透水係数を参考基準値として設定している。



図Ⅲ-2-2 降雨終了2日後の地下水位と小麦(農林61号)収量との関係 (滋賀農試)

表Ⅲ-2-6 輪換畑の暗きょ排水基準

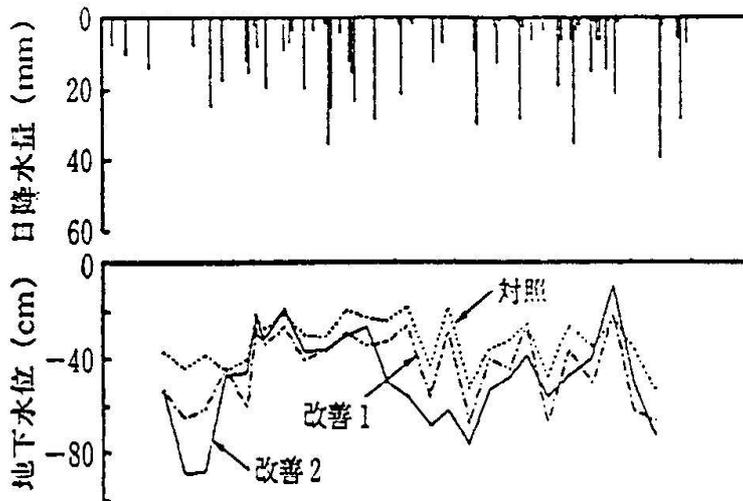
土壌類型	本暗きょ間隔 (m)		飽和透水係数 (cm/sec)
	本暗きょ	補助暗きょ	
細粒強グライ土	7.5~10	2~4	10 ⁻⁴ ~10 ⁻³
細粒グライ土	10	5	10 ⁻⁴ ~10 ⁻³
灰色低地土	15	5~10	10 ⁻³

- 注) 1. 礫質土壌は特に対象としない。褐色低地土、黄色土、黒ボク土は灰色低地土に準じる。
 2. 暗きょは組合せ暗きょが対象。(籾がら壁式暗きょが望ましい)
 3. 地下水位低下速度の目標(畑作物の増収効果)
 大: 降雨後2日で地下水位40~50cm
 中: 降雨後7日で地下水位50~60cm
 4. 飽和透水係数: 表土30cmについての測定値

6) 暗きょ構造と輪換畑からの汚濁成分の流出削減

輪換畑において本暗きょと弾丸暗きょとの組合せ暗きょの施工により、排水性の改善が図られることから、作物の根域が拡大し、小麦の精子実重と窒素吸収量が増大する（図Ⅲ-2-3、図Ⅲ-2-4）。

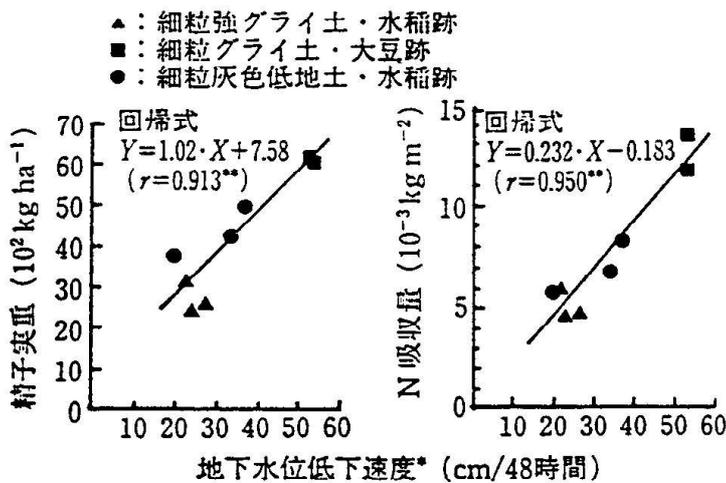
また、細粒グライ土における小麦・大豆作いずれの場合でも、本暗きょのみの場合に比べ、ほ場からの窒素流出負荷が軽減する。しかし、COD流出負荷量は、暗きょ疎水材として用いたもみがらの影響のため、排水性のよい補助暗きょ施工区で多くなる傾向がみられる（表Ⅲ-2-7）。



図Ⅲ-2-3 細粒灰色低地土における小麦栽培期間中の降水量および地下水位(滋賀農試 1989年、水稻跡)

対照区:本暗きょのみ

改善1:組合せ暗きょ(補助暗渠10m幅)、改善2:組合せ暗きょ(補助暗渠5m幅)



図Ⅲ-2-4 地下水位低下速度と小麦収量、N吸収量との関係(滋賀農試 1990年)

※降雨終了後2日間経過時点での地下水位(地表からの深さ)

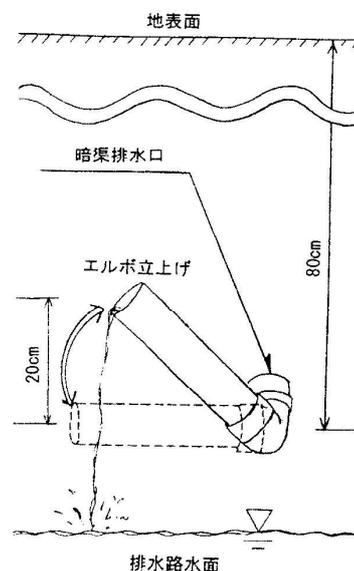
表Ⅲ-2-7 暗渠間隔と水質汚濁成分流出負荷量

(滋賀農試 1988～1990年)

栽培 作物	暗きよ間隔(m)		暗きよ交差 密度※	差引流出負荷量(×10 ³ mg/ha/d)		
	本暗きよ	補助暗きよ		T-N	T-P	COD
大豆 細粒 グライ土 小麦	1 0	—	0	1 4 0	5. 3	4 1 5
	1 0	5	2 0	1 0 4	1 9. 2	6 0 5
	1 0	—	0	2 2 6	7. 4	2 7 0
	1 0	5	2 0	1 6 1	6. 6	3 8 9
細粒 グライ土 小麦	1 5	—	0	5 2	5. 7	2 3 7
	1 5	1 0	7	4 5	6. 1	2 2 2
	1 5	5	1 3	5 1	4. 5	2 0 9

※暗きよ交差密度: 1 0 0 0 / (本暗きよの間隔(m)×補助暗きよの間隔(m))

キャベツ収穫残さの鋤込みほ場において、暗きよ排水口にエルボ（塩ビパイプ）を取付け（図Ⅲ-2-4）、排水水位を20cm高くすると、暗きよ排水中の硝酸態窒素濃度が明らかに低下し、後作水稻までの窒素流出負荷量を約50%削減できる（表Ⅲ-2-8）。



図Ⅲ-2-4 暗きよ排水水位の制御方法

表Ⅲ-2-8 排水水位の調節によるキャベツ残さ鋤込みほ場からの窒素流出負荷軽減効果（滋賀農試）

年次	試験区 (暗きよ排水水位: cm深)	暗きよ排水負荷量 (kg/10a)			
		T-N	NO ₃ -N	T-P	COD
1998	対照 (80cm)	3. 29	2. 95	0. 024	1. 77
	改善 (60cm)	1. 62	1. 50	0. 022	1. 91
1999	対照 (80cm)	2. 63	2. 30	0. 010	1. 26
	改善 (60cm)	1. 23	1. 09	0. 009	1. 22

注) 調査期間: 1998年2月中旬～4月中旬(55日間)、1999年1月上旬～4月末(115日間)。

降水量: 1998年261mm、1999年351mm。対照区の暗きよ排水量: 1998年164mm、1999年230mm、

改善区の暗きよ排水量: 1999年195mm (1998年は対照区と同等として算出)。

キャベツ収穫残さ(外葉)の鋤込み量: 1998年6.7kgN/10a、1999年7.4kgN/10a。

7) 土壌の特性と作物選択の指標

水田輪作を行ううえで地下水位と透水性および作土層が畑作物導入の成否を左右する大きな要因の一つであることはいうまでもない。地下水位、透水性、作土層にあった作物を選定するかまたは作物にあった土壌条件となるよう基盤整備を行う。詳しくはⅡ総論, 4排水対策を参照のこと。

8) 栽培管理

輪換畑においては、土壌有機物の分解により窒素が無機化し、作物に吸収されやすくなるため、一般的には窒素質肥料は普通畑の場合に比べて少なくする。

輪換畑の場合は、普通畑に比べて干ばつ害を受けやすいので、かんがいの必要性が高い。一方、輪換田の場合は、水稻連作田に比べ透水性が良く、特に輪換1年目では、代かき用水量や日減水深が大きく増加するため、漏水対策や水手当が必要となる。

9) 土づくり対策

(1) 有機物の施用

麦作地は一般に排水性を良くするため、腐植の消耗が大きく、たい肥等の有機物の施用が重要である。麦に対する有機物の効果は養分供給としてよりも、土壌物理性の改善や黒ボク地におけるリン酸肥効の増進に役立つ。

特に大豆は、保肥力に富んだ土壌を好むこと、根粒菌活性のためや保水力改善に有機物が大きな効果を持つため、積極的に施用する。ただし、土壌中の硝酸態窒素濃度が高いと根粒形成と窒素固定活性が著しく低下するため、前年ないし前作に施用することが望ましい。

また、有機物として前作の稲わらは切断後全面にすき込むとよい。この時、石灰窒素を反当たり窒素で4kg（但し、播種時の基肥はその分減量する）と熔リンを施用することにより、稲わらの冬季間中の腐熟を促進し、春以降の地力窒素発現量増加が期待できる。このことにより、子実への窒素利用率が向上するとともに、硝酸態窒素の流出を減少させることが可能となり、高品質麦生産と水質保全に有効となる。なお、ほ場が過湿な場合は稲わらの半量を持ち出す。

（注：たい肥としては稲わら、家畜ふん尿、樹皮、もみがら等の有機物を主原料としてたい肥発酵させたものを用いる。未完熟の稲わら等のすき込みは技術対策の対象外である。）

(2) 前作わら処理

麦作の場合、前作の稲わらは、切断後全面にすき込む。しかし、ほ場が過湿な場合は半量を持ち出す。

大豆作の場合、前作の麦わらは、土壌改良や環境保全の面から全面に全量すき込む。

(3) 土づくり肥料の施用

麦は酸性に対して弱い作物である。このため、土壌分析結果に基づき石灰または苦土石灰を施用する必要がある。可給態リン酸含量が低い水田では、リン酸資材を施用する。

大豆にとってリン酸施肥は重要で、莢の伸長、子実の肥大に必要な要素である。また、リン酸は根粒菌の増殖を促すといわれており、窒素固定の供給から見ても重要である。

ア. 診断基準

(7) pH

最適値 小麦 6.2～6.9

大麦 6.2～7.0

大豆 6.0～6.5

麦、特に大麦は最適 pH 以下になると著しく減収する。

(イ) 可給態リン酸

最適値 10～30 mg/100g 乾土

(ウ) 置換性石灰

最適値 286～368 mg/100g 乾土 (CECが20me/100gの場合)

(エ) 置換性苦土

最適値 62～79 mg/100g 乾土 (CECが20me/100gの場合)

イ. 診断方法

(7) pH

表Ⅲ-2-7 土壌 pH のちがいによる診断

診断項目	分析値	資材名および施用量
pH	6.5未満	炭酸石灰(炭カル)* 100～kg/10a
pH	6.5以上	資材施用なし**

注：* 置換性苦土が少ない場合は、苦土炭カルを用いる。

** pH6.5以上であっても置換性石灰含量が低い場合は、pHが極端に高くなければ炭カル又は苦土炭カルを施用してもよい(2)の(エ)の③参照)。

(イ) 可給態リン酸

表Ⅲ-2-8 可給態リン酸のちがいによる診断

診断項目	分析値 (mg/100g)	資材名および施用量***	
		pH6.5未満の場合	pH6.5以上の場合
可給態リン酸	>10	熔リン 60kg/10a	重焼リン* 40kg/10a
可給態リン酸	10～30	熔リン 30kg/10a	重焼リン* 20kg/10a
可給態リン酸	30<	資材施用なし**	資材施用なし**

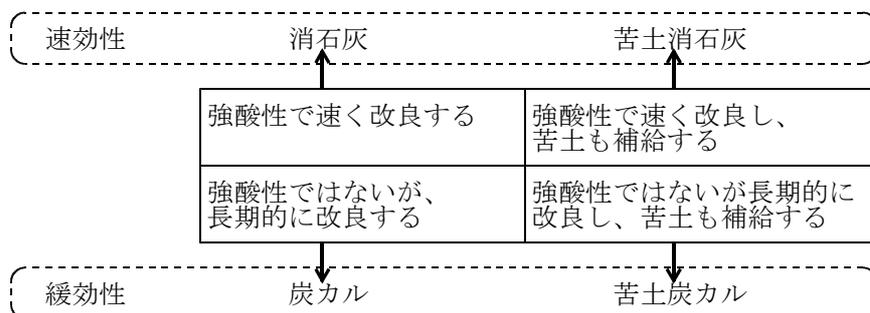
注：* 置換性苦土が少ない場合は、苦土重焼リンを用いる。

** 可給態リン酸含量が高くても、苦土含量が低い場合は熔リン、苦土重焼リンを施用してもよい。

*** 黒ボクなどリン酸吸収係数が1,000を越えるような土壌では、表中の施用量の倍量を施用する。

(ウ) 置換性石灰、苦土

土壌診断結果に基づき下図のように石灰資材を施用する。



図Ⅲ-2-3 置換性石灰、苦土のちがいによる診断

ウ. その他

(ア) pHが低くても、石灰含量が高い場合

石灰含量が高く、石灰飽和度が100%を越える土壌でも、硝酸含量が高いとpHは酸性となる。この場合、酸度矯正に石灰資材は施用せず、

- ・ソルゴーや青刈トウモロコシ等を栽培し、集積した養分を吸収させる
- ・たい肥などの有機物を施用し、土壌の緩衝能を高めて濃度障害を緩和する
- ・深耕などにより硝酸濃度を低下させる

などの対策をとる。

(イ) 高pH土壌の場合

基本的には土壌診断などに基づいた適正な土壌改良資材の施用に心がけることが第一である。

既にアルカリ化してしまった土壌では、石灰の使用を中止し、リン酸資材は過リン酸石灰などを用いることにより土壌のpHを好適な範囲に下げる必要がある。また、施肥には硫安などの生理的酸性肥料を用いる。