

第7章

特色ある土壌と対策

第7章 特色ある土壌と対策

1 干拓地土壌

県下の干拓地はすべて海成干拓地であり、その土壌は海底に沈積した底泥を母材として生成したものである。そのため、塩分のほかに有機物や塩基類を豊富に含んでおり、除塩対策や排水対策を行うことによって栄養分に富んだ肥沃な農地にすることができる。

(1) 排水対策

一般に、干拓地の土壌は粘土含量が多く、加えて干拓初期には土壌が分散しやすいナトリウムを多く含むために、排水性や通気性が極めて不良である。したがって、物理性からみた干拓地土壌の熟畑化は、排水性を改善してナトリウムの溶脱と土壌の乾燥を促進することが重要である。以下に、土壌物理性の改良効果が高い対策を示した。

- 1) 明きよ、暗きよを施工して地表面あるいは土壌中の過剰水を速やかに圃場外へ排出する。土壌構造が未発達な場合は、サブソイラーの施工やプラウ深耕を実施する。プラウ深耕の際には有機物や緑肥をすき込むと、排水、除塩が促進される。
- 2) カルシウム資材を施用することにより、ナトリウムの溶脱を促進することにより、土壌粒子の凝集が進んで亀裂が形成され、透水性が改善される。
- 3) 生わら、緑肥などの炭素率の高い有機物を施用することにより、団粒構造の形成を促進する。有機物は堆肥 50~80kg/a、稲わら 30~40kg/a または緑肥作物 100kg/a を施用する。

(2) 除塩対策

岡山県内の干拓地土壌は干陸後長い年月が経過していたり、前記の排水対策を実施していることにより、おおむね深さ 40cm までの塩分は作物の生育に支障のないレベルまで低下している。しかし、排水不良で地下水位が高い圃場では、地下水に含まれる塩分によって塩分濃度が高い場合がある。このような圃場では、次のような除塩対策を行う。

- 1) 排水対策をやり直した上で、多量の灌水によって土壌中の塩分を流亡させる。
- 2) ソルガムやトウモロコシなどのイネ科植物を栽培して土壌中の塩分を吸収させる。
- 3) 耐塩性の強い麦、アスパラガス、ホウレンソウ、キャベツなどを導入し、除塩が進んでからイチゴ、レタス、インゲン、カブなどの耐塩性が弱い作物を導入する。

表7-1-1 有機質資材の深層すき込みが土壌理化学性とダイズ収量に及ぼす影響

圃場	すき込み方法	有機質資材	層位 (cm)	土壌化学性			土壌物理性		ダイズ収量 精粒重 (kg/10a)
				EC (dS/m)	塩素 (%)	腐植 (%)	粗孔隙率 (%)	透水係数 (cm/sec.)	
A	プラウ耕	バーク堆肥	0~20	0.18	0.01	5.1	13	10 ⁻³	239
			20~40	0.24	0.01	3.4	11	10 ⁻⁴	
		モミガラ	0~20	0.17	0.01	3.0	23	10 ⁻²	226
			20~40	0.25	0.01	2.3	9	10 ⁻⁴	
	ロータリ耕	なし	0~20	0.14	0.01	1.9	19	10 ⁻²	147
			20~40	0.58	0.05	1.6	5	10 ⁻⁵	
		なし	0~20	0.21	0.01	2.4	11	10 ⁻²	76
			20~40	0.54	0.06	1.7	2	10 ⁻⁶	
B	プラウ耕	セスバニア	0~20	0.13	0.01	2.2	24	10 ⁻²	189
			20~40	0.14	0.01	2.0	12	10 ⁻⁴	
		なし	0~20	0.16	0.01	1.8	16	10 ⁻²	108
			20~40	0.42	0.03	1.5	3	10 ⁻⁶	

1)バーク堆肥、モミガラは7年連用(2t/10a)、セスバニアは2年連用

2)土壌理化学性及びダイズ収量はプラウ耕施工後2作目

3)岡山県農林水産総合センター(平成5年)

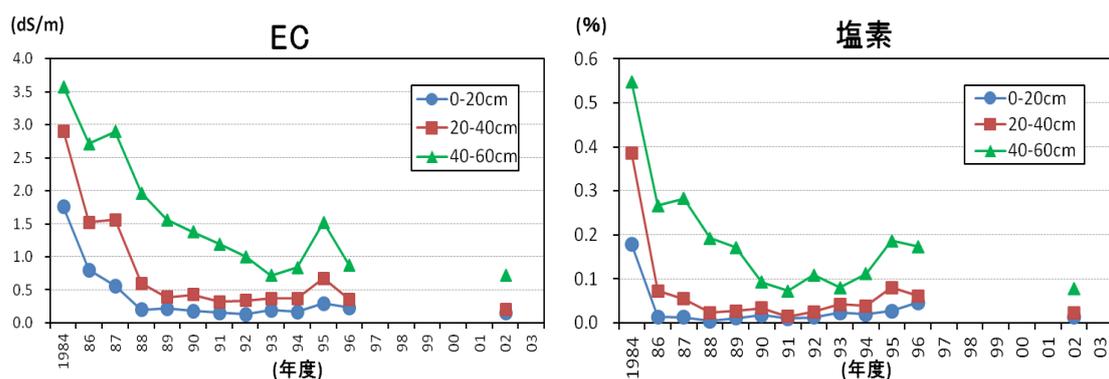


図7-1-1 有機質資材の深層すき込みが土壤理化学性とダイズ収量に及ぼす影響
(岡山県農林水産総合センター)

(3) 酸性障害対策

干陸当初の干拓地で発生する作物の酸性障害は、土壤中の可酸化性イオウが好氣的条件下で硫酸に変化し、強酸性土壌となる場合に発生する現象である。畑作では、土壌の酸性化が急速に進む場合が多いので、石灰質肥料の施用により適切な中和処理が不可欠である。一方、水田作では生成した硫酸が多量のかんがい水により洗い流されるので、中和処理を行わなくても5年後位には解消する場合が多い。酸性硫酸塩土壌の改良の詳細については、本章第5項において述べる。

(4) 水稻根腐れ障害対策

干拓新田における硫化物による水稻の根腐れ障害は、低湿な排水不良地で多く発生する。回避対策としては、間断かんがいの効果が高く生育収量が安定する。また、水稻の畦立て栽培は根腐れ対策に有効な技術であり、比較的大きな土塊のままで畦を立てることにより、易酸化性イオウの溶脱並びに異常還元回避に有効である。

(5) 土壤改良対策

干拓水田は、開田後年数を経過すると水稻の収量が漸減する。この原因は、土壤養分(腐植、塩基類、リン酸、ケイ酸など)の溶脱や不溶化による地力低下と考えられている。これらの対策には、堆肥やケイ酸質肥料などの土づくり資材の施用が必要である。

干拓畑の場合は、水田に比べて有機物の消耗が激しく、地力が急速に低下して土壤養分が減少することが多い。そのため、腐植2.5~3.0%を目標に堆肥2~3 t/10 aを補給し、さらに適正な塩基バランスを維持するために苦土、カリ肥料を補給する必要がある。

2 施設土壌

(1) 施設土壌の特徴

施設では野菜や花きが生産されることが多く、一般的に年間を通じての施肥量は露地野菜に比べて多い。また、堆肥や石灰資材の多量施用により、土壌のアルカリ化や塩基バランスの悪化が見られる圃場も多い。土壌のアルカリ化はモリブデン以外の微量元素を不可給化し、作物に欠乏症状を発生させる要因となる。

また、施設内では高温で水分蒸散が盛んなため、毛管現象により土壌中の水は下層から上層への移動が多くなる。そのため、下層にある養分が表層に移動し、水が地表面で蒸発すると土壌表面に塩類が集積し、作物の生育に障害を与えることがある。

物理性の問題点としては、施設では作付け回数が多く耕うん回数も多いので、機械の踏圧で耕盤層が形成され、耕盤による不透水層の形成や、土壌の細粒化による気相の減少などによって根が十分に伸長できなくなることがある。このため、土壌を膨軟にし、不透水層をなくして通気性、透水性、保水性を良くする必要がある。

生物性の問題点としては、同じ作物を連作することで微生物相の単純化を招いたり、乾燥や過湿によって微生物のバランスを崩すことがある。このため、様々な微生物のえさとなる有機物の投入や、土壌の気相や水分を適正に保つことで、多種類の微生物が共存できる環境を作ってやる必要がある。

(2) 施設土壌の除塩対策

1) クリーニングクロープによる過剰養分の吸収

トウモロコシ、ソルガム（ソルゴー）、イネ科作物などを栽培し、土壌中の過剰養分を作物に吸収させ土壌を浄化する技術である。クリーニングクロープの養分吸収量は、窒素とカリが多く、それ以外の養分の吸収量はあまり多くないので、石灰や苦土、硫酸根や塩化物イオンの集積による塩類集積に対しては効果が低い（表7-2-1）。過剰な養分を吸収したクリーニングクロープは、持ち出した後、養分の不足する圃場へすき込むか、堆肥の原料や飼料として利用する。

表7-2-1 各種緑肥の養分吸収量

緑肥の種類	収量 (kg/10a)	C/N比	吸収量 (kg/10a)				
			全窒素	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
ソルゴー	4986	78	8	4	29	6	1
クローラリア	4716	25	17	6	12	26	4
セスバニア	1179	37	4	6	8	6	0
ヒマワリ	4292	41	9	5	31	12	3
コスモス	5554	60	7	7	25	14	4

岡山県農林水産総合センター

2) 湛水や散水による除塩

湛水や掛け流しにより、土壌中に集積した塩類を水で洗い流す方法である。ビニルハウスでは、被覆を除去して降雨により塩類を流し去ることも可能である。しかし、この方法では高濃度の硝酸態窒素やリン、その他の塩類が圃場外へ流出し、河川や湖沼、地下水などの富栄養化を引き起こすことが懸念される。

過去の調査事例では、13.6m×4.8mのビニルハウスで、散水型灌水チューブ3本を約1.6m間隔に並べ、1回当たり約6時間の散水を4回行うことで、栽培に支障がないレベルまでECが低下した。しかし、散水により無機態窒素は減少するが、塩基類の減少量は少く、いったん塩類集積が起これるとその改善が難しいため、集積させない管理が重要である（表7-2-2）。

表7-2-2 散水による塩類の推定流亡量 (kg/10a)

	無機態 窒素	K ₂ O	CaO	MgO
散水除塩前の含有量 ¹⁾	29	136	1211	128
4回の散水による除去量	19	28	44	16
除去率 (%)	64	21	4	12

1) 土壌の仮比重を1と仮定し、土壌1m²深さ15cmの重量150kg×成分含有量mg/100g

岡山県農林水産総合センター、2001

3) 深耕による塩類の分散

塩類の多い作土と少ない下層土を深耕により混合し、塩類を分散させることができる。しかし、これは下層土の塩類濃度が低いこと、物理的に深耕が可能なことが条件となるので、深耕を行う前に土壌の化学性及び物理性の診断を行う必要がある。

(3) 施肥法の改善

1) ノンストレス肥料の利用

ノンストレス肥料とは、肥料の副成分として硫酸根や塩素などを含まず、肥料成分が植物に吸収された後、土壌の塩類濃度を上昇させる心配のない肥料のことである。このような肥料の使用により塩類ストレスを回避でき、持続的な作物生産が可能となる。

2) 灌水同時施肥法（養液土耕栽培）の導入

灌水同時施肥法とは、作物が必要な時期に必要な量の肥料成分を液肥で施用する方法で、根系へのストレスを回避するほか、施肥効率を上昇させることによる施肥量の削減などが期待される。

(4) 排水対策

施設栽培圃場は、水田からの転換畑が多く、地下水位の影響を受けやすい。地下水位が高い圃場では、過湿による根痛みや土壌病害の発生を招きやすい。このため、ハウス周辺の排水溝の設置や止水シートの埋設を行うとともに、必要に応じてハウス内に暗きよを施行して透排水性を高める。また、高畦栽培でも過湿防止になる。

3 不耕起土壌

(1) 不耕起乾田直播栽培の施肥方法

1) 窒素施肥方法

不耕起乾田直播栽培（以下、不耕起栽培）は移植水田に比べ透水性が高く、施肥窒素の利用率が低下しやすいため、省力を兼ねて被覆尿素を用いた播種同時全量基肥栽培が適する。被覆尿素を用いると、化成肥料分施に比べ約 20% の窒素減肥ができる。

県南部の不耕起栽培（水稻品種：アケボノ）で全量基肥栽培を行う場合、窒素施肥は 140 日型の被覆尿素のみで栽培可能である。速効性窒素を全窒素施肥量の 20% 程度施用すると生育初期の茎数は増加するが、収量増にはならない。

被覆尿素からの窒素の溶出速度は温度によって決定されるが、不耕起栽培では乾田状態の土壌表層に約 30 日肥料が存在するため土壌水分の影響も無視できない。このため、不耕起栽培における被覆肥料からの窒素溶出予測は、温度だけでなく地温を変数として畑状態の窒素溶出特性値と湛水状態の溶出特性値を、水管理の実態にあわせて組み合わせると精度が向上する。

現在の不耕起栽培は稲わらの全量還元が一般的のため、作土表面に多量に有機物が蓄積する（図 7-3-1）。このため、品種を変える場合等、不耕起栽培から耕起移植栽培に転換する時は、作土に混和された多量の有機物が分解し窒素供給量が増加するため、倒伏防止のため慣行の窒素施肥量（8 kg/10 a 程度）を減肥（6 kg/10 a 程度）する。

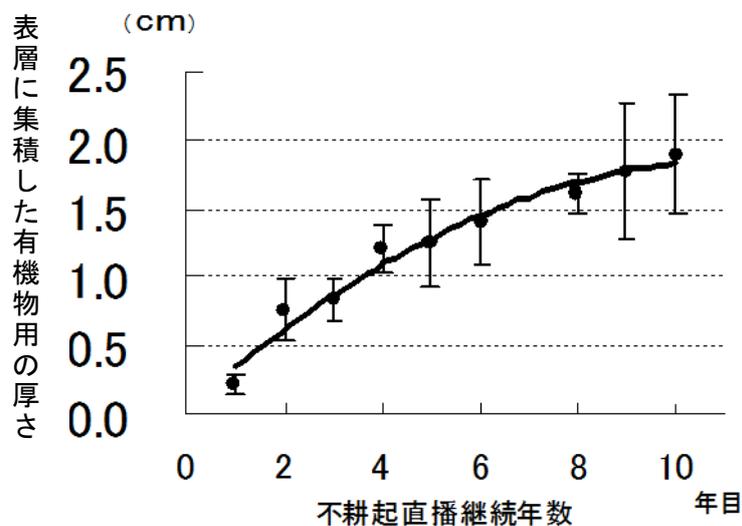


図 7-3-1 不耕起栽培の継続年数と田面表層に集積する有機物層の厚さ
(岡山県農林水産総合センター)

2) リン酸施肥方法

不耕起栽培を継続すると、田面表層に有機物が集積する。有機物中に含まれるリン酸と、表層に施肥されるリン酸肥料の影響で、不耕起栽培では表層のリン酸含量が高くなる。さらに、作土の下層部分のリン酸含量もそれほど低下しない（図 7-3-2）。これは不耕起栽培独特の土壌構造が発達することにより、リン酸が作土下層に移動しやすくなると考えられている。このため、慣行のリン酸施肥を行った場合には、作土下層でも

リン酸欠乏の心配はない。また、土壌診断によりリン酸が基準値以上有る場合には施肥量の削減が可能となる。

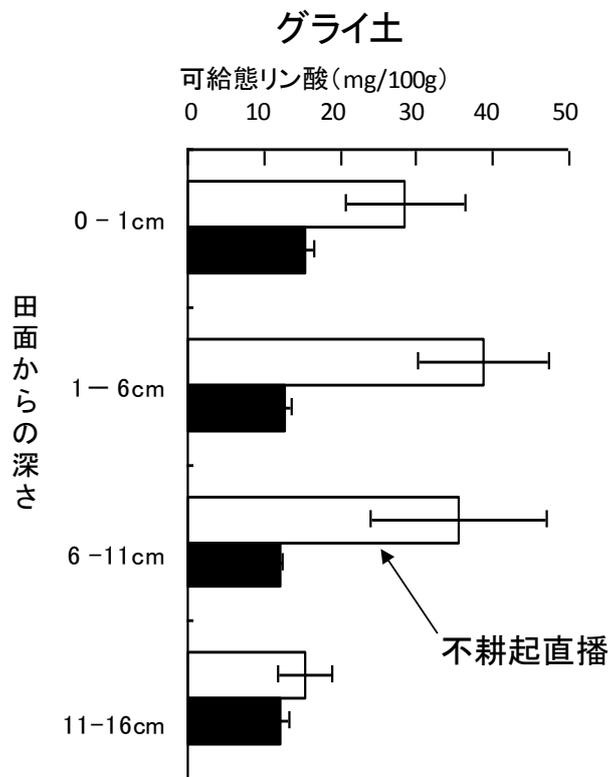


図 7-3-2 不耕起乾田直播栽培の継続が作土の層位別有効態リン酸含量に及ぼす影響

白棒：20年以上不耕起継続田、黒棒：耕起移植水田
(岡山県農林水産総合センター)

3) カリ施肥方法

カリは、稲わらの全量還元と灌がい水により補給されるが、カリはリン酸のように土壌中に集積していない。このため、施肥量削減のためには土壌診断が必要となる。具体的な施肥量については第9章「水稻リン酸カリ減肥指針」を参照。

(2) 土壌の物理性

不耕起栽培を継続しても、県南部の細粒グライ土地域では水稻栽培期間中の地下水位が高いため漏水過多にはなりにくい。しかし、地下水位が低い中粗粒灰色低地土地帯では減水深が非常に大きくなり、耕起移植田の2倍以上の用水が必要となる場合がある。このような地域では畦畔からの漏水を最小限にとどめるため、止水シートなどを活用する。

不耕起栽培は長期継続や大型機械の走行により土壌が圧密され水稻根の伸張が阻害される懸念がある。しかし、不耕起栽培を1～25年継続した圃場で調査した結果、耕起移植栽培で通常耕耘が行われる層位では、不耕起栽培の方がち密度は高くなるが、それ以下の層ではち密度の上昇はほとんどなく、根の伸張を阻害するほど土壌が硬くなることはなかった。

県最南部の大型水田（水張り面積約 9.21ha）で水稻の不耕起栽培を継続したところ、圃場内に高低差が生じ、播種精度の低下、低い部分で湿害による発芽不良など収量低下の要因となる問題が発生した。これは、大型水田造成前にクリークや用水路であった地点では、下層の有機物含量が高く、その有機物が分解し田面が沈下したと考えられた。また、暗渠上部に埋設した籾殻が腐熟し、直線上に田面が沈下する現象も見られた。このように不耕起栽培は耕起作業による作土の移動が無いとため、下層の有機物分解による土壌の減少を受けやすい。このため、不耕起栽培は 4～5 年に 1 回、耕起移植栽培に戻し、田面の均平を維持することも必要と考えられる。

（3）環境負荷の少ない不耕起栽培の管理方法

1）窒素の溶脱防止

不耕起栽培を継続すると表層に有機物が集積し、春先の地温の上昇とともに窒素が無機化する。春先に生育する雑草を抑制するため、3月上旬に除草剤を散布すると、雑草による窒素の吸収が無くなり、無機化した窒素は降雨などによる水の縦浸透とともに溶脱する。4月中旬まで除草剤の散布を遅らせ、雑草に窒素を吸収させると、硝酸態窒素の下層への溶脱を軽減できる。4月中旬の雑草の乾物重は 10 a 当たり 230～470kg となり、このときの雑草による窒素吸収量は 3～7 kg 程度となる。4月中旬まで除草剤の散布を遅らせると、播種時には枯死した雑草の地上部や根が多く残っている。しかし、大型の乗用型播種機での播種作業にはほとんど支障は無い。

2）環境負荷の少ない水管理

不耕起栽培は、代かき、田植えを行わないため、耕起栽培と比べこの時期の落水が無く肥料成分の系外への流出はほとんど無いと考えられている。しかし、土壌表面に施肥を行うため入水後の田面水中のリン濃度は耕起栽培に比べ高くなる。このため、入水から 8 月下旬頃までは落水を行わないことが望ましい。

3）温室効果ガスの発生抑制

不耕起栽培は耕起移植栽培に比べ温室効果ガスの一つであるメタンの発生が少なくなる。しかし、稲わらを還元すると有機物が表層に集積し（図 7-3-1）、土壌は徐々に還元的になり、不耕起栽培といえどもメタン発生量は多くなる。メタン発生量を耕起移植栽培と比較すると、不耕起栽培を 4～5 年継続すると差は小さくなり、7 年目にはほとんど同等となった。このため、不耕起栽培は 4～5 年継続後に耕起移植栽培に戻すことが望ましい。この時、表層に集積した有機物が土壌中に鋤き込まれるため、メタン発生量の増加が懸念される。実際には、表層の有機物を入水直前に鋤き込むと、メタン発生量が約 2 割増えるが、冬期（1 月ごろ）に鋤き込むとメタン発生量は増加しない。

4 有機栽培土壌

(1) 有機栽培土壌の特徴

有機物の施用は土づくりの基本とされており、作物を健全に育て、高品質な農産物を安定的に生産できる土壌の基礎を作ることは非常に重要である。しかし、堆肥の中には養分含量の多いものがあり、過剰な施用や連用を行うと、養分の過剰な蓄積や塩基バランスの悪化が問題となる。

2010年に岡山県内の有機栽培圃場の土壌調査を行った結果、リン酸やカリ、石灰、苦土が過剰に蓄積しており、苦土とカリのバランスが悪い圃場が多く見られた(図7-4-1)。また、2003~2005年の調査結果と比較すると、リン酸、石灰は大きな変化が見られないが、苦土やカリは減少する傾向が見られ、特にカリは不足している圃場も見られた(図7-4-2)。養分が過剰に蓄積した圃場でも、堆肥の施用中止や除塩でカリは減少しやすいので、定期的に土壌診断を行い、不足する場合は補給する必要がある。

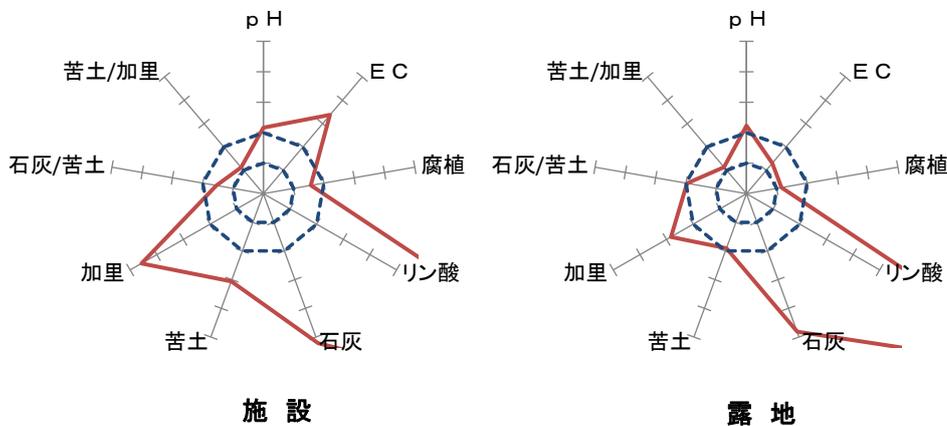


図7-4-1 有機栽培土壌の化学性(岡山県農林水産総合センター、2010)

内側の円は改良目標値の下限、外側の円は改良目標値の上限を示す。

施設は23圃場、露地は17圃場の平均値。

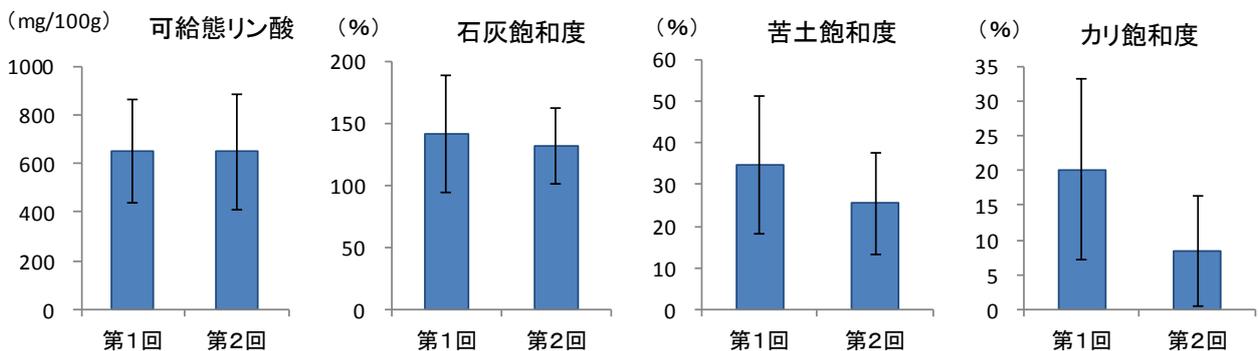


図7-4-2 有機栽培圃場における土壌化学性の変化

第1回は2003~2005年、第2回は2010年に調査を行った。

施設18圃場の平均値。

(岡山県農林水産総合センター、2010)

(2) 対策

1) 養分が集積しにくい施肥

堆肥や有機質肥料の施用により土壌の化学性が変化しやすいので、定期的に土壌診断を行い、土壌の状態に合わせて肥料を選択する必要がある。選択した肥料の窒素肥効と投入される分量を把握して施肥量を決定することで、養分の過剰な集積や塩基バランスの悪化が防止できる。詳細については9章野菜-2を参照する。

2) カリの補給

リン酸や石灰が多く、カリが少ない有機栽培圃場では、カリを多く含む有機質肥料を利用することで、土壌塩基バランスが改善し、カリウム欠乏症状

表7-4-1 「オール有機 K10」の成分含有率（現物当たり）

肥料名	成分含有率 (%)				
	窒素	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO ¹⁾	MgO ¹⁾
オール有機K10	6.5	1.0	10.0	1.9	2.0
参考 有機質肥料A	7.0	2.0	0.0	4.5	2.1
有機質肥料B	6.0	5.5	3.5	8.7	1.1
発酵鶏ふん	3.4	3.3	2.7	17.4	1.2
菜種油粕	5.3	2.0	1.0	0.7	0.7

1) 農業研究所分析値（発酵鶏ふんのCaOは除く）
（岡山県農林水産総合センター、2012）

の発生を軽減できる。新しく開発された「オール有機 K10」は、リン酸や石灰を増加させずにカリを補給することができる（表7-4-1）。

3) 菜種油粕ぼかし液肥

リン酸や塩基類が集積している圃場で窒素を補給したい場合は、液肥などの利用が適している。菜種油粕を利用した液肥は、自分で作成でき、窒素に比べてリン酸、カリ、石灰、苦土の含有量が少ないため、土壌養分が過剰になりやすく、塩基バランスを悪化させにくい（図7-4-3、表7-4-2）。

ぼかしの作成方法

- (1) 45リットルポリ袋に、菜種油粕3kgと水道水1.5リットルを入れて十分に混合する。
- (2) ポリ袋ごと発砲スチロール箱に入れて全体の重量を測定し、記録する。
- (3) 菜種油粕をできるだけ均一に広げ、温度計を挿す。
- (4) ポリ袋の口は開けておき、上からムシロなどの被覆資材を掛け、屋根のあるところに静置する。
- (5) 高温期で1~2日、低温期で1週間から10日後から温度が上がり、発酵が始まる。
さらに、5~7日程度で温度が下がる。
- (6) 全体の重量を量って減った水分を補給する。しっかり混合した後、1回目と同じ要領で静置する。
- (7) 2回目はすぐに温度が上がり、3~5日後には再び低下する。温度が低下したらぼかしの完成。

液肥の作成方法

- (1) 出来上がったぼかしを45リットルポリ容器に移し、水道水30リットルを加える。
- (2) 柄杓でよくかき混ぜてからフタをしてそのまま1日静置するとできあがり。

留意点

- (1) 有機液肥は3~5倍に希釈して使用する。
- (2) 液肥の色が濃いので、施用の際には作物にかからないように注意し、かかった場合には水で洗い流す。

図7-4-3 菜種油粕ぼかし液肥の作成方法（岡山県農林水産総合センター、2007）

表7-4-2 作製した液肥の成分値（岡山県農林水産総合センター、2007）

成分	窒素	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
菜種油粕ぼかし液肥	0.30%	0.02%	0.10%	48ppm	42ppm

5 酸性硫酸塩土壌

海や湖沼、河川の泥土や第三紀層からなる台地、丘陵地の土壌には、干拓や圃場整備によって土壌が好氣的な条件になると硫酸(H_2SO_4)や硫酸第1鉄($FeSO_4$)が生成し、強酸性を呈するものがある。このような土壌を酸性硫酸塩土壌という。水稲の場合は、土壌 pHが4以下では枯死し、4.5程度では分けつはせず短稈になり、4.5から5程度に上昇するにつれて正常な生育をとるようになる。

(1) 県下の分布と判定

県下の干拓地では児島湾干拓地や瀬戸内市(旧邑久町、旧長船町)の低湿地等の下層土が酸性硫酸塩土壌である。これらの地区では、深さ1m付近より下層は粘質土のグライ層で硫化物の含量が多く、乾燥・酸化によって強酸性となる。水路を掘削すると下層から硫化鉄(FeS)やパイライト(FeS_2)などの易酸化性イオウを含む土壌が出現するので、ほ場整備を実施する際には注意が必要である。

また、第三紀層の堆積岩を母材とする台地、丘陵地上にも酸性硫酸塩土壌は存在しており、県内では主として津山市周辺の美作台地と吉備中央町(旧賀陽町、旧加茂川町)を中心とする吉備高原に分布している。本地区の台地では、深さ約1~4m以下の下層は泥岩層で硫化物の含量が多く、地上に露出すると強酸性になる。

表7-5-1 岡山県内の酸性硫酸塩土壌¹⁾の化学性と中和炭カル量

項目	出現する 深さ (cm)	原土pH (H_2O)	風乾土pH			EC (1:5) dS/m	H_2O_2 処理イオウ mg/100g	易酸化 性イオウ mg/100g	中和 炭カル量 トン/10a /10cm深
			H_2O	KCl	H_2O_2 処理				
最大値	75	8.2	7.4	6.1	2.4	1.32	2249	2200	7.1
最小値	135	6.0	3.4	3.2	1.7	0.12	771	684	1.4
平均値	105	7.1	5.6	4.2	2.0	0.40	1416	1342	4.6

1)瀬戸内市邑久町(旧邑久町)

2)岡山県農林水産総合センター

酸性硫酸塩土壌の判定は次のようにして行う。

- ・現地では土壌の色で見分けることができる。低地では露出直後は暗緑灰色~青黒色を呈している。また、台地では灰色~黒色を呈している。
- ・外観上判定が困難な場合は、過酸化水素処理によるpHを測定する。佐賀、福岡両県では水田下層土の酸性硫酸塩土壌の判定に当たり、過酸化水素処理によるpH4以下を基準とし、可酸化性イオウ100mg/乾土100g以上、EC0.5dS/m以上の数値を併用している。

(2) 改良方法

酸性硫酸塩土壌が地表に出現した場合の最も良い対策は、地下に埋没することである。しかし、作土に混入した場合には、以下の対策を実施する。

- ・炭カルによる酸性中和
- ・灌がい水による洗浄
- ・優良土壌の客土

土壌改目標値としては、水田、畑地ともに pH(H₂O) 6.0~6.5、EC 0.3dS/m 以下、過酸化水素処理イオウ (S) 50 mg/乾土 100g 以下である。

1) 酸性中和

中和石灰量の測定は、過酸化水素処理後の土壌について緩衝能曲線法で行うのが最もよく、詳細は第6章6(4)緩衝能曲線の作成法を参照する。中和に用いる石灰質肥料の種類は、pHの過度の上昇の危険が少ない炭酸カルシウムが適している。一般に、酸性硫酸塩土壌の中和に必要な炭カル量は3~5 t/10aである(表7-5-2)。

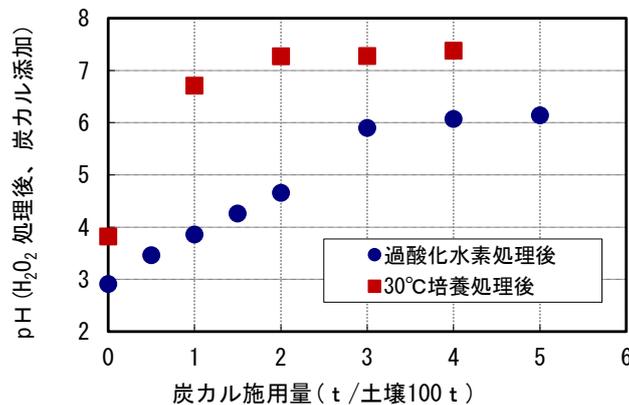


図7-5-1 岡山県内の酸性硫酸塩土壌(水田)の中和緩衝能曲線
(岡山県農林水産総合センター、2004年度)

表7-5-2 第三紀層土壌造成田における酸性硫酸塩土壌の酸性改良の効果
(岩手農試)

試験区名	風乾土pH(KCl)				玄米重(kg/10a)			備考
	炭カル施用前	炭カル施用跡地			1971年	1972年	1973年	
		1971年	1972年	1973年				
原土(無処理)	2.79	2.89	2.92	2.98	0	0	0	炭カルは初年目のみ施用
炭カル1t/10a	2.90	4.07	3.55	3.33	448	440	378	
炭カル2t/10a	2.88	5.30	4.88	4.23	525	473	510	施肥量 N 11kg/10a
炭カル3t/10a	2.85	6.08	5.70	5.58	545	495	553	P ₂ O ₅ 12kg/10a
炭カル4t/10a	2.73	6.10	6.03	5.95	552	508	577	K ₂ O 8kg/10a
炭カル5t/10a	2.79	6.30	6.20	6.10	483	492	577	品種トヨニシキ

2) 灌がい水による洗浄

透水性の劣る強粘質土壌の干拓地では、炭カル中和法と洗浄法の併用が効果的である。洗浄法は、炭カル施用後に耕うんし、しばらく真水によるかけ流し洗浄を行い硫酸を流去させる方法である。

3) 客土

客土は化学性・物理性の優良な土壌を 50～100cm の厚さで行う。同時に堆きゅう肥 2 t /10 a、熔リン 100 kg/10 a、ケイ酸質肥料 200 kg/10 a (水田のみ)を施用し、客土の土づくりを行っておく。水田では含鉄資材 400～500 kg/10 a を施用して硫化水素の発生を防止する。さらに、使用する肥料は、無硫酸根肥料を使用して硫酸の障害を軽減する。

酸性硫酸塩土壌が混入している水田で、土壌 pHを改善しても水稻の生育が不良な場合には、ヒ素障害が発生していることが多い。このような水田の改良法としては、節水栽培、硫酸第一鉄の施用のような当面の対策と 15 cm程度の排土客土又は上乘せ客土を行う根本的対策とがある。客土の効果は顕著であるが、山土のような地力の低い土壌を客土する場合には、熔リン、ケイカル、堆きゅう肥等の増施が必要である。その他の項目は一般土壌の土づくりの方法に準じて行う。

6 転換畑と復元田の特徴と改良対策

(1) 転換畑の特徴と土壌管理

1) 転換畑の特徴

ア. 水田転換による土壌物理性の変化

一般に転換 1 作目は碎土率が低く、特に排水の悪い土壌では大土塊となりやすく、作物の発芽不良や除草剤の効力低下など、栽培上の問題が起きやすい。しかしながら、水田土壌が排水され乾燥し、耕起や栽培がくり返されると、土壌構造は大塊状から小塊状へ、単粒構造から団粒構造へと変化が起こる。構造の変化に伴って土壌の粗孔隙量が増加し、同時に透水性や通気性も増大する。土壌が乾燥することによって、耕起や碎土などの機械作業はより容易になる。

このように、土壌物理性の変化は転換 1 年目より 2 年目と大きくなるが、畑土壌の状態に近くなるためには、少なくとも 3 年を要する。しかし、畑地化するのは主に作土層であり、すき床を含めたそれより下層では、亀裂や構造が漸次発達しても、その変化は遅く、水田土壌の性質が長く持続する。その傾向は排水性の劣る土壌で大きい。

イ. 土壌化学性の変化

水田の畑地化に伴う土壌の化学性の変化は、第 1 に水稻作時に灌がい水によって持ち込まれていたケイ酸やカリ、石灰、苦土などの流入富化がなくなることである。さらに、排水が良好になることによって降雨時に溶脱される養分があり、土壌は酸性化しやすくなる。第 2 は、乾燥によって易分解性有機物が年次の経過とともに少なくなり、無機化する窒素は転換初年目が最も多く 2 年目、3 年目としだいに少なくなる。以上のような点から、転換畑の土壌の生産力を維持するためには、堆肥、リン酸、石灰、苦土などの土づくり肥料の施用が必要である。

2) 転換畑の土壌管理

ア. 排水

水田は湛水機能を中心に整備されているので、過湿になりやすい。小野ら（1990）の調査結果では、県内の平坦地の場合、転換畑の灌がい期の地下水位は、ほとんどの土壌型で隣接水田の入水の影響を強く受けて高く推移し、特にグライ土で地下水位が高い。水稻栽培期になると地下水位が上昇し、同時に作物根域の気相率の減少や通気性の悪化を招き湿害を生じるおそれがある。畑作物導入には湿害防止の管理が最も肝要である。

転換畑の排水目標値は、透水係数が 10^{-4} cm/秒より大きく、降雨後2～3日で地下水位が40～50cm、7日後には50～60cmとなり、気相率が18%以上であることが望ましい（表7-6-1）。砂土～壤土型の土壌では地下水位を40cm以下に低下させることによって、作土の気相率を25%以上に増加させることは可能であるが、粘土型土壌の場合は、地下水位を低下させるだけでは18%以上の気相率を確保することは難しい。そのため、粘土型土壌では排水による地下水位の低下だけでなく、有機物施用などの方法を併用する必要がある。

表7-6-1 地下排水の目標値（農業土木学会）

排水の目標項目	暗きょ排水委員会（排水の目標）
計画暗きょ排水量（mm/日）	50mm/日
地表残留水許容日数（mm/日）（畦肩）	1日以内
地下水位低下速度、降雨後2～3日の地下水位	汎用・転換畑 40～50cm 永年作物 50～60cm
地下水位（降雨後7日）	汎用・転換畑 50～60cm 永年作物 60～100cm
透水係数	10^{-4} cm/秒以上
降雨消失速度（湛水）（mm/日）	100以上

イ. 土壌型別の望ましい暗きょ・明きょ施工法

圃場から過剰な水を排水させる方法として、明きょ及び暗きょの施工がある。明きょは過剰な表面水を、暗きょは過剰な地下水を排除する。

中粗粒グライ土壌では9m間隔の靱殻暗きょだけでは不十分であり、それに2～4mの弾丸暗きょを直交施工する必要がある。粘質グライ土壌では、靱殻暗きょ間隔10mに弾丸暗きょを2m間隔に直交させるか7.5m間隔の靱殻暗きょが必要である。強粘質グライ土壌では7.5m間隔の靱殻暗きょに弾丸暗きょを1mおきに直交させた場合、地下水位低下速度は十分であるが、作土の乾燥と気相率の回復が遅い。現実の転換畑では、地下水位の高い場合や強粘質で透水性の悪い土壌で対策が必要である。このような土壌で作土の水分を低下させるための対策としては、額縁明きょの施工や高畦栽培などがある。作付期間中の平均地下水位が35cm、40cmの場合、埴壤土での畦の高さはそれぞれ30cm、20cmがよく、壤土～砂土では10cm、0cmが標準である。

ウ. 土づくりの方法

転換畑では導入作物の種類に応じて、十分な作土深及び有効土層の確保に努めるとともに、土壌酸度の矯正、微量要素欠乏の防止等に十分留意する。また、転換当初は

土壌によっては、水田状態の時に集積した有機物の分解による窒素の可給過多がみられるので、導入作物により必要に応じて施肥量の増減を行う。

土壌の団粒構造の未発達、土壌水分の過多等から砕土、整地が困難なため、作物の発芽率が低下したり、施用した肥料や除草剤の効果が劣ることもあるので、適度な土壌水分の時に入念な耕うんを行うなど適切な土壌管理対策を実施する。

特に、転換が長期間にわたる場合には、土壌管理の良否により土壌の酸性化、土壌有機物の減もう、塩基の溶脱促進などによる地力の低下、連作による障害等の発生がみられたり、弱アルカリ化、塩基過剰集積、リン酸過剰、土壌構造の発達による硝酸の溶脱などが起こりやすいので、地域の特性に応じて有機物の増施、合理的な作付体系の導入等に留意し、作物の安定生産を図るように努める。

有機物の施用は、堆肥を 1.5～2 t / 10 a、あるいは前作水稻の生わら全量を前年度の秋または春耕時に施用しておく。石灰質肥料の施用は必ず転換初年目に表土、下層土の土壌 pH を測定した後、必要に応じて行う。

水田土壌は一般の畑土壌より肥沃とされているが、すき床層以下の土層は作土に比べて苦土、リン酸等が著しく少ない場合が多い。したがって、深耕する時や永年作物を新植する場合、特に黒ボク土の場合にはその不良性が問題となることがある。また、砂質土壌では苦土、マンガン、ホウ素などの欠乏が起こりやすい。このため、近隣の畑地でこれらの成分の施用を特に必要としている場合には、転換畑でもリン酸、苦土、微量元素等の施用を行い、土壌の化学性の改良を図るのが安全である。また、堆きゅう肥及び稲わら等の有機物の施用は、土壌の物理性を改善するばかりでなく、化学性、生物性の改善にも効果がある。

転換畑では、過湿とは反対に晴天が続く場合に干ばつ害を受けることがある。この原因として、作土の土壌構造の特徴から保水量が少ない場合とち密な下層土が比較的浅い位置に出現する場合とがある。これに対しては、灌がいの実施が最も有効な方法であるが更に深耕、有機物の施用等が作土層の厚さや孔隙の増加による土壌の有効保水量の増加に効果があり、干害の軽減に重要な役割を果たしている。

エ. 地力増進作物のすき込みによる土づくり

転換畑の生産力を維持、増強するには、有機物の施用が不可欠であるが、その確保が困難な状況下では地力増進作物を含めた広い意味での地力増強作物を有効に活用し、土づくりを推進する必要がある。

地力増進作物にはソルガム、青刈トウモロコシ、スーダングラス、シコクビエ、イタリアンライグラス、青刈ハトムギ、オオクサキビ、クロタラリア、クローバー、青刈大豆、コモンベッチ、ヘアリーベッチ、レンゲ、飼料用ヒマワリなどがある。

これらの地力増進作物が土壌にすき込まれると、土壌の団粒化が促進されるので、土壌は膨軟となり、通気性、保水性が改善され、根圏環境が良好になる。同時に腐植含量が増加する。腐植含量の増加は陽イオン交換容量を増大させ、肥料成分の保持力を高める。

しかし、有機物のすき込み量が多いと土壌の孔隙率は増加し、物理性を良好にするが、過剰になると逆に土壌の乾燥や作物の窒素飢餓を誘発する。また、過湿なほ場にい有機物を多量にすき込むと、土壌の還元化が進み、作物に悪影響を及ぼしやすい。

転換畑の特徴と管理のポイント

- ①隣接水田の影響を受けて地下水位が高い場合、排水性が悪く過湿になりやすい場合が多い。
→明きよ・暗きよの設置、高畦栽培
- ②碎土率が低く、土壌の孔隙が少なく、作物の根域の通気性や排水性が悪い場合がある。
→有機物、地力増進作物のすき込み
- ③作土層が浅く、すき床より下層は養分が少ない。
→有効土層の確保、土壌診断による化学性の改良
- ④有機物の分解が速い、降雨により養分が溶脱しやすい。
→有機物の施用、石灰、苦土、微量要素等の施用
→転換1年目は堆肥の多量施用は避ける

(2) 復元田の特徴と土壌管理

復元1～2年目の水田では窒素の減肥が必要であり、分施の場合の基肥は慣行よりも控えて生育状況をみながら追肥施用の可否を判断する。輪換田では水稻根域が連作田に比べて深く、根の活性も高く、下層土からの窒素吸収量が多い。

窒素は復元後の年数経過とともに慣行量をめどに徐々に増量していく必要がある。畑地跡の水稻に対する窒素の肥効増加は、2年目程度までで3年目以降の影響は小さい。したがって、畑土壌の性質になった後、水田に復元した場合、水田土壌の性質に戻るには3年程度を必要とすると考えられる。それ以後は、一般水田と同様に管理すればよい。

リン酸については土壌分析を行い可給態リン酸含量を把握して20mg/100g以上であれば、リン酸肥料の無施肥、または減肥を行う。カリ飽和度が4%以上あれば、カリは無施肥とする。田畑輪換では、有機物の含有量が減少しやすいため、有機物の効果を維持していくには有機物の供給が特に必要となる。その場合、畑作物栽培時に施用するのが効果的である。

長期間畑作物、特に野菜などを栽培すると過剰な養分集積がみられるが、水田にすることにより可給化され（リン酸の場合には顕著である）たり、浸透水とともに流亡することで過剰の養分は減少する。

復元田の施肥基準を表7-6-2に示す。

表 7-6-2 復元田における窒素施肥基準

土壌の種類	畑転換期間	畑期間の作物	窒素施肥の目安	
			復元 1、2 年目の窒素施用総量の減肥率	復元 3 年目以降の施肥
砂質土 (れき質土)	1～3年	麦－大豆	10～15%減	水稻連作田の施肥基準に準ずる
		野菜	20～50%減	
		飼料作物	10～50%減	
多湿黒ぼく土		麦－大豆	短稈種 10～20%減 長稈種 20～30%減	
灰色台地土		野菜	40～80%減	
黄色土	飼料作物	20～70%減		
褐色低地土		麦－大豆	15～30%減	
灰色低地土		野菜	40～80%減	
グライ台地土		飼料作物	20～80%減	
グライ土		麦－大豆	20～30%減	
強グライ土		野菜	50～100%減	
		飼料作物	30～80%減	

復元田の特徴と管理のポイント

- ①土壌の亀裂、孔隙が増加し、土壌の透水性が良くなっている。また、耕盤が破碎されている場合もある。
→代かき、床締、漏水防止
- ②畑跡地の窒素の発現効果が現れる。作土層が以前より深くなっている。
→2年目まで窒素減肥
- ③水稻栽培にとっては過剰な養分集積がみられる場合がある。
→土壌診断による施肥設計
- ④有機物の分解による土壌還元が起きやすい。
→浅水・間断かんがい
→転換1年目は堆肥の多量施用は避ける

(3) 輪作体系における水田の土壌管理

1) イネ科作物を組入れた輪作体系（還元可能有機物の確保）

土壌が適量の有機物を含有すれば、その圃場の地力の維持と向上に大きな役割を果たす。土壌が適量の有機物を保持するには、還元可能有機物の多い作物を作付体系に組入れて輪作することが必要である。

輪作に組入れる作物はその生態的持性によって有機物生産量、落葉、刈り株、根として跡地に残る有機物、堆肥源になりうる有機物量が異なっている。例えば、大麦、小麦、トウモロコシなどのイネ科作物は稈、茎葉など堆肥源になる有機物が他の作物に比べて著しく多く、また刈り株、根など畑に残る有機物量も多い。

これに対して、スイカ、キャベツ、ハクサイ、ダイコン、ゴボウなどの野菜は葉重も根重も共に少ない。大豆の茎葉重は野菜と大差はないが、生育期間中に落葉して畑に有機物が還元され少なからず地力維持に貢献している。

一方、イネ科作物の還元可能有機物はC/N比が20~50であって、炭水化物やセルロースの含量が高く分解が遅い。これに対して、野菜のそれは20以下であって窒素含量が高く、分解が極めて速い。したがって、イネ科作物の還元可能有機物量は多く、分解も遅いので、土壌有機物が蓄積して地力維持に役立つが、野菜のそれは量が少なく分解も速いので、地力維持源としては期待できない。

以上のことから、作付体系内にイネ科作物を組入れることは地力維持上必要であることがわかる。

2) 野菜と普通畑作物との輪作（土壌通気性の改善）

転換畑では初期の土壌の物理性が悪い。大型機械でロータリー耕を連年行くと耕盤が形成され通気性が悪くなる。したがって、作物の生産性向上のために通気性の良好な土壌条件を保つことが極めて重要である。

土壌の通気性は、耕起方法と共に作付け作物の種類の影響を強く受ける。土壌の気相の割合は、麦、カンショ、バレイショ、ソルガム、トウモロコシなどを栽培した普通作物跡地が有機物施用の有無にかかわらず、野菜栽培跡地より大である。

すなわち、普通畑作物栽培跡地は野菜栽培跡地より通気性が良好である。麦やカンショは野菜に比べて根が深く分布し、下層の物理性を改良するとともに団粒構造を発達させ、通気性を良好にする。このことは、牧草については古くから確認されており、ダイズ、クローバーなどマメ科作物も団粒形成作用が大きい。

葉菜、果菜類の連作は土壌通気性の悪化をもたらすものである。大雨後、野菜畑で滞水しやすいのもこのためである。一方、麦を導入した転換畑で排水が良好なのは、麦の根によって土壌の物理性が改良されたことを示している。このことから、野菜と普通畑作物との輪作は、土壌の物理性の改良上好ましいことであり、輪作体系による作付けを実施する。

3) 野菜とイネ科作物などを組合わせた輪作

作物に対する施肥量と養分吸収量との関係は、作物の種類によって異なる。麦、トウモロコシ、ソルガムなどのイネ科作物の窒素やカリは施肥量より吸収量が多く、栽培跡地の養分収支はマイナスである。大豆、小豆などのマメ科作物、イネ科作物、バレイショではカリ、大豆、カンショは窒素でマイナスである。これに対して野菜は跡地に多量

の肥料養分を残す。ダイコン、ニンジン、ハクサイ等を連作した場合は、生育量の低下を防止するため施肥量を多くするが、吸収量がそれほど多くならないため、跡地に残る養分はますます多くなる。現在、野菜連作畑で土壌中の窒素、リン酸と塩基含量が高くなって、苦土／カリ比など塩基のバランスが悪化しているのもこのような養分収支に基づくものである。

このような、栽培跡地の養分収支がプラスになる野菜とマイナスになるイネ科作物とを組合わせて輪作することは、土壌の養分収支上また土壌養分のバランスを維持する上で合理的である。