

転換畑の土壤構造と畑作物の生育反応

前 田 要*

Effect of Soil Structure on Plant Growth in Upland Fields
Converted from Paddy Fields

Kaname MAEDA

Hokkaido Prefectural Central Agricultural Experiment Station

1. はじめに

水田は水稻栽培を目的とした土壤管理、水管理を長年にわたって実施している。そのため、作土の土壤構造は代かきによって破壊され、かつ作土直下には硬くしまったすき床層が存在するなど、圃場の通気・通水性ならびに碎土性をはじめとする一連の土壤物理的な環境条件は、一般畑土壤に比べ著しく劣っている。

例えば、強粘質な排水不良転換畑では圃場の碎土性ならびに排水性が劣るばかりか、畑作物の生育に利用され易い有効水分に不足しており、干害と湿害が同居するという特異な現象が生じる。

したがって、水田を転換畑として利用し畑作物を栽培するにあたっては、圃場の排水性ならびに碎土性を中心とした根圏域土壤の物理的環境要因の改善がその前提条件となる。

以下においては、水田転換畑の特性と畑作物の生育反応を土壤物理的環境要因との関連でのべてみる。

2. 転換畑の土壤物理的環境

1) 土壤断面形態および透水性の変化

水田の畑転換に伴う土壤環境の変化は土壤断面の形態や透水性の面でみられる。表-1には湿田（黒泥土、泥炭土、グライ土）、半湿田（灰色台地土、灰色低地土）および乾田（褐色低地土）の畑転換後の土壤断面形態の変化内容について整理した。

それを見ると、湿田および半湿田では水田時のグライ層が退化もしくは消失して、斑鉄などの酸化沈積物が明らかに増加してくる。また、半湿田の灰色低地土および灰色台地土にあっては土壤の脱水・収縮・乾燥作用によってち密度が増大し、かつ亀裂の発達が顕著となる。一方、排水性良好な乾田型土壤の褐色低地土では湿田ならびに半湿田型土壤に比べると土壤断面の形態変化はきわめて小さい。

つぎに、各土壤型における透水性の変化を転換畑と水田で対比してみると（図-1）、各土壤型とも水田に比べ転換畑の方が透水係数が大きく、しかもその傾向は湿田型土壤より半湿田、乾田型土壤で一層明瞭である。

表-1 転換畑の土壤断面形態変化

土 壤 類 型	断面形態変化の内容	
湿 田	黒 泥 土	グライの退化又は消失、斑鉄の増加
	泥 炭 土	
	グ ラ イ 土	
半 湿 田	灰色台地土	グライの消失、ち密度の増大、亀裂の発達
	灰色低地土	ち密度の増大、亀裂の発達顕著
乾 田	褐色低地土 (中 粒)	斑鉄、土色の変化なし、ち密度やや減少
	褐色低地土 (粗 粒)	

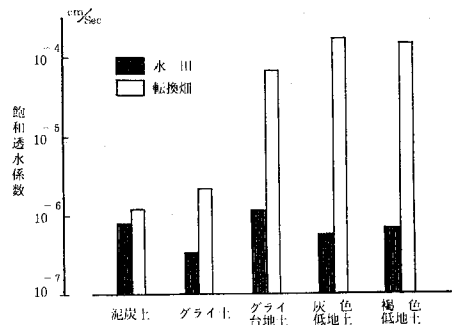


図-1 透水係数の比較

* 北海道中央農業試験場

転換畑の土壌構造と畑作物の生育反応

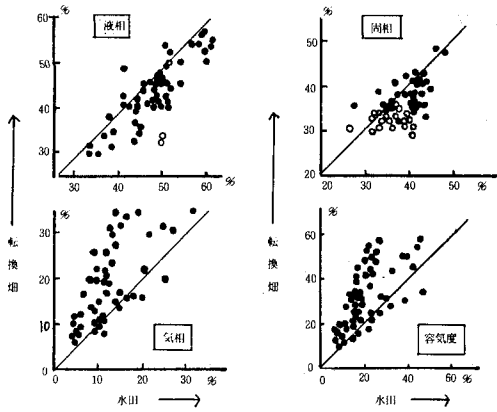


図-2 転換畑と水田の3相分布の関係 (北農試, 1983)

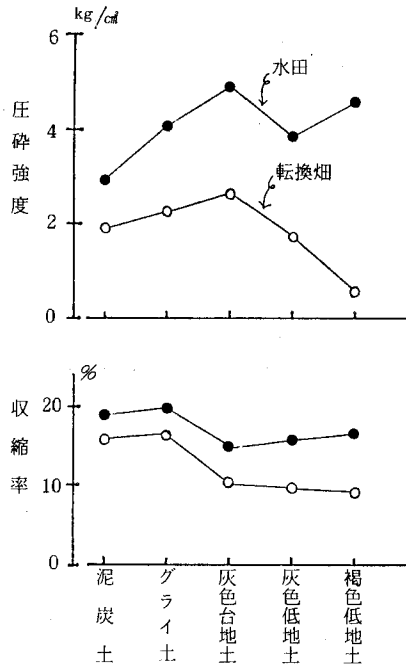


図-4 収縮率および圧砕強度の比較

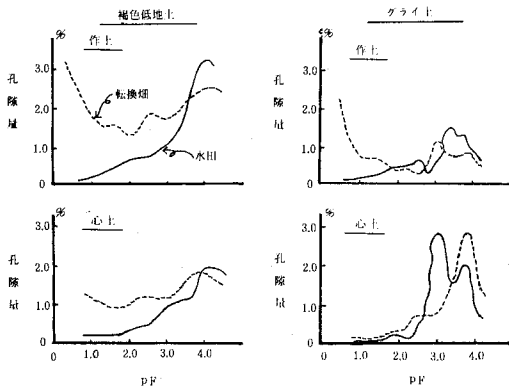


図-3 乾田, 湿田別の孔隙分布特性

このように、水田転換畑はももとの水田に比べると脱水・収縮・乾燥が円滑に進行するため、土層全体が酸化的に転じ、その結果が土壌構造の発達と透水性増大に反映するものと考えられる。

2) 三相分布および孔隙分布特性

転換畑と水田の土壌3相分布について検討した結果をみると(図-2)、転換畑は水田に比べ土壌3相中に占める気相率、容気度の割合が明らかに高い。また、液相率および固相率は逆に水田より転換畑の方がはるかに小さい。これらの結果は、転換畑は水田に比べ土壌が膨軟であり、かつ通気・通水性が勝っている様子を示している。

つぎに、乾田型土壌の褐色低地土と湿田型土壌のグライ土の両土壌間で孔隙分布特性を比較してみる。

図-3から明らかのように、乾田型土壌の褐色低地土では水田に比べ転換畑が作土、心土ともpF1.5以下の粗孔隙量がきわめて大きい特徴が認められる。

一方、粘性の強いグライ土では、作土の粗孔隙量は転換畑の方が水田に勝るが、高pF域ではほとんど差異が

みられず、転換畑の心土では逆に水田に比べ高pF域の孔隙量が増加する傾向にさえある。

以上のように、転換畑の作土の通気・通水性は各土壌型とも水田に比べ全般に好転するが、粘性の強いグライ土のような転換畑の心土にあっては、土壌の脱水・収縮・乾燥によってち密度が増大し、高pF域での孔隙が増大するなどの現象もみられ。

3) 転換畑土壌の工学的性

転換畑土壌の工学特性を水田と対比して検討した結果を図-4および表-2に示した。

まず、各土壌型別の収縮率、圧砕強度をみると、各土壌型とも転換畑は水田に比べ脱水に伴う収縮率ならびに土塊崩壊の指標である圧砕強度がいずれも小さく、かつその程度は湿田型土壌の泥炭土、グライ土より半湿田・乾田型土壌の灰色台地土、灰色低地土および褐色低地土で顕著である。この結果は、地下水位の低い土壌型ほど短期間の中に土壌の脱水・乾燥が進み、土塊がもろくなって、畑地化作用が容易に進行することを暗示している。

一方、強粘質なグライ土のアッターベルグ限界を層位別にみると、転換畑は水田に比べ液性限界、塑性限界および塑性指数がいずれも低下している様子がかがわれ、とくに風乾土より生土で、また下層より上層でその傾向が明瞭である。さらに、液性限界の乾土/生土比をみると、1層および2層に比べ3層では水田と転換畑間の差異が小さい。

このことから、地下水位が高く粘性の強いグライ土では水田の畑地下に伴う土壌工学的性の変化は、比較的表層

表-2 グライ土の土壌工学的な変化

(北陸農試, 1971)

土 壌	層 位	風 乾 別	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	塑性指数	液性限界の乾/生比 (%)	塑性指数の乾/生比 (%)
水 田	1	生 土	90.7	38.7	52.0	76.3	57.9
		風 乾 土	69.2	39.1	30.1		
	2	生 土	109.0	35.9	73.1	65.4	47.3
		風 乾 土	71.3	36.7	34.6		
	3	生 土	104.7	34.1	70.6	77.2	64.7
		風 乾 土	80.8	35.1	45.7		
転 換 畑	1	生 土	80.8	39.0	41.8	84.5	66.5
		風 乾 土	68.3	40.5	27.8		
	2	生 土	95.1	41.8	53.3	77.6	62.1
		風 乾 土	73.8	40.7	33.1		
	3	生 土	97.3	36.8	60.5	79.2	67.4
		風 乾 土	77.1	36.3	40.8		

部にとどまり、下層土には及ばないものと思われる。

4) 転換畑土壌の碎土性

転換畑は一般畑に比べ耕起・碎土後の碎土性に難点があるとされている。そこで、乾田型土壌の褐色低地土で一般畑と転換畑間で土塊分布の相違を比較した。結果をみると(表-3)、転換初年目畑は一般畑に比べ土塊組成中に占める2.0 cm以上の大土塊割合が高く、0.5以下の小土塊割合が少ない。この傾向は転換2年目畑においても同様に認められる。

つぎに、各土壌型の粒団分布について検討した結果をみると(表-4)、転換畑は一般畑に比べ粒団組成中に

占める2.0 mm以上の大粒団割合が高く、逆に0.25 mm以下の小粒団割合が少ない。とくに、その傾向は湿田型土壌で明瞭である。

一方、転換畑(褐色低地土)の同一圃場内で碎土性に極端な差異がみられたので、その要因について検討した。結果をみると(表-5)、碎土性良好な個所の土壌は砂含量が高く、土性がSLなのに対し、碎土性不良な個所の土壌は粒土含量が高く、土性もLiCである。さらに、土壌水分条件と土壌の圧碎強度の関係をみると(表-6)土性SLでは低水分より高水分で、また土性LiCでは逆に高水分より低水分で各々圧碎強度が高まる特徴がみられる。なお、耕起・碎土時の土壌水分と碎土率の関係について検討した結果(図-5)、pF1.6の高水分条件下での耕起・碎土では碎土率が著しく劣り、pF1.8で最も良好な碎土率が得られた。

以上の事象から、水田転換畑の碎土性は一般畑に比べるといずれも劣り、たとえ転換後2年を経過した碎土性良好な褐色低地土においても依然として碎土率が劣る傾向にあった。また、碎土性を支配する要因としては土性ならびに耕起・碎土時の土壌水分が複雑に関与しており、

表-3 一般畑、転換畑間の土塊分布の比較
(褐色低地土)

土 壌	土塊組成(耕起前, %)				
	2.0cm<	2.0~1.0cm	1.0~0.5cm	0.5cm>	
一 般 畑	2.1	6.1	20.7	71.1	
転換畑	初年目	27.7	19.7	15.6	37.0
	2年目	11.8	16.5	17.6	54.1

表-4 一般畑、転換畑間の粒団分布の比較

(中央農試, 1972)

土 壌	粒 団 組 成 割 合 (%)					
	5.0~2.0mm	2.0~1.0mm	1.0~0.5mm	0.5~0.25mm	0.25mm>	
転換畑	泥 岸 土	13.9	31.3	37.1	2.5	15.2
	グ ラ イ 土	29.7	34.5	21.3	5.5	9.1
	灰 色 低 地 土	21.4	20.1	19.8	8.0	30.6
	多湿クロボク土	12.4	30.5	34.5	10.1	12.2
一般畑	灰 色 低 地 土	4.1	34.2	19.9	11.4	30.4
	褐 色 森 林 土	6.6	18.6	31.1	12.4	31.3
	多湿クロボク土	2.7	13.4	42.2	17.2	24.5

表一 5 砕土性と土性との関係

(褐色低地土)

砕土性の良否	土塊分布(%)				粒径組成(%)			土性
	>20mm	20~10mm	10~2mm	2mm>	砂合計	シルト	粘土	
良	16.4	10.9	32.7	40.0	67.2	18.6	14.2	SL
不良	31.7	17.8	30.2	20.3	39.0	29.5	31.5	LiC

注) 転換3年目

表一 6 土塊の砕土性と土壌水分の関係

(褐色低地土)

土 壤	土 性	水分条件 (%)	含 水 比 (%)	20~40mm土塊の圧砕強度 (kg / cm ²)	2mm風乾細土の圧砕強度 (kg / cm ²)
砕 土 性 良 好 土	SL	WHC*の30	17.2	4.31	0.03
		" 50	28.6	7.73	0.14
		" 70	40.0	11.30	0.42
砕 土 性 不 良 土	LiC	WHC*の30	19.0	13.72	0.27
		" 50	31.7	6.40	0.75
		" 70	44.3	8.11	1.48

WHC * ; 最大含水量

土性によって耕起・砕土時の適正水分条件が異なることが示唆された。

3. 転換畑における畑作物の生育反応

1) 砕土性と大豆の生育・収量

圃場での砕土性の良否は土性および耕起・砕土時の土壌水分、作業機種などによって支配されるが、水田転換畑ではとくにこれらの影響が大きい。畑作物の生育に及ぼす土塊の影響をみると、1) 地表面に直径3cm以上の大土塊がないこと、2) は種機の操作される土層内に直径2cm以下の土塊が重量比で70%以上であることが一応の基準とされている。

そこで、土壌条件に恵まれた褐色低地土転換畑で砕土法の相違と発芽・苗立ち歩合および収量との関係を見ると(表一7)、普通ロータリー耕のみの砕土では大土塊の細塊化が困難で、直径2cm以上の土塊が50%近くも占めており、大豆の欠株率は15%にも達している。

一方、普通ロータリー耕にワイドロータリー耕を併用すると2cm以下の小土塊が70%以上に増加し、欠株率も2%以下に低下している。また、大豆子実収量もワイドロータリー耕を併用したものの方が明らかに高い。

以上のように、水田転換初年目畑ではかなり条件に恵まれた土壌でも砕土性に難点がみられるため、耕起・砕土にあたっては適切な土壌水分下での作業は勿論のこと、作業機種の選定などにも充分な配慮が必要である。

3) 排水性改善による生産性向上

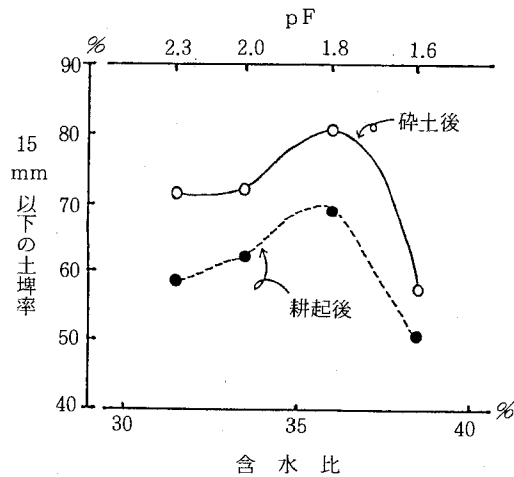
転換畑は一般畑に比べ地下水位が高いばかりか、作土の土壌構造の発達が悪いため作物の生育に必要な有効水分保持能の面で劣っている。そのため、粘性の強いグライ土転換畑などではしばしば干害や湿害が発生する。

図一6および図一7にグライ土転換畑における透水性改善対策について検討した結果を示した。

表一 7 砕土率と大豆の発芽・子実収量の関係

(褐色低地土)

砕 土 法 割	直径2.0cm以上の土塊割合 (%)	は種後36日目調査			10a当り収量	
		発芽 (本/株)	欠株率 (%)	根粒重 (mg/株)	子実重 (kg)	同 比 (%)
普通ロータリー	53.7	1.8	15.0	4.7	295	100
ワイドロータリー	73.1	2.5	1.7	20.7	342	116



図一 5 耕起・砕土時の土壌水分と砕土性の関係 (褐色低地土)

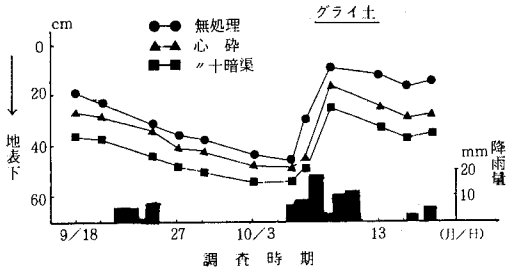


図-6 地下水位の推移 (中央農試, 1981)

それをみると、無処理（既設土管暗渠のみ）に比べ籾殻心破および籾殻心破+籾殻暗渠の両処理では地下水位が終始低く、かつ土壌水分pF値も高く推移し、圃場の乾燥が良好な様子がうかがえる。とくに、籾殻心破と籾殻暗渠の併用処理でその傾向が明瞭である。

つぎに、小麦および大豆の生育・収量に及ぼす透水性改善の影響をみると（表-8、表-9）、小麦の生育ならびに収量は籾殻心破+籾殻暗渠>籾殻暗渠>籾殻心破>無処理の順に子実収量が高く、明らかに透水性改善による増収効果大きい。また、大豆の生育・収量についてもまったく同様な傾向が認められる。

このように、地下水位の高い泥炭土、グライ土や下層土のち密度の高い灰色低地土などの転換畑では、籾殻心破や籾殻暗渠の施工によって圃場の排水性を促進し、土壌の乾燥化を図ることが畑作物導入上の前提条件となる。

さらに、暗渠の施工法も従来の土管暗渠のみでは効果が少なく、土管上に籾殻を埋め込む籾殻暗渠、心土破碎の亀裂部に籾殻を挿入する籾殻心土破碎、あるいはコルゲート管、バイドレンを用いた浅暗渠なども積極的に取り入れるべきであろう。

3) 作物別の地下水位ならびに耕起深に対する反応

転換畑に畑作物を導入する際に問題となる地下水位の影響を数種類の作物を供試して比較検討した。その結果をみると（表-10）、作物の生育・収量に及ぼす地下水位の影響は作物の種類によって異なり、水位40,60cmの2処理の範囲内においては、タマネギ、てん菜、の2作物は低水位（60cm）の方が高水位（40cm）より生育・収量が勝っている。それに対し、小豆では転換初年目では低水位が優位であるが、2年目以降では逆に高水位の方が増収する傾向がうかがえる。さらに、ポット試験でト

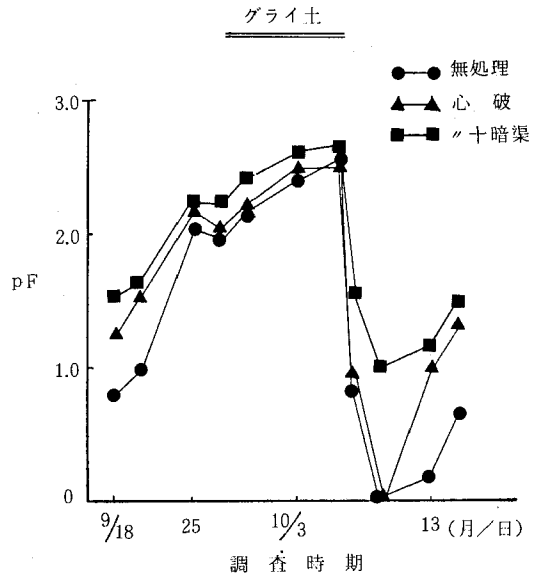


図-7 pF値の推移 (中央農試, 1981)

表-8 小麦の生育・収量に及ぼす透水性改善の影響

処 理	生育調査		収量調査 (kg/10a)			
	稈長 (cm)	穂数 (本/m ²)	総重	わら重	子実重	同 比 (%)
無 処 理	91.3	452	721	386	335	100
籾 殻 心 破	94.3	540	905	509	396	118
籾 殻 暗 渠	95.2	571	985	559	426	127
籾 殻 心 破 + 籾 殻 暗 渠	95.0	588	1,016	571	445	133

マト、キュベツについて同様な試験（地下水位20,40,60cm）を行なった結果、トマトは高水位ほど茎葉重、根重および果実収量が増大しているが、キュベツではむしろ低水位ほど根系の発達が良い、かつ結球部重も明らかに高まっている。

一方、耕起法の影響をみると、深根性のてん菜では普通耕（15cm耕深）に比べ深耕（30cm耕深）の方が生育、収量とも上回っているが、他の作物（小豆、タマネギ、トマト、キュベツ）については根系発達の良化が収量増にまで反映していない。このことから、転換畑で深耕処理を実施するにあたっては他の対策（有機物、土壤改良資材、施肥量のバランスなど）も併せて講じる必要がある。

表-9 大豆の生育・収量に及ぼす透水性改善の影響

処 理	生育調査 (7月30日)			収量調査 (kg/10a)		
	主 茎 長 (cm)	分 枝 数 (本/株)	乾 物 重 (g/m ²)	総 重	子 実 重	同 比 (%)
無 処 理 区	47.7	4.2	234	606	303	100
籾 殻 心 土 破 碎 区	49.7	4.8	276	654	342	112

るものと判断される。

なお、転換畑（褐色低地土）における畑作物の収量性の年次推移を一般畑と対比してみると（図-8）、てん菜、小豆、タマネギ各作物とも終始一般畑に比べ転換畑の方が高レベルの収量を得ている。

したがって、褐色低地土のように立地条件に恵まれている水田転換畑で畑作物を栽培する場合には、転換初年目から高収が期待でき、しかも最低3年程度の連作が可能であると思われる。

4. まとめ

今までのべたように、土壤の立地環境からみた場合、水田転換畑は一般畑地に比べ土壤物理性に大きな欠陥がある。反面、転換畑の土壤肥沃度（とくにN的地力）は一般畑よりはるかに高レベルにあるため、通常は畑地化に伴って生産性が增大する。土壤の種類によっても異なるが、水田転換畑が一般に畑地として最も理想的な条件を備えるのは転換2～3年後であり、かつこの期間は一般畑では問題の多い短期連作も可能である。土壤の物理・化学・生物性などを中心とした根圏域土壤環境の変化、あるいは各作物の生産特性などの面からみて、田畑輪換サイクルをいかに効率良く決定するかが、寒地における汎用農地推進の今後の大きな課題といえよう。

引用文献

- 1) 久津那浩三・宮崎直美：北海道農試研報, 137, 107-124 (1983)
- 2) 前田要・山口正栄・盛時雄・小田切弘一：北農, 34, 32-39 (1969)
- 3) 前田要：北海道土壤肥料研究通信, 第20回シンポジウム, 11-21 (1973)
- 4) 前田要：圃場と土壤, 147, 11-15 (1981)
- 5) 前田要：北海道立農試研報, 42, 1-87 (1983)
- 6) 南松雄・前田要：北海道立農試集報, 29, 72-85 (1974)
- 7) 中野啓三：北陸農試報, 21, 63-94 (1978)
- 8) 中野啓三：土壤の物理性, 51, 17-21 (1985)
- 9) 竹中肇：土壤の物理性, 31, 24-28 (1975)
- 10) 関口明・和田順行・南松雄・前田要：北海道立農試集報, 29, 86-97 (1974)

表-10 収量に及ぼす水位、耕深の影響

作物の種類及び処理内容	年次別収量						
	初年目	2年目	3年目	平均	同比(%)		
てん菜 (t/10a)	水位	40 cm	5.01	6.81	5.95	5.92	100
		60 cm	5.59	7.10	6.20	6.30	106
	耕深	普通耕	5.07	6.94	5.61	5.87	100
		深耕	5.53	6.97	6.53	6.34	108
小豆 (kg/10a)	水位	40 cm	288	368	352	336	100
		60 cm	311	330	342	328	101
	耕深	普通耕	288	357	354	333	100
		深耕	310	341	340	330	99
タマネギ (t/10a)	水位	40 cm	319	430	542	430	100
		60 cm	427	398	560	462	107
	耕深	普通耕	398	426	520	448	100
		深耕	347	403	583	444	99

表-11 野菜の生育・収量と地下水位の関係

～その1～

処 理	ト マ ト			キ ャ ベ ツ			
	草丈 (cm)	茎葉重 (g)	根重 (g)	最大外葉長 (cm)	根重 (g)	同比 (%)	
地下水位	60cm	181	162	34 (100)	53	334	100
	40cm	180	279	70 (206)	52	283	85
	20cm	187	305	97 (285)	54	256	77

～その2～

処 理	ト マ ト (kg)				キ ャ ベ ツ (kg)				
	上	下	計	同比 (%)	外葉部重	結球部重	同比 (%)	硬さ (mm)	
地下水位	60cm	1.7	0.5	2.2	100	1.7	2.5	100	21.0
	40cm	1.8	0.5	2.3	105	1.7	2.2	88	20.3
	20cm	1.9	0.5	2.4	109	1.7	1.2	48	18.0

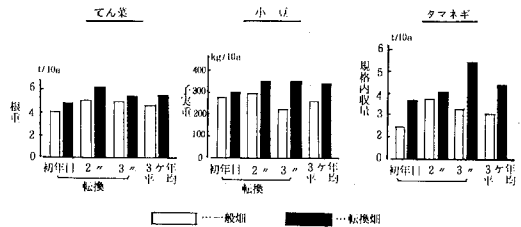


図-8 転換畑における畑作物の収量性（褐色低地土）