

田畑輪換と還元田用水量

足 立 忠 司*

Duty of Water for Restored Paddy Field by Changing to Dry Field

Tadashi ADACHI

Faculty of Agriculture, Gifu University

I はじめに

現在押し進められている耕地の汎用化は、本来水田としての構造・形状を有する農地に、栽培方法、作業管理等が全く異なる畑作物を導入するものであるから、その目的を果すためには、排水対策・かんがい方式・区画形状などの畑作物の生育に適した環境が保証されねばならない。とくに、一般の畑と比べると水田基盤はその機能上平坦に造成され、かつ透水性もかなり小さいために、降雨時の排水が不良であり、また近接する水田や用排水路からの浸透水の影響を受けて、過湿となる場合が多くみられるので、転換畑（畑利用されているホ場）では、排水対策が極めて重要となる。

しかし一方、転換畑において排水を良好にして畑作物を栽培すれば、必然的に土壌は乾燥する。したがって、水田基盤という条件下における土層の乾燥の進行は、再び水田利用される場合、本来の水田としての機能を果さなくなる恐れを抱かせる。それ故、転換畑の土層の乾燥の進行、土壌構造の変化等の把握は、畑作物の栽培にとっても、また転換畑を再び水田に戻し利用する場合の用水管理上の立場からも重要なことといえる。

このような観点から、ここでは、転換畑の土層の乾燥の進行と土壌構造の変化についてふれ、ついで還元後の水田用水量の変化をホ場の利用経歴（ホ場の利用経歴とは、水田としてあるいは畑として利用されたかの区別とその並び）との関連で報告する。

なお、ここで用いている田畑輪換とは、奈良盆地などで古くから行なわれている周期的輪作のみではなく、主には米の過剰問題から端を発した耕地の汎用化政策を指している。また、還元田とは、過去1作でも畑利用された後再び本来の水田利用がなされているホ場をすべて指し、これに対し、過去1作も畑利用の経歴を有さず水稲作が継続されているホ場を連続水田として用いている。

II 土層の乾燥の進行と土壌構造の変化

水田を畑として利用すると、一般的には土層の乾燥状態を進行させ、かんがい期間中の湛水によって形成された水田土層の特徴的な土壌構造は変化し、この変化はまず土層内に発生する乾燥き裂となってあらわれる。ついで、このき裂がさらに浸透を促進し、乾燥を進める。このように土層の乾燥とき裂の形成の相互作用がその他の土壌の物理性に影響し、土壌構造を発達させることにつながると考えられる。

受ける乾燥の度合いが大きいほど、下層まで影響をうけ、また水田を畑利用するために、地下排水組織の強化・深耕・心土破碎などの土層改良がなされた場合には、人工の水みちも増加する。すなわち、水田の用水量を左右する主な要因の土壌条件・水理条件が、還元田では、連続水田に比して著しく変化しており、これが用水量増大な要因となる。

したがって、ここでは、土壌構造を反映する土壌物理量として、用排水との関連において決定的な影響を及ぼすとみられるき裂の存在をとりあげる。

(1) き裂発生乾燥条件¹⁾

水で飽和して、ゆるく詰めた土壌による実験結果によると、き裂の発生は、まず土壌構造を形成している団粒間の間ゲキから脱水が始まり、脱水量と変形量がほぼ一致する正規収縮の段階を経て、ついでpF₂前後に至って、脱水量が変形量を上回る残留収縮の段階に到達し、土壌内に内部応力が発生することによって考えられる。したがって、水田土層では作土層の乾燥が進み、pF₂前後でき裂が発生した後に耕盤層あるいは心土層の乾燥へと進行するものと考えられる。しかしながら、下層土は作土と土壌構造の生成条件等が相異している場合が多いので、き裂発生時の乾燥条件は異なる。例えば、傾斜地の基盤造成では、大型の施工機械により不飽和状態の土

*岐阜大学農学部

表一 下層土のキ裂発生時の推定pF値 (波田地区¹⁾)

ホ 場	pd - No. 420		pd - No. 238		pppd - No. 530	
	切土部 A	切土部 B	盛土部 A	盛土部 B	切土部	盛土部
土層状態	黄カッ色のち密な層	黄カッ色のち密な層	混合層で深さが50cm以下が極めてち密	黒カッ色のち密な層	黄カッ色で深さが20~50cmがきわめてち密	混合層でち密
キ裂到達深さ(cm)	37	42	55	52	ナ シ	70cm以深
キ裂発生時の推定pF	2.6	2.4	2.0	2.1	2.7以上	*
測定期日(年月日)	47. 7. 31	47. 7. 31	47. 7. 31	47. 7. 31	48. 7. 17	48. 7. 17

* pppd-No.530盛土部はキ裂到達深さが70cm以上のためキ裂発生時のpF値の推定が不能であった。

が締固められるわけであるから、その時の水分状態・締固め外力によって充てん状態が異なることとなる。このような土壌では、締固められた当初の水分状態付近で水分が変動する範囲では顕著な体積変化は生じないが(構造収縮の段階)、水分が当初の水分状態を下回ると初めて土壌の構造変化を伴う収縮を生じ、キ裂の発生につながるものと考えられる。したがって、キ裂発生時のpF値は、締固め時の水分状態さらには締固め外力により規定されることになり、一般には作土層のキ裂発生条件のpF値より、下層土の場合は高くなる。また同様に、傾斜地水田における切土部・盛土部のキ裂発生条件にも相異がみられる。

表一は、下層土にキ裂が発生する場合のpF値をテンシオメータの観測と土壌断面調査から併せ推定した結果である。この調査結果によると、盛土部の方が、切土部に比べ深い層まで乾燥が進行する傾向がうかがえるとともに、そのキ裂発生時のpF値は、2.0~2.1であるのに対し、切土部ではpF2.4以上の高い値にならないとき裂は発生していないことがわかる。

(2) 畑地転換後の経過年数と土壌構造

このように田畑輪換により乾燥キ裂としてあらわされる土壌構造は変化するが、畑地転換後の畑作年数の相異によっても、土壌構造の変化の程度に差異が生じ、乾燥状況にも反映する。

表二は、ホ場の利用経歴とき裂の進入深さとの関係を示した結果であるが、これによると、昭和47年に畑地転換1年目のホ場 (pd420, pd238)* においてキ裂の進入深さは経時的に大きくなり、下層土まで達するようになることがわかる。これに対し、昭和49年は全国的に異常低温・多雨の年であったため¹⁾、この年畑地転換1年目のホ場 (pppd386) は、キ裂は30cm程度しか入っていないし、下層は乾燥していない。しかしながら、昭和49年まで連続して畑利用しているホ場 (dddd529) では、初期

段階で70~80cm以上のキ裂進入深であり、10月12日時点でも60~70cm以上ものキ裂が残存している。

また、テンシオメータの観測によると(表一3参照)、同年7~8月2ヶ月間に、pF2.7以上の水分張力を示した日数は、転換1年目のホ場では1~5日と少ないのに対し、過去3~4作連続して畑利用しているホ場では、16~21日と著しく多くなっている。

このように、同一地区においても、畑地転換を行なった年の気象条件によって、乾燥の進行・土壌構造の変化

表二 転換畑のキ裂進入深 (cm) (波田地区)

ホ場と経歴	測定月日				調査年度
	5/19	7/31	9/12	12/15	
pd No. 420 切	16	37	52	52	S. 47
pd No. 238 盛	34	55	57	42	"
	6/7	7/30	8/15	10/12	
pppd No. 386 盛	26	24	29	12	S. 49
dddd No. 529 {切盛	70	—	—	63	"
	80以上	—	—	73以上	"
pppd No. 598 {切盛	—	—	—	21	"
	—	—	—	21	"

表三 昭和49年度夏期(7~8月)

スイカ畑の深さ10cm作土層のpF2.7

以上に乾燥した日数 (波田地区)¹⁾

ホ 場	切盛区分	pF2.7以上の乾燥日数
pppd - No. 386 (転換1年目)	盛土部A	5
	盛土部B	1
dddd - No. 269 (転換4年目)	切土部	21
	盛土部	21
dddd - No. 529 (転換5年目)	切土部	16
	盛土部	17

* ホ場の利用経歴の表示として、畑利用あるいは休耕の年度をd、水田利用の年度をpの記号を用いて、過去の利用経歴の古い順に左から右に調査ホ場番号の頭に付することにする。

の程度は大きく異なるが、また畑作利用期間が長いほどそれだけ強度の乾燥という刺激を受ける確立が高いために、土壌構造の変化は激しく、その影響はかなりの期間残存するものと考えられる。

以上のように、田畑輪換により水田基盤特有の土壌構造は、次第に畑地のそれへと変化するが、土層内に乾燥き裂の形成・発達するための水分条件としては、少なくとも pF2.0以上に到達したときと見ることができる。また、乾燥の影響は、き裂の発達とともに土壌の粗間ゲキの増大をもたらし、透水性を高めることにつながっている。

Ⅲ 還元田の用水量

還元田においては、上述したように水田用水量を左右する主な土壌条件が、連続水田に比べて著しく変化しており、このために用水量が増大する。この傾向は、畑作利用期間が長いほど、かつ還元後の水田利用期間が短いほど大きい。

ただし、低湿地の条件下では、畑状態を経過しても土壌構造の変化はそれほど激しくなく、またたとえき裂が発生しても、地区全体としての地下水水位が高いために顕著な降下浸透が発生する余地が乏しく、水田用水量には必ずしも明瞭な差異があらわれない場合が多い。

(1) 代かき用水量

代かき用水量は、乾燥土壌への初期流入量であって、量的に大であるから、還元田ではどの程度増大するかを把握しておくことは、畑地転換計画に際して極めて重要である。

表一4は、各地の代かき用水量をホ場の利用経歴との関係で示したものである²⁾。この表によると、前作が畑(d)であった還元田の代かき用水量は、連続水田のそれと比べて、ほとんど差のない場合から2倍以上の場合までである。この増加の大きい例は、地下水水位が低く、下層土の透水性のよい火山灰上あるいはレキ層上の波田地区城端地区やハンラン原上にあり、排水条件がよく土壌の透水性の大きい和田山地区砂質水田にみとめられ、このような地区では、還元直後の水田では、2~2.5倍もの水量をみこむ必要がある。また、増加の少ない場合でも1.3~1.5倍程度の水量増は考えておく必要がある。

還元後どの程度水田利用を継続すると、連続水田の代かき用水量と大差なくなるかは、この例だけでは明確ではないが、還元後の水田利用年数が、畑地転換により増加した代かき用水量をかなり減少させる傾向にはある。

このように水田の利用経歴によって、その代かき用水量が異なるのは、その消費機構も同じではなく、その構成内容には前作までの利用経歴が反映しているためである。

表一4 ホ場の利用経歴と代かき用水量²⁾

地 区	経 歴	用水量	用水量/ 連続水田	備 考
城 端	pddp*	320mm	1.56	S49調査
	〃	283	1.38	
	ppdpp	280	1.37	
	ddppp	178	0.87	
	ppppp	205		
	pdp	223	2.15	S50
波 田	ppp	99		
	~dp**	520	1.86(2.81)	S48
	ddpp	270	0.96(1.46)	()内はppppの異常値を除いた場合
糸 貫	pppp	280(185)		
	ddp	156	1.50	S48
	dpp	128	1.23	
	ppp	104		
	ddp	93	1.06	S49
	pdp	131	1.49	
	dpp	95	1.08	
pppp	88			
寺 谷	~dp**	180	1.30	S48
	pp	138		
和田山	~dp**	132	1.04	S49
	pp	127		(粘質水田)
	~dp**	358	2.39	S49
	pp	150		(砂質水田)

*浅耕土水田 **~はそれ以前の経歴は無視している。

表一5 代かき用水量の構成内容(糸貫地区)³⁾

経 歴	Ø	D	D/Q	S	S/Q	O	O/Q	L	L/Q
pp	mm	mm		mm		mm		mm	
	84	58	0.69	20	0.24	2	0.02	4	0.05
	ppp	98	54	0.55	50	0.51	—	—	—
pppp	116	78	0.67	37	0.32	—	—	1	0.01
ddp	106	53	0.50	26	0.25	4	0.04	23	0.22
	156	24	0.15	40	0.26	27	0.17	64	0.41
	123	51	0.41	34	0.28	—	—	38	0.31
pdp	127	86	0.68	32	0.25	—	—	9	0.07
	113	31	0.27	24	0.21	—	—	58	0.51

Q:代かき用水量 D:タン水量
S:50cm深までの土湿増加量 O:ホ場外流出量
L:降下浸透量

表一5は、糸貫地区における代かき用水量の構成内容とホ場の利用経歴との関係を示したものである³⁾。これによると、いずれの内容構成にもバラツキはあるが、連続水田と還元田との差は、降下浸透量にみられる。すな

わち、代かき用水量のうち、降下浸透量で失われる水量は、連続水田の場合は0~5%と小さいのに対し、還元田では7~51%と幅はあるが著しく大きくなっている。

(2) 管理用水量 (日減水深)

還元田の日減水深が連続水田に比べてどの程度増加するか、また代かき後経時につれどのような変化を示すかを把握しておくことは、きめこまかい水管理を行う上からは、必要なことである。

表一6は、各地区の日減水深測定結果を前作のみに着目し、期別ごとに比較した結果を示したものである。²⁾ これによると、代かき用水量同様、大差ない場合から2倍以上の相異を示す場合があるが、中干し後に増大する例が多くみられる。すなわち、還元田の期別変化の一般的傾向としては、代かきを行っても日減水深はすぐには連続水田のそれには近づく(S49糸貫地区、城端地区の例では、1.6~2.4倍を示している)、土壌の水漬によって次第に減少するが、中干しを経ることによって、下層のき裂との連結などの作用で再び増大するというパターンがみとめられる。

また、還元田の減水深にも、ホ場の利用経歴が反映し、その増加程度は異なる。表一7は、同一経歴でも畑状態時の気象条件が異なれば乾燥状態も異なるために、同一分類でも同一視し難いが、経歴ごとの筆数を多くすることで、還元田の減水深の増大程度を平均的な数値としてとらえるとともに、ホ場の利用経歴と減水深との関係を検討するために、調査年数4ヶ年の調査結果を整理した波田地区の事例である⁴⁾。これによると、いくつか

表一7 ホ場の利用経歴と減水深 (波田地区)⁴⁾

ホ場の経歴	中干し前	前/p …p	中干し後	後/p …p	平均筆数			
					前	後		
dd…dp	mm/日 35	倍 2.1	mm/日 50	倍 1.7	11	12		
還元田 利用年数 後水田	~dp	33	1.9	49	1.7	20	27	
	~dpp	27	1.6	41	1.4	7	21	
	~dppp	32	1.9	36	1.2	4	14	
	~dp PPP	25	1.5	35	1.2	2	11	
	~dp PPPP	—	—	31	1.1	0	3	
畑の水田 利用年数 還元後	{ ~ddp	36	2.1	56	1.9	6	15	
	{ ~pdp	31	1.8	39	1.3	14	12	
	{ ~ddpp	29	1.7	44	1.5	2	12	
	{ ~pdpp	26	1.5	37	1.3	5	9	
	{ ~ddppp	33	1.9	40	1.4	3	8	
	{ ~pdppp	27	1.6	31	1.1	1	6	
	{ ~ddpppp	—	—	41	1.4	0	3	
	{ ~pdpppp	25	1.5	32	1.1	2	8	
	過去還元 一度後の 畑水田 転年 経年 筆数	p…pdp	31	1.8	40	1.4	13	11
		p…pdpp	28	1.6	39	1.3	4	8
p…pdppp		27	1.6	31	1.1	1	6	
ppdp PPP		17	1.0	33	1.1	3	6	
pdpp PPP		—	—	31	1.1	0	3	
pp…pp	17		29		13	16		

のホ場の利用経歴の影響がかなり明確にあらわれており以下個条的にその結果についてふれる。

☆ 表一7の最下段 (p…p) は、畑地転換の経歴のない水田の平均的減水深を示している。この中干し前17mm/日、中干し後29mm/日の日減水深を基にして、還元田ではどの程度日減水深が増加するかを検討する。

☆ この調査範囲のいずれの還元田も増加しているが、ホ場整備後連続して畑利用し始めて水田利用した還元田では (dd…dp)、中干し前2.1倍、中干し後1.7倍と大幅に増加している。

☆ 中干し前後の減水深を比べると、いずれの水田も中干し後が大きい値を示しているが、一方中干し前後で連続水田の減水深と比べると、中干し後よりも中干し前の方が増加割合は大である。

☆ 還元後の水田の減水深の経年変化を知るために、畑利用以前の利用経歴は無視し、分類した結果が2段目の欄である。これによると、いずれの場合も還元後の水田利用の年数が長くなるにつれて日減水深は低下する傾向がうかがえ、この低下速度は中干し後の方が大きい。

☆ この傾向をさらに詳しく検討した結果が3段目の欄である。すなわち、畑地転換の年数と還元後の水田利用

表一6 前作のみで比較した日減水深注)²⁾

調査地区	還元田		水田		還元田/水田		備考
	中干し前	中干し後	中干し前	中干し後	前	後	
城端	mm/日 8.4	mm/日 21.4	mm/日 7.9	mm/日 11.5	倍 1.06	倍 1.86	S48調査
	12.4	—	5.2	—	2.38	—	S49* //
波田	33	—	13	—	2.54	—	S47
	39	47	21	24	1.86	1.96	S48
糸貫	34	51	33	43	1.03	1.19	S48
	66	37	41	37	1.61	1.00	S49**
寺谷	—	—	2.8	4.8	3.21	0.63	S48***
	9.0	3.0	13.0	11.3	0.69	0.27	

* 活着期の測定値

** 中干し前の測定値はシロカキ直後。

*** 漏水深である。

注) 前作のみで比較とは、前作が畑であったか水田であったかだけで、それ以前の利用経歴は無視して比較したものである。

年数との関係を見るために、還元後の同一水田利用年数ごとに、還元前連続2作畑利用した場合（～ddp）と畑利用が1年のみであった場合（～pdp）とに分け比較したものである。ただし、いずれもそれ以前の経歴は無視している。これによると、いずれの場合も畑利用1年に比べて、連続2年畑利用した還元田の減水深がかなり大きいことがわかり、後者の場合には、還元後水稲3～4作程度では、畑利用1年・還元後水稲1作の水田の減水深をうわまわっており、連続して畑利用を行うと減水深の増大も著しく、かつ、還元後の水田利用による低下速度は小さい。一方、畑利用1年の還元田をみると、連続水田に比べて、中干し前は1.8～1.5倍で、還元後4作程度水田を連続しても5割増しの状況にあるが、中干し後は1.3～1.1倍で、還元後3作程度水田利用すると大差なくなることがわかる。

☆ ホ場整備後、水田中心の利用経歴のホ場でただ1度の畑地転換経歴が日減水深におよぼす影響とその持続性について検討したものが4段目である。

この場合は、上で述べたように、連続して畑地転換を行った場合と比べて影響は大きくないが、1作の畑地転換とその後の水田利用との関係がよく示されている。すなわち、連続水田に比べて還元後水稲1作の水田の日減水深は、中干し前1.8倍、中干し後1.4倍であったものが還元後の水田利用年数が長くなるにつれて日減水深は低下し、還元後4作程度水田を連続すると、連続水田の日減水深と大差なくなることがわかる。

以上述べたように、田畑輪換により一般には還元田の用水量は増大する。

適正減水深が20～30mm/日であること、一筆内の水管理が容易でなくなるなどを考えると、還元田ではなんらかの対策が必要となる場合が多い。そのための方策として、水甲の完備と完全な水甲管理、ていねいな代かき、あぜぬり、排水路水位のせき上げなどが考えられ、実際の調査結果でも（S50年波田地区）大型トラクターと小型耕うん機による2回の代かきにより、大型トラクターのみの時の減水深66mm/日が、30mm/日に低下した例がみられる⁴⁾。

Ⅳ あ と が き

田畑輪換による土壤構造の変化、その変化を反映した

還元後の用水量について、主に利用経歴との関連で報告したが、結果にもみられるように、この土層の乾燥の進行・土壌条件の変化の程度は、気象条件・地形・土性・水理条件・作物・管理作業など関与する諸条件によってかなり大きな幅をもつ。減水深の増減は、土壌条件と水理条件の2因子の組合せによりきまり、土壌の透水性が増大しても水理条件で浸透を抑制すれば減水深の増加はなく、逆に水理条件が減水深を増加する方向に働いても、土壌が水漬によりき裂を閉じ透水性を下げる性質をもち、減水深の増加は無視できよう。

また、代かきの慣行、かんがい期の水管理の方法などによっても用水量は異なる。このほか転換規模、方法や排水組織も用水量の増加と関連する。したがって定量的把握は困難であり、どの程度まで土層の乾燥が進み、還元田用水量増があるかは、各現地における調査または類似地における調査例の参照を必要とするのはいうまでもない。なお、本報告の大部分は、農業土木学会畑地転換対策調査委員会の一環で行なわれたものであり、同委員会に負うところが多い。記して謝意を表する。

引用文献

- 1) 河野英一：転換畑における土壤水分の変化とキ裂の発達一段丘上水田を例として一，農土会誌，Vol.44，No.6，pp.17～24（1976）
- 2) 農業土木学会畑地転換対策調査委員会：畑地転換の技術的諸問題とその対策，農土会誌，Vol.44，No.12，pp.9～41（1976）
- 3) 長田昇・新垣雅裕：還元田のシロカキ用水量と農地工学的特性，三重大学農学部学術報告，第50号，pp.83～91（1975）
- 4) 足立忠司・堤 聰・竹中肇：畑地転換による水田用水量の変化一段丘上水田の例一，農土論集，65号，pp.20～26（1976）

質 疑 応 答

安富（茨城大） 夏期の乾燥日数表示に下限のpF値をpF2.7をとった理由は何か。連続測定でテンションメータを用いる場合の測定限界値ということですか。

足立（岐阜大） はい、それもありますが、転換畑における初期しおれ点を表わすpF値としても用いています。