

透水性付与による高生産稲作のための基盤改善

佐々木 信夫*

Land Amelioration through Water Management for Rice Farming System with High Land
and Labor Productivity

Shinpu SASAKI

Iwate Agricultural Experiment Station, Kennan Branch

1. はじめに

透水性の不良な平坦地水田を改良する場合、地下水位の自由な制御が必須の要件である。それは、(1)透水性を付与して水稻の根圏を健全化する、(2)登熟能を高め生産力を向上させる、(3)落水後の地耐力を増大し大型農業機械の導入を可能にする(4)省力にして高能率な高生産性稲作を確立する、(5)さらに水田裏作、水田の高度利用を可能にする。

過去の日本の水田稲作は、比較的収量水準が高位であるにもかかわらず、その労働生産性能率、収益性が低かったのは、地下水位の自由な制御がほとんど不可能であったため、大型農業機械の導入が出来えなかったことが主な原因であった。しかし近年は、水田の作業は耕起、整地の機械化が普及し、さらにここ数年前から水稻の移植が成苗手植えから稚苗機械移植へと飛躍的に進歩を遂げたので、あとは収穫時の収穫作業機の導入を可能にする地耐力を得れば、省力にして高生産性の機械化一貫稲作技術体系が確立される。そこで地下水位の制御を可能にし、透水性を改良する方向で水田の基盤整備が積極的に推し進められてきている。

このような稲作農業の発展の方向に即応した技術の開発事例について述べる。東北地方太平洋側の冷温寡照な地帯で、透水性不良な沖積平坦地水田において、幹線明渠を施工し、ポンプ強制排水機能を備え、30a区画の用排水分離の水田基盤を整備した。さらに自動雨蔽装置をもった人工有底圃場を設備した。これらの活用により、土壌—水—水稻の三者の相互関連の調和をはかりながら省力高生産稲作技術確立の研究が推進された。この成果は“水田利用の近代化に関する研究¹⁾”として発表した。そのうち土壌の物理性に関連した領域を、とくに高生産稲作の基盤条件を中心にして述べる。

2. 土壌基盤の実態

沖積平坦地水田の難浸透性の原因はいろいろあるが、

地形・堆積様式・地下水位・土壌の物理的諸性質などが関連する。

試験を実施した岩手農試県南分場水田圃場は、北上川の沖積平野にあり、上層部90cmまでの土層の粒径は非常に細かく埴壤土〜微砂質埴壤土であって粒径間隙は極めて小さい。ことに第2層は比較的緊密である。地下水位は灌漑期には-25cmと高く、透水のポテンシャルエネルギーが小さく、さらに代かき操作により作土層で灌漑水の滲透が抑制されている。したがって明渠等によって周辺地下水位を低下させてやらなければ降下滲透は発生し難く、また作土の土壌分散にも考慮を払う必要がある。

3. 透水性の付与

1) 土壌の代かき分散と透水性

沖積水田には種々の土性を示す土壌が分布し、粒径組成が粗なほど透水性が大きいことは当然であるが、同じ土性であっても、代かきを伴う作土においては、その代かき分散の程度によって透水性が異なってくることは多くの研究^{2,3,4,5)}が認めている。この土壌においては、代かきの回数が多くなるにしたがってその透水性は急速に低下し、とくに代かき3回までの回数と透水係数の低下傾向とは図-1に示すように著しい相関がみられる。す

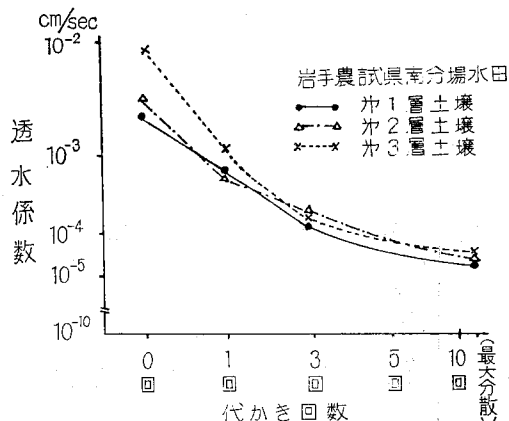


図-1 代かきの程度と土壌の透水性との関連(1970)

* 岩手県農業試験場、県南分場

なわち無代かきに対し、1回の代かきによって透水性が1/5に低下し、3回の代かきによって1/10に透水係数が低下してくることが知られる。植代かきの最大分散の条件ではさらに1/100に透水係数が低下してくることが明らかになった。このことから単に透水性を付与するのみであれば、代かきをあらく行うことがよいことになる。

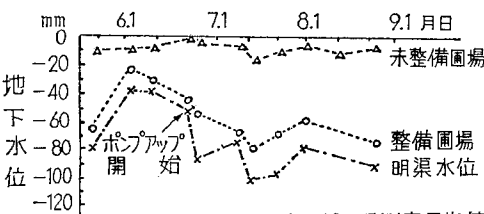
なお土性のうち透水性に大きく関与するのはその粘土の含量であり、さらに粘土鉱物の特性も大きく影響する。粘土含量15%以上では透水能の低下割合が極度に著しくなる傾向が認められた。また代かき後の土壌の飽水度、代かきねり返しによる土壌の粘性の増大、湛水後還元の進行による Fe^{++} の生成とそれに伴う田面水の粘性係数の増大、土粘土のゼリー状化による膨潤と土粒子間隙の狭小などが透水性の低減に複雑に関連してくる。

このように代かきの程度によって作土の透水性が影響を受けるので、土壌条件に適した代かき回数を検討する必要がある。また透水性は生育前期よりもその中、後期にほしいのであるから、初期には地下水位を調節してあまり大きすぎない範囲に減水深を制御しておくことが必要である。特に夏季高温の際には、常時湛水では強度の還元による Fe^{++} の生成により、ますます透水性が不良になり、根圏培地の活力が低下してくるので、適正な透水性の付与を期することが重要である。

2) 地下水位調節による透水性付与

沖積平田地水田においては、稲作湛水期間の地下水位上昇が著しく、透水性の付与による根圏活力の増大と地耐力増強への効果が大幅に減殺される。そこで、深さ150cm傾斜度1:1の素掘りの明渠を施工し、ポンプによる強制排水機能を施設して明渠の水位を自由に制御しようとした。

稲作期間の明渠水位の推移と整備圃場の地下水位の動きをみると、図-2 に示すように、明渠未施工田では田面下10cm以内に地下水位が停滞しているのに対し、施工田では明渠水位の上昇下降に伴って地下水位も変動する。しかも経年とともにその連動が速やかになる。



註：整備圃場はA区16ヶ所測定平均値
 図-2 かんがい期間の地下水位の推移 (1970)

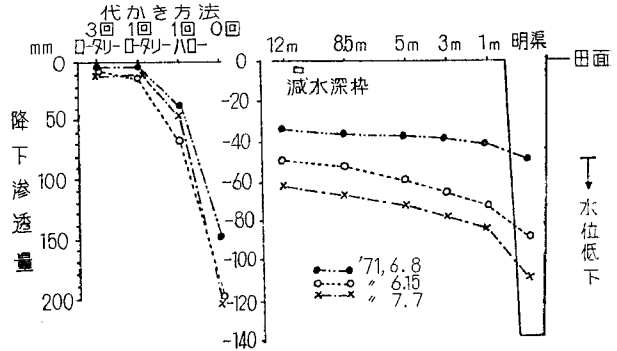


図-3 明渠水位の変動が圃場地下水位および降下浸透量におよぼす影響 (1971)

このように北上沖積平坦地の墾墾質田においては、明渠水位の制御によって地下水位の調節が可能であることが知られた。

3) 代かき分散改善による透水性付与

ポンプ強制排水による明渠水位低下に対する地下水位の低下は、日変動では小さいが、半月変動でみればよくレスポンスしてくることが知られ、図-3 に示すように半月日数ぐらいて明渠水位にパラレルに地下水位が連動して平衡するといえる。

降下浸透量は代かきの精粗の程度によって異なり、代かき3回→1回→0回と粗にするほど増大してくる傾向が認められる。ここで代かき程度がきわめて精であると、地下水位低下の水頭勾配増大によってもほとんど降下浸透量が増大せず、すなわち難透性を示してくるので、明渠水位調節によって地下水位をさげ、さらにこれによる水頭勾配の増大により透水性を付与する場合には、地下水位の低下とともに代かき分散の程度も相対的に粗にしてやることが重要である。

4) 地下水位低下による土層中の水圧分布の動向

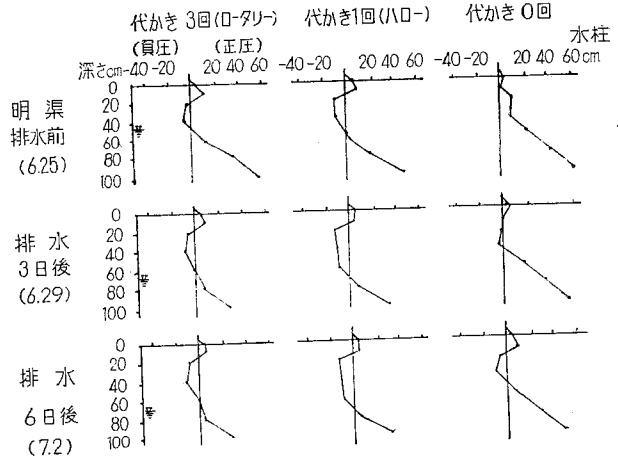


図-4 作土の代かきの程度による土層中の水圧分布の動向 (1973) (IKEDA S-8 型テンションメーターによる)

地下水位が湛水後安定して高位にある場合、代かきにより作土の分散がなされた土層では作土直下から地下水面までの間の降下浸透は負圧浸透を示すが、無代かきでは負圧は認められず正圧浸透すなわち飽和浸透を示す。その後、明渠強制排水により明渠水位をさげ、したがって地下水位を低下させてゆくと図-4 にみられるように負圧領域が拡大されてき、負圧ポテンシャルが増大してくる。これによって無代かき区でも作土直下から負圧浸透を示すようになってくる。この負圧ポテンシャルの増大は降下浸透能の増大の主要因となるもので、このことより圃場減水深の内容が周辺からの漏水でなく、主として降下浸透によるものであることが検証された。

5) 地下水位調節と代かき程度による日減水深の動向
 稲作期間において、水稻の有効分けつ終期までは明渠

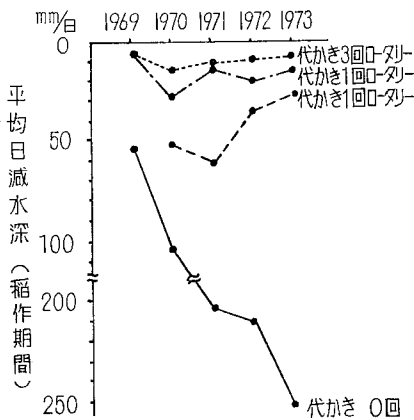


図-5 代かき程度別による平均日減水深の経年の推移 (1969~1973)

水位を高位に維持し、その後は強制排水により明渠水位をさげ、降下浸透能を助長しながら、作土の代かき程度別の日減水深を5年間に亘って調査した結果、代かき3回までは10mm前後と小さく、代かきロータリー1回で10~35mm程度、同じくハロー1回で30~70mm程度であり、ハローのような土壌分散効率の低い代かき方法をとれば透水性を大きくしうる。無代かきでは初年度50mmぐらいから逐年減水深が増大し100~200mm内外に達してきてい

るが、これは明渠施工により落水期に下層土の構造発達が進んだことと、代かきが行なわれないため作土下の孔隙が填充されることがないためである。

とくにこの無代かき方法は重粘地の水田で有効で、本試験と同時に進められた佐賀の有明干拓地の重粘地水田において透水性が経年とともに増大することが実証されている。

このように日減水深は作土の代かき程度によっても異なるので、適当な代かき方法を採用すれば土壌肥沃度と水稻生育との関連における適正領域の透水能を付与することが可能である。

6) 水管理による日減水深の動向

また水管理法によっても透水性を増大することができ

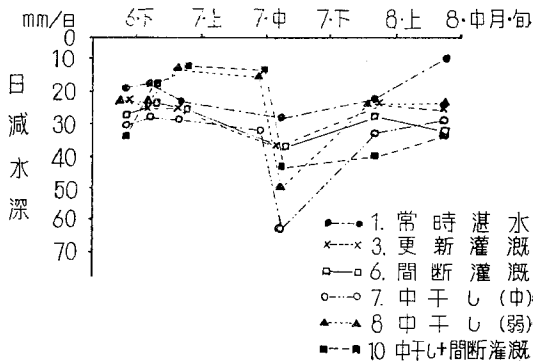


図-6 水管理法別の日減水深の動向 (1970)

る。とくに生育中・後期に透水が必要な稲作にとっては重要な管理方法である。水管理法別による透水性の動向を日減水深でみると図-6 に示すように、水管理開始前の6月下旬までは各区およそ20~28mmぐらいの日減水深を示しているが、狭義の水管理を開始した後の日減水深はそれぞれ異なってくる。

すなわち標準の常時湛水では10~20mmであるが、更新灌溉で20~27mmぐらい、間断灌溉で23~37mm、中干しでは中干し実施直後は43~60mmと大きい日減水深を示すが、出穂期に向うにしたがって再び低下し27~32mm程度になり、これに間断灌溉を併用すれば40mm内外の日減水深で

表-1 日減水深の内容 (1970)

事 項	6月5半	6月6半	7月3半	7月4半	7月5半	7月6半	8月1半	8月2半
日 減 水 深	16.0	15.5	23.5	33.5	40.0	44.5	28.0	10.0
降 下 浸 透 量	15.0	10.0	17.0	25.0	31.0	37.0	24.0	6.0
葉 面 蒸 発 量	0.5	4.5	4.5	4.5	6.0	4.5	2.0	2.3
水 面 蒸 発 量	0.5	1.0	2.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.2
主 要 気 象 条 件	薄曇	薄曇	晴	晴	晴	晴	曇	曇

推移するようになる。このように稲作の生育中期以降においては中干しをはじめとする水管理法によって透水性を増加させることができる。

この日減水深の内容を表一でみると6月下旬で1~5mmは蒸発散量であり、7月中旬で6~8mm、7月下旬で8~9mmで、曇天には4~5mmとなっている。先の日減水深からこれら蒸発散量を差し引いて考慮すれば降下透量のおよそのはんいは、水管理開始後において

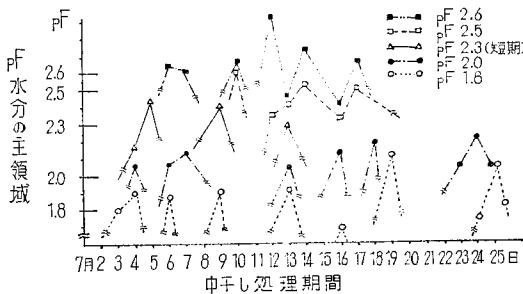
常時湛水	10~15mm
更新灌漑	15~25
間断灌漑	20~30
中干し	20~40

である。したがって水管理処理系列ではほぼ適正な範囲での降下透透がおこっているものと考えられる。そしてその効果の持続性を考慮すれば中干し系列で最も降下透透が持続している。

4. 透水性付与による土壌の動態

1) 中干し期の pF 水分

水管理の一つの重点として中干し操作があるが、その



図一 中干し強度別の水分の主領域の推移 (1978)

中干しのポイントとして田面亀裂の発生程度があげられ、湛水切換え後の透水性付与の要因として重要である。

中干しによる田面の亀裂の発生は、土性・土壌型等によって異なるが本土壌では pF 1.5 前後ではじまる。まず足跡の凹部から亀裂が発生しはじめ、乾燥が進行し pF 値が高まるにつれて株間に平行方向、ついで直角方向に発達し、その巾および深さも増大する。その場合の中干し強度別の pF 値は図一に示すように高 pF 領域ほど大きく推移する。その際の中干し強度別の構造亀裂の発達を白色塗料注入による方法で調査した結果、表一に示すように、常時湛水では全く亀裂がみられず、pF 1.8 で漸く耕盤層まで、pF 2.0 で耕盤層を通過しはじめ、pF 2.3 以上で完全に耕盤層を通過しその下層の比較的易透水性の層まで連続する。中干し期間が長期にわたるほど亀裂の下層への発達も多く、これによって減水深の増大が可能で透水性が付与される。pF 値の増大は天候次第で pF 2.7 以上に達するが、一方水稻の代謝生理の面からは過大な水分欠乏はかえって不利とされ、実際にも中干し強度の大きい中干し(強)区では水稻の収量構成要素が低下して高収を期しえない実態もみられることがある。これらのことから判断して中干しの pF 水分を2.0~2.4程度に、期間を10~15日ぐらいに実施することが適切であると帰納された。

なお中干し期間が好天続きで土壌 pF 水分が2.4を大中にこえるときは走り水を与えて調節し、逆に梅雨続きで目標 pF 値に達し難いときは処理期間を延長することが必要である。これによって再湛水後も大きな透水性を保持し、根圏の良好化をはかるとともに、中干しによって増大した土壌硬度が落水後の地耐力の増大に大きく寄与することが認められた。

2) 中干し後の水管理の pF 水分

表一 中干し強度による土壌の構造・キ裂の発達と再灌後の日減水深 (白色塗料注入による調査) (1973)

土壌の pF 1.8 水分主領域	常 湛	pF 1.8	pF 2.0	pF 2.0(短)	pF 2.3(長)	pF 2.5	pF 2.6
pF 0 以上の日数(日)	0	20	22	12	20	16	16
キ裂の程度(幅mm)	足跡内	13.0	16.2	20.2	16.8	22.8	20.6
	足跡外	7.6	9.2	11.2	10.4	11.6	11.3
キ裂の数(本/耕盤層垂面20cm幅)		1	1	6	4	4	8
キ裂の大きさ(cm) (塗料の浸透距離)	稲株と平行	120	110	138	110	195	98
	稲株に直角	50	45	50	50	80	70
	垂直方向	20	30	50<	50<	50<	70<
日減水深(mm)(中干し後安定20日間平均)	120	19.7	19.1	31.0	35.8	29.1	31.4

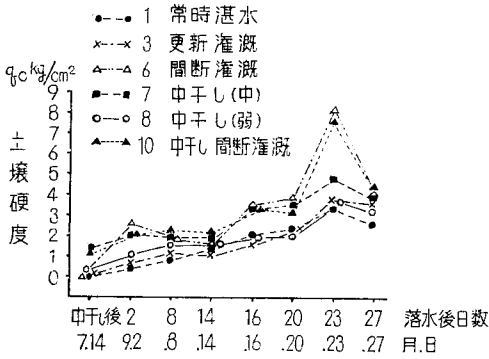


図-8 水管理方法が落水後の表層地耐力に及ぼす影響 (1971)

(注) 農機研式 SR-II 型 2 cm² コーンペネトロメーターによる

中干し後の水管理は常時湛水をつづけると次第に透水性が低下し、再び還元化の方向に向うので、中干し後は間断灌漑がよく、その方が根圏への気相導入もなされ根圏の活力を高く維持でき、落水後の地耐力を速やかに獲得できるので有利である。一方生殖生長期の水稻は水分要求度が大なので、土壤の亀裂発生の始まる pF 1.5 よりやや小で、水分補給も気相導入も両立可能な領域として pF 1.3 前後を間断灌漑の上限 pF 水分とすることが好適であることが知られた。

実際の間断灌漑の処理は、3 湛 2 落 (3 日湛水 2 日落水) か 5 湛 3 落ぐらいの程度でその水田の水もちの程度を配慮して行なう。そして間断的に地面が露出している状態の pF 1.3 の水分状態は、田面が露出しても亀裂がほとんど入らない程度の水分状態である。

3) 落水後の地耐力

水管理の方法により大型機械力導入のための地耐力に大きな差がみられる。

- 地耐力の基準としては、作土においてコーン指数で
- 自脱型コンバイン 1.5kg/cm² 以上
 - 普通型コンバイン 2.0 //
 - トレーラー重量物運搬トラクタ 5.0 //
- ー (初運搬等)

とされているので、これを図-8 にみられるように表土の 0~10cm についてみると、中干し+間断灌漑および間断灌漑において落水後速やかに地耐力が大となり、収穫期における地耐力の程度も大であって、間断灌漑処理は地耐力増大方策として最も優ることが知られる。ついで中干し(中)がつづく。常時湛水や更新灌漑は落水期まで作土表面が乾くことなく常に湿潤状態にあるため、落水後の乾

燥過程の速度がおそく、降雨があるとすぐ飽水膨軟に返るので地耐力は最も小さくコンバインの導入に不利である。

このように水管理の方法により作土表面の地耐力に明らかな差を生ずるので、機械刈りを前提にした場合は、土壤の乾燥による水稻の生産力に多少のマイナスを生じても地耐力増大に重点をおいた水管理の方法が採られるべきである。

さいわいに間断灌漑法は水稻の収量性高く、地耐力も落水後早期より最も大となるので、機械力導入には中干し+間断灌漑または間断灌漑の水管理方法が適する。ただ、水稻の登熟性向上をはかる観点から急激な乾燥には走り水などで調節をしながら、ほぼ 1 週後 3.0、2 週後 4.0、3 週後 5.0kg/cm² のコーン指数で推移するよう地耐力を徐々に高めてゆくことが必要である。

5. 透水性付与による土壤の経年変化

1) 孔隙分布

pF-水分曲線から各層位別の孔隙の様相をみると、代かき 3 回では作土直下 10~20cm で粗孔隙が極めて少ないが、ロータリー 1 回からハロー 1 回となるに従い粗孔隙が増す。とくに代かきハロー 1 回区と代かき 0 区では下層の孔隙のサイズが明らかに大であることが特徴的であり、下層の構造亀裂、生物孔隙が発達したことによるものである。

2) 透水係数 (図-9)

孔隙分布で示された傾向は透水係数にも反映し、3 回ロータリー区で 10~25cm の間の透水係数が 10⁻⁶ オーダーときわめて小さく、1 回ロータリー区も同様である。1 回ハロー区ではこれに比し明らかに大で 10⁻⁴ オーダーを示してくる。代かき 0 区ではとくに第 1 層の 0~10cm の透水係数が大で 5×10⁻⁴ を示し、全層にわたって制限因子となる層位が無いことが特徴的である。

以上のように代かき回数および方法を改善して透水性を付与することにより層位別の土壤の孔隙性発達に差異

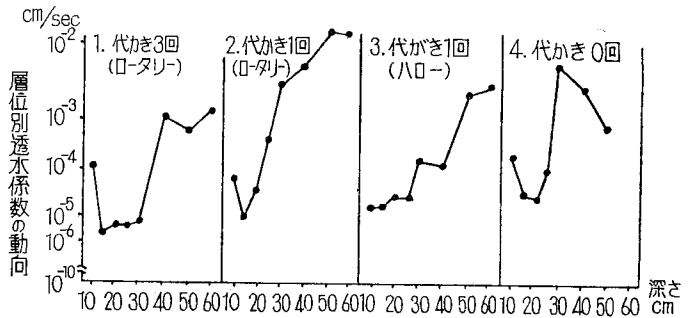


図-9 透水性付与の持続効果 (5 年後跡地, 1973)

を生じ、透水性が異なってくるのが認められ、代かきがいねいなほど作土直下の鋤床の土層を填充して孔隙が小となり透水係数が低減してくるが、代かきを粗またはゼロにすることによりこの層位の孔隙性が大となり透水係数もまた大となることが確認された。

6. 透水性付与による肥培改善

1) 透水付与要因別の水稻生育

有底人工圃場において、地下水位、生育期別透水量、水管理処理の各要因が水稻の生育、登熟性におよぼす影響を検討した。

(1) 地下水位 地下水位が±0 cmすなわち田面等高の高地下水位では栄養生長はよいが、登熟性悪く籾／わら比が低く低収である。地下水位-40cm~-60cmでは m^2 収量も確保され登熟歩合高く、籾／わら比も大で玄米収量においても優るので、生育中〜後期の地下水位は-40~-60cm程度が好適領域と考えられる。

(2) 降下透水量 透水量 0, 15mm, 30mmの3段階について水稻の生育時期を減数分裂期以降登熟期までと穂首分化期以降登熟期まで等について処理し、水稻の生育反応をみると、無透水区では明らかに登熟歩合が低下し玄米収量が低収であるが、15mm以上の透水深が付与されると、水稻の群落性が良化し、登熟歩合、収量性が明らかに向上する。これらのことから水稻の生育中期以降15~30mmの透水を付与することが、水稻の生産性向上に好適といえる。

(3) 水管理法 有底圃場において完全に透水をとめた常時湛水・無透水区の条件では草できのみ良く倒伏傾向を助長し、登熟性が悪く低収である。それに対し常時湛水でも透水区は登熟歩合が高まり収量性が向上する。中干しは弱〜中程度が登熟性よく収量水準も優るが、中干し強になると逆に収量が減少し登熟性がよくても低収となるので、中干し(弱)〜中程度が好適といえる。

2) 代かき方法による透水性付与と水稻の生育

代かきを次第に粗にし、またはゼロにした場合、土壌の分散性・粘着性が低下し、これまでは移植苗の安定が悪かったが、稚苗機械移植の飛躍的進歩により、倒れ苗・浮き苗がほとんどなくなり、活着もよく、その後の生育も中間追肥を行うなど肥培に意を用いれば高収をあげることが実証された。

そして代かき段階が次第に粗になるに従って根系の活力が向上し、出穂期以降の Mn/Fe 比が大となり、水稻の珪酸吸収が増大し、登熟歩合が高まり、収量性が向上する。5ヶ年間の平均で代かき3回ロータリーを100とすると1回ロータリー103%、1回ハロー107%、代かき0回中間追肥104%といずれも標準を上まわる高収を示

した。

3) 水管理法別による透水性付与と水稻の生育

水管理を行った場合、盛夏期における地温が常時湛水に比し高まりすぎることがなく、また水管理によって、田面水の溶存酸素量が多い。水管理処理区は土層中の下層の根群分布量が多く、また根の活力は高まり、水管理処理の強度が大なるほど根の活力が増大する。葉身の葉緑素含量から水稻葉の老化指標をみても水管理処理区は明らかに大で、光合成能としての水稻葉の活性が大である。さらに登熟性を澱粉の穂部への集積の程度でみると水管理処理区がいずれも大きく、出穂後の光合成による炭水化物の転流蓄積が大であったものといえる。これらは水管理により根圏をふくむ水稻体の活力増大により登熟能が向上したことによると解される。

そしてこれらの結果として登熟歩合が向上し玄米収量が増大し、高収をしめし、産米の品質も向上することが実証された。この際の収量は気象条件の好適な場合には750kg水準に達した。

7. 省力機械化高生産稲作の実証

1971年より3カ年にわたり基盤整備大区画圃場(30a)において透水性付与・水管理を主軸とした稚苗機械移植体系の確立を試みた。トラクター・コンバインによる機械化、除草剤・農薬の使用による防除とを併用して技術体系を逐年改善を加えながら組み立てていった結果、収量650kg水準で投下労働時間30±3時間で慣行生産費の約1/3の生産費と、すこぶる効率的な生産が実証された。

8. 省力高生産稲作のための基盤条件¹⁾

以上のように土地基盤の解明とその改善および環境としての寡照に対応する稲作技術の向上により省力高生産稲作技術を確立したが、その好適基盤条件をまとめて示す。

1. 土壌基盤	(1)用	水	水量充分、灌水自由制御、用排水分離、循環灌漑可能
	(2)排	水	幹線排水明渠施工 明渠水位の強制制御機能付与 (ポンプ強制排水等) 埴質土壌地帯; 暗渠施工・耕盤 破碎
	(3)地下水位	稲作期間	生育前期 -10~-30cm 生育中期以降 -40~-60cm 落水期 -60cm< 強制制御(明渠・暗渠の制御と関連)

	(4)透水深	降下透過量 15~30mm/日 日減水深 20~40mm/日
	(5)耕盤透水性	$1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ (下層土も同様)
	(6)作土透水性	$5 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ 代かき法により透水性調節
2. 土壌の理 学性	(1)土性	S L ~ C L 粘土含量10~25% 2:1型粘土鉱物 含む~富む
	(2)作土深	15~20cm
	(3)有効土層	40cm<
	(4)下層土の構造	塊状~柱状 構造亀裂型(経年発達)
3. 土壌の動態	(1)溶存酸素量	灌漑水 6.0ppm< 田面水 生育転換期以降 5.0ppm<
	(2)NH ₄ -N	生育初期 8.0~5.0mg 分けつ盛期 5.0~3.0 幼穂形成期 3.0~1.5 出穂期 2.0~1.0
	(3)Eh ₆	生育転換期以降 +50~+200mV
	(4)中干し期 分水(dF)	pF 2.0~2.4 10~15日 (走り水により調節)
	(5)水管理	中干し期以降 pF 1.3 以下 間断灌漑
	(6)地耐力	落水後 コーン指数 1週後 3.0kg/cm ² 2週後 4.0 3週後 5.0 (SR-II型 2cm ² コーンにて)

註：土壌の化学性および水稲の好適条件は省略。

参考文献

- 1) 佐々木信夫・外12名(1975) 水田利用の近代化に関する研究, 岩手農試報告, 19, 1~122
- 2) 内山修男(1957) 水田の透水性に関する土壌の諸問題, 農及園, 32, 1287~1291
- 3) 後崎不二夫(1959) シロカキの研究, 105~164
- 4) 狩野徳太郎・中川昭一郎・大西英夫・丸山利輔・古木敏也・上村道子(1961) 低湿田の排水方式に関する研究(第1報), 農技研報告, F 13, 1~103
- 5) 鎌田嘉孝・佐々木信夫・佐々木昭四郎・大川晶・増戸靖久(1963) 湿田の乾田化に伴う生産技術解明に関する試験, 岩手農試報告, 5, 1~55
- 6) 佐賀県農試(1975) 水田利用の近代化に関する試験, 佐賀農試報告(総合助成成果), 59~66
- 7) 佐々木信夫・千葉満男・平野裕・高野文夫・米沢確・清原悦郎・岡島正昭(1974) 透水不良水田の生産技術解明に関する研究(第3報)一高生産稲作のための好適基盤条件と期待生育相, 日土肥講要, 20, 82