

〔短報〕

水稲湛水直播栽培におけるレーザ均平機を用いた圃場均平化の必要性

竹内 晴信* 関口 建二* 北川 巖* 竹中 秀行*

代かき作業が必要な湛水直播落水出芽法による水稲栽培圃場を対象とし、トラクタ直装式レーザ均平機による均平作業の必要条件を検討した。高低分布が偏在する大規模圃場では、作業能率が低く大きな運土仕事量を要したが十分な均平精度は得られなかった。小規模圃場では、比高の標準偏差（均平精度）が概ね6 mm程度向上し、施工後においても均平精度の低下は見られなかった。水稲の苗立ち数は水深や比高の影響を受けず、比高±30mmの範囲内で概ね200本/m²以上を確保した。このため苗立ち率低下を根拠とする均平精度の目標値設定は困難であり、代かきを前提とした本栽培法では乾田直播並の均平精度は必要ないと思われた。また比高±30mm以内、均平精度20mm以下の圃場では、水稲生育に顕著な影響は少ないので、不等沈下が少なく、水稲を連作している圃場では、レーザ均平の毎年施工は不要と判断した。

緒 言

水稲直播栽培では、圃場の均平度（凹凸）が水稲生育に影響することが多いとされ⁵⁾、農家では圃場の均平化に気を遣っている。代かき作業を行わない水稲乾田直播栽培では、既にレーザ均平機を導入した作業体系が確立しており^{3,4,5)}、直播即ちレーザ均平という対応が一般化しつつある。

一方、湛水直播落水出芽法による栽培体系⁵⁾では、従来の移植栽培と同様に代かき作業が行われるため、慣行的に行われているレーザ均平機による均平作業の必要性について、これまで十分な検討がなされてこなかった。本試験では、レーザ均平機による均平作業の作業能率、作業後の均平度が水稲生育の均一性に与える影響を検討し、レーザ均平の必要条件を提示しようとした。

試験方法

1 試験地と均平作業の手順

1999～2001年に岩見沢市、北村、長沼町の延べ6圃場（表1）において均平作業を行った後、湛水直播落水出芽法（条播機播種）による水稲栽培を行った。均平作業は、トラクタ直装式レーザレベラ（作業幅4 mまたは5 m）とクローラトラクタを用い、春の施肥耕起前に行った。北村では施工に先立ちレーザプラウ耕を行った。

長沼町では施工前にカゴローラ付チゼルプラウを用いて耕起作業を兼ねた粗砕土作業を行った。岩見沢市（2001年）では、水稲生育に及ぼす影響を見るため、圃場端部の作土を人為的に移動し傾斜をつけた。

2 均平作業性の評価

2000年の北村と長沼町における均平作業時に、作業内容、作業時間、行程数を記録した。また、作業軌跡をトラクタに装着したGPSにより自動追尾した。

3 均平度の測定

調査圃場の5 mまたは10 mメッシュの交点において、レーザ式測量器を用いて1 mm単位での比高測定を行った。測定時期は表3に示した。なお、湛水期間中における比高の直接測定は困難であったため、調査時の水深を解析に用いた。

4 水稲の生育

上記のメッシュ点において、水稲の播種深度、苗立ち数、幼穂形成期の茎数・草丈をメッシュ点を中心とした1 m²の範囲内で調査した。また収量調査は同様に0.4 m²を坪刈りして行い、地上部総重ともみ重を算出した。

5 土壌特性

岩見沢圃場（2001年）の収穫跡地において、上記の全

表1 試験圃場の概要

試験年度	圃場No.	場所	土 壌	面積 (ha)
1999	1	岩見沢市	グライ土	0.27
	2	岩見沢市	泥炭土	0.47
2000	3	北村	泥炭土	0.58
	4	北村	泥炭土	0.37
	5	長沼町	グライ土	1.03
2001	6	岩見沢市	泥炭土	0.50

2002年5月27日受理

* 北海道立中央農業試験場, 069-1395 夕張郡長沼町

E-mail:takeharu@agri.pref.hokkaido.jp

メッシュ点の作土を採取し、腐植含量 (SPAD 簡便法), 可給態窒素 (40℃ 7 日間培養法), 可給態ケイ酸 (湛水保温静置法) を定法⁶⁾により測定した。

試験結果

1 レーザ均平機の作業能率

No. 3, 4 圃場での均平作業は、まず、圃場全面の周回作業を行い高低分布についての傾向をとらえた後、標高の高い部分から低い部分へと重点的に作業を行った。得られた作業能率の値を表 2 に示した。No. 3 圃場は扇形であることから、直進作業の比率が多い矩形の No. 4 圃場に比べて作業速度がやや低くなった。

No. 5 圃場では、当初160mm 程度の大きな高低差のある圃場の長辺全長にわたって運土作業を試みたが、長辺長が200m を超えるためその中間付近で分割し、二段階で往復作業を主体に運土作業を進めた。作業能率は表 2 に示したように、No. 3, 4 圃場での値より明らかに低かった。また作業内訳において移動の占める割合が多かった。

2 圃場の均平度

測定した均平施工前後の田面の標高を、圃場内平均値を基準とした比高 (mm) で表し、圃場内の最高、最低、比高差、標準偏差を表 3 に示した。

No. 1 圃場では、長辺方向の凹凸が改善されていたが短辺方向では両側が比較的高く、中心部が削れていた。

表 2 レーザ均平機の作業能率

圃場No.	平均作業速度 m/s	全作業時間min	作業内訳			作業能率a/h	切り盛り土量 m ³	重心移動量m	運土仕事量m ³ ・m
			実作業%	移動%	停止%				
3	1.67	80.0	69.7	28.2	2.1	43.5	57.4	7.4	422.5
4	1.83	46.2	69.4	30.6	-	48.1	40.9	5.8	235.2
5	1.78	326.1	45.8	39.8	14.4	19.0	63.7	14.6	928.1

注：作業内訳の「停止」は均平板の高低調整およびレベル確認である。

表 3 試験圃場における各時期の均平度

圃場 No.	調査時期	月/日	メッシュ間隔 (m)	メッシュ調査点数	最高 (mm)	最低 (mm)	比高差 (mm)	標準偏差 (mm)
1	均平前	4/28	5	234	50	-48	98	18.3
	均平後	5/12	5	168	25	-27	52	12.0
2	均平前	4/28	5	162	89	-50	139	18.1
	均平後	5/12	5	112	26	-35	61	12.8
3	耕起前	4/19	10	59	20	-22	42	10.5
	均平後	5/8	10	59	25	-19	44	10.7
	収穫後	9/13	10	59	19	-15	34	8.6
4	耕起前	4/19	10	36	16	-25	41	10.3
	均平後	5/8	10	36	17	-15	32	9.2
	収穫後	9/13	10	36	20	-14	34	8.0
	翌年春	4/9	10	36	12	-18	30	6.9
5	耕起前	4/19	10	100	48	-111	159	36.5
	均平後	5/24	10	100	32	-104	136	30.8
6 (傾斜部)	均平後	5/1	10	8	54	-12	66	20.3
	跡地	9/30	5	35	40	-30	70	17.7
6 (平坦部)	均平後	5/1	10	40	31	-30	61	14.4
	跡地	9/30	5	133	22	-18	40	5.7

No. 2 圃場では、ほぼ均一に均平が行われていた。

No. 3, 4 圃場では、両圃場とも、もとの比高差が40mm 程度と小さく、かつ標準偏差が10mm 程度と、非常に平坦な圃場であった。プラウ耕起作業により地表面の凹凸が増したが、均平作業によりほぼ耕起前の均平度に戻った。No. 4 圃場で行った翌年春の測定では、収穫時と同程度の均平を維持していた。

No. 5 圃場では、長辺方向に比高差160mm の傾斜が見られ、標準偏差も36mm と大きかった。この圃場は大区画圃場で排水路側が毎年沈下を続けているため、均平化の要求が強い圃場であった。均平施工により沈下部のかさ上げがなされ、高低差が20mm 程度縮小し標準偏差値も減少したが、圃場全体から見ると十分な均平精度は得られなかった。

No. 6 圃場では、傾斜部と平坦部でそれぞれ均平度を比較した。均平後の傾斜部では70mm 程度の比高差が見られ標準偏差は20mm 程度であった。収穫跡地でも比高差は増大せず、標準偏差は3 mm 小さくなった。平坦部における収穫跡地の比高差は均平後の値より20mm 程度小さく、標準偏差も極めて小さくなった。これは、均平後の代かきによって均平精度が向上した結果と見られた。

3 水稻生育への影響

表 4 には、No. 3, 4, 6 圃場で調査した水稻生育のばらつき程度を示した。

表 4 試験圃場内における水稻生育の変動

圃場 No.	調査項目	調査地点数	平均	最大	最小	標準偏差	変動係数 (%)
3	苗立ち数 (本/m ²)	51	263	437	117	59.0	22.4
	収穫期総重 (g/m ²)	51	1531	2223	1151	259	12.1
	収穫期もみ重 (g/m ²)	51	738	944	315	114	15.5
4	苗立ち数 (本/m ²)	33	263	351	171	39.5	15.0
	収穫期総重 (g/m ²)	33	1512	1802	809	183	16.9
	収穫期もみ重 (g/m ²)	33	732	1079	437	158	21.6
6 (傾斜部)	播種深度 (mm)	15	4.6	8.5	1.0	1.9	42.1
	苗立ち数 (本/m ²)	15	294	360	255	23.0	7.8
	収穫期総重 (g/m ²)	35	1341	1741	957	196	14.6
6 (平坦部)	精玄米重 (g/m ²)	35	485	686	180	96.6	19.9
	播種深度 (mm)	15	4.4	6.1	2.7	1.0	22.8
	苗立ち数 (本/m ²)	15	284	355	200	44.1	15.5
6 (平坦部)	収穫期総重 (g/m ²)	133	1318	1828	650	178	13.5
	精玄米重 (g/m ²)	133	514	705	222	71.5	13.9

No. 3, 4 圃場では、総重、もみ重は、両圃場とも数値の変動が大きく、最大と最小値には2~3倍の差となったが、変動係数は25%以下であった。苗立ち数は同じ比高レベルでもばらつきが大きく、0.4m²の調査面積内でもムラが多く見られた。また、水深が0~40mmの範囲内においては、両圃場とも水深と苗立ち数の間には関連性が認められなかった。これらのことから、苗立ち数の多少は、40mm程度までの水深よりも局所的な播種ムラに影響されている可能性があると考えられた。また、本試験では、苗立ちの良否と収穫期のもみ重には関連性が見られなかった。

No. 6 圃場では、播種深度は平均4.6mmで、傾斜部の変動がやや大きかった。この播種深度は基準値である10mmより浅く、倒伏や浮き苗発生の危険性は高いが、苗立ち性に関しては好適な条件であったと予想される。このため、播種深度が深くなっても苗立ち数が低下する傾向は認められなかった。図1には、収穫跡地の比高と苗立ち数の関係を示した。傾斜部では比高差が大きいにも関わらず、苗立ち数は250~350本/m²の範囲に分布しており、比高の高低によらず十分な苗立ちを確保できた。これに対して平坦部では、均平精度が6mmの平坦な条件であったのにも関わらず、苗立ち数は200本/m²程度まで低下する場合もあり、傾斜部より少なかった。従って、本圃場における苗立ちの良否は、比高に影響されたものではないと判断した。一方、苗立ち数200本/m²以上確保した条件では、苗立ち数の多寡と収穫期の総重には関係が見られず、苗立ち以降の生育の善し悪しが収穫期までの乾物生産を左右したものと推定された。さらにNo. 6 圃場では収穫跡地土壌の腐植、可給態窒素、可給態ケイ酸を調査し、これらの土壌化学性には圃場内のばらつきが見られることを示した(表5, 図2)。特に、跡地比高が特に高いあるいは特に低い部分で可給態窒素

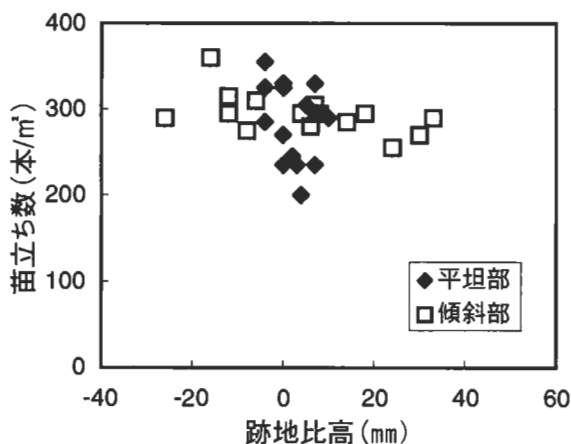


図1 跡地比高と苗立ち数の関係 (No. 6 圃場, 2001年)

濃度が低下する傾向が認められた。収穫期の総重は一般的に水稲生育の良否を反映し、窒素肥沃度が高いほど総重も高まると考えられるため、極端な比高の差により地力ムラを生じるような場合は、生育ムラの要因となることが懸念された。

考 察

1 レーザ均平機の作業性能

レーザ均平機の作業能率は、機械性能が同一と仮定すると「切り盛り土量×運搬距離」で示される運土仕事量¹⁾に比例すると予想される。圃場面積の異なる北村と長沼町の圃場を比較すると、大区画の長沼圃場においては単位面積当たりの作業能率が北圃場の1/2以下と低くなった。さらに、均平精度を施工管理基準の27mmとするためには、必要な運土仕事量が1000m³・mを超え、作業時間はおよそ6時間、作業能率は17a/h程度と推定された。レーザ均平機の運土量は小さいため、圃場の高低差が大きく、かつ圃場全体が傾斜して大きな運土仕事量が求められるような圃場には適さないと考えられる。

圃場の代かき作業によって、機械の作業幅程度のごく狭い範囲の凹凸は修正できる。それに対して田面全体の傾斜に由来するような高低差の比較的大きな圃場では、ブルドーザ等を用いた土木工事的手法による修正が効果的である。レーザ均平機は、圃場内の高低分布が大きく偏在せず、代かき作業で修正されないような凹凸がある場合に利用するのが有効である。

2 レーザ均平後の均平度評価

山路²⁾は均平の評価を標準偏差で行うことを提唱し、その値を20mmとした。圃場整備事業における農水省の新しい施工基準³⁾では、高低差を±35mmの範囲内に収めるとしており、この範囲に80%の面積が収まる均平精度(=標準偏差値)は27mmとなる。岩見沢市と北村の圃場では、10~20mm程度の均平精度となっており、極めて平坦な圃場に均平化されたと言える。また、その均

表5 No. 6 圃場内における土壌化学性の変動

分析項目	調査地点数	平均	標準偏差	変動係数(%)
腐植 (g/kg)	168	51	48	9.3
可給態窒素 (mg/kg)	168	158	22.1	14.0
可給態ケイ酸 (ヶ)	168	33	6.1	18.4



図2 土壌中の可給態窒素濃度の分布 (No. 6 圃場, 2001年)
注) 図中メッシュは5m間隔

平度は、均平後の代かき作業によっても向上し、収穫後に至るまで高い精度の均平度を維持した。さらに北村の例では、翌年春にも不等沈下は生じていないことが示された。各圃場の均平前後の標準偏差を総括すると、標準偏差の低下幅は概ね3～9 mm程度となり、0.5ha程度までの圃場ではレーザー均平機を用いた一般的な作業によって、平均6 mm程度の均平精度の向上を図ることができる。

3 均平度が水稻生育に与える影響

乾田直播圃場において行った試験^{3,4)}では、播種後の湛水時における水深が3 mm以上になると、その深さに従って苗立ち率が低下することを明らかにした。このことから、圃場の均平度毎に苗立ち率の低下度合いから減収率を推定し、目標とする均平精度を12mmと設定した。

湛水直播落水出芽法を前提とした本試験では、こうした手法を適用することは困難であった。これは、水深(比高)による苗立ち率の低下が見られなかったためである。その理由は、播種量が乾粉で108kg/haと多かったこと、播種深度が浅かったこと、加えて高い出芽、苗立ち率を得ることができたためである。湛水直播落水出芽法では苗立ち数の確保が比較的容易であり、また、通常の圃場管理の下では、苗立ち数が低下するほどの激しい不等沈下は少ないことが予想される。

圃場内に窒素地力のムラが大きいと収量変動も高まるが、特に比高と窒素地力ムラが関連するような場合は注意を要する。圃場の均平化を実施する場合は、極端な均平精度の向上を目指すより、作土の過度な移動によって窒素供給量に差を生じさせないことが重要である。

4 レーザ均平の必要性

以上のことから、湛水直播落水出芽法では、乾田直播よりも播種前の均平精度が苗立ちに与える影響は少ないと判断される。また、代かき作業においても部分的な凹凸は修復できることから、本法で水稻栽培を行う圃場で均平を実施する場合には、乾田直播で示された均平精度12mm^{3,4)}まで厳しくする必要性はないと考えられる。

実用的には、比高が±30mm以上になると収量性低下のリスクが増加することを考慮すると、耕起前の圃場面積の大部分が高低差60mm以下となる圃場ではレーザー均平を毎年施工する必要性は小さいと判断される。圃場内の凹凸が正規分布すると仮定すると、標準偏差が20mmの場合、高低差±30mm以内には87%の面積が入る計算となり、これ以外の13%の面積での収量性低下の影響については今後の検討に委ねたい。なお、本試験は水稻の連作圃場を想定しており、復元田や排水改良工事後の圃場では均平精度の低下や不等沈下の発生が予想されるため、均平作業の必要性は高まると考えられる。また、農水省の施工管理基準より凹凸が激しい圃場は均平作業が

必要である。判断の難しい高低差±30～35mm、標準偏差20～27mmの圃場では、均平度の変化傾向を見ながら数年に一度の均平作業を行うのが妥当である。今後は圃場の均平度の持続性を高める方策や、圃場の凹凸に応じた運土計画、効率的な作業方法の検討が必要である。

謝辞 中央農業試験場稲津脩生産システム部長、能代昌雄農業環境部長、同今野一男副部長には本稿の御校閲を戴いた。また、空知中央地区農業改良普及センター、北村荒山敏文氏、長沼町山村久人氏には現地試験の便宜を図って戴いた。以上の各位に謝意を表する。

引用文献

- 1) 長利洋. “水田整備における均平管理について”. 農業土木学会論文集. 187, p. 9-5 (1997).
- 2) 農水省構造改善局計画部資源課監修. “土地改良事業計画設計基準 計画 ほ場整備(水田) 基準書・技術書”. 農業土木学会, 1999, p.258.
- 3) 北海道農試. “水稻乾田直播におけるレーザー均平機の作業性能と均平効果” 平成11年普及奨励ならびに指導参考事項. 北海道農政部編. 1999. p.294-296.
- 4) 北海道農試. “水稻乾田直播栽培の目標均平度とレーザー均平機の作業法” 平成10年度研究成果情報～北海道農業. 北海道農業試験研究推進会議, 農林水産省北海道農業試験場. 1999, p. 2-3.
- 5) 北海道農試. “北の国の直播”. 1999, 182p.
- 6) 北海道立中央農試・北海道農政部農業改良課. “土壌および作物栄養の診断基準—分析法(改訂版)—”. 1992, 199p.
- 7) 山路永司. “大区画水田の均平”. 農業土木学会誌. 57(3), p.17-22 (1989).

Requirement for Field Leveling Using Laser Leveler Machine on Direct Seeding Culture of Paddy Rice

Harunobu TAKEUCHI*, Kenji SEKIGUCHI, Iwao KITAGAWA and Hideyuki TAKENAKA

* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-1395 Japan
E-mail:takeharu @agri.pref.hokkaido.jp