大型機械化水稻乾田直播栽培における均平の精度が 水稻の生育・収量におよぼす影響について

農 事 試 験 場 池 田 弘 高 橋 保 夫
滋賀県立八日市高校 平 井 明 男

Hiroshi IKEDA, Yasuo TAKAHASHI and Akio HIRAI : Influence of
Land Levelling on Growth and Yield of Rice (under the
Condition of Mechanized Cultivation) seeded by Grain Drill
on Dry Paddy-field

近年、水田において大型機械による水稻乾田直播栽培の技術が導入されようとしている。

これらの技術を農作業の面から診断し、あるいは技術策定を行なう場合には、農作業を作業能率と作業精度の二つの側面から考察する方が便利である。勿論、作業においては両者は密接な関連をもっていることは言うまでもない。この両側面の中、作業精度は直接水稻の生育・収量に影響をおよぼす。従って、作業精度と生産との関係を明らかにし、目標の生産に対応する作業精度の許容範囲を作業能率と関連づけて設定しておくことは、技術の診断や策定に最も重要な基本的問題である。

本報告は、平年の作業精度、つまり田面の高低と水稻の生育・収量との関係を明らかにするために、先ず大区画田における田面の高低とそれに伴う生育、収量の実態を調査したものである。同時にこれら大区画田における調査対象の変異を明らかにし、効率的な調査法の検討も行なったので報告する。なお、本試験は均一栽培が目的のため、かなり少ない肥料（N成分0.6/a）を用いているので、収量は低いことを附記しておく。

1 試験方法

(1) 耕種概要. 供試圃場は鴻巣造田圃場（前歴は畑地、水田造成後3年目、沖積埴土）で、面積は1.06ha（99×107m、1区画）である。品種はトネワセ、栽培様式は21cmドリルである。主な作業と使用機械名を第1表に示した。

第1表 主な作業と機械名

作業名	作業日	ha当り 資材量	トラクタ	作業機
耕 耘 整 地	25/Ⅲ	—	ファーガソン	ロータリー
	26/Ⅲ	—	(35ps)	ツースロー
	11/Ⅳ	—		ロータリー
施 肥 播 種	11/Ⅳ	888化成 429kg トネワセ 56.5kg	シバウラ S-17	7条ドリル シーダー
雑 草 病虫害 防 除	6/Ⅵ	DCPA8ℓ	ファーガソン	カーベット
	24/Ⅵ	DCPA8ℓ		水平ノズル
	5/Ⅶ	トリニップ30kg		散粒機
	13/Ⅶ	BHC 30kg		ダスター
追 肥	26/Ⅶ	硫酸 120kg		人力
入水	1/Ⅷ			
落水	5/Ⅸ			
収穫	5/Ⅹ			アルボスコンバイン

(2) 調査方法. 圃場を10×10m（1a）の方眼に区切り（全体で110方眼）、1aにつき中心1点の田面高を測定した後、田面高を高部、中部、低部の三つに分類した。調査のための抽出単位を1m2条とし、各々田面高の区分毎に雑草量は20カ所、その他は40カ所を任意抽出し調査した。

2 試験結果および考察

(1) 圃場における均平の状態と田面高の分類. 圃場における田面高の度数分布は第1図のとおりで、最大田面差は25cmであった。また、田面高の高

第1図 田面高の度数分布

注) 度数は1 a 1点とする。

・中・低の区分は低部(0~8 cm), 中部(8~16 cm), 高部(16~25 cm)とした。各部の面積比率は低部(16.4%), 中部(50.9%), 高部(32.7%)であった。

(2) 田面の高低に伴う土壌水分と水深の変化

(a) 乾田期間. 降雨がかなり多く, 5月は播種後9日目の20日から連日降雨がみられ, 降雨日数14日間, 6月は16日間で, 低部は滞水している日が多かった。比較的乾燥した日を選んで土壌水分を測定した結果(第2図), 乾燥した日でも低部は

第2図 乾田期間の土壌水分

注) 乾土当り水分%, 土層0~5 cm, 最大容水量は60%。

かなり湿潤状態にあった。一方, 高部においては, 雨天の日以外は低部では未だ滞水していても急速に乾燥し, 湿潤と乾燥が交互にかなり頻繁に作用した。

(b) 湛水期間. 全期間灌水開始を9時とし, 高部がほとんど水没する程度に毎日灌水した(約2時間)。各部の平均的な場所における水深と減水深とをを第2表に示した。各部の平均的な場所における水深測定値から推して, 各部の日平均水深は, 各部内の田面差も考慮すると高部(-5~5 cm), 中部

第2表 水深および減水深

項目	田面高	月日		
		6/VII	20/VII	6/VIII
灌水直前	高	-1.6	-0.9	-1.1
	中	7.4	8.1	8.2
	低	14.6	15.1	15.2
灌水直後	高	1.8	2.0	1.6
	中	10.3	11.0	10.9
	低	17.5	18.0	17.9
日平均水深	高	-0.8	0.4	0.1
	中	8.7	9.4	9.4
	低	15.9	16.5	16.6
減水深 (cm/日)		8.2	8.2	2.9

(5~12 cm), 低部(12~20 cm)である。減水深は日当たり約3 cmであった。

(3) 田面の高低に伴う収量の変化とその診断.. 各部の収量(第3表)は中部≥低部>高部であって,

第3表 収量および収量構成要素

項目	精玄米重 (kg/a)	穂数 (本/m ²)	一穂粒数	登熟歩合 (%)	精粳千粒重 (g)
田面					
高	18.7±1.8	207±17	664±2.8	65.9±4.7	23.4±0.4
中	25.0±1.3	276±17	604±1.9	72.9±2.8	23.4±0.3
低	23.8±1.6	228±14	622±2.3	77.7±1.5	23.9±0.4
全体	22.7±0.9	245±9	62.7±1.3	71.4±1.9	23.5±0.2
t検定	中-低	1.2 N. S.	4.8 ***	-1.8 N. S.	-4.8 ***
	中-高	6.8 ***	6.9 ***	-6.0 ***	7.0 ***
	低-高	5.1 ***	21 (*)	-4.2 *	11.8 ***

注) ±は信頼限界(95%)。

全体とは, 圃場全体の値で, 各部の面積比率で算出した。

中部, 低部の差は僅かであるが, 高部は前二者にかなり劣った。この結果は, 全期間同一の湛水处理を行なった花井¹⁾および松島⁵⁾の結果とほぼ一致している。収量性を収量構成要素(第3表)から診断すると, 先ず時期的に最も早く決定されるのは穂数である。穂数は低部, 高部とも中部に対し約2~3割少ない。この原因は第一に乾田期間の苗立の差が考えられる。苗立(第3図)は低部, 高部とも中部に対し2~3割少ないが, 低部は乾田期間中に降雨による滞水期間が長かったための湿害であり, 高部は乾・湿の頻繁な作用を受けたための発芽障害および雀害と考えられる。穂数に対する第二の要因としては湛水期間の水深の影響である。低部は12~20

第3図 苗立および茎数 第4図 草丈

注) →は信頼限界(95%)
播種量は188粒/m²

cmの深水であり、嵐²⁾、角田・松島⁴⁾、松島⁵⁾の結果と同様に深水による草丈(第4図)の伸長と分けつ抑制作用(第3図)がみられる。高部の草丈および分けつ抑制は、主として乾・湿の交互の作用を受けるための脱N作用のための養分欠乏⁵⁾によるものと考えられる。第三の原因としては雑草害の影響である。除草は乾田期間中DCPA 2回、湛水直後ニップを散布したが、完全な効果がみられず、田面の高低によって発生量にかなりの相違がみられた。

第4表 雑草の種類別比率(%)

種 類	月 日		24/V						27/VII					
	田面高		高		中		低		高		中		低	
	項目		本数	乾物重	本数	乾物重	本数	乾物重	本数	乾物重	本数	乾物重	本数	乾物重
ケイヌビエ(湿生)			44.4	60.5	41.8	46.1	34.6	35.7	46.9	59.6	66.2	72.7	90.5	91.5
メヒシバ(乾生)			9.9	10.4	9.4	15.0	—	—	32.0	28.1	9.9	11.1	—	—
タデ(乾生)			15.3	10.4	8.4	15.8	15.4	14.3	0.5	2.1	3.6	3.8	—	—
スズメノカタビラ(湿生)			3.2	5.5	0.7	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—
スベリヒユ(乾生)			5.6	6.3	10.2	7.8	50.0	50.0	2.6	1.4	3.6	4.0	—	—
カヤツリ(湿生)			11.0	1.4	6.7	3.8	—	—	2.6	0.7	6.3	4.5	7.7	7.5
スギナ(乾生)			1.4	1.4	—	—	—	—	2.1	4.2	—	—	—	—
イヌガラシ(乾生)			8.9	3.8	18.1	5.0	—	—	—	—	2.3	0.4	—	—
その他			0.3	0.3	4.7	4.8	—	—	13.3	3.9	8.1	3.5	1.8	1.0
計			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
合計発生量(m²当り)			75本	4.3g	93本	4.8g	6本	0.7g	70本	27.4g	26本	9.1g	6本	2.4g

第5図 雑草量

注) □ 非いね科雑草 ■ いね科雑草
→は合計量の信頼限界(95%), 24/Vの調査については信頼限界は調査しなかった。

(第5図、第4表)。低部では乾田・湛水期間を通じて発生量が少なく、一方高部では全期間にわたり雑草量も種類も多く、乾生雑草のメヒシバも生育後期まで存続した。また、いね科雑草の割合は深水になるに従って明らかに少なくなる。これらの傾向は湛水期間については荒井・宮原³⁾の結果と一致する。ただ、乾田期間においても低部で雑草量が少ないのは、高低の部位が2年前の造田時とほとんど変動していないことから、過去2カ年の深水によって雑草量が減少し落下種子が少なかったためと考えられる。なお、主要雑草はケイヌビエであった。以上のことから、高部では前述の2要素に更に雑草害が大きく作用し、茎数の抑制をもたらしたのと考えられる。

低部では、苗立が悪く、深水による分けつ抑制のためかなり穂数が減少したが、収量は中部とほぼ

同程度であった。これは粒数および登熟に補償作用があったためで、一方高部では粒数には補償作用がみられたが登熟は悪く、従って収量は減少した。高部の登熟低下も脱Nによる養分欠乏および雑草害に帰することが出来る。このように高部では穂数および登熟歩合に対し雑草害がみられるが、7月27日のノビエの発生量と、荒井⁶⁾の水稻の成熟期におけるノビエの量と水稻の減収率との関係から推定すると、高部のノビエによる減収率は約20%と推定される。

以上のことから、田面の高低に最大25cm程度の差がある場合の栽培管理上の問題としては、①苗立の確保のための滞水除去、播種量の増加、②高部の完全な雑草防除、③作業的に問題はあがあるが、特に高部に対する施肥量の増加、④低部における倒伏防止等が考えられる。

また、以上の結果をもとにして、均平精度と収量との関係を推定すると、いま、最大田面差を25cmから15cmに約10cm縮めるとすれば高部が消え、中部と低部は、田面高低の度数分布を正規分布と仮定すれば、各々50%分布することになるので、本試験と同じ水位で管理した場合でも2450kg/haの収量が見込まれる。従って8%の増収となる筈であるし、露出しない程度の水管理を行なう場合は低部の穂数は増加し、中部と同程度の収量が見込まれることから収量は2500kg/haとなり約1割の増収となる。従って、最大田面差25cmと15cmの差10cmは収量的には約1割影響するものと推定することが出来る。

なお、肥料レベルを上げた場合については今後、更に検討する必要がある。

3 大区画田における乾田直播水稻の生育・収量の変異と調査基準の設定

われわれは、水稻の生育・収量を作業や栽培条件、環境条件と相互に反応し合う生物系の遷移(サクセッション)として時期的にとらえ、量的に推定して適確な診断と増収への肥培管理を行なう必要がある。

これら種々の調査に際しては、一定の信頼度と目標精度を定めた上で、調査対象の抽出単位の大きさ

と抽出数を決定しなければならない。特に大型機械を導入した大区画田においては、種々の作業上のむらを生じ易いので、このような統計的手法による調査法の検討が必要である。

本試験では抽出単位を1m2条(0.42m2)とし、各部の変異係数は各々雑草量については20カ所、その他は40カ所の調査により算出した。また、圃場全体の変異係数は、各部の分散を面積比率で重みづけした上で算出した。

いま、変異係数をCV(%), 目標精度(または誤差率)をP(%), 単純任意抽出法による標本抽出数をnとし、標本が母集団の10%以下であるときは、⁷⁾

$$n = t^2 (\alpha, \infty) \cdot (CV)^2 / P^2$$

となる。ここに $t(\alpha, \infty)$ は自由度が無限大で有意水準が α の場合のtとする。⁷⁾⁸⁾⁹⁾

第5～7表に調査項目別に各部および圃場全体の変異係数と単純任意抽出法による抽出数を示した。

第5表 雑草量の変異(27/VII調査)

項目 田面高	本 数				乾 物 重			
	高	中	低	全体	高	中	低	全体
平 均	29.2	11.1	2.6	15.6	115g	3.8	1.0	5.9
CV (%)	74	73	96	87	93	66	110	108
n	833	818	1415	1172	1328	669	1859	1800

注) 平均とは、抽出単位(0.42m2)当りの平均値。

CVは変異係数。nは信頼度95%, 目標精度5%とした場合の抽出数。

全体とは圃場全体としてみた場合の値(本文参照)。

(1) 雑草量・田面の違いによる変異の差はあまりみられないが、一様に変異係数が大きく、抽出単位を0.42m2とする場合、信頼度95%, 目標精度5%での発生本数、乾物重の推定は事実上不可能であろう。雑草害の診断上からは、田面の高低によって層化した後、雑草量が多い部位についてのみ調査することと、更に枠の大きさの検討も必要である。

本試験に用いた枠(0.42m2)については次のように考えることが出来る。雑草群落調査も含め、一般に生態学野外調査法においては抽出単位の大きさを決定する方法として、①種類・面積曲線から最小面積を求める方法および最小面積を使った変形法、②優占種の平均面積の2倍の方形枠(2M)法

(Curtis, McIntosh 法), ③恒存種の頻度曲線が90%に達する最初の面積を稈面積とするDu Rietz 法等があるが¹⁰⁾¹¹⁾, 笠原¹⁰⁾はこれらの種々の方法を検討した結果, 畑地では30×30cmの枠が雑草調査に適當であるとしている。本試験では稈面積は0.42m²に固定しているので①の方法の検討は出来ないが, 2M法によると高部で25×25cm, 中部で30×30cm, 低部で60×60cm, 全体では25×25cmが適当な大きさとなり, 0.42m²は14Mとなつてかなり大きい枠となる。一方, 全体としてみた優占種クヌシエの頻度は87%であるから, ③のDu Rietz 法によると本試験に用いた枠が適当な大きさということになる。

これらの決定法は, 主として群落の種類や頻度や優占度等を目的としており, 重量に対しては必ずしも適當とは言えない。雑草害が雑草の乾物量で判断されるとすれば⁶⁾, 嶋田¹²⁾, 佳山¹³⁾等の重量分布型と変動係数から稈面積を決定する方が適當と思われる。この点については更に検討したい。

第6表 苗立および茎数の変異

田面高	項目	月日	8/Ⅵ (苗立)	25/Ⅶ	14/Ⅶ	26/Ⅶ
高	平均		45	59	79	90
	CV (%)		20.5	26.2	20.9	24.7
	n		64	106	67	93
中	平均		60	98	102	117
	CV (%)		16.3	21.1	19.5	21.3
	n		41	68	58	70
低	平均		42	78	82	94
	CV (%)		27.4	25.3	27.5	21.3
	n		116	98	116	69
全体	平均		52	82	91	104
	CV (%)		19.1	23.0	21.2	22.3
	n		56	82	69	77

注) 第5表に同じ。

(2) 苗立および茎数。苗立の悪い高部, 低部ではむらが大きい。しかし, 低部では時期的に除々に変異は小さくなっており, これは深水の作用による生育の均一化を示すものと考えられる。一方, 高部では変異が後期になるに従つて拡大する傾向がみられ, このことは後部の生育が養分欠乏や雑草害によって抑制されていること, および地力や雑草量の変異が

高部で大きいことと符合する。なお, 変異係数は約20%前後であるから抽出数は60~100は必要である。

第7表 収量及び収量構成要素の変異

田面高	調査項目	精玄米重	穂数	一穂粒数	登熟歩合	精粒千粒重
高	平均	g 78.5	本 87	66.4	% 65.9	g 23.4
	CV (%)	29.8	25.3	13.1	20.8	5.3
	n	136	98	26	66	4
中	平均	104.9	116	60.4	72.9	23.4
	CV (%)	16.8	19.0	9.7	12.2	4.0
	n	43	55	15	23	2
低	平均	100.0	96	62.2	77.7	23.9
	CV (%)	20.5	18.9	11.8	6.2	4.6
	n	65	55	21	6	3
全体	平均	95.5	103	62.7	71.4	23.5
	CV (%)	20.9	20.8	11.4	14.4	4.5
	n	67	67	20	32	3

注) 第5表に同じ。

(3) 収量および収量構成要素。収量の最も少ない高部では, すべての項目で変異が大きい。これも生育と同じような理由によるものと考えられる。

圃場全体の項目別変異係数をみると, 精玄米重および穂数が約11%, 登熟歩合が約14%, 千粒重が約5%であった。これらの値は, 鴻巣における同種の試験では障害がない場合にはほぼ同程度の値である(未発表)。また, これらの値は松島⁸⁾が移植栽培の株単位で行なった変異調査の値とほぼ一致している。従つて, 変異からみると大型機械による乾田直播栽培の1m2条(0.42m²)は移植栽培の株に相当すると考えてよいであろう。

このような変異をもつ圃場全体の収量および収量構成要素の調査法は, 単純任意抽出法を用いるとすれば, 1m2条を抽出単位とする場合, ①先ず圃場全体から任意に70~100単位を選び, 各单位毎の穂数を調査し, ②それらの中で任意に35~50単位を選んで収量, 一穂粒数, 登熟歩合を, ③残りは収量のみを調査する(従つて, 収量については70~100単位調査することになる)。④千粒重は, ①の中から3~5単位を任意に選んで, その単位が②, ③と同一の単位についてはそれぞれの調査に千粒重の調査を追加すればよい。これらの調査結果

(平均値)は信頼度95%,目標精度5%で真の平均値を推定出来る筈である。

実際にコンバインで収穫した実収は1952 kg/haであり,推定収量は2270 kg/ha(目標精度4%)であることから,その差約14%がコンバインその他によるロスとみることが出来る。なお,推定(2等米:比重選)と実収(3等米)は等級が異っていることから,等級の差の分も含まれているが,本試験の場合その差は僅少であると考え無視した。この比重選と米選の篩との関係は今後更に検討したい。また,単純任意抽出法以外の抽出法については更に検討を進めているので追って報告したい。

引用文献

1) 花井藤一郎:農試報29, 1904.

- 2) 嵐嘉一:稲作講座3, 朝倉書店, 1959.
- 3) 荒井正雄, 宮原益次:日作紀24(3), 1956.
- 4) 角田公正, 松島省三:日作紀31(1), 1962.
- 5) 松島省三:日作紀31(2), 1962.
- 6) 荒井正雄:関東東山地域機械化栽培基準資料〔水田作編〕, 農事試験場, 1965.
- 7) Snedecor, G. W., 畑村又好, 奥野忠一訳:統計的方法, 岩波書店, 1963.
- 8) 畑村又好, 奥野忠一:標本調査法入門, 小石川書房, 1949.
- 9) 松島省三:農技研報告, A5, 1957.
- 10) 笠原安夫:農学研究48(1), 1960.
- 11) 沼田真:植物生態学I, 古今書院, 1959.
- 12) 嶋田饒:東北大農研報告9(2), 1957.
- 13) 佳山良正:日草地誌7(1), 1961.