

水稻生育調節剤試験に適用可能な 収量・収量構成要素，節間長の調査法

公益財団法人 日本植物調節剤研究協会 青梅試験地 主任 伊田黎之輔

はじめに

公益財団法人日本植物調節剤研究協会では登熟向上や倒伏軽減を対象にした薬剤の試験・検討が実施されており，この試験の目的を達成するためには収量・収量構成要素，稈形質等に及ぼす影響について明らかにする必要がある。

事実を明らかにする方法で一定の根拠があればどのような調査法でアプローチしても構わないが，特に圃場の栽培試験においては化学分析法とは異なり，いわゆる公定法そのものが極めて少ないことが実態であり，もどかしく思われることもある。国内に限ってみれば，水稻調査基準（岩手県農業研究センター 2002），作物統計調査要領（農林水産省大臣官房統計部 2006），農作業試験法（農作業試験法編集委員会編，農業技術協会 1977），植物生産農学実験マニュアル（日向・羽柴編，ソフトサイエンス社 1995）などがあるが（引用文献の詳細は省略），独自の視点で内容が構成されていることが多い。

本報告では 5 斜線刈取法によるサンプリングを基本にした収量・収量構成要素，玄米品質，稈形質等の調査法を紹介し，参考に供したい。

1. 5 斜線刈取りとは

5 斜線刈取りの根拠は古く松島・枅重 (1947)

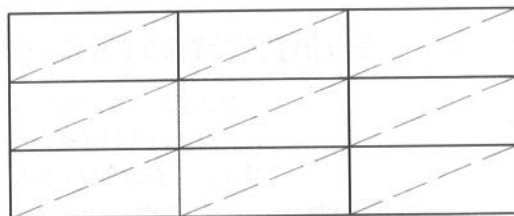


図-1 5 斜線刈取法

に溯る。調査対象の圃場の総株数を A ，刈取株数を B とすれば最外列の任意の株を起点として $(A \cdot B^{-1})$ 株に 1 株の割で，順次最外列から内側の列へと刈取りを行えば圃場の全地点から均等に株をサンプリングすることができることを発見した。刈取りの対象となった株の位置をプロットすると，奇しくもほぼ斜線上の配列となっている。

松島・枅重 (1947) はこれを基に調査対象圃場を 9 等分し，図-1 に示したように小区画ごとに刈取株数の $1/9$ ずつを刈取る 5 斜線刈取法を提唱した。これと関連して松島・岡部 (1954) は測定対象となる形質の変動係数に応じた調査個体数決定早見表を作成した。

著者 (2004) は実際の試験区規模 (約 11 m^2 区 $^{-1}$ ，240 株程度) においても 5 斜線刈取法による収量調査法が有効であることを立証した。表-1 によると，収量の変動係数は 20.8% であり，これを信頼度 95%，精度 5% で推定するた

表-1 収量・収量構成要素の変動係数および推定調査個体数 (2004).

項目	穂数 (本株 ⁻¹)	1穂穎花数 (粒穂 ⁻¹)	総穎花数 (粒株 ⁻¹)	登熟歩合 (%)	精糲千粒重 (g)	精糲収量 (g株 ⁻¹)
平均値	17.2	72.9	1258	88.6	24.43	27.22
標準偏差	2.8	6.7	264	3.2	0.52	5.67
C.V. (%)	16.3	9.2	21.0	3.6	2.1	20.8
調査個体数 (株)						
信頼度 (95%)	41	13	68	2	1	66
精度 (5%)	35	12	53			52
信頼度 (99%)	1762	562	2926	86	29	2870
精度 (1%)	210	167	220	63	26	220

1) 調査個体数: $n_0 = \{t(\alpha, \infty) \cdot C \cdot P^{-1}\}^2$

ここで, $t(\alpha, \infty)$: 自由度が無限大で信頼度 $(1 - \alpha)$ における t 値, C : 変動係数 (%), P : 精度 (%).

2) 太字で示した数値は抽出比が $n_0 \cdot N^{-1} > 0.05$ の場合の修正調査個体数: $n = n_0 \cdot (1 + n_0 \cdot N^{-1})$.

ここで, N : 母集団における標本単位の総数.

めの調査個体数は66個体の株が必要であるが、母集団が小さく、標本が母集団の0.05よりも大きい場合は調査個体数を減らしてもよく、その修正必要個体数は52株でよいことを示している。すなわち1試験区当たり52株について収量調査を行えば、母集団の真の平均値の5%の範囲内の誤差(精度5%)で、しかも100回に5回しか誤らない確率(信頼度95%)で収量が査定できる。一方、信頼度99%、精度1%で推定するための調査個体数は母集団の大半である220株を要することがわかる。

以下、図-2に示した調査体系について主要な点について述べたい。

2. 収量・収量構成要素の調査法

本調査法は150株の刈取りが必要というくたが試験現場では独り歩きしていた感があり、面倒くさいという風評があったようである。確かに松島ら(1957)が例として挙げている収量の変動係数を30%、精度5%、信頼度95%と仮

定すれば150株近くの株が必要であることが松島の収量調査個体数決定表で読み取れる。しかし、収量の変動係数は手植稚苗栽培では20.8%(伊田2004)、19.8%(山本・濃野1988)、機械移植稚苗では18.4%(山本・濃野1988)であり、変動係数の目安は20%としてよく、調査個体数は60株程度まで減少させることができる。もっとも150株を調査することがあっても実施してみれば経験上それほど苦になることはないし、坪刈法の場合のように大量の刈取った稲を一定期間乾燥するための乾燥舎の占有面積を大幅に減じることができるなど利点も多い。何よりも収量・収量構成要素の一致したデータが得られることは最大のメリットである。

水稻収量簡易即決診断器の利用法については松島・角田(1960)に詳しいが、著者はサンプリング時に最小限度の泥の付いた根付きのまの稲株を堀上げること、籾摺歩合の係数、水分測定法の改良の3点について大幅な改良を加えた。根付きのままの株にすると収量査定のプロセス

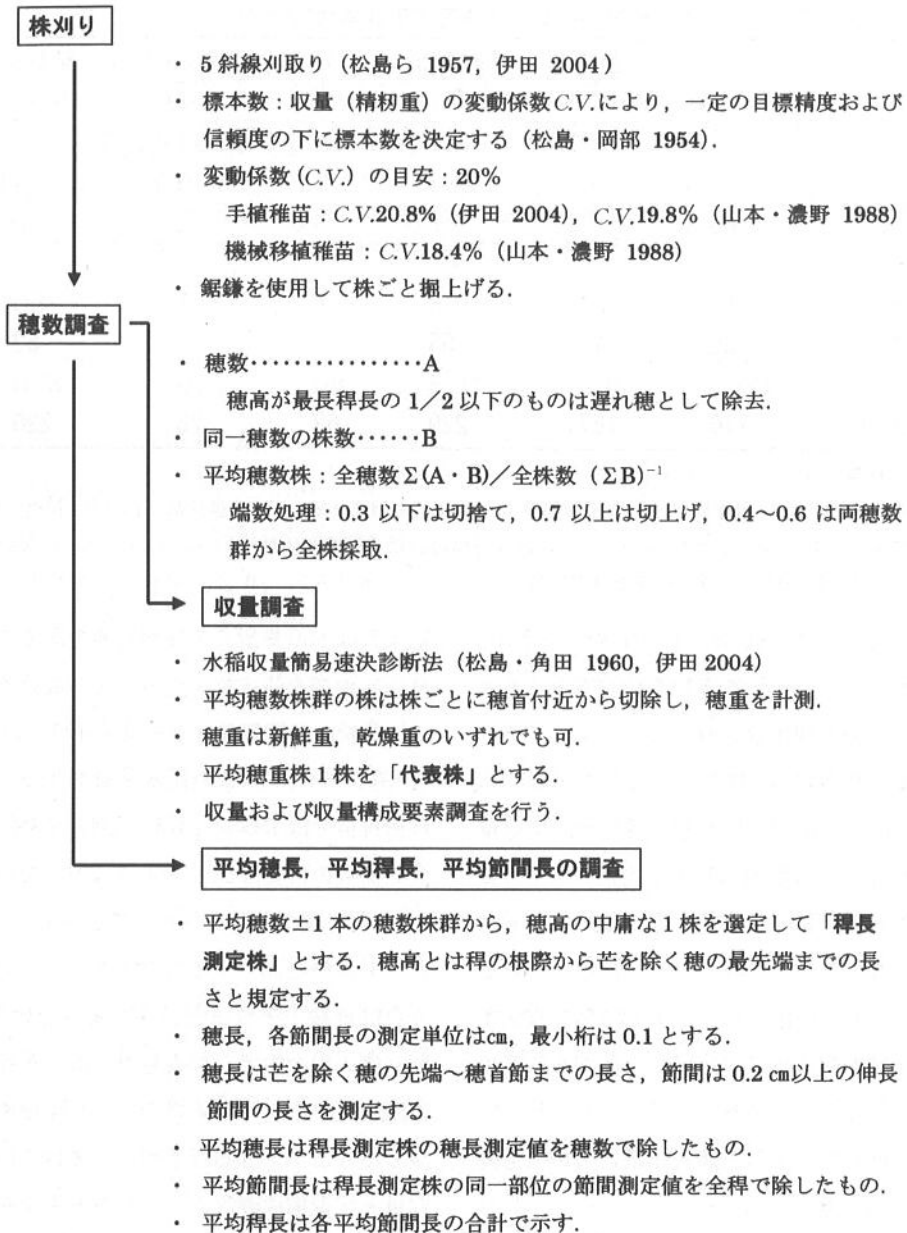


図-2 収量・収量構成要素, 節間長等調査体系

で1株穂数を数えやすいことや後述する稈長測定株を選定して節間長を測定する場合に好都合なためである。籾摺歩合については従来, 松島・角田 (1960) は赤外線ランプで水分査定を行った精籾重に 0.840 (精籾重から玄米重への換算係数) を

乗じて求めることとされていたが, その後の著者らの実験では, この値は成苗移植水稻の精籾を扱った場合の係数 (0.840 ± 0.005) で, 稚苗移植水稻の場合は 0.824 ± 0.009 であることを明らかにした。すなわち 0.840 を係数にすると玄

米千粒重，玄米重が過大に評価されることがわかった（伊田 2004）。

著者は長年，本調査法の水分査定の部分で，1970年代に販売されていた「収量簡易即決診断器（木屋製作所）」に付属していたフード付きの赤外線ランプを手動で固定支柱に沿って上下に動かして温度調節を行っていた。慣れるまでは大変な作業で，L₃₂直行表を用いた圃場実験規模では精製の水分査定が完了するころには実験台が極めて熱くなり，万が一の火災も心配となり，自然に熱が放冷されるまで待つて帰宅したものであった。その点，ハロゲン方式による水分計MOC63u（島津製作所）を水分査定部分に導入することにより格段の測定精度の向上が図られる。また，USBケーブルで本体とノートパソコンを接続することができるため計測の自動化が可能となり一層の省力化に寄与している（写真-1）。従来の赤外線ランプによる水分査定は，予備乾燥（5分），塩水選後の乾燥（10分），精製後の乾燥（10分）と1点の測定に25分間を要していたが，本水分計の導入により13分間程度（772 ± 65 秒）の時間で完了できる。

測定は下記のRAPIDモードで行うと農産物



写真-1 ハロゲン型水分計による精製の水分測定。

規格規定（昭和26年法律第144号，第6条）による105℃乾燥法に最も近似した値が得えられることがわかった（伊田 未発表）。

この水分計による測定上の要点は次のとおりである。

①代表株の籾を比重1.06の塩水選を行い，沈下籾は水洗を行ない濾紙の上において過剰な水気を取る→登熟粒として数える（塩水選で浮いた籾は別途不登熟粒として数える）→本機で代表株の精製重を秤量する→登熟粒（精製）の一部を試験用粉碎器（TQ-100 ケット科学研究所）で粉碎した約5gを水分査定用試料とする。

②測定モードはRAPIDモードで，135℃，測定終了水分変化率を0.3%・30秒⁻¹，測定値基準は湿量基準水分率（Wet Base，%）とする。

③水分補正（15.0%の場合）した乾燥精製重の算出は，代表株の精製重・（（1-測定水分含量）・（1.00-0.15）⁻¹）で求める。

3. 玄米形質の調査法

結論的に玄米外観形質を代表株で査定することは困難である。著者は1区11.34㎡（2.1m×5.4m）の圃場実験規模において，1株ごとの玄米外観形質を調査した結果，株間の変動係数は完全粒9.8%，乳白粒29.1%，青未熟粒97.9%，基部未熟粒56.8%，茶米75.4%，奇形粒119.0%，死米48.7%のように大きく，1株を用いての推定は限られた形質のみであることがわかった（伊田 未発表）。

このため，5斜線刈取りによる代表株，稈形質調査用株を除去した残りの全株を小型脱穀機（藤原製作所）で脱穀後，試験用籾摺機（大竹製作所）で粗玄米を回収し，1.7mm目の篩を通した

粗玄米を均分器（大屋丹藏製作所）を用いて約20～30gの縮分試料を作り、品質判定機ES-1000（静岡製機）で測定することとしている。

4. 玄米粒厚分布調査法

玄米の充実度の調査を実施する場合は、玄米形質の調査法と同様な方法で得られた粗玄米を約100gに縮分し、1.6mm, 1.7mm, 1.8mm, 1.9mm, 2.0mm, 2.1mm, 2.2mmの縦目篩を縦目段篩機（大屋丹藏製作所）にセットして2分間振盪し、各粒厚別の重量分布を測定する。従来は粗玄米約200gを5分間（登熟不良の場合は8分間）振盪していたが（農林水産省大臣官房統計部, 2006）、表-2に示したように、粗玄米約100gを供試すれば振盪時間は2分間で同等の粒厚分布の測定値が得られる（伊田 2007）。調査が多点数の場合は測定時間の短縮やサンプル量の節減を図ることができるため推奨したい方法である。

必要に応じて1.85mmや1.95mmの篩を追加して使用する場合もある。これは1.7mm目以上に残存する玄米は精玄米と認定されるが（農林水産省大臣官房統計部, 2006）、現場での粒選別は1.85

～1.95mmとして精粒歩合を一層向上させようとする例も多くみられ、その実態に即した品質調査や収量査定に対応するためである。

5. 稈形質の調査法

5斜線刈取法はサンプリングに最適な方法であり、稈形質調査においてもこの刈取法を応用できる。すなわち、平均穂数±1本の穂数株群から稈長測定株を1株選定して、母集団の稈長、これを構成する各節間長を推定する方法を考案した（伊田 審査中）。この方法は、収量・収量構成要素の調査株を選別する過程で稈長測定株が選定できるため一定量の試料からより多くの情報を獲得することができる。

松葉（2005）は、総葉数の違いによる稈の生育型がN型かN-1型であるかにより節位別にみた節間長のパターンが異なることを報告し、一般に各試験区と同じ生育型の稈同士で比較するのが適切であるとしている。しかし試験現場ではそのような観点に立った調査法が実施されていることは稀である。

このため著者は5斜線刈取法により代表株を決定する過程で稈長測定株1株を選定し、全稈

表-2 100g-2分間振盪法による粗玄米粒厚分布（2007）。

品 種	処理法	粒 厚						
		2.2 mm	2.1 mm	2.0 mm	1.9 mm	1.8 mm	1.7 mm	底
		%	%	%	%	%	%	%
コシヒカリ	200g-5分	1.4	17.3	55.8	19.8	3.8	1.1	0.7
	100g-2分	1.6	17.0	56.2	20.5	3.2	1.0	0.5
日 本 晴	200g-5分	0.5	13.6	54.7	27.0	3.6	0.5	0.1
	100g-2分	0.3	13.7	54.2	27.1	4.1	0.5	0.1

%は重量比率を示す。

について各節間長の平均値を求めて平均節間長とし、これらの合計を平均稈長として示すことにしている。この方法によると平均稈長、各平均節間長は品種や年次を異にしてもこれらの母分布は正規性を示し(表-3)、相互の比較が可能となる。また必要があれば、稈長測定株の平

均稈長から最長稈長の逆推定も可能である。

おわりに

5 斜線刈取法による収量調査法の大前提は、
①収量・収量構成要素は株ごとに成立する(松島1959) こと、②代表株とは所要標本数を決定

表-3 平均穂数, 平均節間長, 平均稈長の正規性の検定.

日本晴 (n=16, 1984)								
	平均	C. V. (%)	歪度 g_1	u_1	p_1	尖度 g_2	u_2	p_2
平均穂数	17.1	8.1	-0.126	-0.223		-0.993	-0.911	
N ₁	35.9	5.9	-0.173	-0.307		-1.178	-1.080	
N ₂	19.6	8.0	-0.102	-0.181		-0.298	-0.274	
N ₃	12.3	15.0	0.910	1.612		1.747	1.601	
N ₄	6.8	17.0	0.510	0.904		1.185	1.086	
N ₅	1.7	27.7	-0.117	-0.206		-0.912	-0.836	
N ₆	0.2	73.0	0.174	0.308		-1.218	-1.117	
N ₇	-	-	-	-		-	-	
平均稈長	76.4	5.6	0.072	0.127		1.626	1.491	
ヤマヒカリ (n=16, 1984)								
	平均	C. V. (%)	歪度 g_1	u_1	p_1	尖度 g_2	u_2	p_2
平均穂数	17.3	10.7	0.237	0.420		-1.215	-1.114	
N ₁	33.4	6.5	-1.247	-2.210		1.947	1.785	
N ₂	19.1	6.1	-1.467	-2.599	<0.01	3.404	3.121	<0.01
N ₃	13.0	9.9	0.171	0.302		-1.146	-1.051	
N ₄	8.1	11.5	0.231	0.409		-0.195	-0.179	
N ₅	3.4	26.3	0.991	1.756		0.844	0.774	
N ₆	0.6	79.3	0.899	1.594		-0.286	-0.262	
N ₇	0.0	273.3	2.509	4.447	<0.001	4.898	4.490	<0.001
平均稈長	77.5	4.0	0.033	0.058		0.105	0.097	
日本晴 (n=16, 1985)								
	平均	C. V. (%)	歪度 g_1	u_1	p_1	尖度 g_2	u_2	p_2
平均穂数	17.8	11.5	-0.040	-0.071		-0.660	-0.605	
N ₁	34.5	6.3	0.002	0.004		0.242	0.222	
N ₂	18.1	5.2	0.266	0.471		0.658	0.603	
N ₃	10.7	15.6	0.423	0.750		-0.914	-0.838	
N ₄	5.4	26.3	0.856	1.517		0.397	0.364	
N ₅	1.0	80.4	3.420	6.060	<0.001	12.611	11.562	<0.001
N ₆	0.1	157.8	1.932	3.423	<0.001	3.411	3.127	<0.01
N ₇	-	-	-	-		-	-	
平均稈長	69.8	4.4	-0.269	-0.477		-0.801	-0.734	
ヤマヒカリ (n=16, 1985)								
	平均	C. V. (%)	歪度 g_1	u_1	p_1	尖度 g_2	u_2	p_2
平均穂数	18.5	15.8	0.367	0.650		-1.182	-1.083	
N ₁	32.5	8.6	-0.549	-0.974		-0.554	-0.508	
N ₂	17.6	5.9	-0.066	-0.117		-0.886	-0.813	
N ₃	11.9	16.5	0.765	1.355		-0.269	-0.247	
N ₄	7.1	18.8	0.644	1.141		0.030	0.027	
N ₅	2.0	26.5	0.043	0.076		-1.095	-1.004	
N ₆	0.2	94.5	1.013	1.795		1.153	1.057	
N ₇	0.0	400.0	4.000	7.088	<0.001	16.000	14.668	<0.001
平均稈長	71.2	4.4	0.069	0.122		-0.33505	-0.307	

- 1) 歪度の標準偏差 0.564 (n=16, 共通), 尖度の標準偏差 1.091 (n=16, 共通).
- 2) C. V. は変動係数, u は検定統計量, p は母分布を正規とみなしえない有意確率で, 本解析では $p < 0.01$ を採用した.
- 3) N₁, N₂, N₃, ... は穂首節から下向きに第1節間, 第2節間, 第3節間, ... を示す.

後、穂数選抜、穂重選抜をされた試験区の収量・収量構成要素を代表する1株のことである(松島・角田1960)ことを再認識しておく必要がある。坪刈調査をした地点の周辺部の株の各要素の平均値を掛け合せて収量・収量構成要素を算出しているため、坪刈収量と収量・収量構成要素が一致しない例も多くみられるが、そのような背景があるためである。このことから、特に登熟形質が収量に影響を及ぼす水稻生育調節剤の効果の検討などの場面において本調査法は有効な方法であると考えられる。

水稻関係の調査法はいろいろあり、本調査法もそのうちの一つの域を出ないかも知れない。しかし、できる限り共通仕様のある調査法の確立は試験結果の議論の明確化や結論の到達時間の効率化を図ることができる。このような方向性の検討も試験施行者にとっては大切なことと思われ、寄稿した次第である。

引用文献

- 1) 伊田黎之輔2004. 斜線刈取りによる水稻収量簡易即決診断法の改善—特に比重1.06で選別された稚苗移植水稻の精糶の糶摺歩台について—, 日作紀 73:343 - 347.
- 2) 伊田黎之輔 2007. 水稻玄米粒厚分布の省力化調査法について. 日作紀 76:450 - 453.
- 3) 松葉捷也 2005. 作物の茎葉器官の量的形質比較法. 日作紀 73:376 - 378.
- 4) 松島省三・栴重忠保 1947. 水稻収量査定資料 [1]. 農及園 22:171-173.
- 5) 松島省三・岡部俊 1954. 作物の圃場の試験に於ける調査個體數決定早見表. 農及園 29:495 - 497.
- 6) 松島省三・角田公正・岡部俊 1957. 水稻の簡易即決坪刈法 [1]. 農及園 32:1309 - 1312.
- 7) 松島省 1959. 稲作の理論と技術, p302, 養賢堂, 東京.
- 8) 松島省三・角田公正 1960. 水稻収量簡易速決診断器の考案とその利用法. 農及園 35:1253 - 1258.
- 9) 農林水産省大臣官房統計部2006. 作物統計調査要領 38.
- 10) 山本由徳・濃野淳一 1988. 機械移植水稻と手植移植水稻の生育, 収量の株間変動の比較. 日本作物学会四国支部紀事 25:8 - 12.