

千葉県における早期栽培水稻の 安定栽培法と生育調節剤の利用

千葉県農業総合研究センター 渡部富男

はじめに

千葉県での早期栽培は、長野県の荻原豊次氏が1940年代前半に考案した保温折衷苗代技術を契機に、1953年から導入が始まった。6年後の1958年には水稻作付け面積の55%, 55,000haに拡大した。その後、間もなく普通期栽培から早期栽培へほとんどが移行しているため、早期栽培への転換は約10年という極めて短期間に達成されたことになる。このように新しい技術が急速に普及した例は、千葉県の稲作では現在の機械移植栽培以外にはない^{2,5)}。

地球温暖化の影響や産地間競争の激化もあって、水稻の移植時期は全国的に早期化傾向にある。それに伴って、品質低下などの問題も指摘される例がみられ、それらの地域での生産安定に幾ばくかの参考になることを願って、千葉県での早期栽培水稻の生産安定と品質向上への取り組みを紹介する。

1. 千葉県における早期栽培水稻の作期

早期栽培導入当初は、5月中・下旬移植、9月上・中旬収穫で、それまでの普通期栽培より作期が約1か月早まった。また、後ほど詳述するが、移植時期の前進は、生育量の確保など高い増収効果をもたらした。その結果、移植時期は年々早まり、現在では、4月中・下旬まで前進し、収穫が9月上旬で終了するような作期

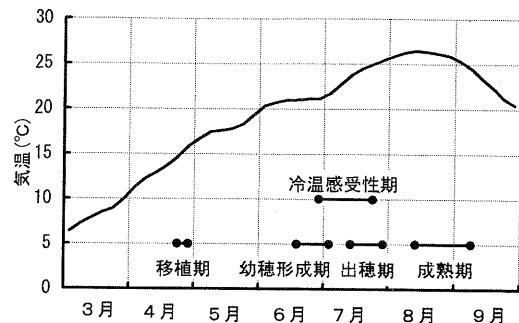


図-1 早期栽培水稻の生育ステージと日平均気温の推移

となっている^{5,6)} (図-1)。

このような作期の前進で千葉県の早期栽培の早生品種は、6月中旬～7月上旬が幼穂形成期、6月下旬～7月中旬が冷温感受性期に該当し、梅雨時の冷温で障害型冷害が発生するようになった^{3,15)}。

2. 早期栽培水稻導入のメリット

最大のメリットは収量・収益の増大であった。早期栽培が増加し始めた1954年から1958年までの5年間の県平均収量は、それまでの322kg/10aから385kg/10aとなり、約60kg/10aの向上になった。その後、早期栽培の普及拡大と多収の早生品種への転換に伴い、10年後の1964年には450kg/10aになって、早期栽培導入以前に比べて、130kg/10aの向上となった (図-2)。

当時は米不足時代で、1954年からの超早場米奨励金の制度導入と相俟って、収量増は農家経

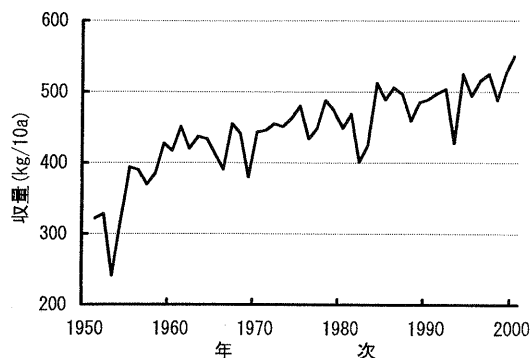


図-2 千葉県における10a当たり収量の推移

済に多大な恩恵をもたらした。これが短期間に技術導入された最大の要因である。

このような、増収をもたらした要因は、早植えによる生育量の確保、天水田での早害や台風や秋の長雨による風水害などの気象災害の回避、老朽化水田・湿田での秋落ちの回避、いもち病発生への減少、更には多収の早生品種導入などの相乗効果であった^{5,6)}。

3. 早期栽培水稻のデメリットと対応技術

最大のデメリットは早生品種での障害型冷害の発生であり、次いで、玄米千粒重及び品質の低下傾向があげられる。それらについて以下詳細を述べる。

(1) 障害型冷害

早生品種の冷温感受性期に該当する6月下旬

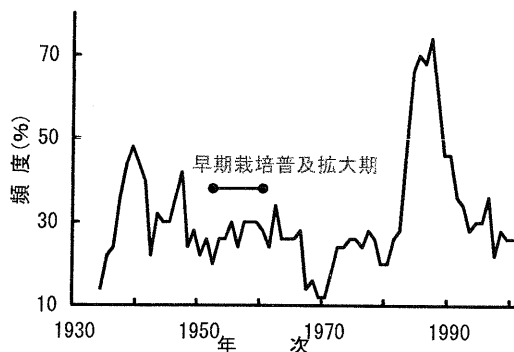


図-3 6月下旬の17℃以下の冷温出現頻度(5か年移動平均, 成東町)

の17℃以下の冷温出現頻度を5か年移動平均(図-3)でみると、早期栽培導入が進んだ1953年から1975年頃までは、気象的に非常に安定した時期で、早期栽培が短期間に普及した理由の一つでもある。ところが、1975年代後半に入ると気象は一転して変動が大きくなり、1976年、1980年、1982年、1983年、直近では1993年に早生品種を中心に障害型冷害が発生し、大きな被害を被っている^{3,15)}。

北海道、東北に深刻な冷害をもたらすのは、偏西風の蛇行等によって居座るオホーツク高気圧から吹き出す冷たい偏東風、いわゆるヤマセである。このヤマセの南端が時として千葉県にも到達し、障害型冷害の原因となっている。

千葉県の水稻早期栽培の宿命とも言える障害型冷害への対応は、温暖地であるが故に遅延型冷害の発生の心配が無く、しかも、穂いもちの発生する時期が梅雨明けに該当するため、いもち病大発生の懸念が少ないため、以下のような対応技術を採用している。

1) 耐冷性品種の導入

冷害対策は、耐冷性の強い品種の採用が基本である。千葉県では1976年以降に頻発した障害型冷害を契機に、耐冷性が極強と評価されている山形県育成の「はなの舞い」(採用年度1987年)、宮城県育成の「ひとめぼれ」(同1991年)、県単育成の「ふさおとめ」(同1997年)を奨励品種に採用し、耐冷性強のコシヒカリを加えると、ある程度の冷温には耐えうる品種構成になっている⁶⁾。

2) 植え付け早限の設定と生育診断による危険期の回避

冷害対策の実施に当たっては、冷害危険期の的確な把握が前提となる。そこで、県内のアメダス観測地点周辺に生育診断圃を設けて、各地

表-1 稚苗移植の品種・地域別播種・植え付け時期の早限

品種名	地 域			
	安房・東京湾岸南部		その他の地域	
	播種	植え付け	播種	植え付け
はなの舞い	3月20日	4月15日	3月25日	4月20日
ふさおとめ	"	"	"	"
ひとめぼれ	"	"	"	"
コシヒカリ	"	"	"	"
ツキミモチ	"	"	"	"
初 星	4月5日	4月25日	4月10日	5月1日
ヒメノモチ	"	"	"	"

域の農業改良普及員を中心に、定期的に生育調査を実施している。アメダスデータとその生育診断圃データから生育予測メッシュ図を作成し、冷害危険期を的確に把握している⁶⁾。

過去の冷害の実態調査から、6月25日～7月15日に冷温感受性期を迎えたイネに冷害の発生頻度が高い。そのため、この時期に冷温感受性期に達するような早植は避ける必要があるとの判断から、品種・地域毎に播種・植え付け時期の早限を定めている⁶⁾ (表-1)。

3) 基肥、穂肥の施用法

冷温襲来時の気象条件で、1982年は日照時間が平年に比べて30%も多い冷害年で、逆に1983年はそれが40%も少ない冷害年であった (表-2)。このように両極端な条件下で、基肥窒素施用量が障害不稔発生に及ぼす影響を調べた (図-4)。

その結果、基肥窒素施用量の増加に伴い、両

年とも不稔歩合が高くなる傾向がみられ、日照時間の多い冷害年で、その傾向が強いことが認められた。

基肥窒素施用量と精玄米収量との関係 (図-5) をみると、日照時間の多い冷害年では、基肥窒素施用量の増加に伴い、収量は一回帰直線で示されるような低

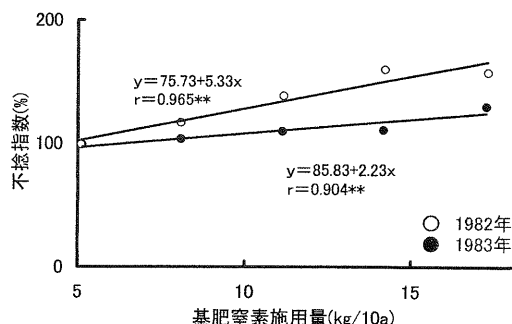


図-4 基肥窒素施用量と不稔指数の関係
不稔指数は基肥窒素施用量5kg/10aを100として求めた。

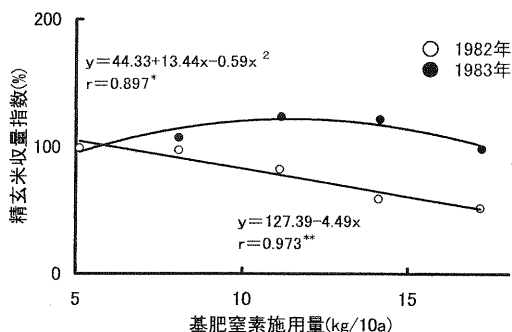


図-5 基肥窒素施用量と精玄米収量指数の関係
精玄米収量指数は基肥窒素施用量5kg/10aを100として求めた

表-2 冷温襲来時の気象条件

年度	幼穂形成期～出穂期 ¹⁾			冷温期間 ²⁾	
	積算日照時 (時間)	比率 (%)	冷却度 (℃・日)	日照時間 (時間/日)	冷却度 ³⁾ (℃・日)
平年値 ⁴⁾	108.9	100	0.0	...	...
1982	144.2	132	15.8	5.2	14.3
1983	88.9	81.6	22.9	3.1	16.4

注1) 幼穂形成期、出穂期：1982年は6月12日、7月6日、1983年は6月19日、7月13日。

2) 冷温期間：1982年は6月21日～7月3日、1983年は6月27日～7月1日と7月7日～13日。

3) 冷却度(Q) = $\sum (20 - T)$ 、T：日平均気温(℃)。

4) 1974～1983年の平均値。

下傾向を示した。これに対して、日照時間の少ない冷害年では、二次回帰曲線となり、基肥窒素施用量がある程度多い場合に、収量が高まることが認められた。このように、基肥窒素施用量と障害不稔の関係には、冷温襲来時の日照条件が大きく関与していることが明らかとなった。

この要因を明らかにするため、群落内の日射を検討した結果 (図-6)、

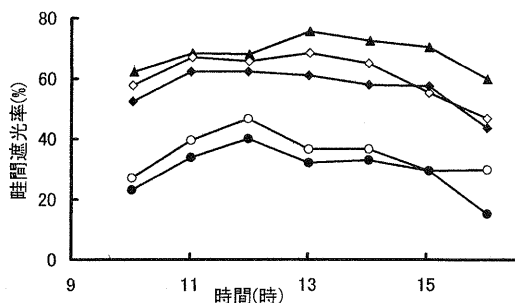


図-6 基肥窒素施用量と田面上15cmの畦間遮光率の関係
(1982年6月29日)

基肥窒素量 ●:5 ○:8 ◆:14 ▲:17kg/10a

田面上15cmの畦間遮光率は基肥窒素量が8kg/10aを境に、基肥窒素量が多くなると、受光態勢の悪化で遮光率が高くなった。これに伴い、幼穂が存在する近辺の温度上昇を妨げるだけでなく、水温、地温の上昇も妨げていることが確認され、障害不稔の増加が受光態勢の悪化によると判断された。

このような受光態勢と障害不稔の関係から穂肥施用について考えると、穂肥の施用時期は既に葉面積もほとんど確定した時期で、窒素成分量3kg/10aに同量の加里もしくはリン酸を加えて、冷温時でも出穂期前25~20日に施用することで、籾数が増加して収量が高まることを確かめた^{6,9,11,12,13,14}。

以上のことから、日照不足を伴う冷害が圧倒的に多い千葉県では、不稔歩合が多少増加することを懸念して施肥窒素量を減らすより、施肥基準どおり施用して、必要籾数を確保して、最終的な収量を高めるという現実的な施肥法を指導をしている。

4) 幼穂を覆う程度の深水灌漑

有効な応急対策である深水灌漑法で、水面上にある幼穂の保温効果を検討した結果、無風の場合を除いて期待できないことが明らかになった(データ省略)。したがって、深水灌漑を効果的に行うため

には、幼穂を覆う程度の水深とすることが必要である¹⁰⁾。

5) 生育調節剤の利用

① ヒドロキシソキサゾール液剤

障害不稔を軽減させるための生育調節剤利用の検討は、植物調節剤研究協会を通じて、1970年代後半に寒冷地を中心に精力的に検討された。その中で、軽減効果が認められた薬剤にヒドロキシソキサゾール液剤(商品名:タチガレン液剤)がある。

1978~1982年の5か年間、本剤の500倍液を出穂期前15日に、10a当たり100%処理を検討した結果、出穂期前10日より10~15℃、3~5日間の冷温処理した場合、不稔籾歩合と屑籾歩合が低下して、完全籾歩合が約10%向上して、6%の被害軽減が認められた¹⁵⁾(データ省略)。

② 倒伏軽減剤

深水灌漑での有効な湛水深は短稈品種のハヤヒカリでも20cm程度を必要とするため、深水灌漑を実施するには用水量の確保と畦畔の整備がネックとなっている。そのため冷温感受性期の幼穂の地上高をできるだけ低く抑える必要がある。そこで、倒伏軽減剤の処理を検討した。その結果、必要とする湛水深が最も低く抑えられたのはイナベンフィド粒剤(商品名:セリタード粒剤)で、無処理に対して6cm、パクロブトラゾール粒剤(商品名:スマレクト粒剤)は4cm、ウニコナゾール粒剤(商品名:ロミカ粒剤)は3cmであった(表-3)。ただし、出穂期に近い処理時期のパクロブトラゾール粒剤、ウニ

表-3 生育調節剤処理と深水灌漑法における必要な湛水深(cm)

試験区	冷温感受性期の穎花保温割合(%)					
	100	90	80	70	60	50
無処理	24.6	23.6	22.5	21.5	20.5	19.5
イナベンフィド	18.7	17.7	16.8	15.9	14.9	14.0
ウニコナゾール	21.6	20.7	19.7	18.8	17.8	16.9
パクロブトラゾール	20.2	19.2	18.2	17.3	16.3	15.3

コナゾール粒剤は玄米収量にマイナス作用がみられたため、実用的にはイナベンフィド粒剤の使用が望ましいと判断された。

(2) 玄米千粒重及び品質の低下傾向

早期栽培では、玄米千粒重が他の地域に比べて、同一品種で1~1.5g軽くなる傾向がみられる。その要因としては、幼穂形成期が日照時間の少ない梅雨の最中に当たり、低温寡照年には光合成産物の蓄積が少なく、また、籾殻のサイズが小さくなることが考えられる。更に、登熟期が高温多照に経過するので、登熟日数が33~40日と短いことも影響していると考えられる。

また、品種によって品質低下傾向が著しい場合があり、特に問題になっているのが「初星」である。「初星」は、良食味と玄米千粒重が大きく、早期栽培での玄米小粒化傾向に対応した品種としての期待が大きかった。しかし、気象条件によって未熟粒（主として乳白粒）が多くなり、品質が極端に低下する。その要因は、出穂期前の蓄積デンプン量に比べて籾数が多い場合に、出穂後の日照不足や極端な高温による登熟障害で発生することが明らかとなった⁴⁾。

玄米千粒重や品質の低下への対応として、次の2つの技術を開発・普及させている。

1) 大粒・高品質の品種育成と普及

耐冷性が強く、玄米千粒重が22g前後と大粒

で、しかも品質的にも安定した宮城県古川農業試験場育成の「ひとめぼれ」や千葉県農業総合研究センター育成の「ふさおとめ」の奨励品種採用は本県の早期栽培水稻の品質安定に著しく貢献した。

「ふさおとめ」は千葉県の早期栽培水稻が抱える二大問題点、早生品種の障害型冷害と小粒・品質低下の解決を目的に育成された品種である。

「ふさおとめ」は「東北143号」（後のひとめぼれ）を母、「越南146号」（後のハナエチゼン）を父として1990年に交配を行った。翌年、F1の葯培養を採用したことや、育種目標を明確にして選抜を行ったことで、水稻育種では異例のスピード、交配後僅か6年で品種登録申請にこぎつけた。

「ふさおとめ」は「はなの舞い」並の早生品種で、短稈・偏穂数型で、初期生育が確保し易く、耐冷性は「はなの舞い」や「ひとめぼれ」に匹敵する極強である。また、玄米千粒重は22~23gと「コシヒカリ」よりは1g~1.5g重い大粒で、高温下での登熟でも品質低下が少なく、食味も「はなの舞い」よりは明らかに向上しており、「コシヒカリ」並である^{16,17,18)}（表-4）。

2) 施肥及び水管理技術の開発と普及

千葉県の水田は標高差が小さく、土壌類型を

表-4 「ふさおとめ」の特性概要

施肥 条件	品種名	出穂期 (月・日)	成熟期 (月・日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	倒伏 程度	病害発生程度		精玄米重 (kg/10a) (同比率)	玄米 千粒重 (g)	玄米 外観 品質	食味	耐 冷 性
								穂い もち	紋枯 病					
少肥	ふさおとめ	7・23	8・25	77	18.4	453	2.3	0.8	1.5	582(102)	22.3	3.0	-	-
	はなの舞い	7・22	8・24	87	18.7	393	1.5	1.0	1.0	568(100)	20.8	4.0	-	-
	コシヒカリ	8・1	9・9	95	19.0	406	3.8	2.0	2.0	571(101)	21.1	4.5	-	-
多肥	ふさおとめ	8・23	9・25	79	18.0	501	2.8	0.8	2.5	591(99)	22.1	3.5	2.0	極強
	はなの舞い	7・22	8・25	91	18.1	417	1.8	0.3	2.0	594(100)	20.8	3.5	3.0	極強
	コシヒカリ	8・2	9・9	98	18.9	449	4.5	1.0	1.5	563(95)	20.7	4.0	2.0	強

播種期：4月11日、移植期：5月1日。平成6~7年の平均値。少肥：基肥窒素3kg/10a、多肥：基肥窒素6kg/10a。穂肥窒素はいずれも3kg/10a。病害発生程度、倒伏程度は0(無)~5(甚)で示した。

表－5 各地域における品種別目標収量及び目標穂数

品種	耐倒伏性	地域区分	目標収量 (kg/10a)	目標穂数 (本/m)
はなの舞い 初 星	強	I 利根東部 III北総東部 V九十九里	570～600	はなの舞い 450～480 初 星 480～580
		II利根西部 IV北総西部 VI内湾		
		VII房総南部	550～630	
		V九十九里	580～630	
ふさおとめ ひとめぼれ	中	I 利根東部 III北総東部 V九十九里	570～600	ふさおとめ 440～500 ひとめぼれ 410～440
		II利根西部 IV北総西部 VI内湾	550～580	
		VII房総南部		
		V九十九里	580～630	
コシヒカリ	弱	I 利根東部 III北総東部 V九十九里	530～580	コシヒカリ 400～450
		II利根西部 IV北総西部 VI内湾	520～560	
		VII房総南部		
		V九十九里	570～600	

表－6 コシヒカリの施肥基準（三要素） 抜粋(kg/10a)

乾湿別	土性	窒素				リン酸		加里	
		基肥	穂肥	実肥	合計	基肥	基肥	穂肥	合計
湿田	砂質	3	3～4	0～1	6～8	7～9	7	3	10
	壤質	2～3	3	0	5～6	8～11	7	3	10
	粘質・房総南部	1～2	2	0	3～4	6～8	6	3	9
	その他	2～3	3	0	5～6	6～8	6～7	2～3	8～10
半湿田	砂質	3	3～4	0～1	6～8	7～9	7～9	3	10～11
	壤質	2～3	3	0	5～6	7～9	7～9	3	10～11
	粘質	2～3	2～3	0	4～6	6～8	6～7	2～3	8～10

基本に5タイプに集約整理できる。また、稲作期間の積算日平均気温の地域差は、県の南北で約120℃で、生育ステージに1週間程度の違いはあるが、生育相

の地域差は非常に小さい特徴がある。この特徴を捉えて、最適窒素保有量に基づく施肥基準策定法を開発した⁸⁾。

その基本は一定の（品質の）収量を得るには品種によって生育時期別に一定の生育相があり、それに応じて最適窒素保有量が存在する。施肥窒素量は最適窒素保有量から地力窒素供給量を差し引いた値となる。この手法で1980年に千葉県の水稲施肥基準が策定され、現在も一部改訂して普及現場で利用されている。

施肥基準の前提として、品種・地域毎に、目

表－7 初星の穂肥施用適期の診断基準

群落葉色値×m ² 当たり茎数	穂肥の施用適期
2100以下	出穂前25日頃（主稈幼穂長：1～2mm）
2200～2800	出穂前20～18日（主稈幼穂長：5～10mm）
2800以上	出穂前10日頃（止め葉幼耳間長：±0cm）

標収量、目標穂数を設定し（表－5）、それに対応した基肥及び穂肥施用量を指導している（表－6）。

これに基づいて栽培を行うことで、過剰籾数を防ぎ¹⁾、倒伏が少なく、玄米千粒重が大きく、品質の安定した米生産が可能となっている。

「初星」の品質低下対策として、m²当たり籾数を適正に保つため、穂肥施用適期の生育診断基準を策定・指導している（表－7）。また、コシヒカリについても倒伏防止を主体に同様の対応をしている^{4,6)}。

玄米千粒重、品質に与えるもう一つの大きな要因として、登熟期間の水管理がある。千葉県の場合、湿田・半湿田が多く、現場では収穫作業に備えて、早期落水の傾向があった。現在は、出穂後25日間は必ず間断灌漑を実施し、粒の肥大を促すように指導している。

3) 病害虫の適正防除

「初星」、「ふさおとめ」で発生の多い紋枯病や激発の危険は低いとはいえ、依然として主要病害であるいもち病などの病害や、斑点米に主要因となっているカメムシ類などの病害虫は防除基準に基づいて適正防除の励行を強く指導している。

4) 生育調節剤の利用

イナベンフィド粒剤処理と障害型冷害との関係を検討した中で、本剤処理は根の活力の向上、上位3葉の葉身長短縮による群落内受光量の増大が認められた。そのことによって、障害不稔が3～5%軽減されるとともに、玄米粒厚の厚い粒が多くなって、玄米千粒重が重くなった¹⁵⁾ (データ省略)。

なお、消費者から農薬削減を強く求められている現状では、玄米の大粒化を目的した使用は不向きであるが、充実の良い優良種子の生産場面での使用を奨励している。

4. 近年の収量・品質の安定

最近の平均反収及び検査等級比率の推移(図7～8)によると、平均反収は冷害年であった1993年を除くと、ほぼ500kg水準で安定している。また、玄米の一等米比率は、80%以下を記録したのは、1988, 1991, 1994年で、原因は高温、低温寡照、倒伏による品質低下であった。

異常高温等で全国的に品質低下が問題となった1999年は、千葉県では平均反収は過去最高で、

一等米比率も83%とほぼ平年並みを維持できた数少ない例である⁷⁾。

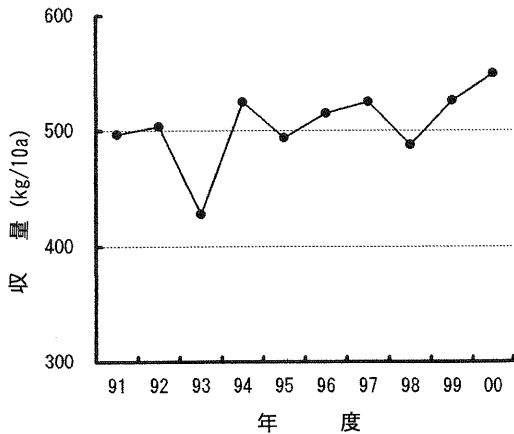


図-7 10a当り収量の推移

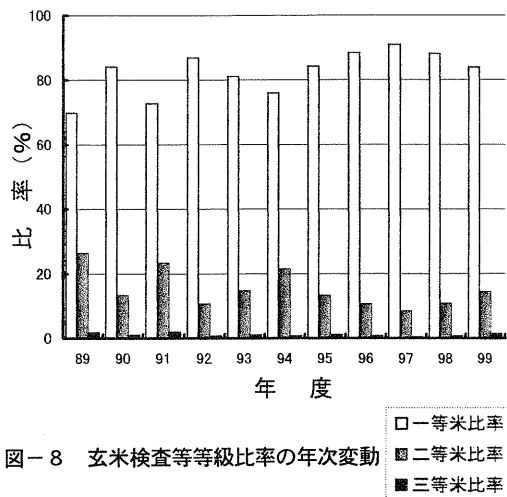


図-8 玄米検査等級比率の年次変動

おわりに

近年の温暖化現象で、千葉県での障害型冷害発生の危険は失せたような感がある。ところが、米過剰による産地間競争の激化で、今まで以上に早い出荷が望まれるようになってきている。それに応じて、一部地域では植え付け早限を超える4月上旬移植も散見されるようになってきて、障害型冷害への警戒を緩めることは出来ない。

また、関東以北の地域では移植時期の前進や温暖化の影響もあって、登熟期間の高温による

品質低下や思わぬ減収に直面する例も見られるようになってきた。千葉県における早期栽培での良質米安定生産への取り組みは、これら地域でも参考になる部分があるのではないかと、ここに紹介した次第である。

なお、本文中でもふれたが、減農薬・減化学肥料あるいは有機栽培などへの期待が大きい現状で、米の高品質・安定栽培に寄与できる生育調節剤の処理を声高にいえる状況にはない。しかし、いつ何時天候不順におそわれ、米の不安定生産を強いられる事態になるかも知れない。研究者は常に色々な状況に対処できる技術開発を怠ってはならない。生育調節剤にはまだまだ未知の力を秘めたものがあるかも知れない。今後の探索に期待したい。

参考文献

- 1) 川口祐男他(1995): 北陸作物学会報30: 53~54.
- 2) 林政衛(1961): 稲の早期栽培と早植栽培. 養賢堂, 東京. 18~71.
- 3) 武市義雄他(1978): 千葉農試研報 19: 169~179.
- 4) 千葉県(1984): 成果普及情報: 稲・栽培部門.
- 5) 千葉県(1986): 千葉県稲作誌, 226~236.
- 6) 千葉県(1996): 稲作標準技術体系. 1~327.
- 7) 寺島一男(2001): 日作紀 70: 449~458.
- 8) 深山政治(1988): 千葉農試特別研報 25: 1~92.
- 9) 渡部富男他(1979): 千葉農試研報 20: 133~137.
- 10) 渡部富男他(1980): 千葉農試研報 21: 85~91.
- 11) 渡部富男他(1981): 千葉農試研報 22: 71~77.
- 12) 渡部富男他(1991): 日作紀 60: 225~233.
- 13) 渡部富男他(1991): 日作紀 60: 355~364.
- 14) 渡部富男他(1993): 日作紀 62: 53~59.
- 15) 渡部富男(1994): 千葉農試特別研報 25: 1~90.
- 16) 渡部富男他(1996): 育雑 46 (別2): 300.
- 17) 渡部富男他(1998): 千葉農試研報 33: 15~25.
- 18) 渡部富男他(2000): 日作紀 69: 500~509.

日本帰化植物写真図鑑

清水矩宏・森田弘彦・廣田伸七／編著 B6判 548頁 本体価格4,300円

●帰化植物630余種を1,700余点のカラー写真で紹介。飼料作物畑の雑草害と対策も解説

全国農村教育協会
http://www.zennokyo.co.jp

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6
TEL03-3833-1821 FAX03-3833-1665