

水稻「ハツシモ」の品質改善に関する研究

The study of improving grain quality in paddy rice "Hatsushimo"

吉田一昭・野口裕史・山本好文・荒井輝博・澤野定憲

Kazuaki YOSHIDA, Yuji NOGUCHI, Yoshihumi YAMAMOTO, Teruhiro ARAI, Sadanori SAWANO

要約：岐阜県平坦地の主要水稻品種「ハツシモ」の玄米品質が、「充実度不足」を理由に、低迷し続けることから、栽培管理技術（作期、栽植密度、施肥法、水管理等）による品質改善について検討した。気象条件（日照時間の不足）が品質低下との相関が高く、寡照条件下における栽培管理技術による品質改善効果は小さく、十分な解決策とはならなかった。

キーワード：ハツシモ、玄米品質、栽培管理技術、気象条件

緒言

ハツシモは岐阜県のオンリー・ワン品種である。しかし、近年の玄米品質は低く、その品質指標となる「1等米比率」は、昭和の後半では低くとも二桁台であったものが、平成に入ってから、平成4年の81%を除き、一桁台で推移している。その品質低下を引き起こす主要因は、平成10年の穂発芽を除き、「充実度不足」である。この「充実度不足」は、「1粒で見ると未熟粒とまでは断言できないものの、全体で見ると粒の厚みが感じられず、品位的に劣り、1等としては見ることができない。」とされる症状である。ハツシモの品質低下（低位の1等米比率）が継続していることから、平成12年度に「ハツシモ充実度不足対策検討会」が県内水稻関係者により設置され、翌年作の現地主産地において実行可能な改善技術についての実証圃場設置が開始された。当センターも13年度から試験課題を立ち上げ、今日までに多くの項目について試験を実施し、成績の蓄積ができてきた。現地における様々な実証結果は「ぎふ米向上評価推進事業」に集約されることから、試験研究における取り組み結果の集約として、これまでに実施した「ハツシモ

品質改善試験」結果をここにまとめる。

材料及び方法

供試品種は「ハツシモ」。試験圃場は所内水田（土質：灰色低地土）とし、現地では2年3作ブロックローテーションが主流になっているが、水稻の前作に大豆を設置すると地力のばらつきが発生して考察を困難にするため、前作水稻圃場を供した。稚苗機械移植を原則とし、縮葉枯病対策として移植直前の箱施薬防除を行い、本田においても基幹防除を実施した。

試験開始した平成13年から平成17年までのハツシモの品質向上に関する試験検討項目一覧を表1に示す。

1 作期が品質に及ぼす効果

平成13年度と15年度は早植と普通期植を、平成14年度はそれらに早期を加えた3作期を検討した（表2）。

2 栽植密度が品質に及ぼす効果

平成13年度は株間20cmと24cmを、15年度は16cmと24cmを検討した。

表1 試験条件一覧

試験年度	試験項目				
	作期	栽植密度	施肥法	水管理	その他
H13	早植、普通期	株間 20, 24cm	分施	(慣行)	着粒位置
14	早期、早植、普通期	株間 16cm	穂肥分施	(慣行)	ソース&シンク
15	早植、普通期	株間 16, 24cm	緩効性穂肥、全量元肥	早期落水	登熟向上剤
16	早植	株間 18cm	分施、緩効性穂肥	(慣行)	—
17	普通期	株間 22cm	(慣行)	深水管理	—

現地実証に対して疎植を推進しているものの、当センターに配備する田植機の株間調整限界は現地主流と同じ24cmが最大であることから株間30cmの検討はしていない。

表2 移植期

年度	早期	早植	普通期
H13	—	5月10日	6月11日
14	4月10日	5月10日	6月10日
15	—	5月6日	6月9日

表3 施肥設計

No	試年度	元肥	中間肥	穂肥①	穂肥②	実肥	総窒素量	施肥法	
1	H13	3	0	3	0	0	6		
2		3	0	2	0	2	7		
3		3	0	2	2	0	7		
4		4	0	2	0	0	6		
5		0	0	0	0	0	0		
6	14	3.5	0	3.5	0	0	7	硫安+PK化成	
7		5	0	2	0	0	7	硫安+PK化成	
8		2	0	5	0	0	7	硫安+PK化成	
9	15	2.8	0	3	0	0	5.8	アラジン化成-NK化成	
10		2.8	0	3(緩)	0	0	5.8	アラジン-セラコート	
11		2.8	0	3(緩)	0	0	5.8	アラジン-エムコート	
12		2.8	0	3	0	0	5.8	アラジン-シリカゲル肥料	
13		4	0	0	0	0	4	LPSS100	
14		6	0	0	0	0	6	LPSS100	
15		2.8	2	3	0	0	7.8	普のみ：アラジン-アラジン-NK	
16		2.8	2	3(緩)	0	0	7.8	普：アラジン-アラジン-セラコート	
17		2.8	2	3(緩)	0	0	7.8	普：アラジン-アラジン-エムコート	
18		2.8	2	3	0	0	7.8	普：アラジン-アラジン-シリカゲル肥料	
19		4	2	0	0	0	6	普：LPSS100-アラジン	
20		6	2	0	0	0	8	普：LPSS100-アラジン	
21		16	2	0	3	0	0	5	IB化成050-IB化成4号
22			3	0	3	0	0	6	IB050-IB4
23			4	0	3	0	0	7	IB050-IB4
24			2	0	1.5	1.5	0	5	IB050-NK化成2号-NK2
25			3	0	1.5	1.5	0	6	IB050-NK2-NK2
26	4		0	1.5	1.5	0	7	IB050-NK2-NK2	
27	2		0	2	2	0	6	IB050-NK2-NK2	
28	3		0	2	2	0	7	IB050-NK2-NK2	
29	4		0	2	2	0	8	IB050-NK2-NK2	
30	2		0	2	1	0	5	IB050-NK2-NK2	
31	3		0	2	1	0	6	IB050-NK2-NK2	
32	4		0	2	1	0	7	IB050-NK2-NK2	
33	2		0	3(緩)	0	0	5	IB050-セラコート	
34	3		0	3(緩)	0	0	6	IB050-セラコート	
35	4		0	3(緩)	0	0	7	IB050-セラコート	
36	2		0	3(緩)	0	0	5	IB050-エムコート	
37	3		0	3(緩)	0	0	6	IB050-エムコート	
38	4		0	3(緩)	0	0	7	IB050-エムコート	
39	2		0	3	0	0	5	IB050-シリカゲル肥料	
40	3		0	3	0	0	6	IB050-シリカゲル肥料	
41	4		0	3	0	0	7	IB050-シリカゲル肥料	
42	2		0	0	0	0	2	IB050	
43	3		0	0	0	0	3	IB050	
44	4		0	0	0	0	4	IB050	

数値の単位は施肥窒素のkg/10a

3 施肥法が品質に及ぼす効果

施肥区について表3に一覧を示す。平成13年度は所内慣行の1回施用としている穂肥を2回（1回目の10日後、又は出穂後＝実肥）に分ける、或いは元肥に重点を置く施肥効果を検討した。平成14年度は総窒素施用量を7kg/10aに固定し、元肥と穂肥（1回施用）の配分を等量、元肥重点（元肥窒素5kg/10a）、あるいは穂肥重点（元肥窒素2kg/10a）とし、それらの施肥効果を検討した。平成15年度は、これまで利用していた速効化成主体の穂肥に加え、「ハツシモ対策会議」で対応策として挙げられた緩効性穂肥（溶出期間が短い各種被覆窒素肥料）を供試した。また、従来の肥効パターンと異なる、元肥窒素の初期肥効（溶出量）を抑えた「への字稲作」となるシグモイド型被覆窒素肥料を全量元肥として施用する体系を検討した。平成16年度は、緩効性穂肥及び各種基肥窒素レベルに対する速効化成穂肥の分施肥配分を変えた施肥体系について検討した。

4 水管理が品質に及ぼす効果

平成15年度は早期落水による品質劣化を検討した。平成17年度は、単位面積当たりの籾数を制限することで登熟向上促進を目的に、深水管理を検討した。“深水管理”は、活着後の初期生育期間は慣行の水管理を行い、穂数以上の茎数が確保された以降、早期中干及び中干を省略し、出穂期直前まで逆に15cm程度の深水で管理し、後発分けつを水没させる処理を行った。処理時期は、これまで集積した作況データを回帰分析（回帰曲線の決定係数 $R^2=0.488$ ）し、移植後30日の茎数を調べ決定した。

5 その他

平成13年度は穂の強勢程度と着粒位置について調査した。平成14年度は、高温条件下の登熟であったことから、でんぷんの合成と貯蔵のアンバランスを、ソースの制限として、地下部での断根、地上部での止葉1/2の

除去を、シンクの変動として穂の除去を行い、その影響を調査した。平成15年度は、早期落水して登熟不良を起こさせ、さらに穂肥を省略して「秋落ち」現象を増長させる処理を加え、そこへ登熟向上効果があるとされるイソプロチオラン粒剤（商品名：フジワン粒剤）を散布し、その改善効果を検討した。

6 充実不足粒の評価

平成13年度は、粒厚別に充実度不足に関与する粒の発生率を調査した。15年度は13年度と同様の調査を行い、充実度判定と比較した。平成17年度は、九州沖縄農研の調査方法を参考に、横断面の縦溝発生位置の凹凸程度の評価を行った。縦溝方向と垂直面に粒中央部の断面輪郭を、縦溝位置となる4箇所について、品質判定機から得られた整粒分画より任意に抽出した15粒について、スムーズに膨らむ場合を1とし、窪んで溝が見られる場合を0として評価した。

7 1等米比率と気象条件との関係

農政事務所発表データである検査等級（1等米比率）データ、早植比率、気象統計情報を、早植及び普通期作況データは、当センターで実施している作況調査結果を用い、1等米比率と気象条件との関係を検討した。

結 果

1 作期が品質に及ぼす効果

平成13年度の充実度は早植と普通期どちらの作期においても中程度で、両者の間に差が見られなかった（表4）。ただし、検査等級は普通期植が早植を上回った。平成14年度は普通期と早期の外観品質が早植よりも僅かに良好であり、充実不足粒歩合も、差は僅かであった。ただし、その数値は早期>早植>普通期の順に多かった。平成15年度は普通期の等級と充実度が早植を上回った。

表4 移植期と充実度不足粒発生及び品質等との関係

年 度	移 植 期	収 量 kg/a	千 粒 重 g	検査等級 1-外	充 実 度 ○：1-×：3	充実不足粒率 %
H13	5月10日	61.5	25	2上	△	
	6月11日	58	27.5	1下	△	
14	4月10日	54.5	24.4	(3.3)*		3
	5月10日	53.5	25.9	(3.8)*		1.7
	6月10日	49.1	26.4	(3.3)*		1.5
15	5月 6日	35	26.6	2	2.4	
	6月 9日	42	26.4	1.8	1.4	

*：外観品質の達観評価、H15の検査等級は複数サンプルの平均値（外を4とした）

2 栽植密度が品質に及ぼす効果

平成13年度の試験では、異なる栽植密度の間に等級と充実度の差は見られなかった（表5）。平成15年度は早植にのみ株間調整を行ったが、早植の整粒率が全体的に低く、検査等級も全て2等であった。すなわち、株間を広げると僅かな品質の向上は認められたが、作期間差に見られるだけの品質向上効果は得られなかった。

3 施肥法が品質に及ぼす効果

平成13年度は、無窒素栽培による充実度不足の発生が多くなったものの、穂肥を1回にしても、2回に分けても、しかもその施用間隔を調整しても等級及び充実度判定に差は見られなかった。また、1回穂肥区に対してそれを2回に分けての施用や元肥を重点的に施用することが収量性を低下させた。平成14年度は穂肥重点区で千粒重が僅かに増加したものの、外観品質は同程度であり、充実度不足粒の発生量に大きな違いが見られなかった。平成15年度は、緩効性穂肥の効果が早植と普通期で異なった。すなわち、普通期では整粒率、検査等級及び充実度に向上効果が（僅かではあるが）得られたことに対し、早植では検査等級及び充実度が同程度かむしろ低下した。全量元肥は千粒重が小さくなり、品質及び充実度は低下した。中間追肥を施用して単位面積当たりの籾数を過剰にさせると、品質は総じて低下したが、充実度は判然としなかった。平成16年度は、緩効性穂肥と分施穂肥を検討したが、品質が総じて低いため、穀粒判定機の整粒率も全体的に低く、施肥区間に大差はなく、品質向上効果は確認されなかった。

4 水管理が品質に及ぼす効果

平成15年度は普通期慣行施肥条件において早期落水処理を行ったが、普通期が良好な充実であったことに加

え、落水処理後に天水による水分補給もあったことから、極端な品質低下は再現されなかった（表7）。すなわち、収量は減収し、千粒重、登熟歩合、等級は僅かに劣ったものの、充実度には差が見られなかった。平成17年度の深水管理は、最高分げつ数を抑制し、整粒率及び検査等級を僅かに良好にした。また、慣行の水管理状態でも深水管理と同じ茎数となるように手作業による茎数制限を行った。茎数制限は、1回だけでは不十分で、最高分げつ期には慣行区並みの茎数に増加しており、2回目の制限処理（穂数と同数まで弱小茎を抜き取る）をする必要が生じた。しかしながら、慣行区の茎数は例年より早く凋落し始め（8月）、2回制限区は逆に抑制が厳しく、茎数が少ないまま穂数に達した（図1）。そのため、慣行区及び制限処理区では厚粒の比率は高く、検査等級も全て1等であった。また、胴割粒率は厚粒ほど高くなっており、完全した粒ほど早く割れる傾向が見えた（図2、図3）。

5 登熟向上（抑制）処理

平成13年度の調査において、穂（枝梗）の強弱や着粒位置による品質の明らかな差異は見られなかった（表8）。平成14年度について、ソースとシンクを変動させて充実度に変化をもたせたものの、充実度不足粒の発生量に差が生じなかった。しかし、一部には千粒重まで変動させたため、処理方法自体に検討が残った（表9）。平成15年度では早期落水処理した水稻にイソプロチオラン粒剤処理の有無の効果を検討した。早期落水により千粒重、検査等級、登熟歩合が低下し、登熟向上剤イソプロチオラン処理によりそれらの項目と充実度は改善したが、収量と穀粒判定機の整粒率はむしろ低下した（表10）。一方、穂肥を省略し、早期落水を加える“秋落ち現象”を引き起こした場合、収量と登熟歩合は低下した

表5 疎植と収量品質との関係

年度	移植期	処 理	株 間 cm	収 量 kg/a	千粒重 g	整粒率 %	検査等級 1-外	充実度 ○:1-×:3	充実不足粒 率 %
H 13	6月4日		16	54.2	27.1	-	1下	○△	15
	6月4日	疎植	24	44.4	26.5	-	1下	○△	17
	6月4日	疎植	20	54.6	26.4	-	1下	○△	17
15	5月6日		16.3	35	26.6	39.6	2.3	2.6	-
	5月6日	疎植	21.3	45.1	26.8	44.7	2	2.4	-
	6月9日	疎植	20.8	42	26.4	71.2	1.8	1.4	-

施肥体系は慣行の分施体系（基肥-1回穂肥）

整粒率はS社穀粒判定機使用

15年度の検査等級及び充実度は複数サンプルの平均値のため小数値表記となる

が、千粒重・整粒率・検査等級が逆が向上したために、
 充実度は低下せず、イソプロチオラン処理をしても収量は向上したが、品質は低下し、その効果は判然としなかつた。

表6 施肥試験の結果

年度	No	収量 kg/a	千粒重 g	整粒率 %	検査等級 I-外	充実度 ○:1-×:3	充実不足粒率 %
H13	1	54.2	27.1		1下	○~△	15
	2	50.2	26.5		1下	○~△	11
	3	49.3	27.2		1下	○~△	16
	4	48.7	26.5		1下	○~△	19
	5	40.1	25.2		2上	△	24
14	6	57.8	25.7	(外観品質 3.0)		0.9	
	7	52.3	25.5	(2.7)		1.2	
	8	55.1	25.9	(2.9)		1.7	
15	9	42.0	26.4	71.2	1.8	1.4	(2.0/2.4)*
	10	48.0	26.2	74.3	1.4	1.8	(2.0/2.4)*
	11	51.4	26.4	74.9	1	1.4	(2.1/2.0)*
	12	54.1	26.0	76.3	1.6	1.6	(2.6/2.4)*
	13	45.0	23.8	67.7	2.2	2.2	(2.8/2.6)*
	14	51.5	23.9	65.8	2.7	2	(2.7/2.0)*
	15	56.3	25.8	77.2	2.2	1.8	
	16	54.1	25.9	78.4	1.6	1.6	
	17	52.1	25.9	73.9	2	2	
	18	51.2	26.5	76.9	2	2	
	19	55.6	24.2	68.2	1.8	1.8	
16	20	51.2	24.4	73.5	2.2	2.6	
	21	50.3	26.6	54.2			
	22	44.4	26.9	48.3			
	23	44.9	26.8	51.3			
	24	54.0	27.1	60.8			
	25	48.3	27.1	57.6			
	26	51.6	26.5	52.1			
	27	39.9	27.0	59.7			
	28	41.6	27.2	48.8			
	29	48.2	26.6	56.6			
	30	43.3	27.0	59.5			
	31	40.8	26.8	52.4			
	32	42.2	25.7	55.7			
	33	49.4	26.9	57.1			
	34	39.5	26.5	53.8			
	35	43.5	25.4	53.8			
	36	41.1	26.6	57.6			
	37	32.4	26.1	52.9			
	38	49.4	26.1	52.6			
	39	41.9	27.3	56.4			
	40	40.4	26.2	55.1			
	41	46.9	25.9	54.7			
	42	41.8	26.2	60.5			
	43	30.4	26.4	54.4			
	44	37.9	26.3	54.8			

*: 早植の(検査等級/充実度)を示す。
 整粒率はS社穀粒判定機使用

表7 水管理による品質との関係

年度	水管理	収量 kg/a	千粒重 g	整粒率 %	検査等級 1-外	充実度 ○:1-×:3	登熟歩合 %
H15	慣行	59	26.1	73.1	2	2	84.9
	早期落水	53.1	26	75	2.1	2	81.3
17	慣行	34.2	27.4	83.7	1下		
	深水	39.2	26.3	85.5	1		
	制限(2回)	40.8	27.7	86.2	1		

平成15年度の施肥は元肥-穂肥1回施用 (IB050 : N3-IB4 : N3)
 整粒率は、H15はS社穀粒判定機を、H17はN社品質判定機を使用

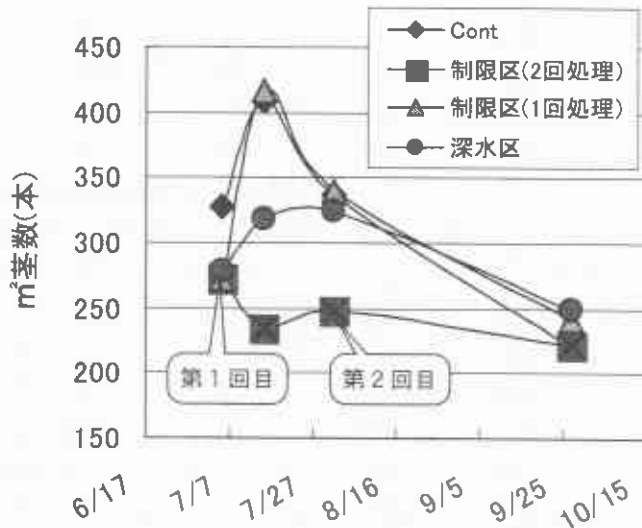


図1 平成17年の茎数の推移

制限区とは茎の手動除去で深水区と同数に調整したもの。

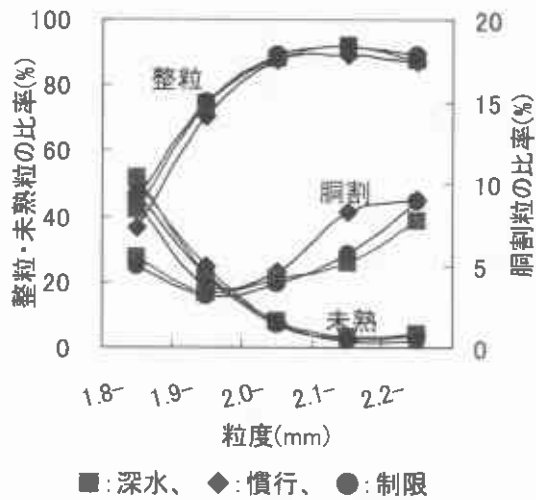


図2 粒度別品質

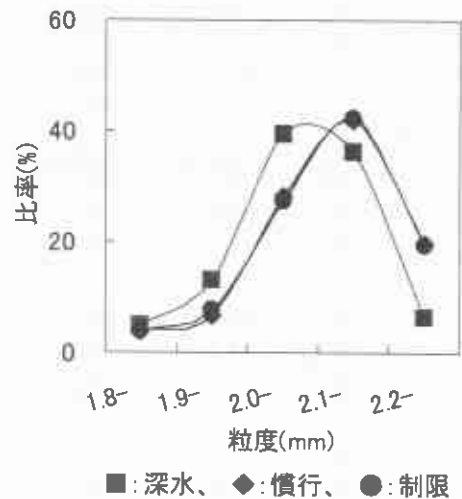


図3 粒度比率

表8 着粒位置・穂の強弱別充実度不足粒発生頻度
(%, H13)

充実度 不足粒	部 位	強勢穂	弱勢穂	合 計
多発生	一次枝梗	14.8	17.8	16
	二次枝梗	25.2	37.5	27.4
	合 計	19	21.4	19.8
少発生	一次枝梗	8	5.2	6.8
	二次枝梗	6.2	3.8	5.6
	合 計	7.2	4.9	6.3

表9 ソースとシンクの変動効果 (H14)

処理法	処理時期 (月. 日)	千粒重 (g)	充実不足粒率 (%)
断根	9.03	25.7	2.5
	9.10	25.6	3.1
	9.18	25.7	3.9
止葉除去	9.03	25.1	3.6
	9.10	25.6	2.3
	9.18	25.6	5.2
穂1/2切除	9.03	24.3	4.6
	9.10	24.5	3.8
	9.18	25.2	4.2

穂切除は、穂全長の1/2を切除

断根位置は、株周囲15×7.5cm

移植期：5月31日

表10 早期落水と登熟向上剤施用または秋落ちによる品質変化 (H15)

水管理	フジワン 処 理	収 量 kg/a	千粒重 g	整粒率 %	等 級 1-外	充実度 %	登熟歩合 kg/a
慣行	×	59.0	26.1	73.1	2	2	84.9
早期落水	×	53.1	26.0	75.0	2.1	2	81.3
	処理	48.0	26.1	68.6	1.8	1.8	84.0
秋落ち-慣行	×	50.2	24.7	68.0	2.6	2.2	92.0
秋落ち-早期落水	×	47.4	24.9	73.0	1.8	2.2	91.0
	処理	50.7	24.9	60.0	2	2.6	91.0

施肥は元肥-穂肥1回施用 (IB050 : N3-IB4 : N3)、秋落ちは穂肥を省略

整粒率はS社穀粒判定機を使用

6 非整粒の発現程度

平成13年は、充実度不足粒は粒厚が薄い分画での発生が多く、粒厚分画が厚くなるに従いその発生割合が減じ、2.2mm分画以上では発生が無かった(図4)。平成15年は、13年の充実度不足粒判定方法に従い、縦溝が強く現れる扁平粒の発生率を調査した結果、13年と同様に薄粒分画に多く発生し、粒厚が厚くなるに従いその発生量は少なくなった(図5)。充実度と検査等級が上位の普通期の充実度不足粒発生率は、早植よりもやや低かった。一方、粒厚分布を見ると、厚粒は早植の方が普通期よりも多く、扁平粒の総量も早植は3.1kg/10a(収穫玄米の6.68%)と、普通期の3.4kg/10a(同6.72%)よりも僅かに少なかった(図6)。平成17年度は粒中央部の横断面輪郭について、縦溝形成位置4箇所(図7)の凹凸を16年産1等及び2等サンプルを含めて評価した結果、16年度1等サンプル及び17年度1等サンプルはくぼみ(溝の強調)が少なく、高いスコア値を示した。一方、2等サンプルは低いスコア値となった。このスコアは品質

判定機の整粒率と同じ傾向であった(表11)。

7 玄米品質(1等米比率)と環境条件の関係

品質低下は登熟期間の気象条件が不良であることから、品質と環境条件との関係を改めて解析した。

(1) ハツシモの品質低下

「ハツシモ」の1等米比率をグラフ化して見ると、全体的に右下がり傾向となっている(図8)。平成8年以降、平成13年の65%を除き、全く30%を越えられずにいる。平成10年は台風被害により穂発芽が発生して0%となったが、それ以外の等級落ち理由は「充実度不足」が挙げられていた。

(2) 作期と品質低下の関係

早植は、登熟期間の日照時間(日射量)が豊富で、登熟期間に襲来する台風回避し易い、安定多収化技術として確立・普及された。近年は、地球温暖化による登熟期

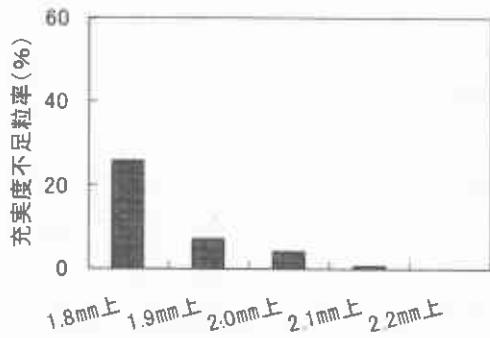


図4 分画別の充実度不足粒の発生 (H13)

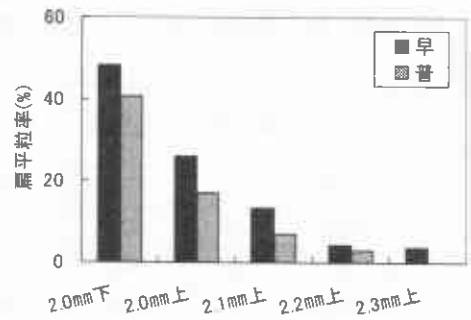


図5 分画別の扁平粒の発生 (H15)

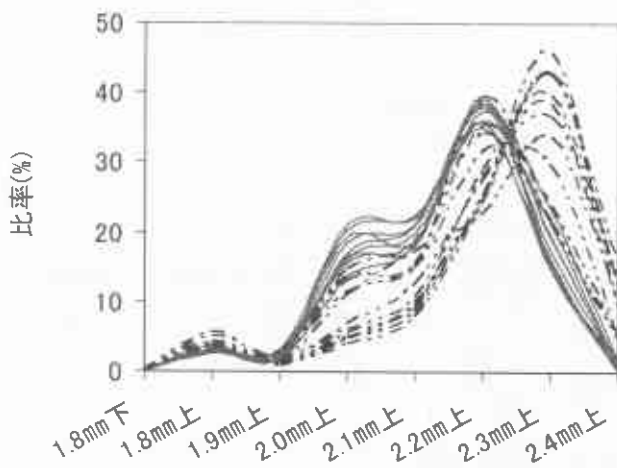


図6 早植(点線)と普通期(実線)の粒度構成 (H15)

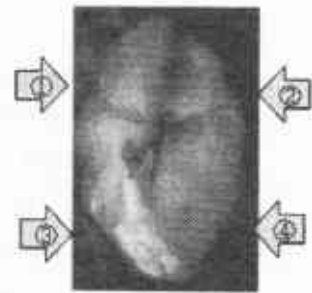


図7 調査部位

表11 玄米部位のスコア (H17)

年産	調査部位				整粒率
	①	②	③	④	
16年産1等	8	7	11	7	88.9
16年産2等1	1	3	8	4	76.0
16年産2等2	2	1	5	0	77.6
16年産種子	9	3	7	4	84.7
14年産種子	7	2	12	6	73.5
17年産慣行	13	11	15	9	83.7
17年産深水	13	8	14	10	85.5

15点満点。整粒率はN社品質判定機を使用。

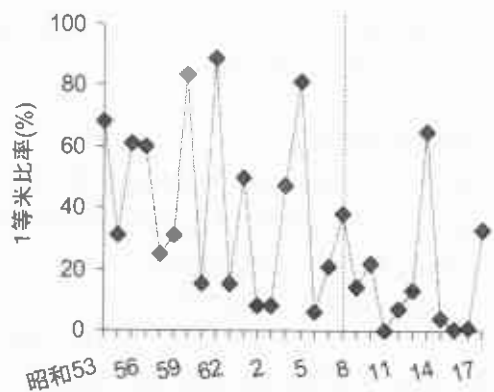


図8 1等米比率の推移(昭53-平成17)

間の異常高温が影響して、品質低下が問題となり、その対策としての晩植化が全国的に推進されている。県下の「ハツシモ」の早植比率と1等米比率の関係を、充実度不足が等級低下原因として指摘を受け始めた平成8年から示した(図9)。県下「ハツシモ」の早植比率も低下しており、1等米比率も平行して低下しているように見えるが、13年(及び早植比率は示していないが減少が継続していた17年)は高く、早植比率と品質低下は

連動していない。作期と台風の回避しやすさについては、地上部に重心が移動する登熟期間の台風上陸数で示した(表12)。ただし、日本における上陸数であり、岐阜県における正確な数ではない。早植の登熟期間を8月下旬から9月末まで、普通期を9月初旬から10月中旬までとし、各月の上陸台風の数と照らし合わせてみると、早植の推進を考慮していた昭和時代の方が8月の台風は多く、近年はより早い時期から遅くまでの広範囲に台

表12 台風の上陸数

調査年	6月	7月	8月	9月	10月	11月	計
平成13-17	2	4	6	4	3	0	19
(%)	10.5	21.1	31.6	21.1	15.8	0.0	
平成8-12	2	2	1	6	1	0	12
(%)	16.7	16.7	8.3	50.0	8.3	0.0	
平成3-7	0	4	6	6	0	0	16
(%)	0.0	25.0	37.5	37.5	0.0	0.0	
昭和61-平成2	1	1	6	3	2	1	14
(%)	7.1	7.1	42.9	21.4	14.3	7.1	
昭和61-平成17	5	11	19	19	6	1	61
(%)	8.2	18.0	31.1	31.1	9.8	1.6	
昭和41-昭和60	2	9	23	16	2	0	52
(%)	3.8	17.3	44.2	30.8	3.8	0.0	

平成17年12月1日時点の値。

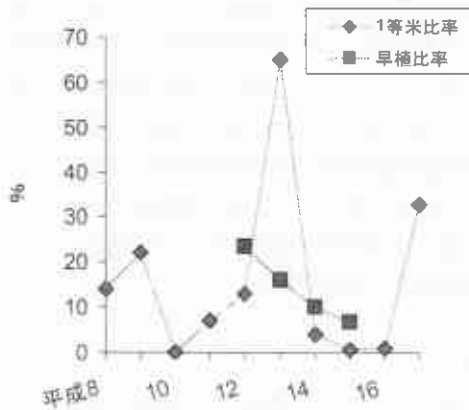


図9 1等米比率と早植比率

風来襲があり、早植が普通期より来襲が低いとはみることができない。

当センターで調査している早植（5月10日前後の移植）と普通期（6月10日前後の移植）の作況データにおける外観品質と収量を、早植を開始した昭和61年より示した（表13）。収量性と品質は、縞葉枯病の影響も少なからずあるものの、常に早植が良好ではなかった。

(3) 気温の上昇

最近の5ヶ年間（平成13-17年）と早植が開始後5ヶ年（昭和61-平成2年：早植推進期）、さらに当センターの作況調査開始の昭和54年から5年間（作況調査開始期）について、水稻作付期間の気温を比較した（図10）。近年の地球温暖化の影響を受けて、水稻作付期間の気温が高くなっている。顕著な傾向は、8月は3つのデータが平年値と開きが少なく、6月下旬から7月は作況調査開始期と早植推進期は平年と差は小さく、近年は大きく上回っていた。9月については、作況開始期は平年並に対して、早植開始期と近年では上回る特徴が見られている。

出穂後40日間の平均気温は22℃必要とされ、粒重の減少は20℃を境にして大きくなり始めることから、20℃を「実用的登熟限界温度」と農業技術体系（水稻編）には記載されている。これをハツシモに適用すると、早植推進期の登熟平均温度は、年によっては20℃に近いが、しかし下回ることにはなかった。近年では、早植が0.6℃上昇していることに対して、普通期では1.5℃ほど高まり、もはや20℃を下回る状況にはない（表14）。

表13 1等米比率と早植と普通期の玄米外観品質・収量

年産	1等米比率	外観品質(1-9)		収量(kg/a)	
		早植	普通期	早植	普通期
平成17	32.8	5.5	4	45.6	39.4
16	1	4.5	4	52.3	58.1
15	1	4.5	5	41.8	55.6
14	4	5	4.5	33.7	51.3
13	65	3.5	4	48.7	55.9
12	13	4	3.5	44.9	47.8
11	7	6	4	51.3	43.5
10	0	5	5	20.9	40.9
9	22	4	5	17.9	41.6
8	14	2.5	3	50.1	53.9
7	38	2.5	3	49.9	58.4
6	21	5.5	2	14.7	35
5	6	3.5	3.5	30	38.8
4	81	4.5	4	49.1	46.5
3	47	5	4	51.2	49
2	8	3.5	4	36.7	45.5
元	8	3.5	3.5	34.9	41.5
昭和63	50	3.5	4	32.3	19.6
62	15	3.5	3	44.4	45.2
61	89	4	4	62.6	56.3

(4) 出穂期、成熟期、登熟期間

早植（昭和61年以降）と普通期（昭和54年以降）の出穂期、成熟期そして登熟日数について比較した（図11）。出穂期は早植と普通期のどちらも僅かに前進して

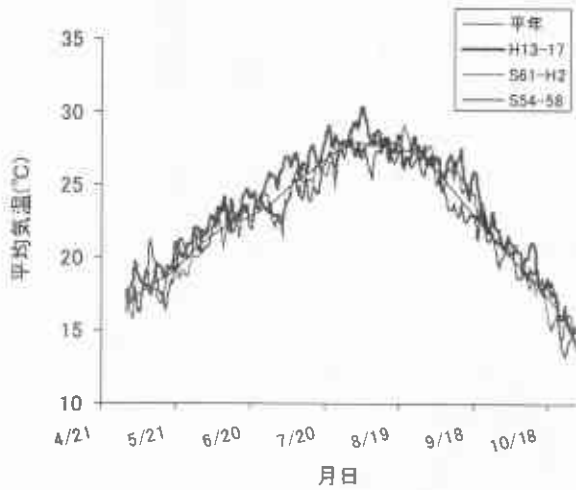


図10 水稻栽培期間の日平均気温

いるか、ほぼ横ばい状態である。成熟期は、早植では、変動幅が大きいものの、ほぼ横ばいに対し、普通期は、早植開始期までの急な右下がり傾向と、それ以降は早植と同様横ばいであった。この早期化傾向は、過去の調査基準の変更であり、すなわち、現在の成熟期判定が「帯緑粉率10%」を目安にしていることに対し、昭和61年以前は「穂首節が黄化する」段階を成熟期と定義していたためである。登熟日数についても、成熟期と同じく、早植は40日程度、普通期は45日程度と（変動幅は大きいものの）ほぼ横ばい状態である。

(5) 日照時間

日照時間、特にハツシモが登熟する期間の9月1ヶ月間の総日照時間について注目し、それぞれの1等米比率との相関を調査した（表15）。その結果、全期間で見ると、9月の1ヶ月が最も相関が高く、充実度不足が指摘され始めた平成8年以降で見ると、9月中下旬の相関が高まった。9月1ヶ月の総日照時間と1等米比率の

表14 登熟平均気温（登熟期間における平均気温の平均値）

年 度	登熟平均気温		登熟積算温度		登 熟 日 数	
	早 植	普通期	早 植	普通期	早 植	普通期
平均	25.3	23.2	1,065	1,020	42.2	44.2
H17	25.8	25.0	1,084	924	42	37
16	25.2	23.7	1,084	994	43	42
15	26.0	22.2	989	1,087	38	49
14	24.6	22.8	1,133	1,050	46	46
13	24.6	22.2	1,033	1,045	42	47
平均	24.7	21.7	992	1,034	40.2	47.8
H 2	25.4	23.2	1,017	975	40	42
1	24.1	20.9	963	980	40	47
S63	24.4	22.3	976	982	40	44
62	24.7	21.7	988	1,109	40	51
61	24.7	20.4	1,015	1,123	41	55

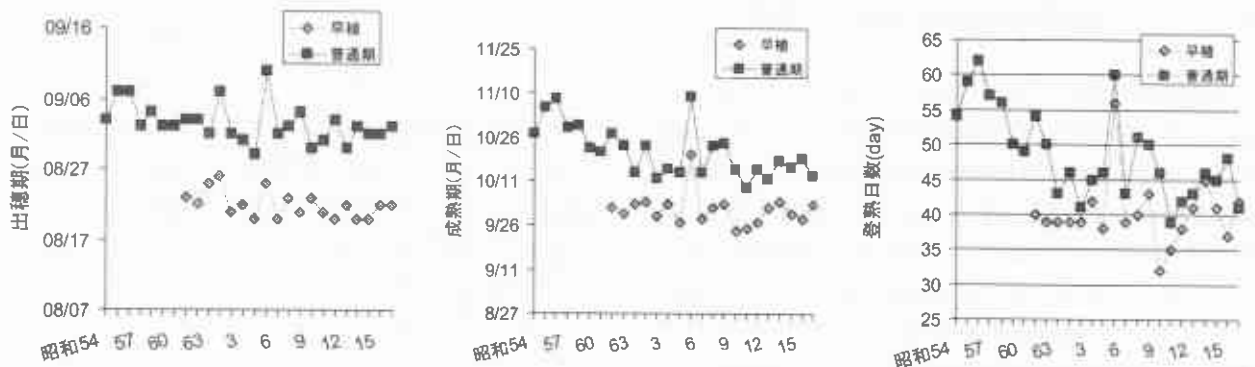


図11 早植と普通期の出穂期（左）、成熟期（中）、登熟日数（右）

推移をグラフにおいて比較すると、1等米比率が高い年と多日照年（逆に低率と寡照年）が同調していた（図12）。個表からは、1ヶ月で170時間以上の日照がある場合、しかも9月中下旬合計120時間以上ある場合に、1

等米比率が高い。しかし、平成12年、15年は日照時間が十分あり、高品質が期待される年であったが、1等米は20%以下となっていた（表16）。

表15 1等米比率と9月の日照時間との単相関

時期	相 関 係 数	
	昭和54年以降	平成8年以降
上旬	0.175	-0.356
中旬	0.261	0.576
下旬	0.501	0.615
中下旬	0.567	0.699
1ヶ月	0.637	0.600

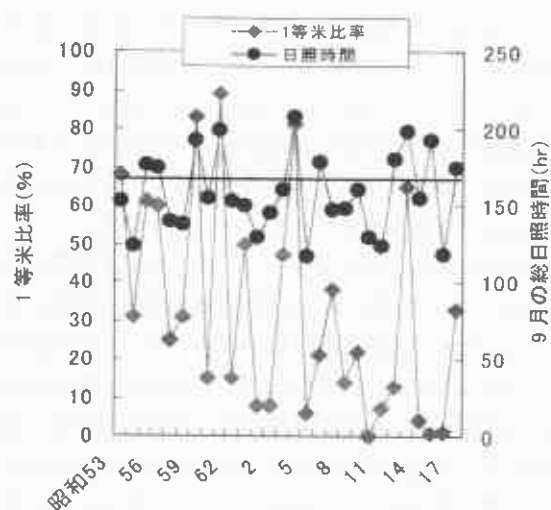


図12 1等米比率と9月1ヶ月の日照時間

表16 ハツシモの玄米検査等級と日照時間

年 度	1等米比率 (%)	9月の日照時間 (hr)				
		上 旬	中 旬	下 旬	中+下旬	1ヶ月
H18		56.3	36.2	79.3	115.5	171.8
H17	32.8	43.9	67.3	63.8	131.1	175.0
H16	1	34.1	44.4	39.3	83.7	117.8
H15	0.7	60.3	68.3	63.5	131.8	192.1
H14	4.1	65.5	47.0	42.2	89.2	154.7
H13	65.4	44.6	76.9	76.3	153.2	197.8
H12	13.2	55.4	60.6	64.4	125.0	180.4
H11	6.8	48.0	24.1	51.3	75.4	123.4
H10	0	76.5	49.9	3.2	53.1	129.6
H9	21.7	64.5	44.1	51.9	96.0	160.5
H8	13.8	52.7	59.2	36.3	95.5	148.2
H7	37.9	44.4	61.0	41.5	102.5	146.9
H6	20.9	89.1	51.3	37.6	88.9	178.0
H5	6.4	28.0	43.3	45.5	88.8	116.8
H4	80.5	76.0	69.9	61.4	131.3	207.3
H3	46.7	69.6	53.7	37.1	90.8	160.4
H2	7.9	74.0	31.8	39.8	71.6	145.6
H1	7.6	33.1	37.7	58.7	96.4	129.5
S63	50	59.2	61.1	29.6	90.7	149.9
S62	15	46.7	61.9	44.3	106.2	152.9
S61	89	73.4	30.0	95.8	125.8	199.2
S60	15	78.8	43.6	32.0	75.6	154.4
S59	83	65.8	39.4	87.2	126.6	192.4
S58	31	70.3	54.5	13.2	67.7	138.0
S57	25	57.4	45.3	37.0	82.3	139.7
S56	60	47.0	65.2	62.4	127.6	174.6
S55	61	50.9	81.5	44.3	125.8	176.7
S54	31	51.8	57.1	14.5	71.6	123.4
S53	68	58.0	50.1	44.4	94.5	152.5
1等米比率が高い条件			50<	60<	120<	170<

考 察

水稲品種「ハツシモ」は岐阜県で約9千ヘクタール作付けされており、県内では全国的な銘柄品種「コシヒカリ」を抜いて本県の作付面積第1位の品種である。全国においても第17位で、古くから栽培されている品種の中では、1つの県の作付面積のみで17位というのは稀な事例である。そのこともあって「幻の米」とまで言われながらも、岐阜県ならば普通に入手できる岐阜県オンリー・ワンかつナンバー・ワン品種である。

しかしながら、近年の「ハツシモ」は玄米品質、特に1等米比率が、充実度不足を理由に低迷が続き問題となっている。玄米の品質低下は岐阜県のみ起こっているわけではなく、全国的にも問題となっている。平成18年に農林水産省から「水稲の高温障害の克服に向けて（高温障害レポート）」が発行され、北海道や北東北地方などの一部都府県を除く、39府県において発生していることが述べられている。しかし、全国レベルの問題は、充実の不足による発生といわれるものの、主に「コシヒカリ」など早生品種を中心に「乳白、心白、基白、背白」、いわゆる「白未熟」の多発現象である。これはでんぷんの充填が高温条件下において不足するために起こる白色化である。ところが、本県の「ハツシモ」に見られる“充実度不足”は、「1粒で見ると未熟粒とまでは断言できないものの、全体で見ると粒の厚みが感じられず、品位的に劣り、1等としては見ることができない。」とされる現象であり、白未熟粒の発生率のように明確な数値化が困難な問題である。「白未熟」問題に対しては、「コシヒカリ」「ひとめぼれ」「あきたこまち」の3品種の作付面積が示すとおり、全国で約6割栽培されていることから、問題を取り上げる県は非常に多い。原因解明や対策技術に関する研究は多数の研究機関が検討しており、最近では高温登熟耐性品種の育成まで行われている。新潟県の「こしいぶき」や富山県の「てんたかく」などである。一方、充実度不足問題に対する研究は日が浅く、最近ようやく他の研究機関にとり挙げられ始めた程度である。最近育成された高温登熟耐性品種は、出穂後10-15日間の平均気温が26-27度を上回っても「白未熟粒」が発生し難い特性で選抜されている。或いは、本県の奨励品種「あさひの夢」は、高温登熟耐性品種ではないものの「ハツシモ」よりも高温期間に登熟する中生品種でありながら、良質を目標に選抜されてきていることから、本県においても玄米品質は良好である。しかし、「ハツシモ」は昭和25年に奨励品種に採用され、60年になろうとしている品種であり、その育成に及んだ期間或いは奨励品種に採用へと品種特性評価を行った時代

は高温登熟を想定しておらず（或いは経験しておらず）、高温登熟に適応する能力は低い。

平成12年の「ハツシモ品質対策会議」では、地球温暖化が社会的問題として叫ばれる中、高温登熟不良により生じている「ハツシモ」の品質が低位に推移している主要因は9月の日照不足との見解を示した。そのような条件下においても良好な充実を得るための栽培管理技術による改善対策として様々な項目が挙げられた。その検討項目は、「疎植、晩植（早植の普通期化であり、極端な晩植化ではない）、早期落水の回避、施肥体系（食味優先で減量された穂肥）の見直し、（稈質や下葉の改善のための）緩効性穂肥」であった。

「ハツシモ」は中間型晩生種であるために、幼穂形成期は最高分げつ期よりも後に到達し、茎数確保は容易な品種である。従って過剰な分げつを適正化させるために「疎植」が取り上げられている。疎植は比較的適正な茎数の推移を確保できるが、肥培管理と一体化して出来上がるものであるために、施肥体系が確定していない状況下では、少なくとも必要技術としての認識を持たせることが重要である。

「早植」は、昭和62年にハツシモの銘柄米化と合わせて推進された。当時の米に関する研究背景は、食味に対する評価技術も未成熟であったため、「安定多収」を追求する技術確立研究が進められていた。その結果、目標を達成するために、登熟期間の日照時間（日射量）が豊富で、登熟期間に襲来する台風の回避し易い早植を薦める「作期前進によるハツシモの安定多収技術」が確立・普及された。「早植」推進により収量レベルの向上、或いは作業分散への意識転換など、その役割は十分果たしたといえるが、「量から質」を求める情勢変化の中で、高温登熟による品質低下も顕在化しており、「早植」が登熟期間を高温条件に置くものであるならば、より冷涼な期間へ登熟期を移行させなければならない。全国的にも高温登熟対策として推進された晩植化の成果が見られていることもあり、県下の「ハツシモ」の早植低減は有効的に進められてきている。台風の回避については、近年はより早い時期から遅い時期まで台風が来襲することもあり、必ずしもどの作期が台風被害を回避しやすいとみることはできない。また、当センターで実施している作況調査における早植と普通期の品質は、縞葉枯病の影響も少なからずあり現地の1等米比率と合わないこともあるものの、必ずしも早植が良質であるとは言い難いことも示している。さらに、農業技術体系（水稲編、農文協）に示されている「実用的登熟限界温度 20℃（出穂後40日間の平均気温は22℃必要とされ、粒重の減少は20℃を境にして大きくなり始めることから）」をハ

ツシモに適用すると、早植推進方向にあった昭和61年の普通期では、確かに20℃台ときわどい状況にあった。しかし、近年では、地球温暖化が深刻化しているのか、普通期で1.5℃も上昇しており、もはや20℃を下回る兆しも見えない。最近の5ヶ年間の水稻作付期間の気温を過去と比較すると、早生品種中心に見られる「白未熟」に影響する出穂期前後と晩生品種の登熟盛期における温暖化が深刻化していた。このことは、今の普通期でさえも昔の普通期ではないことを示しており、「早植」是非の状況は大きく変わったといえる。

平成13年は日照時間が確保され、県下「ハツシモ」の1等米比率が高く、その結果検討した全ての施肥方法においても1等であり、効果を読み取ることができなかったと考えられる。逆に、平成14年と16年は日照時間が不足して、県下「ハツシモ」の1等米比率は低く、本来このような条件下で成果が得られることが望ましいが、その場合でも施肥方法の違いのみでは品質を向上させる効力が不足し、品質の差が現れなかったと推定される。平成15年は日照時間は確保されたものの現場での1等米比率は低い年であった。作期の違いでは品質差が見られたものの、施肥方法によって作期間に見られたような品質改善は見ることがなかった。これらを踏まえると、日照時間を主とする気象条件が左右させる品質の変動幅を上回る施肥条件を未だに見出していないか、踏破するだけの効力がないのかもしれない。食味重視（蛋白質含量を減らす）或いは環境への負荷軽減のため減化学肥料を目指す結果、昔に比べ施肥量は大幅に軽減しており、閾値内での検討をしているかもしれない。とはいえ、現地において有効な施肥方法も検討されており、施肥効力は皆無と切り切ることはできない。「疎植」同様、品質に対する緩衝作用を持つと考え、基盤技術として備えておくべきである。

平成15年度に実施した充実不足を促すための水管理「早期強制落水」を普通期に実施したが、日照条件と天水による水の供給により、想定したほどの劣化現象を再現できなかった。一方、そこへの登熟向上剤を施用したものの、充実がてき面に効果も挙げられなかったことは、充実不足を明確に捕らえることの難しさを改めて知らされた。「深水管理」についても、18年度にも一部茎数制限の再現を試みたものの、初夏の低温で茎数自体が低く推移し、慣行水管理の区との差を見ることはできなかった。しかも、現地でも少ない茎数が収量の平年割れを引き起しており、深水管理とすべきか否かを判断する条件も未解明な状況では推進させることは危険である。また、水深15cmを確実に確保できるか否かを考慮すると、冷害の起こりやすい地帯ではないために、大規模に畦高を

確保することも容易ではないかもしれない。「深水管理」により得られた上位等級玄米の千粒重をみると、27g台であった。18年度の奨励品種決定基本調査の普通期で得られた「ハツシモ」玄米も1等であったが、その千粒重も27g台であり、今日では1等を得るためには、すなわち十分な整粒を得るには、「ハツシモ」本来の千粒重（25～26g）では不足しているのではないかと受け取られる。このことは近年の栽培条件・気象条件が籾サイズを大型化させているとも考えられる。最近までの「ハツシモ」の原原種は当センターに種子貯蔵用冷蔵庫において備蓄されていた平成3年産育種家種子を利用し続けており、世代が殆ど進んでおらず、15年前と同じ種子で「ハツシモ」が現地で栽培されている。遺伝的には、種子自体は大きく変わっていないにも関わらず、現在の品質は15年前の品質とは大きくかけ離れている。このことは、わずか15年の間に品質に及ぼす周辺環境が大きく変動していることを示している。

“充実度不足”は最近になり岐阜県以外でもようやく取り上げられる問題となった。画像解析技術を用いて粒の充実度を評価しようとするものであり、施肥による粒の太り方の差を示すものであるが、本県では様々な施肥方法を検討しても解決されないことがわかっており、西日本の品種にも「ハツシモ」と同様な問題が表面化してきたことで解明に拍車がかかる意味では救われるが、状況把握に隔たりが大きい。「1粒は整粒に見えても、全体的に品位が劣る」という充実度不足を未だに指標化できていないが、それらの画像解析技術や、近年は画像を基に品質評価する測定機器も開発が進んでおり、人の目の感覚を少しでも早く再現（数値化）されることを期待したい。

とはいえ、評価技術と改善技術は別次元であり、原因が分かってもそれを軽減する技術がなくては品質は改善しない。これまでに実施された栽培管理技術には画期的な品質改善効果は得られなかったことから、やはり今日の高温状態で栽培され、その品質の良さで選抜されることが、現代に適応するには必要な条件であると思われる。当センターでは現在縞葉枯病抵抗性を付与したハツシモの同質遺伝子系統を育成しており、この育成過程が高温登熟に対する適応性の獲得に貢献していることを期待したい。加えて、これまで実証してきた各種栽培技術は、単品技術としては高温登熟に対して絶大な効果をもつものではないといえども、品質劣化を抑制する緩衝効果を持っていることはいくつかの現地の実証事例からも推定されており、これ以上劣化させない防波堤の役割を担う基盤技術として定着させ、今後育成される新しいハツシモの展開と共に、「ハツシモ」の高品質化に努

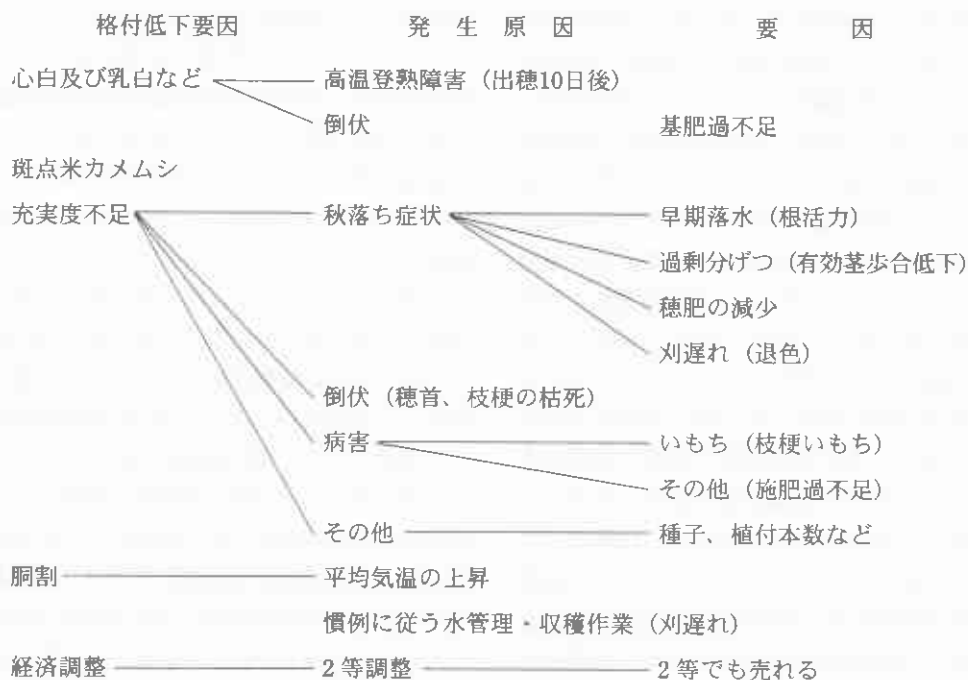


図13 ハツシモの品質低下の要因

表17 全試験の結果

試験年度	1等米比率	作 期	栽 植 密 度	施 肥 法	水 管 理	そ の 他
平成13	65%	△	×	×		着粒位置：×
14	4	△		×		ソース&シンク：×
15	1	○△	×	×	早期落水：△	登熟向上剤：×
16	1			×		
17	33				深水：△	

×：影響確認できず、または影響なし、△：僅かに影響あり、○：差異が見られた

めたい。

文 献

- 1) 後藤雄佐・菅井恵介・斉藤満保 (1997) 深水処理が水稻の分けつ生長に及ぼす影響. 日作紀66(別1)：248-249
- 2) 小島元・友松啓二・岩田隆 (1988) 尾張低湿地帯における良質米 (ハツシモ) の生産安定に関する研究 (第2報) 愛知農総試研報20：71-76
- 3) 菅原道夫 (1987) 寒地 (東北・日本海側) の育苗様式 農業技術体系作物編 第2-1巻 イネ=基本技術(1) 技：277-294
- 4) 野原定夫 (1990) 水稻の作期と日射量 岐阜県農業総合研究センター研究報告第3号：1-14
- 5) 野原定夫・桑原輝夫・小川修・古橋勝幸・須田長良・丸山靖志・山本好文・神野浩司・斉藤政隆 (1990) 作期前進によるハツシモの安定多収技術 岐阜県農業総合研究センター研究報告第3号：15-38
- 6) 長谷川栄一 (2002) 水稻の「冷害危険期」における水管理. 平成14年6月5日農業共済新聞掲載記事
- 7) 森田敏 (2005) 水稻の登熟期に発生する白未熟粒、充実不足および粒重低下 農業技術60(10)：442-446
- 8) 近藤始彦・石丸努・三王裕見子・梅本貴之 (2005) イネの高温登熟研究の今後の方向 農業技術60(10)：462-470
- 9) 佐賀県農業試験研究センター (平成7年) 九州北部中山間地における水稻の深水管理による生育制御 平成7年度九州沖縄農業研究成果情報
- 10) 佐藤馨・三浦恒子・金和裕・柴田智・田口奈穂子・児玉徹 (2004) 1時分けつ主体となる深水処理に

よる水稲の収量、整粒歩合及び食味向上 平成15
年度東北農業研究成果情報

ABSTRACT

In this study, various culturing techniques were investi-
gated for improving grain quality of the paddy rice variety

“HATSUSHIMO”. Under the condition of less daylight
hours, most culturing techniques were not functional for
upgrading clearly. It is not enough as a resolution with their
technique, like a planting rate, cropping time or fertilizer,
but as a buffer action.