

水稻高品質・良食味生産のための収穫時期の許容範囲に関する研究

山本好文・野口裕史

The Tolerance Level of Harvest Timing for High Quality and Good Eating Quality in Paddy Rice.

Yoshihumi YAMAMOTO and Yuzi NOGUCHI

要約：岐阜県平坦地の水稻主要品種「ハツシモ」、「コシヒカリ」、「あさひの夢」及び「ひとめぼれ」について、収量・品質及び食味を落とさない収穫時期の早限及び晩限について検討した。

成熟期前後の時期を示す指標として、供試した品種において、作期を問わず同一の数値で成熟期を当てはめることができる出穂日からの積算温度（日平均気温－5℃）を適当とした。この方法によると、いずれの品種・作期とも概ね780日度で帯緑籾割合が10%を下回る成熟期に達した。

収穫早限は、供試したいずれの品種も、収量が概ね決定される積算温度700日度（帯緑籾割合20%）とした。収穫晩限は、品質及び食味の劣化パターンからみて、「コシヒカリ」、「あさひの夢」及び「ひとめぼれ」については1000日度（帯緑籾がほぼ消失）とした。「ハツシモ」は他の品種に比べ、品質及び食味の劣化が早く、850日度（帯緑籾割合5%）を収穫晩限とした。

キーワード：水稻、ハツシモ、コシヒカリ、ひとめぼれ、あさひの夢、収穫時期、積算温度、帯緑籾割合、品質、食味値

緒言

米の需給の緩和が常態化している現在、米生産には、収量性もさることながら、有利販売のためには、高品質で良食味であることが望まれている。この状況下において、岐阜県においても、食味が良好でない品種の改廃、実肥等後期追肥の省略、適期収穫、適正な乾燥調整・保管等の励行がなされているところである。

ここで、適期収穫についてみると、岐阜県では、収穫適期は帯緑籾割合が5～10%となる成熟期とされている。しかしながら、成熟期での収穫は、経営の大規模化や兼業化などにより物理的に不可能な場合が多く、また地域の慣行収穫時期もあり、収穫遅れによる品質低下をきたし、これが本県産米評価を下げる要因の一つとなっている。

収穫遅れによる品質低下を防ぐには、成熟期前からの収穫開始とせざるを得ない場合は多いと思われる。しかし、極端に早い収穫では、収量減や未熟粒の過大な混入により外観品質が低下することは自明なことで、更には食味を低下させることも明らかにされている^{7, 9, 12)}。そこで、これら問題点を回避できる収穫開始時期及び収穫晩限の基準を設定する必要がある。

収穫期間の判定には、積算温度によるもの^{2, 3, 6, 7, 11, 14)}、帯緑籾によるもの^{6, 7, 8, 10)}など、既に多くの研究が行われているが、品種や作期など栽培条件を異にすること、帯緑籾の判定法がそれぞれ異なるこ

となどから、本県へこれをそのまま適用するのは妥当でないと考えられる。

このことから、本県平坦地の主要品種について、収穫時期の判定指標、及び玄米の肥大、品質、一部品種には食味値を加え収穫時期との関係を調査し、収穫時期の許容範囲に関して、温度の積算方法や、「ハツシモ」の特殊性など、既往の報告とは異なるの結果を得たので、ここに報告する。

材料及び方法

1 収穫時期の判定指標の作成

供試品種は、本県平坦地の主要品種である「ハツシモ」（晩生種）、「あさひの夢」（中生種）、「コシヒカリ」（早生種）、「ひとめぼれ」（早生種）とした。

出穂期及び成熟期は過去の奨励品種決定調査及び作況調査成績（「ハツシモ」及び「コシヒカリ」は1986～2000年度、「あさひの夢」は1994～2000年度、「ひとめぼれ」は1993～2000年度を用いた。気温は直近のアメダス岐阜の観測値を用いた。

2 耕種概要

試験は2001年に実施した。

移植は、稚苗を用い、条間30cm、株間16cm、4本/株の手植えとした。

移植期は、「ハツシモ」、「あさひの夢」は5月10日

(早植え)及び6月11日(普通期)の2作期とした。「コシヒカリ」、「ひとめぼれ」は4月10日(早期)、5月10日及び6月11日とした。

試験水田は、1筆10aの水田を畦畔により3等分し、各作期毎にこの小区画水田を用いた。そのために、水管理は作期毎に共通とし、収穫前の落水は晩生の「ハツシモ」に合わせた。

施肥は基肥及び穂肥の2回施肥とし、施肥量は表1に示したように、品種毎に設定し、いずれも速効性肥料を用いた。

除草剤散布及び病虫害防除は適宜実施した。

品種毎の出穂・成熟期及びその間の気温は図1に示した。

表1 施肥法

品種名	窒素施用量(kg/a)		
	基肥	穂肥	合計
ひとめぼれ	0.4	0.3	0.7
コシヒカリ	0.3	0.3	0.6
あさひの夢	0.5	0.4	0.9
ハツシモ	0.4	0.3	0.7

3 調査方法

成熟期は、帯緑籾割合が10%を割り込んだ日とした。

収穫は、成熟期前から成熟後に渡り2~3日間隔を原則とし、1品種1回当たり連続した10株2条の20株で行った。収穫範囲については図1に示した。

帯緑籾は僅かでも緑色を残しているものとし、その割

合は無作為に選んだ20穂の総籾数と帯緑籾の実測によったが、遅れ穂はこの調査及び品質等調査から除外した。

精玄米への調整は、1.8mmの篩を用いた。

胴割れは、玄米横幅の1/3以上に渡りひび割れを生じたものとし、茶米は達観により調査した。青米は僅かでも緑色を呈しているものとした。

食味値は、ニレコ社製の近赤外分析装置によるSHONを用いた。

玄米の品位は、名古屋食糧事務所岐阜事務所の鑑定によった。

試験結果

1 収穫時期の判定指標

登熟の進展を示す外的指標として、発育指数¹⁾の方法にならい、成熟期を気温で説明する次の式を用い、その当てはまり精度を検討した。

$DVR = 1/a \times T$ 1式

$DVR = 1/a \times (T - b)$ 2式

$DVR = [1 - \exp\{-a(T - b)\}] / c$ 3式

$DVR = a / [1 + \exp\{b(T - c)\}]$ 4式

a, b, c; パラメータ

T; 日平均気温

DVI = $\sum DVR$ として出穂日から日平均気温によりDVRを積算し、DVIが1を超えた日を成熟期とする。

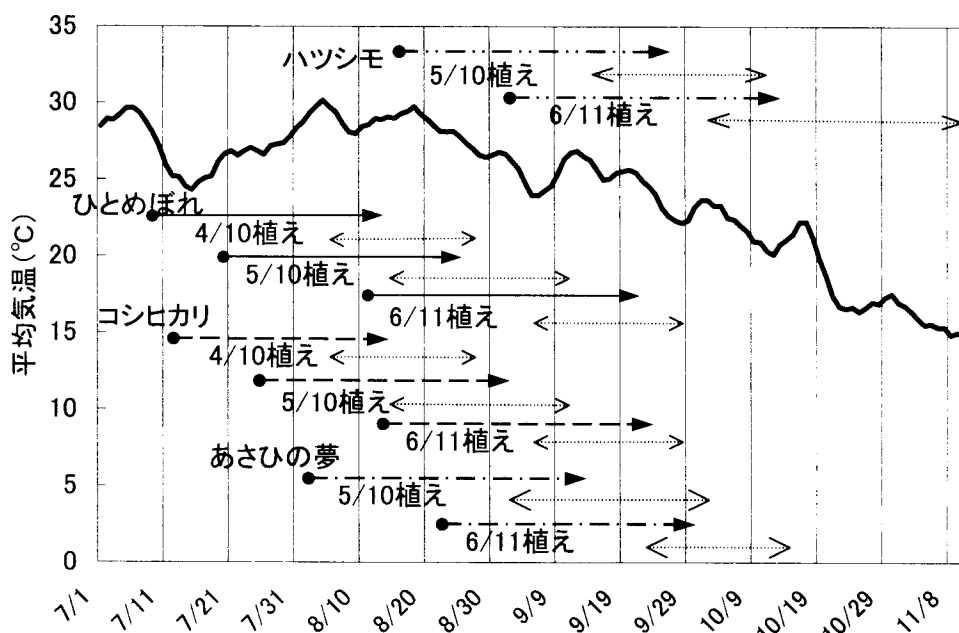


図1 出穂から収穫までの気温推移及び収穫期間等

●— 出穂期 → 成熟期 <—> 試験収穫期間

表2 DVR式と品種毎のパラメータ

品種名	1式	2式		3式			4式		
	DVR=1/a·T a	DVR=1/a·(T-b) a b		DVR=[1-exp{-a(T-b)}]/c a b c			DVR=a/[1+exp{-b·(t-c)}] a b c		
ひとめぼれ	969	789	5.1	5.32×10^{-2}	13.6	18.2	4.15×10^{-2}	0.160	22.4
コシヒカリ	953	773	5.1	6.75×10^{-2}	10.1	23.9	3.62×10^{-2}	0.144	17.8
あさひの夢	972	780	5.0	5.58×10^{-2}	8.6	23.1	3.98×10^{-2}	0.115	19.6
ハツシモ	1007	776	5.3	6.62×10^{-2}	10.0	24.6	3.84×10^{-2}	0.146	20.2

a、b、c;パラメータ T;日平均気温

$DVI = \sum_{i=h}^m DVR_i$ h: 出穂期 DVR_i: 出穂期以降日毎の発育速度
DVI ≥ 1となった日を成熟期とする

DVR=1/a·(T-b) if T ≤ b: DVR=0

DVR=[1-exp{-a(T-b)}]/c if T ≤ b: DVR=0

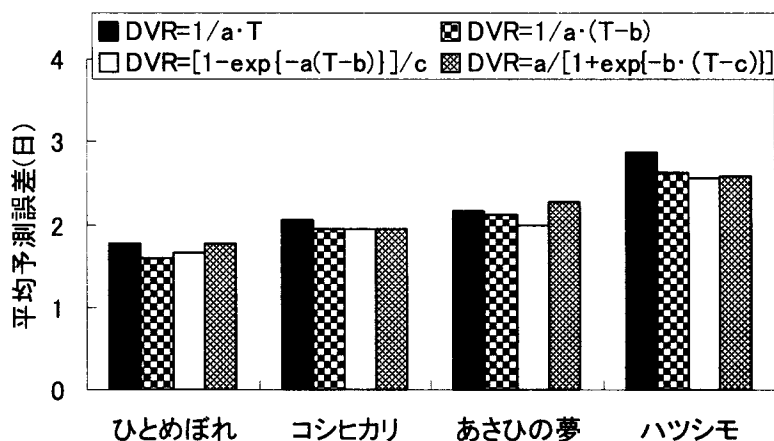


図2 予測モデルと予測精度

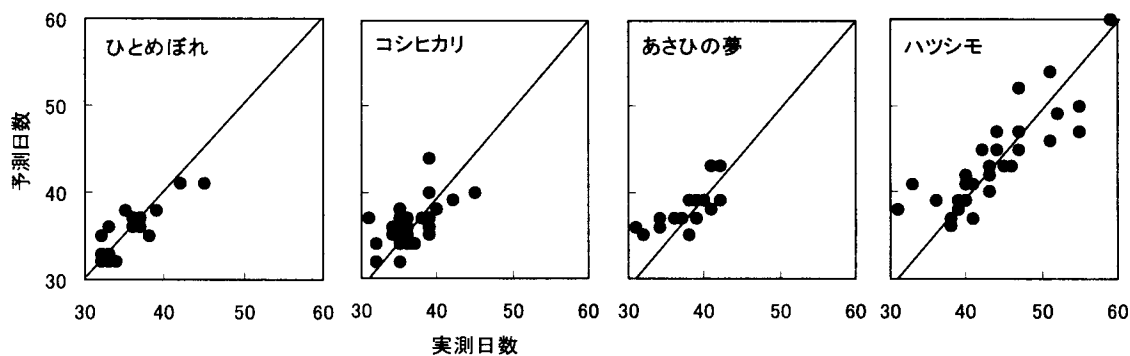


図3 DVR = 1/780·(T-5) での予測精度

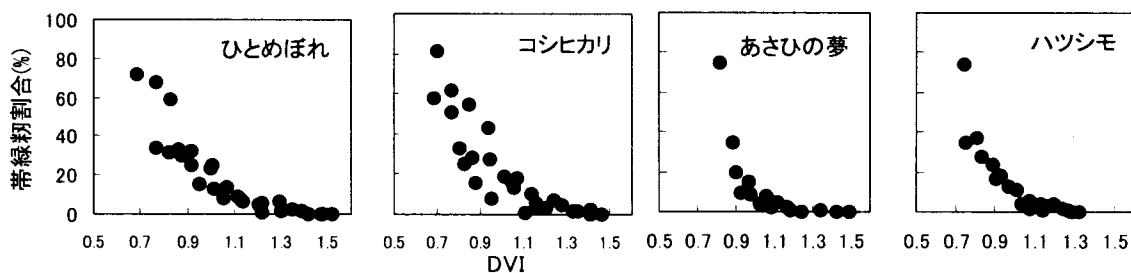


図4 DVIと帯緑粉割合

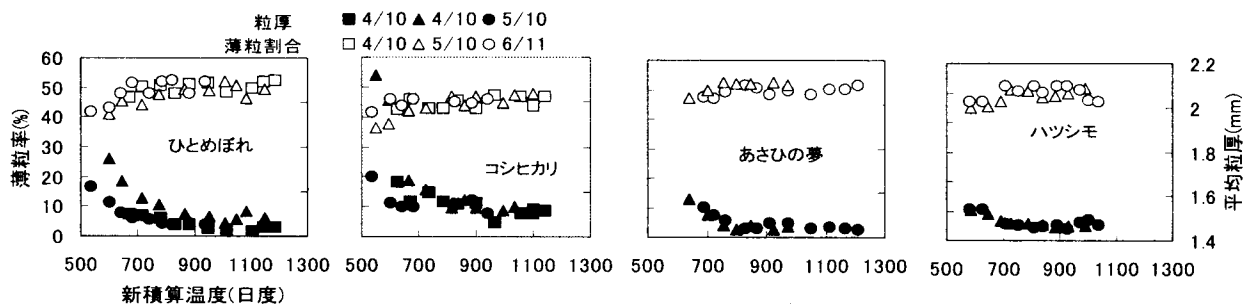


図5 粒厚の推移 凡例は移植月日を示す 薄粒率は粒厚1.9mm未満の重量%

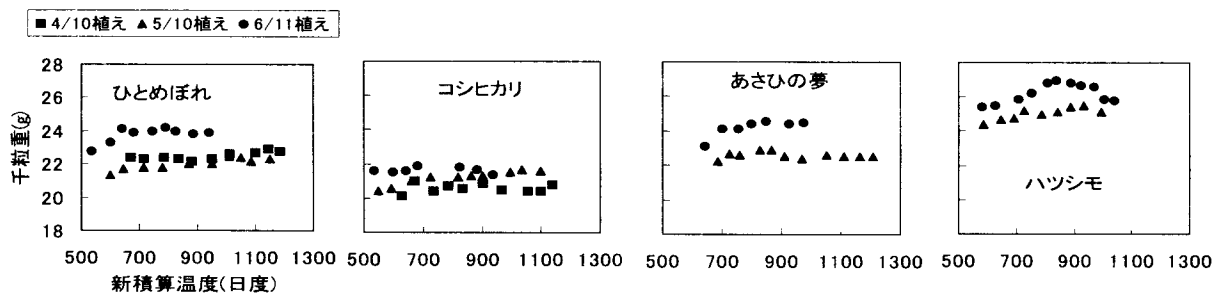


図6 千粒重の推移 (水分15%換算値)

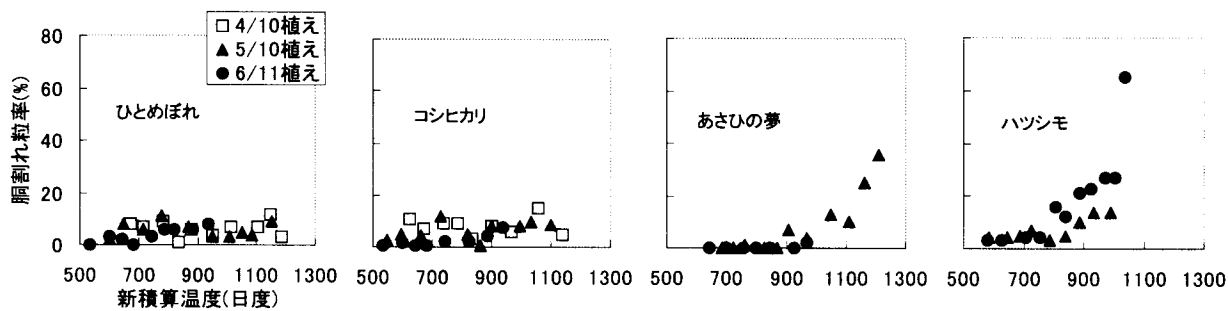


図7 収穫時期と胴割れ米発生の関係 全幅の1/3以上に渡る割れを胴割れ米とした

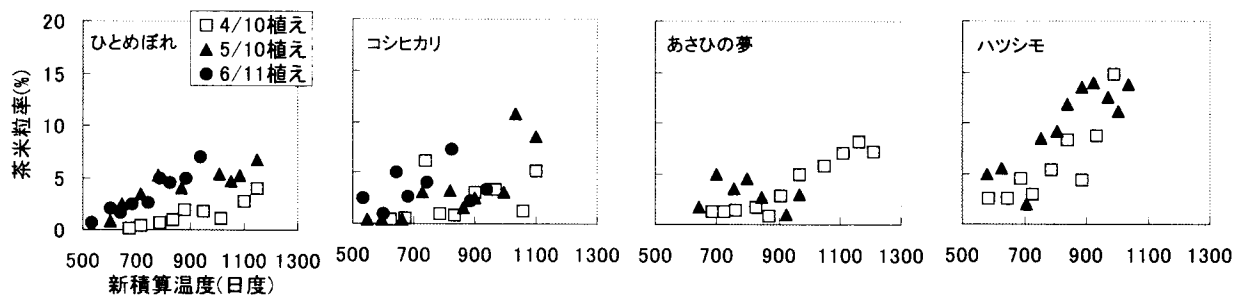


図8 収穫時期と茶米発生の関係 白色カルトンを用いた遠観調査による

得られた各式のパラメータは表2に、当てはまり精度は図2及び図3に示した。当てはまり精度は、いずれの式を用いても、「ひとめぼれ」が比較的良く、「ハツシモ」はやや劣った。また、いずれの品種においても、単純な積算温度と同意の1式より、有効温度の下限を設定した2式のほうが当てはまり精度は高かった。一方、高温時での登熟の停滞を考慮した3式及び低温時と高温時での登熟の停滞を考慮した4式とすることで精度が大きく向上するという事は無かった。

ここで、2式に着目すると、いずれの品種のパラメータaの値、即ち積算温度780日度前後で、パラメータb即ち下限温度も5℃近くにあり、いずれの品種もaを780、bを5としても当てはまり精度に殆ど影響せず、利用可能であった。次に、成熟の進展を示す指標として良く用いられる帯緑粉割合とDVIの関係をみると、「ひとめぼれ」、「あさひの夢」及び「ハツシモ」については作期の違いを超えて良く一致していた。「コシヒカリ」はやや乱れた(図4)。

2 収穫時期と玄米の肥大

1回の収穫が20株(0.96㎡に相当)と少ないことから、収量については収穫毎の変動が大きく、収穫時期の違いによる僅かな変動を検出することができなかった。そこで、収量の推移は玄米粒の肥大に変えて検討した。なお、玄米の平均粒厚は、試料500gとした粒厚分画(1.8mmから0.1mm刻みの2.4mmまで)から求めた。

平均粒厚の増大は、「ハツシモ」では積算温度(日々の平均気温から5℃を減じた温度の積算値で、以降同じ)700日度まで進み、以降平均粒厚の増大は認められなかった。「ひとめぼれ」、「コシヒカリ」、「あさひの夢」は、平均粒厚の増大が概ね終了するのが700日度と「ハツシモ」の場合と同様であったが、それ以降も極僅かではあるが粒の肥大が概ね成熟期である780日度頃まで継続した(図5)。なお、千粒重についても検討したが、収穫時期による推移は、概ね平均粒厚の推移と似た傾向にあるものの、平均粒厚ほど明確なものではなかった(図6)。

3 胴割れ米

胴割れ米の収穫時期毎の発生率は図7に示した。「ハツシモ」の胴割れ米は、成熟期前から僅かに発生が見られたが、成熟期頃から急激に増加した。「あさひの夢」は、成熟期を過ぎた900日度頃までは全く胴割れ米の発生を見なかったが、それ以降急激に増加した。「コシヒカリ」は成熟期前から胴割れ米の発生があったが、成熟期を過ぎても漸増することは無かった。「ひとめぼれ」は「コシヒカリ」の場合と同様の発生パターンを示した。

4 茶米

茶米の収穫時期毎の発生率は図8に示した。「ハツシモ」では、成熟期前から発生が見られ、更に成熟期前の700日度頃から急増した。「あさひの夢」では、成熟期を過ぎた900日度頃から漸増したが、その頻度は比較的少なかった。「コシヒカリ」、「ひとめぼれ」は、成熟期前から発生し、成熟後まで漸増する傾向にあるように見られたが、「ハツシモ」のように、特定の時点から急増することは無かった。

5 食味値

「ハツシモ」及び「コシヒカリ」の収穫時期毎の食味値は図9に示した。「ハツシモ」では、収穫した範囲内において、成熟期前の収穫であっても食味値が低下することは認められなかった。しかし、ほぼ成熟期頃から食味値は僅かではあるが漸減した。「コシヒカリ」も「ハツシモ」の場合と同様に、収穫した範囲内において成熟期前の収穫であっても食味値が低下することは認められなかった。食味値が低下する収穫時期は「ハツシモ」より遅く、1000日度頃であった。

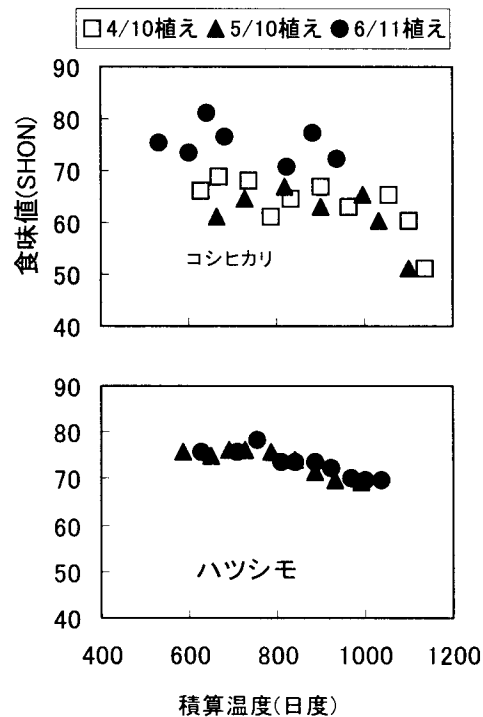


図9 収穫時期と食味値(SHON)の関係

考 察

水稻の収穫時期を示す指標として、これまでに、出穂後日数、籾水分、積算温度、帯緑粉割合を用いた例など

数多くの報告がある。この中で、西郷ら¹¹⁾は、帯緑粉割合は「玄米自身の成熟度から水稻の収穫時期を判定する指標としてしかもイネの立毛状態における穂の観察から判断できることから、判定指標として優れていると思われる」としている。本試験の結果からも、試験したいずれの品種・作期においても、帯緑粉割合と青米率は1:1の関係にあることから(図10)、玄米成熟の指標として帯緑粉割合の有効性を確認することができた。

穂の観察により得られる帯緑粉割合と積算温度の関係については幾つかの研究例^{5, 7, 8, 10)}があるが、品種や作期によって、対応関係は異なっている。これら報告の積算温度は、出穂後の日平均気温の積算によっているが、ここで、日平均気温から5℃を減じた値を積算することで、品種や作期に拘わらず、同一の基準(780日度)で成熟期を概ね説明できること、及びこの積算温度と帯緑粉割合の減少パターンは品種や作期の違いを超えて概ね同一であることから、作物体の観察によらない間接的指標として有効であると考えられた。

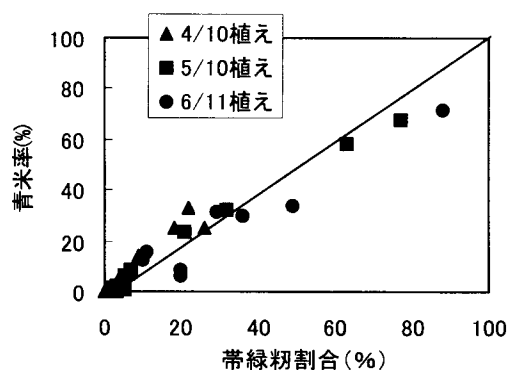


図10 帯緑粉割合と青米率の関係
品種:「ひとめぼれ」

収量は、1回の収穫が20株と少なかったことから、試験した収穫時期の範囲内では変動が大きく、収穫時期が早くても収量減を検出することができなかった。そこで、粒厚の肥大パターンをみると、粒厚1.9mm以下の薄粒割合は、積算温度700日度以降成熟期の780日度頃まで極僅かに減少しているものの、平均粒厚はいずれの品種も概ね700日度、帯緑粉割合20%で増大を終了していることから、最終収量は概ねこの時点で決定していた。このことから、収量を落とさない収穫早限は、700日度が適当であると考えられた。

収穫遅れによる品質低下は、主として胴割れ米の増加によるものとされ、粉水分と胴割れ米発生の関係が研究されている^{5, 7, 10, 13)}。この中で、石倉ら⁵⁾らは、高温時には水分の減少が早く、胴割れし易いとしているが、本試験では、高温時に成熟する早生の「ひとめぼれ」及び「コシヒカリ」は、胴割れ米が特定の時期から急増す

るといった傾向は認められず、中生の「あさひの夢」は概ね積算温度1000日度で増加に転じること、高温時を過ぎて成熟する晩生の「ハツシモ」は成熟期ころから増加に転じることが認められた。この2品種については、収穫遅れの弊害が顕著に出やすいものと考えられた。

収穫遅れにより、茶米が多発し、品質が低下することが知られている⁷⁾。本試験の結果では、「ひとめぼれ」及び「コシヒカリ」は成熟期前から発生しているものの、特定の時点からの急増は認められなかった。「あさひの夢」は900日度過ぎから増加に転じたが、それでも発生程度は「ひとめぼれ」、「コシヒカリ」並であった。一方、「ハツシモ」は、成熟期前の700日度から増加に転じ、その頻度も多く、他品種とは異なる発生パターンであった。

収穫時期と食味について、本試験ではニレコ社の食味計値SHONを用いて検討した。SHONと官能試験による食味値との相関は図11に示した通りであった。結果は、「ハツシモ」、「コシヒカリ」とも収穫した時期の範囲内で早い収穫による食味値の低下は認められず、食味値が低下し始めるのは、「コシヒカリ」で概ね1000日度で、「ハツシモ」はそれより早く、780日度の成熟期頃であったが、食味値の低下程度は「コシヒカリ」に比べ僅かなものであった。工藤ら⁷⁾は、収穫適期の早限を全青米歩合で15~20%の時期とし、それより早い収穫では食味が低下し、その原因として、「胚芽残存率が高く、青未熟粒、青死米のとう精による碎粒が目立ちとう精歩留まりが低下した。このことが外観・粘りの低下をきたした」と考察している。鍋島ら⁹⁾は、「最も早い時期に収穫した米に対するタンパク質・アミロース含有率の増加程度は、多い年でも各々0.25%、0.60%と小さい」としている。また、井上ら¹¹⁾は、「各年次での収穫時期による玄米タンパク含量の増減はほとんど認められず、収穫時期による一定の傾向はみられなかった。」としている。これらの結果は、食味について、青未熟粒の過大な混入が無ければ、食味は低下しないものと解釈される。本試験で用いた食味値SHONは、食味評価の要素として何をを用いているかは公開されておらず不明であるが、青米率が80%程度であっても食味値は低下していなかった。食味については、官能試験によるべきであるが、既往の研究結果からみても、収量がほぼ決定される収穫早限とした700日度、帯緑粉割合20%であれば青未熟粒の混入は少なく、食味が低下することはないとして良いものと考えられた。

玄米を外観から総合的に評価した品位からみると、同一品種であっても作期によって多少のズレが有るものの、達観して収穫適期を積算温度にあてはめると、「ハツシ

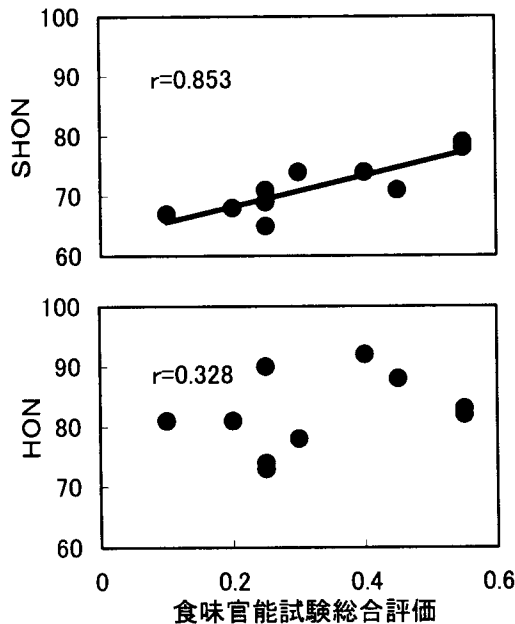


図11 食味官能試験総合評価値と食味値の関係

供試品種は「ハツシモ」で、食味官能試験総合評価値は日本穀物検定協会による

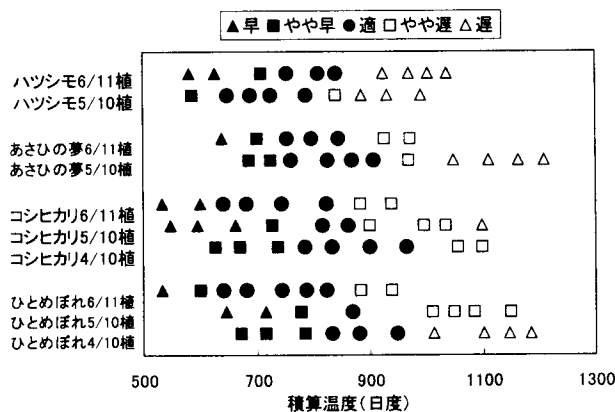


図12 収穫時期と玄米の品位との関係

「ハツシモ」は概ね700日度から850日度の範囲に、「コシヒカリ」、「ひとめぼれ」及び「あさひの夢」は概ね700日度から1000日度の範囲にあった(図12)。ここで、収穫早限となる700日度は、収量がほぼ決定される時期と符合し、「ハツシモ」の早い収穫晩限は、胴割れ米及び茶米の発生が他品種より早いことを反映した結果と考えられた。また、「コシヒカリ」の外観品位からみた収穫晩限の1000日度は、食味が低下し始める時点と一致していた。

以上のことから、収穫早限は品種に拘わらず700日度(帯緑粉割合20%)、収穫晩限は、「ハツシモ」が850日

度(帯緑粉割合5%)、「コシヒカリ」、「ひとめぼれ」、及び「あさひの夢」は1000日度(帯緑粉がほぼ消失)とするのが適当であるとした。

なお、ここにあげた収穫時期の早限及び晩限は限られた条件下での結果であり、全ての場合に当てはまるといふ保証はできない。施肥法、水管理、土壌条件、更には気象環境等多様な条件・組合せとなる実際の水田において、特に刈遅れを避けるため早い収穫とする場合には、刈り調査を行い、青未熟粒の混入割合を事前にチェックするなど周到な配慮が必要である。

引用文献

- 堀江武・中川博視：イネの発育過程のモデル化と予測に関する研究 第1報 モデルの基本構造とパラメータの推定法および出穂予測への適用、日作紀59、687~695、1990
- 林泰弘・森下年起・山本浩之：水稻早期栽培米の収穫適期に関する研究、和歌山農林水技セ研報1、139~145、2000
- 今井良衛・速見美洋：登熟期の積算温度からみた良質米の収穫時期、農業技術29(4)、176~177、1974
- 井上浩一郎・中津智裕・吉永巧・斉藤康正：水稻の青味粉比率による収穫時期の予測、山口農試研報51、1~12、2000
- 石倉教光・斉藤武雄・池永昇：水稻の収穫期と出穂後気温の関係、農業技術21(9)、426~429、1966
- 小山豊・渡部富男・斉藤幸一・武市義雄・深山政治：帯緑粉歩合による水稻の刈取適期の判定法、千葉農試研報26、1~8、1985
- 工藤悟・香村敏郎・高松美智則・釈一郎・中嶋泰則：水稻品種の特性解析に関する試験(第4報) 収穫時期と米質変動、愛知農総試研報14、31~39、1982
- 南山恵・川口裕男・高橋渉：異常高温年および低温年におけるコシヒカリの刈取り適期のめやす、富山農技セ研報17、95~102、1997
- 鍋島学・沼田益朗・笠原正行：水稻品種「コシヒカリ」の収穫時期と品質・食味、富山農技セ研報16、37~46、1995
- 岡部博文・平沢信夫・島田裕之・間谷敏邦・坂本旬：水稻の収穫適期の判定と収穫時期および乾燥法が品質食味に及ぼす影響、茨城農試研報16、21~42、1975
- 西郷昭三郎・鈴木金苗・塚本行雄・宮田喜次郎：水稻収穫時期の判定法に関する研究、静岡農試研報19、1~10、1974
- 佐藤徹・斉藤祐幸・有坂通展・市川岳史・種田貞義・高野隆・土田徹・樋口泰浩・佐々木康之：コシヒカ

りの食味に影響する要因および玄米窒素の制御、新潟農試研報43、35～44、1998

13) 田守建夫：水稲の刈取適期の判定法、農業および園芸47(7)、767～768、1972

14) 山下道弘・河瀬弘一・崎山治男・小林秀臣：水稲新品種「キノヒカリ」の選定と栽培特性、京都農試研報16、6～20、1994

Abstract

We investigated the earliest and latest limit of harvest time to achieve good yield, high quality and good eating quality for the major rice varieties of plains in Gifu prefecture: "Hatsushimo", "Koshihikari", "Asahinoyume" and "Hitomebore".

We proposed the accumulated day-degrees (daily mean temperature 5 degrees Celsius) from the heading time as the index for mature phase because we can use the same figure to calculate mature phase for tested varieties regardless of the cropping season. All varieties with all tested cropping season matured at around the accumulated temperature of 780 day-degrees Celsius.

We set the earliest harvesting limit index for all tested varieties as 700 day-degrees Celsius because we can estimate the yield at this timing.

We set the latest harvesting limit index for "Koshihikari", "Asahinoyume" and "Hitomebore" as 1,000 day-degrees Celsius from the pattern of deterioration in quality and eating quality. Same index for "Hatsushimo" is 850 day-degrees Celsius because this variety deteriorates quality faster than other tested varieties.

Keywords

Paddy rice, "Hatsushimo", "Koshihikari", "Hitomebore", "Asahinoyume", Harvest time, Accumulated temperature, Rate of greenish unhulled rice, Grain quality, Value of eating quality