

アイガモ栽培における水稻の収穫期の違いが米の外観品質 および食味に及ぼす影響

浅野紘臣^{*,1)}・磯部勝孝²⁾・坪木良雄²⁾

(¹⁾日本大学短期大学部・²⁾日本大学生物資源科学部)

要旨:アイガモ栽培(有機栽培)における米の食味の向上を目的として、水稻の収穫時期の違いが米の品質、タンパク質含有量及び食味に与える影響について調査した。米の産地や栽培方法の違いに関係なく、青米は収穫時期が遅くなるに従って減少した。アイガモ栽培1年目のキヌヒカリのタンパク質含有量は $7.4 \pm 0.1\%$ 、アイガモ栽培5年目(有機栽培7年目)のコシヒカリは $8.2 \pm 0.4\%$ であった。収穫時期を成熟期より10日遅くすることによるタンパク質の含有量は、コシヒカリのアイガモ栽培米では最大0.7%減少した。収穫時期を変えても収量構成要素の変化は少なかった。また、収穫時期を遅らせることにより僅かながら収量は高くなった。青米とタンパク質含有量の相関関係は高く、青米が減少するとタンパク質含有量が減少するという関係が認められた。食味官能試験の総合評価は、栽培方法・産地に関係なく遅刈り、成熟期刈り、早刈りの順で評価が高く、特にアイガモ農法5年目(有機農法7年目)で栽培された米はその傾向が顕著であった。これらのことから、収穫時期を通常より10日間程度遅らせることで青米の減少、収量の増加とともに、玄米中のタンパク質含有量が減少することにより米の食味は向上する可能性が示唆された。

キーワード:アイガモ、アイガモ栽培、収穫時期、食味、有機栽培。

米の食味を決める要因は多い、なかでも品種、産地(土壌や気象条件を含む)、栽培方法の3つが主要因であるとされている(竹生 1995)。近年、消費者の食への安全志向の高まりから、水稻栽培にも有機栽培が導入されている。有機栽培の場合は、有機質肥料を用い、雑草防除はアイガモやコイを用いる場合がある。

水稻の場合、登熟期に窒素が過剰に供給されると米のタンパク質含有量が高くなる傾向があり、タンパク質含有量が高くなると米の食味が低下することが知られている(平ら 1970)。アイガモ栽培(有機栽培)では、有機質肥料を施用するため、慣行栽培に比べると登熟期後半にも窒素が供給され米のタンパク質含有量が高まる傾向がある(浅野ら 1998)。収穫時期と米の品質や食味に関連した報告はすでにある(岡野ら 1977, 森山ら 1982, 伊藤 1989, 松江ら 1991)が、アイガモ栽培における水稻の収穫時期と米の外観品質・食味に関する報告は見あたらない。アイガモ栽培は、基本的に有機農業である。そのため施肥には有機物肥料を用いており、有機物肥料の肥効は緩慢でその持続期間が長い。上述のように水稻の登熟期に必要な以上の窒素の供給が続くと、それが原因となって玄米中のタンパク質含有量が増加する。また、劣性穎果では青米の増加につながり、結果として食味の低下をまねくことが予測される。そのため本研究では、水稻の収穫適期とされる成熟期よりも遅刈りすることによる米の外観品質や、食味に対する影響をアイガモ栽培と慣行栽培において検討した。

材料と方法

1997年に神奈川県平塚市と愛川町の沖積壤土水田にお

いて、それぞれアイガモ栽培と慣行栽培により水稻を栽培した。試験区は平塚市のアイガモ栽培区、慣行区とも10a、愛川町はアイガモ区13a、慣行区10aである。栽培方法はいずれも稚苗を用いて機械移植した。栽植密度は愛川町のアイガモ栽培(アイガモ栽培5年目、有機栽培7年目)は $14.4/\text{m}^2$ 、慣行栽培は $17.7/\text{m}^2$ 、平塚市のアイガモ栽培(アイガモ栽培、有機栽培とも1年目)および慣行栽培では $19.6/\text{m}^2$ であった。品種は愛川町はコシヒカリ、平塚市はキヌヒカリである。施肥量は、愛川町のアイガモ栽培は有機質肥料(完熟豚糞 $300\text{ g}/\text{m}^2$ 、米糠・魚粉・カニ殻 $10:7:3$) $140\text{ g}/\text{m}^2$ 、グアノ $500\text{ g}/\text{m}^2$ 、籾殻 m^2 分 m^2 、ミネラル石灰 $100\text{ g}/\text{m}^2$:5年間ほぼ同様の施肥管理)で窒素は約 $9.29\text{ g}/\text{m}^2$ である、慣行栽培は化成肥料を窒素、リン酸、カリで $2+4+3\text{ g}/\text{m}^2$ 、平塚市のアイガモ栽培は有機肥料を窒素、リン酸、カリで $4.8+13.6+6.2\text{ g}/\text{m}^2$ 、慣行栽培は化成肥料を窒素、リン酸、カリで $4+10+5\text{ g}/\text{m}^2$ 施用した。移植時期は愛川町のアイガモ栽培は5月29日、慣行栽培は6月15日、平塚市はアイガモ栽培、慣行栽培とも5月30日である。出穂期は愛川町のアイガモ栽培は8月17日、慣行栽培は8月20日、平塚市は両栽培とも8月19日であった。収穫時期は成熟期(愛川町のアイガモ栽培、平塚市のアイガモ栽培、慣行栽培は10月4日、愛川町の慣行栽培は10月14日)と成熟期の10日前および10日後に、それぞれ生育の代表的な場所の6畦 $\times 80$ 株を刈り取り、天日で乾燥した。収量構成要素および収量調査は、それぞれの収穫時期別に刈り取った株の中から任意に10株、5反復でそれぞれの項目について調査した。籾は比重1.13の塩水選を行った。玄米の品質は、

1999年4月30日受理。*連絡責任者(〒252-8510 藤沢市日大短期大学部, asano@brs.nihon-u.ac.jp)。本研究の一部は、1997年度日本大学生物資源科学部総合研究助成金による。

農産物規格規程（食糧制度研究会編 1997）に基づく鑑定法と一部は計測法により調査した。タンパク質含有量は、近赤外分析（佐竹社製：TB1-A）により測定した。水分は水分計（ケット社製：PB-1D2）で測定した。籾摺り時の玄米水分は、愛川町産は13%台、平塚市産が14%台であった。精米は精米機（佐竹社製：P-400）をもちいて、2度づきにより歩留まりを91%近くに搗精した。

食味官能試験は前報（浅野ら 1998）と同様に行った。試験は栽培法、品種ごとに都合4回実施した。成熟期刈りの米を基準米（0）として早刈り、遅刈り米を各項目ごとに評価した。また、試験のパネル人数は24-90名で、1997年11-12月に実施した。

結果と考察

1. 収穫時期の違いと玄米の外観品質およびタンパク質含有量の関係

収穫時期の違いによる玄米の外観品質とタンパク質含有量について第1, 2表に示した。コシヒカリのアイガモ栽培米では、完全米・青死米・乳白米・腹白米・茶米・胴割米において収穫時期の違いによる変化は見られなかった。青米は早刈り（成熟期前10日）は1.4%、成熟期刈りでは0.5%と減少した。成熟期刈りと遅刈り（成熟期後10日）の間には差が見られなかった。玄米のタンパク質含有量は、早刈りと成熟期刈りの間には差は見られなかったが、早刈り・成熟期刈りと遅刈りの間には差が見られ、遅刈り、成熟期刈りではそれぞれ0.7%、0.5%減少した。慣行栽培米では、アイガモ栽培米と同様に収穫時期が遅く

なると青米は減少した。タンパク質含有量は、収穫時期による差は見られなかった。アイガモ栽培と慣行栽培で玄米のタンパク質含有量に差が見られた原因は、窒素施用量の違いによると思われる。

キヌヒカリの場合、アイガモ・慣行栽培とも、コシヒカリと同様に完全米・青死米・乳白米・腹白米・茶米・胴割米は収穫時期による差は見られなかった。青米は収穫時期が遅くなるに従って、アイガモ栽培で1.7, 0.8, 0.3%、慣行栽培で2.1, 0.3, 0.4%と減少する傾向にあった。タンパク質含有量は、両栽培米とも収穫時期が遅くなるほど減少する傾向があったが、統計上の有意差は見られなかった。コシヒカリに比べてキヌヒカリは、両栽培米とも腹白米が多く認められた。腹白米は登熟期の高温で発生しやすい（伊藤 1989）ことが知られているが、二方を山に囲まれた愛川町に比べて平地に位置する平塚市では、試験を行った1997年は例年に比べて、登熟期に高温が続いたがそのこととの関連性は明らかでなかった。また、胴割米が慣行栽培米では1.9-2.6%であったのに対して、アイガモ栽培米では4.6-5.4%とその発現率が高かった。遅植えの場合、用水の早期切り上げにより胴割米の増加が意外に多い（岡野ら 1975）ことが知られている。アイガモ栽培の水田は、他の水田と比べて落水後土壌の乾燥が急激であったことが観察で認められていることから、落水後の土壌の急激な乾燥（水分の減少）は登熟中の米の外観品質に重要な影響を与えられたと思われる。

総じて玄米中のタンパク質含有量はコシヒカリ、キヌヒカリとも収穫時期が遅くなるに従って減少する傾向を示し

第1表 収穫時期の違いによる玄米の外観品質とタンパク質含有量。

栽培場所	品 種	農 法	収穫時期	完全米	青米	青死米	乳白米 % (粒数)	腹白米	茶米	胴割米	その他	タンパク質含有量 % (D.W.)
愛川町	コシヒカリ	アイガモ	-10	95.2a	1.4a	0.1a	0.3a	2.0a	0.5a	1.7a	0.2a	8.5a
			±0	96.0a	0.5b	0.0a	0.1a	2.0a	0.4a	1.3a	0.2a	8.3a
			+10	95.0a	0.2b	0.0a	0.2a	2.2a	0.4a	1.7a	0.6a	7.8b
	慣 行		-10	93.9a	2.3a	0.1a	0.9a	3.6a	0.5a	0.8a	0.2a	6.8a
			±0	93.2a	0.8b	0.0a	1.6a	2.7a	0.7a	1.7a	0.1a	6.7a
			+10	92.8a	0.6b	0.0a	0.5a	4.4a	0.7a	1.2a	0.4a	6.6a
平塚市	キヌヒカリ	アイガモ	-10	89.3a	1.7a	0.1a	0.2a	4.9a	0.4a	4.6a	0.5a	7.5a
			±0	88.7a	0.8b	0.0a	0.7a	4.5a	0.4a	5.0a	0.7a	7.3a
			+10	88.0a	0.3b	0.0a	0.6a	4.9a	0.5a	5.4a	0.5a	7.3a
	慣 行		-10	90.9a	2.1a	0.1a	0.8a	4.9a	1.3a	1.9a	0.1a	7.7a
			±0	89.0a	0.3b	0.0a	0.8a	6.4b	1.2a	2.3a	0.2a	7.6a
			+10	88.7a	0.4b	0.0a	0.5a	7.2b	0.6a	2.6a	0.4a	7.5a

刈取時期：±0 は成熟期刈り，-10 は成熟期前10日刈り，+10 は成熟期後10日刈り。同一品種・農法間で同一記号の付いた値間には5%水準の有意差がない（Tukey 検定による）。

第2表 収穫時期の違いによる玄米中の青米と完全米，タンパク質含有量との相関係数。

栽培場所	品 種	農 法	完全米と青米の相関係数	青米とタンパク質含有量の相関係数
愛川町	コシヒカリ	アイガモ	-0.889**	0.881**
		慣 行	-0.893**	0.928**
平塚市	キヌヒカリ	アイガモ	-0.921**	0.935**
		慣 行	-0.985**	0.855**

**：1%水準で有意。d.f.=13.

た。特にコシヒカリのアイガモ栽培米では統計上有意であった。収穫時期が遅くなるとタンパク質含有量が減少するという事は、松江ら（1991）の報告に類似していた。また、森山ら（1972）や岡野ら（1975）と同じように、収穫時期が遅くなるに従って青米が減少し、登熟歩合は高くなる傾向があった。青米、完全米、タンパク質含有量の関係は、青米が減少するに従って完全米が増加し、タンパク質含有量が低下した。それぞれの相関係数は青米と完全米は -0.922 、青米とタンパク質含有量は 0.900 であり、それぞれ1%水準で有意であった（第2表）。

2. 収量構成要素と収量

収量構成要素と収量の関係について第4表に示した。コシヒカリの場合、アイガモ栽培では収穫時期の違いによって穂数、粒数、千粒重に違いは見られなかった。しかし、登熟歩合は遅刈りすることにより僅かに増加した。その結果、収量は2%増加した。慣行栽培では、収穫時期の違いによって収量構成要素に差は見られなかったが、収量は遅刈りで3%増加した。キヌヒカリの場合、アイガモ栽培では収穫時期の違いによって収量構成要素に差は見られなかったが、遅刈りで収量は4%増加した。慣行栽培では、粒数が成熟期刈りに比べて早刈りと遅刈りで少なかった。他の収量構成要素には差が見られなかった。収量は遅刈り、成熟期刈り、早刈りの順であった。

一般に収穫時期を遅くすることにより、収量は増加する傾向が見られた。

3. 収穫時期の違いと食味の関係

収穫時期と食味の関係を官能試験により調査し、その結果を第5表に示した。コシヒカリのアイガモ栽培米の場合、成熟期刈り（基準米）に比べて早刈りでは調査項目のすべてにおいてその評価は低かった。遅刈りでは香り、外観、総合の項目において評価が高かった。慣行栽培米では、アイガモ栽培米と同様に成熟期刈りに対し、早刈りでは香り、味、硬さ、総合において評価が低く、遅刈りをして、各項目の評価は成熟期刈りに比べて劣らなかった。総合評価は遅刈り、成熟期刈り、早刈りの順であった。

キヌヒカリのアイガモ栽培米では、遅刈りで香りの評価が低下した。総合評価は遅刈り、成熟期刈り、早刈りの順であった。慣行栽培米では早刈りは成熟期刈りに比べて香り、味、粘り、硬さにおいて評価が低かった。遅刈りでは、成熟期刈りに比べていずれの項目でもその評価は劣らなかった。総合評価は遅刈り、成熟期刈り、早刈りの順であった。

食味試験の総合評価は、いずれの場合も成熟期刈り（基準米）と比べて統計上の有意差は認められなかったが、遅刈りにおいても成熟期刈りに比べてその評価が劣ることはなかった。このことは収穫時期を遅らせることにより、青

第3表 収穫時期の違いによる収量構成要素と収量。

栽培場所	品 種	農 法	収穫時期	穂数/株	粒数/穂	登熟歩合(%)	千粒重(g)	収量(g m ⁻²)	±0に対する収量の比率
愛川町	コシヒカリ	アイガモ	-10	17.8a	98.3a	80.6a	21.0a	429.8a	97
			±0	17.6a	99.2a	81.8a	21.3a	441.0b	100
			+10	18.0a	97.5a	82.0b	21.5a	448.6b	102
		慣 行	-10	16.4a	83.5a	82.7a	20.7a	414.7a	99
			±0	16.0a	84.6a	83.0a	21.0a	417.6a	100
			+10	16.8a	82.8a	83.4a	21.0a	431.2b	103
平塚市	キヌヒカリ	アイガモ	-10	16.5a	82.3a	85.3a	20.4a	471.8a	100
			±0	16.5a	81.0a	86.2a	20.6a	473.4a	100
			+10	16.8a	82.0a	86.8a	20.6a	491.4b	104
		慣 行	-10	20.0a	70.9a	84.7a	21.0a	502.6a	97
			±0	19.0a	75.2b	85.7a	21.2a	517.8b	100
			+10	20.4a	71.4a	85.9a	21.3a	531.6c	103

刈取時期：±0 は成熟期刈り，-10 は成熟期前10日刈り，+10 は成熟期後10日刈り。同一品種・農法間で同一記号の付いた値間には5%水準の有意差がない（Tukey検定による）。

第4表 栽培法、収穫時期及び品種の違いによる米の食味官能試験の結果。

栽培場所	品 種	農 法	収穫時期	香り	外観	味	粘り	硬さ	総合
愛川町	コシヒカリ	アイガモ	-10	-0.966**	-0.588**	-0.600**	-0.566**	-0.766**	-0.544**
			+10	0.366	0.111	-0.222	-0.200	-0.178	0.055
		慣 行	-10	-0.593**	0.109	-0.296	0.156	-0.406	-0.234
			+10	0.218	0.203	-0.062	0.359	0.031	0.109
		アイガモ	-10	0.208	0.083	0.291	0.458	0.375	-0.125
			+10	-0.625**	0	0.166	0.083	0.250	0.166
平塚市	キヌヒカリ	慣 行	-10	-0.638*	0.277	-0.194	-0.638*	-0.166	-0.333
			+10	0.750**	0.611**	0.583*	0.194	0.083	0.472*

刈取時期：±0 は成熟期刈り，-10 は成熟期前10日刈り，+10 は成熟期後10日刈り。**, *：1%水準，5%水準でそれぞれ有意。数値は基準米を0とした時の評価値。

米の減少が認められること、青米が減少するとタンパク質含有量が減少する傾向があること、などが微妙に食味に影響していると思われた。一般に遅刈りでは成熟期刈りに比べて食味が低下する傾向があり、その要因の1つとしてブレイクダウンの低下があげられている。また、コシヒカリ、キヌヒカリなどのように成熟期刈りの食味が高く、遅刈りによっても食味の低下程度が低い品種があり、これらはアミロース含有率、最高粘度、ブレイクダウンなどの変動が早刈りや遅刈りで変化が少ないこと(松江ら 1991)や、収穫適期は品種間により幅がある(岡野ら 1975, 工藤ら 1982)ことが報告されている。本試験において遅刈りの食味総合評価は成熟期刈りに比べて劣らなかった。その主な原因として上述した松江ら(1991)の報告にあるように、遅刈りによる食味の低下程度が低いコシヒカリとその近縁系統であるキヌヒカリを供試したことによると思われた。

以上のことから、単年度の結果ではあるがコシヒカリやキヌヒカリのように遅刈りによる食味の低下程度が低い品種では、従来の成熟期よりも10日程度遅く収穫すれば青米が減少すること、登熟歩合が向上し収量が増加すること、玄米の外観的な品質にあまり差が見られないこと、食味に影響があるとされる玄米中のタンパク質含有量が相対的に減少することなどから、特に登熟期後半まで窒素の吸収が行われているアイガモ農法(有機農法)などにおいては、食味の向上が期待できると思われた。

キヌヒカリではアイガモ栽培において胴割米が多く見ら

れたが、その要因として水稻の立毛中の水田の土壌水分の不足が考えられることから、排水の良い水田では落水時期を収穫時期に合わせて調整することも登熟期間中の米の外観品質の低下を防止する意味で大切な問題と思われる。

引用文献

- 浅野紘臣・磯部勝孝・坪木良雄 1998. アイガモ栽培による米の食味と Placebo 効果. 日作紀 67: 174—177.
- 竹生新次郎 1995. 米の科学. 朝倉書店, 東京. 121.
- 伊藤俊雄 1989. 農業技術体系作物編 2. 農文協, 東京. 627—642.
- 工藤悟・香村敏郎・高松美智則・釈一郎・中嶋泰則 1982. 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.
- 岡野博文・平沢信夫・島田裕之・間谷敏邦・坂本侑 1975. 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. 茨城県農業試験場研究報告 16: 22—42.
- 岡野博文・平沢信夫・間谷敏邦・坂本侑 1977. 米の品質食味に及ぼす収穫時期と乾燥法の影響. 農業技術 32: 503—505.
- 松江勇次・水田一枝・古野久美・吉田智彦 1991. 北部九州産米の食味に関する研究. 第2報 収穫期が米の食味および理化学的特性に及ぼす影響. 日作紀 60: 494—503.
- 森山義一・真鍋尚義・中川義博・坂田弘 1982. 刈り取り時期が水稻の品質・食味に及ぼす影響について. 九農研 34: 38—39.
- 食糧制度研究会編 1997. 農産物規格規程. 東京法令出版, 東京. 6201—6411.
- 平宏和・松島省三・松崎昭夫 1970. 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第92報 窒素施肥による米の蛋白質の収量およびその栄養価増大の可能性の栽培試験. 日作紀 39: 33—40.

Effect of Harvest Time on the Quality and Palatability of Paddy Rice Cultivated by Aigamo Duck Farming System : Hiroomi ASANO^{*1)}, Katsunori ISOBE²⁾ and Yoshio TSUBOKI²⁾ (¹⁾Junior Coll. Nihon Univ., Fujisawa 252-8510, Japan ; ²⁾Coll. of Bioresource, Nihon Univ.,)

Abstract : The effect of harvest time on the quality and protein content of paddy rice cultivated by using an Aigamo duck (crossbreed of wild and domestic ducks) farming system was examined. Perfect rice grain was increased with the delay of harvest time, irrespective of the method and place of cultivation. The protein content of Kinuhikari in the first year of Aigamo cultivation was 7.3+0.1%, and that of Koshibikari in the 5th year of Aigamo cultivation (the 7th year of organic cultivation) was 7.8+0.4%. The protein content of Koshihikari under Aigamo cultivation was decreased 0.7% at most by a 10-day delay of the harvest time from the mature stage. Yield components were influenced by the harvest time only slightly, and the yield was slightly increased by delaying the harvest time. The rate of green-kerneled rice was closely correlated with the protein content, and the protein content decreased with decreasing rate of green-kerneled rice. In the evaluation by sensory test for palatability, the best was early harvest, followed by late harvest and maturity harvest, in this order. This tendency was notable particularly in the rice in the 5th year of Aigamo cultivation (the 7th year of organic cultivation). These results suggest that 10-day delay of the harvest time from the usual time decreases the rate of green-kerneled rice, increases the crop yield, and improves palatability by decreasing the protein content in the brown rice.

Key words : Aigamo, Aigamo duck, Organic cultivation, Palatability of rice, Quality of rice, Time of harvesting.