

学位論文全文に代わる要約 Extended Summary in Lieu of Dissertation

氏名： 崔 中秋
Name

学位論文題目： 節水栽培における水稻の収量と米の品質・食味に関する研究
Title of Dissertation

学位論文要約： Dissertation Summary

水稻の節水栽培に資する知見を得るために以下の試験を行った。試験1：日本式の食味官能試験法が中国にも適用できるかどうかを確認するために、日本式の試験方法を用いて日本人パネルと中国人パネルの食味に対する嗜好性を比較調査した。試験2：特性の異なる新旧品種を供試し、節水栽培の基本になる水利用効率と乾物生産の品種間差を検討するとともに、それらを規制する要因と品種間差の成立機構を解析した。試験3：活着期から成熟期までを4期に分け、それぞれの時期に与えた水ストレスが地上部および地下部の形態に及ぼす影響を調査し、さらにどの収量構成要素を通じて収量を規制するのかが検討した。試験4：天津市近郊の実験用水田において灌水量が異なる6水準の処理区を設定し、活着期から成熟期までの灌水量の違いが生育、収量、品質、食味に及ぼす影響とその品種間差を調査した。試験5：香川県高松市における農家水田で4年間にわたって実際にヒノヒカリの節水栽培を行い、幼穂分化期前の灌水停止が生育、群落構造、根系特性、収量、品質、食味などに及ぼす影響を解析した。得られた結果は以下のように要約される。

1. 中日両国パネルによる日本産水稻品種の食味比較

中国人の食味に対する嗜好性に裏打ちされた食味官能評価方法を確定するため、福岡県産の日本品種10を用いて中日両国のパネルによる食味官能試験を行った。試験は2009年1月に、中国側では天津農学院内の中日水稻品質・食味共同研究センターで、日本側では福岡県農業総合試験場農産部で実施した。中国人パネルは天津農学院の教職員22名、日本人パネルは福岡県農業総合試験場に勤務する16名であった。

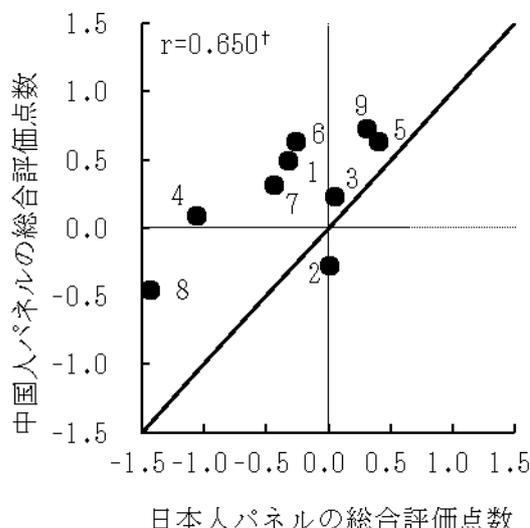
1) 基準品種にはコシヒカリを使用し、1回の試験で基準品種を含む10点の試料を評価した。評価は総合評価と外観および味は-3(かなり不良)、-2(少し不良)、-1(わずかに不良)、0(基準と同じ)、+1(わずかに良い)、+2(少し良い)、+3(かなり良い)、粘りは-3(かなり弱い)~+3(かなり強い)、硬さは-3(かなり軟らかい)~+3(かなり硬い)の7段階で行った。

2) 両国パネルとも、各品種に対する評価には明らかな差がみられた。すなわち、総合評価の平均値は、中国人パネルではつやおとめの0.73が最高であり、つくしろまんとつくし早生の0.64が次に高かった。最低はニシホマレの-0.45で、次にミネアサヒの-0.27が低かった。日本人パネルでは、つくしろまんの0.40が最も高く、次がつやおとめの0.31であった。最低はニシホマレの-1.44であり、日本晴も-1.06で-1を下回っていた。他に、キヌヒカリ、ミネアサヒ、つくし早生、ヒノヒカリの評点も0以下であった。他の外観、味、粘り、硬さの評価も品種によって異なっていた。

3) 第1図に日本人パネルの総合評価と中国人パネルの総合評価との関係を示したが、10%水準で有意な正の相関関係が認められた。つくしろまん(品種番号5)、つやおとめ(9)の総合評価は両国パネルとも高かった。しかし、日本晴(4)とニシホマレ(8)の評価点数は日本人パネルでは-1以下で極めて低かったが、中国人パネルの評価点数は0から-0.5程度であった。すなわち、日本人パネルの評価は低いが中国人パネルの評価はそれほど低くないという品種が存在した。しかし、逆に中国人パネ

(様式5) (Style5)

ルの評価が高くて日本人パネルの評価が低いという品種はなかった。他の食味評価項目においても中国人パネルと日本人パネルとの間には有意な正の相関関係が認められた。これらより、日本産品種の食味に対する全体的な評価傾向は中国人パネルであっても日本人パネルであってもほぼ同様であるが、個々の品種についてみると両国パネルで評価が分かれる品種があると推測された。



第1図 総合評価における日本人パネルと中国人パネルとの関係。
 図中の数字は品種番号。
 † : 10%水準で有意。

4) 官能試験評価項目と総合評価との単相関係数および各評価項目を説明変数、総合評価を目的変数とする重回帰分析の結果を第1表に示した。単相関係数をみると、中国人パネル、日本人パネルとも総合評価と外観、味、粘りとの間には正、硬さとの間には負の相関傾向が存在し、中国人パネルにおける硬さとの関係以外には有意性が認められた。しかし、重回帰分析による標準偏回帰係数は外観、味、粘りにおいては両国パネルとも正であったが、硬さにおいては中国人パネルでは正、日本人パネルでは負であった。すなわち、他の評価項目が同じであれば、中国人パネルでは硬い品種ほど、日本人パネルでは軟らかい品種ほど総合評価が高くなった。したがって、日本人パネルは軟らかい米の方を好むが、中国人パネルは硬い方を好むという嗜好性の違いがあると考えられた。また、標準偏回帰係数比から推定した外観、味、粘り、硬さの寄与率は、中国人パネルではそれぞれ 32 : 35 : 21 : 12 で、味の寄与が最も大きく、続いて外観、粘り、硬さの順であった。日本人パネルでは 39 : 26 : 30 : 5 であり、外観、粘り、味、硬さの順に寄与していた。

第1表 総合評価に対する各食味評価項目の単相関係数と標準偏回帰係数。

パネル	単相関係数				重相関 係数	標準偏回帰係数(比率)			
	外観	味	粘り	硬さ		外観	味	粘り	硬さ
中国	0.707*	0.820**	0.754*	-0.114	0.903**	0.396 (32.1)	0.437 (35.4)	0.256 (20.8)	0.144 (11.7)
日本	0.980***	0.962***	0.984***	-0.789**	0.998***	0.399 (38.8)	0.268 (26.1)	0.314 (30.5)	-0.047 (4.6)

*, **, *** : それぞれ 5%, 1%, 0.1%水準で有意。

2. 水ストレスが乾物生産と水利用効率に及ぼす影響

水分供給が制限された条件下での作物生産を考える場合、水利用効率の問題は極めて重要である。すなわち、作物の水利用効率が乾物生産にどう関わっているのかを知ることは、作物の節水栽培に役立つところが多い。また、水利用効率における品種間差の成立機構を明らかにすることは耐乾性品種の育成に際して有益な知見を提供するものと思われる。そこで、乾物生産の全体像と水利用効率との関係を解析するために、2012年に香川大学農学部のガラス屋根つき網室において、ポット栽培の新旧15品種を供試して試験を行った。

1) 移植後30日目から15日間、毎日の蒸発散量(蒸散量+蒸発量)を灌水する対照区(C区)とその半量を灌水する乾燥区(D区)を設け、処理開始時と処理終了時の葉面積と部位別乾物重を測定した。その調査結果に基づいて、乾物生産および水利用に関わる特性を算出した。

2) 処理期間中の乾物増加量(ΔW)には有意な品種間差、処理区間差が認められた。 ΔW の最高はC区ではギンマサリの20.9gであり、アズサとコシヒカリも20g前後の値を示した。最低はニホンマサリの11.0gで、あきたこまちとひとめぼれも13g前後であった。D区ではふくひびきの12.3gが最も大きく、次がギンマサリの11.3gであり、陸羽132gも10gを超えていた。最低はニホンマサリの4.5gで、アキヒカリも6g未満であった。品種間の変異係数はC区17.8%、D区26.5%であり、水ストレスによって乾物生産量の品種間差は拡大した。 ΔW の全品種平均値はC区16.3g、D区8.2gで、D区における ΔW の平均減少率 $[(1-D/C) \times 100]$ は50%であった。すなわち、水ストレスによって乾物生産量は半減した。品種別の減少率は、ふくひびきの35%が最も低く、その他にも亀の尾と陸羽132号も40%をやや上回る程度であった。最高はアキヒカリの68%であり、次がアズサの60%で、ニホンマサリと農林1号も60%に近かった。

3) 他の乾物生産関連特性および水利用関連特性、すなわち、平均葉面積(MLA)、純同化率(NAR)、積算蒸散量(ΣT)、水利用効率(WUE)、蒸散量/葉面積比($\Sigma T/MLA$)にも有意な品種間差、処理区間差が認められた。いずれの特性もD区の値の方がC区よりも小さく、D区における全品種の平均減少率は、MLAでは20%、NARでは37%、 ΣT では41%、WUEでは16%、 $\Sigma T/MLA$ では26%であった。すなわち、水ストレスを受けることで物質生産特性と水利用特性は低下したが、その程度はNARと ΣT において大きく、MLAとWUEにおいて小さかった。また、品種間変異係数はMLAを除くとC区よりもD区の方が大きく、葉面積以外の特性は水ストレスによって品種間差が拡大した。

4) ΔW は、物質生産面からはMLAとNARに分割され、水利用面からは ΣT とWUEに分割される。さらに、NARは $\Sigma T/MLA$ とWUEとの積、 ΣT はMLAと $\Sigma T/MLA$ との積で表される。したがって、処理期間中(15日間)の ΔW と乾物生産関連特性および水利用関連特性との間には次の関係式が成立する。

$$\begin{aligned}\Delta W &= MLA \times (\Delta W/MLA) = [MLA \times NAR] \times 15 \\ &= \Sigma T \times (\Delta W/\Sigma T) = \Sigma T \times WUE \\ &= MLA \times (\Sigma T/MLA) \times WUE\end{aligned}$$

これらのうちNARは光合成能力と深い関係をもつ特性なので、本試験ではNARによって光合成能力の高低を推定した。また、 $\Sigma T/MLA$ は葉面積が同じ場合の蒸散量の多少を表すので、本試験では $\Sigma T/MLA$ を気孔の開度を推測するための指標とした。

5) 第2図は、 ΔW と乾物生産関連特性および水利用関連特性との関係を整理して示したものであるが、物質生産面からみると、 ΔW はC区、D区ともMLAおよびNARの双方と有意な正の相関を示した。しかし、水利用面からみると、 ΔW と ΣT の間には両区とも有意な正の相関関係が存在したものの、WUEの間にはD区においてのみ有意な正の相関が認められた。また、NARは、WUEとはC区、D区とも有意な正の相関を示したが、 $\Sigma T/MLA$ の間にはD区にのみ有意な正の相関関係が存在した。 ΣT とMLAおよび $\Sigma T/MLA$ との関係では、MLAの間には両処理区とも有意な正の相関関係が認められたが、 $\Sigma T/MLA$ との関係ではD区にのみ有意な正の相関関係が認められた。

3. 生育時期別の水ストレスが収量構成要素に及ぼす影響

2011年に香川大学農学部ガラス屋根つき網室において、コシヒカリと津川1号を供試してポット試験による時期別断水処理が収量構成要素に及ぼす影響を検討した。

1) 処理として、常時湛水状態の無処理区(C区)の他、6月11日(活着期)から7月11日(幼穂形成始期)まで断水するⅠ区、7月11日(幼穂形成始期)から8月10日(穂揃期)まで断水するⅡ区、7月31日(花粉完成期)から8月30日(糊熟期)まで断水するⅢ区、8月30日(糊熟期)から9月29日(成熟期)まで断水するⅣ区を設けた。

2) 断水処理により、出穂期は遅延し、稈長と穂長は有意に短縮し、枝梗数は減少した。また、有意ではないが根重は減少し、根数と最長根長は増加した。根重の減少はⅠ区、出穂期の遅延と枝梗数の減少はⅡ区、稈長と穂長の短縮および根数と最長根長の増加はⅢ区で特に大きい傾向がみられた。

3) 第2表に、各処理区における収量構成要素および収量とそれぞれのC区に対する比率(対C比: 処理区/C区×100)を示した。穂数以外の収量構成要素には有意な処理区間差が認められた。また、断水処理で収量は有意に減少したが、減収率は断水時期により異なった。すなわち対C比は、Ⅰ区ではコシヒカリ60、津川1号68、Ⅱ区ではコシヒカリ15、津川1号16、Ⅲ区ではコシヒカリ8、津川1号12、Ⅳ区ではコシヒカリ68、津川1号74であった。すなわち、Ⅰ区とⅣ区のC区に対する減収率は40%以内であったが、Ⅱ区とⅢ区では80~90%で極めて高かった。このため、節水栽培を行う場合は活着期から幼穂形成期までか糊熟期以後、特に幼穂形成以前の実施が望ましいと考えられた。

第2表 収量構成要素.

品種	処理	穂数 (本/株)	1穂粒数 (粒/穂)	登熟歩合 (%)	1000粒重 (g)	収量 (g/株)
コシヒカリ	Ⅰ	15(71)a	115.4(90)a	82.7(96)a	26.0(98)a	37.2(60)b
	Ⅱ	19(90)a	49.0(38)c	50.1(58)b	19.3(73)c	9.0(15)c
	Ⅲ	22(105)a	70.3(55)bc	15.0(17)c	20.7(78)b	4.8(8)c
	Ⅳ	19(90)a	103.2(80)ab	82.1(96)a	26.0(98)a	41.9(68)b
	C	21(100)a	128.6(100)a	85.9(100)a	26.6(100)a	61.7(100)a
津川1号	Ⅰ	14(70)a	113.8(101)a	90.1(97)a	25.4(98)a	36.5(68)b
	Ⅱ	24(120)a	57.9(51)b	30.6(33)b	20.3(79)c	8.6(16)d
	Ⅲ	16(80)a	92.6(82)a	18.6(20)b	24.1(93)b	6.6(12)d
	Ⅳ	18(90)a	97.6(87)a	90.0(97)a	25.3(98)a	40.0(74)c
	C	20(100)a	112.6(100)a	93.0(100)a	25.8(100)a	54.0(100)a
分散分析	品種	ns	ns	ns	*	ns
	処理	ns	***	***	***	***
	交互作用	ns	ns	*	***	**

異なるアルファベット: 同じ品種内の処理間に5%水準で有意差ありを示す。

分散分析: ns, *, **, ***はそれぞれ有意差なし, 5%, 1%, 0.1%水準で有意差ありを示す。

(): 各処理区のC区に対する比率(%)。

4) 減収の原因は、断水処理を受ける時期に決定される収量構成要素の低下によっていた。すなわち、Ⅰ区では穂数の減少、Ⅱ区では1穂粒数の減少および稔実歩合の低下による登熟歩合の低下、Ⅲ区では開花期不稔および稔実歩合の低下による登熟歩合の低下が減収の主原因と考えられた。Ⅳ区での減収には個々の構成要素の減少が相乗的に影響していた。

5) 水ストレスによる1穂粒数の減少には、2次枝梗の着生粒数、特に枝梗数の減少が大きく影響していた。一方、登熟歩合と千粒重に関しては、1次枝梗と2次枝梗との間に差はないと考えられた。

4. 灌水量と収量、品質および食味との関係

試験は、2014年に中国天津直轄市にある天津農学院中日水稻品質・食味共同研究センター付属実験水田において実施した。天津市近郊で栽培されている津農M01、津原E28、津稻417、津原45を供試し、灌水量の異なる6処理区を設けて各処理区における生育、収量構成要素、外観品質、理化学的食味特性を調査するとともに、食味官能試験を実施した。これらの調査結果に基づいて、灌水量の違いがどのような経路を通じて実際の収量や品質、食味に関わっていくのかを解析した。さらに、灌水量に対する収量、品質、食味の反応性の品種間差、すなわち水ストレスに対する品種の安定性を比較した。

1) 試験には1日あたり平均減水深が約5cmの水田6筆を使用した。移植後18日間は各水田とも水深5cmの常時湛水状態を保ったが、その後は6筆の水田を毎日5cmまで灌水するI区と10cmまで3日に一度灌水するII区、4日に一度灌水するIII区、7日に一度灌水するIV区、14日に一度灌水するV区および全く灌水をしないで給水は降雨だけによるVI区に分けた。したがって、減水深が約5cmなので、I区は常時湛水状態であるが、II区は灌水後の2日間は湛水状態で1日は落水状態、III区は2日間湛水で2日間落水、IV区は2日間湛水で5日間落水、V区は2日間湛水で12日間落水、VI区は常時落水状態となった。試験期間中の灌水量と雨量を合計した給水量は、I区5799mm、II区4282mm (I区に対する節水率: 26.2%)、III区3524mm (同: 39.2%)、IV区2549mm (同: 56.0%)、V区1899mm (同: 67.3%)、VI区1249mm (同: 78.5%)であった。

2) 処理区間の生育を比較すると、草丈は処理開始後1カ月目位までは処理による差はほとんどなかったが、その後はII区で高く、V区とVI区で低く推移した。茎数は処理開始後2週間目頃から処理区間差が目立ち始め、II区で多く、I区、V区、VI区で少なく推移し、II区以外では7月上旬から中旬に最高となりその後減少したが、II区の茎数はやや遅れて最高となった。葉色は、6月末から7月上旬頃に最高となった後、低下した。7月下旬から1カ月ほどはほとんど変化せずに推移し、その後急激に低下したが、全体を通じて処理区間に明瞭な差はみられなかった。

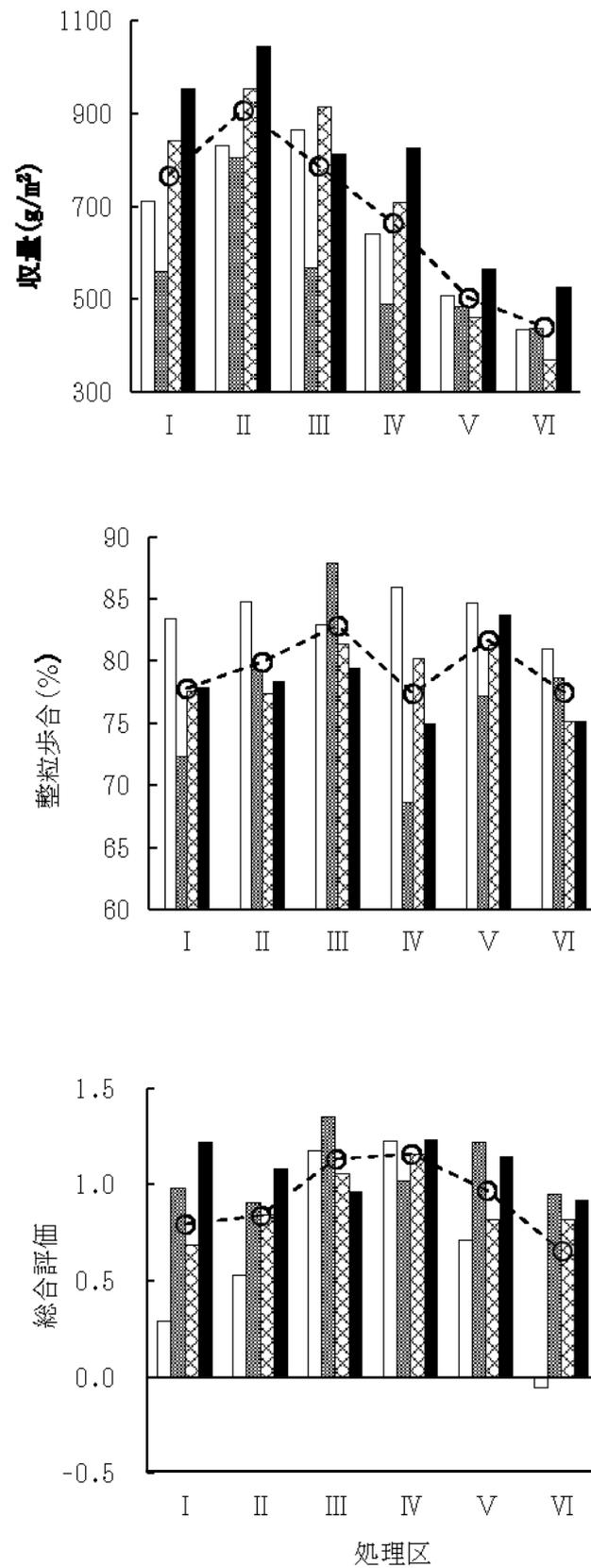
2) 出穂期と成熟期における形態形質にも処理による違いが認められた。すなわち、出穂期はI~IV区ではほぼ同日であったが、V区では2日程度、VI区では4日程度遅れた。出穂期の草丈には有意な処理区間差がみられ、生育経過が反映されてII区で長く、V区とVI区で短くなった。茎数はII区で多い傾向がみられたものの処理区間に有意差は認められなかった。葉色にも処理区間に有意差はなかった。一方、1茎あたり出液速度は処理区間に有意差があり、灌水量の多いI区で大きく、無灌水のVI区で小さかった。成熟期の稈長には出穂期の草丈と同じ傾向がみられ、穂長もV区、VI区で短かった。葉色には、出穂期と同様、処理区間に有意差は認められなかった。しかし、1茎あたりの出液速度は、出穂期とは異なり、処理区間に有意差がみられなくなった。

3) 各処理区における品種別および全品種の平均収量、玄米の外観品質に関わる整粒歩合、食味官能試験における総合評価を第3図に示した。収量の全品種平均値には処理区間で有意差が認められ、II区が最高で、V区とVI区で大きく減収した。品種別にみても傾向はほとんど同じであったが、津農M01だけはIII区の収量がII区を上回っていた。

整粒歩合の全品種平均値には、処理区による一定の傾向はみられなかった。すなわち、III区とV区で高かったものの概して処理による差は小さく、このため、処理区間に有意差は認められなかった。また、品種によって反応が異なり、津農M01はIV区、津原E28はIII区、津稻417はIII区とV区、津原45はV区が最も高かった。

食味総合評価の全品種平均値にも有意な処理区間差は認められず、III区とIV区で高く、VI区で最も低かったものの、その反応は品種によって異なっていた。すなわち、津農M01と津稻417はIV区を最高とする一頂型に変異していたが、津原E28と津原45はI区~VI区の間で乱高下した。

4) 収量構成要素の反応についてみると、穂数はII区、1穂粒数はI区とII区が他の区よりも有意に多かった。このため、その積である総粒数と数量との間に有意な正の相関関係が存在した。また、穂数は出穂期の茎数と、1穂粒数は成熟期の穂長と有意な正の相関を示した。したがって、給水量と収



第3図 各処理区の収量、品質、食味総合評価の品種別値と全品種平均値。
 □：津農 M01，▨：津原 E28，▧：津稻 417，■：津原 45。-○-：平均値。

量との間には、給水量→茎数→穂数→総粒数→収量という経路と給水量→穂長→1穂粒数→総粒数→収量という経路が存在すると考えられた。

5) 玄米の外観品質に関わる未熟粒歩合の処理区別の全品種平均値は変異が小さく、有意差は認められなかった。しかし、全品種、全処理区に対する分散分析では処理区間および交互作用に有意差が検出された。すなわち、品種別にみると、津原 45 以外の品種ではⅢ～Ⅵ区において未熟粒歩合が有意に増加した。このため、落水期間が5日以上も続くような極度の水不足では未熟粒が増加し、外観品質が低下する可能性があると考えられた。

6) 食味を規制する理化学的特性に対する全体の分散分析の結果、飯米のテクスチャー特性に関わる硬度/粘度比以外には有意な処理区間差が認められた。すなわち、いずれの品種においても白米のアミロース含有率とタンパク質含有率はⅢ区またはⅣ区で低く、Ⅴ区とⅥ区で高い傾向がみられた。逆に、精米粉のアミログラム特性に関わる最高粘度とブレイクダウンはⅢ区、Ⅳ区で高く、Ⅴ区、Ⅵ区で低かった。

食味官能試験における総合評価はⅢ区とⅣ区で高く、外観、香り、味、粘りと正、硬さと負の有意な相関を示した。また、他の官能試験項目では、外観、香り、味、粘りはⅢ区あるいはⅣ区で高く、硬さはⅢ区、Ⅳ区で低かった。これらより、Ⅲ区およびⅣ区産米はアミロース含有率とタンパク質含有率が低く、最高粘度とブレイクダウンが高いために官能試験における飯米の外観、香り、味が優れ、粘りが強く軟らかく、結果的に総合評価が高くなると推測された。

7) Finlay and Wilkinson の回帰分析を応用し、供試品種の節水栽培適応性(平均値と安定性)を評価した。津農 M01 は収量面では平均的、品質面では良質安定型、食味面では不良不安定型、津原 E28 は収量面では低収安定型、品質面では不良不安定型、食味面では良食味安定型、津稲 417 は収量面では多収不安定型、品質および食味面では平均的、津原 45 は収量面では多収不安定型、品質面では平均的、食味面では良食味安定型と考えられた。

8) 以上のように、本試験では収量と品質および食味が最高となる処理区は異なり、収量はⅡ区、品質はⅢ区とⅤ区、食味はⅢ区とⅣ区の値が最も高かった。したがって、収量、品質、食味を総合するとⅢ区、すなわち2日間湛水状態で2日間落水状態という灌水法が最適であると判断された。また、本試験に供試した品種の中で収量、品質、食味の全てにおいて節水栽培に適している品種はなかったが、これはわずか4品種で比較した結果である。このため今後は、より多くの品種について調査を行い、節水栽培に対する総合的な適応性の高い品種を選抜しなければならない。

5. 農家水田における節水栽培の実証試験

香川県における年間の水需要総量は約5億3380万トン(2006年)であるが、この52%にあたる約2億7800万トンが水稻栽培のために使われている。したがって、栽培にこれほど大量の水を使用し、また栽培時期が夏の渇水期に重なる水稻において、栽培用水をたとえ1割でも節約できれば県全体の水消費量は大幅に削減される。そこで、今後の香川県における水稻の節水栽培法についての基礎的知見を得るために、2012年から2015年までの4年間、高松市内の農家水田において実際の節水栽培を行い、生育、収量、品質、食味を調査した。

1) 各年次ともヒノヒカリを供試し、2筆の水田において常時湛水栽培(対照区:C区)と幼穂分化期前に灌水を停止する節水栽培(D区)を行った。D区における灌水停止期間は、2012年は22日間(7月16日～8月6日)、2013年と2014年は30日間(7月6日～8月4日)、2015年は20日間(7月18日～8月6日)であった。各年次の給水量はそれぞれ、2012年はC区983mm、D区780mm(C区に対する節水率:20.7%)、2013年はC区1194mm、D区876mm(同:27.4%)、2014年はC区1235mm、D区935mm(同:24.3%)、2015年はC区1146mm、D区949mm(同:17.2%)であった。

2) 2013年に草丈、茎数、葉色および出液速度の推移を調査した。D区の草丈は、処理期間中はC区とほとんど変わらなかったが徐々に差が現れ始め、出穂期頃にはC区よりも約10cm短くなった。茎数はC区、D区とも7月下旬に最高となったが、処理直後から処理区間差が現れ、最高分げつ期の茎

(様式5) (Style5)

数はD区が10本以上(約30%)少なかった。しかし、その後の減少はD区の方が緩やかで、両区の差は次第に縮小した。その結果、有効茎歩合(穂数/最高茎数)はC区62.6%, D区67.5%で、D区の方がC区を上回った。また、茎数が穂数と同数になる時期すなわち有効分げつ決定期はC区、D区とも7月15~20日頃であった。葉色は7月中下旬頃に最も濃く、その後薄くなっていったが、処理による差はほとんどみられなかった。出液速度は、C区では出穂期前まで直線的に増加し、その後低下したが、D区の出液速度は灌水停止によって急激に減少し、処理期間中はC区よりも明らかに低く推移した。しかし、処理が終了して灌水が再開されると、D区では活力のある新根が多数発生し、これに伴って出液速度が急上昇してC区とほとんど変わらなくなった。

3) 2013年の成熟期に葉群構造と根系特性を調査した。D区の葉面積はC区より小さかったものの葉が群落内に比較的均等に分布し、光が上層部で強く遮られることがなかった。また、D区の根量はC区より少なかったが、根の横への広がりや深層部への伸長、特に深層部への伸長が大きかった。

4) いずれの試験年次においても、出穂期はC区とD区でほとんど変わらなかった。収量は各年次ともD区で減少し、収量構成要素の積から求めたD区における計算収量のC区に対する割合(D/C比)は2012年98, 2013年69, 2014年79, 2015年96であった、実際の刈取収量のD/C比も、2012年は94, 2013年は73, 2014年は79, 2015年は97であり、計算収量のD/C比とほとんど変わらなかった。

収量構成要素では、2012年と2015年における穂数のD/C比はそれぞれ101と96で、処理区間に有意差は認められなかったが、2013年と2014年における穂数はD区の方がC区よりも有意に少なく、D/C比は両年とも74であった。1穂粒数のD/C比は93~99で各年次ともD区の方が少なかったが有意差は認められなかった。登熟歩合のD/C比は95~110, 千粒重のD/C比は99~104であり、2013年は両構成要素ともD区の方が小さかったが、他の年はD区の方が大きく、2015年には処理区間で有意差が認められた。

5) 玄米の外観品質に関わる整粒歩合は、2013年のみD区の方が低かったが、他の3年間はD区の方が高かった。しかし、各年次とも処理区間差は有意ではなかった。また、D区では整粒歩合の増加にほぼ見合う分だけ未熟粒歩合が低かったが、処理区間に有意差はみられなかった。

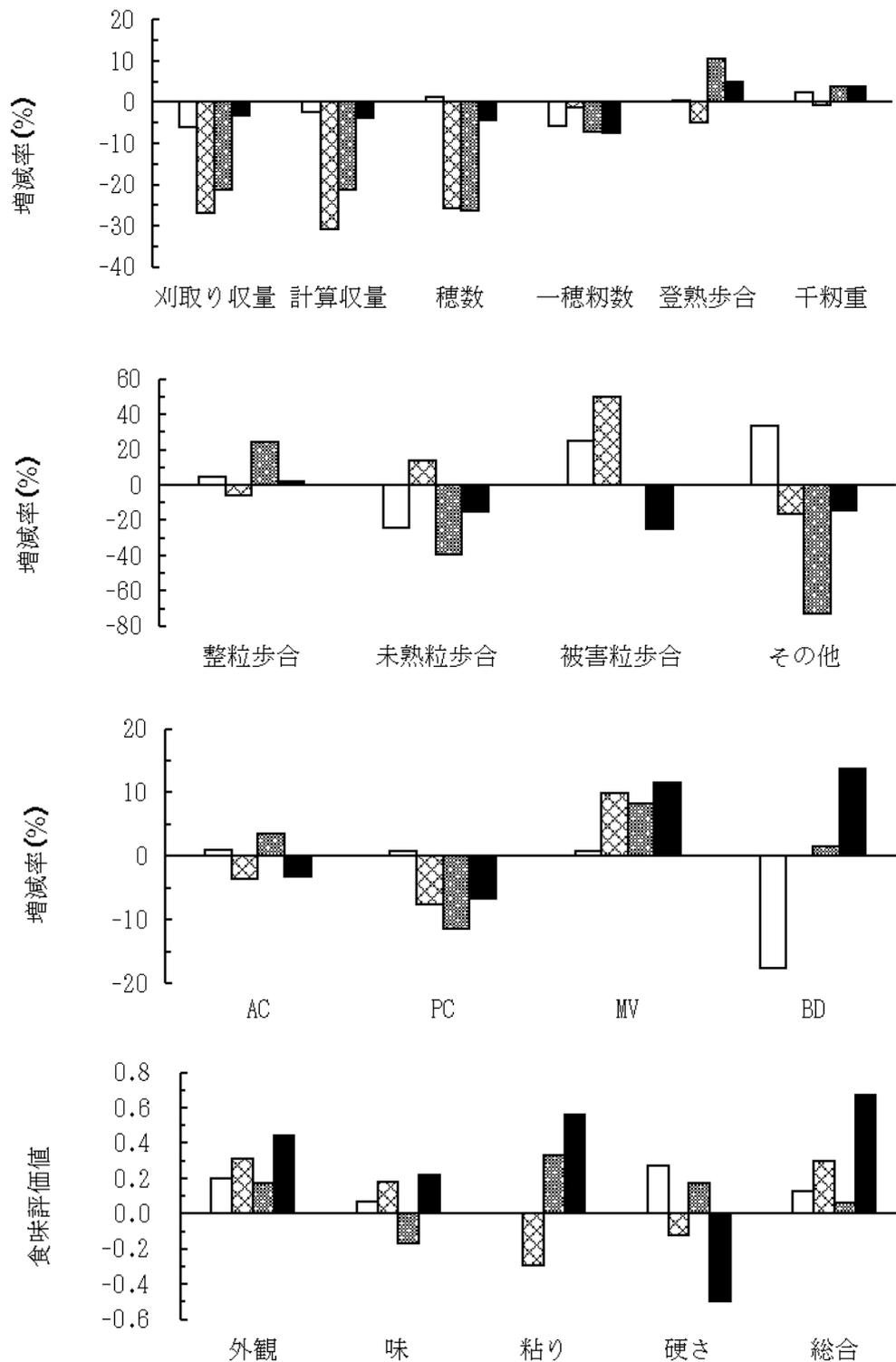
6) 食味に関わる理化学的特性では、2012年はD区の方がC区よりもアミロース含有率とタンパク質含有率が高く、ブレイクダウンが小さいという食味にとって好ましくない傾向がみられた。ただし、最高粘度はD区の方が高かった。しかし、いずれの差もごくわずかであり、処理区間に有意差は認められなかった。一方、他の年では、2013年のブレイクダウンが両区同値であり、2014年のアミロース含有率がD区の方が高かった以外は、各年次ともD区の方がアミロース含有率とタンパク質含有率が低く、最高粘度とブレイクダウンが高かった。特に、2015年のアミロース含有率と最高粘度の処理区間差は有意であった。

7) C区産米を基準にした食味官能試験では、各年次とも、また外観、味、粘り、硬さ、総合の各評価項目ともD区は正の値をとる場合が多く、特に外観と総合評価は4年間とも正であった。中でも、2015年はD区とC区との差が大きく、D区産米はC区産米よりも外観が優れ、味が良く、粘りが強く軟らかく、このため総合評価が高くなるという傾向がみられた。しかし、いずれの年次においても全ての項目に有意な処理区間差は認められなかった。

8) 第4図に得られた結果を整理して示した。収量では、灌水停止期間が短かった2012年と2015年の減収率は5%以内にとどまったが、灌水停止期間が長かった2013年と2014年の減収率は25%前後に達した。このため、2013年と2014年に行った節水栽培法、すなわち幼穂分化期前に30日間灌水を停止する方法(節水率25~30%)をそのまま実用栽培に摘要するのは難しいと判断された。したがって、2012年と2015年に行った幼穂分化期前約3週間の灌水停止(節水率20%前後)が実用的な節水栽培の限界であると考えられる。

9) D区における収量構成要素は、C区よりも穂数と1穂粒数は減少し、登熟歩合と千粒重は増加する傾向がみられた。特にD区での減収が激しかった2013年と2014年の穂数は処理区間に有意差が認められ、D

(様式5) (Style5)



第4図 収量、収量構成要素、品質の対照区に対する増減率および食味評価値。

□：2012年，⊠：2013年，▨：2014年，■：2015年。

AC：アミロース含有率，PC：タンパク質含有率，

MV：最高粘度，BD：ブレイクダウン。

(様式5) (Style5)

区において約25%も減少したが、この原因は灌水の停止時期にあると推測された。すなわち、2013年と2014年に灌水を停止した幼穂分化期30日前頃は茎数が盛んに増加する時期である。このためD区では、灌水停止に伴う茎数の増加抑制によって穂数が減少し、結果的に大きく減収したと考えられる。一方、2012年と2015年に灌水を停止した幼穂分化期3週間前頃は有効分げつ決定期であり、穂数にほぼ相当する茎数が既に確保されていたと思われる。このため、灌水後に茎数の増加が抑制されても無効分げつが減るだけで、最終的な穂数にはほとんど影響しなかったと考えられる。これらより、有効分げつ決定期は節水栽培における灌水停止時期を決める目安になると判断された。

10) 本試験におけるC区産米とD区産米の玄米品質に有意差はなく、食味に関わる理化学的特性と官能試験評価項目にもほとんど有意差は認められなかった。しかし、統計的に有意差がない場合が多かったものの、D区産米は整粒歩合が高く、未熟粒歩合が低く、アミロース含有率とタンパク質含有率が低くて最高粘度とブレイクダウンが大きく、飯米の外観が優れて総合評価が高いという傾向がみられた。特に、2015年の食味試験におけるD区産米の総合評価は0.67という高い値を示した。官能試験では、0.4~0.5の開きがあれば食味に1ランクの差があると言われている。したがって、本試験の2015年のD産米の食味はC区産米を1ランク程度上回っていたとみられるが、統計的に有意差が現れなかったのはパネル間のバラツキが大きかったためと思われる。食味官能試験のパネルが経験の浅い大学生が主体であったためやむを得ない面もあるが、今後はパネルの選定にも十分配慮する必要があると考えられる。

11) 以上、本試験の結果から、幼穂分化期前の灌水停止による節水栽培では3週間程度の灌水停止が限度であること、またこの程度の灌水制限であれば品質・食味に影響はなく、むしろ節水栽培によって品質・食味が向上する可能性があることが判明した。したがって、今後も試験を継続して本試験の結果を検証するとともに、香川県の新品種であるおいでまいなどを含むより多くの品種を対象に調査を行って節水栽培に適した品種を選抜することが重要である。

(注) 要約の文量は、学位論文の文量の約10分の1として下さい。図表や写真を含めても構いません。

(Note) The Summary should be about 10% of the entire dissertation and may include illustrations