

原著論文

日本在来水稻品種から見出された高維管束比品種の育種利用における有用性

笹原英樹^{1,2)}・重宗明子¹⁾・後藤明俊¹⁾・三浦清之¹⁾・福山利範³⁾

¹⁾中央農業総合研究センター北陸研究センター, 上越市, 〒943-0193

²⁾新潟大学大学院自然科学研究科, 新潟市, 〒950-2181

³⁾新潟大学農学部, 新潟市, 〒950-2181

摘要

維管束の転流効率が優れると考えられる維管束比（一次枝梗あたりの穂首維管束数）の高い遺伝資源を日本在来水稻 103 品種から探索したところ、1.5 以上の維管束比を示す 6 品種が見出された。供試品種を判別関数で分類した結果、この 6 品種のうち、2 品種はインド型で、4 品種は温帯日本型であった。これら維管束比 1.5 程度の温帯日本型品種の穂の維管束走向をインド型品種ハバタキ（維管束比=2）および温帯日本型品種ササニシキ（維管束比=1）と比較したところ、両者の中間的な特徴を有していた。インド型品種を日本型品種改良の育種素材とした場合、不稔などの生殖的隔離や脱粒性、玄米の粒形などの不良形質が問題となる。実際に、高維管束比の供与親としてインド型品種および上記の温帯日本型品種の一つを用いた 2 種類の雑種集団を比較したところ、日印交雑 F₂ 集団では高維管束比の個体の出現率が高いが、稔実率が極めて劣るのに対して、温帯日本型同士の F₂ 集団では稔実率が良好であり、維管束比も 1.5 前後の高い個体が分離した。本研究において見出した高維管束比の温帯日本型品種は、維管束系の改良による温帯日本型品種の多収化を目指す上で有効な遺伝資源となると考えられる。

キーワード

維管束比, 温帯日本型, 多収性, 日本在来水稻, 穂首維管束

緒言

イネ (*Oryza sativa* L.) の穂首節間の大維管束数（以後、穂首大維管束数とする）と穂の一次枝梗数との関係は、インド型と日本型に対応して分化しており、一次枝梗数に対する穂首大維管束数の割合（維管束比）はインド型で高く、日本型で低いことが知られている (Fukuyama and Takayama 1995)。さらに、Fukuyama *et al.* (1999) はインド型で最も維管束比が高く、次いで熱帯日本型、温帯日本型の順に維管束比が低くなることを報告しており、いずれも日本型よりインド型の維管束比が高いことを示している。

一方、穂首大維管束と収量およびその関連形質との関係について、いくつかの報告がある。林 (1976) は、穂首大維管束数と一穂粒数および一穂重との間に高い正の

相関のあることを認めた。また、亀島ら (1987) は、超穂重型の多収品種について、一粒あたりの穂首大維管束面積が大きいほど登熟歩合、収量の高い傾向があるとしている。既報 (笹原・福山 1999) では温帯日本型品種を用いて、高維管束比品種群は低維管束比品種群よりも二次枝梗粒数が多いため一穂粒数も多く、一穂重も差はないことから、一穂全体の粒重は増加することを報告し、穂首大維管束数を増やし、維管束比を高くする選抜により日本型品種の収量性が改善できることを示唆した。

前述のように、インド型は日本型より維管束比が高いことから、維管束系改良の遺伝資源として優れると思われるが、インド型品種は幼苗期の耐冷性が劣ることや脱粒性など、種々の不良形質を持っている上、日本型とインド型品種の間には雑種不稔などの生殖的隔離機構の存在も多数指摘されている (加藤ら 1928, 岡 1954, Oka 1957, Okuno 1985, 1996, 1999, Nakagahra 1972, Nakagahra *et al.* 1972)。一方、日本型品種、特に温帯日本型で高維管束比の品種であれば、現在の日本水稻品種との雑種不稔などの生ずる可能性が低く、高維管束比の導入による日本の

編集委員：加藤恒雄

2008年3月28日受領 2008年10月4日受理

Correspondence: hsasa@affrc.go.jp

食用品種の収量改善のための育種素材として適すると考えられる。

本研究では、高維管束比導入のための有用母本の探索を目的として日本在来水稲品種の穂首維管束系の変異を調査し、その過程で見出した維管束比の高い温帯日本型品種について、維管束走向の特徴と農業形質およびその交配後代の雑種集団の評価を行い、育種素材としての有用性を検証した。

材料および方法

供試品種は日本各地の在来水稲 103 品種である。これらの品種は、農業生物資源研究所ジーンバンクに水稲として登録されている日本在来品種から無作為に選び、分譲を受けた。

1997 年に新潟大学農学部附属新通農場（現 新潟大学農学部附属フィールド科学教育研究センター新通ステーション）の水田で供試品種を栽培し、5 個体の最長稈の穂を品種毎に採取した。その後、穂首節の下、約 1 cm の部分で切断し解剖顕微鏡を用いて穂首大維管束数と、穂の一次枝梗数を調査した後、維管束比（穂首大維管束数を一次枝梗数で除した値）を算出した。

また、一方でこれら供試品種を以下に示す佐藤（1991）の方法に従いインド型、温帯日本型および熱帯日本型に分類した。

インド型と日本型の分類は、判別式 $Z_1 = Ph + 1.313K - 0.82H - 1.251$ によった。ここで、Ph, K および H はそれぞれ粉のフェノール反応（+：1, -：0）、塩素酸カリウム感受性（0.0～2.0）およびふ毛長（mm）を示す。インド型品種はフェノールにより粉が黒変（+）し、塩素酸カリウム感受性が大きく、ふ毛長が短い形質組合せ、日本型はフェノールに反応せず（-）、塩素酸カリウム感受性が小さく、ふ毛長が長い形質組合せを持つ傾向が高い。

次に、 Z_1 値で日本型と判別した品種について、判別式 $Z_2 = R + 0.093M - 0.044E - 2.01$ によって熱帯日本型と温帯日本型の分類を行った。ここで、R, M および E は、粉の長幅比、メソコチル長（mm）および胚乳のアルカリ崩壊性（%）を示す。熱帯日本型品種は粉の長幅比が大きく、メソコチルが長く、胚乳のアルカリ崩壊性が小さい形質組合せ、温帯日本型は逆に、粉の長幅比が小さく、メソコチルが短く、胚乳のアルカリ崩壊性が大きい形質組合せを持つ傾向がある。

後述のように、上記の調査の結果、維管束比が高い温帯日本型品種として遠州、高山もち、水口稲および福山が見出された。この 4 品種について、2004 年に中央農業総合研究センター北陸研究センター圃場にて、畑苗代晩播による葉いもち病菌圃場抵抗性検定を行った。抵抗性既知の基準品種として、トヨニシキ（強）、日本晴（中）、コシヒカリ（弱）を用いた。畑苗代晩播検定の方法は東・小綿（1995）に従い、6 月 7 日に播種し、7 月 20 日、7 月

26 日、8 月 2 日の 3 回調査を行った。3 回のスコアから平均値を算出し、基準品種と比較して抵抗性程度を判定した。この圃場の優占レースは 007 であるため、このレースに真性抵抗性を示す品種は圃場抵抗性の検定が不可能である。そこで、予め供試品種の幼苗にもち病菌レース 007 を噴霧接種し、真性抵抗性の比較品種としたハバタキ以外は罹病性であることを確認した。

2006 年に中央農業総合研究センター北陸研究センターの水田で上記の 4 品種とコシヒカリ、ササニシキ、インド型品種のハバタキを栽培した。各品種 5 個体について、出穂期、稈長、穂長、一株穂数、一穂重、脱粒性、穂発芽性、粳糯の別、玄米の粒形および維管束比を調査した。

2006 年に栽培した材料を用いて、ハバタキ、温帯日本型品種のササニシキ、上記の 4 品種中、水口稲、福山および高山もちの穂の維管束走向について、水口稲のみ 4 個体、その他の品種は 5 個体の最長稈の穂を調査した。穂軸の各節における大維管束の減少数から、一次枝梗に連絡する大維管束数を推定した。維管束減少数は穂軸の各節の下部と上部の切断面の大維管束数を測定し、その差から求めた（福嶌 2003）。複数の穂軸節が密接している場合は、その上下の減少数を節数で割った値を維管束減少数とした。

雑種 F_2 世代 2 集団（どんとこい/水口稲および北陸 193 号/コシヒカリ）と両親品種を 2006 年に栽培し、維管束比に関する選抜試験を行った。両親品種はそれぞれ 4 個体から最長稈の 1 穂を採取し、維管束比、稔実率、脱粒性および玄米の粒形を調査した。二つの雑種 F_2 集団についても最長稈の 1 穂を採取し、各集団 50 個体の維管束比と稔実率を調査し、維管束比 1.4 以上かつ稔実率 90% 以上の個体を選抜した。さらに、選抜個体について、脱粒性と玄米の粒形を調査した。稔実率については目視および触感調査により一穂粒数に占める稔実粒数の割合として算出した。脱粒性は穂を強く握り判定した。粒形調査は両親品種、選抜個体いずれも玄米 20 粒について、粒長および粒幅を測定し、長幅比と長幅積を算出した。

結果

1. 日本在来水稲品種の穂首維管束系の変異と維管束走向

日本在来水稲品種を佐藤（1991）の方法に従い、インド型、熱帯日本型、温帯日本型に分類した。インド型と日本型を分類する Z_1 値の頻度分布を Fig. 1 に示した。日本在来水稲の Z_1 値は明瞭に 2 群に分かれ、0.8 以下の 101 品種が日本型、1.6 以上の 2 品種がインド型と判別された。これら 2 品種は唐干（とうぼし）と唐法師（からほうし）であった。さらに、日本型と判別された 101 品種について佐藤（1991）の熱帯日本型と温帯日本型を分類する Z_2 値の頻度分布を Fig. 1 に示した。 Z_2 値は -3.64～1.03 の連続的な分布を示し、明瞭な境界が存在しなかったため、すべて温帯日本型とした。

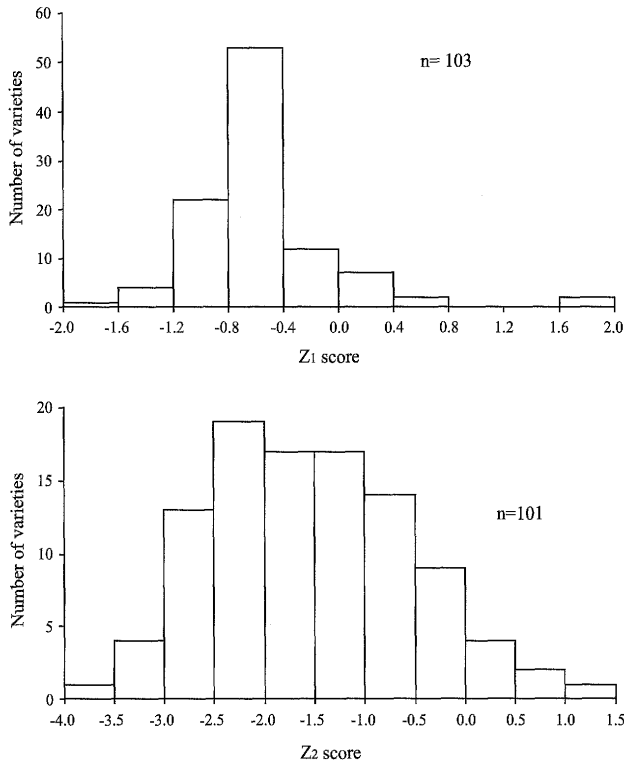


Fig. 1. Frequency distribution of the Z_1 score to differentiate *indica* and *japonica* and the Z_2 score to differentiate tropical(Tr)-*japonica* and temperate(Tm)-*japonica*.

日本在来水稲の穂首大維管束数、一次枝梗数および維管束比の頻度分布を Fig. 2 に示した。穂首大維管束数は 9.0 ~ 20.4 の連続的な分布を示した。一次枝梗数は穂首大維管束数よりも変異幅が小さく、8.0 ~ 16.3 の連続的な分布を示した。穂首大維管束数と一次枝梗数の比である維管束比は 0.86 ~ 1.66 までの分布を示した。103 品種のうち、大部分の 97 品種は維管束比が 1.3 以下で温帯日本型、維管束比が 1.5 以上の 6 品種のうち 2 品種は唐干、唐法師のインド型品種で、残る 4 品種の遠州、高山もち、水口稲、福山は温帯日本型品種であった。

Fig. 3 に穂軸の各節位における大維管束の減少数を示した。ササニシキでは若干の変動があるが、ほぼ各節位 1 本程度ずつ大維管束が減少した。一方、他の 4 品種では、穂軸の節位によって大維管束減少数は大きく異なっていた。すなわち、ハバタキは下位節~中位節では 2 ~ 3 本、上位節では 1 ~ 2 本の大維管束が減少していた。水口稲、福山および高山もちでは、穂首節での大維管束減少数が 3 本程度とハバタキよりも多いものの、穂軸の下位節ではハバタキのように、複数の大維管束が減少しており、中上位節ではササニシキのように、1 本程度の大維管束が減少していた。

2. 高維管束比の温帯日本型品種の特性

Table 1 に維管束比の高い温帯日本型品種の収集地および玄米の粒形について、比較品種とともに示した。遠州は奈良県、高山もちは富山県、水口稲は山梨県、福山は新潟県で収集されている。玄米の長幅比から粒形を判断

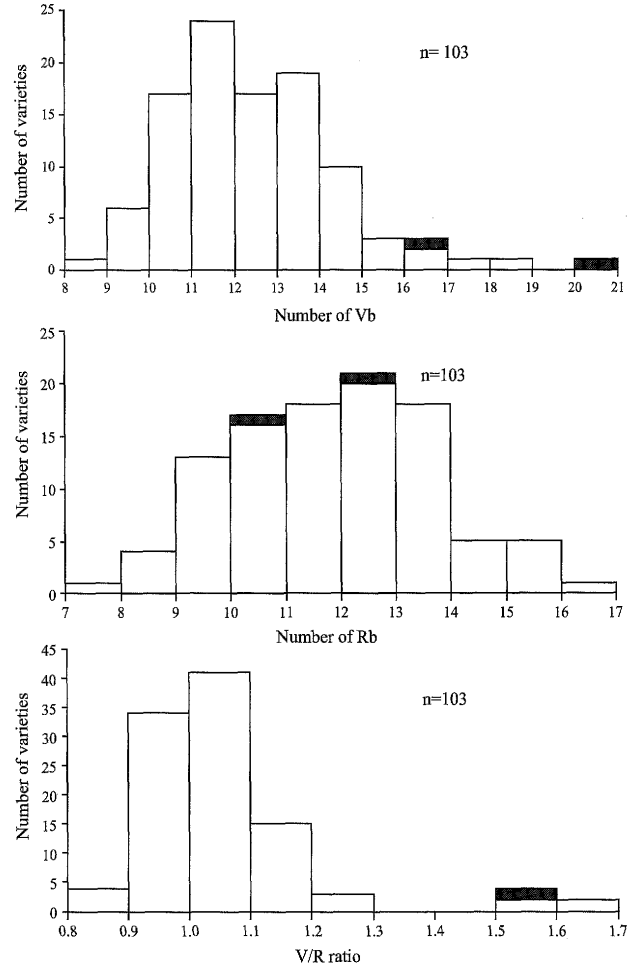


Fig. 2. Frequency distributions of 103 Japanese native lowland rice varieties. Open and filled bars indicate Tm-*japonica* (101 varieties) and *Indica* (two varieties), respectively. Top: number of large vascular bundles in a peduncle (Vb), Middle: number of primary rachis branches (Rb), Bottom: ratio of Vb to Rb (V/R ratio).

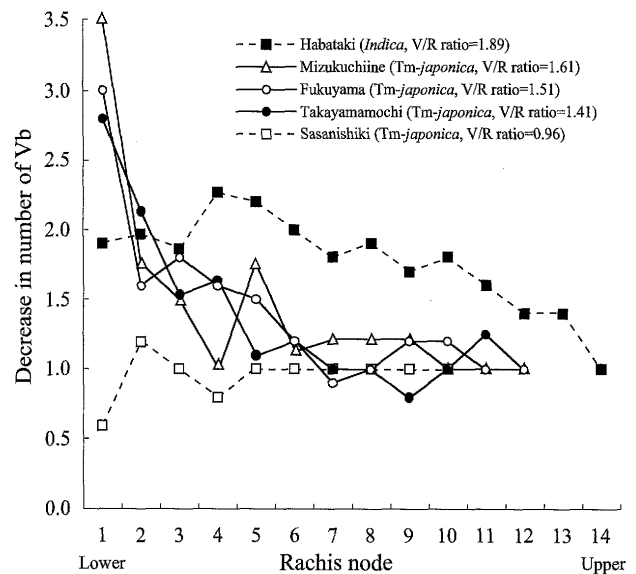


Fig. 3. Decrease in number of large vascular bundles (Vb) in each rachis node.

すると、遠州はインド型のハバタキよりも長幅比が小さく、ササニシキよりも大きいことから、やや細長く、高山もち、水口稲、福山はコシヒカリよりもやや小さく、

やや円粒である。Table 2 に農業形質を示した。遠州、高山もち、水口稲、福山はいずれも、北陸地域では中生のコシヒカリより出穂が早いので、早生品種に属する。稈長はコシヒカリより長く、穂長も長かった。穂数はコシヒカリより少なく、一穂重は遠州以外の品種はコシヒカリより重かった。遠州、高山もち、水口稲、福山の胚乳はいずれも糯性であった。いずれの品種もインド型品種ハバタキより脱粒しにくく、遠州はやや難であったが、高山もち、水口稲、福山はコシヒカリ並の難であった。これら4品種は、穂発芽性難のコシヒカリ、中のハバタキより穂発芽しやすく、遠州および水口稲はササニシキ並の易、高山もち、福山はやや易であった。

Table 3 に葉いもち病圃場抵抗性の調査結果について示

した。遠州は発芽不良のため、判定できなかった。また、インド型のハバタキもレース 007 に対する真性抵抗性を持つため発病しなかった。高山もち、水口稲および福山の圃場抵抗性はいずれも、強のトヨニシキ並に強かった。

3. 2 雑種集団を用いた選抜試験

Fig. 4 に雑種 F₂ 世代における維管束比と稔実率の関係を示した。交配組合せは、どんとこい/水口稲、および北陸 193 号/コシヒカリである。北陸 193 号は北陸研究センターで育成されたインド型の多収品種で、コシヒカリ、どんとこい、水口稲は温帯日本型品種である。親品種はいずれも稔実率 90% 以上であった。維管束比は、どんとこい、コシヒカリは 1 程度、水口稲は 1.56、北陸 193

Table 1. Origin and grain shape of high V/R ratio Tm-japonica varieties derived from Japanese native lowland rice and comparative varieties

Type	Variety	JP No. ¹⁾	Native or improved	Origin	V/R ratio		Characters of hulled grain shape		
					1997	2006	Length (A) (mm)	Width (B) (mm)	A/B
Tm-japonica	Enshuu	9430	Native	Nara	1.51	1.37	5.6	3.0	1.87
	Takayama mochi	6320	Native	Toyama	1.56	1.41	5.0	3.2	1.56
	Mizukuchiine	7366	Native	Yamanashi	1.65	1.61	5.0	3.1	1.61
	Fukuyama	6350	Native	Niigata	1.66	1.51	5.1	3.2	1.59
Tm-japonica	Koshihikari	—	Improved	Fukui	0.94	1.00	4.9	2.9	1.69
	Sasanishiki	—	Improved	Miyagi	1.08	1.04	5.0	2.8	1.79
Indica	Habataki	—	Improved	Niigata	—	1.97	5.6	2.6	2.15

¹⁾ Collection number of National Institute of Agribiological Sciences Genebank in Japan.

Table 2. Agronomic traits of high V/R ratio Japanese native lowland rice varieties and comparative varieties

Type	Variety	Heading date	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles per plant	Panicle weight (g)	Endosperm type ¹⁾	Shattering resistance ²⁾	Sprouting resistance ³⁾
Tm-japonica	Enshuu	8.2	95	22.7	8.6	1.9	g	4	7
	Takayama mochi	7.29	88	22.9	8.2	2.4	g	3	6
	Mizukuchiine	7.28	92	23.0	8.8	2.5	g	3	7
	Fukuyama	7.29	95	23.9	7.8	2.7	g	3	6
Tm-japonica	Koshihikari	8.8	82	17.6	13.8	2.1	n	3	3
	Sasanishiki	8.3	72	18.8	12.9	2.1	n	3	7
Indica	Habataki	8.5	67	22.2	7.2	3.7	n	5	5

¹⁾ g: glutinous, n: non-glutinous.

²⁾ 3: strong, 4: slightly strong and 5: medium.

³⁾ 3: strong, 4: slightly strong, 5: medium, 6: slightly weak and 7: weak.

Table 3. Degree of field resistance to rice leaf blast of high V/R ratio varieties classified into Tm-japonica derived from Japanese native lowland rice and comparative varieties

Type	Native or improved	Varieties	Score for field resistance	Level of field resistance
Tm-japonica	Native	Ensyuu	—	—
	Native	Takayama mochi	5.0	Strong
	Native	Mizukuchiine	5.0	Strong
	Native	Fukuyama	5.7	Strong
Tm-japonica	Improved	Toyonishiki	5.7	Strong
	Improved	Nipponbare	6.7	Medium
	Improved	Koshihikari	8.3	Weak
Indica	Improved	Habataki	True resistance	—

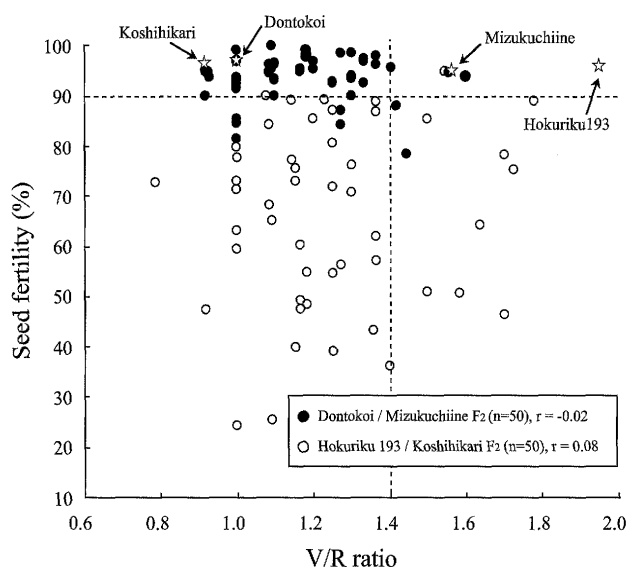


Fig. 4. Scatter diagram of V/R ratio and seed fertility in F_2 populations derived from Hokuriku 193 (*Indica*)/Koshihikari (*Tm-japonica*) and Dantokoi (*Tm-japonica*)/Mizukuchiine (*Tm-japonica*). Open and filled circles indicate the F_2 population from Hokuriku 193/Koshihikari and Dantokoi/Mizukuchiine, respectively.

号は 1.95 であった。いずれの F_2 集団も維管束比と稔実率との間には相関が認められなかった。二つの集団を比較すると、維管束比では、どんとこい/水口稲の F_2 集団は 0.92 ~ 1.60、北陸 193 号/コシヒカリでは 0.79 ~ 1.78 と、後者の方がより高い維管束比の個体が存在した。どんとこい/水口稲の F_2 集団の稔実率は、78.4 ~ 100.0% で、50 個体中 42 個体が 90% 以上の稔実率を示したのに対して、北陸 193 号/コシヒカリでは、稔実率は 24.3 ~ 94.9% の変異幅を示し、90% 以上はわずか 2 個体であった。維管束比 1.4 以上で、稔実率 90% 以上の個体を選抜したところ、どんとこい/水口稲では 3 個体、北陸 193 号/コシヒカリでは 1 個体のみであった。これらの選抜個体と両親品種の脱粒性と粒形の調査結果について Table 4 に示した。どんとこい/水口稲の F_2 集団から選抜した 3 個体はいずれも難脱粒性であった。また、玄米の長幅比と

長幅積から判断して、どんとこいやコシヒカリと同様に短粒で、粒大も同程度であった。一方、北陸 193 号/コシヒカリの F_2 集団から選抜した 1 個体の脱粒性は、北陸 193 号の脱粒性程度と同じやや難で、玄米の長幅比、長幅積ともにコシヒカリより大きいことから、やや長粒の大粒であった。

考察

1. 日本在来水稻品種から見出された高維管束比品種の由来

緒言において述べたように、Fukuyama and Takayama (1995) は多数の日本稲、外国稲品種の籾のフェノール反応と維管束比との関係から、インド型では高維管束比、日本型では低維管束比に分化していることを示し、さらに、Fukuyama *et al.* (1999) はインド型の維管束比が最も高く、次に熱帯日本型が高く、温帯日本型品種は最も低いことを報告している。

これらの報告と今回の結果はおおむね一致しているが、日本在来水稻品種には、温帯日本型であるにもかかわらず、維管束比が高い品種がわずかに存在した。つまり、日本在来水稻は維管束比からみると、大部分を占める低維管束比群と少数の高維管束比群に分かれている。低維管束比群はすべて温帯日本型に属するが、高維管束比群にはインド型品種と一部の温帯日本型品種が存在した。

高維管束比群のインド型品種、唐干と唐法師の由来については、嵐 (1974)、猪谷・小川 (2004) などによって明らかにされている。すなわち、これらの品種は大唐米と呼ばれるインド型品種で、おそらく中国から導入され、14 世紀末にはすでに日本で栽培されていたと思われる。

一方、高維管束比の温帯日本型 4 品種については、1962 ~ 1965 年にかけて収集されており (農林水産技術会議事務局 1970)、採集地が、遠州は奈良県、高山もちは富山県、水口稲は山梨県、福山が新潟県であること以外、その由来については不明である。

Table 4. Shattering resistance and grain shapes of selected plants with V/R ratio ($1.4 \leq$) and seed fertility ($90\% \leq$) from two F_2 populations and parents

Population or parents	V/R ratio ¹⁾	Seed fertility (%) ¹⁾	Shattering resistance ²⁾	Characters of hulled grain shape (n=20)			
				Length (A) (mm)	Width (B) (mm)	A/B	A×B
Dantokoi/Mizukuchiine F_2	1.40	95.7	3	4.92	2.99	1.65	14.72
	1.56	94.4	3	4.72	3.07	1.54	14.47
	1.60	93.8	3	4.87	3.02	1.61	14.71
Hokuriku193/Koshihikari F_2	1.55	94.9	4	5.51	3.00	1.84	16.57
Dantokoi	1.00	97.0	3	4.99	3.00	1.66	14.95
Mizukuchiine	1.56	94.7	3	5.00	3.19	1.57	15.94
Koshihikari	0.92	96.6	3	4.95	2.98	1.66	14.77
Hokuriku 193	1.95	96.2	4	5.90	2.73	2.16	16.14

¹⁾ Values of parents were mean of 4 plants.

²⁾ 3: strong, 4: slightly strong and 5: medium.

2. 維管束走向の差異と交配母本としての評価

福嶋・秋田 (1997) は、維管束比が2のインド型品種 IR36 と1の日本型品種むさしこがねの維管束走向を観察した結果、穂首大維管束には一次枝梗由来の大型のもの (Vp) と一次枝梗基部の二次枝梗由来の小型のもの (Vs) とがあり、日本型品種では通常 Vs はみられず、その結果、維管束比はほぼ1となるのに対して、インド型品種では上位の一次枝梗からは1本の Vp、中～下位の一次枝梗からは1本の Vp の他に2本の Vs が穂軸中に入り、維管束比が高くなることを明らかにした。

穂軸の各節位での大維管束の減少数は当該節位の一次枝梗に連絡する大維管束数とほぼ等しい (福嶋 2003) ことから本研究の観察結果を解釈すると、ササニシキは一次枝梗にほぼ1本ずつ大維管束が連絡しており、ハバタキは下位節～中位節では2～3本、上位節では1～2本の大維管束が一次枝梗に連絡していると推定される。水口稲、福山および高山もちでは、穂軸の下位節では複数の大維管束が一次枝梗に連絡し、中上位節ではササニシキのように、1本程度の大維管束が一次枝梗に連絡していると考えられた。したがって、ササニシキとハバタキは、むさしこがね、IR36 とそれぞれほぼ同じ維管束走向であるが、水口稲、福山および高山もちでは、むさしこがねや IR36 とは維管束走向が異なると考えられる。

ここで、日本在来水稲から見出した高維管束比の温帯日本型品種について、交配母本としての可能性を検討してみる。いずれの品種も、コシヒカリよりも長稈のため耐倒伏性に問題があること、穂発芽性がやや易～易であることが欠点としてあげられる (Table 2)。これらの欠点は交配対象として短稈品種や穂発芽難の品種を利用すれば改良できる。利点としては、遠州を除けば、玄米の粒形もコシヒカリ同様に短粒で、脱粒性についても難であり、葉もち病圃場抵抗性はトヨニシキ並に強いことが挙げられる (Table 1, 2, 3)。現在の日本水稲品種の大部分は短粒、難脱粒性であることから、遠州以外の3品種と日本水稲品種との雑種集団では、ほとんどの個体が短粒、難脱粒性であると考えられる。したがって、短粒、難脱粒性の選抜が極めて容易と思われる。上記の利点、欠点を総合して考えれば、遠州を除く、福山、高山もち、水口稲は高維管束比の特性を現在の日本水稲品種に付与するための交配母本として十分利用可能であると判断される。

実際に、高維管束比の親としてインド型品種の北陸193号を用いた場合と、温帯日本型品種の水口稲を用いた場合を比較した場合 (Fig. 4)、いずれの F₂ 集団も維管束比と稔実率には相関が認められないことから、稔実が良好な高維管束比個体の選抜は可能であると考えられる。しかし、北陸193号/コシヒカリの F₂ 集団では高維管束比の個体の出現率は高いが、稔実率が極めて劣り、稔実の良好な個体はごく僅かである。一方、どんとこい/水口稲の F₂ 集団では稔性の高い個体が多く、維管束比はイン

ド型品種を親にした場合よりはやや低い個体が多いが、1.5前後の分離個体も出現した。維管束比1.4以上で稔実率90%以上の個体を選抜した結果、どんとこい/水口稲の F₂ 集団から選抜した3個体は難脱粒性で、粒形、粒大はどんとこいやコシヒカリ並であるのに対して、北陸193号/コシヒカリの F₂ 集団から選抜した1個体の脱粒性はやや難で、玄米の粒形は、やや長粒で大粒であった (Table 4)。このことから、いずれの F₂ 集団でも、高維管束比で稔実率の高い個体を選抜できるものの、脱粒性や粒形の観点から、水口稲を交配母本とした方が有利であると考えられる。

現在の日本水稲品種を高維管束比に改良する場合、インド型品種のように、不稔等の生殖的隔離機構や長粒、脱粒性といった多数の不良形質を持つ品種を育種素材として利用するには、目的とする組換え型を得るために、雑種種子を多数供試して、選抜集団サイズを大きくする必要はある。また、穂首大維管束数、一次枝梗数に關与する QTL の数は多く、複数染色体に存在する (Sasahara *et al.* 1999) ことから、選抜集団サイズはより大きくする必要はある。したがって、単交配由来の雑種集団から高維管束比の特性が導入され、かつ、それ以外の形質は現在の日本水稲品種の特性が維持された個体を選抜する目的であるならば、交配母本としてインド型品種を利用するよりも、高維管束比の温帯日本型品種を利用する方が小規模の雑種集団でも有望個体を得られる可能性が高いと考えられる。

高維管束比への改良による日本水稲品種の収量性向上の可能性を考えた場合、本研究において見出した維管束比の高い温帯日本型品種は、維管束系の改良による現在の日本水稲品種のより一層の多収化を目指す上で有効な遺伝資源となると期待される。

謝辞

新潟大学農学部育種学研究室に当時所属した学生の皆様には供試品種の播種、田植え、収穫作業、維管束の調査等で、附属新通農場 (当時) の職員の皆様には栽培管理でお世話になった。中央農業総合研究センター北陸研究センター 業務第4科職員および非常勤職員の皆様には栽培管理、調査等でお世話になった。ここに記して深謝の意を表す。

引用文献

- 嵐 嘉一 (1974) 日本赤米考. 雄山閣出版, 東京: 265-271.
 福嶋 陽・秋田重誠 (1997) イネにおける穂軸の大維管束の走向と分化時期の品種間差異. 日作紀 66: 24-28.
 福嶋 陽 (2003) 水稲における穂の形態形成と維管束走向. 日作紀 72 (別1): 340-341.
 Fukuyama, T. and T. Takayama (1995) Variations of the vascular bundle system in Asian rice cultivars. *Euphytica* 86: 227-231.

- Fukuyama, T., H. Sasahara and Y. Fukuta (1999) Variations of vascular bundle system corresponds to *indica*, tropical- and temperate-*japonica* differentiation of Asian rice (*Oryza sativa* L.). *Breed. Sci.* 49: 15–19.
- 林 把翠 (1976) 水稻の大維管束数と穂の形成に関する研究. 第1報 程の大維管束数と草型との関係. *日作紀* 45: 322–327.
- 東 正昭・小綿寿志 (1995) 葉いもち圃場抵抗性一畑晩播検定 “イネ育種マニュアル”. *農業研究センター研究資料* 30: 6–9.
- 猪谷富雄・小川正巳 (2004) 我が国における赤米栽培の歴史と最近の研究情勢. *日作紀* 73: 137–147.
- 亀島雅史・松尾喜義・小松良行 (1987) 多収性外国稲の品種生態の解析 8. 超穂重型品種の穂首節間における大維管束数とその大きさ. *日作紀* 56 (別2): 55–56.
- 加藤茂苞・小坂 博・原 史六 (1928) 雑種植物の結実度より見たる稲品種の類縁に就て. *九大農芸雑誌* 3: 132–147.
- Nakagahra, M. (1972) Genetic mechanism on the distorted segregation of marker genes belonging to the eleventh linkage group in cultivated rice. *Jpn. J. Breed.* 22: 232–238.
- Nakagahra, M., T. Omura and N. Iwata (1972) Gametophyte genes and their loci on the eleventh linkage group of cultivated rice. *Jpn. J. Breed.* 22: 305–312.
- 農林水産技術会議事務局 (1970) 昭和 37 ~ 40 年に収集したわが国の在来稲品種の特性. 種苗保存導入資料 No. 2. 2–108.
- 岡 彦一 (1954) 雑種不稔性に依る稲品種の分類 第2報 栽培稲の系統発生的分化. *育種* 3: 1–6.
- Oka, H.I. (1957) Phylogenetic differentiation of cultivated rice. XV. Complementary lethal genes in rice. *Jap. Jour. Genet.* 32: 83–87.
- Okuno, K. (1985) Complementary recessive genes controlling hybrid breakdown found in a varietal crosses of rice. *Rice Genet. Newsl.* 2: 52–54.
- Okuno, K. (1996) Partial cross-incompatibility in cultivated rice. *Rice Genet. Newsl.* 13: 117–118.
- Okuno, K. (1999) Geographical distribution of genes causing hybrid breakdown in varietal crosses of Asian cultivated rice. *Genetic Resources and Crop Evolution* 46: 13–17.
- 笹原英樹・福山利範 (1999) 日本型イネ品種における穂首維管束系と収量構成要素との関係. *育種学研究* 1: 77–81.
- Sasahara, H., Y. Fukuta and T. Fukuyama (1999) Mapping of QTLs for vascular bundle system and spike morphology in rice, *Oryza sativa* L. *Breed. Sci.* 49: 75–81.
- 佐藤洋一郎 (1991) アジア栽培稲の *Indica-Japonica* 品種群における籾型の差異. *育種* 41: 121–134.

Breeding Research 11: 1–7 (2009)

Utility of Japanese native lowland rice varieties with high V/R ratio as breeding materials

Hideki Sasahara^{1,2}, Akiko Shigemune¹, Akitoshi Goto¹, Kiyoyuki Miura¹ and Toshinori Fukuyama³

¹ National Agricultural Research Center (Hokuriku Research Center), Joetsu 943-0193, Japan

² Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata 950-2181, Japan

³ Faculty of Agriculture, Niigata University, Niigata 950-2181, Japan

In order to identify the genetic resources of rice varieties with higher translocation efficiency, the ratio of a number of large vascular bundles in the peduncle (Vb) to that of the primary rachis branch (Rb) (V/R ratio) was investigated in 103 varieties of Japanese native lowland rice. We found 6 high V/R ratio (≤ 1.5) varieties, which consisted of two *indica* varieties and four temperate (*Tm-japonica*) varieties. The course of the Vb in the rachis of the *Tm-japonica* varieties with a high V/R ratio was compared with those of an *indica* variety, Habataki (V/R ratio=2), and of a *Tm-japonica* variety, Sasanishiki (V/R ratio=1). Varieties with a V/R ratio of 1.5 showed characteristics between Habataki and Sasanishiki in the course of Vb. Because of reproductive barriers between *indica* and *japonica*, and undesirable traits of *indica*, for example, the shattering habit of spikelet and grain shapes, it is difficult to use *indica* varieties directly as materials for introducing a high V/R ratio. In fact, high V/R ratio plants were segregated in higher frequency in the F₂ population of *indica/Tm-japonica* than that of the *Tm-japonica/high V/R ratio Tm-japonica*, but their seed fertilities were quite low. On the other hand, the F₂ population of the *Tm-japonica/high V/R ratio Tm-japonica* segregated some plants with a V/R ratio higher than 1.5 and normal fertility. Therefore, the *Tm-japonica* varieties with high V/R ratios identified in this study may be useful materials for breeding varieties with high yielding ability by improving the vascular bundle system.

Key Words: high yielding ability, Japanese native lowland rice, temperate-*japonica*, vascular bundles, V/R ratio.