

春まきコムギ品種「はるきらり」と「春よ恋」の製粉特性、 生地物性およびパン体積の差異

中道浩司¹⁾・足利奈奈¹⁾・来嶋正朋¹⁾・佐藤三佳子²⁾・吉村康弘¹⁾

(¹⁾ 北海道立総合研究機構北見農業試験場, ²⁾ 北海道立総合研究機構上川農業試験場)

要旨：本研究は、北海道の春まきコムギ優良新品種「はるきらり」を上川農業試験場（北海道上川郡比布町）にて3年間栽培・試験し、収穫物である子実の製粉特性ならびに小麦粉の製パン性といった品質特性について、基幹品種「春よ恋」と比較することで評価したものである。品質特性は、子実については子実タンパク質含有率、子実灰分含有率、製粉工程でのミドリング粉量に対するブレーキ粉量（BM率）で、小麦粉については小麦粉タンパク質含有率、小麦粉灰分含有率、生地吸水率、グルテンインデックス、パン体積で評価した。小麦粉タンパク質含有率ならびに小麦粉灰分含有率は、それぞれ同じ子実タンパク質含有率、同じ子実灰分含有率であれば、「春よ恋」が「はるきらり」よりも高かった。BM率は、両品種とも子実タンパク質含有率と正の相関を示し、同じ子実タンパク質含有率であれば、「はるきらり」が「春よ恋」よりも高かった。さらに、小麦粉タンパク質含有率は、吸水率、パン体積、可溶性ポリマー含有率（EPP）、可溶性モノマー含有率（EMP）および不溶性モノマー含有率（UMP）と正の相関を示し、グルテンインデックスと負の相関を示した。一方で、「はるきらり」は、「春よ恋」よりも吸水率が低く、グルテンインデックスが低く、パン体積が大きく、EPPとEMPが高く、不溶性ポリマー含有率（UPP）が低かった。

キーワード：灰分含有率、コムギ、製パン性、製粉特性、タンパク質含有率。

「春よ恋」は2000年に育成された春まきコムギ品種であり（柳沢・田引2002）、2009年に約7000 ha作付けされ、北海道の春まきコムギ基幹品種として高い需要を維持している。一方、「はるきらり」は2007年に育成された、病害・障害耐性に優れる春まきコムギ品種であり、同一の窒素施肥量で栽培すると、子実タンパク質含有率が「春よ恋」よりも低いものの、製パン性は「春よ恋」並に優れることが知られている（中道ら2011）。「春よ恋」は、製パン性がカナダ産小麦銘柄「1CW」に及ばないものの、国産パン用粉として最も多く流通しており、製パン性に係わる品質も明らかにされている。一方、「はるきらり」は、流通量がまだ少なく、製パン性に係わる品質が十分に明らかにされていない。

製パン性に係わる主な形質は、小麦粉灰分含有率、小麦粉タンパク質含有率、製粉特性および生地物性などである。灰分は、リン、カリウムなどを主成分とし、小麦粉の色調を悪化させる一因となっており（長尾1989）、一般に低いことが望ましい。一方、小麦粉タンパク質含有率は、パン体積と正の相関があり（Uthayakumaranら1999, Wanjugiら2007）、パン用の品種では、含有率が高いことが求められる。コムギ胚乳のデンプン粒は、製粉する際に物理的に損傷するが、このとき生成される損傷澱粉は製パン性に影響を与えることが知られており（竹谷2004）、小麦粉に含まれる量は、製粉ロールの種類による影響を受ける（Kruger1981, Everyら2002）。製粉工程の基本は、ブレーキロールとミドリングロールという2種類のロール間隙を通過することであり、BM率は、ブレーキロールを経て生成され

るブレーキ粉量とミドリングロールを経て生成されるミドリング粉量の比として定義される。このBM率は、製パン性に影響を与える重要な製粉特性として着目される。

パンは、生地の中でイーストが発生した二酸化炭素やエタノールがグルテン膜に覆われ、焼成したときにこれらの体積が水蒸気とともに増大することで膨れることから、良好なパン生地は、グルテンの弾力の強さと共に、適度な伸展性を有している。グルテンは、弾性に富むグルテニンと粘性に富むグリアジンから構成され、複雑なネットワークを形成し、パン体積や生地物性は、小麦粉中のグルテニンの割合やポリマー分布の影響を受ける（Singhら1990, Guptaら1992）。また、製粉特性、生地物性および製パン性は、子実および小麦粉のタンパク質含有率と相関を示すことが知られている（Guptaら1992, Uthayakumaranら1999, Wang and Flores1999, Martinら2001, Wanjugiら2007, 谷中ら2011）。「はるきらり」も、「春よ恋」との製パン性の違いを明らかにするために、パン体積や生地物性に関わる品質特性の比較検討を行う必要がある。

以上のことから、本研究では、新品種「はるきらり」の製粉特性および製パンに係わる品質特性を、基幹品種「春よ恋」との比較により検討したので報告する。

材料と方法

上川農業試験場（北海道上川郡比布町、以下、上川農試）圃場において、2005年～2007年の3カ年栽培を行った。品種は「はるきらり」および「春よ恋」を供試した。窒素の施用法については第1表に示した。基肥窒素施肥量は0

第1表 試験年次別の基肥窒素施肥量、窒素追肥と供試品種.

試験年次	基肥窒素 施肥量 (gm^{-2})	窒素追肥 ¹⁾	品種
2005	6	0	はるきらり・春よ恋
	6	c	はるきらり・春よ恋
	9	0	はるきらり・春よ恋
	9	c	はるきらり・春よ恋
	9	d	はるきらり・春よ恋
	9	e	はるきらり・春よ恋
	12	0	はるきらり・春よ恋
	12	c	はるきらり・春よ恋
	15	0	はるきらり・春よ恋
	15	c	はるきらり・春よ恋
	18	0	はるきらり・春よ恋
2006	9	0	はるきらり・春よ恋
	9	c	はるきらり・春よ恋
	9	d	はるきらり・春よ恋
	9	f	はるきらり・春よ恋
	12	0	はるきらり・春よ恋
	12	c	はるきらり・春よ恋
2007	0	0	はるきらり・春よ恋
	9	0	はるきらり・春よ恋
	9	c	はるきらり
	12	0	はるきらり・春よ恋
	12	c	はるきらり
	15	0	はるきらり・春よ恋
	15	c	はるきらり

1)

c: 開花期から3回の2%尿素水溶液葉面散布.

d: 開花期1週後から3回の2%尿素水溶液葉面散布.

e: 開花期2週後から2回の2%尿素水溶液葉面散布.

f: 開花期から4回の2%尿素水溶液葉面散布.

~18 gm^{-2} とし、基肥窒素肥料には硫安を用いた。窒素以外の施肥は各区共通とし、 P_2O_5 および K_2O は各々 16.2 gm^{-2} および 10.8 gm^{-2} を単肥（重過石リン酸石灰および硫酸カリ）で基肥として施用した。窒素追肥は尿素の葉面散布（1回につき窒素成分で 0.92 gm^{-2} ）を行い、窒素成分で 2.76~3.68 gm^{-2} を施用した（北海道農政部 2008, 佐藤ら 2009, 中道ら 2011）。畦幅は 30 cm とし、播種量は 340 粒 m^{-2} とした。各処理区は 1 区 9.6 m^2 、収穫面積は 4.8 m^2 とした。試験区は 3 反復設置し、収穫物は 3 反復分を等量混合した。製粉および品質検定は北見農業試験場（北海道常呂郡訓子府町）において実施した。収穫物は、16.0% 水分にテンパリング後、ビューラー式テストミルで製粉し、小麦粉は 60% に調整した（農林水産技術会議事務局 1968）。BM 率は（プレーキ粉量 / ミドリング粉量） $\times 100$ の式により算出した（農林水産技術会議事務局 1968）。子実タンパク質含有率、小麦粉タンパク質含有率は近赤外分析装置 インフラテック 1241 (Foss 社) によって調査した。

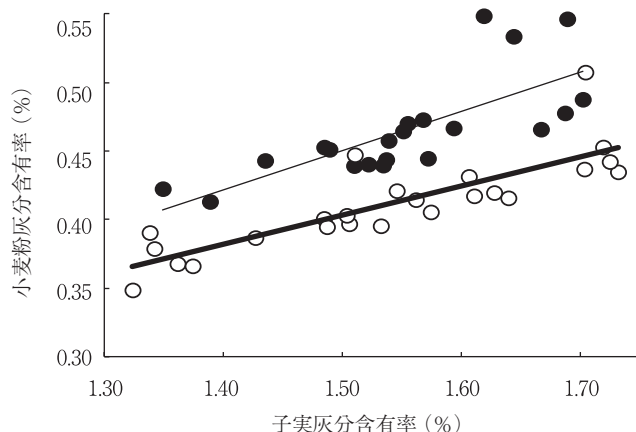
子実灰分含有率および小麦粉灰分含有率は、それぞれの試料を 600 $^{\circ}\text{C}$ で灰化した後に調査した（農林水産技術会議事務局 1968）。子実および小麦粉のタンパク質含有率と灰分含有率は 13.5% 水分ベースに換算した。生地吸水率（以下、Ab）はファリノグラフ（Brabender 社）を用いて測定し（農林水産技術会議事務局 1968）、グルテンインデックス（以下、GI）は AACC 法に準拠して測定した。製パン試験は AACC 法に準拠してストレート法で行った（AACC 1995）。製パンの配合は、小麦粉 100 g、グラニュー糖 5 g、塩化ナトリウム 2 g、ショートニング 5 g および生イースト 2 g である。加水量はファリノグラムの Ab から判断した。ミキシングは、Swanson-Working type ピンミキサー（National Manufacturing Co. 社）で、生地状態が「Development-Stage」になるまで行った。一次発酵は 30 $^{\circ}\text{C}$ 、湿度 85% の条件で 100 分行った（途中 70 分後にパンチ）。ベンチタイムは 20 分実施し、生地はモルダー成型後に型に入れた。最終発酵は 38 $^{\circ}\text{C}$ 、湿度 85% の条件で行い、焼成は 200 $^{\circ}\text{C}$ で 25 分行った。タンパク質は、2007 年産のサンプルを用い、Yanaka ら（2007）の手法によりサイズ排除高速液体クロマトグラフィーを用いて抽出・分析した。小麦粉中の可溶性ポリマータンパク質（EPP）、可溶性モノマータンパク質（EMP）、不溶性ポリマータンパク質（UPP）、不溶性モノマータンパク質（UMP）の含有率は、谷中ら（2011）の方法に従って算出した。

各形質は、灰分含有率、タンパク質含有率などに大きく影響を受ける場合が多いため、これらの含有率の影響を除く目的で共分散分析を行った。共分散分析の手順は以下の通りである。最初に、共変量となる含有率と各形質の相関分析を行った。さらに、両品種とも有意な相関が認められた場合には、品種毎の回帰直線の傾き（回帰係数）の異質性を検定し、傾きが異なる場合には、灰分含有率またはタンパク質含有率を共変量とする共分散分析を行った。統計解析は、統計解析ソフト R (version 2.6.2) を用いて行った。

結 果

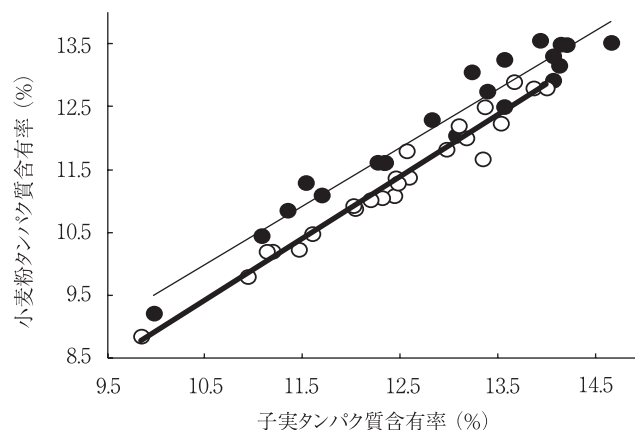
1. 灰分・タンパク質含有率における子実と小麦粉間の関係および品種間差

「はるきらり」と「春よ恋」の子実灰分含有率と小麦粉灰分含有率の関係を第 1 図に示した。両品種とも子実灰分含有率と小麦粉灰分含有率との間に正の相関が認められ、相関係数は「はるきらり」で $r=0.831$ ($p<0.01$)、「春よ恋」で $r=0.741$ ($p<0.01$) であった。両品種の回帰係数は、品種間で有意差が認められなかった ($F=1.36$, $p=0.25$, 共通の回帰係数 0.24) ため、子実灰分含有率を共変量とする共分散分析を行った結果、「はるきらり」の小麦粉灰分含有率は「春よ恋」より有意に低かった ($F=57.61$, $p<0.01$)。また、「はるきらり」と「春よ恋」の子実タンパク質含有率と小麦粉タンパク質含有率の関係



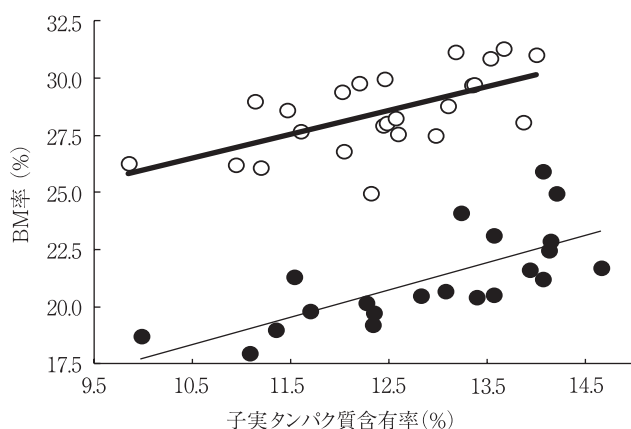
第1図 子実灰分含有率と小麦粉灰分含有率の関係。

●:「春よ恋」, ○:「はるきらり」

実線 (—):「春よ恋」回帰直線 ($y=0.288x+0.02$). $r=0.741^{**}$.太線 (---):「はるきらり」回帰直線 ($y=0.214x+0.08$). $r=0.831^{**}$. ** :1%水準で有意.

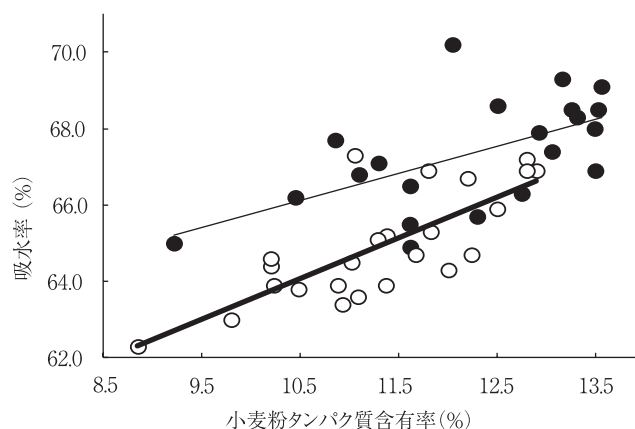
第2図 子実タンパク質含有率と小麦粉タンパク質含有率の関係。

●:「春よ恋」, ○:「はるきらり」

実線 (—):「春よ恋」回帰直線 ($y=0.93x+0.2$). $r=0.976^{**}$.太線 (---):「はるきらり」回帰直線 ($y=0.98x-0.9$). $r=0.982^{**}$. ** :1%水準で有意.

第3図 子実タンパク質含有率とBM率の関係。

●:「春よ恋」, ○:「はるきらり」

実線 (—):「春よ恋」回帰直線 ($y=1.19x+5.9$). $r=0.720^{**}$.太線 (---):「はるきらり」回帰直線 ($y=1.05x-15.5$). $r=0.621^{**}$. ** :1%水準で有意.

第4図 小麦粉タンパク質含有率と吸水率の関係。

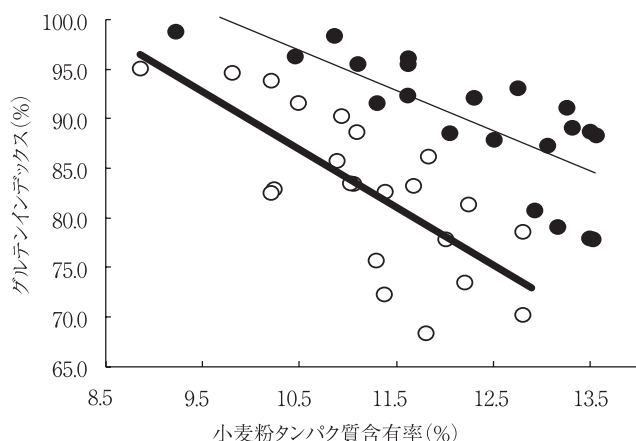
●:「春よ恋」, ○:「はるきらり」

実線 (—):「春よ恋」回帰直線 ($y=0.71x+58.7$). $r=0.583^{**}$.太線 (---):「はるきらり」回帰直線 ($y=1.06x+53.0$). $r=0.762^{**}$. ** :1%水準で有意.

を第2図に示した。両品種とも子実タンパク質含有率と小麦粉タンパク質含有率との間に正の相関が認められ、相関係数は「はるきらり」で $r=0.982$ ($p<0.01$), 「春よ恋」で $r=0.976$ ($p<0.01$)であった。両品種の回帰係数は、品種間で有意差が認められなかった ($F=0.59$, $p=0.44$, 共通の回帰係数 0.95) ため、子実タンパク質含有率を共変量とする共分散分析を行った結果、「はるきらり」の小麦粉タンパク質含有率は「春よ恋」より有意に低かった ($F=41.03$, $p<0.01$)。

2. 子実タンパク質含有率とBM率の関係および品種間差

子実タンパク質含有率とBM率の関係を第3図に示した。両品種とも、子実タンパク質含有率とBM率との間に正の相関が認められ、相関係数は「はるきらり」で $r=0.621$ ($p<0.01$), 「春よ恋」で $r=0.720$ ($p<0.01$)であった。両品種の回帰係数は、品種間で有意差が認められなかった ($F=0.13$, $p=0.71$, 共通の回帰係数 1.13) ため、子実タンパク質含有率を共変量とする共分散分析を行った結果、「はるきらり」のBM率は「春よ恋」より有意に高かった ($F=327.52$, $p<0.01$)。



第5図 小麦粉タンパク質含有率とグルテンインデックスの関係。

●:「春よ恋」, ○:「はるきりり」

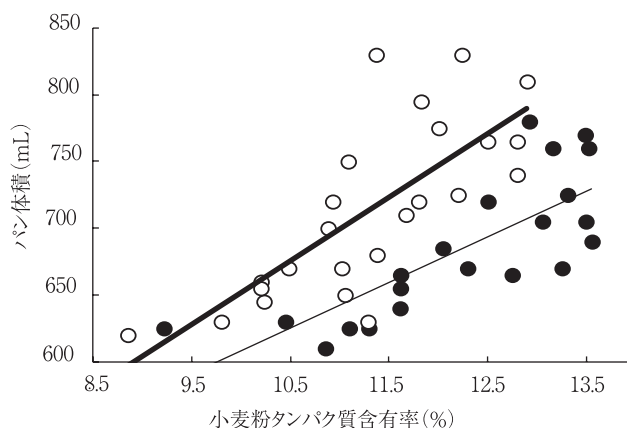
実線(—):「春よ恋」回帰直線 ($y = -4.10x + 140.0$).

$r = -0.763^{**}$.

太線(—):「はるきりり」回帰直線 ($y = -5.83x + 148.1$).

$r = -0.734^{**}$.

** : 1%水準で有意.



第6図 小麦粉タンパク質含有率とパン体積の関係。

●:「春よ恋」, ○:「はるきりり」

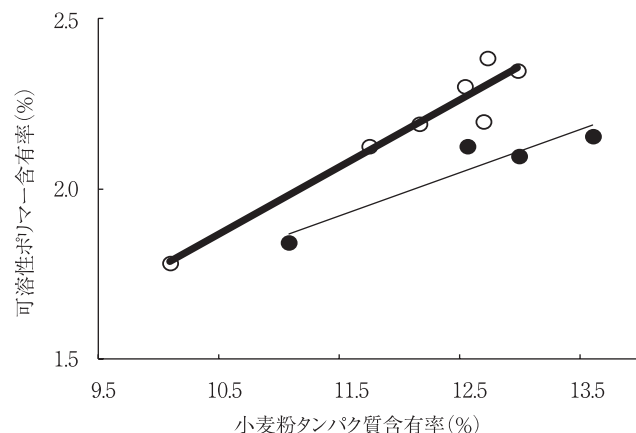
実線(—):「春よ恋」回帰直線 ($y = 34.11x + 267.1$).

$r = 0.780^{**}$.

太線(—):「はるきりり」回帰直線 ($y = 47.53x + 176.7$).

$r = 0.752^{**}$.

** : 1%水準で有意.



第7図 小麦粉タンパク質含有率と可溶性ポリマー含有率の関係。

●:「春よ恋」, ○:「はるきりり」

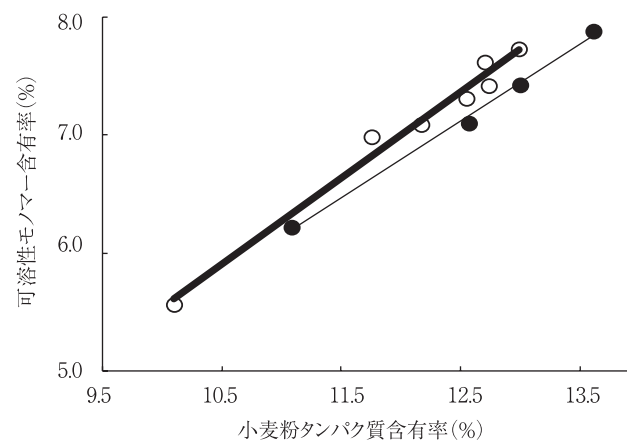
実線(—):「春よ恋」回帰直線 ($y = 0.13x + 0.5$).

$r = 0.984^{*}$.

太線(—):「はるきりり」回帰直線 ($y = 0.20x - 0.2$).

$r = 0.943^{**}$.

*, ** : 5%, 1%水準で有意.



第8図 小麦粉タンパク質含有率と可溶性モノマー含有率の関係。

●:「春よ恋」, ○:「はるきりり」

実線(—):「春よ恋」回帰直線 ($y = 0.65x - 1.0$).

$r = 0.996^{**}$.

太線(—):「はるきりり」回帰直線 ($y = 0.73x - 1.8$).

$r = 0.992^{**}$.

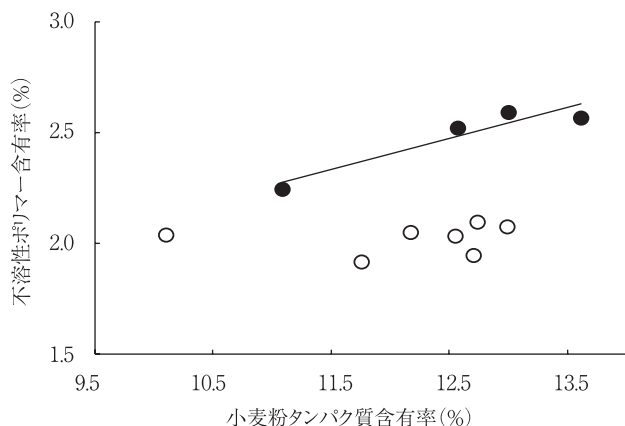
** : 1%水準で有意.

3. 小麦粉タンパク質含有率と製パン性の関係および品種間差

Ab, GI およびパン体積は、小麦粉タンパク質含有率との間に、両品種で有意な相関を示した(第4図, 第5図, 第6図)。Ab およびパン体積は、小麦粉タンパク質含有率と正の相関(「はるきりり」 $r = 0.762$ ($p < 0.01$), $r = 0.752$ ($p < 0.01$), 「春よ恋」 $r = 0.583$ ($p < 0.01$), $r = 0.780$ ($p < 0.01$))を示し、GIは、負の相関(「はるきりり」 $r = -0.734$ ($p < 0.01$), 「春よ恋」 $r = -0.763$ ($p < 0.01$))を示した。両品種の回帰係数は、品種間で有意

意差が認められなかった(Ab: $F = 1.39$, $p = 0.24$, 共通の回帰係数 0.87 , GI: $F = 1.49$, $p = 0.22$, 共通の回帰係数 -4.90 , パン体積: $F = 1.52$, $p = 0.22$, 共通の回帰係数 40.27) ため、小麦粉タンパク質含有率を共変量とする共分散分析を行った結果、「はるきりり」は「春よ恋」に比較して、Ab, GIが低く、パン体積は大きかった。

2007年産の生産物について、小麦粉タンパク質含有率とEPP, EMP, UPP, UMP含有率の関係を調査した。EPP およびEMP含有率は、両品種において、小麦粉タンパク質含有率と有意な正の相関を示した(第7図, 第8図)。



第9図 小麦粉タンパク質含有率と不溶性ポリマー含有率の関係。

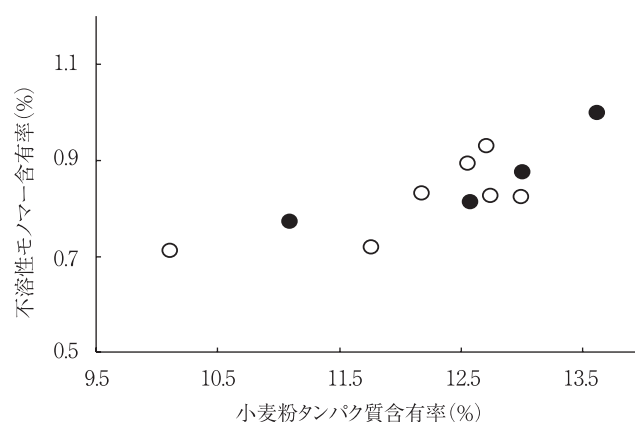
●:「春よ恋」, ○:「はるきりり」

実線(—):「春よ恋」回帰直線 ($y=0.14x+0.7$).

$r=0.970^*$.

「はるきりり」 $r=0.151$.

*:5%水準で有意。



第10図 小麦粉タンパク質含有率と不溶性モノマー含有率の関係。

●:「春よ恋」, ○:「はるきりり」

「春よ恋」 $r=0.803$.

「はるきりり」 $r=0.686$

両品種の回帰係数は、品種間で有意差が認められなかった (EPP: $F=3.16$, $p=0.12$, 共通の回帰係数0.17, EMP: $F=1.34$, $p=0.28$, 共通の回帰係数0.70) ため、小麦粉タンパク質含有率を共変量とする共分散分析を行った結果、「はるきりり」のEPPおよびEMPは、「春よ恋」より有意に多かった (EPP: $F=23.49$, $p<0.01$, EMP: $F=13.65$, $p<0.01$)。一方、UPP含有率は、「春よ恋」で小麦粉タンパク質含有率と正の相関を示したが、「はるきりり」では相関が認められず (第9図)、分散分析の結果、「はるきりり」のUPPは「春よ恋」より有意に少なかった ($F=46.59$, $p<0.01$)。UMP含有率は、小麦粉タンパク質含有率と有意な相関を示さず、分散分析の結果、品種間差は認められなかった ($F=0.69$, $p=0.42$) (第10図)。

考 察

1. 灰分・タンパク質含有率における子実と小麦粉間の関係および品種間差

同一の子実灰分含有率、タンパク質含有率であれば、「はるきりり」は「春よ恋」より小麦粉の灰分含有率およびタンパク質含有率が低かった (第1図、第2図) ことから、製粉時に子実から小麦粉に移行する灰分およびタンパク質量は品種によって異なることが明らかとなった。Martinら (2001), Chenら (2007) および Wanjugiら (2007) は、子実の硬軟質性に関与する *Pin* 遺伝子型 (*Pina-D1b* と *Pinb-D1b*) によって、小麦粉灰分含有率が異なり、*Pinb-D1b* で少ないことを報告しているが、「はるきりり」の *Pin* 遺伝子型は *Pinb-D1b* 型で、「春よ恋」は *Pina-D1b* 型であることが明らかとなっており (中道ら 2011), *Pin* 遺伝子型と小麦粉灰分含有率の関係は、既報と一致する。一方、Martinら (2001) は、*Pin* 遺伝子型により小麦粉タンパク質含有率には差がなかったことを報告していることから、

「はるきりり」は、*Pin* 遺伝子以外の要因で、小麦粉タンパク質含有率が低くなっていると推察される。

2. 子実タンパク質含有率とBM率の関係および品種間差

BM率と子実タンパク質含有率との関係はこれまでに明らかにされていなかったが、本試験では、両品種において、正の相関が認められた (第3図)。Ohmら (1998) は、子実タンパク質含有率やブレイキ粉量が、粒重および粒厚と負の相関を示すことを報告しているが、本研究における粒重は、変動が小さく、子実タンパク質含有率およびBM率との間に相関関係を示さなかった。一方、ブレイキ粉量は、粒硬度と負の相関を示すことも報告されている (Finneyら 1988) が、粒硬度と子実タンパク質含有率との相関関係は一致した傾向が認められているわけではない (Ohmら 1998, Girouxら 2000, Martinら 2001, Gazzaら 2008)。本研究においては粒硬度を調査しなかったため、子実タンパク質含有率がBM率と相関を示した要因は明らかにできなかった。

「はるきりり」は、「春よ恋」よりBM率が高かった (第3図)。Martinら (2001) は *Pin* 遺伝子型 *Pinb-D1b* と *Pina-D1b* を比較し、*Pinb-D1b* 型は *Pina-D1b* 型よりもブレイキ粉量が多いことを報告しており、「はるきりり」のBM率は、*Pin* 遺伝子の効果が一因となって「春よ恋」より高くなったと考えられる。ところで、ブレイキ粉は、ミドリング粉に比較して製粉時の機械的負荷が低く損傷澱粉量が少ないことが知られている (Kruger 1981, Everyら 2002)。そして、「はるきりり」の粒硬度は「春よ恋」より低く (中道ら 2010), *Pinb-D1b* 遺伝子型を有するコムギは、*Pina-D1b* 型よりも損傷澱粉量が少ないことが知られている (Takataら 2010, 中道ら 2011) ことから、「はるきりり」は、損傷澱粉量が「春よ恋」より少ないと考えられる。小麦粉タンパク質含有率によらず、「はるきりり」のAbは「春よ恋」より有意に低い傾向であった (第4図)。損傷澱粉の吸水率

は健全澱粉の数倍に及び (長尾 1989), 損傷澱粉量と吸水率との間には正の相関が報告されている (Wang and Flores 1999) ことから、「はるきらり」の損傷澱粉量が「春よ恋」より少ないことが推察される。

3. 小麦粉タンパク質含有率と製パン性の関係および品種間差

Ab は小麦粉タンパク質含有率によって最も大きな影響を受ける (長尾 1989) ことが知られているが, 本結果でも, 小麦粉タンパク質含有率が高いほど, 両品種の Ab は向上する傾向を示した (第 4 図)。Wang and Flores (1999) は, 小麦粉タンパク質含有率と Ab との間に正の相関があることを報告しており, 本結果も同様であった。一方, GI は, 小麦粉タンパク質含有率と負の相関を示した (第 5 図)。既報によれば, 子実および小麦粉タンパク質含有率が向上するほどグリアジン比率が高くなる (Gupta ら 1992, Johansson ら 2001, 谷中ら 2011)。本試験においても, グリアジンを多く含む EMP 含有率が, 小麦粉タンパク質含有率の向上とともに最も大きく増加しており, その比率が増したことで生地は軟化したと考えられる。また, 「はるきらり」は, 「春よ恋」より GI が低い傾向にあり, 可溶性画分の含有率は, 「はるきらり」の方が「春よ恋」より有意に多かった (第 7 図, 第 8 図)。そして, 小麦粉タンパク質含有率増加に伴う UPP の増加程度は, 「はるきらり」の方が「春よ恋」よりも小さかったことから, 「はるきらり」は, グリアジンを多く含む可溶性画分比が「春よ恋」より大きく, そのために GI が低いと考えられる。

パン体積は, 両品種とも, 小麦粉タンパク質含有率が高いほど大きい傾向があり (第 6 図), このことは既報 (Uthayakumaran ら 1999, Wanjugi ら 2007) と一致する。また, 同一の小麦粉タンパク質含有率において, 「はるきらり」は, 「春よ恋」よりパン体積が大きい傾向であった (第 6 図)。「はるきらり」は, 生地を強めるグルテニンサブユニット 5+10 をコードする *Glu-D1d* (Payne ら 1987) を「春よ恋」と同様に保持しているが, 「春よ恋」より可溶性画分が多いため生地の伸展性が大きい。中道ら (2011) は, 「はるきらり」の生地物性が「春よ恋」よりも弱い傾向であることを報告しているが, 「はるきらり」のエキステンソグラムの形状係数が, 「春よ恋」よりカナダ産小麦銘柄「1CW」に近いことを示している。形状係数は, 生地の伸展性に対する抗張性の比を示すことから, 「はるきらり」は, 生地の伸展性と抗張性のバランスが「1CW」と同様に優れており, その結果, パン体積が大きくなったと考えられる。

謝辞: 本論文は, 北海道立総合研究機構農業研究本部十勝農業試験場の荒木研究主幹にご高聞いただきました。また, 液体クロマトグラフィーによるタンパク質の分析では近畿中国四国農業研究センターの池田達哉博士にご協力をいただきました。これら皆様に感謝の意を表します。

引用文献

- AACC 1995. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 9th edn. American Association of Cereal Chemists, Inc. 10-10B, 38-12.
- Chen, F., Z. He, D. Chen, C. Zhang, Y. Zhang and X. Xia 2007. Influence of puroindoline alleles on milling performance and qualities of Chinese noodles, steamed bread and pan bread in spring wheat. *J. Cereal Sci.* 45 : 59-66.
- Every, D., L. Simmons, J. Al-Hakkak, S. Hawkins and M. Ross 2002. Amylase, falling number, polysaccharide, protein and ash relationships in wheat millstreams. *Euphytica* 126 : 135-142.
- Finney, P.L., J.E. Kinney and J.R. Donelson 1988. Prediction of damaged starch in straight-grade flour by near-infrared reflectance analysis of whole ground wheat. *Cereal Chem.* 65 : 449-452.
- Gazza, L., F. Taddei, M. Corbellini, P. Cacciatori and N.E. Pogna 2008. Genetic and environmental factors affecting grain texture in common wheat. *J. Cereal Sci.* 47 : 52-58.
- Giroux, M.J., L.E. Talbert, D.K. Habernicht, S. Lanning, A. Hemphill and J.M. Martin 2000. Association of puroindoline sequence type and grain hardness in hard red spring wheat. *Crop Sci.* 40 : 370-374.
- Gupta, R.B., I.L. Batey and F. MacRitchie 1992. Relationships between protein composition and functional properties of wheat flours. *Cereal Chem.* 69 : 125-131.
- 北海道農政部 2008. パン用春まき小麦「はるきらり (北見春 67 号)」の高品質安定栽培法, 平成 20 年普及奨励ならびに指導参考事項. 72-74.
- Johansson, E., M.L. Prieto-Linde and J.Ö. Jönsson 2001. Effects of Wheat Cultivar and Nitrogen Application on Storage Protein Composition and Breadmaking Quality. *Cereal Chem.* 78 : 19-25.
- Kruger, J.E. 1981. Severity of sprouting as a factor influencing the distribution of amylase levels in pilot mill streams of Canadian wheats. *Can. J. Plant Sci.* 61 : 817-828.
- Martin, J.M., R.C. Froberg, C.F. Morris, L.E. Talbert and M.J. Giroux 2001. Milling and Bread Baking Traits Associated with Puroindoline Sequence Type in Hard Red Spring Wheat. *Crop Sci.* 41 : 228-234.
- 長尾精一 1989. 小麦とその加工. 建帛社. 153-209.
- 中道浩司・足利奈奈・池田達哉 2010. 硬質コムギにおける *Pin* 遺伝子座と子実の硬質性の関係. 育種学研究 12 : 144-148.
- 中道浩司・佐藤謙謙・吉村康弘・小林聡・西村努・池永充伸・足利奈奈・荒木和哉・柳沢朗・今友親・吉田俊幸・土屋俊雄・白井滋久・鈴木孝子・白井和栄・奥村理 2011. 春まきコムギ新品種「はるきらり」の育成. 北海道立農試集報 95 : 25-37.
- 農林水産技術会議事務局 1968. 小麦品質検定法-小麦育種試験における- (研究成果シリーズ 35). 農林水産省農林水産技術会議事務局, 東京. 1-70.
- Ohm, J.B., O.K. Chung and C.W. Deyoe 1998. Single-Kernel Characteristics of Hard Winter Wheats in Relation to Milling and Baking Quality. *Cereal Chem.* 75 : 156-161.
- Payne, P.L., M.A. Nightingale, A.F. Krattiger and L.M. Holt 1987. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *J. Sci. Food Agric.* 40 : 51-65.
- 佐藤三佳子・五十嵐俊成・櫻井道彦・鈴木和織・柳原哲司・奥村正

- 敏 2009. 北海道北部地域における春まきコムギ「春よ恋」に対する開花期以降の尿素葉面散布が子実タンパク質含有率と収量に及ぼす効果およびその変動要因. 日作紀 78 : 9-16.
- Singh, N.K., R. Donovan and F. MacRitchie 1990. Use of sonication and size-exclusion high-performance liquid chromatography in the study of wheat flour proteins. II. Relative quantity of glutenin as a measure of breadmaking quality. *Cereal Chem.* 67 : 167-170.
- Takata, K., T.M. Ikeda, M. Yanaka, H. Matsunaka, M. Seki, N. Ishikawa and H. Yamauchi 2010. Comparison of five puroindoline alleles on grain hardness and flour properties using near isogenic wheat lines. *Breeding Sci.* 60 : 228-232.
- 竹谷光司 2004. 新しい製パン基礎知識 改訂版. パンニュース社. 26-27.
- Uthayakumaran, S., P.W. Gras, F.L. Stoddard and F. Bekes 1999. Effect of Varying Protein Content and Glutenin-to-Gliadin Ratio on the Functional Properties of Wheat Dough. *Cereal Chem.* 76 : 389-394.
- Wang, L. and R.A. Flores 1999. Effect of Different Wheat Classes and Their Flour Milling Streams on Textural Properties of Flour Tortillas. *Cereal Chem.* 76 : 496-502.
- Wanjugi, H.W., J.M. Martin and M.J. Giroux 2007. Influence of Puroindolines A and B Individually and in Combination on Wheat Milling and Bread Traits. *Cereal Chem.* 84 : 540-547.
- 柳沢朗・田引正 2002. 春まきコムギ新品種「春よ恋」の特性. 北海道立農試集報 82 : 113-116.
- Yanaka, M., K. Takata, T.M. Ikeda and N. Ishikawa 2007. Effect of the high-molecular-weight glutenin allele, *Glu-D1d*, on noodle quality of common wheat. *Breeding Sci.* 57 : 243-248.
- 谷中美貴子・高田兼則・池田達哉・石川直幸 2011. タンパク質含量がコムギのポリマータンパク質の量と分子量分布に及ぼす影響. 日作紀80 : 77-83.

Differences in Milling and Bread-making Properties between Hard Spring Wheat Cultivars “Harukirari” and “Haruyokoi” : Kouji NAKAMICHI¹⁾, Nana ASHIKAGA¹⁾, Masatomo KURUSHIMA¹⁾, Mikako SATO²⁾ and Yasuhiro YOSHIMURA¹⁾ (¹⁾ *Hokkaido Research Organization Kitami Agric. Exp. Statn., Kunneppu-cho Yayoi 52, Tokoro, Hokkaido 099-1496 Japan;* ²⁾ *Hokkaido Research Organization Kamikawa Agric. Exp. Statn.*)

Abstract : The hard spring wheat cultivars “Harukirari” and “Haruyokoi” were cultivated at the Kamikawa Agricultural Experiment Station, Hokkaido, for 3 years and their grain protein content, wheat ash content, flour protein content, flour ash content, ratio of break flour to middling flour (BM), dough water absorption, gluten index, and loaf volume were evaluated. The flour sifted from “Harukirari” had lower protein and ash contents than the flour sifted from “Haruyokoi”. BM increased with the increase in the grain protein content, and was higher in “Harukirari” than in “Haruyokoi”. As the flour protein content increased, dough water absorption and loaf volume increased, while the gluten index decreased. Dough water absorption and gluten index were lower in “Harukirari” than in “Haruyokoi”, and loaf volume was larger in “Harukirari” than in “Haruyokoi”, while the flour protein content was similar. Size-exclusion high-performance liquid chromatography revealed that the extractable polymeric protein content (EPP), extractable monomeric protein content (EMP), and unextractable monomeric protein content were positively correlated with the flour protein content. EMP, which mainly consists of gliadins, increased with the increase in flour protein content. When the flour protein content was the same, EPP and EMP were higher in “Harukirari” than in “Haruyokoi”. However, the unextractable polymeric protein content was lower in “Harukirari” than in “Haruyokoi”.

Key words : ash content, bread-making property, milling property, protein content, wheat.