〔短報〕

秋まき小麦のタンパク質含量と糊化特性が加工適性に及ぼす影響

奥村　理

日本めん用小麦の主力品種である秋まき小麦「ホクシン」を用いて，小麦粉品質と加工適性の関係を調査した。小麦粉のタンパク質含量が高くなるのに伴い，粉色L*（明度）が低くなり，製めん適性は低下した。一方，タンパク質含量が高くなるのに伴い，ファリノグラフ特性値のAb（吸水率），DT（生地形成時間），Stab（安定度）及びvv（バロリメーターバリュー）は上昇し，Wk（弱化度）は低下し，製パン試験におけるパン比容積は高まり，製パン適性はパン用春まき小麦に近づいた。このことから，タンパク質含量が高い「ホクシン」は，パン用春まき小麦に比べて製パン性が劣るものの，パン用として利用できる可能性もあると考えられた。また，RVA（ラピッドビスコアナライザー）最高粘度が50RVU未満の小麦粉は350RVU以上のものと比較して，Wkが大きく，生地のべたつきが大きく，製パン時の作業性が劣るとともに，10RVU未満の小麦粉については，クラム（パン内相）の物性も劣った。このことから，最高粘度が低い「ホクシン」は，日本めんに用いる場合と同様，パン用としての利用も困難であると考えられた。

緒　言

北海道の畑作農業において，小麦は基幹作物のひとつであり，2007年産小麦の作付面積は117,100ha，生産量は582,000tで，国内生産量の約64%を占めている。この中で最も広く栽培されているのは，主に日本めん用として利用されている秋まき小麦「ホクシン」であり，全道の小麦作付面積の90%近くを占めるに至っている。

小麦の流通場面では2005年産から，いわゆるランク区分が設定され，「たんぱく」，「灰分」，「容積重」，「フォーリングナンバー」の各評価に基づき奨励金の交付額が決定されている。この区分によれば「ホクシン」が対象となる日本めん用小麦の「たんぱく」の基準値は9.7～11.3%の範囲である。試験研究および生産現場では，適正なタンパク質含量の小麦生産を目指した栽培法改善や技術導入に関する取組みが進められている。しかし，これらの技術を駆使してもなお，基準値を超える小麦の生産が懸念される。

北海道産の春まき小麦はタンパク質含量が高く国産小麦の中では製パン性に優れるとされているが，ここ数年，生産量が需要量を下回る状況にある。そこで，「ホクシン」に代表される日本めん用品種であっても比較的タンパク質含量が高い生産物は，製パン用途としての利用も想定される。

また，糊化特性は加工適性に大きな影響を及ぼすことからランク区分でもフォーリングナンバーとして取り入れられている。しかしながら，糊化特性が製パン適性に及ぼす影響について道内での研究事例は少ない。

そこで本研究では，秋まき小麦「ホクシン」を用いて，小麦粉のタンパク質含量及び糊化特性と加工適性の関係を明らかにするとともに，タンパク質含量が高い生産物について，製パン用途としての適性を検討した。

試験方法

1．供試材料

(1)　タンパク質含量と粉色の関係

2002，2003年に空知地域（中央農試，現地圃場），十勝地域（十勝農試，現地圃場）及び網走地域（北見農試，現地圃場）で生産された「ホクシン」を供試した。原麦を試験用小型製粉機（Quadrumat Junior，ブラベンダー社）で製粉，60%粉を調製し，タンパク質含量及び粉色の分析に供した。

(2)　タンパク質含量及び糊化粘度と生地物性及び製パン性の関係

2004年中央農試産「ホクシン」（9材料）及び2002年

2009年8月12日受理
北海道立中央農業試験場（現：北海道原子力環境センター，045-0123　岩内郡共和町）
E-mail:okumuros@agri.pref.hokkaido.jp

中央農試産の春まき小麦「ハルユタカ」,「春よ恋」を供試した。原麦を試験用製粉機（MLU-202，ビューラー社）で製粉し，得られた60%粉をRVA（ラピッドビスコアナライザー）最高粘度，生地物性の測定，製パン試験及びクラム物性の測定に供した。また,「ホクシン」から得られた60%粉の一部に粗グルテン粉末を混合した粉（４材料),「ホクシン」の原麦を発芽処理（０～60時間）した後，乾燥，製粉することにより得た小麦粉（４材料，RVA最高粘度396RVU，49RVU，17RVU及び6RVU）を同様の測定に供した。なお，参考として市販のパン用小麦粉「スーパーカメリヤ」（日清製粉）を用いた。

(3) 粗グルテン粉末の調製

2003年中央農試産「ホクシン」の小麦粉で作成した生地からデンプンを洗い流した後，凍結乾燥，粉砕することにより粗グルテン粉末（タンパク質含量69%）を調製した。

２．小麦粉品質分析

タンパク質含量は近赤外分光分析計（Infralyzer500，ブランルーベ社）により測定した。粉色は粉３ｇと水４mLを混合したペーストについて，色彩色差計（TC-1800MK Ⅱ，東京電色社）を用いて測定し，L*（明度）を算出した。糊化特性はラピッドビスコアナライザー３Ｄ型（ニューポートサイエンティフィック社）を用いて，粉４ｇに水25mLを加えて測定した。測定条件は，初期温度34℃，34℃から94℃まで昇温（12分間，５℃/分），94℃で５分間保持，94℃から34℃まで降温（12分間，５℃/分）として，得られた粘度曲線から最高粘度を算出した。生地物性は，50gミキサーを装着したファリノグラフ（ブラベンダー社）を用いて測定し，Ab（吸水率）を算出するとともに，得られた図形からDT（生地の形成時間），Stab（生地の安定度），Wk（生地の弱化度）及びvv（バロリメーターバリュー：生地特性の総合評価値）を読みとった。

３．製パン試験及びクラム物性の測定

製パン試験の原料配合は粉200g，砂糖８ｇ，食塩３ｇ，ドライイースト３ｇ，ショートニング４ｇとし，加水量はファリノグラフのAbを参考に適宜調整した。製パン工程は「パン用酵母試験法」（日本イースト工業会）の直ごね法（ストレート法）に従った[2)]。焼成翌日にパン体積，パン重量を測定し比容積を算出するとともに，２cm厚にスライスした中央部２×２cmを切り出した。クラム（パン内相）物性の測定には，35mm円筒形プローブを装着したテクスチャーアナライザー（TA-XT2i，ステーブルマイクロシステムズ社）を用いた。測定条件は，２回圧縮法，圧縮率70%，テストスピード１mm/秒，待機時間２秒とし，得られた応力曲線から硬さ及び弾力性を読みとった。

結　果

１．タンパク質含量と粉色の関係

2002，2003年の空知，十勝及び網走地域産「ホクシン」の小麦粉タンパク質含量と粉色L*の関係を図１に示した。2002年空知地域産のタンパク質含量は6.6～10.3%，粉色L*は82.3～84.5の範囲に分布し，両者の間には負の相関関係（r＝-0.35**）が認められた。2003年のタンパク質含量は6.8～11.4%，粉色L*は82.0～84.2の範囲に分布し，2002年と比較してより高い負の相関関係（r＝-0.53**）が認められた。十勝地域産は2002年に比べ2003年のタンパク質含量の分布範囲が広

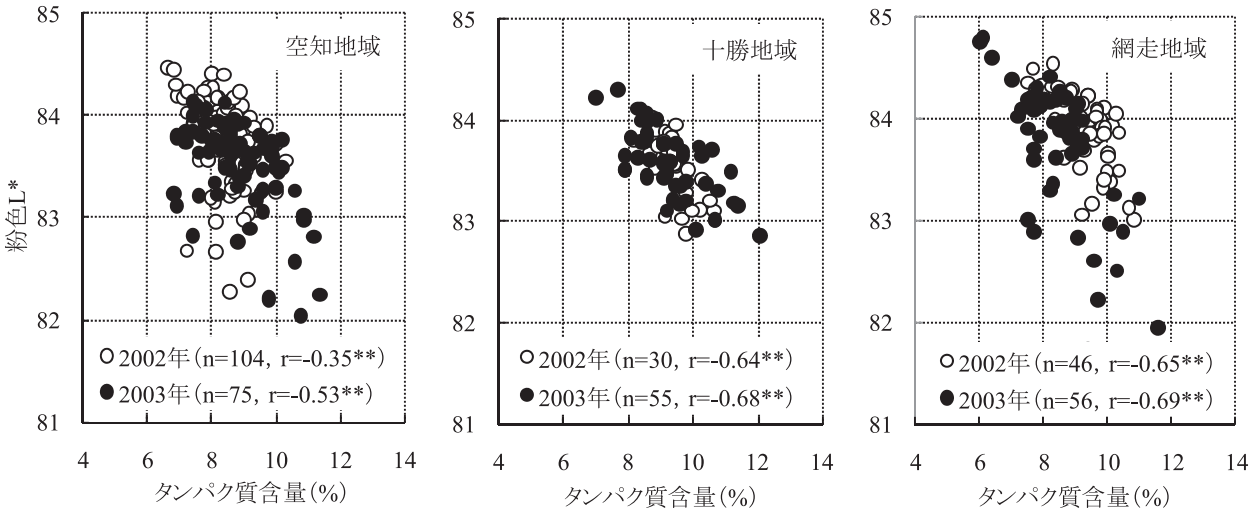

図１　小麦粉タンパク質含量と粉色（明度・L*）の関係
**は１%水準で有意

く，粉色L*の分布も僅かに広かった。タンパク質含量と粉色L*の間には2か年とも高い負の相関関係（2002年：r＝-0.64**，2003年：r＝-0.68**）が認められた。網走地域産のタンパク質含量の分布範囲は2002年に比べ2003年で広く，対応する粉色L*の分布範囲も広かった。網走地域についても2か年とも両者の間に高い負の相関関係（2002年：r＝-0.65**，2003年：r＝-0.69**）が認められた。

2．タンパク質含量と製パン性の関係

「ホクシン」13材料，春まき小麦2材料及び市販小麦粉の最高粘度，ファリノグラフ特性値及び製パン試験結果を表1に，タンパク質含量と比容積の関係を図2にそれぞれ示した。タンパク質含量8.3%の小麦粉（＝タンパク8.3%粉，以下同様に表記。）のAbは51.2%，DTは1.2min，Stabは1.3min，Wkは115B.U.，vvは38，タンパク10.6%粉のAbは53.8%，DTは1.7min，Stabは2.4min，Wkは85B.U.，vvは46であり，タンパク質含量が高くなるのに伴いAb，DT，Stab及びvvが上昇し，Wkが低下した。また，粗グルテン粉末を添加することにより調製したタンパク14.3%粉のAbは57.0%，DTは3.5min，Stabは3.3min，Wkは70B.U.，vvは54であった。粗グルテン粉末を添加した4材料のタンパク質含量の上昇にともなう各特性値の変化は，タンパク質含量10.6%以下の粉と同様の傾向を示した。一方，パン用春まき小麦のAbは「ハルユタカ」が58.8%，「春よ恋」が61.8%，市販小麦粉のAbは70.0%であり，タンパク14.3%粉よりも高かった。

パン比容積（以下「比容積」と略。）は，タンパク8.3%粉が最も低く3.40mL/g，粗グルテン粉末を添加しない粉の中ではタンパク10.2%粉が最も高く4.10mL/gであり，タンパク質含量が高くなるのに伴い比容積は高くなる傾向があった。また，供試13材料で最もタンパク質含量が高いタンパク14.3%粉の比容積は4.47mL/gで

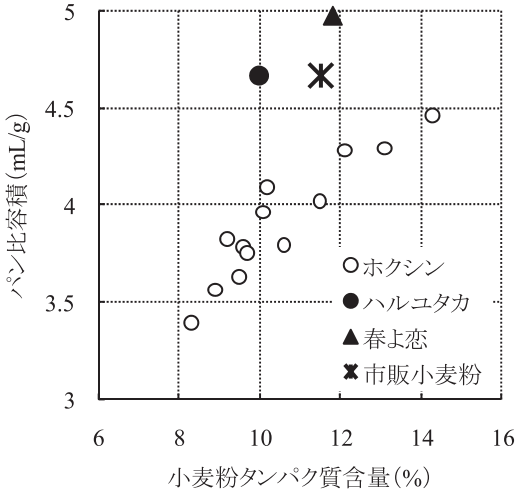

図2　小麦粉タンパク質含量とパン比容積の関係

表1　タンパク質含量が異なる小麦粉のRVA最高粘度，生地物性及び製パン試験結果

区　分	小麦粉タンパク質含量	RVA最高粘度(RVU)	ファリノグラフ特性値 Ab(%)	DT(min)	Stab(min)	Wk(B.U.)	vv	製パン試験 体積(mL)	比容積(mL/g)
ホクシン	8.3%	409	51.2	1.2	1.3	115	38	456	3.40
	8.9%	408	51.6	1.2	1.5	105	40	477	3.57
	9.2%	428	52.2	1.0	1.3	110	38	509	3.83
	9.5%	416	51.8	1.5	2.4	100	42	490	3.64
	9.6%	424	53.2	1.2	1.6	105	40	511	3.79
	9.7%	424	52.2	2.0	2.2	95	45	500	3.76
	10.1%	422	52.4	1.8	2.9	95	44	537	3.97
	10.2%	427	54.0	1.5	2.0	90	44	555	4.10
	10.6%	407	53.8	1.7	2.4	85	46	516	3.80
	11.5%※1	401	53.8	2.5	3.2	70	50	543	4.03
	12.1%※1	389	54.6	3.0	3.0	65	53	578	4.29
	13.1%※1	399	56.4	3.0	3.7	60	54	585	4.30
	14.3%※1	387	57.0	3.5	3.3	70	54	610	4.47
ハルユタカ	10.0%	144	58.8	1.2	3.5	90	44	622	4.67
春よ恋	11.8%	306	61.8	7.0	9.7	65	67	673	4.98
市販小麦粉※2	11.5%	235	70.0	22.0	13.3	40	97	660	4.67

※1　粗グルテン粉末を添加することによりタンパク質含量を調整
※2　「スーパーカメリヤ」（日清製粉）

あり，粗グルテン粉末を加えた場合も，タンパク質含量の上昇に伴い比容積が高まった。一方，パン用春まき小麦の比容積は「ハルユタカ」が4.67mL/g，「春よ恋」が4.98mL/g，市販小麦粉の比容積は4.67mL/gであり，タンパク14.3%粉よりも高かった。

3．糊化粘度と製パン性の関係

RVA最高粘度（以下「最高粘度」と略。）の異なる小麦粉のファリノグラフ特性値，製パン試験結果及びクラム物性を表2に示した。最高粘度396RVUの小麦粉（＝396RVU粉，以下同様に表記。）のAbは54.8%，DTは1.8min，Stabは2.9min，Wkは90B.U.，vvは45であった。6RVU粉のAbは52.2%，DTは1.0min，Stabは0.7min，Wkは240B.U.，vvは25であり，最高粘度が低くなるのに伴いAb，DT，Stab及びvvが低下し，Wkが上昇した。製パン試験におけるミキシング終了時の生地の状態は，396RVU粉では市販小麦粉とほぼ同様に取扱いが容易であったが，最高粘度の低下とともにべたつきの程度が大きくなり，6RVU粉では取扱いが困難であった。比容積は，396RVU粉の3.97mL/gと比較して，49RVU粉は5.33mL/g，17RVU粉は5.86mL/gと高く，6RVU粉は3.89mL/gで同程度であった。クラム硬さは，396RVU粉の219g/cm²と比較して，49RVU粉，17RVU粉で明らかに低く，6RVU粉でやや低かった。クラム弾力性は，396RVU粉の0.88と比較して，49RVU粉が同程度，17RVU粉がやや低く，6RVU粉は明らかに低かった。

タンパク質含量が異なる「ホクシン」13材料と原麦を発芽処理することにより得た小麦粉4材料について，比容積とクラム硬さの関係を図3に，比容積とクラム弾力性の関係を図4にそれぞれ示した。クラム硬さは，最高粘度に関わらず比容積の増加に伴い減少し，比容積が最も大きい17RVU粉のクラム硬さは60g/cm²で市販小麦粉とほぼ同程度であった。一方，クラム弾力性は，最高粘度が350RVU以上では，比容積の増加に伴って直線的に上昇し，比容積4.47g/mLのクラム弾力性は0.92で，市販小麦粉とほぼ同程度であった。しかし，49RVU粉及

表2　RVA最高粘度が異なる小麦粉の生地物性及び製パン試験結果

区分	小麦粉RVA最高粘度（RVU）	ファリノグラフ特性値					製パン試験			クラム物性	
		Ab（%）	DT（min）	Stab（min）	Wk（B.U.）	vv	生地の状態※1	体積（mL）	比容積（mL/g）	硬さ（g/cm²）	弾力性
ホクシン	396	54.8	1.8	2.9	90	45	○	539	3.97	219	0.88
	49※2	54.8	2.2	2.1	120	40	△～×	706	5.33	73	0.87
	17※2	53.4	1.3	1.1	155	32	×	759	5.86	60	0.81
	6※2	52.2	1.0	0.7	240	20	××	508	3.89	176	0.49
市販小麦粉※3	235	70.0	22.0	13.3	40	97	○	660	4.67	66	0.91

※1　製パン試験のミキシング終了時の状態
　○：ミキシングボールから速やかに離れ，取扱いが容易
　△：ミキシングボールに僅かに付着し，少しべたつきはあるが，取扱いは比較的容易
　×：ミキシングボールに付着し，かなりべたつきがあり，取扱いがやや困難
　××：ミキシングボールに付着し，べたつきが著しく，取扱いが困難
※2　発芽処理（24～64時間）した原麦から調製した小麦粉
※3　「スーパーカメリヤ」（日清製粉）

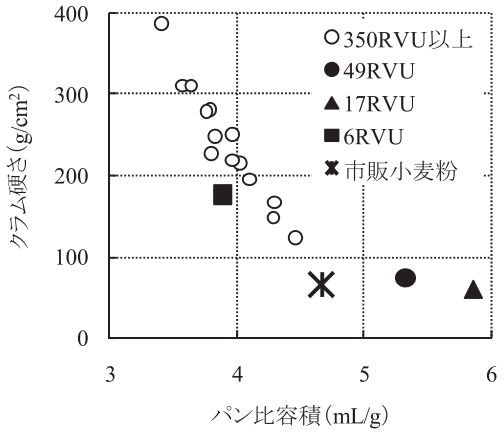

図3　パン比容積とクラム硬さの関係

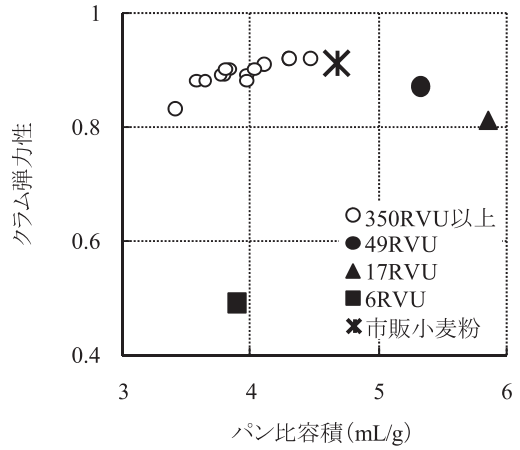

図4　パン比容積とクラム弾力性の関係

び17RVU 粉は市販粉に比べ比容積が高いにも関わらずクラム弾力性は低く，6RVU では比容積が低下するとともにクラム弾力性が極端に低くなった。

考　察

秋まき小麦「ホクシン」は主に日本めん用として利用されている。日本めんの品質において，最も重要な評価項目はめんの色であり，明るく冴えたものが品質に優れ，暗くくすんだものは品質が劣るとされる[1]。本試験の結果では，小麦粉タンパク質含量が高くなるのに伴い粉色 L*が低くなる傾向が認められた。このことから，タンパク質含量が高い小麦粉は，めんの色が劣り，日本めん用としての適性が低いと考えられた。一方，パン用として用いた場合にも，粉色はクラム（パン内相）の色に影響すると考えられる。しかし，クラムの色はすだちの大きさと均一性に大きく左右されるとされており[3]，日本めん用と比較してパン用に用いる場合は粉色の重要性がそれほど高くないと考えられる。

パン用に用いる小麦粉は日本めん用に比べタンパク質含量の高いものが適するとされている。また，生地調製時には一定の硬さの生地となるのにより多くの水を吸収し，焼成時には良く膨み，比容積が高いパンとなる小麦粉が製パン性に優れるとされる。本試験の結果では，タンパク質含量が高くなるのに伴い，ファリノグラフ特性値の Ab， DT， Stab 及び vv が高く， Wk が低くなった。また，製パン試験においても，タンパク質含量の上昇に伴い比容積が明らかに上昇し，製パン適性が高まる傾向にあった。製パンは混捏，発酵及び焼成の工程からなり，混捏工程では小麦粉が水や他の材料と一緒に捏ねられることによって，タンパク質からグルテンが形成される。グルテンは，発酵段階に酵母の作用により発生し焼成段階で大きく膨張する炭酸ガスを保持する働きを担っている[4]。本試験においてタンパク質含量の高い小麦粉の比容積が高かったのは，このようなグルテンが生地中に多く存在していたことによると考えられる。しかし，春まき小麦との比較では，本試験で供試した小麦粉のうち最もタンパク質含量が高い14.3%粉であっても，「ハルユタカ」（タンパク質含量10.0%），「春よ恋」（タンパク質含量11.8%）に比べ， Ab 及び比容積が低く，「ホクシン」の製パン性はパン用春まき小麦には及ばないことが明らかであった。

製パン性の評価指標としてパン比容積が重要であることは先に述べたとおりであるが，比容積が大きくてもパン生地の取扱い性や焼成後のクラムの質が劣れば製パン適性は劣ることになる。パンの評価においては，スライス面を圧した時の触感がソフトで弾力があるものが良質とされていることから[4]，本試験の測定項目のうち，クラム硬さが低く，クラム弾力性が高いものがクラム物性に優れると考えられる。本試験の結果では，最高粘度350RVU 以上の小麦粉の生地の取扱い性は市販小麦粉と同程度であった。また，比容積が上昇するのに伴いクラム硬さは直線的に減少し，クラム弾力性は直線的に増加したことから，タンパク質含量の上昇に伴い比容積が高まったパンのクラム物性は市販小麦粉の特性に近づいていると考えられた。一方，最高粘度10～50RVU の小麦粉は，生地にべたつきがあり最高粘度350RVU 以上に比べ作業性が劣った。また，比容積が大きくなるものの，比容積とクラム弾力性の関係は，最高粘度350RVU 以上で認められた直線的な関係から外れる傾向があり，そのクラム物性は市販小麦粉とは異なる性質のものであることが推察された。さらに，最高粘度10RVU 未満の小麦粉は，生地のべたつきが著しく，取扱いが困難になるとともに，クラム弾力性が極端に低くなり，そのクラム物性は市販粉に比べ明らかに劣ると考えられた。このことから，最高粘度が低い小麦粉は，パン用としての適性が劣ると考えられた。

謝　辞　本研究を進めるにあたり，中央農試水田農業科，同畑作科，十勝農試栽培環境科及び北見農試栽培環境科から小麦試料を提供いただいた。また，本稿をまとめるにあたり，中央農試基盤研究部長目黒孝司氏にご校閲いただいた。各位に心から謝意を表する。

引用文献

1）長尾精一.“小麦の科学”. 東京. 朝倉書店. 1995. p.204.
2）日本イースト工業会.“パン用酵母試験法”. 東京. 日本イースト工業会. 1991. p. 8－9
3）田中康夫，松本博.“製パンの科学Ⅰ製パンプロセスの科学”. 東京. 光琳. 1991. p.292
4）内田迪夫.“パンの品質評価”. 調理科学. 22(2), 102-107（1989）.

Effect of Protein Content and Viscosity on Processing Quality of Winter Wheat

Osamu OKUMURA

Hokkaido Central Agricultural Experiment Station (Present; Hokkaido Nuclear Energy Environmental Research Center, Kyowa, Hokkaido, 045-0123 Japan)
E-mail:okumuros@agri.pref.hokkaido.jp