



## 耐雪性を有する道産中力小麦生地の粘弾性物性値の測定（パン生地への展開）

メタデータ	言語: jpn 出版者: 北海道開発技術センター 公開日: 2012-08-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 河合, 秀樹, 田中, 文武, 山内, 宏昭, 高橋, 洋志 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1610">http://hdl.handle.net/10258/1610</a>

## 耐雪性を有する道産中力小麦生地の粘弾性物性値の測定（パン生地への展開）

その他（別言語等）のタイトル	Measurement of visco-elastic properties for middle strong domestic flour dough which has snow endurance
著者	河合 秀樹, 田中 文武, 山内 宏昭, 高橋 洋志
雑誌名	寒地技術論文・報告集
巻	21
ページ	559-563
発行年	2005
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1610">http://hdl.handle.net/10258/1610</a>

CTC05-I-088

## 耐雪性を有する道産中力小麦生地の粘弾性物性値の測定 (パン生地への展開)

河合 秀樹 (室蘭工業大学 機械システム工学科)  
 田中文武 ( )  
 山内宏昭 (農業・生物系特定産業技術研究機関北海道農業研究センター 植物研究部 品質制御研究チーム)  
 高橋洋志 (室蘭工業大学 機械システム工学科)

Measurement of visco-elastic properties for middle strong domestic flour dough which has snow endurance

H. Kawai (Muroran Institute of Technology Dept. Mechanical System Engineering)  
 F. Tanaka (Muroran Institute of Technology Dept. Mechanical System Engineering)  
 H. Yamauchi (National Agriculture and Bio-oriented Research Organization National Agricultural Research Center for Hokkaido Region)  
 H. Takahashi (Muroran Institute of Technology Dept. Mechanical System Engineering)



COLD  
REGION  
TECHNOLOGY  
CONFERENCE 2005

### 1. 研究目的

小麦は日本の食文化を支える上で重要な原材料であり、保水時の弾力やコシなど、レオロジー物性値を示すたんぱく質含有量で、それぞれ強力粉、中力粉、薄力粉に区別される。

我が国の小麦生産量は約 80 万トン/年であるが、その大半は中力粉であり、パンやラーメンなどコシの強さが要求される強力粉は、ほとんど栽培されず、約 9 割(300~400 万トン/年)を輸入に頼るのが現状である。国産中力粉の 50%近くは、寒冷地(主に北海道)で栽培される「ホクシン」銘柄であり、その作付面積は、平成 14 年現在で全国小麦総作付面積の実に 48%に上る。ホクシンは、「リットル重が大きく多収」、「小麦粉にした後のうどん作りにおいて良質である」という魅力や、「うどんこ病、赤かび、雪腐小粒菌核病、紅色雪腐病などの病気に対する抵抗性が強い」、「耐雪性に優れ多雪地帯においても農家で安心して作れる」という特徴を有する。このため、寒冷地、特に広大な面積を有する北海道での人気が高い。

しかし、前述のように昨今の食生活の欧米化に伴って中力粉は過剰生産に陥り、その一方で強力粉の需要は急増し、圧倒的に供給不足、というアンバランスが生じている。食の安全性から言えば国産への期待が高い。このため、北海道農業研究センター(芽

室)では、たんぱく質含有量が強力粉を上回る、「超強力粉」の育種開発に取り組んでいる。この超強力粉を国産中力粉とブレンドすることにより、中力粉が強力粉市場に参入できれば、国産小麦の自給率を大幅にアップさせることができる。これに伴い、ブレンドを含めた各品種の機械的物性値の基準、すなわちレオロジー特性(粘弾性特性)を把握することが重要になる。しかし、小麦粉の粘弾性に関しては、ほとんど研究がなく、実際のパン生地物性について適用されたデータは見当たらない。過去にアルベオグラフに基づく Bloksma<sup>1)</sup>の優れた理論や、松本ら<sup>2)</sup>のパンの膨張性と生地粘弾性に関連する論文が見られるが、理論モデルに留まっている。

そこで本研究では、静的粘弾性装置を用いて、ブレンドを含む多種実用パン生地のレオロジー物性値(粘弾性)を測定し、生地の吸水特性や焼成時における生地膨張性との関連性について評価することを目的とする。粘弾性測定においては、通常用いられる静的粘弾性装置による測定に加え、安価で高精度なレーザ変位計を用いた測定装置を新たに開発した。ここでは、それらによる粘弾性の評価を行う。

### 2. 実験装置および実験方法

2.1 実験装置 本研究では、高精度静的粘弾性測定装置として、(株)山電製クリープメータ RE-3305 (以下、RE-3305 と呼称)を用いた。また、レーザ



Fig. 1 静的粘弾性装置(レーザ変位装置) (左) と測定部詳細(右)

変位計を用いた静的粘弾性装置(以下、レーザ変位装置と呼称)は図1に示される。

自重で落ちる重りによりパン生地を一定荷重で圧縮させ、その時の変形量を上部レーザ変位計(株)キーエンス製 CCD レーザ変位センサ(型式 LK-030))を用いて測定し、クリープ曲線を得た。下部には電子天秤を設け、荷重の変動を逐次チェックした。

その精度については、RE-3305 と同程度であることを確認している。

2.2 物性値の求め方 RE-3305 あるいはレーザ変位装置により測定された歪は、図2のように、瞬間弾性部、遅延変形部、定常粘性部の3領域に分けられる。

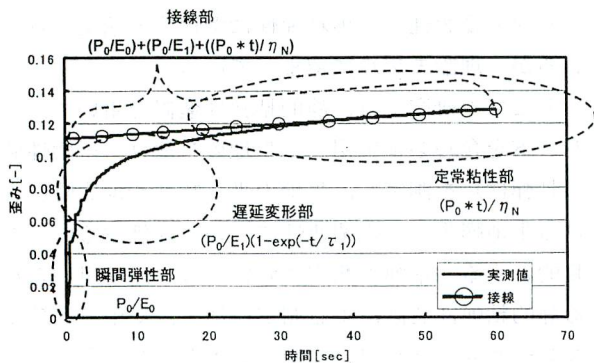
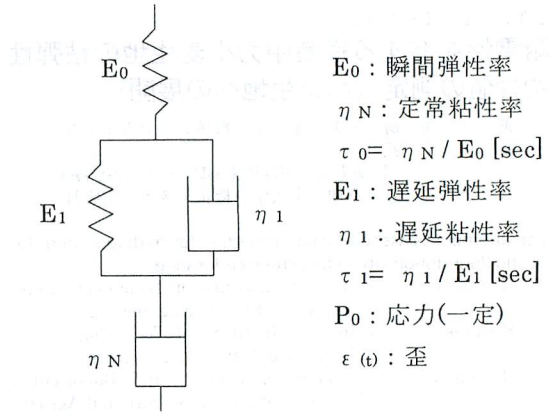


Fig. 2 パン生地の歪

ここで、歪と荷重の関係を Kelvin-4 要素モデル(図3)に適合させ、式(1)を用いて各物性値を算出する。

$P_0$  は応力、 $\gamma$  は歪、 $E_0$  : 瞬間弾性係数、 $E_1$  : 遅延弾性係数、 $\eta_1$  : 遅延粘性係数、 $\eta_N$  : 定常粘性係数である。また  $\eta_N/E_0 = \tau_0$  は緩和時間、 $\eta_1/E_1 = \tau_1$  は遅



$E_0$  : 瞬間弾性率  
 $\eta_N$  : 定常粘性率  
 $\tau_0 = \eta_N / E_0$  [sec]  
 $E_1$  : 遅延弾性率  
 $\eta_1$  : 遅延粘性率  
 $\tau_1 = \eta_1 / E_1$  [sec]  
 $P_0$  : 応力(一定)  
 $\varepsilon(t)$  : 歪

$$\varepsilon(t) = \frac{P_0}{E_0} + \frac{P_0}{E_1} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}} \right) + \frac{P_0}{\eta_N} t \quad \dots(1)$$

Fig. 3 Kelvin-4 要素モデル

延時間と定義される ( $\tau_0 \rightarrow \infty$  : 弾性的性質,  $\tau_1 \rightarrow 0$  : 弾性的性質). 今、このモデルに圧縮力を一定に与え歪ませた場合、瞬間的に  $E_0$  の部分だけが歪み、徐々に  $E_1$ ,  $\eta_1$  の遅延部が変形し、加重時間が長くなるにつれ  $\eta_N$  が力を緩和(応力緩和)させる。

応力緩和を表現するモデルには  $\eta_N$  による「粘性的性質」が必要である。本研究では Kelvin-4 要素モデルを使用した。また、物性値  $E_0$  と  $\eta_N$  が重要であるので、これらについて説明を補足する。 $E_0$  と  $\eta_N$  は、それぞれ直列につながれたバネとダッシュポットに対する瞬間弾性係数と定常粘性係数を表す。 $E_0=0$  の極限では、同じ応力のもと、バネがダッシュポットに比べて無限大に伸びるので、系は純弾性に支配されることになる。また、 $\eta_N=0$  の極限では、ダッシュポットが無限の速度を有することになるので、系は純粘性に支配される。したがって緩和時間 ( $\tau_0 = \eta_N/E_0$ ) は、 $\eta_N$  が増大するほど大きくなり、より弾性的となる。 $\eta_N=0$  は完全流体を意味するのではなく、純粘性流体である。

2.3 実験方法 本研究では、RE-3305 装置による標準物性値の測定(実験1)とレーザ変位装置による同様の測定(実験2)を行った。使用したサンプルおよびその作製については次項に従う。

2.3.1 パン生地の作製法 表1にパン業界で使われる製パン工程を示す<sup>3)</sup>。

第21回寒地技術シンポジウム (2005)

Table. 1 製パン工程(ストレート法)

製パン工程	概要
1, ミキシング	小麦粉, 水, イースト菌等のレシピを混練りする.
2, 発酵(一次発酵)	温度30°C, 湿度一定(40%前後)で90分間発酵させる.
3, 分割・丸目	生地を一定量に分割し, 丸める.
4, ベンチタイム	温度30°C, 湿度一定(40%前後)で25分間寝かせる.
5, 成型	パンの形を成型する.
6, ホイロ(最終発酵)	温度40°C, 湿度80%で発酵させる.
7, 焼成	温度220°C, 20分~30分で焼成する.

表1は通常の製パン工程であり「ストレート法」と言われる。また、「ノータイム法」と呼ばれる工程は表1において「2, 発酵(一次発酵)」を除いた方法である。本実験においては、「ノータイム法」を適用した。「物性値」の測定は「4, ベンチタイム」時に行う。パン生地作製時の標準添加剤については表2に示す。表中の比率は小麦粉質量を1とした時の割合を示す。ASAは生地硬化剤であり、本実験ではイースト菌は投入しない。

Table. 2 標準製パン添加剤

添加剤名	比率
砂糖	5%
食塩	2%
*ASA	100ppm
イースト菌	なし

表3, 表4には実験で用いられる小麦粉品種名および吸水割合(小麦粉質量1に対する割合)をそれぞれ示す。

VictoriaINTA(表3), 勝系(表4)は超強力粉, カメリアは輸入強力粉である。輸入強力粉に関しては, ASA以外に, 生地軟化剤GSH(還元剤)を添加した場合も検討する。

Table. 3 サンプル(実験1)

サンプル名	吸水割合[%]
Victoria INTA (超強力粉)	64
カメリアA (ASA) (強力粉)	66, 70
カメリアB (GSH) (強力粉)	66
ホクシン (中力粉)	56.5, 60

Table. 4 サンプル(実験2)

サンプル名	吸水割合[%]
勝系 (超強力粉)	60, 65, 70
カメリア(ASA) (強力粉)	
ホクシン (中力粉)	50, 55
勝系+ホクシンのブレンド (ブレンド比率3:7)	56.5, 58, 59.5

2.3.2 測定サンプルの作製 測定サンプルは, 2.3.1で作製したパン生地を30gずつ分割し, 測定のフラット性を確保すべく, 図4に示すサンプル作製木杵を使用して予め60分間, 温度30°Cで応力緩和をさせる。この60分間を予備緩和時間と定義する。これは一番緩和しにくい超強力粉を基準とした。

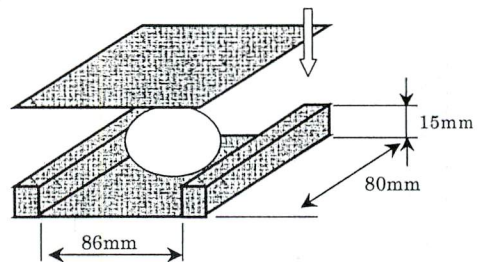


Fig. 4 パン生地サンプル作製木杵

また, 温度30°Cについては製パン時イースト菌発酵温度を想定した。これより木杵によって設定されるパン生地は表5で統一される。

Table. 5 サンプル諸元

質量 [g]	30
高さ [mm]	15
直径 [mm]	50

3. 実験結果

3.1 パン生地の評価指標の確定(実験1)

RE-3305 装置により得られた表3の生地サンプルの物性値  $\tau_0$  と実際の焼成時における比容積の関係を図5に示した。

ここで、焼成パンには小麦粉質量1に対してイースト菌を1%, 2% (標準), 4% 投与した。

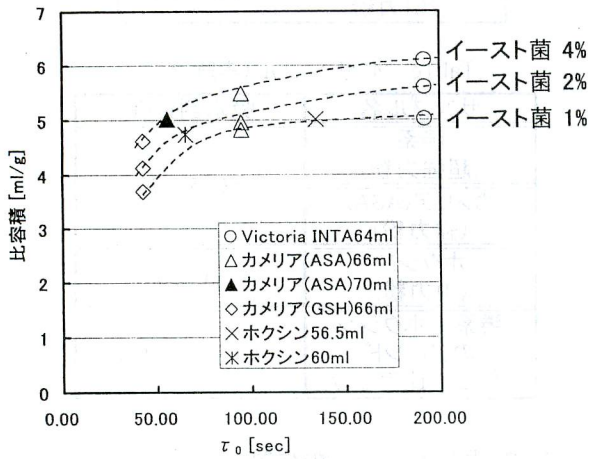
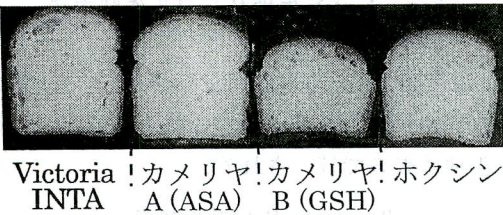
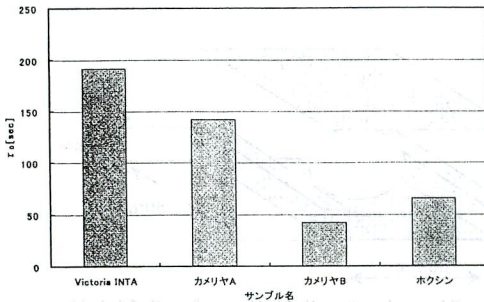


Fig. 5  $\tau_0$  に対する焼成時の比容積

図5より、どの品種においても  $\tau_0$  の増加に伴い、比容積の増加が見られる。また、イースト菌の量が多くなると、比容積も大きくなる傾向が見られる。



Victoria INTA カメリアA(ASA) カメリアB(GSH) ホクシン  
Fig. 6 各サンプルの  $\tau_0$  (上) と 焼成時のパン写真(イースト菌: 2%) (下)

図6には各サンプルの  $\tau_0$  と焼成時製パンの写真を示した。図中、サンプルは左から VictoriaINTA, カメリア A(ASA), カメリア B(GSH), ホクシンを示す。ただし、カメリア A および B の吸水割合は 66% の場合を使用し、焼成パンにはイースト菌 2% が投与されている。これらの結果より、 $\tau_0$  と焼成時の膨張性には良好な相関があることが分かった。したがって、焼成時の膨張性は生地物性値  $\tau_0$  で定性的に予測可能である。

3.2 ブレンド小麦の物性値測定(実験2) 本実験では小麦単品種ならびにブレンド小麦粉の物性値を測定した。図7(上)は  $\tau_0$  を示し、(下)には焼成時製パン写真を示した。左から吸水割合について、カメリア(ASA) 65%, ホクシン 55%, ブレンド小麦 58%, および 59.5% を示す。ここで、カメリアの吸水割合は、製パン作製時において経験的に適正值と言われる値であり、その時の物性値は他品種の目標値でもある。

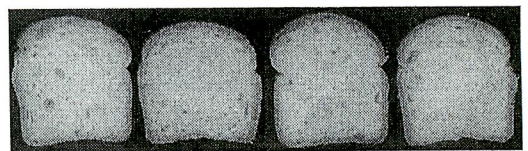
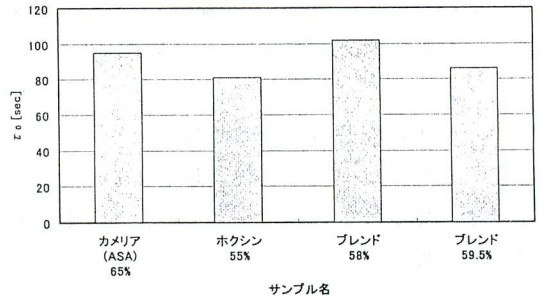


Fig. 7 各サンプルの  $\tau_0$  (上) と 焼成時のパンの写真(下)

〔なお、写真でサンプル名の下の数字は吸水割合を示す。〕

図7よりレーザ変位装置による測定においても、 $\tau_0$  値と焼成時製パン写真の各膨張性には良好な相関があることがわかった。この場合、ホクシン 55% とカメリア 65% はほぼ同じ膨張性を示している。しかし、ホクシン 55% は吸水割合が少ないため乾燥パ

ンになりやすい問題が生じた。ブレンド小麦 59.5%では、カメラリアと同等の膨張性を維持しつつ、吸水割合を60%まで高めることができた。これよりパンの水分保持性が高まったため、カメラリア適正值に近づき、乾燥パンになりにくい傾向が見られた。

ただし、これらの結果からパン生地吸水割合に対するレオロジー特性( $\tau_0$ )をより詳細に調べる必要が生じた。図8には表4における各小麦の $\tau_0$ を吸水割合に関してまとめた。ここで、勝系ならびにカメラリア(ASA)に関しては吸水割合を60から70%の範囲で、ホクシンに関しては50から55%の範囲で、各々変化させた。ホクシン単品種は、吸水割合60%以上で $\tau_0$ 値が極端に悪くなったため、データには記載していない。またブレンド小麦に関しては56.5から59.5%まで1.5%間隔で変化させた。

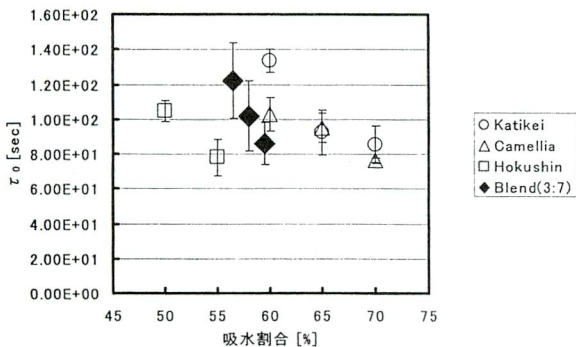


Fig. 8  $\tau_0$ の吸水割合

図8から、全ての小麦生地において吸水割合の増加により、 $\tau_0$ は減少傾向を示した。特にブレンド小麦(勝系)における $\tau_0$ の減少率は単品種に比べ高く、吸水割合55~65%の範囲で、その傾向は顕著である。すなわち、勝系とホクシンのブレンドは、吸水割合に対して $\tau_0$ の変化率が急激であることから、安定した物性条件を維持することが困難になる。また、このブレンドの場合、同じ吸水割合でも $\tau_0$ の測定値が大きく異なることから、混練状態が不安定であることも示唆された。このような結果から、カメラリア適正值と同等の吸水割合を保持し、膨張性を向上させることは、目下、勝系とホクシンのブレンドでは問題が残る。しかし、VictoriaINTAとホクシンのブレ

ンドでは、 $\tau_0$ の安定性が飛躍的に向上する実験結果も得られた。このように本測定法の確立により、ブレンド対象が変わった場合の物性値特性を具体的に把握できるようになった。今後、勝系を主体にブレンド戦略を進める場合、物性値の安定性と水分保持性が課題となる。添加剤の選定等、新たな展開が期待される。

#### 4. 結言

静的粘弾性装置を用いて、ブレンドを含むパン生地の緩和時間( $\tau_0$ )を主として測定し、生地の吸水特性や焼成時における生地膨張性との関連性について評価した。また、静的粘弾性装置と同精度で安価なレーザ変位計による粘弾性測定装置を開発した。これより、以下の知見が得られた。

(1)  $\tau_0$ と焼成時の膨張性には良好な相関があることが分かった。したがって、焼成時の膨張性は生地物性値 $\tau_0$ で定性的に予測可能である。

(2) ホクシンと勝系のブレンドは、単品種よりも吸水特性に対する $\tau_0$ の変化率が急勾配になる。また、同じ吸水割合でも $\tau_0$ の測定値が大きく異なることから、混練状態が不安定であることも示唆された。このブレンドでは、物性値安定性と水分保持性が今後の課題となる。

\*この研究は、生研機構の予算を一部用いて行われました。ここに感謝の意を表します。

#### 5. 参考文献

- 1) Bloksma, A. H. (1957). A calculation of the shape of the Alveograms of some rheological model substances. *Cereal Chem.*, 34, 126-136.
- 2) Matsumoto, H. (1981). Various basic research on the expansion of bread. *Cyourikagaku*, 14, 215-221 (in Japanese).
- 3) 山内宏昭・兼重寛・藤村昌樹・納庄康晴・橋本真一・西山敏彦・児玉邦彦・平川完・小林猛 (1994) ストレート法食パンの老化に関する速度論的解析 日本食品工業学会誌, 第41巻, 第1号, 1-8