



室蘭工業大学

学術資源アーカイブ

Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive



簡易粘弾性測定装置の提案と耐雪性を有する道産中 力小麦地の物性値測定への応用

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	http://hdl.handle.net/10258/1609

簡易粘弾性測定装置の提案と耐雪性を有する道産中 力小麦地の物性値測定への応用

その他（別言語等） のタイトル	Simple measuring system of visco-elastic properties for middle strong domestic flour dough with 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	22
ページ	346-349
発行年	2006
URL	http://hdl.handle.net/10258/1609

CTC06-I-071

簡易粘弾性測定装置の提案と耐雪性を有する道産中力小麦地の物性値測定への応用

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 (独立行政法人 農畜・生物系特定産業技術研究機構 北海道農業研究センター)
 高橋 洋志 (室蘭工業大学 機械システム工学科)

Simple measuring system of visco-elastic properties for middle strong domestic flour dough with snow endurance

H. Kawai (Muroran Institute of Technology Dept. Mechanical Systems Engineering)
 F. Tanaka (Muroran Institute of Technology Dept. Mechanical Systems 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 Systems Engineering)



1. 研究目的

国内で生産される小麦(約80万トン/年)の大半は中力粉であり、その栽培の50%近くは北海道・東北など寒冷地に集中している。中力粉の代表銘柄である「ホクシン」は収穫量が多く、雪腐小粒菌核病、紅色雪腐病などに対する抵抗性が強い上、耐雪性に優れる特徴を有するため、その作付面積は総面積の48%に上り、特に広大な土地を有する北海道での人気が高い。しかし近年、食生活の欧米化に伴い、パンやラーメンなどコシの強い強力粉が支配的になり、国産中力粉の需要は大きく落ち込んでいる。強力粉の国内生産はほとんどなく、大半は輸入に頼るのが現状である。食の安全を保障し、国内小麦生産の安定化を図ることが急務であり、その対策の一つとして、タンパク含有量が強力粉よりも更に高い「超強力粉」を育成し、中力粉とブレンドさせて強力粉市場へ参入する方法が模索されている。今後この動きは活発になると思われるが、その一方で小麦生地のブレンド特性はもとより、単品種のレオロジー物性でさえも、従来からあまり論じられておらず、この遅れが懸念される。

このような背景から前報⁽¹⁾では生地物性値の評価として、Kelvin-4要素モデルから得られる応力緩和時間(τ_0)の重要性について言及し、パン焼成時における膨張性との相関について報告した。本報告では、 τ_0 (あるいはその構成要素である瞬間弾性係数や定常粘性係数)が、ブレンド特性、すなわち物性値に加えミキシング時の安定性についてもよく表すことを示す。また、 τ_0 と応力遅延時間 τ_1 の組み合わせにより、新しい物性評価の可能性について検討する。これらの物性値は、上皿電子天秤と半導体レーザ変位計により提案された廉価な応力クリープ測定装置で従来と同等の精度で測定されることを示し、簡易測定法の実用化を図る。

2. 実験装置および実験方法

2.1 実験装置と実験方法 Fig.1に応力クリープ簡易

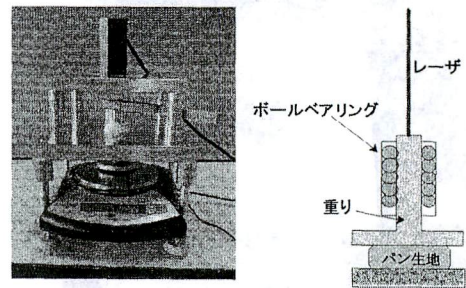


Fig.1 簡易粘弾性装置(左)と測定部詳細(右)

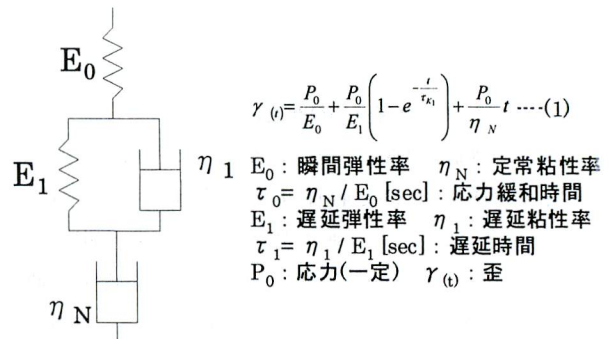


Fig.2 Kelvin-4要素モデル

測定装置を示す。パン生地は自重(100g重)で降下する荷重部から一定荷重を受ける。その時点の変位量(垂直成分)を上部レーザ変位計((株)キーエンス製 LK-030)で測定することにより、クリープ曲線が得られる。荷重部側面はボールベアリングによって支持されており、鉛直軸方向にスラストするが、若干の摩擦力が存在するため、自重の全てが生地に伝達されるわけではない。このため荷重値とその時間変化を確認する必要があり、下部に電子天秤が設置されている。ただ、その変位は微小であるが、瞬間弾性部測定には大きな誤差を与えるため補正が必要である。

今回用いる小麦生地は Katikei と Hokushin(中力粉)で、Katikeiは、北農研で育種研究されている超強力粉である。

第22回寒地技術シンポジウム(2006)

そのブレンド比率(重量比率)と小麦粉 100g に対する水の量:吸水量(ml)を表 1 に示した. ミキシングより得られた生地を 30g 秤量して自然に丸めた後, 120mm(幅) × 80mm(奥行) × 15mm(高さ)のアルミ枠に入れ上蓋を押しつけて測定サンプルを作る. サンプルは枠ごとビニール袋で覆い, 30°C, 60min でインキュベートする. イースト菌は投入しない. ミキシングにはトムコ社製ピンミキサーを使用し, 回転数は 2000rpm と 1500rpm の二種類のオーダに設定した. ミキシングの終了は電力値が最大になる時刻とした.

2.2 物性値の求め方 前報と同様, 応力クリープ曲線を Kelvin-4 要素モデル(Fig. 2)に適応させて各物性値を算出する. 得られる物性値は, E_0 : 瞬間弾性係数, E_1 : 遅延弾性係数, η_1 : 遅延粘性係数, η_N : 定常粘性係数で, 応力緩和時間 τ_0 および遅延時間 τ_1 はそれぞれ, $\tau_0 = \eta_N/E_0$, $\tau_1 = \eta_1/E_1$ で求められる. $\tau_0 \rightarrow \infty$, および $\tau_1 \rightarrow 0$ において弾性的性質が顕著になる. 応力クリープ曲線を Kelvin-4 要素モデルに適応させると, 式(1)の関係が得られる.

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

P_0 は加えられる応力, γ は歪である. この式より, 応力クリープ曲線は全体的に 3つの領域で構成される(Fig. 3). すなわち, 応力を加えた瞬間は弾性的変化だけが現れ(瞬間弾性部: E_0), その後遅延弾性が作用して歪は E_1, η_1 の相対比によってゆっくりと増加していく(遅延弾性部). 更に時間を経ると純粘性部(η_N)が支配的になって, 歪は時間比例して増加する(定常粘性部). これらの領域を式(1)に適合させることによって物性値 E_0, E_1, η_1, η_N が決定される. クリープ曲線は, 本簡易測定法以外にも, (株)山電製クリープメータ RE-3305 を併せて使用した.

3. 実験結果

3.1 応力値からクリープ簡易測定装置の精度 荷重を支える中空支柱内部のボールベアリングに僅かな摩擦があるため, 秤量値は 100g を表示することはなかった. ただ, その絶対値は測定時間中ほとんど変化しなかったため, 実用上問題はない. また, 荷重部とサンプル重量によって電子天秤の上皿は 0.1mm オーダーで変位した. この値は微小ではあるが, 瞬間弾性値をもとめる場合には無視できず, 予め秤量値から除外した.

本装置の精度を検討するため, 完全弾性体を模擬したスポンジと, 純粘性を模擬したダッシュポットを用意し, それぞれの変位を測定した. スポンジは 35mm(幅) × 35mm(奥行) × 30mm(高さ)の試験片, ダッシュポットはピストン径 20mm, シリンダ内径 22mm, ストローク 50mm であり, その中に水あめを充填した. レーザ変位の測定限

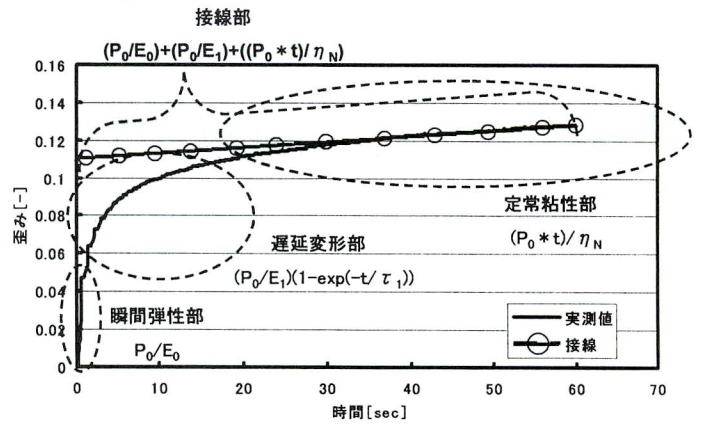


Fig. 3 パン生地の歪

Table.1 ブレンド比率

Blend ratio (Katikei/Hokushin)	Water absorption [ml]
1:9	55.5
3:7	56.5
1:1	57.5

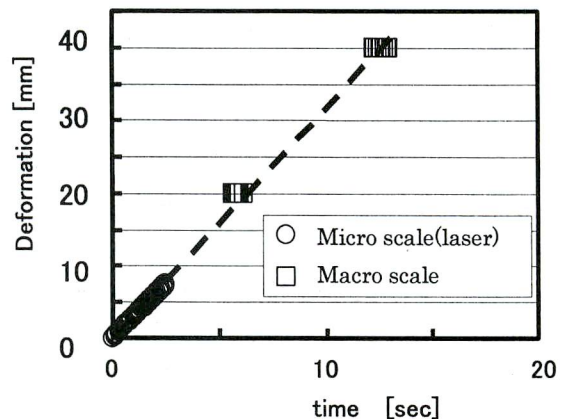
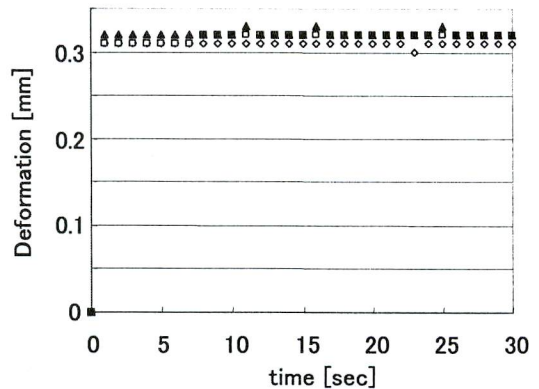


Fig. 4 弾性体(上)と粘性体(下)の変形

界は 10mm である. また, ピストンロッドの基準値から上方 20mm および 40mm の位置をマーキングし, その点が落下時に基準点を通る時間を測定して粘性係数をもとめ, レーザ変位計と比較した. これらの結果を Fig.4 に示した. 弾性体の測定(上図)では, 0.02mm 程度のばらつきが見られたが, この値は変形量が大い場合でも殆ど変わらない

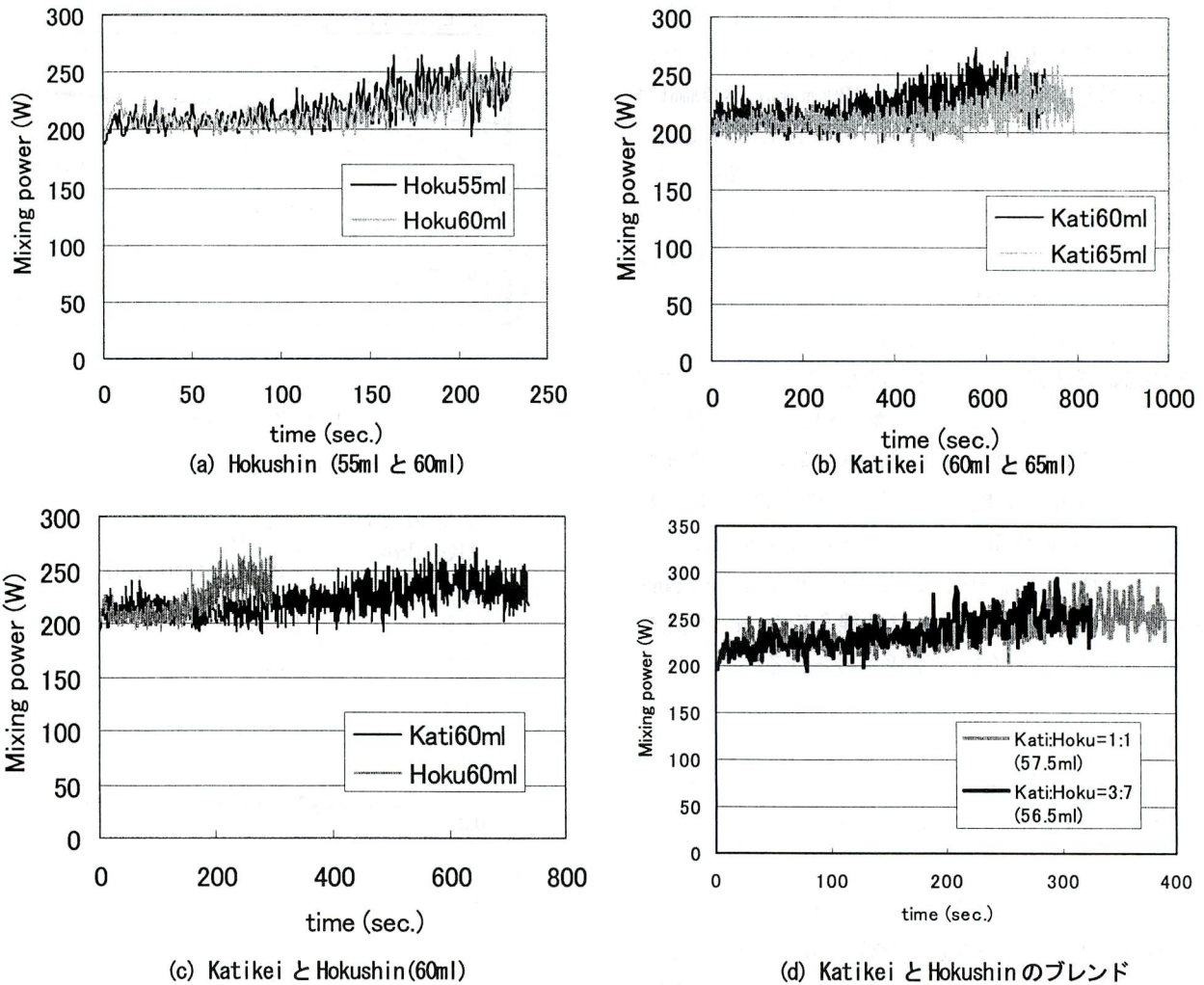


Fig. 5 ドウミキシング特性 (1500rpm)

かった。小麦生地の場合、瞬間弾性部の変形量は 0.6mm 程度であったことから、このばらつきであれば、最も厳しい弾性部で相対誤差は 3%程度になる。これは市販の高精度静的粘弾性装置と同レベルである。純粘性の測定(下図)でも、レーザ変位の時間勾配は、20mm 変位および 40mm 変位から測定されたマクロスケールの時間勾配とほとんど一致した。このことから、弾性試料および純粘性試料における本簡易測定装置の測定精度は確保されていると考えられ、小麦生地の粘弾性物性測定に適用できると考えられる。

3.2 ドウグラフミキシング特性 Fig.5 に Hokushin 生地と Katikei 生地、あるいはそれらのブレンドによるミキシング特性(ドウグラフ)として、時間に対する電力値を表示した、ミキシング回転数は 1500rpm である、図中、(a)は Hokushin(100g)に対して水の吸水量を 55ml と 60ml 加えたもの、(b)は Katikei(100g)に対して水の給水量を 60ml と 65ml 加えたものである。また、(c)は 60ml の吸水量に対してそれぞれ、Katikei と Hokushin のミキシング特性の比較ができるようにした。(d)は Katikei と Hokushin をそれぞれ、1:1 および 3:7 にブレンドした場合の結果で、それぞれの吸水量が 57.5ml, 56.5ml と、ほぼ同じになるようにした。これらの結果より、ミキシング特性の指標の一

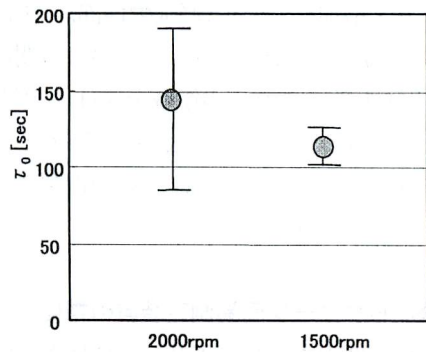


Fig. 6 ミキシング回転数による τ_0 値

つである電力値のピークタイムは、Hokushin の 220sec に対して、Katikei は 600sec と長い時間をとることがわかる。ここには表示していないが、標準品である Cameriya も 200~300sec の範囲で推移した。Katikei のピークタイムが大きく異なることから、Hokushin とのブレンドに当初影響を及ぼすことが懸念されたが、Fig. 5-(d)の結果から、混合不良に陥ることもなく、Hokushin のピークタイムに大きく接近することがわかった。

次にこのミキサーにおいて、異なる回転数によるミキシング特性を調べる。標準生地の Cameriya を使用して、ミキサーの回転数を 1500rpm と 2000rpm に変化させ、各々の τ_0

を調べた。その結果を Fig. 6 に示す。吸水量は 65ml で、サンプル数は各々 10 個である。これより 2000rpm では高い τ_0 を示すが、物性値は大きくばらつき、不安定になる傾向がわかった。高速回転によるミキシングは τ_0 の向上に効果があるものの、生地物性に大きなばらつきが生じることが示唆された。

次に Katikei のブレンド比率を表 1 にしたがって変化させた。すなわち、Katikei と Hokushin のブレンド比率が① 1 : 9 (1/9), ② 3 : 7 (3/7), ③ 1 : 1 (1/1) におけるブレンド特性を調べた。吸水率はそれぞれ 55.5, 56.5, 57.5ml である。Fig. 7 にそれぞれの結果を示す。Hokushin55ml と 60ml を比べると、吸水量の違いによる各物性値(E_0 , η_N)への影響は少なく、また再現性も良好である。この生地に Katikei をブレンドして行くと、物性値の違いが明確に現れる。まず、瞬間弾性率 E_0 は、ブレンド生地全てについて優位に現れるが、その値はブレンド比率の大小にあまり影響されていない。Katikei の比率が高まるにつれ、物性値の再現性に多少ばらつきが生じるが、その値も大きなものではない。一方、 η_N は Katikei のブレンド比率を高めるにしたがって明確な違いが現れる。そして再現性に関して大きなばらつきが生じている。応力緩和時間は Katikei のブレンド比率の増加に伴って大きくなるが、超強力粉のブレンドに際しては、Fig. 5, および Fig. 6 とも関連して、ブレンド特性のみならずミキシングの影響にも注意を払う必要があると思われる。

Fig. 7 上図に各ブレンド比率に対する焼成時パンの膨張性について示した。これより焼成時パンの膨張と η_N の関係は明確に現れており、1:1 のブレンド比率では、ほぼ標準品 (Cameriya) と同程度まで膨張することが確認された。しかし、標準生地は吸水量が 62ml でも約 200sec の応力緩和時間を保持した。ブレンド生地でここまで保持できるものは目下ない。高い吸水量で、且つ高い応力緩和時間を保持する生地は、焼成時直後の焼き上がり状態に大差はないものの、保湿性の時間劣化が低いなどの特徴を有する。

Fig. 8 は種々品種において、応力緩和時間 (τ_0) と応力 (τ_1) の関係を示したものである。これより、 τ_0 の高い生地は τ_1 が低い傾向があり、弾性パラメータ間の相関が確認される。また Hokushin など中力粉でも吸水量を少なくすれば、 τ_0 値は強力粉の Cameriya と同等まで上昇することも示される。しかし、 τ_0 の上昇に比べて τ_1 は明らかに 3.5sec で飽和しており、中力粉では水分量を少なくすることで膨張性を上げられるものの、保湿性は悪く、経時的に乾パンになりやすい傾向がある。

4. 結言

応力緩和係数 τ_0 はミキシング時の影響も含めてブレンド生地の特性をよく表し、焼成時パンの膨張性も τ_0 で整理できることがわかった。特に τ_0 の構成要素である E_0 および

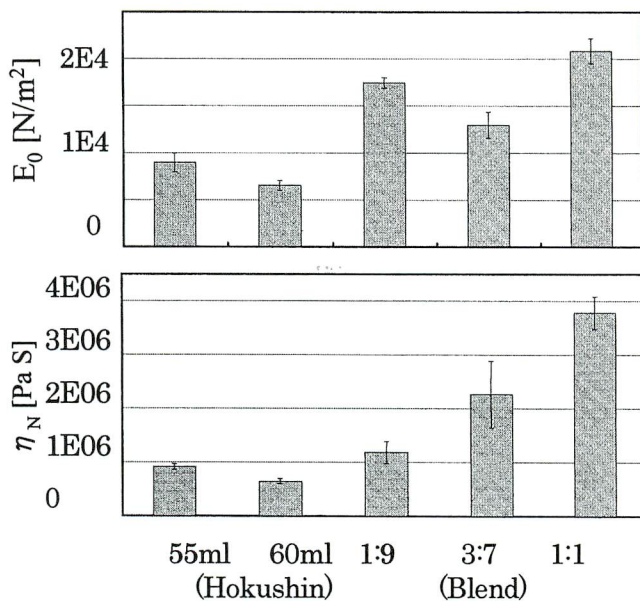
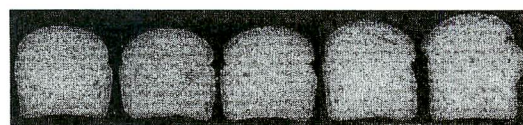


Fig. 7 ブレンド比率による物性と焼成時のパン形状

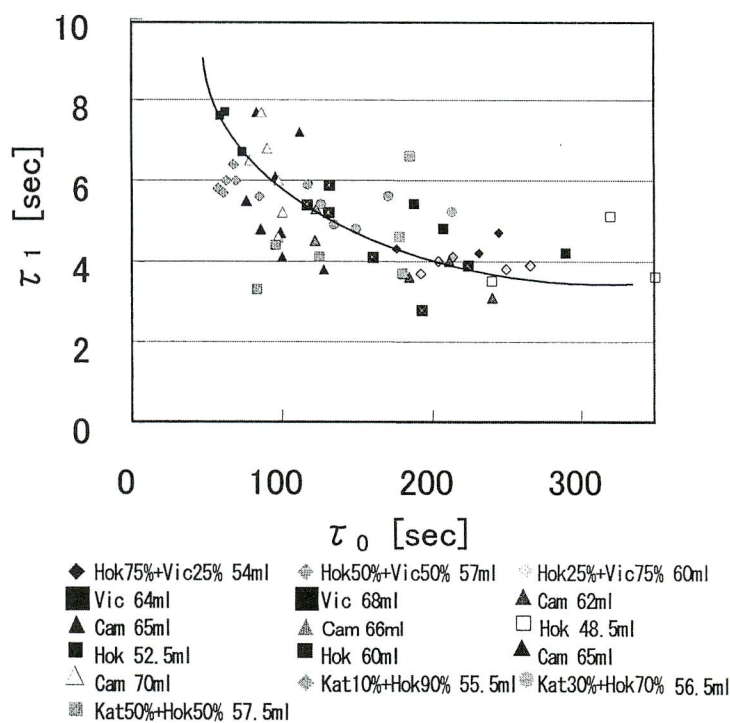


Fig. 8 緩和時間と遅延時間の関係

η_N がミキシングから来る再現性も含め、ブレンド特性をよく捉えている。

参考文献

- 1) 河合, 田中, 山内, 高橋 (2005) : 耐雪性を有する道産小麦生地の粘弾性物性値の測定, 寒地技術論文報告集, vol. 21, pp559-563.
- 2) Matsumoto, H. (1981) : Various basic research on the expansion of bread. *Cyourikagaku*, 14, 215-221.