

麺の組織構造と物性に及ぼす混合温度、混合時間及びミキサー回転数の影響

児島雅博・外川達明*・村瀬 誠・戸谷精一・杉本勝之

麺の製造は、小麦粉に食塩水を加え、ドウを調製することから始まる。ドウは水と食塩が小麦粉に分散し、グルテンのネットワークを作ることによって形成される。このグルテンネットワークの状態が麺質を大きく左右することは、麺の組織構造の観察から報告されている^{1)~3)}。

Hlynka⁴⁾は、ファリノグラフによるドウの物性において、温度とミキシング速度が、影響を与えることを報告している。またIrvineら⁵⁾は、マカロニ製造の観点から、26.5から36%の加水量でファリノグラフを用いて測定を行い、低加水率においても混合温度がドウの物性に影響を与えることを報告している。それゆえ、製麺における混合においても、加水量や食塩量はもちろんのこと、ミキシングの条件もドウ形成、すなわち、グルテンの組織構造に大きく影響を与えることが容易に考えられる。

著者ら⁶⁾は、麺の組織構造と物性に及ぼす加水量と食塩量の影響について、一定の条件の下では、加水量と食塩量はグルテンの形成について、互いに相反する作用を示し、その組み合わせが組織構造の形成やゆで麺の物性に影響を与えることを報告した。

本研究では、機械麺製造におけるミキシングの条件、即ち混合温度、ミキサー回転数及び混合時間が麺の組織構造や物性に与える影響について検討した。

実験方法

1. 材料

小麦粉は麺用中力粉（セントラル製粉製、紫A：水分13.0%，たんばく質9.1%，灰分0.4%）を用いた。塩化ナトリウム（食塩）は試薬特級、水はイオン交換水を用いた。

2. 乾麺の調製

小麦粉1kgに対して、20g（2%）の食塩と350mℓ（35%）の水を食塩水として加え、トルク検出装置を備え、ファリノグラフと類似の攪拌羽根を装着した混練型ミキサー（大隈式麺機商会製、OM-A型）を用いて、

ミキサー回転数10、30、50rpm、混合温度10、20、30℃、混合時間6、13、25分をそれぞれ組み合わせて混合を行った。

所定の混合を終えた生地は、製麺機（豊製作所製、UTT-AI型）を用いて幅3.2mm、長さ800mm、厚さ約1.8mmの生麺とした。

調製した生麺を恒温恒湿器（タバイエスベック製、PL-2G型）を用い、15℃、相対湿度75%で48時間乾燥し、麺の最終水分が約15%となったものを乾麺とした。

3. 乾麺の組織構造の観察

組織構造観察用試料の調製は、既報³⁾と同様にα-アミラーゼ処理によってでん粉粒の一部を除去し、走査型電子顕微鏡（日本電子（株）製、JSM-820型）を用いて加速電圧15kVで行った。

4. ゆで麺の調製と物性の測定

ゆで麺の調製と物性測定は、既報^{3),6)}と同様に行った。ゆで時間は麺の水分が75%になるのに要する時間とした。

実験結果及び考察

1. 生地混練時のトルクパターンに及ぼす混合温度、混合時間、ミキサー回転数の影響

図1～3に各混合条件で混合したときのミキサーのトルクパターンの一部を示した。

混合温度10℃、ミキサー回転数10rpmの時、トルク（図1右下）の振幅は比較的大きいものの、混合時間10分位までは、かなりばらついた値を示した。ミキサー回転数が30、50rpm（データ省略）になると混合初期から安定したパターンを示した。この時の生地性状は、いずれもそばろ状であったものの、ミキサー回転数の高いものほど、細かいそばろ状であった。

混合温度20℃、ミキサー回転数30rpm時のトルク（図2右下）は、図1右下のトルクパターンに比べ安定した振幅を示したが、混合時間15分過ぎあたりから、若干の振幅の増大、トルクの上昇が認められた。データには示していないが、回転数50rpmでは、生地が一塊になった

*名城大農学部

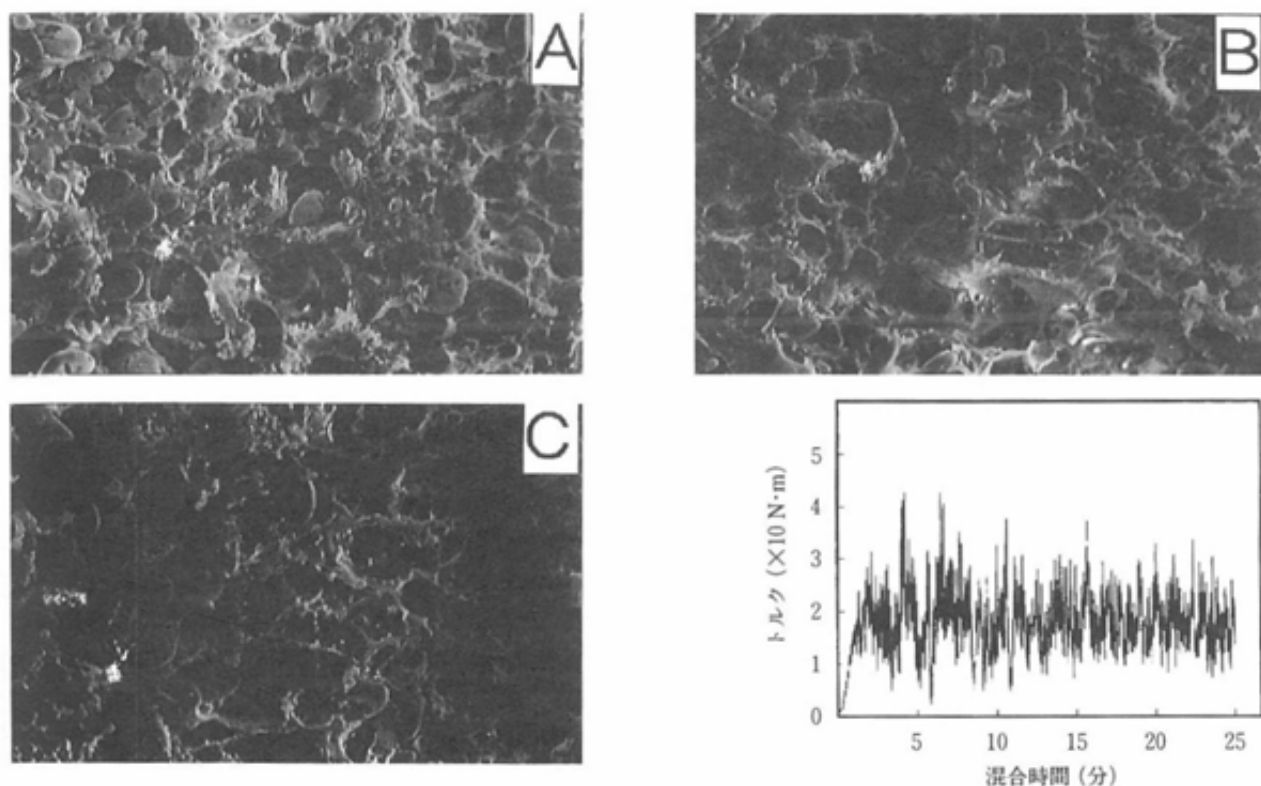


図1 α -アミラーゼ処理した乾麺表面の走査型電子顕微鏡写真及び混合中のミキサーのトルクパターン
混合温度10℃、ミキサー回転数10rpm、混合時間6分(A)、13分(B)、25分(C)
バー: 10 μ m

ことを示すトルクの急激な上昇が混合時間20分過ぎに認められた。

混合温度30℃のトルクは、いずれの回転数でも急激な上昇が認められた。また、ミキサー回転数50rpmがトルクの急激な上昇に至るまでの時間がもっとも短かった(図3右下)。

2. 乾麺の組織構造に及ぼす温度、時間、ミキサー回転数の影響

混合温度10℃、ミキサー回転数10rpmで、混合時間6, 13, 25分で調製した乾麺の組織構造を図1-A～Cに示した。いずれの試料もグルテンの組織構造に大きな差異は認められなかった。また、回転数10rpmにおける温度20, 30℃での混合では、グルテンの組織構造には、大きな差異は認められず、ミキサー回転数が10rpmと低い場合には、混合温度や混合時間による影響は少ないものと考えられた。

図2-A～Cには、混合温度20℃、ミキサー回転数30rpmで調製した乾麺表面の組織構造を示した。混合時間6分(図2-A)では、グルテンの連続性は混合時間13分(図2-B)、25分(図2-C)に比べ、劣っていた。

このときのトルクパターンは図2右下で示したように、混合時間15分過ぎあたりから、平均トルク及びトルクの振幅は若干増加していることから、粘弾性の増加が認められており、組織構造の観察からもグルテンの形成が促進されたことを示唆していた。

混合温度30℃、ミキサー回転数50rpmにおける乾麺の組織構造(図3-A～C)は、混合時間13分で明確に、25分では若干グルテンの配向性が認められた。この時のトルクパターンは混合時間13分あたりで生地が一塊になるときに示す急激な上昇が認められ、その後生地の弱化が認められた。

本実験結果から、今回行った機械製麺での一般的な加水及び食塩量で、ニーダータイプによる混合では、そばろ状の生地は混合が進むにつれ、一塊となりはじめる。この時トルクは著しく増加し始め、その後弱化する。この一連の変化は、図3右下のトルクパターンで表され、温度、ミキサー回転数を変化させることで、トルクパターンを制御することができるものと考えられた。また、乾麺のグルテンの組織構造は、混合の程度の高いものほど、澱粉粒を包み込むようにグルテンが形成されていた。

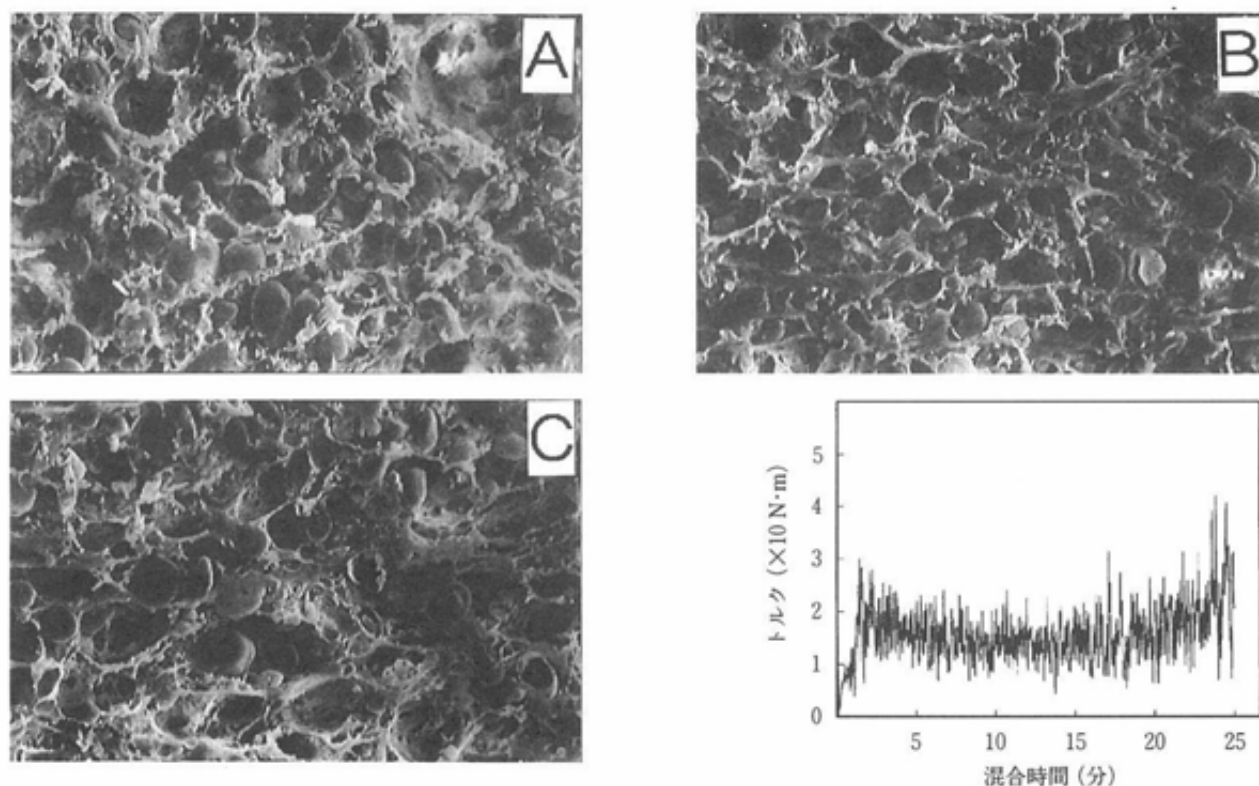


図2 α -アミラーゼ処理した乾麺表面の走査型電子顕微鏡写真及び混合中のミキサーのトルクパターン
混合温度20℃、ミキサー回転数30rpm、混合時間6分(A)、13分(B)、25分(C)
バー:10 μ m

二弊⁷⁾もファリノグラフにおいて、混練の進行に伴い、グルテンが澱粉粒を包み込むと報告している。

既報³⁾において、手延べ麺のグルテン組織構造は高い繊維性及び配向性を有し、この構造が機械麺と異なっており、麺の物性に影響を与えていることを報告したが、図3-Bに示した組織構造では、グルテンの配向性が明瞭に認められ、通常の機械製麺においても、混合条件次第で、手延べ麺と類似の組織構造を形成できるものと考えられた。

3. ゆで麺の物性に及ぼす温度、時間、ミキサー回転数の影響

図4に各条件で調製した乾麺をゆで麺としたときの引っ張り強度の結果を示した。いずれの温度でも混合時間の増加に伴って、物性値は増加したが、20及び30℃では、回転数の高いものほど引っ張り強度が高くなる傾向を示した。得られた値を温度、ミキサー回転数、混合時間を説明変数として、変数減少法による重回帰分析⁸⁾を試み、その結果を表1に示した。その結果、重相関係数0.863、分散分析の結果、この重回帰分析の結果は危険率1%で高度に有意であり、いずれの条件もゆ

で麺の物性に影響を与えていることが示された。さらに、標準偏回帰係数の比較から、混合時間の影響が最も大きかった。Ohら⁹⁾も混合時間を説明変数にいれ、重回帰分析を行っているが、その影響は小さいことを報告している。この原因として、麺の調製法の違いが挙げられる。即ち、Ohら⁹⁾は、麺の調製時に30分間の熟成を取り入れており、これが本結果との違いの要因の一つであると考えられる。さらに、加水率やドウのpHを取り入れており、直接ドウの物性に大きな影響を与える変数を加えることで、混合時間の寄与率を下げているものと考えられる。

以上の結果から、製麺における混合温度、混合時間及びミキサー回転数はゆで麺の物性に影響を与えることが

表1 ゆで麺の引っ張り強度に対する重回帰分析結果

変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t値
混合温度	1.086	0.248	2.353*
混合時間	3.153	0.692	6.564**
ミキサー回転数	0.986	0.451	4.273**

定数: 370.5, n=27, R=0.863, F=22.29**

** : 危険率1%, * : 危険率5%

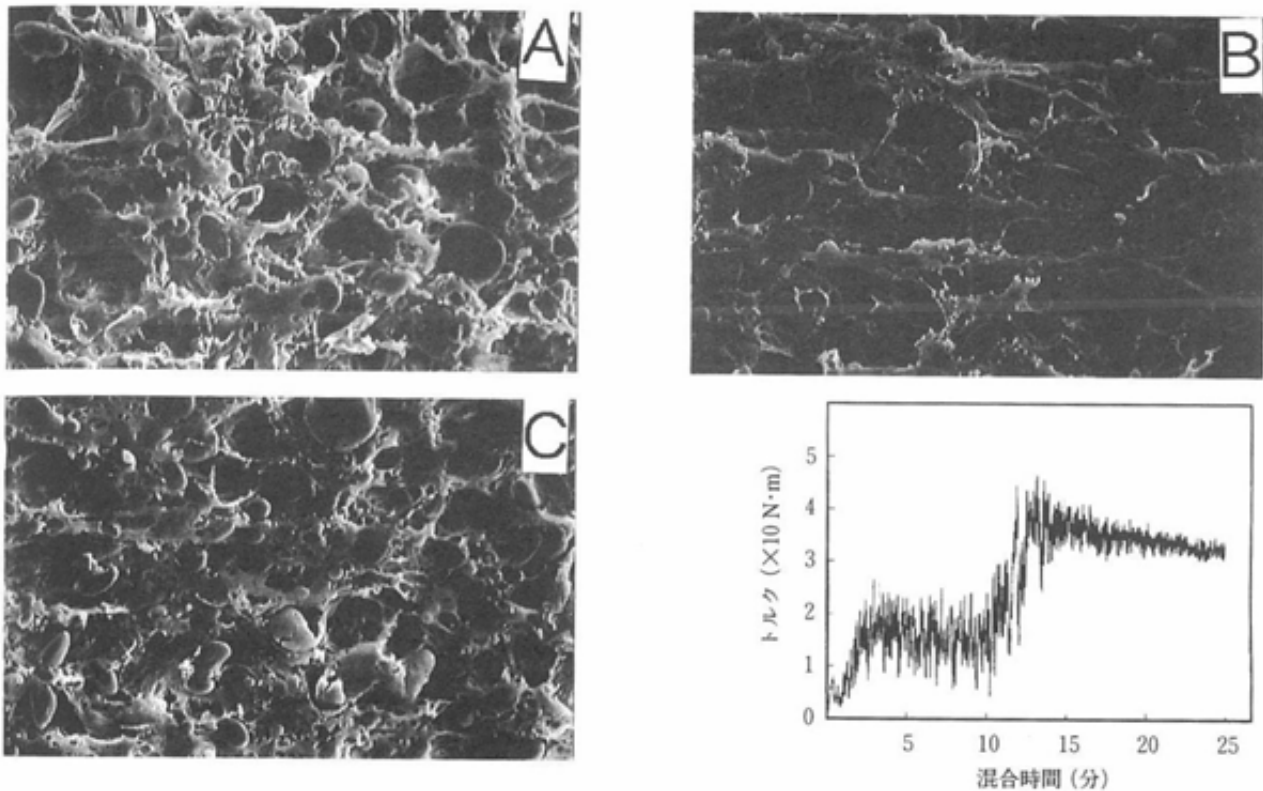


図3 α -アミラーゼ処理した乾麺表面の走査型電子顕微鏡写真及び混合中のミキサーのトルクパターン
混合温度30℃、ミキサー回転数50rpm、混合時間6分(A)、13分(B)、25分(C)
バー: 10 μ m

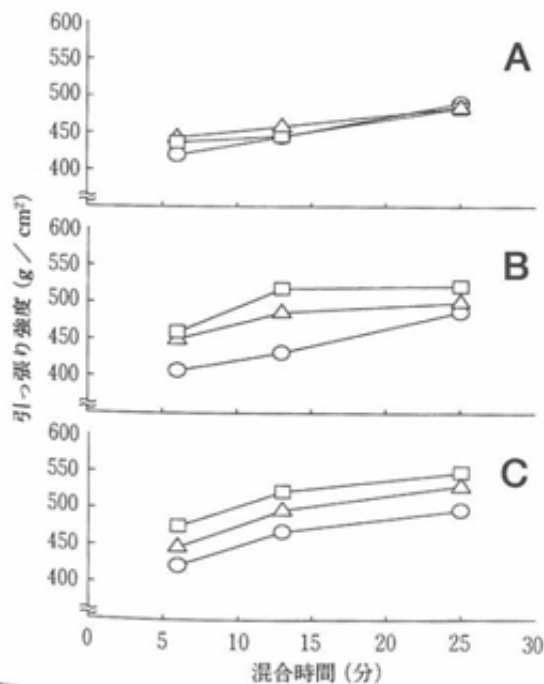


図4 ゆで麺の引っ張り強度に及ぼす混合時間、混合温度、ミキサー回転数の影響
混合温度: A 10℃, B 20℃, C 30℃
ミキサー回転数 ○: 10rpm, △: 30rpm, □: 50rpm

示され、さらにその物性はグルテンの組織構造と密接な関係があることが示唆された。またこれらの関係が、重回帰式で説明できたことで、特定の混合条件からの物性値の予測が可能となり、本手法を用いることで、様々な物性の麺の製造ができるものと考えられる。

要 約

麺の組織構造と物性に与える混合条件、即ち、混合温度、ミキサー回転数、混合時間の影響について検討した。

- 1) 麺生地は混合の程度が進むにつれ、そばろ状から一塊となり、その後弱化する。この変化はミキサーのトルクパターンに現れ、生地の状態をトルクの変化から類推できるものと思われた。
- 2) 乾麺の組織構造の観察から、混合温度、ミキサー回転数、混合時間の程度が高いものほど澱粉を包み込む構造を示した。その中でも急激なトルク上昇を示したものは、グルテン組織の配向性が認められた。
- 3) ゆで麺の引っ張り強度については、20及び30℃の各混合温度において、ミキサー回転数が高く、混合

時間の長いものほど高い傾向を示した。

- 4) ゆで麺の引っ張り強度を従属変数として、重回帰分析を行ったところ、混合時間がもっともゆで麺の引っ張り強度に影響を与えることが示された。さらに有意な回帰式 ($P < 0.01$) が得られたことで、ミキシングの条件からゆで麺の物性値を予測することが可能となった。

文 献

- 1) 小川玄吾：化学と生物，12，386 (1974)
- 2) 小田間多：新めんの本（食品産業新聞社，東京），巻頭，(1991)
- 3) 児島雅博・村瀬 誠・戸谷精一・杉本勝之：日食工誌，39，471 (1992)。
- 4) Hlynka I. : Cereal Chem., 39, 286 (1962)
- 5) Irvine G.N., Bradley J.W. and Martin G.C. : Cereal Chem., 38, 153 (1961)
- 6) 児島雅博・村瀬 誠・戸谷精一・杉本勝之：日食工誌，42，899 (1995)
- 7) 二瓶佳寿子・鳥潟康雄・影山 實：日食工誌，37，266 (1990)
- 8) 奥野忠一・久米 均・芳賀敏郎・吉澤 正：改訂版多変量解析法（日科技連，東京），p152 (1986)
- 9) Oh N.H., Seib P.A. and Chung D.S. : Cereal Chem., 62, 437 (1985)