

製麺技術の改良に関する研究（第2報）

混合、熟成工程の制御化について

児島雅博・戸谷精一・村瀬 誠
志賀一三*・杉本勝之

麺の製造工程におけるミキシング操作は小麦粉に食塩水を混ぜることにより、小麦粉粒子間に水分を浸透させてグルテン構造を組織化させることを目的としている。従って、小麦粉と水との完全混合を理想とするが、実際には製造上支障のない程度にミキシングが行われている。攪拌効果を高めるには攪拌翼の増加、回転数の増大などがあるが、回転数をあまり上げるとたんぱく質の変性を生ずる。

一般に使用されている混合機はいずれも間欠型が多く、性能の良否は水分の均一化、熱の発生度、消費電力の多少などにより判断されている。このため、本研究ではミキサーに計測制御装置を設置して、混合時の諸データを入手して、ミキシング操作を定量的にとらえ、これを分析することにより適切なミキシング操作の条件を可能にすることを目的とした。

また、ミキシング操作の後に、手延べそうめんでは麺線を数時間ねかせ、機械麺では麺帯を10～30分放置する熟成製作が行われている。熟成すると生地の伸びがよくなり、ゆで麺では硬さが大となり、食味が向上すると云われている。熟成は麺生地中の脱気の促進もあるが、主な効果は水和による生地の均一化とグルテン形成の助長、圧延工程での緩和による麺帶の機械適性への順応化などである¹⁾。

しかし、これらの熟成製作は間欠的に行われ、かなりの時間を要するため、現状の連続工程ではかなりの場所を要する、雑菌汚染のおそれがあるなどの問題があり、短時間に効果の得られる方法が望まれている。食品の製造工程での熟成については食肉、小麦粉などのたんぱく質の変化、糖分あるいは炭水化物の変化、ワインなどの総合的な熟成には、遠赤外線の照射が温度、時間の短縮に効果があるとされている²⁾。麺の熟成については椎葉³⁾は既存の設備の上部に遠赤外線ヒーターを設置する方法を提案している。本研究では遠赤外線照射による熟成を実用化するため、試験装置を試作し、若干の照射実験を行ったので、その結果を報告する。

実験方法

1. 混合工程の計測制御システムの設計と構築

システムの設計、構築は愛知県乾麺工業協同組合に委託し、ライフエンジニアリング㈱および㈱豊製
※名古屋文理短期大学

作所の協力を得て実施した。

2. 熟成工程の制御システムの設計と構築

短時間の熟成を目的として麺帯熟成装置（遠赤外線照射）の設計、構築を愛知県乾麺工業協同組合に委託し、株豊製作所の協力を得て実施した。

3. 試料の調製

8袋用のスーパー・ミキサーを用いて、食塩水濃度、加水量を変えたうどんを試作した。遠赤外線照射の場合はきしめんを試作し、タピオカでん粉添加の効果についても試験を行った。

4. 試験方法

4. 1 物性測定 ゆで麺の物性測定はカードメーターおよびレオロメーターを用い、前報に準じて行った。なお、きしめんの場合はレオロメーターの代りにクリープメーター（山電株製R E - 3305型）を用いた。

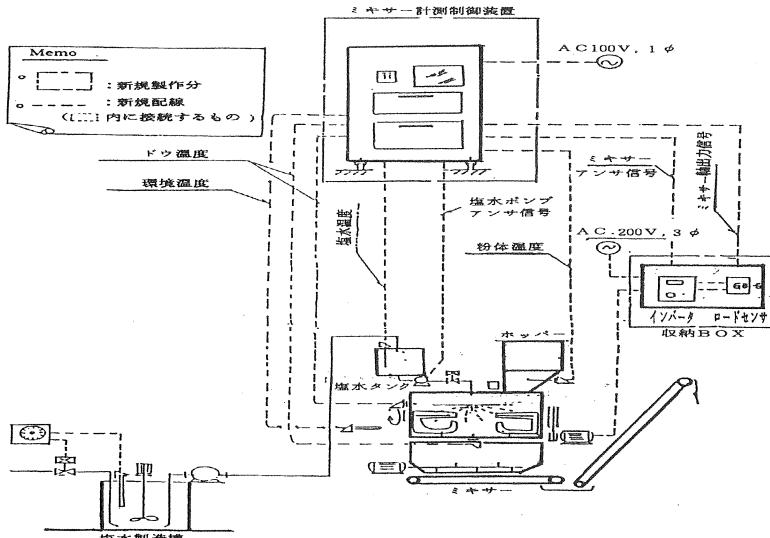
4. 2 官能審査 官能審査は名古屋文理短期大学に委託して実施した。なお、ゆで麺水分は72%とし、女子短大生をパネルとし、食味、硬さ、歯ごたえ、総合について審査を行った。

実験結果および考察

1. 混合工程のシステム化

1. 1 混合工程の計測制御装置の内容 混合工程のシステム化については計測制御装置を設置して、混合時の諸データ入手し、ミキシング操作を定量的にとらえ、これを分析することにより、適切なミキシング操作の設定ができるようにした。

本装置によるミキシング工程の運転データ収集の概念を第1図に示した。本装置のシステムはセンサ部、データ収集部、データ表示・編集部、データ送信部の4つのブロックに別けられる。



第1図 ミキサー計測制御装置の概要図

1) センサ部 センサ部はミキサーおよびその周辺設備（塩水槽、小麦粉タンク）の温度や軸動力を測定する。温度センサは常温付近で直線性と精度のよい測温抵抗体を使用し、生地温度は取付け上の制約から熱電対を使用した。ミキサーの軸動力の測定はガデリウス社製E L-F i モータを使用した。

2) データ収集部 収集部は各種のセンサから測定信号を受け演算や運転時間の計測などの収集を行い、上位のデータ表示、編集部へのデータ転送の機能を有する。ハード構成としてシーケンサを採用し、演算・制御部、インターフェイス部、温度交換器部からなっている。

3) データ表示、編集部 データ表示、編集部は前述のシーケンサとの通信によりデータを受け、各種の単位に変換演算し、C R T上に表示する。ハード構成は演算、制御部（パーソナルコンピュータ）、データ保有部、表示・印字部（C R T、プリンター）からなる。

4) データ送信部 混合、熟成工程のシステムと同調し、運転時のミキサーおよび麵帶熟成装置に関するデータを収納し、モ뎀を通じて工程管理部へ送信するシステムである。

1. 2 計測制御の方法 本装置のデータ測定項目、測定箇所、測定方法を第1表に示した。本実験ではミキサーの運転条件をいくつか設定し、その状態での各種データを収集した。小麦粉水分、塩水濃度、加水量、バッチ時間はオフラインで測定した。なお、小麦粉の温度、塩水温度、ミキサの羽根の軸動力、生地および環境温度は10秒に1回のサンプリングにて自動的にコンピュータに入力し、その他はキーボードで入力した。

運転に際しては加水量、ミキシング時間、ミキサー回転数などを変化させたときの各種データを入力し、得られた乾麵をゆでた時のゆで麵の物性値と官能審査による評価などを検討した。

1. 3 実験結果について 第2表にミキサー運転時の測定データを示したが、実験結果のファイルに必要な諸項目の自動計測データの収集が確実に行われた。これらの結果から、37%加水、食塩濃度9°ボーメ、ミキシングの回転数15rpmの場合はミキシング開始後、約1分20秒後に軸出力が立ち上がり、5分20秒後まで急激に上昇し、約7分40秒で最高に達し、その後わずかに低下する傾向を示した。ミキサーの回転数を30rpmに増加させると、軸出力の最高値は15rpmの3倍以上の値となり、急激に生地形成が行われ、ミキシングが短時間に、終了することが分った。

第2図に食塩の濃度を変化させた時のミキサーの軸出力の変化を示した。図のように、食塩濃度が異なるとミキシング時の軸出力の変化は振幅の度合、低下の様子がかなり異なることが分った。これらの変化と生地の形成度合を検討することにより、適切なミキシング条件を設定することが可能となると考えられる。

第3表に加水量を変えて試作したうどん（乾麵）のゆで麵での物性値を示した。この場合、33%，35%，37%加水時（食塩濃度9°ボーメ）のミキシング時間は、15rpmでそれぞれ31分、19分、16分であり、切歯は10番を用いた。表のように、加水量が多いほどゆで麵としての引張り強度は低下するが、伸び率はそれほど差がなかった。レオロメーターによる硬さは加水量37%のものが表面の硬さ（55%圧

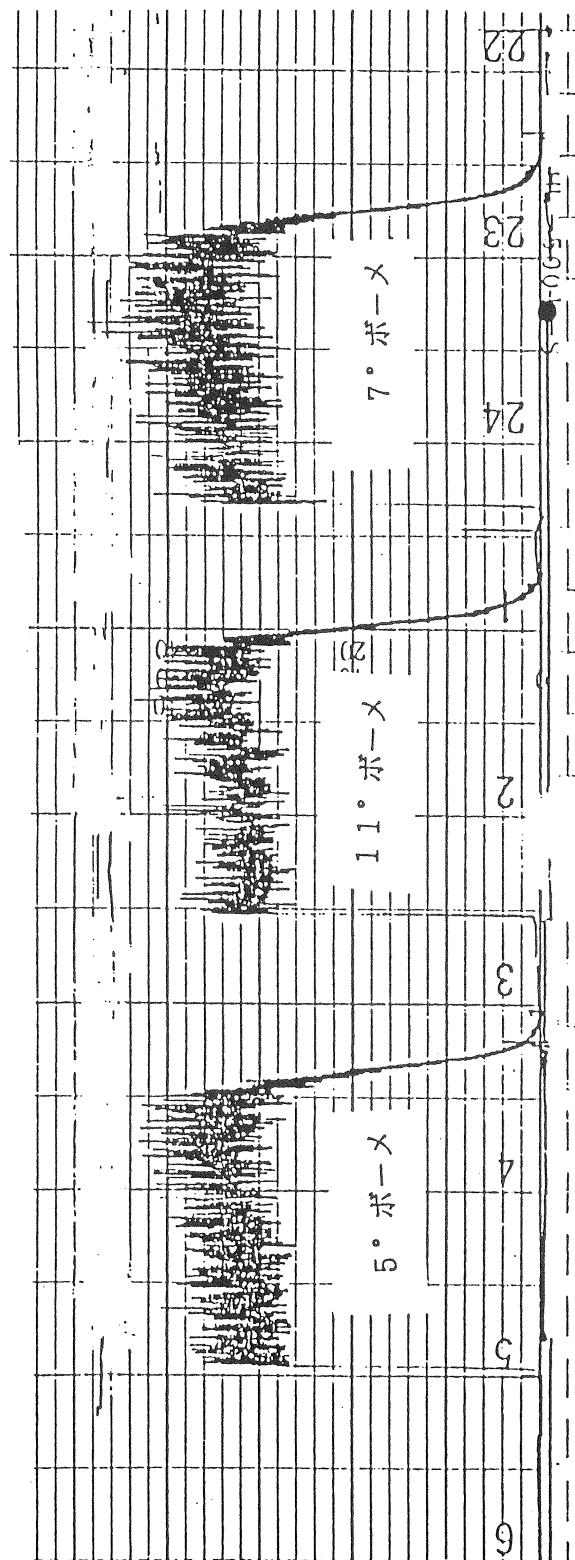
第1表 ミキサー運転解析用の測定項目

No.	測定項目	単位	測定箇所	測定用センサ	測定法		コンピュータ入力 キーボード自動	備考
					オフライン	オンライン		
1.	小麦粉の水分	Wt%	ミキサー投入ホッパ内	純乾法又は 赤外線式	○	1回／パッチ	○	○
2.	小麦粉の温度	℃	同上	測温抵抗体	○	10秒に1回のサンプリング	○	○
3.	小麦粉の投入量	kg	計量機	ロードセル	○	1回／パッチ	○	既設計量機で 自動計量
4.	戻し粉の投入量	kg	同上	ロードセル	○	1回／パッチ	○	同上
5.	塩水濃度	ボーゼ度	塩水槽	ボーメ計	○	1回／パッチ	○	
6.	塩水の温度	℃	ミキサー投入ホッパ内	測温抵抗体	○	10秒に1回のサンプリング	○	
7.	加水量(率)	L/H	同上	○	1回／パッチ	○	○	塩水量／パッチ時間
8.	パッチ時間	分	ミキサー駆動用モーター	ストップウォッチ モータの発停	○ ○	1回／パッチ	○ ○	モータの発停時間
9.	羽根の回転数	rpm	同上	インバータユニット	○	1回／パッチ	○	
10.	羽根の転動力		同上	G3ロードセンサ	○	10秒に1回のサンプリング	○	○
11.	ミキサ内ドウ	℃	ミキサ内	熱電対材	○	同上	○	
12.	ミキサ内麺筋の水分	Wt%	同上	純乾法又は 赤外線式	○	3回パッチ	○	
13.	環境温度	℃	ミキサ近辺	測温抵抗体	○	10秒に1回のサンプリング	○	
14.	環境湿度	%	同上	乾湿球温度計	○	1回／分／パッチ	○	

第2表 ミキサー運転時の測定データ

90/11/22 12:52:35

日付 90/11/21	ミキサー 運転	塩水 電磁弁	軸出力 kW	生地 温度1 ℃	生地 温度2 ℃	環境 温度 ℃	塩水 温度 ℃	小麦粉 温度 ℃
14:51:40	OFF	OFF	-0.2	26.9	25.2	20.3	21.6	20.6
14:52:00	OFF	OFF	-0.2	26.7	25.0	20.4	21.6	20.7
14:52:20	OFF	OFF	-0.2	26.8	25.1	20.3	21.6	20.6
14:52:40	OFF	OFF	-0.2	26.6	24.9	20.3	21.6	20.7
14:53:00	OFF	OFF	-0.2	26.6	24.8	20.3	21.7	20.6
14:53:20	ON	OFF	-0.2	26.5	24.8	20.3	21.6	20.7
14:53:40	ON	ON	-0.2	26.6	24.9	20.3	21.6	20.7
14:54:00	ON	ON	-0.1	26.4	24.4	20.4	21.6	20.6
14:54:20	ON	ON	-0.2	26.3	24.4	20.3	21.7	20.6
14:54:40	ON	ON	-0.1	25.7	23.8	20.2	21.6	20.5
14:55:00	ON	ON	0.0	25.5	23.7	20.2	21.6	20.4
14:55:20	ON	ON	0.1	25.6	23.5	20.3	21.7	20.3
14:55:40	ON	ON	0.3	25.5	23.5	20.4	21.6	20.3
14:56:00	ON	OFF	0.6	25.3	23.7	20.4	21.4	20.4
14:56:20	ON	OFF	1.2	25.4	23.4	20.4	21.5	20.4
14:56:40	ON	OFF	1.5	25.1	23.4	20.3	21.4	20.5
14:57:00	ON	OFF	2.1	25.1	23.7	20.3	21.3	20.6
14:57:20	ON	OFF	2.4	25.1	23.8	20.3	21.3	20.6
14:57:40	ON	OFF	2.8	25.0	23.8	20.4	21.3	20.7
14:58:00	ON	OFF	3.4	25.1	23.8	20.3	21.3	20.7
14:58:20	ON	OFF	4.2	25.0	23.7	20.4	21.3	20.7
14:58:40	ON	OFF	4.3	25.1	23.7	20.4	21.2	20.8
14:59:00	ON	OFF	4.2	25.3	23.9	20.5	21.3	20.9
14:59:20	ON	OFF	4.6	25.3	23.8	20.5	21.2	20.9
14:59:40	ON	OFF	3.7	25.3	24.1	20.5	21.2	21.0
15:00:00	ON	OFF	3.7	25.3	24.1	20.7	21.2	21.0
15:00:20	ON	OFF	4.6	25.3	24.1	20.7	21.2	21.0
15:00:40	ON	OFF	3.6	25.3	24.3	20.6	21.1	21.1
15:01:00	ON	OFF	4.2	25.1	24.3	20.6	21.1	21.1
15:01:20	ON	OFF	4.5	25.2	24.3	20.6	21.1	21.2
15:01:40	ON	OFF	4.8	25.4	24.5	20.5	21.1	21.2
15:02:00	ON	OFF	4.6	25.3	24.5	20.5	21.1	21.3
15:02:20	ON	OFF	3.9	25.7	24.4	20.5	21.1	21.3
15:02:40	ON	OFF	3.9	25.5	24.6	20.5	21.1	21.3
15:03:00	ON	OFF	3.3	25.4	24.7	20.4	21.0	21.3
15:03:20	ON	OFF	3.7	25.7	24.7	20.4	21.0	21.3
15:03:40	ON	OFF	4.0	25.7	24.7	20.4	21.0	21.3
15:04:00	ON	OFF	5.0	25.8	24.8	20.4	21.0	21.4
15:04:20	ON	OFF	4.6	25.9	24.8	20.5	21.0	21.4
15:04:40	ON	OFF	3.9	25.9	25.0	20.6	21.0	21.4
15:05:00	ON	OFF	4.1	25.9	25.1	20.6	21.0	21.4
15:05:20	ON	OFF	3.4	26.2	25.0	20.7	21.0	21.4
15:05:40	ON	OFF	3.9	26.0	25.2	20.7	21.0	21.4
15:06:00	ON	OFF	3.8	26.0	25.4	20.7	21.0	21.5
15:06:20	ON	OFF	4.3	26.3	25.1	20.7	20.9	21.6



第2図 ミキサーの運転時の軸出力の変化
ミキサー：8袋用スーパー・ミキサー、加水量：35%

第3表 加水量を変えて試作した乾麺の物性(Φで麺)

試 料 名	カーボドメーター			レオロメーター		
	引張り強度 (g/cm ²)	伸び率 ($\times 10^5$ dyn/cm ²)	伸び弹性率 ($\times 10^5$ dyn/cm ²)	硬さ (85%) (g/mm ²)	硬さ (55%) (g/mm ²)	硬さの差 (g/mm ²)
(食塩濃度9°ボーム) 加水33%—2 ¹⁾						
—4	526.1 (33.39)	1.87 (0.09)	5.96 (0.51)	25.65	14.66	10.99
—4	495.9 (15.02)	1.99 (0.08)	4.92 (0.35)	24.67	13.94	10.73
加水35%—2						
—4	506.9 (21.85)	1.89 (0.09)	5.65 (0.14)	24.38	13.49	10.89
—4	479.8 (15.59)	1.90 (0.03)	5.20 (0.18)	24.14	13.20	10.94
加水37%—2						
—4	495.1 (33.39)	2.00 (0.09)	4.88 (0.51)	24.79	12.58	12.22
—4	443.1 (24.32)	1.91 (0.07)	4.77 (0.36)	24.54	12.18	12.36
						75.8

() 内は標準偏差差

1) 試料名の—2あるいは—4は上から（5段切り）の麺線の部位を示す。

2) 85%は麺線の厚さの85%まで圧縮したことを示す。

縮)が小となり、従って硬さの差が大きくなることが分った。著者らは別の実験で手延べ麺と機械麺の物性を測定した結果、手延べ麺は表面が軟かく、両者では硬さの差に大きな違いがあることを認めた⁴⁾。

第4-1から4-3表に加水量を変えたうどんの官能審査結果を示した。第4-1表は45人の女子短大生の集計であるが、加水量37%より加水量35%の方が硬さ、歯ごたえ、総合でよいと評価された。45人中硬い方を好むのは22人であり、硬さ、歯ごたえでは33%加水量が好まれるが、総合では35%が好まれる結果となった(第4-2表)。また、軟かい方を好むものは23人であり、硬さ、歯ごたえ、総合いずれも35%加水量のものが好まれ、女子短大生は中間的な食感のうどんを好むと考えられた(第4-3表)。

2. 熟成工程のシステム化

2.1 予備試験の結果 連続式の麺帶熟成装置を構築するため、予備試験として全長2.0mのコンベアに2.0kwの遠赤外線ヒーター10個(400×320mm)を設置し、麺帶(厚さ10mm)との距離を15mmとして照射試験を行った結果、1分照射のとき300°Cでは麺帶にひび割れを生じ、200~300°Cが適当と考えられた。ゆで麺の切断強度は官能評価の腰、歯ごたえに関係する物性値であるが、200°C・3分、250°C・1分照射の試料の切断強度が未照射のものに比べて高い値となり、引張り強度もわずかに高い値が得られたので、熟成の効果が認められたと考え、これらの結果を基にして麺帶熟成装置の設計と構築を行った。

2.2 麺帶熟成装置の概要 麺帶熟成装置は圧延工程において操作を中断することなく、連続的に

第4-1表 官能審査結果1.(試料A, B, C:パネル数45)

試 料	平 均 値				総 合
	食 味	硬 さ	歯ごたえ		
A : 35-9	0.60	0.64	0.84		0.84
B : 37-9	0.20	-0.07	0.04		0.20
C : 33-9	0.33	0.33	0.89		0.31
分散分析 結果(F.O.)	2.240	5.587 **	9.845 **		5.743 **
平均値の差の検定 (t o)					
A → B	2.042 *	3.701 **	3.984 **		3.266 **
A → C	1.452	1.441	0.215		2.767 **
B → C	0.675	1.739 *	3.610 **		0.508

$$F(2,132; 0.01) = 4.84 \quad : \quad F(2,132; 0.05) = 3.05$$

$$t(88; 0.05) = 1.67 \quad : \quad t(88; 0.01) = 2.39$$

第4-2表 官能審査結果2.（試料A, B, C：パネル数22, 硬い方を好む）

試 料	平 均 値				総 合
	食 味	硬 さ	歯ごたえ		
A : 35- 9	0.68	0.64	0.82		0.91
B : 37- 9	0.00	-0.14	-0.27		0.05
C : 33- 9	0.64	1.09	1.23		0.77
分散分析 結果 (F O)	3.739 ≈	9.280 ≈≈	15.576 ≈≈		4.927 ≈
平均値の差の検定 (t o)					
A→B	2.295 ≈	2.573 ≈≈	3.550 ≈≈		2.774 ≈≈
A→C	0.179	1.883 ≈	1.913 ≈		0.557
B→C	2.246 ≈	3.872 ≈	4.962 ≈≈		2.237 ≈

$$F(2,63; 0.01) = 5.03 \quad : \quad F(2,63; 0.05) = 3.13$$

$$t(42; 0.05) = 1.69 \quad : \quad t(42; 0.01) = 2.44$$

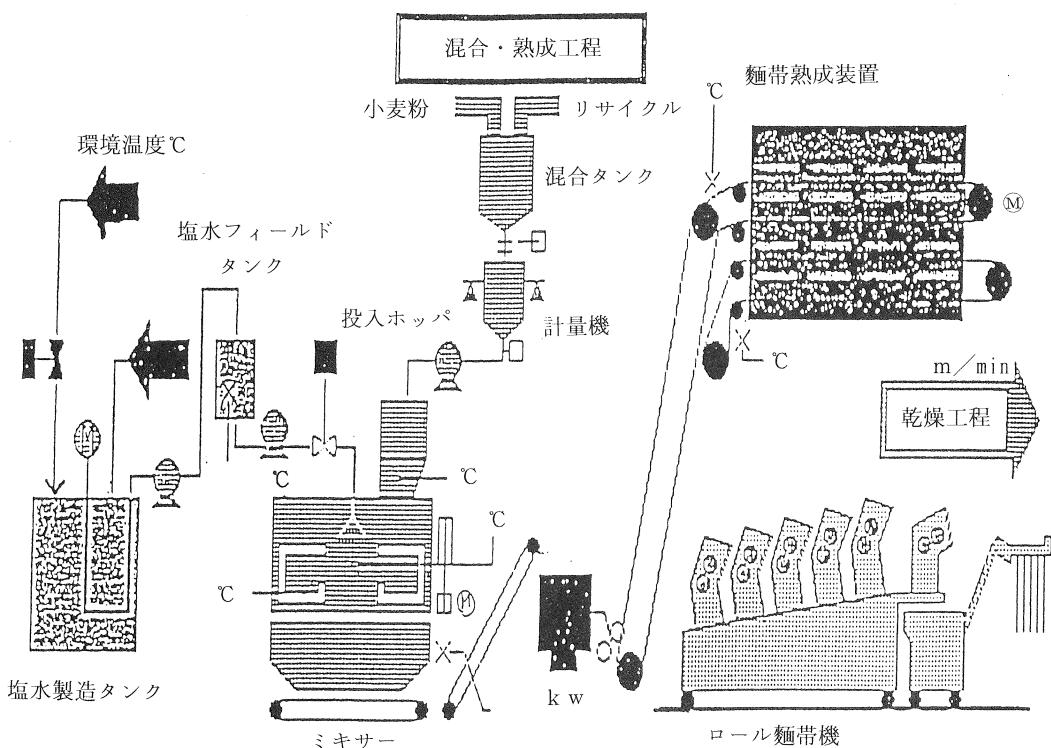
第4-3表 官能審査結果3.（試料A, B, C：パネル数23, 軟らかい方を好む）

試 料	平 均 値				総 合
	食 味	硬 さ	歯ごたえ		
A : 35- 9	0.52	0.65	0.87		0.78
B : 37- 9	0.39	0.00	0.35		0.35
C : 33- 9	0.04	0.39	0.57		-0.13
分散分析 結果 (F O)	1.849	8.005 ≈≈	1.419		6.119 ≈≈
平均値の差の検定 (t o)					
A→B	0.509	2.626 ≈≈	2.080 ≈		1.753 ≈
A→C	1.882 ≈	3.680 ≈≈	0.897		3.399 ≈≈
B→C	1.333	1.521	0.649		1.797 ≈

$$F(2,66; 0.01) = 5.02 \quad : \quad F(2,66; 0.05) = 3.12$$

$$t(44; 0.05) = 1.68 \quad : \quad t(44; 0.01) = 2.44$$

照射を行うことが必要であるため、第3図に示すようにロール麺帶械の上部に設置するようにした。図のように、1.2kwの遠赤外線ヒーターを上部16個、下部16個、合計32個（照射面1280cm²/個）を設置した。



第3図. 混合・熟成工程のグラフィック表示

遠赤外線ヒーター（ $400 \times 320 \times 40\text{mm}$ ）は帝国ピストンリング株のウルトラサーモⅢを用いた。本装置は複合された麺帯（約 10mm ）をコンベアにより引き上げ、上部と下部のネットコンベアによりヒーター間を通過させ、処理した麺帯を連続的にロール麺帯機に送り込む方式を採用した。そのため、麺帯のたるみを調節する機構を必要とし、麺帯引上げコンベア、上段と下段の両コンベアにたるみ制御装置を設置した。たるみ制御は麺帯のたるみを非接触の光センサにより連続的に検出し、この変化量をSYD制御レベル信号に変換後補正信号として、SY-P制御盤の速度設定入力端子に加えることにより主機に対して従動側モータを連続的に瞬時に増減速させ、一定のライン速度で運転するようにした。

非接触の光センサは約 2kHz のパルス発信機により変調されたパルス幅の一定な大出力発光ダイオードを点滅させ、近赤外線を発射する。発射された光は光学レンズにより効率よく収束し、放射されて検出物体に当たり、反射されて戻り、取り込まれた光は受光素子を通じてセンサ内部の積分回路により直流レベル信号に変換され、一定レベルで動作する整流回路によりロジカルなアナログ記号を出力する。

2.3 実験結果について 第5表に麵帶熟成装置の測定データを示した。ヒーター温度を250°Cに設定したときの結果であるが、所期の設定通りの項目のデータが得られ、チェーン速度3.0m／分の時に麵帶温度は25°Cから35°Cにまで上昇した。写真1に麵帶熟成装置、写真2に麵帶の反転部と光センサを示した。

第5表 麵帶熟成装置の測定データ

90/11/22

日付 90/11/21	熟成装置運転	麵帶温度1°C	麵帶温度2°C	ヒーター温度°C	チェーン速度m/min
15:55:00	ON	25.5	36.1	250.0	2.8
15:55:20	ON	25.4	36.1	250.0	2.8
15:55:40	ON	25.4	35.9	250.0	2.8
15:56:00	ON	25.4	35.8	250.4	2.8
15:56:20	ON	25.5	35.8	250.0	2.8
15:56:40	ON	25.5	35.8	250.8	3.0
15:57:00	ON	25.5	35.7	250.4	3.0
15:57:20	ON	25.5	35.5	250.8	3.1
15:57:40	ON	25.4	35.5	250.4	3.1
15:58:00	ON	25.3	35.3	250.4	3.1
15:58:20	ON	25.4	34.6	251.2	3.1
15:58:40	ON	25.4	33.8	250.4	3.0
15:59:00	ON	25.5	33.8	251.2	3.1
15:59:20	ON	25.3	33.9	251.2	3.0
15:59:40	ON	25.2	34.2	251.2	2.9
16:00:00	ON	25.0	34.5	250.4	3.0
16:00:20	ON	25.0	34.6	251.2	3.0
16:00:40	ON	25.0	34.7	251.6	3.0
16:01:00	ON	24.9	35.0	251.2	3.0
16:01:20	ON	24.6	35.3	251.2	3.0
16:01:40	ON	24.4	35.4	251.6	3.0
16:02:00	ON	24.3	35.5	251.2	3.0
16:02:20	ON	24.2	35.4	251.6	3.0
16:02:40	ON	24.2	35.3	251.2	3.0
16:03:00	ON	24.1	35.3	251.6	3.0
16:03:20	ON	24.0	35.5	252.8	3.0
16:03:40	ON	24.0	35.6	254.0	3.0
16:04:00	ON	24.0	35.6	255.2	3.0
16:04:20	ON	24.0	35.3	257.2	3.0
16:04:40	ON	23.9	34.9	257.6	3.0
16:05:00	ON	23.9	33.1	258.4	3.3
16:05:20	ON	23.9	32.3	258.4	3.3
16:05:40	ON	23.9	31.6	258.4	3.3
16:06:00	ON	23.9	31.2	257.6	3.3
16:06:20	ON	23.8	31.1	256.8	3.3
16:06:40	ON	23.7	31.2	254.8	3.3
16:07:00	ON	23.7	31.3	253.6	3.3



写真1. 麵帯熟成装置

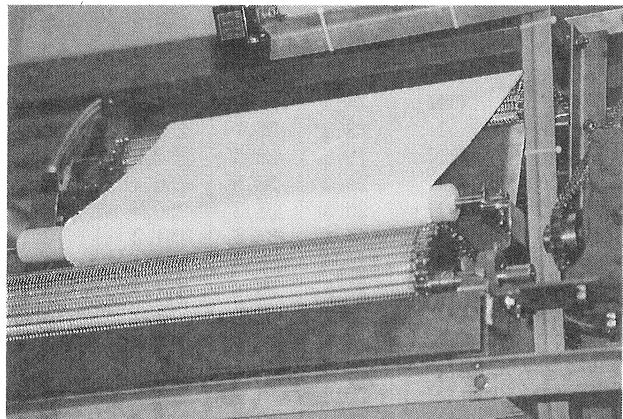


写真2. 麵帯の反転部と光センサ

遠赤外線を照射したきしめんでは、乾燥の際の麵線の上部、下部ともゆで麵での破断応力と引張り強度が標準品よりやや大となる傾向が認められた（第6表）。田中⁵⁾らは半生麵に遠赤外線を2分照射することによりグルテンの改質が促進されるとし、横内⁶⁾らは麵線に600Wの遠赤外線ヒーターを15秒照射することにより麵の表面が加熱され、でん粉粒子の膨潤とグルテンの乾燥・固化により表面にち密で堅いグルテン構造が形成され、剪断強度などの物性値が増加すると報告している。乾麵の場合は表面が糊化するまで照射するとゆで時間が長くなることから、本実験ではでん粉の糊化を生じない条件で照射処理を行った。

第7表にタピオカでん粉を添加したきしめんの試験結果を示した。ゆで麵の水分74%の場合、標準品に比べて照射品は引張り強度が大となるが、破断応力はやや小となり、破断歪がわずかに大となる傾向が認められた。タピオカでん粉添加のものは標準品より引張り強度、破断強度がいずれも低下してソフトな麵となった。なお、でん粉添加と遠赤外線照射によりゆで時間の短縮も認められた。

第6表 遠赤外線照射により調製したきしめんの物性(ゆで麺)

試 料	水 分 (%)	カーボメーター(引張り試験)			レオナー(破断試験)		
		引張り強度 (g/cm ²)	伸び率	伸び弾性率 ($\times 10^5$ dyn/cm ²)	破断応力 ($\times 10^6$ dyn/cm ²)	破断歪 (%)	破断強度 ($\times 10^5$ erg/cm ²)
標準-3 〔8分〕	71.0	478.6 (14.99)	1.96 (0.10)	4.95 (0.46)	1.557 (0.057)	61.97 (2.00)	2.516 (0.157) (0.214)
標準-3 〔10分〕	72.8	435.3 (13.98)	1.91 (0.06)	4.70 (0.26)	1.469 (0.061)	59.95 (1.41)	2.452 (0.144) (0.209)
遠赤-3 〔8分〕	71.5	475.8 (12.71)	1.88 (0.07)	5.30 (0.35)	1.519 (0.058)	60.64 (2.54)	2.506 (0.108) (0.307)
遠赤-3 〔9分半〕	73.4	458.2 (16.47)	1.97 (0.07)	4.65 (0.27)	1.520 (0.070)	62.92 (2.27)	2.419 (0.140) (0.216)
標準-1 〔9分半〕	72.9	485.6 (27.77)	1.98 (0.12)	4.89 (0.39)	1.545 (0.070)	61.83 (3.46)	2.504 (0.126) (0.301)
遠赤-1 〔9分〕	74.4	493.7 (33.00)	1.99 (0.13)	4.96 (0.57)	1.487 (0.094)	63.44 (2.31)	2.349 (0.212) (0.344)
遠赤-1 〔8分半〕	73.5	527.7 (19.47)	2.02 (0.13)	5.11 (0.60)	1.657 (0.102)	67.75 (3.56)	2.451 (0.185) (0.239)

() 内は標準偏差, [] 内はゆで時間, 1) 1 : 麵線の上部, 3 : 麵線の下部

第7表 でん粉を添加したきしめんの物性（ゆで麵）

試 料	水 分 (%)	カーボドメーター（引張り試験）			レオナー（破断試験）		
		引張り強度 (g/cm ²)	伸び率 ($\times 10^6$ dyn/cm ²)	伸び弾性率 ($\times 10^6$ dyn/cm ²)	破断応力 ($\times 10^5$ dyn/cm ²)	破断全長 (%)	破断強度 ($\times 10^6$ dyn/cm ²)
(A) 標準品 - 1 〔11分〕	74.1	610.7 (35.22)	2.10 (0.07)	5.44 (0.38)	2.158 (0.079)	67.39 (1.77)	3.205 (0.174)
(B) 標準品 遠赤照射 - 1 〔9分30秒〕	74.0	628.0 (36.16)	2.09 (0.09)	5.68 (0.20)	1.974 (0.083)	69.45 (1.37)	2.843 (0.140)
(C) でん粉添加 - 1 〔10分45秒〕	74.8	562.9 (23.38)	2.17 (0.07)	4.73 (0.25)	1.972 (0.064)	67.51 (2.03)	2.924 (0.118)
(D) でん粉添加 遠赤照射 - 1 〔9分20秒〕	74.6	580.9 (37.33)	2.05 (0.10)	5.44 (0.46)	1.833 (0.054)	68.93 (2.50)	2.661 (0.105)

() 内は標準偏差

1 : 麵線の上部

〔 〕 内はゆで時間

試作条件

- A 37%加水, 9° ボーム, 対照
- B 37%加水, 9° ボーム, 遠赤外線照射 (220-200°C)
- C 37%加水, 9° ボーム, タピオカでん粉10%添加, 対照
- D 37%加水, 9° ボーム, タピオカでん粉10%添加, 遠赤外線照射 (220-200°C)

遠赤外線照射のきしめんについてパネル18人で官能審査を実施した結果、タピオカでん粉添加の方がゆで麺の色、外観がよいと評価された。また、乾麺工業協同組合で実施したひやむぎのアンケート調査（800名を対象とした）でも弾力、なめらかさについて80%以上の人人がよいと評価し、総合評価でも60%の人からよい、かなりよいと評価された。

小麦、小麦粉の食味評価について柴田⁷⁾はその因子としてゆで麺の色と粘弹性測定によりかなり評価でき、うどんの適性評価は小麦粉から分離したでん粉のビスコグラムやアミロース含量が有効と指摘している。また、小田⁸⁾は麺の食感とでん粉のアミログラフィ特性値、アミロース含量との間に高い相関が認められることから、麺の食味に及ぼすでん粉の重要性を明らかにしている。

3. 製麺の製造工程のシステム化について

著者らは乾麺工業協同組合と共同して乾麺の製造工程の生産自動化システムについて検討したが、本報告では混合、熟成工程の結果を述べた。この結果、これまで明確にされていなかったミキシング時の軸出力を経時的に検出することができた。そして、加水量、食塩濃度によっても軸出力の変化がかなり異なり、これらの曲線の変化を解析することにより、適切なミキシングを行う可能性を見出すことができた。また、熟成工程においても連続的に短時間に麺質の改良ができるこを明らかにした。

生地のねかしについては三木ら^{9, 10)}は生めんの引張り強度とゆで麺の剪断強度が増加し、常温では2時間、高温時には1時間が適当とし、さらに、ねかしにより密度が増加すること、ゆで麺の緩和弾性率が増加すると報告している。従って、今後はねかしによる効果と著者らの遠赤外線照射による現象の相違を本質的に検討しなければならない。

最近、清酒醸造においてもファジィ理論を応用した柔軟管理が研究されており¹⁰⁾、製麺関係でも日清製粉㈱と富士電機㈱が共同して、ロール製麺時の生地の厚さを一定にするための麺帶厚さセンサや乾燥工程中の麺線形形状態センサを開発している¹¹⁾。

食品工業においても人手不足は大きな問題になっており、今後はこれまでの経験によるノウハウとともに、センサなどを利用した工程の自動化、工程管理を進めてゆくことが必要である。

要 約

製麺の混合、熟成工程の計測制御を目的として計測制御装置と麺帶熟成装置を構築し、乾麺の試作を行った。

1. ミキシング時の軸出力を経時的に記録した結果、加水量、食塩濃度が異なると軸出力と振幅の度合に差があり、これらの差異と麺の品質との関係を解析することにより、適切なミキシング操作条件の設定が可能となると考えられた。

2. 加水量が多いほどゆで麺の引張り強度は低下するが伸び率には差がなかった。加水量37%のものには表面の硬さが小さく、そのため硬さの差（55%圧縮と85%圧縮時の硬さの差）が大となり、食味が

よくなる傾向が認められた。

3. 加水量を変えたうどんの官能審査を45人の女子短大生で行った結果、加水量37%より加水量35%の方が硬さ、歯ごたえ、総合の項目でよいと評価された。

4. 麺帯に遠赤外線照射して試作したきしめんはゆで麺の破断応力と引張り強度が標準品よりやや大となる傾向が認められた。

5. タピオカでん粉を添加して遠赤外線を照射したきしめんはゆで麺の水分が70%のとき、標準品に比べて遠赤外線照射によって引張り強度が大となるが、破断応力はやや小となる傾向が認められた。未照射でタピオカでん粉添加のものは標準品より引張り強度、破断強度のいずれも低下してソフトな麺になった。

本研究は中小企業庁の地域システム技術開発事業により実施した。

終りに共同研究をしていただいた愛知県乾麺工業協同組合、本事業に協力いただいたライフエンジニアリング株、株豊製作所、官能審査を実施いただいた名古屋文理短期大学に対して感謝致します。

文 献

- 1) 小田聞多編：めんの本、第5版、p 66、食品産業新聞社(1986)
- 2) 杉山 昌：食品工業、29(10), 26-34(1986)
- 3) 椎葉正克：食品と科学、1985増刊号2, 117-119(1985)
- 4) 愛知県食品工業技術センター：食品高度生産システム技術開発事業「高度熟成麺の生産自動化システム」 p. 2, 平成3年3月
- 5) 田中孝志：食品工業、29(10), 35-40(1986)
- 6) 横内洋文、松井重和、上田牧子、崎間 武、真部正敏：日食工誌、38, 897-903(1991)
- 7) 柴田茂久：食品工業、31(18), 44-48(1988)
- 8) 小田聞多：食品工業、31(18), 49-55(1988)
- 9) 三木英三、義田 守、山野善正：日食工誌、35, 735-741(1988)
- 10) 土屋義信、小泉淳一、未成和夫、平島義春、永井史郎：醸酵工学、68, 123-129(1990)
- 11) 食品産業オンラインセンサー技術研究組合：食品産業とセンサー、p 274、株光琳(1992)