

◇◇◇ 解説記事 ◇◇◇

冷凍うどんの品質評価と製造技術の開発 ～製造工程の品質への影響 (リアルタイムモニタリング解析)～

喜田直孝, 古橋敏昭[†]

テーブルマーク株式会社 研究開発部

1. はじめに

冷凍うどんは平成 26 年度には冷凍食品国内生産量が第 1 位の約 17 万トン (シェア 11.0%) となり, 今や国内の冷凍食品の中で確固たる地位を築くようになった. テーブルマーク株式会社 (TM) の前身である (株) 加ト吉は, 1956 年に香川県観音寺市で創業, 香川県名物「さぬきうどん」の美味しさを全国に広めたいという強い想いから試行錯誤を重ね, 1974 年に冷凍さぬきうどんの日本初の工業的生産を開始した. 発売当初の販売量は伸び悩んだが, 地道な営業活動に加え, 様々な技術革新を重ねた結果, そのコシのある茹でたての食感が支持され, 発売から 40 年を超えた今では年間 5 億食を生産する弊社の主力商品となっている. TM では現状に満足することなく, もっともっと打ち立て, 茹でたてのうどんの美味しさを日本全国へお届けしたいという想いで, 工業化技術につなげる品質設計 (品質評価・解析から製造プロセス解析・製法開発まで) と, 「冷凍うどん」の品質課題に対する取組などの研究開発を重ねてさらなる品質を追求し続けている. 今回は製造プロセス解析の一例を紹介する.

喜田直孝 (きだ なおたか)

1995 年 北海道大学大学院工学研究科修了, 同年 旭化成工業 (株) 食品事業部 加工食品開発部, 1999 年 事業譲渡により日本たばこ産業 (株) に転籍, 2007 年 JT・加ト吉の食品事業統合に伴い (株) 加ト吉に出向, 2010 年 テーブルマーク (株) に社名変更, 製造本部 製造技術チームリーダー, 2013 年 研究開発部 部長, 2016 年 日本食品工学会技術賞授賞, 2019 年 研究開発部 部長 兼 製造本部 技術戦略部 部長 (現職)

古橋敏昭 (ふるはし としあき)

1980 年 東京大学農学部農芸化学科 卒業, 同年 旭化成工業 (株) 食品事業部 食品研究所, 1999 年 事業譲渡により日本たばこ産業 (株) に転籍, 2007 年 JT・加ト吉の食品事業統合に伴い (株) 加ト吉に出向, 2010 年 テーブルマーク (株) に社名変更, 研究開発部 部長, 2012 年 研究開発部 幹部研究員 (現職)

2. 冷凍うどんの品質評価

先ず冷凍うどんの品質評価であるが, うどんは, コシ・もちもち感・のど越しなど, 主に食感品質への期待が圧倒的に多い. そのため, これらに求められる品質特性を定量的尺度で表現 / 解析できる評価法の構築が非常に重要となる. TM では, 主観的な官能評価を極力単純な強度で表せる項目に絞って点数化するとともに, 客観的数値指標として圧縮破断特性および動的粘弾性特性の機器測定物性値も同時に評価 / 解析することによって麺の食感をよりの確に表現することや, 特徴的な食感発現のメカニズムを物性面から明らかにすることなどに取り組んでいる.

官能評価を行う上で重要なポイントは, 嗜好性を極力排除したシンプルで強度表現可能な評価ワードを選択し, 上限下限のモノを定め, パネルがともに評価して尺度を共有化することである. 例えば, うどんに求められる「コシ」を官能評価でダイレクトに定量的な評価をすることは, 人によって抱いている質的なイメージが異なるため, 意外と難しい. そこで, うどんの「コシ」を強度表現が可能な「硬さ」と「粘り」で評価し, これらのバランスで「コシ」の質を表現する.

機器測定では, 咀嚼時を想定して圧縮破断試験を利用するが, これについても官能評価との絶対的な相関を取れる訳ではないので得られる波形などの情報を素直にみて, 強度のみならず波形などからも質を読み取る必要がある. 一例として, 図 1 に茹でたての手打ちさぬきうどんと, それを急速凍結した後にボイル解凍した時の圧縮破断波形を示す (株式会社山電製クリープメータ, 接触幅 1mm 楔形プランジャー, 圧縮破断速度 1mm/sec). 茹でたてでは歪率 80% を超えて荷重がさらに急速に上昇する「ずり」, すなわち「粘り」が発現するのに対し, それを冷解凍したものでは「硬さ」と「粘り」が低下して「もろさ」が発現することがよくわかる.

3. 冷凍うどんの製造プロセス解析

生産ラインにおいて麺の品質や生産の安定性を決定

〒140-0049 東京都大田区羽田旭町 5-14

† Fax: 03-5705-3010, E-mail: toshiaki.furuhashi@tablemark.co.jp

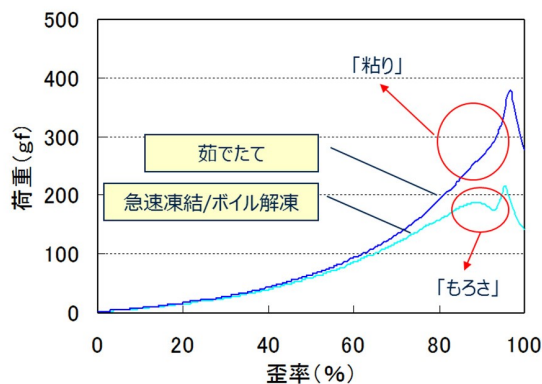


図1 圧縮破断測定波形例

するのは、原材料の配合や製造工程、製造環境を含む各工程条件である。冷凍うどんは原材料を計量してから製品が出来上がるまで約3.5時間という長い時間を必要とするため、製造工程条件が品質や生産安定性に与える影響を観察する上で、各工程における生地の状態や物性値を把握し、最終製品の品質との関係を推察する工学的な取り組みが有用である。そのため、麺の品質や生産の安定性に重要であると考えられる主要な工程において、様々な手法を用いて生地状態や物性のモニタリングを実施し、工程間の関係性や品質に与える影響を明らかにした。

3.1 冷凍うどんの製造工程

図2に冷凍うどん製造工程概略図を示す。以降、冷凍うどん製造においてポイントとなる各工程を概説する。

サイロに蓄えられた粉原料を真空ピンミキサーに移

送し、塩水と混合して捏ね上げて生地を作るのがミキシング工程である。小麦粉製品におけるミキシング工程は非常に重要で、とくに捏ね上げ温度やミキシングの羽根形状、速度、時間は、グルテンの形成性を決定付ける重要な要素となる。冷凍うどんは喫食時の食感を保つために、減圧状態でミキシングするのが一般的である。ミキシング工程で捏ね上げた生地は、ローラーで挟み込んで帯状の麺帯にまとめる粗延べ工程を経て、生地の粗密をなくし、麺帯や最終製品の強度をもたせるために2枚の粗麺帯を1枚に複合する。そして2時間の熟成によって十分に生地中の水和分散を進行させた後、所定の厚みまで徐々に圧延を繰り返し、所定の太さ、長さに切り出して麺線とする。圧延ローラーの形状や段数、圧延の比率は最終の製品食感に大きく影響する。

切り出された麺線はそのまま茹で槽に投入され、所定の時間で茹で上げ、即座に水洗、冷却をし、余分な水分をきって凍結用容器に充填される。その後、重量検査や金属探知機を通して、急速凍結される。茹で上げから凍結完了までの時間を極力短くすることで、解凍調理後にもコシのある良好な食感を維持することができる。

3.2 生産ラインのリアルタイムモニタリング

各工程条件が生産安定性、生産性、および品質に与える影響を明らかにすることを目指し、リアルタイムでのモニタリングを試みた。モニタリングしたポイントは、ミキシングに関係する諸因子や生地の物性を反映する圧延負荷、茹で槽の温度や茹で上げ後の製品重量であり、各工程条件の関係性に加え、製品食感との

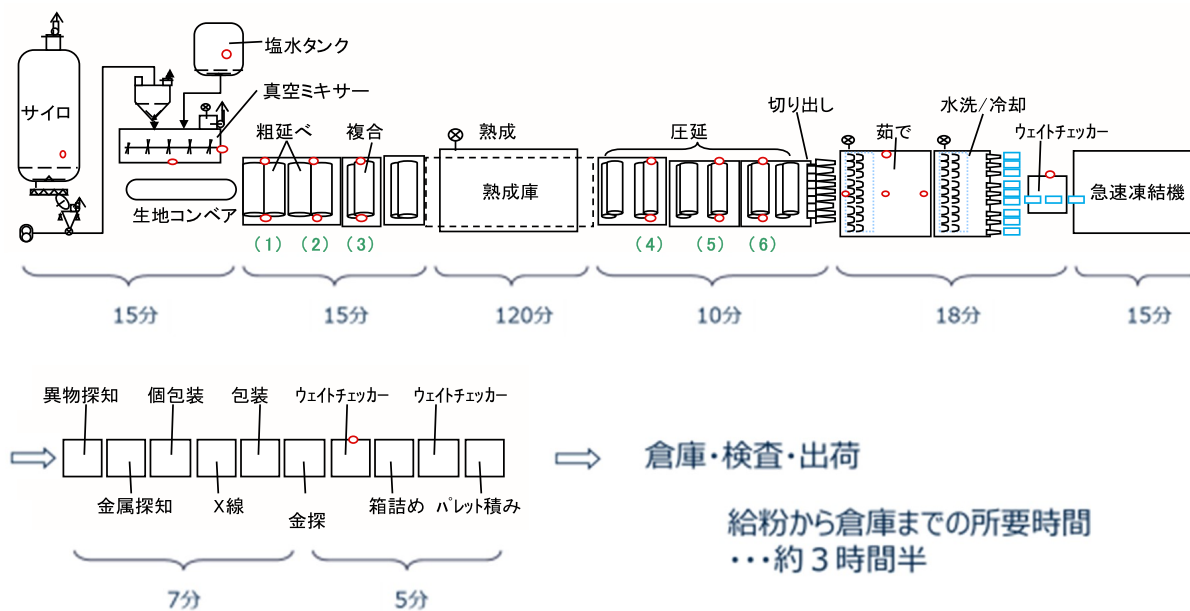


図2 冷凍うどん製造工程概略図

関係性についても検討したので、その一部を示す。

3.2.1 捏ね上げ温度が圧延負荷に及ぼす影響

各圧延ローラー支持部に圧力端子を取り付け、麵帯の反発力（反力）を測定し、捏ね上げ温度や茹で後重量との関係性を解析した。図3に捏ね上げ温度と反力の関係の一例を示す。横軸は測定時刻、縦軸は捏ね上げ温度、および連続圧延工程の反力をとっている。この日は、捏ね上げ温度が低い時には反力が高めに推移し、逆に高い時には低めに推移する逆相関の傾向があることがわかる。

3.2.2 反力と茹で後重量の関係

図4に反力と茹で後重量の関係の一例を示す。初期バッチ（B；ミキサー容量を1単位として表す）は製品の重量不足を防ぐために意図的に重めにしているが、初期の段階から反力と茹で後重量がほぼ同じ形で推移しており、反力の変化に対して茹で後重量の変化が密接な正の相関関係をもつことがわかった（ $R = 0.91$ 以上）。反力、すなわち圧延負荷は、生地の高弾性、もしくは麵厚が厚くなった時に高くなるので、切り出し時の最終麵厚が厚めになって重量が追隨するものと考えられる。

3.2.3 茹で温度と茹で後重量の関係

図5に茹で槽の麵投入部の温度と茹で後重量との関係の一例を示す。微少な茹で槽の温度変化が茹で後の製品重量変化とほぼ対応しており、茹で温度が高いときには、重量も高くなるという、正の相関をもっていることがわかる。

3.2.4 茹で後重量への工程影響

図6に、茹で後重量と相関の高かった連続圧延の反力と茹で温度が、茹で後重量に与える複合的な影響例を示す。

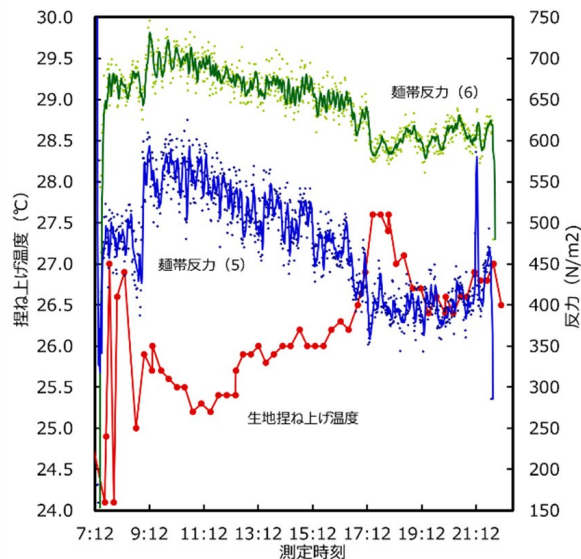


図3 捏ね上げ温度と反力の関係例

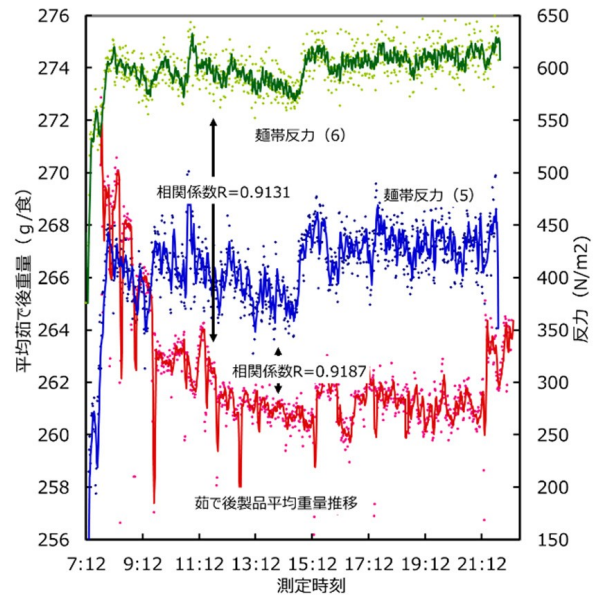


図4 反力と茹で後重量との関係例

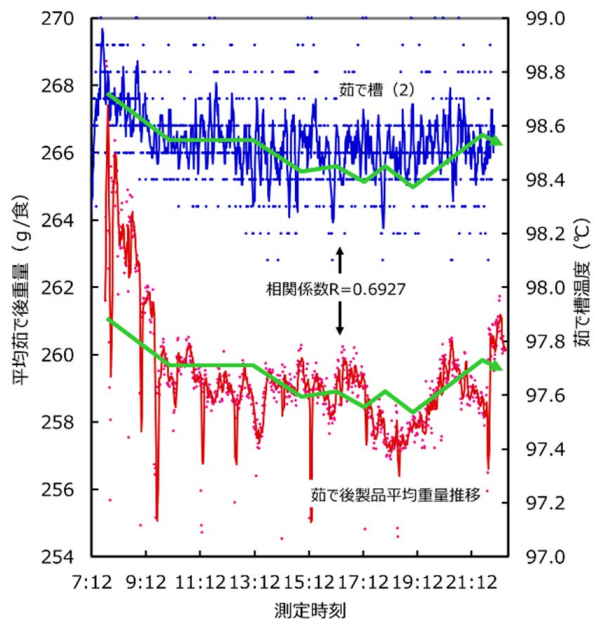


図5 茹で温度と茹で後重量との関係

この日の製造では、前半は茹で槽温度がほぼ一定で、反力の影響が強く出ているが、後半は反力が低くても重量が上がっており、茹で温度の影響が強く出ていることがわかる。毎日のデータからは、反力や茹で温度の影響割合は必ずしも一定してはならず、様々な要素が複雑に絡み合っていると考えられるが、捏ね上げ温度などミキシングの状態が麵帯の状態に影響を与え、麵帯の状態や茹で温度が生産性、すなわち茹で後重量に大きな影響を与えていることが明らかになった。

3.2.5 製造工程の品質への影響

これらの工程パラメーターが変動している時に、品

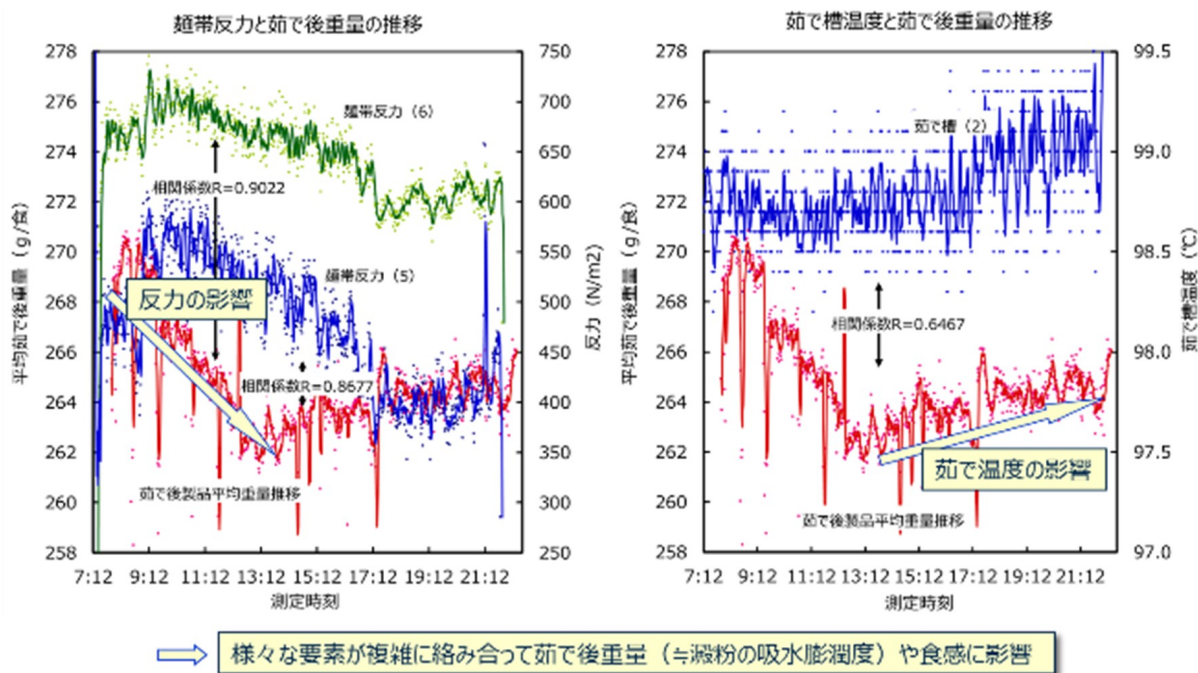


図6 反力、茹で温度と茹で後重量との関係例

質はどの程度変動しているのかを調べるため、製造開始直後から終盤までの製品をサンプリングして食感を評価した。図7に当日の工程データ、図8にサンプリングした製品の食感評価を示す。工程パラメーターの違いは、捏ね上げ温度は1Bと5Bがやや高く、茹で温

度は1Bがやや低めで45Bが高くなっている。反力および茹で後の重量推移は、1Bの反力が顕著に低くなっている他は同程度になっている。

官能評価および機器測定結果を統合した食感評価点を算出し（図8の上図）、比較的变化が大きかった弾力を算出し（図8の上図）、比較的变化が大きかった弾力

工程データ	1B	5B	15B	45B
捏ね上げ温度(°C)	26.8	25.3	25.5	26.6
平均茹で湯温度(°C)	98.4	98.8	98.8	99.4
平均反力(5) (N/m ²)	134.4	413.3	407.8	426.2
平均反力(6) (N/m ²)	507.5	600.1	569.9	609.5

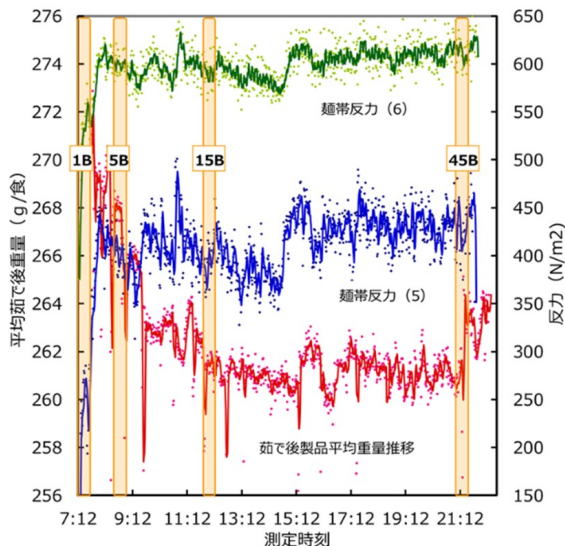


図7 サンプリング当日の工程データ

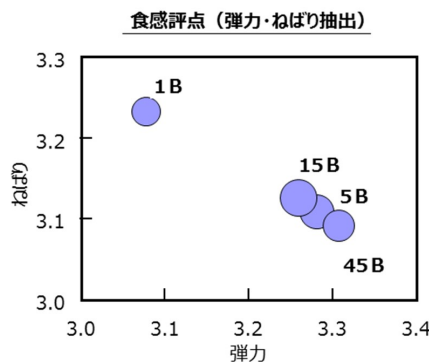
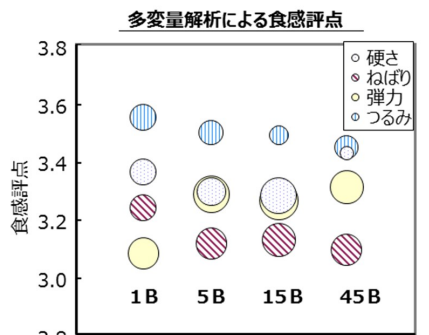


図8 サンプリング当日の食感評価データ

と粘りでマッピングしたものが図8の下図である。同じものとして認識される程度の0.1-0.2点の僅かな差ではあるものの、捏ね上げ温度が若干高めで、反力、茹で温度が低めであった1Bは他のバッチに比べ、やや柔らかく、粘り強い食感になっており、工程条件の変化が食感にも影響していることがわかる。

これまで紹介した変動は、製品重量であれば数g、食感評価点では0コンマ数ポイントの差ではあるが、生産の高度安定化が品質の高度安定化にも繋がる事が明確になったので、その後のライン設計や新規導入設備仕様決定の際の参考としている。

4. お わ り に

さらに美味しく、安定した品質の製品を提供し続けていくためには、偉大な先人たちが積み上げてきた膨大なノウハウに加え、より客観的な食感評価や工程モニタリングによる生地物性評価などに基づく製造条件の最適化は欠かせない。美味しい食品を適正な価格でお届けし、お客様に豊かなときを味わって頂く事を目指してこれからも技術を磨いていきたい。

引 用 文 献

- 1) 島田浩基, 渡邊亜沙子, 喜田直孝: 日本食品工学会誌, **12**, 169-172 (2011).
- 2) 古橋敏昭, 島田浩基: 冷凍, **89**, 66-73 (2014).

[化学工学 Vol.82, pp.316-319 より転載]