

JIBはみだし授業

日本パン技術研究所の講師陣が、教育コースの興味深いテーマや得意とする分野について深掘りして解説します！

生地と会話するって？ 話しかけても返してくれない生地 ～窯前で祈っても伸びない。その原因はあなたです。～

一般社団法人日本パン技術研究所 製パン技術教育事業部 原田 昌博



(著者の体験です) 20 歳代後半、見栄えも悪く単調でおいしくもない研究的なパン作りからはじまり、30 歳を超えて開発業務に就くもユーザーに向向いのラインテストで1年以上も失敗を続け、それが原因で技術者としての席を外されかけました。何とか首の皮一枚つながり 33 歳でパン学校 100 日コース 155 期を受講。37 歳で現職に就いたのですが、パン生地の声が次第に聞こえるようになったのは紆余曲折の末、つい十数年ほど前のことです。それまで授業で披露するさまざまな製品は必ず数回ほど試作していました。お金を払って受講いただいているプロの人達の前で、見栄えもしない製品をおぼつかない手つきで作って、最後に理屈までも捏ねてその場をやり過ごすことはしたくない。それが試作を繰り返す理由です。要するに時折、自分の期待を裏切るパン生地に手を焼いていたわけで、語り返してくれることのないパン生地が私の言うことを聞くわけもなく、自分自身が適切な生地状態を見極められていない上に、目の前の生地が自分の目的の品質に対して安全圏内にあるかどうかすら判断できていなかったからです。それ故に、生地を窯入れした直後に心の中で祈るしかないわけで、生地の膨らみ具合が見えないブルマン型食パンでは綺麗なホワイトラインができるかどうかは、文字通りフタを開けてみなければわからないという、ある意味一発勝負でした。このような経験を積み重ねてきて今があるわけですが、祈ってもダメな生地は祈る前にその原因があるはず、その原因が生地の声であり、その原因を感覚的につかみとり想定外の品質にならないように、的確に生地と交信する技量が試作なしの授業本番一発勝負には必要で、不特定多数の研修生が触る生地に対して適切に対処できていれば、試作は時々で良いはずです

(例えば、新麦切り替え時期や、使用頻度が少ない小麦粉で極端に枯れた小麦粉を使用する場合など)。そして、このような感覚はパンアイテムごとに非常に多岐にわたります。少なくとも、自分のホームグラウンドで製パンするわけですから、使い慣れた設備は楽だと感じます。時折、要請があって出張先の工場でラインテストするときは、「先生」という肩書きが自分を苦しめます。そういうストレスもあって前夜はお酒の力を借りなければ寝付けません。そこで、今回は私がパン生地と対峙するときの感覚をいくつか言葉にしてみようと思います。

1. 窯伸びに必要な原動力

窯入れ前の状態は製品ごとに微妙に異なり、大きく2つに分類することができます。1つが食パンやバターロール、菓子パンのようなソフトタイプの製品でホイロ時間中に生地を大きく膨らませます。もう1つが、フランスパンなどの欧風パンでホイロ工程中に生地は幾分膨らみますが、生地表面の弛緩にウエイトを置いています。さらにホイロ後に幾分弾力が残った状態で窯入れする食パンに対して、天板焼成するロールパンはほぼ弾性を失った状態で窯入れします。逆に言うと食パン生地が窯入れ前に完全に弾性を失っていると、いくら祈っても焼き固まるだけで旺盛な窯伸びは期待できません。

ホイロ工程中に生地膨張が必要な前者(ソフトタイプ)は、比較的、高速ミキシングを使った生地作りをする場合が多く、パンの内相はきめ細かく気泡の均一性が高いという特徴があります。きめ細かいということは窯伸びする前はもっと細かいことを意味し、大きな気泡に対して細かくて均一な気泡は個々が膨らむ時もほぼ均等に膨張します。これら気泡の膨張源として考えられるのが、気泡個々の熱膨張です。従ってソフトタイプの製品群は、ホイロ工程である程度膨らませて窯入れしたほうがボリュームは出やすいということになります。

一方、直焼きパンでは不均一な内相を呈した製品があります。大きな気泡が点在する気泡数の少ない生地は、気泡の熱膨張に頼っても膨らみにくく、このような製品では他の力で窯伸びさせます。それに必要なのが焼成初期に必要な熱供給であり、それを叶えるのが高温で蓄熱性の高い炉床と、280℃前後の蒸気発生装置で発生させた過熱水蒸気(スチーム)です。これらの熱供給によりフランスパンのバトルルでは30分の焼成時間のうち、投入後10分足らずで生地中心温度が90℃を超え、窯伸びは10分経過前に完了します(図1)。もしもフランスパンがサワー種や発酵生地を使った製法の場合、サワー種や発酵生地から本捏ね生地に持ち込まれる少しのエタノールが水とともに60℃を越えると沸騰し始め、これが気泡を一気に押し広げます。製法が冷蔵発酵法の場合、低温発酵条件下でも少しずつ生地が膨らむということは、生地中の炭酸ガス溶解度は飽和状態であることを意味し、その炭酸ガスは温度が低いほど溶解度が高まるため、冷蔵発酵翌日の工程を比較的低い生地温度で進めても窯伸びします。気泡膜から気化

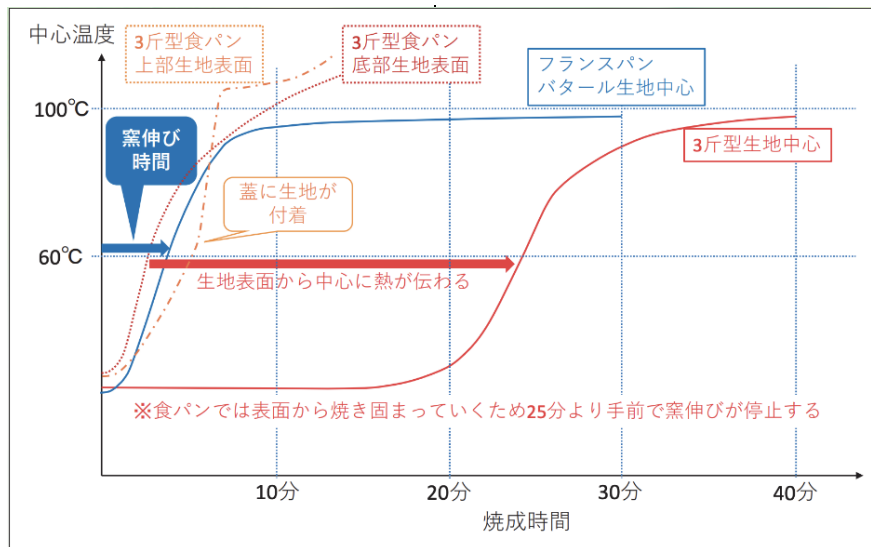


図1. 焼成中の生地中心温度の推移(実測値の模式図)

した炭酸ガスが急激に気泡に充填されるためです。

他方、窯伸びはこれら気泡を膨らませるための原動力だけで達成し得るものではありません。気泡に気化したガスを受け止めるための生地膜の状態も重要なことは言うまでもありません。「ちゃんと発酵させたのに、窯伸びがわずかだった」という理由は生地膜作りに問題があるということになります。

2. 刻々と変化する生地の中

例えば2時間発酵ストレート法の場合、捏ね上げからホイロ終了までおよそ 3.5 時間を要します。この時間経過中に小麦粉成分の変化、イースト（パン酵母）による発酵、生地膜の物性変化が起こります。

余談になりますが、生地膨張の履歴を測定したデータを図2に示します。捏ね上げ直後、イーストはまだ十分に活性化していないため、生地膨張速度は発酵工程の中盤以降と比べて緩やかです。この間、生地は膨らむよりも弛緩して横に広がる力の方が強く働くため、パンチ

工程前の生地状態は比較的平らになっています。この生地にパンチという折りたたみを行うことで生地の弾力性が増し、横に広がる性質は弱まります。ちょうどその時点でイーストは活性化しているため、生地は丸みを帯びた状態で縦にも膨らみはじめます。決して酸素が溶け込んでイースト発酵を加速させているわけではありません。炭酸ガスで飽和状態の生地に炭酸ガスよりも溶解度の低い酸素が溶け込む余地はありません。発酵終了後の分割作業では、生地に部分的にストレスを与えて切断することで、気泡内部の圧力が一旦解放されます。続く丸め作業では生地に弾力性を与えます。丸め直後から成形工程までのベンチタイム中でもイーストは炭酸ガスを出し続けていますが、それに関わらずベンチタイム中、生地は弛緩します。この現象はベンチタイム特有の現象です。気泡内圧が常圧になった気泡へ連続的に炭酸ガスは充填されていきますが、生地膜の弾力よりも気泡の内部圧力が高まるまでは生地は膨らみません。つまり気泡の内圧が生地膜の弾力性よりも強くなるまでの間、生地は横に広がる作用（構造緩和）が

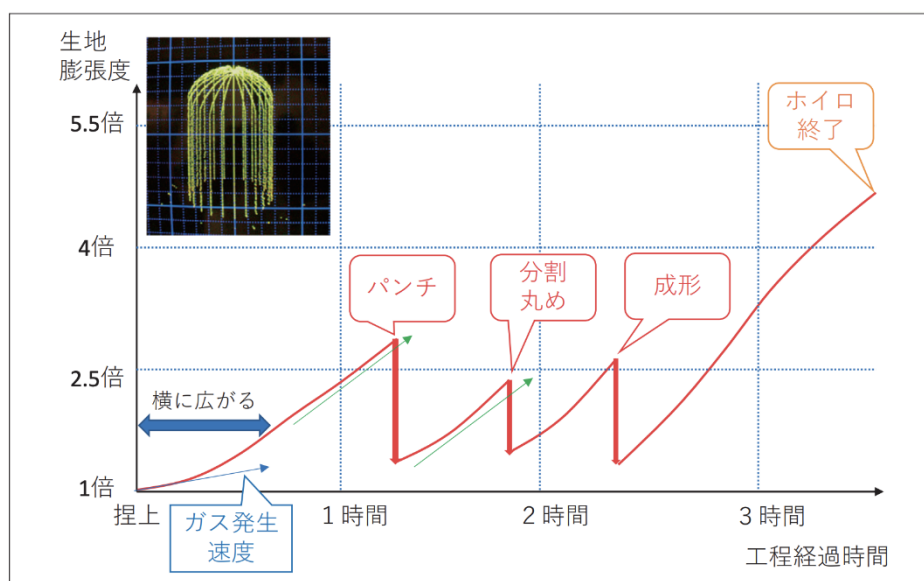


図2. 2時間発酵ストレート法の工程中の生地膨張の推移

表1. 生地状態を表す単語と生地状態の表現(筆者の感覚的表現)

流動性		捏ね上げ後の生地、あるいはホイロ中の生地が横に流れるように広がる。 (加水量過剰あるいは生地膨張速度が遅い)
	伸展性	生地をつまんで伸ばした時の伸びの良さを表す。 (高速ミキシング過剰あるいは生地膨張速度が遅い)
	粘着性	加水を入れ過ぎることによるべたつき。
		高速ミキシングで捏ね過ぎることによる生地表面のべたつき。 発酵不足などによる重たい生地に現れる生地表面のべたつき。
保形性		捏ね上げ後の生地、あるいはホイロ中の生地が横に広がりにくい。 (加水量過少あるいは生地膨張速度が速い)
	弾力性	生地をつまんで伸ばした時に伸びにくくて元に戻ろうとする、あるいは破れる。 (高速ミキシング不足あるいは生地膨張速度が速い)
	粘着性	弾力性の強い生地を無理やり引っ張ることで破れた部分から内部の生地が出てくるべたつき。
柔軟性		ゆっくりと生地を丁寧に伸ばし広げた時に薄い膜となり破れにくい性質を表す。
可塑性		脆く破れやすい生地膜で、麺棒などで延ばすと内部のガスが容易に抜けてしまう。

優勢になり、このバランスの変化を利用して生地を緩ませるのがベンチタイムの役割という理屈です。そして、最後に成形でもう一度生地にストレスを与えることでさらに弾性化を行い、同時に気泡の分割を図ることで、ホイロ終了時に理想の生地状態になるように強化（加工硬化あるいは弾性化）します。最終的にホイロ終了時に理想の生地状態に至ったとき、生地は窯の中で製作者の祈りに応えてくれることでしょう。

この時、使っている小麦粉の種類によってはパンチを行ったにも関わらず弾力性が高まっていかなかったことがあります。一般的な強力1等粉を使った2時間発酵食パン生地の場合、発酵途中でパンチを行うため分割直前の生地の表面は極端にべたつくことはありません。しかしよく切れる包丁で切り裂いて生地内部を触ると、成長した気泡を包み込んでいる生地膜表面に、にじみ出てきている水を感じることができます。この水はミキシング工程中では小麦粉に吸い込まれていた（余程の多加水製法は除く）はずで、工程の進行とともに離水してきたものです。ミキシング時に水を吸い、徐々に水を吐き出した成分は小麦粉中の損傷澱粉です。製粉工程中に傷や亀裂の入った澱粉粒です。これが工程の進行とともにアミラーゼによって分解され、水を留めておくことができなくなって離水したためです（中種生地も同じ現象で軟化します）。このような現象を強く感じさせる小麦粉の1つに硬質小麦の石臼挽き粉（種皮を研磨したタイプ／全粒粉ではない）があります。また、フスマ成分が多く含まれる全粒粉も工程後半にかけてフスマが水を留めておくことができなくなって離水してきます。逆に粗挽きの穀粉（小麦やライ麦）は、水和が遅いため工程中にも水を吸収し、生地の緩み方が悪くなり生地が締まっていくように感じられます。同様の現象はエージングの効いた（製粉から時間が経ち過ぎている）小麦粉も同様です。従って、あらかじめ工程途中から生地が変貌することが予測できていれば、それを想定し、変貌しても窯入れ直前の生地状態が所定の生地状態になるように生地を捏ね上げれば、少しはオマケの窯伸びが期待できるというわけです。

3. 生地の伸展性とグルテンの伸展性

もう少し遠回りしながら解説を続けます。過去の経験から、私は製パンする際「生地の伸展性」と「グルテンの伸展性」は必ずしも「同じこととは限らない」という捉え方をして生地と対峙しています。

生地の伸展性は生地の伸びの良さを表す表現であることは言うまでもありませんが、この言葉には「流動性」も含まれます。表1のように、生地の伸展性にはグルテンの三次元的な結合が不足することによる弾力性欠如に加えて、加水過剰で伸びる性質や発酵が不足して横に広がって弛緩し伸びる状態も含まれます。その一例が「モルトシロップ使用の目的は生地の伸展性を高める」です。モルトシロップは損傷澱粉の分解を加速させて離水させ、その水によって生地が伸びるようになります。この時、グルテンはどのような状態でしょうか。フランスパンのパンチや分割の時（食パンなどと比べてイースト添加量が少なく、生地温度も低い、小麦粉の強力度も弱いという要件も加味する必要がある）、モルトシロップの添加によって確かに生地は伸びやすくなっています。しかしながらフランスパンとはいえ、ある程度のガス保持力を担保し得るグルテンの強化は必要になるはずで、この辺が「伸展性」という表現に対して「生地」を対象として表現しているのか、「グルテン」を対象として表現しているのかで、伝わるニュアンスが微妙に違うというわけです。

さらに、時折、卒業生からの相談で「べたつく」という表現で相談を受けることがあります。パン生地は高速ミキシングを長時間続けると、グルテンポリマー（凝集体）のクラスターサイズが小さくなっていき、グルテニン凝集物の表面にグリアジン分子が露呈してきて独特の粘着性を持ちます（中種法本捏終了時の状態をイメージしてください）。このグルテンの伸展性過剰が原因となる粘着性（べたつき）に対して、もしも「加水オーバーでミキシング不足」のべたつきと取り違えて現場に対応策をアドバイスすると、現場の問題がさらに炎上す

るほどひどくなることは想定いただけだと思います。

工程途中の生地状態においても、加水オーバー、捏ね過ぎ、発酵不足などの未熟（あるいは若い状態）のべたつきと、弾性過剰な生地に對して丸めなどの外的要因で生地表面が耐えられずに裂けて生じるべたつき、あるいは冷凍生地解凍中に生じやすい、特に梅雨時期など高温多湿環境中で結露して濡れ、生地表面が過剰に軟化してべたつく現象も対策は異なります。したがって、現場などから技術的な相談があったとき、言葉足らずでは問題に対する的確なアドバイスは困難ということになります。

4. 加水量とミキシング

生地仕込みの最初に投入する水は、油脂ほどではありませんがグルテン同士の結合を阻害します。それ故に過剰な水をミキシングの最初から投入すると、生地膜形成は非常に悪くなります。そして、このようなドロドロの生地で生地膜を形成させるためには、グルテン同士を物理的に強引に引っ付けて引き離して生地膜を形成させる必要があります。その手段が「高速ミキシングで長時間かき回す」という手段です。これを回避するミキシング手順が「バシナーージュ」という水の加え方で、適量の加水量で生地膜を形成し、その生地膜の間に水滴を分散させるという方法を経て、多加水でありながら滑らかな生地物性を得ることができます。

他の例では、ポーリッシュ法で感じている方もいらっしゃると思いますが、グルテン同士の結合が不十分になることで食感を弱く脆くします（直焼きパンではこの脆さが「歯切れが良い」と感じさせます）。その理由は疎水性のグルテンと過剰な水の関係で説明できます。疎水性のグルテンは過剰な水の中では疎水性部分を核にして球状となり、親水部分を外側にして強くまとまります。この粒を物理的に破壊してグルテン同士を引っ付けて伸ばし強靱な生地膜を再構築するには、一

般的なミキサーでは難しいように感じます。その証拠にポーリッシュ法やルヴァンリキッドを使った製法では、球状に強くまとまったグルテン塊が生地膜のガス保持力にあまり貢献しないため膜質が弱くなり、結果として製品に軽さやサクさ（引きの弱さや脆さ）を与えている理屈です。

その逆で加水量がやや少なくて生地が硬い場合はどうでしょう。ミキサーの攪拌子のトルクあるいはモーターの消費電力をモニタリングすると図3のようになります。標準に対して加水が若干多いと最大抵抗値（ピークの高さ）は下がり、ピークに至るまでのミキシング時間は長くかかります。加水が若干少ないとピークは高くなり、ピークに至るまでのミキシング時間は短くなります。つまり、標準と同じミキシング時間でミキシング条件を固定すると若干軟らかいと捏ね不足、若干硬いと捏ね過ぎになるということです。

この結果に対して、加水量とミキシング時間を一定にして、ブレンドによって小麦粉の吸水性を変動させると想定外の品質が得られます。この実習は過去に2回ほど授業で行ったことがあります。研修生は一般的な常識を覆す想定外の生地物性と品質の変化に驚いていました。比較する内容は次の通りで、標準を強力1等粉、一方を高蛋白質粉ブレンド（一般的に加水量は増える）、もう一方を薄力粉ブレンド（一般的に加水量は減る）です。結果、高蛋白質粉ブレンドは適性加水量よりも加水量が少ないため捏ね過ぎの状態で捏ね上がり、工程中の生地は非常に滑らかさを維持しています。しかし硬いため分割前は横に広がらずに丸い状態です。食感が高蛋白質粉特有の食いちぎりの強さが感じられないというパンになります。つまりグルテンは増えたがその状態は「未熟」（グルテン分子同士の結合が不十分）というわけです。これに対して薄力粉ブレンドは適性加水量よりも加水量が多いため捏ね不足の状態で捏ね上がり、工程中の生地は幾分弾力が勝っているような感触です（それでも麩質が弱いのでブリブリというほどには

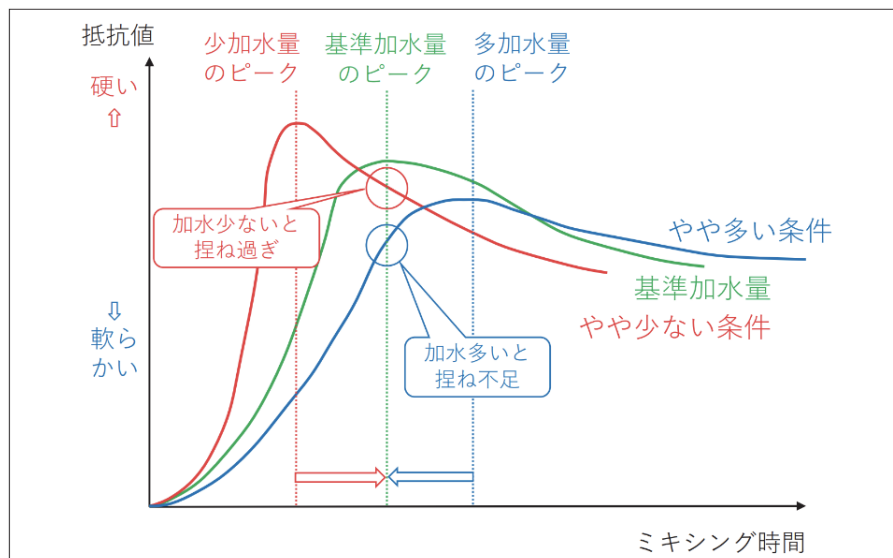


図3. 加水量の若干の変化とミキシング抵抗値の変化

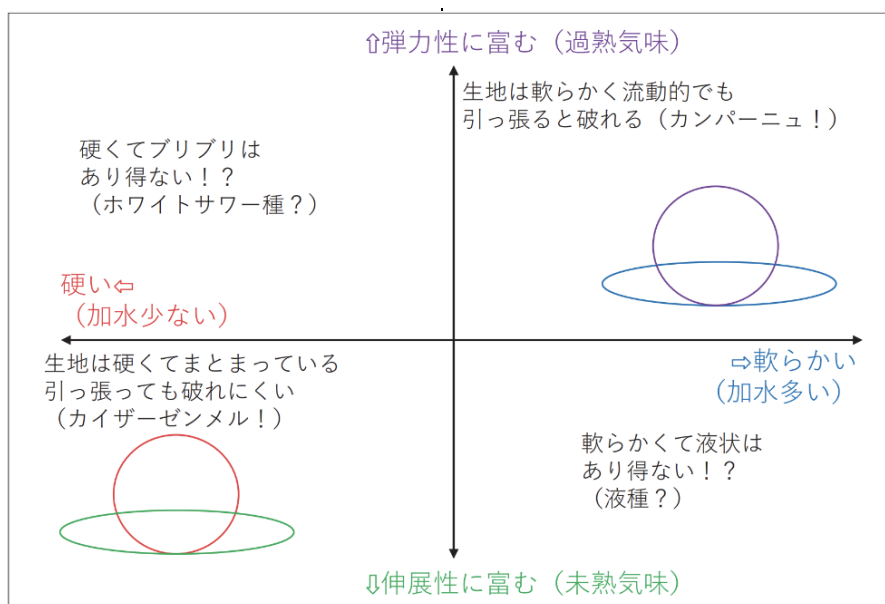


図4. 捏ね上げ時の生地の硬／軟、柔／脆、流動性／保形性の関

感じられません)。しかし生地は軟らかいため分割前は横に広がってやや平らな状態です。食感は薄力粉特有のサクさがあり感じられないというパンになります。つまりグルテンは減ったがその状態は「過熟」(グルテン分子同士の結合が過剰)というわけです。

5. 硬い／軟らかいだけの判断では無理

以上のような生地と製品の挙動からパン生地を捏ねるに当たって、硬い／軟らかいだけの判断で理想を追い求めても困難ということが少しは理解いただけましたでしょうか。「硬い／軟らかい」は文字通り加水量の少ない／多いを意味します。これだけではグルテンの状態までは表現できていないということになります。この加水量による横軸に対して考えるべき尺度の一つはグルテンの状態、この状態を表す縦軸が必要というわけです。図4の関係図では縦軸の上に行くほど「弾力性＞伸展性(過熟気味)」、下に行くほど「弾力性＜伸展性(未熟気味)」を表しています。ドイツオーストリアのパンで有名なブロートヒェン(カイザーゼンメルなど)は硬くて／伸展性に富んだ位置に配置されます。生地が硬いため分割前の保形性は高い状態です。これに対してフランスのカンパーニュは軟らかくて／やや弾性に富んだ状態に配置されます。

次に硬い／軟らかいだけの判断では現場対応が2つに分かれるという一例を示します。もしも営業から「パンがバサつくため、改善しろ！」と苦情がきた時、製造ライン長から「生地をやわらかくしろ！」と指示が来ます。現場は中種法で作っています。あなたは「本捏ね時の加水量を2%増やしますか？」それとも「ミキシングを高速1分延長しますか？」。答えは両方併用なのですが、製造ラインで両方併用による対応を難しくしているのがラウンダー(丸め機)です。ラウンダーの性能や金属表面処理の具合による(付着するようであれば両方併用は困難)ということになります。もしも製造設備の事情があつてどちらか一つを選択するというのであれば、私は高速ミキシングを延

長します。加水だけ増やした場合、ミキシング不足に陥りフロアタイム中に生地が締まり過ぎて、分割後半に生地がラウンダーに付着して、むしろ品質低下を招くことになるためです。

6. 柔軟／可塑的は捏ね方ひとつで決まる

最後に、冒頭のタイトルに戻ります。窯伸びを期待するには、生地の「硬い／軟らかい」、「弾力性／伸展性のバランス」などの表現以外に「破れにくさ」も大事になります。これを私は「柔軟性」と表現し、その対義語を「脆さ」と表現しています。小麦粉の蛋白含量が多いほど破れにくく(ガチガチの超強力系品種は除く)、逆に全粒粉などの灰分の高い粉は破れやすくなりパンの内相が詰まりやすくなります。また、破れにくくするためには小麦粉粒子の水和崩壊は必須で、使用する小麦粉や配合に応じた低速ミキシング時間やオートリーズ時間(直焼きパン類)を設定します。加水量の少ない中種生地でも同様です。砂糖配合量の多い菓子パン生地や灰分の高い全粒粉などをブレンドした生地では、小麦胚乳部で構成される小麦粒子の崩壊に必要な水が砂糖や繊維質に先に吸われてしまうため、低速ミキシングの役割が品質の安定性(機械耐性を含める)に非常に重要なポイントになってきます。さらに粗挽きの穀粉(小麦やライ麦など)をブレンドした生地も同様です。小麦胚乳部の小麦粒子の水和崩壊に気を使って最低限の低速ミキシング時間を設定し、品質上必要な生地状態を目指して低速ミキシングからシフトアップし、各変速によるミキシング時間の経過と共に変化していく生地状態にも十分な注意を払うことで、研修生が自己流で触った生地(丸めや成形した生地)であっても、製品の講評に必要な品質(窯伸びするパン生地)は得られます。そのミキシング速度と混捏力の理想に対して、私の肌感覚と経験則をもとに開発されたスパイラルミキサーが関東混合機工業のKSP50/100です。

最近では、時折、授業で「今日の生地の目標は薄くて破れにくい生

地膜を追求してミキシングを行います」とあえて伝えて実習を始めることもあります。この「破れにくさ」が窯入れ直後からの気泡内圧の上昇と相まって気泡に気化し続けるガスを包み込み、保持し続けることができるか否かを決めます。この結果次第で窯伸びの程度が決まるというわけで、もしも生地配合と工程を経て窯入れ時の生地に最大限のガス保持力を与えることができていたならば、窯入れ直後に祈らずともオープンの中で生地は大きく膨らむはずです。

一方で、対義語の脆さはパンよりも菓子で重要視される言葉かもしれません。私の授業で非常に稀に登場させるアイテムのひとつに高蛋白質（ゆめちから

100%）でつくるシュトレンがあります。シュトレンには高蛋白質は不要ですが、あえてそれを作り、吸水性の高さとアミロース含量の低さによるウェット感を演出します。それが日々の老化によって食感が菓子のように変化していきます。発酵菓子といってもある程度の窯伸びは必要なので、油脂の力を借りてグルテンの結合は阻害しつつも、最低限のミキシングで生地を薄く広げたときの生地膜の破れやすさを確認し、脆さと窯伸びが両立し得る状態を目指します。

7. 最後に

色々な例を出して持論をクドクドと述べてきましたが、結局は生地物性です。目的の品質に対して生地物性をどのように捉えてパン作りに臨むのか？が大事で、窯前で祈っても通じなかった数多くの失敗と反省（生地物性を経験的に結びつけて考える）の積み重ねで、何とか今は予測できるようになりました。研修生から「どのようにしたら、先生のようにになれるのか？」と質問されることもあるのですが、今の若い方にとっては「苦労は売ってまでもするな！」かもしれません。即実績を求められる昨今の企業経営に対して、失敗を重ねると「転属」

までの道のりを近づけるだけにしかありません。私の場合はたまたま皮一枚繋がっていた首の皮を、上司が引っ付けてくれたから今に至っているというだけです。

「パン生地（あるいは麺生地）は生き物であり、毎日、違う！」とテレビ取材で語る職人の方を時折垣間見ます。余程極端な小麦を使った生地ではない限り、日本の小麦粉は安定しています。その信頼があって、ほとんど試作しなくても実習授業の現場で微修正をすれば、授業で理屈を語るくらいの品質は得られるというわけです。もちろんおいしさを極めるには「努力が足りない」と言われる方もいらっしゃると思いますが、それでも精神的に凹むほどの失敗パンになるような品質設計はしませんので、その辺でも自分のレシピに保険（失敗を避けるための配合上のアレンジなど）はかけています。それが私のレシピであり、実習授業の現場に居合せない味わえない繊細な生地感覚だと思っています。これが対面でリアル実習授業の価値であり、これと一緒に体験できて、その変化に気付ける研修生は、これが一番の醍醐味だと思うところです。

