

(様式第5号)

マイクロX線イメージングによる茹で麺（そうめん）の内部構造の観察

安田みどり¹、米山明男²、竹谷敏³、田端正明⁴

¹西九州大学健康栄養学部、²九州シンクロトロン光研究センター、
³産業技術総合研究所、⁴佐賀大学理工学部

- ※1 先端創生利用（長期タイプ）課題は、実施課題名の末尾に期を表す（Ⅰ）、（Ⅱ）、（Ⅲ）を追記してください。
※2 利用情報の公開が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後2年以内に研究成果公開（論文（査読付）の発表又は研究センターの研究成果公報で公表）が必要です（トライアル利用を除く）。

1. 目的

明治時代に真崎照郷（佐賀市）によって製麺機が開発され、日本で初めて機械を用いてそうめんが製造された。これが、機械そうめんの始まりで、「神埼そうめん」として現在まで受け継がれている。機械そうめんは生地をシート状にし、裁断機で細く切る製法であるが、手延べそうめんは生地に食用油を塗って撚りをかけながら引き延ばして作る製法である。一般に、そうめんの食味は、機械そうめんよりも手延べそうめんの方が優れていると言われている。これまでの研究で、破断強度の測定の結果、茹でた直後のそうめんでは、手延べそうめんの方が機械そうめんよりもコシがあることが明らかになっている。放射光マイクロCTスキャンにより、乾麺状態でのそうめんを観察した結果、神埼そうめんは空隙がランダムに存在していたが、手延べそうめんでは中心部に麺線方向の帯状の空隙が存在することが明らかになった。この内部構造の違いがコシに影響を与えたのではないかと思われる。また、水中での放置時間が長いほど含水率が高くなり、コシが弱くなることも分かっている。本研究では、放置時間の違いによる内部構造の変化を調べるため、放射光によるマイクロCTスキャンを用いて茹でたそうめんの内部構造を調べた。また、近年の健康志向により、「減塩」へのニーズが高まり、減塩や食塩無添加の麺が開発されている。そこで、機械そうめんへの食塩の添加の有無によるそうめんの内部構造の違いについても調べた。

2. 実験内容（試料、実験方法）

試料として、神埼そうめん（神埼そうめん協同組合）の通常どおり原料に食塩を加えたそうめん（食塩添加）と食塩を使用しなかったそうめん（食塩無添加）を用いた。手延べそうめんとしては、揖保乃糸（兵庫県手延べそうめん協同組合）を用いた。試料の調製方法は次の通りであった。沸騰したお湯（98℃以上）にそうめん数本を入れ、神埼そうめんは2分、揖保乃糸は1分間それぞれ茹でた。その後、水（約15℃）が入ったビーカーに30秒間入れて冷却し、0、10、20、30分間水中で放置した。そうめんを水から引き上げ、表面の水分を拭き取った後、液体窒素に5分間浸けた。凍結後、円筒形容器に入れてCT装置にセットし、-150℃の窒素ガスを吹き付けながら凍結状態で測定を行った。測定条件は以下のとおりであった。放射光マイクロCT（九州シンクロトロン光研究センターのビームラインBL07）により、エネルギー：10keV、単色器：Geコンパクトモノクロの条件でCT画像の測定を行った。検出器は、KenVy2（蛍光体：CsI 1000 μm、対物レンズ：x 5倍、画素数：2048x2048、画素サイズ：1.3 ミクロン）を使用し、カメラ長3 mm、露光時間：2秒/枚、投影数：1000枚/360度、背景：100枚で計測した。

3. 実験結果

放射光マイクロCTによる神埼そうめん（食塩添加）、神埼そうめん（食塩無添加）、揖保乃糸の測定結果を図1、2、3にそれぞれ示す。神埼そうめんは、食塩添加および無添加ともに内部にはっきりとした空隙が認められ、水中の放置時間が最も長い30分でも空隙が残存していることがわかった。これまでの実験で、放置時間が長くなるほど含水率が高くなること、また、破断強度の測定で放置時間とともにコシが弱くなることが分かっている。これらのことから、放置時間が長いほど空隙がなくなると予想していたが、今回の結果では30分という長時間の放置でもしっかりと空隙が残っているという意外な結果であった。

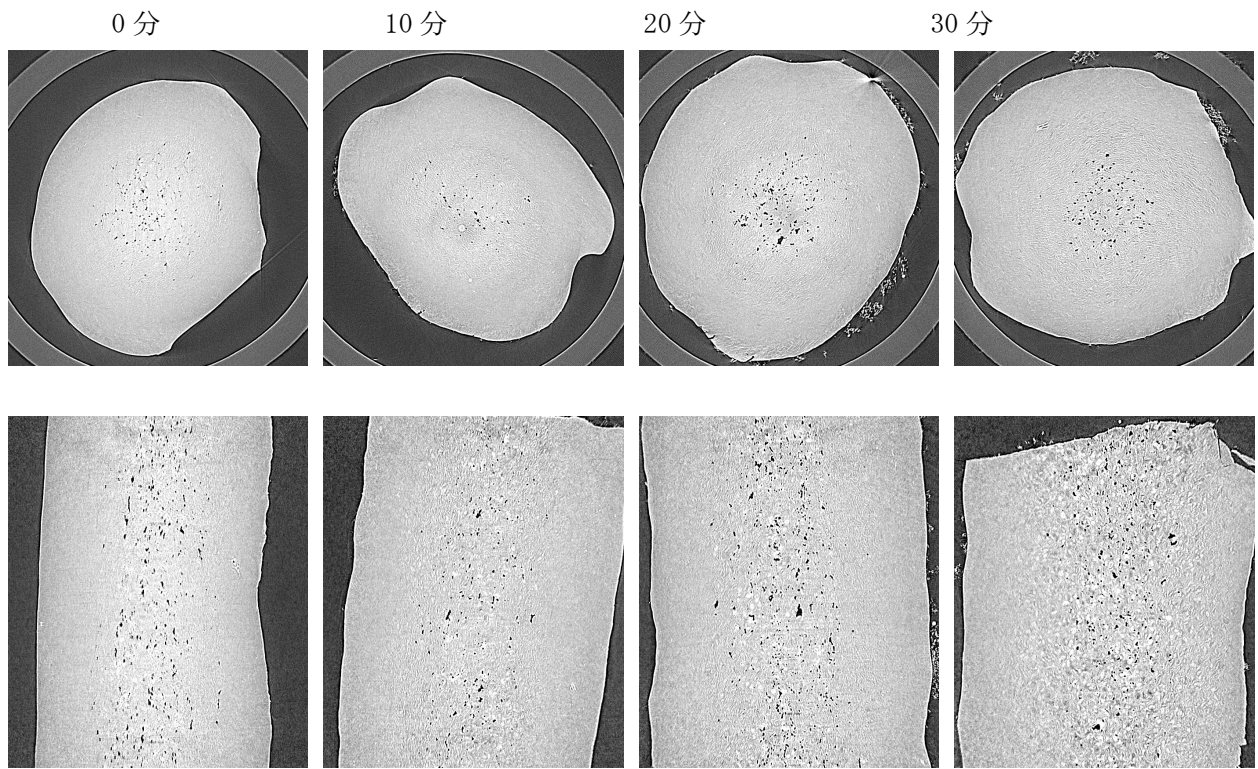


図1. 神埼そうめん（食塩添加）
 図中の時間は、茹でた後の水中での放置時間を示す。
 上段は垂直方向、下段は麺線方向である。

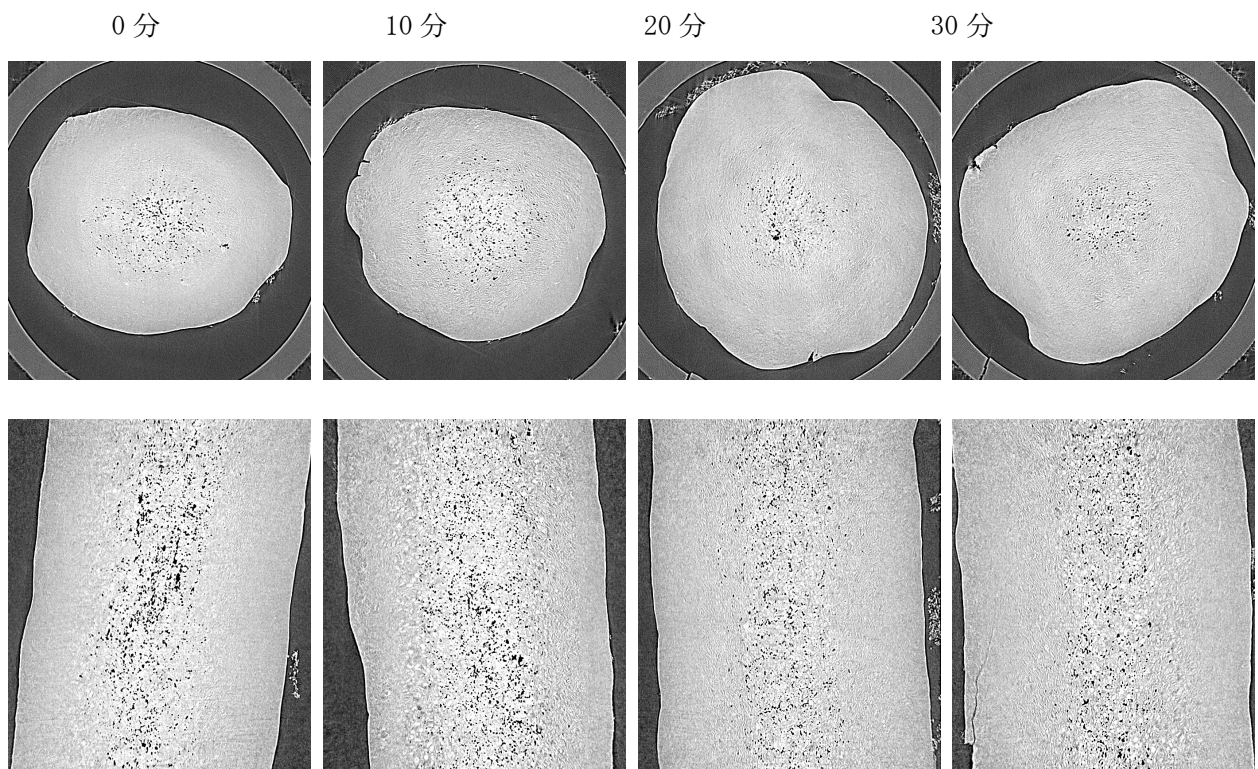


図2. 神埼そうめん（食塩無添加）
 図中の時間は、茹でた後の水中での放置時間を示す。
 上段は垂直方向、下段は麺線方向である。

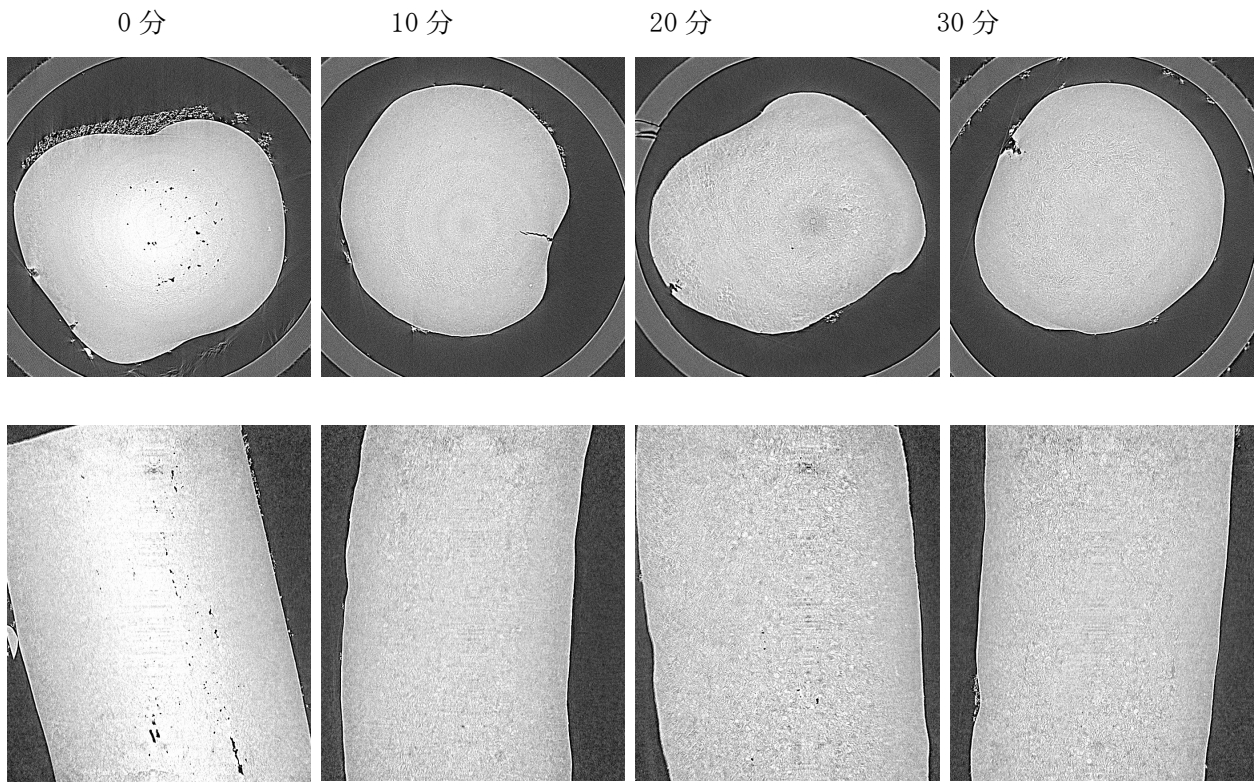


図3. 揖保乃糸
 図中の時間は、茹でた後の水中での放置時間を示す。
 上段は垂直方向、下段は麺線方向である。

食塩の有無による内部構造の違いについては、食塩無添加のそうめんの方が、食塩添加のものに比べて空隙が多く見受けられた。(図1、2)。しかし、どちらのそうめんにおいても、放置時間30分後までははっきりと空隙が見られた。一方、揖保乃糸は、放置時間なし(0分)では筋状の空隙が少し見られたが、放置時間10分以降では、はっきりとした空隙は認められなくなった。これは、放置時間10分以降で水の浸透が起こっていると思われる。

図4は、そうめんの測定位置とCT値をプロットしたものである。CT値の変動が大きいのは、空隙があることを表している。神埼そうめんでは、放置時間の影響はあまり見られなかった。食塩の有無では、食塩無添加のものがより中心部での変化が大きく、空隙が中心部に多いことが示唆された。揖保乃糸では、茹で直後でCT値が高く、放置時間10分で低下し、その後の放置時間でも同様の値となった。やはり、10分以降で水の浸透が起こったことが伺われる。

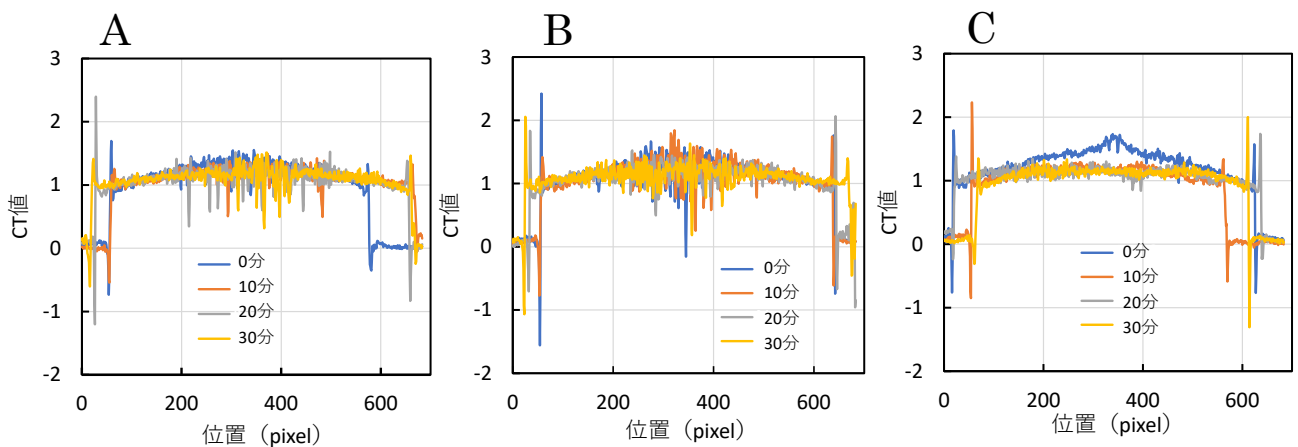


図4. 茹でた後のそうめんのCT値に与える放置時間の影響
 A: 神埼そうめん(食塩添加)、B: 神埼そうめん(食塩無添加)、C 揖保乃糸
 図中の時間は、茹でた後の水中での放置時間を示す。

そうめんへの食塩の有無に関するこれまでの研究では、食味検査で食塩添加のそうめんに比べて食塩無添加のそうめんの方が有意にかたく、コシ（弾力）があるとの評価が得られた。また、破断強度の測定結果から、歪率 90%のときの応力は食塩添加のそうめんよりも食塩無添加のものが高く、コシについても高い値を示すことがわかっている。麺に含まれる食塩は、グルテンの網状組織を緻密にしてコシのある麺にする効果があると言われている。しかし、これまでの結果では、食塩無添加の方がコシのある麺であるという逆の結果が得られている。今回の測定において、食塩無添加のそうめんの方が食塩添加のものより中心部に空隙があることがわかり、これがコシに影響している可能性が考えられた。しかし、放置時間の影響については、空隙が残っており、水の浸透が起こっているのかが不明である。

一方、揖保乃糸では、茹で直後では、空隙が少し見られたが、放置時間 10 分以降では空隙がなくなっており、水の浸透が起こっていることが証明された。しかし、機械そうめんと手延べそうめんとのコシの違いについては説明することができなかった。

4. 今後の課題

今回の測定で、機械そうめんの茹で後 30 分間水中に放置しても、空隙が残っていることが明らかになった。しかし、含水率や破断強度の実験では、放置時間と共に水の吸水が進み、コシが弱くなることがわかっている。今回の結果と矛盾するので、次回の実験で再度検証したいと考えている。