

伝統食品 ‘ 稲庭うどん ’ に内在する空隙と亀裂の役割について

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
著者名	大久,長範
発行元	日本醸造協会
巻/号	112巻4号
掲載ページ	p. 208-213
発行年月	2017年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



伝統食品 ‘稲庭うどん’ に内在する空隙と亀裂の役割について

その歯ごたえで人気のある稲庭うどんは、400年近くの歴史があり、今も伝統的な製法で生産されているが、その歯ごたえのわりに茹で時間が短い理由の一つが、実は耐塩性酵母による空隙が関与している可能性を示唆する極めて興味深い内容の話を、専門的な立場から丁寧に解説いただいた。麺類には色々な種類があるが、麺類に興味のある方のみならず、微生物に興味のある皆様にも是非とも御一読をお勧めする。

大久長 範

1. はじめに

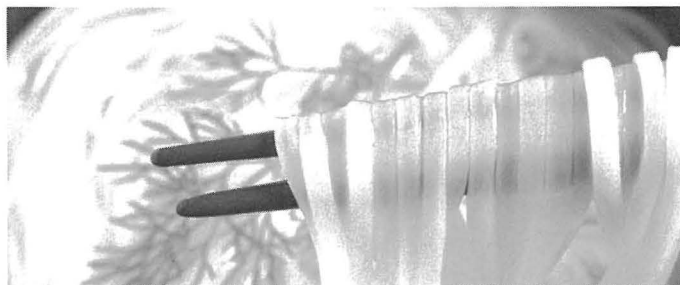
稲庭うどんは400年近くの歴史があり今も伝統的な製法で生産されている¹⁾。それらは高い品質の乾麺と見なされている。稲庭うどんはこね、成形、延ばし、乾燥の4工程を経て製造され、製品になるまで2から3日を要する^{2,3)}。稲庭うどんの特徴として、歯ごたえがあり、茹で時間が短く、透明感のある茹で麺などが挙げられている。不思議なことに、約3分間茹でた稲庭うどんを水洗いすると、麺が見る間に透明になる。茹で麺を箸で引き上げると箸が透けて見える(第1図)。稲庭うどん以外の乾麺でも多少認められているが、その程度は少ない。稲庭うどんが何故、透明な茹で麺となるのかいつも不思議に思っている。

手延べ麺はグルテン繊維が一方向に配列している⁴⁾。グルテン繊維の間に直径100 μm以上の空隙が存在す

ることも稲庭うどんの特徴である⁵⁾。著者らはこの空隙が耐塩性酵母により形成されることを明らかにした⁶⁾。スパゲッティや冷凍うどんには水分勾配が根源となる歯ごたえ(アルデンテ)が存在するが、稲庭うどんには、空隙が関係する新しい歯ごたえのあることを示した⁷⁾。最近、稲庭うどんの特徴の一つである早茹での機構の解明に取り組んでいる。先ず耐塩性酵母を加えた乾麺を試作した(稲庭うどんモデル乾麺)⁸⁾。次にモデル乾麺の食塩溶出速度と麺の内部構造の関係を調べた。そして乾麺に形成される亀裂が茹で時間の短縮につながっているという推論に達した。

2. 稲庭うどんのモデル

複雑な系から重要な部分を抽出し単純な系に置き換えて研究すると、色々なことが見えてくる場合がある。耐塩性ピキア酵母(*Hyphopichia burtonii* M2)は稲



第1図 茹でた直後の稲庭うどん(麻生孝之商店)⁴⁾

庭うどんの生地から分離したものである⁶⁾。このピキア酵母を小麦粉の生地に添加することにした。

ピキア酵母 M2 を生地に添加すると数時間で柔らかくなることが分かった (第 1 表)。展性と伸長性が高くなっていると考えられた。標準菌株ではそれ程柔らかくならなかった。稲庭うどんの場合は、ほぼ一昼夜室温で熟成して生地を柔らかくしている。熟成した生地を使用すると素人でも簡単に手延べ作業ができる。体験作業にとっても有効である。

ピキア酵母 M2 を小麦粉生地に添加し、数時間熟成させた。この生地を 1 cm の棒状に切り出した。この棒状の生地を手で延ばし、室内で乾燥させた。生地にピキア酵母を添加すると、稲庭うどんに認められている大型の空隙が形成することが分かった (第 2 図)。ピキア酵母を添加しない場合にも小さな空隙が認められた。20 μm 程度の細かな空隙は岡山手延べうどん、五島うどん、白石温麺にも 20 μm 程度の空隙が観察されている⁹⁾。しかし 100 μm 前後の大きめの空隙は稲庭うどんに特有のものと考えられる。

ピキア酵母 M2 を添加した麺は菌ごたえが増加する

第 1 表 熟成による生地の柔軟性の変化

	熟成 3 時間	熟成 10 時間
対照	-	±
NBRC 10837	-	+
NBRC 0844	-	+
<i>H. burtonii</i> M2	±	++

- , ± , + , ++ は柔軟 (伸長) 性の程度を示す

ことが分かった (第 2 表)。対照と讃岐うどんは菌ごたえが 10 程度であったが、市販されている稲庭うどんとピキア酵母 M2 添加麺は菌ごたえが 15 程度であった。

ピキア酵母 M2 を生地に添加すると、①生地の柔軟性が増し、②乾燥させた乾麺には空隙が認められ、③乾麺を茹でると独特の菌ごたえがある等、稲庭うどんの特性を再現できることが分かった。

3. 茹で過程を食塩で追跡する

細い生麺や細い乾麺は茹で時間が短く、太めのうどんは茹で時間が長いことが古くから知られている^{3,10)}。素麺や冷麦等の製造者が推薦している茹で時間も、太さに応じて長くなっている。

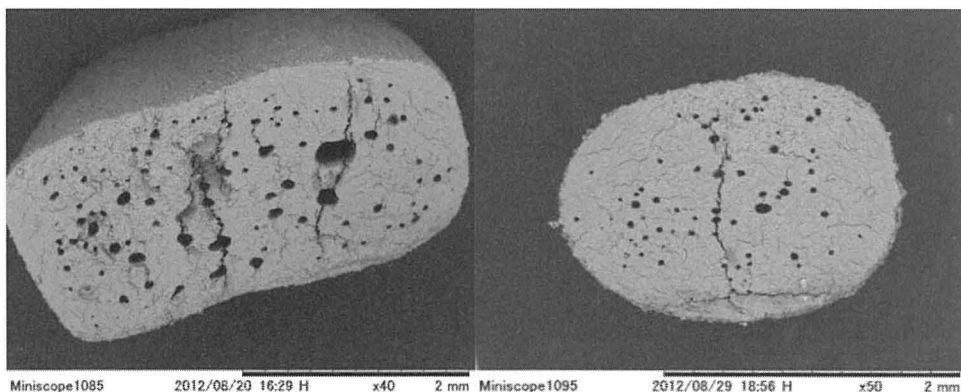
色々な麺の茹で速度を解析する為に、乾麺に含まれる食塩に注目した。茹で液に溶け出る食塩濃度を経時的に調べ、一次反応式を適用した¹¹⁾。具体的な操作を 1) ~ 3) に示す。

1) 1 分間隔で茹で液の食塩濃度を測定する。

第 2 表 ピキア酵母 M2 添加麺の菌ごたえ

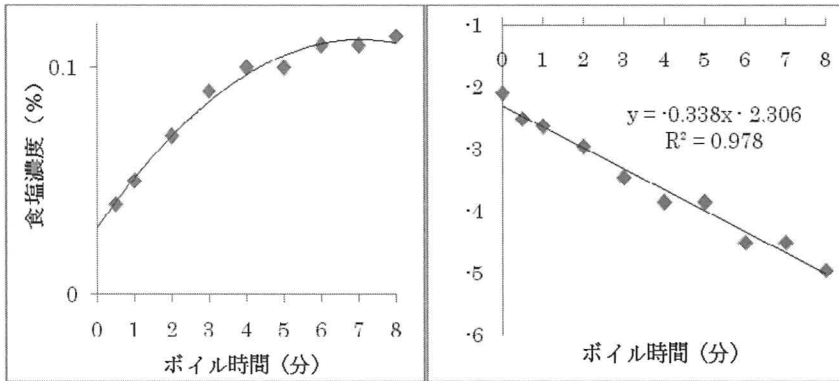
	菌ごたえ (A_5/A_1) *
対照	10.8
<i>H. burtonii</i> M2	15.1
稲庭うどん	14.8
讃岐うどん	10.7

* タケトモ電機のテンシプレッサーで 2 × 3 バイト試験を実施した。圧縮率 92% と圧縮率 23% の硬さの比を取った。



第 2 図 試作した乾麺の SEM 断面写真

左: ピキア酵母 M2 を添加した乾麺, 右: 対照 (ピキア酵母無添加麺)



第3図 ナンバーワン素麺の茹で時間と食塩濃度の変化

左：茹で液の中の食塩濃度(%), 右：縦軸を $\ln(\text{NaCl}_\infty - \text{NaCl}_t)$ で示した。ただし、 NaCl_∞ は最終食塩濃度、 NaCl_t は時間 t における食塩濃度を示す。直線の傾きを食塩溶出速度(λ)とした($\lambda = \%/min$)。

- 2) (茹で液の食塩の最終濃度) - (その茹で時間における食塩濃度) を求める。即ち、 $\text{NaCl}_\infty - \text{NaCl}_t$
- 3) 茹で時間 (t) に対し $\ln(\text{NaCl}_\infty - \text{NaCl}_t)$ をプロットする

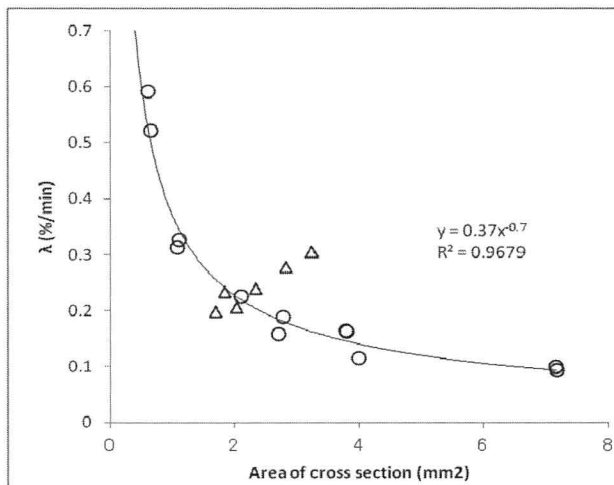
ナンバーワン素麺(水1000mlに25gの麺)をボイルし食塩濃度の変化を調べた例を第3図に示す。茹で時間に対して茹で液の食塩濃度をプロットすると、第3図左のように次第に一定の食塩濃度に近づく漸近線が得られた。これを先に述べた方法により作図し直すと第3図右となった。第3図右に示した直線の傾きを食塩溶出速度(以下 λ とする)と呼ぶことにした。この方法を用いると乾麺の太さや食塩含量が異なってい

ても λ を求めることができる。

4. 乾麺の食塩溶出速度を比較する

白石温麺や三輪素麺等の乾麺と稲庭うどんなど18種類の乾麺を茹で、茹で液の食塩濃度の経時変化を調査した。そして一次反応式を適用し λ を求めた(第3図右)。別途乾麺の断面の縦と横を測り乾麺の断面積を計算した。乾麺の断面積と λ の関係を調べた結果を第4図に示した¹¹⁾。

乾麺の断面積と λ には反比例の関係があり、乾麺の断面積が大きくなるに従い累乗的に低下することが分かった($R^2 = 0.968$)。 λ と乾麺の断面積の関係に至る



第4図 食塩溶出速度(λ)と乾麺の断面積の関係

△：稲庭うどん(n = 6), ○：他の乾麺(n = 12)

までには試行錯誤があった。ここでは経緯を割愛する。回帰曲線 $y = 0.37x^{-0.7}$ の 0.7 乗は何らかの意味があるものと思われる。これは今のところは不明である。稲庭うどん (n = 6) は乾麺の回帰曲線とほぼ一致するもの 4 品種と、外れる 2 品種があった。

乾麺の 1 つで著名な「揖保の糸」も調査した。しかし第 4 図の乾麺のデータとしては使用しなかった。揖保の糸は麺の付着を防止するために、食用油が塗布されている。梅雨を含め長い保存期間を経て出荷される。保存中に生成した遊離脂肪酸はグルテン画分と結合するために麺線は硬くなる(厄という)¹²⁾。揖保の糸は「厄」の作用により麺線は硬くなり食塩が溶出し難い麺に改質されていると考えられた。揖保の糸は細い乾麺(断面積 0.9 mm^2)だが他の乾麺と比較すると茹で時間は遅いと判断された。

5. 稲庭うどんモデル麺の亀裂と食塩溶出速度

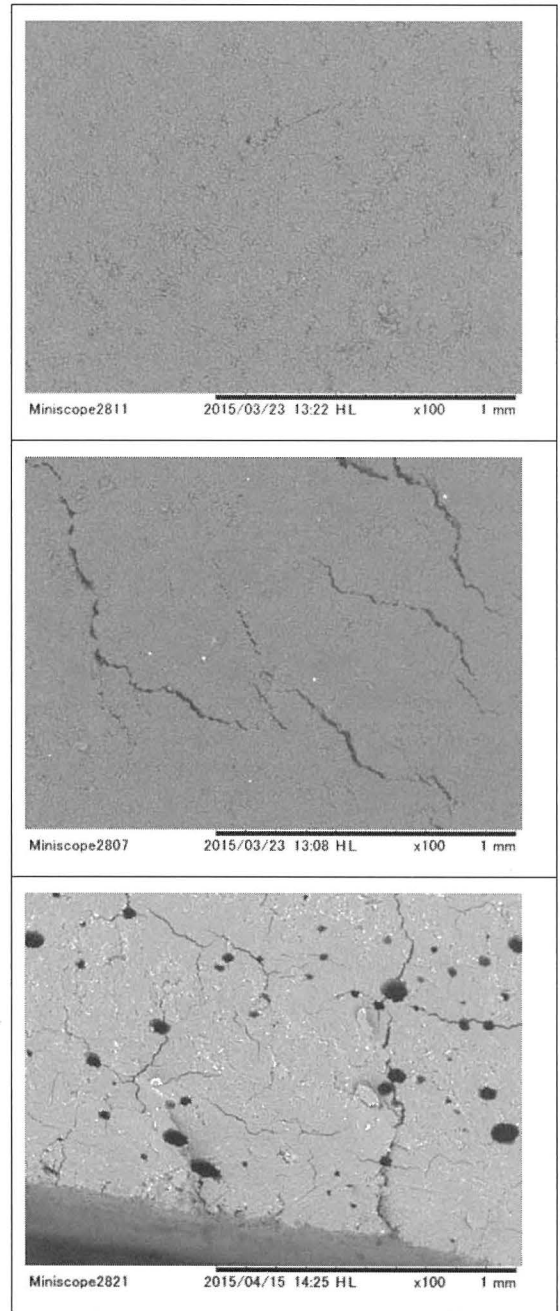
対照の試作乾麺(ピキア酵母 M2 無添加)の表面および断面の走査電子顕微鏡(SEM)写真を第 5 図に示す¹¹⁾。対照の乾麺の表面は一様であった(第 5 図上)。ピキア酵母 M2 を練り込んだ乾麺の表面には亀裂が認められた(第 5 図中)。SEM 写真から亀裂の大きさは約 $15 \mu\text{m}$ と概算することができた。ピキア酵母を添加した乾麺の断面には空隙(黒の部分)とともに亀裂が観察された(第 5 図下)。この亀裂は内部から表面まで到達していた。稲庭うどんは圧延あるいは手延べ工程でデンプンを使用しているため、表面の亀裂はデンプン粒子で覆われており、今まで観察できなかった可能性が高い。

第 6 図に試作乾麺の食塩溶出曲線を示した。試作乾麺の断面積 (3.78 mm^2) はピキア酵母を添加した乾麺 (3.92 mm^2) の方が大きかった。しかし λ はピキア酵母添加乾麺が 0.230 で対照の乾麺が 0.168 であった。明らかにピキア酵母を添加した乾麺の食塩の溶出が速やかであった¹¹⁾。

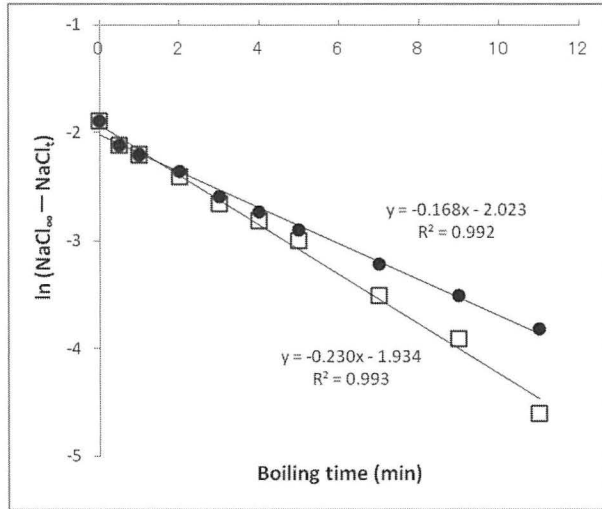
今回得られた知見から、耐塩性酵母が麺に亀裂を作り、水の通路が形成されることにより、食塩溶出速度が増加すると解釈された。

6. 稲庭うどんの亀裂を再検討する

稲庭うどんの中でも食塩溶出の速かった乾麺 2 種類(第 4 図)を SEM で再度調べることにした。その一



第 5 図 試作した乾麺の SEM 写真
 上：対照乾麺の表面(× 100)
 中：*H. burtonii* M2 を加えた乾麺の表面(× 100)
 下：*H. burtonii* M2 を加えた乾麺の断面(× 100)



第6図 ピキア酵母 M2 を加えた乾麺の食塩溶出曲線
 ● : 対照の乾麺, 断面積 = $3.78 \pm 0.16 \text{mm}^2$
 □ : *H. burtonii* M2 を加えた乾麺, 断面積 = $3.92 \pm 0.23 \text{mm}^2$

部を第7図に示す。①空隙から伸びる亀裂（第7図上）、②空隙と表面をつなぐような亀裂（第7図中）、③乾麺の断面を横断するような亀裂（第7図下）の存在が確認された。

③の亀裂は見かけの断面積を小さくし早ゆでにつながっていると考えている。ここでもう一度第4図の稲庭うどんグループに戻る。稲庭うどんの中で早茹での最右翼（稲庭うどんの右端）のλをX軸に沿って並行移動させ、乾麺の回帰曲線との交点を見ると、麺の断面積が約 1mm^2 となった。当該の稲庭うどんの断面積（約 3mm^2 ）の1/3に該当する速い食塩溶出速度を示していたことになる。亀裂により見掛けの断面積が小さくなり食塩溶出速度が速くなったと解釈された。

①と②の亀裂は茹で麺の透明感に関係していると考えている。稲庭うどんを約3分間茹で、麺を冷水で洗浄すると、見る間に透明になる。熱水で膨張した空隙に冷水が進入し、空隙が水で充満するのではないか。麺の内部に透明な水の層ができ、麺の透明度が増加したと考えている。

空隙や亀裂は製麺製造にとって厄介者である。甚だしい場合には乾燥中に落麺し製造不能に陥る。稲庭うどんの場合、耐塩性酵母を制御する方法を見出したと思われる。対抗手段の1つは、生地タンパク質含量を増やし丈夫にすることである。手延べ工程も効果が

ある。生地を手で長く延ばすとグルテンに方向性が付与され、麺線はしなやかになる。このような対策を講じていると、ガスが発生し亀裂が多少入っても麺線は切れ難くなる。従って、原料となる小麦粉を吟味する必要があった。製粉会社が稲庭うどん業界に対し多大な貢献をしていることを特記したい。

もう1つの手段は、食塩濃度を季節により調整することである。食塩は耐塩性酵母をなだめ、過度の発酵と亀裂形成を抑制する。

稲庭うどんに内在する空隙は菌ごたえに関係が深く、亀裂は早茹でに関係している。耐塩性酵母は、菌ごたえ、早茹で、透明な茹で麺、落麺等に関与する影の立役者となっている。

7. 要約

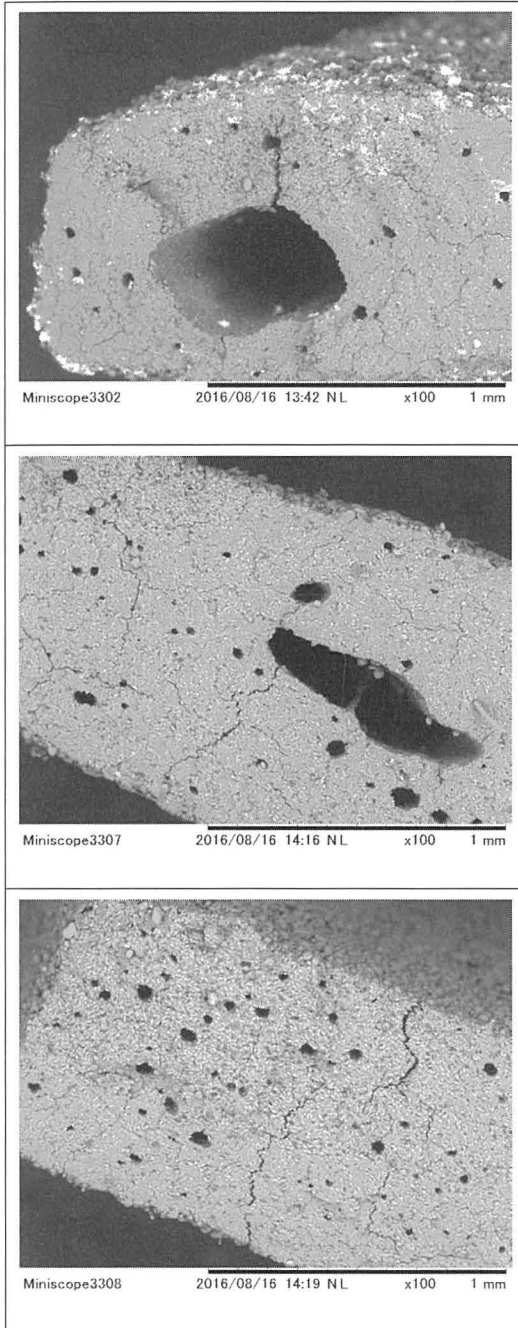
耐塩性ピキア酵母 (*Hyphopichia burtonii* M2) を小麦粉の生地に添加し、稲庭うどんモデル麺を試作した。このモデル麺は、生地の伸展性、空隙の形成、菌ごたえ及び早茹での点で稲庭うどんの特徴を有していた。またモデル麺には内部から表面に向かう亀裂のあることが分かった。稲庭うどんの中でも特に早茹で傾向のある麺に、亀裂のあることを発見した。耐塩性酵母が発酵し麺に亀裂をつくる。この亀裂から水が浸透することにより茹で時間が短縮されると考えられた。

稲庭うどんのモデル乾麺の試作その他でご協力を頂いた宮城大学修士の鈴木直樹さんに深謝いたします。

〈地域創生ビジョン研究所〉

参考文献

- 1) 大久長範, 千葉紘子, 長谷川勇治, 高島聡, 秋山美展, 乾めんの形と内部気泡が食塩の溶出に及ぼす影響, 日本食品科学工学会誌, **49**, 547-550 (2002).
- 2) 無明舎出版編, 老舗の商法, 「稲庭うどん物語」, 無明舎出版, 秋田, pp. 27-48 (2000).
- 3) 安藤剛久, めんの製法, 「乾めん入門」, 日本食糧新聞社, 東京, pp.83-113 (1995).
- 4) 稲庭うどんの麻生孝之商店, <http://inani-waudon.com/>
- 5) 前田竜郎, 小麦粉製品の組織構造と食感について, 日本味と匂学会誌, **12**, 139-144 (2005).
- 6) 大久長範, 鈴木直樹, 三浦みどり, 遠藤耕介, 藤田康弘, 手延べ乾麺の空隙形成に關与する耐塩性酵母, 日本食品科学工学会誌, **59**, 442-446 (2012).
- 7) 大久長範, 大能俊久, 熊谷昌則 (2006): 茹で稲庭うどんの破断強度に及ぼす空隙の影響, 日本食品科学工学会誌, **53**, 91-95 (2006).
- 8) 大久長範, Nguyen Ha Phuong, 毛利哲, 耐塩性酵母を加えた乾麺からの食塩溶出, 日本調理科学会誌, **49**, 161-165 (2016).
- 9) 山本実香, 鈴木直樹, 大久長範, 走査顕微鏡による油不入「手延べうどん」の伝播に関する一考察, 伝統食品の研究, **41**, 17-19 (2014).
- 10) 柴田茂久, 豊島英親, 古堂久美子, ゆでめんの製造法改良に関する研究 (第1報), 澱粉科学, **20**, 183-192 (1973).
- 11) 大久長範, 鈴木直樹, 稲庭うどんと他の乾麺の食塩溶出速度, 日本調理科学会誌, **47**, 221-224 (2014).
- 12) 島田淳子, 矢沢悦子, 吉松藤子, 加藤博通, 藤巻正生, 手延素麺の「厄」における物性および化学成分の変化, 日本農芸化学会誌, **53**, 5-11 (1979).



第7図 稲庭うどん断面のSEM写真
上：稲庭うどん小川
中，下：真壁屋