走査電子顕微鏡による麴の観察

吉 井 美 華・荒 巻 功

はじめに

醸造における麴の果たす役割は極めて大きく、醸造現場でその麴の品質を評価する重要な指標は、菌糸の“破精込み”と“破精廻り”である。この菌糸の破精込みと破精廻りは酵素の生産量やバランスに影響を与えるため、麴菌が蒸米上でどのように菌糸を伸長させ、また米粒中へ破精込んでいくのかについては、古くから醸造に携わるものにとっての興味深い対象であった。しかし、これまで麴菌の破精込みに関して多くの観察報告があるものの、光学顕微鏡よりも微細な構造を観察することができる走査電子顕微鏡 (SEM) によるものは少ない。過去、SEM による麴の観察は、吉澤らによる清酒麴¹⁾、北原らによる醤油麴²⁾、久米による味噌麴³⁾の例があるが、その後 SEM による研究はあまり進まなかった。これは、観察対象である麴が麴菌の繁殖により米の胚乳構造が崩壊し組織的にもろいため、試料の前処理が難しく、さらに調製段階で菌糸が剥離したり崩壊するなど、従来の高真空 SEM では本来の構造を観察することが困難であったからである。ところが最近になって、再び麴の SEM 観察が報告されるようになった⁴⁻⁶⁾。その理由は、近年の低真空 SEM や新しいコーティング法の開発、普及によるものである⁷⁻¹⁰⁾。

低真空 SEM は、試料室を 10~270 Pa 程度の低真空に保ちながら、二次電子の代わりに反射電子を用いて試料を観察する方法である⁷⁾。高倍率や長時間の観察はできないものの、含水状態のまま、コーティングなしで試料の観察が可能である。このため、これまで

の煩雑な前処理が不要になり、さらに前処理に伴う試料の変形などのアーティファクトがないため、簡便にかつ試料本来の姿を観察することができる。また、これまでのコーティングでは被膜が分厚くなったり、麴菌の菌叢のように多くの菌糸が絡まった複雑な構造のものはうまくコーティングできなかったが、オスミウムプラズマコーティング法では、被膜を薄くかつ回り込みよく均一にコーティングできるため、より細部の構造を観察できるようになった。

ここでは、清酒麴を対象として、その培地である蒸米の構造から、麴菌の胞子が着床し、発芽し、菌糸を伸長して麴となる過程を SEM により観察した結果を中心として述べる。

なお、試料及び SEM の観察条件は、特に断らない限り次のとおりである。

麴：精米歩合 50% の白米を用い市販種麴を散布して製麴とした。

装置：日立製作所走査型顕微鏡 S-2460 N

条件：真空モード (SEM) 電圧 15 KV オスミウムプラズマコーティング 10 nm

低真空モード (N-SEM) 電圧 15 KV 圧力 30 Pa クールステージ -10°C

1 蒸米の構造

(1) 蒸きょう後の蒸米表面

蒸きょう後の蒸米表面は、洗米時に露出したデンプン粒が、加熱によって糊化し滑らかな表面を作る。この蒸米表層は精米、洗米時に胚乳構造が壊れているため、放冷後数時間経っても外側から約 20 μ m 程度が

Microstructure of *Sake-Koji*

Mika YOSHII, Isao ARAMAKI

(National Research Institute of Brewing)

写真1：蒸きょう後の蒸米表面 (N-SEM)
 表面は滑らかで、表層部分は餅状になっている。
 左上・下 蒸米表面 右 蒸米割断面

写真2：蒸米の再組織化 (N-SEM)
 日本晴は速やかに再組織化するが、山田錦はしにくい。
 上段 山田錦 下段 日本晴
 左 4時間後 右 8時間後

餅のような状態となっている。(写真1)

(2) 蒸米の再組織化

蒸きょうにより米粒の胚乳組織は糊化膨潤するため、蒸し直後は、細胞と細胞、アミロプラストとアミロプラスト間の境界が見えにくくなる。しかし、時間の経過とともに、蒸米の外側の細胞から次第にこの境界が見えるようになる。すなわち、再びアミロプラストが石垣状に見えてくる現象“再組織化”が起こる。中心部まで再組織化するには10時間ぐらいかかる⁹⁾。蒸米が冷却に伴って再組織化することは、秋山、北島の報告¹¹⁾があるが、SEMで詳細に観察すると、日本晴は外層部から速やかに再組織化が起こるのに対して、酒造好適米である山田錦は穏やかである。(写真2) 時間が経つと山田錦でも外層部は再組織化するものの、中心部の心白に該当する部分は8時間後でもはっきりとは確認できず、かつ、クラックが多く観察される。これに対して、日本晴では中心部まで再組織化しクラックはほとんど観察されない。冷却10時間後は、製

写真3：蒸米中のプロテインボディ (PB) の分布 (N-SEM)
 表層部ではPBがアミロプラストをぎっしりと囲んでいるが、中心部ではPBがあまり観察できない。
 上段 表層部 下段 中心部
 左 山田錦 右 日本晴

写真4：蒸米の構造 (N-SEM)

山田錦では中心部に空洞や亀裂が目立つが、日本晴では組織が保持されている。
 左 山田錦 右 日本晴
 (12時間後)

麴工程では胞子を接種（種付け）し堆積していた蒸米をほぐす“切り返し”の時期であるが、切り返し操作の際に手にあたる感触は食用米が極めて硬いのに対して、山田錦は弾力を感じる。

また、胚乳細胞の境目には貯蔵蛋白顆粒（プロテイン・ボディ：PB）が多く存在するが、蒸きょうによってPBも膨潤し、体積で8倍程度になる¹²⁾。このため白米よりも蒸米の方が、表層部でPBがぎっしりとアミロプラストを囲んでいる様子をよく観察することができる。(写真3) 一方、中心部ではPBはあまり観察されない。

(3) 蒸米の心白部分

酒造好適米の特徴である心白部分には空隙が多く、また、アミロプラスト膜が破れて中のデンプン粒が露

出しやすい。蒸きょう後は、組織が膨潤し、この空隙は見えなくなり、デンプンが露出した部分は糊化し滑らかになっているのが観察される。また、加熱前に心白部分で観察される亀裂は中心に大きな空洞を生じさせる。一方、日本晴は蒸きょうしても、放冷後はもとの白米の組織構造に近い像が観察される。(写真4)

さらに、山田錦では、浸漬時にひびが入ったり、心白のある背腹軸に沿って米粒が2枚貝のように割れ、蒸きょうによって再び割れた面が接着されることが多々ある⁶⁾。このとき割れた面はデンプン粒が露出するため、この部分は加熱されて滑らかな糊化面をつくる。またこの部分は密着していないためにずれたり、小さな空洞を生じることが多く、このような空間は好気性の麹菌の生育にとって有利な環境であるとも考えられる。

2 麹菌の発芽と菌糸の伸長

(1) 発芽

分生子(分生孢子)接種後の蒸米を経時的に観察すると、接種1時間後の蒸米表面には、蒸米表面を溶かして半分埋まった孢子が多数観察され、発芽すると胞

写真5：蒸米上の孢子 (N-SEM)

着生した孢子が蒸米の中に潜り込んで行き、3時間後には蒸米中に凹んだ孢子の殻が観察される。
左から1時間後、2時間後、3時間後

写真6：孢子から出た菌糸 (SEM)
潜り込んだ部分から菌糸が出ている。

子が中空となるため、もしくは観察環境が真空状態のためか分からないが、孢子の殻は皺が寄り、さらに蒸米内部へ潜り込んでいくかのように観察される。(写真5) また、孢子は蒸米に付着した時点から活動を開始しており¹³⁾、早いものは2時間後、多くは3~4時間後に孢子が着床した部分から菌糸を出し蒸米中に潜り込んでいる様子が観察される。(写真6) しかし、着床した孢子が全て発芽するわけではなく、孢子が塊って蒸米に付着すると、早く発芽した孢子により周囲の栄養源が奪われ、これに隣接する孢子の発芽が抑制され^{14,15)}、最後まで発芽しない孢子(無効孢子)も観察される。(写真7)

(2) 蒸米表面での菌糸の伸長

発芽した菌糸は一度蒸米の中に入るが、その後、10時間ぐらひは蒸米表層20μmの部分を表面へ現れたり潜ったりしながら伸長する。(写真8) この表層部分は前述のように胚乳構造が壊れて餅状になっており、菌糸が伸長しやすい状態にあると考えられる。表層近

写真7：無効孢子 (SEM)

左 塊となって付着した孢子 右 最後まで発芽しない孢子が観察できる。

写真8：蒸米表面での菌糸の伸長 (SEM)

菌糸は蒸米へ潜ったり表面へ出たりしながら伸長している。

写真 9：切り返し時の蒸米表面 (SEM)

肉眼では確認できないが、多くの菌糸が蒸米上に伸長している。

種付け後 10 時間
山田錦

写真 10：破精の様子 (SEM)

破精が認められる部分では多くの菌糸が伸長している。

左 種付け後 21 時間 右 種付け後 34 時間
山田錦

くに潜った菌糸は表層部の皮膜を溶解し、表面の溝となった部分で観察される。気中に出た菌糸が再び米粒に潜り込むのも観察されるが、菌糸が表面を伸長している部分では、菌糸による表層部の溶解が観察されない。

胞子接種後 10 時間ほど、つまり切り返しの時期にはまだ肉眼で“破精”（菌糸が伸長して蒸米表面で白く見える部分）を確認することはできないものの、すでに多くの菌糸が表面を伸長しているのが観察できる。(写真 9) さらに 20 時間ほどすると、菌糸が伸長した部分が我々に白く見えてきて破精を確認できるようになる。(写真 10) また、伸長が進むと、肉眼では同じく白く見えていても、SEM で観察すると蒸米の消化がよい部分とそうでない部分の状態が異なっていることが分かる。(写真 11) つまり、消化が悪い部分では

写真 11：麴菌による蒸米表面の消化 (SEM)

白く見えても蒸米の消化がよい部分と悪い部分がある。
左 悪い部分 右 よい部分 右下 溶け残った PB
日本晴 種付け後 28 時間

菌糸の周囲に多量の消化残渣があるのに対して、消化がよい部分は奥の菌糸や消化されずに残った PB も観察することができる。

3 菌糸の破精込み

(1) 内部への伸長

胞子接種後約 10 時間ほどすると、破精込む（菌糸が中心部へ向かって伸長する）ようになり 15 時間ほどするとそれがはっきりと観察できるようになる。(写真 12) しかし、破精込むようになる時間は胞子接種量、蒸米水分、製麴温度等の条件に左右され、蒸米表面で、菌体の生育が進まないうちは、菌糸の破精込みは観察されず、初期成長が遅れれば、破精込みも遅くなる傾向にある。菌糸が中心部へ向かって伸長するとき、間隙や細胞壁の間を進むという報告¹⁰⁾もあるが、麴菌はそれだけでなく、植物の根が土中に根を張るように、胚乳細胞に穴を開けながらも伸長する。

写真 12：破精込みの開始 (N-SEM)

種付け後 10 時間位までは内部への菌糸の伸長はほとんど認められないが 15 時間位するとはっきり確認できる。

左 種付け後 10 時間 右 種付け後 15 時間
山田錦

写真13: 破精込み菌糸の先端 (SEM)

破精込んだ菌糸は胚乳細胞中にトンネルを掘るようにも進み、先端部は植物の根のようになって伸びている。

写真14: 代表的な麴のタイプ (実体顕微鏡)

上段 表面 下段 断面

左 総破精 中 突き破精 右 塗り破精

(写真13)

(2) 総破精, 突き破精, 塗り破精

麴の品質は、蒸米表面及び内部への菌糸の伸長の程度により、“総破精”(菌糸の伸長が表面や内部全体で確認できる麴)、“突き破精”(菌糸の伸長が表面や内部で限定的だが明確に確認できる麴)及び“塗り破精”(菌糸の伸長が表面付近でしか確認できない麴)の各タイプに分けて評価される。(写真14) 麴菌がなぜ内部へ破精込むのか、どうすればより中心まで破精込むのかは不明な点が多いが、SEMを用いて蒸米表面の菌糸を見ると、どれだけ中に破精込んでいるかがおおよそわかる。中心部まで破精込み、さらに内部で胚乳細胞の崩壊、溶解が進んでいるものは、その表層部に次のような特徴が見られる。

①表層部の蒸米の溶解がよい。

②内部で菌叢が観察される。

③最外層の菌糸(菌糸索)が太い(20μm以上)。

一方、表層部で菌糸は繁殖しているが菌糸が太くない場合は、200~300μmほど中へ破精込んでいるものの、内部はあまり溶解されておらず、破精込みの程度が少ない。塗り破精と呼ばれるような麴は、蒸米表面

写真15: 突き破精麴と塗り破精麴 (N-SEM)

突き破精麴は表層部がよく消化され、内部の胚乳細胞が破壊されているが、塗り破精麴の表面では消化残渣が多く、菌糸は内部へほとんど伸長していない。

上段 突き破精麴 下段 塗り破精麴

左 表面 右 断面

種付け後40時間

山田錦

写真16: 突き破精麴と総破精麴 (N-SEM)

総破精麴の菌糸は内部まで伸長していて白く見えるが、突き破精とは胚乳細胞の崩壊の程度が異なる。

左 突き破精麴 右 総破精麴

種付け後39時間

山田錦

に3~5μm程度の菌糸がクモの巣のように絡まったものが一面に観察されるが、蒸米の溶解が悪く菌糸の周囲に消化残渣があり、破精込みも100~200μm程度である。

原田ら¹⁷⁾は麴の状貌により菌体の分布、麴菌体当たりの酵素力価に大きな違いがあることを報告している。突き破精麴と塗り破精麴を比較すると、突き破精麴は、表層から菌糸が順に蒸米の胚乳細胞を破壊しながら繁殖しているのが観察でき、菌糸の形態、伸長に大きな差があることが分かる。(写真15) また、同じ“破精”でも総破精麴では全体的に白く見えるものの、蒸米内部での胚乳細胞の崩壊は一部であり、菌糸の伸長も限られ、中心部まで伸長はしているものの、

時間を経ても蒸米内部で急激な蒸米の溶解、菌体の増殖は観察されない。(写真 16)

このように、SEM で観察すると蒸米内部への伸長には、蒸米を溶解し、組織を壊し、内部でも菌糸を繁殖させながら伸長する菌糸と、細胞壁に添って伸長のみを行い、内部の溶解をほとんど行わない菌糸がある。

4 製麴条件と麴菌の生育

製麴中の環境条件によって、麴菌の発芽、増殖などの生育状況は大きく異なる¹⁵⁾が、菌糸の形態も異なってくる。

(1) 蒸米水分

蒸米吸水率が 30% と 35% の差では孢子の発芽、伸長速度が異なることも確認できる。(写真 17) また、培地の水分によって菌糸の太さが変化することが SEM で観察すると確認できる。液体培地や寒天培地のように水分過多の場合、菌糸の太さは 3~4 μm と均一で長時間培養しても太さはほとんど変化しない。ところが、蒸米上では前述のように製麴過程により菌糸の太さが変化する。蒸米上で太い菌糸が観察されるのは破精込みがよい場合であるが、水分過多の蒸米上では細い菌糸が観察される。

Yamane *et. al.*¹⁸⁾ は、5 mm 角のセルロースキューブに寒天培地をしみ込ませたモデル蒸米を使った実験で、水分の低いときは蒸米上とよく似た菌糸の形態を示し菌糸は太くなるが、培地水分が高くなると、細い菌糸が観察されることを報告している。(写真 18)

写真 17：蒸米水分による発芽状態の差異 (SEM)
水分が多いと孢子の殻が早く潜り込んでしまう。

上段 水分 30% 下段 水分 35%

左 種付け後 1 時間 右 種付け後 2 時間

山田錦

写真 18：菌糸の形態に対する水分の影響 (SEM)
液体培養では細い菌糸のみだが、モデル蒸米の水分を減少させると麴と同じように枝分かれした太い菌糸となる。

左 セルロースキューブ (水分 60%)

中 セルロースキューブ (水分 80%)

右 液体培養

(2) 孢子接種量

孢子接種量の多少により、突き破精麴や塗り破精麴となる¹⁹⁾。接種量が多い麴は、多くの孢子が同時に発芽するため製麴初期に蒸米表層部の菌体量が増える。しかし、前述のように孢子接種から約 10 時間は中心に向かっての破精込みは起こらないので塗り破精気味の麴が多くできる。塗り破精といっても 300 μm 程度の破精込みがある。原田ら¹⁷⁾ は表層部に存在する菌糸はプロテアーゼ活性が高いことを報告しているが、これも写真 3 に示したように表層部に多数の PB が存在していることを考えれば理解できる。これに対して接種量が少ない麴では、突き破精麴となり写真 15 で示したように蒸米内部での菌体の繁殖、胚乳細胞の崩壊が観察される。

(3) 心白粒と無心白粒

酒造好適米であっても心白を持っている米粒と持っていない米粒とがある。無心白粒は、米粒中に心白は見えないものの胚乳細胞は心白粒と食用米との中間的な性質、形態を示す^{20~22)}。しかし、麴菌の菌糸の破精込みにおいては、心白粒では孢子接種後 20 時間ですでに一部の菌糸が伸長してきていることが確認でき、やはり心白粒の方が中心部への破精込みがよいことが分かる。(写真 19)

5 酵素分布の可視化

SEM による観察の他、共焦点レーザー顕微鏡 (CLMS) を用いて蒸米中の胚乳細胞、菌糸、酵素を分別染色、可視化してそれらの位置関係を明らかにしようという試みがある。小島ら¹⁶⁾ は、清酒麴中の菌

写真 19：心白粒と無心白粒中心部への破精込み
(蛍光顕微鏡)

心白米は無心白米よりも菌糸が中心部へ伸長しやすい。

左 心白粒

右 無心白粒

上段 種付け後 20 時間

下段 種付け後 35 時間

FUNGI-FLUOR KIT (Polysciences 社) で染色

山田錦

糸や分泌された α -アミラーゼを可視化するために、菌糸、米タンパク質、 α -アミラーゼの各種蛍光標識抗体を用いて、それぞれを分別染色し CLMS により三者の相対的位置関係の観察を行っている。

さらに近年では、麴菌細胞を生きたままで、その核、液胞、小胞体などのオルガネラを可視化して観察することも可能となっている^{23,24)}。麴菌の分子生物学的な理解においてもこれらの形態的観察は必須であり、今後、観察結果に基づいた麴菌についての新しい知見が出て来ると考えられる。

おわりに

麴菌の生育過程を細かく観察すると、過去の研究によって得られた数値的なデータを裏付ける現象を観察することができる。しかし、ここで示したように麴菌の破精込みについては経験的、現象的な答えしか得ていない。なぜ麴菌が破精込むのか？ なぜ破精込みが重要なのか？ というその根元的理由はまだ分かっていない。破精は麴菌菌糸の成長そのものであり、菌糸の先端で物質合成を行い、いわゆる先端成長により菌糸を伸長させている²⁵⁾。この先端成長は、植物の毛根や花粉の発芽でも見られる現象である。また、破精込みは先端成長による植物組織への侵入であり、病原菌の植物、動物組織への侵入機構と同様と考えられる。このように、麴菌の破精込みの解明はより広い分野へ

発展するものと思われる。今回の「麴菌研究の進展」で述べられてきたように麴菌に関する研究は急展開を見せており、今後の分子麴学のさらなる発展により“破精込み”という現象が分子生物学的に解明されることを期待したい。

(独立行政法人酒類総合研究所)

文 献

- 1) 吉澤淑, 百瀬洋夫, 石川雄章, 有賀義裕: 醸協, **73**, 729-732 (1978)
- 2) 北原成之, 水沼武二, 逆井利夫: 醬研, **6**, 118-126 (1980)
- 3) 久米堯: 温故知新, **27**, 60-62 (1990)
- 4) 荒巻功, 吉井美華, 伊藤伸一, 佐無田隆: 醸協, **92**, 673 (1997)
- 5) 吉井美華, 豊澤孝彦, 荒巻功, 佐無田隆: 醸協, **93**, 753 (1998)
- 6) 松永恒司, 古川恵司, 家村芳次, 渡辺和彦, 和田正夫: 醸協, **94**, 331-337 (1999)
- 7) Robinson, V. N. E.: *J. Microsc.*, **1033**, 71-77 (1973)
- 8) 電子顕微鏡サマースクール実行委員会編: 電子顕微鏡基礎技術と応用 2000, 学際企画 (2000)
- 9) 石谷亨: 電子顕微鏡, **35**, 30-31 (2000)
- 10) 吉井美華: 生物工学, **77**, 199 (1999)
- 11) 秋山裕一, 北島恭一: 醸協, **61**, 931-935 (1996)
- 12) 松田智明, 長南信雄: 日作紀, **59** 別 1, 276-277 (1990)
- 13) 奈良原英樹: 醸協, **89**, 954-964 (1994)
- 14) 石川雄章編: 増補改訂清酒製造技術, 134, 日本醸造協会 (1998)
- 15) 菅間誠之助, 岡崎直人: 醗酵工学, **60**, 151-163 (1982)
- 16) 小島弘栄, 長谷川浩, 曲渕哲朗, 福田秀雄, 生物工学, **77**, 339-344 (1999)
- 17) 原田祥司, 瀬頭一平, 吉田肇, 若林邦宏, 伊藤清, 蓮尾徹夫, 宮野信之: 醸協, **83**, 485-490 (1988)
- 18) Yamane, Y., Yoshii, M., Mikami, S., Fukuda, H., Kizaki, Y.: *J. Biosci. Bioeng.*, **89**, 33-39 (2000)
- 19) 岡崎直人, 福田典雄, 菅間誠之助: 醸協, **74**, 687-691 (1979)
- 20) 荒巻功, 小川清, 山本幸二, 鈴木潤一, 菅野正

- 彦, 木崎康造, 岡崎直人: 生物工学, **73**, 381-386 (1995)
- 21) 柳内敏靖, 山本拡美, 宮崎紀子, 長野知子, 若井芳則: 生物工学, **74**, 97-103 (1996)
- 22) 高橋仁, 廣島一朗, 中田健美, 斉藤久一, 椎木敏: 醸協, **94**, 244-251 (1999)

- 23) 北本勝ひこ: 醸協, **95**, 708-710 (2000)
- 24) 丸山潤一, 北本勝ひこ: 化学と生物, **39**, 187-192 (2001)
- 25) 柳田友道: 微生物科学 2「成長, 増殖, 増殖阻害」, 学会出版センター (1981)

執筆者紹介 (順不同・敬称略)

岡村英喜 <Hideki OKAMURA>

昭和 39 年 10 月 16 日生れ<勤務先とその所在地>味の素(株)食品研究所発酵醸造素材開発室, 〒210-8681 川崎市川崎区鈴木町 1-1<略歴>昭和 62 年九州大学農学部食糧化学工学科卒, 平成元年同大学大学院修士課程修了, 同年味の素(株)中央研究所入社, 平成 13 年同社食品研究所発酵醸造素材開発室長<抱負>醸造食品の発する声に耳を傾けたい。<趣味>世界の醸造食品の食べ歩き。

志村保彦 <Yasuhiko SHIMURA>

昭和 6 年 4 月 25 日生れ<勤務先とその所在地>(財)日本醤油研究所, 〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町 3-11<略歴>昭和 29 年千葉大学園芸学部農芸化学科卒, 同年ヤマサ醤油(株)入社, 平成元年(財)日本醤油研究所へ出向, 現在同所専務理事。<抱負>世界の調味料としての醤油の魅力の解明と, 醤油を中心とした食文化の追求とその展開<趣味>人並にクラシック音楽, 旅行, テニス, 庭いじり。

西谷尚道 <Takamichi NISHIYA>

昭和 10 年 12 月 4 日生れ。<勤務先とその所在地>(株)千葉栗源研究所, 〒287-0102 千葉県香取郡栗源町岩部 2065-1<略歴>昭和 33 年北海道大学農学部農芸化学科卒, 同年国税庁醸造試験所, 34~49 年仙台・札幌・熊本・沖縄国税局鑑定官室, 49~60 年国税庁醸

造試験所, 60~平成元年高松国税局間税部・国税庁鑑定企画官室, 元~5 年国税庁醸造試験所, 5 年所長退官<抱負>酒の品質特長の感性解析に興味を抱いている<趣味>陶酔と音の世界の共鳴域に入ること。

吉井美華 <Mika YOSHI>

昭和 48 年 5 月 31 日生れ<勤務先とその所在地>(株)大麦発酵研究所, 〒879-0467 大分県宇佐市大字山本 2211<略歴>平成 8 年山口県立山口女子大学家政学部食生活科学科(現山口県立大学生生活科学部生活環境科)卒, 同年国税庁醸造研究所(現独立行政法人酒類総合研究所)重点支援研究協力員, 平成 13 年(株)大麦発酵研究所, 現在に至る。<抱負>穀物の持つ隠された力を有効利用していくこと<趣味>美味しい清酒や焼酎, ワインを探してそれに合う肴を考えること。

荒巻 功 <Isao ARAMAKI>

昭和 26 年 6 月 8 日生れ<勤務先とその所在地>独立行政法人酒類総合研究所, 〒739-0046 東広島市鏡山 3-7-1<略歴>昭和 50 年九州大学農学部農芸科学科卒, 平成 2 年国税庁醸造試験所(現独立行政法人酒類総合研究所)研究員, 平成 10 年同研究所原料研究室長, 現在に至る。<抱負>山田錦の酒造適性がすばらしい理由について明らかにしたい。<趣味>しばらくご無沙汰だった囲碁を思い出して最近打ち始めた。