図2 ■ フローサイトメトリーに基づくセルソーターの概略
 サンプル溶液とシース溶液の圧力を調整することで、細胞が1つずつ順番に流れる状態ができる。細胞の特徴はレーザー光を当てたときの前方散乱および側方散乱、あるいはそのほかの蛍光特性によって判別される。振動を与えることで一細胞が入った粒子が形成され、興味のある細胞を含む粒子を帯電させることによって、目的細胞を分離することができる。96穴や384穴プレートを用いて一細胞ずつの分離も可能である。

いる⁽¹¹⁾。

このように、single-cell isolation 技術を用いることによって、未培養微生物のいくつかが培養されるようになり、また全ゲノム増幅と組み合わせることによって一細胞からのゲノム解析が実現している。これまでの多くの研究は、たとえ純粋株を扱っている場合でも、微生物を集団 (population) レベルでとらえてきた。single-cell isolation 技術の発展により、今後は細胞レベルによる解析が進展し、いままで未解明だった微生物の挙動が明らかになることが期待される。なお、紙面の都合上、single-cell isolation 技術の詳細や応用事例について十分に紹介することができなかった。個々の技術の詳細については石井ら⁽²⁾の総説を参照していただきたい。

- 1) P. Miquel : *Le Diatomiste*, **1**, 149 (1890/92).
- 2) S. Ishii, K. Tago & K. Senoo : *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **86**, 1281 (2010).
- 3) M. S. Rappé, S. A. Connon, K. L. Vergin & S. J. Giovannoni : *Nature*, **418**, 630 (2002).
- 4) M. Könnike, A. E. Bernhard, J. R. de la Torre, C. B. Walker, J. B. Waterbury & D. A. Stahl : *Nature*, **437**, 543 (2005).
- 5) N. Ashida *et al.* : *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **85**, 1211 (2010).
- 6) T. Kvist, B. K. Ahring, R. S. Lasken & P. Westerman : *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **74**, 926 (2007).
- 7) K. Zengler *et al.* : *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **99**, 15681 (2002).
- 8) A. Y. Fu, C. Spence, A. Scherer, F. H. Arnold & S. R. Quake : *Nature Biotechnol.*, **17**, 1109 (1999).
- 9) X. Hu, P. H. Bessette, J. Qian, C. D. Meinhardt, P. S. Daugherty & H. T. Soh : *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **102**, 15757 (2005).
- 10) Y. Marcy *et al.* : *PLOS Genet.*, **3**, e155 (2007).
- 11) Y. Marcy *et al.* : *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **104**, 11889 (2007).

(石井 聡, 大塚重人, 東京大学大学院農学生命科学研究科)

料理とワインのマリアージュの科学

「相性が悪い場合には何が起きているのか」という逆説的アプローチ

料理とワインの組み合わせはマリアージュ（結婚）といわれ、食事を楽しむための重要な要素である。「相性がよい」というのは、料理もワインもおいしくなり食事が楽しくなることである。ワインに関するさまざまな書籍で、料理とワインのマリアージュの提案があるが、実は、

いずれも個人的意見と経験に基づいており、科学的に取り組んだ例はほとんどない (図1)。

日本をはじめとしたアジアの食事におけるマリアージュの考え方は、西洋のそれと違うアプローチがある⁽¹⁾。西洋で伝統的に考えられている料理とワインのマリアー

図1 ■料理とワインのマリアージュの科学的根拠はほとんど解明されていない

ジュは、一皿ずつ提供される料理それぞれと合うワインの組み合わせを考え、提供されるワインの順番も考慮される。一方で、日本やアジアの食卓では、ご飯とともにさまざまなおかずが同時に並ぶのが特徴である。そのため、一品ごとに合うワインをそれぞれ考えることは、現実的でない⁽¹⁾。「何にでも合わせられる」というワインの性質が求められ、食卓に並んださまざまなおかずと衝突しないことが「必要条件」と考えられる。

逆に「料理もワインも両方がおいしくなくなる」パターンを考える。西洋においても、ある種の魚介料理と赤ワインの組み合わせが衝突することがある。衝突した場合には、生臭み、金属味、金属臭、苦味などが発生する。その原因は、赤ワイン中のタンニンが魚介と衝突すると考えられてきたが、実はこれも科学的には解明されていない。実際には、タンニンをほとんど含まない白ワインでも衝突する場合⁽²⁾もある。

2009年に、赤ワインにも白ワインにも含まれている成分の中からその原因の一つが特定された。それは、ワインそのものの味や香りにほとんど影響を与えない微量成

分である Fe^{2+} だった⁽³⁾。魚介料理とワインが衝突するとき、 Fe^{2+} は、魚介に蓄積された過酸化脂質の分解を触媒することが示唆されている⁽³⁾。実際に、過酸化脂質の分解によって生成する物質の中から、魚臭成分として (E, Z)-2,4-ヘプタジエナールが同定され、金属臭として 1-オクテン-3-オンが同定された⁽³⁾ (図2)。

脂質酸化の観点からみると、ワイン中の他の要素も影響を与えようと考えられる。たとえば、抗酸化作用をもつフェノール化合物は、 Fe^{3+} を Fe^{2+} へ還元することによって、ヴァージンオリーブオイルに対しては酸化促進作用を示す⁽⁴⁾。

食べ物を食べて、「おいしい」「おいしくない」と表現するときに、かなりの部分が、のどの奥から吐く息によって鼻腔に入り込むレトロネーザルの香りに由来している⁽⁵⁾。レトロネーザルの香りに影響を与える因子には、食品-空気間の分配係数といった香気成分の化学的性質や食品から空気流への香気成分の拡散、呼吸流、咀嚼、唾液などの口腔内の物理的・生理的条件がある⁽⁶⁾。その他に、食品と食品の相互作用も大きく影響する。

ワインとチーズの組み合わせにおいて、ワイン中の香り物質の化学的性質に対してチーズが与える影響は少ないが、意外なことに、その効果は香りを高めることよりも抑制する方向に働くことが示唆された⁽⁷⁾。これは、チーズの乳脂肪が、口腔内でワインの香り物質の分配係数を変化させ、拡散されにくくなったためと考えられる。

魚介料理とワイン中の Fe^{2+} の例は、口腔内での食品と食品の化学反応により、新しい香り物質が生成するパターンである。そのような場合には、それぞれの食品を個別に食べる場合には感じなかった味や香りが、両方を同時に口に入れた場合に感じるようになる。

食卓に並んだ魚介料理とワインを楽しむための「必要条件」として、鉄の少ないワインを選ぶことが提案された⁽³⁾。料理とワインが衝突しないため、料理とワインの本来の味と香りの組み合わせを楽しむことができる。そのような組み合わせの中から、本当の意味で、魚介料理の風味とワインの風味の相性がよいものが発見されていくことが今後の期待である。

しかし、日常生活でワインを選ぶ場面において課題が残る。ワイン中の鉄の濃度はワインの種類や生産国や品種に関係がないため、ワインのボトルを開栓することなしに、ワインの鉄含有量を予測することは困難である⁽⁸⁾。

図2 ■ ワイン中の鉄は、魚介類とワインの組み合わせにおける不快な生臭み発生の一因である

その理由は、ワイン中の鉄含有量はワイン醸造プロセス全体の影響を受けるためである。たとえば、土壌由来の鉄、果実表面に付着する砂埃などに含まれる鉄だけでなく、収穫、輸送、破碎などの醸造の各プロセスにおける醸造装置からの鉄の取り込みに加え、酵母による金属の吸収や吸着といった影響を受ける⁽⁸⁾。

ここで紹介したことが、料理とワインのマリアージュの難しさの一部を解消し、料理とワインのマリアージュを楽しむことに少しでも役立てば幸いである。

- 1) J. C. Lee : "Asian Palate", The Asset Books, 2009, p. 4.
- 2) A. Fujita, A. Isogai, M. Endo, H. Utsunomiya, S. Nakano & H. Iwata : *J. Agric. Food Chem.*, **58**, 4414 (2010).
- 3) T. Tamura, K. Taniguchi, Y. Suzuki, T. Okubo, R. Takata & T. Konno : *J. Agric. Food Chem.*, **58**, 8550 (2009).
- 4) T. Keceli & M. H. Gordon : *J. Food Sci.*, **67**, 943 (2002).
- 5) 東原和成 : 化学と生物, **45**, 564 (2007).
- 6) 小竹佐知子 : 化学と生物, **47**, 624 (2009).
- 7) B. Berenice-Galan & H. Heymann : *Am. J. Enol. Vitic.*, **57**, 12 (2006).
- 8) 田村隆幸 : 醸協, **105**, 139 (2010).

(田村隆幸, メルシャン株式会社商品開発研究所)