

研究の動向

分子調理学のすすめ

宮城大学 石川 伸一

「分子調理研究会」の設立

平成28年（2016）度、「調理に関する現象を分子レベルで理解し、料理に対する新たな科学的知見を集積すること（分子調理学）、ならびに分子レベルに基づいた新しい料理、新しい調理技術の創成を目指すこと（分子調理法）」（図1）を目的とし、「分子調理研究会」（www.molcookingsoc.org）を有志で立ち上げた。大学・高等専門学校、機関・団体等の研究者・技術者、技術開発担当者、管理栄養士・栄養士、調理師・料理人、料理研究者、関連企業等の連携を通じて、おいしさの増強、新しさの付与によって、人々の幸せに貢献することを目指している。家政学に含まれる調理学の一部である「分子調理学」に関係する動向や事例などを簡単に紹介する。分子調理研究会の活動内容等について簡単に紹介する。

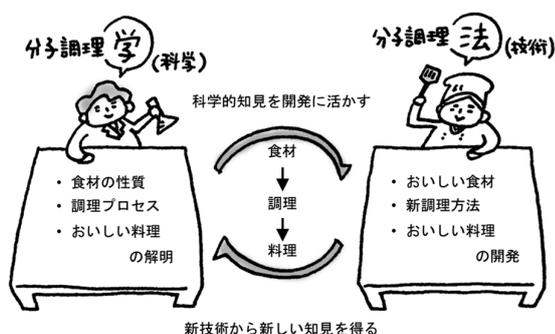


図1 「分子調理」の定義

料理における科学的世界観とは

料理は、大げさにいえば、作る人やその人がいる時代の「世界観」の影響を受ける。現代は、これまで人々の世界観の中心だった「宗教」が衰退し、そのかわりに

「科学」が繁栄している時代ともいわれ、実際、今現在も新しい科学・技術が、私たちの家庭生活や社会、環境を急速に変えようとしている。

昔のSFの物語の世界で見た「未来の食」は、手に届くところに迫ってきている。たとえば、食糧不足や環境問題など人間が抱える問題を解決するための、さまざまな「代替食」の開発が進んでおり、その代表的なものひとつとして、細胞を培養して食肉とする「人工培養肉」が、すでに現実化している。調理の世界では、調理機器と情報通信技術（ICT）が融合し、キッチン「スマート化」や「ロボット化」も急速に進展している。

新しい食は、食の生産、製造、流通などを変え、さらに私たちの身の回りの食生活をも大きく変革し、最終的には私たちの身体や健康、さらには、家族団らんや個人のアイデンティティなどの心にも影響を及ぼしていくであろう。将来、私たちが何を食べるか、何を食することができるかは、これからの「食のテクノロジー」にかかっていると見える。一般家庭に、AIやロボットが導入され、家事を代行することもSFの話ではなくなってきた背景もあり、人々の関心は依然として、科学・技術に集まっているとも見える。

料理の「おいしさ」という概念においても、科学がひとつのキーワードになっている。以前は、料理のおいしさを語る上で、こだわりの食材やプロの調理人の技に人々の目が向けられることが多かったが、最近では、加熱温度による食材の化学的変化など、科学的な説明に需要が集まり、料理と科学に関する書籍もたくさん出版されるようになった。

また、ハイエンドな料理の世界でも、科学実験の道具を駆使した料理、3Dフードプリンタを使った食べものなどが登場している。家庭用の調理家電においても、経験則だけでなく、より科学的な視点に基づいて開発が行われている。「科学や技術によって料理をおいしくする」という考え方は、プロの世界だけでなく、一般の人々にも広がっている。

料理の世界で、科学の存在が特に大きくなっていった

Shin-ichi ISHIKAWA

宮城大学食産業学群 教授

〔著者紹介〕（略歴）東北大学大学院農学研究科博士課程前期修了。日本学術振興会特別研究員、北里大学助手・講師、カナダゲルフ大学客員研究員、宮城大学准教授を経て、2017年より現職。博士（農学）。〔専門分野〕分子調理学

のは、1980年代後半くらいからであり、「分子ガストロノミー」または「分子料理法」という言葉や、それらの手法による斬新な料理が登場し始めたのがその頃である。「分子」という言葉は、物理学、化学、生物学、工学などといった科学的な視点を意図しており、科学的な手法によって、新しい料理を創造しようとする取り組みから名付けられた。また、20世紀の終わり頃から、海外の物理化学者たちの間で、料理のおいしさを分子レベルで研究する動きが活発化しはじめた。

近年の料理と科学がお互い接近してきた経緯を見ると、誰の目線で見るとかによって捉え方が大きく異なってくる。料理人からみた「科学」、科学者からみた「料理」、それぞれの立場に分けて考えてみる。

料理人からみた「科学」

科学、料理という2つのキーワードで有名なのは、スペインのカタルーニャ地方にあった伝説のレストラン『エル・ブリ』と、そのシェフ、フェラン・アドリア氏であるといえる。

食材を泡にする調理法「エスプーマ」は、エル・ブリで開発され、その後世界に広まった。これは、生クリームや卵白を泡立てたムースから着想を得たもので、初期のエスプーマの調理器具は、ソーダを作る器具を使って作られた。この調理器具は、空気のみで素材を泡立てることができるため、通常は泡立たない食材を使って泡の料理が作れるようになった。現在では、介護食の分野でエスプーマの利用が検討されつつある。

エル・ブリの料理は、「人の五感すべてに働きかけ、さらに、“人の脳をびっくりさせる”料理」、「食材の味や香りを失わないまま胃袋にもたれない料理」を信念としていた。アドリア氏らはそれを叶えるために、従来の調理器具や調理方法という既存の枠にとらわれず、これまで料理には使われていないような道具や手段を導入した。ソーダサイフォン、減圧調理器具といった当時の最新鋭機器から、プラスチックスポイトなどの実験道具まで、さまざまな道具が使われた。食材を粉碎したり泡にしたりすることで、食材の特徴を引き出し、料理の味や香り、見た目や食感を自在に変化させたメニューを考案した。

エル・ブリのキッチンには、実験室で使うような器具や技術があったため、多くの人にとってそこは、“科学的な世界”に見えたが、テクニクに“実験的な手法”を使うことと、それがサイエンスであることは同じではない。アドリア氏の目的は、料理の科学的原理や現象を解き明かすことではなく、あくまでもその技を応用して創造的な料理を生み出すことであった。



科学者からみた「料理」

一方、フランスの物理化学者エルヴェ・ティス氏は、1988年に「分子ガストロノミー」を提唱したことで知られている。

ティス氏は最初シェフと協力し、科学的視点から調理における興味深い事実を発見し、また新たな調理法も開発した。ティス氏の一貫した主張は、「分子ガストロノミーは、技術ではなく“科学”であり、新しい食材、道具、手法を用いて斬新な料理を創る技術とは異なる」というものであった。「分子ガストロノミーの主な目的は、現象のメカニズムを見出すことであり、シェフは分子クッキングを行っているかもしれないが、分子ガストロノミーは行っていない」とティス氏は明快に語っている。

このような主張は、結果としてシェフの分子ガストロノミーへの貢献を軽んじることになり、分子ガストロノミーとシェフたちとの間に軋轢を生じさせた。2006年には、フェラン・アドリア氏などのシェフ数名が、「自らの料理のアプローチは分子ガストロノミーとは一線を画す」とわざわざ共同声明を出すほどであった。

このような経緯もあり、料理界からは、「分子ガストロノミー」という言葉がしだいに消えていった。しかし、シェフたちは科学の知識や新しい技術に別れを告げたわけではなく、むしろ、シェフたちの間では、今後の新しい料理の発展にとって、科学や技術は避けて通れないという考えがより一層大きくなっている。

料理と科学の出会い

2014年に『料理と科学のおいしい出会い 分子調理が食の常識を変える（化学同人）』という本を書いた。それが出会いのきっかけとなって、有志で『分子調理研究会』を立ち上げた。その研究会などを通じて、多くの料理人や食に関わるさまざまなジャンルの方々と交流させていただく機会を得た。

プロの料理の現場では、仕事内容の性質上、技術の導入に尽力し、調理過程における科学的な理解は後回しになってしまう、という話をよくお聞きする。新しさが求められる料理界において、驚きのある料理の一皿を完成させるのに、厨房では数多くの試行錯誤が行われている。料理人が、調理による食材の科学的変化、添加物の科学的性質など、基本の原理をあらかじめ知っておくことは、

より合理的にゴールに向かえるだけでなく、うまくいかない場合の対処、再現性の向上、さらには料理人の発想の後押しとなり新しい料理の開発につながる、などの点でとても重要である。

科学者側は、その調理における現象を、料理人や一般の方にいかにわかりやすく正確に伝えることができるかという課題に直面している。さらに、料理の基本原理にはまだ明らかになっていないことも多いため、科学者側は、個人または集団で、さらなる調理の基礎研究や、おいしい料理の科学的根拠（エビデンス）の探求を進めて行く必要性も強く感じている。

新しい技術を使った食は、他の分野以上に、人の心理的なためらいがはっきり現れることがある。食べものは体に取り込まれるため、安全であることが大前提にあり、よくわからない、理解できないものへの抵抗は当たり前の反応である。そのため、社会に対する、料理の科学と技術のクリアな説明や啓蒙はとても重要になってきている。それには、料理人や科学者だけの活動では不十分であり、教育関係、デザイナー、編集者、ライター、メディアなど多くの“広く伝える仕事”の方々に、社会における科学・技術の重要性や、食のおいしさや新しさの重要性を気にかけてもらうことが必要だと感じている。

分子調理学との分子調理法

「料理と科学」の良好な相性は、料理の未来を考える上で不可欠である。「分子調理」という言葉の定義は、その関係性をあらわしている。「分子調理」は、科学すなわち「分子調理“学”」と、技術すなわち「分子調理“法”」で構成されている（図1）。「分子調理“学”」は、「食材→調理→料理」のプロセスにおいて、食材の性質の解明、調理中に起こる変化の解明、おいしい料理の要因の解明などを分子レベルで行う“科学”である。それに対して、「分子調理“法”」は、おいしい食材の開発、新たな調理方法の開発、おいしい料理の開発を分子レベルの原理に基づいて行う“技術”である。

分子調理“学”と分子調理“法”は、互いに影響し合い、科学の分子調理“学”で発見した科学的知見が技術の分子調理“法”へと活かされ、また反対に、分子調理“法”によって生まれた新しい技術から分子調理“学”における新たな知見が引き出されるといったように、刺激し合うことでお互いが活性化し、さらに循環する。

アイスクリームの例で説明する。まず、「マクロからミクロ」の観点からアイスクリームのおいしさを考えれば、その風味や深みのあるコクはもちろんであるが、なんといってもその「舌触り」が重要である。とろける「滑らかさ」は、アイスクリームに欠かせない魅力の一つである。特に、乳脂肪分の多い濃厚なプレミアムアイスク

リームのおいしさのひとつは、そのクリーミーな舌触りであるが、そのアイスクリームを顕微鏡等を使ってミクロレベルで調べると、アイスクリームの中の氷の結晶が小さいことがわかる。アイスクリームのクリーミーさは、アイス組織中の氷の結晶の大きさと密接な関係があり、氷結晶の大きさと舌触りの関係は、顕微鏡で観察すると、氷結晶が「三十五マイクロメートル未満→著しく滑らかなアイスクリーム」、「三十五～五十五マイクロメートル→滑らかなアイスクリーム」、「五十五マイクロメートル以上→粗いアイスクリーム」となる。このように、アイスクリームのおいしさを分子や組織レベルで基礎的に研究することが、マクロからミクロの流れの分子調理、すなわち分子調理学の特徴といえる。

次に、「ミクロからマクロ」の視点で考えると、分子・組織レベルでの解析から、氷結晶が小さければ小さいほどアイスクリームがなめらか、すなわちおいしくなるということがわかれば、いかに氷結晶化を抑えるか、凍らせる時間を短くできる技術を考えることになる。凍らせる時間の短縮化に最適な手法は、現状では「液体窒素」なため、液体窒素を使って瞬間的に凍らせたアイスクリームはクリーミーでおいしくなるはずである。アイスクリームがおいしくなる原理に基づいて、最適な手法を用いて料理を応用的に開発するのが、ミクロからマクロの流れの分子調理であり、すなわち分子調理法である。

一つ目の「マクロからミクロ」の「おいしい料理を分子レベルで調べる」はサイエンス、二つ目の「ミクロからマクロ」の「分子レベルで調べた原理を応用しておいしい料理を作る」はテクノロジーであり、それらを分けて考え、さらに融合させることがおいしい料理、新しい料理にとって重要である。

料理人と科学者がお互いの領域を共有することが、料理に驚異的な展開をもたらすのは、これまでにあった「料理と科学のチームプレイ」を振り返って強く感じることである。お互いの専門性を尊重しつつも、相手の専門を深く理解しようとする気持ちが、料理を次のステージに引き上げていくであろう。



NASA が3D フードプリンタに注目した理由とは

新しい調理として注目されている3D フードプリンタに

おける分子調理学の役割を考えてみる。

3Dフードプリンタに注目が集まるきっかけになったのは、2013年、NASAが、3Dフードプリンタを開発する企業に多額の助成金を提供したことであった。その内容は、3Dプリント技術とインクジェット技術を使い、インクジェットカートリッジに乾燥したタンパク質や脂肪などの主要栄養素や香料などをセットして、ピザなど、さまざまな形や食感の食べものを出力するというものであった。NASAが着目したのは、食を3Dで“プリントアウト”する技術が、宇宙に長期滞在する飛行士向けに役立つのではないかという点である。

食事は、単なる栄養摂取だけではなく、味わうことで精神的な満足が得られ、人々のパフォーマンスの維持・向上につながるという側面がある。この食べておいしいと感じることに、テクスチャーは重要な働きをしている。3Dフードプリンタの大きな特徴は、食を立体的に作れることであり、それは多種多様なテクスチャーの食品を生み出せる可能性があるということである。

また、3Dプリンタは、複雑な立体構造を容易に作ることができることに比べて、「誰でもどこでも作ることができる」というメリットも有している。つまり、宇宙空間という限られた場所、宇宙飛行士という限られた人、限られた食材という“とことん限られた状況”であっても、3Dフードプリンタであれば食事を作れるということである。このような状況は、宇宙に限らず、地球上の被災地や貧困地などにも当てはまる。将来的に、緊急事態に対応する3Dフードプリンタを持ち込んで、食事を作るといった利用法も考えられる。「現場で最も必要なものを、最も適切なタイミングで供給する」という3Dプリンタの特性が、食の分野においても、社会を大きく変える可能性がある。

3Dフードプリンタの万能調理器としての可能性

遺伝子解析の発達によって、疾病予防や健康増進も個人ごとの体質や遺伝子型に合わせる時代がやってきている。各種の栄養素を増強したり、新たな保健的機能を追加したさまざまな「個別化食」が検討されている。

3Dフードプリンタに、個々人の年齢、性別、遺伝情報、病気の有無、運動の有無、その日の体調などの「個人データ」と、自分が食べたいもの（ラーメン、寿司など）と好み（風味や食感など）の「3Dフードデータ」を入力するだけで、栄養面や嗜好面が完璧に反映された「個別化食」が生み出される。そんな未来食が考えられる。3Dフードプリンタは「万能調理器」として、今後活発な開発が行われ、電子レンジや冷蔵庫のように一家に一台となるかもしれない。

アメリカのSFテレビドラマ『スタートレック』シリーズに登場する装置に、「レプリケーター」という、まさに

3Dフードプリンタのようなものがある。この装置の原理は、分子を材料として、実物とほとんど変わりのないコピーを作り出すことができるというものである。スタートレックに登場する各クルーの部屋には、フード・ディスプレイとも呼ばれる食品用のレプリケーターが設置されている。船内には厨房は存在せず、自室の端末に音声でオーダーすれば、自動販売機のように食器付きでその場で合成され、食べ終わって食器を戻せば、自動的に分解されて原料に戻るといったものである。

このレプリケーターのおかげで、スタートレックの世界では、食材の貯蔵や残飯処理などの問題は存在しない。料理を自分でわざわざ作るのは、高級な趣味となっており、料理するとしても食材はレプリケーターで作られる。レプリケーターが食材として利用する原料は、外部からの補給の際に補充されるが、場合によっては排泄物も原材料として再利用することも可能である。SFの世界では、食料備蓄、調理、食品ロス、食品リサイクルといった問題すべてを、3Dフードプリンタというアイデアで解決している。

3Dフードプリンタを支える分子調理学と分子調理法

3Dフードプリンタによる「個別化食」を実現する上で、サイエンスとテクノロジーの協働と発展が不可欠である。

現在、世界で実現化されている単一成分のカートリッジ、たとえば砂糖や小麦粉などを使用した「単色刷り」の3Dフードプリンタから、いろいろな食材のカートリッジを使用した「多色刷り」へと変わっていくであろう。さらに三次元に食材を積層する上で、酵素処理や加熱等の工夫が施され、より食品・料理らしいものになるであろう。3Dフードプリンタでできた食べものは、その見た目注目されがちであるが、物理的なおいしさとして重要なテクスチャーを、従来の食材よりも自在に自分で“デザイン”することもできる。そのためには、分子レベルでどのようなテクスチャーがおいしさと関連しているのかという分子調理学の基礎的な知見の集積が課題となる。

当面の3Dフードプリンタ技術の基本は、3D化のためのインクジェット技術と食材のカートリッジ開発に集約されるであろう。3D化には、食品の基礎的な知識をもとに、工学的手法や調理技術などを組み合わせ、目的の食品・料理をプリントする分子調理法による技術が必要となる。また、食材のカートリッジ部分は、既存の食材だけでなく、さまざまな添加物による物性コントロール、さらには人工培養肉といった他のニューテクノロジーと組み合わせることも可能となる。

さらに、個別化食の共通技術として大事なものは、個々の健康ビッグデータとAIの活用である。さらに、個人の欲する栄養、おいしさ、生体調節機能などを兼ね備えた食品3D構築技術も重要な基盤技術となるであろう。