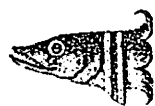


和食に潜むソフトマター科学



好村 滋行

少し古い話から始めるが、二〇一二年十一月二十九日の朝日新聞のグローブで、「料理と科学が出会う時」という特集が組まれていた。表紙には $E = k_B T / l^3$ という数式が大きく飾られていたので、興味を惹かれて記事を読んできた。勘と経験が重要と思われがちな料理の世界に、数学や物理などの自然科学が急接近しているという内容で、世界の一流シェフのインタビューや、出汁のうま味の再発見などの話題が紹介されていた。

特に私の目に留まったのは、二〇一〇年からハーバード大学で始まった Science and Cooking Lecture Series という一般向けの公開講座の紹介記事であった。この公開講座は現在も毎年開講されており、過去の内容はユーチューブなどで視聴することができる（注1）。私も記事を読んで早速動画を視聴したが、まず驚かされたのはその内容の充実ぶりである。講座は全十三回で構成され、毎週、世界各国から招待された一流シェフが、実演も交えながら調理上の工夫やテクニク、料理の背景などを説明する。シェフの母国語が英語でない場合は、同時通訳者がその場でサポートするという万全の体制である。

こうむら・しげゆき。
一九六四年生まれ。中国科学院大学温州研究院教授。東京大学理学系大学院物理学専攻博士課程中退。理学博士。東京工業大学文部技官、京都大学助手、九州工業大学助教授、東京都立大学助教授、首都大学東京（後の東京都立大学）准教授を歴任。専門はバイオ・ソフトマターの非平衡物理化学。翻訳に『ソフトマター物理学』（吉岡書店）、『ソフトマター入門 高分子・コロイド・両親媒性分子・液晶』（シユプリンガー・ジャパン）、『コロイドの物理学 表面・界面・膜面の熱統計力学』（吉岡書店）がある。趣味はジャズ、卓球、ドラム。現在は中国語を学習中。

この講座の別の目玉は、ハーバード大学のソフトマター研究者であるデビッド・ヴァイツ教授やマイケル・ブレナー教授らが、その日の調理テーマの背後に潜む物理化学的な現象を科学的な見地から解説することである。毎回、調理テーマに関係する数式が一つ紹介され、それがスクリーンに表示されると観客は拍手することがお決まりになっている。

この講座で扱われている内容は多岐にわたっており（しかも毎年異なる）、例えばオリブ油では液体の粘性、チョコレートでは熱伝導や温度、ドレッシングでは水と油の相分離、ジュレやゼリーではゲル化やゾル化などの説明がされる。さらに最新の分子調理法や食品微生物学などの話題も扱っている。一方、この公開講座と並行して、ハーバード大学の物理学科や化学科の学生を対象とする授業も開講されており、参加者は目と耳と舌で楽しみながら調理の科学を本格的に学習できるようになっている。まさにハーバード大学が人とお金と労力を結集して企画した科学プログラムと言える。

料理と科学という組み合わせが特別に新しいわけではないが（関連する本も複数出版されている）、ハーバード大学の講座がユニークな点は、そこに圧倒的な高級感が演出されていることである。一流シェフが生み出す料理はまさに芸術作品の域にあり、それ自体が多くの人々を魅了する。さらに、ハーバード大学の教授陣が、高度な調理法の背後にある自然科学の原理を平易に解き明か

(注1)

<https://sciencecooking.seas.harvard.edu/>

してくれる。自然科学のアウトリーチ活動としてハーバード大学の公開講座は秀逸であり、深い感銘を受けた私はユーチューブの動画を次々に視聴した。

その後、私は似たような企画を日本でもできないかと思案するようになった。折しも、当時の私は首都大学東京（現在は東京都立大学）の化学コースが主催する「高校教員のためのリカレント化学講座」の実施委員を担当していたので、その機会で料理と科学を組み合わせた講演会を開催することを思い立った。とは言っても、事はそう簡単ではない。私自身はグルメでないばかりか、料理の経験や知識が皆無に等しく、金銭的なサポートも人手もない。何から始めたらよいのか全く見当がつかなかった。その一方で、ハーバード大学と同等のレベルは無理としても、自分で企画する限り、何らかのオリジナリティを出したいと考えた。そこで目を付けたのが、ハーバード大学では扱われていなかった「和食」というテーマである。

そもそも和食は世界に冠たる食文化であるし、和食特有の伝統技法や調理法があるに違いない。また、偶然ではあるが、当時、農林水産省が日本食文化のユネスコ世界無形遺産登録に向けた活動を行っていることも知った（二〇一三年十二月に登録決定）。そのため、和食を通じた科学の普及活動を日本で行うことは、それなりに意味があると考えようになった。おもむろに情報収集を

始めたところ、たまたま知人を通じて東京の神楽坂にある「虎白」という日本料理店を教えてもらった。このお店の統括総料理長は小泉功二という新進気鋭の料理人であり、すでに二〇一二年の「ミシュランガイド東京」で二つ星を獲得していた（二〇一六年から二〇二一年までは毎年三つ星を獲得している）。

私は失礼を承知でお店に直接電話をして、小泉氏との面談の約束をすることに成功した。後日お店を訪問して、私が研究しているソフトマターやハーバード大学の公開講座について説明した上で、和食に特化した内容の講演を小泉氏に依頼した。小泉氏は熱心に話を聞いて下さり、初めての試みではあるものの、面白そうなので是非やってみましょう、ということになった。私は小泉氏の旺盛なチャレンジ精神と形式張らない柔軟な姿勢に大いに勇気づけられた。また、小泉氏の講演をサポートするために、調理の準備過程や仕込みの様子を写真や動画で準備することになった。後日、私は首都大の学生数名を連れて再び開店前の虎白を訪れることになる。

「第九回高校教員のためのリカレント化学講座」は二〇一三年八月三日に、首都大学東京の秋葉原サテライトキャンパスで開催された。主な参加者は高校教員であるが、オープンな講座としたため、テレビ局からの参加もあった。午前中は小泉氏が「いかにして新しい和食を生み出すか」という題目で、新しい

メニューの着想や開発の秘話、現代に生きる和食の伝統技法、食感や香り、味やうま味、温度や調理順の工夫などについてわかりやすく説明された。その時の小泉氏の講演動画は私のユーチューブチャンネルで公開しているので、興味のある方は是非視聴していただきたい(注2)。参加者は小泉氏の話に熱心に聞き入っていたが、特に好評だったのは会場で振る舞われた試食料理であった。

小泉氏の講演で私が強く感じたことは、料理人が新しい料理を生み出すプロセスは、研究者が独自の研究成果に辿り着くプロセスと類似しているという点である。料理人も研究者も、伝統や蓄積を十分に修得した上で、新しい一歩を踏み出すことに全エネルギーを注ぎ込む。さらに、新しく生み出されたものには、明確な意味付けも必要とされる。これは学問や芸術、文化などの全ての創作活動に通じる普遍的なプロセスであろう。一方、料理人の場合、料理を実際に食べる人間の主観的な判断とも直接的に向き合う必要があるため、その点は研究者よりもさらに厳しい一面があるように思われた。

遅くなったが、ここでソフトマターについて簡単に説明しておこう。ソフトマターとは、高分子、ゲル、液晶、コロイドなどの柔らかい物質の総称である。食品や化粧品、パーソナルケア製品などは全てソフトマターで作られており、我々の日常生活において欠かすことができない物質である。ソフトマターの特

(注2)

<https://youtu.be/ZIQPAh3H7w>

徴は多数の分子がゆるやかに集まって構成されていることであり、それが原因で複雑な非線形および非平衡現象がもたらされる。さらに、我々人間も含めた生物は、多様なソフトマターの集合体と見なすことができる。最近では、ソフトマターの研究で得られた知見を用いて、生命現象を理解しようとする研究が新しく始まりつつある。このような分野はアクティブマターとも呼ばれる。

小泉氏の講演内容を受けて、午後から私が「ソフトマターの調理法」というタイトルで、調理に潜む物理化学的な現象を抽出して解説することを試みた。私はソフトマターの代表的な物質である高分子から話を始め、加熱調理ではタンパク質（生体高分子）の変性や凝固が起こることを述べた。わかりやすい例として、卵は加熱によって状態変化が起こり、黄身（主にレシチン）が凝固する65℃と、白身（主にアルブミン）が凝固する78℃の中間の温度で温泉卵が作られる。加熱によるタンパク質の変性は、小泉氏が仕込みで見せてくれたクルマエビやハモの湯通しでも見られる。

物質の状態には固体と液体があり、それぞれ分子の配置の秩序性が異なる。その結果、固体は弾性、液体は粘性という力学的性質をそれぞれ示す。一般にソフトマターは時間スケールに忘れて固体または液体のいずれかの性質を示し、これを粘弾性と言う。料理人は食品の粘弾性を調整することで、料理の食

感を巧みに制御している。冒頭で示した数式はゲルの弾性率を表す数式であり、 k_B^T は熱エネルギー、 l はゲルの架橋点間（注3）の距離である。小泉氏は講演会の試食として、カツオの出汁で作ったゼラチンを準備して下さったが、これも典型的なゲルである。粘弾性を制御する別の例として、虎白でも提供されている胡麻豆腐のずり粘稠化が挙げられる。ずり粘稠化とは、流動速度の増加とともに粘性率が上昇する現象のことである。

調理における加熱法は熱伝導、熱対流、熱放射の三つに大別することができ、熱伝導は物質の移動を伴わない熱の移動現象であり、温度の時空間変化は熱伝導方程式に従う。したがって、調理時間は加熱する物体の大きさの二乗に比例する。熱対流は浮力と重力の競合で起こり、味噌汁でも見られるように、細胞状のパターンが形成される（レイリー・ベナル対流）。熱対流によるパターン形成は、スウィフト・ホーヘンベルグ方程式で記述される。熱放射（熱輻射）は熱が電磁波として運ばれる現象であり、炭火焼きなどで馴染み深い。熱放射によって黒体から放出される電磁波のエネルギーはシュテファン・ボルツマンの法則に従い、温度の四乗に比例する。加熱以外にも、圧力鍋の原理（クラウジウス・クラペイロンの関係式）、電子レンジの原理（電磁波）、IHクッキングヒーターの原理（電磁誘導）などについても言及した。

（注3）ゲルは複数の絡み合った高分子を化学的に結合させることによって作られる。このような高分子間の結合箇所を架橋点という。

講座の最後では、うま味成分の発見者として知られる池田菊苗を取り上げた。味には甘味、酸味、塩味、苦味の四種類が知られていたが、池田は五番目の味としてうま味があることを見つけた。彼は一九〇七年に昆布から煮汁をとり、うま味の原因であるグルタミン酸ナトリウムを抽出することに成功した。その後、池田はこの手法の特許を取得し、この物質は「味の素」という商品名で製造販売されることになる。二〇〇七年にはうま味発見百周年を記念して、池田の短編映画が東京大学や味の素によって制作された（注4）。リカレント講座の最後はこの映画の上映で締め括った。

個人的にはこのリカレント化学講座の企画や実施で、楽しくかつ貴重な経験をさせてもらった。ハーバード大学の公開講座のレベルには及ばないものの、一定の達成感やある種の手応えを感じることができた。それは、ひとえに小泉氏の料理に対する情熱や学生の献身的なサポート、講座に参加して下さった方々のおかげである。このイベントを開催してからすでに相当な時間が経過しているが、彼らには改めて感謝の意を表したい。ハーバード大学の公開講座は今年も行われている。



(注4)

<https://youtu.be/dSSBTmUZWc>