

# 研究トピックス



## 電子レンジ de サイエンス！

### 電子レンジの仕組みとマイクロ波サイエンス

#### Reinventing science by microwave technology

お茶の水女子大学理学部化学科 森 義仁

〒112-861 東京都文京区大塚 2-1-1,

e-mail: mori.yoshihito@ocha.ac.jp

#### 1. はじめに

2017年3月13日に京都大学東京オフィス大会議室Bにおいて第5回電磁波エネルギー応用セミナー（マイクロ波科学 基礎と応用）が、渉外活動ワーキンググループにより開催された。そこで提供された4つの話題の一つが、演題「電子レンジ de サイエンス！」である。この演題はワーキンググループ部会長の松村竹子氏を中心とする、マイクロ波技術を社会に広く周知させようとして長く続けられてきた活動のキャンペーン標語でもある。著者も現在ワーキンググループのメ

が科学の様相を新しく作りかえる可能性についての期待を述べた(Reinventing science by microwave technology)。その可能性の一つは、柳田祥三氏・松村竹子氏が述べているように(1,2)、マイクロ波技術は予想外にわたしたちの日常生活に存在する技術であり、マイクロ波技術の特徴が国連の達成目標でもある「持続可能な開発目標(SDGs)」と共通点をもっている、ことからマイクロ技術応用がSDGsに貢献することがある。本稿では3月13日の話に加え、その後の展開も加味して渉外活動のさらなる構想をご紹介します。

#### 2. 理科実験サークルの盛り上がり

著者は2003年より学生の理科実験サークルの顧問兼マネージャーを務めている(3)。ここ数年、大学生による理科実験サークルの活動が熱く、特に、経済活動も行い社会的企業の様相を呈する東京大学サイエンスコミュニケーションサークル(CAST)の存在は大きい(4)。毎年夏には日本科学未来館で学生の大学間連合体主催の理科実験イベント「サイエンスリンク」が行われている(5)。自治体主催の科学イベントにも学生サークルの進出が目立ってきている(6)。このような大学生の活動は、政府による高校での理科実験推進事業により、大学に新たなタイプの人材が登場していることが原因と思われる。その理科実験における新しいスタイルの一つは、複合的である日常の出来事から、その複合系のコアとなっている原理に注目し、その原理をうまく利用して、自由に新しい実験のデザインに繋がっているところである。

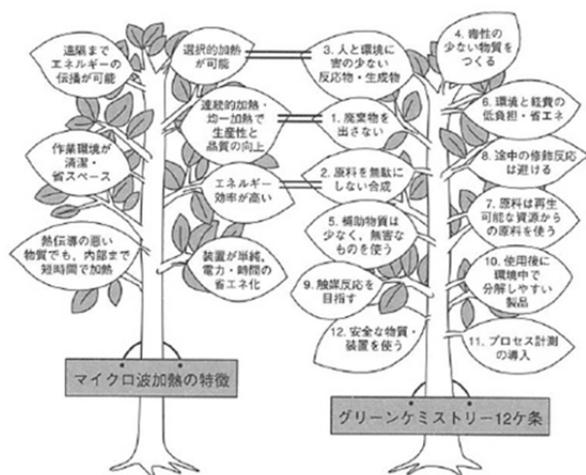


図1 マイクロ波技術と持続可能性社会

(転載 柳田・松村、化学を変えるマイクロ波熱触媒)

ンバーであるが、この標語と副題である「電子レンジの仕組みとマイクロ波サイエンス」をもとに、マイクロ波の発生と制御を解説した。マイクロ波技術の基礎と応用を伝えようとしたのではなく、マイクロ波技術

### 3. 自由な研究

中等教育の現場にも研究活動が浸透し、自由な研究について教育学者を中心に議論されている(7)。著者らの理科実験のサークルの相談役である立花太郎氏の言葉を借りると、「自身の内部から自然に出てくるものをつかめ」となる(8)。そのような期待は日常の出来事の注意深い観察による。その有力な現場の一つはキッチンであろう。古くは 1891 年、科学者レイリー卿が雑誌ネイチャー編集部に推薦したポッケルス嬢の実験報告は、まさに、キッチンから生まれたサイエンスの一例である(9)。自由な研究をする場合、全く新しいことを始めることは必ずしも必要ではない。これまで接点の無かったもの同士が社会的要請でコラボをすることに期待されている、企業の開発研究はよい例となる。例えば繊維会社のシート製造技術で二次元通信アンテナを作り、それを元に情報技術企業が電波による個別識別を商品の在庫管理に応用すると言うものだ(10)。たとえ個人ベースであっても既存のもの同士のコラボや日常的な出来事への異なる角度からの観察は、自由で新しい研究をもたらす。

### 4. マイクロ波技術実験のアイデア

著者は学生とともに 2005 年前後に松村氏が科学博物館新宿分館と東京都杉並区施設で実施したマイクロ波技術の実験企画に参加し関心を持ち、2014 年に本会会員となるまで、学生サークルと共にマイクロ波を使った理科実験イベントを行ってきた。身近なマイクロ波装置である電子レンジはだれでもが触れる機会のあるキッチンツールであり、思い浮かぶアイデアを試すことが容易である。お手本も 2000 年代前半には柳田氏祥三氏・松村氏により用意されていた。一つは両氏による著書「化学を変えるマイクロ波熱触媒」(1)、もう一つは、松村氏らによる科学雑誌「化学と教育」の 2004 年 52 巻 5 号から 2005 年 53 巻 7 号に渡る 12 回の連載「マイクロ波化学入門」である(2)。これらの記事は、国内の科学技術情報プラットフォーム J-STAGE から得ることができる(11)。本会会員の加藤俊作氏は広く情報収集と工夫を凝らした多様な公開実験を行ってきた。加藤氏は藍の染色制御にマイクロ波を使う学術研究(12)をもとに公開実験を考案・実施している。また、ガラスアクセサリ、グリセリン石鹸、キャラメ

ル、マシュマロアイスとマイクロ波の選択加熱をうまく利用した実験も行っている(13)。出来上がった科学・技術から出発するのではなく、それらが一体どのようにして分かってきたのかに注目した著書が H.Schneider 氏の「科学のたのしい発想法」であり(14)、この発想を、マイクロ波技術に関心を持つための物語作りに利用できると思われる。

### 5. 広く使われるマイクロ波技術

マイクロ波技術は広く使われている。粒子加速器を開発する研究者に聞くと、技術は、真空管と磁石とマイクロ波の 3 つだと言う。粒子加速器の開発者はマイクロ波のエキスパートである(15)。電子レンジは身近なマイクロ波装置として登場する。P.Barham 氏の「料理のわざを科学する」(16)、P.J.Bentley 氏の「家庭の科学」(17)、S.Perkowitz 氏の「泡のサイエンス」(18)では、選択加熱技術として登場する。加熱は染色や調理には欠かすことのできない工程であり、生活科学の分野ではマイクロ波加熱の研究は自然と行われてきた。昨年(2017)の日本調理科学会の記念講演の一つに「加熱調理研究の視点から」があり、そこでは、「その調理法がなぜ美味しくかつ安全であるかの説明責任が問われる時代となっている」「今後、工学的手法を取り入れて定量化・最適化し」と述べられており(19)、関連する国際誌 *Journal of Food Engineering* には電子レンジ内または食材における電磁界解析の報告を容易に見つけることができる。

### 6. インターネットとサイエンス

確かにマイクロ波技術の中でも加熱への応用は広く、その利用場所も研究室から台所と多様であり、多様な「文化」の中で使われている。「文化」が異なったもの同士のコラボは新しいものを生むと言われる。「新しいビジネスを展開したいときは MBA スクールに行くのではなく美術学校に行け」と聞いた(20)。多様な「文化」に存在するマイクロ波技術利用には、コラボを通じて新しいものを作り出す潜在性があると言えよう。そのために職業研究者であろうと、アマチュア研究者であろうと、コラボによる異なるもの同士の出会いには予想外の発展の可能性がある。それにも関わらず「コラボ」が多いとは言えない。また、理科実験サークルがマイクロ波実験を手掛けることも少ない。何かうまい

仕掛けがあるとよいのかもしれない。その一つの候補として、インターネットのフェイスブック、ツイッター、インスタグラムなどの SNS（ソーシャルネットワークサービス）がある。これら SNS は、ブログ、YouTube などが一対多の関係であるのに対して、一対一の関係を作ると言われている(21)。最近、あるインスタグラムユーザ Paperchromatographics がその多量の実験データをインスタグラム上で公開し予想外のコラボを展開していることに会い、関心を持ち調査した(22)。

図2は混合物を分離する分析方法であるペーパークロマトグラフィーの分析結果で、a は分離前に混合物（黒インク）を黒点として紙片の下端近くに染み込ませたもので、次いで下端から上方に向かい水を吸収させると、混合物はそれぞれの構成物質に応じた速度で上昇する。その結果、b のようにいくつかの構成物質に分離されている。さらに、混合物を点ではなく、円形の紙に“輪”として、いくつかのインク（図2c 中赤(RD)、橙(OG)、ピンク(PK)、黄緑(LG)）を染み込ませる（図2c）。この紙の中央から周辺に向かい水を吸い込ませると、図2fのような分離模様となる。

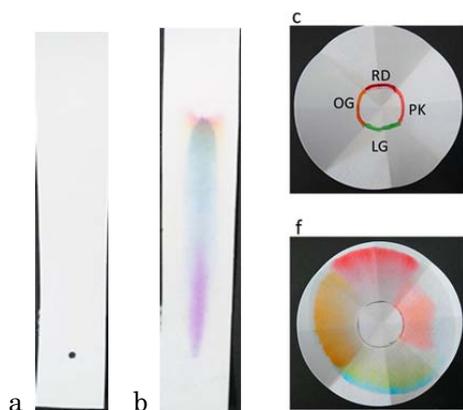


図2 ペーパークロマトグラフィー

このインスタグラムユーザは、図2fのようなデータを取得して、図3のようにインスタグラムページ上に配置した。SNS では、学术论文の検索用のキーワードに匹敵するのが、ハッシュ(#)タグ機能である。このユーザは#nail、#flower を指定している（図3）。このようなタグは随時更新できるところが、学术论文とは異なる。学术论文では、そのキーワードは専門分野に

比較的近い研究領域内で関心が持たれることを期待して、そのキーワードを設定することが多く、内容的に「遠い」分野の研究者が近づいてくることは期待し難い。一方、インスタグラム上には#nailによりネイルアーティストが、#flowerによりフラワーアレンジャーがアクセスしてくる。両者はここで使われている混合物分離の方法原理には関心はなく、作りだされる模様に関心があると思われる。つまり、同じ実験データに異なる関心を持って人が出会う状況を作りだされている。このインスタグラムユーザの活動は開始後まだ1年経過していない。今後、どのような新しい展開を見せるのかを見守りたい。



図3 インスタグラムトップページ

## 7. オープンサイエンス革命

先に、インスタグラム上でのデータを共有する例を見たが、マイクロ波技術応用の場面においても有効なインターネットの使い方を考えるために参考となる研究者の動きがある。M.Nielsen氏が提唱する、オープンサイエンスまたはオンラインコラボレーションである(23)。約300年前、科学者はその業績を公開することはなかったと言われる。そして18世紀になると、データを論文としてまとめ、雑誌に公表し、その時はじめてデータは多くの人の目にさらされる。これが第一次オープンサイエンス革命と位置付けられている(23)。現在、公表が紙媒体から電子版へと移行しつつあるものの、データを公表する手続きのスタイルとしては本質的に約300年間維持されている。一方、Nielsenの提唱す

るオープンサイエンスまたはオンラインコラボレーションは、現在のインターネットの性能を活かして、より多くの研究者または実験者がデータを直ちにインターネット上で公開して集積する。このことによりこれまででない新しい発見と成果が期待される。ただ、検討すべき課題も残っており議論されている(23)。たとえば、従来の論文審査がないためにデータの検証をどうするか、または研究者のデータ提供への貢献度をどのように保障するかである。

このようなオープン化はデータだけではなく、すでに装置においても実現されつつある(24)。近年の3Dプリンターの価格低下は、その設計のオープン化による。それまで高価であった3Dプリンターで何を作っても希少価値があったが、価格低下によりこれまでとは異なり、「何をするのか」が問題になってきた。つまり、高価であった時には一部の研究者にしか手に入らなかったものが、より多くの研究者が容易に手にすることができるようになったのである。この状況は一見過当競争を発生させているように見えるが、そうではなく、より多くの研究者が参加することにより、多くのアイデアが集まり、結果的に3Dプリンター活用の範囲が広がったのである。これこそが、オープン化することによりもたらされる効果なのである。

## 8. 東京電子レンジ倶楽部

サイエンスを取り囲む環境がオープン化する動きの中で、マイクロ波技術応用、特に、電子レンジの場合には、その基本的な電気回路は公開されている。従ってそのために、電子レンジの基本機能だけでは差別化ができず、重さや温度を測定し加熱に帰還させる制御機能が近年顕著である。その一方でデータのオープン化にはまだ取り組む余地が残っており、多くの研究者・調理を含む実験者が参加するプラットフォームの構築を試して見たい。その名前を東京電子レンジ倶楽部とした。従来の論文公表のためのデータを載せることは必ずしも必要ではなく、調理をする中で、または実験上で観察した、ちょっとしたデータなど、本来は学術論文に載らないようなデータを集積して行くわけである。このような知の集積化によりマイクロ波技術応用において新たな発見がなされることを期待する。そこでは職業研究者とアマチュア研究者の境界は融解

するであろう(25)。

## 参考文献

- (1) 柳田祥三・松村竹子、化学を変えるマイクロ波熱触媒、Neo Book (2004).
- (2) 松村竹子ら、マイクロ波化学入門、化学と教育、52(5), 345(2004) ~ 53(7), 413 (2005).
- (3) <http://www.geocities.jp/jacalin/env/>.
- (4) <https://ut-cast.net/>.
- (5) <http://sc-link.net/>.
- (6) <http://www.fushigi.metro.tokyo.jp/>.
- (7) NPO法人 お茶の水教師の第三の学び研究会.
- (8) 立花太郎氏との私信.
- (9) Rayleigh, Nature 43, 437 (1891).
- (10) <https://www.teijin.co.jp/focus/recopick/info/>.
- (11) <https://www.jstage.jst.go.jp/>.
- (12) 牛田智・川崎充代、日本家政学会誌 52(1), 75 (2001).
- (13) 加藤俊作氏との私信.
- (14) H.Schneider、科学のたのしい発想法、現代教養文庫 (1983).
- (15) 冨家和雄、光のスピードに迫る、裳華房 (1990).
- (16) P.Barham、料理のわざを科学する、丸善 (2003).
- (17) P.J. Bentley、家庭の科学、新潮文どの庫 (2014).
- (18) S. Perkowitz、泡のサイエンス、紀伊國屋 (2001).
- (19) 酒井昇、加熱調理研究の視点から、日本調理学会平成29年度大会研究発表要旨集、p15.
- (20) InstagramUser WAMeetsJazz との私信.
- (21) Instagram User Chromatographics との私信.
- (22) Y. Mori, "An Instagram user shares experimental data with people", Nat. Sci. Rep Ochanomizu Univ. 68(1,2), 1 (2018).
- (23) M. Nielsen、オープンサイエンス革命、紀伊國屋 (2012).
- (24) J.M.Pearce, Open-source lab, Elsevier (2014).
- (25) 森義仁・松村竹子、第11回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム (2017).