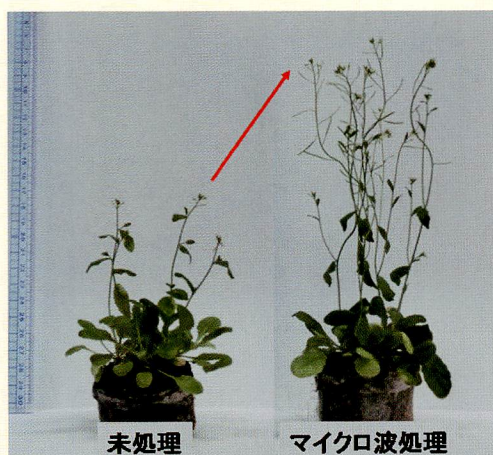


# Color Gallery

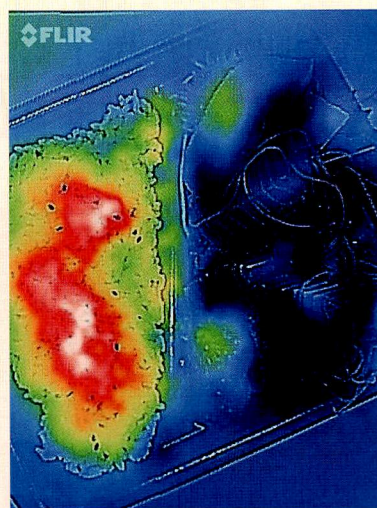
レーダー

## キッチンから抜け出した電子レンジ!?

堀越 智



■ 未処理およびマイクロ波処理の(左)シロイヌナズナおよび(右)イチゴの比較写真 (P357, 図2)



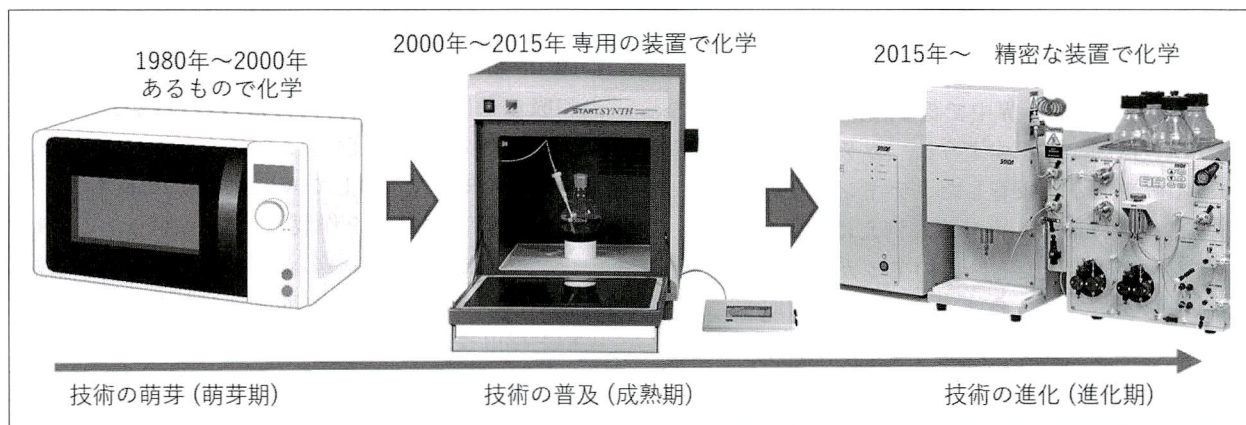
■ (左)調理機に入れたお刺身弁当の写真, (右)お米のみが設定温度に温まり, お刺身は全く温まっていない様子を表すサーモグラフィー像。(P357, 図3)

# キッチンから抜け出した電子レンジ!?

HORIKOSHI Satoshi

堀越 智

上智大学理工学部物質生命理工学科 准教授



筆者はマイクロ波の話をする際に、「あなたは電子レンジを使っていますか?」といった質問をする。15年以上この質問をしてきたが、「使っていない」と手を挙げられた日本人は四人だけであった(一人は芸能人)。日本における電子レンジの世帯普及率は98%以上で、冷蔵庫や洗濯機と並ぶ代表的な家電である。多数の方々にこの質問をしても(年15回以上質問)、使っていない人は年一人もない。一方、ヨーロッパで同じ質問をすると、場合によっては30%ぐらいの聴講者(フランスが特に多かった)が手を上げることもある。日本やアメリカのように食に対して、せっかちな国ほど普及率が高いようである。また、ペレストロイカ以前の旧ソ連では、電子レンジを使うと高カロリーの食べ物が簡単に調理できることから、国民の成人病防止のために電子レンジの使用を禁止していたという話も聞いたことがある。マイクロ波加熱を利用した調理器具(電子レンジ)は、物質を簡便に短時間で加熱できるわけだが、食生活ではある程度の不自由が必要なのかもしれない。

電波のエネルギー利用は、19世紀末に「離れた場所に届くエネルギー」として、無線電力伝送の実験をニコラ・テスラが初めて行った。これは、現在のスマホをポンと置くだけで充電できるワイヤレス充電器に繋がる実験であるが、当時の技術では十分強い電力を無線で送ることができず、実験は失敗に終わった。代わりに「離れた場所に電磁波が届くのであれば情報を乗せて送ればよい」という発想で、電波は無線通信やレーダーに応用された。その後、

約40年経過し、アメリカレイセオン社(軍需製品メーカー)の技師であるパーシー・スペンサーが、作動中のレーダーの前で作業をしていると、ポケットの中に入れていたチョコバーが融けていることに気づき、マイクロ波を加熱エネルギー源としたレーダーレンジ(現在の電子レンジの原型)を販売した。実はこれ以前からマイクロ波が物質を加熱する現象は報告されていた。例えば、第二次世界大戦中に日本海軍のレーダー開発実験を行っていた研究所では、レーダーの研究装置の近くにサツマイモを置いておき、実験終了後には、それが焼き芋になっていたため、これを食べるのが楽しみだったといった話がある。当時、マイクロ波は「エネルギー源としては使えない」と常識的に考えられてきたが、セレンディピティ(偶発力)のもとで発見した現象を、製品化まで押し上げたのがスペンサーで、私たちの便利な生活は、この行動力の賜物である。その後、マイクロ波は化学・材料分野への熱源応用が進み、1960年代からマイクロ波による義歯床用レジンの重合、ゴムの加硫、1970年代からセラミックスの焼結、1980年代からグアニジンのマイクロ波合成などの実用例が報告されている<sup>1)</sup>(図1)。さらに、マイクロ波加熱は様々な分野(環境浄化、乾燥、医療、農業、木材など)でも利用されてきた<sup>1)</sup>(図2, 3)。しかし、マイクロ波という名前は放射線のような印象を持つ人も多く(実際には全く異なるが)、積極的に「マイクロ波」という言葉を使用した製品は少ないため、このような状況を知る人は少ないようだ。



マイクロ波化学の応用分野

<b>無機化学</b> ✓機能性材料合成 ✓ナノ材料の合成 ✓顔料の水熱合成 ✓結晶構造の制御 ✓窒化物の合成 ✓耐火物の乾燥 ✓金属粉末冶金 ✓接合・焼成・水熱 ✓マイクロ波製鉄 ✓微粒子コーティング ✓人工ゼオライト合成 ✓ロストワックスの溶出 ✓人工骨の合成	<b>触媒化学</b> ✓不均一触媒(Pt還元触媒など) ✓高品質迅速触媒合成 (ゼオライト合成など) ✓均一触媒 (鈴木-宮浦カップリングなど)	<b>有機化学</b> ✓有機金属錯体の迅速合成 ✓塩素化メタンの合成 ✓固相選択合成 ✓無溶媒反応 ✓無触媒反応 ✓青酸の合成
<b>分析化学</b> ✓有用成分の抽出・濃縮 ✓炭化処理 ✓酸・アルカリ処理 ✓高速濃縮・高速分解	<b>高分子化学</b> ✓ゴム製品の加硫・発泡 ✓高分子合成 ✓加熱加工 ✓分子量コントロール	<b>生化学</b> ✓酵素反応 ✓PCR ✓脳の加熱 ✓DNA染色

図1 マイクロ波化学の応用分野<sup>1)</sup>: マイクロ波が化学合成分野に広く浸透する切掛けになったのは、1986年のTetrahedron Lett. 紙27巻に掲載された2つの論文(Giguere または Gedye) の影響が大きい。これらの論文は市販電子レンジで有機合成を行い、反応速度の促進を報告したものである。これ以前にも、マイクロ波を用いた有機合成はあったが、これらの報告にはマイクロ波有機合成の利点と欠点が解説されており、多くの研究者がマイクロ波の可能性を理解できるようになった。その後、2000年頃を境に欧米や日本のメーカーから有機合成専用のマイクロ波装置が発売され、安全性・再現性・制御性の高い実験を、誰もが行うことができるようになり、化学器具として世界中に普及した。マイクロ波加熱の特徴は、分子レベルで物質を発熱させることができることから、既存法では数日の加熱を要する反応を、マイクロ波加熱で数十分に短縮することに成功した報告例もある。これらの、新しい化学は研究者を魅了し、世界中でマイクロ波化学がブームとなった。

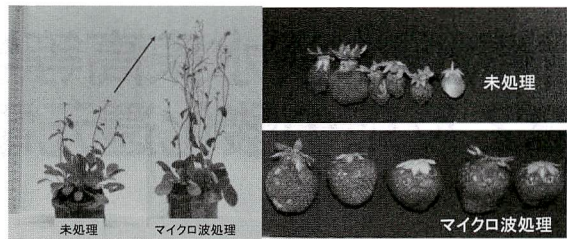


図2 未処理およびマイクロ波処理の(左)シロイヌナズナ<sup>\*1</sup> および(右)イチゴの比較写真: 「植物×マイクロ波」で思いつくものは、野菜の加熱であり、植物育成に利用した例はない。筆者らは一種のセレンディピティ(偶発力)によって、ごく微弱なマイクロ波をごく短時間の間、植物へ一度照射するだけで、照射された植物の育成に良い影響を与えることを発見した。例えば、シロイヌナズナの播種<sup>\*2</sup> 後、数十日目にはマイクロ波をごく短時間照射し、その後は通常の栽培を進めると、マイクロ波が有効刺激となり、約二倍速く成長することを発見した(図2左)。さらに、この方法を使うと、これ以外の様々な有利な現象を起こさせることができることも分かった。例えば、イチゴは気温が高くなると実の成長を止めてしまうがマイクロ波を照射しておく、気温が上昇しても高品質の実をつけ続けることができる。これらの効果は、遺伝子組み換えや化学農薬などを使うことなく電気のみで達成でき、さらにマイクロ波処理を行っても遺伝子組み換えは起きないことから、農作物などへの適応もできる。現在は、畑や植物工場で実証実験中である。 口絵23参照

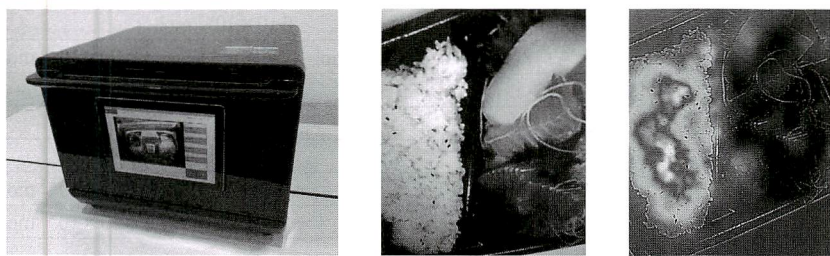


図3 (左)インテリジェント調理機の写真, (中)調理機に入れたお刺身弁当の写真, (右)お米のみが設定温度に温まり、お刺身は全く温まっていない様子を表すサーモグラフィ画像: 電子レンジに入れたお弁当の温度が5℃程度ずれても気になる人はいない。しかし、化学反応で温度が5℃も変わると、フラスコ内で全く別の反応が起きてしまう場合がある。このため、マイクロ波化学ではマイクロ波照射を厳密に制御できる装置が求められてきた。これを解決できる機器として半導体式マイクロ波発振器の開発が進められ、近年では、これを容易に入手できるようになった。これを使えばマイクロ波を用いても、化学合成を精密に行うことができるようになる。筆者らは、この技術を電子レンジでも役に立たないかと考え、キッチン用電子レンジへこの新技術を組み込み、それを食文化の発展に貢献させることにした。高度に制御できるマイクロ波を用いることで、中に入れた食品を部分的に最適温度へ自動加熱することができる。また、単に温めなおしだけでなく、食品の風味や見た目をよりよくすることも、開発コンセプトとしているため、「電子レンジ」という名前ではなく「インテリジェント調理機」とした。現在、インテリジェント部や高品質加熱部の強化を進め、市販化を目指している。 口絵23参照

参考文献

1) 堀越 智, 谷 正彦, 佐々木政子, 図解よくわかる電磁波化学, マイクロ波化学・テラヘルツ波化学・光化学・メタマテリアル, 日刊工業新聞社, 2012.

用語解説

\*1 シロイヌナズナ: アブラナ科の一年草。一般的なモデル植物。  
 \*2 播種: 作物の種をまくこと。

[連絡先] 102-8554 東京都千代田区紀尾井町7-1

レーダー