

電子レンジ を活用した調理

加熱特性を知り健康を支援する

肥後温子・村上祥子
共著



建帛社
KENPAKUSHA

まえがき

小・中・高等学校の調理実習時間が減っている中で、生活経験に乏しい児童・生徒が時間内に実習できるようにするために教師は苦勞していると聞く。電子レンジには「食品を手早く昇温」させる利点がある。大学、短期大学、専門学校等においても、限られた時間内で実習を完了するために、「電子レンジによる時短調理」が役立つのではないかと考えて本書を企画した。

従来の熱伝導加熱法では火の通りにくい野菜や芋類も、電子レンジで下ゆでし、煮たり、焼いたり、揚げたりすれば、手軽に野菜不足を補う一品ができ、少ない油でヘルシーな洋食ができる。また、マイクロ波の湯せん・軟化作用や発酵促進作用を利用すると、驚くほど短時間で菓子類やパンを作ることができ、実習品目を増やすことができる。電子レンジを利用すればガス火がふさがっていても作業ができ、洗い物も減るので、時短調理効果はかなり高い。熱伝導加熱法に比べて食材の栄養成分の損失が少ないこと、安全な調理法であること、省エネになることも広く知られるようになった。

本書は「電子レンジの基礎知識」、「電子レンジの加熱特性を知るための実験」、「時短調理を活用した実習」、「生活支援のための利用」の4部構成となっている。

電子レンジの仕組みや加熱特性を知った上で実習に着手するほうが理解しやすく、効率よく調理技術が習得できると考え、「電子レンジの基礎知識」、「電子レンジの加熱特性を知るための実験」を前半に配した。「時短調理を活用した実習」では、短時間で実習が行えるよう料理を選定し、素材の色、香り、うま味をそのまま残して仕上げるための調理のポイントを必要に応じて記した。また、健康増進や生活習慣病予防のための個食対応の食育に電子レンジを使った調理指導が役立つと考え、「生活支援のための利用」の項目を取り入れた。電子レンジは少量調理に向いていることから、ここでは離乳食・幼児食への展開も試みた。電子レンジ調理は従来の調理法より操作も簡便なので、実践してもらえる機会が増えると思われる。本書に掲載したレシピをもとに、低塩、低エネルギーながら誰が食べてもおいしいと感じられる献立への発展が望まれる。

多くの人が電子レンジを毎日のように使っており、電子レンジの使用で「忙しくても効率よく調理をするようになった」と回答した人が7割近くに達したという調査結果もある。学生の関心は時代に即応した実習に対して高い。大学の実習に電子レンジを取り入れたところ、「簡単でおいしい」、「実習品目が多いのに早く終わるのは電子レンジのおかげ」と、学生にたいへん好評であった。

電子レンジという『ブラックボックス』に光が当たり、『ヘルシーライフへの利用』が増えることを願っている。

2020年1月

肥後 温子
村上 祥子

も く じ

I 電子レンジの基礎知識 1

1. 電子レンジの誕生と普及	1
2. 電子レンジの加熱原理と加熱特性	2
3. 各種食品の昇温モード	3
4. 電子レンジ庫内の加熱むらと給電方式	4
5. 電子レンジの用途	6
6. 推薦メニューと定番メニュー	7
7. 料理ブックにみられる手動操作法	8
8. 加熱時間の目安	9
9. 電子レンジの省エネ効果と電気代	10
10. 時短効果を生かした調理実習への利用	11
11. おいしさを引き出すコツ	12
12. 栄養成分・機能成分の残存	14
13. 色・味・食感にみる加熱特性	15
14. マイクロ波の産業利用	16
15. 熱伝導加熱法と異なる物性変化（軟化・硬化現象と膨化現象）	17
16. 電子レンジの安全性と安全な使用	19

II 電子レンジの加熱特性を知るための実験 21

1. 加熱むらの確認①：庫内の加熱むらの計測（マルチカップテスト）	22
2. 加熱むらの確認②：容器の形状と食塩添加の影響	23
3. 加熱効率の比較①：食材の量による違い	24
4. 加熱効率の比較②：食材の種類による違い	25
5. 加熱効率の比較③：包材の影響	26
6. 加熱時間と加熱される部位の確認（オープン，鍋加熱との比較）	27
7. エネルギー消費量の測定（オープン，蒸し加熱との比較）	28
8. 塩分・水分添加の影響の検証：焼き豚，蒸し豚，ゆで豚作り	30
9. さつま芋の糖度と官能評価（オープン，蒸し加熱との比較）	31
10. 揚げ物の吸油率と官能評価：下ごしらえの有無による違い	32
11. 発酵促進効果の検証：異なる発酵方法によるピザ生地作り	33
12. 物性変化（軟化・硬化現象と膨化現象）の検証（トースター，オープン加熱との比較）	34
13. 果物の褐変防止，退色防止作用の検証	36

14. 調理への利用①：炒め玉ねぎ作り（フライパン加熱との比較）	37
15. 調理への利用②：カップケーキ作り（オーブン加熱との比較）	38
16. 調理への利用③：じゃが芋餅，大根餅作り（フライパン加熱との比較）	40
17. 調理への利用④：ホワイトソース作り（鍋加熱との比較）	42
18. 調理への利用⑤：茶わん蒸し作り（蒸し加熱との比較）	42
19. 電子レンジのアイデア活用法（簡単に試せる実験法，便利な利用法）	43

Ⅲ 時短調理を活用した実習

51

1. 野菜・芋料理	51
2. 漬 け 物	67
3. 魚 介 料 理	70
4. 肉 料 理	76
5. 卵 料 理	85
6. 豆腐・豆料理	87
7. 米・麺料理	91
8. 発酵作用とパン作り	103
9. デ ザ ー ト	108

Ⅳ 生活支援のための利用

113

1. 電子レンジで離乳食を簡単調理	113
2. 生活習慣病予防・改善のための食事	124
3. 保存食（ジャム，コンポート，フルーツ酢，つくだ煮）	130
4. おせち料理	136
5. 電子レンジ加熱の特性を生かしたおやつ	140
6. 不足しがちな野菜100 gの加熱法とおかず	142
7. 1人分の汁・スープ料理	145
8. 冷凍食品をおいしく加熱する	149
9. 市販食品をおいしく温める	150

調理・料理一覧

調理実験

焼き豚, 蒸し豚, ゆで豚	30
天ぷら	32
ビザ生地	33
いちごジャム	36
炒め玉ねぎ	37
カップケーキ	38, 43
じゃが芋餅	40
大根餅	40
ホワイトソース	42
茶わん蒸し	42
マシュマロのリフォーム菓子	43
パン粉	44
クルトン	44
かりんとう	44
ふりかけ	44
魚フレーク	44
いりごま	44
いりおから	44
野菜チップス	45
ドライハーブ	45
フルーツゼリー	45
無塩バター	45
レモンバター	45
チーズフォンデュ風ディップ	46
チョコレートディップ	46
卵酒	46
たる酒	46
じゃが芋団子	47
ポテトサラダ	47
玉ねぎサラダ	47
おかか玉ねぎ	47
ゆで卵	48

野菜・芋料理

ほうれん草のおひたし	52
ほうれん草のごまあえ	52
ほうれん草の白あえ	53
チンゲンサイの卵とじ	53
にらの洋風煮びたし	54

小松菜と油揚げのさっぱり煮	54
大根とホタテ貝柱の煮物	55
かぶのすだちあえ	55
さんぴらごぼう	56
にんじんのグラッセ	56
カリフラワーのカレー漬け	57
ブロッコリーのじゃこ炒め	57
かぼちゃの黒糖煮	58
キャベツのごまポン酢あえ	58
キャベツの辛子あえ	59
白菜とさつま揚げの煮びたし	59
辣白菜(ラーバイツァイ)	60
白菜のカニあんかけ	60
蒸しなす	61
ラタトゥイユ	61
アスパラガスのおひたし	62
アスパラガスのソテー	62
グリーンピースの甘煮	63
ピーマンのじゃこ炒め	63
ポテトサラダ	64
さつま芋のヨーグルトあえ	64
じゃが芋の煮っころがし	65
さと芋のごまみそあえ	65
ピリ辛こんにゃく	66
もやし炒め	143
じゃが芋のソテー	143
パプリカのソテー	144
さやいんげんのごまあえ	144
ブロッコリーのサラダ	144

漬 け 物

きゅうりのピクルス	67
甘酢しょうが	68
白菜漬け	68
きのこの和風ピクルス	69
千枚漬け	69

魚介料理

サバのみそ煮	70
アジの梅煮	71
イワシのしょうが煮	71

タイの煮付け	72
ブリ大根	72
カジキのトマト煮込み	73
エビチリ	73
エビマヨ	74
イカ下足艶煮	74
アサリの酒蒸し	75
タコのタパス	75

肉料理

鶏のから揚げ	76
鶏の照り焼き	77
棒々鶏 (バンバンジー)	77
焼き豚 (チャーシュー)	78
回鍋肉 (ホイコーロー)	78
酢豚	79
牛肉のたたき	79
牛肉のしぐれ煮	80
肉じゃが	80
青椒肉絲 (チンジャオロースー)	81
肉豆腐	81
麻婆なす	82
しいたけの肉詰め	82
鶏団子のクリームシチュー	83
煮込みハンバーグ	83
ミートローフ	84

卵料理

茶わん蒸し	85
ゆで卵	86
温泉卵	86

豆腐・豆料理

豆腐とタラの酒蒸し	87
アサリ豆腐	88
いり豆腐	88
厚揚げの煮物	89
大豆のカレーそばろ煮	89
いりおかから	90

米料理

ご飯	91
おかゆ	92
赤飯	92

芋栗おこわ	93
五穀ご飯	93
中国おこわ	94
炊き込みご飯	94
アサリとトマトのリゾット	95
中華がゆ	95
チキンカレー	96
ハヤシライス	96
ドライカレー	97
親子丼	97
牛丼	98
チャーハン	98

麺料理

ざるそば	99
スパゲッティ・ペペロンチーノ	100
スパゲッティ・ミートソース	100
スパゲッティ・カルボナーラ	101
ニラもやしそば	101
ソース焼きそば	102

パン

パン生地	103
プチパン	104
あんパン	104
ウインナーチーズロール	105
メロンパン	105
フォカッチャ	106
ピザ・マルゲリータ	106
カレーパン	107
ドーナツ	107

デザート、おやつ

豆乳ヨーグルト	108
豆乳ヨーグルトゼリー	108
プリン	109
パンナコッタ	109
いちご大福	110
いちごジャムのスポンジケーキ	110
カスタードクリーム	111
シュークリーム	111
フルーツゼリー	112
黒糖かん	112
ポップコーン	140

かぼちゃチップス	140
にんじんチップス	141
れんこんチップス	141
チョコバナナ	141

離乳食

おかゆ	115
パンがゆ	116
うどん	117
豆腐とわかめのみそ汁	119
肉じゃが	120
コロッケ	121
ビーフカレー (甘口)	122
ホワイトシチュー	123

生活習慣病予防・改善食

豚しゃぶ	126
シュウマイ	126
きのこハンバーグ	127
ヒジキと切り干し、ねぎのサラダ	127
なすとしめじのソテー	128
きのこのおろしあえ	128
トマトと卵のスープ	129
牛肉と大根の韓国風スープ	129

保存食

いちごジャム	131
オレンジマーマレード	131
りんごジャム	132
いちじくのコンポート	132
もものコンポート	133

りんごのコンポート	133
レモン酢	134
りんご酢	134
削り節のつくだ煮	135

おせち料理

伊達巻	136
黒豆	137
田作り (ごまめ)	137
紅白なます	138
酢ばす	138
栗きんとん	139
筑前煮	139

汁・スープ料理

一番だし	145
簡単だし汁・スープ・つゆ	146
豆腐とわかめのみそ汁	147
シジミのみそ汁	147
豚汁	147
ミネストローネ	148
かぼちゃのポタージュスープ	148

冷凍食品、市販食品

コロッケ	149
ハンバーグ	149
カレー	149
ウナギのかば焼き	150
シュウマイ	150
鶏のから揚げ	150



電子レンジの基礎知識

1. 電子レンジの誕生と普及

電子レンジ (microwave oven) は、マイクロ波を熱源とし、食品を自己発熱させて加熱する加熱器である。身近にある加熱法がすべて外部で熱を発生させて食品の内部に伝達する「熱伝導加熱法」であったため、スイッチを入れるやいなや瞬時に湯気が出る「マイクロ波加熱方式」の電子レンジは、発売当初は目新しく驚きをもって迎えられた。

第二次世界大戦終結直後の1945（昭和20）年、パーシー・スペンサー博士がレーダーの研究中にボケットのチョコレートが軟化していることに気付いたのを契機にマイクロ波加熱の研究が始まり、1953（昭和28）年にアメリカのレイセオン社より「レーダーレンジ」の名称で商品化された。

わが国では、「電子レンジ」の名称で、1961（昭和36）年に国産1号機（出力1～1.5kWの業務用）が商品化され、ドライブインや1964（昭和39）年開業の東海道新幹線のビュッフェに装備された。発売当初の電子レンジは高価（125万円）であったため、高級感のあるひびきをもつ「電子」の名が採用されたが、実際には「電波」レンジである。

高度成長経済に支えられて、1965（昭和40）年には家庭用電子レンジが登場し、昭和50年代になると同じ庫内にマイクロ波とヒータが内蔵された複合タイプの「オープンレンジ」が開発された。さらにオープンレンジは、調理のでき具合を判断する温度または湿度センサと火加減を調整するマイコンを備えて多機能化し、温め、解凍、下ゆで、茶わん蒸しやケーキ作りなど多数の自動回路をもつ「センサ付オープンレンジ」へと発展した。

オープン料理へのあこがれを満足させ、加熱時間設定のわずらわしさを解消した多機能型オープンレンジは人気商品となり、冷凍食品や市販惣菜の増加、核家族化や個食化が追い風となって普及率は右肩上がりに上昇した。1985（昭和60）年に50% 台であった普及率が1995（平成7）年には90% になり、2015（平成27）年には97% を超えた。

2000年代になると、過熱水蒸気発生機能を備えた「スチームオープンレンジ」や、ターンテーブルのないフラットタイプの機種が登場した。電子レンジは「スピード化・簡便化」路線、「多機能・自動化」路線から、「おいしさ・健康」路線へと転換し、食生活に欠くべからざる加熱調理器として定着している。

2. 電子レンジの加熱原理と加熱特性

(1) 加熱原理

電子レンジは、2,450MHz（メガヘルツ、1秒間に24億5千万回振動する）のマイクロ波を熱源として、食品を「誘電加熱」する加熱器である。マグネトロンと呼ばれる電波発信器から照射されたマイクロ波が、金属壁で反射しながら食品に吸収され、正負に帯電した食品中の構成分子は電界の変化に追従しようとして激しく振動回転し、分子摩擦によって食品の内部で熱が発生する。マイクロ波加熱法は、赤外線や遠赤外線加熱法と同じく電磁波の放射熱を利用した加熱法であるが、電磁波の浸透距離が深く、食品の内外から一斉に発熱するため、画期的なスピード加熱が可能となった。

単位体積当たりの発熱量 P と、電力半減深度 D （吸収された電力が減衰して入射点の半分になる浸透距離）は、次式より計算できる。誘電損失係数 $\epsilon r \cdot \tan \delta$ は被加熱物の電気的性質に由来する係数、周波数 f と電解強度 E は加熱器に由来する係数である。

$$P = 0.556 \epsilon r \cdot \tan \delta \cdot f \cdot E^2$$

$$D = 3.31 \times 10^7 / f \cdot \sqrt{\epsilon r \cdot \tan \delta} \quad (\text{m})$$

$\epsilon r \cdot \tan \delta$ が大きい物質ほど発熱量は多いが、大きすぎると入射時の電波の吸収が強すぎて減衰が著しく、電波の浸透距離が短くなることがわかる。

(2) 加熱特性

電子レンジの加熱は、次のように進行すると推察される。マイクロ波は、①庫内の空気には吸収されず、光と同じ速さで包（装）材（ラップなど）に達する。②包材にもほとんど吸収されず、大部分通過（透過）して食品に達する。

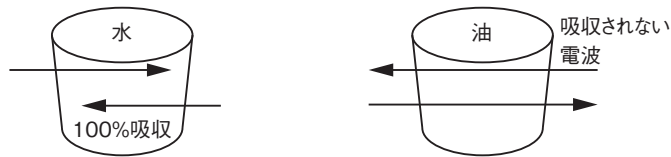
食品には効率よく吸収されるが、食品によって誘電損失係数と電力半減深度が異なるので、さまざまな昇温状態になる（次節3参照）。①乾物や油脂食品は、誘電損失係数が小さく、電力半減深度が20cm前後と大きい。②塩味の付いた食品は、誘電損失係数が大きく、電力半減深度が1cm以下と小さい。③食品が凍結すると分子運動が妨げられて誘電損失係数が小さくなり、電力半減深度が2～3桁も大きくなる。

電子レンジの加熱特性（熱伝導加熱法との相違点）をまとめると、表I-1のようになる。

また、水と油の昇温速度の違いを、電力半減深度を使って説明すると、図I-1のようになる。

表I-1 電子レンジ（マイクロ波加熱法）の加熱特性

加熱の進行 (熱伝導加熱法 との比較))	熱伝導加熱法（ゆで加熱の場合）：熱源→鍋→水→食品外部→食品内部と熱が伝わる。 マイクロ波加熱法：熱源→食品外部・食品内部と熱が伝わる。
マイクロ波の 浸透距離	乾燥食品・油脂食品 約20cm, 米飯 約5cm, 生鮮食品・水 約1～4cm, 塩味の付いた調味食品 1cm以下, 冷凍食品10cm以上。
マイクロ波加 熱の特徴	スピード加熱：再加熱に便利、省エネになる。酵素が働きにくい。 内部加熱：膨れやすい。脱水量が多い。破裂することがある。 クール加熱：容器包材ごと加熱できる。焦げ目が付きにくい。



水の場合：誘電損失係数 5～15 油の場合：誘電損失係数 0.2～0.5
電力半減深度 1～4cm 電力半減深度 20cm 前後

図 I-1 水と油の昇温速度に差がある理由

水の場合には100mLで100%の電波が吸収されるが、油の場合には100mLでは約2割の電波しか吸収されず、500mL付近になると100%吸収される。

3. 各種食品の昇温モード

(1) 食品の構成成分の影響

約100種類の食品について、食品の含水率や塩分濃度によって電子レンジ加熱の昇温状態がどう変化するか調べた結果を紹介する。図 I-2 は、各種食品100 g を、横幅12cm の汎用型容器に詰めて電子レンジで加熱し、赤外線放射温度計で測定した昇温図である。電力半減深度が大きい乾物や油脂食品は図の左枠内に、電力半減深度が小さい塩味の付いた食品は右枠内に、半減深度2～10cmの食品は米飯を中心に中央枠に並ぶ結果となった。

水分の少ない食品は電力半減深度が大きいので、多方向から入射した電波が減衰しながらも内部で重なり合い、中心部の方が強く加熱されたと考えられる。一方、半減深度が1cm以下の塩味の付いた食品は、端部だけが強く加熱されて極端な外部加熱となり、内部に未加熱部が残存する結果になった

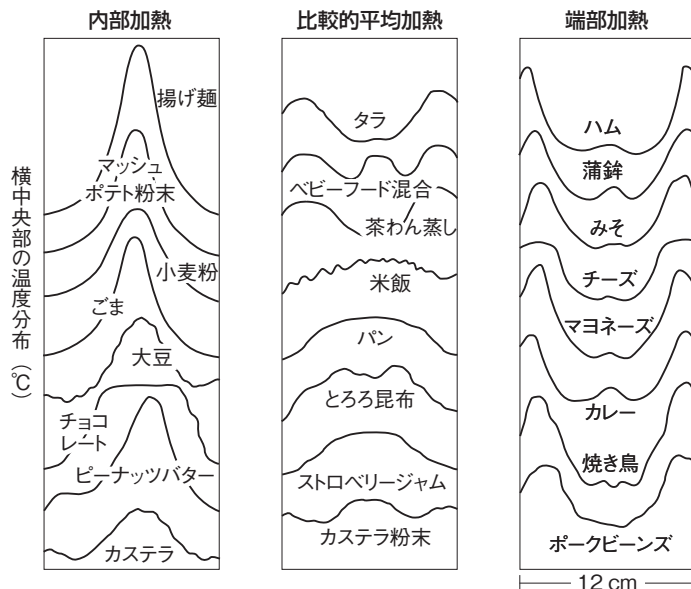


図 I-2 汎用型容器に詰めた食品の温度分布 (1)

(肥後温子, 島崎通夫: マイクロ波加熱による昇温特性の分類—各種食品の温度分布. 家政誌, 41, 585～596, 1990)

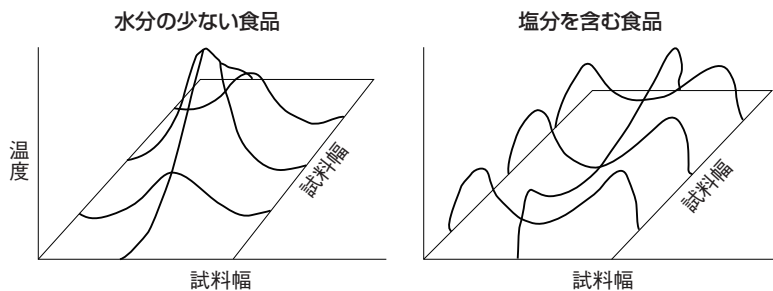


図 I-3 汎用型容器に詰めた食品の温度分布 (2)

水分の少ない食品（揚げ麺、チョコレートなど）は内部が加熱され、塩分を含む食品（ハム、カレーなど）は端部が加熱される。

と考えられる（図 I-3）。マイクロ波加熱法では、電波が入射した部分のみが強く加熱され、熱が拡散する時間的余裕がないので、加熱むらが解消されないまま残ると考えられる。また、半減深度の2～2.5倍の食品なら内部まで瞬時にほぼ均一加熱されるとされるので、半減深度が約5cmの米飯は幅12cmの容器内ではほぼ均一に加熱されたと考えられる。

なお、電子レンジは水分子が振動回転して発熱すると説明されるため、水分の多い食品の方が昇温しやすいと思っている人がいる。しかし、実際には水分の少ない食品のほうが昇温しやすく、マイクロ波加熱の特徴であるスピード加熱効果、内部加熱効果が発揮されやすい点に留意してほしい。

(2) 食品の形状等の影響

マイクロ波加熱時の昇温モードは、食品の形状、大きさ、密度などにも影響を受ける。横・上下・斜め方向から電波が入射しやすい食品の角や周辺部は、温度が上がりやすい傾向がある（エッジランナウェイという）。一方、球体や円形状をした食品は、レンズの集光効果によって電波が中央に集まりやすいため、中心部のほうが昇温しやすい傾向がある（第Ⅱ章2参照）。

4. 電子レンジ庫内の加熱むらと給電方式

電子レンジに使われているマイクロ波は波長が12.2cmと長く、6cmごとに強弱の電波強度の波ができるため、庫内で加熱むらが発生しやすい欠点がある。ターンテーブルを取り付けたり、ファンで電波を散らしたり、加熱むらを解消するための対策が電子レンジ本体にほどこされてきたが、食品を生から加熱する場合に加熱むらのダメージは大きく、「電子レンジで調理したものはおいしくない」といわれる原因となってきた。ターンテーブルがある場合には、同心円に並べた食品の昇温速度はほぼ同じになるが、上下の温度差は解消されない。下に皿を敷くなどして高低差を変えると、昇温状態を変えることができる（第Ⅱ章1参照）。

最近、ターンテーブルのないフラット式が、手入れしやすく、庫内が広く使えると好評で、8割以上のシェアを占めるほどになった。フラット式には、底部の回転アンテナによって下から電波を拡散して庫内に行き渡らせる「下からシャワー方式」が採用されている。ターンテーブル式（側面給電方式）とフラット式（下部給電方式）の違いを図 I-4 に示す。給電方式の違いだけでなく、庫内の電波密度の違いも表示した。加熱むらはマイクロ波を使うかぎり発生する宿命なので、その欠点を理解しな

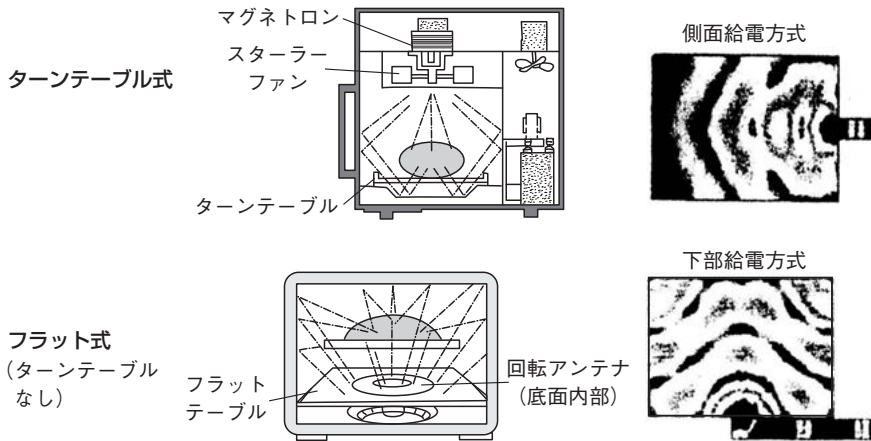


図 I-4 給電方式による分類（ターンテーブル式とフラット式）

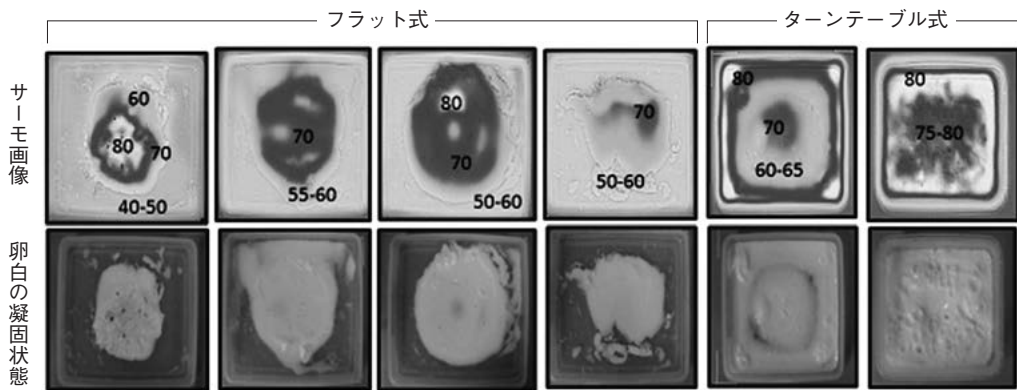


図 I-5 電子レンジ庫内の加熱むら検証試験

電子レンジ庫内ギリギリに入るポリプロピレン製容器に、卵白（中沢乳業製、冷凍）を底から1.5cmの高さに満たし、電子レンジ（出力500W）で6分間加熱し撮影した（数字は概要温度）。
 (LDK 5月号, 2019, 晋遊舎)

がら上手に付き合うことが必要である。

電子レンジの性能試験には、レンジ庫内の加熱むらを調べる検証試験が必ず含まれている。庫内各所に置いた複数の水入りコップを使って水温上昇速度を比較するマルチカップテスト（第Ⅱ章1参照）や、25個のマス目をもつ角形タンクの水温上昇速度を比較するテスト、底面に並べたシュウマイなどの食品の昇温速度を比較するテスト、卵白の凝固状態を比較するテストなどさまざまな試験がある。

機種によって、照射モードは異なる。庫内の中央部が加熱されやすいタイプ（電波集中方式）と、端部が加熱されやすいタイプ（電波分散方式）がある。マイクロ波の強く当たる場所を知った上で、効率よく利用したいものである。

ターンテーブル式3機種を含む電子レンジ14機種を使って庫内の加熱むらを検証したところ、フラット式は中央部が加熱されやすく、ターンテーブル式は周辺部が加熱されやすかったという結果が報告されている（図 I-5、図に示すのは結果の一部）。