

食品の高周波加熱に関する研究(第1報)

基本調味料の高周波加熱について

岡 部 巍***
江 崎 君 子**
西 田 幸 子*

Studies on the High Frequency Heating Foods (Part I)
On the High Frequency Heating of Basic Seasonings.

Takashi Okabe
Kimiko Esaki
Yukiko Nishida

I 緒 言

食品に高周波を照射して加熱, その他を行なうという試みは, 1945年頃よりなされているが, 現在に到るも, 高周波加熱を利用した調理機である電子レンジによる食品加熱の基本的な研究はあまり多くない。

電子レンジの大要については, 本誌に岡部が述べた^{1)~3)}が, 高周波加熱の原理は物体中の極性分子のうち, その電場に配向することのできる分子や基が, 極めて頻繁に変化する高周波電場に対応して配向するため, 激しい旋回運動を起し, この極性分子の配向運動が熱に変化して, 急速な発熱を惹き起すものである。

一般に高周波を物体に照射した場合, それを反射するものと, 透過するものと, 吸収するものがある。金属はその表面ですべてこの高周波を反射するので発熱は起らない。透過してしまう物体は, ガラス, 紙, 陶器および大部分のプラスチックなどであり, これは普通に使用される容器の厚さでは, 大部分透過するので, これらの容器は加熱されにくい。吸収する物体は, 水およびすべての食品が含まれ, 食品中に吸収された高周波エネルギーは熱に転換し, その部位が加熱される。

食品に照射された高周波は表面から漸次吸収されながら内部へ滲透して行き, 各部の高周波吸収量に応じた発熱をするが, その滲透速度は極めて速いので, 食品が極端に大きくない場合は, 食品の内外部とも殆んど同時に加熱される。しかも食品の外部は低温の空気(空気は高周波を吸収しないので温度はあがらない)

に触れているため熱が放散するので, 高周波照射直後は内部は温度が高く, 外部は温度が低く, あたかも内部から加熱したような状態となる。しかし時間の経過と共に, 熱の伝導により食品各部の温度はほぼ一定となる。従来までの普通加熱は, 食品の表面から内部へ熱が伝導により伝えられる。従って, 食品が大きければ大きいほど中心まで所定温度に上げるのに時間がかかる。

以上の如く, 高周波加熱は普通加熱とは, 根本的に原理が異なり, 極めて短時間に加熱が行なわれ, また食品の内外部ともおおむね均一に熱せられる。

高周波加熱による食品加熱の原理は, 上記のようであるが, 実際に電子レンジを調理に応用する場合には, 尚, 未知の分野が極めて多い。

電子レンジによる食品の加熱を検討する場合, 目的の食品を直接加熱してみるのも一方法であるが, 基本的な食品成分や調味料に対する高周波加熱の影響をしらべておくことは, 各種食品の高周波加熱時の動向を探る上に是非とも必要である。

(5~10)
基本食品の高周波加熱については, 渡辺等の研究があるが, 高周波出力の規正が行なわれなかったり, また, 試料を少量で行ない余剰の電波を吸収させるために相当量の水をオープンに入れて加熱しているため, 各種食品に対する高周波加熱の状況を的確に把握し難い点があつた。

そこで著者等は調理する際に最も基本となる砂糖液, 食塩水, 醤油, 味噌, 食酢, 食用油脂, 牛乳, トマトピューレー, 酒等の一定量を時間的に数段階に分けて加熱することにより, これらの食品の加熱時間

と温度との関係をしらべ、また、渡辺等の研究では、高周波加熱による温度変化のみが問題になっているが、これではどのような食品が、高周波を吸収して熱に換えやすいかが詳でない。

食品の加熱熱量は

$$P (w) \propto E^2 f \epsilon_r \tan \delta$$

ただし E……電界強度

f……周波数

ϵ_r ……その食品の誘電率

$\tan \delta$ ……その食品の損失角

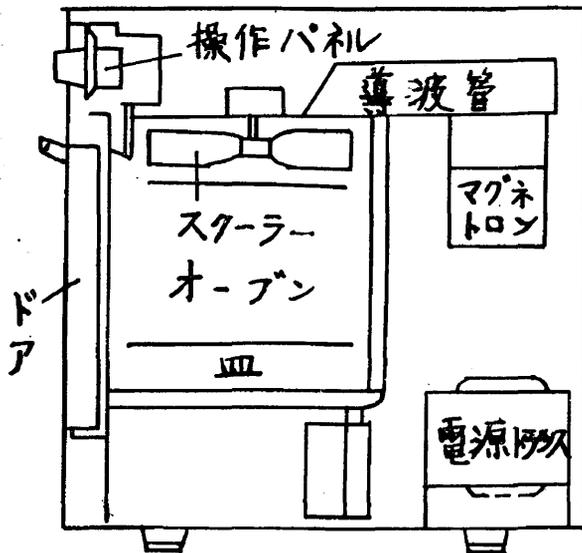
によって与えられるので、電界強度と周波数はその電子レンジについて定まっているから、その食品の誘電率と損失角がわかればよいのであるが、それは簡単には求められない。

そこで著者等は、食品の加熱時間と温度の関係をもとにして、高周波照射量と、それを食品が吸収して熱に転換された量との関係をしらべ、各基本調味料の高周波の吸収性について比較検討した。

尚、ここで高周波加熱という表現をしたが、実際には食品に高周波を照射することにより食品が発熱するので、厳密には正しい表現ではないが、一般に使用されているので、高周波加熱という言葉を用いた。

II 実験方法

図1 基本構成図



1. 高周波加熱機器

電子レンジ…早川電機製, R-12型

図1は基本構成図で、マグネトロンで発生した高周波を導波管によって導き、オーブンの頂部で回転するスクーラー(攪拌翼)により散乱, 種々の方向に反射し、オーブンの壁面, 底面で更に反射させ

て、オープン内の食品を各周辺から均一に加熱されるようになっている。

規格は次のようである。

電 源 単相200V 50~60C/S

電 力 3KVA

高周波出力 約1KW

周波数 2450MC ±50MC

2. 電源・電圧の調整

ボルトスライダで200Vに規正し、電圧計, 電流計, 電力計を接続して電源の変動を監視した。

3. 高周波出力の調整

可変抵抗を高周波出力回路に接続し、電流により陽極電流を300mAに調節した。

4. 加熱時間の測定

電子レンジのクックタイマーを使用せずストップウォッチを使用した。

5. 温度測定

飯尾電機製の調理用温度計を用い、加熱直前, 加熱直後攪拌して測定した。

6. 加熱前後の重量測定

不等比上皿秤を使用した。

7. 容 器

油脂以外は直径10.7cm, 高さ14.8cm, 油脂は直径13.5cm, 高さ15.5cmのガラス製ビーカーを使用した。

8. 試 料

各試料1Kgをオープンの中皿の中央部に静置し各測定時間ごとに新しい試料に取替えて行なった。オープンの中皿は試料の温度上昇に影響するため、一回操作ごとに取替えた。

9. 転換熱量の算出

高周波を吸収して食品が発熱して有効に温度上昇に向けられた量, すなわち, 転換熱量は食品の温度上昇に使用された熱量と, 食品中の水分の蒸発に使用された熱量の和になる。食品の温度上昇に使用された熱量は, 食品の重量と加熱前後の温度差と比熱の積になる。また, 食品中の水分の蒸発に使用された熱量は, 水の蒸発潜熱と水の減量の積で表わされる。従って, 転換熱量は, 次式によって求められる。

$$\text{転換熱量} = ctm + 0.54v \text{ (Kcal)}$$

ただし c……食品の比熱の近似値

$$0.008a + 0.2 \text{ (Siebelの式による)}$$

a……食品の水分含量(%)

t……加熱前後の温度差(°C)

m……食品の初めの重量 (Kg)
 v……減量 [一般には水の蒸発量 (g),
 酒の場合は加熱中の減量をアルコ

ールの蒸発量とみなし, アルコ
 ール蒸発潜熱 0.2Kcal/g を用い
 た]

Ⅲ 結果および考察

図2 砂糖液の温度上昇および転換熱量

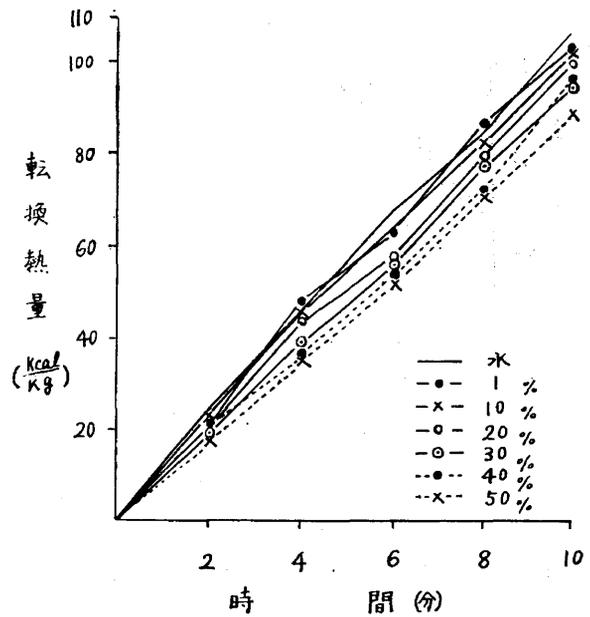
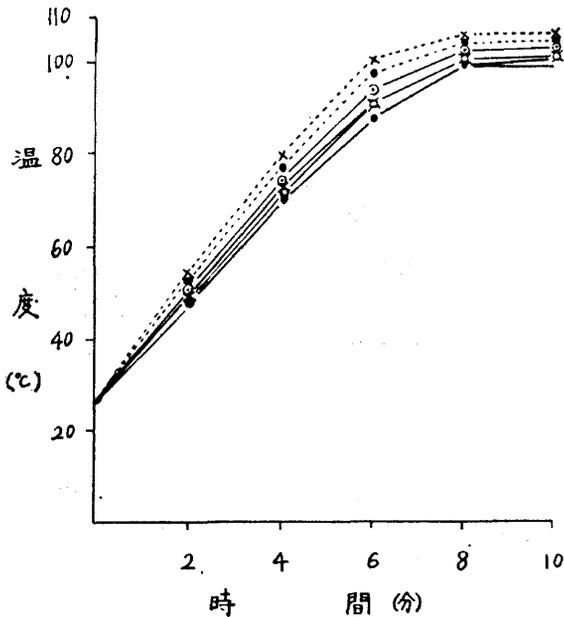


図2は水および各濃度による砂糖液の加熱状態を示す。温度上昇は加熱時間が短い場合は、濃度による差異が余り認められないが、6分程度加熱した場合には、図の如く、砂糖液の濃度が増すに従い温度上昇が

大きい。転換熱量は濃度が高くなるに従い一般に小さくなり、高周波の吸収性は砂糖濃度が増すに従い劣る傾向を示したが、吸収性は水の方が大きい。

図3 食塩水の温度上昇および転換熱量

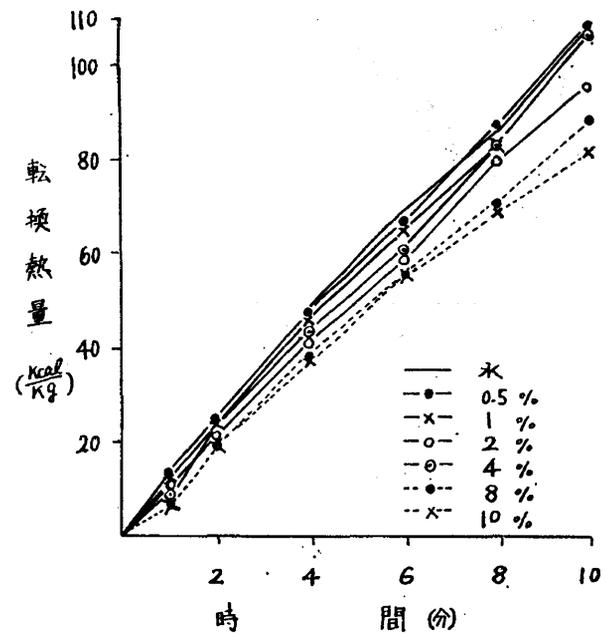
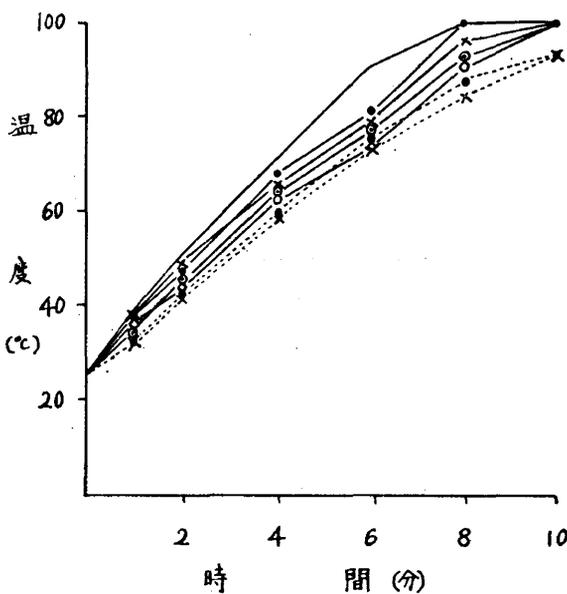


図3は水および0.5%~10%食塩水の場合を示す。温度上昇は砂糖液の場合と逆に濃度が増すに従い緩慢

である。転換熱量は濃度が増すに従い小さくなり、高周波の吸収性が悪いことを示している。

図4 醤油添加の温度上昇および転換熱量

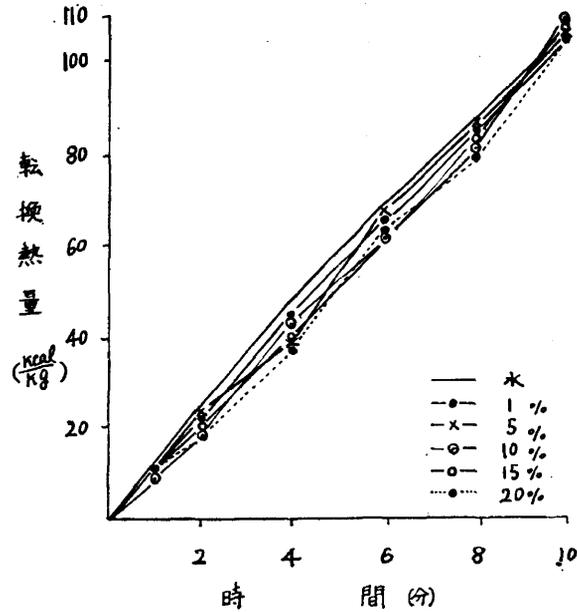
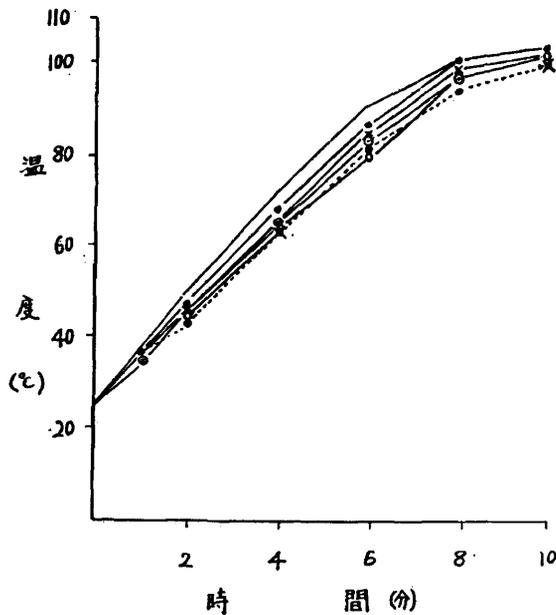


図4は水および1%~20%醤油添加の場合を示す。図5は5%~20%味噌(赤味噌)添加の場合を示す。共に、食塩添加の場合と略同様で、一般に、温度上昇

は濃度が増すに従い小さくなり、高周波の吸収性は濃度が増すほど低下する傾向を示した。

図5 味噌添加の温度上昇および転換熱量

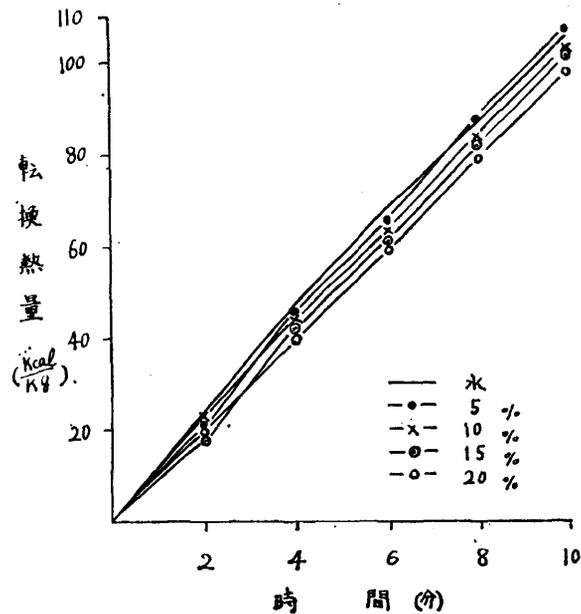
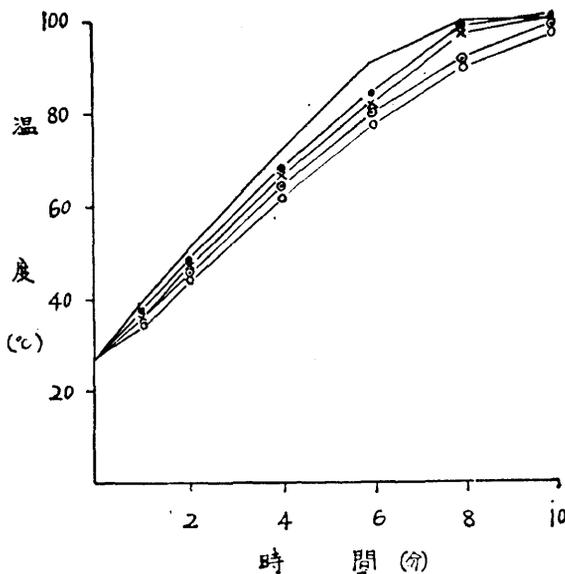


図6は食酢および5%醋酸液の場合を示す。食酢と5%醋酸液は共に水の場合と比べ、温度上昇、転換熱量とも大差ないが、いずれも少し低い傾向を示した。

一となり、長時間の加熱が不可能なため、10分間加熱とした。白絞油、ラード、ヘッド等の温度上昇は、図の如く水より著しく速い。しかし、バターの場合温度上昇は水より速いが、他の油脂に比べ加熱時間が長くなると温度上昇が小さくなる。これはバターが乳脂肪と食塩、水との乳化物のものであるから、他の油脂と同じ挙動をとらないためと思われる。転換熱量はいずれの油脂も水より著しく低く、高周波の吸収性が悪い

図7は食用油脂の場合を示す。油脂は一般に用いられる白絞油、ラード、ヘッド等を使用した、油脂の加熱時間は実際に調理に用いられる温度に到達する15分まで加熱した。しかし、バターの場合には分離して不均

図6 食酢の温度上昇および転換熱量

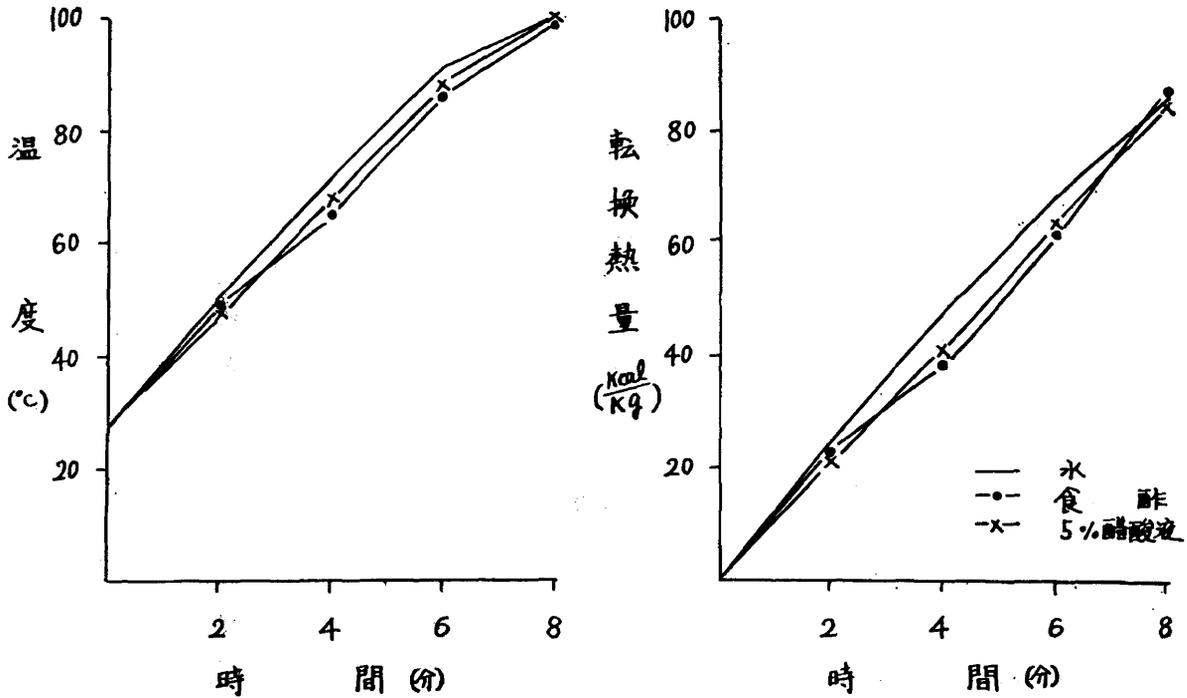
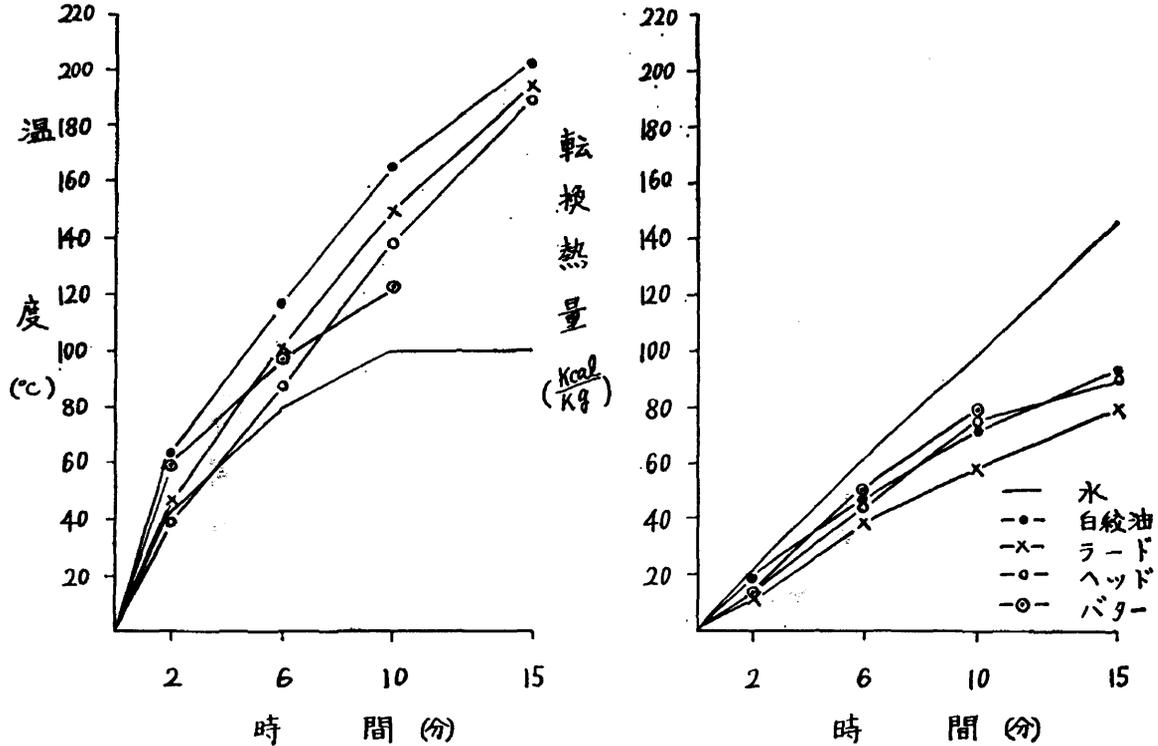


図7 食用油脂の温度上昇および転換熱量



ことが認められた。

図8は水および牛乳、脱脂粉乳の場合で、温度上昇および転換熱量共に水と同じ傾向で高周波の吸収性も水と大差ないことが認められた。

図9はトマトピューレーの場合を示す。トマトピューレーは粘稠であるので、温度分布が不均一であるた

めに温度測定が困難であって、正確にはつかみにくかったが、温度上昇および転換熱量はおおむね図の如くなり、高周波の吸収性は水より、劣っていることが認められた。

図10は水および酒の場合を示し、温度上昇は水の場合に似た傾向を示したが、転換熱量は少し低く、高周

図8 牛乳の温度上昇および転換熱量

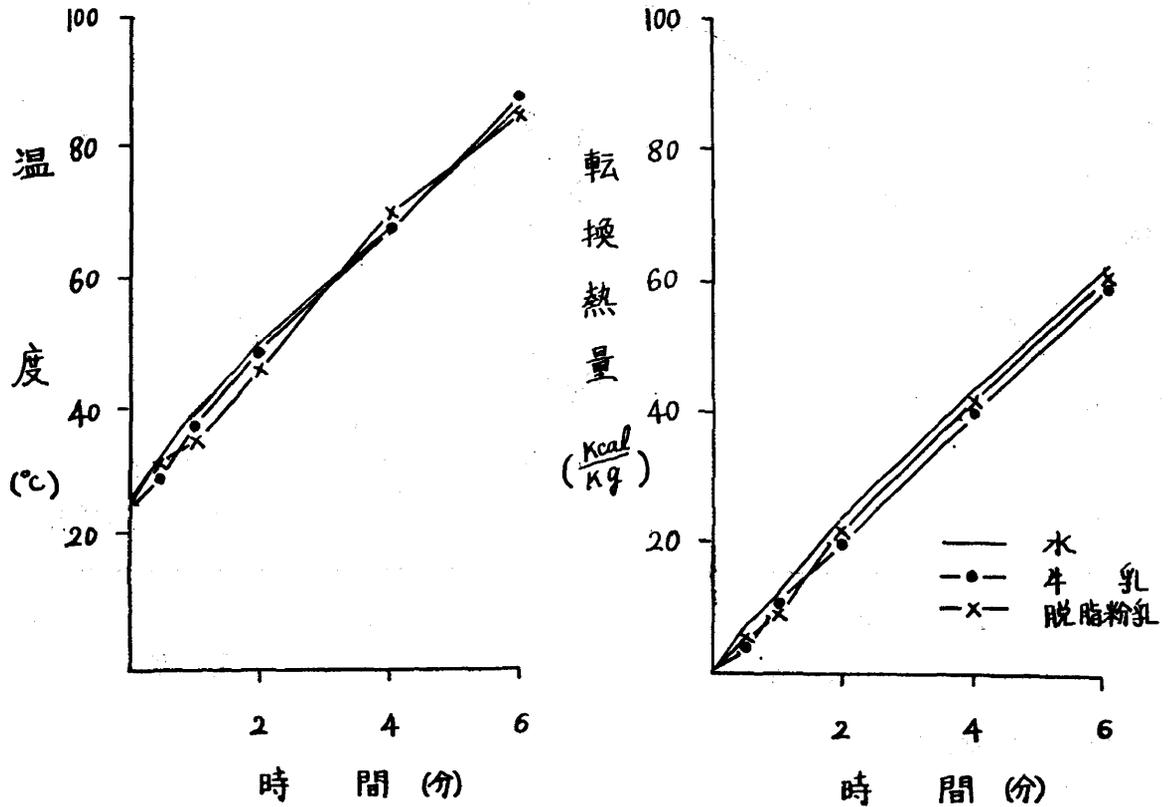


図9 トマトピューレーの温度上昇および転換熱量

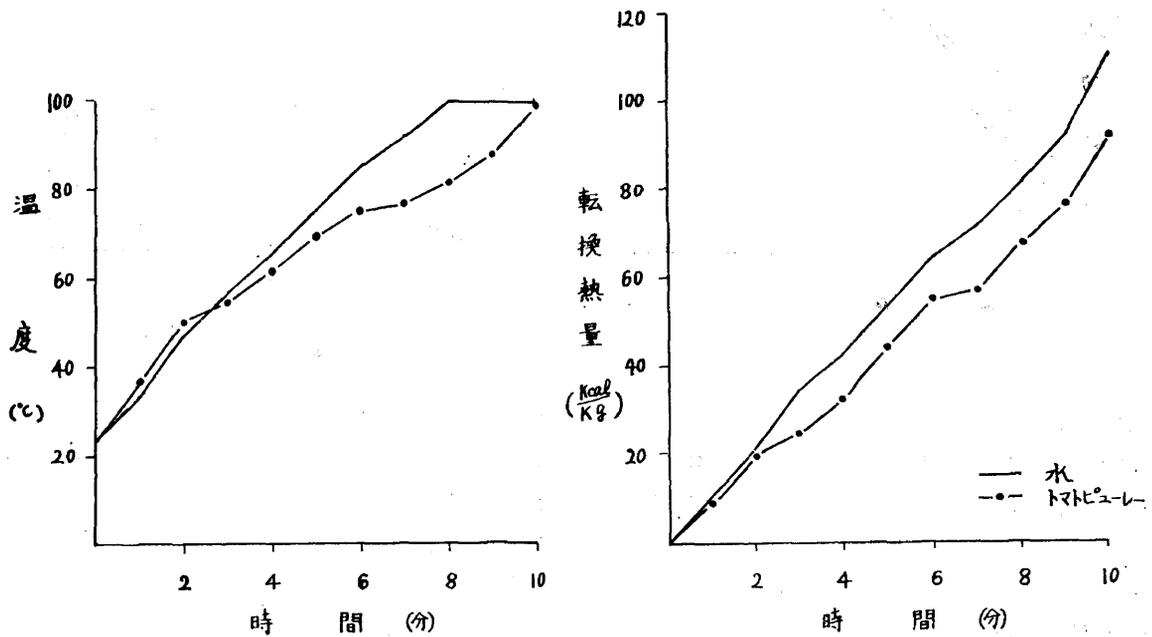


図10 酒の温度上昇および転換熱量

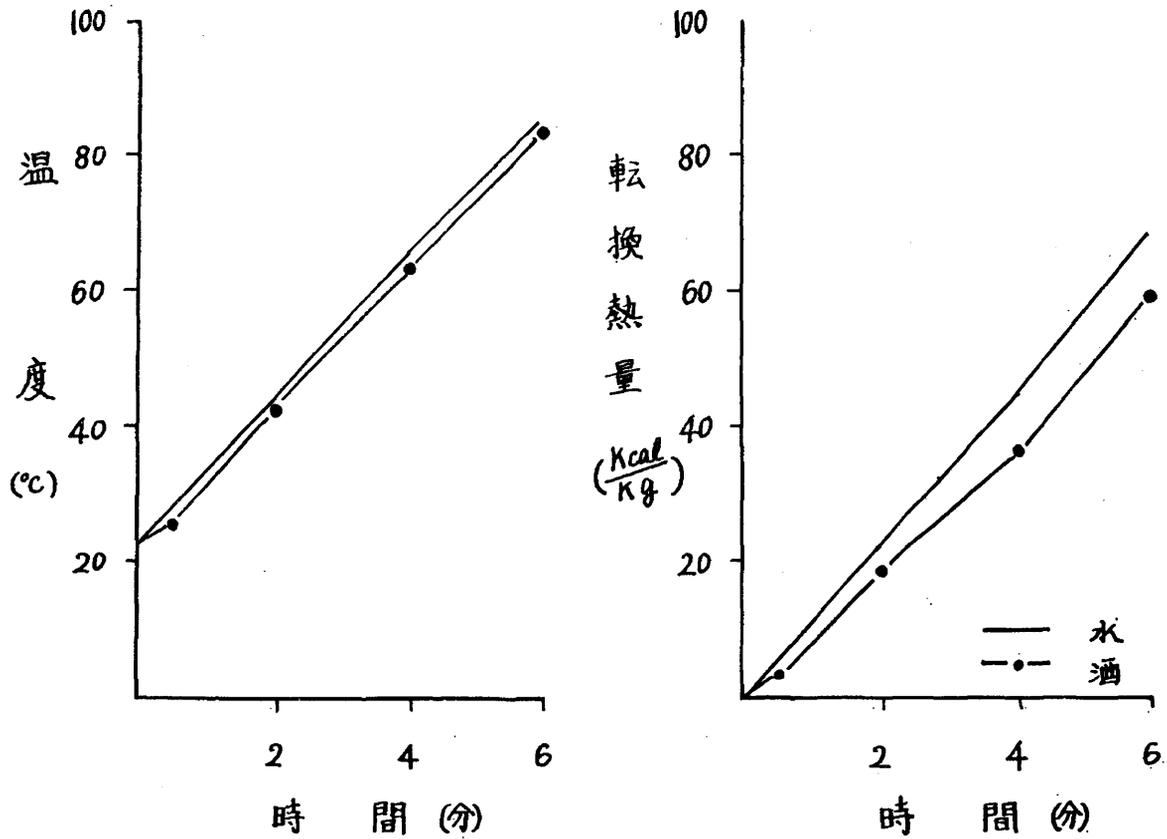
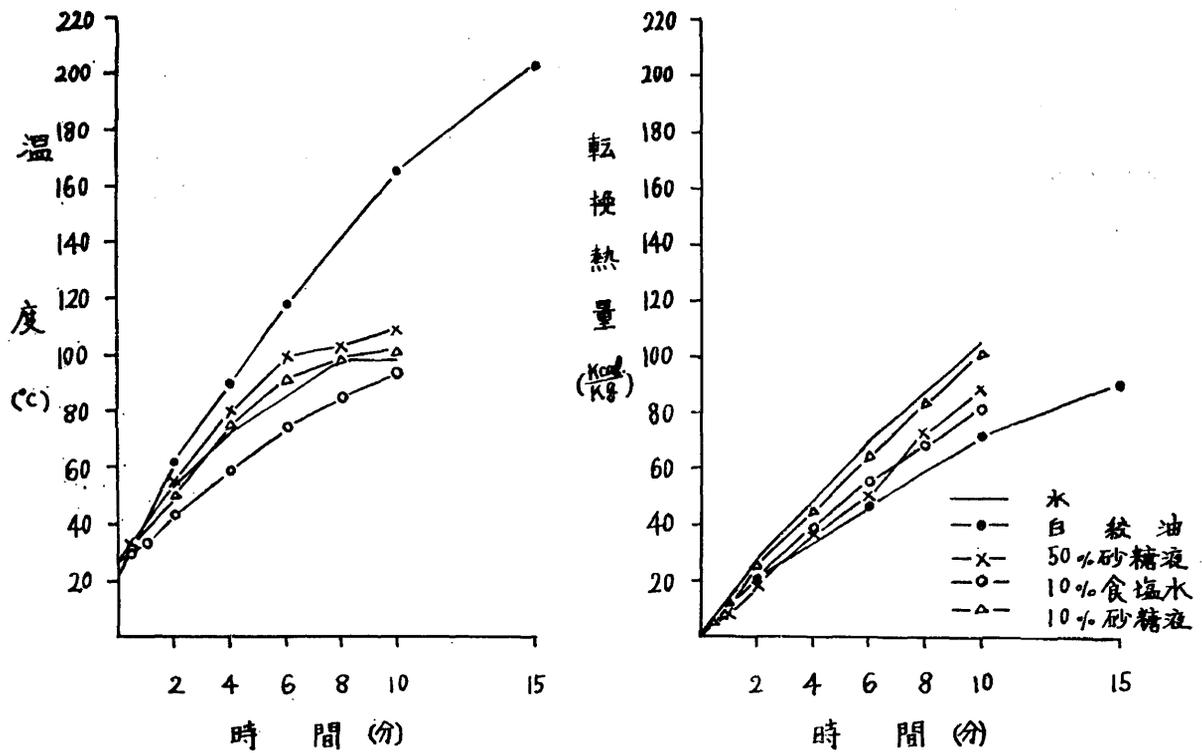


図11 調味料による温度上昇および転換熱量



波の吸収性がやや劣ることを示した。

以上のことから、更に、調味料の種類による高周波の吸収性を水および50%砂糖液、10%砂糖液、10%食塩水、白絞油等について比較をした。図11の如く砂糖液の場合と食塩水の場合の温度上昇を比較すると、砂糖液は食塩水より温度上昇が急速であり、白絞油は砂糖液、食塩水等のいずれよりも著しく上昇した。転換熱量はいずれの場合も水より低く、高周波の吸収性が悪いことが認められるが、食塩と砂糖添加の場合、同じ10%濃度では砂糖の方が転換熱量が大きく、高周波の吸収性が大きいことが認められた。

従来の報告の中には、非電解質である砂糖油脂類は水よりも温度上昇が大きく、更に濃度が高くなると温度上昇も大きくなることより、砂糖、油脂類は加熱促進し、電解質である食塩および食塩を含有するものは水より温度上昇が小さく、また、濃度が高くなるにつれて温度上昇が小さくなることより、食塩等は加熱阻害するという表現を用いているものもあるが、著者等の実験結果より、高周波の吸収性は砂糖液は食塩水より大きい、すべて水より低く、また、濃度が高くなるにつれて高周波の吸収性が小さくなることより、砂糖等濃度が高くなるほど温度上昇が大きいのは比熱が小さくなるため、高周波の特性でないことが認められた。

IV 要 約

1. 基本調味料の場合、砂糖液は濃度が増すに従って温度上昇は速く、食塩、醤油、味噌等は濃度が増すに従って温度上昇は緩慢であり、食酢、牛乳、酒等は水と類似した温度上昇を示した。

食用油脂は白絞油、ラード、ヘッドの順に温度上昇を示し、バターは水分含量の影響か、やや異なっ

た温度上昇を示した。

2. 転換熱量は各種食品とも水より低く、高周波の吸収性は水より劣っていることが明らかで、これも一般に濃度が高くなるにつれて顕著であった。

本研究にあたり、御便宜を与えて下さいました調理研究室の諸先生に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) B. E. Proctar and S. A. Goldblith: *Advance in Food Research*, Vol. 3, 119 (1951)
- 2) Helen J. Van Zante and Hisako Nakayama: *Jaural of Home Economics*, Vol. 51, No. 3, 170 (march 1959)
- 3) Helen J. Vante: *Journal of Home Economics*, Vol. 51, No. 6, 454 (June 1959)
- 4) 岡部 魏: 本誌, No. 2, 16~24 (1957)
- 5) 渡辺 涉, 小林晃等: *食品工業技術*, Vol. 1, No. 2, 69 (1962)
- 6) 渡辺 涉, 小林晃等: *食品工業技術*, Vol. 1, No. 3, 23 (1962)
- 7) 渡辺 涉, 小林晃等: *食品工業技術*, Vol. 2, No. 1, 56 (1963)
- 8) 渡辺 涉, 小林晃等: *食品工業技術*, Vol. 1, No. 2, 60 (1963)
- 9) 渡辺 涉, 小林晃等: *食品工業技術*, Vol. 1, No. 4, 55 (1963)
- 10) 馬場美智, 折竹義計: *食品工業技術*, Vol. 2, No. 8, 49 (1963)
- 11) 加藤舜郎: *食品工業技術*, Vol. 2, No. 1, 49 (1963)
- 12) 中山政司: *食品工学シリーズ*, 9, 22 (1963)
- 13) 中島 敏, 小林次郎: *食品工学シリーズ*, 7, 151~152 (1965)