

## 各種鍋の加熱過程について

富吉靖子 宇山薫

### Study on the Process of Heating with Different Pots

SEIKO TOMIYOSHI, KAORU UYAMA

The research has been conducted to determine the effect on heating (cooking) with different kinds of pan. By some experiments it has been proved that in short-time cooking the speed of heating is higher and energy consumption is less with enameled pans, stainless-steel pans and aluminum pans; as for heat insulation, pyroceram pans and stainless-steel pans are effective.

調理器具はキッチンワークが快適に行なわれるようにと、美しい色調や形に重点がおかれデザイナーの手によって製作され高級化してきている。

鍋も最近新しい素材や構造の異なるものが多い。これ等の鍋は従来のものとは使い勝手が非常に異なるものもあり、料理の出来上りに

に差が生じやすい。

新素材等による鍋の研究<sup>1)~4)</sup>については煩雑でありあまり見られない。そこで著者等は素材の異なる鍋を用いて基礎的手がかりを見出すため、実用的見地から各種鍋の加熱過程について比較検討を試みたので報告する。

表-1 試験使用鍋

鍋の種類(商品名等)	直径	容量	底の厚さ	材質及び特徴
ステンレス鍋A フィスラープロコレクション (キヤセロール) イワタニ・フィスラー株式会社	20cm	3.0ℓ	6.0~8.0mm	材質 18-10ステンレス 底はアルミ合金シートをステンレスでサンドイッチした3層構造のサーミックベース。 特徴 ウォーターシール効果
ホーロー鍋 アリス・アリス(両手鍋) 株式会社エジリー	21cm	3.0ℓ	1.0mm	材質 ほうろう用鋼板, 表面加工ほうろう
ステンレス鍋B	20cm	2.8ℓ	1.0mm	材質 本体は鉄を18-10ステンレスでサンドイッチした3層鋼製, 蓋は18-8ステンレス鋼 特徴 水膜密封効果, カラーツマミ開閉で内圧の調節。
アルミニウム鍋 ロレッタ・アルミニウム鍋(両手鍋) 理研軽金属工業株式会社	20cm	2.6ℓ	2.0mm	材質 アルミニウム合金 表面加工, アルマイト
パイロセラム鍋 ビジョン(両手鍋) 岩城硝子株式会社	20cm	2.8ℓ	6.0~7.0mm	材質 パイロセラム

Key words : enameled pans, stainless-steel pans, aluminium pans, pyroceram pans

## 実験方法

### 1. 試験使用鍋

実験に使用した鍋は表-1, 図-1のようである。

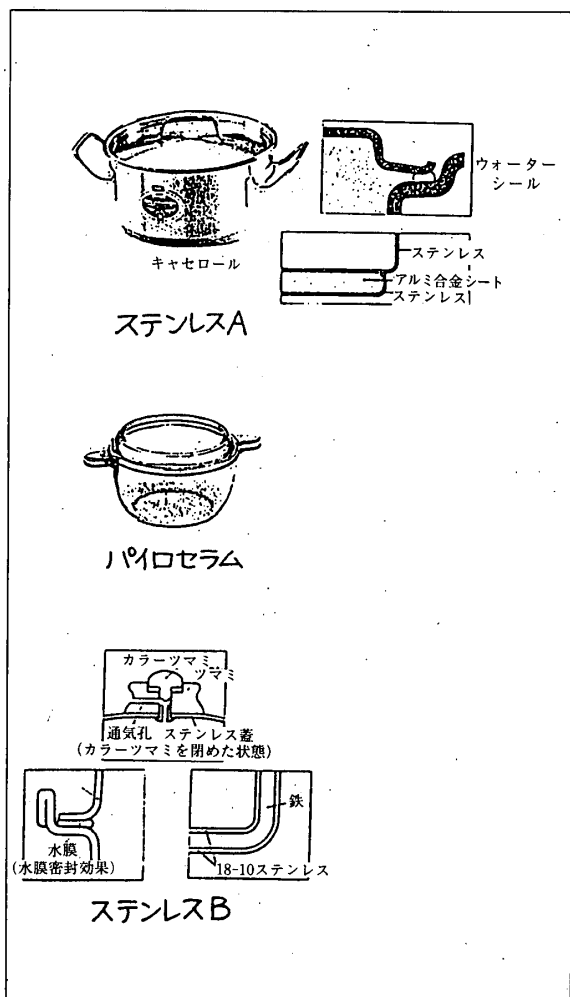


図-1 試験使用鍋

### 2. 試料

食塩—精製塩（日本たばこ産業株式会社），砂糖—上白糖（三井精糖株式会社），デン粉—じゃがいもデン粉（北光デン粉工業株式会社），じゃがいも—男爵（長崎産A-2L），1992年度生産品を使用する。

液体試料の量は常法に準じ鍋容量の1/2とする。試験鍋平均容量の1/2量は1.4 l = 1400 gとし，2%食塩溶液は食塩28 gを水に溶解させて1400 gとする。同様の方法で10%砂糖溶液，2%・3%デン粉溶液を調整して用いる。

じゃがいもは直径3.7 cm・長さ4.5 cmの円筒形とする。

### 3. 温度測定

試験鍋に一定量の水（1400 g）を入れ，ガスコンロ（RTS-B都市ガス用テーブル・リンナイ株式会社）に載せて，この装置を加熱する。ガス栓全開使用を強火，栓調節7段切替の中心4を中火の基準とした。

試験鍋の円心で，水の深さの1/2点に6打点式熱電温度記録計（横川電気製）のセンサーを入れ，最高温度に達するまでの温度上昇過程を記録する。

最高温度（100℃）を記録した点を確認後消火し，ただちに温度低下する状態を記録する。

### 4. 消費ガス量

ガス流量計（乾式ガスメーターN1号・竹中製作所）を用いてガスの流量を測定した。

## 結果及び考察

水の温度上昇状態と沸騰水の温度低下状態を知るため，各試験鍋を用いて水（中火・強火・強火蓋使用）・2%食塩溶液（強火）・10%砂糖溶液（強火）の加熱による温度上昇の経時変化及び沸騰した液を常温に放置し温度低下の経時変化を記録した。図-2, 3, 4, 5, 6に示す。

図-7, 8は2%と3%デン粉溶液の温度低下の経時変化を示したものである。

各試験鍋の平均沸騰速度（水から最高温度100℃に至るまでの伝導速度）を温度上昇状態から算出した。

鍋への熱伝導については $Q = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta x} St$ の公式で求められているが，今回用いることが困難であったため熱伝導率を求めなかった。今回の試験においては鍋への熱伝導は検討しなかった。

保温効果をみるため，50℃（飲用としてはや、低い温度）まで低下する時間を，経時変化のグラフから算出する。

#### (1) 平均沸騰速度

楠氏等の報告<sup>2)</sup>の方法を引用し，次のように求めた。

温度上昇曲線から1分時の前後における温

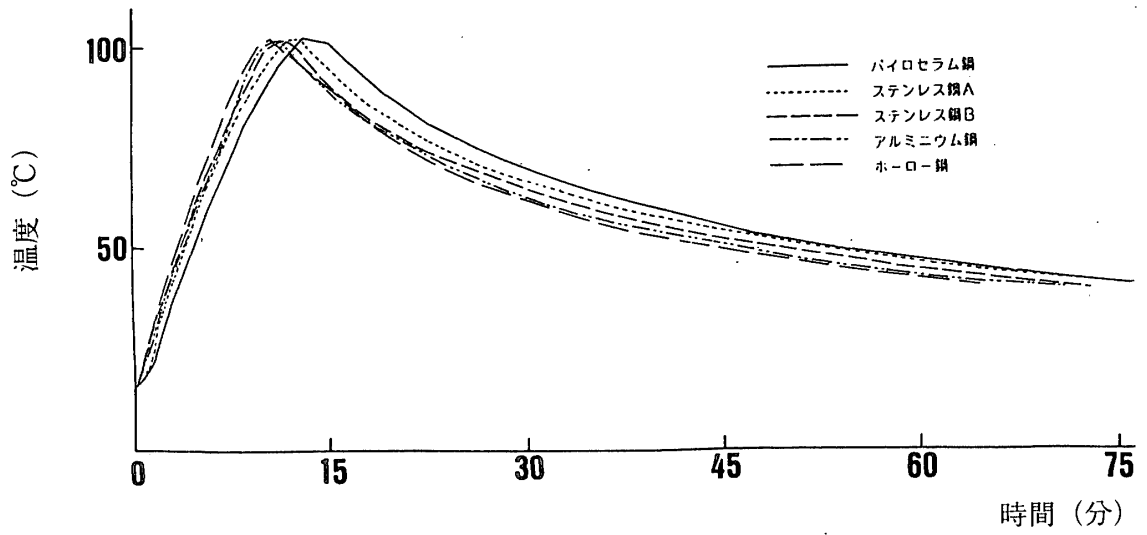


図-2 水温の経時変化 (火力 中火)

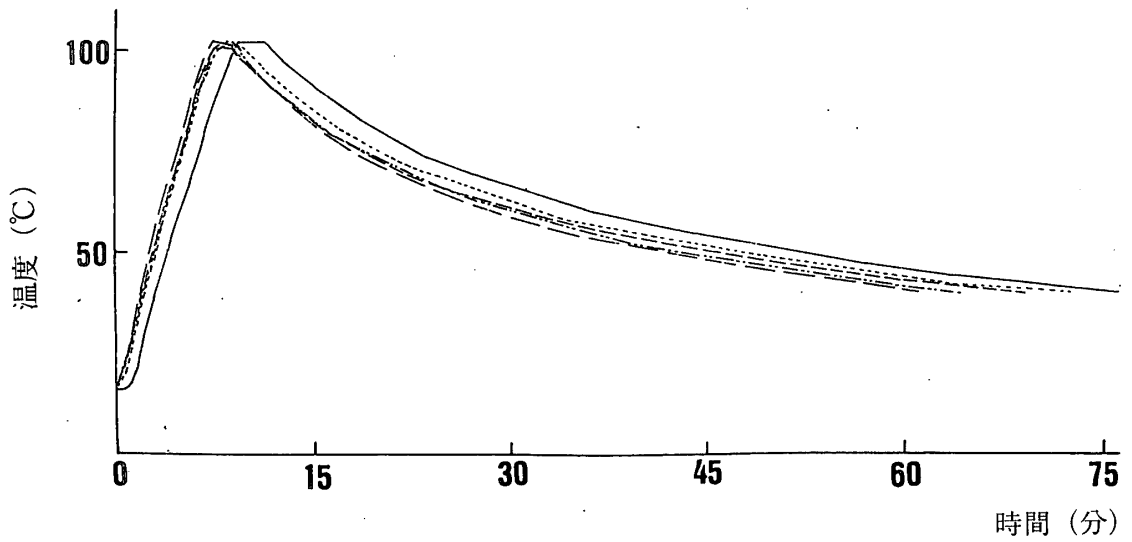


図-3 水温の経時変化 (火力 強火)

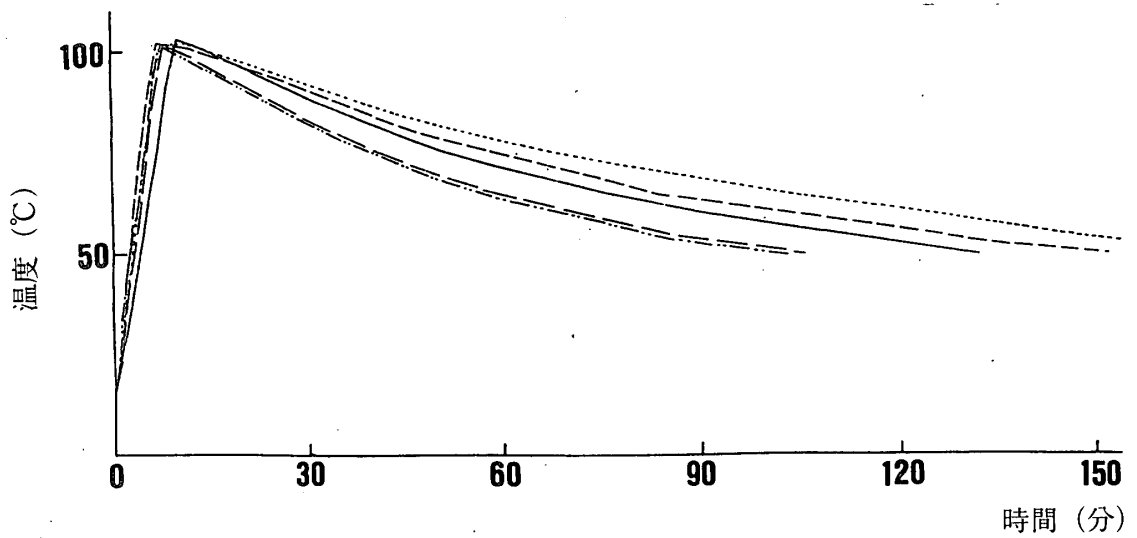


図-4 水温の経時変化 (火力 強火, 蓋有り)

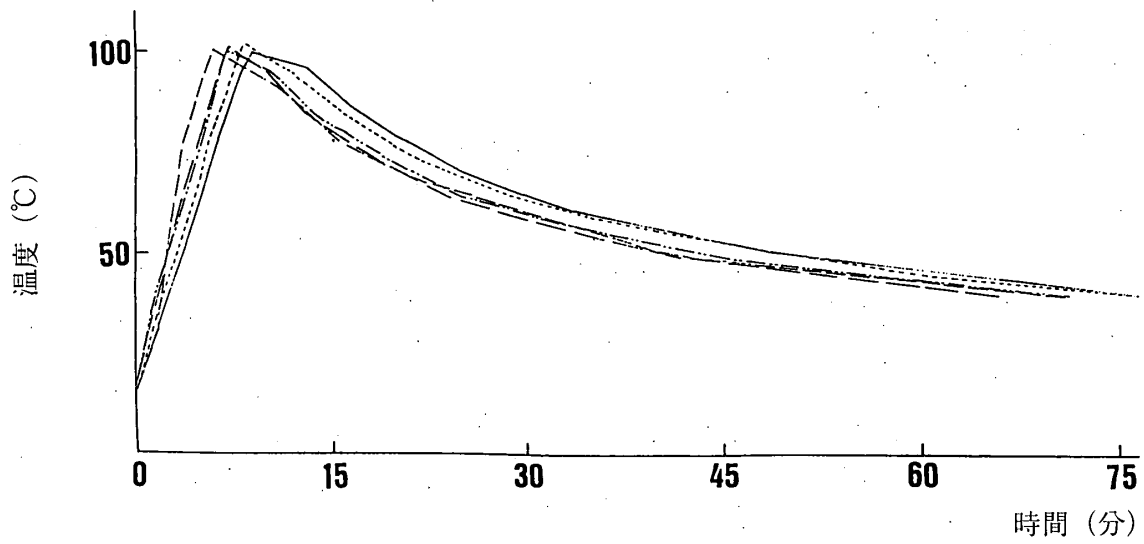


図-5 2%食塩溶液の温度経時変化

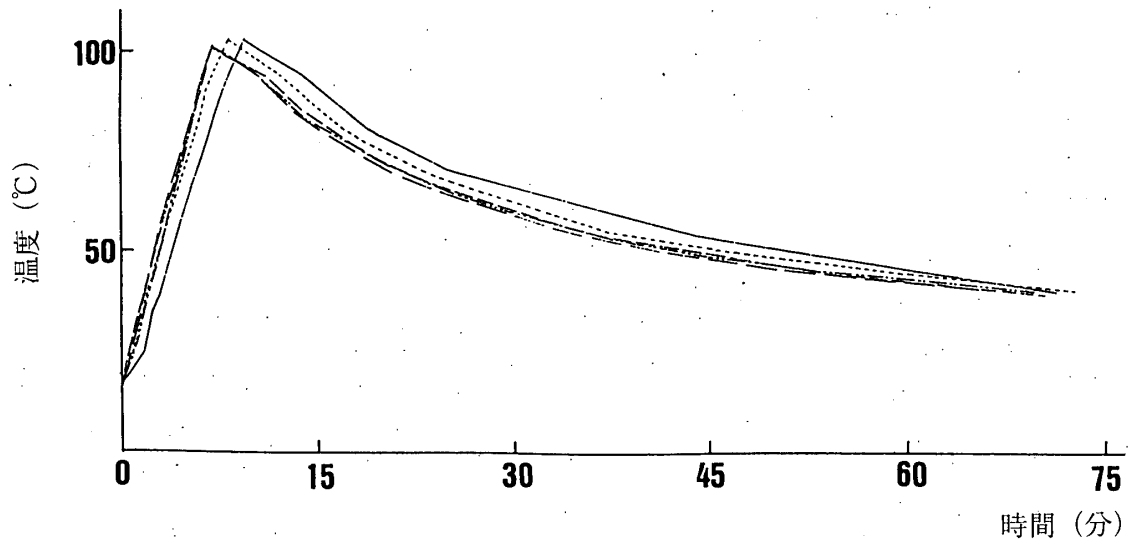


図-6 10%砂糖溶液の温度経時変化

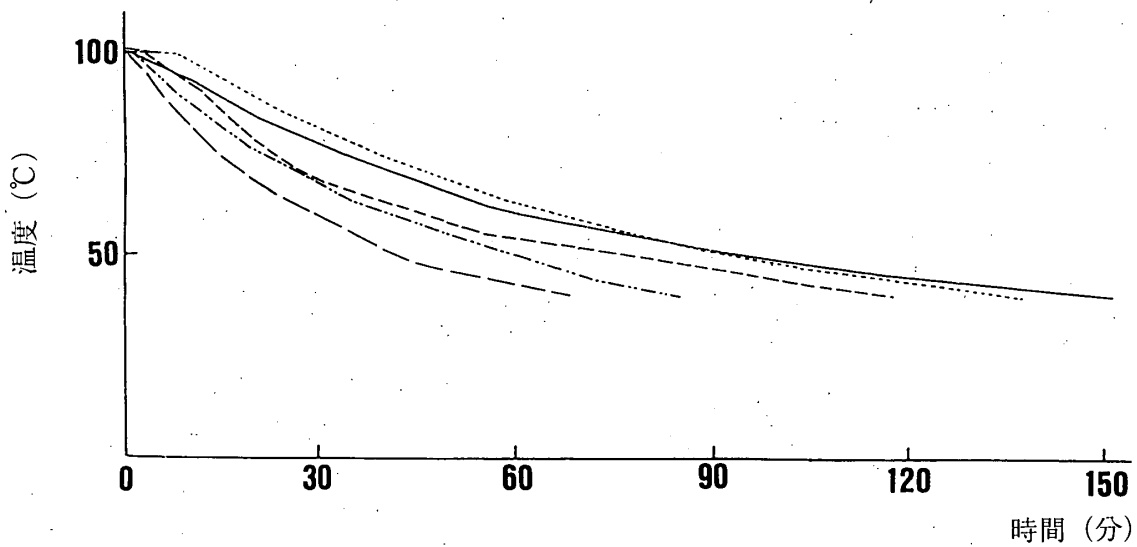


図-7 2%デンプン溶液の温度経時変化

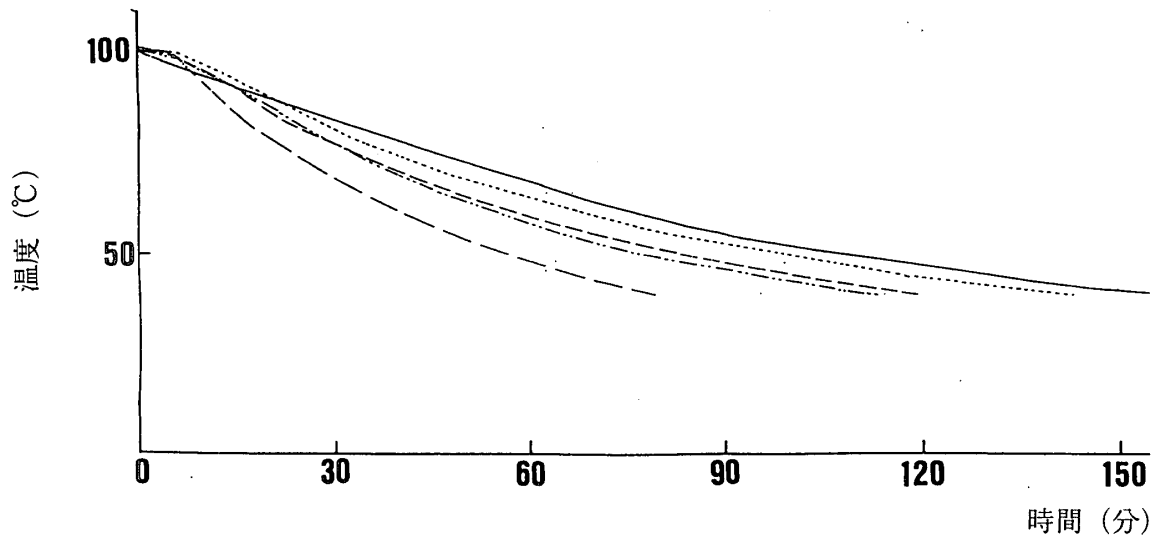
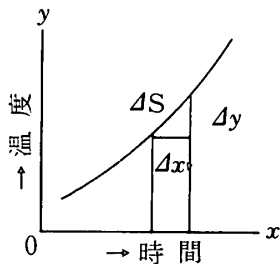


図-8 3%デンプン溶液の温度経時変化

度差，すなわち1分間に上昇した温度を各分ごとに計算して，点火時（水温）から沸騰に至るまでに要した時間をもって平均したものである。

計算方法

x軸に時間，y軸に温度を示したグラフ曲線上を移動していく速度を求める。



この曲線上を移動するある点の速度をVで表わすと，この附近の小なる曲線 Δs を小なる時間 Δt で移動した場合には次のような式で速度を表わすことができる。

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \text{①}$$

この Δs は図によって明瞭であるように

$$\Delta s = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \quad \text{②}$$

②式を①式に代入して

$$V = \frac{\sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}}{\Delta t} = \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{\Delta t}\right)^2} \quad \text{③}$$

となるが，こゝにx軸は1分時を単位として取って，速度も1分間の速度とすると

$$\Delta t = 1 = \Delta x \quad \text{④}$$

という関係が成立するので

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \sqrt{1 + (\Delta y)^2}$$

という型にすることができる。こゝに Δy は1分時前後における温度差，すなわち，その1分間に上昇した温度数を示すものである。

例 34.0°Cであったものが1分間後に43.0°Cになったとする時，

$$\Delta y = 43.0 - 34.0 = 9.0 \text{ であって}$$

Vの値は

$$V = \sqrt{1 + (9)^2} = \sqrt{1 + 81} = \sqrt{82} = 9.055 \text{ となる。}$$

以上のような方法で各試験鍋の水の平均沸騰速度を算出した。

各鍋の温度上昇の形は似ている。ホーロー鍋，ステンレス鍋B，アルミニウム鍋はほぼ同時間に100°Cに到達するが，パイロセラムの上昇速度は5.837と緩慢であった。ステンレス鍋Aの上昇状態はホーロー，ステンレスB，アルミニウムと同様である。

中火と強火の加熱速度を比較すると強火加熱の方が30~55%速かった。

蓋を使用した場合の上昇速度はわずかに加速されたが，各種鍋の差は小さかった。

2%食塩水の場合は水（強火）の加熱に比べ，上昇速度はホーロー，パイロセラムはわずかに，アルミニウムは14%と速かった。ステンレス鍋Bは48%と異常に加速された。

10%砂糖溶液の場合はわずかに水強火加熱

表-2 沸騰までの所要時間及び平均沸騰速度

		ステンレスA	ホーロー	ステンレスB	アルミニウム	パイロセラム
水						
中火蓋なし	時間	12分00秒	10分12秒	10分30秒	10分12秒	13分12秒
	速度	(7.216)	(8.165)	(8.042)	(8.210)	(5.837)
強火蓋なし	時間	8分36秒	7分48秒	7分48秒	7分48秒	9分18秒
	速度	(10.288)	(11.351)	(10.510)	(10.401)	(8.831)
強火蓋使用	時間	7分48秒	7分48秒	7分12秒	7分48秒	9分36秒
	速度	(10.933)	(10.796)	(11.453)	(10.903)	(9.615)
2%食塩溶液 蓋なし	時間	8分24秒	7分12秒	6分00秒	7分12秒	9分00秒
	速度	(9.719)	(11.980)	(14.466)	(11.864)	(9.014)
10%砂糖溶液 蓋なし	時間	8分24秒	7分12秒	7分12秒	7分12秒	9分36秒
	速度	(10.222)	(11.730)	(11.763)	(11.700)	(8.875)

より速かった。

(2) 保温効果 (降下速度)

水を加熱し、沸騰を確認し、消火と同時に降下温度の変化を測定した結果は、中火蓋なしの場合パイロセラム鍋が降下速度1.483で最も保温効果があった。

水強火蓋なしはパイロセラム鍋、ステンレス鍋A、ステンレス鍋Bの順に保温効果がよい。蓋を使用するとステンレス鍋A、ステンレス鍋Bの順に保温効果がよい。ステンレス鍋は底三層になっており、Aの鍋はアルミニウム

を、Bの鍋は鉄をサンドイッチされている材質の差と構造がウォーターシールになるように鍋蓋に工夫されている効果と考えられる。

2%と3%のデンプン溶液を加熱し、沸騰を確認し、消化と同時に降下温度の変化を記録した場合ホーロー鍋は降下に要した時間が最も短かった。

パイロセラム鍋の3%デンプン溶液の場合は109分12秒と降下に最も長く時間を要した。

水強火蓋使用の場合とデンプン溶液の降下傾向が似ていた。

表-3 保温効果 (降下速度)

		ステンレスA	ホーロー	ステンレスB	アルミニウム	パイロセラム
水						
中火蓋なし	時間	37分12秒	31分48秒	36分36秒	33分00秒	40分12秒
	速度	(1.534)	(1.816)	(1.621)	(1.701)	(1.483)
強火蓋なし	時間	37分48秒	32分24秒	36分36秒	34分48秒	40分12秒
	速度	(1.563)	(1.760)	(1.584)	(1.694)	(1.423)
強火蓋使用	時間	160分12秒	95分24秒	142分48秒	92分24秒	119分24秒
	速度	(0.350)	(0.570)	(0.390)	(0.595)	(0.474)
2%食塩溶液	時間	41分24秒	34分12秒	34分48秒	36分36秒	41分24秒
	速度	(1.401)	(1.633)	(1.525)	(1.512)	(1.319)
10%砂糖溶液	時間	36分36秒	33分36秒	37分12秒	36分00秒	40分12秒
	速度	(1.545)	(1.684)	(1.534)	(1.559)	(1.449)
2%デンプン溶液	時間	93分36秒	41分24秒	55分48秒	60分00秒	97分12秒
	速度	(0.561)	(1.291)	(0.936)	(0.890)	(0.563)
3%デンプン溶液	時間	99分00秒	57分00秒	82分48秒	76分48秒	109分12秒
	速度	(0.537)	(0.912)	(0.640)	(0.681)	(0.483)

### (3) 消費エネルギー量

加熱調理をするうえで熱源とエネルギーは経済性を検討する目安とする。今回はガスを使用し、水の沸騰までのガス消費量を測定し、消費エネルギー量を算出した。

計算方法

沸騰までに要したガス流量数  $\times 11,000 \text{kcal/m}^3 = \text{消費エネルギー量}$

例 ホーロー鍋のガス流量数  $0.033 \text{m}^3$  のとき  
 $0.033 \times 11,000 = 363 \text{kcal}$  となる。

長時間の加熱調理状態も検討するため水煮試験を行った。じゃがいもを水煮調理し、消費ガスを測定した。加熱方法は水温を  $99^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$  に保たせ、じゃがいもの内部温度を上昇させ  $98^\circ\text{C}$  に達した時点から20分水煮した。

図7は強火蓋なしのもの、図8は蓋を使用したものである。蓋を使用すると30~44%とガスの消費量が軽減された。

水の加熱も含め表4全体を比較するとステンレス鍋Aとパイロセラム鍋は10~15%消費

表-4 消費ガス量

(消費エネルギー13A—11,000kcal/m<sup>3</sup>)

		ステンレスA	ホーロー	ステンレスB	アルミニウム	パイロセラム
水中火蓋なし	m <sup>3</sup>	0.036	0.033	0.033	0.031	0.039
	kcal	(396)	(363)	(363)	(341)	(429)
〃強火蓋なし	m <sup>3</sup>	0.040	0.037	0.037	0.037	0.043
	kcal	(440)	(407)	(407)	(407)	(473)
〃強火蓋使用	m <sup>3</sup>	0.034	0.030	0.030	0.033	0.039
	kcal	(374)	(330)	(330)	(363)	(429)
2%食塩溶液	m <sup>3</sup>	0.037	0.033	0.035	0.033	0.043
	kcal	(407)	(363)	(385)	(363)	(473)
10%砂糖溶液	m <sup>3</sup>	0.038	0.033	0.035	0.034	0.042
	kcal	(418)	(363)	(385)	(374)	(462)
じゃがいも水煮 蓋なし	m <sup>3</sup>	0.093	0.083	0.090	0.084	0.098
	kcal	(1,023)	(913)	(990)	(924)	(1,078)
蓋使用	m <sup>3</sup>	0.054	0.052	0.059	0.055	0.061
	kcal	(594)	(572)	(649)	(605)	(671)

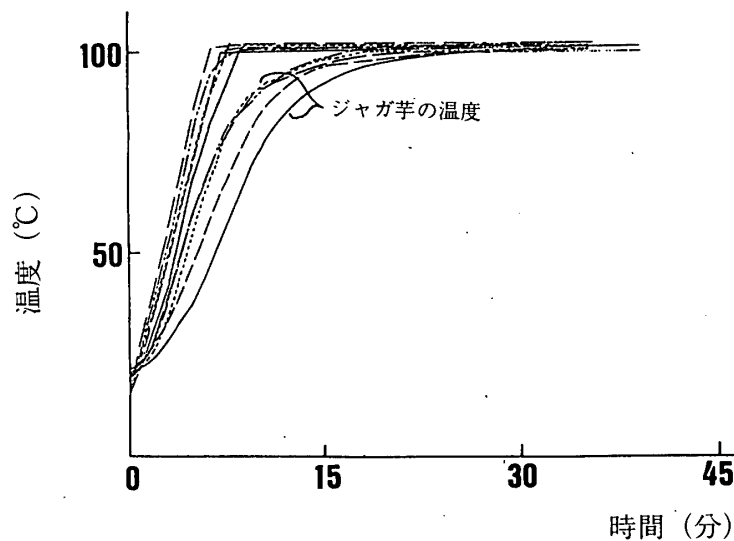


図-9 ジャガ芋の水煮の温度経時変化  
 (ジャガ芋の内部温度が $98^\circ\text{C}$ に上昇した時点から20分煮る。)

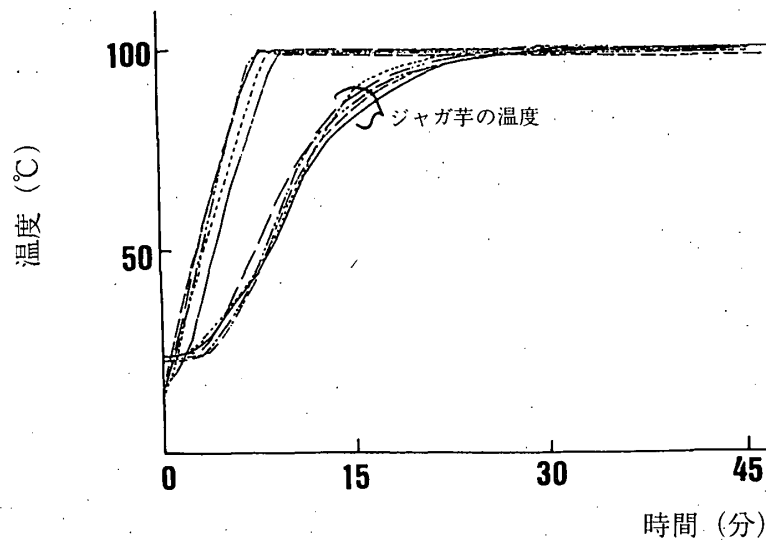


図-10 ジャガ芋の水煮の温度経時変化 (図-9の蓋有り)

表-5 熱効率 (%)

	ステンレスA	ホーロー	ステンレスB	アルミニウム	パイロセラム
水					
中火蓋なし	30.4	32.4	32.4	34.5	27.7
強火蓋なし	27.0	29.6	29.2	29.2	25.5
強火蓋使用	31.8	36.1	36.5	33.2	28.4
2%食塩溶液蓋なし	29.2	32.8	30.5	32.8	24.9
10%砂糖溶液蓋なし	29.1	32.8	30.9	31.8	26.1
じゃがいも水煮蓋なし	11.8	12.9	11.9	12.7	10.9
じゃがいも水煮蓋使用	20.3	20.8	18.1	19.4	17.9

エネルギーが多かった。

#### (4) 保温効果

2%と3%のデンプン溶液を加熱し、100°Cに達したのを確認し、消火と同時に降下温度の変化を記録した。

パイロセラム鍋は159分と降下に最も長く時間を要した。水強火蓋使用の場合とデンプン溶液の降下傾向が似ていた。

水強火蓋なしはパイロセラム鍋、ステンレス鍋A、ステンレス鍋Bの順に保温効果がよい。蓋を使用するとステンレス鍋A、ステンレス鍋Bの順に保温効果がよい。ステンレス鍋は底三層になっており、Aの鍋はアルミニウムを、Bの鍋は鉄をサンドイッチされている材質の差と構造がウォーターシールになるように鍋蓋に工夫されている効果と考えられる。

#### (5) 熱効率

ガス栓全開で最高温度に達するまでのガス

$$\text{熱効率} = \frac{(\text{最高温度} - \text{水温}) \times \text{水の量}}{11,000 \text{Kcal} \times (\text{ガス量}) \text{m}^3} \times 100$$

消費量から下記の計算方法により算出した。

熱効率を比較すると短時間加熱の場合、ホーロー鍋、アルミニウム鍋、ステンレス鍋Bの順によかった。いずれも底の薄い鍋である。水煮調理の場合は各種鍋の差は小さくなる。蓋なしと蓋使用の場合を比較すると、短時間加熱は10~19%効率がよく、長時間加熱の場合は34~41%と効率が高まる。

#### 要 約

素材の異なる5種類の鍋を用い基礎的実験を行い比較検討した。

1. 強火加熱の加熱速度は中火加熱の30~50



- %速かった。
2. 水に比較して2%の食塩溶液の温度の上昇速度はより速かった。また10%砂糖溶液は水よりわずかに速かった。
  3. 保温効果はパイロセラム鍋, ステンレス鍋A, ステンレス鍋Bが優れていた。
  4. 蓋を使用することでガス消費量は3%から44%に軽減された。
  5. パイロセラム鍋, ステンレス鍋Aは鍋本体が吸収する消費エネルギー量が多いため,

加熱速度が遅く, 材料への熱の移動にも影響していると考えられる。

6. ホーロー鍋, ステンレス鍋B, アルミニウム鍋は加熱速度が速く, 消費エネルギー量も少なく経済的であり, 短時間加熱調理に適していることが明らかであった。

この稿を終わるにあたり, 本研究にご助言下さいました本学教授, 浜島教子先生に深く謝意を表します。

## 文 献

- 1) 伊藤ひで子, 飯塚礼子: 聖徳栄養短期大学紀要, 4, 17 (1973)
- 2) 楠喜久枝, 増田道子, 藤井泰子, 堀之内みち代: 中村学園大学短期大学研究紀要, 4, 167 (1971)
- 3) 楠喜久枝, 三成由美, 橋本啓一, 田中正巳: 日本家政学会誌, 42, 1, 25 (1991)
- 4) 楠喜久枝, 三成由美, 橋本啓一, 田中正巳: 日本家政学会誌, 42, 1, 34 (1991)