

# ジユールヒーターシステム

多田宗儀

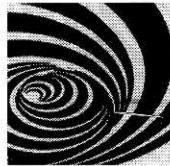
(株)イズミフードマシナリ  
技術部設計1グループ 課長

食品工業 Vol.45 No.22 別冊

## 特集

### 新開発の機械・装置 II

### ジュールヒーターシステム



#### FEATURES

多田宗儀

#### はじめに

昨今食品業界は、O-157、BSE、食品添加物、遺伝子組み換え、さらには産地表示等々の問題が多発し、その対策に追われ、必死に消費者のニーズに応えられる企業体質改善に取り組んでいる様子がひしひしと感じられる。そのような現状において製品そのものについては、品質上安全で問題のないものを提供することはもちろんのこと、特に今までの製品とは差別化を図るべく、素材の風味を生かしながら、かつ確実な殺菌、美味しい調理法という相反する技術が求められている。

食品の殺菌、調理方法としては、外部加熱によるものが一般的な方法として用いられているが、その加熱殺菌は、過剰の熱により成分の変質、変色、香り成分の揮発、分解等が生じ、加熱前の風味が損なわれてしまう。そこで、食品の素材を残す、殺菌・調理法として注目されつつあるジュールヒーターシステムについて紹介する。

「ジュール加熱」は、古くはパンの焼き器や佃煮の加熱に一部使われていたが、食品工業的には殆ど利用されていなかった。近年、水産練り製品にジュールヒーターが利用されるにおよび、他の

食品業界にも対象物が広がり、一躍脚光を浴びるようになってきた。ジュールヒーターは、その最大の特徴である「急速均一加熱」を生かし、今まで他の方法では、できなかつた分野に幅広く利用されつつある。今日では、高粘度食品（みそ・調味料・餡・水練り製品）、固体物入り食品（フルーツソース・果肉・調理食品）、固体物食品（さかな、鶏、肉、練り製品）、その他（クリーム類、ソース類、めんつゆ）への利用が幅広く研究、開発され生産工場に導入されつつある。ここでは、従来の処理方法と比較しジュール導入のメリットを掲げ、その特長を本当に生かした装置のシステムとはどういうものなののかを紹介すると共に今後の展開についても探っていきたい。

#### 1. 原理

通電加熱の原理は図1に示すように、食品に直接電極板を介して電流を流し、食品そのものを発熱体（ジュール熱）として加熱する。

ジュールの原理を算式で表すと以下の通りである。

$$1) P=I^2R=I^2 \times V/I = I \times V \quad (\text{ジュールの法則})$$

$$2) P=(1/2)\omega \varepsilon A(V^2/L)$$

P : 電力 (W) I : 電流 (A) R : 抵抗 ( $\Omega$ )  
 $\omega$  : 周波数 (HZ)  $\varepsilon$  : 誘電損失 A : 電極板面積 ( $cm^2$ ) V : 電圧 (V) L : 電極間距離 (cm)

ただ むねよし  
(株)イズミフードマシナリ  
技術部設計1グループ 課長

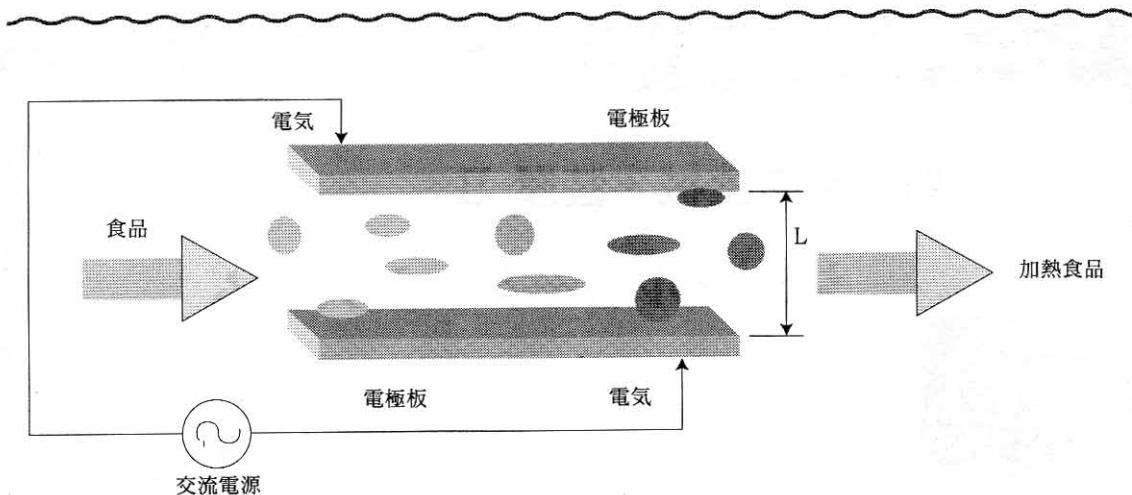


図1 通電加熱の原理

実用上の計算では

食品の電気伝導度  $S$  ( $S/cm$ ) =  $(1/2)\omega\epsilon$  とみなし

3)  $P=SA(V^2/L)$  を用いる。

1) 式では、電流・電圧または、抵抗値が大きいほど消費電力は大きく、加熱速度が速くなる。

3) 式は、食品の電気伝導度・電極板面積・電圧が大きく、電極間距離が短いほど大きな昇温が得られる。

次に消費電力と消費エネルギーの関係を見ると 1 KWh = 860Kcal/h であるから 1,000kg の食材 (比熱 : 1) を 1 時間で 50°C 昇温させるには、50,000 Kcal/h のエネルギーが必要で消費電力は、約 60 KWh の電力が消費され、電気代は 20 円/KWh とすると 1,200 円/h 必要となる。

原理的には、水分と塩類あるいはミネラルがあれば通電出来るので、全く水分を含まない油脂類や粉体を除いて、殆の食品に適用可能である。通常は、50/60HZ の商用電源を用いるが、電極板の腐食防止や、通電性の悪い食材には、高周波電源を用いることがある。

一方、高周波電源は、イニシャルコストが高く変換損失が意外と大きいので、使用時には、この点を充分考慮し選定する必要がある。

## 2. ジュールの特徴

1) 食品を直接発熱体にするので固形食品や高粘性食品でも均一かつ迅速な加熱ができる。

2) 食品を直接発熱体にするのでエネルギー効率が良い。

3) 発熱量を通電量で制御出来るので、固形食品でも微妙な温度コントロールが可能である。特に蛋白変成領域等に使用すると効果を發揮する。

## 3. 効果

### 1) 殺菌・調理

一般に食品の加熱殺菌・調理は、任意の温度に達した後、その温度で一定時間保持し、安全を見こんだ殺菌・調理を行っている。従来の加熱方法は、間接的 (熱伝導、対流等) なもので図 2 に示すように熱源に近い表面から加熱が始まるため、中心温度が殺菌温度に達するまで時間がかかる。このため殺菌・調理時間が長くなってしまい表面付近は、長時間所定温度以上になってしまふため、変色、風味の劣化、組織の破壊等が生じる。

それに対し通電加熱法は、電極表面、中心部とも均一かつ迅速に品温が上昇するために殺菌・調理時間の短縮と過加熱による変色、風味の劣化、組織の破壊等が生じない。

図3、図4、図5は、それぞれの従来の加熱方法と、ジュール通電加熱の温度上昇状態を示したものである。

食品の加熱方法の分類及び比較を表1及び図6、図7に示す。

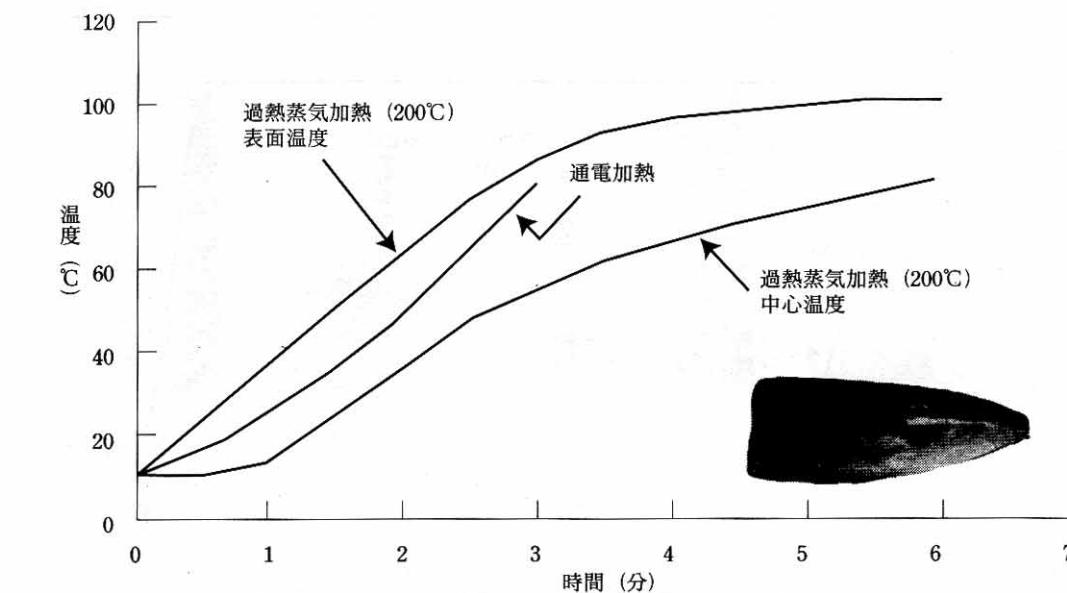


図2 さかな（サバ）の加熱

●直接加熱であり、 $\Delta t$ （熱媒との温度差）= 0。

●高粘度、固体分入り食材も急速加熱が可能。

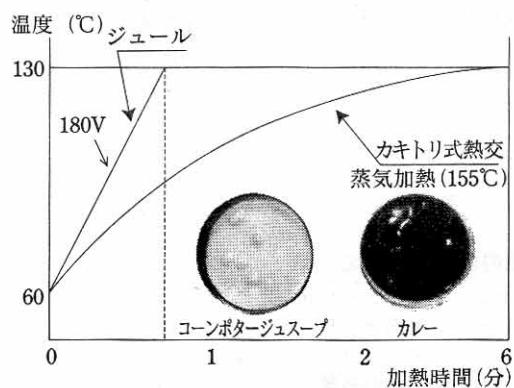


図3 固形物入り食品の加熱殺菌

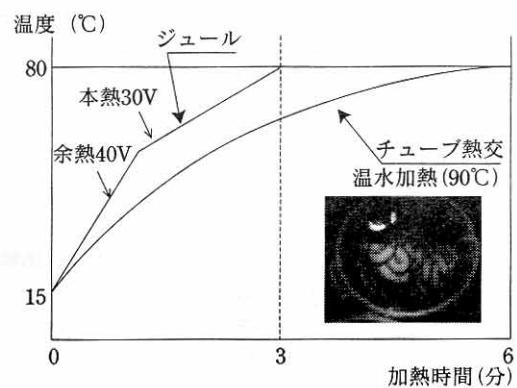


図4 味噌の加熱殺菌

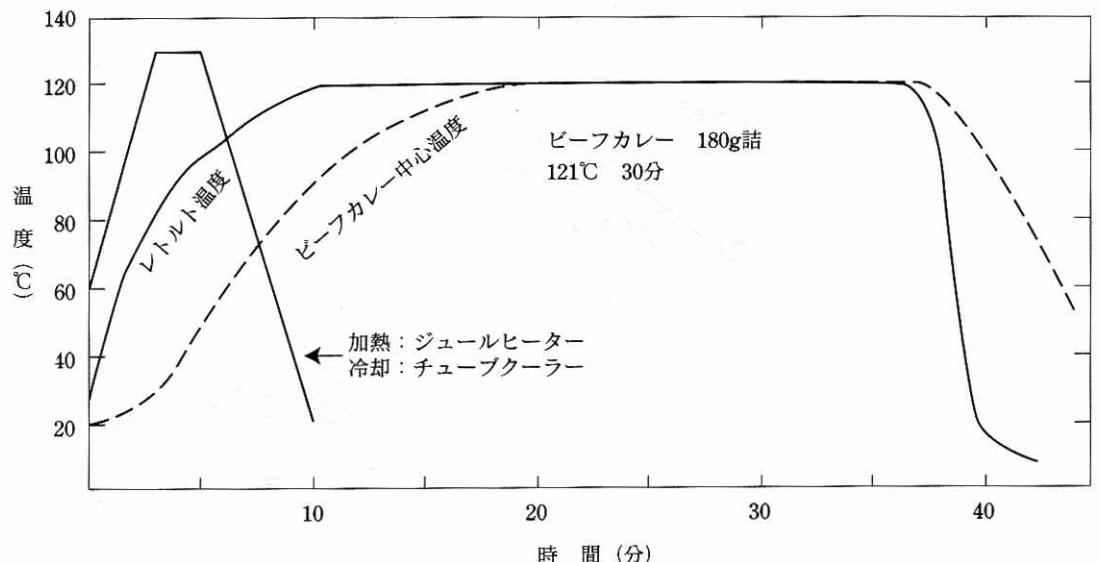


図5 ジュールヒーターアセプティックシステムとレトルト加熱曲線の例

#### 滅菌処理方法による比較

項目 方法	色	味	香	かたさ
ハイセラジュール アセプティックシステム	明度・赤味・青味の変化がほとんどない。	食品本来の味が損なわれず、フレッシュ感があり、美味しい製品ができる。	風味が消失せず、食品そのものの香りが残る。	破断強度大。(野菜類・ゲル化食品)
レトルト	食品により、褐変・退色の変化がある。 ホワイトソース：褐変 緑色野菜：退色 水ようかん：褐変 ：退色	熱ダメージが大きく、食品本来の味が損なわれやすい。	風味が消失し、レトルト臭ができる。	強度小、歯ごたえがなくなる。

表1 加熱方法の分類

加熱方法	直接加熱 間接加熱 内部加熱 その他の加熱	インジェクション・インフュージョン プレート・チューブ・表面搔取り ジュール熱・マイクロ波・誘電・遠赤外線 レトルト・蒸煮・熱風・過熱蒸気
------	--------------------------------	--

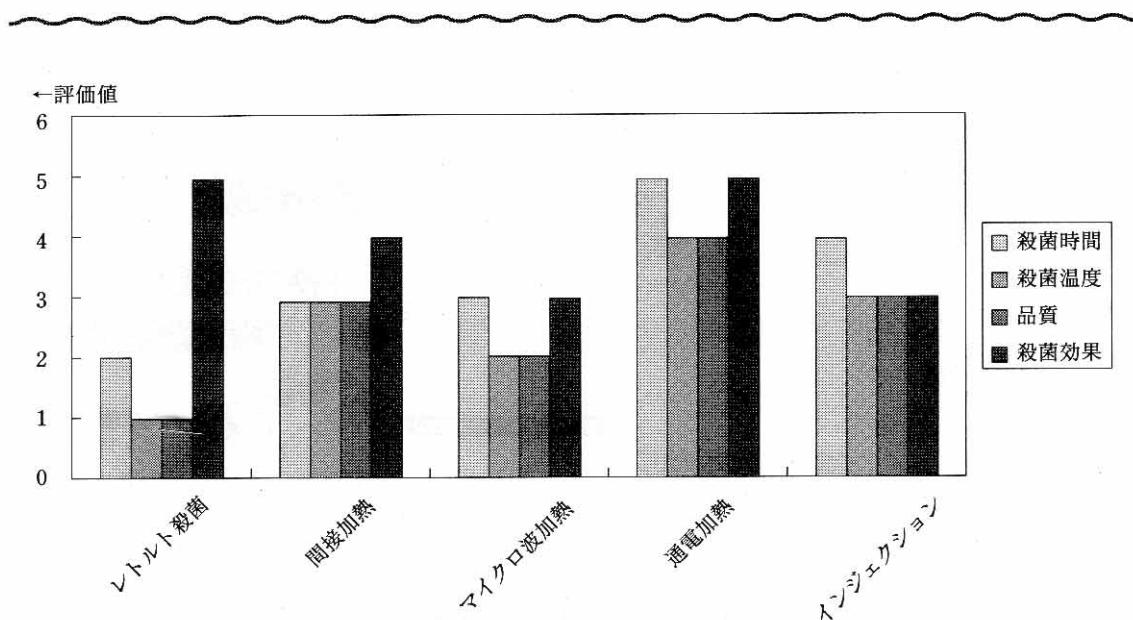


図6 固液混合食品における殺菌技術の比較

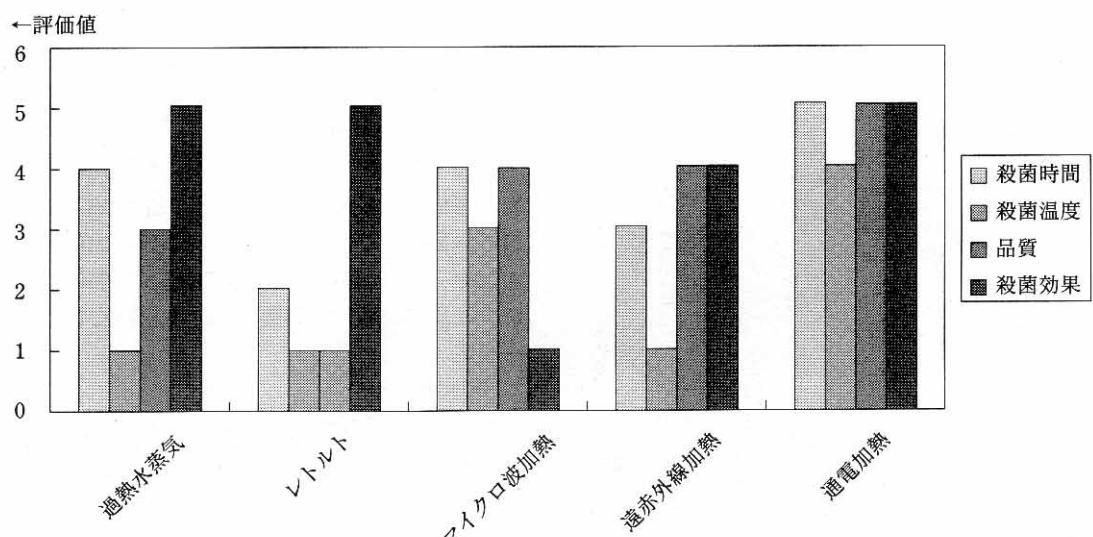


図7 固形食品における殺菌技術の比較

#### 4. ジュールヒーターシステム

1) 固形物加熱システム (図8、写真1参照)  
【用途：果実、野菜、畜肉等のブランチングまたは殺菌】  
特長：固体物の形状を壊さず、迅速にブランチ

ングまたは、殺菌が可能。

##### 〈概要説明〉

①原料投入ホッパー内にキャリー液と共に入れられた固体物は、パドルポンプにて④ジュール電極パイプへと送られる。処理物の温度制御は、ジュール出口に設けられた⑧温度センサーにて出口温度の信号を⑨温度指示調節計に送り、設定温度

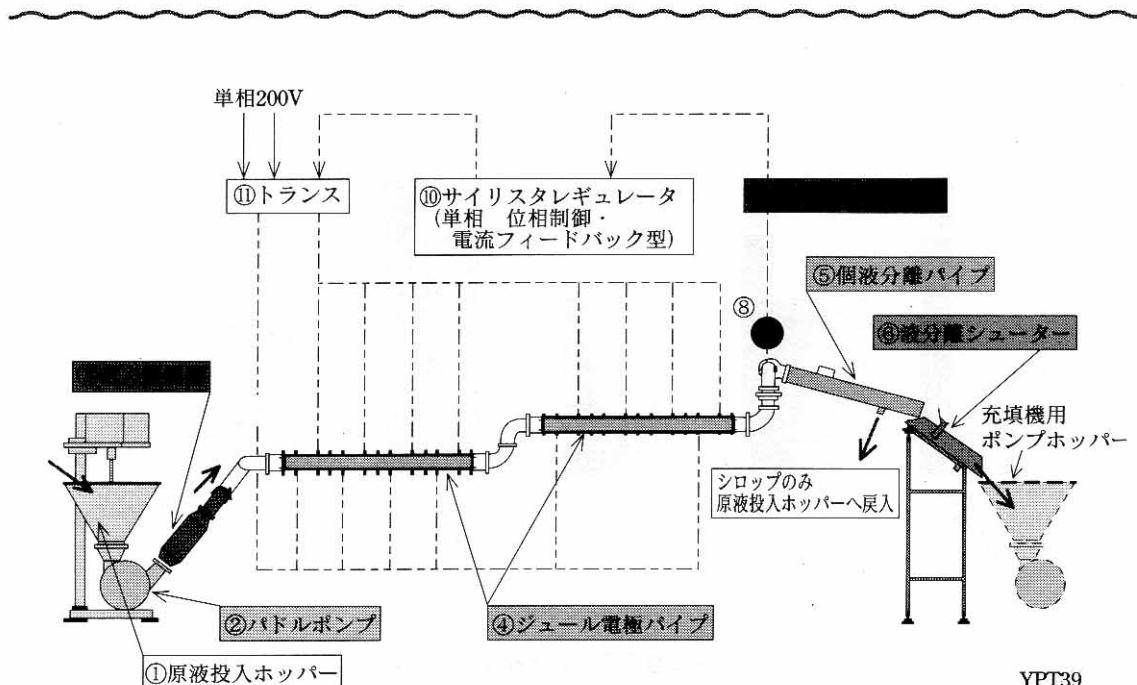


図8 固形物加熱システムフロー

【用途：味噌、コチジャン、生姜、山葵等の加熱殺菌】

特長：製品の劣化、変色が無く確実に殺菌が可能。高粘度製品から固体物入り食品までマルチに対応。品種切り替えも容易。均一加熱殺菌が可能なため、無添加商品の生産に対応。加熱源は電気により高い熱効率を実現し、クリーンな作業環境を実現。

#### 〈概要説明〉

ホッパー内の原料は、送りポンプにてジュールヒーター内に供給される。No.1 ジュールヒーターにて先ず予熱をおこない、静止ミキサーで混合させる。これは、粘着性の高い製品は管壁と管中心部において流速に差が出るため温度差が生じるので解消するためである。

次にNo.2 ジュールヒーターで所定の殺菌温度まで加熱し、一定時間保持した後、三重管式熱交換器にて冷却し次工程へと送られる。

#### 3) ジュール+誘電加熱成形システム（図10、写真3参照）

【用途：ハム、練り製品類の加熱成形】

特長：連続式で大径製品の加熱成形が可能。生

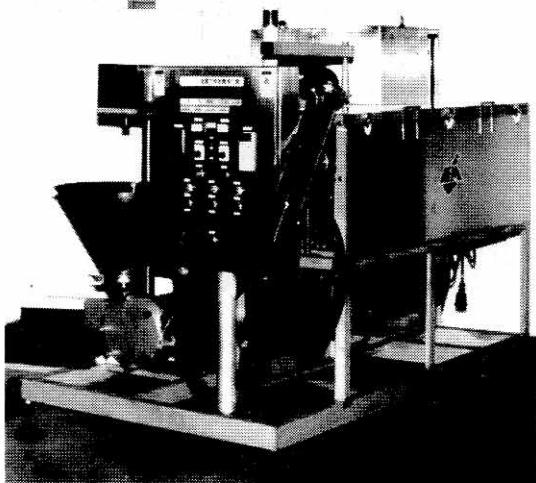


写真1 固形物ジュール加熱装置

にコントロールするよう⑩サイリスタレギュレーターを介し⑪トランスに指示を出し電力量にて調節する。本装置は、固体物のみ必要なためのものなので、出口には固液分離パイプを設け固体物と液体を分離させる。

#### 2) 高粘度物殺菌システム（図9、写真2参照）

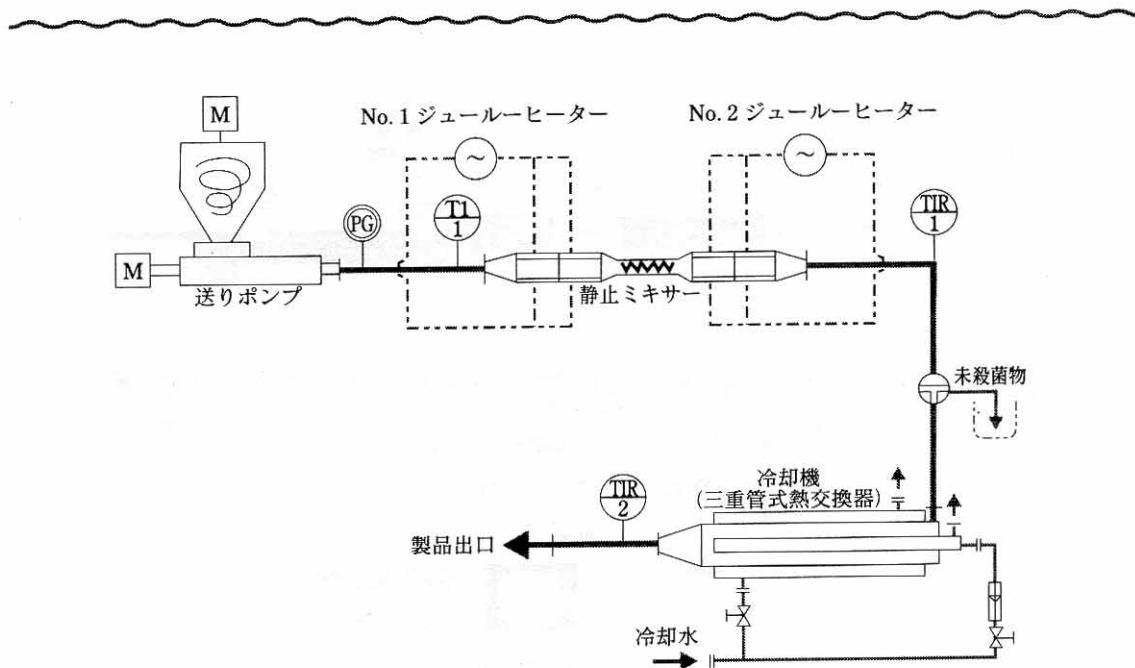


図9 システムフロー

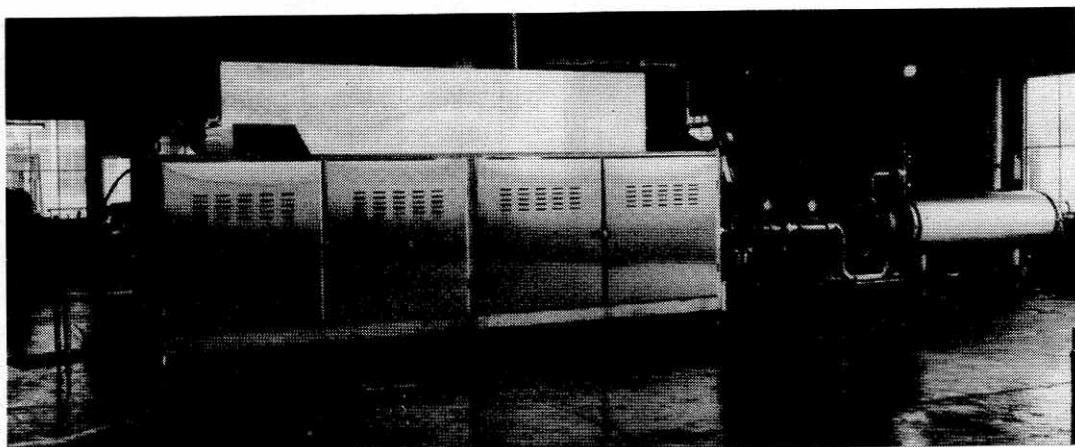


写真2 高粘度物殺菌装置

産性向上、省力省人化が可能。

〈概要説明〉

ハム、練り製品等の原料をハム用ポンプにてジユールヒーター内に送り、予備加熱をする。次に成形をするため誘電加熱装置内に送られる。誘電加熱は、表面上のみの加熱成形ならば、マイクロ波を使用し、中心部まで加熱成形する場合は、高

周波誘電加熱を使用する。成形された製品は、連続して棒状に連なりコンベアー上に出てきたところで、所定の寸法に切断され次工程に送られる。

- 4) ジュール式アセプティックシステム (図11、  
写真4 参照)

【用途： 固形入り食品：シチュー、カレー、ス

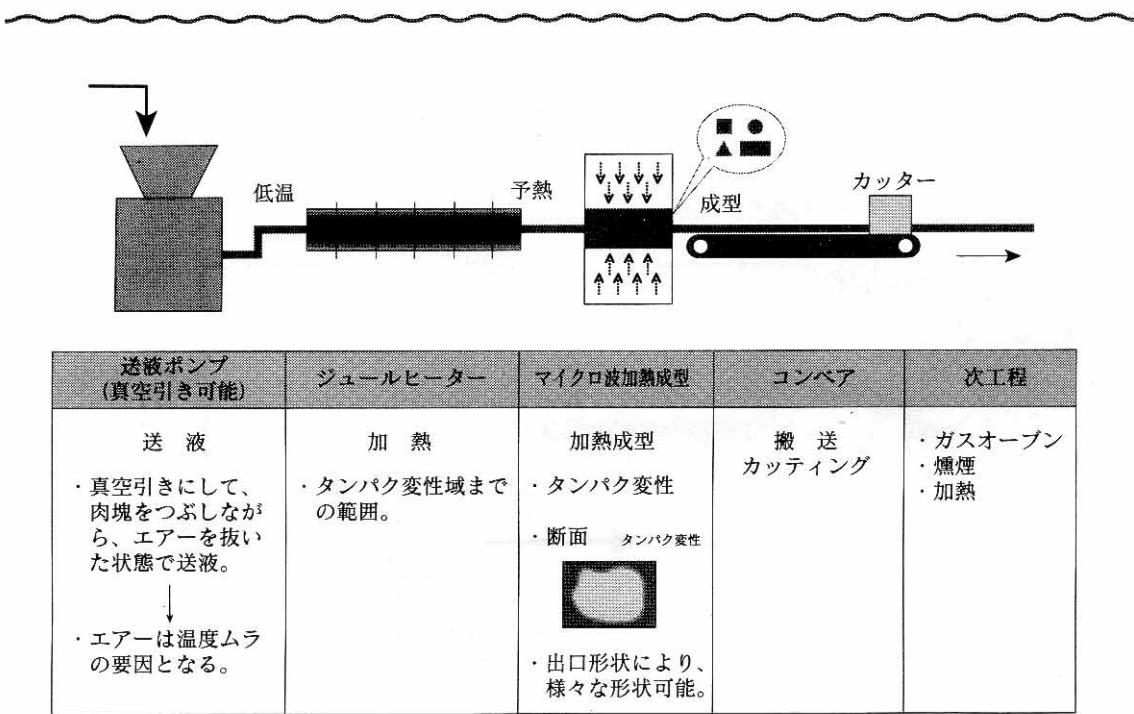


図10 ジュールのハム、ソーセージ生産工程の採用について

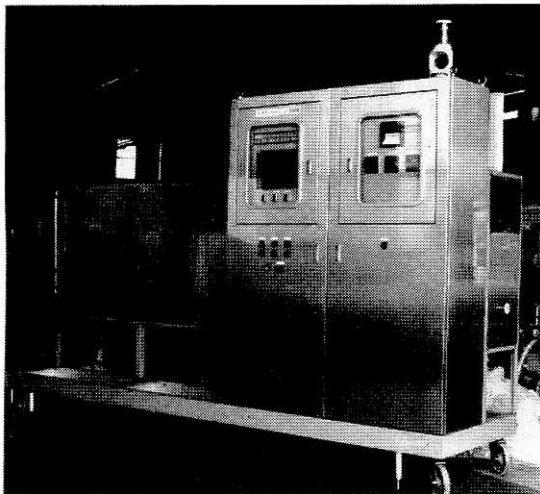


写真3 ジュール加熱成形装置

ープ、フルーツソース、ペースト状製品、野菜ピューレ、ケチャップ、フラワーペースト。その他：めんつゆ、液体調味料、ソース類】  
特長：高粘度液、固体入り食品も中心部まで同時に短時間で昇温が可能。熱媒による伝熱壁付近の過加熱がないため、焦げ付きが少ないので長時

間運転が可能。可動部がないので、固体物の壊れが最小限に止められ、ポンプで送られる大きさの固体物は、あらゆるもののが加熱できる。

#### 〈概要説明〉

本運転前には、CIP及びSIPを行い、装置内を滅菌状態にする。原料を送る前に先ず、模擬液にて温度条件を整え、所定の温度に達した後、製品に切り替える。予備加熱として、チューブ式熱交換器を使用し予備加熱を行った後、ジュールヒーター内に送られ、所定の滅菌温度まで昇温させる。その後、ホールドタイムを設け、チューブ式熱交換器で冷却され充填機へと送られる。本図では、背圧を掛けるのにポンプを使用しているが、製品状況により加圧タンクを用いる。

#### 5) 固形物食品用加熱調理システム（図12、写真5参照）

【用途：鮮魚、甲殻類、畜肉、ハンバーグ、詰め物品】

特長：自己発熱なので、従来の外部加熱に比べ厚身製品でも中心部と表面部との加熱温度差が少ないため、組織破壊が少ないとドリップ

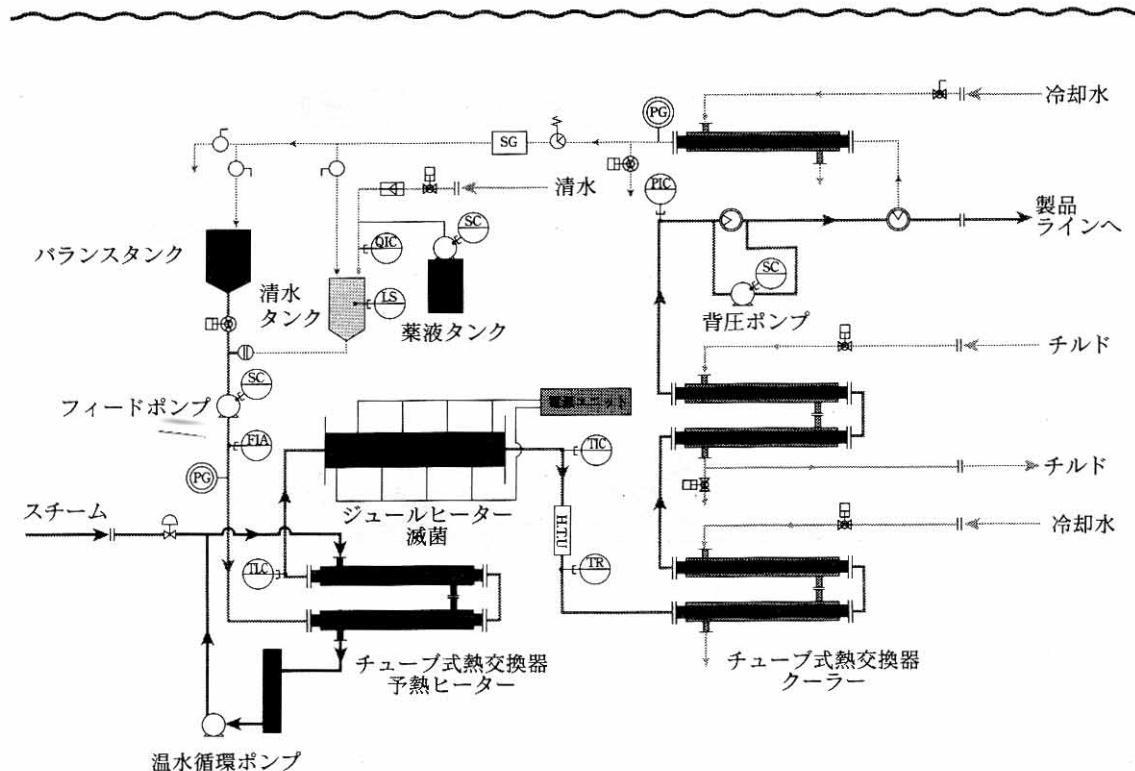


図11 ジュール式アセプライザー・フローシート

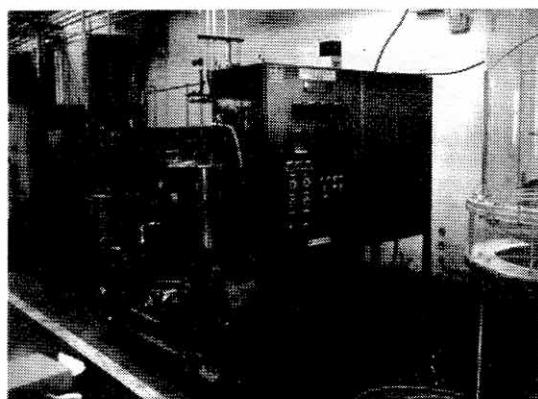


写真4 ジュール式アセプライザーテスト装置

が少なく、旨味成分の封じ込めが可能。食感がジューシーで柔らかく、歩留まりも良い。

写真6・7に鶏肉をオープン加熱したものとジュール加熱したものを顕微鏡写真にて示す。

#### 〈概要説明〉

固形物食品を上部フレキシブル電極と下部の電極の間に位置させ、食塩水等の電解水を仲介にして通電することにより加熱する。

2002-11.30.

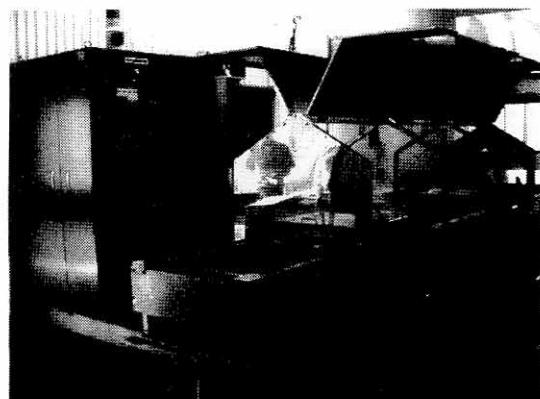


写真5 固形物食品用ジュール加熱装置

食品の形状、物性、加熱温度等に従い、電極の形状・高さ・電圧・通電時間をコントロールすることにより最適な加熱調理を行うことが出来る。また、連続的に電極間を通過しながら加熱するだけでなく、タクトシステムとして特定部位の加熱も可能である。

通電加熱は、固形物部位の導電率の差により温度差が生じやすいので、過熱蒸気・遠赤外線・オ

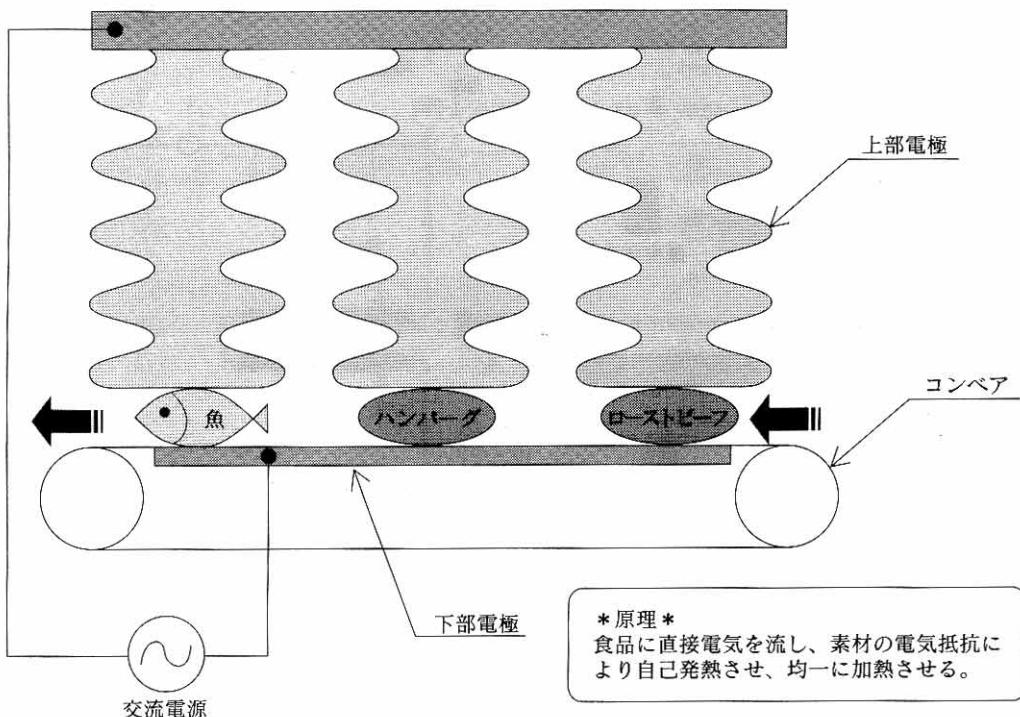


図12 固形物食品用加熱装置



写真6 鶏肉（ささみ）オーブン加熱75°C10分（組織が収縮）ミートシャー試験：900g（硬い）  
（顕微鏡150倍）



写真7 鶏肉（ささみ）ジュール加熱75°C10分（組織が収縮していない）ミートシャー試験：  
450g（軟らかい）  
（顕微鏡150倍）

ーブン等、他の装置と組み合わせて使用すると、最適な調理システムの設計が可能になる。

## 5. 今後の展望

ジュール通電加熱は、その内容等については広

く食品業界に知られる存在になってきた。殺菌領域では高粘度製品である味噌・餡子の殺菌、また調理領域では固体食材の畜肉、魚、練り製品、ハム等で活用され始めている。

本技術は、電気による高効率自己発熱加熱技術であり、ある規模の電力を必要とする。従って從

---

来技術である直接/間接加熱技術と本技術を組み合わせることにより実用範囲が飛躍的に広がるものと考えられている。

今後さらに多方面でこのジュール通電加熱を利用した食品が開発され従来品とひと味違った商品

が店頭に並ぶことを期待し当社では、今回紹介したジュールヒーターのテスト機を準備し、食品メーカーの開発担当者自身で実際にサンプル作りのお手伝いが出来るよう心からお待ちしています。