

## リポート

新電磁誘導加熱システム(DPH)の  
食品への利用と将来への期待

\*川村 泰三、\*佐谷 英二  
Yasuzo Kawamura Eiji Salani  
\*井尻 哲、\*内堀 義隆  
Satoru Ijiri Yoshitaka Uchihori  
\*瀬田興産化工株式会社  
\*食協株式会社

はじめに

最近、加熱蒸気についての文献が多数見られ、ややブーム的感があるが、瀬田興産化工は新しいタイプの加熱装置、新電磁誘導加熱(DPH、デュアルパックヒーター)を開発した。

当社は、過去三十年にわたって、化学蒸留塔に対して、積層規則充填物と称する装置を供給してきた。約二十年前、その経験と発想を生かし、新しいアイデアで、新しい加熱装置を開発することに成功した。つまり積層規則充填物という従来の協役を、

発想の転換で、主役に仕立て上げた装置である。

最初の導入は、化学工業への利用であったが、用途が広がり、食品分野など多面的な展開が予測されている。化学工業へのプロセスに必要とされる温度はかなり高温であるが、食品加工についていうと、一〇〇—五〇〇℃という温度が、常圧でしかも容易に実現されるので、食品素材の加工にとっては、きわめて画期的なことである。

約三年くらい前から、米の炊飯、めんの加工、野菜、畜産、水産加工、

その他農産加工において予備的テストを繰り返してきたが、効果は認められるものの実用化への道はほど遠かった。やっと最近になって、マスメディアによる幅広い紹介と、テスト機の進歩とともに再度クローズアップされ、まさに食品加工技術の革命、調理技術の革命と言われるようになってきた。

以下、その話題の新電磁誘導加熱システム(DPH)の概要と食品加工への利用、家庭用、業務用分野への活用、将来展望について簡単に述べてみたい。

## 1 新電磁誘導加熱システム(DPH)のメカニズム

当社は、電磁誘導加熱技術と化学工業の蒸留技術を組み合わせた全く新しい概念の流体加熱システム(DPH)を開発し、加熱、熱源を必要とするあらゆる工業分野に普及活動を始めたいわゆるベンチャー企業である。

その特色は、パイプ内部に装着した特殊な形状の発熱体(積層規則充填物、写真、表1)と内部を流れる気体や流体を一体にし積層規則充填物を電磁誘導で加熱し、パイプ内に

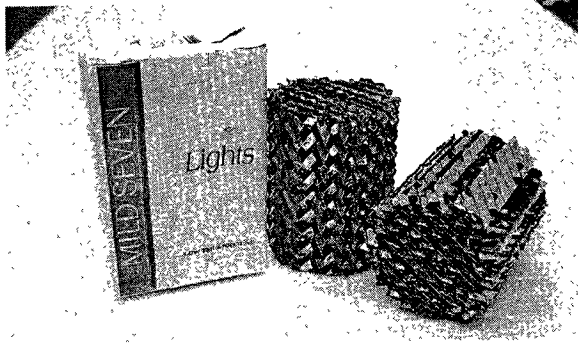


写真 積層規則充填物

表1 積層規則充填物

体積	1,400cm <sup>3</sup>
実容積	130cm <sup>3</sup>
重量	1,000g
全体表面積	21,000cm <sup>2</sup> (特殊加工、エンボス&ダグ2%アップ)
比表面積	6.0cm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup>
空間率	90.0%
水容量	1,280cm <sup>3</sup>

(参考例、100タイプ)

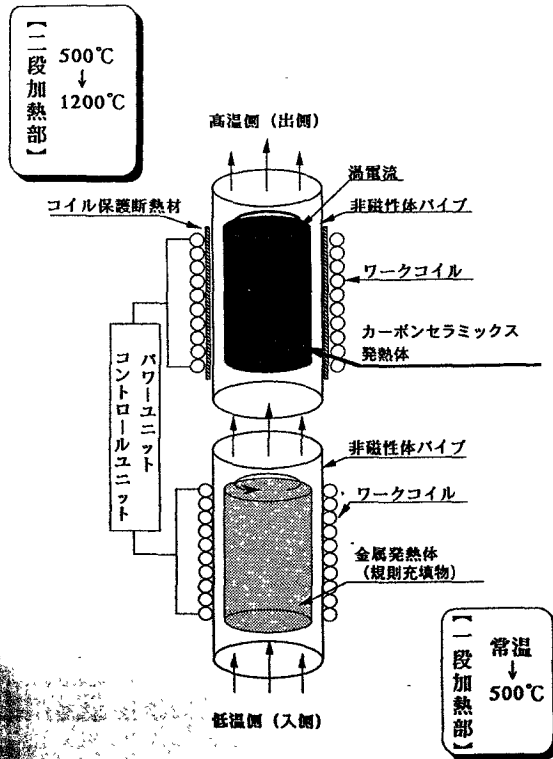


図1 高温システム・ヒータユニット

流れる気体や流体に直接熱を伝えるという手法である。この充填物の形状は、化学蒸留塔に使用される充填物を改良したもので、表面積が非常に大きいという特色を持ち、内部を通過する気体や液体を乱流、混合させる働きがある。このような形状の充填物を発熱体にするという技術は世界で例を見ない。

このような構造を採用することにより、効率化はもとより、従来は気体、液体、蒸発用と別設計であったものが、同じ加熱装置でこなすこと

ができ、しかも一〇〇℃以上の蒸気の昇温も常圧下で数分で可能という高性能を生んだ。

本装置を使用することで、加熱現場の安全性につながり、早く立ちあがり、すぐにでもストップできる間歇性は、省エネルギーにもつながる。

また、装置の大きさは、加熱ユニット、パワーユニット(電力調整部)の簡単な組み合わせのため、場所を取らず、電力の容量が上がっても、サイズはそれほど変わらない。燃料タンク等付帯設備も不要である。

従来のボイラーやヒーターのエネルギー効果、立ち上がり時間や上限温度、温度制御、設置に必要な面積、周辺設備を含めたメンテナンスの問題などが、作業環境を含めて大幅に改善される。

すべての生産プロセスにおいて、熱源は必ず必要であり、その利用性を高めることは、省エネ効果があり、ひいては地球温暖化防止にも貢献する。

DPH加熱システムは、必要な時に、必要なエネルギーを、必要な分

だけ、電気エネルギーを熱エネルギーに変換できるユニークな装置であるといえる。

DPHの開発は、過去の常識を徹底的に捨てることから始まった。DPHの構造を図1に、その特徴を表2に示す。

## 2 食品加工への利用と現状

このDPH加熱機が食品加工の全プロセスの中で、どのプロセスに、どのようにフィットするのかを科学的、系統的に抑えていくことが、要求されてきている。

表2 DPHの特徴

原理	円筒の周囲にコイルを巻き、円筒の内部に磁性体を置いてコイルに高周波電流を流し磁性体を加熱させる。
特徴	常圧で100℃以上の蒸気発生可能 温度制御が極めて容易(±0.1%) 立ち上がり時間が短い 無酸素状態である 発熱体を直接触れさせ、高温度が可能(2段で1,000℃まで) 無酸素で加熱(乾溜)が容易なため酸化しにくい 従来のシーズ線ヒーターより電熱効率が高い
発熱体	サス材料 (100-500℃) カーボンセラミックス (500-1,200℃)

現在、当社の研究室のテスト機で、ほぼ毎日、多くの素材が持ち込まれて多くの方の立ち会いのもとに、精力的に実験が繰り返されている。定量的、系統的データを得ることは、これからの大きな課題である。今の時点で言える大きな特色は、加熱しても封入されるので、内容成分

の逃げ場をなくし、しかも処理時間が短いので、栄養分のロスが最小にし、さらに味のロスがないので、すべての素材が生き生きしてきて、経済効果が高いところである。

また、ある種の素材では、加熱によって表面がいわゆるポーラスな月の表面のような構造となり液体を吸収しやすくなることも、現象的に認められ、物理科学的に確認されてきている。

2、1 DPHの食品への利用

前述したように、DPHの発熱体は、一〇〇—一五〇℃は積層規則充填物(ステンレス製)が使われ、五〇〇—一二〇〇℃では、特殊カーボンセラミックスが使われる。最初の温度帯では、食品加工への展開、後者では非食品用途(化学品ほか)への展開が考えられる(表3)。

食品に利用する際のDPHが作り出す水蒸気は、きわめて特異的なものである。タンパクはまったく変性せず、油の酸化は起こりにくい。糖分はやや分解を受けるようである。色素、ビタミンなどの成分について

は、これからの検討課題である。DPHの食材に及ぼす直接的な効果は、味、色調、香り、テクスチャーにおいて、ほとんどすべての要因でプラスの方向に働いているといえる(表4)。

2、2 食品素材のDPH処理

何しろ、種々の素材において、従来の常識の尺度では考えられないことがしばしば起こるので、一度自分の目で見ていただき、目で確認していただくことが是非必要であると考えられる。

(1)野菜類

これまでにテストされた野菜は、スライスニンジン、カットネギ、キャベツ、ホウレンソウ、カイワレ大根、ダイスポテト、トマト、コーンなどである。野菜類の場合、DPH処理の目的は、瞬間的に蒸気をくぐらせることによる野菜表面の完全殺菌と、そのものの調理の二点である。

それぞれ素材によって処理条件が異なるが(テスト結果は表5に示す)総体的に言えることは、すべての野菜の外観は、D

表4 DPHが食品成分に及ぼす基本コンセプト

DPH水蒸気の状態(予測)		
高い温度(100-500℃)		
イオン化現象(水素イオン、水酸イオン共存)		
無酸素状態		
常圧(圧力が全くかかっていない)		
電磁波の照射		
食品成分(DPH、仮説)		
たんぱく質	DPH 処理	全く変性しない
脂 肪	DPH 処理	全く酸化しない
糖 質	DPH 処理	やや変化が進む
色 素	DPH 処理	変色しないものあり
ビタミン	DPH 処理	かなり安全
その他成分	DPH 処理	不明

表3 DPH加熱温度と利用分野

食品分野	100- 500℃
非食品分野 (化学、医薬他)	500-1,200℃

研究協力会社 食協株式会社(広島)  
虹枝株式会社(姫路)

PH処理すると色が一層あでやかに

表5 DPH処理実施例

素 材	食 材	主テクノロジーと条件	発揮される効果
野 菜	各種野菜	殺菌調理	表面殺菌、皮むき 緑色の鮮やかさ
米	白 米	炊飯	炊飯簡素化、玄米
大豆加工品	豆 腐 味 噌 オ カ ラ	最終工程 全プロセス改良 乾燥、焙煎	風味改良 工程簡素化、品質向上 フレーバー改良、付加価値
卵 製 品	鶏 卵	加熱	新製品
嗜 好 品	コ ー ヒ ー	焙煎、抽出	フレーバー大幅改良、茶
パ ン 類		焼き	品質向上
肉 加 工 品	ハンバーグ	加工、焼き上げ	品質向上
	鶏 肉 類 骨	加工、焼き上げ 加工、処理	品質向上 新製品開発
水産加工品	各 種 魚 身	加工、焼き上げ 蒸煮、焼き	品質向上 品質向上
	骨 肉	蒸煮、抽出	新規調味料
酒 類	日 本 酒	加工	加工工程改良、品質
果 物	梅	蒸煮	品質向上
そ の 他	コンニャク	蒸煮	新規調味方法開発

ニンジンののだいだい色はより鮮やかに、赤色もより鮮やかになる。  
そして時間を少し延ばせば調理も可能であり、しかも調理時間は通常の処理に比べて三分の一くらいの間ですむ。

また、わずかに二〇〇〜三〇〇℃、

殺菌の程度は、素材、形状によって異なり、データが蓄積されつつある。処理された野菜は、従来の処理方法に比べて、明らかに経時変化が少なく、日持ちのいいことが確認されている（これはすべての素材について

待される。

(2)米飯類

もっとも効果の期待される分野であるが、浸漬操作なしに（これにはややノウハウ的要素があるので）わずかに五〜七分（コメの種類により時間が異なる）で、コメが完全にしかも大変おいしく炊き上がる。表面を少し湿潤させておくだけで、表面構造が変化し、表面改質が起こり、加熱蒸気の水分を吸収して、炊飯が進んでいくわけである。比較的時間のかかる玄米についても同じことがいえる。温度を上げると、おいしい焼きおにぎりもできる。

(3)めん類

市販のインスタントラーメンを少し水に浸し、処理してみると瞬間的にやや膨れた形になる。しかもめんがテクスチャーが本当のラーメンのように変化するのである。

(4)パン類

ドウをつくって蒸気を当てると短時間で仕上がる。温度を上昇させると蒸気で焼き色（焦げではない）がつき、パンの良好なフレーバーが出る。つまりきれいな焼き色を作ってよいフレーバーを出すわけである。

DPH処理したキュウリなどの表面状態を、キーエンス社製のデジタ ルマイクロスコープで調べてみると、表面に月のクレイターのような穴が多数見られ、しかも内部に浸透していることがはっきりと認められる。一夜漬物などに応用されることが期待される。

んやそばの加工プロセスが大幅に改善される。ややノウハウ部分があるので詳細に紹介できないのは残念であるが、従来のような時間はかからず、ゆでのドリップはなく（これは公害問題を解決）全く画期的である。冷凍うどんを解凍せずにそのまま蒸気を当ててみると、重量は全く変化せず、表面がつやつやと輝き、しかも容器に全く付着しないうどんが出来上がる。しかも塩分は全く逃げないの、そのままでも食べられる味とテクスチャーを呈する。温度を少し上げると、焼きうどんにもなる。

(5) 水産加工品

とにかく蒸気を当てても封入された状態で、成分の逃げ場がなく、水分ロスもなくふっくらと仕上がる。スケソウのすり身を加熱した場合もふっくらと仕上がる。イカなどの従来の加工プロセスでは成形不可能であった素材、簡単に封入された条件下で仕上がる。えびの練り肉にも利用できる。

カニ足カマボコの商品を処理してみると、ふっくらと仕上がりが、味が濃すぎて処方変更が必要なほどであった。

最近用途が広がっている増粘多糖類、カードラン等を使用するところのような高温処理での新製品開発などが可能となろう。

サケの切り身を処理してみたが、ロスは全くなくすばらしい味であったが、なぜか味がとても濃く仕上がってしまう。

ナマダコなども、従来法では塩での処理ロス、クッキングロス等で歩留まりは七五%くらいであるが、DPHでは五九%くらいのロスで止まることが実験的に確認されている。

(6) 畜産加工品

トリの胸肉も簡単に処理ができ、味も良い。

冷凍ハンバーグは解凍も要らず、わずか五分くらいの処理で完全に調理され、ドリップロスが全くなく、DPH処理素材共通の現象である極めて濃厚な味であった。焼き肉をやると、煙の出ないおいしい焼き肉が出来上がる。後述の業務用、家庭用分野での期待が大きい。無酸素状態のミートフレーパーの解明などが研究テーマとして挙げられる。

(7) 調味料、香辛料類  
高温処理、無酸素状態でのクッキングフレーパーへの利用が期待される。何しろ素材自身が今までこんな温度で処理されていなかったので、どのようにに変化したらいかが戸惑っているのではないだろうか。

香辛料については、殺菌を含めてテストを行っているが、静止状態では問題があり、それ相当の機械の開発が急がれる。おそらくなんの香りの変化もなく殺菌が可能と推定される(無論、限界もあると思うが)。

(8) 酒類  
日本酒を処理してみたが、大方の

表6 DPH処理による清酒の成分変化

1 試料	市販清酒		
	DPH 温度 250℃にて、1分45秒処理 (オープン系にて)		
2 分析方法	低沸点香気成分分析—キャピラリーヘッドスペース法		
	アルコール	—アルコール使用	
	グルコース	—グルコース定量(酵素法)	
3 分析結果			
3.1 低沸点香気成分 (ppm)	対照区分	DPH区分	比率 (%)
	アセトアルデヒド	11.1	7.0 63.4
	酢酸エチル	33.2	17.5 52.7
	ノルマルプロパノール	84.6	76.8 90.7
	イソブタノール	40.7	35.1 86.0
	酢酸イソアミル	0.5	0.2 43.1
	イソアミルアルコール	80.9	71.3 88.1
	カプロン酸エチル	0.0	0.0 -
3.2 アルコール (%)	対照区分	DPH 区分	比率 (%)
	15.1	13.4	88.7
3.3 グルコース (%)	対照区分	DPH 区分	比率 (%)
	1.78	1.63	91.6
4 官能検査結果(プロファイル法)と考察	専門パネル5名による官能検査の結果では、明らかに処理区分の方が香りも味もマイルドで、優れたものになっているという結果であった。処理後において、重量変化は全く認められないが、低沸点香気成分には、10-60%の分解が認められる。アルコールは約10%減少している。グルコースは8%減少している。		

予想では、二五〇℃の温度では、乾燥してアルコール分が瞬時飛散してしまうだろうとのことであったが、結果は常識を大きく覆すものであった(表6)。一分四十五秒の処理時間(表6)。一分四十五秒の処理時間(表6)で重量変化なし、フレーバーも味もよくなっていた。揮発性香気成分の若干のロスとアルコール分が九%

糖類が一〇%減少していた。ビールの麦芽前処理に使用しても面白いであろう。本設備を利用してのアルコール簡易定量法の研究も行われているようである。

(9)大豆加工品(豆腐、納豆)  
みそや豆腐、おから、納豆など大豆加工品への利用が検討されている

表7 DPHの効果のポイント

特性	対象食品	DPH 条件
色調大幅改善	野菜、特に緑系 畜肉加工品、水産加工品	200-250℃ 10-120秒 300-400℃ 1-10分
フレーバー大幅改善	食品全般、あえて言えば 畜肉加工品、水産加工品 大豆加工品、コーヒー類、茶類	200-400℃ 1-10分 200-400℃ 1-10分
収率向上(ドリップ無し)	畜肉加工品、水産加工品 調味料類	同上 200-400℃ 1-10分
表面改質効果	野菜(表面の固いもの) コンニャク	200-250℃ 10-120秒 200-250℃ 1-5分
殺菌効果	野菜、香辛料	300-450℃ 5-30秒

る。

おそらく行程が飛躍的に短縮されるのは間違いない。これから検討するのは大豆の栄養価が従来プロセスに比べて大幅に改善されるであろう。

参考までに乾燥大豆をそのまま蒸気を当ててみたら、数分後に煮豆になりおいしく、そのままでも食用できるテクスチャーに仕上がっていた。

豆乳は加熱するとフレーバーは改良されたが、凝固剤を入れてもまったく凝固が起こらなかった、タンパクの変性機構に何か変化が起こっていることは間違いない。

小豆も結果は同じであった。

(10)乳製品

牛乳を処理した場合、通常の加熱でできる表面の皮膜は発生しない。これは豆乳のケースによく似ている。

(11)コーヒー豆

三〇〇℃くらいの温度で十分、蒸気でのロースティングは可能であり、すばらしいフレーバーが出てくる。ロータリーキルンタイプで加熱すると、さらに効率よくローストされる。

以上がテスト結果であるが、現在

行っているのはすべ、ラエマ、実際の工業化を想定すると物足りない面がある。

すべての素材をより目的にかなった姿に仕上げるために、当社では現在、連続式のテスト機を開発中であり、近日中の上市を予定している。これらがそろえば、単なるテストではなく先々の工業的な展開が見えてくるであろう。

以上、食品素材別分類での結果を総括し、効果別分類は表7に示すが、これをまとめると、色調大幅改善、

フレーバー大幅改善、収率向上（ドリップなし）、表面改質効果、殺菌効果等に分けられ、それぞれの最適条件を示してある。パック包装の紙殺菌等にも利用できそうである。

3 家庭用、業務用調理

システムへの利用（調理革命）

食品加工の分野においてDPH加熱の画期的な効果が認められ、実際の工業規模への可能性が開けてきた現在、次の展開として、当然、業務用、家庭用用途への利用が考えられる。

各種レストランやハンバーガー店、焼き肉店、フライドチキン店などのケータリングの場面で業務用に使われるタイプの機械の開発が急がれている。

DPHのテストを毎週のように繰り返し、この加熱装置の効果を確認したある調理研究家は、この装置による処理を「二十一世紀の調理法」と呼び「蒸炎レンジ」というタイトルでマーケティングを進めている。

近い将来、すし屋の中にDPHコーナーや、焼き肉屋の中にDPHを使った、無煙焼き肉コーナーが設け

られるかもしれない。

家庭用への展開は先々の課題であるが、現在、二〜三Kwの小型DPHの検討も進んでいる。経済性も考慮して、超小型化が実現できれば、近い将来家庭用の開発も実現可能である。

4 将来へ向かっての展望

以上、DPHの現状を総括し、食品加工に加えて、業務用分野、家庭

用分野への可能性について言及してきた。

現在の当社のDPH応用機械開発の進め方については、表8に示すとおりであるが、バッチ式および連続式プロトタイプ、大型プラントと規模を大きくしていくことになる。考えられる連続式プロトタイプの分類を表9、ベルトを用いた殺菌機、調理機械の模式図を図2に示す。

米国からの照会もあり、海外展開の準備も進めているが、特に食品業界でもレベルの高い米国食品工業学会（通称IFT）などからの引き合いが強い。いずれにしても、各分野への今後の展開が大いに楽しみであり、二十一世紀は多くの分野で、このDPHが活躍することを願っている。

表8 DPH機械開発のコンセプト

形式	バッチ式	プロト連続式 (用途別)	大型連続式 (用途別)
内容	研究開発用	工業化研究用	本格プラント

(オーダーメイド、顧客のニーズ対応型)

表9 DPHテスト機（プロトタイプ）

機種	タイプ	対象食品
殺菌機	コンベアタイプ	野菜表面殺菌
焙煎機	ロータリーキルン	コーヒー豆ほか
蒸焼機	コンベアタイプ	ハンバーグ、すり身加工品
炊飯器	バッチ式	白米、玄米
製めん機	連続式	うどん、そば、ラーメン
フライヤー	バッチ式	フライング
調味料抽出機	バッチ式	鶏、豚骨からエキス抽出
生ゴミ処理機	連続式	スーパー、コンビニ用

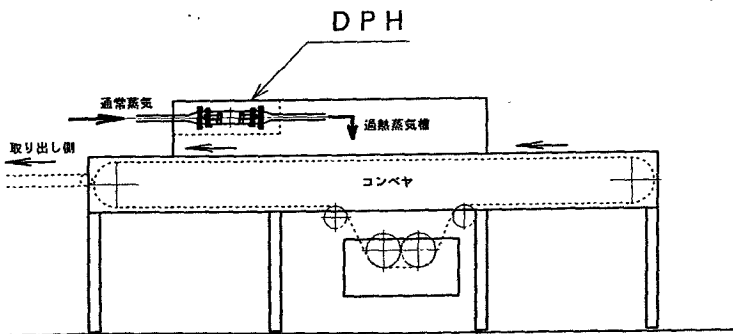


図2 ベルト式殺菌、調理機（例）