

DPHを用いた常圧・高温蒸気による食品の殺菌について

瀬田興産化工(株)	取締役工場長	内堀	義隆
瀬田興産化工(株)	専務取締役	佐谷	英二
食協(株)	総合開発部長	井尻	哲
瀬田興産化工(株)	代表取締役	川村	泰三

1 はじめに

食材に火を通すことで、毎日安全に食品を食べることができ、食品に関わるメーカーも安全な食品を提供するために日々衛生管理を行っている。しかし我々は、なお食材にまわりつく「菌」で悩まされている。その菌の繁殖を押さえるために、今も様々な方法が採られている。火を入れることによる加熱殺菌、無害な菌による逐菌、薬剤やガスによる殺菌、温度や酸素濃度を調整して繁殖条件を押さえる手法、新しい技術では光パルスや放電を利用した殺菌等がそれである。それぞれに一長一短があり、完全な菌の制御はそういくつもあるものではない。

我々の装置の分野は一番古い手法の加熱による殺菌であり、手段として「過熱蒸気」を用いる。その加熱源に新しく開発したデュアルボックスヒータを利用する事で過熱蒸気が新たに見直される条件が整いそうである。

この電磁誘導加熱器【デュアルボックスヒータ・以下DPH】は加熱できる対象も水蒸気だけでなく、様々な薬品や液体やガスを加熱でき、常温+1℃から最高温度では水蒸気を1200℃まで加熱できる能力を備える。注目すべき点はこれらが極めて短時間の動作で温度制御を正確に行えるという所である。ここではDPHの技

術紹介と構成、実機を紹介し、実用例のうち高い効果を上げている過熱水蒸気の利用方法とこの過熱蒸気を用いた食品の加熱調理の特性、及び殺菌効果について述べる。

2 過熱蒸気について

ここで取り上げる過熱蒸気とは、ボイラーで得られる飽和蒸気に等圧加熱をおこなう事によって得られる乾燥した高温の水蒸気のことを指す。一般に水蒸気とは白いもやもやとしたイメージがあるが、この過熱蒸気になると高温のために白く目に見える物ではなく、陽炎のような透明な高温ガスである。この過熱蒸気を食品の加熱処理に利用する理由は、凝縮熱が利用できることと、加湿と乾燥の両立、無酸素状態で熱がかけられる点などが挙げられる。また、遠赤外線を放射しているのではという報告もあり、様々な利用価値が考えられる。食品を単に高温の無酸素状態下に置くだけならば他の不活性ガス、例えば窒素ガスでも利用できるわけであるが、水蒸気は常温の食品に触れるとそこで凝縮し、その時に水1gあたり約540calの熱量を相手に与えることで急速加熱が可能になる。窒素ガスや空気ではこれがない。また空気中に存在する酸素が、加熱中の食品に触れることで、食品の香りや色合いに不具合を起こしやすいこ

とは確認されているが、過熱蒸気の場合このようなことが低減でき、食品加工にとっては大変好都合である。従って過去にパンや畜肉、焙煎などの応用に研究され、過熱蒸気を利用する食品の加熱処理は極めて有効な加熱手段であることが認識されているにもかかわらず、あまり生産ラインでは採用されていない。これはパイプを外部から加熱する従来方式の装置がサイズの大きくて、据え付けなどの問題から過熱蒸気のメリットを出しにくい所に起因しているようである。DPHはこの点を大きく改善した。

ちなみに弊社工場では、この過熱蒸気を使ってトースター代わりに食パンが焼けるところをよくお見せする。水蒸気をパンにあてるのだからベシヨベシヨになりそうな気がするらしいが、実際にはこんがりと焼けるところを目の当たりにして驚かれる。

水蒸気で「焼く」「蒸す」「乾燥」ができるのである。

3 デュアルパックスヒータ

我々は分野で言うと化学屋であり、その得意分野に電子工学技術を取り入れてDPHが開発された。化学プラントは世界各国で産業の重要な基幹として位置づけられており、これらのプラントでは原料液を加熱するために外部熱源が

必ず必要である。そのためにスチームや電気ヒータ等により熱交換器を通して原料液を加熱している。実際には熱エネルギーの発生源から熱を使用する現場まで相当の距離があり、その間の熱ロスが大きい。

そこで我々は化学プラントでも中心になる蒸留塔そのものを、電磁誘導加熱で外部から加熱できれば、蒸留塔本体で熱エネルギーを発生できるので熱ロスが無くなることに着目し、蒸留塔に内蔵する充填物に改良を加えたIHヒータを開発してきた。実際には蒸留塔本体で使用するよりも、ヒータとして利用の方が応用範囲が広いことがわかり、新技術開発財団と近畿通産局から助成金を受け、各種用途開発を行った。その一つの方向に今回の高温ガス発生技術が見いだされた。

4 電磁誘導加熱・空間を伝わる電力

電磁誘導加熱の技術は、既に一般家庭にIH炊飯器やIH電磁調理器で使われている。この電磁誘導加熱は、磁束を発生するコイルと発熱させる金属で構成される(図1)。金属の周辺にコイルを配置し、コイルで発生する高周波磁束が金属を通過すると、金属内部に誘導電流が発生する。この誘導電流と金属の固有抵抗によ

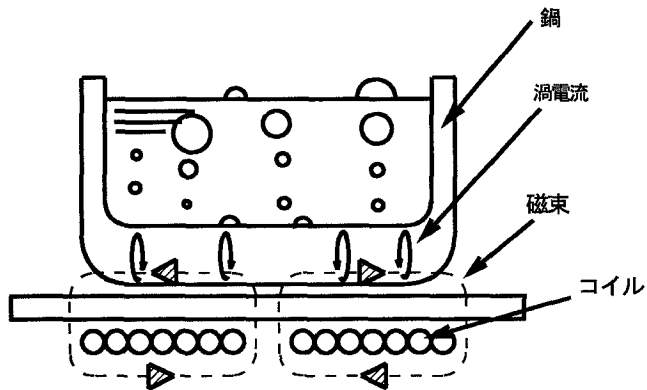


図1 電磁誘導加熱

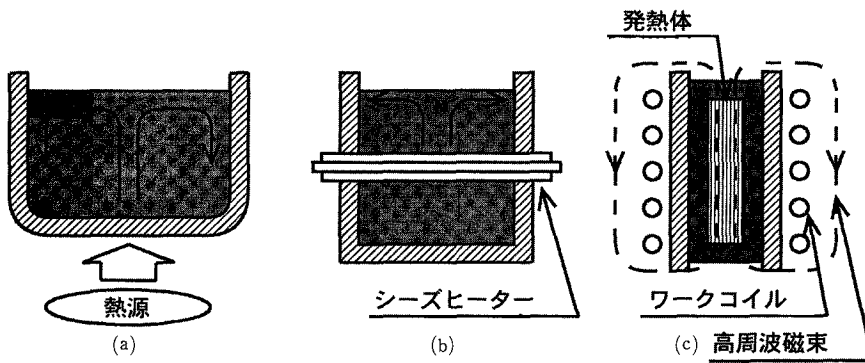


図2 加熱方法

ってジュール熱が発生し、金属のみが発熱する。金属自体が発熱する点が従来の電熱ヒータと異なるので熱効率が極めて高く、瞬間加熱が実現できる。

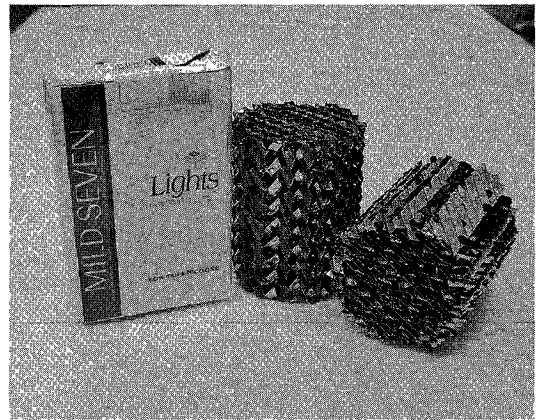
5 加熱方法の従来技術との比較

生産プロセスなどでは様々な加熱器が用いられている。図2(a)と(b)に示すように共に隔壁を通して熱を伝えている形式がほとんどである。その熱源としてはバーナーや電気ヒータ、最近では電磁誘導加熱を利用した物が見られている。どちらの場合も熱を与える側と受け取る側の間に隔壁があるため、隔壁の熱伝導により熱を伝えるところに問題がある。隔壁そのものの熱容量がかなり大きく、そのために昇温に時間がかかり、現実には素早い立ち上げや細かい温度操作などは望める物ではない。

DPHは(c)に示すように、セラミックパイプ内部に詰めた特殊な形状の発熱体を電磁誘導加熱により直接発熱させ、パイプラインに液体や気体などの被加熱物を送り込んで発熱体に直接接触させることにより急速加熱する方式である。

発熱体は写真1に示すように波形の構造をしたステンレススチールなどの薄い金属板を多数積層しており、その重量は重いタイプでも数百グラムである。液体や気体は金属板の上を薄膜

写真1 DPH発熱体



上になって充填物内部を通過しつつ、瞬時加熱され、発熱体後端から高温流体となって流れ出る。全体の構造を図3に示す。

この多数積層する波形をした金属板により、小さい容積にもかかわらず伝熱面積が十分確保でき、金属板自体が発熱するので高温加熱時の断線が起こらない。また、送られる液体や気体は充填物の形状による自然乱流効果のもとに混合されながら加熱されるため、加熱温度の不均一性を低減させる効果も併せ持つ。

このように大変軽い構造をしながら大きな伝熱面積を持っているので、図4に示すように従来技術とは相談にならないぐらいの早くて正確な応答性が得られるのである。実機の温度グラフは後ほど示す。パイプの中に発熱体と被加熱体(流体)の二つを詰めた形状をしているので

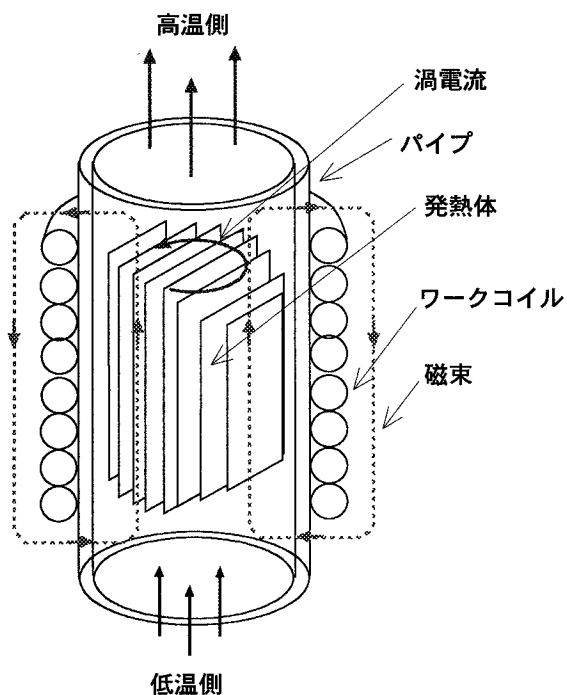


図3 構成図

「デュアルパックスヒータ」と称している。DPHはこのヒーターユニットと電源部のパワーユニット、制御部のコントロールユニットから構成されていて、出力は5KW、10KW、15KW、20KWを取りそろえている。

6 技術的進歩

DPHの過熱蒸気利用は、当初は単に過熱蒸気を使うだけの装置であったが、その後用途に応じて利用方法まで検討し、過熱蒸気で「焼きモード」「蒸しモード」「乾燥モード」と使い分けることができた。また、DPHの改良・新機種の開発など技術改善に努めている。表1に

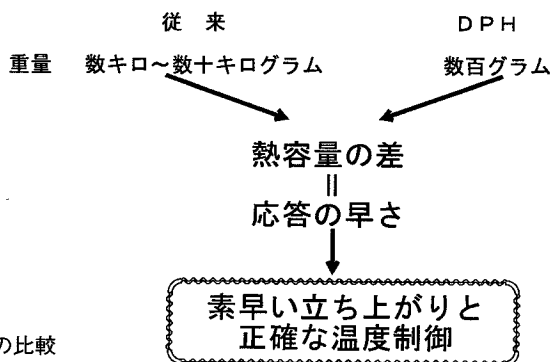


図4 従来技術との比較

表1 DPHをキーテクノロジーとする新技術開発の方向性

殺菌	食品全般の味、フレーバー、色調の向上 食品の保存性の改良（賞味期限の延長） 殺菌装置の開発、職場環境の改善
調理	調理加工の改良（米飯、麺、大豆ほか穀類加工品、調味料、澱粉） 調理加熱の改良（フライング、パン、肉加工品、水産加工品、脱皮） 一貫調理（解凍、蒸煮、焼成）機器の開発
乾燥	野菜類の乾燥 廃棄物処理（おから等）
抽出	動物、植物のエキス製造設備 アルコール迅速測定機の開発 木酢液抽出
炭化	有機性廃棄物の炭化技術
水	過熱蒸気成分の理論的解明

DPHをキーテクノロジーとした食品関係の新技术開発の方向性について示す。

7 DPHを使用した実機。

7-1 コンベアタイプ

過熱蒸気を利用した殺菌プラントを図5に示す。写真2はそのヒータユニットである。ボイラーからのスチームを利用して過熱蒸気を発生させている。加熱源であるヒータユニットを装

置のすぐそばに設置しており、そのために温度ドロップの小さい装置が構成できている。従来からある過熱蒸気発生器はパイプを加熱してその中に蒸気を通して過熱蒸気を得る手段のためにどうしてもヒーターそのものが大きくならざるを得ず、装置とは別に設置することになるので、装置までの配管そのものが長くなり、これが温度ドロップの大きな原因になっていた。

またこれとほぼ同じ構造で加熱処理機もあり、こちらでは過熱蒸気を利用して食品の加熱調理を行う。図6は350℃でセットしたDPH

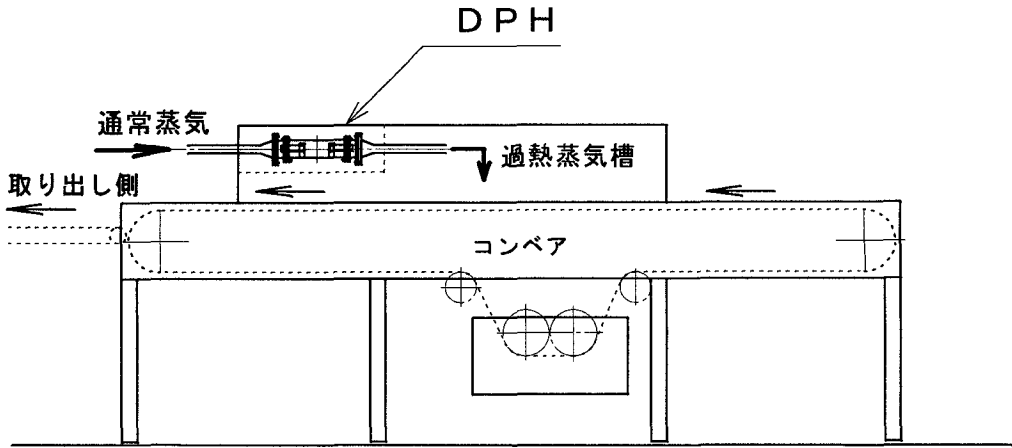


図5 コンベア式プラント

写真2 DPHヒーターユニット

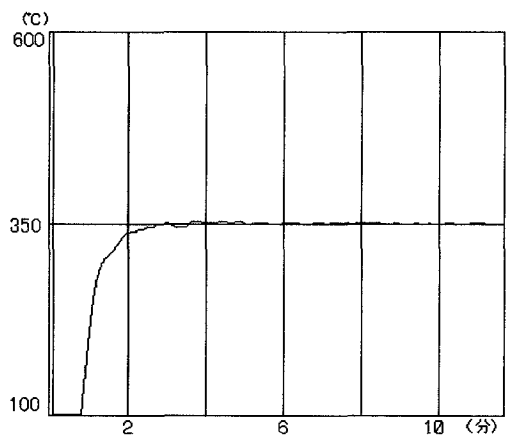
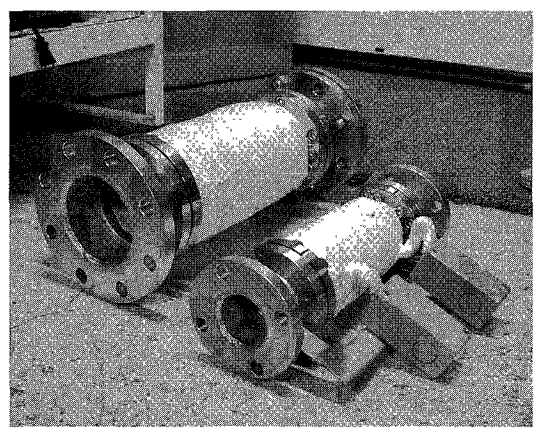


図6 DPH温度グラフ

出口温度である。起動後瞬時に立ち上がり、1分少々で設定温度まで達しているのがわかる。以降の温度誤差は±1℃である。

7-2 温水器

温水器に使用する樹脂型ヒーターユニットが写真3である。小さいだけに応答性がすばらしくよく、瞬時に温水が出てくる。これには水以外に液状の食品を流して加熱する装置もあり、殺菌関係での利用が期待できる。

この装置の高温タイプがオイルヒータに当たり、食品方面にはもちろん化学方面にも利用されている。オイルヒータでは400℃付近まで加熱する例があった。

8 殺菌効果

DPHで加熱処理した時の各種代表的素材の殺菌データを表2に示す。処理する条件（例えば、温度、時間、蒸気量など）をより強くすれば菌数は例外なくゼロになる。しかし食材の場合は当然のことではあるが、品質に対する影響を最小限に留めなくてはならないので、過熱条件には自ずから素材によりそれぞれ限度がある。また、殺菌効率は殺菌される素材を動かす（振動、回転など）ことによってより向上させることが出来る。

素材間の比較を容易にするため、とりあえず

写真3 温水用ヒーターユニット



は静置状態でDPH処理を行なった。常圧250℃以上の温度では例外なく、大腸菌、酵母は20～30秒で死滅する。問題は、耐熱性一般細菌である。一応処理温度の下限は250℃とし、品質上に問題のないことを予備実験で確認した素材は温度をさらに上昇させた条件をセットしてテストした。

これらのテストでは、一般細菌を完全にゼロにするのは、250℃・2～5分処理で、かなりの殺菌効果のあることがわかった。ただし、表には出していないが、ある程度の粒度以下の粉末になると、表面積が大きいために全体にまんべんなく蒸気があたらず、殺菌効率が大きく落ちることは予備実験により認められている。

現在、振動ふるいにDPHを接続したタイプや、ベルト式でDPHを接続したタイプの機械

表2 各種素材殺菌データ

	対照区分	加熱区分	加熱条件
シラス	1.0×10 ⁹	2.0×10 ³	250℃ 2分
粒コショウ	8.5×10 ⁷	5.6×10 ⁴	250℃ 5分
ふすま	1.5×10 ⁵	4.1×10 ²	250℃ 5分
小麦胚芽	5.4×10 ²	4.0×10	250℃ 5分
かつお粗砕品	4.8×10 ⁴	8.0×10 ²	350℃ 3分
カカオビーンズ	1.5×10 ⁴	3.0×10	320℃ 3分
ニンジンく輪切り	2.0×10 ²	5.0	250℃ 2分

を試作し、テスト可能な状態を実現すべく検討中であり、従来の予備実験結果をふまえてより精度の高いデータが蓄積されつつあり、近々まとめられる予定である。

9 おわりに

過熱蒸気の研究自体は以前から行われているが、パイプを暖めて加熱する従来の装置では、うまく操作できなかった領域がこのDPHにより簡単に操作できることがわかっている。今回の食品の殺菌では、温度を上げると殺菌効果は良くなるが食品へのダメージが大きくなる。一方の温度が低い場合だと、食品へのダメージが少ない代わりに殺菌効果が良くない。これを解決する手段として、対象物の特性に従ってよりきめ細かな温度制御が要求されるが、DPHの±1℃の迅速な温度管理がこれをうまくこなせるのである。

従って、単に従来の加熱源に取って代わる新しい加熱器の出現と言うわけではなく、従来になかった生産ライン・新しい生産方法を組めると言ったところに着目して、このDPHの利用方法を見ていただくほうがいいかもしれない。

■参考文献

- 1 内堀義隆；日本電熱協会第12回電熱大会（97）
- 2 内堀義隆；電気学会（97）
- 3 川村泰三；食品加工技術（99，投稿中）
- 4 船木泰介；月刊フードケミカルVol. 6. 71（98）
- 5 平山一政；食品と開発Vol. 26. No8. 2（96）
- 6 野邑手弘；食品と開発Vol. 26. No8. 6（96）
- 7 市川尚行；ニューフードインダストリー
Vol. 39. No7. 7(97)
- 8 市川尚行；ニューフードインダストリー
Vol. 41. No7. 43(99)
- 9 保坂秀明；食品加工技術vol. 18. No2. 59（98）
- 10 保坂秀明；食品工業vol. 8. 30（99）
- 11 保坂秀明；食品工学入門（化学工業社）
- 12 芝崎 勲；90年代の食品加工技術（90）
- 13 高野光男；熱殺菌のテクノロジー，サイエンス
フォーラム（97）
- 14 高野光男；食品の殺菌－その科学と技術－（幸
書房）
- 15 佐藤正行；食品と開発vol. 33. No10. 5（98）
- 16 山中良郎；食品と開発vol. 33. No10. 9（98）
- 17 食品開発編集部；食品と開発vol. 34. No4. 33
（99）