IH インバータの応用

松永　哲夫（まつなが　てつお）　　中井　　勝（なかい　まさる）

1　まえがき

従来，ガス加熱のみでしか対応できなかった大量調理用の熱源が電磁誘導加熱（IH：Induction Heating）化される背景に，O-157 の発生を発端として大量調理施設の衛生管理方式に HACCP（Hazard Analysis and Critical Control Points）といわれる概念を取り入れる傾向が強くなってきていることが挙げられる。

HACCP の概念によれば，厨房（ちゅうぼう）室および食材保管の温度や湿度の管理が徹底され，食べる直前に急速加熱調理ができれば最適な厨房環境といえる。さらに細菌増殖を促す二酸化炭素の発生が抑制できるなら HACCP の概念と一致することになるが，この理想的な環境を容易に構築する手段が IH 化であり，近年ますます IH 用インバータが大量調理用に使用されるようになってきた。

本稿では大量調理用に使用されている IH インバータのうち，今後さらなる応用の拡大が予想される大型炊飯釜（がま）加熱用途と過熱蒸気発生器加熱用途について概要を紹介し，富士電機における IH インバータ応用の今後の取組みについて述べる。

2　汎用 IH インバータ

1990年に『富士時報』で加熱用インバータを紹介（第63巻 第7号）して以来，数々の応用形態を経験しながら10年以上が経過した。この間世の中の汎用 IH インバータに対する応用範囲の拡大志向は途切れることがなく，質的にも近年ますますその要求内容が高度化されつつある。10年以上の応用経験の中でシリーズ化された汎用 IH インバータの種類は基本型として7シリーズあり，特定顧客向けに開発した3シリーズを合わせると10シリーズになる。**表1**に基本となる汎用 IH インバータの概略仕様を紹介する。

表中の定格消費電力 2.5 kW から 5.0 kW までは主に従来のガスレンジやガスこんろの代替品として応用されており，コンスタントに需要が続いている。本稿で紹介する大量調理用途に適用される範囲は 7.0 kW から 20.0 kW までであり，従来は需要家側の電力供給設備容量の不足から採用されることが少なかった。前述したように，食品加工業者の HA CCP 概念の導入が活発になるのと時を同じくしてエネルギーの自由化による発電設備の分散設置化が電力の導入

表1　汎用 IHインバータの概略仕様

項目 ＼ 分類		R7A タイプ	C9K タイプ		C7K タイプ			
	型式	HFR 025R7A-7S	HFR 030C9K-2UY	HFR 050C9K-2UY	HFR 070C7K-2	HFR 100C7K-2	HFR 150C7K-2	HFR 200C7K-2
加熱仕様	定格消費電力	2.5 kW ±10%	3.0 kW ±10%	5.0 kW ±10%	7.0 kW ±10%	10.1 kW ±10%	15.0 kW ±1%	20.0 kW ±10%
	定格出力電流	27 A_{rms}	33 A_{rms}	46 A_{rms}	56 A_{rms}	85 A_{rms}	127 A_{rms}	125 A_{rms}
	被加熱物の最適直径	220 mm	鍋底 300 mm		—	—	—	—
	ワークコイル直径（円板コイル）	185 mm	270 mm		—	—	—	—
電源仕様	電圧，周波数	AC 180～242 V，50/60 Hz	AC 180～264 V，50/60 Hz		AC 180～242 V，50/60 Hz			
	相数	単相	三相					
	容量	2.6 kVA	3.4 kVA	5.6 kVA	8 kVA	11 kVA	17 kVA	35 kVA
制御回路		γ角制御による電力一定制御	電力一定制御（γ角制御）16ビット CPU によるディジタル制御		γ角制御による電力一定制御			

松永　哲夫

加熱用インバータの開発・設計に従事。現在，鈴鹿工場設計部マネージャー。

中井　　勝

加熱用インバータの開発・設計に従事。現在，鈴鹿工場設計部。

を容易にし，電力価格も低価格になり，10.0 kW 以上の汎用 IH インバータの需要が急速に増大し始めた。

中でも IH の特長を十分に生かしながら大量調理システムを完成し，今後も拡大発展が期待できる大型炊飯釜加熱用途と，IH でなければ実現不可能と考えられる過熱蒸気発生器加熱用途について以下に応用状況を紹介する。

3　大型炊飯釜加熱用 IH インバータ

大型炊飯釜を IH 化する目的は大量の米を速く安くおいしく均一に炊飯することである。

今回，質量で 10.5 kg（７升）の米を約18～20分以内の高速で炊飯し，さらに炊飯後一日置いてもご飯の味が変わらないことを目標にした。

10.5 kg もの大量の米にその 1.5 倍の水を足し，約10分で沸騰状態にする必要がある。このためには約 15.0 kW の IH インバータ容量が必要である。

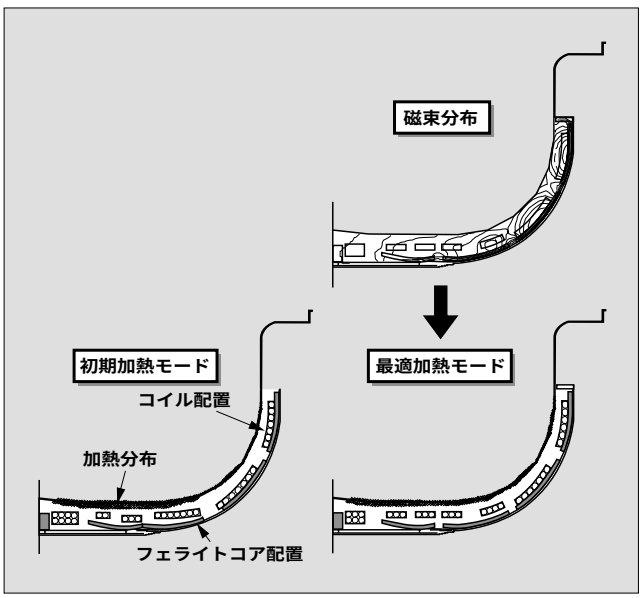
一方，おいしく炊飯するためには，米に十分水を吸収させることが一つのポイントになり，米のでんぷんがよく糊化し組織は適度に水和して軟らかくなることであるが，弾力性も必要である。そのためには，ご飯粒に吸収された水分はご飯の中心部まで均一に存在しなければならない。

これらの命題をすべて満足させるためには，IH インバータの容量を 15.0 kW 以上にしながら適正な加熱モードで加熱する必要がある。

IH インバータの容量は最大時には 15 kW 必要であるが，常に 10.5 kg の米を炊飯する訳ではなく需要量に応じて炊飯する米の量は変わる。ご飯の種類も普通のものから味付ご飯のように焦げやすいものまで多種類の炊飯ができなければならず，加熱力や加熱モードをその都度変えなければならない。

また，IH 特有の集中加熱モードを緩和し，炊飯釜全体に均等加熱しないと普通の炊飯でも焦げが発生する。

図１　有限要素法による電磁界解析結果



こうしたことからこの例では 15.0 kW IH インバータ１台で加熱するのではなく，炊飯釜１台に対し 5.0 kW IH インバータ３台を使い，その時々の炊飯条件に合わせて加熱力を分散して調整できるようにした。

特に炊飯加熱で一番重要となる炊飯釜の底が均等に加熱されるよう有限要素法による電磁界解析手法を使ってワークコイルの形状を決定した。**図１**にその結果を示す。

もう一方の課題であるおいしく炊飯するには，米に水分を均等に浸透させるよう炊飯釜の中で米の対流を活発にし，焦げないうちに速く水温を上昇させるようにする必要がある。そのために炊飯釜の底に配置される IH インバータは 6.5 kW まで出力アップさせることにより速く水温を上昇させながら短時間で水の対流を活発にさせた。

このほかに，IH 特有の電磁振動効果も米に水分を均等に浸透させることに対して有効に作用したと考えられる。すなわち，出力電流の周波数が 30 ～ 40kHz であることで炊飯釜に対し同じ周波数帯の電磁振動が発生し，これが超音波発生効果となって文献でいわれる水のクラスタを細分することにより米に対する浸透をよくしたと考える。

4　過熱蒸気発生器加熱用 IH インバータ

常圧の蒸気は熱容量がきわめて大きく，乾燥，焙煎（ばいせん），殺菌，抽出，脱臭，炭化減容化など多くの用途に利用が期待され，今まさに研究が盛んに行われている分野である。

かつては熱源にガスや重油・灯油を使用し，過熱蒸気そのものを生成する装置が大掛かりで用途が限られていたが，IH インバータが汎用化されたことで 500 ℃までの過熱蒸気は簡単に生成できるようになり，研究が活発になった。

現在では 500 ～ 1,000 ℃の超高温の過熱蒸気も生成できるようになっており，この過熱蒸気を使った応用の研究が進められている。**図２**に過熱蒸気発生装置のイメージ図を示す。円筒状に巻いた電磁誘導用コイルの内側に流体また

図２　過熱蒸気発生装置のイメージ図

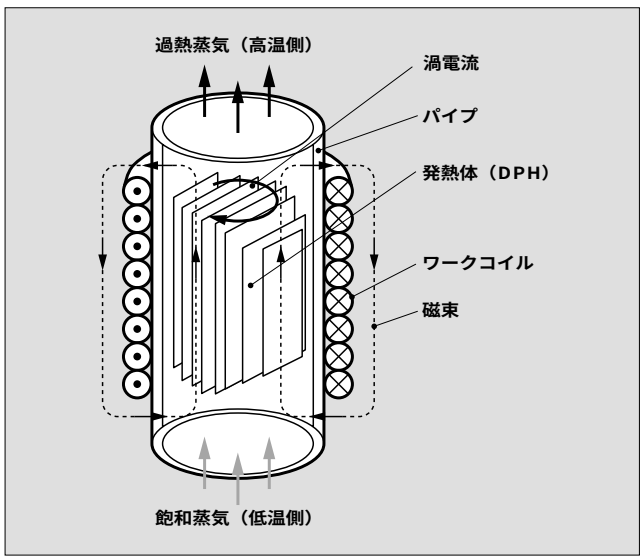
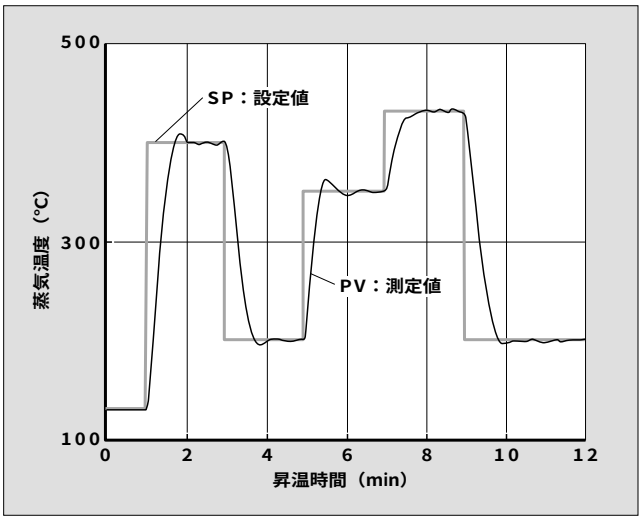


図３　蒸気温度の制御性



は気体を高効率に加熱できる被加熱媒体〔商品名：デュアルパックスヒーター（DPH）〕を使用することで IH の加熱リカバリーレスポンスのよさを十分発揮させることができ，過熱蒸気の温度がきわめて正確に制御できるようになっている。制御性の一例を**図３**に示す。DPH を使用することにより加熱開始後常温の水から蒸気発生までの時間は数十秒であり，300 ℃までの昇温時間は数分である。

5　そのほかの IH インバータ応用

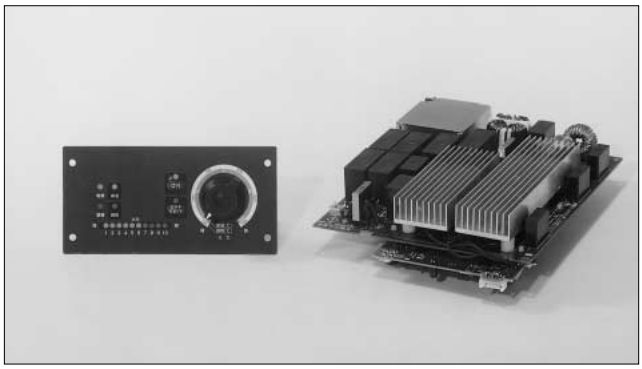
従来から最も数多く応用されている例は業務用の電磁調理レンジおよびこんろであるが，木製のテーブルに IH インバータとトッププレートおよび操作パネルを組み合わせて取り付け，客席でお客さま自身で手軽に調理できるようにした例もある。

このような使い方は富士電機がこの製品を商品化した 10 年以上前から変わっておらず，さらに IH の用途を拡大するためこの使い方をより簡便容易にし，しかも多目的用途に使用できるように IH インバータの構造を改良した。

現在，富士電機は単なる加熱用として IH インバータを電磁調理器に応用するのではなく，使用形態に合わせて熱源を必要とする装置に任意にかつ簡単に組み込める製品としてインバータ部分とコイルを必要最小限の単位で供給できる体制を整えつつある。当面対象品は小容量の 2.5 ～ 3.0 kW 品としており，外観を**図４**に示す。

この製品はレンジにもこんろにも卓上フライヤにも木製テーブルへの組込みにもその他熱源として IH を使用する用途に簡単に組み込めるよう設計されており，IH 応用装置の一角を単純な冷却システムと耐環境性を考慮した構造にすれば IH インバータの組込みが簡単にできる。

図４　装置組込み型 IH インバータ



6　あとがき

IH インバータの応用は世の中の環境保全と衛生管理が徹底するにつれて活発になってきており，特に本稿で述べた過熱蒸気の応用は今後研究が進むに従い新しい用途が次々に開発されるものと期待される。

必要なときに必要なだけの熱が必要とされる場所で簡単に手に入れることができる加熱方法として IH が世の中で高い評価を得ている理由の一つは，エネルギー効率が非常に高く対象物を短時間に加熱できるため運転コストが安いからである。また，従来の燃焼加熱ではできなかったさまざまな効果が発見されるようになり，付加価値が高くなったことも大きな理由といえる。IH の応用分野をさらに研究し，今後とも IH がエネルギーの有効利用と環境保全に少しでも役に立つことを願って IH 応用開発拡大に努力していく所存である。

参考文献

(1)　内堀義隆，中岡睦雄．電圧形高周波インバータを用いた電磁誘導加熱方式．熱流体エネルギー生成．電気学会半導体電力変換研究会（SPC）．1997-5.
(2)　上田敬．水のハイテク加工．NIKKEI BUSINESS．1992-9.
(3)　武藤達ほか．食品業界における「IH インバータ」の応用．富士時報．vol.68，no.4，1995，p.251-256.
(4)　尾郷亜希子．業務用全自動 IH 炊飯機．食品工業．1995-2，p.35-41.
(5)　中島勝美．業務用厨房が抱えている問題点とその改善策．電熱．no.60，1991，p.52-58.

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。