【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第７部門第１区分
【発行日】平成20年1月31日(2008.1.31)

【公開番号】特開2006-196336(P2006-196336A)
【公開日】平成18年7月27日(2006.7.27)
【年通号数】公開・登録公報2006-029
【出願番号】特願2005-7376(P2005-7376)
【国際特許分類】
Ｈ０５Ｂ　6/74　(2006.01)
Ｆ２４Ｃ　7/02　(2006.01)
Ｈ０５Ｂ　6/68　(2006.01)
Ｈ０５Ｂ　6/70　(2006.01)
Ｈ０５Ｂ　6/72　(2006.01)
【ＦＩ】
Ｈ０５Ｂ　6/74　Ｅ
Ｆ２４Ｃ　7/02　３３０Ｚ
Ｆ２４Ｃ　7/02　５１１Ａ
Ｈ０５Ｂ　6/68　３１０Ｚ
Ｈ０５Ｂ　6/70　Ｆ
Ｈ０５Ｂ　6/72　Ｚ

【手続補正書】
【提出日】平成19年12月12日(2007.12.12)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
マイクロ波放射手段と、前記マイクロ波放射手段から放射されたマイクロ波が伝播可能なマイクロ波空間と、前記マイクロ波空間の少なくとも一部に設けられて被加熱物を収納できる加熱室と、前記マイクロ波空間に配された複数の通路と、前記複数の通路への誘電体の出入りを制御する制御手段とを有し、前記複数の通路内における前記誘電体の有無により前記マイクロ波空間の誘電率分布状態を変更し、マイクロ波分布を変化させるマイクロ波加熱装置。
【請求項２】
マイクロ波放射手段は、軸を中心に回転する放射アンテナからマイクロ波を放射する構成とし、軸から見て対称な少なくとも二箇所に通路を配する請求項１に記載のマイクロ波加熱装置。
【請求項３】
マイクロ波放射手段は、軸を中心に回転する放射アンテナからマイクロ波を放射する構成とし、軸から見て距離が異なる少なくとも二箇所に通路を配する請求項１に記載のマイクロ波加熱装置。
【請求項４】
被加熱物の温度を検出する温度検出手段を有し、制御手段は、温度検出手段の検出信号に基づき、通路への誘電体の出入りを制御する請求項１に記載のマイクロ波加熱装置。
【請求項５】
使用者が設定できる設定手段を有し、制御手段は、設定手段の設定内容に応じて、所定の

通路への誘電体の出入りを制御する請求項１に記載のマイクロ波加熱装置。
【手続補正２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【発明の詳細な説明】
【発明の名称】マイクロ波加熱装置
【技術分野】
【０００１】
本発明は、被加熱物を誘電加熱するマイクロ波加熱装置に関するものである。
【背景技術】
【０００２】
従来、マイクロ波加熱装置の代表例である電子レンジでは、マグネトロンから放射されるマイクロ波を加熱室に導波管を通じて伝送して、加熱室内で定在波を形成させ、この定在波の電界成分と被加熱物の誘電損失に応じて被加熱物を発熱させている。被加熱物の単位体積当たりの吸収される電力Ｐ［Ｗ／ｍ３］は、加えられる電界の強さＥ［Ｖ／ｍ］、周波数ｆ［Ｈｚ］、および被加熱物の比誘電率（誘電率の実数部分）εｒ、誘電正接ｔａｎδにより、下式により表わされる（ここで、εｒ・ｔａｎδが誘電損失に相当する）。

【０００３】
Ｐ＝（５／９）εｒ・ｔａｎδ・ｆ・Ｅ２×１０－１０　［Ｗ／ｍ３］
また、電子レンジは、被加熱物を収納する加熱室の大きさが大概、幅寸法および奥行き寸法がそれぞれ３０～４０ｃｍ、高さ寸法が２０ｃｍ前後である。一方、使用しているマイクロ波の波長は約１２ｃｍであり、加熱室内で共振して定在波となるので強弱の電界分布が必ず生じ、さらには被加熱物の形状やその物理特性の影響が相乗的に作用して局所的な加熱が発生することがある。この局所的な加熱を抑制する方法として、被加熱物を回転させることにより電界分布に対する相対位置を変化させるいわゆるターンテーブルや、マイクロ波を攪拌することにより電界分布を変化させるいわゆるスタラー方式、回転アンテナ方式などを用いる方法がある。これらの場合、回転の中心から等距離にある部位の加熱を平均化するのにある程度の効果があるものの、それでも完全に均一にすることは難しい。

【０００４】
特に、冷凍食品の解凍においては、氷が溶けて水になった領域は誘電損失が急激に大きくなり、加熱エネルギーが集中するので、周囲と比較して温度上昇速度が速くなる。つまり、氷の部分の加熱が遅い反面、氷が溶けた部分の加熱が早まるといった状態で、ますます温度差が拡大する傾向がある。よって、局所的な加熱現象が顕著に現れ、ひどい場合は、煮えている部分と未解凍部分とが共存してしまうこともある。これを防ぐために現在の電子レンジの解凍では、あえてマイクロ波の出力を下げる（例えば、定格高周波出力１０００Ｗの機種でも解凍時には３００Ｗ以下）とか、マイクロ波を出さない時間を加熱途中に設ける（断続動作）などにより、食品内部の熱伝導による温度の平均化を待つことによって出来映えを向上させている。つまり、加熱時間をあえて延ばすことにより、局所的な加熱を回避しているのである。
【０００５】
一方、マイクロ波が伝送される空間に誘電体を供給することで、マイクロ波分布が変化するということに着目したものがある。その一つは、加熱室の上面に接続された導波管内に誘電体からなる一つの細い管を配置して管内に間欠的に冷媒（誘電体）を送るというマイクロ波加熱装置である（例えば、特許文献１参照）。また、他のものは、加熱室底面のほぼ全域を覆う一つの大きな容器に水（誘電体）と空気を循環させるというマイクロ波加熱装置である（例えば、特許文献２参照）。

【特許文献１】特公昭４０－１７１９５号公報
【特許文献２】特許第３３１７２２７号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
しかしながら、従来のマイクロ波加熱装置は、ある一つの領域で誘電体の有無を制御するので、誘電体が無い時のマイクロ波分布と誘電体がある時のマイクロ波分布との高々二種類の分布を切り替えるものであり、分布の選択肢が少なく、被加熱物の種類や形状や置く位置などによっては、局所的な加熱を回避できない場合があった。
【０００７】
また、特許文献１のものでは、導波管内でのみ冷媒（誘電体）の有無を制御するので、特に導波管内のマイクロ波に作用し、その結果、導波管から加熱室に伝送されるマイクロ波の伝送効率を変えることができるが、これは、全体のマイクロ波の強度を変えているだけに過ぎず、加熱室内のマイクロ波の強いところと弱いところの位置関係を変えるような効果は少ないと考えられる。なぜならば、加熱室内のマイクロ波の分布は、加熱室内部の状態が変わるか、加熱室へのマイクロ波の入射位置が変わるかしないと、変化しないからである。すなわち、特許文献１のものでは、導波管内で冷媒（誘電体）の有無の変化があるものの、加熱室内部では誘電体は常に無いままであり、マイクロ波の入射位置（導波管と加熱室の結合部）も常に一定のままだからである。
【０００８】
また、特許文献２のものでは、加熱室内で水の有無を制御しており加熱室内のマイクロ波分布に十分作用すると考えられる。ただし、加熱室底面の全域を覆うような大量の水を前提としており、マイクロ波は水を通過しない限り被加熱物に到達しない構成となっている。よって、水有りの場合には水自身がマイクロ波を吸収してしまい、被加熱物がマイクロ波を吸収する割合が減少することが懸念される。このことは、具体的に高周波出力の低下について記載されており、水無し時に６５０Ｗだったものが、水７０ｇ時に５１２Ｗ、水１００ｇ時に４４６Ｗとなる。つまり、水の量を増やすことで、被加熱物の加熱効率が低下しているのである。
【０００９】
本発明は、前記従来の課題を解決するもので、被加熱物の加熱効率を低下させることなく、マイクロ波加熱特有の局所加熱を抑制して、被加熱物の加熱均一化を図り、加熱後の出来映えを向上させることのできるマイクロ波加熱装置を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【００１０】
前記従来の課題を解決するために、本発明のマイクロ波加熱装置は、マイクロ波放射手段から放射されたマイクロ波が伝播可能なマイクロ波空間に複数の通路を配し、この複数の通路への誘電体の出入りを制御手段で制御するようにし、複数の通路内における誘電体の有無によりマイクロ波空間の誘電率分布状態を変更して、マイクロ波分布を変化させるものである。
【００１１】
これによって、マイクロ波空間に含まれる加熱室内のマイクロ波分布を変化させることができ、加熱室に収納された被加熱物周辺のマイクロ波の電界分布が変化することになり、単一の分布で加熱するときのような局所加熱を抑制して、被加熱物の加熱均一化を図り、加熱後の出来映えを向上させることができる。
【発明の効果】
【００１２】
本発明のマイクロ波加熱装置は、被加熱物の加熱均一化を図り、加熱後の出来映えを向上させることができる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１３】

第１の発明は、マイクロ波放射手段と、前記マイクロ波放射手段から放射されたマイクロ波が伝播可能なマイクロ波空間と、前記マイクロ波空間の少なくとも一部に設けられて被加熱物を収納できる加熱室と、前記マイクロ波空間に配された複数の通路と、前記複数の通路への誘電体の出入りを制御する制御手段とを有し、前記複数の通路内における前記誘電体の有無により前記マイクロ波空間の誘電率分布状態を変更し、マイクロ波分布を変化させるマイクロ波加熱装置とするものである。これにより、マイクロ波空間に含まれる加熱室内のマイクロ波分布を変化させることができ、加熱室に収納された被加熱物周辺のマイクロ波の電界分布が変化することになり、単一の分布で加熱するときのような局所加熱を抑制して、被加熱物の加熱均一化を図り、加熱後の出来映えを向上させることができる。つまり、通路の数が一つしかないと誘電体があるか無いかの２通りのマイクロ波分布しか起こらないが、通路の数を２つとすると４通り（いずれの通路にも誘電体が無い場合、いずれか一方の通路のみに誘電体がある場合、いずれの通路にも誘電体がある場合）のマイクロ波分布、同様に通路の数を３つとすると８通りのマイクロ波分布、通路の数を４つとすると１６通りのマイクロ波分布というように、通路の数を増やすごとに選択できるマイクロ波分布の数を飛躍的に増やすことができる。したがって、誘電体の有無の制御によって任意のマイクロ波分布に切り替えることが可能となる。その結果、被加熱物をより一層均一に加熱することができ、特に冷凍品を解凍する場合や、一般的なあたため（再加熱）の出来映えを向上させることが可能となる。

【００１４】

第２の発明は、特に、第１の発明において、マイクロ波放射手段は、軸を中心に回転する放射アンテナからマイクロ波を放射する構成とし、軸から見て対称な少なくとも二箇所に通路を配することにより、第一の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布と、第一の通路に対称な他の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布とを、対称的なマイクロ波分布とすることができる。例えば、通路が二つの場合、第一の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布が軸に対していずれかの方向に変異した部位（第一の部位）に局所的な集中を引き起こすような分布であったとすれば、第二の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布は軸に対して反対の方向に変異した部位（第二の部位）に局所的な集中を引き起こすような分布を生じさせることができる。

【００１５】

特に、第２の発明において、加熱室の正面にはドアを有し、軸は加熱室の下部略中央に位置し、正面から見て少なくとも軸の左に第一の通路と、軸の右に第二の通路を配することにより、第一の通路にのみ誘電体がある場合と第二の通路にのみ誘電体がある場合とで、軸を中心として対称的なマイクロ波分布とすることができる。例えば、左右対称などの分布を起こすことが可能である。マイクロ波加熱装置として一般的な電子レンジの場合は、代表的な被加熱物である食品の形状に平らなものが多いとか、複数個同時に加熱するというようなことも多く行われ、上下方向よりも左右に均一であることが望まれる場合が多い。このような場合に特に加熱分布を均一にすることが期待できる。

【００１６】

特に、第２の発明において、加熱室の正面にはドアを有し、軸は加熱室の下部略中央に位置し、正面から見て少なくとも軸の前に第一の通路と、軸の後ろに第二の通路を配することにより、第一の通路にのみ誘電体がある場合と第二の通路にのみ誘電体がある場合とで、軸を中心として対称的なマイクロ波分布とすることができる。例えば、前後対称などの分布を起こすことが可能である。マイクロ波加熱装置として一般的な電子レンジの場合は、代表的な被加熱物である食品の形状に平らなものが多いとか、複数個同時に加熱するというようなことも多く行われ、上下方向よりも前後に均一であることが望まれる場合が多い。このような場合に特に加熱分布を均一にすることが期待できる。

【００１７】

第３の発明は、特に、第１の発明において、マイクロ波放射手段は、軸を中心に回転する放射アンテナからマイクロ波を放射する構成とし、軸から見て距離が異なる少なくとも二箇所に通路を配することにより、第一の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布

と、第一の通路とは軸からの距離が異なる他の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布とを、軸に対して非対称的なマイクロ波分布とすることができる。例えば、通路が二つの場合、第一の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布が軸上の特定の部位に局所的な集中を引き起こすような分布であったとすると、もし第二の通路が第一の通路と軸から等距離で対称な位置にあった場合は、第二の通路にのみ誘電体がある場合も第一の通路にのみ誘電体がある場合と同様、軸上の部位に局所的な集中を引き起こすことが容易に考えられる。ところが第二の通路が第一の通路とは軸からの距離が異なるように配置することで、第二の通路にのみ誘電体がある場合のマイクロ波分布は軸に対して非対称な分布、すなわち軸上の特定部位に集中しないような分布、あるいは軸上でも異なる部位に集中させる分布ができる可能性が高くなるのである。

【００１８】

特に、第３の発明において、加熱室の正面にはドアを有し、軸は加熱室の下部略中央に位置し、正面から見て少なくとも軸の上方に第一の通路と、第一の通路のさらに上方に第二の通路を配することにより、第一の通路は放射アンテナに近く、第二の通路は放射アンテナから遠く配されることになる。一般的に放射アンテナから距離が離れるにつれて電界が減衰することが知られており、放射アンテナに近い第一の通路の方がより強い電界にさらされるので、誘電体があるときのマイクロ波への影響、すなわちマイクロ波分布の変化がより大きくなることが想定される。よって誘電体の無い場合のマイクロ波の分布と比較して、第二の通路にのみ誘電体がある場合はマイクロ波の分布を少しだけ変化させて、第一の通路にのみ誘電体がある場合はマイクロ波の分布を大きく変化させるということが可能である。

【００１９】

特に、第３の発明において、加熱室の正面にはドアを有し、軸は加熱室の下部略中央に位置し、少なくとも軸の中心に近い第一の通路と、前記第一の通路の外側で軸の中心から遠い第二の通路を配することにより、第６の発明と同様な効果を得ることができる。

【００２０】

第４の発明は、特に、第１の発明において、被加熱物の温度を検出する温度検出手段を有し、制御手段は、温度検出手段の検出信号に基づき、通路への誘電体の出入りを制御することにより、温度検出手段の検出信号から被加熱物の温度むらを見ながら、むらが大きくなってくれば通路への誘電体の出入りを制御して、分布むらを抑制するようなマイクロ波分布に変更することができる。また、各通路における誘電体の有無の組み合わせを順次切り替えながらそれぞれの温度むらを検出すれば、最も温度むらを小さくできる組み合わせがわかるので、以降はその組み合わせに固定して加熱を進めることで温度むらを小さくできる。また、あらかじめ各通路における誘電体の有無の組み合わせによってどのような加熱分布になるかを把握しておけば、温度むらを検出しながら、温度むらを打ち消す可能性の高い条件になるよう誘電体をこまめに制御することができ、最初から最後まで被加熱物の温度むらをあまり発生させない状態を維持したまま加熱することができる。

【００２１】

第5の発明は、特に、第１の発明において、使用者が設定できる設定手段を有し、制御手段は、設定手段の設定内容に応じて、所定の通路への誘電体の出入りを制御することにより、設定内容に応じて、分布むらを抑制するようなマイクロ波分布に変更することができる。特に、設定手段が操作キーのメニュー設定の場合、キー自体が「牛乳」とか「解凍」とか「コンビニ弁当」などのようになっていれば、被加熱物の形状や材質をある程度特定できる場合が多い。例えば、「牛乳」ならマグカップやコップの形状で対流があるので下の方を加熱すれば良いとか、「解凍」なら平らな形状なので上下の分布よりも前後左右の分布を良くすべきとか、「コンビニ弁当」の場合は面積が広い形状でごはんとおかずの領域が分かれているのでバランスをとるべき、というようなことが予め推測できる。あるいは加熱時間を設定した場合はトータルの時間が決まるので、途中で二回分布を変えるなら何分ずつの配分にしようとか、このようなこともあらかじめ決定することができる。よって設定内容に応じて所定の通路への誘電体の出入りを制御することは、加熱の均一化の

ためにある程度の効果がある。
【００２２】
特に、第１の発明において、制御手段は、マイクロ波加熱中に通路への誘電体の出入りを制御することにより、途中までは一定のマイクロ波分布で被加熱物を加熱し、所定の通路への誘電体の出入りを制御した後は異なったマイクロ波分布で被加熱物を加熱することができる。特に、誘電体の出入りを制御する電力は、マイクロ波加熱に要する電力（例えば、１２００Ｗ）と比較してはるかに低電力（１０Ｗオーダー）で済むので、合算で一般の家庭の電力容量内に収めることが容易である。この場合は誘電体の出入りを制御する際もマイクロ波加熱を中断する必要が無いので、効率的にマイクロ波加熱を継続することができる。
【００２３】
特に、第１の発明において、誘電体を水で構成したことにより、水は比誘電率が約８０と高く、空気の１と比べて８０倍もある。一般に誘電体の内部を伝播するマイクロ波の波長は比誘電率の平方根に反比例するので、水の内部では波長は約１／９（　１／√８０）に圧縮される。逆にマイクロ波の波長を一定と考えると、水の存在する領域のみ９倍に拡大したように見えるのである。よって水の有無や、水がある場合はその位置によって、マイクロ波空間の形状がいびつに変形されるのと同様の作用を有することになり、マイクロ波分布を大きく変化させることができる。また水は入手が容易であり、安全であり、扱いが簡単である。通路への水の出入りを制御することに関しても、ポンプやバルブなどの汎用部品を用いることが容易であるし、いろいろな分野で水を搬送するための管が実用化されており、これらを通路として採用することが可能である。
【００２４】
特に、第１の発明において、通路を樹脂製のチューブで構成したことにより、通路を容易に低損失の誘電体材料とすることができる。また形状に自由度があるので、最適設計することで、内部に配される誘電体の形状や位置を任意に決定することができる。
【００２５】
特に、第１の発明において、通路をガラスで構成したことにより、第１２の発明と同様な効果を得ることができる。
【００２６】
特に、第１の発明において、通路から排出された誘電体を、循環手段を介して循環させる構成としたことにより、誘電体を再利用できて無駄がないとともに、使用者に誘電体のセッティングや後処理の手間をかけないようにすることができる。
【００２７】
以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、この実施の形態によって本発明が限定されるものではない。
【００２８】
（実施の形態１）
図１～図１３は、本発明の実施の形態１におけるマイクロ波加熱装置を示すものである。
【００２９】
図１、図２に示すように、本実施の形態におけるマイクロ波加熱装置１は、マイクロ波放射手段１１と、マイクロ波放射手段１１から放射されたマイクロ波が伝播可能なマイクロ波空間９と、マイクロ波空間９の少なくとも一部に設けられて被加熱物２を収納できる正面開放の箱形形状の加熱室３と、マイクロ波空間９に配された複数の通路１３～１６と、複数の通路１３～１６への誘電体（本実施の形態では水）１７の出入りを制御する制御手段３３とを有している。そして、複数の通路１３～１６内における誘電体１７の有無によりマイクロ波空間９の誘電率分布状態を変更し、マイクロ波分布を変化させるようにしている。
【００３０】
また、マイクロ波加熱装置１は、マイクロ波空間９を仕切るとともに被加熱物２を載置

する載置台１０、使用者が操作できる設定手段３２、および加熱室３の正面に開閉自在に装備し使用者が被加熱物２を加熱室３へ出し入れするドア３４を有している。なお、載置台１０はセラミックやガラスなどの低損失誘電材料からなるので、マイクロ波が容易に透過し、その上部に形成される加熱室３へマイクロ波を送ることができるものである。

【００３１】

前記マイクロ波放射手段１１は、マグネトロン４と、放射されたマイクロ波を導く導波管５と、導波管５の開口６に同軸結合した軸７を有する放射アンテナ８と、軸７と接続し放射アンテナ８を回転させてマイクロ波空間９の分布をある程度変化させるモータ１２とを有している。

【００３２】

また、通路１３～１６は、誘電体１７が移動できる通路であり、ガラス製であり、加熱室３の内外にわたるものである。タンク１８内には誘電体１７が貯えられ、循環手段を構成するポンプ１９～２２によってそれぞれが移動させられる。この通路については、本実施の形態では図３に具体構成を示しているように、ポンプ１９～２２と接続されたゴム製の給水ホース２３と、低損失誘電材料のガラスからなる分布可変容器２４と、ゴム製の排水ホース２５とを有している。分布可変容器２４の給水口２６、排水口２７は、それぞれ加熱室３を形成する壁面２８に設けられた開口２９、３０から加熱室３外部へと突出させ、加熱室３外部で給水ホース２３、排水ホース２５と接続している。この構成により、加熱室３内でマイクロ波にさらされるのは、分布可変容器２４の本体３１であり、本体３１内の誘電体１７の有無によってマイクロ波分布が変化することになる。本体３１内の誘電体１７は、重力に従って排水口２７、排水ホース２５を介して自然にタンクへ１８と排出されるが、ポンプ１９～２２により給水ホース２３、給水口２６を介して排水量と同等以上の誘電体１７を供給し続ければ本体３１内に誘電体１７を満たすことができる。本体３１の容積は任意に設計可能であるが、あまり大きくなると誘電体１７がマイクロ波を吸収してしまって被加熱物２が加熱されるスピードが遅くなる（効率低下の）危険性があるので、５０ｃｃ以下で良く、できれば１０ｃｃ程度が望ましい。

【００３３】

設定手段３２は、加熱の開始／終了や、加熱時間の設定、加熱終了温度の設定、メニューの選択などの設定を行なうために使用者が操作するものである。制御手段３３は、設定手段３２の設定内容に従って所定の制御を行なうもので、マグネトロン４からのマイクロ波の放射や、モータ１２の駆動や、ポンプ１９～２２の動作などを制御する。

【００３４】

図４には、制御系のブロック図を示しているが、この制御系は、例えば、マイクロプロセッサを備えてなる制御手段３３を中心に構成されている。

【００３５】

上記した構成のマイクロ波加熱装置は、被加熱物２を収容する加熱室３にマイクロ波を供給することにより、被加熱物２を加熱処理するものである。マグネトロン４から放射されたマイクロ波は、導波管５内を伝搬して放射アンテナ８からマイクロ波空間９へと放射される。マイクロ波空間９は、載置台１０により上下に二分されているが、載置台１０はセラミックやガラスなどの低損失誘電材料からなるのでマイクロ波が容易に透過し、載置台１０上部に形成される加熱室３へマイクロ波を送ることができる。ここで、放射アンテナ８は指向性を有しており、向きによってマイクロ波の放射の方向が変化することによりマイクロ波空間９の分布をある程度変化させることができる。このため、軸７と接続したモータ１２により、放射アンテナ８を回転させる構成となっている。

【００３６】

次に、図５により通路１３～１６内、特に、分布可変容器２４内の水量の時間変化について説明する。時間ｔ＿ｏｎでポンプ動作を開始（ｏｎ）すると、図３に示す給水ホース２３から給水口２６を介して分布可変容器２４内に給水を始めるが、分布可変容器２４の下部に排水口２７があるので排水口２７、排水ホース２５を介して誘電体１７の一部が排水される。ここで、分布可変容器２４内の水量は、ポンプの能力により、給水量が排水量

よりも多い間は水量が増加し、給水量と排水量が等しくなると一定とすることができる。そして、ｔ＿ｏｆｆでポンプ動作を停止（ｏｆｆ）すると、給水が無くなって排水のみが続くので、分布可変容器２４内の水量は減少し、いずれ０となる。分布可変容器２４内の水量が多いほど水圧が高く排水量が多くなり、分布可変容器２４内の水量が少ないと水圧が下がり排水量が減少していく傾向があるため、ｔ＿ｏｆｆ後の水量変化は図５のような曲線を描くと考えられる。なお、ポンプの動作を制御することで給水量の調節ができるので、ｔ＿ｏｎからｔ＿ｏｆｆまでの間の分布可変容器２４内の水量をできるだけ一定に近づけるようにも制御できる。

【００３７】

次に、具体的な誘電体１７の出し入れの制御について説明する。図６は通路１３～１６の、特に、分布可変容器２４内の水量変化の制御シーケンスである。上から順に、左後の通路１３、左前の通路１４、右後の通路１５、右前の通路１６における水量の特性を示している。

【００３８】

時間０～ｔ１はどの通路にも水が無く、図２に示した通りの状態である。時間ｔ１～ｔ２は左後の通路１３と左前の通路１４に誘電体１７があり、図７に示した状態である。時間ｔ２～ｔ３は右後の通路１５と右前の通路１６に誘電体１７があり、図８に示した状態である。時間ｔ３～ｔ４は左後の通路１３と右後の通路１５に誘電体１７があり、図９に示した状態である。時間ｔ４～ｔ５は左前の通路１４と右前の通路１６に誘電体１７があり、図１０に示した状態である。また、図２、図７～図１０には被加熱物２が特に加熱されやすい部位３５～３９を示しており、特に、図２を基準と考えて図７～図１０には図２で示した加熱されやすい部位３５も併記している。図７～図１０の加熱されやすい部位３６～３９は、いずれも図２の加熱されやすい部位３５と比べて位置がずれている。

【００３９】

まず、通路１３と通路１５、通路１４と通路１６は、放射アンテナ８の軸７（回転の中心）からみてそれぞれ位置が概ね左右対象の位置にあるので、左側の通路１３、１４にのみ誘電体１７がある状態（図７）と、右側の通路１５、１６にのみ誘電体１７がある状態（図８）とでは加熱されやすい部位の位置のずれ方が逆向きである。すなわち、図２の加熱されやすい部位３５に対して、図７の加熱されやすい部位３６は左側にずれ、図８の加熱されやすい部位３７は右側にずれているのである。よって、図７の状態と図８の状態を均等に切り替えれば、それぞれ加熱される部位が異なるので、加熱分布の均一化につながることになる。

【００４０】

また、通路１３と通路１４、通路１５と通路１６は、放射アンテナ８の軸７（回転の中心）からみてそれぞれ位置が概ね前後対象の位置にあるので、後側の通路１３、１５にのみ誘電体１７がある状態（図９）と前側の通路１４、１６にのみ誘電体１７がある状態（図１０）とでは加熱されやすい部位の位置のずれ方が逆向きである。すなわち、図２の加熱されやすい部位３５に対して、図９の加熱されやすい部位３８は前側にずれ、図１０の加熱されやすい部位３９は後側にずれているのである。よって、図９の状態と図１０の状態を均等に切り替えれば、それぞれ加熱される部位がずれるので、被加熱物２の加熱分布の均一化につながることになる。

【００４１】

図１１に加熱分布の均一化のイメージ図を示した。図１１（ａ）は一般的なマイクロ波加熱装置の場合で、図２の状態で加熱を続けることにより、加熱されやすい部位３５の、特に、中央部分が局所的に加熱されている。図１１（ｂ）は本実施の形態により図６のように時間０～ｔ５まで誘電体１７の出入りを制御したもので、加熱されやすい部位３５～３９が重なり合うことで加熱部位４０が広範囲となり、かつ局所的な加熱しすぎが無くなっている。

【００４２】

図１２は、水量変化の他の制御シーケンスを示す。これは、必ずいずれかの通路に誘電

体１７があるようにしており、できるだけ誘電体１７の出し入れの回数を減らすために誘電体１７の有／無の状態を長時間維持するようにしたものである。これによりポンプの起動回数が減るので耐久性が向上する効果がある。

【００４３】

図１３は、水量変化のさらに他の制御シーケンスを示す。これは、単独の通路にのみ誘電体１７があるようにしたものである。もちろん四つのうち、三つの通路に誘電体１７を満たしても良いし、四つとも満たすことも考えられる。

【００４４】

以上のように、本実施の形態のマイクロ波加熱装置１は、マイクロ波放射手段１１と、マイクロ波放射手段１１から放射されたマイクロ波が伝播可能なマイクロ波空間９と、マイクロ波空間９の一部に設けられて被加熱物２を収納できる加熱室３と、マイクロ波空間９に配されたガラス製などの複数の通路１３～１６と、複数の通路１３～１６への誘電体１７の出入りを制御する制御手段３３とを有し、複数の通路１３～１６内における誘電体１７の有無によりマイクロ波空間９の誘電率分布状態を変更し、マイクロ波分布を変化させるものである。

【００４５】

これによって、マイクロ波空間９に配された複数の通路１３～１６内における誘電体１７の有無により、マイクロ波空間９の誘電率分布状態を変更し、マイクロ波空間９内のマイクロ波分布を変化させることができ、その結果、マイクロ波空間９に含まれる加熱室３内のマイクロ波分布を変化させることができる。よって、加熱室３に収納された被加熱物２周辺のマイクロ波の電界分布が変化することになり、単一の分布で加熱するときのような局所加熱を抑制して、被加熱物２の加熱均一化を図り、加熱後の出来映えを向上させることができる。

【００４６】

通路の数が一つしかないと誘電体１７があるか無いかの２通りのマイクロ波分布しか起こらないが、通路の数を２つとすると４通り（いずれの通路にも誘電体が無い場合、いずれか一方の通路のみに誘電体がある場合、いずれの通路にも誘電体がある場合）のマイクロ波分布、同様に通路の数を３つとすると８通りのマイクロ波分布、通路の数を４つとすると１６通りのマイクロ波分布というように、通路の数を増やすごとに選択できるマイクロ波分布の数を飛躍的に増やすことができ、誘電体１７の有無の制御によって任意のマイクロ波分布に切り替えることが可能となる。その結果、被加熱物２をより一層均一に加熱することができる。本実施の形態においては、通路の数が４つなので１６通りのマイクロ波分布を切り替えられる。

【００４７】

また、マイクロ波加熱装置１は、特に、マイクロ波放射手段１１は、軸７を中心に回転する放射アンテナ８からマイクロ波を放射する構成とし、軸７から見て対称な位置に通路１３～１６を配する構成としている。これによって、ある通路に誘電体１７がある場合のマイクロ波分布と、対称な他の通路に誘電体１７がある場合のマイクロ波分布とを、対称的なマイクロ波分布とすることができる。例えば、第一の通路にのみ誘電体１７がある場合のマイクロ波分布が軸に対していずれかの方向に変異した部位（第一の部位）に局所的な集中を引き起こすような分布であったとすれば、第二の通路にのみ誘電体１７がある場合のマイクロ波分布は軸に対して反対の方向に変異した部位（第二の部位）に局所的な集中を引き起こすような分布を生じさせることができる。

【００４８】

特に、加熱室３の正面にはドア３４を有し、軸７は加熱室３の下部略中央に位置し、正面から見て少なくとも軸７の左に通路１３、１４と、軸７の右に通路１５、１６を配する構成としている。また、正面から見て少なくとも軸７の前に通路１４、１６と、軸７の後ろに通路１３、１５を配する構成としている。これらによって、左の通路１３、１４にのみ誘電体１７がある場合と右の通路１５、１６にのみ誘電体１７がある場合や、前の通路１４、１６にのみ誘電体１７がある場合と後の通路１３、１５にのみ誘電体１７がある場

合に、軸７を中心として対称的なマイクロ波分布とすることができる。マイクロ波加熱装置１として一般的な電子レンジの場合は、代表的な被加熱物２である食品の形状に平らなものが多いとか、複数個同時に加熱するというようなことも多く行われ、上下方向よりも左右や前後に均一であることが望まれる場合が多い。このような場合に特に加熱分布を均一にすることが期待できる。

【００４９】

また、マイクロ波加熱装置１は、制御手段３３は、マイクロ波加熱中に通路１３～１６への誘電体１７の出入りを制御する構成としている。これによって、途中までは一定のマイクロ波分布で被加熱物２を加熱し、所定の通路への誘電体１７の出入りを制御した後は異なったマイクロ波分布で被加熱物２を加熱することができる。特に、誘電体１７の出入りを制御する電力は、マイクロ波加熱に要する電力（例えば、１２００Ｗ）と比較してはるかに低電力（１００Ｗ以下）で済むので、合算で一般の家庭の電力容量内に収めることが容易である。この場合は、誘電体１７の出入りを制御する際もマイクロ波加熱を中断する必要が無いので、効率的にマイクロ波加熱を継続することができる。

【００５０】

また、マイクロ波加熱装置１は、誘電体１７を水で構成している。これによって、水は比誘電率が約８０と高く、空気の１と比べて８０倍もある。一般に誘電体１７の内部を伝播するマイクロ波の波長は比誘電率の平方根に反比例するので、水の内部では波長は約１／９（　１／√８０）に圧縮される。逆にマイクロ波の波長を一定と考えると、水の存在する領域のみ９倍に拡大したように見えるのである。よって、水の有無や、水がある場合はその位置によって、マイクロ波空間の形状がいびつに変形されるのと同様の作用を有することになり、マイクロ波分布を大きく変化させることができる。また、水は入手が容易であり、安全であり、扱いが簡単である。通路１３～１６への水の出入りを制御することに関しても、ポンプ１９～２２（およびバルブ）などの汎用部品を用いることが容易であるし、いろいろな分野で水を搬送するための管が実用化されており、本発明の通路として採用することが可能である。

【００５１】

また、マイクロ波加熱装置１は、通路１３～１６をガラスで構成している。これによって、通路を容易に低損失の誘電体材料とすることができる。また、形状に自由度があるので、最適設計することで、内部に配される誘電体１７の形状や位置を任意に決定することができる。

【００５２】

さらに、マイクロ波加熱装置１は、通路１３～１６から排出された誘電体１７をポンプ（循環手段）１９～２２を介して循環させる構成としている。これによって、誘電体１７を再利用できて無駄がないとともに、使用者に誘電体１７のセッティングや後処理の手間をかけないようにすることができる。

【００５３】

（実施の形態２）

図１４～図１９は、本発明の実施の形態２におけるマイクロ波加熱装置を示すものである。実施の形態１と同一要素については同一符号を付してその説明を省略する。

【００５４】

図１４に示すように、本実施の形態におけるマイクロ波加熱装置４１は、誘電体（水）１７が移動できる通路４２、４３を加熱室３の内外にわたって設けてある。タンク４４内には誘電体１７が貯えられ、循環手段としてのポンプ４５とバルブ４６、４７によって移動させられるものである。ここで通路４２、４３は直列に接続されているので、一つのポンプ４５と二つのバルブ４６、４７により、通路４２、４３内への誘電体１７の出し入れを切り替える。通路４２については、特に、図１５に示すように、ポンプと接続された給水チューブ４８と、低損失誘電材料のガラス窓４９と加熱室３を形成する壁面５０とで形成される分布可変容器５１と、排水チューブ５２とを有している。分布可変容器５１の給水口５３、排水口５４は、それぞれ壁面５０をしぼり加工で加熱室３外部へと突出させ、

加熱室３外部で給水ホース４８、排水ホース５２と接続している。この構成により、加熱室３内でマイクロ波にさらされるのは、分布可変容器５１であり、分布可変容器５１内の誘電体１７の有無によってマイクロ波分布が変化することになる。分布可変容器５１内の誘電体１７は、排水口５４、排水ホース５２を介して通路４３へと導かれるが、通路４３との間に配置されたバルブ４６の開閉状態によって排出されるか維持されるかが切り替えられるものである。パッキン５５はシリコンなどの材料からなり、ガラス窓４９と壁面５０との隙間を埋めて水漏れを防いでいる。

【００５５】

設定手段５６は、加熱の開始／終了や、加熱時間の設定、加熱終了温度の設定、メニューの選択などの設定を行なうために使用者が操作するものである。制御手段５７は、設定手段５６の設定内容に従って所定の制御を行なうもので、マグネトロン４からのマイクロ波の放射や、モータ１２の駆動や、ポンプ４５、バルブ４６、４７の動作などを制御する。図１６にその制御系のブロック図を示しているように、この制御系は、例えば、マイクロプロセッサを備えてなる制御手段５７を中心に構成されている。特に、設定手段５６はメニュー選択手段５８を有し、選択できるメニューの中に「牛乳」や「根菜」というメニューを有している。

【００５６】

次に、具体的な誘電体１７の出し入れの制御について説明する。図１７は、被加熱物２が「牛乳」でも「根菜」でも無い平らな食品５９の場合で、通路４２、４３のいずれも誘電体１７が無い状態の場合である。この場合は、一般のマイクロ波加熱装置と同等の分布性能が得られる。

【００５７】

ここで、一般のマイクロ波加熱装置における上下方向の加熱分布について説明を加える。一般にいろいろな食品をできるだけ均一に加熱しようとすると、上下方向の加熱分布も無くしたいので、実際に使用される食品の高さを想定して載置台１０上の高さ３０～５０ｍｍ程度の位置にマイクロ波が集中するように設計することが考えられる。この場合、牛乳などの飲み物でも、馬鈴薯などの根菜でも、一様に中央部分が早く加熱される傾向がある。根菜の場合は固体のため対流が無く、中央から周囲への熱伝導が均等であるから、中央部分が早く加熱されればある程度満足できる出来映えが得られる。しかし、飲み物の場合は対流があり、熱い部位が低い位置にあると上方へと流れて混ざり合うが、冷たい部位が低い位置にあると上方とは混ざらずに低温のまま維持されてしまう。よって、中央部分が早く加熱される場合は、中央から上方にかけては均一で、底の部分だけが冷たいままとなってしまう傾向がある。このため、飲み物の分布を改善するために、マイクロ波の集中する高さを低めにして載置台１０上の高さ１０～２０ｍｍに集中させることが考えられる。こうすれば飲み物は底の部分もある程度加熱されるので、あとは対流によって全体的に均一にすることができる。しかし、この場合は根菜においても底の部分の加熱が早くなり、対流が無いので底が先に煮えてしまって上側が冷たいままということが起こりうる。よって、飲み物と根菜のバランスをとりながら設計する（例えば、２０～３０ｍｍに集中させる）ことになり、どちらも完璧ではないがそこそこの出来映え、つまり、飲み物はやや底が冷たく、根菜は底がやや熱いということが起こりやすい。

【００５８】

そこで、本実施の形態では、通路４２、４３ともに誘電体１７が無い状態では上下方向の分布はあまり考慮せずに平らな食品の分布が良くなるように設計しておき、通路４２に誘電体１７を満たすと飲み物の底が加熱されやすくなり、通路４３に誘電体１７を満たすと根菜の中央が加熱されやすくなる（もちろん通路４２、４３の傾向は逆でも良いが）、というように加熱分布を切り替えられる位置に通路４２、４３を設けている。

【００５９】

図１８は、被加熱物２が牛乳６０の場合であり、使用者が設定手段５６のメニュー選択手段５８から「牛乳」キーを選択するので、それに基づいて制御手段５７がポンプ４５、バルブ４６、４７を制御して、上方の通路４２のみに誘電体１７を満たしている。設計段

階で上方の通路４２のみに誘電体１７がある場合は飲み物の底にマイクロ波が集中して加熱されることがわかっており、この結果、対流によって自然と攪拌されて均一な出来映えが得られる。

【００６０】

図１９は、被加熱物２が馬鈴薯６１の場合であり、使用者が設定手段５６のメニュー選択手段５８から「根菜」キーを選択するので、それに基づいて制御手段５７がポンプ４５、バルブ４６、４７を制御して、下方の通路４３のみに水１７を満たしている。設計段階で下方の通路４３のみに水１７がある場合は根菜の中央にマイクロ波が集中して加熱されることがわかっており、この結果、熱伝導によって自然と均一な出来映えが得られる。よって飲み物も根菜もどちらも均一な出来映えを提供することができる。

【００６１】

以上により、本実施の形態のマイクロ波加熱装置４１は、軸７から見て距離が異なる少なくとも二箇所に通路４２、４３を配する構成としている。これによって、通路４２にのみ誘電体１７がある場合のマイクロ波分布と、通路４２とは軸７からの距離が異なる他の通路４３にのみ誘電体１７がある場合のマイクロ波分布とを、軸７に対して非対称的なマイクロ波分布とすることができる。通路４２にのみ誘電体１７がある場合のマイクロ波分布が軸７上の特定の部位（飲み物の底部）に局所的な集中を引き起こすような分布であったとすると、もし通路４３が通路４２と軸７から等距離で対称な位置にあったとすれば、通路４３にのみに誘電体１７がある場合も通路４２にのみ誘電体１７がある場合と同様、軸７上の特定の部位（飲み物の底部）に局所的な集中を引き起こすことが容易に考えられる。ところが、通路４３が通路４２とは軸７からの距離が異なるように配置することで、通路４３にのみ誘電体１７がある場合のマイクロ波分布は軸７に対して非対称な分布、すなわち、軸７上の部位で異なる高さ（根菜の中央）に集中する分布にすることもできる。

【００６２】

また、マイクロ波加熱装置４１は、正面から見て少なくとも軸７の上方に通路４３と、通路４３のさらに上方に通路４２を配する構成としている。これらによって、通路４３は放射アンテナ８に近く、通路４２は放射アンテナ４３から遠く配されることになる。一般的に放射アンテナ８から距離が離れるにつれて電界が減衰することが知られており、放射アンテナ８に近い通路４３の方がより強い電界にさらされるので、誘電体１７があるときのマイクロ波への影響、すなわちマイクロ波分布の変化がより大きくなることが想定される。よって、誘電体１７の無い場合のマイクロ波の分布と比較して、通路４２にのみ誘電体がある場合はマイクロ波の分布を少しだけ変化させて、通路４３にのみ誘電体１７がある場合はマイクロ波の分布を大きく変化させる、ということも可能である。

【００６３】

また、マイクロ波加熱装置４１は、使用者が設定できる設定手段５６を有し、制御手段５７は、設定手段５６の設定内容に応じて、所定の通路４２、４３への誘電体１７の出入りを制御する構成としている。これによって、設定内容に応じて、分布むらを抑制するようなマイクロ波分布に変更することができる。特に、設定手段５６がメニュー選択手段５８を有し、「牛乳」とか「根菜」が選択できるので、被加熱物２の形状や材質をある程度特定できる。「牛乳」ならマグカップやコップの形状で対流があるので下の方を加熱すれば良いとか、「根菜」なら馬鈴薯の中央くらいを加熱すればよい、などである。

【００６４】

なお、他にも「解凍」なら平らな形状なので上下の分布よりも前後左右の分布を良くすべきとか、「コンビニ弁当」の場合は面積が広い形状でごはんとおかずの領域が分かれているのでバランスをとるべき、というようなことがあらかじめ推測できる。

【００６５】

また、設定手段５６で加熱時間を設定した場合はトータルの時間が決まるので、途中で二回分布を変えるなら何分ずつの配分にしようとか、このようなことも予め決定することができる。よって、設定内容に応じて所定の通路への誘電体１７の出入りを制御すること

は、加熱の均一化のためにある程度の効果がある。

【００６６】

（実施の形態３）

図２０～図３４は、本発明の実施の形態３におけるマイクロ波加熱装置を示すものである。実施の形態１と同一要素については同一符号を付してその説明を省略する。

【００６７】

図２０、図２１に示すように、本実施の形態におけるマイクロ波加熱装置６２は、誘電体（水）１７が移動できる通路６３、６４を、ループ状にして放射アンテナ８の上方に配置し、マイクロ波空間９の内外にわたって設けてある。タンク６５内には誘電体１７が貯えられ、循環手段としてのポンプ６６、６７によってそれぞれが移動させられる。通路６３、６４は、低損失誘電材料、例えば、シリコンチューブからなり、ある程度可撓性があり配設が容易である。

【００６８】

また、加熱室３の壁面には、複数箇所（例えば８箇所）の温度を同時に測定可能な赤外線センサ（温度検出手段）６８が揺動自在に配置されている。赤外線センサ６８を揺動させるスキャン動作により、加熱室３内における複数の測定点の温度を測定することができ、さらに、測定点の温度を経時的に監視することで被加熱物２の位置を知ることもできる。

【００６９】

設定手段６９は、加熱の開始／終了や、加熱時間の設定、加熱終了温度の設定、メニューの選択などの設定を行なうために使用者が操作するものである。制御手段７０は、設定手段６９の設定内容と赤外線センサ６８からの温度検出信号に従って所定の制御を行なうもので、マグネトロン４からのマイクロ波の放射や、モータ１２の駆動や、ポンプ６６、６７の動作、赤外線センサ６８のスキャン動作などを制御する。図２２には、制御系のブロック図を示している。

【００７０】

ここで、赤外線センサ６８を用いて冷凍状態の被加熱物２の温度測定、位置判定、分量判定などの制御方法について説明する。

【００７１】

図２３（ａ）に示すように、赤外線センサ６８は一度に複数点（ｎ点）の温度を同時に検出しながら赤外線センサ６８自体を揺動することで、図中、矢印方向にスキャンしつつ加熱室３内を複数の測定点（スキャン方向にｍ点）に対する温度測定を行なう。従って、赤外線センサ６８の１スキャンで、図２３（ｂ）に示すｎ×ｍ点の測定点全ての温度が検出される。被加熱物Ｍに対する温度は、連続的に検出される各測定点における温度の経過時間に対する上昇率に基づいて被加熱物Ｍの載置位置を求め、この載置位置における検出温度を被加熱物Ｍの温度として扱う。

【００７２】

図２４に、赤外線センサ６８によるスキャンを連続的に複数回行なったときの図２３（ｂ）におけるＬ線位置の温度分布を示した。図２４において、１スキャン幅内で温度が特に変化している温度分布のピーク位置（谷の位置）は、図２３（ｂ）におけるＬ線上の被加熱物Ｍの位置に対応する。従って、加熱室３における被加熱物Ｍの位置は、この温度分布のピーク存在位置から求められる。ここで、この被加熱物Ｍの位置に対応する温度を、加熱初期時或いは温度測定開始時まで遡って求めることにより、被加熱物Ｍの初期温度を判定することができる。また、図２４における温度分布曲線のピーク同士を連結する線（図２４における点線）の勾配から被加熱物Ｍの温度上昇率ΔＴを求めることにより、被加熱物Ｍの分量を推定することができる。これは、図２５に示すように、同じ初期温度で重量の異なる２つの被加熱物Ｍ１、Ｍ２を同じ条件で加熱すると、その重量に応じて温度上昇率ΔＴが異なり、分量の少ない被加熱物Ｍ１を加熱した場合には温度上昇率がΔＴＬとなり、分量が多い被加熱物Ｍ２を加熱した場合には温度上昇率がΔＴＬより小さなΔＴＭとなるためである。上記の被加熱物Ｍの初期温度の判定および温度上昇率ΔＴから被加熱

物Ｍの分量を推定することで、冷凍品の解凍処理終了時間を設定することができる。
【００７３】
一方、加熱分布を均一化するために、ポンプ６６、６７による通路６３、６４への水１７の制御について説明する。
【００７４】
図２６は通路６３、６４内における水量変化の制御シーケンスである。横軸は時間であり、上から順に、分量判定のタイミング、内側の通路６３の水量、外側の通路６４の水量を示している。まず、赤外線センサ６８のシーケンスに従い時間ｔ０で分量判定が完了したとする。制御手段７０は、このときの分量から加熱すべきトータル時間をｔ４と決定し、１／４ずつの時間配分で通路６３、６４内の水量を制御することにして、図２６のような順番で制御を行なう。
【００７５】
時間０～ｔ１はどの通路にも水が無く、図２７のように冷凍の被加熱物Ｍにリング状に加熱されやすい部位７１が生じている。時間ｔ１～ｔ２は内側の通路６３に誘電体１７があり、図２８のように加熱されやすい部位７２が部位７１の外側に生じている。時間ｔ２～ｔ３は外側の通路６４に誘電体１７があり、図２９のように加熱されやすい部位７３が部位７１の内側と外周に生じている。以上の加熱されやすい部位７１～７３については、それぞれ位置が異なるので、互いに合成すればより均一に加熱できることは明白である。その後、時間ｔ３～ｔ４は、再度、内側の通路６３に誘電体１７があり、図２８に示した状態に戻している。
【００７６】
なぜ戻したかについては図３０によって説明する。図３０は赤外線センサ６８で検出した被加熱物Ｍの温度分布のうち、最高温度と最低温度の時間変化を表したもので、両者の差がいわゆる加熱むらと考えることができる。これまでの加熱分布（すなわち、図２７の状態）を継続させると、最高温度Ｋ１、最低温度Ｋ２の差は時間とともに増えていく。しかし本実施の形態のように図２６の制御シーケンスで時間ｔ３まで加熱すると、最高温度Ｋ３、最低温度Ｋ４で推移することになる。時間０～ｔ１においては、どの通路にも誘電体１７が無いので、本実施の形態でもこれまでの加熱分布と同じとなり、Ｋ１とＫ３、Ｋ２とＫ４が一致しており、ｔ１時点の温度むらはΔＴ１となる。しかし時間ｔ１～ｔ２には内側の通路６３に誘電体１７があり、図２８のように加熱されやすい部位がシフトするので最高温度Ｋ３の上昇の傾きが鈍り、最低温度Ｋ４の上昇の傾きは大きくなり、よってｔ２時点の温度むらはΔＴ２に減少する。そして時間ｔ２～ｔ３は外側の通路６４に誘電体１７があり、図２９のように加熱されやすい部位がシフトするものの、時間ｔ１～ｔ２間と比べるとＫ３の傾きがわずかに大きくなりＫ４の傾きが小さくなるなど温度むらはΔＴ３に拡大する。そしてｔ３時点では残り時間はｔ３～ｔ４（全体の１／４の時間）しか無いので最も加熱むらを低減する加熱分布で再度加熱することにしている。よって、ｔ３～ｔ４の水の制御に関しては、ｔ３時点でどの条件が最も良いのかを判定する必要があり、その方法は各条件にて発生した加熱むらのレベルを比較するのが良い。つまり、ΔＴ１（＞０）と、ΔＴ２－ΔＴ１（＜０）と、ΔＴ３－ΔＴ２（＞０）を比較し、ｔ３時点のむらΔＴ３（＞０）をできるだけ０に近づける条件として、ΔＴ２－ΔＴ１（＜０）が最も適当である。それは、すなわち時間ｔ１～ｔ２のときの加熱分布であり、内側の通路６３にのみ水１７を満たす条件になる。こういった演算や判定などの処理は、制御手段７０の中で実行することが可能である。
【００７７】
以上により、加熱終了時ｔ４での加熱むらはΔＴ４となり、従来の加熱方法による加熱むらΔＴ０と比較して、かなり小さくすることができる。
【００７８】
さて、図３１～図３４により、マイクロ波空間９内の分布、特に、マイクロ波の定在波分布が生じる原理について説明する。
【００７９】

説明を簡単にするために放射アンテナ８の代わりに加熱室３の底面中央にマイクロ波を供給するための電波開口部７４が存在すると仮定すると、この電波開口部７４の付近では、強磁界７５（破線矢印）により、同一方向の強磁界７６、７７（それぞれ破線矢印）が起こりやすくなる。すると、マイクロ波が加熱室３内に入ることにより加熱室３内でマイクロ波が共振を起こす。共振状態では、導波管内のような伝送状態とは異なり、磁界と電界の位相は９０°ずれるので、強磁界７６、７７とは位相のずれた強電界７８、７９（実線矢印）が電波開口部７４を挟み込むように生じる。

【００８０】

共振状態は被加熱物が無い状態では、加熱室３形状と電波開口部７４の位置によって決まり、本実施の形態においては、強磁界７６、７７とは位相のずれた強電界７８、７９が加熱室３の底面に対して垂直に立ち、同時に強電界７８と同方向（図３１の奥向き）に強電界８０が立ち、強電界７９と同方向（図３１の手前向き）に強電界８１が立つとする。勿論、２．４５ＧＨｚのスピードで、それぞれ向きが反転するものである。ここで、図３１中の斜線部は、加熱室３の底面に生じる電界のうち、ある程度以上に電界が強い領域を示しており、加熱室３の奥行き方向（ｘ方向）に三つ、幅方向に（ｙ方向）に四つ、強電界が生じている。これは共振状態となったために加熱室３内に電磁波が定在波として分布することによって起こる電界の腹であり、この腹の数をモードと呼ぶ。通常、加熱室形状を三次元で表し、各方向の寸法をｘ、ｙ、ｚとするとき、それぞれの方向に電界の腹がｒ、ｓ、ｔ個だけあれば、そのモードは（ｒ　ｓ　ｔ）であるという。図示した場合では、ｒ＝３かつｓ＝４である。

【００８１】

図３２は、図３１に示した強電界のモードをより簡略化してｒ＝２、ｓ＝２かつｔ＝３として３次元的に表示した例である。図中の斜線部は、加熱室３の壁面上に生じる電界のうち、ある程度以上に電界が強い領域を示しており、向かい合う壁面は対称な電界分布を示している。斜線部で示す強電界８２の数（電界の腹）を数えると、ｘ方向に２個（ｒ＝２）、ｙ方向に２個（ｓ＝２）、ｚ方向に３個（ｔ＝３）立っており、モード（２２３）ということがわかる。

【００８２】

ここで、被加熱物が加熱室３内に存在しない状態で、加熱室３が直方体である場合には、加熱室３の寸法と電波開口部７４の位置により、立ちうるモードを解析的に求めることができる。いま、加熱室３の寸法をｘ、ｙ、ｚとし、各方向に立つモードの数は（１）式を満たすｒ、ｓ、ｔの組み合わせとなる（ｘ、ｙ、ｚはｍｍ単位、ｒ、ｓ、ｔは整数、λはマイクロ波の波長であって約１２２ｍｍ）。

【００８３】

１／λ２＝（ｒ／（２ｘ））２＋（ｓ／（２ｙ））２＋（ｔ／（２ｚ））２　・・・（１）

一方、被加熱物が加熱室３内に存在する場合は、被加熱物の誘電率による波長圧縮の影響などで（１）式からずれが生じる。しかし、被加熱物が加熱室３内にあっても、電波開口部７４付近では（１）式を満たすモードが立とうとしており、電波開口部７４から離れた位置でモードが乱されることが多いことが実験的にわかってきている。よって、波長λ１２２ｍｍとして（１）式に基づき所望のモードが得られるように加熱室３の寸法を決定すれば、概ね任意のモードを発生させることが可能となる。また、回転可能な放射（あるいは攪拌用のスタラー羽根）を有する場合は、回転により、図３１で示すところの電波開口部７４の位置を連続的に変化させるようなものと考えられるので、ある程度モードを変更することができる。

【００８４】

さらに、マイクロ波の波長λを変化させることでモードを変更することができる。具体的には、加熱室３内に誘電体１７を供給することにより、マイクロ波の波長が変化する。ここで、変化後の波長をλａ、加熱室１１内の誘電率をεとすると、変化後の波長λａは（２）式で表される。

【００８５】
　λａ＝λ／√ε　・・・（２）
誘電率εは、空気の場合は１で、水では８０前後となる。つまり、前述したように加熱室３内の通路６３、６４に誘電体１７を供給することにより、加熱室３内の通路６３、６４部分の誘電率が変化し、これにより、（２）式の関係からマイクロ波の波長が短波長側にシフトする。すると、（１）式によって決定される強電界のモードが変化する。この変化の度合いは誘電体１７の比誘電率に比例することになるので、比誘電率が大きければ少量でも効果があり、比誘電率が小さいと大量に入れないと効果が上がらないと考えられる。理想的には比誘電率が大きく、誘電損失が小さいものが望ましい。誘電体１７が水の場合は比誘電率も誘電損失も大きいので、あまり大量に入れると水自体がマイクロ波を吸収してしまって、被加熱物の加熱効率が低下することも起こりうるので注意を要する。
【００８６】
　図３３は加熱室の壁面上に発生する強電界のバリエーションを示す。表示された強電界８３が加熱室３底面の強電界の位置だとすると、（ａ）はｒ＝２、ｓ＝２のモードである。（ａ）の状態から加熱室３内の通路に誘電体１７を供給することにより、例えば、（ｂ）、（ｃ）、（ｄ）に示すような状態に遷移することも考えられる。（ｂ）はｒ＝５、ｓ＝１のモード、（ｃ）はｒ＝３、ｓ＝３のモード、（ｄ）はｒ＝４、ｓ＝４のモードであり、強電界の状態が変化する。
【００８７】
　図３４はマイクロ波加熱途中に誘電体１７を制御して、モードを第１の状態から第２の状態に切り替えて均一化をねらう場合の説明図である。図示のように、例えば、第１の状態が強電界８４によりｒ＝２、ｓ＝２のモード（ｒ、ｓ、ｔのうちいずれか２つが２であるモード）である場合には、第２の状態において、第１の状態で強電界が生じなかった位置に強電界が発生するように、補完すべき位置を含むように強電界８５や強電界８６を発生させるのが望ましい。
【００８８】
　このように、第２の状態において補完すべき位置に強電界を発生させるためには、加熱室３内に供給する誘電体１７の量や位置を調整したり、通常回転させる放射アンテナ８やスタラー羽根を所定の向きに停止させたりすることで微調整が行なえる。この強電界の位置制御により、被加熱物を一層ムラなく均一にマイクロ波加熱することができ、加熱後の出来映えがさらに良好となる。
【００８９】
　以上のように本実施の形態のマイクロ波加熱装置６２は、被加熱物の温度を検出する赤外線センサ（温度検出手段）６８を有し、制御手段７０は、赤外線センサ（温度検出手段）６８の検出信号に基づき、通路６３、６４への誘電体１７の出入りを制御する構成としている。これによって、赤外線センサ（温度検出手段）６８の検出信号から被加熱物Ｍの温度むらを見ながら、むらが大きくなってくれば通路６３、６４への誘電体１７の出入りを制御して、分布むらを抑制するようなマイクロ波分布に変更することができる。また、各通路における誘電体１７の有無の組み合わせを順次切り替えながらそれぞれの温度むらを検出すれば、最も温度むらを小さくできる組み合わせがわかるので、以降はその組み合わせに固定して加熱を進めることで温度むらを小さくできる。また、予め各通路６３、６４における誘電体１７の有無の組み合わせによってどのような加熱分布になるかを把握しておけば、温度むらを検出しながら、温度むらを打ち消す可能性の高い条件になるよう誘電体１７をこまめに制御することができ、最初から最後まで被加熱物の温度むらをあまり発生させない状態を維持したまま加熱することができる。
【００９０】
　また、制御手段７０は、マイクロ波加熱中に通路６３、６４への誘電体１７の出入りを制御する構成としている。これによって、途中までは一定のマイクロ波分布で被加熱物を加熱し、所定の通路への誘電体１７の出入りを制御して異なったマイクロ波分布で被加熱物Ｍを加熱することができる。特に、誘電体１７の出入りを制御する電力は、マイクロ波

加熱に要する電力（例えば、１２００Ｗ）と比較してはるかに低電力（１００Ｗ以下）で済むので、合算で一般の家庭の電力容量内に収めることが容易である。この場合は誘電体１７の出入りを制御する際もマイクロ波加熱を中断する必要が無いので、効率的にマイクロ波加熱を継続することができる。

【００９１】

また、通路６３、６４を樹脂製のチューブで構成している。これによって、通路６３、６４を容易に低損失の誘電体材料とすることができる。また、形状に自由度があるので、最適設計することで、内部に配される誘電体の形状や位置を任意に決定することができる。

【００９２】

なお、本実施の形態では、誘電体１７として水を使って説明しているが、比誘電率が高い材料であれば良いし、かつ誘電損失が小さければより望ましい。また水は零下では凍ってしまって出し入れの制御ができないなどの危険性があるので、不凍液とすることも容易に考えられる。

【００９３】

なお、以上に示した各実施の形態１～３はさまざまに組み合わせて実施できるものであり、実施の形態そのものの構成に限られるものではない。

【産業上の利用可能性】

【００９４】

以上のように、本発明にかかるマイクロ波加熱装置は、被加熱物の加熱均一化を図り、加熱後の出来映えを向上させることができるので、食品などの各種誘電体の加熱、解凍、陶芸加熱、乾燥、焼結あるいは生体化学反応などの用途に適用できる。

【図面の簡単な説明】

【００９５】

【図１】本発明の実施の形態１におけるマイクロ波加熱装置の正断面図

【図２】同マイクロ波加熱装置の平断面図

【図３】（ａ）同マイクロ波加熱装置における誘電体の通路部分を図１のＡ方向よりみた正面図（ｂ）（ａ）のＢ－Ｂ断面図

【図４】同マイクロ波加熱装置を制御するための制御系のブロック図

【図５】同マイクロ波加熱装置の通路部分における分布可変容器内の水量変化を示す特性図

【図６】同マイクロ波加熱装置の通路部分における分布可変容器内の水量変化の制御シーケンスを示す説明図

【図７】同マイクロ波加熱装置の左後の通路と左前の通路に誘電体がある状態の説明図

【図８】同マイクロ波加熱装置の右後の通路と右前の通路に誘電体がある状態の説明図

【図９】同マイクロ波加熱装置の左後の通路と右後の通路に誘電体がある状態の説明図

【図１０】同マイクロ波加熱装置の左前の通路と右前の通路に誘電体がある状態の説明図

【図１１】（ａ）一般的なマイクロ波加熱装置で加熱した場合における加熱分布の均一化のイメージ図（ｂ）図６の制御シーケンスによる加熱分布の均一化のイメージ図

【図１２】同マイクロ波加熱装置の他の制御シーケンスを示す説明図

【図１３】同マイクロ波加熱装置のさらに他の制御シーケンスを示す説明図

【図１４】本発明の実施の形態２におけるマイクロ波加熱装置の正断面図

【図１５】同マイクロ波加熱装置における誘電体の通路部分の断面図

【図１６】同マイクロ波加熱装置を制御するための制御系のブロック図

【図１７】同マイクロ波加熱装置による平らな食品を加熱する状態の説明図

【図１８】同マイクロ波加熱装置により牛乳を加熱する状態の説明図

【図１９】同マイクロ波加熱装置により馬鈴薯を加熱する状態の説明図

【図２０】本発明の実施の形態３におけるマイクロ波加熱装置の正断面図

【図２１】同マイクロ波加熱装置における誘電体の通路部分の平面図

【図２２】同マイクロ波加熱装置を制御するための制御系のブロック図

【図２３】（ａ）同マイクロ波加熱装置における赤外線センサによる被加熱物の温度測定の様子を示す図（ｂ）測定により得られるデータを示す説明図
【図２４】同マイクロ波加熱装置における赤外線センサによる温度測定を連続的に複数回行なったときの温度分布を示す特性図
【図２５】同マイクロ波加熱装置により重量の異なる２つの被加熱物を同じ条件で加熱する場合の温度変化の様子を示す特性図
【図２６】同マイクロ波加熱装置の制御シーケンスを示す説明図
【図２７】同マイクロ波加熱装置の通路に水が無い状態の説明図
【図２８】同マイクロ波加熱装置の内側の通路に誘電体がある状態の説明図
【図２９】同マイクロ波加熱装置の外側の通路に誘電体がある状態の説明図
【図３０】同マイクロ波加熱装置の赤外線センサで検出した被加熱物の最高温度と最低温度の時間変化を示す特性図
【図３１】同マイクロ波加熱装置の加熱室の底面を上から見た平面図
【図３２】同マイクロ波加熱装置の強電界のモードを簡略化して３次元的に例示した説明図
【図３３】同マイクロ波加熱装置の加熱室の壁面上に発生する強電界のバリエーションを示す説明図
【図３４】同マイクロ波加熱装置の第１の状態と第２の状態における強電界の位置の例を示した説明図
【符号の説明】
【００９６】
１、４１、６２　マイクロ波加熱装置
２、Ｍ　被加熱物
３　加熱室
７　軸
８　放射アンテナ
９　マイクロ波空間
１１　マイクロ波放射手段
１３、１４、１５、１６、４２、４３、６３、６４　通路
１７　誘電体
１９、２０、２１、２２、４５、６６、６７　ポンプ（循環手段）
３２、５６、６９　設定手段
３３、５７、７０　制御手段
３４　ドア
５９　平らな食品（被加熱物）
６０　牛乳（被加熱物）
６１　馬鈴薯（被加熱物）
６８　赤外線センサ（温度検出手段）