

高周波誘電加熱装置の導入事例ご紹介



講演概要

- ・ 会社紹介
- ・ 高周波誘電加熱装置導入事例
- ・ まとめ

講演者プロフィール

- ・ 富士電波工機株式会社 営業部 須釜 聡史
- ・ 2003年 入社
- ・ 2003年～ 技術職
高周波・マイクロ波加熱装置設計に従事
- ・ 2022年～ 営業職
上記装置販売に従事
現在に至る



高周波誘電加熱装置の導入事例ご紹介

富士電波工機株式会社 営業部 係長 須釜 聡史

目次

・会社概要(1)	P 4
・会社概要(2)	P 5
・電磁波応用技術でお客様のご希望にお応えします	P 6

・高周波誘電加熱とは(1)	P 7
・高周波誘電加熱とは(2)	P 8
・加熱のされやすさ、されにくさ	P 9
・高周波誘電加熱の特長	P10
・目的・市場	P11

・加熱目的と対象の特性は？	P12
・加熱対象の形は？	P13
・加熱対象の形は変えられる？	P14
・加熱対象の処理量は？	P15

・高周波誘電加熱には電極が必要	P16
・1.平行平板電極	P17
・2.多層電極	P18
・3.格子電極(1)	P19
・3.格子電極(2)	P20
・4.ローラー電極	P21
・5.金型、抜き型電極	P22

・1.溶着・加工事例	P23
・2.成型前の予熱事例(1)	P24
・2.成型前の予熱事例(2)	P25
・3.熱処理事例	P26
・4.接着事例	P27
・5.乾燥事例 1	P28
・5.乾燥事例 2	P29
・5.乾燥事例 3	P30
・5.乾燥事例 4	P31

・高周波利用設備と電波法	P32
・工業用加熱設備	P33
・電波漏れ対策について	P34

・まとめ	P35
・おわりに	P36

会社概要(1)



創 業
設 立
資 本 金

昭和23年9月
昭和29年11月
9800万円

事業内容

電磁波応用装置、電子応用機器、高周波電気炉、
SPS焼結装置ならびに材料試験装置の製造販売

取扱製品

【誘電加熱】

誘電加熱応用装置、マイクロ波加熱応用装置、
各種電源・デバイス

【誘導加熱】

誘導加熱応用装置、金属材料試験研究用装置、
各種電源・デバイス

【SPS】

SPS焼結装置

【その他】

超音波加熱、通電加熱、赤外線加熱など

会社概要(2)

本社・工場

〒350-2201 埼玉県鶴ヶ島市富士見6-2-22
TEL 049-286-3211 FAX 049-286-5581

名古屋営業所

〒466-0858 愛知県名古屋市昭和区折戸町3-1-1
TEL 052-763-7511 FAX 052-763-7513

大阪営業所

〒577-0012 大阪府東大阪市長田東4-2-32 大真ビル901
TEL 06-7711-4501 FAX 06-4309-8710

E-MAIL

誘電加熱・マイクロ波加熱
誘導加熱・金属材料試験装置
SPS

YUDEN@FDC.CO.JP
YUDO@FDC.CO.JP
INFO-SPS@FDC.CO.JP

電磁波応用技術で お客様のご希望にお応えします

パワー・エレクトロニクス技術をベースに人類の発展に貢献する製品を提供し続け、顧客及び弊社に関わる全ての人々の幸福と繁栄を達成します。

弊社は創業以来、主として電磁波エネルギーの工業応用として、誘電・誘導・SPS各種装置を開発・製造・販売してまいりました。
お客様のご希望をお伺いし、一緒に加熱方法の検討からスタートします。
装置カスタマイズだけでなく電源も自社開発し、必要な制御・測定機器も製造・販売いたします。

高周波誘電加熱とは(1)

高周波誘電加熱はご家庭でご利用の電子レンジと同じ加熱原理です。
対象(誘電体)に電気エネルギー(高周波)を与え、分子内の双極子(ダイポール)を運動させることで発熱させます。

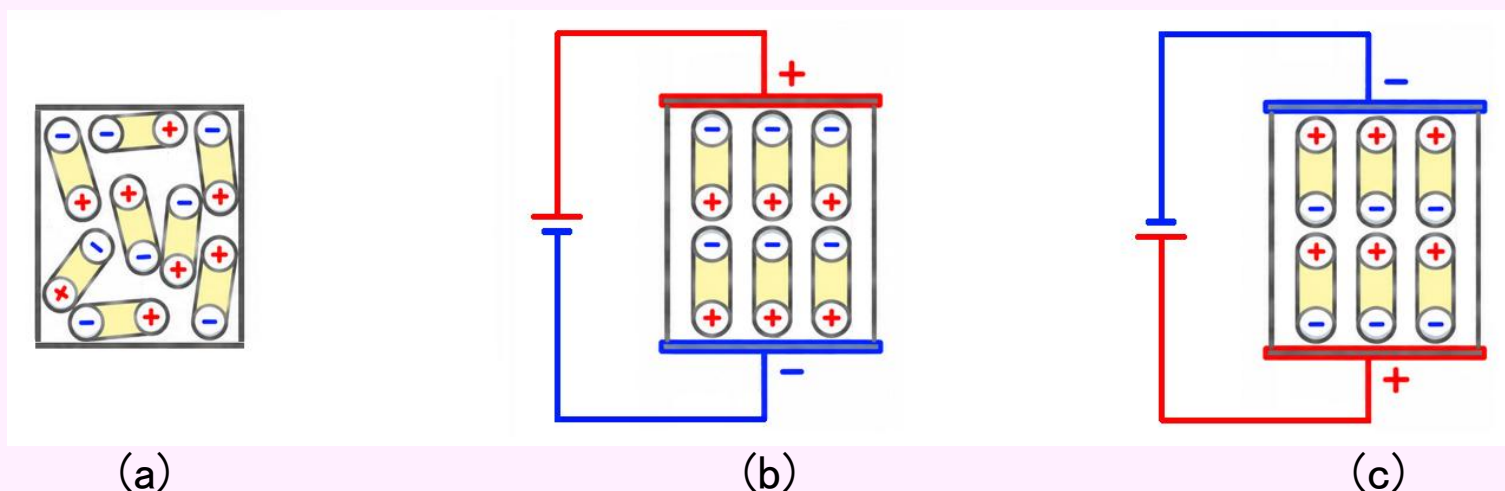
図は各状態における誘電体の双極子を表しています。

(a)は誘電体に電位を与えていない状態

＝双極子は様々な方向を向き安定しています。

(b)は下側から見て、上側の電位が高くなるよう電気エネルギーを与えた状態
→双極子は電位の影響を受け上側が－、下側が＋に向きを変えます。

(c)は上側から見て、下側の電位が高くなるよう電気エネルギーを与えた状態
→双極子は電位の影響を受け上側が＋、下側が－に向きを変えます。



高周波誘電加熱とは(2)

対象に高周波(プラスとマイナスが時間とともに入れ替わる電気の波)を印加すると双極子が高速で運動します。図(d)

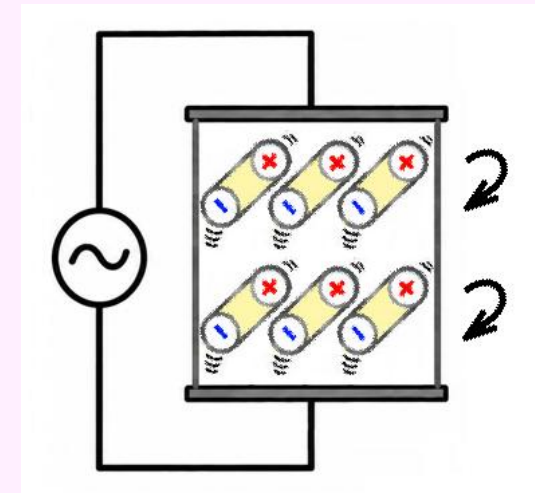
＝図(b)→(c)→(b)→(c)・・・と運動を繰り返す。

双極子はこの高周波に従おうと運動しますが、追いつけず遅れを生じます。この遅れが誘電体損失、すなわち発熱になります。

例えば、周波数27MHzとした場合、1秒間で27, 000, 000回、図(a)と(b)を繰り返します。

高周波誘電加熱に利用される周波数は
およそ3MHz～100MHzの範囲です。

高周波誘電加熱における運動回数(周波数)は加熱目的、
対象の特性、形状、処理量などから総合的に判断し、
決定されます。



(d)

加熱のされやすさ、されにくさ

プラスチック容器に入った弁当を電子レンジで加熱した時を思い浮かべてください。
ごはん、肉、魚、野菜、漬物などさまざまなものが入っています。
プラスチック容器はそのままの形状を保ち加熱されず、中の食品だけ温まります。
食品の中にはまだ冷たかったり、温まりすぎたりするものもあります。

これは、プラスチック容器、ごはん、肉、魚・・・それぞれ対象(誘電体)の特性が異なるためです。

＝双極子の運動特性(物理的特性)が異なるため、
加熱のされやすさも異なっているということです。

例えば、水や塩化ビニールのように
加熱されやすいものもあれば、
ポリプロピレン、石英ガラス、フッ素樹脂のように
加熱されにくいものもあります。



高周波誘電加熱の特長

高周波誘電加熱は対象を瞬時に自己発熱させるため、生産性が高く、省エネルギー・クリーンな加熱として様々な市場で活用されています。

- **急速加熱**（加熱時間が短い）
対象が自己発熱し、熱伝導が不要なため短時間で加熱できる。
- **内部加熱**（被加熱の内部まで加熱出来る）
対象全体で電磁波が熱に変換されるため、内部も加熱される。
- **選択加熱**（エネルギー効率が低い）
損失の大きな対象を選択的に加熱し、効率良く加熱できる。
- **高い制御性**
瞬時に起動・停止が可能。
出力調整で温度コントロールも容易。

目的・市場

● 目的

短時間昇温、内部加熱、溶着・加工、予熱、熱処理、接着、乾燥ほか

● 市場

自動車関連(各種自動車部品)、樹脂、繊維、木材、食品、セラミックス、印刷、食品サンプル、医療機器、大学、各種公的研究機関ほか

加熱目的と対象の特性は？

高周波誘電加熱は、何でも加熱できるわけではありません。
目的を踏まえ、対象の加熱が出来るのか、出来ないかの判断が必要になります。

1. 対象の特性

対象の特性から加熱の可否を判断する。

- ・加熱されやすい(加熱しやすい)
- ・加熱されにくい(加熱しにくい・出来ない)

今までの経験に基づき判断。
誘電体測定を行い、特性をつかむ。
実験機を用いて実際に加熱してみる。



例)デスクトップサイズ誘電実験装置

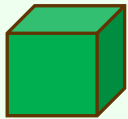
加熱対象の形は？

2. 対象の形状

対象の形状から加熱の可否を判断する。

- ・加熱しやすい・出来る ……(a)～(e)
- ・加熱しにくい・出来ない ……(f)～(h)

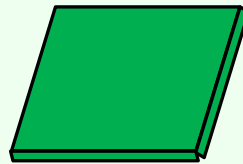
今までの経験に基づき判断。
誘電体測定を行い、特性をつかむ。
実験機を用いて実際に加熱してみる。



(a)四角



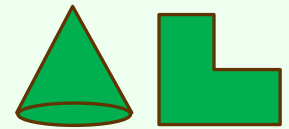
(b)角棒



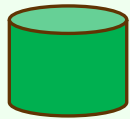
(c)板、シート



(f)形が定まらない



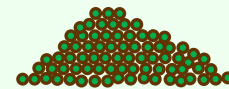
(g)極端な形状差



(d)円柱



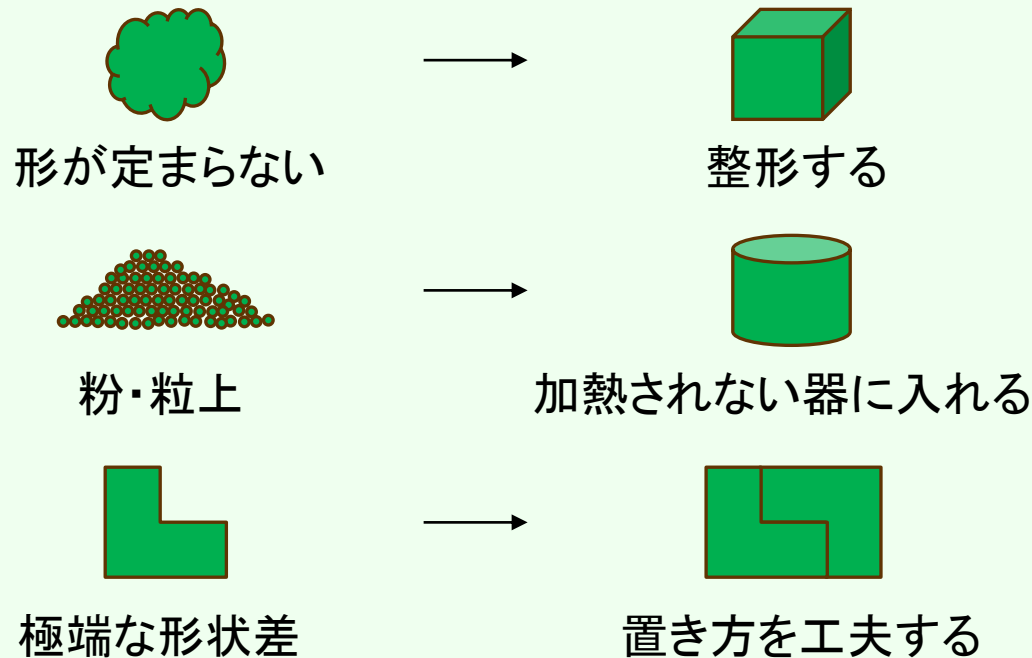
(e)丸棒



(h)粉・粒状

加熱対象の形は変えられる？

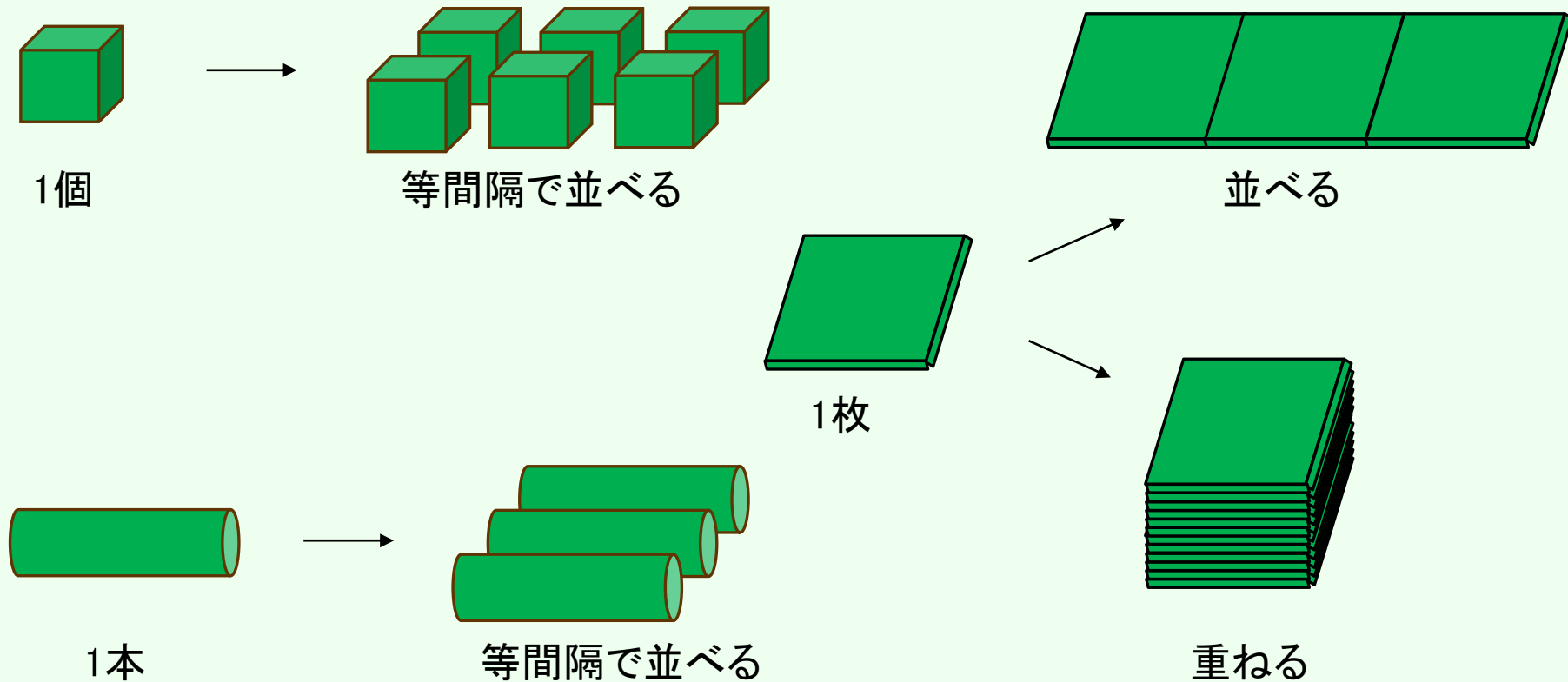
そのままでは加熱しにくい・出来ない形状のものであったとしても
工夫することで加熱可能になる場合がある。
ただし、プロセスの追加・変更が必要になることも。



加熱対象の処理量は？

3. 処理量及び配置、必要エネルギーの算出

目的、対象の特性、形状を踏まえ加熱可能と判断できれば、処理量、配置、必要電気エネルギー等を検討する。



高周波誘電加熱には電極が必要

高周波誘電加熱には加熱電極が必要になります。

加熱電極は被加熱物の形状や処理目的によってさまざまな構造のものが用いられています。

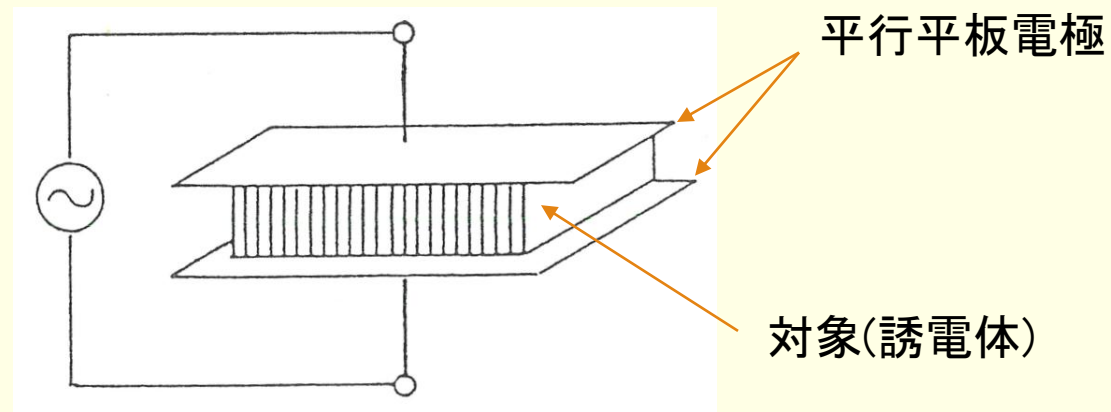
1. 平行平板電極
2. 多層電極
3. 格子電極
4. ローラー電極
5. 金型、抜き型電極

1. 平行平板電極

最も基本的な電極構造です。

一様な厚みをもつ対象(誘電体)の加熱に図のような平行平板電極が用いられます。プラスチックの予熱、紡糸、セラミックスの乾燥、木材の接着・乾燥等幅広く用いられています。

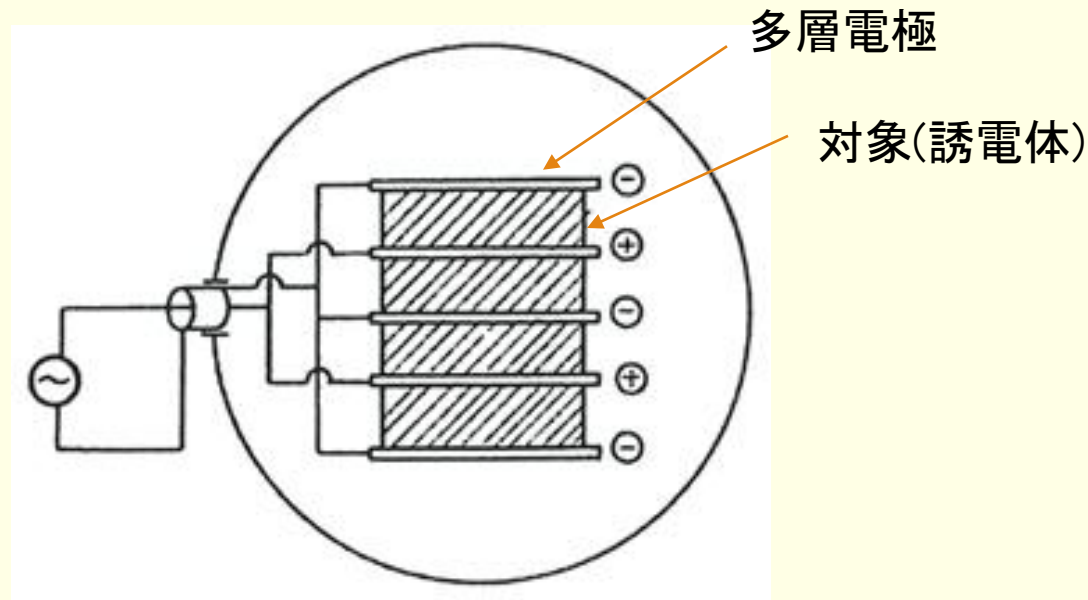
コンベア用に加熱対象とギャップをもって配置されるものなど、その目的に応じた利用がなされています。



2. 多層電極

木材減圧乾燥など**1バッチの量を多く、容積効率を高くする**ため、図のように対象を立体的に積み上げることがあります。

最適加熱を得るため、何枚か電極と一緒に積み込み給電を行います。
また、等電位にすることを目的とし、給電しない中間電極を配置することもあります。



3.格子電極(1)

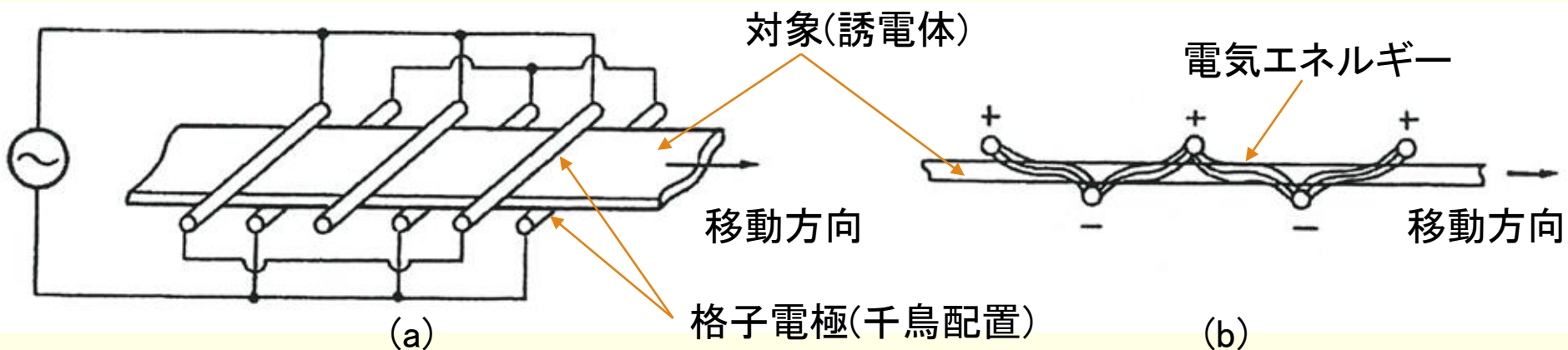
板・シート等、対象の厚みが薄くなると平行平板電極では十分な電気エネルギーを供給出来ません。そのような場合は、格子電極を用います。

・千鳥配置

図(a)のように**薄板状の被加熱物の両面に**そして**格子状の電極を配置すると**、効率のよい加熱ができます。

図(b)は千鳥配置の断面で、電気エネルギーが斜めに通過し、対象の中を通る様子です。

薄板状のセラミックス、木材または紙などの加熱に用いられます。
電極の直下、直上は加熱出来ないので対象の移動が必須です。



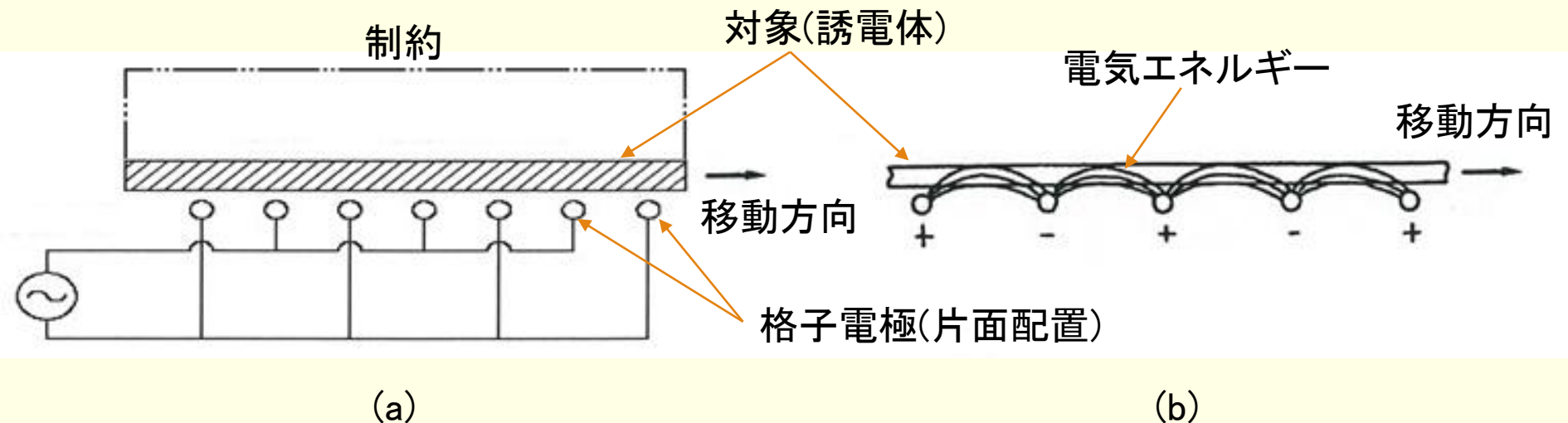
3.格子電極(2)

・片面配置

図(a)は電極を片面配置した例で、電気エネルギーが図(b)のように通るので加熱できる。

片面からしか加熱できない(制約がある)、板・シートの加熱に用いられる。

千鳥配置同様電極の直上は加熱出来ない所以对象の移動が必須となります。



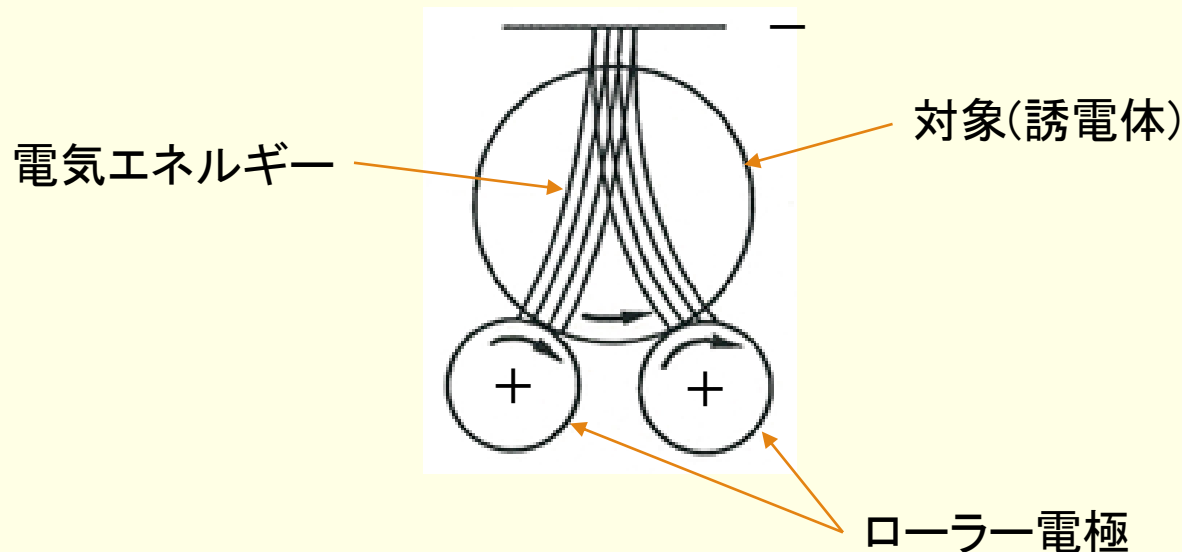
4. ローラー電極

平行平板電極では対象周辺部の電気エネルギーが不均一となり、均一加熱が困難な場合があります。

そのような場合は予め対象を円柱状に加工し、図のように回転させながら加熱します。対象が常に動いているので、局所加熱による温度ムラが軽減できます。

高品質を要求される半導体ICなどの樹脂モールドイング用の装置はこの電極方式を多く採用しています。

対象を円柱状にすることで、自動化が容易となり、材料の供給、排出、成型プレスへの投入までを自動化している装置もあります。



5.金型、抜き型電極

金型、抜き型はビニールの溶着・加工に多く使用されます。

2枚のビニールシートを電極(金型)ではさみ圧力を加えながら数秒間電気エネルギーを印加、その後そのままの状態を保持し、冷却完了後、圧力を解除、溶着完了となります。

加熱中は電極(金型)にはさまれた接合面は急激に昇温・熔融接合し、加熱後は電極により表面から急冷され、短時間で溶着サイクルが完了します。

他に、溶着と切断を同時に行うもの(抜き型)や、表面に模様を浮き上がらせるエンボス加工金型など数多くが実用化されています。

型の製作は、高周波に関する弊社リクエストに基づき、お客様にて行います。



型のイメージ

1.溶着・加工事例

業種:

合成樹脂製造業

主な生産品・加熱対象物:

合成樹脂製品

加熱対象工程:

塩化ビニール等の溶着。

塩化ビニールはプラスチックの中で誘電体損失が大きく、加熱されやすい代表的利用事例である。硬質塩化ビニール・ナイロンなどにも応用でき、事前加温して軟化させたり、誘電体損失を増加させ電力吸収されやすくしたりする場合もある。

導入背景(課題):

品質向上、安定生産、時間短縮。

導入背景(解決策)と効果:

高周波とハードウェアと制御ソフトウェア作り込みにより品質向上、安定生産、時間短縮が可能。

導入技術:

高周波、金型、抜き型、圧締



例: 高周波ウエルダ5kW, 40.68MHz

2.成型前の予熱事例(1)

業種:

合成樹脂製造業

主な生産品・加熱対象物:

合成樹脂製品、家電製品部品、産業機器部品、自動車部品等

加熱対象工程:

成型前の予熱。

熱硬化性樹脂の成型には、圧縮成型機またはトランスファ成型機が使用されている。対象はあらかじめ加熱されている成型機金型のなかに投入され、これより熱を受けて流動性が出た時点で加圧成型される。成型材料の主なものはフェノール、エポキシ、ユリア、メラミン、FRP、GFRP、SMC、BMCなどの樹脂である。

導入背景(課題):

時間短縮、品質向上、安定生産、金型劣化。

導入背景(解決策)と効果:

対象を高周波予熱後に成型金型に投入する事例で、金型による予熱時間を短縮できる。同時に流動性も高まり、金型のずみずみまで材料が流れ込み均質な仕上りの成型品が得られる。また、金型の劣化も防止できる。

2.成型前の予熱事例(2)

電極構造は平行平板電極が一般的で、加熱材料が多い場合や厚みが均一な場合に適する。高品質を求められる時は均熱特性の良いローラ電極式を採用する。温度管理に赤外線温度制御を用いることも多い。

出力は2～10kW程度が主流。

導入技術：

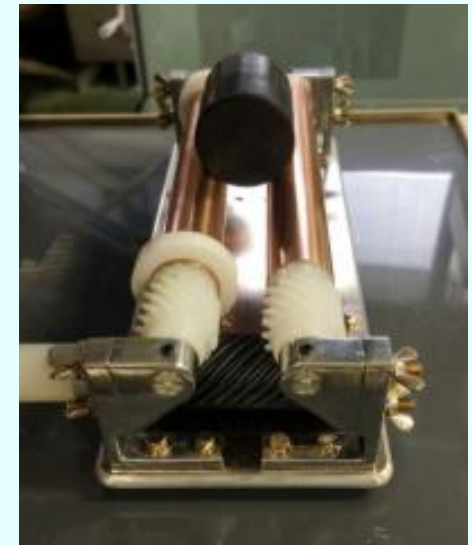
高周波、平行平板電極、ローラ電極、赤外線温度制御。



例：高周波プレヒータ



例：平行平板電極



例：ローラ電極

3.熱処理事例

業種:

ロープ製造業

主な生産品・加熱対象物:

樹脂ロープ

加熱対象工程:

熱処理。

樹脂ロープは樹脂繊維をより合わせつくられている。繊維にはよられたときに生じた反発力(応力)が残っている。この応力はちょうど鋼のゼンマイを巻いてもしっかり止めておかないとゆるんでしまうように、応力が残ったままだとロープに傷がついたり、切断したりした時よりが戻ってしまう。

導入背景(課題):

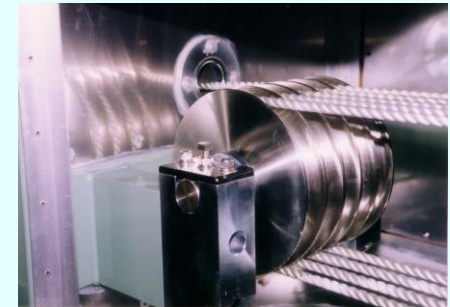
応力除去。

導入背景(解決策)と効果:

応力除去の熱処理に内部加熱可能な高周波を適用した。装置は50MHz、6kW出力の標準ユニットで数珠つなぎにすれば6kWごと増加させることができる。

導入技術:

高周波、平行平板電極



例:ロープ熱処理装置



4.接着事例

業種:

木材製造業

主な生産品・加熱対象物:

成型合板、集成材など木材の接着加工

加熱対象工程:

接着工程。

成型合板は製材加工では得られない形状、
性質の部材として製造されている。

板材はもちろんのこと、椅子、楽器、家具などにも広く応用されている。

導入背景(課題):

時間短縮、品質向上、安定生産。

導入背景(解決策)と効果:

高周波により、接着剤部分を選択加熱することで、
熱効率が良い、接着力が強い、生産性が高い、制御プログラムにより
成型後のソリや変形を抑え、均質化出来る。

出力 3~50kWの高周波出力、電極長約2m程度までのものが多い。

導入技術:

高周波、圧締



例:成型合板、集成材

5.乾燥事例 1

業種:

木材製造業

主な生産品・加熱対象物:

木材

加熱対象工程:

乾燥工程。木材は放置していても自然乾燥するが、時間と場所を必要とする。それを改善する事例。

導入背景(課題):

乾燥時間短縮、熱効率改善、乾燥の仕上り改善。

導入背景(解決策)と効果:

- (1) 高周波により自然乾燥はもとより他の熱源(熱板式や熱風)に比べて短時間で乾燥できる。
- (2) 減圧により沸点が下がるため木材温度40℃付近で乾燥でき、割れと変色の少ない乾燥材が得られる。
- (3) 圧縮をしながら乾燥できるため、あばれや変形のない仕上りが得られる。
- (4) 自動スケジュール運転による均質化が可能。

導入技術:

高周波、多層電極、減圧、圧縮



例: 木材減圧乾燥(多層電極)

5.乾燥事例 2

業種:

紡糸製造業

主な生産品・加熱対象物:

染色チーズ

加熱対象工程:

乾燥工程。

染色チーズの乾燥に用いた事例。

導入背景(課題):

乾燥時間短縮、熱効率改善、乾燥の仕上り改善。

導入背景(解決策)と効果:

- (1) 高周波により短時間乾燥ができる。
- (2) 減圧により沸点が下がるため40～60℃付近で低温乾燥でき、
風合いの良い仕上りが得られる。
- (3) 自動スケジュール運転による均質化が可能。

導入技術:

高周波、平行平板電極、減圧



例: 紡糸減圧乾燥(平行平板電極)

5.乾燥事例 3

業種:

セラミックス製造業

主な生産品・加熱対象物:

セラミックス製品、電気機器部品、自動車部品等

加熱対象工程:

乾燥工程。

セラミックスは成型後、乾燥工程を経てから焼成される。

導入背景(課題):

時間短縮、変形・割れ、品質向上。

導入背景(解決策)と効果:

成型直後、誘電加熱や熱風等を併用した雰囲気制御を行い、材料の変形や割れ無く乾燥することができる。大量生産向けにコンベア式のものが多い。

導入技術:

高周波、平行平板電極、雰囲気制御



例:セラミックス乾燥(平行平板電極)

5.乾燥事例 4

業種:

印刷、素材・加工業

主な生産品・加熱対象物:

紙・フィルムに塗工したインク・糊

加熱対象工程:

乾燥工程。

乾燥が不十分な状態で巻き取りや紙折りを行くと、搬送ローラーが汚損したり、別の用紙とくっついたりしてトラブルの原因となる。

導入背景(課題):

時間短縮、品質向上、安定生産。

導入背景(解決策)と効果:

誘電加熱では、水性塗工剤にのみ熱作用が行われるので、紙の温度を上げる事無く急速かつ均一に乾燥することができる。用途例として伝票等の糊の乾燥や、封書等の水性インクの乾燥(いずれも速度100m/分以上)がある。

導入技術:

高周波、格子電極



例: 格子電極装置(ベルト搬送式)



例: 格子電極イメージ

高周波利用設備と電波法

- 高周波利用設備

高周波電流を利用するため、設備から電波が発射されることとなり、放送や無線通信に妨害を与えることが予想されるため、**規制の対象**としています。

- 電波法

電線路に10kHz以上の高周波電流を通ずる電信、電話、その他の通信設備及び10kHz以上の高周波電流を使用する**工業用加熱設備**、医療用設備、各種設備については、**原則として個別に設置許可を受けるよう定めています。**

- 工業用加熱設備

高周波のエネルギーを発生させて、そのエネルギーを木材及び合板の乾燥、繭の乾燥、金属の熔融、金属の加熱、真空管の排気等工業生産のために用いるもの。

許可を必要とする高周波利用設備（通信設備以外）を把握する上での参考としていただくため、当該設備が含まれる代表的な製品群を**日本標準商品分類**（統計作成に係る技術的な基準）の項目の名称により、医療用設備、工業用加熱設備及び各種設備に分けて掲載しています。→次ページ: **工業用加熱設備分類の抜粋**。

出典/引用：総務省電波利用ポータル <https://www.tele.soumu.go.jp/>

工業用加熱設備

2 工業用加熱設備 (高周波のエネルギーを発生させて、そのエネルギーを**工業生産のために**に用いるもの)

		許可を行った高周波利用設備が含まれる日本標準表品分類の項目名	
電力応用装置	High frequency power source	高周波誘導加熱装置	High frequency induction heaters
		⋮	
		高周波誘電加熱装置	High frequency dielectric heaters
		⋮	
		工業用食品加工装置 (※)	Industrial food processing equipment
音波応用装置	Sonic equipment	超音波応用溶接機	Welders
電磁応用装置	Electro magnetis application equipment	電磁誘導装置	Electromagnetic testing equipment
		⋮	
電力変換装置	Power conversion equipment	高周波電源装置	High frequency power source
その他	Other	めっき装置 (※)	Plating equipment
		製本機械 (※)	Book binding machinery

※ 加熱、電離等の目的で**高周波のエネルギーを用いるもの**に限ります。

1 掲載されている設備であっても、○高周波エネルギーを用いていないもの、○利用周波数が10kHz未満のもの、○高周波出力が50W以下のもの、○型式の指定を受けたもの又は型式の確認を行ったものについては、個別の設置許可は不要です。

2 実験用及び研究用の設備であっても、1の条件に該当しないものは、個別の設置許可が必要です。

3 使用する設備が許可を必要とする設備に該当するか否か不明な場合には、製造業者、販売業者等に設備の利用周波数、高周波出力等を御確認ください。

出典/引用: 総務省電波利用ポータル <https://www.tele.soumu.go.jp/>

電波漏れ対策について

誘電加熱に使用している電磁波が外部に漏れると、ラジオ、TVなどの受信や通信などに妨害を与えてしまいます。

誘電加熱装置からの漏洩電波対策の必要項目は以下となります。

1. シールドケース

高周波部分はアルミ(AL)、銅(Cu)、真鍮(Bs)等の素材を用いた金属製の箱に収める。不必要な開口は無くし、必要な開口(対象の出入り口等)は必要最小寸法とし、フィルタ形状にする。扉等も金属製とし接触面などは電氣的に良好な構造とする。

2. 回路設計

高調波の出力を減らす回路設計を行う。

制御電線の出入口にはフィルタ回路を設ける。

3. 設置

電源、信号線はすべて金属管内に収め外皮をアースする。

設置場所床には金属板を敷き、構成機器間を同一電位とする。

4. その他

ビニール溶着・加工装置や木材接着装置のように加熱部の遮蔽が困難なものがあり、周辺装置や機器についての対策は必要に応じ施す。

まとめ

高周波誘電加熱は、何でも加熱できるわけではありません。
加熱可否の判断がとても重要です。

1. 目的・・・溶着・加工、予熱、熱処理、接着、乾燥など
2. 対象の特性・・・経験・誘電体測定・加熱実験
3. 対象の形状・・・経験・誘電体測定・加熱実験
4. 処理量及び配置・・・1個取り・複数取り、バッチ・連続など
処理量や配置により電極構造が変わることがある。
5. 必要エネルギーの算出・・・トータル、発振機台数など
6. 他必要機器・・・熱風、減圧、圧締等
7. 対象の種類・・・それぞれの特性、形状を把握しておくことが重要。
同じ構成装置で行ける場合もあれば、
一部切り替えが必要な場合、2台必要になる場合も。
8. 設置検討・・・設置場所、設置スペース、設置環境、お客様装置との連携、
お客様設備基準・安全対策、法規(電波法)対応など
9. トータル費用、納期
10. その他

上記より、検討事項はたくさんありますが、高周波誘電加熱システムの確立が出来れば、加熱・処理時間の短縮、品質改善、省スペース化などに対し、非常に有用と考えます。

おわりに

以上簡単ではありますが、高周波誘電加熱装置を利用した各種技術や生産現場での事例を紹介しました。

これら技術の多くは、事例に示すとおり身の回りの品物を製造するのに無くてはならない技術です。しかしながら、電磁波応用装置は電子レンジやIHコンロ・炊飯ジャー等の民生品しか一般的には知られていません。

今回のご紹介をきっかけとして、生産現場における製造技術の向上、省エネルギー化、作業環境改善等のお役に立てれば幸いです。

ご清聴ありがとうございました。

富士電波工機株式会社 営業部

開催日時

・2026年 11月12日(木) 14:00ー14:30

https://us02web.zoom.us/webinar/register/WN_P69dfgzMT7mSxaDeEt0BAA

登壇予定者

営業部 係長 須釜 聡史
営業部 小森 亮太

導入検討に関するお問い合わせ

富士電波工機株式会社
営業部

Mail: yuden@fdc.co.jp、 sugama@fdc.co.jp、 komori@fdc.co.jp

Tel: 049-271-6561