

大電力マイクロ波の工業応用について

Same Application of the Hight Power Microwaves

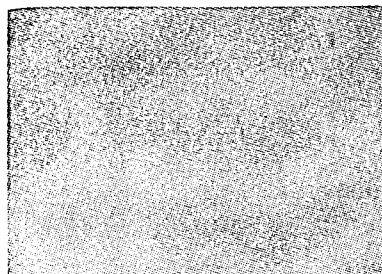
志 方 泰・植 村 辰 久

緒 言

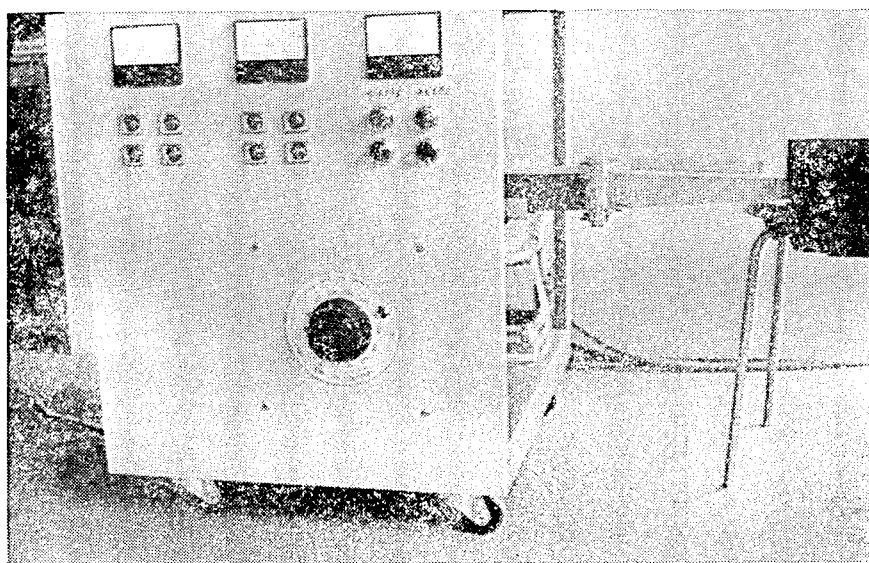
マイクロ波電力を工業的に利用した実例としてはポテトチップの製造、ブローラーの加工、調理および岩石の破壊などが一般に知られている。筆者らは数年前より各種の工業応用について研究を行なって居り、これらの実験のなから実用化の見通しがつけられたものを選びここに発表する次第である。

§ 1 装 置

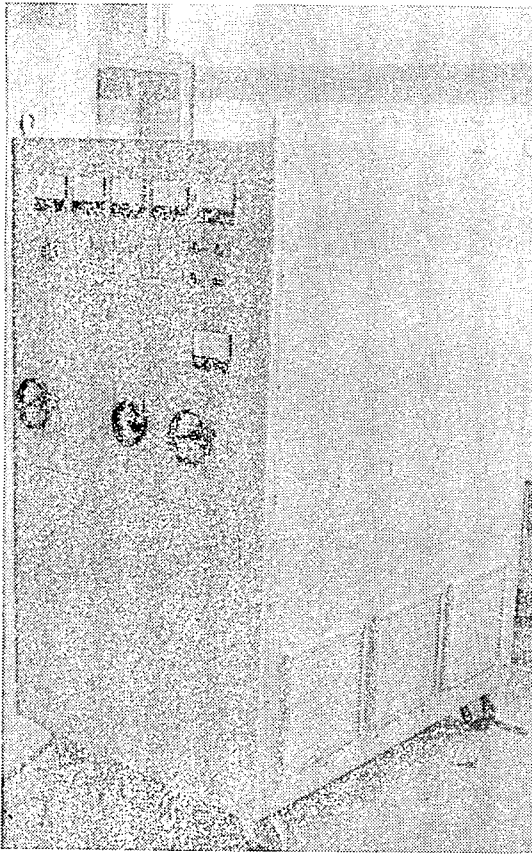
マイクロ波を工業的応用する条件としては大量かつ速く処理する事が出来、その効果が著しい事が望まれる。この問題を解決するために筆者らは大電力マイクロ波発生装置を使用し、かつ連続処理を行う事を考えた。このため基礎実験として各試料にマイクロ波を照射して、期待される結果が得られるかどうかを、マグネトロン2M66を用いて周波数 $2.45\text{GHz} \pm 50\text{MHz}$ 、出力 0.7kW (固定)を有するバッチ処理専用の装置にて試みた。共振器の



第1図 エネルギー分布モードチャート



第2図 1kW用マイクロ波発生装置



第3図 5 kW大電力マイクロ波発生装置

た、前者はマグネトロン 2 M60A を用い、後者はマグネトロン 2 M89 を用いて居り、その動作線図は第5図、第6図として示した通りである。

§ 2 連続処理用円筒 TM_{010} 共振器

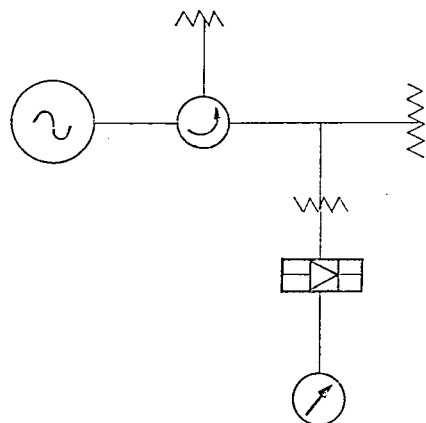
マイクロ波を照射し処理する場合は適合条件としては前述のように迅速に処理を完了し、かつ効果が著しい事があげられる。この目的のため筆者らは連続処理用円筒 TM_{010} 共振器を用いる事を考えた。構造および写真は、第7図、第8図に示した通りである。

材料は真鍮で銀メッキ仕上げで寸法は内径9.5cm、肉厚0.5cm、高さ50cm である。共振器の上下のいわゆる煙突は共振器内部の電界の漏洩を防ぐためのものである。共振器の中心には直径5.5cmの石英パイプを通し、ここに試料を送り込む。中心部は電界が最大で

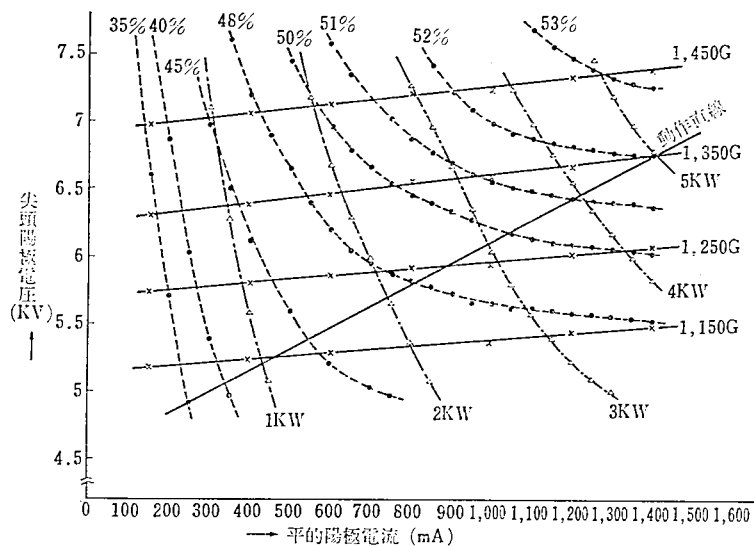
寸法は $30 \times 38 \times 24 \text{ cm}^3$ で内部エネルギーの分布は無負荷の場合は第1図に示した通りである。これは塩化コバルトの20%溶液を紙に浸透させ、その用紙の色の変化の状態にてエネルギーの分布状態を調べた結果である。

大電力マイクロ波発生装置

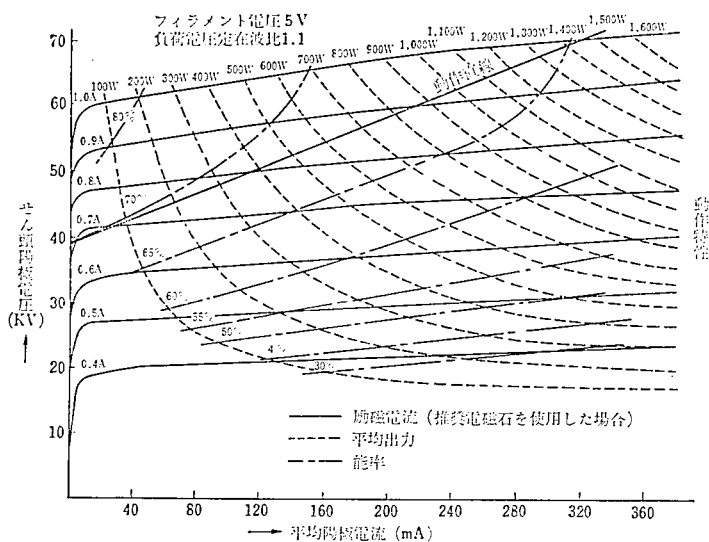
実用装置として、第2図、第3図にそれぞれ示した通りの周波数 $2.45 \text{ GHz} \pm 50 \text{ MHz}$ 、出力 $0 \sim 1.4 \text{ kW}$ 連続可変の装置および、出力 $1 \text{ kW} \sim 5 \text{ kW}$ 連続可変の装置の2セットを用いた。これらは何れも設計は筆者らが行い、製作は前者は筆者らが行い、後者は三和電子製作所が SMG-5 を用いて行った。両者共出力端は導波管 WRJ-2、およびフランジ BRG-2 であり、ここに連続処理用共振器を接続する。回路は、上記二者共、第4図に示した通りである。全てサーキュレータを用いて負荷の変動に起因する反射波によるマグネトロンの破壊防止をしている。出力の連続可変は陽極電圧およびマグネトロン励磁電流を変化させて達成し



第4図 実用連続処理回路

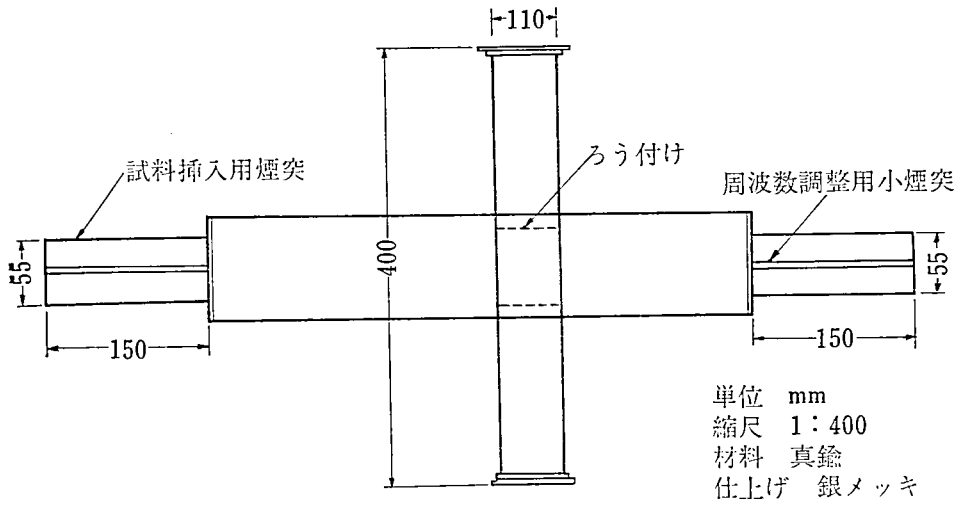
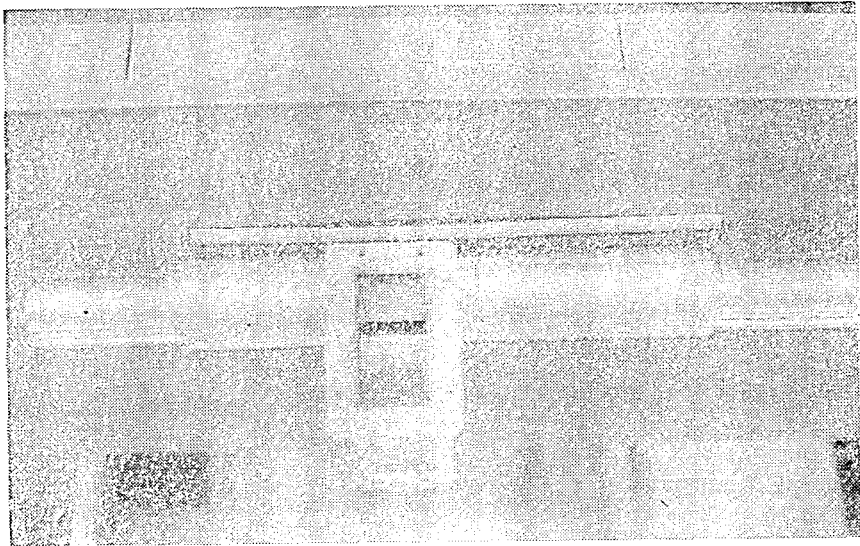


第5図 2M60A動作線図



第6図 2M-89動作線図

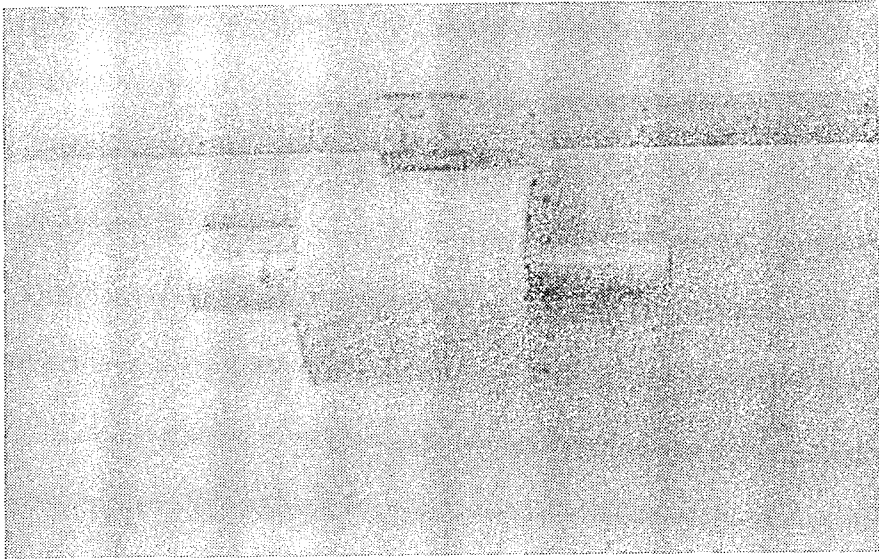
あり、従って試料の熱の発生が最大になり、効率の好い処理が期待される。処理に際し試料が共振器を通過する際に共振器の共振周波数変動するので、このため第7図の小煙突より石英棒を共振器に差し込んで、その長さを可変する事により周波数のずれを補正するものである。又円筒 TM_{010} 共振器自体の長さは、不用モードの点および選択加熱処理を行う処理時間、単位体積当りの電力などから定められるべきものである。更に大量の処理を必要とする時はこの共振器を数個並列に用いるべきであろう。この寸法の共振器を前述のマイクロ波発生装置に接続し実験を行うと共振器のQが最低500以上と大きいため、内

第7図 連続処理用円筒 TM_{010} 共振器の構造第8図 連続処理用円筒 TM_{010} 共振器

部で放電をおこす事、および加える電力が大きいため Q が高いのにもかかわらず、損失による発生量は可成りの量となり、共振器本体の温度上昇する結果となり実用化に際しこれらの根本的解決が現在の問題となっている。

§ 3 試料の ϵ 測定

マイクロ波を用いて選択加熱をするに当って、使用する周波数における試料の誘電率 ϵ 、 $\tan \delta$ を知る必要がある。その方法として筆者らはモード TM_{010} 、共振周波数 $2.45 \text{ GHz} \pm 50 \text{ MHz}$ 、 Q は約 3000 の空洞共振器を用いて摂動法にて測定した。使用した空洞共振器は

第9図 ϵ 測定用 TM_{010} 円筒共振器

第9図で示した通りで内径9.5cm, 高さ10.0cmである。計算式は下に示した通りである。

$$\frac{d\lambda}{\lambda} = -\frac{df}{f} = \alpha_c (\epsilon_1 - 1) \left(\frac{dV}{V} \right) \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{1}{Q_s} = \frac{1}{Q} - \frac{1}{Q_0} = 2\alpha_c \epsilon_2 \left(\frac{dV}{V} \right) \dots\dots\dots(2)$$

$$\tan \delta = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \dots\dots\dots(3)$$

Q_0 : 試料挿入前の Q

Q : 試料挿入後の Q

V : 共振器の体積

dV : 試料の体積

α_c : 1.855

測定方法は共振器の中心の穴に石英ガラス管を挿入しその中に試料を入れて行った。 α_c は共振器のモードが TM_{010} であるので理論的には1.855であるが、中心の可成りの部分を被測定物のために用いるので実測する必要がある。しかし ϵ が既知の石英棒を用いて実測した結果 α_c として1.855の値をそのまま用いて差支えないことが判明した。又、 $\tan \delta$ が大きく ϵ の測定が困難な場合は2.45GHzの TM_{010} 円筒共振器、直径9.5cm, 高さ4.0cm, 試料挿入管、内径0.6cmを用いて、試料の体積を小さくして行う⁽¹⁾。各種試料の測定結果は第10図に示した通りであり、これより、木材中の害虫、又雑穀類中の害虫の殺虫および砂の除湿、において選択加熱が可能であるという結論を得られるので基礎実験であるパッ

試料	ϵ_1	ϵ_2	$\tan \delta$	$\epsilon_2 \tan \delta$	
木材	19.25	9.34	0.49	4.53	
新米	4.18	0.47	0.113	0.053	
古米	4.93	0.59	0.12	0.071	
トウモロコシ	2.51	0.13	0.051	0.0073	
コウリヤン	3.18	0.27	0.084	0.024	
殺虫虫	生存	16.99	4.71	0.277	1.304
	死滅	1.38	5×10^{-5}	4×10^{-4}	2×10^{-9}
砂	水分0%	2.73	0.11	0.041	0.0046
	水分10%	3.50	0.38	0.109	0.042
菌核菌	2.24	0.084	0.037	0.0031	

第10図 各種試料 ϵ 測定結果

チ処理実験を行った。

§ 4 輸入雑穀類に寄生する害虫の殺虫⁽²⁾

輸入雑穀類に寄生する害虫の殺虫法として船から陸揚げする途中の輸送管内でマイクロ波を照射して害虫を選択加熱により殺す方法で倉庫に入れた時には害虫は完全に死滅させる事を目的とする。従来行われていた方法は、雑穀類を入れた陸上倉庫の中を完全に密封し、有毒ガスを散布する方法の化学処理を行っていたが、有毒ガスによる人身事故の危険があり、しかも殺虫の点からも卵の状態のときの効果は不明である。大電力マイクロ波を照射すると雑穀類と害虫ではそれらの含水率が15%、および70~80%と異なり害虫の誘電体損失が大きく雑穀類には余り影響を与える事なく害虫だけ温度が上昇して、殺虫が出来る事が期待し得るのみでなく、卵に対しても有効であり、更に船倉と倉庫を連絡する輸送管内を通過する途中に、この大電力マイクロ波照射装置を付加すれば連続処理が可能となり処理速度も早く、単に通過させるだけであるから労役も軽減されるという利点を持っている。実験方法としては前述のバッチ処理用の基礎実験と同様である。実験試料として穀物はコーリャン、トモロコシ、米を各々50g中に穀象虫50匹を共にビーカーに入れたものである。それにマイクロ波を照射し害虫が100%死滅する迄の時間を測定し、ビーカーの雑穀類をサーミスタ温度計を用いて温度上昇を測定し、雑穀類に変質がないかを調べる。又、その温度上昇より照射エネルギーの測定をカロリ法を用いて算出した。

$$Q = mc\Delta t \dots\dots\dots(4)$$

C : 比熱	$\left\{ \begin{array}{l} \text{米} \\ \text{コーリャン} \\ \text{トモロコシ} \end{array} \right.$	0.5cal/g deg
		0.437cal/g deg
		0.45cal/g deg

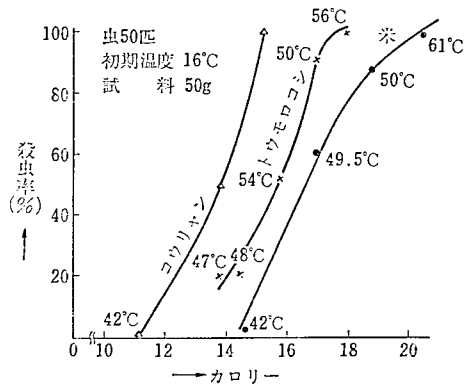
固体の比熱の測定として熱量計を用いて、混合法により(5)式を用いて雑穀類の比熱を測定をした。

$$m'(T-t') = mc(t-T) \dots\dots\dots(5)$$

- c : 比熱
- m : 物体の質量
- t : 物体の温度
- m' : 熱量計内にある水の質量
- t' : 熱量計内にある水の温度
- T : 上昇した最高温度

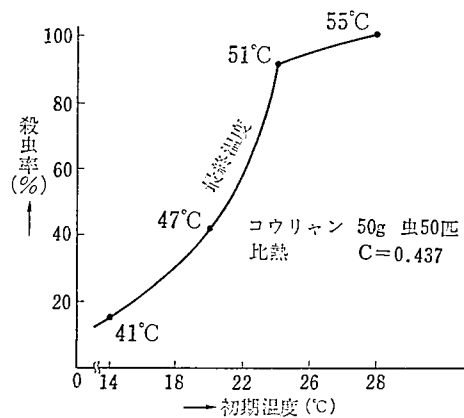
実験の結果は第11図に示した通りである。初期温度 16°C (室温)においてマイクロ波を照射して試料中の害虫が100%死滅する迄の時間とその時の照射エネルギーは、コーリャン 14秒, 15.3cal/g トウモロコシ 21秒, 18cal/g, 米19秒, 23cal/g となる。

この様に同質量でありながら殺虫時間が異なるのは、各々の穀類の誘電体損失が異なるためと思われる。しかしながら第 12 図に示した通り初期温度によって誘電体損失が変化



第11図 カロリーと殺虫率

するための殺虫時間に影響する。故に定温状態で処理する。しかしながら本実験に於いて100%死滅時の温度が約50°C付近である事がこれらの図表より分り、雑穀類に対する影響温度（雑穀類が変質してしまう温度）は70°C以上であるので、50°C 付近で処理する分には雑穀類に悪影響は与えないと思われる。以上の結果より、実用としては1 ton/m の処理速度が要求されているが、これを本法で試算してみると、約1 MW程度の出力で可能である。



第12図 初期温度と殺虫率

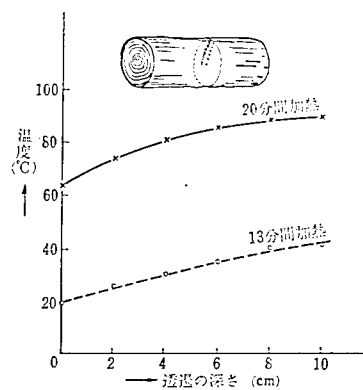
§ 5 輸入原木に寄生する害虫の殺虫

現在、輸入原木の到着時点で行われている殺虫方法として広い土地に輸入原木を積み重ねてその上をビニールで覆い、その中でクロールピクリンおよびメチールプロマイドガス等を用いて24時間以上燻法する。その後、ビニール覆いをとり去り、中のガスを空気中に自然放散させる。そのためこの燻蒸法では塩素やその他の有毒ガスが発生し作業者の健康上、余り好ましくない。又一般の人々や家畜等に害を与えないためには広い土地が必要となり経費も膨大となる。他の一つは海中放置法である。この方法は原木を海中中に3ヶ月以上も放置して海水の浸透による殺虫法で時間の浪費と又、台風、洪水、高潮等による流木の危険が多くかつ同時に薬液を散布するので熟練した人手を要し、かつ人身事故の危険がある。しかもこれらの二つの方法では完全殺虫がなかなか難しいと云われている。そこで筆者らはマイクロ波を照射して殺虫を試みた所、好結果が得られた⁽³⁾。

原木の試料としては輸入北方材の直径20cmのものをを用いこれに第13図に示した通り6ヶの穴を穿孔し、マイクロ波を照射した。

その結果、原木の「中心方向の深さ」と「温度の上昇」との関係は第13図に示す通りで中心部が90°C前後、表皮付近で60°C前後となり中心部の方が温度は上昇する事がわかる。

従って木の中心部に寄生する害虫は従来の燻蒸法、海中放置法だとなかなか殺虫出来なかったのが、マイクロ波を照射する事によってすみやかに殺虫が出来るこの方法は非常に有効である。又、マイクロ波を照射した場合、 $\tan\delta$ が木材より害虫の方が大きい事が期待



第13図 マイクロ波エネルギーの木材への透過

されるので温度上昇は木材より害虫の方が大であると考えられる。しかもこれらの害虫は熱に弱く50°C前後の温度で死滅する事が既知であるので、木材の温度が50°Cになれば害虫は死滅すると思われる。その時の所要電力を計算するための処理時間と温度の関係を取ると第14図に示す通りである。これより(6)式を用いて所要電力を計算すると、

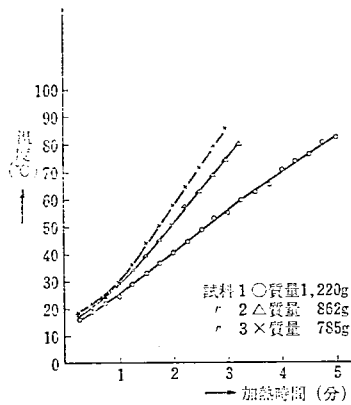
$$P = 4.2 \times m \cdot c \cdot \Delta t / T \dots \dots \dots (6)$$

T : 死滅時間

m : 質量

c : 比熱

直径 20cm, 長さ 15m の原木において処理時間を一本につき 3 分として, 死滅温度を 70°C にとると, 約 200kW 又 50°C にとると約 150kW の出力で充分である事が分る。これは筆者らが以前に発表した超音波を用いる殺虫法⁽⁴⁾かつ同様な条件で約 1 MW の出力を要したのに比べて数倍以上の能率であり, かつこの程度の出力ならば実用上, 技術的にも價格的にも充分実用の可能性はあるといえよう。

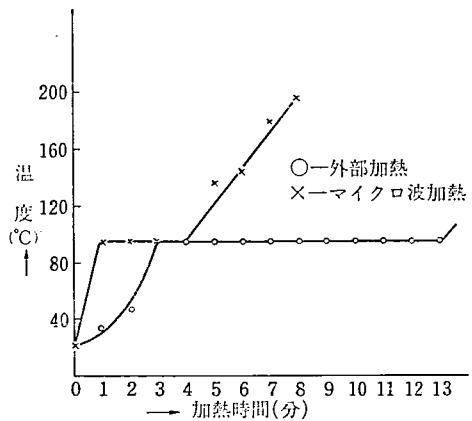


第14図 処理時間と温度の関係

§ 6 砂による粉体の除湿⁽⁵⁾

土木工事等においてコンクリート工事, 道路の舗装, 等に砂は重要な要素をしめる物質であり, 砂を運搬するのに水をかけて行方事もあり, 砂の回りに結合水を含み, 多くの水分を含有している。特にアスファルト工事に於いて砂とコールタールとを混合する場合, 砂に水分が含まれていると混合しにくいとため砂の除湿を行う。その場合, 現在行われている方法として重油およびケロシン等を湿った砂の上に振りかけて燃焼させ, この時発生する熱によって除湿を行っているがこれは周囲に対する危険性, 不完全燃焼による一酸化炭素の放出などの公害問題も生ずる難点がある。

又價格の点においても本法を使用した場合より 2 倍の高値となる。以上の点においても本法がかなり有効であろうと思われる。実験は前述同様実用化のための基礎実験としてしバッチ処理を行った。方法は前述と同様である。実験方法としては, 外部加熱とマイクロ波加熱を比較するに際し外部加熱として 1kW の電熱器を用い, 試料は良質の砂で, 湿度 10%, 質量 200g を用いてこれをアルミ板上に乗せて乾燥させ加熱時間と温度を測定した。マイクロ波加熱の場合も同じ試料を用いて, 雑穀類の時と同様にサーミスタ温度計を用いて温度を測定した。その結果は第15図に示した通りである。次に加熱時間によってどの位の速さで除湿出来るか測定するために含水比が 8.68% および 16.9% の砂を各 100g ずつとり出す。その試料にマイクロ波照射時間を変えて, 各時間毎に重量を測定し残水比としたものである。その実験結果は第16図に示す通りである。第16図より分る事はマイクロ波加熱による方法が外部加熱よりきわめて速く温度が上昇し 100°C に達するのに前者で 1 分, 後者では 3 分との開きがある。



第15図 加熱方式による温度上昇の比較

更に, 最初の 6 ~ 10 分の間で殆んど除湿を行い, 残水比が 2% 以下の付近から急激に能

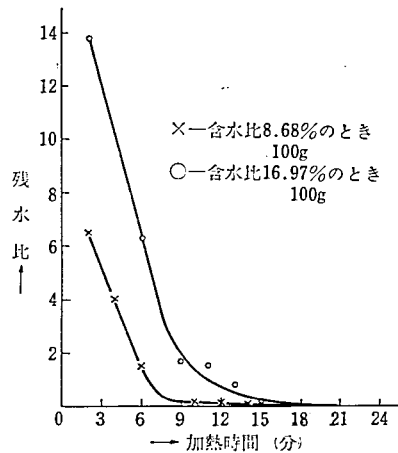
率が低下している事が分る。しかし土木工事の際の砂の含水量は通常の状態では10%程度であり、これを最適状態の4%程度迄除湿を行えば使用する際の条件を十分に満たされている。今この条件のもとに計算を行うと1時間に1トンの砂を処理するものとする所要出力は約70kWになる。これを比熱0.2, 初期温度20°C, 水の比熱を1, 気化の潜熱を539 calとして計算を行った結果の所要出力が約60kWという値と比較してみると、出力が満足すべき状態で利用されている事を表わしている。

以上の結果より、この方法が粉体および粒体などの除湿法としてマイクロ波の照射が高効率である事が明らかになった。また、土木関係のみならず、粘土、石膏、陶器、磁器等の除湿、乾燥に用いられるので芸術作品、計器等の製作時に利用し得るのでこれらに関する応用は興味深いものがある。

§ 7 食品工業への応用⁽⁶⁾

食品工業において食品の製造又は加工する過程において、多くの場合煮たり焼いたりする。そして味をつけるに当ってはその味が食品に浸透する迄、相当の期間つけておく必要がある。この様な場合、多くの時間、人手、資本を要する事となるので以上の対策として大電力マイクロ波の応用を試みた。すなわちマロングラッセ等の栗菓子や小豆餡の製造過程において前述した実験と同様にマイクロ波を照射して、特にシロップ付けしている期間や乾燥期間を短縮するのに応用してみた。

実験方法として、製餡の場合、小豆600gを1500ccの水より約1時間煮て小豆が柔らかくなった時に砂糖1000gを入れて更に1時間程煮つめる。こうして味をつけられた小豆をとり出して放置しておき十分に水分を切る。この試料を2等分して一方の試料にマイクロ波の照射を2分間行い、「処理の試料」とし、他の一方をそのままの状態に「未処理の試料」とする。その結果は第17図に示した通りで一見して処理した試料はつぶし餡状になっている事が分る。その後、処理した方の試料を未処理の試料と同じ温度になるのを待ち、味について数十人以上の学生および職員の方々に試食を協力して貰い第18図に示すアンケート用紙を用いてアンケートを取った。アンケートのとり方は、「未処理の試料」と「処理の試料」が被実験者に区別がつかない様にA, Bで示し、味に変化がなければ変化なしの方に○印を記入し、又変化が認められれば、しるこの味か、又は餡の味か、感じた方にA又はBを記入する、という方法をとった。試料を2つに分けた理由としては、アンケートの答に簡単な方が正確と思われたからである。初めの実験においてマイク



第16図 残水比—加熱時間

餡	
変化なし 4	変化有り 44 { しるこの味12 餡の味32

第17図 試料 (餡)

波の照射を2分間行い、「処理の試料」とし、他の一方をそのままの状態に「未処理の試料」とする。その結果は第17図に示した通りで一見して処理した試料はつぶし餡状になっている事が分る。その後、処理した方の試料を未処理の試料と同じ温度になるのを待ち、味について数十人以上の学生および職員の方々に試食を協力して貰い第18図に示すアンケート用紙を用いてアンケートを取った。アンケートのとり方は、「未処理の試料」と「処理の試料」が被実験者に区別がつかない様にA, Bで示し、味に変化がなければ変化なしの方に○印を記入し、又変化が認められれば、しるこの味か、又は餡の味か、感じた方にA又はBを記入する、という方法をとった。試料を2つに分けた理由としては、アンケートの答に簡単な方が正確と思われたからである。初めの実験においてマイク

アンケート用紙 (餠)

性別 男 女

次の項目に対して感じた方に○印を記入して下さい。

味覚 \ 試料	A	B
甘 味	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
しるこの味	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
餠 の 味	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
水分の有無	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
固さの有無	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

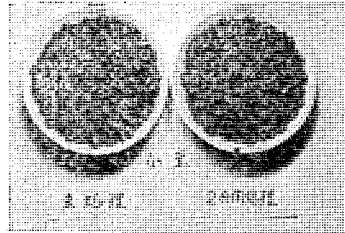
その他味覚に関して気が付いた事がありましたら御記入下さい。

第18図 餠のアンケート用紙

う意見である。

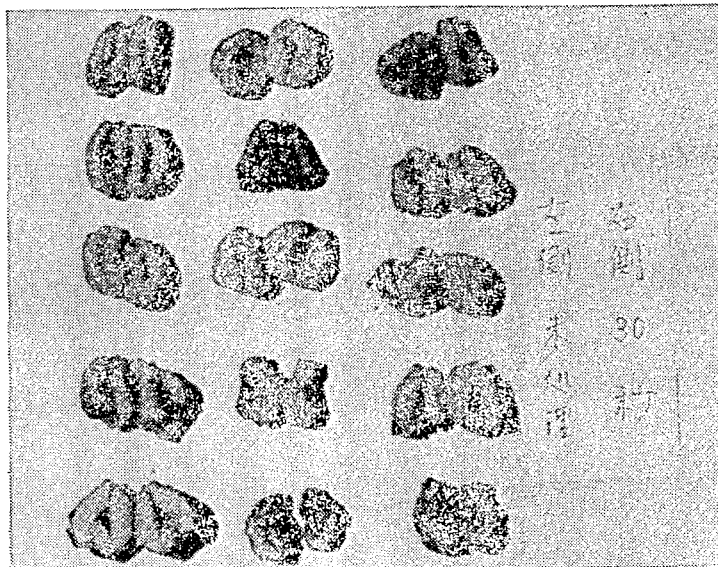
栗菓子の場合、栗は国産の栗を50g使用し、最初に皮をむき、始めから砂糖水で煮る、

波照射時間をそれぞれ、30秒、60秒、90秒、120秒、と分けて試食を行った所、試食者自身に味の区別がつかなくなり不正確になるので、30秒と90秒の2つの試料に分けた次第である。これは栗の場合も同様である。



第19図 餠の試食結果

試食の結果は殆んどの人が味の差を認め、その変化の内分けは、第19図に示した通りで「処理した試料」の方の餠が味に近いと感じた人が32人でかなり多く、その人々の意見としていわゆる、つぶし餠状で口の中ですぐ溶けてかんでいる内に甘くなるとい



第20図 栗 の 試 料

アンケート用紙 (栗)

性別 男 女

次の項目に対して感じた方に○印を記入して下さい。

味覚 \ 試料	A	B
甘 味		
栗 の 味		
栗 子 の 味		
水分の有無		
固さの有無		

その他の味覚に関して気が付いた事がありましたら御記入下さい。

第21図 栗のアンケート用紙

第22図に示した通りで「処理した試料」が栗菓子の味がする。という結果が得られた。

以上の2つの結果から食品工業に於いて製餡、栗菓子などの製造過程において大電力マイクロ波を用いた処理法が効果的である事が、明らかになり、特に各種栗菓子等は従来の方法では時間を非常に多く要し、そのため人手もかかり、価格も高くなるので、本法はこの点からも実用の価値は大きいと思われる。

§ 7 発芽防止に関する応用

雑穀類のある種のものとか菌核菌などは保管場所で発芽して実用上の価値を損じる等の問題が起ることは既に知られていることである。この点に関しカナダでは馬鈴薯の発芽防止に放射線を照射して成功し、実用となっている。しかし日本においては国民感情から、食品に放射線を照射することは許せぬことであろう。そのためメチル液に浸ける、或いは高温の乾燥した空気を流通させ処理を行っているのが現状である。筆者らはマイクロ波照射により発芽防止する事を試みた。試料は第23図、第24図として示した通りである。

実験方法としては雑穀および菌核菌の両試料を等分に分け、一方を水に1時間浸し、他方はそのままの状態にして置く。これは試料に水分が浸透した場合に水の $\tan \delta$ は非常に大きいので処理時間が少なくて効果が上がると思われたからである。その等分された試料を更に5等分に分け、各々に単位体積当り約 $\frac{1}{40}$ W/sec の電力のマイクロ波を照射し、その照射時間を、10秒、30秒、1分、3分、と変えてその後に発芽試験を行った。雑穀は土壌に植え、その結果は第25図に示した通りである。又菌核菌は「寒天上による発芽」と「湿る紙による方法」との二つの方法に別けて行った。この目的は養分の有無関係について知

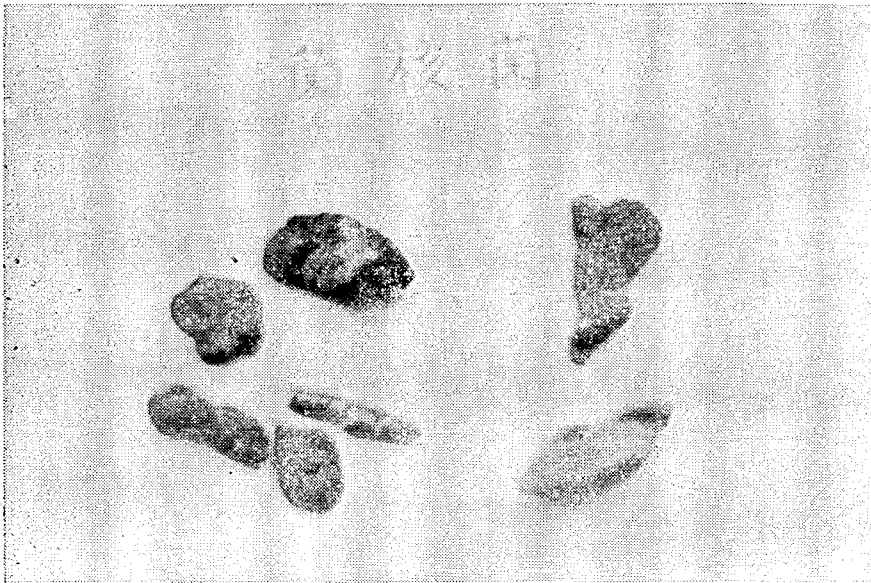
栗	
変化なし 2	変化有り 31 { 栗の味 7 菓子味の味 24

第22図 栗の試食結果

その砂糖水は1500ccの水に1000gの砂糖を溶かした67%の砂糖液である。その液で約2時間程煮てから小豆と同様に水分を切り、1個の栗を半分になり、2組に分けてその一方を30秒マイクロ波を照射して「処理した試料」とし、他方を「未処理の試料」とする。試料は第20図に示した通りで肉眼で見るとかなり色が異なっている。試食してもらう場合は、両方の栗を細く切って必ず1個の栗で両試料を試食する様にする。それは各1個ずつの栗の味が異なるためである。アンケートは第21図に示した用紙を使用した。試食の結果の内分けは第



第23図 ある種の雑穀



第24図 菌核菌

る事である。

前者の方法は水に寒天と澱粉を加え、加熱、溶解したものをシャーレに入れて固め、その上に菌核菌を置き、その結果は第26図に示した通りである。後者はシャーレにろ紙を敷き、水を絶やさぬ様にしてその上に処理した菌核菌を置く。その結果は第27図に示す通りである。この両試料は、定温室内で観測した。この結果から分ることは、両試料共、傾向は殆んど同様に、水浸と非水浸を比較すると、水浸の方は全く発芽せず、非水浸では一部発芽があるが、一定以上に発育しない。しかも照射時間に比例している事が分る。実用化

ある種の雑穀

		日 数			1 日 目	4 日 目	9 日 目
マイクロ波照射時間							
水 浸	未処理	A-0	発 芽 試 験 開 始			一部発芽 (1~2 mm)	50%発芽のまま
	10 秒	A-1					発芽なし
	30 秒	A-2					発芽なし
	1 分	A-3				一部発芽 (1~2 mm)	50%発芽のまま
	3 分	A-4					発芽なし
非水 浸	未処理	B-0			一部発芽 (1~2 mm)	発芽分3cm成長葉がつく	前回同様のまま
	10 秒	B-1			一部発芽 (1~2 mm)	発芽状態のまま	発芽状態のまま
	30 秒	B-2					一部発芽 (1 mm)
	1 分	B-3					発芽なし
	3 分	B-4					"
メチル処理				発 芽	4 cm以上発芽 葉なし	6 cmに成長	

第25図 あの種の雑穀の発芽試験

寒天培養基による方法

		日 数			1 日 目	2 日 目	5 日 目
マイクロ波照射時間							
水 浸	未処理	C-0	発 芽 試 験 開 始				発芽なし
	10 秒	C-1					"
	30 秒	C-2					"
	1 分	C-3					"
	3 分	C-4					"
非水 浸	未処理	D-0			1部発芽(1~2mm)	直径10mmに成長	発芽状態に変化なし
	10 秒	D-1					発芽なし
	30 秒	D-2					"
	1 分	D-3					"
	3 分	D-4					"
未 処 理		A		1部発芽 (1~2 mm)	直径10mmに成長	発芽状態に変化なし	
		B		1部発芽 (1~2 mm)	直径10mmに成長	"	

第26図 菌核菌の寒天培養による発芽試験

に際しては、非水浸の行い事が経費時間の点で要望される。従ってこの場合、データーにより完全に発芽を防止するためには、60秒照射すればよい。

これはマイクロ波を用いて充分採算に合う結果となり、実用化の見込みがつけられたと

言えよう。

湿ろ紙による方法

品目		試験日数			
水 浸	未処理	C-0	発 芽 試 験	1部発芽(1~2mm)	発芽状態に変化なし
	10秒	C-1			発芽なし
	30秒	C-2			"
	1分	C-3			"
	3分	C-3			"
非 水 浸	未処理	D-0	開 始	1部発芽(1~2mm)	発芽状態に変化なし
	10秒	D-1			発芽なし
	30秒	D-2			"
	1分	D-3			"
	3分	D-4			"
未 処 理		A		1部発芽 (1~2mm)	直径10mmに成長
		B		1部発芽 (1~2mm)	直径10mmに成長 発芽状態に変化なし

第27図 菌核菌の湿ろ紙による発芽試験

結 論

以上の結果より、大電力マイクロ波の工業応用に関する見通しが少なくとも我々の実験を行っている分野ではついたと言えよう。今後は連続処理中の共振周波数の変動を自動追尾させること、および大電力処理用空調共振器の実用化の研究と、焼入、焼鈍、殺菌、その他適用分野の拡大のための実験を継続する所存である。

謝 辞

本実験に於いて、木材および雑穀類、菌核菌等の実験試料を御提供賜はった、中部資材KK、の大杉浩氏、御援助賜わった三和電子製作所、所長鴨下氏および製造部長中原利治氏に深謝致します。又本実験に対して尽力した本学電気工学第2期生松本文夫（三和電子製作所）、青木一男および実験に協力した本学電気工学科第3期生森下伸一、篠原功、吉田真久の諸君および快く被実験者となった、本学職員の方々ならび学生諸君に謝意を表わす次第であります。

参 考 文 献

- (1) 志方, 植村, 太田 “高周波における絶縁油の ϵ 測定” 通学会全国大 No. 455 October. 1968
- (2) 志方, 松本, 大杉, 中原 “マイクロ波による穀類に寄生する害虫の殺虫に関する研究” 電気四学会連大 No. 1943 April. 1968
- (3) 志方, 植村, 松本 “輸入原木の殺虫法に関する研究” 電気四学会連大 No. 2016 April. 1970
- (4) 志木, 青木, 松本 “輸入原木に寄生せる害虫の殺虫法に関する研究” 通学会全国大 No. 237 April. 1968
- (5) 志方, 植村, 松本 “除湿に関するマイクロ波の適用例” 電気四学会連大 No. 2017 April. 1970
- (6) 志方, 植村, 松本 “大電力マイクロ波の食品工業における応用について” No. 2015 April. 1970