

電子レンジ用マグネトロンの信頼性試験

Reliability Tests of Magnetrons for Microwave Oven

鹿 沼 陽 次*
Yôji Kanuma

堀 川 富 和*
Tomikazu Horikawa

原 田 明 一*
Akikazu Harada

要 旨

パッケージ形電子レンジ用マグネトロンの信頼性試験を、動作寿命、耐候性、機械強度の3点から検討し、量産品 H3032A に実施した。寿命試験の標準条件と加速条件の設定には、家庭用電子レンジの使用実態調査とモニタ試験を行ない、その結果を取り入れた。

耐候性試験では、電子レンジの据え付けられる調理場のような悪環境での高圧部品の信頼性の早期確認のため、特殊な耐候性試験方法を開発した。

また輸送中や取扱い中に発生する衝撃加速度を定量的に求めマグネロン単体の耐衝撃強度と比較した。

1. 緒 言

電子レンジは、家庭の台所用電気製品として着実な普及を示しており、利用技術も進歩し、必需品としての地歩を築きつつある。電子レンジの性能はそれに使われるマグネトロンの特性によるところが大きく、基本的な電気的性能としての出力、効率、安定度などのほかに信頼性が重要な問題になってくる。すなわち、オープン内に入れられる食品によっては、反射特性がマグネロンに対し過酷な条件となることもあり、そのような条件においても実用上じゅうぶんな寿命を確保しなければならない。また、電子レンジの使用される台所や調理場の環境と、家庭電気器具では最も大容量の高圧電源を有することを考え合わせると、マグネロンには安全性の面から特に信頼性の高いことが要求される。筆者らは、このような観点からパッケージ形マグネトロンの信頼性試験に取り組み、600 W 級マグネロン日立 H3032A に対し数ヶ月間にわたる試験を実施した。図1は、H3032A の外観と構造断面を示したものである。

2. 動作寿命試験

2.1 動作寿命試験条件の設定

われわれの実施しているマグネトロンの動作寿命試験は大別して、標準実用状態に近い条件で行なう基準寿命試験と標準状態より過酷な条件で行なう加速寿命試験とがあり、その条件設定にあたり以下に示す4項目の測定と調査を行なった。

- (1) 電子レンジオープンの反射特性
- (2) フィラメント電圧
- (3) 陽 極 電 流
- (4) 間 欠 条 件

2.1.1 電子レンジオープンの反射特性

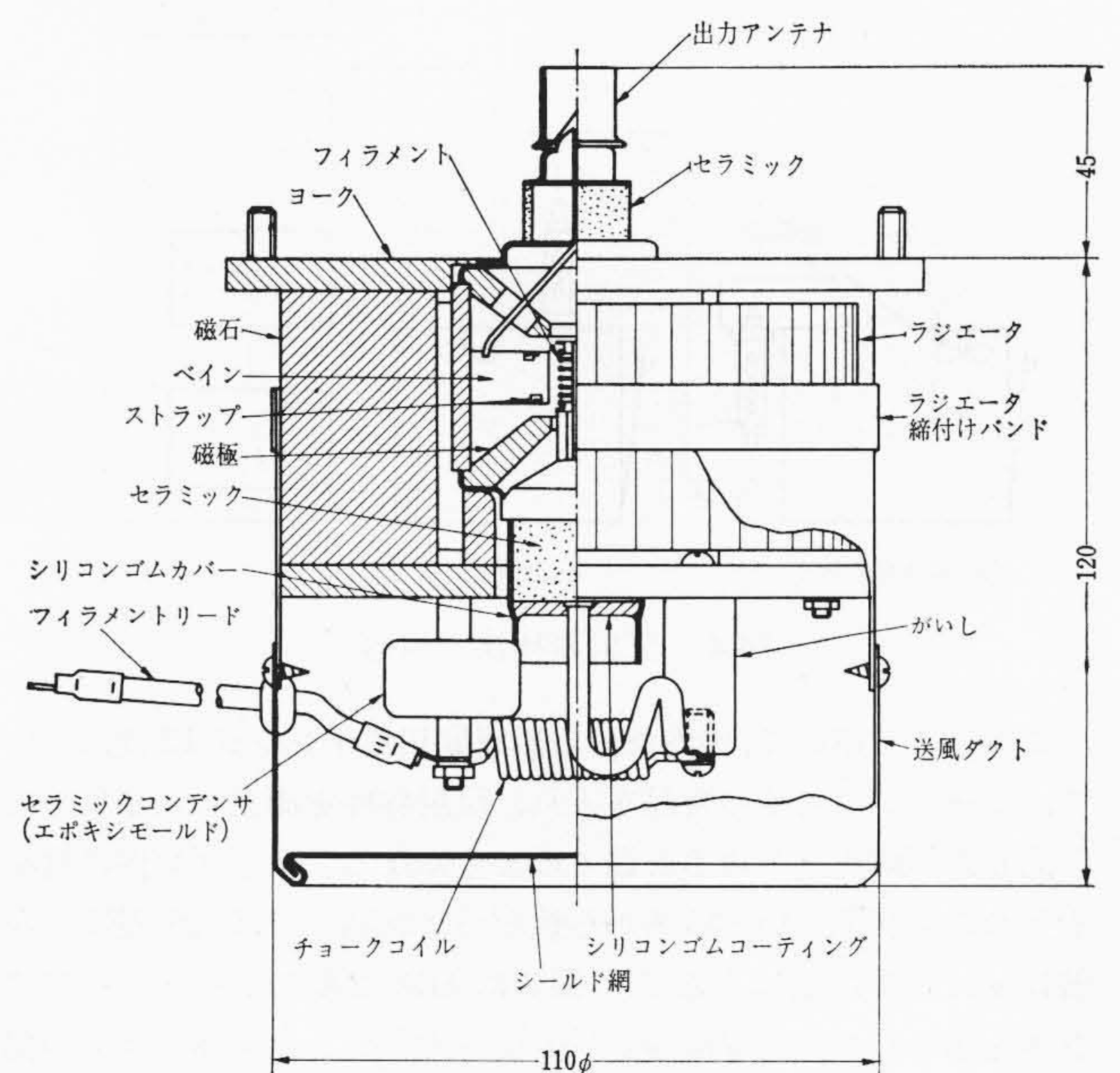
電子レンジは食品の再加熱や調理に主として利用され、取り扱う食品は多種多様である。オープンの内部には、通常スターラという電波を攪乱(かくらん)するための金属製回転羽根がつけてあり、オープン内の電界パターンが時々刻々変化するようにして加熱のむらを軽減している。これをマグネロン側からみれば、負荷反射が時間とともに変化することになる。この反射特性を測定するために、まずマグネトロンの出力部と全く同一の外形を有するテストプローブを開発した。

テストプローブは、図2に示す構造のもので、アンテナ部分と取付部はマグネロン H3032A の部品を使用している。50Ω 同軸線路から成る測定端子とのマッチングは5本の $\lambda/8$ スタブで調整し、周波数 $2,450 \pm 50$ MHz 間で図3に示すように残留定在波比

* 日立製作所茂原工場



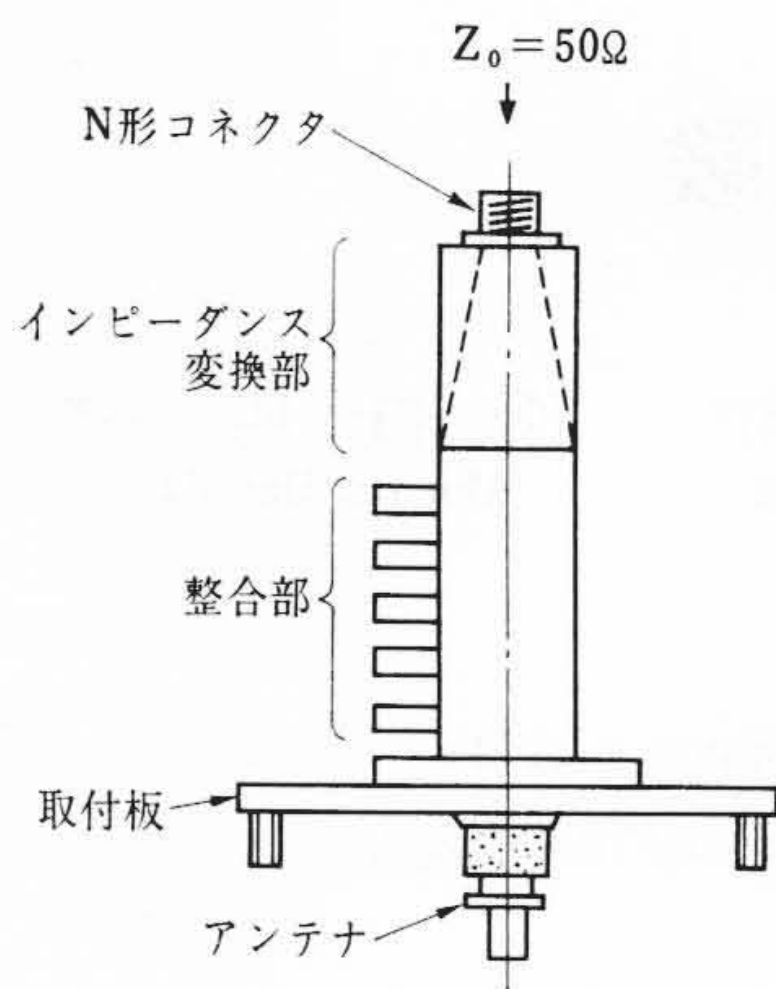
図1(a) H3032Aの外観および構造



(b) H3032Aの構造

を1.20以下に押えることができた。

測定装置のブロックダイアグラムを図4に示す。マグネロンからみたオープンのインピーダンスは、ネットワークアナライザのブラウン管上にスミスチャート表示で示される。オープン内のスターラの回転によってインピーダンスが変化する様子はスミスチャート上の軌跡として、図5のように直視できる。なお、基準面はアンテナ軸中心に選び、リーケダイアグラムとの対照を容易にしている。



(アンテナ部分と取付部分は
H3032Aの部品を採用)

図2 テストプローブ外観

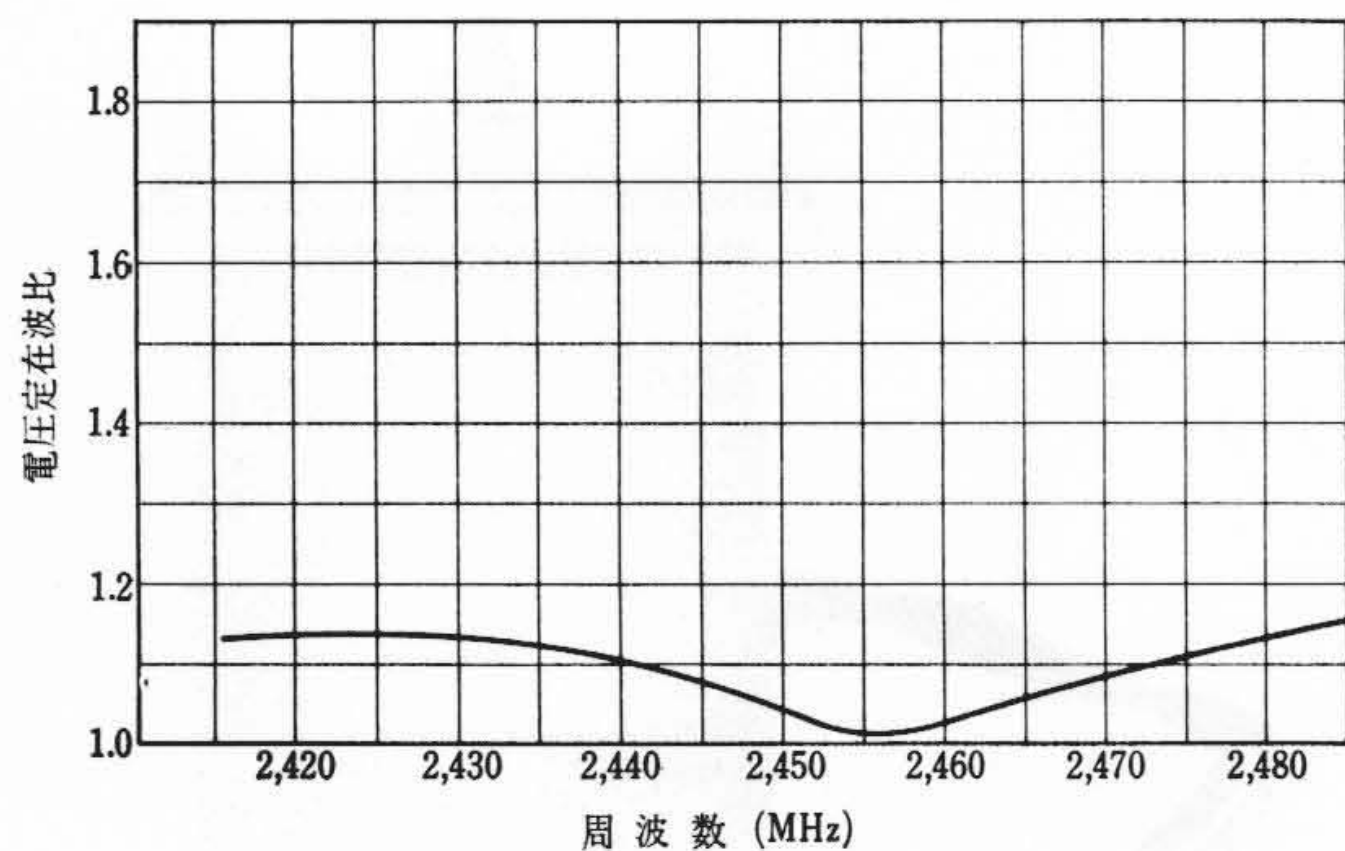


図3 テストプローブの周波特性

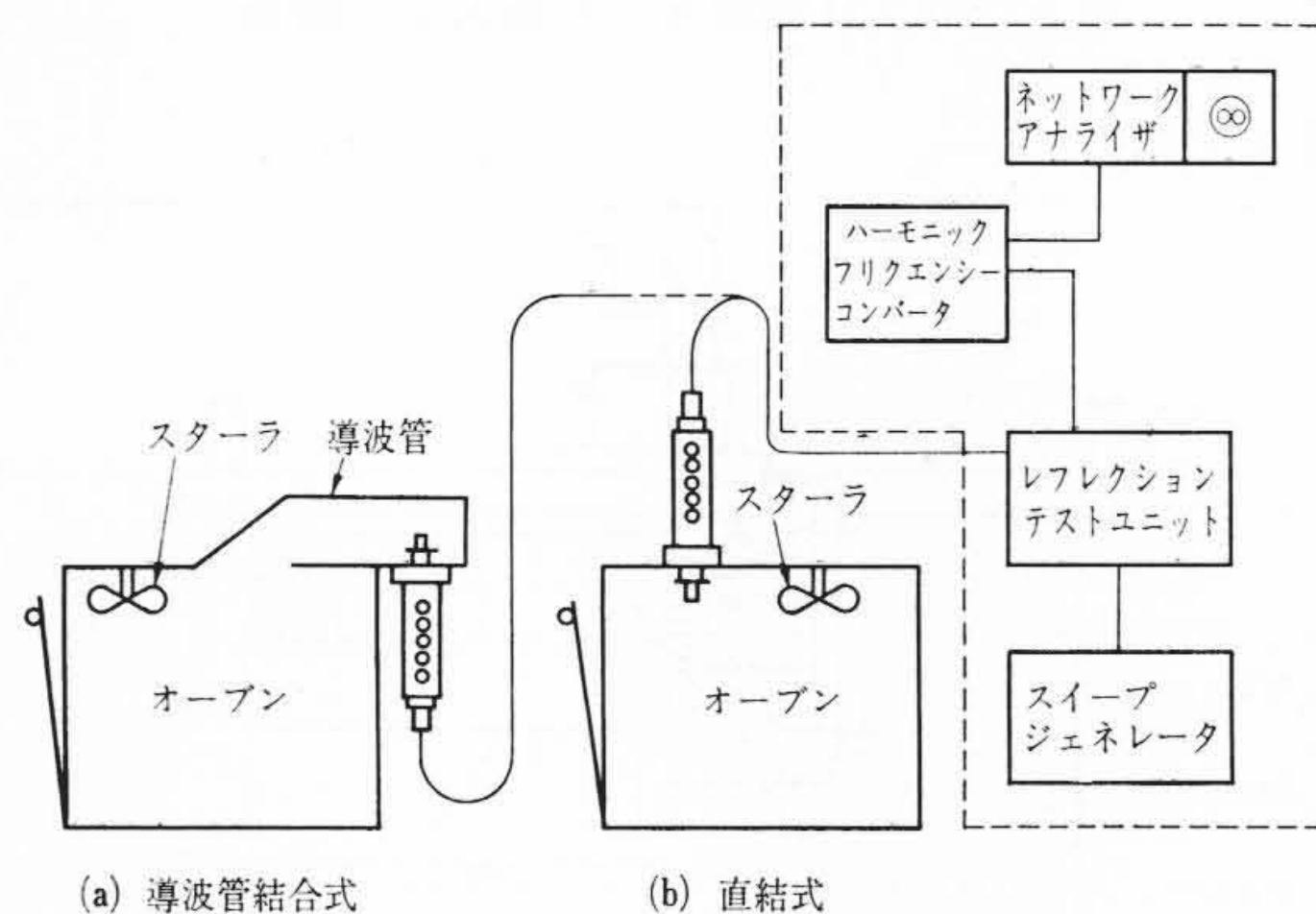
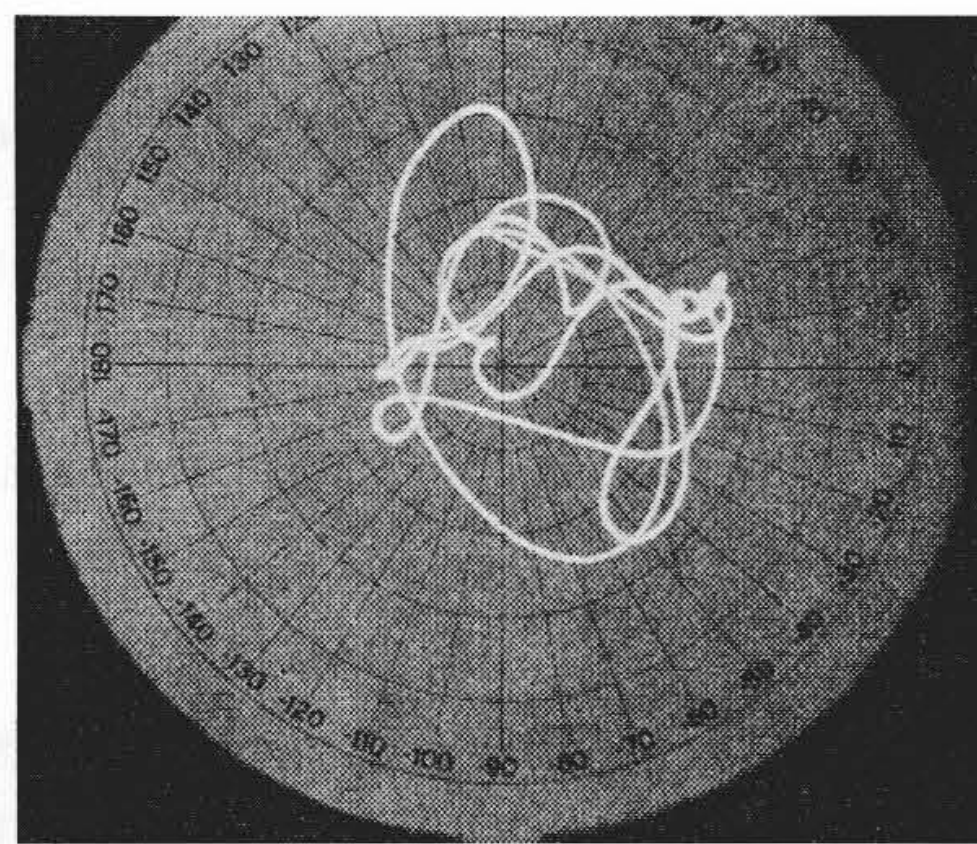


図4 反射特性測定回路

この装置を用いて、国内外の市販家庭用電子レンジ13種について、オープンに各種の食品を入れ、反射特性を測定した結果から共通した傾向をまとめると図6のようになる。オープン内に食品を入れない状態（いわゆるから炊(た)き状態）では負荷電圧定在波比 σ_L は10以上にもなる。図7にH3032Aのリーケダイアグラムを示したが、一般に σ_L が極端に大きいとマグネトロンの出力が小さく(陽極損失が大き)、また、出力の大部分が反射されるので、これによっても陽極損失は増し、温度が上昇し過酷な条件となる。さらにフィラメントのバックヒーティングも出力の小さい位相(逆シンク位相という)のほうが大きいので、寿命試験条件としてH3032Aでは逆シンク位相を選ぶことのほうが加速寿命試験となるといえる。

食品を入れた場合は、 σ_L が小さくなり、牛乳1本とかパン1個のような比較的軽負荷でも $\sigma_L=4$ 以下、大きな食品では $\sigma_L=3$ 以下に収まる。位相は主として逆シンク側に集まる傾向にある。また、高出力、周波数高密度の位相、つまりシンク側はモーディン



(直結オープン、負荷100cc水道水、
周波数2,450MHz)

図5 直視によるオープンの反射特性

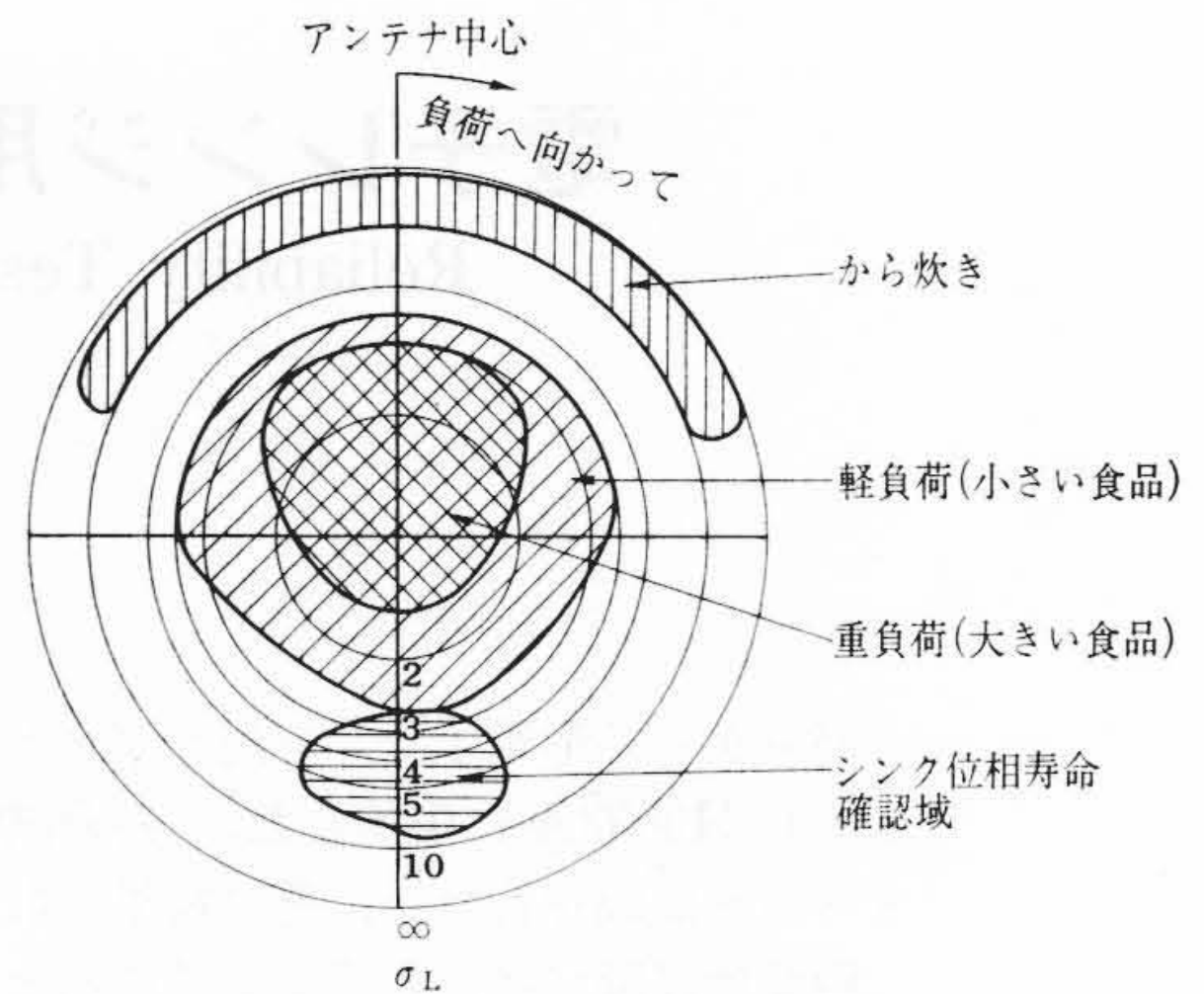


図6 家庭用電子レンジの反射特性のまとめ

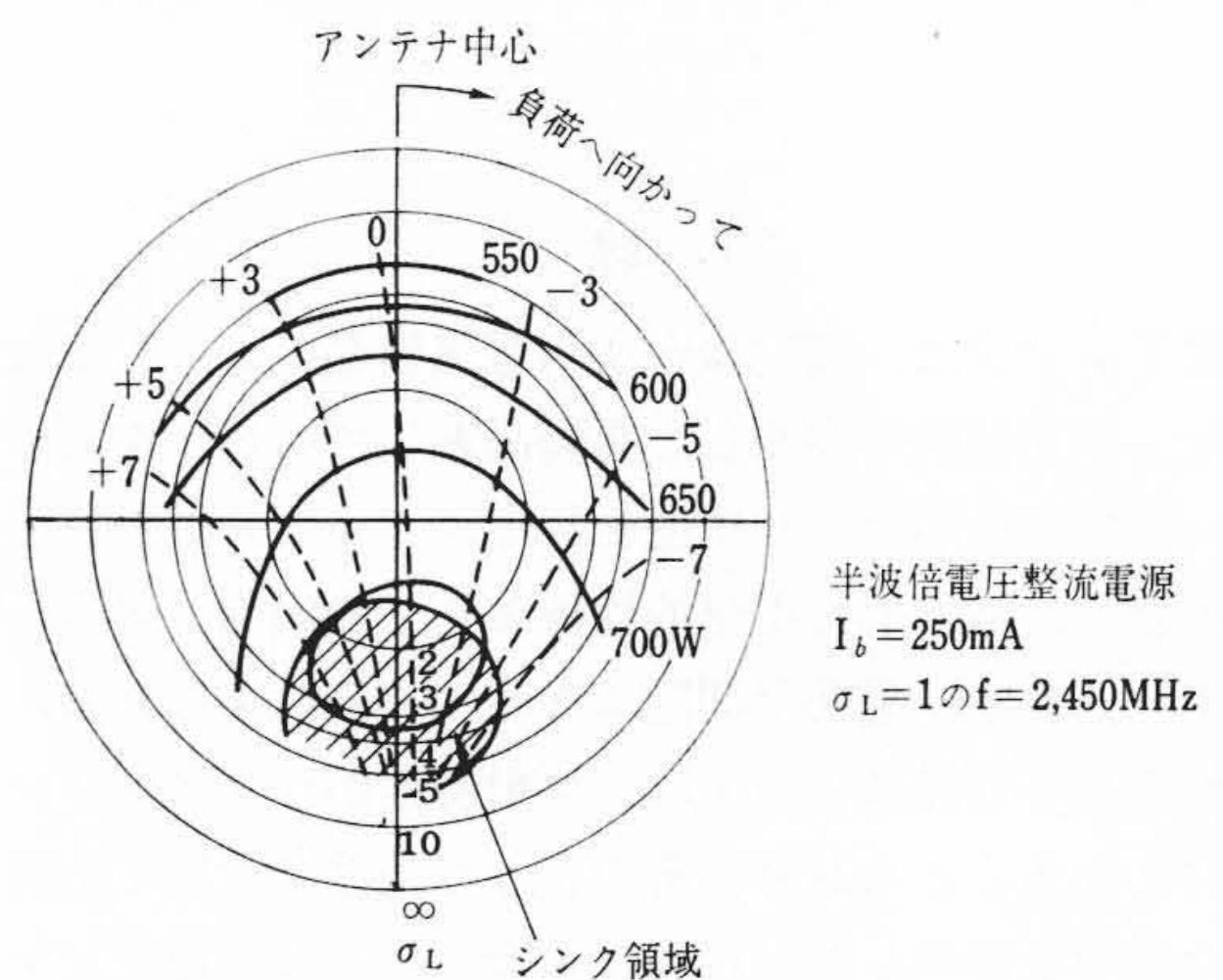


図7 H3032Aリーケダイアグラム

グ発生限界電流の変動に注目しなければならないので、シンク側でも寿命試験を実施した。

上記より、動作寿命試験条件として次の3条件を設定した。

- (1) 負荷200cc, $\sigma_L=4$ 以内, 逆シンク位相, 軽負荷状態に相当(基準条件)
- (2) 負荷200cc, $\sigma_L=3\sim6$, シンク位相(加速条件)
- (3) から炊き, $\sigma_L=10\sim30$, 逆シンク位相(加速条件)

2.1.2 フィラメント電圧

トリウムタングステン陰極は表面のトリウム蒸発と内部からの拡散とが平衡を保つ温度で動作している。フィラメント電圧が高すぎると蒸発過剰となり、低すぎると拡散不足で、いずれも短寿命の原因となる。EIAJ(電子機械工業会)規格では、トリウムタングステン陰極を有する連続波マグネトロンのフィラメント電圧変動許容値を、通常標準値 $\pm 5\%$ としている。しかし、実際には全国一般家庭に対し実施したある抽出調査によると、屋内配線の電圧分布は中心が102V, $\pm 3\sigma$ (標準偏差)がそれぞれ、117V, 88V, であるといわれている。

したがって、寿命試験の条件としては、標準値および $\pm 20\%$ を選びH3032Aでは次のように設定した。

- (1) 標準 3.15V(基準条件)
- (2) 高 E_f 3.8V(加速条件)
- (3) 低 E_f 2.5V(加速条件)

2.1.3 平均陽極電流

陽極電流が過大になると、次の三点でマグネトロンの寿命を短縮する。

- (1) モーディングを生じベイン、ストラップなどを損傷する。
- (2) 逆加熱が増大して陰極を過熱する。
- (3) 陽極温度が上昇して吸蔵ガスを放出し、管内真空度を劣化させる。

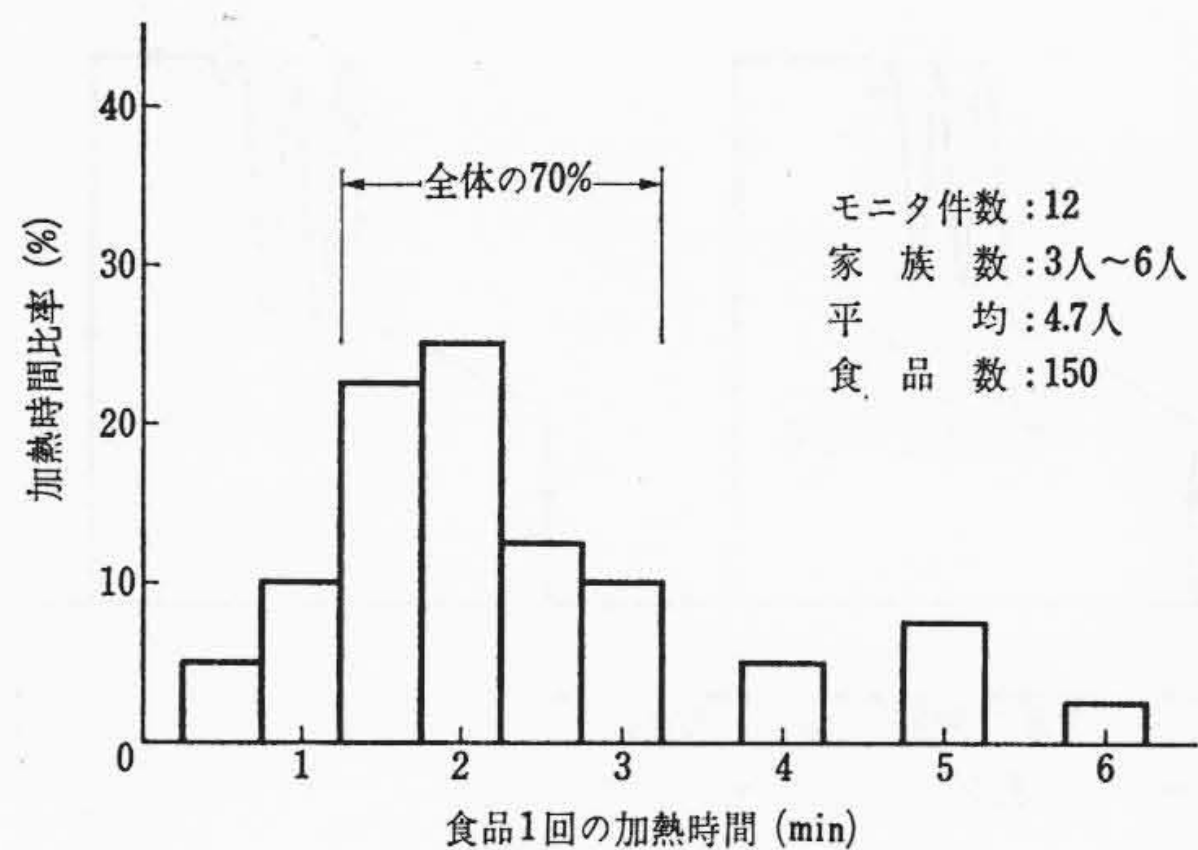


図8 電子レンジ1回の加熱時間分布

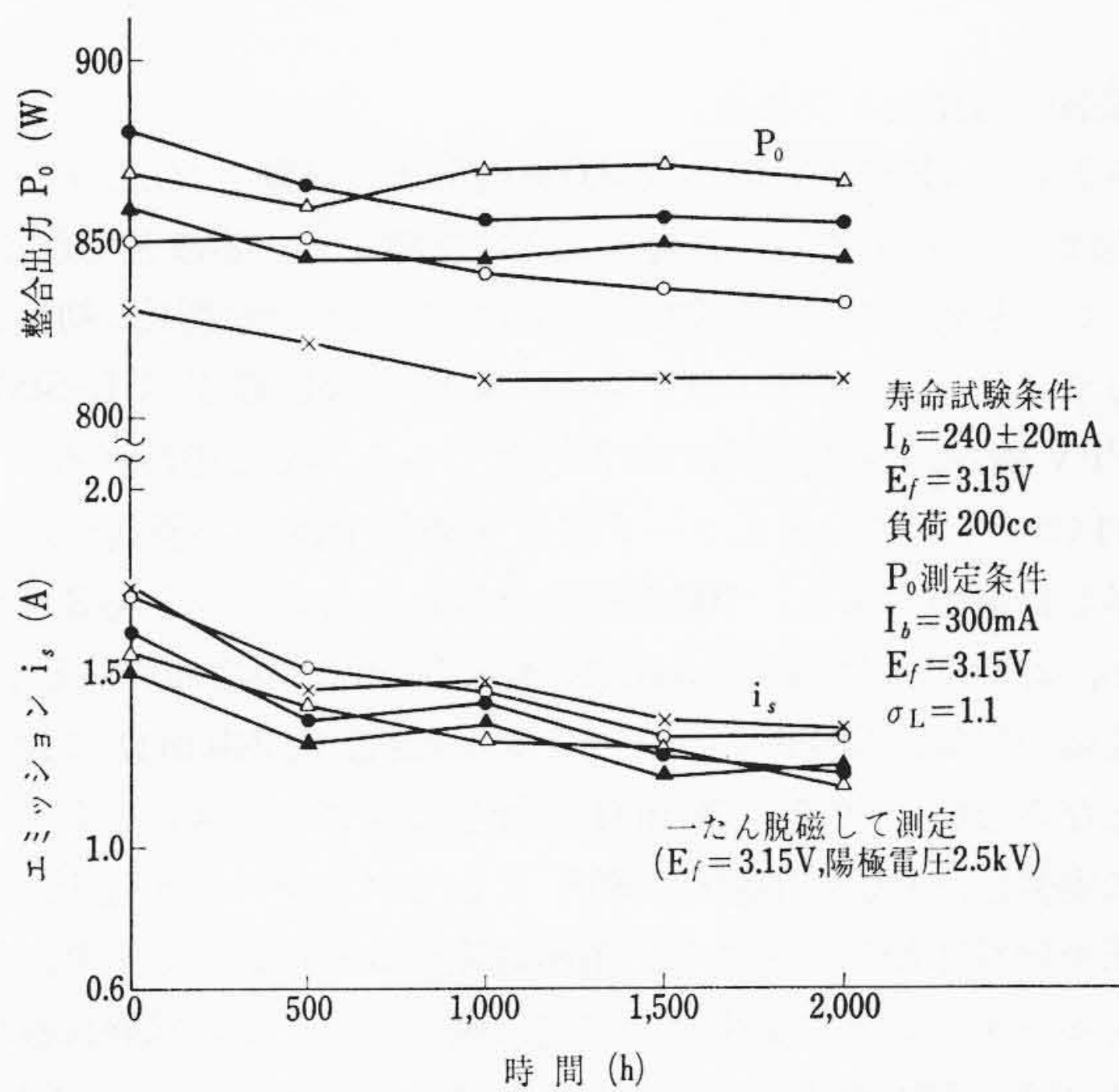


図9 H3032A基準寿命試験

H3032A, 2M53など、現在わが国で家庭用電子レンジに用いられているマグネトロンの平均陽極電流の最大定格(絶対最大値)は350mAであるが、電子レンジの一次入力電力の関係もあって、普通には陽極電流220~260mA、一次入力電流11~13Aで使われている。したがって、 240 ± 20 mAを基準寿命試験条件、 320 ± 20 mAを加速寿命試験とした。陽極電流が340mAの場合、陽極入力は約1.45kWとなって最大定格を越えるが、加速寿命試験であるからそのままとした。

2.1.4 間欠条件

家庭用電子レンジの使用実態調査の結果、図8のように食品加熱に要する時間は1回につき1分30秒~3分が70%を占めていることから標準動作時間として2分を採用し、休止時間も同じ2分とした。また電子レンジには電源スイッチ(フィラメント予熱、プロワ回転など)と調理スイッチ(マグネトロンの陽極高圧電源を印加)とを別にもうけたものと、共通にしたものがあるが、実態調査の結果ではスイッチを別にしたものでも実質的に同時印加になるような使い方をされる確率が70%にものぼることがわかった。したがって、寿命試験には、フィラメント電圧、陽極電圧同時印加方式を採用した。この方式ではマグネトロンのフィラメント電圧と陽極電圧が同時に印加されるため、突入時の無負荷電圧の発生、陰極の電子放射不足状態から定常状態に達する間モーディングなどの現象が生ずるので、マグネロンにとっては過酷な条件になる。また、休止時間は送風機も停止するので、マグネロン外装部品の温度は一時的に動作状態より上昇することがある。陽極電流 320 ± 20 mAの場合は、電子レンジ全体の過熱を避けることと、さらに大きな温度差をつけるため、2分動作—2分休止を13サイクル(52分間)繰り返したのち、30分停止する

表1 H3032A 寿命試験条件の組合せと結果一覧

	基 準 寿 命	加 速 寿 命						E I A J 2M53 最大定格
		A	B	C	D	E	F	
反 射 特 性 200 cc ($\sigma_L=5$ 以下)	○	—	—	○	○	○	—	$\sigma_L \pm 4$
200 cc ($\sigma_L=2 \sim 6$ シンク位相)	—	○	—	—	—	—	—	
から炊き ($\sigma_L=10 \sim 30$)	—	—	○	—	—	—	○	
フィラメント電圧 3.15 V	○	○	○	○	—	—	○	3.15 $\pm 5\%$
3.8 V	—	—	—	—	○	—	—	
2.5 V	—	—	—	—	—	○	—	
陽 極 電 流 240±20 mA	○	○	○	—	—	—	—	350mA
320±20 mA	—	—	—	○	○	○	○	
間 欠 条 件 2分ON-2分OFF	○	○	○	—	—	—	—	—
2分ON-2分OFF (13サイクル後30分休止)	—	—	—	○	○	○	○	
最 高 陽 極 温 度 (周囲温度20℃)	130~ 150℃	130~ 150℃	180~ 200℃	170~ 190℃	170~ 190℃	170~ 190℃	200~ 220℃	150℃
試 験 結 果	2,000 5本	500 5本	200 4本	1,000 4本	500 2本	500 2本	200 1本	—
時 間 は ON 時 間	1,000h 60本			500h 8本				
実 施 本 数 と 最 終 状 況	500h 125本 不良なし	不良なし	不良なし	不良なし	不良なし	不良なし	不良なし	

というスケジュールを採用した。間欠条件をまとめると次のようになる。

- (1) 2分動作—2分休止
- (2) 2分動作—2分休止を13サイクル後30分休止

2.2 動作寿命試験結果

上記4条件の組合せで行なった寿命試験結果の一覧を示したのが表1である。表の○印は組合せに選択した条件を示している。

2.2.1 基準寿命試験

500時間経過(高圧ON時間のみの積算、以下同)の125本と、1,000時間の60本は量産品の抜取り管理寿命試験として実施したものである。量産管理上は1,000時間で打ち切るが、長時間の経過をつかむため、2,000時間まで延長した5本の出力、電子放射(エミッション)の変化を図9に示した。2,000時間、60,000回の点滅の間に電子放射は約20%減少し、平均1.3Aとなったが、出力は約4%の減少である。基準寿命試験のここまでのデータを単純に統計的に処理すると一般家庭で1日7回、15分使用したとして(実態調査より家族数約5人でこの程度が平均となっている)、動作特性上は5.5年間で、0.1%以下の不良発生という推定がついた。ただし、実際には環境条件などほかの多くの条件の影響も加味した推定が必要である。

2.2.2 加速寿命試験

加速試験として行なった各条件での寿命試験結果も、表1にまとめて示した。予期に反してすべての条件において出力、電子放射、安定度などの時間的変化が基準寿命試験と大差なく加速率の算出ができなかった。一例として陽極電流320mA、フィラメント電圧3.8Vおよび2.5Vの条件で行なったH3032Aの寿命試験の経過を図10に示した。500時間経過で電子放射が平均1.5%低下し約1.4Aとなったが、半波倍電圧整流回路の場合のせん頭電流を目安とした実用限度である0.6Aにはまだ余裕がある。表1の加速寿命のうち、BとFはいわゆるから炊き寿命試験である。特に陽極電流320mAのから炊き寿命試験(F)では、陽極温度が定格の150℃をはるかに越える200~220℃となり、相当過酷な条件であるが200時間経過してもまだ劣化傾向は現われていない。これらのデータからオープン出力750W条件でも実用はじゅうぶ

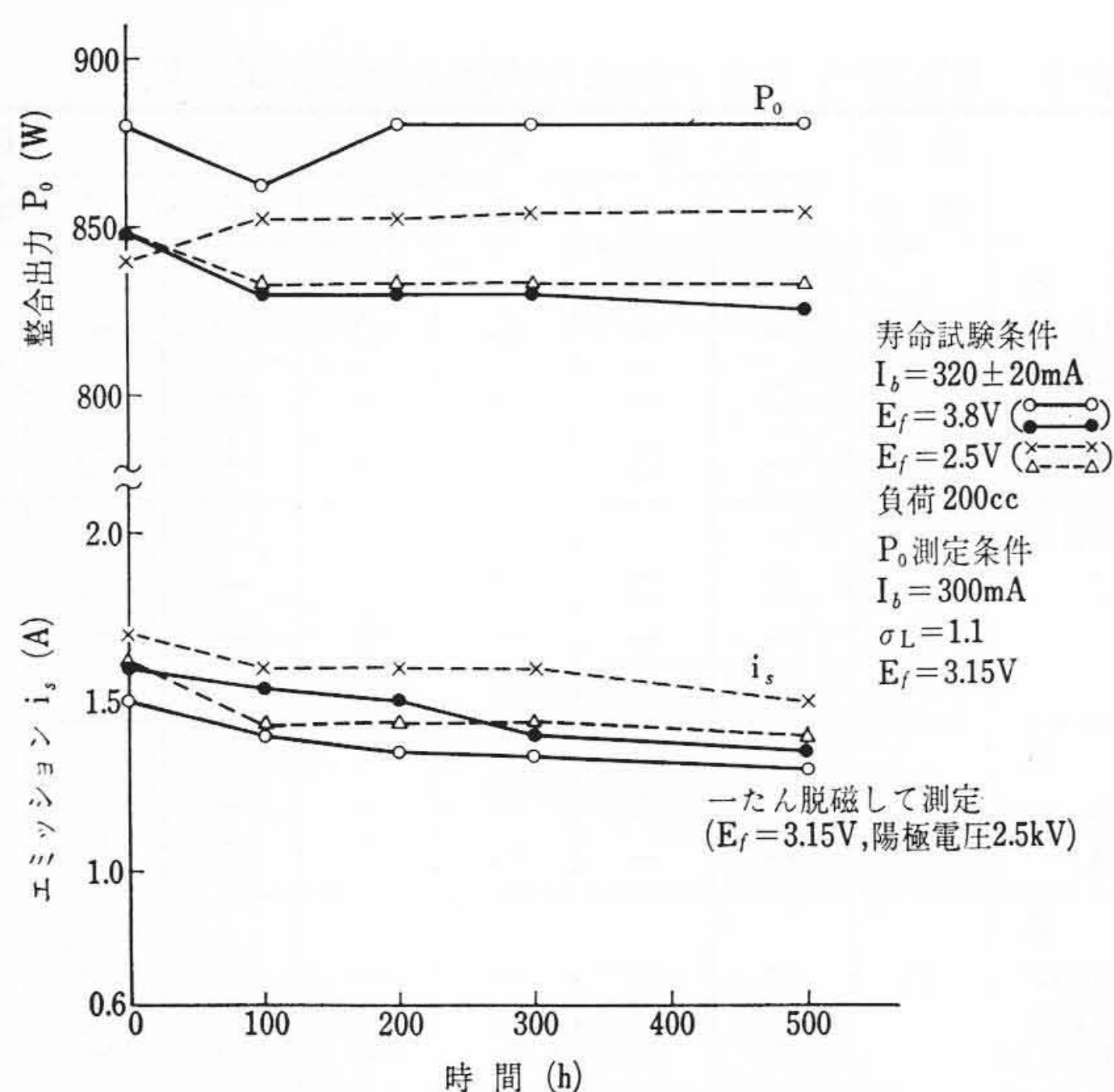
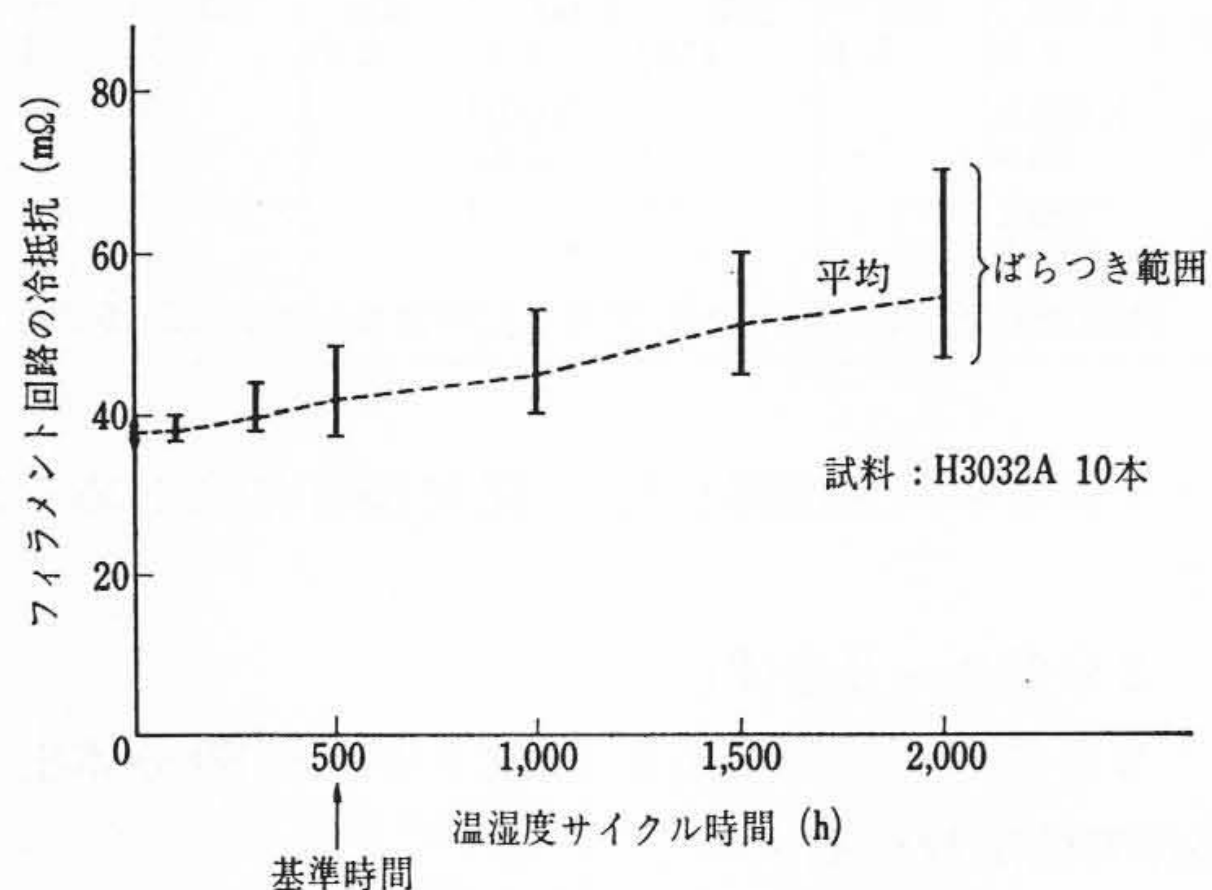


図10 加速寿命試験結果の一例

図11 温湿度サイクル試験による
フィラメント回路冷抵抗の変化

ん可能であることが確かめられた。上記の条件と時間では不良の発生がなく、加速因子の究明や加速率の算定解析ができずに終わったのでさらに時間を延長し、劣化に注目するほか、条件組合せの多様化を図るつもりである。

3. 耐候性試験

3.1 耐候性試験の意義

業務用、家庭用を問わず電子レンジが据え付けられる環境は水を扱う場所に近く、当然湿気の多いことが予想される。また、調理場や台所では水蒸気、ほこりはもちろんのこと油蒸気や食品が焦げたときに発生するすすが特に多く、これらを強制空冷用のブロワが吸い込み、マグネトロンに吹き付け、金属の腐食や高圧部の耐電圧劣化を起こす可能性がある。金属の腐食はマグネトロンのリーク、接続部の接触抵抗の増加、高周波結合部の接触不良という現象で現われる。

電子レンジが冷えた状態でスイッチを入れた場合に、マグネトロンやトランスなどにより周囲の温度が上昇するが、絶縁物や高圧リード線の温度は低いためにその表面に露を結び、表面抵抗が減少し、沿面放電を起こす可能性もある。

3.2 耐候性試験条件の設定および結果

上記のようなことを想定し、環境試験条件の設定を行なった。

3.2.1 温湿度サイクル試験

電子レンジの内部でマグネトロンが完全に露を結ぶことを想定し、湿度は連続 98~100% とし、温度は 10℃ と 40℃ を 12 時間ごとに往復させた。10℃ から 40℃ に急速上昇するときマグネトロンの表面全体に露を結ぶので耐湿強制試験となる。この試験で確認できる項目はリーク、接続部の接触抵抗の増加、耐電圧低下、

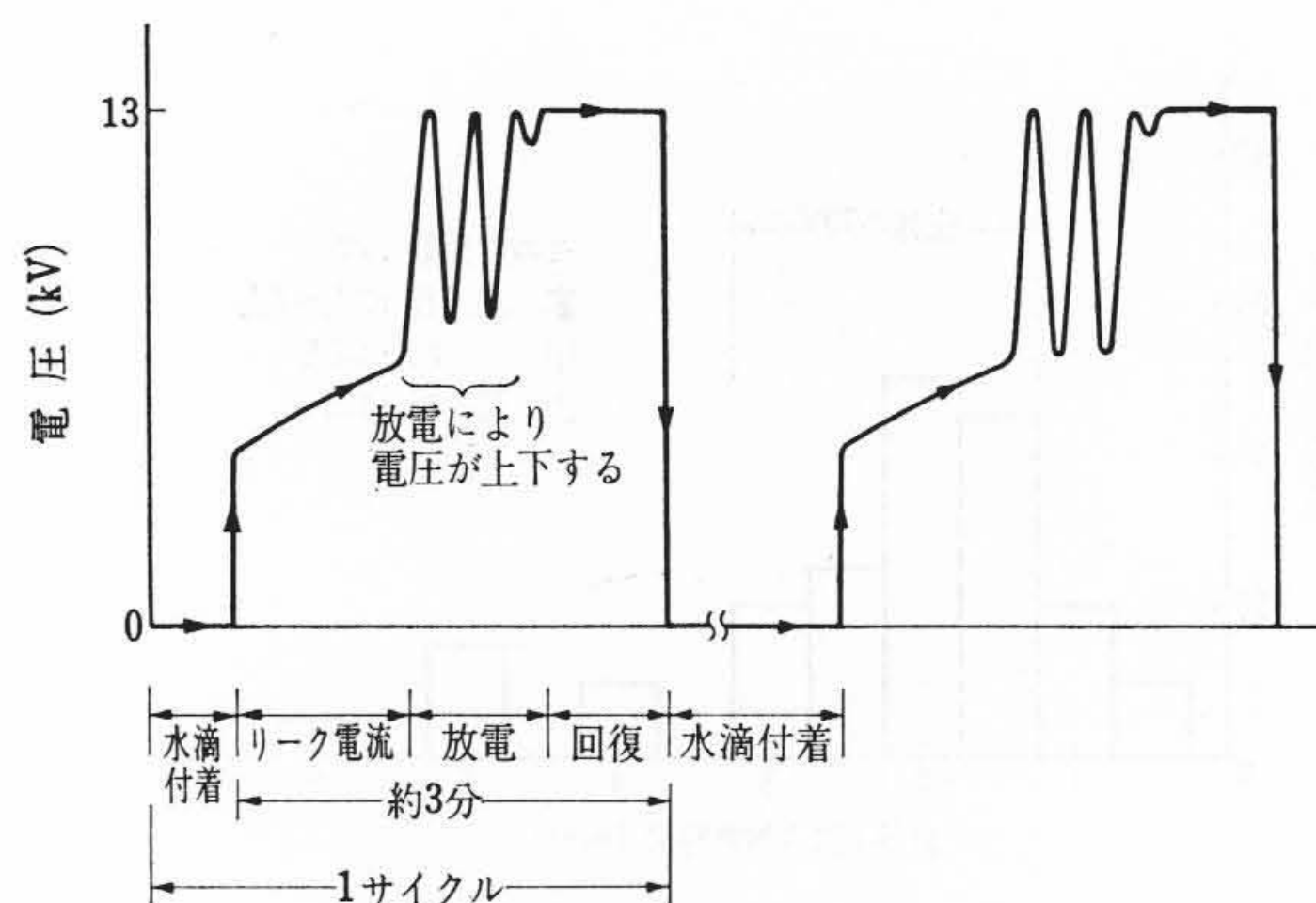


図12 耐湿サイクル試験の1サイクル中の電圧変化

外装部品の腐食などである。

試料として H3032A 10 本を 2,000 時間まで試験したが、リークの発生はなく、外装部品の腐食も動作に支障を与えるほどでなく、電子レンジ装着後の特性も初期と同等であった。耐電圧も初期と変わらず、コンデンサ(エポキシモールド)や高圧電線 (UL-Style 1067 PEV 線)などの絶縁材の耐湿性はじゅうぶんと思われる。

図 11 はフィラメントとリード線を含めた全体の冷抵抗値の変化を示したものである。700 時間を経過したところで平均 3 mΩ の増加、2,000 時間で平均 15 mΩ、最大 30 mΩ の増加であるが、この程度の増加は動作時のフィラメント抵抗、約 240 mΩ に比べ問題とならない。実際に 30 mΩ 増加したマグネトロンを電子レンジに実装し、一次入力電圧を 85 V にしてフィラメント電圧と陽極電圧を同時印加したところ、陽極電流が 3 秒以内で立上り、その後もモーディングを発生せず安定に動作した。この試験は抜取り管理試験で 504 時間まで行なうことにしているが、すでに 150 本異常無しの実績がある。

3.2.2 油蒸気とすす付着試験

MIL-STD-202C method 110 に規定されている sand and dust 試験を参考に、付着物を電子レンジの実際に近づけるため、台所のガスレンジと換気扇の間に高圧部を露出したマグネトロンを置き、油蒸気やすすを強制的に付着させて劣化を調査した。また、換気扇に付着している油、ほこり、すすの混合物を採集してマグネトロンの絶縁物に塗りつけ、その状態で 3.2.1 の温湿度サイクル試験を 100 時間行なった。試験後も耐電圧は 13 kV 以上あり、動作に支障ないことを確かめた。また、ガスレンジ上に半年間放置した 2 本の H3032A も耐電圧が 13 kV 以上あり、油ほこりによるマグネトロン部品の酸化、変質現象も見られなかった。

3.2.3 耐湿サイクル試験

3.1 で述べたように、水滴付着状態で電子レンジに電圧が加わることがありうるので、これを想定した次のような試験法を開発した。まず、マグネトロン全体に霧吹きで水滴を付着させ、直流 13 kV を印加する。13 kV は電子レンジの半波倍電圧整流電源の無負荷電圧 (8 kV) の 1.5 倍 + 1 kV に相当する。図 12 に示したように、初めは水滴のためフィルタコンデンサや高圧電線 (フィラメントリード) の絶縁物上で大きなリーク電流が流れるが、その熱でまもなく水分が蒸発し絶縁がやや回復し、絶縁物表面で部分的に放電が起きる。水分が完全に蒸発してしまえば 13 kV では放電しなくなり絶縁は元に戻る。最初の電圧印加から回復するまで約 3 分かかる。1 分間放置後電圧を OFF し、また水滴を付着させ電圧を加える。このような操作を何サイクルか繰り返すうち、放電中のアークにより絶縁物上にトラッキングを生じ、絶縁抵抗が低下し、乾燥しても 13 kV 以下で放電するようになる。ここに至るまでの回数で絶縁物の適否を判定するのである。この試

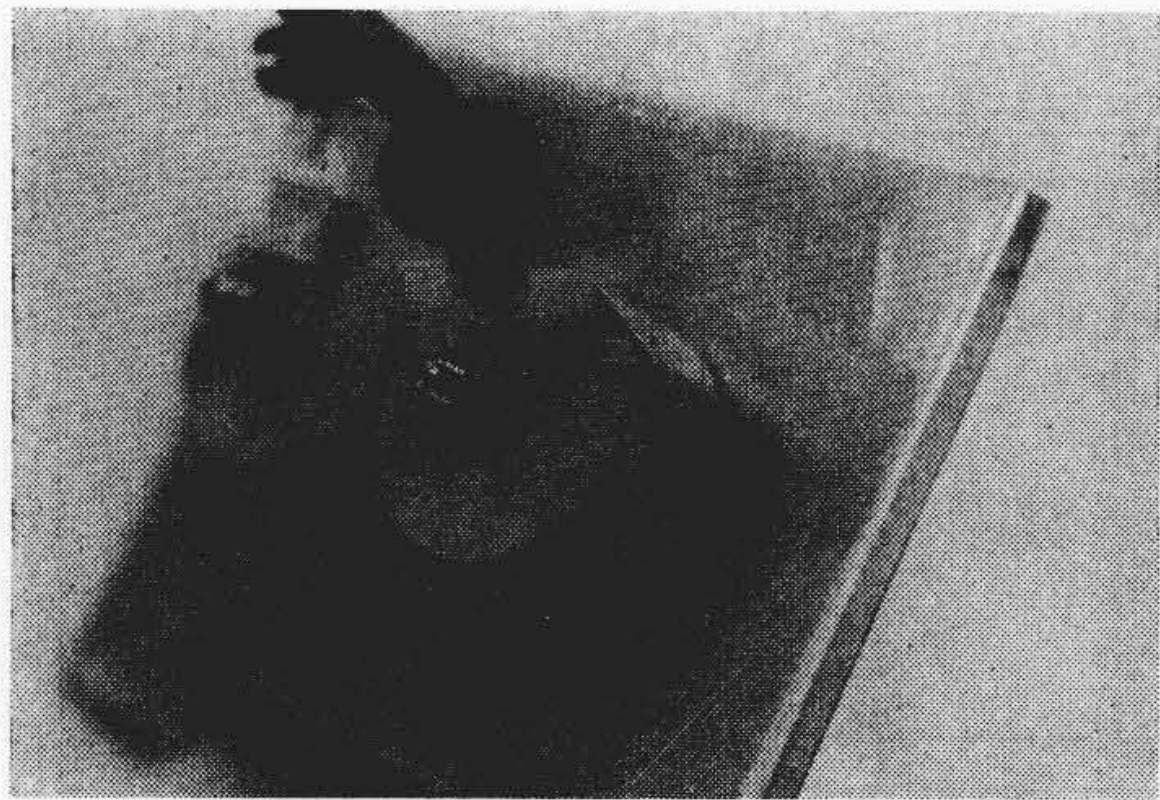


図 13 耐湿サイクル試験で不良となった試作コンデンサ
(右側のコンデンサ表面にトラッキング発生)

験を H3032A で 60 回まで行なったが、絶縁物上のトラッキングはなく耐電圧は初期と同等であり、水滴付着に強いことを確認した。これは高圧回路部品単独で同様な水滴付着試験を行なって改良を進めた結果である。図 13 は耐湿サイクル試験 40 回で表面にトラッキングを生じて耐電圧不良となった試作コンデンサを示したものである。

4. 機械強度試験

4.1 機械強度試験条件の設定

マグネトロンが機械的な衝撃を受けるのは普通、次の場合が考えられる。

- (1) マグネトロン単体での輸送中
- (2) 電子レンジ組立工場内での運搬中
- (3) 電子レンジへ取り付けるとき
- (4) 電子レンジの輸送中
- (5) 電子レンジの使用

(1) の輸送中については、マグネトロン自体よりもむしろ梱包(こんぽう)の設計の問題に属するが、セットメーカー着荷時の初期不良率という点で総合的な信頼性の問題として取りあげた。一般に真空管の場合、国内輸送では梱包落下高さ 1 m で損傷がなければじゅうぶんとされているが、トリウムタングステンフィラメントに対する余裕度や荷役作業で乱暴に取り扱われたときのことを考慮し、包装落下試験として高さ 1.2 m および 1.8 m からコンクリート床上に自然落下させ、マグネトロンおよび包装の限界強度を確認した。また、トラック輸送のとき、でこぼこの多い砂利道でその梱包の最外部の受ける衝撃は時速 40 km のとき、振動数 4~18 Hz、加速度 16~32 g とされているが、梱包が適切であればマグネトロン単体の受ける衝撃はわれわれの実測によると 2 g 以下であるので、振動破壊のみを考慮すればよく、低周波振動試験のみでじゅうぶんである。(2)(3) の電子レンジの製作現場で受ける衝撃については模擬実験を行ない、いかなる大きさの衝撃が加わるかを測定した。図 14 は G メータの取付方法を示し、表 2 は測定結果を示したものである。(D) のマグネトロン単体の落下は取扱者の完全な不注意により起きる事故であるから除外しても、A、B、C は起こりうるケースとみななければならず、結局マグネトロンは 50 g の衝撃にじゅうぶんな余裕をもって耐えなければならないといえる。

電子管の衝撃試験には次の a、b が広く使われている。

(a) 衝撃落下試験

MIL-STD-202C method-205 C, JAN-180 砂鉛衝撃試験装置

(b) バンプ試験

EIAJ ET-41A 5, 4, 3 バンプ試験装置

H3032A の試験でわれわれは、マグネットやラジエータを取り付けた普通の状態での試験を a で、本体のみの試験を b で行なった。

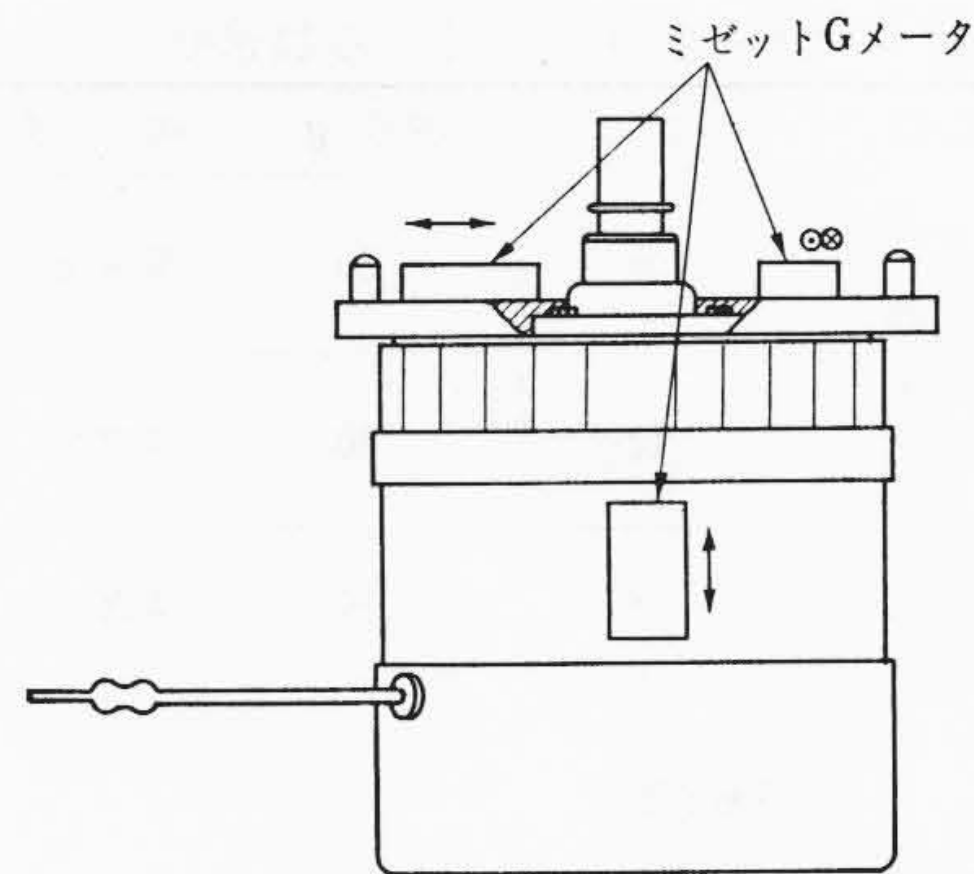


図 14 H3032A 上の
ミゼットメータの
取付個所

表 2 異常な取扱いを受けたときに発生する加速度

	作 業 内 容	加 速 度
A	内装箱にマグネトロンを入れゴム輪のついた運搬車で乱暴に運搬したとき (普通に運搬したとき)	15 g (2 g 以下)
B	電子レンジの導波管に乱暴に取り付けたとき (普通に取付けたとき)	48 g (5 g 以下)
C	内装箱を手でささえながら 30 cm の高さからコンクリートの床へ落下したとき (普通に置いたとき)	50 g (5 g 以下)
D	マグネトロン単体を 10 cm の高さからコンクリート上へ落下したとき	400 g

b のバンプ試験は主としてフィラメントの断線強度を知るためである。

(4) の電子レンジの輸送中に受ける衝撃も荷役作業中の落下によって受ける衝撃が問題となる。この場合の衝撃加速度を調べるため、日立 DR-53 電子レンジの正規包装状態での落下試験を行なった。試験は、底面を下に 60 cm の高さからコンクリート上へ落下し、さらに底面の各稜(りょう)、各角、側方の各面を下に 50 cm の高さから落下させたが、マグネトロンの受ける最大加速度は約 50 g であることがわかった。

(5) の電子レンジを裸で取り扱う場合の衝撃も測定し、コンクリート床落下高さ 10 cm で 400 g であることがわかった。また、使用中ドアの開閉ショックにより受ける加速度はドアを乱暴に閉めたときでも 2 g 程度であり、意外に小さいことも確かめた。

4.2 機械強度試験結果

4.2.1 包装落下試験

正規の梱包後 1.2 m および 1.8 m からコンクリート床上に落下したときにマグネトロンの受ける加速度を表 3 に示した。1.2 m、1.8 m の落下および 1.2 m からのほうり出し試験でもマグネトロンのフィラメント断線、マグネットやラジエータなどの外装部品のくずれ、また梱包くずれも全く発生せず、マグネトロンの強度および包装材の強度は荷役作業中の乱暴な取扱いに対してもじゅうぶん耐えられることを確認した。

4.2.2 振動試験

松平式振動試験機の台上にマグネトロン単体を金属わくで固定して取り付け、管軸方向および直角方向各 1 時間ずつ実施した。振動数 25 Hz (1,500 rpm)、加速度 2.5 g である。4 本実施したが、フィラメント断線、外装部品のくずれ、リード線やコイルの断線、ネジの締め付けのゆるみなどの損傷を全く発生しなかった。定期抜取り試験は同条件で 2 方向各 10 分ずつ行なっているが、H3032A は過去 40 本の実施において、異状なしの実績がある。

4.2.3 衝撃試験

MIL 規格による衝撃試験機の供試管部取付部の概略を図 15 に示した。方向は管軸方向、管軸直角方向(この場合、取り付けの継鉄が上下方向と水平方向の二とおり)の 3 方向とした。この試

表3 包装落下試験でマグネトロンの受ける加速度

高さ (m)	方向 (管軸に対して)	試料数 (本)	加速度 (g)	結 果
1.2	同 方 向	100	50	異常なし
	直 角 方 向			
1.8	同 方 向	12	80	異常なし
	直 角 方 向			
1.2	高さ 1.2 m から前方 2 m にほうり投げる	8	50	異常なし

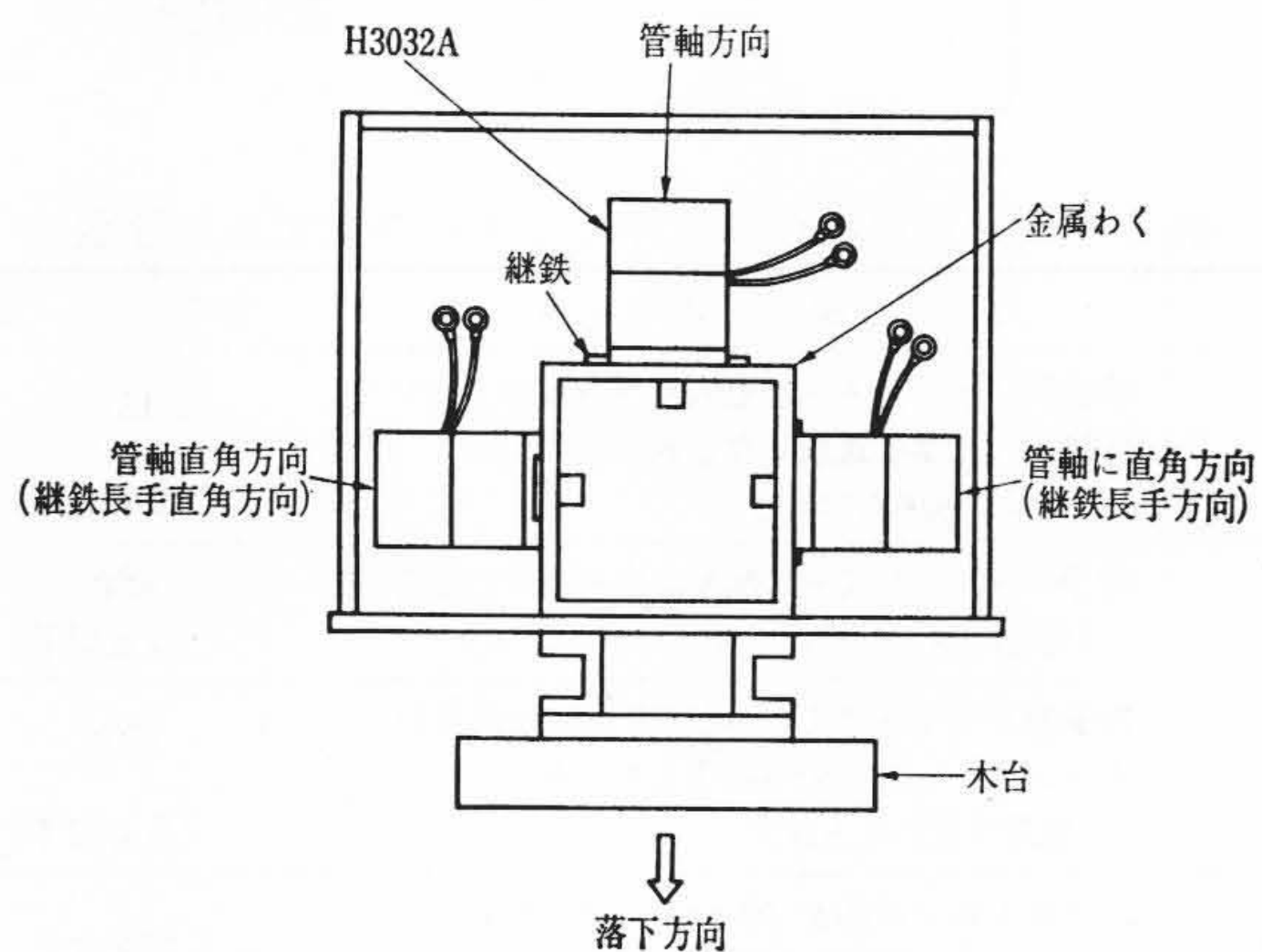


図15 衝撃試験機での H3032A 取付方法

試験機では最高 140 g の加速度が得られたが、10 本について 3 方向行なった結果、フィラメント断線、外装部のくずれなどの損傷は現われなかった。

4.2.4 パンプ試験

試験機の概略を図 16 に示した。パンプ試験機は槌（つち）の角度が広範囲に変えられ、また槌の殴打面もゴムのほか木製のものも取り付けられるので、加速度調整が可能でフィラメント断線試験には好都合である。なお、ラジエータなどを取り付けると、これらが緩衝材となってフィラメントにじゅうぶんな衝撃加速度が与えられないので、この試験は本体のみの状態で行なうことにした。図 17 はハンマが樫（かし）の場合のアーム角と H3032A 本体に加わる加速度との関係を示したものである。衝撃時間の一例として、角度 15 度のときを図示したが 0.8 ms であった。試験条件はマグネatron 本体の陽極の側面をアーム角 5 度、10 度、15 度、…50 度というように 5 度間隔に 1 回ずつ殴打した。方向は統一せず、ランダムに殴打する方法を採用した。49 本実施した結果は図 18 に示したとおり、正規確率紙上でほぼ直線となり、フィラメント強度は衝撃加速度に対し正規分布を示すことがわかった。図 18 から次のことがいえる。

- (1) フィラメント断線の平均加速度 (50% の断線を与える加速度) は 400 g である。
- (2) マグネatron が輸送中取扱い中に受ける加速度の最高はほぼ 50 g という推定であり、この加速度では断線は事実上まったく起こらない。

5. 結 言

電子レンジの使用実態調査や使用環境から種々の条件を想定してマグネatron の信頼性試験に取り組み、H3032A の高信頼性を確認した。加速寿命試験、過酷環境試験で一部当初予定した加速率の把握（はあく）ができなかったが、条件の設定などについて引き続き検討している。また、亜硫酸ガス、硫化水素ガスなどによるふん囲気試験や、ある種の酸液による強制腐食試験も実用化し、今後ますます要請が強まる家電品の安全性向上に寄与する信頼性設計データを積み上げていきたいと考えている。

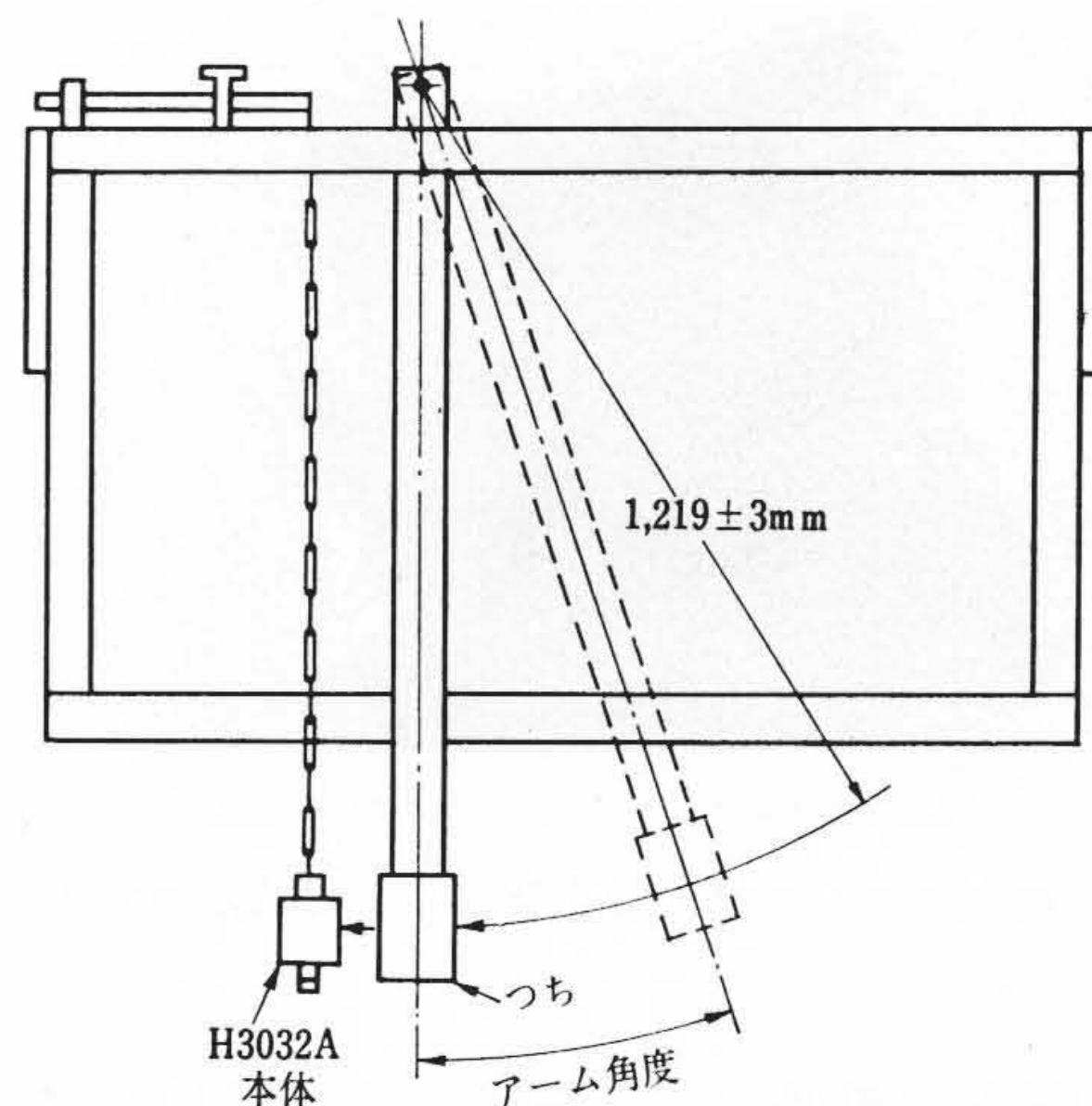


図16 パンプ試験機概略

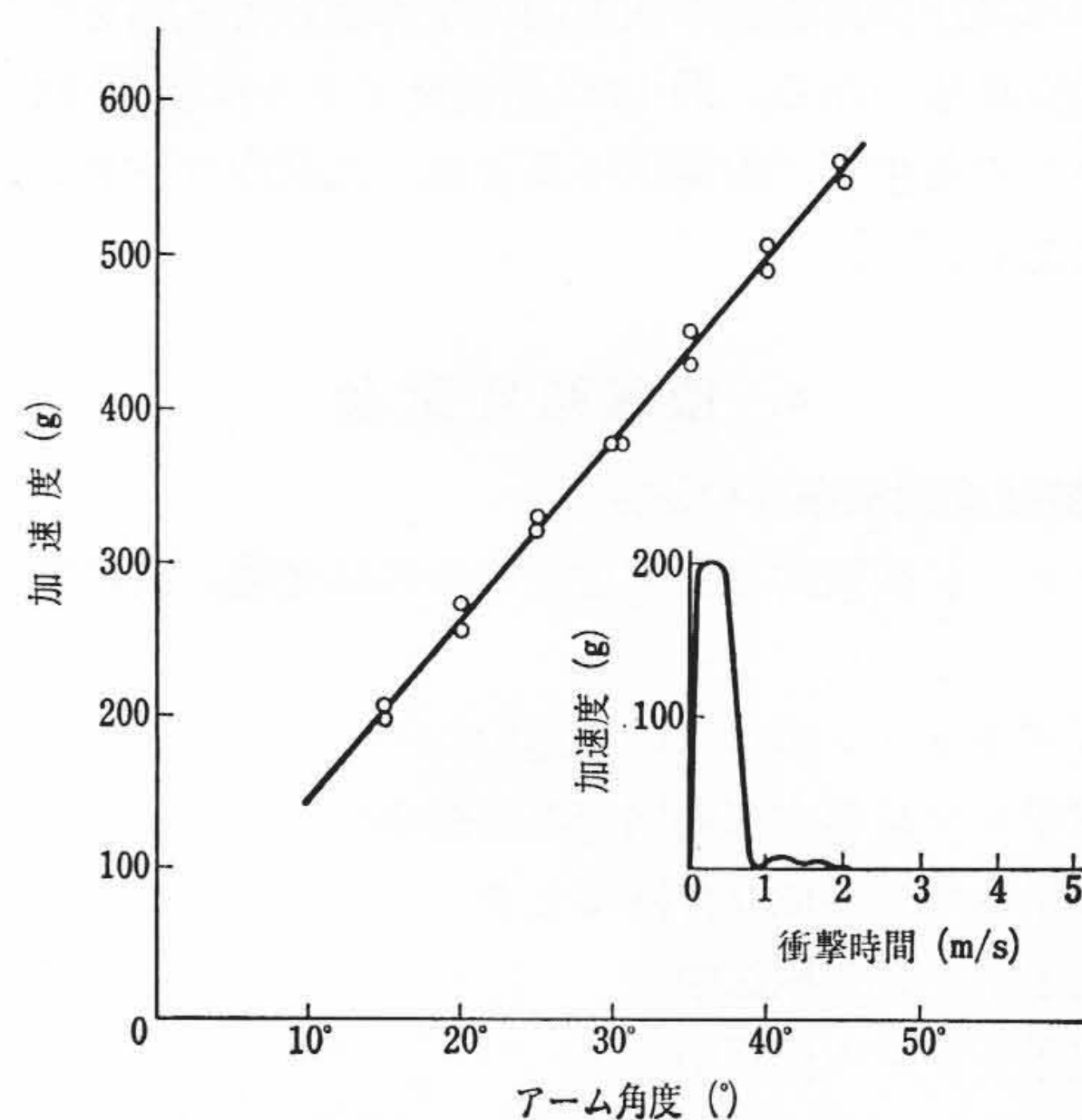


図17 パンプ試験機のアーム角度と加速度

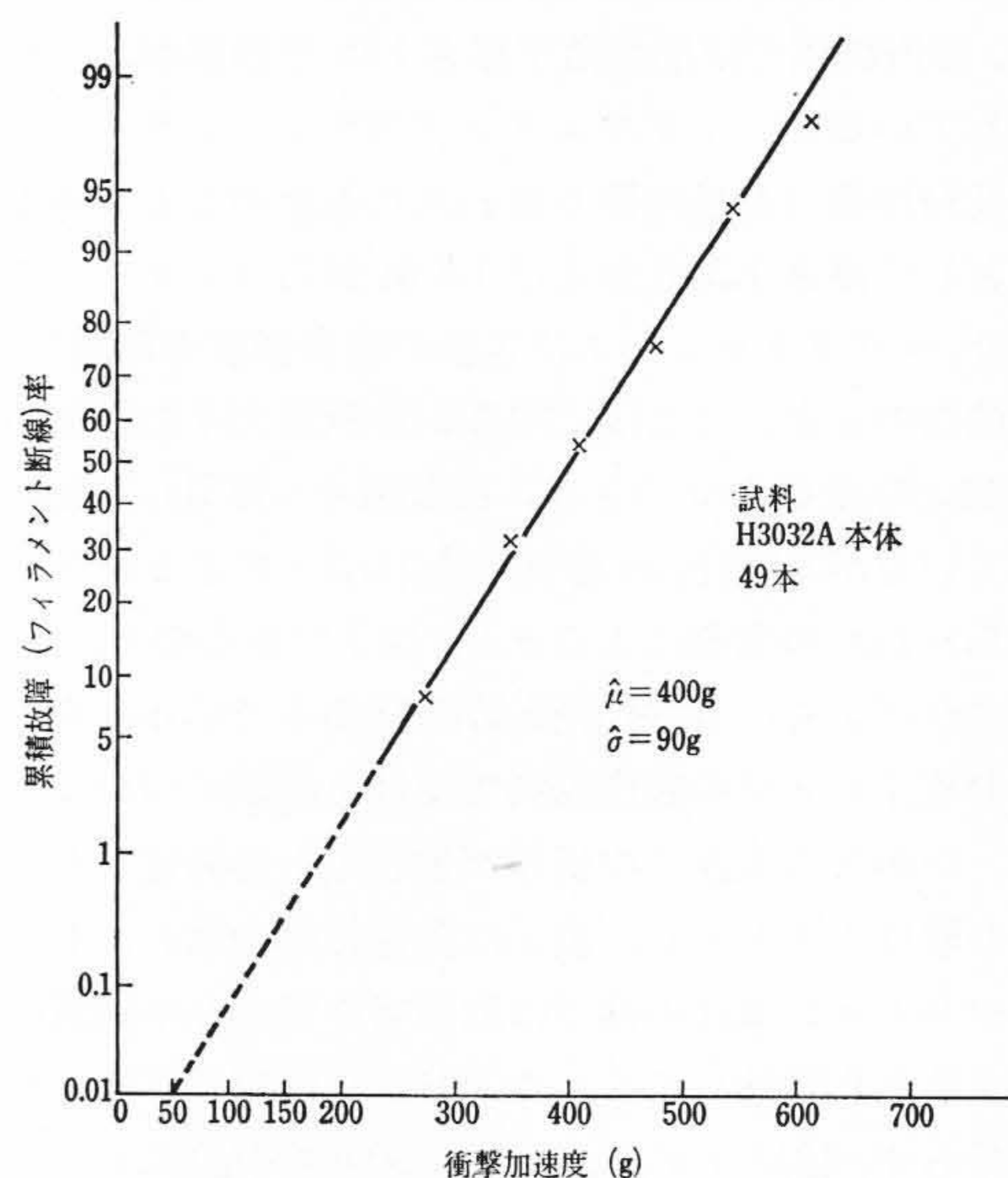


図18 パンプ試験によるフィラメント断線分布

終わりに電子レンジの使用実態調査結果や電子レンジの衝撃試験などの有用なデータを提供いただいた日立熱器具株式会社の各位、家電品に関する信頼性試験方法について適切な助言を賜った日立製作所横浜工場、同栃木工場の各位に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 阿部, 山野井ほか: 日立評論 45, 324 (昭 38-2)