

合成樹脂の耐熱性と燃焼性

星 野 昌 一

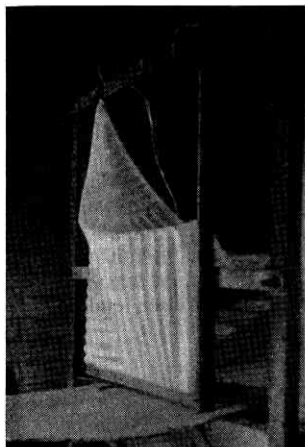
1. 生研式燃焼性の試験方法について

やや大型の建築材料に対し、屋外または屋内の火災時に相当する輻射加熱と火焰を与えて材料および裏面の構造に与える熱的な影響を調べる方法で、やや大がかりな設備を必要とするが、もっとも実火災の状態に近い試験法と考えられる。

在来の試験方法はいずれも熱源が小さく、環境温度を常温としているので、火災になる前の初期着火の状態に相当するもので、このような原因から火災が拡大する契機をつくる場合も多いので意味はあるが、隣接家屋の火災をうけたようなときの壁や屋根の防火性能を示すものではないことは明らかであり、また屋内火災でも、家具建具などが燃え上ったとき、壁や天井がうける熱量を考えても、熱気流の存在するときに火焰をうけるという場合が多いので、実火災との関連性がやや少ないものと考えられる。たとえば熱によって軟化脱落するような材料の試験はこの方法ではできない。また自己消火性も常温で調べてよくても、すこし温度が上ると自己消火性を失う材料もあり、常温だけのデータでは安心できない面がある。

そこで実際に近い状態で試験するのが生研法であり、熱の上昇に伴う軟化、発煙、炭化、発火、消火などの現象が総合的に調べられる。

この試験法は各種の材料を下地材、装着法、軸組を含めて実際に使う状態で試験体をつくり、これを天井材ならば下向きに水平に、壁材は鉛直に、床材は上向きに水平にして側方（水平材のときは下方または上方）から火焰を放射してこれを標準加熱曲線と一致した受熱になるように時間的に変化させて、火災時においてこれらの材料がどう変化するかを調べるものである。



第1図 軟化によって脱落する例—塩化ビニルのような材料は燃えにくい性質はもっているが、軟化が早いので裏面に可燃材があれば露出してしまう。

表面材だけの燃焼法では実際の判定をあやまることがあり、たとえば難燃材でも早期に軟化脱落すれば下地があらわれ（第1図）、これが可燃材であればその着火が問題になり、また不燃材でおおっても熱を透しやすいものでは裏側に可燃材があればかなり早く裏側が燃え出し、表面が不燃材でおおわれているため、かえって火災が発見しにくく、消しにくいようなことも起る。

それゆえ、どうしても実際の組合せで試験することは必要であり、この点でこの方法は实际的であるといえよう。

現在までぜんぜん定まっていなかった屋根の防火試験がこの方法によって JIS 化されているのもこのような理由によるものと思われる。

2. 加熱の条件

A) 屋外の材料

屋外の材料は JIS A 1301 に定められた木造家屋（巾 10m、高さ 6m の 2 階建）が燃えるときの風下方向（風速は 2~3m）の受熱を標準として、どの距離でどのような受熱であるかが求められ、1 級から 4 級までに分けられている（第 2 図参照）。

各級の最高温度と適用範囲は次の通りである。

（壁 用）

級 別	最高温度 °C	適 用 距 離 (m)	
		(平家)	(2 階)
1 級	1110	0	0
2 級	830	2	3
3 級	555	4.5	6
4 級	278	9	12

（屋根用）

級 別	最高温度 °C	適 用 距 離 (m)	
		(平家)	(2 階)
1 級	1120	0	0
2 級	840	2	2.5
3 級	560	3.5	5
4 級	420	5	6.5

現在法的には準防火地域の木造家屋や、劇場などの特殊建築物、1,000 m² 以上の建物で延焼のおそれのある部分（平屋で 3m、2 階で 5m 以内）に対して 2 級が適用されているが、現在合成樹脂材で 2 級に合格するものはない。

その他の部分に対しては屋根は不燃材でふくことが規定されており、合成樹脂材は不燃材にもなっていないので法的には具合がわるく、これに対して建設省の告示に

よって延焼のおそれのない部分の開口部（天窓）に限って難燃性の樹脂を使ったものは不燃材とみなすという扱いで特にガラス強化ポリエステル自己消火性のものが認められている程度で、その試験法もまだ定められていないが、近く屋根の防火試験法の JIS がまとめられればその 4 級か、飛火だけに耐えるとして 5 級という制限がつけられることと思われる。屋外の開口部（窓や出入口）も現在は壁と同じような扱いになっているが、2 級に耐える材料はなかなかつくりにくい傾向があり、開口部は少し緩和してもよいのではないかという動きもある。

B) 屋内の材料

従来 JIS A 1302 に定められた耐火構造の防火性を試験する方法で次のような段階が設けられている。

級 別	加 熱 時 間	余 熱 時 間
1 級	3 時 間 (1050°C)	30 分 (500°C)
2 級	1 時 間 半 (980°C)	30 分 (")
3 級	45 分 (890°C)	30 分 (")

現在法的には 2 級を耐火造の標準としてこれに耐えることが要求され、4 階までの建物や上から 2 階までの部分に対しては 3 級に近い性能が要求されており、いずれも合成樹脂では望み得ない防火性能であり、次の段階としては木造用の屋内試験で次の各級がある。

級 別	加 熱 時 間	最 高 温 度
1 級	25 分	820
2 級	20 分	795
3 級	15 分	760

これでもなかなか合格する材料は少なく、多くの合成樹脂は木材と同格になってしまう。

そこで新たに次のような改正をして実際に使いやすい防火材料を認めてゆこうとする提案がなされている。それは屋内標準加熱曲線をすこしづらせ、初期の温度上昇を実際の

火災時の温度上昇に近いように修正して一般の標準加熱曲線の屋内曲線としようとするもので、初期を屋内の 1 級に近くして次のような温度変化を示すものとする（第 2 図参照）。

経過時間 (分)	5	10	15	20	25
加熱温度 (°C)	330	665	740	785	810

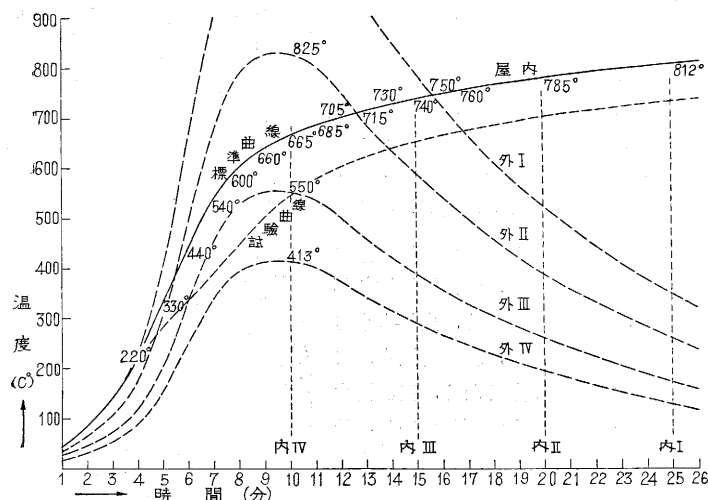
これで試験して新たに 4 級を 10 分 (665°C) とすると石綿板厚 6 %, フレキシブル板厚 4 %, 木毛セメント板の良質のもの厚 12 %, 石膏板厚 6 % など通常使用されている防火的な材料が合格するようになり、ベニヤのような可燃材を追放する上に役立つので、劇場や病院、車庫、寄宿舎など防火的に大切なものの内装をこのような線で制限しようとする話合いが進められている。

ところが合成樹脂材ではこの程度に合格するものも極めて少ないので、さらに程度を下げて 6 分で 440°C までは発火しなければよいとすると、かなりいろいろの材料がうかび上ってくる。ただし発火後 30" で火源を消してから 30" 以内に自己消火すれば難燃材料とみなすというような扱いをすれば、現在普通に考えられている難燃性の合成樹脂がうかび上ってくる。

一般に合成樹脂のようなやや低い温度で軟化、炭化、分解、発煙、発火などのいろいろな現象を伴う材料を試験するには、この標準曲線でも加熱が急すぎて 30" で 50°C 以上の差があるので 10~20°C の誤差はすぐに出てしまうので、ここでは次のように標準加熱曲線の時間軸を 2 倍にして試験したものを示すことにした。

実際には時間軸がのびていると同じ温度の標準時間に換算すると材料にとってやや不利となる。

試験時間 (分)	4	6	8	10	12	14	16	18	20
加熱温度 °C	220	330	440	540	600	640	665	685	705
新標準時間 (分)	4	5	6	7	8	9	10	11	12



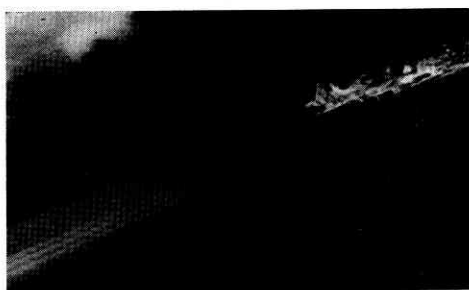
第 2 図 標準加熱曲線

たとえば 8 分 440°C で発火する材料は標準加熱によれば同じ温度の 6 分ではなくて 6 分 30" 位まで保つのが普通である。ことに裏面に対する透熱を問題にするときには加熱時間そのものが問題となり表面温度を等価にして換算できないことがわかった。

3. 屋外材料の燃焼性状について

A) 強化ポリエステル

現在アメリカでも認められ、わが国でも最近用途を拡大してきた F.R.P. と呼ばれる強化ポリエステル製品についてその熱的性状を屋外 4 級材として試験した結果、だいたい次のような性状を示すことがわかった（第 3 図、第 4 図）。



第3図 強化ポリエステル波板(S)は火焰が接近すると炭化発煙して自己消火性のガスを出す、さらに温度が上昇すると着火する。



第4図 着火後火焰がさらに接近すると燃えつづけるが火焰を去れば自己消火する。

樹脂の種類	G	S	備考
初期発煙温度 °C	200~240		匂を出す
発煙温度 "	300~380		青煙を出す
黄変温度 "	260~340		着色する
黒変温度 "	340~400		黒く炭化する
引火温度 "	360~400	380~450	着火する
火焰長 cm	50~70	20~60	やや大きい
燃焼時間	1'30"~2'	1'30"~2'30"	あまり長くはない
自己消火時間	—	10"~1'30"	早いものもある

上表のGはいわゆる耐候性または一般用といわれている普通の樹脂を用いたものでSは自己消火性樹脂(ヘット酸など)を用いたもので、発煙、黒変などは同じように起るが火焰が小さく、発火してもすぐ消える。さらに火勢が強くなると引火するが、火源を去ると比較的短時間で自己消火する。ただし自己消火性のものでもどんどん加熱をつづければやはり発煙しつづけるものが多い。引火温度が 450°C 位のものでは屋外の屋根4級程度の加熱ではぜんぜん引火しないので安全に使用できる。すなわち隣家から 5m (1階)~7m (2階) 以上離れていればほぼ安全であるといえよう。

引火温度は I, P, ガラスの含有率と、スチレンなどの揮発分の消去に支配され、ガラス含有率が 30% に近い

もので、十分に揮発分を失ったものでは発火しにくいことが明らかになった。

また万一発火した場合のことを考えて、火焰長から判断して1枚ごとに適当な(たとえば 90 cm 以上の)保有距離を不燃材で与えることによって連続延焼の危険性をなくする必要がある。横方向にはあまり燃え広がらないので、水平方向に連続して使用しても割合に危険は少ないが、風向によっては横方向の延焼も考えられるので、3~4m ごとに遮断することも必要であろう。

屋根の場合は小さな火源たとえば 30 g の木片が燃えつくすまでに延焼性の着火をしないことが5級材の条件となるが、この方の条件には厚さ 1.2 mm 以上のものではSタイプの樹脂を使用したものはほとんど全部合格する。

B) 硬質塩化ビニール

透明性がよく形もよくできているので強化ポリエステル

項目	備考
軟化温度(°C)	120~140
屈曲温度(°C)	180~220
発煙温度(°C)	200~260
黒変温度(°C)	300~320
引火温度(°C)	360~380
火焰長(cm)	10~40
燃焼時間(秒)	10~40
自己消火時間(秒)	10~30

ルの波板の分野にかなり塩化ビニール波板が食い込んで使われ出してきたが、次の点だけは注意しておかなければならない。

この表で示されているように、比較的低い温度で軟化変形してたれ下ってしま



第5図 網入の硬質塩化ビニールは軟化してたれ下るのを防ぎ飛火を防ぐことができる。

うので、その場所に穴があくことになり火の粉なども舞い込んでくることになり、屋根材としてはまずい結果になる。ただ燃焼性は割に少なく、火焰も小さいし、継続時間もあまり永くなく、自己消火性もすぐれている。それゆえ穴があいても差支えのないような場所、たとえば屋外の荷

さばき場や市場、アーケードなどの天窓ならば使用しても実害は少ないであろうと思われる。

飛火に対しても軟化して穴があくので一般の屋根材としては適しない。

穴があくのを防ぐために金網を封入するとか、かぶせる必要がある、この場合にはもちろん 30 g の飛火には炭化するが安全で 5 級に合格するが、しかし 420° の 4 級試験には、やはりやや変形、たれ下る可能性があるが安全なものもある。

窓に使用する傾向もあらわれているが、やはり軟化してたれおちるので、燃えこそしないがやはり外回りの開口部材としてはあまり適当とは考えられない。

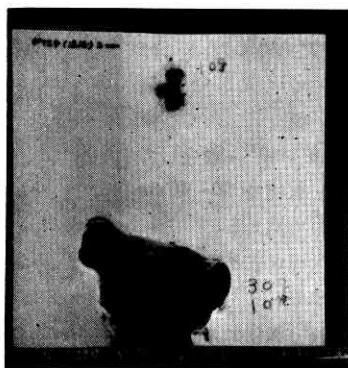
出入口の扉にも使用されるが、火災時には軟化して穴があくことを承知の上で使うことが必要である。

C) アクリル

もっとも早く天窓用の樹脂製品として登場し、透光性がよく、美しい着色ができるという利点はあるがやや高価なので、現在では広告や採光天井のような意匠的の要求の強い所に主に使われるようになってきた。塩化ビニルに比べると軟化温度もやや高いが、次のような性質を持っているので同じような注意が必要になってくる。

項 目	備 考
軟化温度(°C) 140~180	枠からはずれる
屈曲温度(°C) 200~240	枠からはずれておちる
発泡温度(°C) 260~280	パチパチ音がして泡立つ
引火温度(°C) 300~350	透過率のよいものは少しおくれる
火 焰 長(cm) 60~ 80	ややはげしく燃える
燃 焼 時 間 3'~4'	やや長い間もえる
自 己 消 火 性 —	特に難燃化したもの以外は延焼性

以上のように燃焼性状はあまりよくないので防火を必要とするところには適しないものと思われるが、広告塔のようなもので耐火建築物の屋上や道路につくられるものでは火災の際ある程度以上の輻射熱を受ければ軟化脱落し発火温度までの間に 100°C 以上の開きがあるから、その場で着火することは考えられない。したがって周囲が不燃性である場合には実際にこの材料によって火災が拡大するものとはいえない



第 6 図 ポリエチレンは 10 g 位の火源でも穴があき 30 g ではどんどん燃え広がるので危険である。

いので局所的な使用は認めても差支えないであろう。

D) その他の樹脂

〔ポリエチレン〕-軟化は塩化ビニルとはほぼ同様で着火はアクリルに近く 330°C 位であり、引火後の燃焼性状は持続的な焰で延焼性である。小さい飛火によっても穴があくので一般の屋外材としてはあまり好適ではない。

〔ポリスチレン〕-軟化はアクリルにやや近く、溶けて落下、アクリルに近い温度 330°C で着火し、燃えながら適下するし火焰長がやや大きい欠点があり自己消火性がないので、一般の屋外材として好適ではない。

4. 屋内の材料

最近建築の内部にかなり広範囲に合成樹脂製品が使われるようになったことは、この種の材料が軽量で清潔で美しい内装材として喜ばれているが、その耐熱性や燃焼性が問題となってくる傾向がある。たとえばアクリルの照明用天井板が火災の場合にどうなるか、硬質ビニールのパイプが着火するかどうかなどのいろいろな問題がおこっている。

いま各種材料の各温度における熱的性状を示して一般の参考に供しよう。

A) 熱硬化性材料

1) シリコン樹脂ガラスクロス積層板

厚 2 %, 白色, 現在通常作られている合成樹脂積層板のうちもっとも耐熱性が強く次のような性能をもっている。

13'-630°C-やや匂い少し褐色となる。裏面に木材があれば 360°C となり着火するおそれがある。

14'-670°C-裏板に着火し焼失する。

18'-690°C-表面白くなる。

22'-800°C-表面褐色となりところどころに白斑が出る。

23'-810°C-端面から小さい焰(2~3cm)が 1"~2" 間出るのがすぐ消える。

○建築材料の不燃性試験に合格すると思われる。

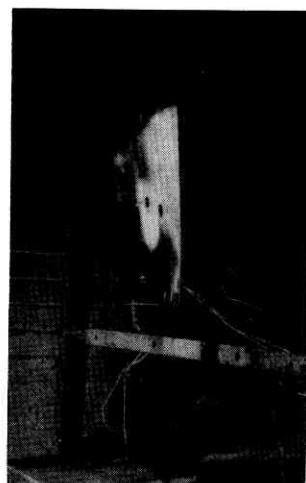
2) メラミン樹脂ガラスクロス積層板

厚 1.6 %, 白色

(第 7 図)

11'-560°C-炭化進行し 650°C となると褐色。

12'-580°C-炭化少し



第 7 図 メラミンガラスクロス積層板では炭化、白化するが不燃性である。

発煙。

15'-660°C-表面白化する。裏面木材が発火。

20'-780°C-表面がガラスクロスのみとなる。

○不燃材料と認められる。

3) フラン樹脂ガラスクロス積層板 (第8図)

厚 1.6%, 黒色

5'-320°C-表面少し
ふくらむ。

7'-470°C-表面こげ
てふくらみやや勾
う。

10'-530°C-表面から
少し発煙、裏板
360°C で着火す
る。

13'-630°C-表面着火
し 5~6 cm の焰
を出して燃える。

15'-750°C-炭化反曲
して時々小さい焰
を出す (2~3cm)。

○標準加熱 10 分余り
で発火するが火焰が小
さいので難燃材とみと
められる。

4) フェノール樹脂ガラス積層板

厚さ 1.6%, 褐色

5'-250°C-表面ややふくらむ。

6'-320°C-パチパチ音がしてはじける。黄変

7'-400°C-こげ出す。

9'-500°C-黒こげとなる。

10'-590°C-時々発火する。火焰 6~10 cm。

14'-650°C-表面炭化、裏面の木材着火 (380°C)。

19'-720°C-表面着火はげしく燃え火焰長 30~40 cm
(火源を消せば 1 分以内に自己消火)

○標準加熱 10 分以内に発火するので難燃材といい、
が、自己消火性は認められる。

5) メラミン樹脂キャラコ積層板

厚 3%, 白色

7'-430°C-パチパチ音がして、きれつが出来ふくらむ。

9'-490°C-表面こげ出す。

10'-520°C-時々発煙。

10/30'-550°C-着火 20~30 cm の焰で燃える。

11'-610°C-青白い焰を出して燃え炭化してがさがさ
なる。

12'-570°C-炭化して変形する。

○標準 10 分以内で着火するので防火材と認め難い。

6) フェノール樹脂キャラコ積層板 (第9図)

厚 1.6%, 褐色

5'-250°C-少し煙が
出る。

6'-330°C-表面パチ
パチ音がしてはじ
ける。

7'-380°C-表面黄変
して部分的にやや
ふくらむ。

8'-450°C-表面部分
的にこげ出す。

9'-480°C-時々 (1"~
3") 小さく発火
(2~3 cm)

10'-540°C-時々炎が
走る (10~15cm)

11'-580°C-全面発火
はげしく燃える (30~40 cm) 裏面木材は 280°C で
発火に至らず。

○標準 10 分以内に着火するので防火材と認め難い。

7) ポリエステル樹脂ガラスクロス積層材

1.6% 半透明 (自己消火タイプ)

4'-220°C-勾い少し発煙。

6'-330°C-発煙、着色。

7'-380°C-黒褐色にこげる。

7/30'-420°C } 発火 20~40 cm 炎で燃える。火源を
8'-440°C } 消せば 10'~2 分で自己消火。

○標準 8 分以内に着火するので難燃材と認めがたいが、
自己消火性は認められる。

8) メラミン化粧板

(第10図)

メラミン厚 0.3%,

フェノール厚 1.3%,

ベニア接着。

7'-380°C-表面こげ
てくる。やや発
煙。

8'-440°C-着火して
火焰長 30~40 cm
で燃える。

○火源を去れば自己消
火する。

9) ポリエステル化

粧板 (第11図)

樹脂厚 0.7% ベニ

ア接着。

6'-330°C-ややこげ



第8図 フランガラスクロ
ス積層板では 750°C で
小さい焰を出す難燃
状態である (下の火焰は
裏の木材の燃焼によ
る)。



第9図 フェノールキャ
ラコ積層板は 540°C で
焰が走り燃焼する。



第10図 メラミン化粧
板は 440°C で着火し
てかなりはげしく燃え
るが火源を去れば自己
消火する。



第 11 図 ポリエステル化
粧板は 390°C で発火
してかなりはげしく燃
える。

て着色。

7/-380°C-炭化-390°C-発火して火焰長 30~40 cm で
燃える。

B) 熱可塑性材料

1) スチロール発泡材 (自己消火性) (第 12 図)

難燃処理したもの厚 25 mm

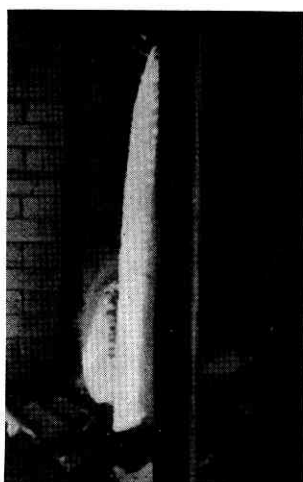
4/-220°C-表面がとけてつぶつぶが出る。

5/-275°C-表面がこげて厚み減少。

5/30"-300°C-こげて発煙、黒色。

7/30-400°C-発火、火焰 10~15 cm

○火源を去れば自己消火する。



第 12 図 スチロール発泡
体の難燃化したものは
溶けてちじまり、400°
C で発火する。

2) スチロール平板

厚 2 mm, 乳白色。

4/-200°C-上部から軟化たれてくる。

5/-250°C-溶けてたれる。

6/-330°C-着火して 30~40 cm の炎で燃え、6
分間で全焼、自己消化性なし。

3) アクリル平板

厚 3 mm, 乳白色。

4/-220°C-少し屈曲し一部軟化。

5/-280°C-軟化変形、パチパチと発泡する。

6/-330°C-表面炭化しはじめる。

350°C-着火-火焰長 40~60 cm で燃え、4 分
間で全焼、自己消火性なし。

4) ビニル平板

厚 2 mm, 灰白色。

3/-170°C-軟化して上部から屈曲。

5/-280°C-こげて発煙し泡立つ。

6/-330°C-炭化して発煙盛。

7/-380°C-着火して 10~15 cm の炎で 2 分間燃え、
炭化軽石状になる。

○火源を去れば自己消火する。

5) ポリエチレン平板

厚 2 mm, 乳白色。

2/30"-130°C-やや軟化。

5/-250°C-軟化たれおちる。

6/-330°C-着火して火焰長 20 cm で 6 分間で全焼す
る。

東京大学生産技術研究所報告 第 8 巻 第 3 号 刊行

高橋武雄・白井ヒデ子・仁木栄次 (英文)

「Studies On Application of A. C. Bridge Polarography」

—「交流ブリッジ・ポーラログラフの応用について」—

従来広く使用されてきた直流ポーラログラフに比して、化学分析上一層便利な交流ポーラログラフを発展させるため、さきに当所において電子管式自動平衡型交流ブリッジ・ポーラログラフの試作に成功し、わが国においてこれが市販せられるに至っているが、ここに本装置を用いて被還元イオンの濃度と波高との比例性、支持塩の種類のポーラログラム波高に及ぼす影響、反応速度電流を含む場合の交流ポーラログラム、溶存酸素のポーラログラムに対する影響など基礎的研究を行なったものである。

その結果、その被還元イオンに対して適当な支持塩を択ぶことにより、さらに感度よく定量分析を行なうことができ、反応速度電流のこの交流ポーラログラムに含まれる程度は、直流ポーラログラムのそれに比して極めて少ないことを認め、さらにまた溶存酸素はアンモニウム塩を支持塩とすることにより Tl, Pb, Cd, Zn などの波高に対して影響せず、それらの濃度と波高とはよく比例することを明らかにした。したがってこれらの分析操作はいちじるしく短縮でき、工業分析法として交流ブリッジ・ポーラログラフの価値の極めて高いことを明らかにしたものである。

(34年 2 月発行)