

ヒッターライトの吸脱湿による寸法変化特性について

Dimensional Change Characteristics Due to Moisture Absorption and Desorption of HITTERLITE

松 井 千 里* 横 野 春 樹*
Chisato Matsui Haruki Yokono

内 容 梗 概

ヒッターライト（日立メラミンプラスチック化粧板の登録商品名）の吸脱湿特性判定の基準点として、いろいろな乾燥処理方法による絶乾状態を検討してヒッターライトが脱湿する場合の寸法収縮現象を明らかにした。
また、この絶乾状態を基準として吸湿処理した場合のヒッターライトの吸湿膨張を検討し、ヒッターライトの水分拡散係数、拡散の活性化エネルギー、単位重量変化当たりの寸法変化率などの諸定数を検討した。

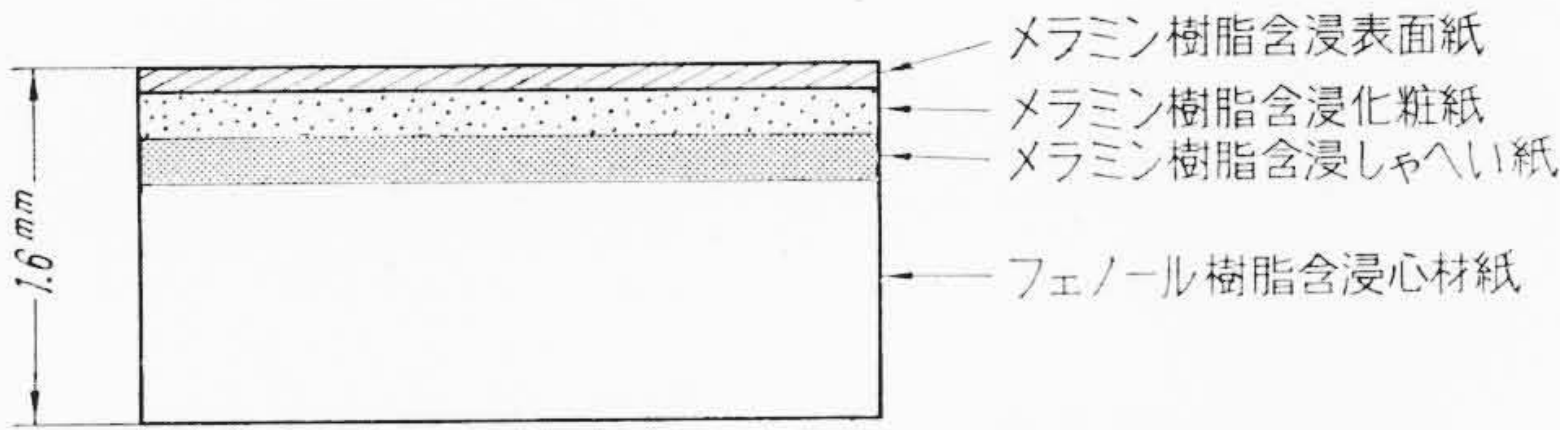
1. 緒 言

ヒッターライトは第1図に示すように合成樹脂と紙を主成分とするため、周囲の湿度条件の変化によって重量変化および寸法変化現象を呈するが⁽¹⁾、この現象は基板としてはり合わせて使用されるベニヤ合板その他の板状材料と併用するときそりや変形の原因になるため施工上重要な問題となるものである。
このような吸脱湿現象は一般に絶乾状態を基準として考察されており⁽²⁾、筆者らもこの手法を用いてヒッターライトの吸脱湿に伴う諸特性の変化を検討し、基準となる絶乾処理条件を定めるとともに、

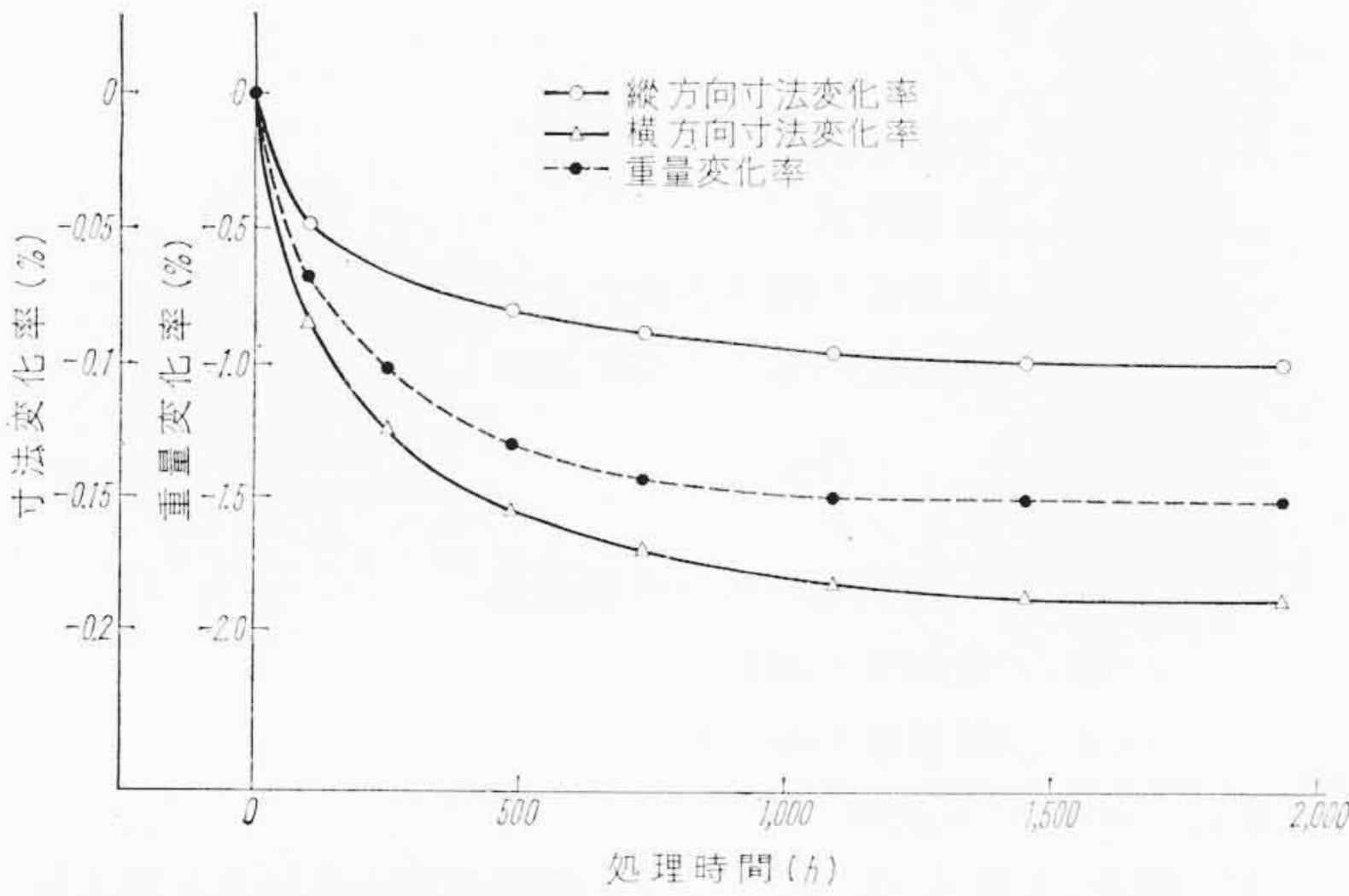
平衡含水率、水分拡散係数などの諸常数を検討し、また吸脱湿に伴う寸法変化特性を明らかにすることができた。

2. ヒッターライトの脱湿現象と絶乾状態の検討

ヒッターライトを第1表に示す四種の条件で乾燥し、恒量となるまで重量変化および寸法変化を測定し、その結果を第2図から第5図までに示した。この実験に用いた試料は第1表に示す乾燥処理を施す前に相対湿度40%に調湿したデシケーターの中に常温で90日以上放置し、試料の出発点を揃えた。なお寸法の測定は、JIS K6902 熱硬化性樹脂化粧板試験方法によって行なった。第2図は常温で真空



第1図 ヒッターライトの断面構成説明図

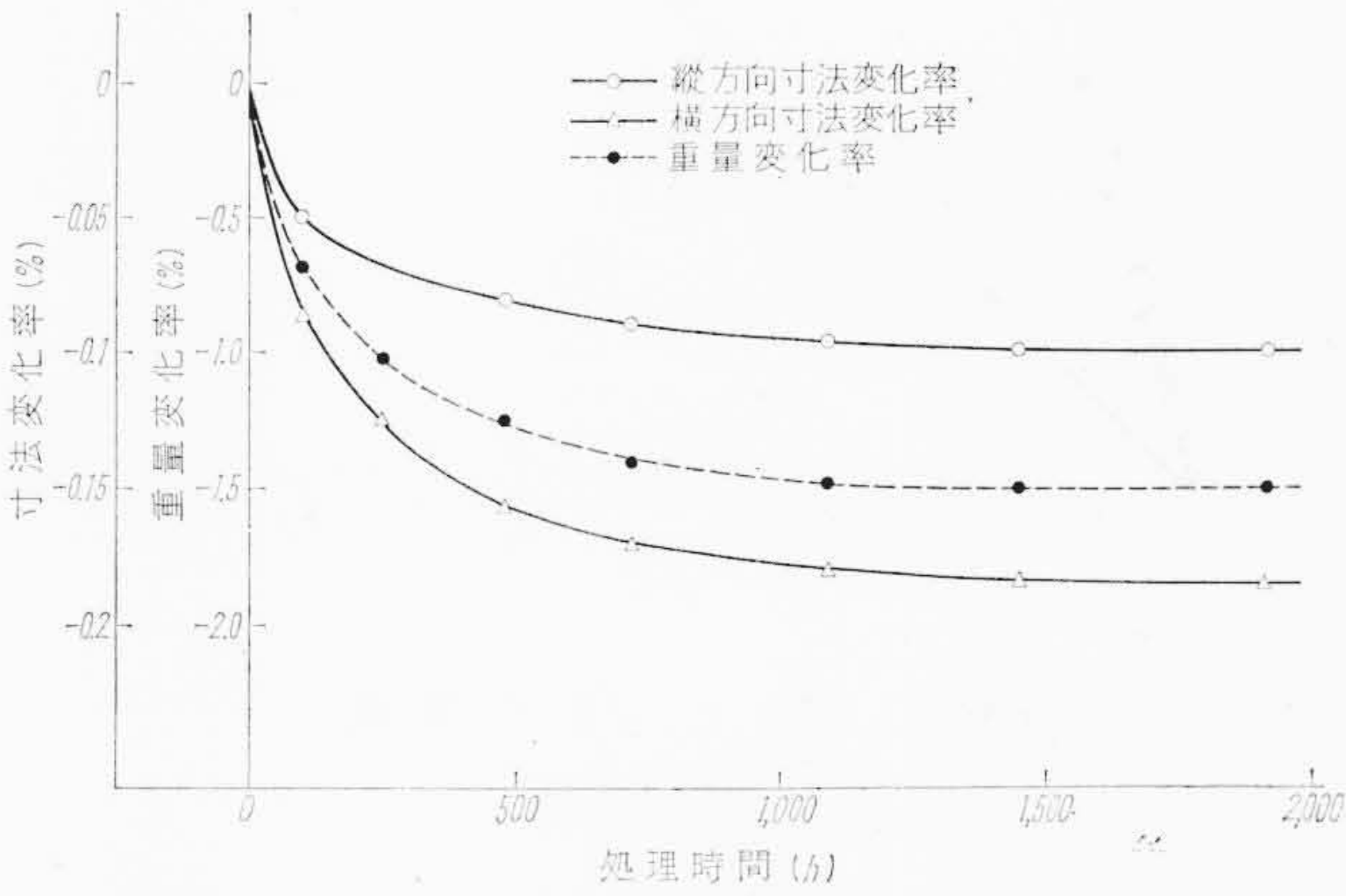


第2図 常温真空乾燥処理を行なった場合のヒッターライトの寸法と重量の変化

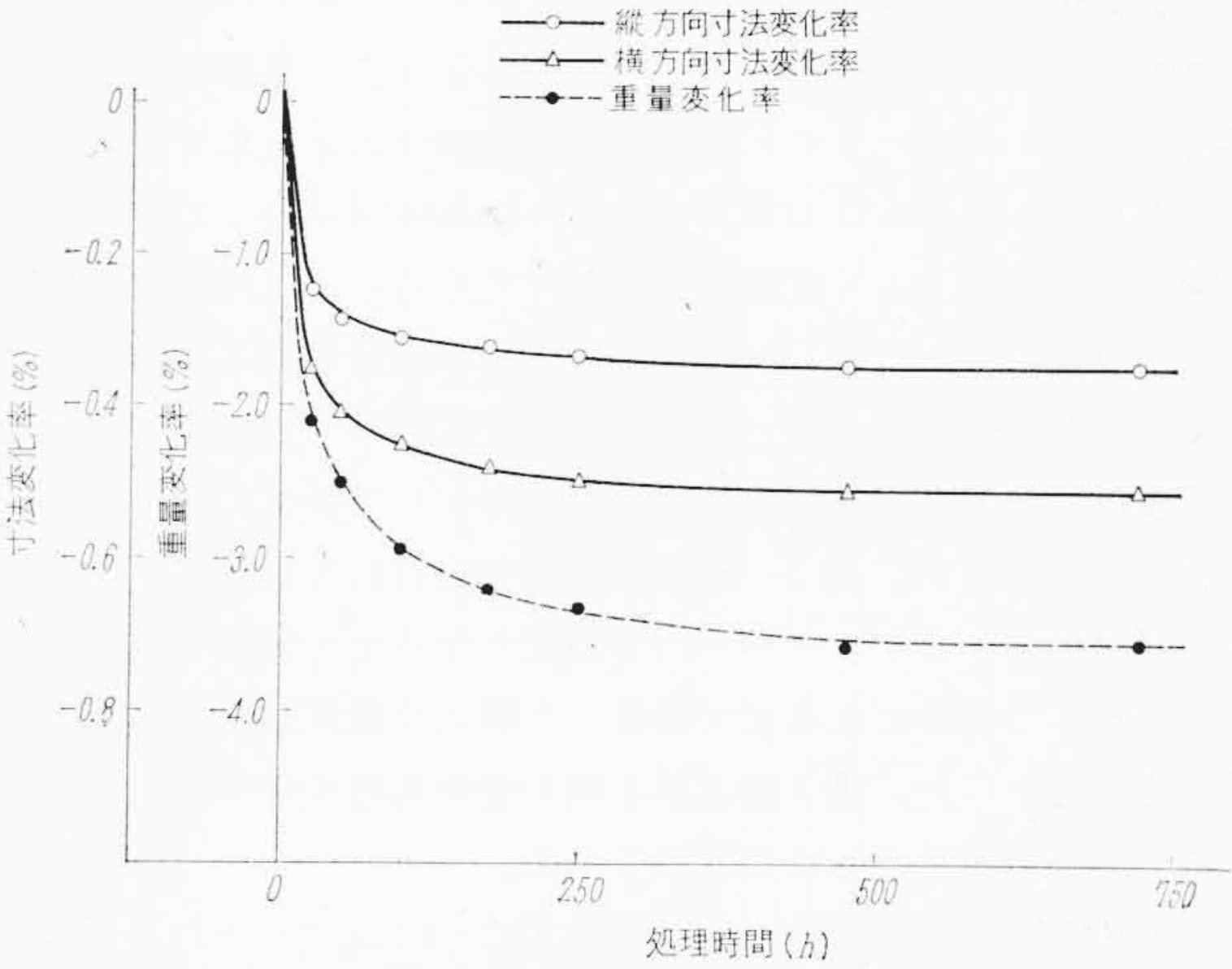
第1表 試料の乾燥条件

処 理 条 件	備 考
常温真空乾燥処理	温度範囲 12~17℃ 真 空 度 755~759mmHg 昼間 10 hrs だけ処理、夜間は P ₂ O ₅ デシケーター内に保存
常温 P ₂ O ₅ 処理	連 続 処 理
100℃ 加熱乾燥処理	連 続 処 理
120℃ 加熱乾燥処理	連 続 処 理

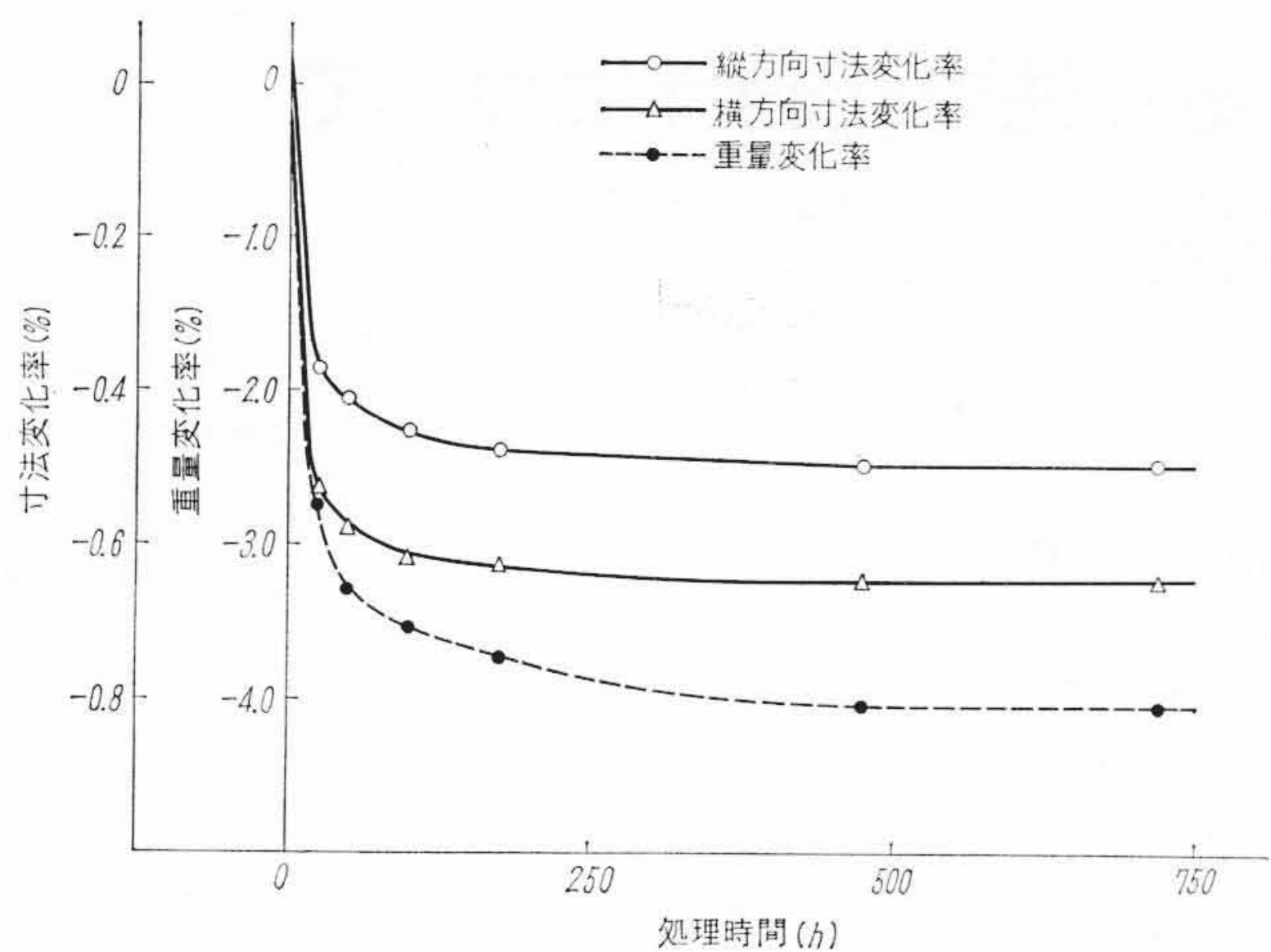
* 日立製作所下館工場



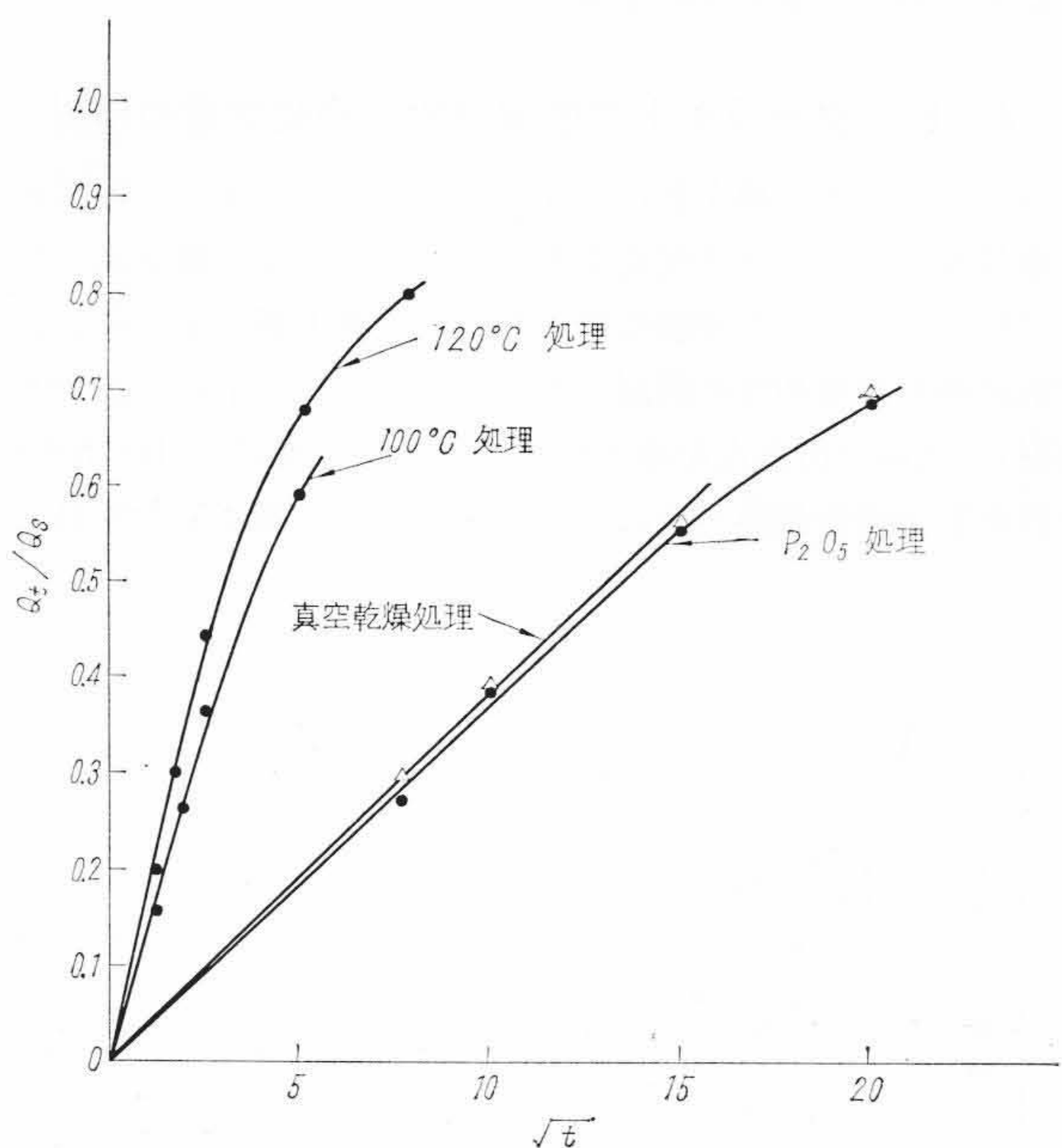
第3図 常温五酸化リンデシケーター内でヒッターライトを乾燥したときの寸法と重量の変化



第4図 100℃ 乾燥処理を行なった場合のヒッターライトの寸法と重量の変化



第 5 図 120°C 乾燥処理を行なった場合のヒッターライトの寸法と重量の変化



第 6 図 $\frac{Q_t}{Q_s}$ と $\sqrt{t}$ の関係
(t の単位は時間)

乾燥処理を行なった場合、第 3 図は常温で五酸化リンを乾燥剤としたデシケーター内で試料を乾燥した場合、第 4、5 図はそれぞれ 100°C および 120°C で乾燥処理した場合のヒッターライトの重量変化と寸法変化を示すものである。図からわかるように、脱湿を開始した初期においてヒッターライトは急激な重量減少とともに寸法収縮現象を呈するが、恒量となるまでには相当な長時間を要している。また乾燥処理温度によって減量状態が違ってくことは熱硬化性樹脂製品の一般現象であるが、ヒッターライトの場合も同じ傾向を示している。したがってヒッターライトの絶乾状態は一義的に定めることができないので吸脱湿現象判定の基準点として任意の条件を選択することはできない。第 2～5 図の結果を検討して以後の実験には常温で五酸化リンデシケーター内で恒量となるまで試料を乾燥した場合と 100°C で恒量となるまで乾燥した場合を絶乾状態の基準として用いることとした。第 2 表は第 1 表の乾燥処理条件で絶乾状態に達するまでの諸元をまとめたものである。

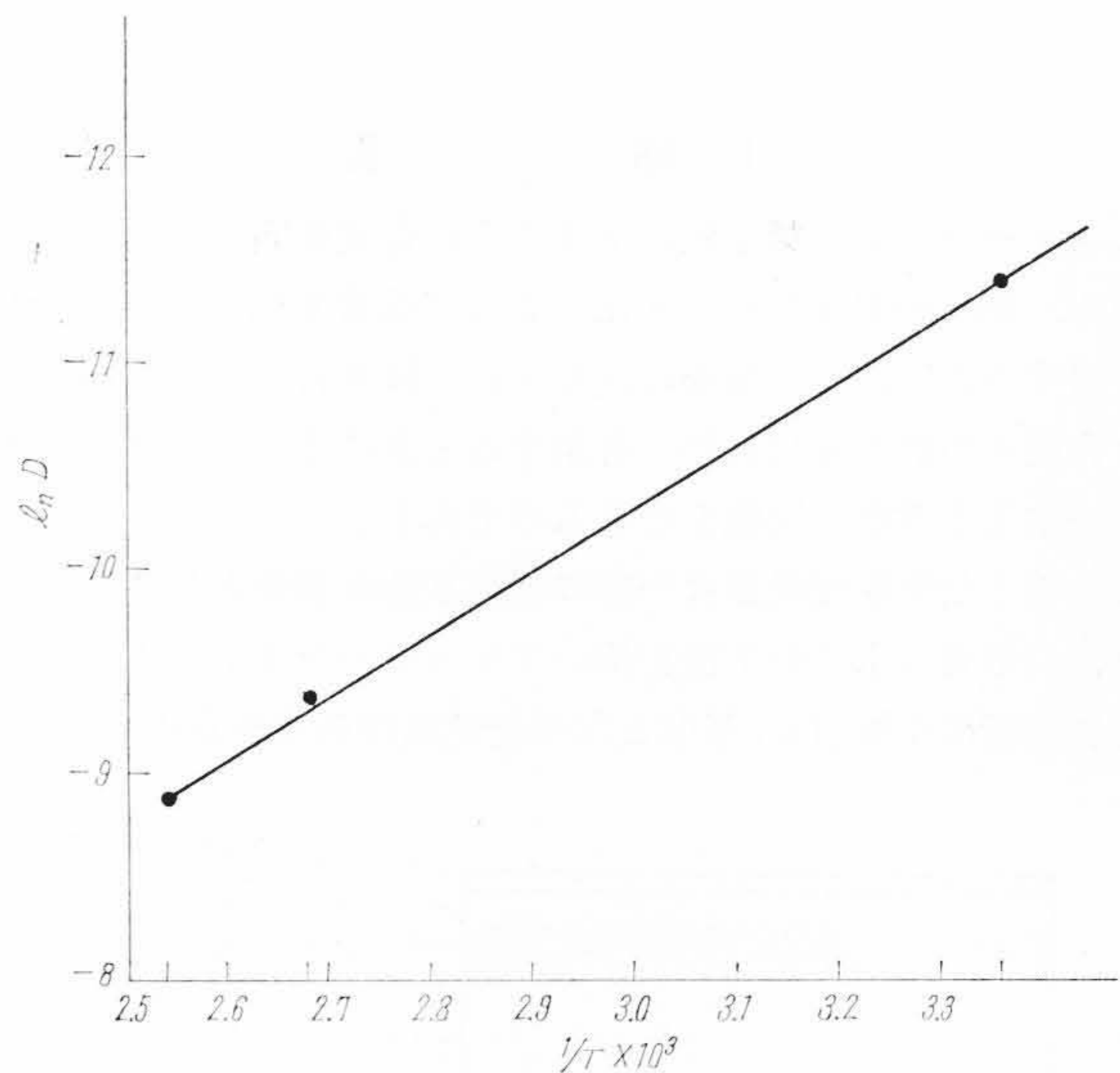
一般に合成樹脂積層板の吸脱湿現象は (1) 式で示される Fick の拡散の方程式から導かれる (2) 式によって近似的に表わされることが知られている^{(3)~(5)}。

第 2 表 絶乾状態に関する諸元

処 理 条 件	飽和脱湿量 (%)	絶乾状態に到達するまでの時間 (h)
常温真空乾燥処理	1.73	1,100
常温 P ₂ O ₅ 乾燥処理	1.69	1,100
100°C 処 理	3.55	500
120°C 処 理	4.05	400

第 3 表 拡散係数 (1)

処 理 条 件	拡 散 係 数 (cm ² /h)
常温真空乾燥処理	6.9×10 ⁻⁶
常温 P ₂ O ₅ 乾燥処理	6.4×10 ⁻⁶
100°C 処 理	8.6×10 ⁻⁵
120°C 処 理	1.4×10 ⁻⁴



第 7 図 $\ln D$ と $\frac{1}{T}$ の関係

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \dots \dots \dots (1)$$

ここに c : 積層板内部の水分濃度
 t : 処理時間
 D : 積層板の厚さ方向の水分拡散係数
 x : 積層板の厚さ方向に設定した座標

$$\frac{Q_t}{Q_s} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{\sqrt{D \cdot t}}{a} \dots \dots \dots (2)$$

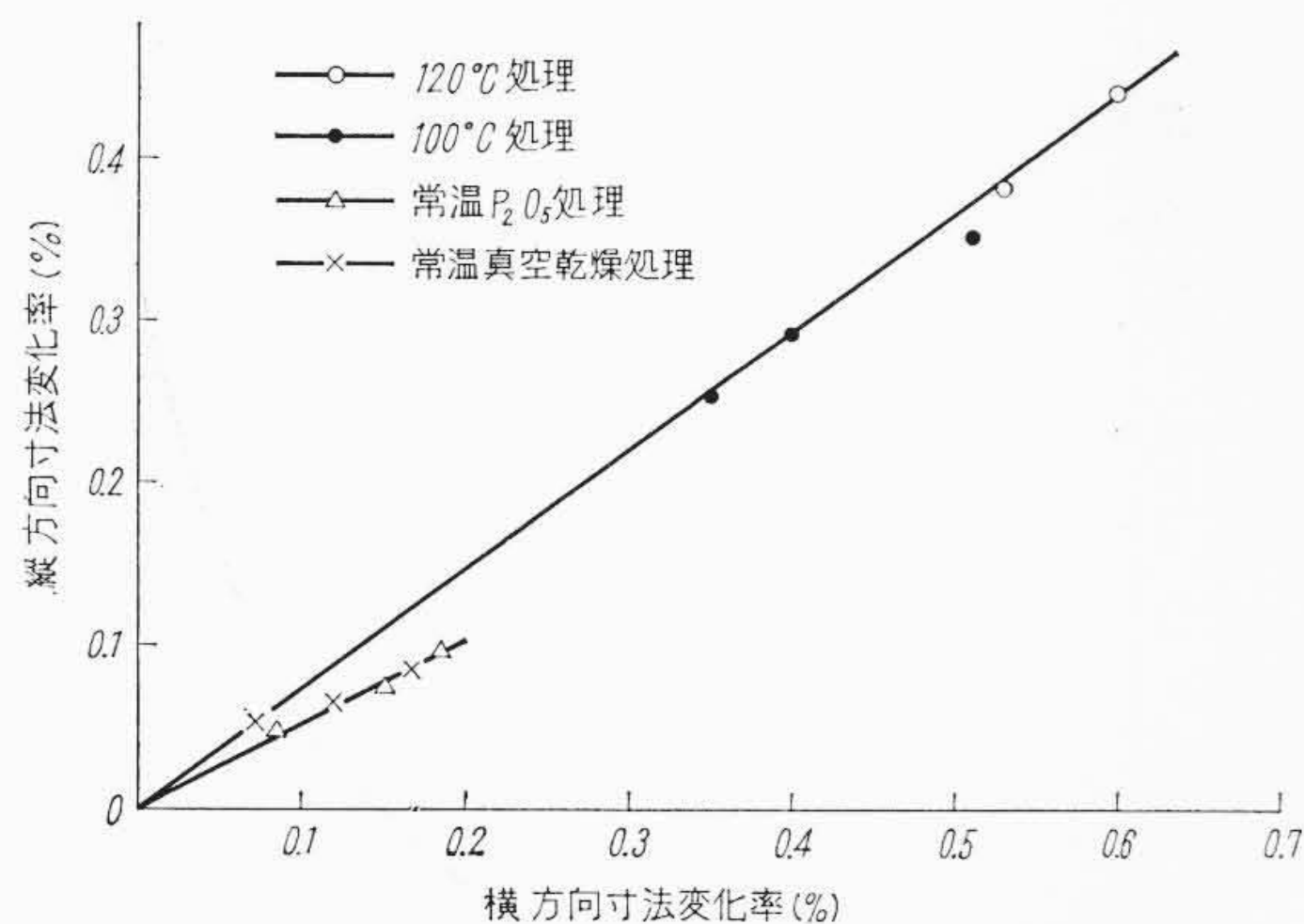
ここに Q_t : t 時間後の水分吸脱湿量
 Q_s : 飽和吸脱湿量
 a : 積層板の板の厚さ

ただし $D \cdot t / a^2 < 0.06$

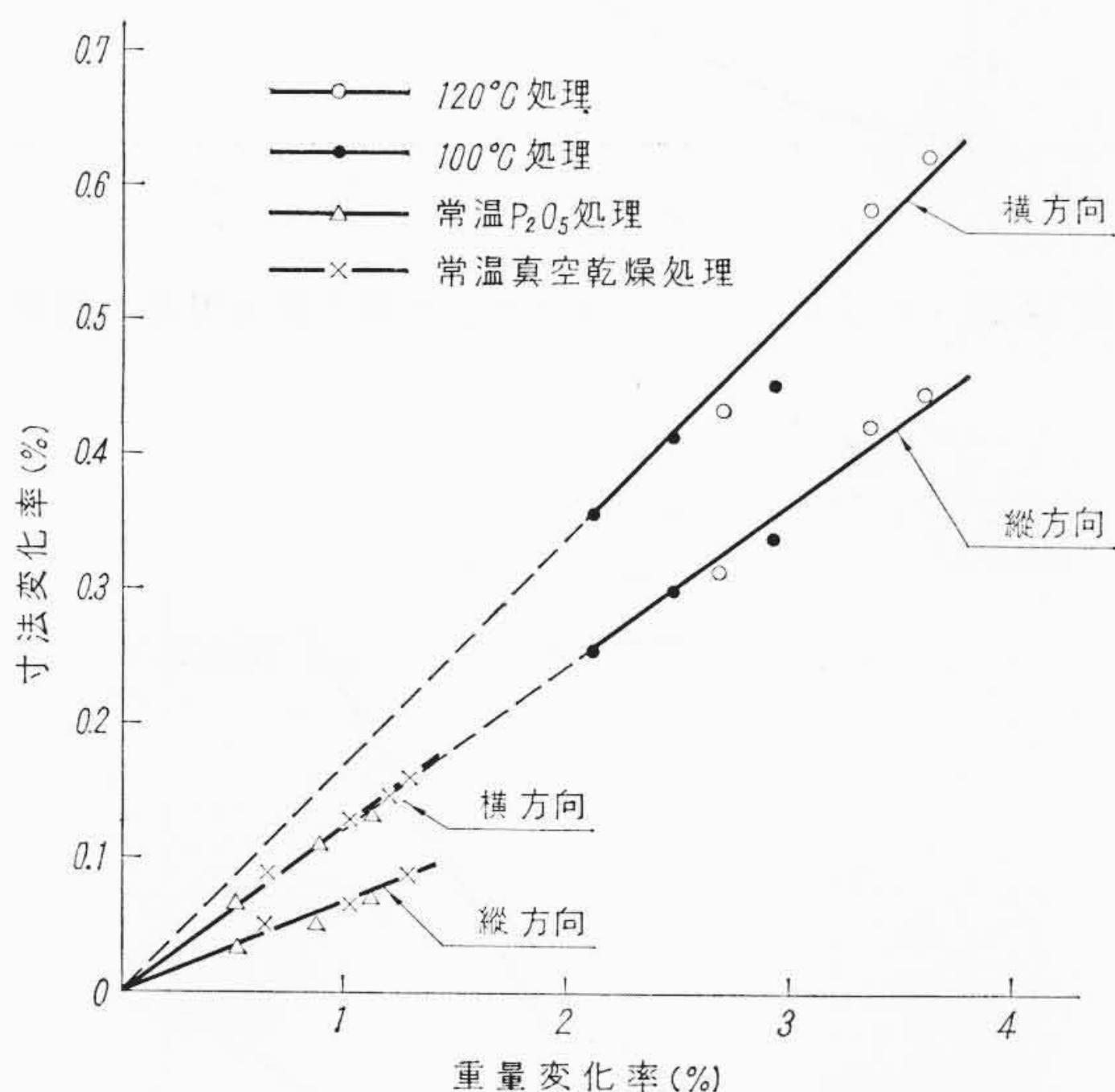
一方、第 2～5 図を Q_t/Q_s と $\sqrt{t}$ の関係に書き改めると第 6 図が得られ、これからわかるように脱湿初期においては Q_t/Q_s と $\sqrt{t}$ の間に直線関係がなりたつから、この直線のこう配から拡散係数を求めることができる。第 3 表はこの方法により第 2 図から第 5 図までの場合の脱湿時の拡散係数を計算したものである。

また第 3 表の数値から、拡散係数の対数と絶対温度の逆数の関係を求めると第 7 図に示す直線関係が得られるから、アルレニウスの式により拡散の活性化エネルギーを求めると 7.1 kcal/mol となり水の気化熱よりいくらか小さい値となった。

次に寸法変化について検討してみよう。第 2 図から第 5 図に併示したように、ヒッターライトは脱湿とともに寸法収縮を起こす。この度合いは試料の方向、処理条件および処理時間によって大きな影



第8図 縦方向と横方向の寸法変化率の関係(1)



第9図 寸法変化率と重量変化率の関係(1)

第4表 脱湿の場合の寸法変化と重量変化の関係

処理条件	方 向	単位重量変化当りの寸法変化率 (%)
常 温	縦	0.07
	横	0.13
高 温	縦	0.12
	横	0.17

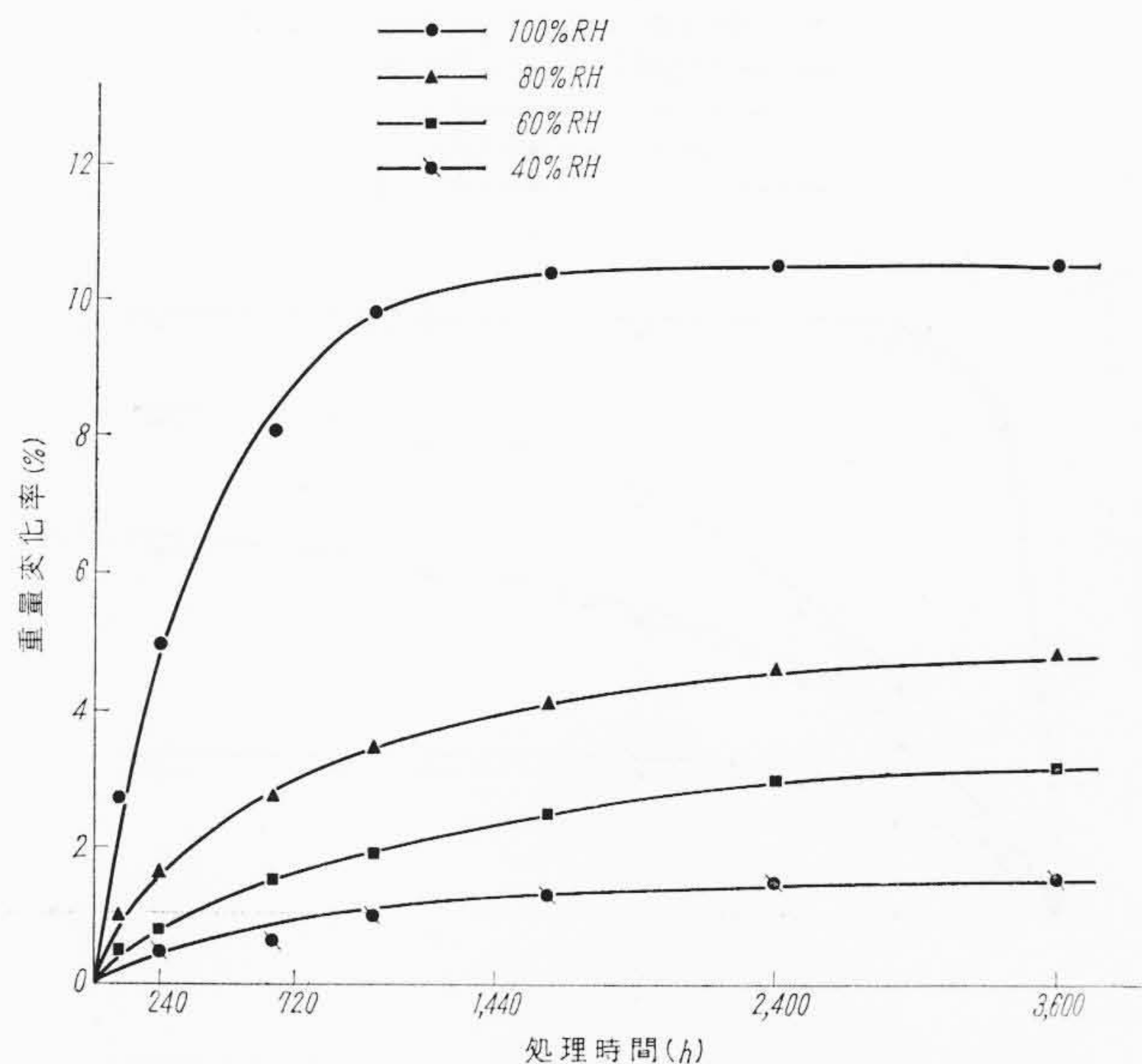
第5表 吸 湿 処 理 条 件

絶乾処理の区別	吸 湿 処 理 条 件
常温 P ₂ O ₅ デシケーター処理 1,500 時間	40% RH のデシケーター内に放置
	60% RH のデシケーター内に放置
	80% RH のデシケーター内に放置
	100% RH のデシケーター内に放置
100°C 処 理 750 時間	40% RH のデシケーター内に放置
	60% RH のデシケーター内に放置
	80% RH のデシケーター内に放置
	100% RH のデシケーター内に放置

響を受けている。たとえば試料の縦方向と横方向の寸法変化の関係を求めると第8図に示すように常温処理の場合は横方向の寸法変化が縦方向の寸法変化の約2倍、高温処理の場合では約1.4倍大きく変化することがわかる。また第9図は第2～5図を重量変化と寸法変化の関係に書き改めたもので、高温処理のほうが常温処理の場合より重量減少率に対応する寸法収縮変化率が大きいことが確認された。第4表はこれらの関係を総括して示したものである。

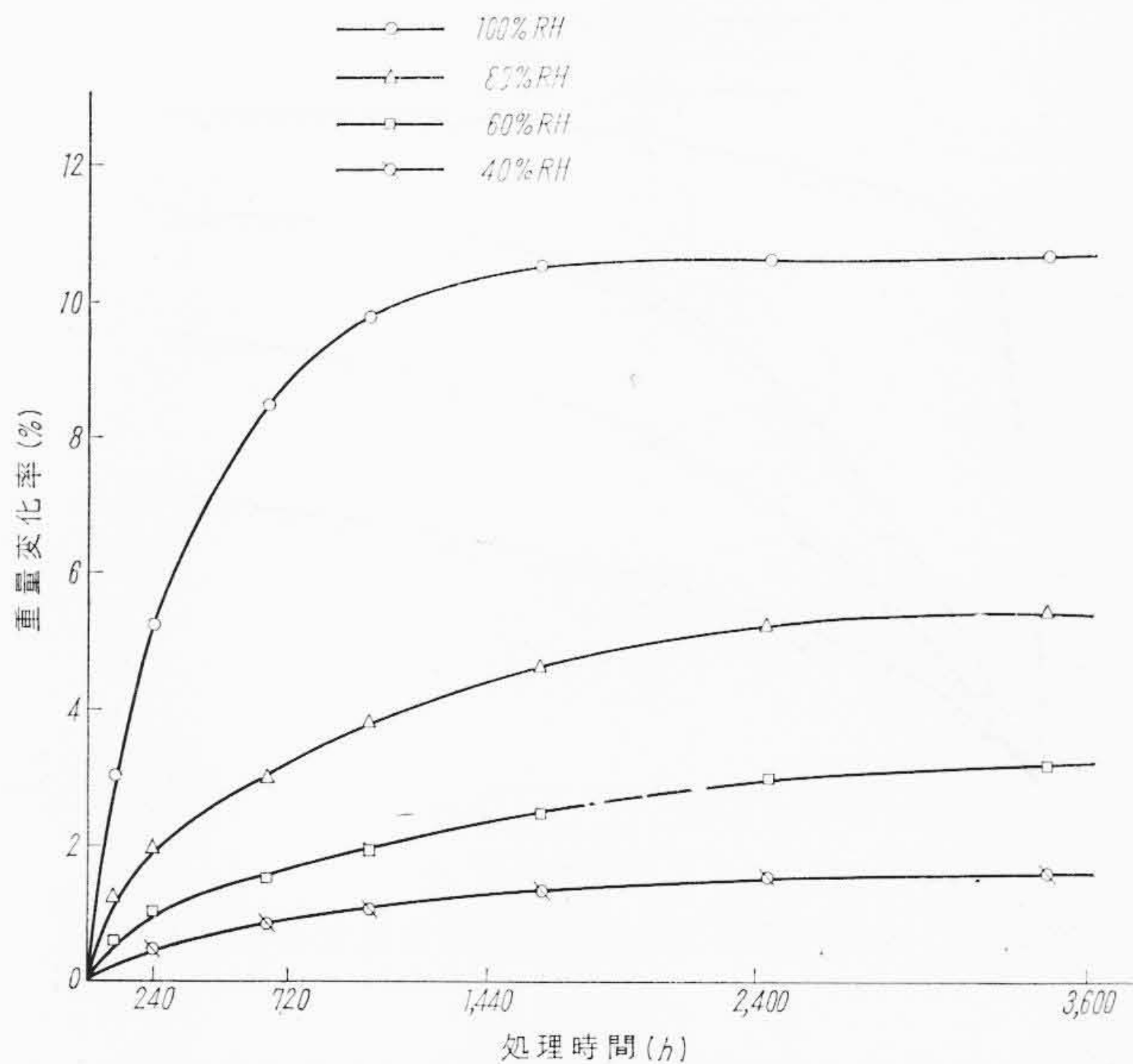
3. 常温で吸湿した場合の重量変化と寸法変化の関係

第5表に示す条件で絶乾状態に脱湿した試料を常温で第5表に示



(常温五酸化リンデシケーター内で乾燥処理し絶乾状態としたもの)

第10図 常温吸湿特性



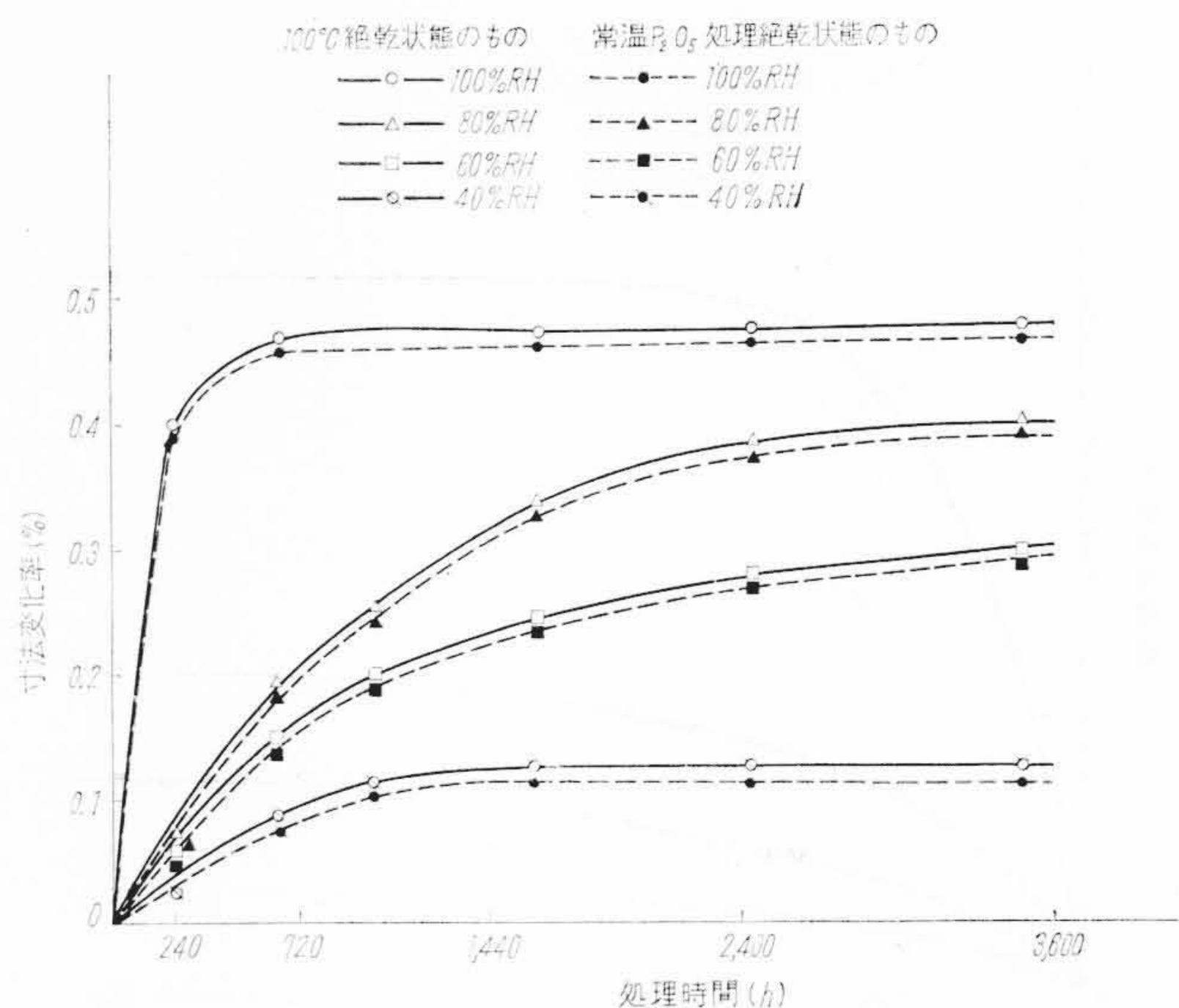
(100°C 絶乾状態のもの)

第11図 常温吸湿特性

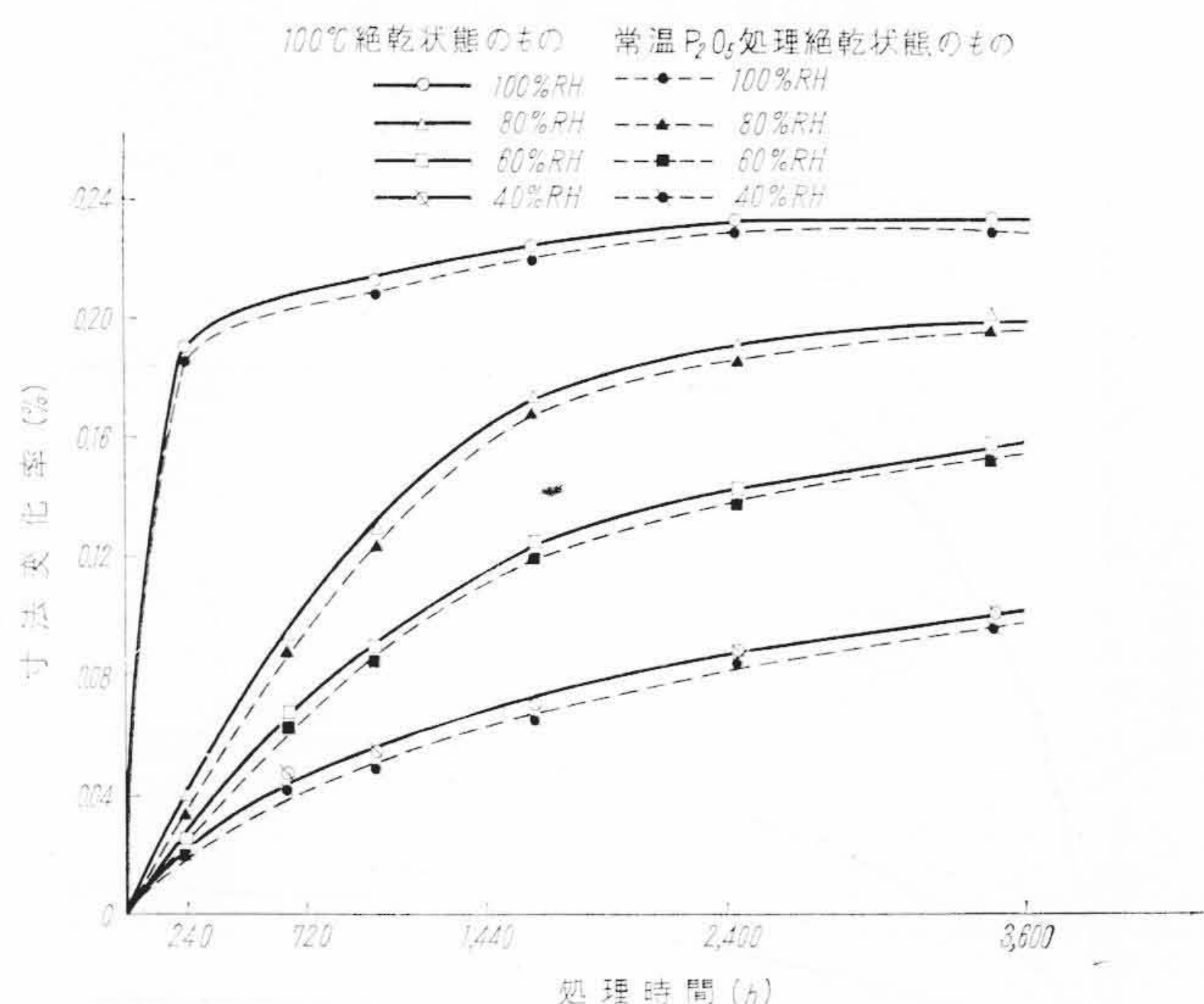
第6表 拡散係数と飽和吸湿量 (2)

項目 湿度	拡 散 係 数 (cm ² /h)		飽 和 吸 湿 量 (%)	
	常温 P ₂ O ₅ 処理	100°C 処理	常温 P ₂ O ₅ 処理	100°C 処理
40% RH	1.4×10 ⁻⁶	1.5×10 ⁻⁶	1.7	1.7
60% RH	1.6×10 ⁻⁶	1.6×10 ⁻⁶	3.1	3.2
80% RH	2.1×10 ⁻⁶	2.0×10 ⁻⁶	4.8	5.4
100% RH	4.3×10 ⁻⁶	4.5×10 ⁻⁶	10.5	10.6

すような各種の湿度条件のもとに吸湿させた場合の処理時間と試料の重量増加、寸法膨張変化の関係を第10図から第13図までに示した。これらの結果より吸湿の場合も脱湿の場合と同様に飽和値に到達するまでには、きわめて長時間を要していることがわかる。まず重量変化について検討してみよう。第10図および第11図から吸湿時の拡散係数および飽和吸湿量を求めて第6表に示す。第6表と第3表の拡散係数を比較すると常温処理条件では脱湿の場合は吸湿の場合よりやや大きいことが認められる。



第 12 図 常温で吸湿させた場合の寸法変化特性（縦方向）



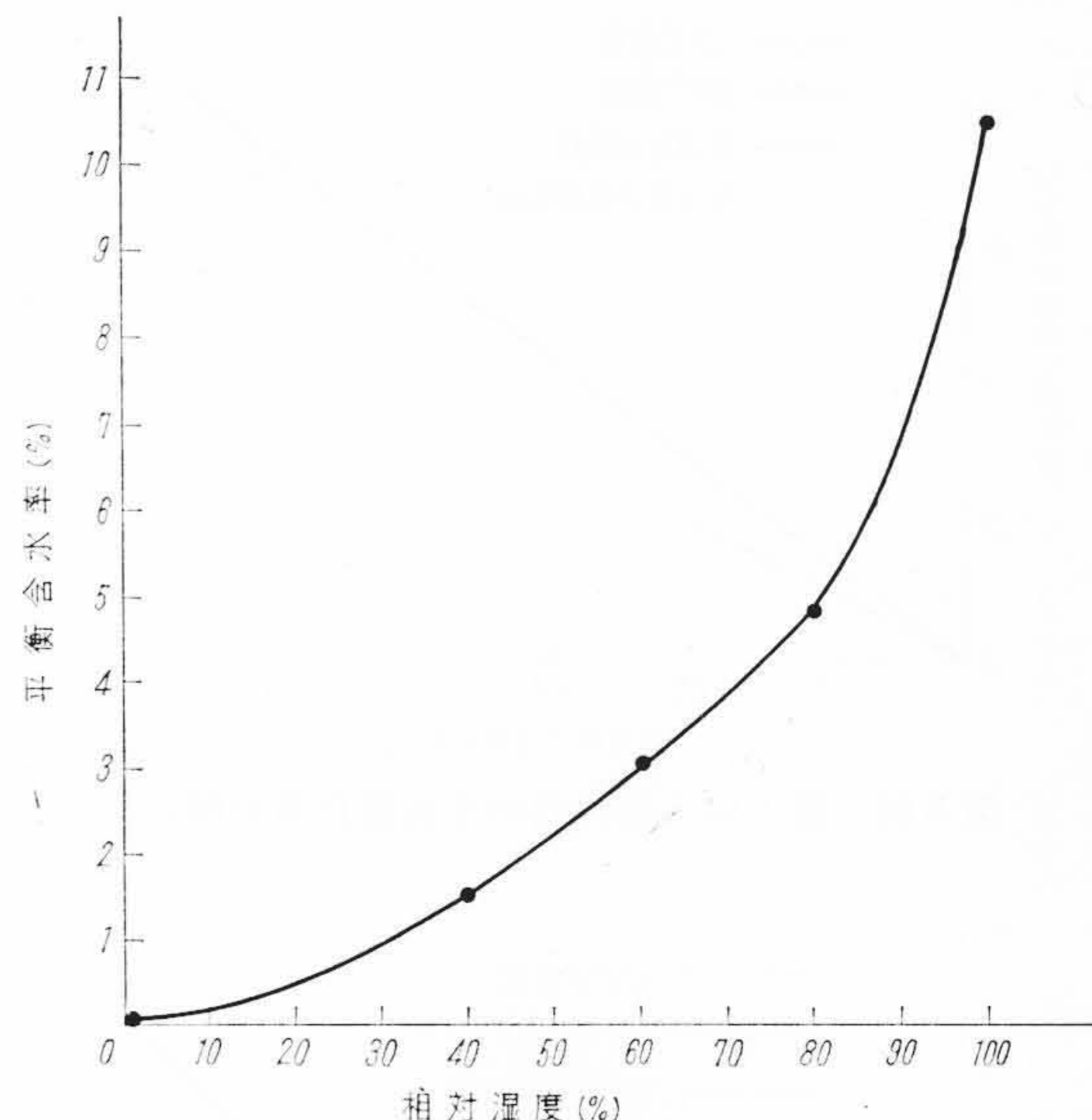
第 13 図 常温で吸湿させた場合の寸法変化特性（横方向）

第 10～13 図より絶乾処理条件が異なっても吸湿現象はほとんど同じ傾向を呈することが確認された。第 14 図は第 10, 11 図の実験結果から求めたヒッターライトの飽和吸湿量（平衡含水率）と相対湿度の関係を図示したものである。

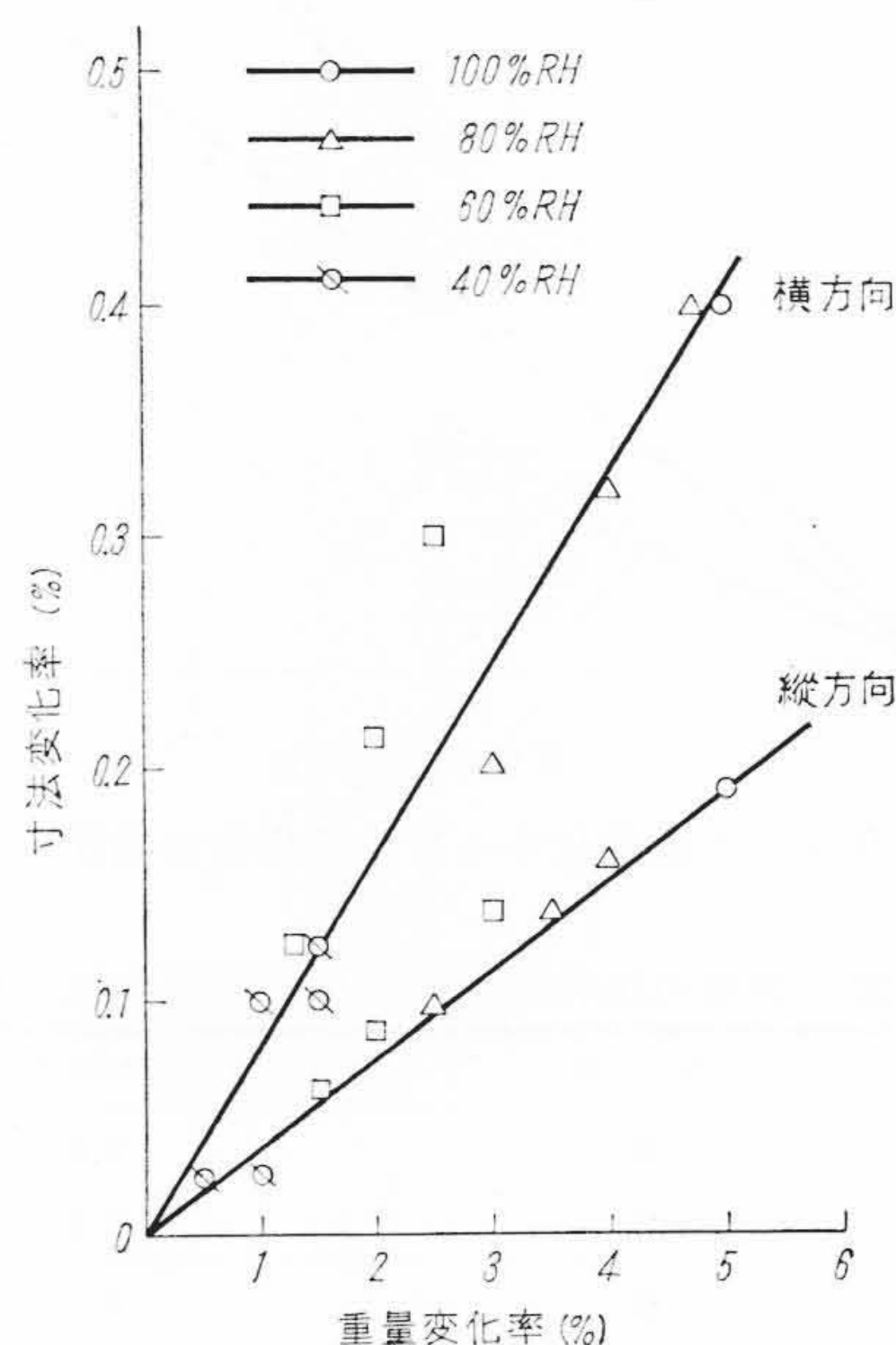
次にヒッターライトの吸湿に伴う寸法変化を検討した。第 12 図および第 13 図からわかるように、ヒッターライトは吸湿することによって膨張する。第 15 図は吸湿の場合の重量変化と寸法変化の対応関係を第 12, 13 図から求めて示した。これから単位重量変化率当りの寸法変化率を求めると、縦方向は 0.04%，横方向は 0.08% となり、第 4 表の脱湿の場合に比べてかなり小さい値である。また含水率が飽和値に近づくと単位重量変化率当りの寸法変化率も小さくなる傾向にあることを確認した。

4. 湿度を一定に保ち温度を変えた場合の寸法変化と重量変化の関係

高温におけるヒッターライトの吸湿現象を検討するため、一定の湿度条件のもとで温度を変えて吸湿させた場合のヒッターライトの寸法と重量の変化を測定した。湿度はデシケーター内の湿度調整の都合から、相対湿度を 100%一定とし温度を 40, 60, 80°Cと変えて試料を吸湿させ第 16, 17 図に示す結果を得た。図からわかるよ



第 14 図 ヒッターライトの平衡含水率と相対湿度の関係



第 15 図 寸法変化率と重量変化率の関係

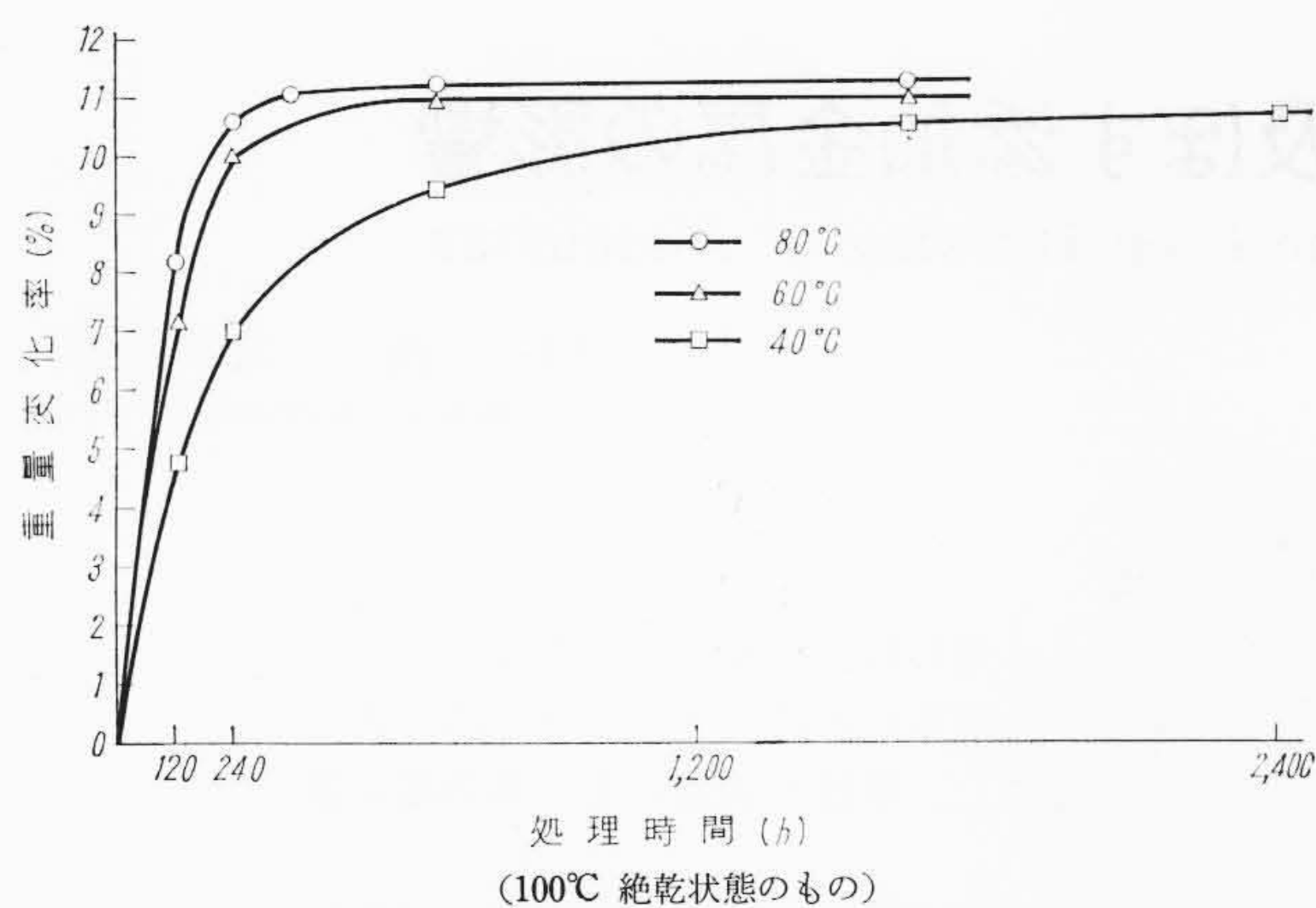
第 7 表 拡散係数と飽和吸湿量 (3)

温 度	拡散係数 (cm ² /h)	飽和吸湿量 (%)
常温 (12～17°C)	4.5×10 ⁻⁶	10.5
40°C	9.2×10 ⁻⁶	10.8
60°C	1.5×10 ⁻⁵	11.0
80°C	1.9×10 ⁻⁵	11.3

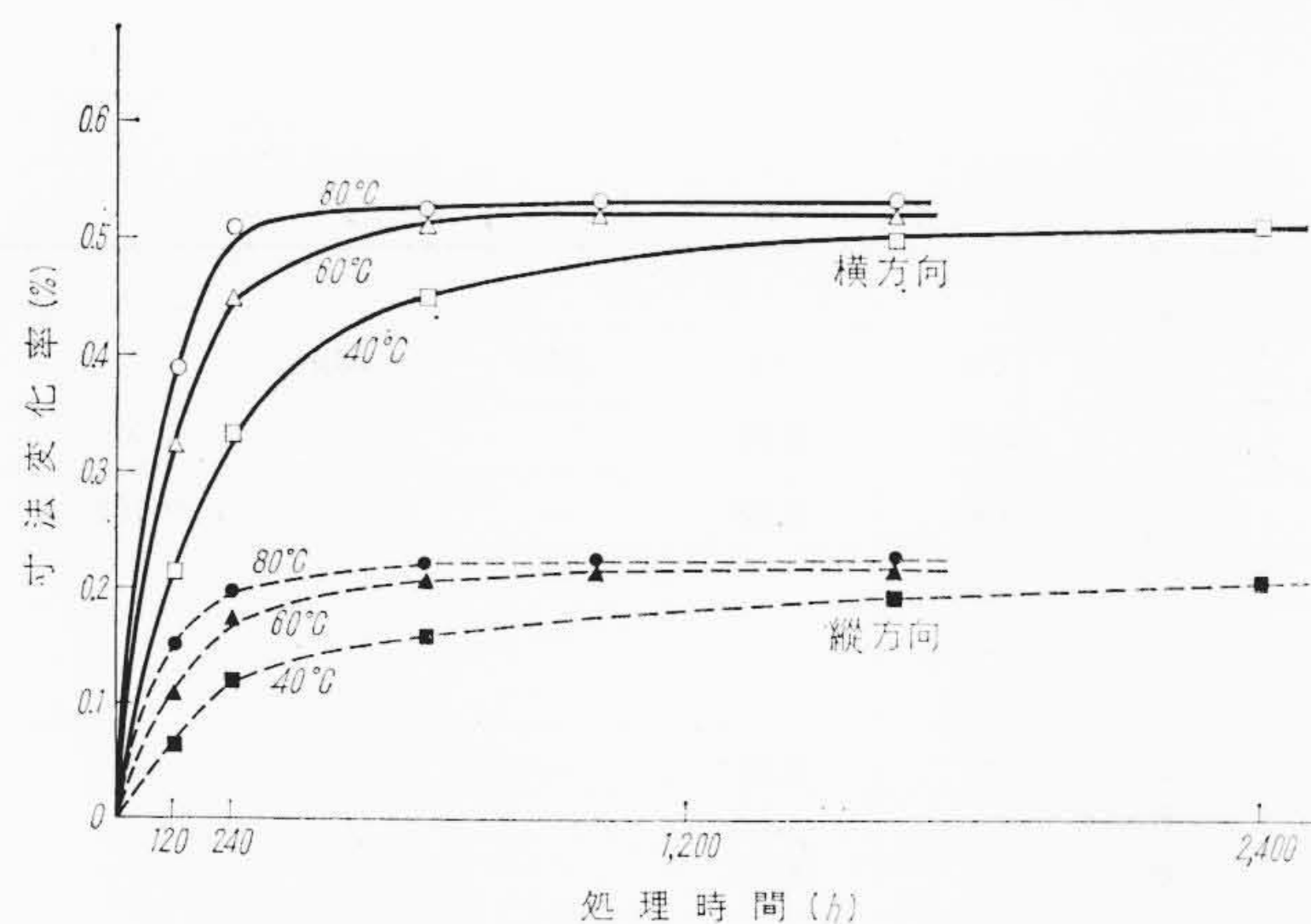
うに高温となるにしたがって、ヒッターライトの吸湿速度は早くなるが、飽和吸湿量は温度によってあまりかわらない。第 7 表はこの場合の拡散係数と飽和吸湿量の関係を示す。この場合にも拡散係数の対数と絶対温度の逆数とは直線関係にある (第 18 図)。第 18 図の直線関係より活性化エネルギーを求めると 4.6 kcal/mol となって脱湿の場合の活性化エネルギーより小さい値となった。第 19 図は第 16, 17 図を寸法変化と重量変化の対応関係に書き改めたもので、これから単位重量変化率当りの寸法変化率を求めると縦方向で 0.018%，横方向で 0.048% という値が得られた。

5. 結果の検討

(1) 常温処理二種、加熱処理二種の脱湿条件で長時間処理し、



第16図 高温吸湿特性



第17図 高温高湿処理による寸法変化特性

恒量となる条件を求めた結果、常温で脱湿処理した場合の脱湿飽和値は二種の処理条件でもほぼ同様な数値を示したが、加熱処理した場合は温度が高いほど減量率が多くなることを認めた。したがって標準絶乾条件は常温で設定するのが適当である。

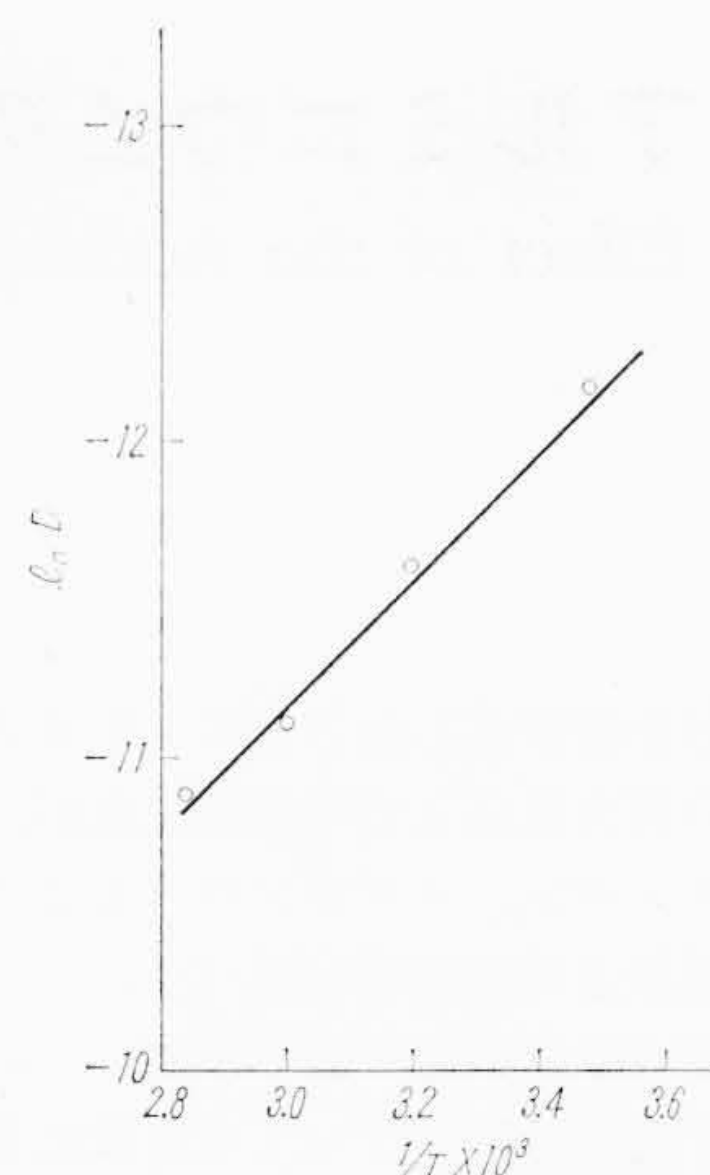
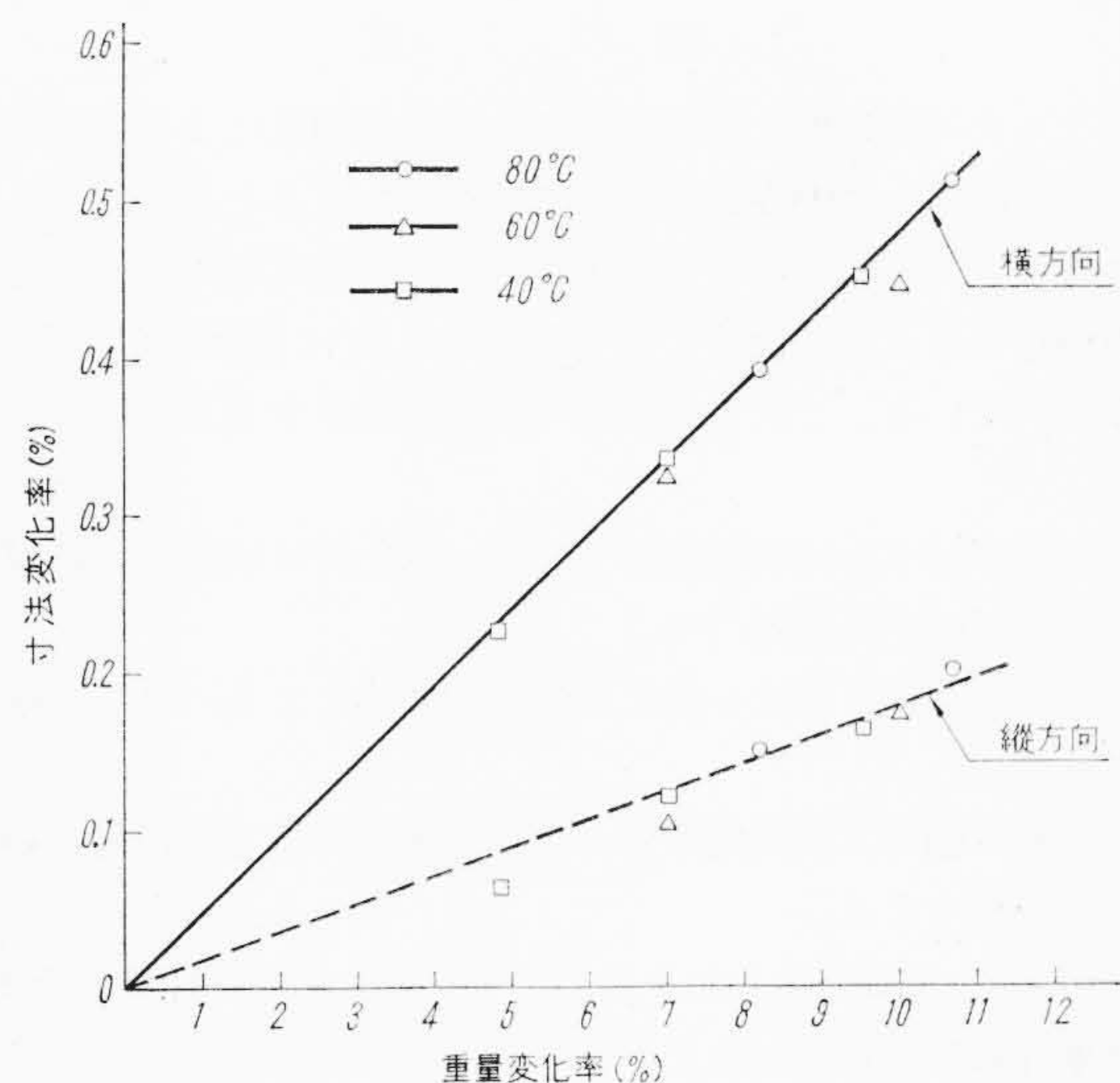
(2) 常温脱湿と100°C加熱処理との二種の条件で絶乾状態に脱湿したものを40, 60, 80, 100% RHの湿度条件で吸湿した場合の吸湿重量増加および寸法膨張はほぼ同じ傾向を示し、脱湿乾燥条件の相違による影響はあまり認められなかった。

加熱処理条件の差異により重量減少および寸法変化特性に差異を示すのは、熱硬化性樹脂製品の一般特性であるが、ヒッターライトのような紙を基材とする合成樹脂積層品では吸湿による重量増加、寸法膨張変化率は基材の吸湿性の影響を受けることが認められた。

(3) 吸湿現象に対する温度の影響を40~80°Cの範囲で実験した結果では、同一湿度条件のもとでは処理温度が高いほど初期の吸湿速度は大きい、吸湿飽和値は温度の高低にあまり関係なくほぼ一定となることを確認した。したがって短時間で吸湿飽和させるには60~80°Cで吸湿処理させることが有効である。また処理湿度条件とヒッターライトの平衡水分の関係が求められた。

6. 結 言

日立メラミンプラスチック化粧板ヒッターライトの吸脱湿特性について絶乾状態の究明と、絶乾状態をもとにした吸湿現象、温度、

第18図 $\ln D$ と $\frac{1}{T}$ の関係 (2)

第19図 吸湿膨張の場合の重量変化と寸法変化の関係

湿度条件を変化した場合の吸湿現象を検討し、その定量的関係を明らかにした。

これらの実験結果より吸脱湿に関する拡散係数を算定し、また吸脱湿による重量変化と寸法変化との関連性を明らかにした。

本報告に述べた諸事項は、ヒッターライトのみに関するものでなく紙基材合成樹脂積層板の吸脱湿現象解明にも参考となるものと信ずる。

終わりに本研究に種々ご指導、ご援助賜った日立製作所多賀工場、笠戸工場の関係者に謝意を表するものである。

参 考 文 献

- (1) 松井, 横野: 日立評論 41, 9, 69 (1959)
- (2) 河合: 日立評論 別冊 13, 85 (1956)
- (3) E. R. Hosler: J. F. Chivot, etc.: J. Chem. & Eng. Data, 5, 2, 164~168 (1960)
- (4) 松井: 日立評論 別冊 13, 63 (1956)
- (5) P. A. Small: J. Soc. Chem. Ind., 66, 17 (1947)