

熱硬化性レジンの内部気泡に関する研究

草 刈 玄 綿 谷 修 一
小 林 正 司 堀 田 多可良
亀 嶋 旬 子 嶋 倉 道 郎

新潟大学歯学部歯科補綴学第2教室（主任：草刈 玄教授）

（昭和51年11月13日受付）

Studies on Internal Bubbles in Thermosetting Resins

Haruka KUSAKARI, Shuichi WATAYA, Seiji KOBAYASHI, Takara HOTTA,
Junko KAMESHIMA, and Michio SHIMAKURA

Department of 2nd Prosthetic Dentistry, Niigata University School of Dentistry
(Director : Prof. Haruka Kusakari)

I 緒 言

歯冠修復材は、口腔内という特殊な環境で使用されるため物理化学的性質に優れ、しかも天然歯に近い色調が望まれる。

特に前歯部の歯冠修復材としての陶材の需要はめざましく、またその価値も認められているが、衝撃強さに劣る事などから、破折、その後の修理の困難性、さらに高価であるなど多くの問題を有する。

これに対し、従来の歯冠用レジンに比して、摩耗性、吸水性等の欠点に改善が認められる熱硬化性レジンとは、その衝撃強さに相俟って、比較的安価であるため広範囲に使用されつつあるが、多くの熱硬化性レジンはその色調の再現性が陶材に比して困難である。特に、天然歯特有の透明度の再現性に問題があると思われる。

透明度の再現性が不良である理由として、材質的問題と共に製作過程における内部気泡の発生が考えられる。

内部気泡は、色調、特に透明度においての関連が予想されると共に、内部気泡がその理工学的性質にどの様に関与しているか興味あるところである。

熱硬化性レジンの理工学的性質を追求した報告^{1~19)}は多いが、内部気泡の発生とその理工学的諸性質との関連について言及した報告はほとんどみられない²⁰⁾。

そこで今回、市販の4種の熱硬化性レジンについて、常圧下で作製した試験片における内部気泡を観察すると共に、減圧による脱泡を試み、常圧から2 mmHgまで5段階にわたって減圧を行ない、その脱泡効果を検討した。ついで、気泡の有無が吸光度、曲げ強さ、摩耗率および吸水量にどの様に影響するかを検討し、2, 3の知見を得たのでここに報告する。

II 実験材料および実験方法

1. 環境条件

試料の作製および測定は、本教室恒温恒湿室中において、室温20°C、相対湿度55%のもとで行なった。

2. 熱硬化性レジンの種類、操作法（表1、図1）

本実験に使用した材料は、市販の4種の熱硬化性レジンインサイザル色を使用した。

粉液比は、メーカー指示を重量比に換算し、パイル皿中に5分間のバイブレーションを与えて静かに攪拌した後、減圧を行ない、ついでスパチュ



図 1 熱硬化性レジンの種類

表 1 熱硬化性レジンの種類, 操作法

	種 類	秤 度 粉/液(g)	成 型 操 作 法	重 合 法
P	松風プラスチック (松風陶歯株式会社)	0.22/0.40	盛り上げ法	予 備 加 熱 130±5°C, 10分
N.P	新パイロプラス (イボクラール社)	0.42/0.42	盛り上げ法	予 備 加 熱 135~145°C, 10分
T	サーモジェル (L.D.コーク社)	1.50/1.13	盛り上げ法	予 備 加 熱 135°C, 10分
N.M	新メタレジン (和田精密歯研株式会社)	0.10/0.36	盛り上げ法	予 備 加 熱 3気圧, 133°C, 10分

ラにて築盛し、熱風下で3回予備重合を行なった。重合条件は、メーカー指示に従った。

3. 減圧方法

減圧による脱泡効果を観察するため、バキュームポンプに真空デシケーターおよび、U字型真空計(岡野製作所)を連結したものを作製した(図

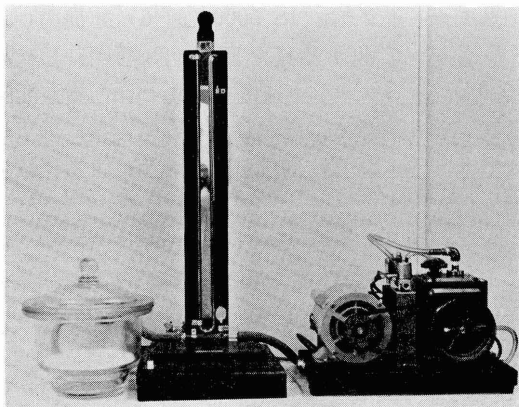


図 2 減 圧 装 置

2)。この減圧装置を用いてパイル皿中で混和されたレジン泥を760 mmHg, 300 mmHg, 100 mmHg, 60 mmHg, 20 mmHg, 2 mmHgの5段階にわたり、各々15分間の減圧を行なった。減圧終了後、真空デシケーターより取り出し、大気中にて10分間放置した後、各々の重合条件で重合を行なった。

4. 減圧度による脱泡効果

粉液混和後の内部気泡と、減圧後の脱泡効果を比較するため、パイル皿中にて5分間のバイブレーションを与えて静かに攪拌したものを各々5個づつ、760 mmHg, 300 mmHg, 100 mmHg, 60 mmHg, 20 mmHg, 2 mmHgの5段階にわたり、15分間減圧を行ない、真空デシケーターより取り出して大気中にて10分間放置した後、そのまま各々の重合条件で重合を行なった。

重合完了後、比重法により内部気泡を測定した後、内部気泡の状態を観察するため、ダイヤモンド

ドジスクにて試料の中央部を縦断し、JIS 規格 1200番のエメリーペーパーまで研磨を行ない、超音波洗浄後、酸化第二鉄を気泡中に塗り込んだ

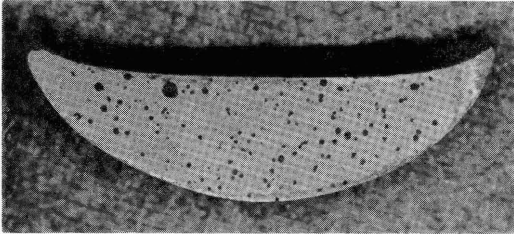


図 3 内部気泡

(図3)。ついで、試料の一定部位、一定面積 ($4.2 \times 2.8 \text{ mm}^2$) をオリンパス3眼実体顕微鏡にて写真撮影し、フィルムをメディカルビジョン上で8倍に拡大し透写したものを方眼紙法により数と面積の測定を行ない、減圧度による脱泡効果を比較検討した。

また面積の正確を期するため、ミリポア社製粒子自動測定計数システムにて相関性も検討した。

5. 脱泡効果と吸光度

760 mmHg, 300 mmHg, 100 mmHg, 60 mmHg, 20 mmHg, 2 mmHg の5段階にわたり各々5個づつ15分間減圧したバイル皿中のレジン泥を、スパチュラにて18—8鋼製金属金型 (図4-A)

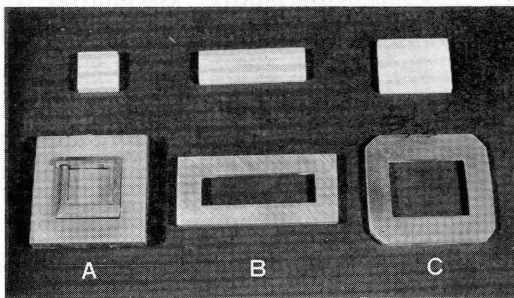


図 4 金型および試料

中に築盛し、3回の予備重合を行なった後重合し、重合後JIS規格1200番のエメリーペーパーまで研磨し、 $10.90 \times 10.90 \times 2.50 \text{ mm}$ ($\pm 20 \mu$) の試料を作製した。

ついで、OZMOR UV-51型濃度計 (図5) を用い、波長500 mμ, スリット0.2×5 mmのタングステン光を光源とし、Sensitivity 2, 試験片の光源

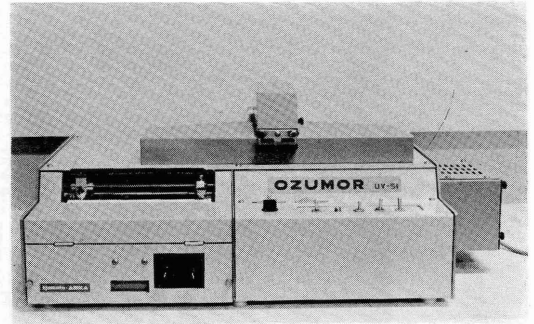


図 5 濃度計

通過速度20 mm/min, これらの条件で測定を行ない以下の式により吸光度を求め、減圧による差異を比較検討した。

$$E = -\log \frac{I}{I_0} \quad (\text{Lambert の法則})$$

$$E: \text{吸光度} \quad \frac{I}{I_0} = \text{透過度}$$

I_0 : 入射光の強さ

I : 透過光の強さ

6. 脱泡効果と曲げ強さ

試料は減圧度からみた脱泡効果より、気泡のある760 mmHg と、プラスチック20 mmHg, 新パイロプラスト2 mmHg, サーモジェル20 mmHg, 新メタレジンでは吸光度より差異のあった2 mmHgの条件を抽出し、各々5個づつKメタル製金属金型 (図4-B) 中にて重合し、 $30.00 \times 8.00 \times 2.00 \text{ mm}$ ($\pm 20 \mu$) まで1200番のエメリーペーパーにて調整し、作製後48時間恒温恒湿室中に放置したものを用いた。

島津オートグラフ IS 5000 (図6) を使用し、インストロン曲げ治具を取りつけ、ロードセル100 kg, クロスヘッド速度1 mm/min, 支点間距離20 mmの条件で曲げ試験を行なった後、以下の式で曲げ強さを求め内部気泡の多少による比較検討を行なった。

$$\text{曲げ強さ} = 3wL/2bh^2 \quad (\text{kg/cm}^2)$$

w : 破壊時の荷重 (kg)

L : 支点間距離 (cm)

b : 試料の幅 (cm)

h : 試料の厚さ (cm)

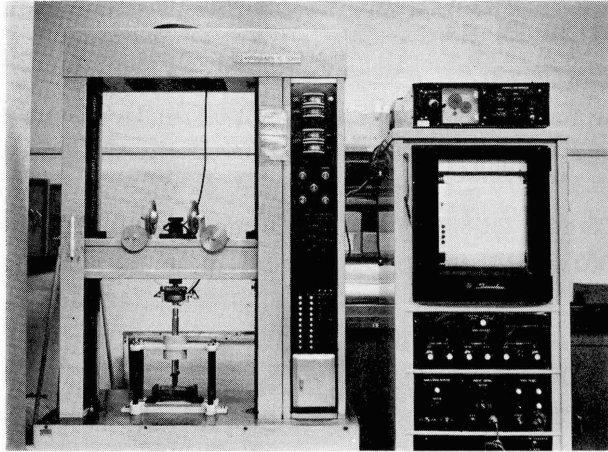


図 6 オートグラフ

7. 脱泡効果と摩耗率

脱泡効果のあるプラスチックと新パイロブラストの2つを抽出し、気泡のある760 mmHgと、少ないプラスチック 20 mmHg, 新パイロブラスト 2 mmHg について各々4個づつ、Kメタル製金属金型（図4-C）中にて重合し、600番のエメリーペーパーにて、 $20.00 \times 15.00 \times 2.50 \text{ mm}$ ($\pm 30 \mu$) まで調整し恒温恒湿室中にて48時間放置した。

試験機は、往復運動型歯ブラシ摩耗試験機（図7）を用い、ナイロン歯ブラシを2本装着させ、荷重 185 g でリン酸カルシウム基剤のペースト状歯磨剤 25 g づつを媒体とし、1分間80回（1往復を1回）の速さで3万回の摩耗回数を与えた後、重量法により測定した。

8. 脱泡効果と吸水量

吸光度と同様の金型を用い、気泡のある760 mmHgと減圧により脱泡効果のあったプラスチック 20 mmHg, 新パイロブラスト 2 mmHg, サーマージェル 20 mmHg, 新メタレジンについては吸光度より差異の認められた 2 mmHg を抽出し重合を行なった後、1200番のエメリーペーパーにて $10.90 \times 10.90 \times 2.50 \text{ mm}$ ($\pm 50 \mu$) まで調整した。

島津直示天秤 L-DT 型を用い、JIS 規格に従って脱水、吸水、計量を行ない、1日後、3日後、7日後、14日後、21日後の重量増加を求め吸水量を算出した。

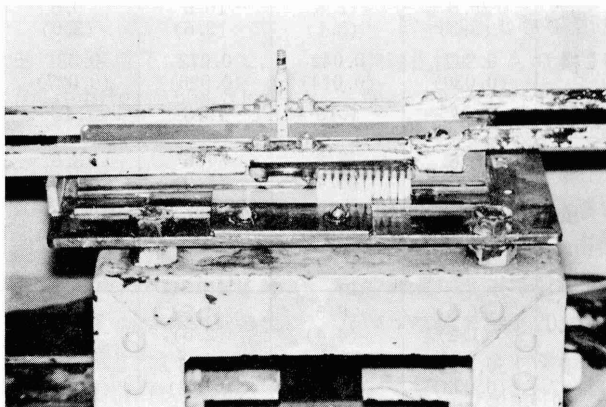


図 7 摩耗試験機

III 実 験 結 果

1. 減圧度による脱泡効果 (表 2)

(1) 気 泡 数

減圧度による気泡数の差異を表 2 に示した。プラスチック, 新パイロプラスト, サーモジェルは常圧において, 58.4個, 25.8個, 26.8個とかなりの気泡数がみられるが, 300 mmHg では常圧の $\frac{1}{2}$ 以下まで急激に減少した。

ついで, 減圧されるに従って徐々に気泡数の減少がみられ, プラスチック 20 mmHg で 1.2 個, 新パイロプラスト 20 mmHg で 6.4 個, サーモジェル 2 mmHg で 1.6 個と最も少ない気泡数を示した。

しかし, 新メタレジンでは常圧から 2 mmHg まで気泡数のばらつきはみられるが, 一般に上記 3 種に比して気泡数は少なく, 760 mmHg では 1.8 個とほとんどない事を示している。

(2) 気 泡 面 積

方眼紙法による気泡面積の測定では, 種類によ

り, 個々の気泡の大きさにもばらつきがみられ, 必ずしも一定した傾向を示さない。

減圧による脱泡効果を気泡数と比較して示すと, 視野中 11.760 mm² において, プラスチック 760 mmHg で 0.725 mm², 20 mmHg で 0.003 mm², 新パイロプラスト 760 mmHg で 0.242 mm², 20 mmHg で 0.034 mm², サーモジェル 760 mmHg で 0.179 mm², 2 mmHg で 0.003 mm² と気泡数と同様に気泡面積も類似して減少した。

新メタレジンでは, やはり全体に気泡面積が小さい傾向を示し, 760 mmHg で 0.004 mm² と最も小さい。

2. 脱泡効果と吸光度 (表 3)

Lambert の法則より吸光度から透明度を推察した。吸光度が高い程, 透明度は低いといことができる。

新メタレジンを除いては一般に減圧度が大きくなるにつれて吸光度は小さくなる傾向を示し, プラスチック 760 mmHg で 1.11, 20 mmHg で 0.84, 新パイロプラスト 760 mmHg で 1.05, 2 mmHg で

表 2 気泡数, 気泡面積, 比重 (): 標準偏差

種 類	実験項目	気圧 (mmHg)					
		760	300	100	60	20	2
P	気 泡 数	58.4 (5.0)	17.2 (2.2)	5.4 (3.5)	1.8 (1.0)	1.2 (1.0)	6.2 (3.2)
	気 泡 面 積 (mm ²)	0.725 (0.091)	0.214 (0.024)	0.033 (0.015)	0.012 (0.007)	0.003 (0.002)	0.034 (0.015)
	比 重	1.24	1.28	1.29	1.29	1.29	1.29
N. P	気 泡 数	25.8 (3.3)	12.8 (3.1)	10.6 (3.6)	9.6 (3.0)	6.4 (1.5)	6.8 (2.0)
	気 泡 面 積 (mm ²)	0.242 (0.030)	0.042 (0.014)	0.072 (0.026)	0.081 (0.027)	0.034 (0.015)	0.094 (0.030)
	比 重	1.17	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
T	気 泡 数	26.8 (5.0)	7.8 (3.4)	7.6 (3.0)	3.6 (1.5)	4.4 (1.8)	1.6 (1.0)
	気 泡 面 積 (mm ²)	0.179 (0.023)	0.026 (0.010)	0.007 (0.003)	0.007 (0.003)	0.003 (0.001)	0.003 (0.002)
	比 重	1.21	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
N. M	気 泡 数	1.8 (1.2)	6.5 (4.4)	4.5 (2.6)	1.6 (1.8)	2.8 (1.9)	5.4 (0.9)
	気 泡 面 積 (mm ²)	0.004 (0.003)	0.086 (0.054)	0.055 (0.022)	0.014 (0.015)	0.007 (0.003)	0.018 (0.006)
	比 重	1.17	1.15	1.17	1.15	1.13	1.16

表 3 吸 光 度 (): 標準偏差

種 類 \ 気圧 (mmHg)	760	300	100	60	20	2
P	1.11 (0.06)	1.04 (0.07)	1.05 (0.09)	0.97 (0.07)	0.84 (0.03)	0.99 (0.03)
N. P	1.05 (0.04)	1.03 (0.02)	1.04 (0.02)	1.03 (0.03)	1.03 (0.02)	0.98 (0.03)
T	1.41 (0.04)	1.41 (0.05)	1.43 (0.01)	1.35 (0.07)	1.34 (0.05)	1.36 (0.01)
N. M	0.27 (0.06)	0.30 (0.11)	0.26 (0.04)	0.29 (0.05)	0.28 (0.07)	0.04 (0.03)

0.98, サーモジェル760 mmHg で 1.41, 120 mm-Hg で1.34であった。

しかし, 新メタレジンは760 mmHg から 20 mmHg まで 0.26から 0.30の値を示しているが, 2 mmHg において 0.04 と吸光度は急激に減少した。

3. 脱泡効果と曲げ強さ (表 4)

表 4 曲げ強さ (): 標準偏差

種 類	気 圧 (mmHg)	曲 げ 強 さ (kg/cm ²)
P	760 20	668.5 (68.1) 837.5 (57.2)
N. P	760 2	873.1 (168.1) 1135.3 (131.9)
T	760 20	1022.4 (110.5) 1126.0 (93.1)
N. M	760 2	774.0 (90.1) 915.6 (92.2)

脱泡効果から抽出した 2 つの条件下において, 気泡の多いプラスチック760 mmHg で 668.5 kg/cm², 少ない20 mmHg で837.5 kg/cm² と曲げ強さは, あきらかに有意差があり増大した。

同様に, 新パイロプラス760 mmHg で 873.1 kg/cm², 2 mmHg で 1135.3 kg/cm², サーモジェル760 mmHg で1022.4 kg/cm², 20 mmHg で 1126.0 kg/cm² と気泡の少ないものが多いものより曲げ強さにおいては高い値を示した。

また新メタレジンでは, 760 mmHg で 774.0 kg/cm², 2 mmHg で915.6 kg/cm² を示した。

4. 脱泡効果と摩耗率 (表 5)

表 5 摩耗率 (): 標準偏差 単位: %

種 類 \ 気圧 (mmHg)	760	20	2
P	0.43 (0.07)	0.35 (0.06)	
N. P	1.32 (0.22)		1.13 (0.22)

成分的に異なる 2 種を抽出したが, プラスチック760 mmHg で0.43%, 20 mmHg では0.35%と低い摩耗率を示した。

対して, 新パイロプラス760 mmHg では 1.32%, 2 mmHg では 1.13%と, プラスチックに比して高い摩耗率を示した。

両者共に気泡の少ない方が低い摩耗率を示す傾向があった。

5. 脱泡効果と吸水量 (表 6)

熱硬化性レジンの多くの報告^{10,12,13,22)}にみられる様に, 浸水後 1 日で21日後の吸水量の $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ に相当する吸水を示し, 3 日後までは急激な吸水を続け, 約 7 日後で安定化する傾向を示した。

21日後では気泡の多い760 mmHg において, プラスチック2.63 mg/cm², 新パイロプラス1.02 mg/cm², サーモジェル2.27 mg/cm², 気泡の少ないプラスチック 20 mmHg では2.69 mg/cm², 新パイロプラス 2 mmHg で1.24 mg/cm², サーモジェル20 mmHg で2.39 mg/cm² と, 内部気泡による差異はあまり認められなかった。

表 6 吸 水 量 (): 標準偏差 単位: (mg/cm²)

種 類	気 圧 (mmHg)	1 日 後	3 日 後	7 日 後	14 日 後	21 日 後
P	760	0.92 (0.01)	1.15 (0.01)	2.17 (0.05)	2.50 (0.09)	2.63 (0.04)
	20	0.84 (0.02)	1.18 (0.03)	2.00 (0.05)	2.63 (0.04)	2.69 (0.05)
N. P	760	0.30 (0.07)	0.60 (0.07)	0.82 (0.06)	0.97 (0.07)	1.02 (0.06)
	2	0.48 (0.06)	0.78 (0.06)	1.00 (0.08)	1.16 (0.09)	1.24 (0.11)
T	760	0.88 (0.03)	1.39 (0.03)	1.87 (0.02)	2.09 (0.04)	2.27 (0.03)
	20	0.94 (0.03)	2.00 (0.05)	2.03 (0.07)	2.27 (0.07)	2.39 (0.07)
N. M	760	0.42 (0.02)	0.68 (0.04)	0.87 (0.03)	0.96 (0.04)	1.14 (0.04)
	2	0.37 (0.02)	0.50 (0.01)	0.54 (0.02)	0.52 (0.02)	0.58 (0.03)

新メタレジンにおいては760mmHgで1.14mg/cm², 2mmHgで0.58mg/cm²と、極端な違いを示した。

IV 総 括, 考 察

近年, ポーセレン・ジャケット冠, 陶歯前装冠など陶材を用いた歯冠修復物は, 審美的要求の強い前歯部, 小臼歯部に頻繁に使用されているように, 陶材は耐摩耗性, 色調再現性など多くの長所を有している。反面, 衝撃強さに劣る, 高価であるなどの欠点も指摘されている。一方常に陶材と対比して考えられている歯冠用レジンについては, 従来のレジンの欠点である摩耗性, 吸水性, 温度膨縮などを補うべく熱硬化性レジンが開発され, その臨床的価値も次第に認められつつある。

しかし, その理工学的性質はまだ十分でなく, 色調においてもさらに検討が必要であると考ええる。特に色調については, その重合過程における内部気泡が大きく関連して来るものと考えられるが, その適当な脱泡方法が見当たらない。

今回, 減圧による熱硬化性レジンの混和過程における脱泡方法を考案し, さらに内部気泡と熱硬化性レジンの理工学的性質との関連について検討した。

1. 脱 泡 効 果

1) バイブレーションの効果

粉液の混和に際しては, スパチュラ, あるいは筆で攪拌する方法が用いられているが, 可及的に静かに, しかも十分攪拌したものが気泡の封入も少なく, 粉に液を十分浸透させまた色素むらも少ないと考えられる。

そこで, パイル皿中で5分間のバイブレーションを与え, スパチュラにて静かに攪拌したものと, 通法に従いスパチュラにて攪拌したものを重合し, 比較検討した。

5分間のバイブレーションを与えたものは, 比較的気泡も少なく, 色素むら等も少ない傾向を示した。

2) 減圧時間および減圧度について

減圧時間および減圧度は脱泡効果を決定する大きな因子と思われる。

予備実験として, 減圧時間を10分間, 15分間, 20分間の3条件を決定し, 減圧度を760mmHg, 500mmHg, 400mmHg, 300mmHg, 200mmHg, 100mmHg, 80mmHg, 60mmHg, 40mmHg, 20mmHgの10段階を選び, 各々5個ずつ計140個の試料を作製し, 気泡観察を行なった。

10分間の減圧時間においては, 脱泡効果は少なく, 表面の気泡が脱泡されるにすぎないが, 15分間では効果は高まり, また減圧度が増すにつれて

脱泡効果も変化する。20分間の減圧時間では15分間とほぼ同じ結果を示した。

減圧度による脱泡効果は300 mmHg で急激な効果を示し, 100 mmHg 以下で著明な効果を示した。以上より減圧時間は可及的に短い方が好ましく 15

られ, 通法による作製法ではさらに多数の内部気泡が存在することが予想される。

内部気泡の封入には, 材質的には粉液の相溶性, ポリマーの形状, 無機質フィラー²¹⁾等の添加物の影響も考えられるが, 熱硬化性レジンにおい

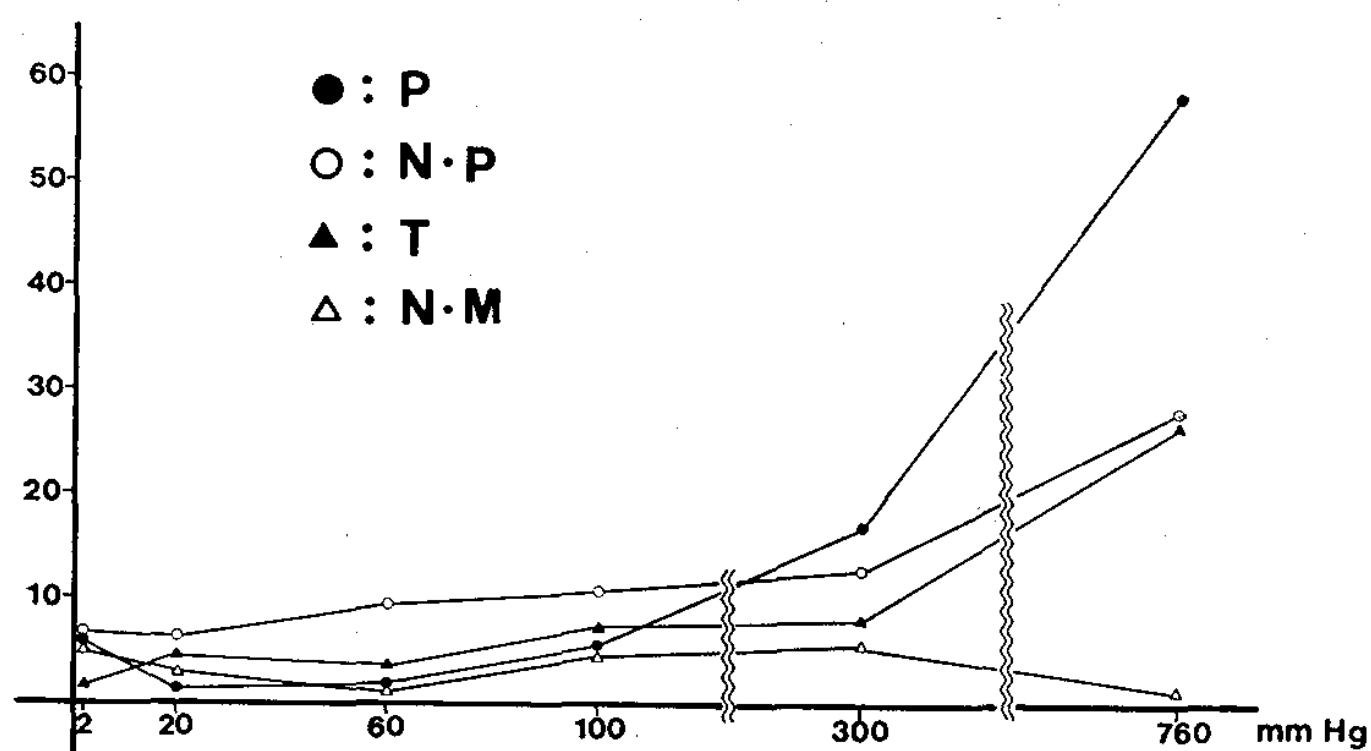


図 8 気 泡 数

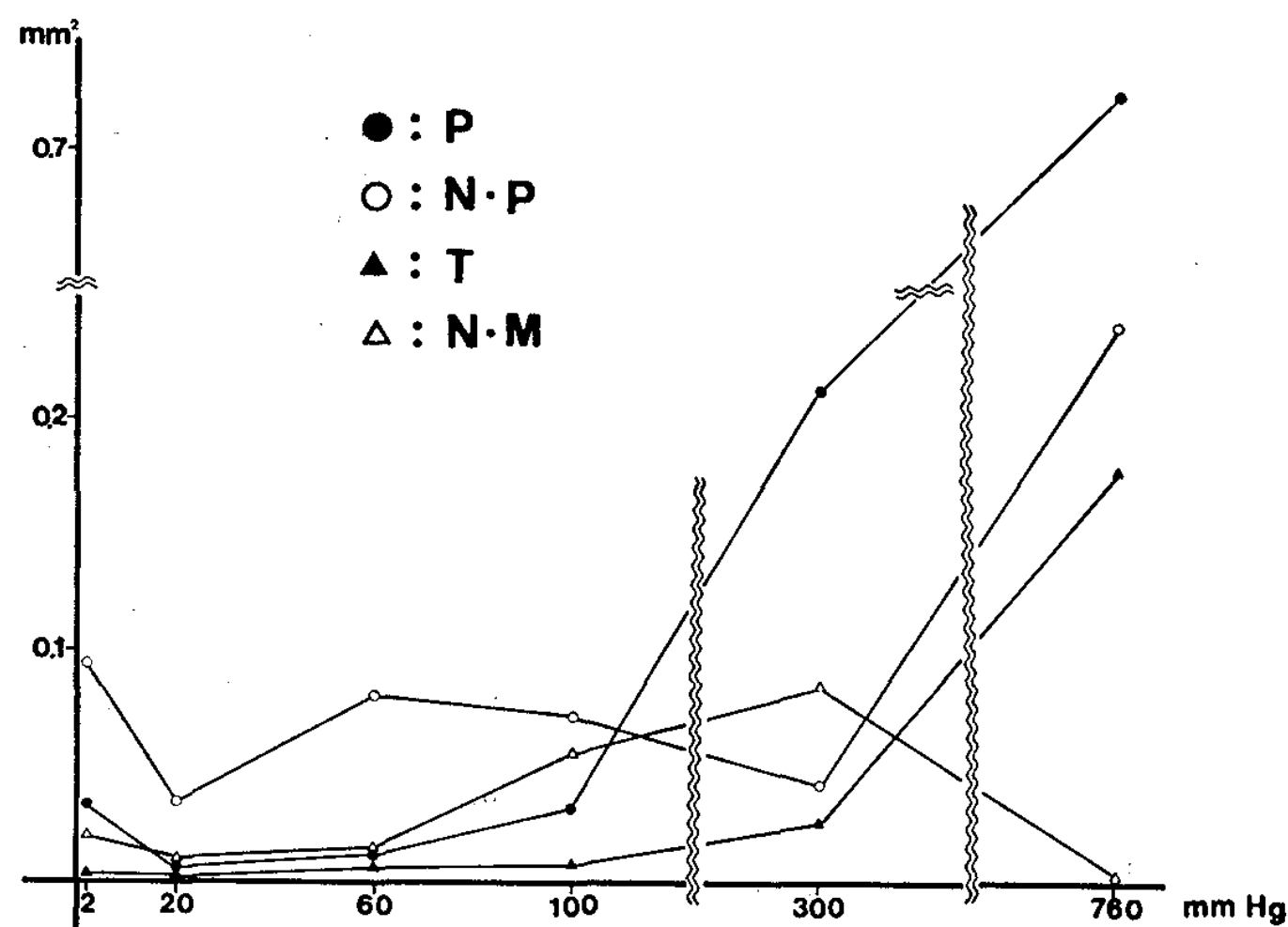


図 9 気 泡 面 積

分間を設定し, 減圧度は脱泡効果より, 760 mm-Hg, 300 mmHg, 100 mmHg, 60 mmHg, 20 mmHg とし, 下限を追求する意味で 2 mmHg を付加した。

3) 各種熱硬化性レジンの減圧度による脱泡効果について (図8, 図9)

熱硬化性レジンの内部気泡は, 粉と液とのヌレが悪いなどの材質的な問題で, 粉液混和時, 築盛時, 重合時の封入が考えられるが, 築盛時, 重合時の封入は術者の技術により, かなり避ける事が可能²²⁻²⁴⁾である。

そこで粉液混和後の気泡を観察するために, パイル皿中で混合した状態で重合を行なった。

重合されたレジンの内部気泡の測定に際し, 浮力法にもとづいた比重測定で判定する方法^{25,26)}と, 表面あるいは断面による気泡数(量)で判定する方法²⁷⁾がある。全体の体積比の数%という内部気泡において, その増減を比較する際, 比重法で判定するのはきわめて困難であり, 誤差も生じやすい。そのため, 脱泡効果を観察しやすい縦断面による気泡数及び面積の比較を行なった。

常圧下で重合したものでは, プラスチック, 新パイロプラスト, サーモジェルに多数の気泡がみ

ては, その相溶性は比較的悪く, 気泡の封入される可能性は大きいとも言える。

常圧下においては, 気泡はその縦断面で一様に存在し, 重合収縮等による影響は少なく, 材質的影響等が大きく出ているものと思われる。

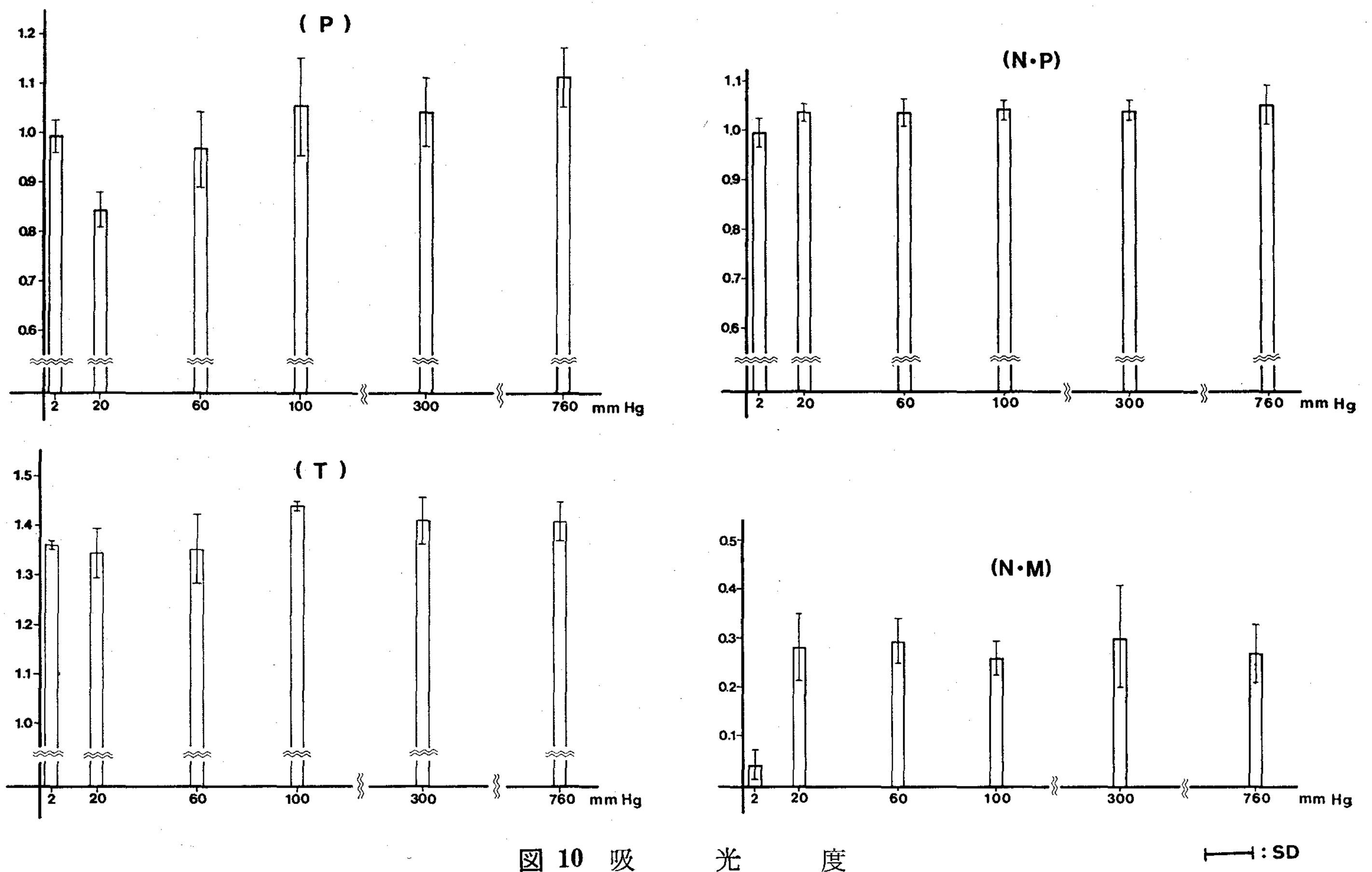
減圧による脱泡効果には, 混和したレジン泥の粘稠度が影響しているとも考えられる。

比較的粘稠度の低いプラスチック, サーモジェルではその脱泡効果も減圧に従い急激であり, 気泡数は急減するが, 粘稠度の比較的高いと思われる新パイロプラストでは, その脱泡効果はみられるものの, 前者等に比して著明な効果は示さない。

プラスチックにおいて 2 mmHg で気泡数がやや増加する様子がみられるが, これは無機質フィラーなどの不純物による沸騰に起因する気泡発生とも思われる。

新メタレジンでは混和したレジン泥は, 減圧による脱泡効果もあると思われるが, 3気圧という加圧加熱重合方式のため, 重合の過程で気泡が排除されたと考えられる。

気泡面積からみた脱泡効果は, 気泡数とほぼ類似する様な傾向を示すが, 気泡の大きさにばらつ



きがみられるプラスチック、新パイロプラスト等にはその影響があらわれ、気泡数の傾向と比較してややばらついた値を示している。ミリポア社製粒子自動測定計数システムによる検討でも、方眼紙法による面積測定とほぼ同じ傾向を示した。

比重測定では、その内部気泡量は常圧から急激な変化をみせる 300 mmHg において、あきらかに有意差を示したが、それ以上の減圧度では 300 mmHg と比して急激な脱泡効果がないため、有意差としてはあらわれていないと思われる。

2. 脱泡効果と吸光度について (図10)

本実験においては、選択されたインサイザル色によりそれぞれ4種とも透明度が異なるため4種間の比較はできない。

試料内部に気泡を含むと、入射光の吸光は増加し、吸光度は高い値を示し、透明度は低下する。また色素むら等も吸光度に多大な影響を及ぼすものと思われる。

プラスチックでは、気泡数と関連する傾向を示し、常圧で最大、20 mmHg で最少の吸光度を示

し、減圧につれて透明度は増加する。これは、著明な脱泡効果と、比較的色素むらのない均一した試料のためであろう。

新パイロプラスト、サーモジェルには、ばらつきはみられるものの気泡数が著明に減少すれば、吸光度は低下し、透明度は上昇すると思われる。

新メタレジンにおいては、2 mmHg で急激な吸光度の低下がみられるが、内部的に吸光度を低下させる様な何らかの変化が生じたとも考えられ、今後さらに追求する予定である。

3. 脱泡効果と曲げ強さについて (図11)

今回は内部気泡による影響が、圧縮、引張りの両方にあらわれると考え、曲げ強さを示した。

曲げ強さには気泡の数、大きさ、位置が複雑に影響しあうものと考えられるが、同一熱硬化性レジンにおいては、内部気泡の少ないものが、多いものより曲げ強さは高い値を示す。プラスチックでは、脱泡効果が著明にあらわれ、曲げ強さにも有意差をもって示されている。新パイロプラスト、サーモジェルにもその傾向がみられ、内部気

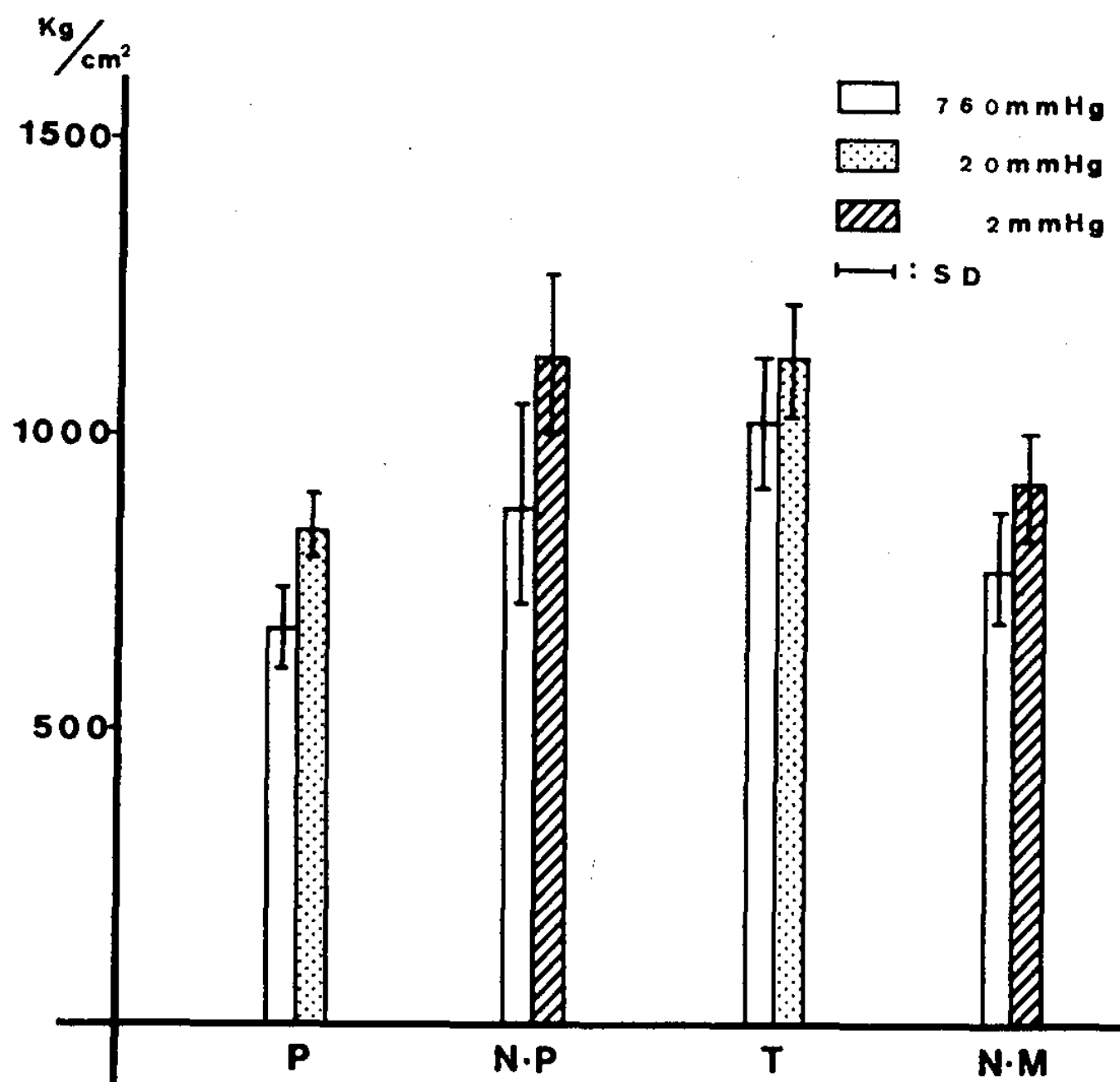


図 11 曲 げ 強 さ

泡の多少が、曲げ強さに影響しているものと思われる。

プラスチックは、他三者に比してやや低い曲げ強さを示したが、耐摩耗性の向上のため無機質フィラーを多く含有している事が原因と考えられる。

4. 摩耗率について (図12)

摩耗率は、熱硬化性レジン材の材質的内容により左右されると思われるが、その内部気泡が多数の場合は影響をうけるとも考えられる。すなわち歯磨材が気泡に入り込み、摩擦抵抗の増大により摩耗率が上昇すると思われる。プラスチック、新パイロプラストの両者では、ともにはっきりした有意差は示さないが、気泡の少ない試料において摩耗率の低下がみられた。

両者の摩耗率においては、無機質フィラーを多く含有させ耐摩耗性の向上をはかっているプラスチックの方が、新パイロプラストに比して明らかに低く、材質的差異が著明に出ているものと思われる²⁸⁻³⁰⁾。

今回は、重量法による比較を示したが、アラサ法ではさらに摩耗の表面状態も観察でき、より明瞭な差がでるとも考えられる。

5. 脱泡効果と吸水量について (図13)

吸水量は変色³¹⁾、材質的劣化の点からも興味あ

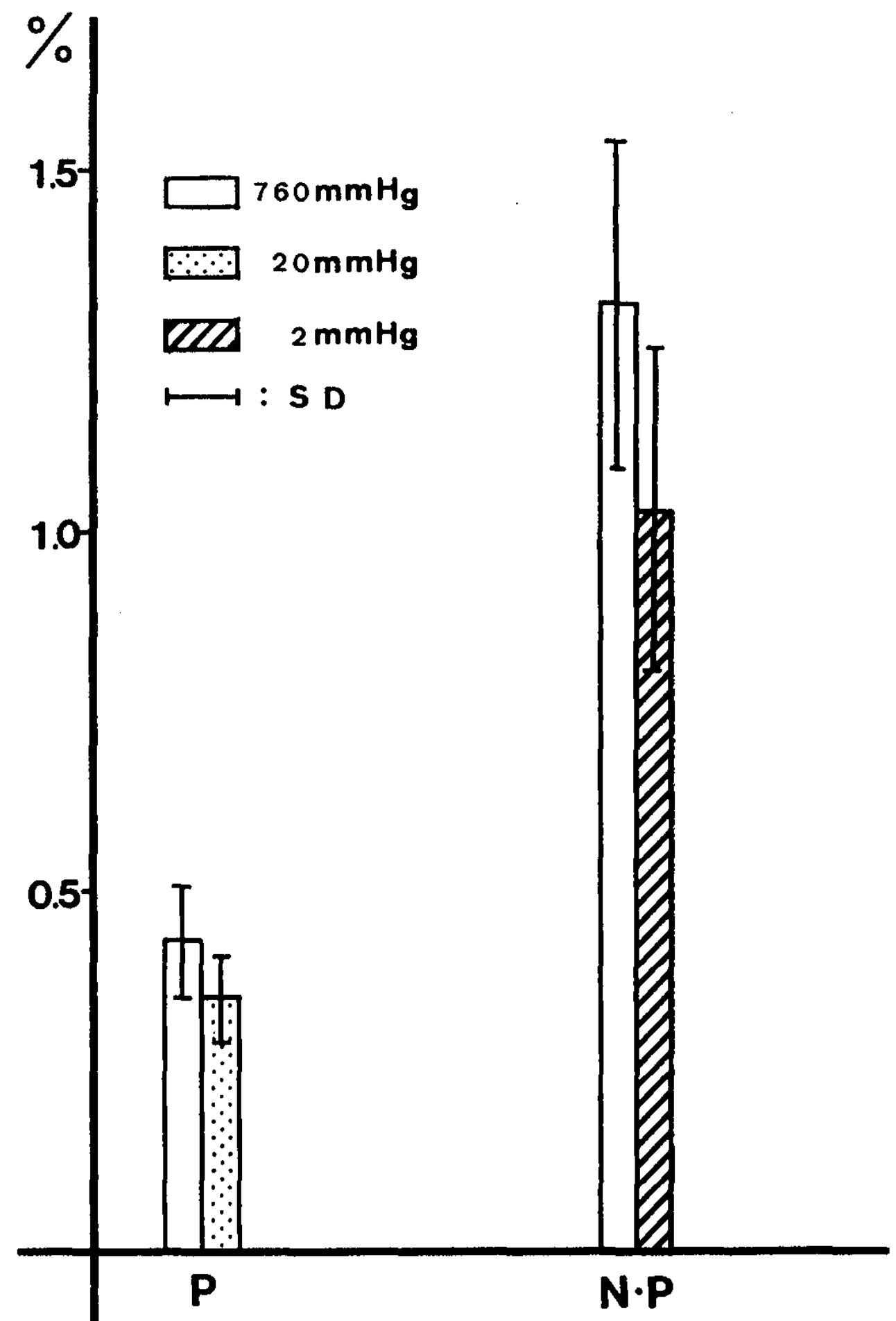


図 12 摩 耗 率

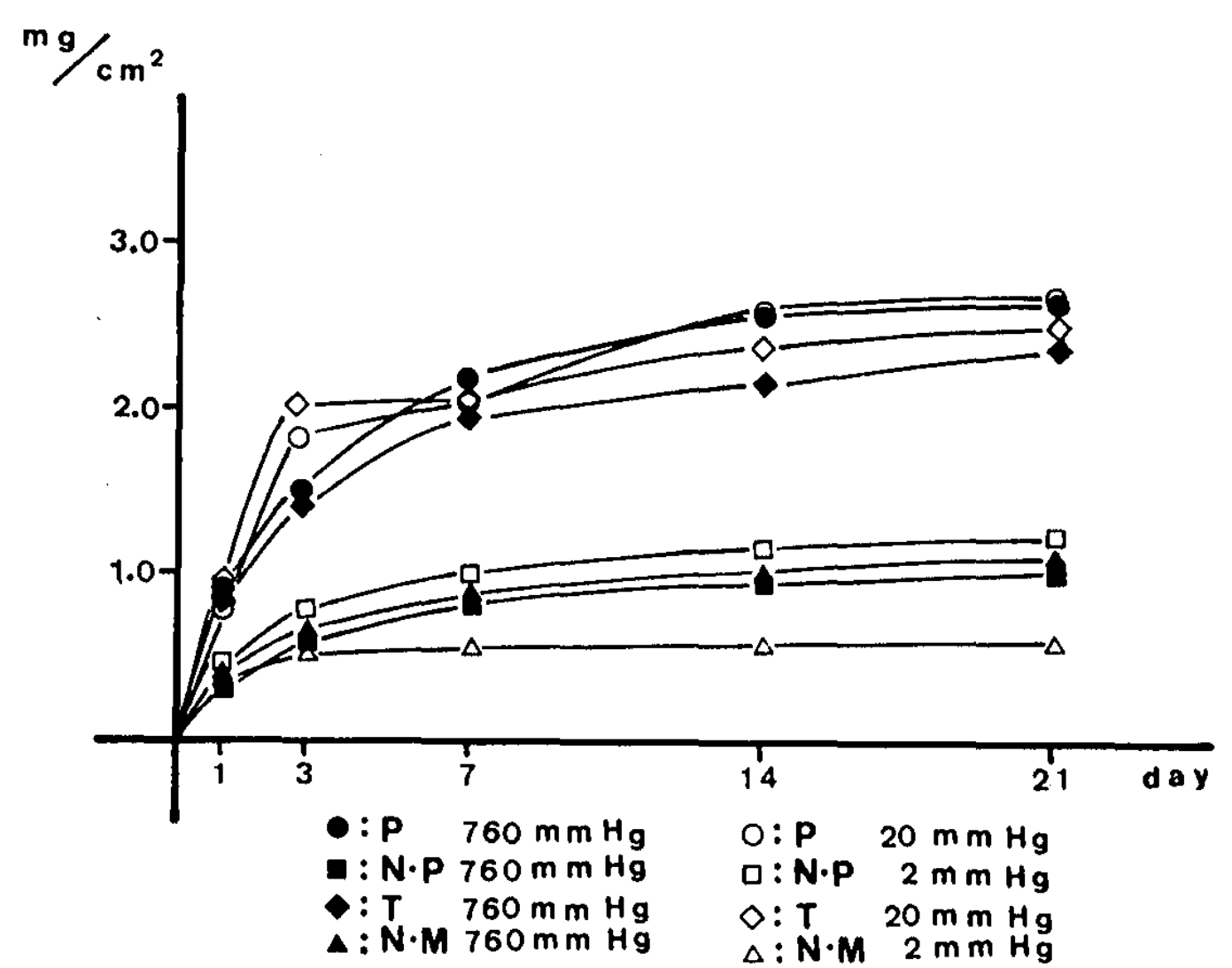


図 13 吸 水 量

るところと思われるが、モノマーの成分により大きく左右される。

多くの報告^{1,10,12,13)}にみられる様に、プラスチック、サーモジェルは吸水量も多く、ついで新メタレジン、新パイロプラストが比較的少ない。こ

れはモノマーに親水性基をもつものが吸水量の多い結果を示しており、さらに同一熱硬化性レジンにおいても、内部気泡の多少が吸水量に影響をおよぼさないことから、成分的要素が吸水量に大きく出ているものと思われる。

新メタレジンの2 mmHgにおいては、常圧のものより約 $\frac{1}{2}$ 程度の吸水量を示したが、これは吸光度、曲げ強さにも常圧と異なった結果を示しており、同様に今後の追求を行なう予定である。

V 要 約

今回は熱硬化性レジンの内部気泡を追求し、内部気泡が色調の再現、さらに理工学的性質にも影響をおよぼしているのではないかと考え、減圧法による脱泡を試みるとともに、吸光度、曲げ強さ、摩耗率、吸水量について内部気泡の多少による比較検討を行なった。

1. 通法により製作した熱硬化性レジンでは、プラスチック、新パイロプラスト、サーモジエルに多数の内部気泡を認めた。新メタレジンでは内部気泡は少なかった。

2. 減圧法による脱泡効果は、プラスチック、新パイロプラスト、サーモジエルに認められ、特に15分間の減圧を行なったプラスチック20 mmHg、新パイロプラスト20 mmHg、サーモジエル2 mmHgにおいて最も効果がみられた。

3. 吸光度は脱泡効果が著しい上記の条件で低い値を示した。

4. 曲げ強さにおいては内部気泡の少ないものがより高い値を示した。

5. 摩耗率では内部気泡の少ないものが比較的低い値を示した。

6. 吸水量においては成分的差異があらわれ、内部気泡の多少による差異は認められなかった。

7. 新メタレジンでは吸光度、曲げ強さ、吸水量において、2 mmHgで15分間減圧したものは常圧で重合されたものと異なる結果を示した。

稿を終るにあたり、本実験に際し多大なる御助力をいただいた新潟大学歯学部理工学教室、生化学教室の教室員の皆様、および松風陶歯製造株式会社研究所の皆様に深く感謝致します。

文 献

- 1) 平沢 忠, 他: 歯冠用レジンをテストする, DE, 7: 18-27, 1968.
- 2) Henry L. Lee, Jr., et al.: Physical Properties of Four Thermosetting Dental Restorative Resins, J. D. Res., 48(4): 526, 1969.
- 3) 増原英一: 歯冠用熱硬化性レジン, DE, 14: 16-17, 1970.
- 4) 中沢 靖, 他: レジン外装鑄造冠, 歯界展望, 36: 633-637, 1970.
- 5) 増原英一: 熱硬化性メタクリルレジン, 歯界展望, 36(4): 644-651, 1970.
- 6) 熱田 充: 歯冠用熱硬化性メタクリル樹脂に関する研究 (I) ビスフェノール-Aジメタクリレート共重合体の理工学的性質, 歯理工誌, 11(22): 214-223, 1970.
- 7) 熱田 充, 他: 硬質メタクリル樹脂の研究 (I) 高密度に橋かけしたメタクリル樹脂の性質について, 歯理工誌, 10(18): 52-60, 1969.
- 8) 熱田 充: 歯冠用熱硬化性メタクリル樹脂に関する研究 (II) ビスフェノール-Aジメタクリレート共重合体のジャケットクラウンとしての適合精度, 歯理工誌, 11(22): 224-230, 1970.
- 9) 熱田 充, 他: 硬質メタクリル樹脂 (IV) — ヒドロキノンジメタクリレート共重合体の物理的性質, 歯理工誌, 12(25): 221-224, 1971.
- 10) 増原英一, 他: 歯冠用熱硬化性メタクリル樹脂, 口病誌, 38(3): 1-7, 1971.
- 11) 正慶康雄: アルキレンジメタクリレートを架橋剤とした歯科用レジンに関する基礎的研究, 材器誌, 25: 118-133, 1971.
- 12) 長沢 享, 他: 歯冠用熱硬化性メタクリル樹脂の物理的性質に関する研究, 補綴誌, 17(1): 21-32, 1972.
- 13) 内山洋一, 他: 歯冠用硬質レジンの現状とその将来性, 歯界展望, 42: 899-902, 1973.
- 14) 安田 登: 歯冠用熱硬化性樹脂の研究 (I) 多官能性メタクリレート共重合体の理工学的性質について, 歯理工誌, 16(34): 8-18, 1975.
- 15) 安田 登: 歯冠用熱硬化性樹脂の研究 (II) 新しい硬化レジンシエルの作製法と理工学的性質について, 歯理工誌, 16(34): 19-24,

- 1975.
- 16) 久保正明: 歯冠修復用レジンの開発に関する基礎的研究—架橋ポリマーおよびそれを芯とした PMMA マイクロカプセル粉の機械的性質について—, 材器誌, **31**(3): 151, 1974.
- 17) 上谷憲一: 側鎖に官能基を持つメタクリレート of 基礎的研究 Poly-2-cyano ethyl methacrylate の基礎的物性について, 材器誌, **31**(3): 139-150, 1974.
- 18) 橋田博文, 他: 走査電子顕微鏡による各種補綴用材料の観察 IV 熱硬化性レジンについて, 補綴誌, **17**(3): 63-68, 1975.
- 19) 大田黒博喜: 硬質レジンの研究—TMET と各種ジメタクリレートのコモノマーとを液部とした硬化物の理工学的性質の比較検討—, 歯器誌: **32**(2): 93-111, 1975.
- 20) 安田 登, 他: 歯冠用熱硬化性レジンへの加圧の影響, 第28回歯科理工学会学術講演会講演集, 1975.
- 21) 谷 嘉明: 走査型電顕によるコンポジットレジンの充填材内部の観察, 材器誌, **26**: 97-105, 1972.
- 22) 増原英一, 他: 前装冠用材料 / 熱硬化性メタクリル樹脂, 歯界展望, **36**: 644-651, 1970.
- 23) 津留宏道, 他: 新メタレジンおよびサーモ・ゼル, 歯界展望, **42**: 905-917, 1973.
- 24) 熱田 充, 他: 新パイロプラスト, 歯界展望, **42**: 918-920, 1973.
- 25) 田外弘文: 焼成陶材の減圧焼成に関する研究 国際低溶陶材について, 歯学, **55**(3): 327-346, 1967.
- 26) 鈴木 暎, 他: レジン重合に対する圧の影響 材器誌, **24**: 1-6, 1971.
- 27) 増原英一, 他: 架橋剤による歯科用メタクリル樹脂の内部気泡の消滅, 歯理工誌, **2**(2): 48-54, 1961.
- 28) 松井 昌, 他: 歯科領域における合成樹脂の Filler に関する実験的研究, (その1) 特に硬度, 吸水性, 耐摩耗性, 圧縮強さについて, 材器誌, **10**: 75-88, 1964.
- 29) 増原英一, 他: 無機質フィラーを混和したメタクリル樹脂の耐摩耗性, 歯材研報, **2**(4): 354-360, 1962.
- 30) 田代 安: 歯科用レジンの耐摩耗性改良に関する研究, 材器誌, **31**(4): 269-287, 1974.
- 31) 熱田 充, 他: 歯冠用硬質レジンの破折と変色>上<—破折の原因とその対策—, 歯界展望, **47**: 77-84, 1976.