

## 本学附属歯科診療所における石膏練和について I. 容積計量法による計測

青木直美<sup>1a</sup>, 河野正司<sup>1b</sup>, 小林 梢<sup>2c</sup>, 大沼誉英<sup>1d</sup>

<sup>1</sup>明倫短期大学歯科技工士学科, <sup>2</sup>明倫短期大学附属歯科診療所

<sup>a</sup>本科学士 <sup>b</sup>歯科医師 <sup>c</sup>歯科衛生士 <sup>d</sup>歯科技工士

### The Method of Mixing Plaster with Water at Meirin College Dental Clinic I. Volume Measuring of Powder and Water

Naomi Aoki<sup>1a</sup>, Shoji Kohno<sup>1b</sup>, Kozue Kobayashi<sup>2c</sup>, Takahide Ohnuma<sup>1d</sup>

<sup>1</sup> The Department of Dental Technology, Meirin College

<sup>2</sup> Meirin College Dental Clinic

<sup>a</sup>Student <sup>b</sup>Dentist <sup>c</sup>Dental hygienist <sup>d</sup>Dental technician

本学附属歯科診療所では、採得されたアルジネート印象は歯科衛生士が模型材である硬石膏を練和、注入し、模型を製作している。硬石膏および水は計量カップで量り、容積を用いて計量している。本学附属歯科診療所の歯科衛生士10名にアンケート調査を行ったところ、すべての歯科衛生士が混水比を意識せずに注入しやすい石膏を練和するように心がけていることが明らかになった。そこで附属歯科診療所にて練和された石膏の混水比を調査することにした。また、この石膏を用いて円柱型の試験片(22×21mm)を製作し圧縮強さ、試験片の石膏密度および試験片中の内部気泡の有無を調べた。

その結果、混水比は0.20~0.24の範囲に分布して、平均値は0.22、標準偏差0.010であり、メーカー記載の標準混水比である0.23と近似した値が得られていた。歯科衛生士10名のうち8名は標準偏差が0.008以内で非常に安定した数値が得を示し、本院の歯科衛生士は常に一定の流動性をもった石膏泥を練和していることが明らかとなった。

混水比が0.23であった試験片の圧縮強さの平均は30.23MPaであり、メーカー記載の49MPaと比較して小さくなる結果となった。

圧縮強さと混水比の間には強い相関関係が見られたが、試験片の石膏密度および内部気泡の発生状況と混水比の間に相関関係は見られなかった。

キーワード：硬石膏、混水比、圧縮強さ、内部気泡

Keywords : Plaster, Water Powder Ratio, Compressive Strength, Internal Bubble

#### I. 緒言

患者さんの口腔内を直接観察することができない歯科技工士にとって、模型は絶対的な存在である。

ところで採得されたアルジネート印象に模型材である石膏を注入する作業は、印象採得者である歯科医師でもなく、技工操作を行う歯科技工士が行うわ

けでもなく、通常多くは歯科衛生士あるいは歯科助手が行っている。

したがって、どのような条件、どのように石膏が練和され、模型が製作されているかについては、模型上で実際に作業を行う歯科技工士は把握していないのが現状である。

そこで、印象に注入される石膏がどのように練和

し、注入されているのか、期間を5月16日～6月8日と定めて本学附属歯科診療所で採得されたアルジネート印象を対象として調査した。

## II. 本学診療所における石膏練和方法

### 1. 歯科衛生士の関わり方

本歯科診療所では、アルジネート印象については歯科衛生士が硬石膏を練和し、印象に注入して模型製作をしている。

診療所には11名の歯科衛生士が在籍しているが、勤務から外れているものもあり、本研究の対象となったのは経験年数4～23年の10名である。

### 2. 石膏練和方法の実態

石膏の計量には歯科用常温重合レジンであるオストロン（ジーシー社製）の専用計量カップ（容積28.8cm<sup>3</sup>）を、水の計量にはニュープラストーンⅡLE専用の計量カップ（11.2g/杯）を使用し、容積として計量していた。

石膏の計量カップ一杯に対して水を計量カップ一杯加えるように院内においてマニュアル化されているため、混水比について歯科衛生士は特に意識せず、印象内に注入しやすい石膏泥を得ることを目的として練和しているという<sup>1)</sup>。

計量した石膏と水は真空練和器のカップに取り、手練和により両者が均等になじむ状態にした後、真空機械練和を行っている。

石膏の練和について調査対象の歯科衛生士にアンケート（図1）調査<sup>1)</sup>を行った。その結果、2名が毎回手練和した石膏に主に水を加水して石膏の硬さを調整していると答え、8名が手練和する数回に一回は石膏の硬さを調整し、印象内に注入する硬さの硬石膏が得られるようにしていると回答した<sup>1)</sup>。

## III. 研究方法

### 1. 練和石膏の混水比算出法

アルジネート印象に注入されている硬石膏の混水比を求めするため、歯科衛生士の日常業務の流れを可及的に乱すことのないように、下記の方法を考案した。

#### 1) 石膏と水の測定法

硬石膏と水はあらかじめ計量したものを下記のごとく用意し、これらから必要量を使用することにした。

①石膏（ニュープラストーンⅡLE：GC）を200gず

アンケート

\_\_\_\_\_様

(1) 歯科衛生士としての経験年数を教えてください。  
\_\_\_\_\_年

(2) 石膏を練和する際、どの程度の頻度で微調整（ゆるかったり、硬かったりした時に新たに石膏や水を加える）を行いますか？

a 毎回      b 数回に1回      c 全く行わない

(3) 石膏を印象に注ぐ際に何かトラブルが起きたことがありますか？また模型となった時に何かトラブルが起きたことはありますか？  
例) 模型に気泡が混入し、再印象となってしまった等

a ある

b ない

図1. 歯科衛生士へのアンケート調査用紙

つビニール袋に小分けにしたもの

②一定量の水を入れたプラスチック容器（水を加えて石膏の硬さを調整する際に使用する）

練和する石膏は、用意した石膏袋①から必要量の石膏を、計量カップを使用して取り出してもらう。水については水用の計量カップ（5.6g/杯）を用いて水道水から直接くみ取る。これらを手練和しながら、歯科衛生士が石膏の硬さの調節が必要だと感じた時には①の石膏および②の水を使用して混水比の調整を行ってもらった。その後、真空練和機（ニューミックス スタンド式：ヨシダ製）を使用して練和した。

#### 2) 混水比の算出

##### (1)石膏量の計量方法

ビニール袋①に残っている石膏の重量を計量し、元の重量（200g）から減ることにより練和した石膏量を算出した。なお、石膏を加えて石膏の硬さを調節する際には同じ袋から必要量の石膏を取り出してもらい、残量から使用した石膏の重量を求めた。

##### (2)水の計量法

水は計量カップ1杯11.2g、半杯5.6gとして何杯の水を使用したのかを調査用紙に記入してもらい算出した。

さらに、水を加えて石膏の硬さを調節した場合には、定量の水を入れてあるプラスチック容器②の水を使用してもらい、残った水の量を測定し、調査用紙に記載してある水の量と合わせて混水比の計算に用いた。

### (3)混水比の算出方法

上記のごとく使用した石膏と水は、それぞれ重量が測定されているから、これらの数値を用いて

混水比 (w/p比) = 水の重量 (g) / 石膏の重量 (g) として算出した。

## 2. 印象への石膏注入方法

計量した石膏と水を手練和する間に石膏の硬さを調整する必要があると感じた場合には、前項に記した方法で石膏や水を加えて石膏の硬さを微調整し、さらに手練和した。その後真空練和機 (ニューミックス スタンド式: ヨシダ製) で練和後、バイブレーター (ジーシー社製 RII) 上でアルジネート印象に注入した。

なお、実験期間中 (5月16日～6月8日) の各衛生士の業務は通常に行われ、その中で石膏練和について調査を実施し、衛生士ごとの試験片の製作個数は特に指定しなかった。

## 3. 練和石膏の圧縮・密度試験法

### 1) 試験片の製作方法

模型用に練和した硬石膏は印象に注入後、その余剰分で2個の試験片を製作した。1個は圧縮試験に、他の1個は内部気泡の調査に使用した。また、試験片の石膏密度はこれら2個の試験片を使用して算出した。

試験片の製作には円柱状のゴム杵 (直径21mm, 高さ22mm) を用意し、石膏を注入して2個の試験片を製作した。

石膏の注入はいずれもバイブレーター (GC社製 RII) 上で行き、容器に石膏注入後直ちにガラス練板で圧接し、圧縮強さ測定および試験片密度の調査を行うまで大気中に保管した。業務中に製作された試験片を夕方5時に回収していたため、保管時間は石膏試験片によって異なっている。

### 2) 圧縮強さの測定

測定に先立ち、試験片を覆っていたガラス練板とゴム杵を外し、1時間自然乾燥後測定を行った。

試験片は島津万能試験機 (RS-2) にて毎分5mmの速さで垂直方向から加圧し、粉碎するまでの最大

荷重を測定した。

なお、測定で得られた数値は下記の式に代入し、圧縮強さ (MPa) を求めた<sup>2)</sup>。

$$\text{圧縮強さ (MPa)} = p / (d/2)^2 \pi \times 0.09807$$

p: 破断荷重 (Kgf) d: 直径 (2.1cm)

### 3) 試験片の石膏密度測定

残りの試験片を覆っているガラス練板とゴム杵を外し、大気中で1時間自然乾燥した後、試験片の質量 (g) を電子天秤で小数点以下第四位まで計量し、これを試験片製作容器の体積 (7.62cm<sup>3</sup>) で割って試験片の石膏密度を求めた。

なお、容器の体積は底面の直径が21mm, 高さが22mmの円柱として算出した。

### 4) 内部気泡の有無について

石膏を注入する際、気泡は石膏表面よりも内部に発生しやすい。トリミングなど歯科技工士が作業模型を切削する過程でこの内部気泡が発生してしまうと、最悪の場合補綴物の製作が不可能となってしまう。そこで、本実験では製作した試験片の内部にどの程度の気泡が発生しているのか調査した。

前項において石膏密度測定に供した資料につき、モデルトリマーを用いて試験片を表面から約10mm切削し、技工操作に支障をきたすような気泡が発生していないかどうか目視で確認した。

## 4. 統計処理

実験で得られた数値それぞれについて、平均値、標準偏差を求めた。また、混水比と歯科衛生士としての経験年数、混水比と圧縮強さおよび圧縮強さと試験片の石膏密度の相関係数を求めた。さらに、圧縮強さおよび石膏試験片への内部気泡の発生状況について回帰分析を行った。

## IV. 結果

### 1. 混水比について

本研究の調査期間中に歯科衛生士10名が練和した石膏症例数は合計で86例であり、業務分担の関係で個人間で練和回数に差異があり、最大12回、最小2回、平均8.6回であった。

歯科衛生士10名それぞれが練和した2～12例すべての石膏泥の混水比を表1に示した。

#### 1) 注入された石膏の混水比

歯科衛生士10名の混水比は0.20～0.24の範囲に分布して、平均値は0.22、標準偏差0.010であった。



2. 圧縮強さについて

圧縮試験用に製作された86個の試験片を用いて混水比と圧縮強さを測定した。その結果、圧縮強さは20.51~45.98MPaに分布し、平均値30.55、標準偏差6.75であった(表3)。

表3. 混水比と圧縮強さ

	混水比					全体
	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	
圧縮強さ(平均)	34.85	32.92	30.02	30.23	29.73	30.55
標準偏差	2.731	9.437	6.990	6.515	7.743	6.754
最大値	38.3	45.98	42.38	42.38	41.7	45.98
最小値	31.95	24.48	20.51	20.96	22.44	20.51
分散	7.46	89.05	48.86	42.45	59.95	45.61
標本数	5	5	30	41	5	86

測定された圧縮強さと混水比との関係を求めると、相関係数は-0.91で、非常に強い負の相関関係が見られ(図3)、混水比が小さくなると圧縮強さが増加する傾向が観察された。

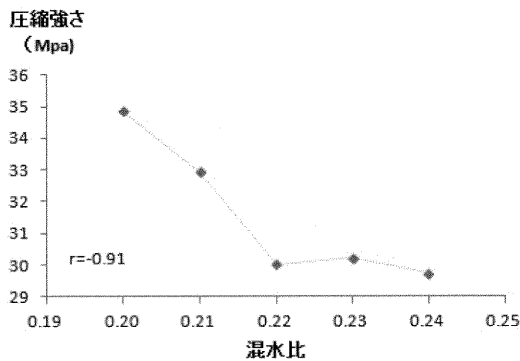


図3. 混水比と圧縮強さの関係

3. 石膏密度について

密度試験用に製作された172個の試験片の試験片密度を算出した。その結果、試験片の石膏密度は1.20~2.25 g/cm<sup>3</sup>に分布し、平均値2.10、標準偏差0.109であった(表4)。

表4. 混水比と試験片石膏密度

	混水比					全体
	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	
石膏密度(平均)	2.08	2.14	2.13	2.08	2.11	2.10
標準偏差	0.049	0.031	0.047	0.148	0.035	0.109
最大値	2.14	2.18	2.25	2.22	2.16	2.25
最小値	1.98	2.09	2.06	1.20	2.05	1.20
分散	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01
標本数	10	10	60	82	10	172

試験片は印象注入用に練和した石膏より製作したも

ので、混水比は既知である。そこで、混水比と石膏密度の相関関係を調べたが、相関関係は見られなかった(図4)。さらに、石膏密度と圧縮強さについて回帰分析を行ったが、相関関係を見出すことはできなかった。

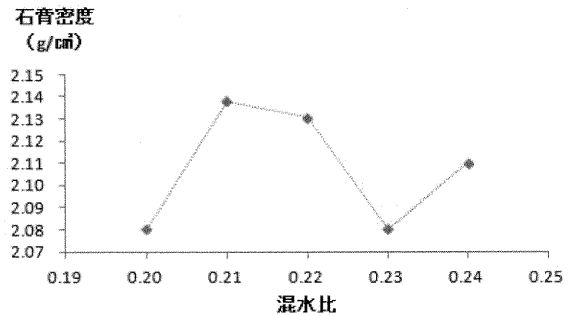


図4. 混水比と試験片石膏密度の関係

4. 混水比と内部気泡発生の相関関係について

混水比と内部気泡の発生状況について図5および表5に示した。内部気泡調査用に製作した試験片86個のうち、技工操作に支障をきたすような内部気泡の発生がみられたものは10個であった。

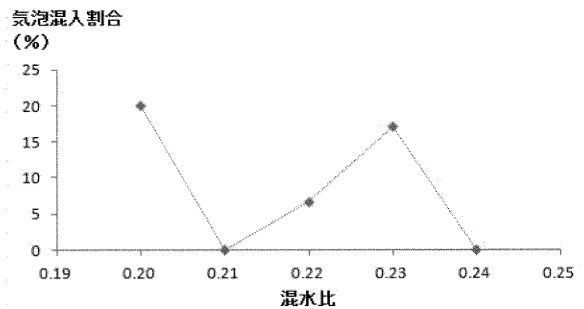


図5. 混水比と内部気泡混入割合の関係

気泡の発生確率は約5.8%である。内部気泡が確認された試験片は混水比0.20では5標本のうち1個(20%)、混水比0.22では30標本のうち2個(6.7%)、混水比0.23では41標本のうち7個(17%)あった(表5)。

表5. 混水比と内部気泡混入割合

混水比	気泡混入(個)	気泡直径(mm)	標本数	混入割合(%)
0.20	1	1	5	20
0.21	0		5	0
0.22	2	1~1.5	30	6.7
0.23	7	1~3	41	17.1
0.24	0		5	0

混水比と気泡発生割合について回帰分析を行ったが相関関係は認められなかった。

## V. 考 察

### 1. 混水比について

本学附属歯科診療所の業務の中では、歯科衛生士は硬石膏と水の計量に重量を計測せず計量カップですくい取る容積を基準として計量し、硬石膏を練和している。

本調査の対象となった石膏泥について混水比を求めると平均0.22 (SD: 0.010) であった。

調査対象となった10名の歯科衛生士の練和した石膏の混水比の分布を図2-2から見ると、2名の標準偏差が0.12~0.13とやや大きな値を示したものの、残りの8名は標準偏差が0.008以内と安定しており、大半の歯科衛生士は常に流動性が一定な石膏泥を練和していることが明らかとなった。

本学附属歯科診療所の衛生士は日常業務においてアルジネート印象に注ぐ石膏に気泡を混入させず、印象内に不足なく注入できる石膏泥を作ることを目的としており<sup>1)</sup>、各個人がこの目的を十分に果たすための安定した練和感覚を持っていることがこの結果からわかる。

本実験で使用した石膏 (ニュープラストーン II LE) の標準混水比は0.23である。歯科衛生士が計量により混水比を規定する練和方法を採っていないにも関わらず、アルジネート印象に注入しやすいと感じる石膏混水比が、メーカー指定<sup>3)</sup>の混水比に極近い値、平均0.22であるという興味ある結果が得られた。

さらに、経験年数を重ねることによって石膏や水の重量を計量せずとも標準混水比に近似した石膏泥を作り出すことができるようになるのではないかと推測し、両者の関係と検討したが、今回の結果では経験年数 (4~23年) と混水比の間に相関関係は認められなかった。これは本診療所の歯科衛生士は就業度4年以内には一定の石膏練和感覚を獲得しており、歯科衛生士全体が年齢差なく優れた石膏練和を行っていることを示すものであろう。

附属歯科診療所においてはアルジネート印象に石膏を注入する担当者は日によって異なる歯科衛生士が分担している。歯科衛生士それぞれが均等に模型製作の経験を重ねることができるとこのような結果が得られたのではないかと推察できる。

しかし、新人の歯科衛生士にとっては一定の粘度の石膏泥を常に練和することは容易なことではない。本院の歯科衛生士において安定した流動性の石

膏泥を得る感覚がどのように教育、あるいは術が伝承されているのか非常に興味を持てるところである。

### 2. 圧縮強さについて

一般的に混水比が増すほど圧縮強さが低下することが知られているが<sup>4)</sup>、今回も同様の傾向を示した (図3)。得られた石膏試験片の圧縮強さは20.51~45.98MPaに分布し、平均値30.55、標準偏差6.75であった (表3)。

標準混水比である混水比0.23の圧縮強さの平均は30.23MPaであり (表3)、メーカーが商品に記載している圧縮強さ49MPa<sup>3)</sup>と比較すると低い値を示した。

今回の実験では試験片製作用のゴム枠に石膏注入後ガラス練板で圧接し、大気中で保管した。試験片の回収時間が夕方5時であったため、業務中の早い時間に製作された試験片と回収時間と近い時間に製作された試験片では保管時間が異なる。一般的に硬化した石膏は乾燥が進むほど強さが増すことが知られている。よって、試験片によっては十分な乾燥時間が得られず、圧縮強さがメーカー記載の値と比較して小さくなったのではないかと推察する。

なお、圧縮試験を行う1時間前に全ての試験片のガラス練板とゴム枠を外し、大気中で自然乾燥したが、この乾燥時間は今回得られた試験片全て1時間で一定である。日常業務の中で製作された模型は歯科技工士の手に渡るまでに実験時以上に乾燥が進んでいると予想でき、圧縮強さも今回得られた値よりも大きくなっていると推察できる。

### 3. 試験片の石膏密度について

石膏密度は1.20~2.25 g/cm<sup>3</sup>に分布し、平均値2.10、標準偏差0.109であった (表4)。混水比が大きくなると試験片中の石膏粒子が減少し、石膏密度は小さくなるのではないかと推察したが、混水比と石膏密度の間に相関関係は見られず (図4)、密度変化の範囲が小さいことがこれに影響していると考えられる。

石膏密度と圧縮強さの間に相関関係は認められなかった。田丸ら<sup>5)</sup>は歯科用石膏の比重と圧縮強さの関係について考察し、石膏の比重が増すほど圧縮強さも増加すると述べている。本実験は比重ではなく密度を算出し、圧縮強さとの関係を検討したが、田丸<sup>5)</sup>らが述べるような結果を得ることはできなかつ

た。石膏密度と圧縮強さの関係についてはさらに検討を進める必要がある。

#### 4. 内部気泡について

本実験では混水比が0.20~0.24に分布しており、このうち試験片中に気泡の混入が認められたのは混水比が0.20, 0.22, 0.23の試験片であった。混入した気泡のサイズは1~3mmであった(表5)。試験片全体での気泡混入割合は約5.8%であった。なお、本実験では石膏試験片(高さ22mm, 直径21mm)を縦方向に10mm切削し、混入した内部気泡の数を調査しており、試験片表面に現れた気泡については数に入れていない。

混水比と気泡の発生割合の間に相関関係は見られなかった(図5)。

本実験では協力していただいた歯科衛生士の業務に支障をきたさないように遂行することを重視しており、気泡の混入に注意を払うようにとは指示していない。また、アルジネート印象に石膏を注入し、模型の成形を行った後に試験片製作容器に石膏を注入しているため、練和したての流動性が失われ、やや気泡の混入しやすい状況にあったのではないかと推察する。本試験で製作した試験片全体では約5.8%に気泡の混入が認められたが、臨床において歯科衛生士は模型に気泡を混入させないことを最重要視しており、実際の臨床模型の気泡の混入割合は今回得られた結果をはるかに下回るのではないかと推察する。事実、本調査期間中に印象中に注入された石膏模型の表面に気泡が発生していたというクレームは皆無であった。

## VI. 結論

明倫短期大学附属歯科診療所においてアルジネート印象に注入される硬石膏の混水比を調べ、同時に製作した石膏試験片(円柱型21×22mm)を用いて圧縮強さ、試験片の石膏密度、および内部気泡の混

入状況について調べ以下の結論を得た。

1. 調査対象とした本学附属歯科診療所の歯科衛生士10名が練和した石膏の混水比は0.20~0.24の範囲に分布して、平均値は0.22, 標準偏差0.010であり、メーカー値0.23と極近似した値が得られた。歯科衛生士10名のうち8名は標準偏差が0.008以内で非常に安定した数値が得られ、本院の歯科衛生士は常に一定の流動性をもった石膏泥を練和していることが明らかとなった。
2. 歯科衛生士としての経験年数が安定した混水比の調整に関係するのではないかと考え、両者の関係を調査したが相関関係は得られなかった。
3. 圧縮強さと混水比との間に強い負の相関関係が見られ、混水比が大きくなるほど圧縮強さが小さくなる傾向を示した。標準混水比での圧縮強さの平均は30.23MPaでメーカー記載の49MPaと比較して低い値となったが、これは乾燥時間の不足が影響していると考えられる。
4. 石膏密度および内部気泡の発生状況と混水比との間に相関関係は見られなかった。

## 謝 辞

本実験の実施にご協力頂いた本学附属歯科診療所長の金子潤教授をはじめとする診療所職員の皆さまに感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 診療所スタッフへのアンケート
- 2) 佐野正枝ほか：歯科理工学実習。11版, 18. 明倫短期大学, 新潟, 2010
- 3) GCニュープラストーン II LE商品添付資料
- 4) 小田豊：新編歯科理工学第3版, 86-93, 学健書院, 東京, 2000
- 5) 田丸久美子ほか：歯科用石膏の比重と圧縮強さの関係。日歯技工誌 24 (2) : 327, 2003