

石膏による模型づくりの改良と特別企画展での実践

吉川博章*・松岡敬二*・安井謙介*・鈴木佳和*・倉橋勝秀*

The practice of an improved plaster modeling for museum's attendance during the Special Exhibition, 2006 of Toyohashi Museum of Natural History

Hiroaki Yoshikawa*, Keiji Matsuoka*, Kensuke Yasui*,
Yoshikazu Suzuki* and Katsuhide Kurahashi*

はじめに

化石レプリカ作成は、博物館の体験型の催しとして、よく行われている（井川ほか，2005；井川ほか，2006など）。豊橋市自然史博物館では，特別企画展「おもしろ化石大百科（2000年）」「恐竜後の世界ーよみがえる新生代の生きものたちー（2004年）」「よみがえれ！愛知のいきものたち（2005年）」の体験コーナーにおいて，随時参加体験できるレプリカづくりを開催した。2000年の特別企画展の際に，石膏でのレプリカづくりを検討していたが，石膏では作成の時間がかかりすぎ，また会場内が汚れるという難点があることから石膏の使用を断念し，それ以後，石塑粘土（パジコ社製フォルモ粘土）を使用してきた。これは，雌型に石塑粘土を押しつけて取り出した後，オーブントースターで数分焼き，表面だけ乾燥させる方法である。安価で簡便ではあるが，石膏よりは精度が劣るという欠点がある。今回，石膏の硬化時間を速める工夫をし，2006年の市制施行100周年記念特別企画展「恐竜と生命の大進化ー中国雲南5億年の旅ー」会場内において，石膏を用いて随時参加できる「恐竜模型づくり」を開催した。この際の予備実験と開催中の模型づくりの具体的な状況について報告する。

石膏模型の原型と雌型の作成

石膏模型の原型は博学連携の観点から，豊橋市図工・美術研究部の推薦により，豊橋市立大崎小学校の杉浦隆夫教諭に特別企画展の展示標本であるディロフォサウルスの頭部のレリーフ状模型（第1図a）を作成してもらった。原型の作成にあたっては，特別企画展ポスター（小田隆作画）を参考資料として提供した。今回，復元模型を原型としたのは，対象とする小中学生には，全身骨格や歯の部分的なレプリカでは全体像がイメージしにくいと考えたためである。展示した恐竜の中では肉食恐竜の方が興味を引きやすく知名度もあるため，ディロフォサウルスを選んだ。また，学校の教諭が作成した原型で模型づくりを行うことで，豊橋市内小学生の関心を高めることと集客に役立つことを期待した。

この原型を元にして，フィルムケース1本分の量（約20g）の石膏で作成できるサイズ（縦53mm×横60mm×厚さ10mm）にトリミングした雄型を作成した後，シリコンラバー（信越シリコンKE-1310ST，硬化剤CAT1310S）で雌型（縦70mm×横75mm×厚さ25mm）を30個作成した（第1図b）。

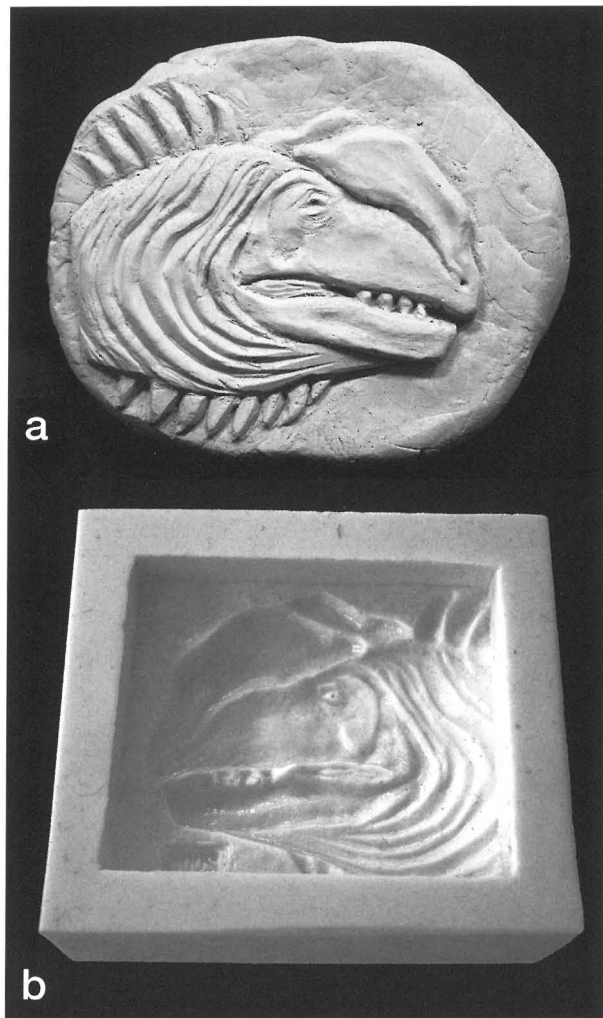
* 豊橋市自然史博物館。Toyohashi Museum of Natural History, 1-238 Oana, Oiwa-cho, Toyohashi 441-3147, Japan.

原稿受付 2007年1月2日。Manuscript received Jan. 2, 2007.

原稿受理 2007年2月1日。Manuscript accepted Feb. 1, 2007.

キーワード：体験型プログラム，石膏模型，石膏の硬化速度，恐竜。

Key words: Outreach program, plaster cast, hardening rate of plaster, dinosaur.



第1図. 恐竜模型原型と雌型。

a: 原型 (フォルモ粘土で作成), b: 雌型 (シリコンラバー)。

予備実験

石膏を用いたレプリカ作成は、通常一連の作業に40～50分程度が必要になる(井川ほか, 2005; 井川ほか, 2006)。時間が長くなるのは石膏の硬化時間が30分程度かかるためである。この方法は、特別企画展会期中に随時体験できるプログラムとしては、時間がかかりすぎる。石膏の硬化時間は、練和する水の量を減らすことで速めることが可能である(全国歯科技工士教育協議会編, 1995)。また、硬化促進剤として硫酸ナトリウム、硫酸カリウムなどを加える方法(全国歯科技工士教育協議会編, 1995)や歯科技工の手法としてよく用いられるスラリーウォーター(石膏模型の削りカスを水で溶いた液)を加える方法がある(杉田順弘, 私信)。石膏の練和の時間を短縮するためには、石膏と水を入れたフィルムケースを振って混ぜる方法

がある。この方法は、石膏の分量を一定にしやすいという利点もある。

以上のことをふまえ、特別企画展で随時開催する「恐竜模型づくり」の予備実験として、スラリーウォーターや石膏に硬化済みの石膏を削った粉(以下、石膏粉末)を混合した場合、硬化時間にどの程度違いがあるのかを調べた(第1表)。石膏は、ノリタケカンパニー製の焼石膏 HS-750 を使用した。

実験の手順

- ①フィルムケースを練和容器として石膏または石膏粉末入り石膏を入れる。
- ②水またはスラリーウォーターを①へ入れる。浸透しやすいよう石膏の中央にくぼみをつけておく。
- ③フタをして手で振り、練和した石膏を雌型へ入れる。
- ④雌型に石膏を入れてから硬化が完了して取りだすまでの時間を硬化時間として測定。

実験1: 石膏を水のみで練和した場合。

実験2: 石膏をスラリーウォーターで練和した場合。
石膏粉末の量を変えて様々な濃度のスラリーウォーターをつくり、石膏に加える。石膏粉末は、60番の紙ヤスリで削って作成した。

実験3: 石膏粉末入りの石膏を水で練和した場合。
石膏に石膏粉末を入れる際には、混ぜないで重ねて入れるだけとした。

実験4: 石膏粉末の作成方法を変えた場合。
60番と100番の紙ヤスリ、ワイヤーブラシで石膏粉末を作成して硬化速度に違いがあるかを測定。

結果

石膏に水だけ加えた場合、硬化には30～110分かかった(第1表 実験1)。実験1-7の混合比率よりも水を減らすと粘性が高すぎて雌型に石膏が行きわたらない。実験1-9では水が少なすぎてうまく練和できず、実用に耐えなかった。また、実験1-5の方が実験1-6よりも水の量が多いにもかかわらず硬化時間が短くなっているが、これは雌型に入れた石膏の表面に浮き上がった過剰な水分を途中で吸いとったためである。

実験1で量と硬化速度が適当であった石膏20g:水16ccを基準にして、石膏に水の代わりにスラリーウォーターを加えると濃度が高くなるにつれて硬化速度は短くなり、3～8分で硬化した(第1表 実験2-1～2-7)。しかし、実験2-5以上の割合では、粘性が高

第1表. 予備実験の結果.

実験1 石膏と水のみ						
No.	石膏(g)	水(cc)	石膏粉末(g)	石膏:水:石膏粉末	硬化時間(分)	備考
1-1	15	20	—	1:1.3:—	110 *	
1-2	15	15	—	1:1:—	85 *	
1-3	15	10	—	1:0.7:—	40	
1-4	20	20	—	1:1:—	67 *	
1-5	20	18	—	1:0.9:—	46 *	
1-6	20	16	—	1:0.8:—	54	
1-7	20	14	—	1:0.7:—	46	やや練和しにくい
1-8	20	12	—	1:0.6:—	30	練和しにくい
1-9	20	10	—	1:0.5:—	—	水が不足
実験2 石膏とスラリーウォーター(石膏粉末は60番の紙ヤスリで作成)						
No.	石膏(g)	水(cc)	石膏粉末(g)	石膏:水:石膏粉末	硬化時間(分)	備考
2-1	20	16	—	1:0.8:—	51	
2-2	20	16	0.5	1:0.8:0.025	8	
2-3	20	16	1	1:0.8:0.05	6	やや軟らかい
2-4	20	16	2	1:0.8:0.1	5	少しダマができる
2-5	20	16	3	1:0.8:0.15	3	粘性が高すぎる
2-6	20	16	4	1:0.8:0.2	3	粘性が高すぎる
2-7	20	16	5	1:0.8:0.25	—	急速に硬化
実験3 石膏粉末を入れた石膏と水(石膏粉末は60番の紙ヤスリで作成)						
No.	石膏(g)	水(cc)	石膏粉末(g)	石膏:水:石膏粉末	硬化時間(分)	備考
3-1	20	16	1	1:0.8:0.05	5	
3-2	20	18	1	1:0.9:0.05	7	
3-3-1	20	20	1	1:1:0.05	7	全体に量が多すぎる
3-3-2	20	20	1	1:1:0.05	8	全体に量が多すぎる
実験4 石膏粉末を入れた石膏と水(石膏粉末の作成方法を変えた場合)						
No.	石膏(g)	水(cc)	石膏粉末(g)	石膏:水:石膏粉末	硬化時間(分)	備考
4-1	20	18	1	1:0.9:0.05	7	100番の紙ヤスリ使用
4-2	20	18	2	1:0.9:0.1	6	100番の紙ヤスリ使用
4-3-1	20	18	1	1:0.9:0.05	10	ワイヤーブラシ使用
4-3-2	20	18	1	1:0.9:0.05	14	ワイヤーブラシ使用
4-4	20	18	2	1:0.9:0.1	8	ワイヤーブラシ使用

*硬化途中に石膏表面に浮き上がった過剰な水分を吸いとったため、実際よりも硬化時間が短くなっている。

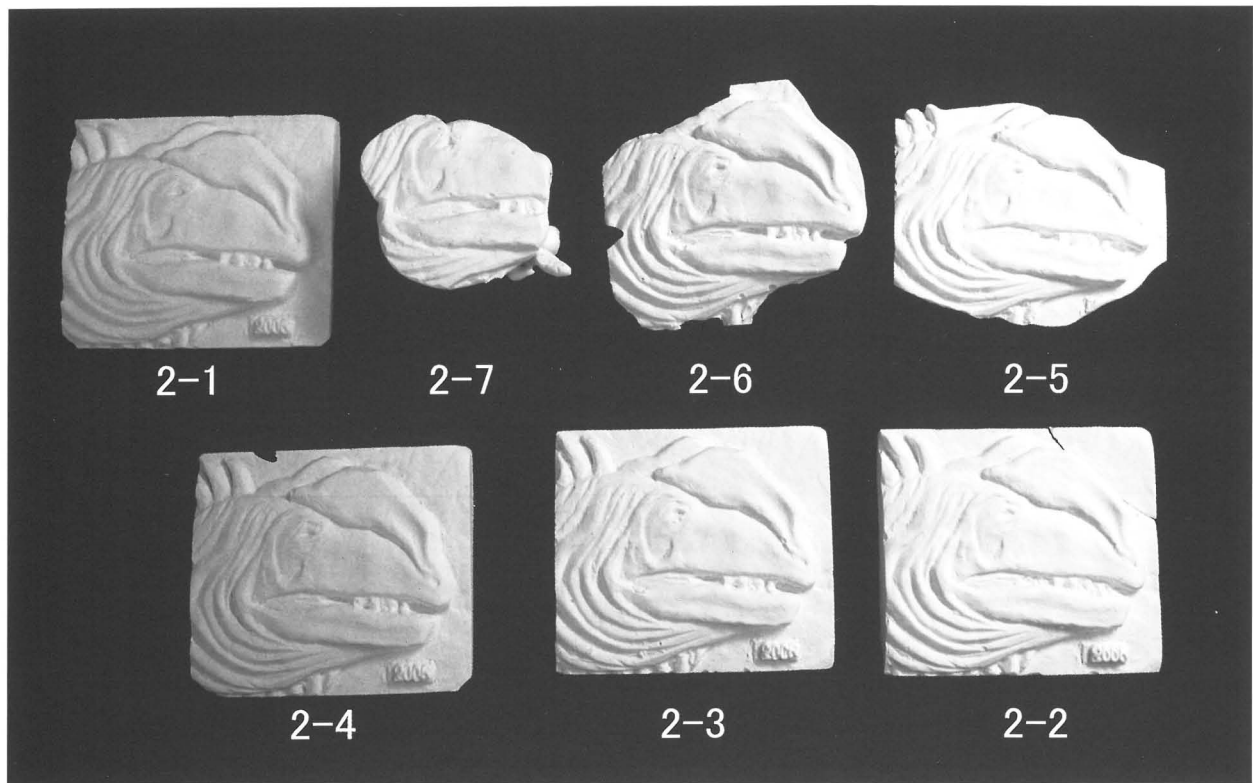
すぎて、雌型全体に石膏が行きわたらなかった。特に、実験 2-7 では急速に硬化してしまった(第2図)。スラリーウォーターは時間経過とともに水と石膏粉末に分離してしまい、実際のイベントでは不都合である。石膏にスラリーウォーターを加えた場合(第1表 実験 2-3)と石膏粉末入り石膏に水を加えた場合(第1表 実験 3-1)を比較したところ、硬化速度はほぼ同じであり、水を増やすと硬化速度は遅くなった(第1表 実験 3-2 ~ 3-3-2)。

また、ワイヤーブラシで削った石膏粉末を入れた場合は、60 番の紙ヤスリで削った石膏粉末の場合(第1表 実験 3-2)よりもやや硬化が遅かった。100 番の紙ヤスリの場合は 60 番の紙ヤスリとほぼ同じ時間で雌型から取りだすことができたが、硬化の程度がやや悪かった(第1表 実験 4)。

以上の予備実験の結果、石膏に石膏粉末を入れることで、実用に耐える範囲で硬化速度は最大 1/10 程度に短縮できることがわかった(第1表 実験 2-1, 2-4)。この際、石膏粉末は石膏、水どちらに混ぜておいても効果は同様といえる。また、実験 4 の結果から石膏粉末の粒径の違いによって、硬化促進効果に多少影響があるようである。これらのことから、「恐竜模型づくり」の一人分の材料は、雌型の大きさや石膏の硬化速度、扱いやすさを考慮して、石膏 20g、石膏粉末 1 ~ 2g、水 18cc が適当と判断した。

「恐竜模型づくり」の開催事例

2006 年 7 月 14 日から 10 月 9 日の 77 日間、市制施行 100 周年記念特別企画展「恐竜と生命の大進化—中



第2図. 練和した石膏を雌型に入れて硬化させた実験結果.
番号は第1表の実験番号に対応.

国雲南5億年の旅」会場において、毎日石膏による「恐竜模型づくり」を行った。参加対象は、土日は中学生以下とした。平日は高校生以上も対象としたが、混雑時には、中学生以下とした。用意した器具、材料は第2表のとおりである。

一人分の材料（第3図a）は、計量スプーンやフィルムケースの上部を切って容量を調整したもの（第3図b）で計量した。なお、最終的に使用した石膏は約410kgであった。このうち約40kgをラバーボウルで練和した後、そのまま固めて十分に自然乾燥させたものを事前に作成し、石膏粉末に使用した。この際、乾燥が不十分だと硬化促進効果が小さくなった。石膏粉末は、紙ヤスリで削ったものと同様の効果が得られた台所用の野菜おろし器やチーズおろし器（第3図c）で作成した。石膏に加える量は計量スプーン一杯（1～2g）を目安にその日の天候や参加者の年齢などに応じて調整した。雨天時や晴天時においても会場内に観覧者が多いなどの理由で湿度が高い日には、石膏が固まりにくかったため、石膏粉末を多めにした。また、低年齢の参加者では、練和に手間取っているうちに固まってしまうことが多いため、石膏粉末を少なめにするなどした。

第2表. 「恐竜模型づくり」の器具・材料一覧。

準備した器具・材料	
雌型 ¹⁾	30個
石膏（一袋25kg）	17袋
野菜おろし器等 ²⁾	6本
計量スプーン（約20cc）	2本
計量スプーン（約5cc）	2本
タッパー（石膏や石膏粉末を収納）	6個
プラスチックカップ ³⁾	500個
フィルムケース（水を入れる）	150個
石膏ベラ（石膏の練和に使用）	15本
バケツ（水や石膏くずを入れる）	5個
一人分の器具・材料	
石膏ベラ	1本
プラスチックカップ	1個
フィルムケース	1個
石膏	20g
硬化石膏粉末	1～2g
水	18cc
メモ用紙と鉛筆	1組

1) 当初は20個作成したが、後に10個追加作成した。

2) おろしがね部分がプラスチック製でなく金属製のもの。

3) 豊橋市立羽根井小学校の協力を得て給食用のプリンのもを使用した。



第3図. 「恐竜模型づくり」の器具・材料とコーナーの様子。

a: 一人分の器具・材料（上は石膏と水、下は石膏ベラ）、b: 計量器具（上から水を量るために上部を切り取ったフィルムケース、石膏用計量スプーン、石膏粉末用計量スプーン）、c: 石膏粉末作成用チーズおろし器および野菜おろし器、d: 開催中の「恐竜模型づくり」コーナー。

石膏の練和には、フィルムケースを使用する予定であったが、低年齢層の参加者が多くフタを開けるのに手間取ったり、うまく練和できないという状況が頻発したため、プラスチックカップに変更した。石膏を練和したプラスチックカップは、残った石膏を乾燥後除去してからでないと再使用ができないため、十分な量を用意した（第2表）。練和は割り箸などでは洗っても石膏がとれないため、専用の石膏ベラを使った（第3図a）。

作業手順は次の通りである。

- ①石膏約 20g と石膏粉末 1 ～ 2g を入れたプラスチックカップ、水 18cc を入れたフィルムケース、石膏ベラ（とがった部分は安全のためテープを巻いた）を用意（第3図a）。
- ②プラスチックカップの中にフィルムケースの水を注

ぎ、石膏ベラで練和。

- ③雌型に練和した石膏を注入後、雌型の側面を軽くたたき、石膏を雌型全体に行きわたらせる。
- ④硬化時間の目安と作成者の確認のために、石膏を雌型に入れた時間と名前を用紙に記入。この用紙とともに石膏の入った雌型を 10 分ほど置く。
- ⑤石膏の硬化を確認後、雌型から取り出し、チャック式ビニール袋に入れ、持ち帰ってもらう。

作業手順②～⑤が参加者の作業であり、全体の所要時間は 15 ～ 20 分程度である。①～③の作業スペースとして、幅 4,500 mm × 奥行 900 mm × 高さ 700 mm の机を用意し、対面式で参加者に対応した（第3図d）。このスペースでは一度に最大 10 人程度が作業できるが、最初に手順の説明をするため 1 人に対応できる参加者数は 5 人ほどであった。また、石膏を硬化させて

雌型から取り出すまでの作業④～⑤は、長机（幅 1,800 mm×奥行 450 mm×高さ 700 mm）2 台を横に並べて対応した。なお、引き渡し時に、帰宅後、袋から出して完全に硬化するまで乾燥させて、絵の具などで着色できることを説明した。この際、色つき見本模型を提示した。

模型づくりコーナーの人員は平日で観覧者が少なく、一度に 10 人以下の参加者が、ある程度間隔をあけて来るような場合には、2 人の人員でも十分対応できた。当館の開館時間が 9 時～16 時 30 分の 7.5 時間（450 分）なので 1 日で体験可能な参加者数は計算上、最大 225～300 人となる。この人数（実際には 200 人程度）を越えるような日には、2 人では対応しきれず、4～6 人の人員が必要となった。石膏を練和する作業の説明以外に、石膏粉末の作成や石膏の残ったプラスチックカップを掃除する作業、雌型から取り出す際の説明などに人員が必要となるためである。特にプラスチックカップにこびりついた石膏は、金属製の石膏ペラなどでこそげ落とす必要があり、かなりの手間を要した。

今回の特別企画展「恐竜と生命の大進化－中国雲南 5 億年の旅－」の入場者数は、46,861 人、このうち模型づくり参加者は延べ 23,900 人であった。入場者の約半数が模型づくりを体験したことになる。

まとめ

石膏の硬化時間は、石膏粉末を加えることで速めることができる。これを利用すれば、硬化速度を調整し、不特定多数の参加者を対象とした石膏での模型作成が可能となる。石膏粉末用の石膏硬化時の乾燥の度合いや石膏粉末の粒径によって、硬化促進効果に差があるようなので、実際のイベントの際の作業効率を考慮しながら、石膏粉末の作成方法を試してみるのが妥当と思われる。

石膏を使った「恐竜模型づくり」は参加者に好評であり、興味づけには効果的であった。

謝 辞

自然史博物館アルバイト、職員、桜ヶ丘高校ボランティア、博物館実習生の方々には「恐竜模型づくり」コーナーの準備・指導対応にご協力をいただいた。東洋医療専門学校講師 杉田順弘氏には石膏に関する文献をご紹介いただいた。石膏模型の原型は、豊橋市立

大崎小学校教諭 杉浦隆夫氏に制作していただいた。また、石膏模型の参考とした特別企画展ポスターの原画は小田隆氏に制作していただいた。以上の方々に厚くお礼申し上げる。

引用文献

- 井川敏恵・利光誠一・奥山康子・坂野靖行・中澤 努・兼子尚知・野田 篤・辻野 匠・中島 礼・谷田部信郎・田代 寛・青木正博, 2005. 地質標本館だより No.74 第 13 回自分で作ろう!! 化石レプリカー白亜紀の魚類－. 地質ニュース, (610): 61-62.
- 井川敏恵・利光誠一・中島 礼・兼子尚知・坂野靖行・角井朝昭・辻野 匠・野田 篤・谷田部信郎・目代邦康・新津節子・青木正博, 2006. 地質標本館だより No.77 第 16 回自分で作ろう!! 化石レプリカー新生代の巻貝化石ピカリアー. 地質ニュース, (620): 64-67.
- 全国歯科技工士教育協議会編, 1995. 歯科技工士教本 歯科理工学①. 医師薬出版, 東京, 154p.