

博物館の教育活動に使用する模造砂岩の新しい製作技法

松本幸英・藤山佳人

(株)林原生物化学研究所古生物学研究センター

A new method to make fake sandstones for educational activities in a museum

Yukihide Matsumoto and Yoshito Fujiyama

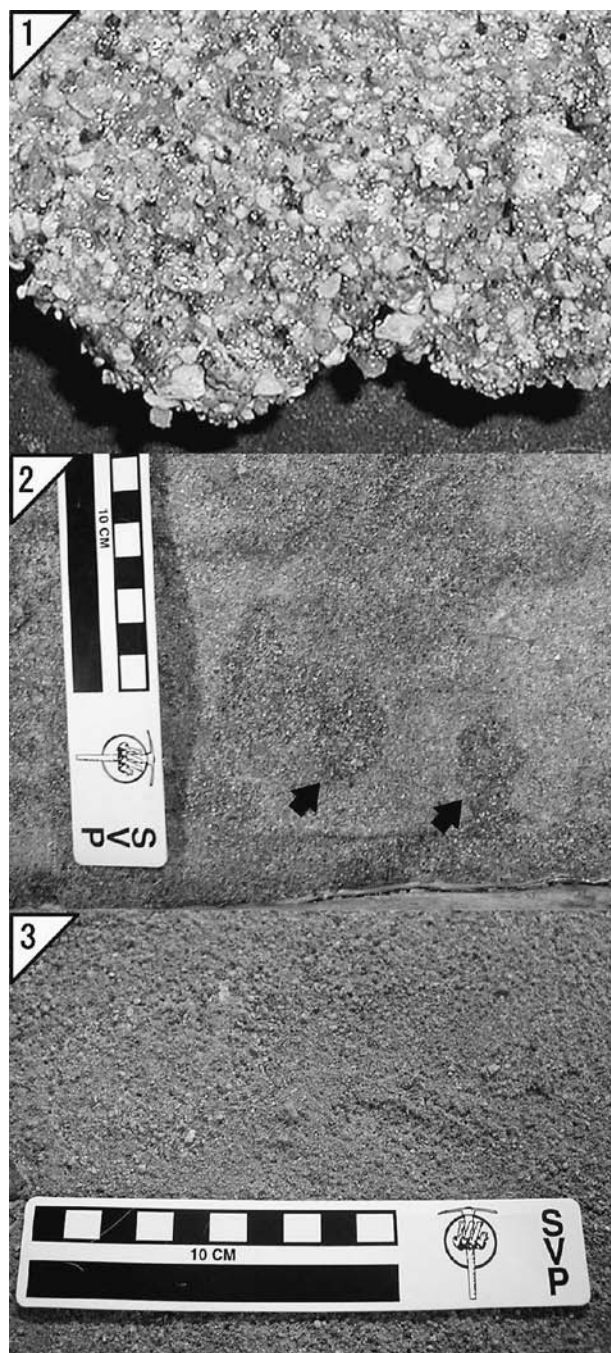
Center for Paleobiological Research, Hayashibara Biochemical Laboratories, Inc., 1-2-3, Shimoishii, Kita-ku, Okayama 700-0907, Japan
(y-mts@hayashibaramuseum.jp)

はじめに

近年自然史系博物館や巡回展において、化石が露出する露頭や発掘地などを再現したジオラマ展示が見られるようになった。これらの展示の多くには、実際の露頭や発掘地を切り取ってくる代わりに、模造された岩石（模造岩石、擬岩、人工岩）が使用されている。そのような模造岩石やそれらの作製方法にはFRPやモルタルなどを用いた様々なものがあるが（奥村, 2006）、その多くが一見して人工的で、本物の岩石に似た質感や色を模造することは難しい。特に砂岩を模造する際には、いくつかの技術的な課題がある。たとえば、砂岩の模造には、個々の砂粒が分かるような質感にするため、一般に本物の砂を接着剤で固める方法がとられる。ところが、この方法で砂岩の模造を行う場合は、適切な接着剤を選び、なおかつ、それを適切に使用しないと（1）光沢が出たり（図1-1）、（2）水で湿ったように砂の色が暗くなったりするのである（暗色化）（図1-2）。また、均質で滑らかであったり（図2）、あるいは微細な起伏に富んでいたたりする（図3）砂岩表面の様々な質感も、単に砂に接着剤を混ぜて成形するだけでは表現しにくい（図1-3）。

しかし筆者らは、新しい模造砂岩の作製方法を開発し、これらの課題を解消するとともに、この技法を応用することで、これまでになかった再生容易な模造砂岩を作り、参加型展示や教育活動に繰り返し使用できる新しいツールを得ることができた。以下にその詳細を紹介する。なお、本技法の一部は特許申請され平成16年3月4日に公開されている（特開2004-66781）。

図1. 模造砂岩に見られる3つの課題。(1) 接着剤により光沢や艶が出た例。パラロイドアセトン溶液や不飽和ポリエステル樹脂などの透明な接着剤を大量に使用すると、砂粒の表面で光が反射し、濡れたような見かけを呈する。(2) 接着剤による暗色化の例。矢印は木工用ボンドにより暗色化した部分。おそらく、粒子間空隙の接着剤が光を吸収するため、暗色化する。(3) 質感に乏しい模造砂岩の例。砂粒子が不均質に分布して、天然の砂岩とは異なる見かけを呈することがある。



模造砂岩の作製法

材料

1. 接着剤

たとえば、不飽和ポリエステル樹脂リゴラックと樹脂硬化触媒パーメックN（昭和高分子株式会社ならびに日本油脂株式会社）、ヤマト糊（ヤマト株式会社）、アクリル系合成樹脂パラロイドB-72とアセトン（三恒商事株式会社）、ボンド木工用CH18（コニシ株式会社）、など。

2. シラスパルーン

たとえば、ウインライトーシラスパルーンMSBタイプ（株式会社アクシーズケミカル）など。メーカーによりそして商品により様々なサイズがあるので、使用する砂のサイズよりも少し小さめのサイズを選ぶこと。上記の製品は、平均粒径60 μm 、粒径範囲5 μm ～150 μm である。

3. 砂

著者らは、モンゴル国の白亜系砂岩を砕いた砂を使用するが、市販されている園芸用の砂をふるいにかけて使用することもできる。また、子供向けには安全な砂（抗菌砂チャイルドサンド（日本トイザ“ら”ス株式会社）など）を用いるとよい。

方法

まず、砂とシラスパルーンと接着剤の攪拌混合物（以下混合物とする）を作る。混合物は接着剤がまんべんなく行き渡るようしっかりと攪拌する。そして、ヘラを使って混合物を土台に押し付けて盛り付ける。その際、ヘラを強く押し付けることで砂の粒子間隙が小さくなり接着効果が増して混合物が土台に接着され安定することが分かる。同時に砂粒子が密に並ぶので均質な質感になる。これが圧密処理である。この処理は、混合物を厚く盛りすぎると難しくなるので、10 mm未満の厚さに盛り、接着剤が硬化したら、必要な厚さになるまで、同じ作業を繰り返す。接着剤が水溶性の場合は、硬化時間が長くなるので、ドライヤーなどで乾燥させると作業が速くなる。また、混合物を繰り返し積層する際、各層の接触面に少量の接着剤を塗布すると強い固結が得られる。逆に接触面の接着を緩くすると葉理のような構造を作ることできる。

化石を模造砂岩に埋め込む場合は、化石が少し砂岩表面に露出する程度にする。復元したい模造砂岩の厚さから埋め込む化石の厚さを引いた厚さまで模造砂岩を作った後に、その上に混合物を盛り、その中へ化石を押し込む。硬化後更に混合物を化石の上に盛り付けて一部を残して化石を埋没させる。

圧密処理後の模造砂岩の表面は強く押し付けたヘラの跡が多数できているので、凹凸がなくなるように大き目



図2. 均質で滑らかな質感の砂岩表面の再現。(1) でんぶんのりによる模造細粒砂岩（中央）。圧密処理で砂粒子が隙間なく並び均質な質感になる。(2) モンゴル国ゴビ砂漠産の細粒砂岩。

のヘラやコテなどで平らにする。その後にまだ凹凸が残っていれば、模造砂岩の硬化後、更に混合物を凹みに手のひらで押し付けて擦り込ませる。そのようにすると表面が滑らかな模造砂岩ができる（図2-1）。

また、化石の剖出過程に見られる母岩の起伏に富んだ質感を再現するためには、上述した表面処理を省いて、インパクトツールなど化石剖出用の器具で模造砂岩の表面を削る（図3-1）。

調合の標準的な目安

模造砂岩を作製するときの砂・シラスパルーン・接着剤の混合比は、使用する砂の色や接着剤の透明度などの条件によって異なるが、著者らは、作業性を考慮して標準的な砂・シラスパルーン・接着剤の混合比を体積比3：3：2としている。これを基準に求める色や硬さに合わせて配合を調整するとよい。

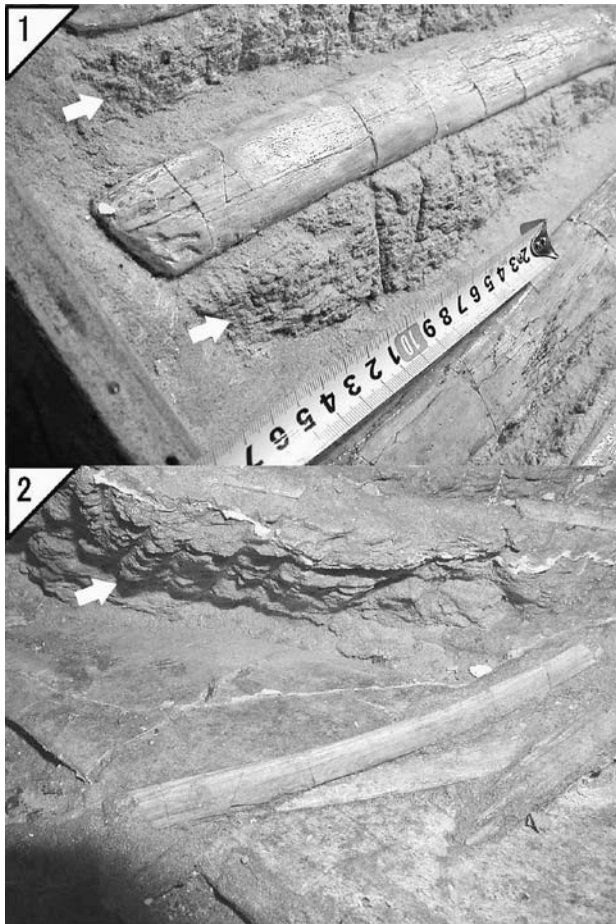


図3. 微細な起伏に富んだ砂岩表面の再現。(1) 不飽和ポリエステル樹脂による模造砂岩(矢印)。硬化後に剖出工具で削られている。(2) 剖出途中の実物砂岩(矢印)。剖出工具で削られている。手前は恐竜サウロロフスの胴椎の棘突起と骨化した腱化石。

新技法のポイント

光沢と暗色化の発現を抑えるために

模造砂岩の主要な課題である光沢と暗色化は、接着剤によって生じる。接着剤は、砂粒本来の色を損なわないようにできるだけ透明であることが望ましいが、経験的に言って、接着剤が透明であるほど表面での反射により砂粒表面の光沢が強くなり生じる。そのため、これまでの製作現場では表面反射の少ない接着剤として、乾燥後半透明になる木工用ボンドが多用されてきた。また、模造砂岩の暗色化は、透明な接着剤が光を透過し、吸収するために生じると考えられる。したがって、著しい光沢や暗色化を避けるためには、接着剤の使用量を必要最小限に制限することが最も効果的である。

模造砂岩の明色化

接着剤に光を反射する白色粒子を混ぜることで光の透過吸収を抑え、暗色化を防ぐことができる。本技法で紹介したシラスバルーンとはシラスを約1000℃の高温で焼

成した発泡ガラス球の微粉末であり、一般に研磨剤や洗剤でよく用いられる。これを、実体顕微鏡下で観察すると、白く光り、反射が強い。また、シラスバルーンは細粒砂からシルトサイズに相当(平均粒径60 μm 、粒径範囲5 μm ～150 μm)するため、接着剤とともに砂の粒子間によく入り込み、間隙での光の透過吸収を抑える効果がある。更に、その使用量を増すことで、模造砂岩を実際の砂岩よりも明色化することも可能である。なお、このシラスバルーンは、比重が小さいため、模造砂岩の軽量化にも貢献する。

接着剤ごとの使用方法と模造砂岩の特徴

接着剤には、それぞれの目的や用途に応じて様々な種類がある。著者らが模造砂岩の作製に使用している代表的な接着剤は先に述べたが、その性質、そしてそれに応じた模造砂岩の特徴は以下のとおりである。

1. 木工用ボンド

硬化後溶解不可、水溶性、遅乾性。木工用ボンドは水分の蒸発により硬化するので、分厚く盛ると水分が逃げず硬化が難しくなる。そのため、木工用ボンドを使用する場合は混合物の1回の塗布を薄めにする。筆者らは常設展示に使用している。

2. 不飽和ポリエステル樹脂

硬化後溶解不可、非水溶性、速乾性。不飽和ポリエステル樹脂は硬化後に再溶解できないので一度限りの製作にしか使用できない。しかし、硬化触媒を添加すると密閉状態でもすぐに硬化し、混合物の1回の塗布を分厚くできて、作業効率がよいので、常設展示標本の作製において著者らが最も多用している(図4)。図4は砂に埋もれた恐竜プロトケラトプスの産出状態を再現した展示標本である。この標本では、ウレタンフォームを土台にしてその表面に砂・シラスバルーン・不飽和ポリエステル樹脂・樹脂硬化剤の攪拌混合物をヘラを使って押し付けながら付着させた。その際、垂直やオーバーハングした部分には付着させにくいので、土台に一度不飽和ポリエステル樹脂を塗っておくとやりやすくなる。

3. パラロイド

アセトン溶液として使用。硬化後アセトンで再溶解可、非水溶性、速乾性。アセトンは揮発性と浸透性に富むため、速やかに蒸発し、混合物の硬化が速い。そのため、分厚い模造砂岩を1回の塗布で作製することができる。筆者らは、実物化石標本の展示において補強剤として使用している。たとえば、剖出途中の実物化石を展示するような場合、その保護のためにしっかりと固定する必要がある。筆者らは、こうしたときに固定力の強いパラロイドのアセトン溶液を使用している。そして展示終了後に



図4. 砂丘の大型斜交層理に挟まれた無構造堆積物に保存された小型植物食恐竜プロトケラトプスの埋没姿勢を復元した標本。不飽和ポリエステル樹脂による模造砂岩で滑らかな砂丘成砂岩の表面を再現している。

剖出を再開する際、アセトンで模造砂岩を再溶解できることがこの接着剤の最大の利点である。

4. でんぶんのり

硬化後水で溶解可。水溶性、遅乾性。でんぶんのりは水分の蒸発により硬化するので、分厚く盛ると水分が逃げず硬化が難しくなる。そのため、でんぶんのりを使用する場合は混合物の1回の塗布を薄めにする。剖出疑似体験参加型展示や教育プログラム用剖出疑似体験キットとして使用している（一時的な役割の砂岩で繰り返しの再生が容易。新しい使い方）。

模造砂岩固結度の可変性

本技法では、接着剤とシラスパルーンの混合割合を調整することで、暗色化をコントロールしつつ、模造砂岩

の固結度を比較的自由に変わることができる。この特長は、下記の剖出体験キットの作製に大きく貢献する。

剖出体験キット

でんぶんのりは硬化後も水に溶解するので、これを用いた模造砂岩は再溶解が容易で繰り返し使用できる。こうした特性を生かして、教育プログラム用の剖出疑似体験キットを作製することができる（図5）。このキットでは、小型恐竜の前肢骨格の複製（石膏）を模造砂岩の中に埋没させた上で、小さなプラスタージャケット（まわりの岩石ごと切り取られた化石が入っている石膏のギブス）に包埋してある。これは持ち運びが容易で、博物館内だけでなく館外での化石剖出疑似体験にも利用できる。この模造砂岩は、化石の母岩を砕いた砂を用いることでリアリティーが出るだけでなく、でんぶんのりの量を減らしその固結度を柔らかく調整することで、短い時間であっても剖出の面白さを体験することができるようになる。なお、柔らかい模造砂岩を使用する場合には、“掘り過ぎ”にならないように、その下に不飽和ポリエステル樹脂による硬い模造砂岩を設置するとよい。削りだされて粉々になった模造砂岩は、霧吹きで適量湿らせて、再



図5. 繰り返し使える化石剖出疑似体験キットの例。小型植物食恐竜プロトケラトプスの前肢の石膏複製がでんぶんのりによる模造砂岩に埋められている。

び元に戻すことができる。また、でんぷんのりを使用する場合、カビの発生が懸念されるが、室内使用ではこれまで全く支障がない。

展示例

図6は剖出疑似体験ができる参加型常設展示の例である。これは剖出中の恐竜サウロロフスの全身骨格標本を再現した常設展示の中の一部で、でんぷんのりによる模造砂岩の中に大腿骨複製（FRP製、長さ1.3m）だけでなく、その共産化石である魚やスッポン類の骨の複製が埋め込まれている。また、大腿骨複製の内側表面を石膏で厚く覆って、複製に触れたときの硬さや音を実物化石に似せて作ってある。本物により近い模型を作製するこ



図6. 繰り返し剖出疑似体験ができる参加型常設展示の例。剖出途中の恐竜サウロロフスの全身骨格標本を再現した常設展示の中の一部で、でんぷんのりによる模造砂岩の中に大腿骨複製だけでなく共産化石の魚やスッポンなどの骨の複製も一緒に埋められている。

とで、観客の主體的な発見の機会を増やし展示物に深みを持たせている。本稿で提唱した模造砂岩を使用すれば、埋め込む化石を替えて、毎回違う設定をすることもできる。

おわりに

本稿では、材料に反射率の高い白色粒子（シラスパールン）を混合することで、よりリアルな質感をもった模造砂岩を作製する方法を紹介した。この技法では、本稿で紹介した他にも様々な材料の使用が可能と考えられる。特に接着剤は素材も用途も様々であるので、接着剤の性質により、更に適当な模造砂岩の開発が期待される。

著者らは現地発掘調査や室内剖出作業での経験を基に、大勢の人にできるだけ本物に近い体験をしてもらうためにこの技法の開発を行った。今後この新しい模造砂岩が科学系博物館や地学教育における新しいツールとして役立てられることを期待している。

謝辞

本解説は高知大学の奈良正和氏に査読していただき改善することができた。そして、本解説で紹介した展示物や標本作製するための費用は株式会社林原自然科学博物館から支給された。以上の方ならび関係者に御礼を申し上げる。

文献

奥村禎秀, 2006. 水族館狂時代—おとなを夢中にさせる水の小宇宙. 228p., 講談社現代新書.

(2011年4月18日受付, 2011年6月26日受理)

