化石　96，29–39，2014

Fossils
The Palaeontological Society of Japan

解　説

脊椎動物化石の剖出技師の選考・育成方法の開発

池田忠広[*,**]・三枝春生[*,**]・半田久美子[*]・和田和美[*]
[*]兵庫県立人と自然の博物館・[**]兵庫県立大学

Development of the screening and training methods for the preparator in cleaning vertebrate fossils

Tadahiro Ikeda[*,**], Haruo Saegusa[*,**], Kumiko Handa[*] and Kazumi Wada[*]
[*]Division of Natural History, Museum of Nature and Human Activities, yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo 669-1546, Japan (tikeda@hitohaku.jp); [**]Institute of Natural and Environmental Science, University of Hyogo, Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo 669-1546, Japan.

はじめに

兵庫県丹波市および篠山市に分布する下部白亜系篠山層群からは恐竜類を主とする多数の脊椎動物化石が産出している（Saegusa *et al.*, 2008）（図1）．これらの資料については，兵庫県立人と自然の博物館で保管・管理されており，博物館研究員および他研究機関の共同研究者により調査研究が進められている（三枝ほか, 2008; Ikeda and Saegusa, 2009; Ikeda *et al.*, 2010; Ikeda and Saegusa, 2013; Kushuhashi *et al.*, 2013）．その成果は学会や学術雑誌等で公表されると同時に，博物館内の展示として公開され，生涯学習や普及活動に活用されている．

篠山層群から産する多数の脊椎動物化石の研究や，それらの適切な保管・管理のためには，剖出（＝クリーニング）と呼ばれる化石に付着する母岩を取り除く作業が必要不可欠となる．この作業を専門に行う技師をプレパレーター（preparator）といい，欧米の多くの博物館にはこの種の技術職員が常勤職として採用されている．これら技術職員は，化石の剖出に加え，レプリカ作成，標本の保管・管理，展示室への標本設置，発掘作業の補助，また化石の剖出・保存・レプリカ作成に関する技術的な研究や，ボランティア技師の育成などを行っている（例えば新谷明子氏：http://fieldmuseum.org/users/akiko-shinya）．

図1．兵庫県丹波市山南町上滝篠山川河床における恐竜化石の発掘調査風景．

これに対し日本国内では，一部の大学機関で研究・教育活動の補助を目的とした技術職員（技官）が採用されてはいるが，国内の自然史系登録博物館または博物館相当施設においては，林原自然科学博物館などの一部の例外を除き，プレパレーターを含む技術系の専門作業員は常勤の職種として認められていない．学芸員または研究員が，調査研究や教育普及活動に加え，上記の技術的作業のすべてを担っているのが現状である．著者らが所属している兵庫県立人と自然の博物館（以降，人博）においても同様で，化石の剖出等を専門に行う技師は常勤職としては認められておらず，篠山層群の恐竜化石が発見される以前は，資料整理を目的として採用された日々雇用員1名だけが作業を行っていた．

このような中，丹波市山南町における恐竜化石の発見をうけて，恐竜化石の発掘事業並びに調査研究，剖出作業の推進が兵庫県の重要施策に位置づけられ，これらを目的とした研究施設である丹波竜化石工房（丹波市），人博恐竜ラボ（三田市）が相次いで整備された．これらの施設では，技師が剖出作業を行い，来館者はガラス越しにその様子を観覧できる（図2）．このような施設整備に伴い，人博では上記の一名に加え，新たに日々雇用員枠を設け，複数名の技師を雇用することになった．しかしながら，一般に化石の剖出技能をもつ人材は皆無に等しく，適切な剖出作業を遂行するためには，未経験者も含めて広く人材を募集し技能を育成する必要があった．

図2．人博恐竜ラボにおける剖出作業の様子．

この技師の育成については，欧米の博物館（American Museum Natural History， The Field Museum， The Smithsonian Institutionなど）において近年積極的に取組まれており，方法論や問題点，またプレパレーターの定義等が議論されている（例えば，Bergwall, 2009; Brown *et al.*, 2009, 2010; Jabo *et al.*, 2010）．しかしながら，技師の採用方法やその基準，また技術取得，教育の方法論等は明確に確立されておらず，それぞれの研究機関の状況に則し，技師の育成が行われている．

そこで筆者らは，2007年の人博恐竜ラボ開設以降，独自に化石剖出作業者の採用方法や育成方法を議論し，それらを実践することでこれまでに複数名を技師として育成してきた．現在ではそれぞれが高い技能を有し剖出作業を行っている．さらに自ら剖出用道具等の技術開発を行い，それらについて学会発表も行っている（Wada *et al.*, 2012; 和田, 2013）．

本稿では，筆者らが実践してきた化石剖出作業者の選考方法，また育成方法についてその概要を記述する．これらの方法は，扱う資料や雇用の体制（人数・職種・期間）などの状況が異なる各機関においてそのまま適用できるものではないことはもちろんである．しかしながら，他の博物館や研究機関における化石剖出技師の採用や育成課題の解決に少なからず寄与するものと考える．

選考方法

人博における剖出作業員は，日々雇用員，また緊急雇用員として公共職業安定所（ハローワーク）等を通じて募集される（不定期）．採用条件に特別な項目はなく，満20歳以上の健康な人という以外，年齢，性別，資格等，特別な条件は提示されない．従って，試験に応募する人の大半は化石の剖出作業や資料整理等の経験を持ち合わせていない．故に，こうした一般の応募者の中から適任者を探し出す適切な試験方法を考案する必要があった．

試験項目は，面接試験と実技試験である．面接試験は他の採用試験（一般的な常識や社交性や協調性を判断する内容）を参考に決めることができるため，実施にあたり特に大きな問題は生じなかった．他方，実技試験においては，技師としての適性を判断できる試験を新たに考案して実施する必要があった．作業の性質上，手先の器用さ，作業への姿勢（実直性，慎重性），作業効率（集中力，スピード）等が適性を判断する基準となりうる．しかし，これまで「剖出技師の適性とは何か？」を問うための具体的な指針や規定は一切なかった．

一方，欧米の博物館で実施されているボランティア技師育成では，剖出の方法論や道具の使用法に関する十分な座学の後に，実物の化石（魚や植物）を用いて実技テストや訓練を行っている（例えば，Bergwall, 2009; Brown *et al.*, 2009, 2010; Jabo *et al.*, 2010）．しかし，限られた試験時間内において全ての受験者に等しい条件を与えるためには，実物化石は適切な実技の材料とは言い難い．なぜなら母岩に覆われた状態の化石が，果たして全て同一形状・保存状態にあるかどうかは誰も知りえないからである．また実際の採用試験では，一日ないし半日以内に不特定多数の人を対象に試験を実施する必要があり，全ての受験者に事前に剖出に対する十分な知識と心構えを教示する時間的な余裕はない．従って，実物の化石や剖出専門の道具を使用することなく，また多数の人が受験することを前提とした比較的準備が容易な実技試験の内容を考案する必要があった．そこで多くの議論を重ねた末に提案されたのが下記に記す二つの試験方法である．

石膏キャップ法

1．試験内容

制限時間（20分）内において，小型のタガネとハンマーを用いて，石膏に覆われているペットボトルキャップ上面を可能な限り露出させる．

2．試験使用道具（図3–1, 4–1）

- 試験材料（キャップを含む石膏塊；図3–1–a）
- 小型のタガネ（コンクリート針等；図3–1–b）
- 小型ハンマー（図3–1–c）
- 砂袋（試験材料固定・衝撃吸収用；図3–1–d）
- ペットボトルキャップ（500 ml，2Lペットボトル飲料のキャップ，無地推奨；図4–1–a）
- 油性マーカー［工業・業務用マーカーmr.Bill（セーラー万年筆株式会社），マッキー（ゼブラ株式会社）等の一般的な油性ペンでも代用可能；図4–1– b］
- 包埋用の容器（飲用紙コップ．キャップが完全に埋まる深さがある容器ならどれでも代用可能；図4–1– c）
- 石膏［歯科用焼石膏（サンエス石膏株式会社）．他の美術用・クラフト用の石膏でも代用可能；図4–1– d］

3．試験材料の作成方法（図4–2–4）

ペットボトルキャップの表面を油性塗料で着色し乾燥させる（キャップに商品名等のロゴが印字されているものがあるが，塗料が付着しにくいため，なるべく無地のものがよい）（図4–2）．

次に水に適量の石膏を溶かしてコップの中ほどまでい

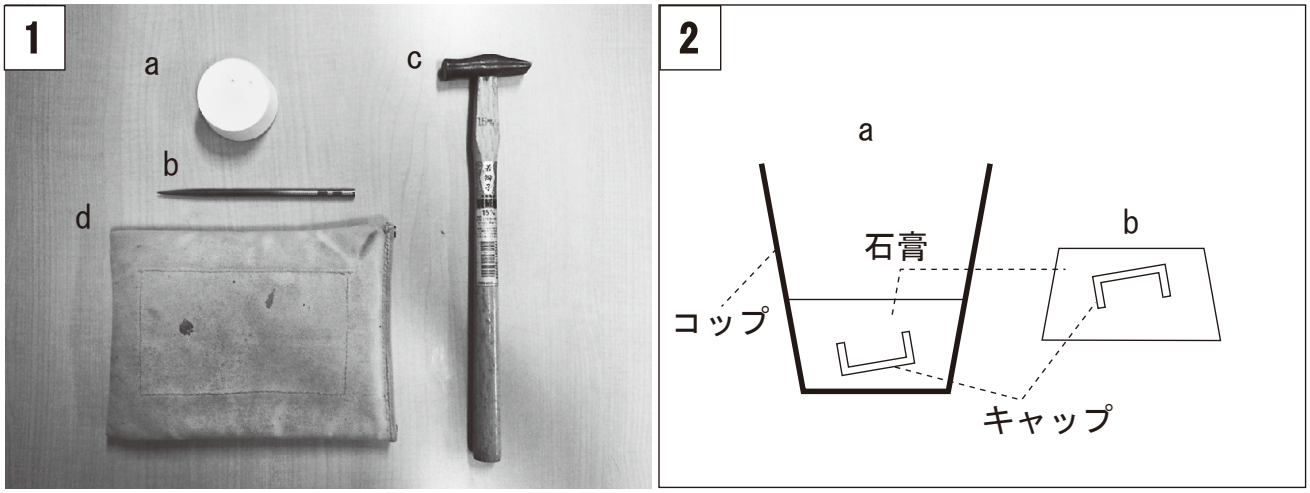

図3．石膏キャップ法の試験用具．（1）用具．a, 試験材料．b，コンクリートタガネ．c，小型ハンマー．d，砂袋．（2）試験材料横断面．a，材料作成時．b，試験時．

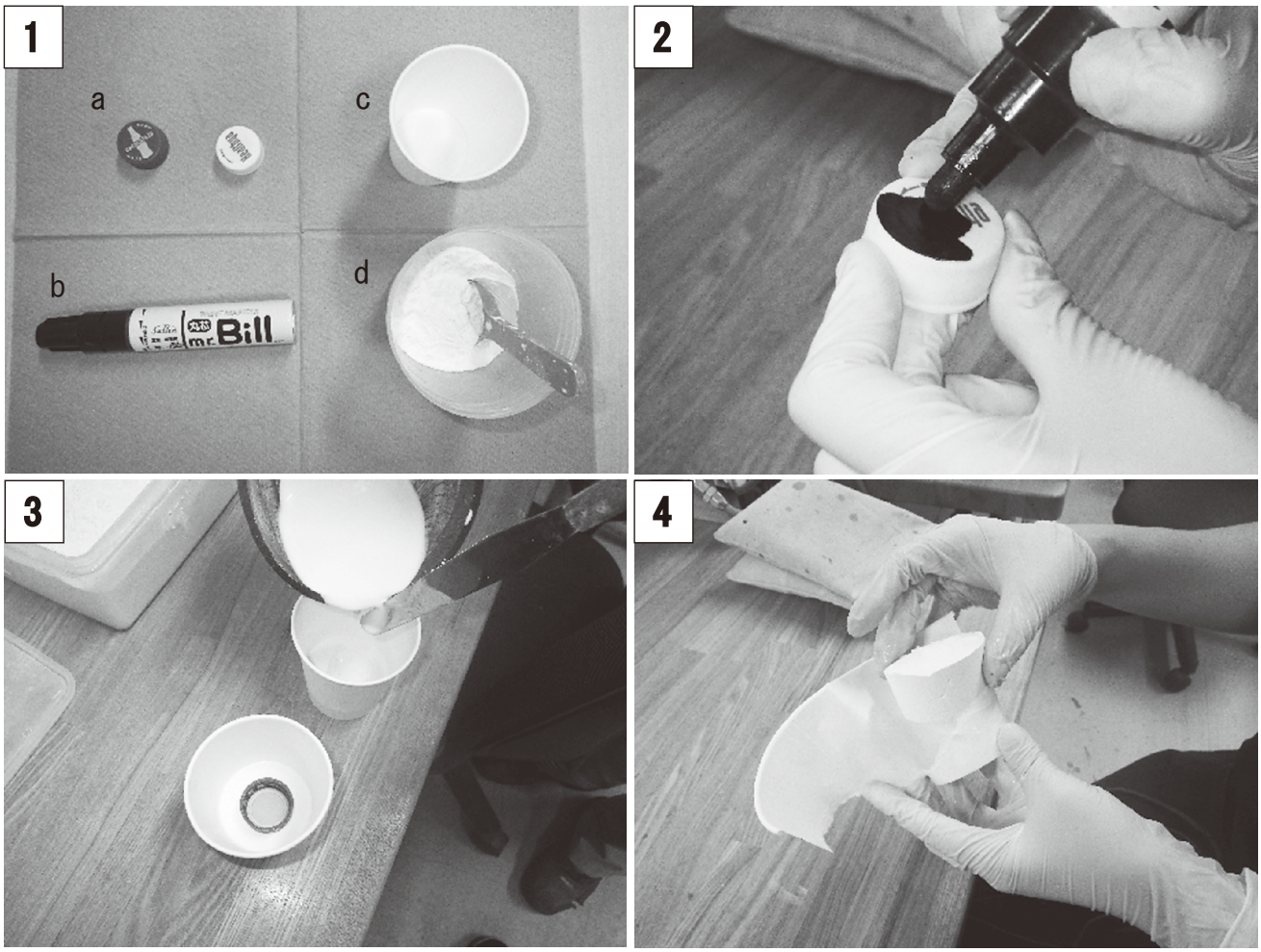

図4．石膏キャップ法試験材料の作成方法．（1）材料．a, ペットボトルキャップ．b，マーカー．c，紙コップ．d，石膏．（2）キャップ表面着色．（3）石膏にキャップを設置（図3-2-a参照）．（4）硬化後取出し．

れ，キャップ上面を下に任意の角度で石膏中に設置する（キャップを水平に設置すると試験において偶発的にキャップ上面が露出するため浅く角度をつける）（図3–2–a, 4–3）．

キャップ設置後，全体が隠れるように石膏を注ぐ（図4–3）．

最後に石膏の硬化後コップから資料を取り出す（図4–4）．

4．試験の注意点

タガネ・ハンマーの使用法の説明は簡単に行う．円錐台の試験資材は，円面積が小さいほうを上面とし，その状態で使用する（図3–2–b）．キャップの埋まっている位置や角度に関する情報は伝えない．どのような仕上り状態が良いのか伝えない（「キャップに傷がつかないように」等）．

5．試験の評価内容

この方法は，ペットボトルキャップを化石，石膏を固結した母岩にみたて，疑似的に化石を母岩から取り出す作業を再現した試験方法である．試験官は，最初にタガネとハンマーの使い方について簡単な説明を行い，キャップ上面を露出させるという簡易な作業目的のみを伝える．実際の剖出作業では研究員によって大まかな作業指針は示されるが，個々の標本によって大きさや部位，保存状態が異なるため，作業者は状況に応じて剖出工程や可否を自身で考え判断する必要がある．本試験ではあえて簡易な説明にとどめることで，明確な指示を受けなくとも，作業目的や求められる成果を自ら思考し判断する能力を有するか評価する．そしてこの能力が反映される以下の三つの項目を技師としての適性を評価するうえで重要と考え，これらを総合的に判断し技師の選考を行う．

a．作業姿勢：試験官によって試験内容と道具の使用方法について簡単な説明が行われる．その際の受験者の‘聴く姿勢’は最初の評価項目になると考える．なぜなら採用後に研究者や先輩技師の指示や助言を真摯に受け止めることが技術発達には不可欠だからである．そのため，例えば試験資材や道具について説明中の試験官に注目しない，指示されていないのに道具を触る，横柄な態度や言動などは，実技そのものではないが重要な評価対象となる．また，化石という科学的に重要かつ貴重な資料を扱う剖出作業では，資料を大切に扱う心構えや慎重性が大切となる．したがって，試験実施時の受験者の作業態度，つまり，試験資材や道具を丁寧に扱っているか，適度なスピードを意識しつつ慎重な姿勢で作業に取組んでいるか，などが評価項目として挙げられる．

b．タガネを叩く力，スピードの程度：試験ではタガネとハンマーを使い，石膏を崩してペットボトルキャップを露出させる．その際評価の対象となるのが，タガネを打ち込む力とスピードである．キャップを早く露出させようと強い力でタガネを打ち込む受験者は，化石を取り出す作業の面で慎重さに欠けるため，不適格と判断される．また逆に，慎重になるあまりに打ち込む力が弱く，時間内にキャップを掘り出せない受験者は，本来の作業目的を達成していないため良い評価は得られない．実際の剖出作業には慎重かつ丁寧に作業に取り組む姿勢と同時に，ある程度のスピードと作業を進める瞬時の判断力も必要となる．これらに無意識に対応した受験者は，化石剖出技師として良い特性を持っていると判断される．

c．キャップ表面の傷の数や大きさ：本項目が最も視覚的に判断しやすい評価基準である．タガネを使い石膏中のキャップを露出させる過程でつけた傷の数と大きさが技師としての適性を判断するうえで有用と考える．実際の剖出作業を考慮すると，受験者は化石に見立てたキャップに可能な限り傷を付けないよう作業に取り組む必要がある．大半の受験者は，石膏中からキャップ表面を初めて露出させる際に，タガネの先端でキャップ表面に傷を作ってしまう．しかし評価の対象となるのは，キャップ表面が見えた後に行った作業によって付けられた傷の数と大きさである．受験者はタガネとキャップの最初の接触でキャップがどのような状態で埋まっているか判断し，その判断のもとにキャップの位置や埋没姿勢を想定し，‘適度’な力とスピードで集中力を維持しつつ掘り出す必要がある．これらの判断や集中力に欠けている場合，受験者は多数の傷もしくは深い傷を形成する．

6．合否の判断（図5–1, 2）

本試験では上記の項目をA・B・C・Dの四段階で評価し，「聴く姿勢を示し真摯な態度で試験に臨み，適切な力とスピードで作業を行い，なるべく傷を付けることなくキャップ表面を露出させることが出来た人物」を，技師として高い適性を持つと判断する．この結果に面接評価を加味した上で成績上位者が採用される．該当者なしの場合は，再募集・再試験を実施する．

7．利点と問題点

この方法の利点は，実物の化石を使用することなく模擬的に固結した堆積物中の化石を掘り出す作業を再現した点にある．また，化石の代用として比較的軟質の材料であるペットボトルキャップを利用することで，容易にタガネによる傷を判断することが出来る．試験資材は入手しやすいので，実技試験用セットを短期間で容易に数多く作成することが可能である．

一方，問題点としては，数発のタガネの打撃で偶発的にキャップ表面に付着している石膏が全て剥がれる場合

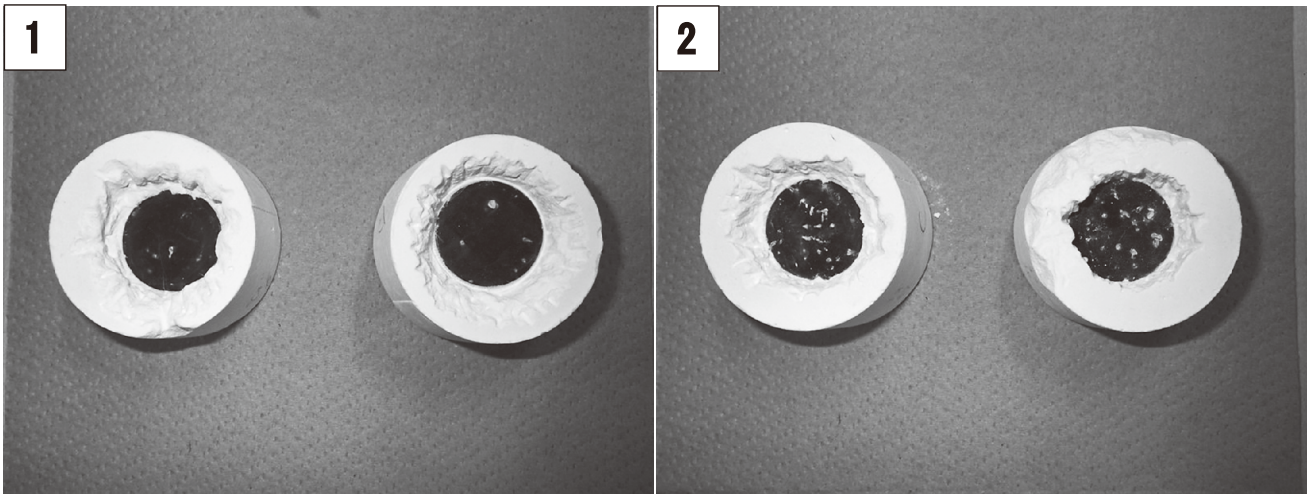

図5．石膏キャップ法の試験結果．(1) 合格資料．(2) 不合格資料．

がある．その場合は技能の程度がキャップ表面の傷の数と大きさに反映されない．こうした問題点を補うには，試験実施中の受験者の作業状況をもれなく観察する必要があるが，受験者が多数の場合は容易ではない．

ゴマ並べ法

1．試験内容

紙に印字された「＋」上に任意の道具を用いてゴマを並べる．「＋」は25列21行（練習用1行，試験用20行）印刷されており，一行につき一分間ずつ計20行の作業を行う．

2．試験使用道具（図6, 7）

- 試験材料（「＋」が印字されている用紙；図6–a, 7–3）
- ゴマ（市販されている食用煎りゴマ；図6–b）
- ゴマ用容器（ニチカ PBT 1号標本小箱；図6–c）

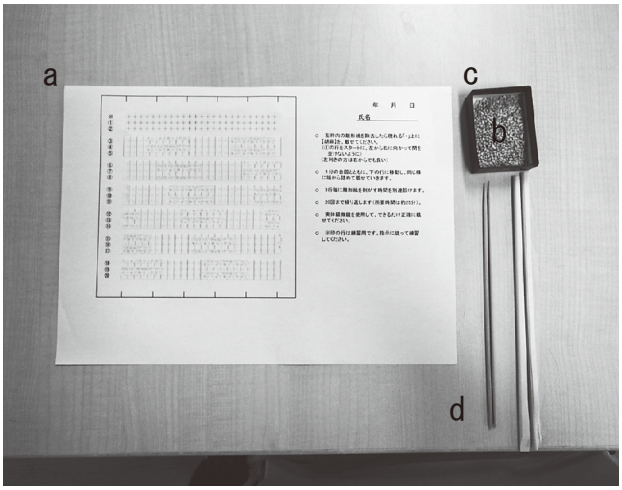

図6．ゴマ並べ法の試験用具．a, 試験用紙．b，ゴマ．c，ゴマ容器．d，掴用道具．

- 掴用道具（竹串2本，箸一膳；図6–d）
- 両面テープ（ニチバン・ナイスタック15 mm幅；図7–1–b）
- ハサミ（図7–1–c）

3. 試験材料の作成方法（図7-2, 3）

まず，Excel等を用いてA4横一枚2/3程度に収まるよう25列の「＋」を21行作成する（MPSゴシック；フォントサイズ11）．その際，ゴマ固定用の粘着テープを貼り付けやすいように三行ごとに間隔をあける．余白に受験者の氏名等を記入する欄と，試験の方法，注意点を記す．作成した試験用紙データをプリンターで打ち出す．

次に両面テープを「＋」25列と同じ長さに切り「＋」列上に貼り付ける．上記の仕様で作成した「＋」行の場合，15 mm幅の両面テープを使用すると，一枚につき三行を覆う状態になる．残りの行を全て覆うよう前記の作業を繰り返す．

4．試験の評価項目

この方法は，指定の位置にゴマを配列させ，技能や作業姿勢を判断する方法である．試験官は作業の進め方について説明を行う．ただし，ゴマの並べ方や利用する道具について細かくは指示しない（受験者の判断に任せる）．これについては石膏キャップ法と同様で，あえて簡易な説明にとどめることで，各受験者の思考力や判断力を評価するためである．受験者は説明を受けた後，最初の一列で練習を行い，その後，約25分にわたり試験を行う．本試験では，下記の項目が技師としての適性を評価するうえで有用と考え，それらを総合的に判断し技師の選考を行う．

a．作業姿勢：この項目は石膏キャップ法と同じ．

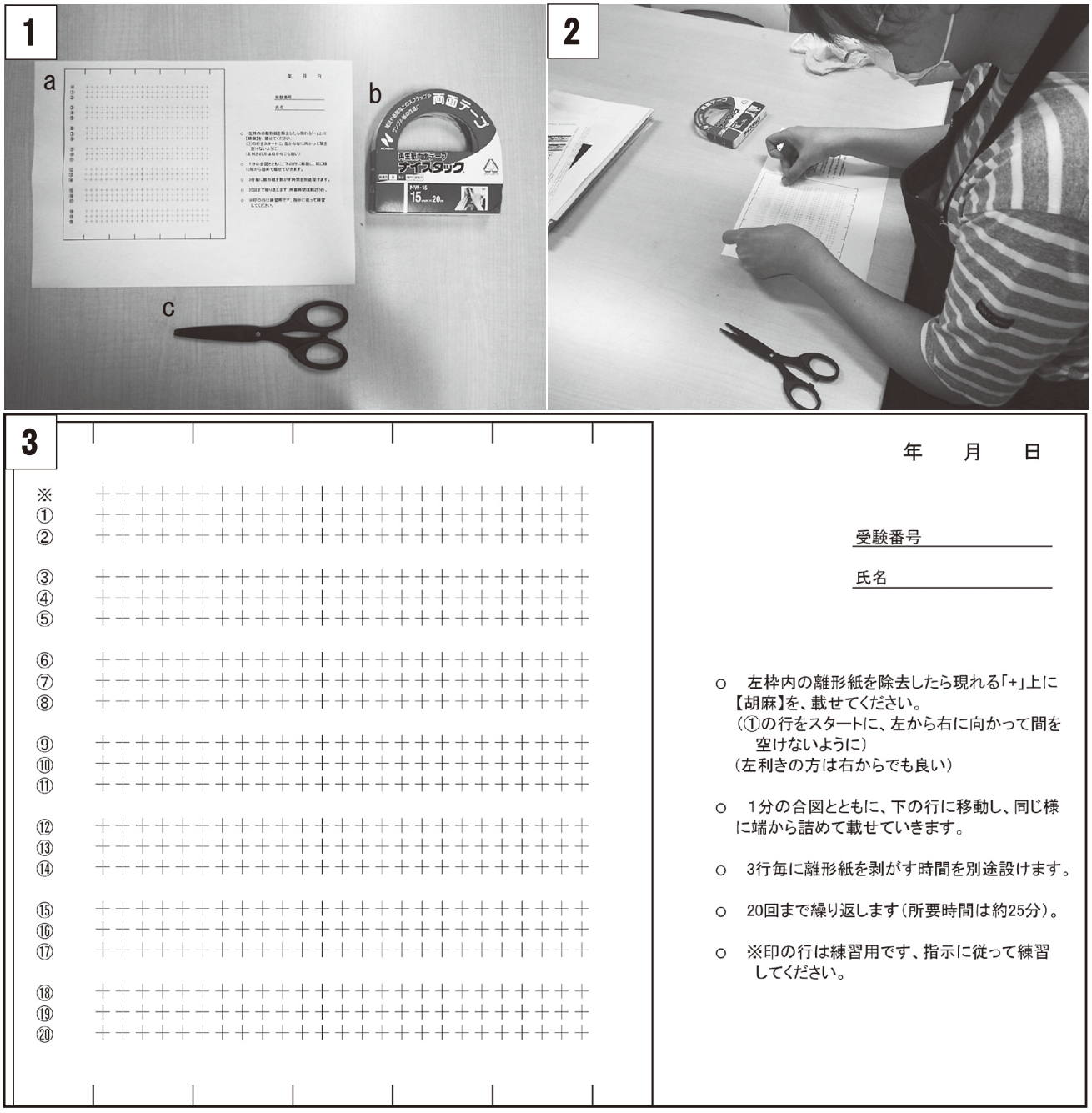

図7．ゴマ並べ法試験材料の作成方法．(1) 材料．a，試験用紙．b，両面テープ．c，ハサミ．(2) 印刷した試験用紙の＋部に両面テープを添付．(3) Excelで作成した試験用紙．

b．ゴマ並べ用の道具の選択・使用法：この試験においてはゴマを並べる道具として竹串（2本），箸（一膳）が配布されており，受験者が使用する道具を自身の判断で選択し試験が実施される．並べる対象から判断すると箸に比べ竹串のほうがゴマを掴みやすく扱いやすいことが予測され，2本の竹串を箸のように使用し，丁寧に並べる方法が最も良いと考えられる．一方，多くの受験者が普段使い慣れている箸を選択し作業する傾向がある．箸を選択しゴマを並べることが可能なら特に問題はないが，実際には竹串選択者に比べると試験の成果に歴然たる差が認められる．また，竹串を選択しても，竹串の先端にゴマを突き刺して並べる，ゴマを掴まず竹串の先を用いて転がし配列させる，など様々な手法で作業に取り組む受験者もいる．さらに掴用道具を使用せず，指を使い並べる受験者もいる．試験においてこのような方法を禁止しているわけではないが，剖出作業には標本を丁寧に扱う意識や慎重性が必要であり，これらの方法でゴマを並べる受験者には，これらの素質が乏しいと判断できる．従って試験官は受験者がどのように道具を選択し使用したかについても注意深く観察し記録する必要がある．

c．ゴマを並べた結果の評価：受験者はゴマを並べるという作業目的以外，並べ方や方法について細かな指示を受けない．受験者はその方法について自身で判断し，作業に取り組む．従って，試験の結果には，受験者の判断力と性格が自ずと反映される．

作業結果の評価には，1）ゴマの位置（正確に試験用紙の＋印上に置かれているか），2）並べたゴマの数，および3）ゴマの向きの均一性，以上3つの項目を重視する．例えば，作業の速さや並べたゴマの数のみに気を取られた受験者は，乱雑に並べてでも数を稼ごうとする．他方，作業の正確性を重視した受験者はゴマの位置や向きに注意を払う．両者を比較した際，剖出作業の性質を考慮すると後者の考えが技師として適切と判断される．しかし，余りにも並べたゴマの数が少ない場合は，逆に効率性や器用さに欠けると判断される．

また本試験では，限られた時間で作業を繰り返し行うための高い集中力が必要である．ゴマの配列数が作業の前半に比べ後半で減る場合，集中力の持続性に欠けると判断される．試験では，上記の各項目についてバランス良く作業が行えているかどうかが評価される．バランス良く作業が行えた受験者の試験結果は視覚的にも美しく，これらの条件を満たしていない受験者のそれと比較すると際だって見える．

5．合否の判断（図8–1, 2）

ゴマ並べ法の試験では「聴く姿勢を示し真摯な態度で試験に臨み，一定時間で丁寧かつ均等に，また視覚的に美しくゴマを配列することが出来た人物」が技師として高い適性を持つと判断される．実技試験では成績をA・B・C・Dの四段階で評価し，この結果に面接評価を加味した総合成績の上位者が採用される．該当者なしの場合は，再募集・再試験を実施する．

6．利点と問題点

この方法の利点は，材料の入手や準備が石膏法よりさらに容易で，特殊な器具を使用することなく試験が実施できる点にある．また，手先の器用さ等の作業適性のみならず，通常の試験において判断することが比較的難しい「個人の性格」（例えば全てのゴマを同じ方向で並べた受験者は几帳面な性格であることがわかる）も本試験を通して一定の判断が可能である．

その一方で，ゴマの並べ方や数といった基準の全く異なる複数の要素を統合するため，合計得点で並んだ受験者の合否順位を決定することが困難な場合がある．

育成方法の開発

前述のように，技師が常駐する欧米の博物館や研究施設では，プレパレーター（化石の剖出を含む標本処理・保管作業を専門とする技師）自身が，これまでの経験を活かし，指導や方法論を自ら構築して新たな人材の育成に取り組んでいる．筆者らはこれらを参考とし，主として篠山層群産脊椎動物化石の剖出を目的とした技師の育成に努めてきた（池田, 2012）．ここではその育成課程を説明する．

第一課程：化石や研究資料に対する理解

剖出技師候補として採用された人（以下「訓練技師」）の多くは，自然科学に対し高い関心を示す一方で，ほとんどの場合，化石や岩石，現生動物の骨などの科学資料を扱う専門的な教育を受けていないのが通常である．化石の剖出作業には，技量もさることながら標本の科学資料としての意味や価値を個々の技師が十分に理解している必要がある．この理解が不十分であると資料の扱いが粗雑になり研究上重要な情報が失われる怖れもある．したがって，訓練技師として採用された人たちは，実質的

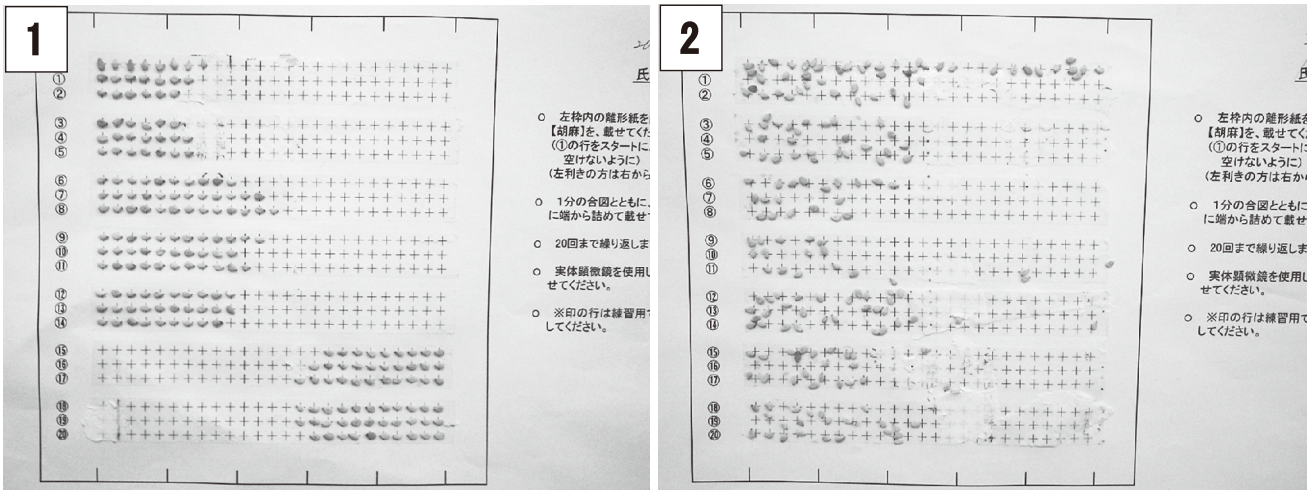

図8．ゴマ並べ法の試験結果．（1）合格資料．（2）不合格資料．

な作業訓練に入る前に，研究員により展示室や収蔵庫等で資料に関する教育を受ける．また実物の文献資料や実物標本をもとに，作業の意義や責任について細かな指導を受ける．

第二課程：肉眼による化石判別能力（図9–1, 2）

各訓練技師が化石資料の意味や価値，また作業に対する責任について十分な理解が得られたと判断された場合，育成は第二課程に進む．篠山層群の恐竜化石の発掘では，竜脚類の体骨格化石とともに，母岩の泥岩も採集・保存されている．その中にはカエル類などの小型脊椎動物化石が多数含有されている．そこで人博では生涯学習普及活動等（発掘体験会など）を活用し，参加者に岩石を細かく割ってもらう作業をとおして新たな資料の入手に努めている（池田, 2012）．第二課程は，これらの岩石を割り化石を発見する作業を約二カ月間行い，肉眼で化石を判別する能力を培う．

剖出においては，化石本体とそれを取巻く基質（母岩）の違いを肉眼で明瞭に判別できる能力が必要であり，この課程を通じてその基礎的な能力を養うことが可能である．これらに加えて，石を砕き続けるという肉体的かつ精神的にも負荷がかかる作業を通じて，訓練技師に化石資料を発掘する手間暇と労苦を体感させ，作業により真摯に取り組む姿勢を養わせることも目的としている．

第三課程：双眼実体顕微鏡での剖出訓練（図10–1, 2, 3）

第二課程を通じて，訓練技師が肉眼レベルでの化石の判別能力を十分に習得したと判断された場合，育成は第三課程に進む．人博では，主としてPaleo Tools社のエアチゼル（PaleoAro Series, Micro Jack Series）を導入し，双眼実体顕微鏡下で化石標本の剖出作業を行っている．第三課程では，研究員や熟練技師の指導のもとで訓練技師は各器具の構造と使用法，また作業における留意点を理解し，実物化石の剖出にむけた訓練を受ける（図10–1）．

訓練の第一段階は，双眼実体顕微鏡（実体顕微鏡）の使用法の習得から始まる（図10–2）．訓練技師は，高倍率で立体視することができる実体顕微鏡を利用して化石標本の細部にわたる正確な剖出を行う．人博では，各理

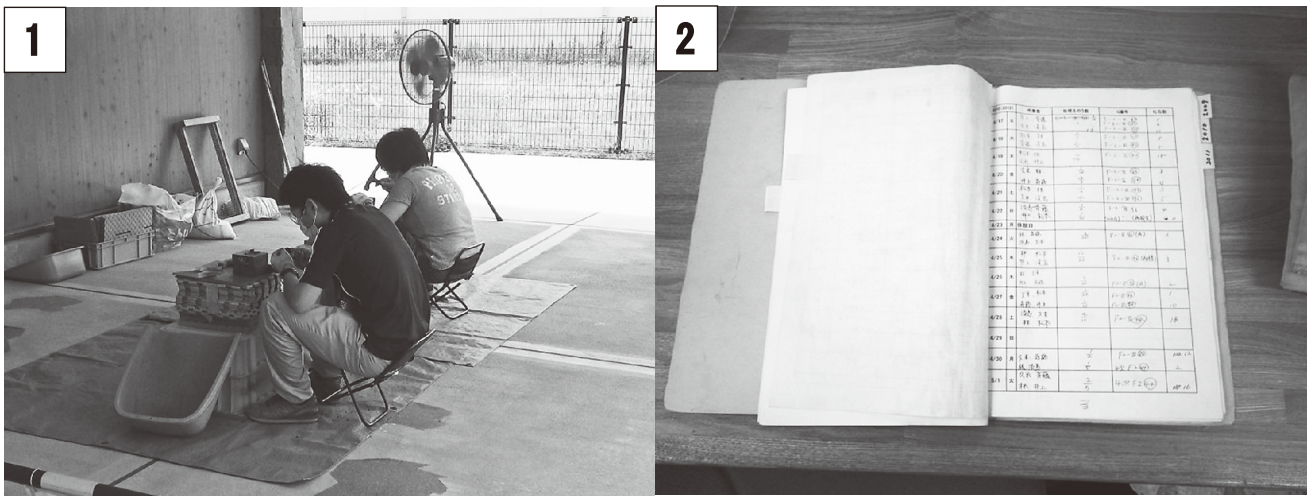

図9．肉眼による化石判別能力の育成．(1) 屋外での石割作業風景．(2) 作業台帳．

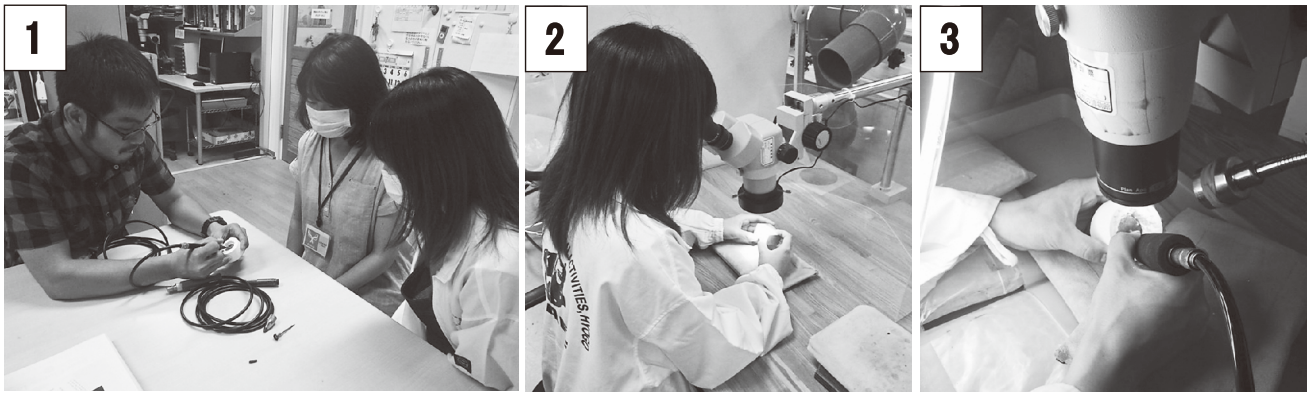

図10．顕微鏡・機器の使用訓練．(1) 剖出機器の使用方法・注意点の解説．(2) 双眼実体顕微鏡の使用訓練．(3) キャップ入り石膏を利用した剖出作業の予備練習．

科教育機関や機器メーカーが発行している実体顕微鏡使用の手引（例えば，Nikon・システム実体顕微鏡SMZ1000/SMZ800・使用説明書）に則り訓練を行っているが，実体顕微鏡の習熟には個人差が大きく見られた．ごく簡単な説明を聞いただけで，感覚的にその特性を理解し，ただちに機器を利用出来る訓練技師がいる一方で，習熟するまでに数日，ないし数週間有する訓練技師もいる．時間を要するのは，主に目と接眼レンズとの距離や左右接眼レンズの眼幅の調整不足が原因と考えられる．今後，より簡易に習熟出来る方法を今後考案していく必要がある．

実体顕微鏡に習熟したと判断されると訓練は次の段階に入る．ここでは，実体顕微鏡下でエアチゼルを用いて，石膏中のキャップ（石膏キャップ法を参照）を無傷で取り出す訓練を行う（図10–3）．この模擬剖出作業をとおして，手先の動きや器具の取扱い方を各訓練技師に把握させることを目的としている．訓練技師により技能習熟度は個人差が見られるが，概ね数回のキャップ訓練後には一様にほぼ無傷でキャップを取り出すことが可能となる．

第四課程：実践訓練（図11–1, 2）

これまでの訓練（約二ヶ月半）をへて，各訓練技師は概ね実物標本を剖出する上での技能と知識を習得してきた．訓練技師は，主に熟練技師の指導のもと，比較的剖出が簡易な標本から作業を始める．初期の段階では，熟練技師により一部表面が剖出された化石（図11–1）について作業を行い，化石の本来の質感や特徴を改めて認識させる．こうした作業を繰り返し行い，技術習得度に応じて扱う化石を剖出難易度が高いものに変更する（例えば，小骨片→中骨片→変形骨片→大骨片）．訓練技師の技能熟練度は個人差が見られるものの，概ね一年程の訓練を経ると大きなミスを犯すことなく各標本の剖出を行うことが可能となる．

同時に，重要なのは研究員と供に情報を共有しながら作業を進める習慣を身につけてもらうことである（図11–2）．複雑な形状をしている脊椎動物化石の剖出を効率的かつ迅速に行うには，化石骨に関する解剖学的な知識が必要であるが，このような知識は研究員から提供される．また母岩中における化石の保存状態自体にも重要な情報が隠されている場合があるが，技師がそれに気づくことは稀である．従って，化石剖出技師には，自身が剖出している化石に関して，適宜研究員に自発的に質問・報告することが求められる．その一方で，あらゆることを研究員に質問・報告するのは非効率的なので，化石剖出技師は剖出中に見ているものの重要性を直感的に把握し，質問・報告すべき事項を自身で選別する必要がある．こうした判断能力の向上には，研究員との日常的な対話を通して培った専門知識が重要である．また，このような対話は，化石剖出技師の自身の仕事に対する興味と熱意を高める上でも欠くことの出来ないものであり，次項で述べる化石剖出技師による標本整理法，剖出機器・システムの自発的な開発につながっている．

発展・応用：標本整理法，機器・システムの開発（図12–1, 2, 3, 4）

2007年4月の人博恐竜ラボ開館以降，延べ数十名の技師が剖出作業に取り組んでおり，現在では高い技能を有す技師が複数名在籍している．これら高い技能を有す技師の活躍により，すでに数編の研究成果が学会講演・論文等をとおして発表されている（三枝ほか, 2008; Ikeda and Saegusa, 2009; Ikeda *et al.*, 2010; Ikeda and Saegusa, 2013; Kushuhashi *et al.*, 2013）．また，学術研究だけではなく，現在では技師自身が，独自の視点から各剖出器具や化石標本の整理方法，またそのための技術マニュアルなどを自発的に開発している（図12–1, 2, 3）．例えば「半

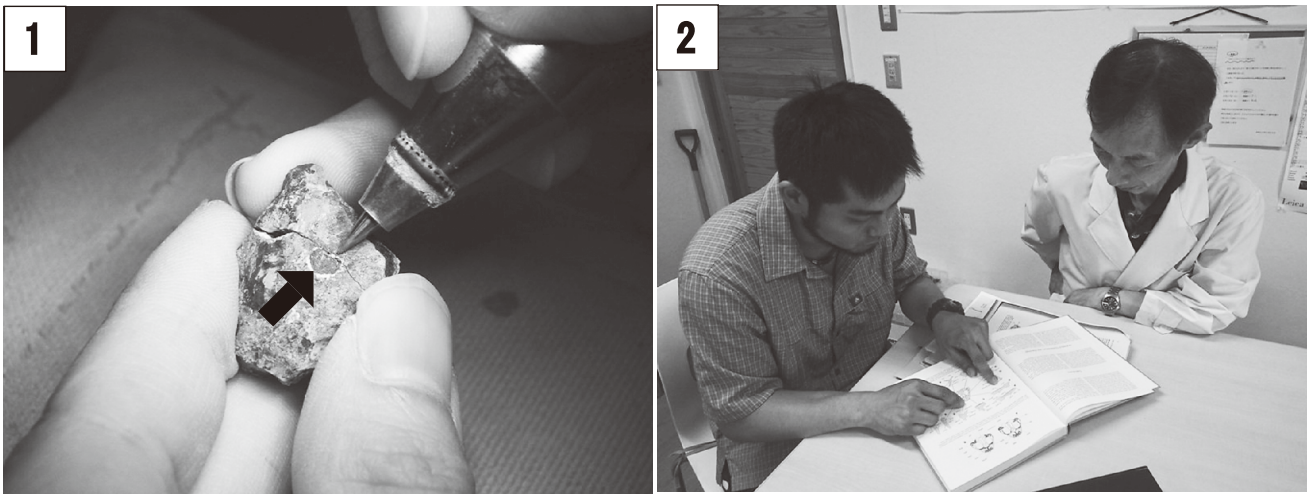

図11．剖出の実践訓練．(1) 小骨片化石の剖出．矢印は熟練技師により一部表面を露出させた部分．(2) 研究員と技師との剖出作業の打合せ．

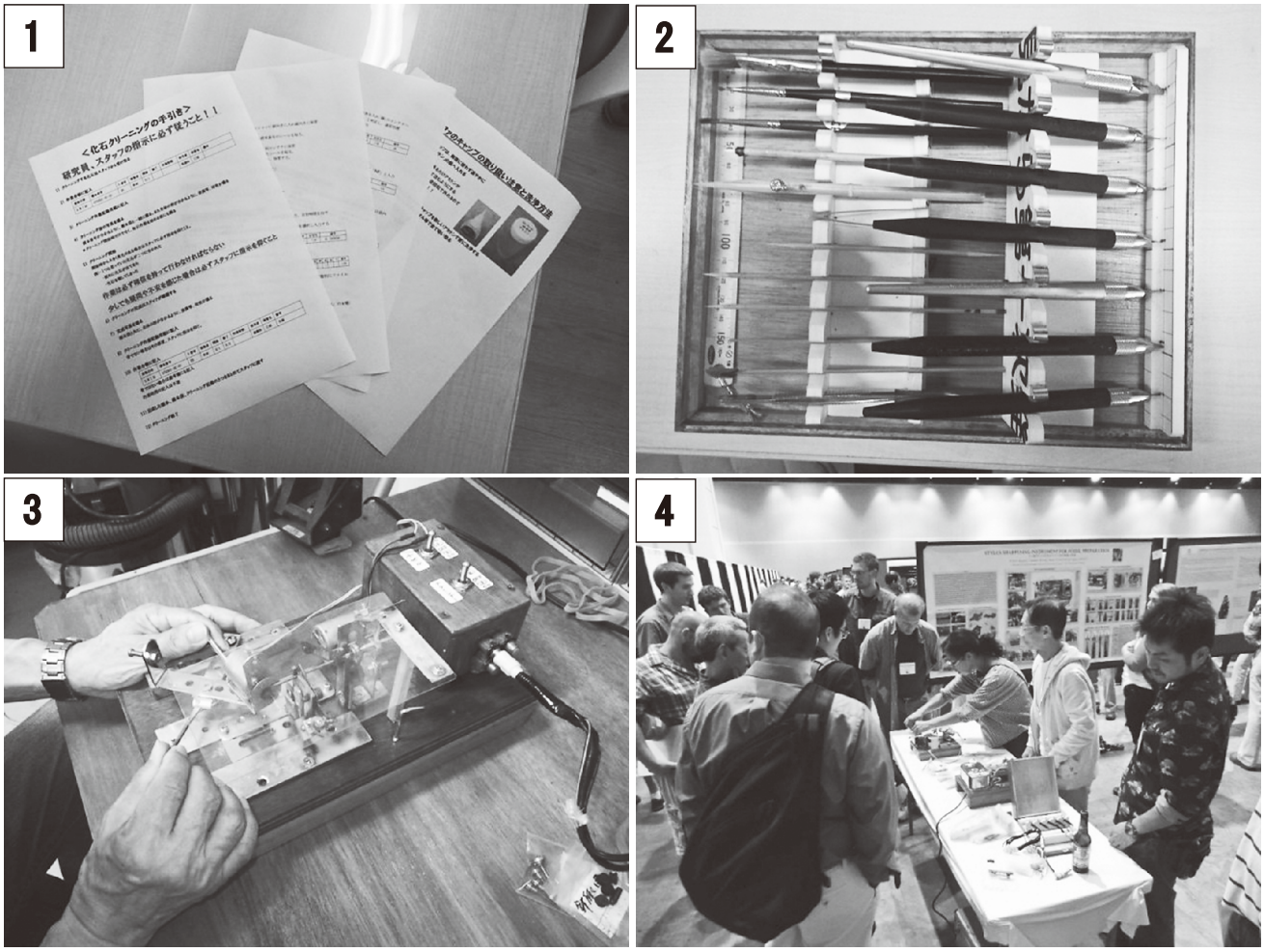

図12．標本整理法，機器等の開発．(1) 作業・用具使用マニュアル．(2) エア噴出式改良型デザインナイフ．(3) 半自動型化石処理用チゼル針研磨機．(4) 学会での発表風景．

自動型化石処理用チゼル針研磨機」は，2012年度に開催された米国古脊椎動物学会で発表され（図12–4），多くの注目を集めその成果が高く評価された（Wada *et al.*, 2012）．現在では，シカゴフィールド博物館，ミシガン大学で人博技師が独自に製作した機器が活用されている．人博の技師が開発した機器や手法の詳細は，今後，機会を改めてその詳細を公表する予定である．

おわりに

人博恐竜ラボの開設以降，筆者らは試行錯誤を重ねながら，化石剖出技師の育成に取り組んできた．その結果，現在では非常に高い技能をもつ技師が育成されており，剖出作業を通じて研究発展に大きく貢献している．しかしながら，人博で活躍する技師は嘱託職員や日々雇用員といった非正規雇用員であり，社会的，また経済的待遇が決して良いとは言えない．技師の技術発展には長期間における経験の積重ねが重要であり，現在のような雇用待遇では持続的な技術発展や次世代への技能の継承が非常に困難である．

このような状況の中で例外的なのは，私設の林原自然科学博物館である．同博物館では，研究員の他に多くの専任技師を常駐させ，その長年に渡る活動に基づく多くの技術論文を発表し，研究のみならず博物館活動を通した生涯学習普及活動に貢献してきた（松本, 2006, 2008, 2012; 松本・藤山, 2011; 松本・橋本, 2011）．しかし日本全国を眺めると，技師を専任で雇用している自然史系博物館や博物館相当施設は皆無に等しい．

技師の活動は，普段一般に目にすることがない博物館収蔵庫や内部施設で行われることが多く，その成果や意義を広く一般に理解してもらうことは容易ではない．しかしながら，自然科学の発展には，研究のバックヤードを支える専任技師の活動が不可欠であり，彼らの活躍なくして優れた学術成果は得られないと言って過言ではない．とりわけ科学的資料を未来に継承する責務を負う博物館では，積極的に専任技師を雇用し，標本処理の技術やそのための人材の育成に努めるべきだと筆者らは考える．それが実現すれば日本国民全体の科学リテラシーの

向上にも寄与するであろう．

謝辞

本稿を寄稿するにあたり御協力を頂いた，兵庫県立人と自然の博物館の化石剖出技師，博物館スタッフ，また関係各位の皆様にお礼申し上げる．編集長である九州大学総合研究博物館の前田晴良氏，査読者である徳島県立博物館の辻野泰之氏から適切なコメントと助言を頂き，本稿を大きく改善することができた．また本研究の一部は，日本学術振興会科学研究費補助金（24501107：恐竜化石を活かした自然史リテラシーの涵養と環境教育への展開）によって実施された．

文献

Bergwall, L., 2009. Fossil preparation test: an indication of manual skills. In: Methods in Fossil Preparation. *In* Brown, M.A., Kane, J.F. and Parker,W.G. *eds., Methods in Preparation: Proceedings of the First AnnualFossil Preparation and Collections Symposium*, 35–40.

Brown, M.A., Smith. M. and Jabo, S., 2009. Training and evaluation of volunteer fossil preparators in the Smithsonian FossiLab program. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **29** (3, Supplement), 71A.

Brown, M.A., Smith, M., Jabo, S. and Telfer, A., 2010. The Smithsonian Institution's exhibit fossil preparation lab volunteer training programme, part II: training and evaluating student preparators. *Geological Curator*, **9**, 179–186.

池田忠広，2012．生涯学習支援―恐竜化石をとおして―．みんなで楽しむ新しい博物館のこころみ，47–76．研成社．

Ikeda, T. and Saegusa, H., 2009. Preliminary report on fossil lizards from the Lower Cretaceous Sasayama Group of Hyogo Prefecture, SW Japan. *Journal of Vertebrate Paleontology, Program and Abstracts 2009*, 119A.

Ikeda, T. and H. Saegusa., 2013. Scincomorphan lizards from the Lower Cretaceous Sasayama Group, Hyogo, Japan. *Journal of Fossil Research*, **46**, 2–14.

Ikeda, T., Saegusa, H. and Handa, K., 2010. A fossil anuran from the Lower Cretaceous Sasayama Group of Hyogo Prefecture, SW Japan. *Journal of Vertebrate Paleontology, Program and Abstracts 2010*, 109A.

Jabo, S.J., Telfer, A., Brown, M.A., Reser, P., Smith, M.E. and Holland, M., 2010. The Smithsonian Institution's exhibit fossil preparation lab volunteer training programme, part I: design and recruitment. *Geological Curator*, **9**, 169–178.

Kusuhashi, N., Tsutsumi, Y., Saegusa, H., Horie, K., Ikeda,T., Yokoyama, K. and Shiraishi, K., 2013. A new Early Cretaceous eutherian mammal from the Sasayama Group, Hyogo, Japan. *Proceedings of the Royal Society B*, **280**, 20130142.

松本幸英，2006．化石脊椎動物の骨格仮組み用支持システムの紹介．化石，(80)，41–46．

松本幸英，2008．椎骨化石の型取り技法について．化石，(83)，59–63．

松本幸英，2012．仮組みシステムと型紙を使ったレプリカ骨格組み上げ技法．化石，(91)，31–38．

松本幸英・藤山佳人，2011．博物館の教育活動に仕様する模造砂岩の新しい製作技法．化石，(90)，31–35．

松本幸英・橋本　龍，2011．恐竜ハドロサウルス類の教育用頭蓋骨模型．化石，(90)，25–30．

Saegusa, H., Ikeda, T., Kusuhashi, N., Tanaka, S. and Matsubara,T., 2008. A titanoform sauropod (Dinosauria: Saurischia) and microvertebrates from the lower Cretaceous of Hyogo Prefecture, SW Japan. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **28** (3, Supplement), 135A.

三枝春生・田中里志・池田忠広・松原尚志・古谷　裕・半田久美子，2008．下部白亜系篠山層群からの竜脚類およびその他脊椎動物化石の産出．化石研究会会誌，**41**，2–12．

和田和美，2013．化石処理用チゼル針半自動研磨機の開発．共生のひろば，**8**，20–25．

Wada, K., Ikeda, T., Saegusa, H. and Shinya, A., 2012. Stylus Sharpening instrument for fossil preparation. *Journal of Vertebrate Paleontology, Program and Abstracts 2012*, 119.

（2013年8月22日受付，2014年3月19日受理）