

深田地質研究所での石工室の立ち上げ

村宮悠介・笹尾春夫

深田地質研究所

Establishing the rock preparation laboratory at Fukada Geological Institute

MURAMIYA Yusuke, SASAO Haruo

Fukada Geological Institute

要旨：地質学や古生物学の研究を行う上で、切断・切削・研磨といった岩石の加工作業を行う機会は多い。ふつう、岩石の加工作業では騒音や粉塵が発生するため、作業を安全かつ快適に行うには専用の作業室（＝石工室）が必要である。しかし、深田地質研究所には、これまでそのような部屋は用意されておらず、岩石の加工作業はほとんどできなかった。そこで、2020～2021年度にかけて、深田地質研究所に新しく石工室を整備した。本稿では、岩石の加工作業に堪えうる空間とするために必要とされた構造・設備の仕様、さらに、実際に導入した機材類について紹介する。

キーワード：化石クリーニング、岩石加工、研磨、切断、薄片

Abstract: Rock preparation such as cutting and polishing is frequently required in geological and paleontological research. Because of the noise and dust generated during rock preparation, a dedicated workspace (i.e., rock preparation laboratory) is necessary to ensure safe and comfortable operations. However, such a workspace had not been established at Fukada Geological Institute. This made it difficult to perform rock preparation at Fukada Geological Institute. Therefore, in 2020–2021, we prepared to establish a rock preparation laboratory at Fukada Geological Institute, which was established in early 2022. This paper describes the specifications of the structure and equipment required to make the space suitable for rock preparation work, as well as the actual equipment installed.

Keywords: cutting, fossil preparation, polishing, rock preparation, thin section

1. はじめに

地質学および古生物学の研究では、切断・切削・研磨など、野外で採取した岩石サンプルを加工する機会が多く発生する。むしろ、野外で採取されたサンプルが、そのままの状態の研究に供されることの方が珍しい。したがって、地質学および古

生物学の研究を行う上で、岩石の加工を行うための環境は、必須と言えよう。

多くの場合、岩石の加工は、石くず・粉塵・泥水が発生するような「汚れる」作業である。また、「ガンガン！コンコン・・・ギュイーン」というような、通常の生活では耳にしないような騒音も伴う。このため、岩石の加工は、通常のオフィス

環境やクリーンな実験室環境では、周囲に迷惑をかけずに行うことは大変難しい。したがって、それを行うには、ふつう、専用の区切られたスペースが必要になる。従来、深田地質研究所（以下、深田研）には、そのような専用のスペースがなかった。そこで、2020～2021年度にかけて、岩石の加工などの作業を行うための専用スペース（以下、石工室）を深田研の2階北東側の区画に整備した。

本稿では、この度整備した石工室について、屋内で岩石の加工を行うために必要とされた構造・設備の仕様、また、実際に導入した機材という観点から紹介する。本稿が、これからそのような作業環境を構築しようとしている方の参考になれば幸いである。

2. 石工室で行う作業内容

石工室の構造および設備の仕様を決めるため、事前に、想定する作業内容を洗い出した。以下に具体的に挙げていく。

2.1 岩石および用具の洗浄

野外で採取した岩石は、ふつう、泥や苔などで汚れている。保管するにも観察するにも、汚れたままでは不便であるし、カビが発生する原因にもなる。したがって、野外で採取した岩石は、まず洗浄する必要がある。また、切断や研磨など、加工の時々では、岩石および用具を洗浄する必要がある。

2.2 岩石の切断

岩石の切断は、加工の中でも特に基本的な作業である。大きすぎるサンプルをトリミングするとき、平面的な研磨面を作るとき、薄片を作るときなど、様々な段階で岩石を切断する必要が生じ

る。岩石コアや球状コンクリーション、大型化石などを研究対象にしている場合、直径5cm程度以上の大きさの岩石サンプルを切断する機会が多い。

2.3 岩石の研磨

岩石内部の微細な構造を観察するときや、元素マッピング分析を行うためには、平面研磨標本作製する必要がある。このとき、10cm四方程度の岩石を2000～3000番程度まで研磨できると、多くの場合に対応できる。

2.4 化石のクリーニング

未固結な堆積物から採取されたものを除けば、野外で採集された化石は、ほとんどの場合、余分な石に覆われている。このため、大型化石を研究するには、化石を覆う余分な石を削り取って対象の化石を岩石から露わにさせる必要がある。この作業をクリーニングという。クリーニングは、小さなハンマーとタガネを使って行うこともあれば、エアチゼルというペンサイズの削岩機を用いることもある。突起のある化石や小さな化石などの繊細な化石のクリーニングは、実体顕微鏡下で行うことも多い。

3. 石工室の構造および設備

この章では、先述の作業を行うために石工室に必要とされた構造および設備上の仕様と、実際の構造および設備について紹介する。なお、ここでは、「構造」とは壁や天井など建物そのものに関わるものを、「設備」とはエアコンやシンクなど、通常の内装工事で取り付けられるようなものをいう。

3.1 部屋の大きさ

石工室は、深田研の既存の実験室（約7×3m）の一部を区切る形で整備されることになった。広さは、岩石カッター、作業機2台、シンクを設置することを考えて、2.5×3.0mとされた。実際に全ての設備と機材を配置すると、作業空間と動線を除けば、ほとんど全ての空間が埋まった。このため、この部屋の広さは、必要最低限のものである。

3.2 床および壁

岩石の洗浄や切断、研磨時には水を使用する。このため、水が床にこぼれたときに、階下へ水漏れしないことが求められた。また、床材、壁材および天井材には、汚れがこびりつきにくく、清掃がしやすいことが求められた。

当初の検討段階では、床にわずかに傾斜を付けてその先に排水溝を設置することで、こぼれた水を排水する案もあった。しかし、床に傾斜を付けると、作業台などの設置に悪影響すること、また、工事が大がかりになるといったデメリットがあった。また、機材を適切に選ぶことで、そもそも大量の水が床にこぼれる心配がほとんどなくなることから、この案は採用されなかった。最終的には、床は防水シート仕上げで、少量の水がこぼれても階下へ染み込んでいかないようにした。

壁と天井は、不透水性の壁紙で仕上げ、濡れ雑巾での拭き掃除ができるようにした。

3.3 シンク

岩石の洗浄作業を給湯用のシンクで行うことは衛生上問題があるため、専用のシンクを設置することとなった。大きめの岩石や研磨板などを洗えるようにするため、シンクの大きさは、幅約500mm、奥行き約380mm、深さ約280mmで、

蛇口は斜め上を向き、先端がジャバラホースによって伸ばせるタイプとした。シンクは、市販品には要求仕様を満たすものがなかったことから、特注品で対応した。また、石くずや砂が配水管を詰まらせないように、排水口にトラップを設けた。トラップは、伊藤鉄工製のステンレス製プラスチックトラップ（歯科医院などの流入排水で、不溶性物質を阻止・分離・阻集するための装置）を採用した。

3.4 扉

石工室には、構造上、2箇所の扉が設置されることになった。片方は給湯室へ、もう一方は既存の実験室に繋がるものである。岩石の切削時には粉塵とミストが発生しうるが、既存の実験室にはコンピューターや3Dプリンターなどの精密機器が設置されているため、この空間へこれらが漏れ出さないようにする必要があった。また、既存の実験室は研究室に繋がっているため、騒音も遮断する必要があった。

このような要求仕様を満たすため、石工室と既存実験室をつなぐ扉は、気密式のスライドドア（サンワイズ株式会社製）を採用した。スライドタイプとしたのは、開き戸と比べて、開閉に必要なスペースが少なく済むからである。同時に、既存実験室と研究室をつなぐ扉についても、既存の扉を気密タイプの扉に交換した。この2枚の防音効果のある扉によって、石工室内での作業音は、ほとんど研究室へ伝わらなくなった。

3.5 電源

石工室では、岩石カッター、コンプレッサー、集塵機など、さまざまな機材を使用するため、それに合わせた電源の種類と配置を検討した。まず、導入予定の岩石カッターは、三相200V電源を必

要としていたため、配置場所付近に 200V 用のコンセントを設置した。さらに将来の需要に備えて、対面する壁面にも予備の 200V 用コンセントを設置した。また、100V 用のコンセントは、壁面の床付近に 2 箇所、吊り下げ型を 2 箇所に設置した。

4. 設置した機材

ここでは、2022 年 8 月時点で、石工室に設置している機材について紹介する。なお、ここでいう「機材」とは、岩石カッターやコンプレッサーなど、内装工事後に運び入れたもので、実際の作業に直接使用するものをいう。

4.1 岩石カッター

岩石カッターは、刃のサイズ、刃の動き方、岩石の固定方法、カバーの有無などに、様々なタイプがある。深田研で行う可能性のある切断作業を考慮して、次の①～⑤の仕様が求められた。①切り込み深さが 10cm 程度あること、②不定形のサンプルを固定できる機構であること、③冷却水が循環式であること（水漏れのリスクを低減するため）、④切断時に切断部が密閉されること（ミストの飛散防止のため）、⑤低騒音であること。これらを満たすものとして、HERZOG の METACUT 302（図 1）を採用した。本機種の特徴は、切断部が完全に密閉できる機構のため、切断時にミストの飛散がなく低騒音なことである。また、冷却水が循環式のため、本体を水道に接続する必要がなく、大規模な漏水を起こしにくい。一方で、密閉式のため、サンプルを専用治具で固定する必要があり、形状によっては固定に工夫が必要である。これまでのところ、サンプルの下に硬めのスポンジクッションや木片を敷くことで固定しやすくなることが分かっている。また、どう



図 1 岩石カッター（METACUT 302）の設置状況。本体は 750mm 四方の汎用作業台に載せている。冷却水用のタンクは作業台の下に設置している。

しても固定が難しいサンプルは、石膏や樹脂に埋め込んで固定しやすい形状にすることも有効と思われる。

4.2 エアチゼル

エアチゼル（図 2）は化石クリーニングのための専用器具である。これは圧縮空気で駆動するペンサイズの削岩機のようなもので、先端の超硬針が前後に振動することで岩石を削ることができる。世界で数社が開発・販売しており、大きく 2 つのタイプに分けられる。ひとつはエアグレイバー（air graver）、もう一方はエアハンマー（air hammer）と呼ばれるものである。前者では、



図2 エアチゼル各種。左の機種ほど、繊細な作業に適している。

①超硬針の根本についた円盤 (pusher plate) を、後方から圧縮空気が押すことで針が前方へ動く、②次の瞬間、pusher plate の前方に取り付けられているバネが超硬針を押し戻す、これを繰り返すことで針が前後に振動する構造になっている。後者では、①器具内部の円筒状のハンマーが、圧縮空気の流れで前後に振動する、②ハンマーが器具先端に取り付けられた超硬針を叩く、これによって針が前後に振動する構造になっている。価格は前者の方が安い傾向があるものの、圧縮空気の消費量は多い傾向がある。

エアチゼルは器具の大きさと超硬針の形状で、時間あたりに削れる岩石の量が変わってくる。つまり、機種によって、荒削りに向くものと、繊細な作業に向くものがある。このため、作業を効率的に行うためには、荒削り用から繊細な作業用まで、複数機種を用途に合わせて使い分けるのが望ましい。深田研では、現在、5機種6本を使用している。荒削り用から繊細な作業用まで、順に紹介する。

4.2.1 HW65

Hardy Winkler (ドイツ) 製。エアハンマータイプ。荒削りに向いている。超硬針は、先端が尖ったタイプとヘラのように平たいタイプ (幅広と幅狭の2種) がある。深田研では、平型 (幅狭) の超硬針を装着して、化石から離れた部分の岩石を大きく削り取るときに用いている。使用空気圧は0.5～2.3 bar で、同程度のパワーを持つ他機種と比べると、低圧で使用できる。また、圧縮空気の消費量、作動音もともに小さい。深田研では1.4 bar で使用している。

4.2.2 ZOIC Chicago

ZOIC PalaeoTech (イギリス) 製。エアハンマータイプ。Chicago 社 (アメリカ) の CP-9361 という彫刻用のエアハンマーを、化石クリーニング用に改造したものである。荒削りに向いている。超硬針は、先端が尖ったタイプと平たいタイプ (幅広と幅狭) がある。深田研では、平型 (幅広) の超硬針を装着して、化石周辺の母岩を平らに整形するとき用いている (化石の周囲に溝のような削り跡が付いていると、ホワイトニングをして写真を撮ったときに見苦しくなることがあるため)。使用空気圧は6 bar ほど。深田研では3.0 bar で使用している。HW65 と比較すると、パワーは同程度だが、作動音はやや大きい。

4.2.3 ZOIC Velociraptor II

ZOIC PalaeoTech (イギリス) 製。エアグレイバータイプ。荒削りに向いているが、HW65 や ZOIC Chicago と比べるとパワーが弱いので、より化石に近い部分を削るのに適している。超硬針は、先端が尖ったタイプの1種のみ。使用空気圧は2.5～6.2 bar。深田研では、3.0 bar で使用している。

4.2.4 HW322

Hardy Winkler (ドイツ) 製. エアハンマータ
イプ. 繊細な作業に向いている. 内部のバネに硬・
中・軟の3種があり, 硬いものほどパワーが強くな
る. 深田研では, 硬と軟のそれぞれのバネを装
着した本機種を1本ずつ使用している. それぞれ,
主に実体顕微鏡下で使用している. 硬バネタイプ
は化石の近傍を削るときに, 軟バネタイプは化石
表面の岩石を削り取るときに使用している. 超硬
針は, 先端が尖ったタイプのみ. 深田研では, 硬
バネタイプは1.4barで, 軟バネタイプは1.0bar
で使用している.

4.2.5 HW1

Hardy Winkler (ドイツ) 製. エアグレイバー
タイプ. 極めて繊細な作業に向いている. ただし,
付属される超硬針は先端が鋭くなく, 繊細な作業
に使用するには, 研ぎ直して鋭くさせる必要があ
る. なお, 超硬針の研磨はダイヤモンドヤスリで
行える.

4.3 コンプレッサー

深田研では, 主にエアチゼルの駆動用として
使用している. コンプレッサーは, 吐出空気量と
作動音の大小, 圧縮機構, 給油の有無 (圧縮時に
潤滑油を要するものと, そうでないものがある)
などに, さまざまなタイプがある. 今回は, エア
チゼルを十分駆動できるよう, 吐出空気量 60L/
min 程度以上かつ制御圧力 0.6MPa 程度以上であ
ること, 屋内環境で使用するため低騒音であるこ
と, メンテナンスがしやすい無給油式であること
という要求仕様を満たす, アネスト岩田の SLP-
07EE を導入した. 本機種のカatalog上の騒音値
は 45dB と大変静かで, 実際に, 運転中の本機の
そばで小声でも会話ができるほどである. また,

給油式のコンプレッサーでは, タンクに溜まるド
レンにオイルが混入するため, ドレンは産業廃棄
物として処理する必要があるが, 本機種のような
無給油式ではその手間がない. 一方で, タンク容
量は 5L と, エアチゼルを連続使用するには不十
分である. 多くのコンプレッサーは, タンク内の
空気圧がある一定値を下回ると自動で圧縮を開始
し, タンク内の空気圧を一定の範囲に保つようにな
っている. 空気消費量の大きい機器を連続使用
するとき, タンク容量が小さいと運転間隔が短く
なり, 機器の寿命を縮める原因となってしまう.
このため, 深田研では容量 25L のサブタンクを
接続して使用している.

4.4 集塵機

エアチゼルで岩石を削ると, 粉塵が発生する.
このため, 室内でエアチゼルを使用する際は粉塵
対策が必要である. 深田研では, 集塵機を使って
粉塵を捕集する対策を取っている. エアチゼルを
使用したときに発生する粉塵を十分に吸引できる
吸引力を有すること, 作業台の下に収納できるサ
イズであること, 静音性に優れること, という要
求仕様を満たす AMANO の VF-5N を導入した.
本体の吸引口にフレキシブルホースを接続して使
用している.

4.5 実体顕微鏡

化石の細部をクリーニングするためには, 実
体顕微鏡があると大変作業がしやすくなる. 鏡下
に手を入れて作業をするので, 作業空間を確保で
きるよう, 作業距離は 10cm 程度以上あることが
望ましい. また, 倍率を 10 倍前後で変えられると,
様々な大きさの化石に対応できて便利である. 深
田研では, レイマーの LW-820 をブームスタン
ドに取り付けて使用している.

4.6 化石クリーニング用作業机

化石のクリーニングは、よほど大きな化石でない限り、基本的に繊細な作業なので、耐荷重が100kg程度の事務用机で事足りる。設置スペースを考慮したうえで、作業机としてサンワサプライのSH-FD870（幅800mm，奥行き700mm）を導入した。サブテーブルの支柱間にワイヤネットをくりつけ、そこにエアチゼル用のエアホースとレギュレータを取り付けた。エアチゼル本体は、同じくワイヤネットに固定したカゴに収納できるようにした（図3）。

4.7 汎用作業台

岩石の研磨や観察など、様々な作業に使用できる汎用作業台を1台導入した（図3）。①堅牢な作りであること、②省スペース化のため、作業台の下に、コンプレッサー、集塵機、工具用キャビネットが収納できることが求められた。これを満たすものとして、山金工業のSVRA-1575-GI（幅1500mm，奥行き750mm）を導入した。本機種は脚の高さを600～850mmの間で25mmピッチで変更できるため、本体下部に収納できる機器サイズの自由度が大きい。なお、コンプレッサーは排熱のため、作動時は作業台の外に引き出す必要がある。

4.8 岩石研磨用具

岩石を平面研磨するとき、粒子の粗いものから細かいものまで4，5種類程度の研磨剤を用意し、粗い方から順に用いて滑らかな平面を作っていく。このとき、粗い側の研磨剤を用いた荒削り作業は、ろくろのような自動回転盤を用いると効率的に進められるが、深田研ではスペースを確保できず、導入を見送った。そこで、深田研では全て手動で行うこととした。そのための研磨板として、

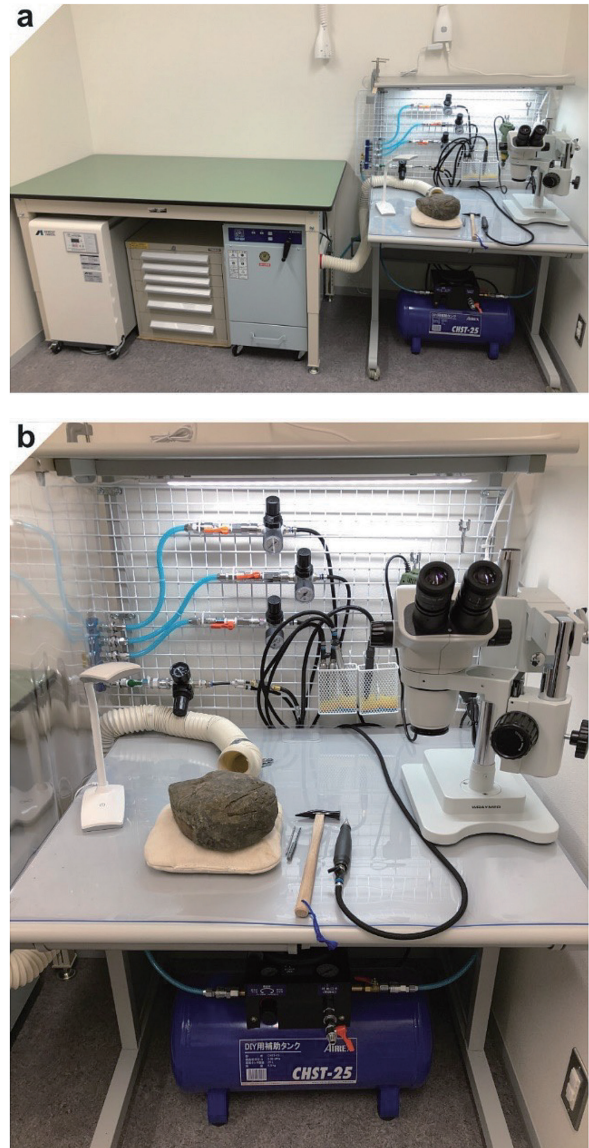


図3 汎用作業台および化石クリーニング用作業機の設置状況。a：汎用作業台の下には、コンプレッサー、工具用キャビネット、集塵機を設置している。汎用作業台と化石クリーニング用作業机との間は、石くずの飛散防止のため、透明シートで仕切っている。b：化石クリーニング用作業机周辺の設備設置状況。机の上には、実体顕微鏡、手元灯、砂袋、集塵機の吸引ホースを設置している。机の下には、コンプレッサー用のサブタンクを設置している。机の奥のワイヤネットには、エアチゼル用のエアホースと、エアチゼル本体を収納するカゴを固定している。

250mm 四方の鉄板（1枚）と 200mm 四方のガラス板（2枚）を導入し、研磨剤は 150 番, 320 番, 600 番(以上, 炭化珪素系), 1000 番, 3000 番(以上, アルミナ系) を使用することとした。鉄板は 150 番と 320 番に, ガラス板①は 600 番と 1000 番に, ガラス板②は 3000 番での研磨作業にそれぞれ用いている。なお, 仕上げの研磨に鉄板を用いると, 微細な鉄粉がサンプル表面に付着し, サンプルが変色する原因になることがある。このため, 仕上げの研磨はガラス板かメノウ板で行うのが好ましいと思われる。

5. まとめ

深田研では, 岩石加工などの作業用に新たに幅 2.5m, 奥行き 3.0m の石工室を設置した。このスペースに, 岩石切断, 研磨, 化石のクリーニングを行うための各種の機材を設置した。それによって, 用意したスペースは, 作業空間と動線を除いてほぼ埋まった。本稿の執筆時点で石工室を立ち上げて約半年となるが, 現時点では大きな不具合は発生していない。

謝辞

国立科学博物館の重田康成博士, 三上智之博士, 瑞浪市化石博物館の安藤佑介博士, 楓達也氏, 和歌山県立博物館の小原正顕博士, 北九州市立自然史・歴史博物館の御前明洋博士からは, 化石のクリーニング設備について有益な情報をいただき, 石工室構築に際して大いに参考にさせていただきました。機材の購入費用の一部は, 公益法人藤原ナチュラヒストリー振興財団の学術研究助成および JSPS 科研費 21K03740 の助成によります。ここに記して心より感謝の意を表します。