

新型ドレッジの製作

柴田大輔^a、小川祐生^b、大植学^c、小高友実^c、高野治朗^c、佐藤壽彦^c、中村千華^c

^a筑波大学下田臨海実験センター、^b筑波大学研究基盤総合センター

^a〒415-0025 静岡県下田市 5-10-1

^b〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

ドレッジとは船からワイヤーで海底まで降ろし、海底を曳いて生物を採集する器具のひとつであり、下田臨海実験センターでも研究調査船「つくばⅡ」を用いて使用されている。目的の生物のみを採集することはできないが、深部での生物採集で活躍している。しかしながら、ドレッジ採集では海底を曳くため、岩場等に引っ掛かってドレッジを失う可能性がある。これまで使用していたドレッジは岩の間に挟まって切れてしまった。そのため、新しいドレッジを研究基盤総合センターと共同で開発した。これまでの使用経験から改良を加えたドレッジは、交換可能な歯部、網枠を備えており、これまでにない特徴を持つ。そこで、作製された新型ドレッジの特徴や運用について報告する。

キーワード：ドレッジ、底生生物、海底、ステンレス

1. はじめに

海底を曳いて生物を採集する器具のひとつであるドレッジは、下田臨海実験センターでも研究・実習等の生物採集のために、研究調査船「つくばⅡ」を用いて水深 10–400 m でよく使用されている(図 1)。ドレッジは一般的にはカゴ型で歯が付属しており、泥や砂等の基質と一緒に底生生物等を採集することができる(図 2A)。生物は船上あるいは施設に戻ってから、泥や砂などの中から取り出され、研究・実習に用いられる(図 2B、C)。ドレッジは市販されているが、臨海実験施設によってその形状は様々で下田臨海実験センターでも以前より特徴的な形のドレッジが用いられている。

これまで使用されていたドレッジが水深 200 m の底生生物採集中に岩に引っ掛かり、切れてしまったため新しいドレッジの製作を検討した。その際、様々な研究機器等の製作を手掛けている研究基盤総合センターと共同でのドレッジ開発の構想に至った。これまでの使用経験および製作技術のノウハウを活かし、より幅広く活躍できるドレッジの開発を目的にする。

2. これまでのドレッジ

下田臨海実験センターで使用されていたドレッジはステンレス製で、両側面が半楕円状の板で構成されており、一般的なドレッジに比べて重く、特徴的な形である(図 1A)¹⁾。歯部は直径 5 mm で長さ 35 mm の棒が楯状に並んだ構造をしており、海底を掘りな

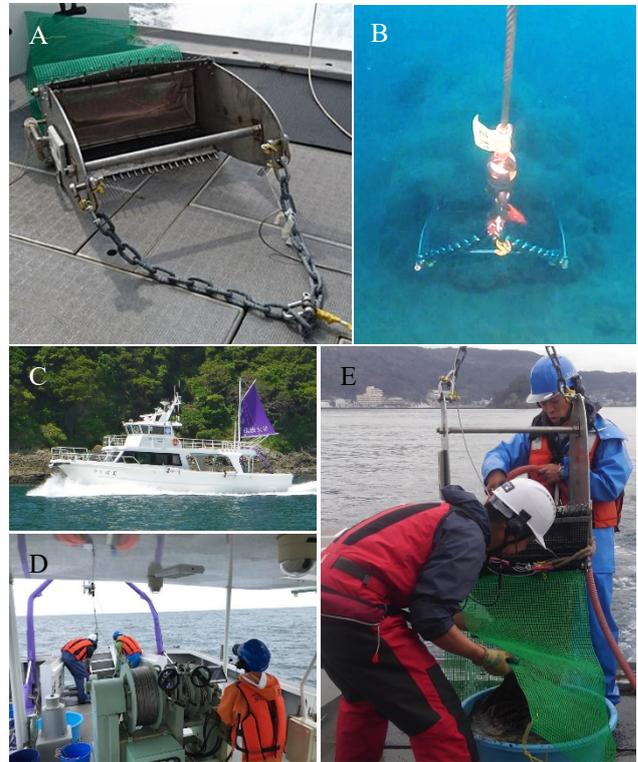


図 1.ドレッジでの調査.

A: これまで使用されていたドレッジ. B: 採集の様子. C: 研究調査船「つくばⅡ」. D: ウィンチ. E: 引き揚げられたドレッジ.

がら進んで基質ごと生物が採集される(図 1B)。しかしながら、岩などに衝突した際には、歯が曲がるあるいは折れることがあり、その都度修理が必要である。また、網部は柔らかい素材でできており、メッシュサイズは 5 mm であるが、網目の形が変わりやすいことで砂などの小さい粒子も採集される。船からドレッジまではワイヤー(破断強度 2 t)で繋がっているが、岩場に引っ掛かった際に外れるようにヒューズワイヤー(破断強度 1 t)が前後に各 1 本ずつ取り付けられており(図 3A)、引っ掛かった際に大きな力が加わると前部のヒューズワイヤーが切れ、後部からドレッジを起こして引き上げることができる(図 3B)。しかしながら、それでも岩場から外れない場合は、後部のヒューズワイヤーが切れて、ドレッジを切り捨てることになる。

下田臨海実験センターでは同型の 2 台のドレッジが使用されていたが、そのうち 1 台が水深 200 m の底生生物採集中に岩に挟まり、船で曳航方向とは反対方向に曳くなどの引き揚げ方法を試みたが外す

^a shibata@shimoda.tsukuba.ac.jp



図2.ドレッジでの採集物.

A: 採集物. B: ソーティングされた生物. C: 生物写真.

ことができず切れてしまった。残っている1台のドレッジを用いて調査・実習は実施可能であるが、再度切れる可能性も十分に考えられることから、新しいドレッジの作製が必要不可欠であった。

3. 新型ドレッジの開発

3.1 見学・打ち合わせ

ドレッジ製作のため、下田臨海実験センターの使用者、および研究基盤総合センターの製作者で実際のドレッジの見学、必要な部分や改善したい部分の説明が行われた。これまでのドレッジで採集には問題がないことから、形状は以前のドレッジと同様にしたが、全長(750 mm)が長く A フレームクレーンで吊るした際に下部にスペースがないため(図 1E)、船上での取り扱いを考慮して全長が短く設計された。また、岩場等で歯が欠けやすいことから、歯の形が検討された。さらに、これまでの経験から網目のサイズによって、異なる生物種が採集されることが分かっているため、網部を交換できるようなシステムが組み込まれた。

その後、構想をもとにポンチ絵が作成され、ドレッジ製作の方向性が確認された。その後も打ち合わせを繰り返し、歯部は部分的に脱着可能な構造にし、従来の棒状の歯以外に山型の歯も作製されることになった。また、網部は網を取り付けたフレームごと交換する構造が採用され、複数のフレームを製作することが計画された。使用者、および製作者で方向性が決定され、使用者からドレッジ製作の依頼書が研究基盤総合センターに提出された。

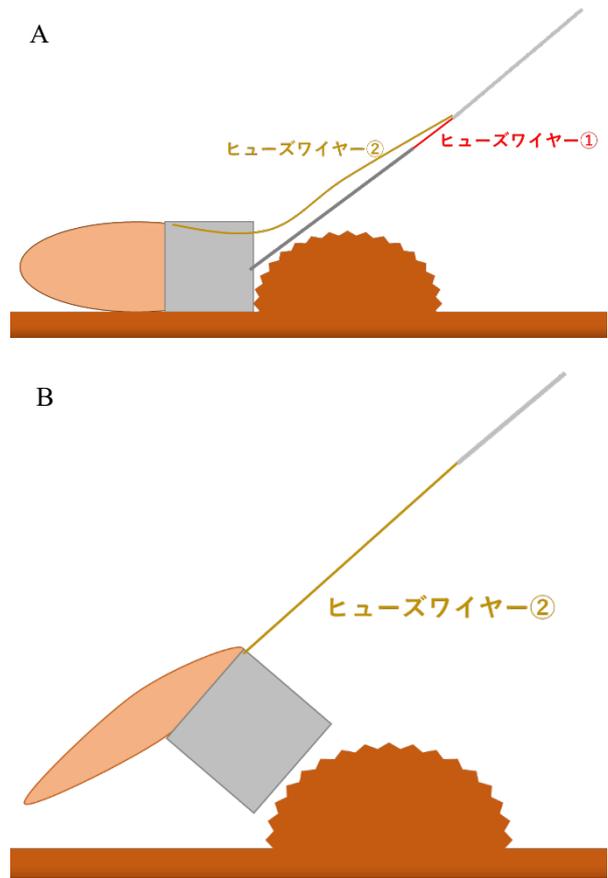


図3.ドレッジが岩場に引っ掛かった場合.

A: ヒューズワイヤー. B: 後部のヒューズワイヤーでの引き揚げ.

3.2 設計・製作

依頼書を提出後に図面が作製され、追加の要望や修正案を出すなどの細部の調整が行われた(図 4A)。その際、全長を短くしたことで電蝕防止用の亜鉛板がこれまでの向きでは入らなくなったため、取り付け位置が調整された。また、海水による腐食への耐久性、海底を曳くための十分な強度、および溶接の利便性から材料はステンレスに決定された。

製作は筑波大学筑波キャンパスの研究基盤総合センターで行われ、製作者と使用者の場所が離れており直接製作過程を確認できないことから、製作開始後にも進行度合いの報告など細かな確認も行われた。

ドレッジは組立式を採用し、組み立てやすいように両側のプレートとの接続シャフトは位置決め形状に加工され、組み立て後に同じ幅になるように調整された(図 4B、C)。消耗品である歯部は、多くの数量を揃える必要があること、今後追加で作製する可能性があることを考慮し、治具を作製して溶接作業の効率化が図られた(図 4D - F)。歯部は部分的に交換できるように、土台、歯部、固定プレートに分かれており、土台がドレッジ本体に取り付けられ、そこに固定プレートで挟むようにして歯部がボルトで固定された(図 4G)。また、4つ作製された網部のフレームはドレッジ本体に収めて取り付けられるため、幅を調節して4つを同じサイズで製作する必要があった。そのため、コーナーバイスを用いて直角を出し、フレーム内に内寸法に合わせて切った棒を入れ

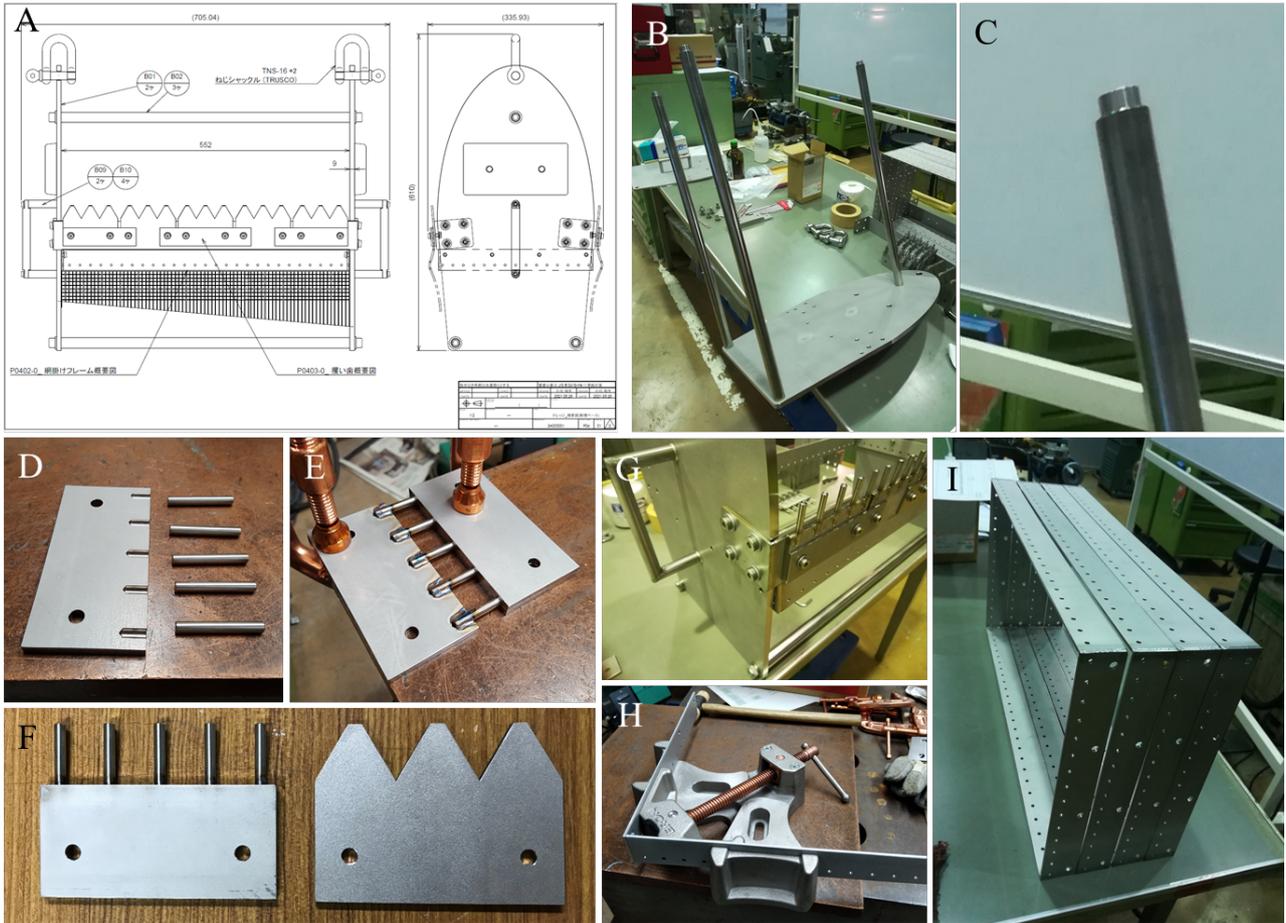


図4.新型ドレッジの製作.

A: 図面. B: 側面プレートと接続シャフト. C: 接続シャフトの先端. D: 溶接前の棒状の歯. E: 溶接後の棒状の歯. F: 完成した2種類の歯. G: 歯部の取り付け. H: 網枠の溶接. I: 完成した網枠.



図5. 新型ドレッジの組立説明書.

て、正確な寸法で製作できるように工夫された(図4H, I)。また、初めてでも組み立てがスムーズに行えるように組立方法や部品の確認を簡便化するため、組立説明書が作成された(図5)。

3.3 組み立て・運用

ドレッジは、完成後に下田臨海実験センターに運ばれて説明書に従って組み立てられ、歯部には耐久性が高い山型の歯が取り付けられた。また、3つの網フレームにはメッシュサイズの異なる網が取り付けられた。メッシュサイズは素材によっても変化する

ため、これまでのドレッジと同様の柔らかく形状が変化しやすい5mm、形状が固定されている2mm、5mmの3種類が用意され(図6A-C)、まずはこれまでと同様の網が取り付けられた。組み立てられた新型ドレッジは、従来のドレッジに比べて全長(550mm)が短くなったが、外観は似ている(図6D、E)。

新旧のドレッジで能力を比較するため、同じ場所で試験が行われ、その際曳航するワイヤーにカメラを取り付けて海底でのドレッジの挙動が確認された¹²⁾。その結果、新型ドレッジでもしっかりと基質に食い込んでいることが観察され(図6F)、引き揚げられた採集物等にも差がないことが分かった(図6G)。撮影された動画は、実際にどのように動いて使用されているのかを再確認するために、使用者と製作者間で共有された。

3.4 破損・修理・改良

その後、実際に調査・実習でも使用されていたが、生物採集調査において水深約100mの礫を含む海底を曳いていた際に、ドレッジが岩に衝突して500kg以上の力が加わった。その際、岩に引っ掛からず衝撃のみであり、ヒューズワイヤーは前後とも切れなかった。しかしながら、引き揚げられたドレッジは歯部、および網部が破損していた(図7)。歯部の土台は溶接部である角から破断しており、これは土台の強度が衝撃に耐えられなかったためであると考えら

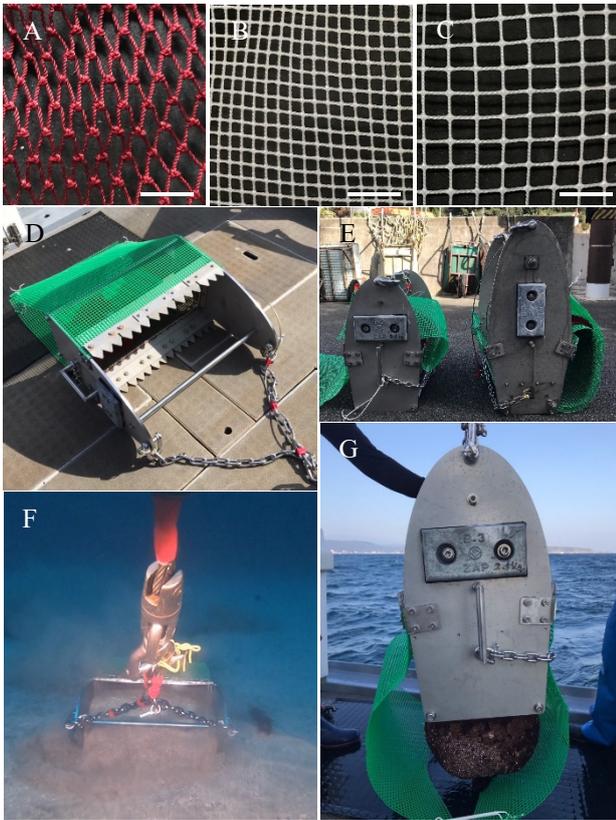


図 6. 新型ドレッジ.

A: 形状が変化しやすい網(メッシュサイズ: 5 mm). B: 形状が固定された網(メッシュサイズ: 2 mm). C: 形状が固定された網(メッシュサイズ: 5 mm). D: 完成した新型ドレッジ. E: 新旧ドレッジの比較. F: 海底でのドレッジの様子. G: 引き揚げられた新型ドレッジ. Scale bar = 10 mm.

れた。また、岩が多い場所では、歯が基質に食い込みすぎること、引っ掛かりやすくなっている可能性があった。これにより、再度旧ドレッジと歯部を比較したところ、旧ドレッジの歯部は厚さ 5 mm であったが、新型ドレッジの歯部土台の厚みは 3 mm であった。そのため、土台を厚さ 5 mm に変更するとともに、失った歯部の追加製作が依頼された。また、土台を厚くすることでより歯部が突出して基質に食い込みやすくなるため、土台と固定プレートで歯部を挟む構造が再検討され、歯部を直接土台に取り付ける構造に変更された(図 8A)。これにより、海底の状況に合わせて土台の内側と外側に使い分けて歯部を取り付けられるようになった。これは歯部を土台の内側に取り付けることで、側面のプレートで歯部が半分ほど隠れて歯の突出が減少されるためである(図 8B)。また、棒状および山形の歯部以外に、岩場での調査等で従来の歯よりも食い込みにくくなると考えられる 1 枚のブレード状の歯部が追加で製作された(図 8C)。

4. 新しく製作されたカゴ型のドレッジ

岩場での採集を目的としたドレッジの作製について、下田臨海実験センター在籍の研究者から相談があり、新型ドレッジを製作した実績から下田臨海実

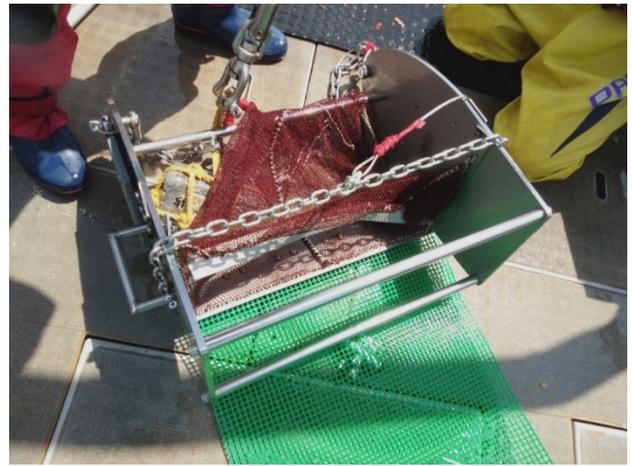


図 7. 破損した新型ドレッジ.

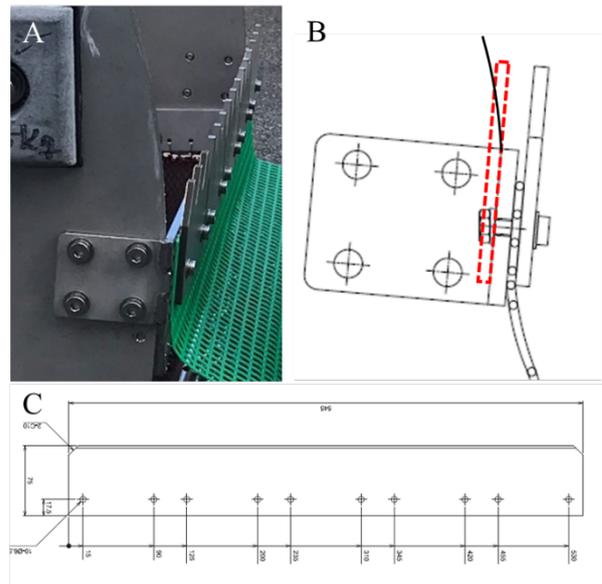


図 8. 改良された歯部.

A: 土台に直接取り付けられた歯部. B: 歯の突出部(赤破線は歯が内側に取り付けられた場合). C: ブレード状の歯の設計図.

験センターと研究基盤総合センターが共同で開発を行った。今回のドレッジは岩場を曳くため、岩に衝突するリスクを考慮する必要があった。通常ドレッジでは、岩に引っ掛かって外れない場合はヒューズワイヤーが切れる。この場合、後部のヒューズワイヤーから引き揚げられるため、ほとんどの採集物が網から出てしまう。そのため、岩に引っ掛かって採集物が得られるように、構造を検討した。形状はカゴ型にして簡易化され、歯部は食い込まないようブレード状が採用された。

新型ドレッジが破損した際には網に採集物が入っていたことから、この状況を参考にしてドレッジ下部は前後 2 枚のプレートで構成され、前部のプレートは後部よりも細いボルトで取り付け、前後のプレートで強度差をつけた(図 9A、B)。これは、岩に引っ掛かった場合にヒューズワイヤーが切れる前に前部のプレートが外れて岩場から脱出できることを想定している。前部のプレートは予備を用意し、壊れた場合でも取り換えることで採集を継続できるように設計された。

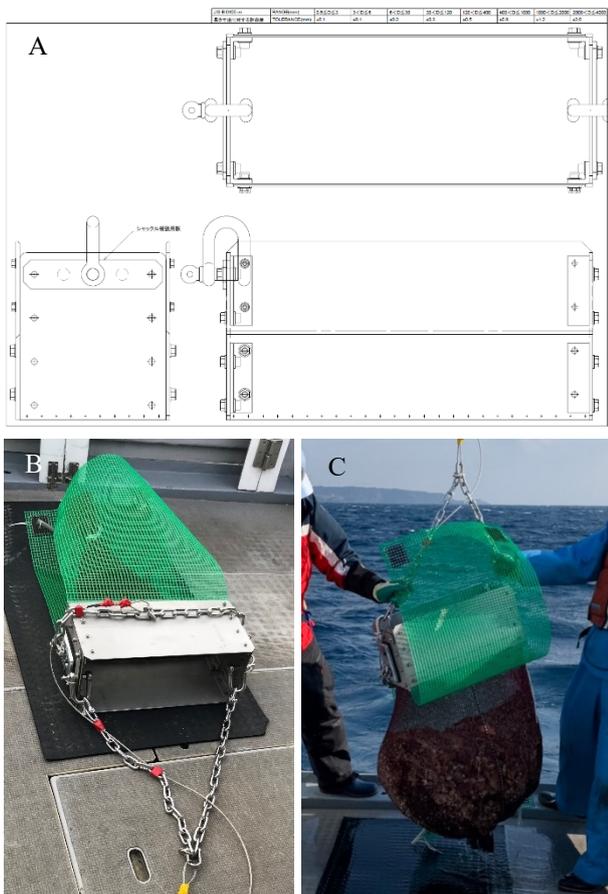


図9. カゴ型のドレッジ.

A: 設計図. B: 完成したカゴ型のドレッジ.
C: 引き揚げられたドレッジ.

礫が多い場所での調査において、これまでのドレッジでは礫の下で砂まで歯が食い込んでいたが(図10A)、このドレッジでは基質に食い込まず表面の礫を採集するような挙動であった(図9C、図10B)。

5. まとめ

下田臨海実験センターおよび研究基盤総合センターの協同により、筑波大学オリジナルの2台のドレッジが製作された。新型のドレッジは、歯部および網部が取り換え可能であり、これまでにない構造を持つ特徴的なドレッジである。これまで歯の形状や網サイズを変更するためには、別のドレッジを船舶に積み込む必要があった。今回開発されたドレッジでは、調査地点の状況に合わせて1台のみでそれらを変更することが可能である。また、もう一方のカゴ型のドレッジもドレッジの破損という経験から生み出された斬新な設計である。一般的にドレッジが破損した場合、調査を続行することは不可能である。今回のカゴ型のドレッジは弱い部分を作ることで、壊れる箇所を予測して予備部品を準備した。これにより、その部分が破損してもその場で修理することで調査を継続することができる。ドレッジでの調査は船舶で長距離を移動して行われる場合もあり、こ

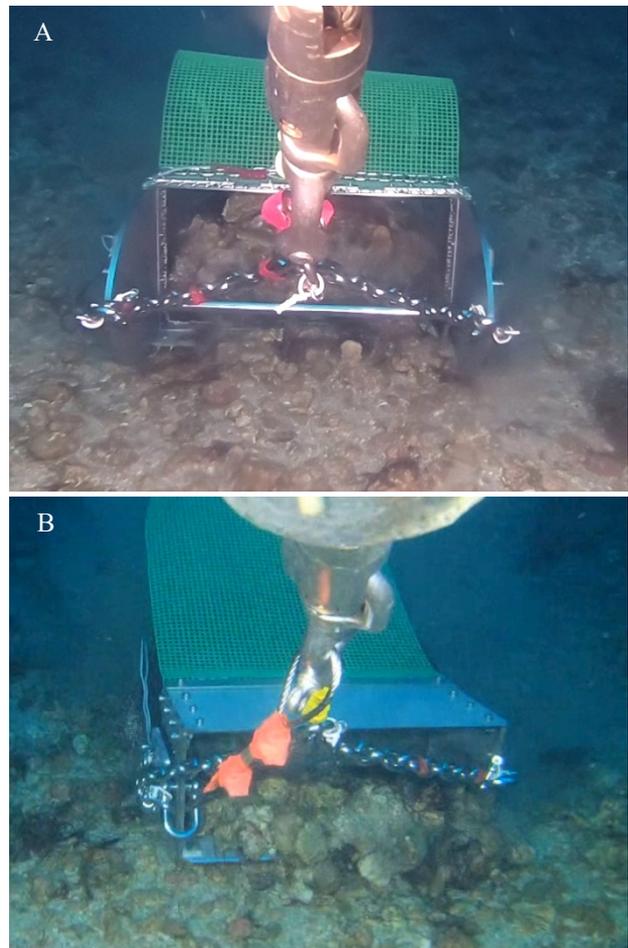


図10. 礫が多い場所でのドレッジの挙動.

A: 旧ドレッジ. B: カゴ型のドレッジ.

これらの2台の特徴はそのような環境での調査に最適であると考えられる。

共同での開発において、使用者および製作者が時間をかけて常に意見交換を行い、細かい調整や方向性を確認しながら製作できたことは、極めて大きなメリットであった。また、お互いに場所が離れており、それぞれの業務を見学・把握することは容易ではない環境での今回の共同開発は、それぞれの業務を知るうえで非常に有意義であった。特に、使用者はドレッジの製作過程を確認でき、製作者は作製したドレッジがどのように使用されているのかを把握できたことは、それぞれの技術・経験の蓄積に繋がった。さらに、異なる分野の視点が加わることで、これまで気付かなかったことなど新しい発見も見出された。今回のような異分野の技術職員が協力し合うことは互いの技術・知識の向上に繋がるだろう。

参考文献

- [1] 植田一二三, 組立式新型ドレッジの製作, 臨海・臨湖 2 (1984) 2-9.
- [2] 小高友実, 柴田大輔, 大植学, 高野治朗, 佐藤壽彦, アクションカメラを使用した海底撮影装置の開発. 第38回筑波大学技術報告 (2018) 6-10.

Development of the New Dredge

Daisuke Shibata^{a)}, Yuki Ogawa^{b)}, Manabu Ooue^{a)}, Tomomi Kodaka^{a)},
Jiro Takano^{a)}, Toshihiko Sato^{a)}, Chika Nakamura^{a)}

^{a)} Shimoda Marine Research Center, University of Tsukuba,
5-10-1 Shimoda, Shizuoka, 415-0025 Japan

^{b)} Research Facility Center for Science and Technology, University of Tsukuba,
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8577 Japan

A dredge is a device used for benthic sediment collection from vessels by lowering the device to the seabed and towed for sediment collection. At the Shimoda Marine Research Center (SMRC), dredges are utilized using the research vessel 'Tsukuba II' for benthic sample collection, allowing for sampling of organisms unreachable through SCUBA methods. However, dredges are prone to damage as they can come into contact with boulders and rocks scattered along the seafloor. The previous dredge at the SMRC was lost recently after being caught between rocks during sampling. To amend the problems of the previous dredge, a new dredge was designed in order to reduce rock collision damage and improve chances of retrieval. This paper reports on the design methods used and the specific operation of the dredge, which is also equipped with replaceable teeth and a mesh frame.

Keywords: dredge, benthos, stainless steel