

浚渫バケットの開発と技術動向

ミノツ鉄工株式会社

要 旨： 浚渫バケットは、その時代背景及び用途に応じて様々な種類のものが造られてきた。ここでは、浚渫バケットの簡単な開発の歴史と、最近の技術動向及び今後の取り組みについて述べる。

キーワード： 浚渫バケット、グラブ浚渫船、グラブ浚渫機、安全性、環境対応

1. はじめに

浚渫バケットは、クレーンをはじめ各種建設機械のアタッチメントとして、泊地及び航路の造成目的の浚渫工事から、大型船化による深度拡大及び深度維持目的の浚渫工事に使用されてきた。最近では、泊地及び航路の深度拡大及び深度維持目的の浚渫工事以外に、汚染底泥除去目的の浚渫工事等にも使用されている。しかし、浚渫業界を取り巻く状況の変化から、余掘量の低減、浚渫時に発生する濁りの低減、また浚渫時に浚渫バケット内に発生する余水の低減等、数多くの課題をかかえているのも事実である。効率良く精度の高い浚渫ができ、環境問題にも対応するため、新しい機能を持ったバケットの開発に取り組んでいる。

本稿では、浚渫バケットの開発と技術動向という課題を説明する為に、浚渫バケットの現状に至るまでの簡単な歴史を紹介するとともに、新しい機能を持った浚渫バケットの現状と、今後の取り組みについて述べる。

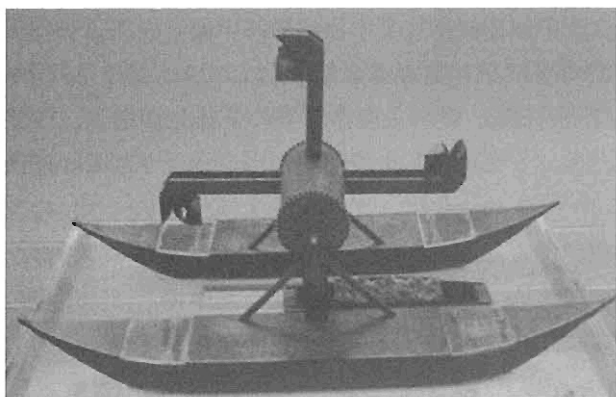


写真-1 イタリアのレオナルド・ダ・ビンチの浚渫船
(1470～1510年)

2. 浚渫バケットの歴史

浚渫船としては、1500年頃水路工事に従事したイタリアのレオナルド・ダ・ビンチの浚渫船(写真-1)が記録として残されている。「川底や港の堆積した土を回転するバケットで浚^{さら}い小舟に乗せる。」となっている¹⁾。

浚渫バケットとしては、1591年クロアチアのファウスト・ブエランズィオ設計のフローティング・クラムシェル掘削機(図-1)が、オーストリアのベラティウス司教のスケッチにより記録されている。「中間と後ろの2台の巻き上げ機によりショベルで川底を浚い、大きな車輪を踏んでショベルを上下して浚渫する。」となっている¹⁾。現在のバケットが二つに割れて土砂をすくう構造は、この時代にすでに考案されていた事がわかる。

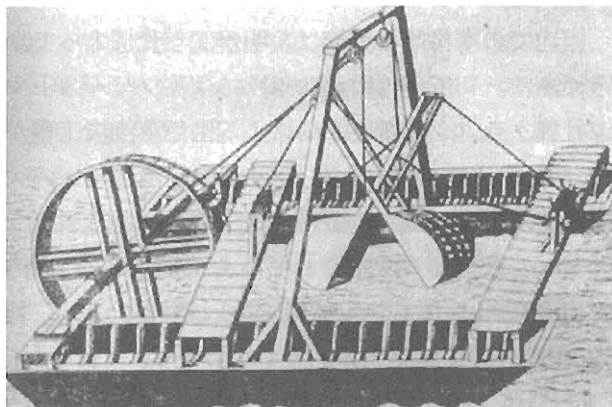


図-1 オーストリアのベラティウス司教のスケッチした
ショベル式浚渫船(1591年)

1781年ワットによる蒸気機関の発明で、あらゆる機械に利用される動力革命が始まった。その後、19世紀末に浚渫機械の動力として蒸気機関が利用される事になる。蒸気クラムシェルは、1896年に2本チ

エーン式のものが英国フリーストマンによって造られ、それを改良した2ドラムのクラムシェル(図-2)の特許をMenk & Hambrock'sが取得している²⁾。ロープ開閉式浚渫バケットの基本的な構造は、この時代に確立されたものである。

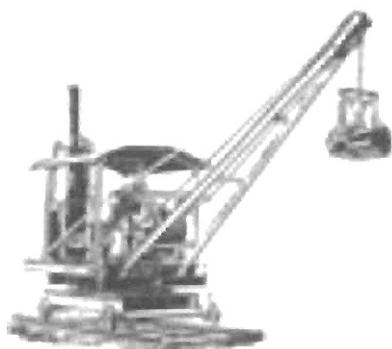


図-2 2ドラム蒸気クラムシェル

わが国での浚渫工事は、1831年(天保2年)に人力(じょれん等使用)による大阪安治川の浚渫工事(天保の大浚え)が記録されている。当時のわが国では鎖国政治が行われていた為、大きな船でも500石(100t位)程度であった。その後1859年(安政6年)には横浜、長崎、函館の港が、諸外国の圧力により開港となり、1868年(明治元年)には大阪、神戸の港が開港となる。その年に動力として蒸気機関を据え付けた浚渫船の記録が残されているが、連続式バケットを採用した浚渫船となっている³⁾。

国内での本格的な築港は、明治20年代に入ってからである。1897年(明治29年)には英フリーストマン社製クラムシェル浚渫船による函館港浚渫工事が行われている⁴⁾。(写真-2) 1899年(明治31年)の大阪港築港工事では別の型のフリーストマン社製クラムシェル浚渫船が使用されている⁵⁾。(写真-3) 国内で現在使用されている浚渫バケットの原型は、約120年前の明治20年代である事がわかる。

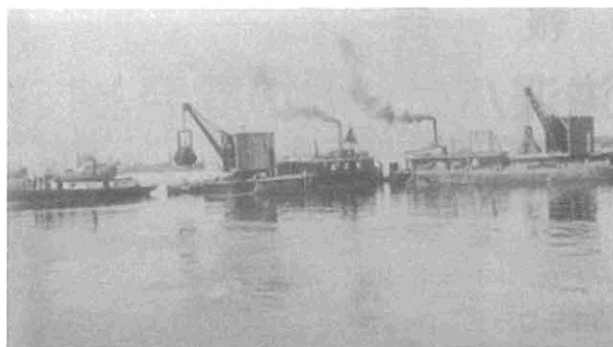


写真-2 英フリーストマン社クラムシェル浚渫船の
函館港浚渫作業(1897年)



写真-3 大阪築港工事(明治31年竣工)

それから1945年(昭和20年)頃までに、国内で150隻以上のバケット浚渫船(連続式バケットを含む)が建造された。そして、内燃機関の発明により建設機械は更なる躍進を遂げ、トルクコンバータ、油圧機器等の要素技術の発明とともに目覚ましい発展をしてきた⁶⁾。それに伴いアタッチメントである浚渫バケットも、より広範囲に、より深く、より掘削力を高める為の改良を重ねる事になる。

その後1960年代を中心に約25年間、浚渫工事の主役の座はポンプ浚渫船に移行していくが、1970年(昭和45年)頃から浚渫工事の多様化が進み、浚渫バケットを使用した浚渫船が再び注目される。浚渫バケットの変化は、グラブ浚渫機(クレーン)の進化によるところが殆どである。その頃からの、グラブ浚渫機(クレーン)の急速な大型化と浚渫工事の多様化に伴い、浚渫バケットも変化していく。

3. 浚渫バケットの多様化

浚渫バケットの種類は、掘み総重量（バケットの容量×掘み土砂の比重+バケットの自重）と、バケットの容重比（バケットの自重÷バケットの容量）によってタイプ別に分類される。掘み総重量については、使用しているグラブ浚渫機（クレーン）の直巻能力によって上限が決定する。その範囲の中で、浚渫対象土質（N値）と掘み土砂の比重によってバケットの容量と重量を設定する。1970年（昭和45年）頃から現在に至るまで、グラブ浚渫機（クレーン）の大型化が進み、浚渫バケットの機種もそれに応じて増えてきた。一般に浚渫バケットのタイプは、浚渫対象土質（N値10～50程度）によって5段階で設定されている。（表-1）

表-1 浚渫バケットタイプ別一覧表

【参考】

浚渫用複索式ドレッジャーバケットタイプと容重比、シープ巻きかけ数、浚渫対象土質例					
タイプ	型式	容重比 (標準)	シープワイヤー ロープ巻掛け数	浚渫対象土質例	浚渫の目安 (N値)
スーパーライトタイプ	SLD	2	4×2	軟らかい粘土、シルト	10
ライトタイプ	LD	3	5×2	普通の硬さの粘性土、中位の土砂	20
ミディアムタイプ	MD	5	6×2	中位の土砂	30
ヘビータイプ	HD	8	7×2	硬粘土、礫まじりの砂質粘土、 良くしまった砂質粘土	40
ウルトラヘビータイプ	UHD	10	8×2	凝灰岩、真砂土、風化頁岩、 土丹、砂岩	50

1990年（平成2年）頃からは、バケット浚渫船においても浚渫工事の多様化がさらに進み、上記表の設定以外にも、目的に応じて機種が増えてきている。より固い土質の浚渫が行えるバケット、一度に広範囲に大容量の浚渫が行えるバケットと、より専門的なバケットへとユーザーのニーズが変化してきた。それに応えるため、重いものでは硬土盤の浚渫作業及び、災害復旧工事等において倒壊した構造物等の破砕作業等も行える、容重比13を超えるバケットが造られている。軽いものでは、やわらかい粘土等の浚渫作業及び骨材等の荷役作業も行え、一度の切り取り面積が硬土盤用バケットの約3倍あり、最軽量では容重比1.3を下回るバケットも造られている⁷⁾。（写真-4）次の項からは、最近開発されている浚渫バケットを紹介する。



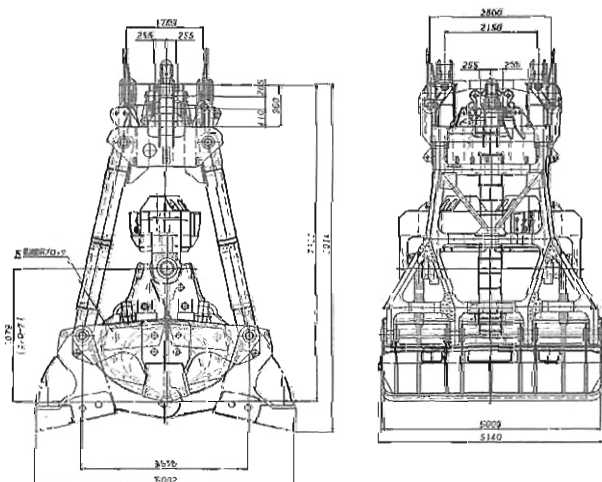
写真-4 多目的幅広バケット

4. 浚渫バケットの技術動向

今日の港湾整備工事は、船舶航行の安全と環境対策などを考え、仕上げ掘り時の薄層浚渫を効率的に行う幅広浚渫バケットが、環境負荷低減を優先に考えた浚渫バケットとして開発されてきた。大容量を確保するために自重の軽量化が課題となるが、基本的な構造を見直すとともに、数種類の鋼材を組み合わせることにより、強度を損なうことなく軽量化することができた。薄層浚渫における問題点として、濁りの発生、浚渫土厚の変化による余水の発生、法面部が効率的に掘削出来ないなどが考えられる。現在、それらの問題点を解決するための機能を持った浚渫バケットが開発されている。

4.1 容量調節機能付幅広浚渫バケット「SARA」

現行の容量調節機能付幅広浚渫バケットは、浚渫土厚が変化しても、グラブ浚渫機（クレーン）の水平掘り装置⁸⁾と容量調整ブロックの併用により、任意の土厚の浚渫を行うことができると同時に、浚渫バケット内に発生する余水の低減も行うことができる。開口面積は約31m²（6.002×5.140m）である。この浚渫バケットは、吊り環を付け替え、ガイドローラーの角度を変える事によって、開閉用ワイヤーを抜くことなくバケットを90°回す事ができる。これにより、泊地（岸壁の間隙）の浚渫作業を簡単、確実に行うことができる。直巻能力80から110tのグラブ浚渫機（クレーン）に装着可能である。また、密閉性も併せ持ち濁りの拡散を抑制することができる。（写真-5、図-3）



容量調整ブロックは、SUS304の薄板を用いた軽量構造物である。取付けない場合のバケット容量は24m³であるが、単体の重量70から115kgのブロックを20個（約6 m³）取り付けた場合、バケット容量を18m³に減らすことができる。（写真-6）同時に約6 m³分の余水を低減できたことになる。容量調整ブロックの大きさを変えれば、無段階で調整可能である。この容量調整ブロックは内部構造の工夫により、軽量構造ながら水深25mまでの水圧に耐えることができる。

安全対策としては、高所の給油作業を安全に行うため、ロッド上部に集中給油ブロックを取り付けている。

容量調整ブロックの取付け、取外し作業は、バケットを半開にして安全固定器具を取り付けて行う。密閉カバー上部の水抜き用パイプを取り外せば、ロッドのピースを利用してチェーンブロックで引き上げて装着できる。取付け、取外し作業ともに半日程度で行うことができる。

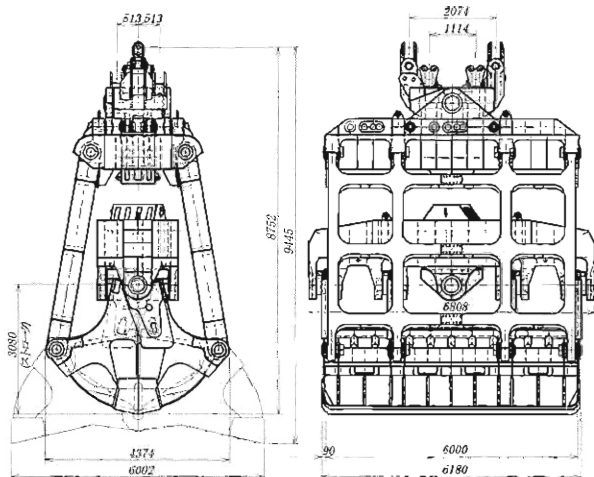


図4 法面浚渫ワイドグラブバケット外形図

傾斜機構の原理は、バケット吊り上げ用の可動式上部ブロックを水平方向に移動させ、バケットの吊り位置をバケット中心線上から変心させることで、バケットの傾斜をさせることができる。バケット水平時の上部ブロック軸受位置図を（図-5）に、1：3の傾斜時の上部ブロック軸受位置図を（図-6）に示す。バケット開閉用シーブはピンで本体部と連結されているため常に鉛直方向に保持され、開閉用ワイヤーも鉛直方向からずれることがなくなり、バケットをスムーズに開閉することができる。水平状態及び1：3傾斜状態にした時の可動式上部ブロックと下部ブロックの位置関係を（図-7）に示す。

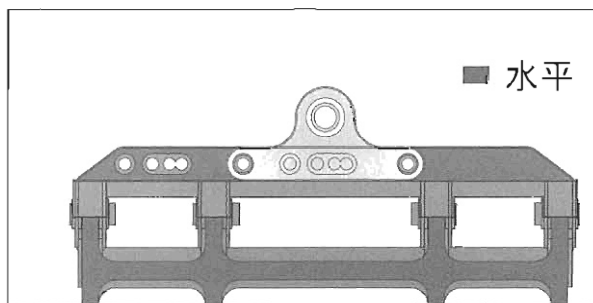


図-5 可動式上部ブロック軸受位置（グラブバケット水平時）

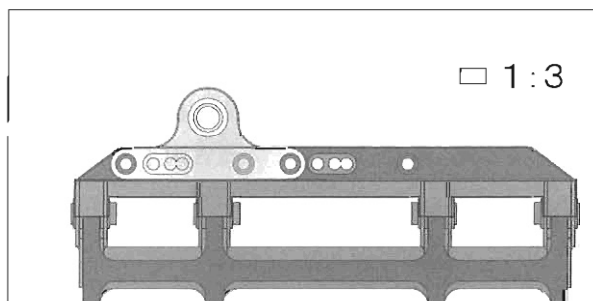


図-6 可動式上部ブロック軸受位置（グラブバケット1:3傾斜時）

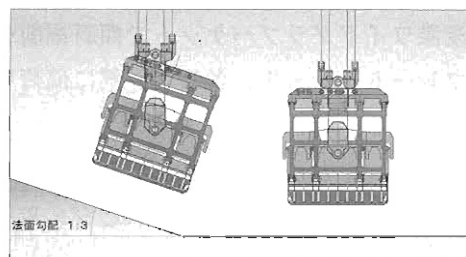


図-7 バケット水平時及び傾斜時の上部ブロックと下部ブロックの位置関係

法面浚渫ワイドグラブバケットの傾斜調整作業は、全閉状態のバケットを専用のバケットスタンドに固定して行う。レバーブロック、油圧ジャッキ等、人の手で持ち運びのできる工具を利用して行える。傾斜調整作業は2時間程度で完了できる。

法面浚渫ワイドグラブバケットは傾斜調整を行うため、通常の浚渫バケットに比べて多くのヒンジ部を有する（通常の浚渫バケットが10カ所に対し、法面浚渫ワイドグラブバケットは20カ所）。そのため、フッ素樹脂スペーサを用いた偏摩耗の防止と異音の抑制を図っている。（写真-8）また、グリースの酸化による可動不良をなくすことにも一役買っている。フッ素樹脂スペーサには様々な形状のものがあり、ヒンジ部以外にも上部ブロックの移動をスムーズに行うため、フッ素樹脂製スペーサを上部ブロックと上部フレームとの接触面に取り付けた（写真-9）。フッ素樹脂の摩擦係数は、鋼と鋼の摩擦係数（0.35～0.4）に比べ非常に低く、フッ素樹脂とフッ素樹脂で一般的には摩擦係数0.04である⁹⁾。

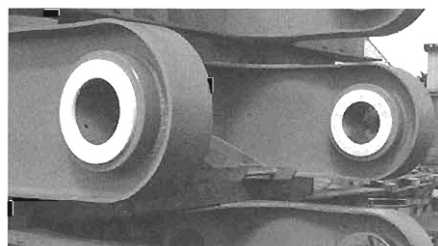


写真-8 ヒンジ部フッ素樹脂製スペーサ

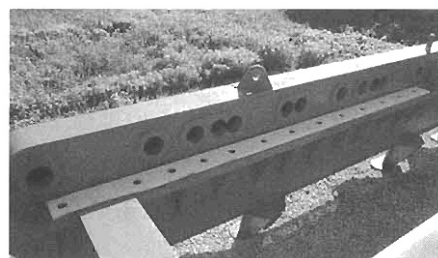


写真-9 滑り面のフッ素樹脂製スペーサ

法面浚渫ワイドグラブバケットで傾斜掘削を行う時、各フレーム、シェル、各ヒンジ部に偏荷重の発生が予想できる。既存の幅広浚渫バケットの形状では、大きな偏った力が作用し、シェル部の変形が懸念された。そのため、上部フレームとシェルを接続するロッドフレームを幅広にし、シェル幅とロッドフレームの幅を同等にした。この対策をすることで、シェルの掘削土砂からの作用点に掛かるモーメントを小さくすることが可能となり、シェルの変形を抑制することができた。

安全対策としては、挟まれ事故防止のための延長グリースホースの取付け、落下防止のための脱着式落下防止柵、傾斜調整作業専用足場を採用している。

容量調節機能付幅広浚渫バケットSARA、法面浚渫ワイドグラブバケットともに、陸上運搬できるパーツで構成されているため、運搬費を抑えながら、日本全国に運ぶことができる。

5. 今後の取り組み

今日の浚渫工事に求められている課題として、まず環境への対応があげられる。クレーンをはじめ各建設機械メーカーは、エンジンの排出ガス規制への対応、省エネルギー化への技術開発等様々な課題に取り組んでいる。その技術進歩には目覚ましいものがある。

それに比べて浚渫バケットは、約120年ものあいだ劇的な変化が見られない。アタッチメントであるがゆえに、耐久性、作業性、経済性だけを求められてきたようである。しかし近年あらゆる環境対応にせまられるなか、浚渫バケットにも何かできることがあると考えられる。大胆な構造の変更と解析、効率的な鋼材の選定や溶接技術の向上、非鉄素材との組み合わせなどで、様々な環境問題に対応していこうと考えている。

6. おわりに

川の水が海に流れ込む河口付近では、上流から供給される土砂が常時堆積する。この堆積する土砂は、自然環境にはなくてはならないものであるが、洪水の疎通能力や航路を維持することも必要である。そ

のため、土砂の供給による自然環境の保全と土砂撤去を両立する必要がある¹⁰⁾。航路などの維持浚渫は定期的に最小限行う必要がある。しかし、浚渫した土砂の処分場所も限定されてきており、浚渫土砂の発生量を減らすことや浚渫した土砂の有効利用などが考えられている。今後、浚渫バケットも更なる進化をし、水際のインフラ整備に貢献していきたいと考える。

最後に、資料提供等ご協力頂いた共同開発者である東亜建設工業株式会社、りんかい日産建設株式会社はじめ、関係各位に紙面を借りてお礼申し上げます。

(文責：桃田信弘)

参考文献

- 1) 社団法人日本建設機械化協会 大川 聡
「写真でたどる建設機械200年」三木書房
- 2) <http://hw001.spaaqs.ne.jp/geomover/hstry/invtn.htm>
建設機械史：発明と技術革新より
- 3) 五洋建設株式会社
土木本部 機械部 室田 恭宏
「土木 むかし いま 浚渫の話 その(1)」
- 4) 社団法人日本建設機械化協会 大川 聡
「写真でたどる建設機械200年」三木書房
- 5) 時・人・大林 1892-1991 大林組 広報室
- 6) 建設機械の歴史（建設の施工企画'08.1）
- 7) 有明海砂撒き工事写真 久保建株式会社
- 8) 株式会社SKK 久保内 萬幸
「報告 海上クレーンの現状と今後の技術動向」
（作業船・第307号、40P、2012.4）
- 9) http://www.md-fluoro.co.jp/products/fluoropolymer/about_polyfulorocarbons/property06.html
三井・デュボンフロロケミカル株式会社
ホームページより
- 10) 末次忠司、藤田光一、諏訪義雄、横山勝英
「沖積河川の河口域における土砂動態と地形・底質変化に関する研究」（国土技術政策総合研究所資料 第32号、国土交通省国土技術製作総合研究所、2002.3）