

# 海底へドロしゅんせつ機の掘削性能実験 (第2報)

齋藤 二郎 羽生田 吉也  
松尾 龍之 大石 守夫

## Performance Test on Dredging Machine for Undersea Soil (Part 2)

Jiro Saito Yoshinari Hanyuda  
Tatsuyuki Matsuo Morio Ohishi

### Abstract

Sedimentary muds at seabottoms and riverbeds, or "Hedoro," have become a serious problem today. When dredging them it is most important to prevent secondary pollution and carry out collection maintaining high concentration. Therefore, it is impossible to perform dredging of "Hedoro" by conventional systems. These experiments were conducted as intermediate tests with trenches to examine the performance of a new type of dredger-screw conveyor system, and optimum working conditions, dredging capacity, turbidity of water around dredger and density of dredged solids were investigated.

### 概 要

現在、大きな社会問題になっている海底や河底の泥土、いわゆる「ヘドロ」をしゅんせつ処理する場合、二次汚染の防止と高濃度な回収がもっとも大きな問題であり、従来の方式で作業を実施することは不可能である。本実験はこのような汚泥のしゅんせつを目的として、三和機材株式会社と共同開発したスクリュコンベア方式の全く新しいしゅんせつ機について水槽内で行った中間試験であり、作業の最適機械条件、しゅんせつ能力、機械周辺水の汚濁度、しゅんせつ土の濃度等を調査したものである。

### 1. まえがき

近年、我が国では水底下に堆積している汚泥が環境上、あるいは衛生上大きな社会問題となっており、特に有害物質を含有している場合は早急に除去等の処分を講じて環境の浄化をはかる必要がある。

従来、港湾、河川等におけるしゅんせつ作業は主にポンプサクション方式、グラブバケット方式が採用されているようであるが、汚染ヘドロをしゅんせつする場合、作業地域での泥土の拡散や処分地からの有害物質の流出等による二次汚染の発生を極力防止しなければならず、従来の方式ではしゅんせつが不可能である。そこで現在、関係各方面ではヘドロしゅんせつ機の開発が盛んに行われている。例えば水頭圧を利用したニューマポンプ、水頭圧に真空吸込みを加味したウー

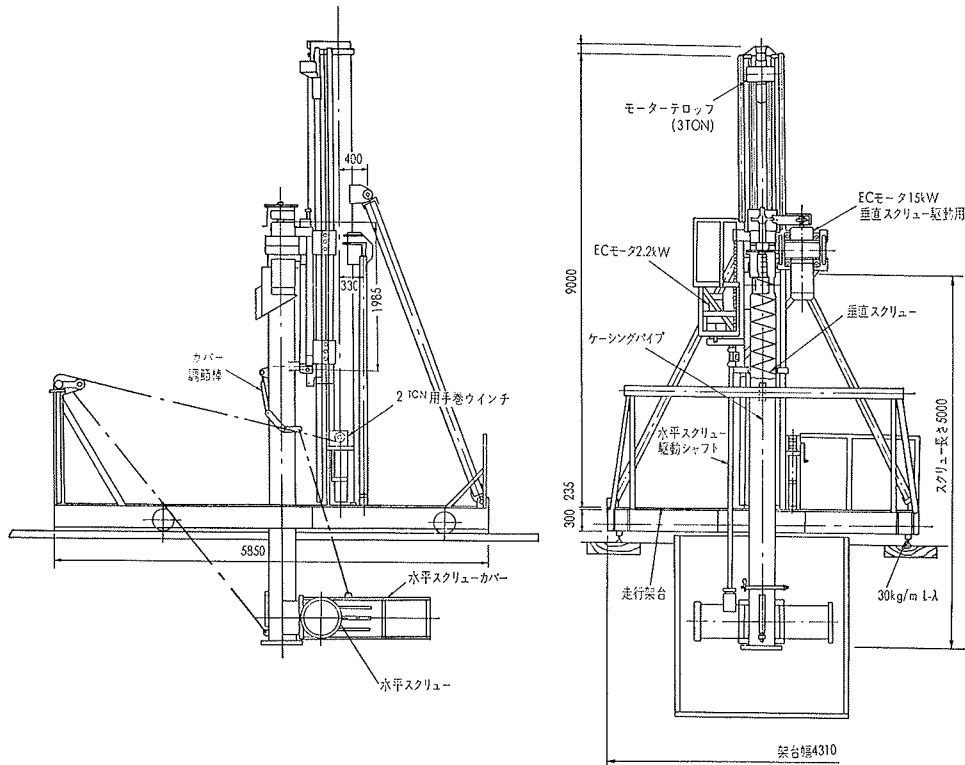
ザポンプ、油圧シリンダによって吸泥を行うマドラあるいは密閉式グラブバケット等<sup>1)</sup>が実用化されているが、どれもそれぞれの機構に一長一短があり、いまだヘドロに対しては完全なものは見当たらない。

本実験は、このような社会状況のもとで全く新しい方式のヘドロしゅんせつ機を開発する目的で行ったもので、試作した実験機械についてその性能実験を実施し、ヘドロしゅんせつに対する適用性を調査したものである。

### 2. 実験機械

実験に用いた機械は、先に実施した予備実験<sup>2)</sup>に基づき実際規模に準じて試作したもので、その概略を図一に示す。

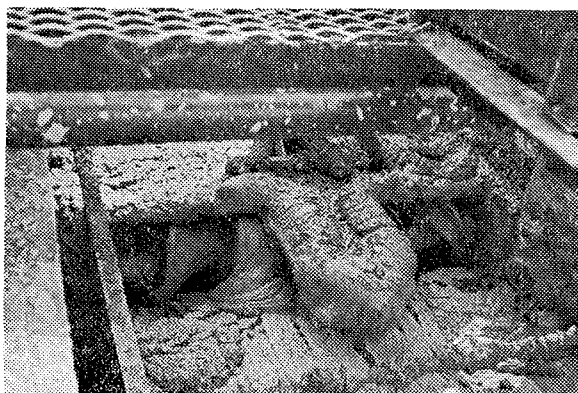
装置は垂直、水平スクリュコンベヤ、走行台車から



図一 実験機械

なっており、それぞれ次のような作業を行う。

- (1) 垂直スクリュウコンベヤ  
ヘドロを揚泥するもので、従来の軸流ポンプの一種と考えられる。
- (2) 水平スクリュウコンベヤ  
ヘドロ地盤の掘削と垂直スクリュウコンベヤ吸入口への集泥を行う（写真一）。
- (3) 走行台車  
しゅんせつ装置の移動と上下の調整を行なうもの。



写真一 水平スクリュウコンベヤ

また、水平スクリュウには掘削作業時ヘドロの拡散を防止する水平スクリュウカバーを取り付けている。機械の主な仕様を表一に示す。

	直径	長さ	さ	ピッチ
垂直スクリュウ	120 mm	5 m		69 mm
	200 mm	5 m, 7.5 m, 10 m		108 mm
	330 mm	5 m		180 mm
水平スクリュウ	430 mm	2 m		300 mm
走行台車	5,850(全長)×4,310(全幅)×9,000(全高)			
電動機	垂直スクリュウ駆動用	ECモータ	15kW	
	水平スクリュウ駆動用	ECモータ	2.2kW	
	走行台車駆動用	ECモータ	3.7kW	

表一 実験機械の主要諸元

### 3. 実験水槽および供試ヘドロ

実験を行った水槽は写真二に示すように、長さ14.64m、幅2.44m、深さ2.44mの大きさのもので、その両側にレールを敷き、水槽上を実験機械が走行できるようにしている。

また実験に用いたヘドロは浄水場の沈澱池で発生した汚泥で、真空ろ過した後のものであり、その土質工学的特性を表二に示す。

本実験では、この汚泥を水槽内約1m深さに投入し

で行ったしゅんせつ能力の調査と、更にその上に0.5～1.0m 深さに水を入れて作った模擬海底地盤で二次汚染状況、しゅんせつ後のヘドロ性状等を調べた。

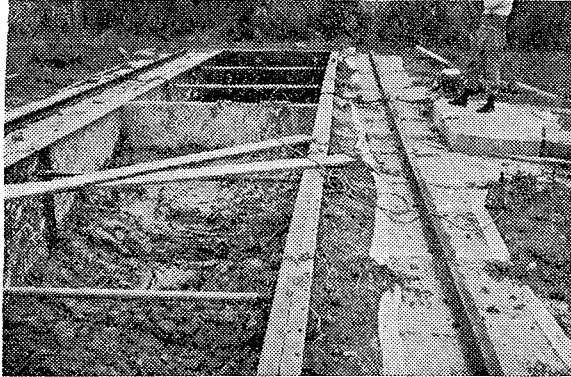


写真-2 実験水槽

土質試験項目		試験値	
物理組成	比重 Gs	2.58	
	粒度組成	レキ分 (%)	0
		砂分 (%)	1
		シルト分 (%)	56
	コテンシス	粘土分 (%)	43
		液性限界 (%)	106
		塑性限界 (%)	69
	特性	塑性指数	37
		含水比 W(%)	216
		湿潤単位体積重量 $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.21
自然間隙比 e		5.74	
力特性	三縮軸強圧さ	内部マサツ角 $\phi_{cu}$ (度)	21
		粘着力 C(kg/cm <sup>2</sup> )	0.25
	飽和度 $S_r$ (%)	97	

表-2 供試ヘドロの土質特質

#### 4. 実験方法

この装置では、垂直および水平スクリュの回転数、機械の前進速度の三者相互関係がしゅんせつ能力、水質汚濁に大きな影響を与えるものと考えられるので、本実験では、水槽上で機械を走行させながら、上記3条件を表一3のごとく変化させて、揚泥量、水質汚濁を測定した。

また実用機については、垂直スクリュ径は500～600mm、あるいはそれ以上に大型化する必要があると思われるので、スクリュ径を120, 200, 330mmの三種類を用いてスクリュ径と揚泥量の関係、あるいはスクリュ長を5, 7.5, 10mに変化させた場合の揚程と揚泥量の関係もあわせて調査した。

垂直スクリュ径	実験条件	実験範囲
120mm	垂直スクリュ回転数 水平スクリュ回転数 前進速度	200～500 r.p.m 4～10 r.p.m 22～45 cm/min
200mm	垂直スクリュ回転数 水平スクリュ回転数 前進速度	200～500 r.p.m 12～24 r.p.m 85～88 cm/min
330mm	垂直スクリュ回転数 水平スクリュ回転数 前進速度	200～500 r.p.m 23～46 r.p.m 100～220 cm/min

表-3 実験条件の組合わせ

#### 5. 実験結果

##### 5.1. 垂直スクリュ回転数と揚泥量の関係

しゅんせつ能力にもっとも影響を与える垂直スクリュ回転数  $N_v$  と揚泥量の関係を各スクリュ径別に求めたのが図-2である。実験範囲内の回転数 ( $N_v=200\sim500$ rpm) では両者の関係はほぼ一次関係になってお

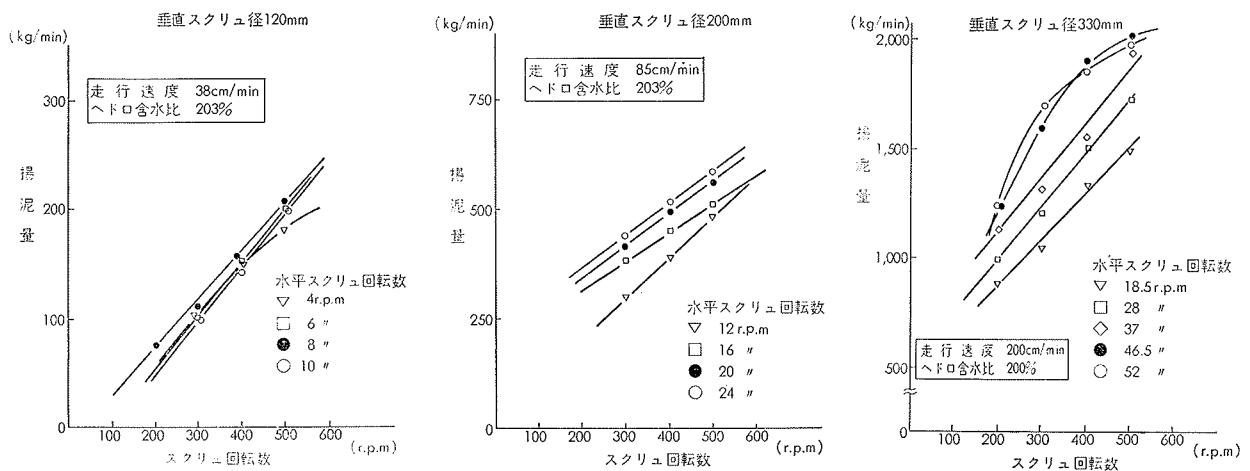
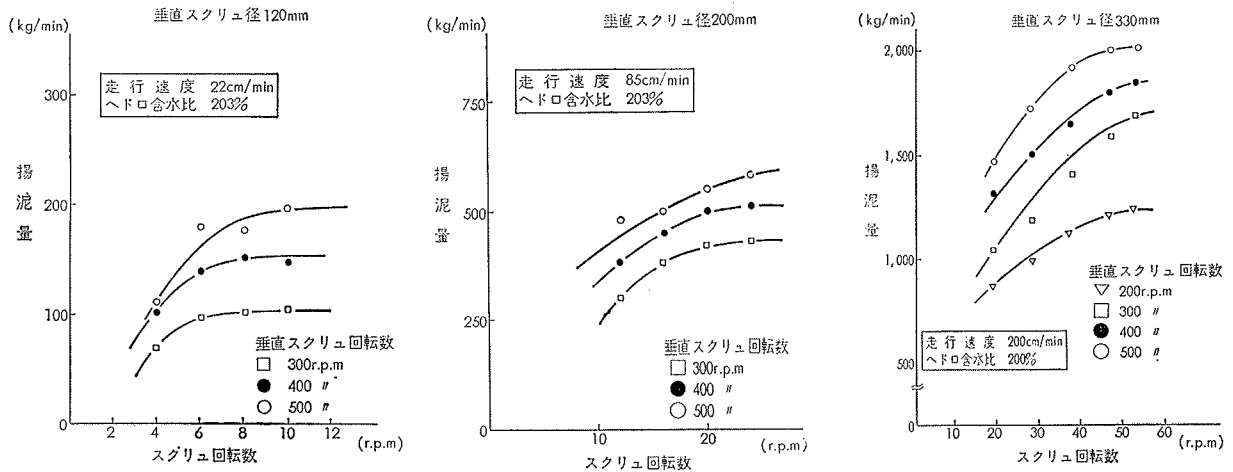


図-2 垂直スクリュ回転数と揚泥量の関係



図—3 水平スクリュ回転数と揚泥量の関係

り、330mm では最大 2000 kg/min (120t/H) を記録し予想以上の能力が認められた。

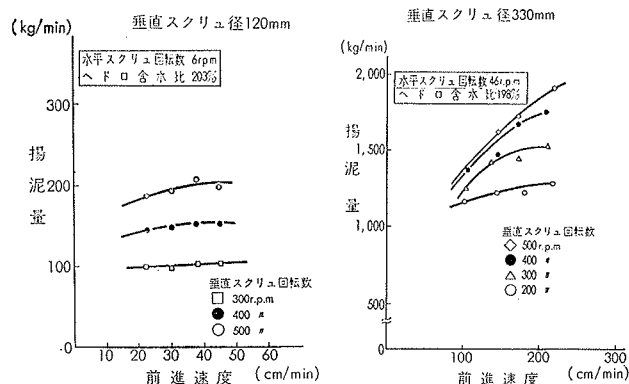
### 5.2. 水平スクリュ回転数と揚泥量の関係

水平スクリュの働きは上記したように掘削と集泥であるため、その能力は垂直スクリュの揚泥能力とバランスしなければならない。図—3 に水平スクリュの回転数  $N_H$  と揚泥量の関係を示す。スクリュ径 120, 200 mm における実験では  $N_H$  がある回転数で揚泥量は一定を示し、それ以上  $N_H$  を増加させても揚泥量は変化しない。すなわち、揚泥量が一定になる最低回転数が水平スクリュの最適回転数であり、揚泥量と集泥量がつり合っている条件である。

スクリュ径 330mm についてもグラフよりほぼ同様の傾向を示しているが明確な最適回転数の値は求められなかった。

### 5.3. 前進速度と揚泥量の関係

前進速度  $V$  と揚泥量の関係は 5.2. と同様な関係があるものと考えられる。すなわち  $V$  にも最適速度が存在し、それ以上に速度を速めても揚泥量は一定になることが予想される。



図—4 前進速度と揚泥量の関係

両者の関係をスクリュ径 120, 330mm について求めたのが図—4 である。120φ については  $V$  が増加しても揚泥量がわずかに増えるだけで、実験に用いた  $V$  の値 22~45 km/min 近くに最適値が存在するようである。一方 330φ については、垂直スクリュ回転数が大で揚泥能力が大きい時は、 $V$  が増加するにしたがって揚泥量も増加しており、 $V$  を更上げてやればその量がまだ増大する可能性を示している。

### 5.4. 垂直スクリュ径と揚泥量の関係

同じ回転数における垂直スクリュ径  $D_v$  と揚泥量の関係を図—5 に示すが、両対数目盛で両者の関係は直線になり、次のような一般式で表わすことができる。

$$Q = kQ_0 \left( \frac{D_v}{D_{v_0}} \right)^t \quad (1)$$

$Q$ : 揚泥量

$D_v, D_{v_0}$ : 垂直スクリュ径

$Q_0$ : 垂直スクリュ径  $D_{v_0}$  を使用した場合の揚泥量

$k$ : ヘドロの性状等によって決まる定数

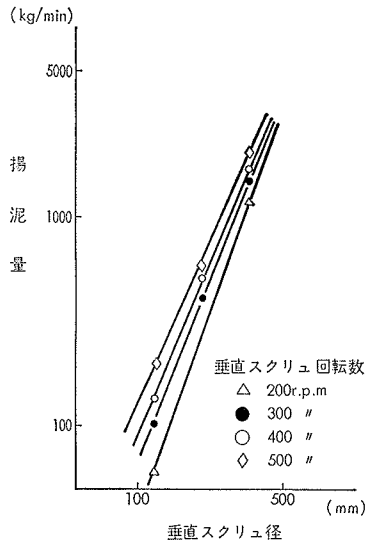
$t$ : 回転数によって 3~7/3 (200~500rpm) に変化する。

すなわち揚泥量は  $D_v$  の比の 2 乗以上に比例することが判明し、現在大規模工事では 500m<sup>3</sup>/H 以上のしゅんせつ能力が要求されているが、その能力を発揮させるのはそれほど問題がないようである。

### 5.5. 垂直スクリュ長と揚泥量の関係

水深のある地域でしゅんせつする場合、当装置では垂直スクリュを長くする必要があり、その時しゅんせつ能力がどのように変化するかは実用機を設計する上で非常に重要である。

本実験では 200mm 径の垂直スクリュについて、そ

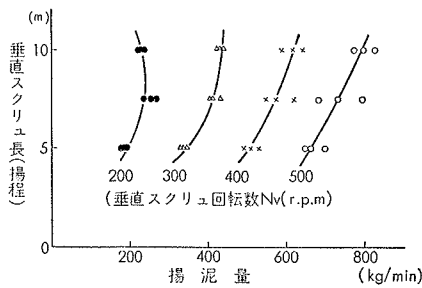


図一五 垂直スクリュ径と揚泥量の関係

の長さ  $l$  を 5, 7.5, 10m に変化させた場合の  $l$ , すなわち揚程と揚泥量の関係を求めたのが図一六である。グラフより明らかなように両者の関係は一般のポンプとは異なり、揚程が増加しても能力はほとんど変化なく、わずかではあるが揚泥量は逆に増加する傾向にある。しかし、この増加現象は実験時のヘドロ性状の違いによるものと思われ、揚程の変化に対する揚泥量の値はほぼ一定であると考えられる。

5.6. しゅんせつ後のヘドロの性状

揚泥した後のヘドロ含水比の値を表一三に示す、この値は 330mm 径のスクリュについて行ったものであるが、回転数が増加するに従って含水比の値は大きくなっている。高回転域で含水比が高くなる最も大きな要因は  $N_v$ ,  $N_H$ ,  $V$  三者相互関係で、この関係がうま



図一六 垂直スクリュ長と揚泥量の関係

くバランスしていると揚泥後のヘドロ含水比は原地盤とほぼ同じ 190~200% 程度になり、高濃度なしゅんせつが可能になる。

垂直スクリュ 回転数	r.p.m	200	300	400
揚泥ヘドロ 含水比	%	190	222	269

表一四 揚泥後のヘドロ含水比の変化

5.7. しゅんせつ機周辺の水質汚濁

作業中の水質汚濁は二次汚染防止の上から極力少なくしなければならない。本実験ではヘドロ上に 0.5~1.0m 深さに水を入れた状態で作業を行い、機械の前後 1m 付近の水質汚濁状況を調べた。その結果、試験前 5~6ppm の濁度が試験中最大 48ppm まで上昇した。汚濁原因としては、しゅんせつ装置の下部に凸起があり、これがヘドロを乱したため、あるいは狭い水槽のためにその側壁の影響が出たためと考えられる。しかし、実際の作業は広い水域で行われ、水の流れが当然存在すること等を考慮すれば、下部形状の改良のみでこの値はかなり低減するものと思われる。

6. あとがき

以上、スクリュコンベヤを応用した全く新しい方式のしゅんせつ機について水槽内における性能実験を行ったが、有害ヘドロを除去する場合はしゅんせつ機が具備しなければならない条件をほぼ満足していることが判明した。しかし本実験はあくまでも水槽内で行ったものであり、ヘドロ性状もほとんど一様であるので、本装置をそのまま実際工事の作業に用いることはできない。したがって次の開発段階としては、本装置を台船上に乗せ、実際工事を想定した洋上実験を行う必要があり、現在計画中である。

参考文献

- 1) 斎藤二郎：ヘドロの調査と処理システム，公害対策専門講座テキスト，工業時事通信社（1974）
- 2) 斎藤，他：海底ヘドロしゅんせつ機の掘削性能実験（第1報），大林組技術研究所報，No. 11, (1975) 海底ヘドロしゅんせつ機の掘削性能実験（第2報）Performance Test on Dredging Machine for Undersea Soil (Part 2)