



## 일본의 最近 底泥 浚渫技術

### The Recent Sediment Dredging Technology in Japan



金 錫 權\*  
Kim, Seok Gwon

\* 건설기계기술사/산업기계기술사, LG건설(株) 기술본부  
플랜트엔지니어링팀 과장.

(최근 국내 수도권의 생명수인 팔당호가 상류에서 흘러 들어온 유기물 등이 급격히 유입 및 퇴적되면서 부영양화 현상이 발생하여 수질이 급격히 악화되고 있다. 따라서 국내 관련 전문가들이 모두 관심을 갖고 수질 악화 문제를 해결하고자 일본의 최신 흡인식 저니 준설 기술을 미천하나마 번역하여 소개하게 되었다. 또한 본 기술은 우리 나라에서 현재 오염이 심하게 진행되고 있는 강, 하천, 해안가 등에 다양하게 사용될 수 있는 최신 기술로 사료된다.)

\* 원본 - 「用水と廢水」 VOL.39 NO.6 1997년 6월호 P45~P49 / 저자 - 池田 省三

#### 1. 서론

하천, 호수와 늪, 운하, 항만(해안) 등의 물가 공간은 경제활동의 중요한 역할을 맡게 되었지만, 동시에 사람들에게 편안한 공간을 계속 주어 왔다. 그러나, 물가 주변의 도시화와 거기에 따르는 수질의 악화는 반대로 사람들을 물가에서 멀리하는 결과가 되었다.

최근에, 환경보호 분위기와 함께 사람과 자연의 조화를 꾀한 親水空間의 확보가 필요로 해지고, 특히 사람에게 영향을 주는 수질 환경의 정비가 한층 더 중요하게 되어 물 근처의 수질 개선을 위해서는 악화된 수질의 개선이 필요해서 그 방법의 일환으로 수질 악화 원인인 인 및 질 소화합물을 많이 포함하는 퇴적 底泥의 浚渫이 행해진다. 물밑에 퇴적된 底오니는 표면층에 얇고도 넓게 분포하고 있고, 이 薄層의 底오니의 효율적인 제거가 요망되어, 이것들이 시공상의

과제로 대응키 위한 새로운 浚渫技術이 몇 년간 施工社 및 MAKER로부터 잇따라 개발되고, 실제로 시공에 적용되고 있다.

여기에서 閉鎖性 水域의 水質 淨化를 위해서 중요한 底오니 浚渫技術의 최근 동향이나 시공사례 및 공해방지대책 등 건설업에서의 수질 환경의 개선 기술을 소개하기로 한다.

#### 2. 底泥 浚渫技術

##### 2.1 底泥浚渫 技術의 分類

從來 底오니의 浚渫技術을 分類하면 <표 1>과 같다. PUMP浚渫方式(<그림 1>)과 GRAB-BUCKET 浚渫方式(<그림 2>)으로 大別할 수 있다.

PUMP 浚渫方式은 船內에 大容量의 浚渫 PUMP를 가지고 물밑까지 吸入管을 내려 底오니를 大量의 물과 함께 연속적으로 흡입하여 배



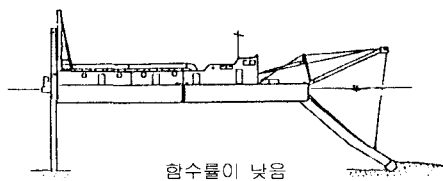
출하는 방식이다. 이 때문에 대규모의 깨끗한浚渫作業이 가능하여 이를 適用한 例는 수 없이 많다. 反面에 大量의 물을 吸引하기 때문에 容積 含泥率(=地山 換算揚 土量/揚泥水量:以下 含泥 比率은 생략한다)은 10~20% 되고, 大容量의 매립 處分地와 남은 물處理 施設이 필요하게 되는 缺點을 갖고 있다.

PUMP준설方式에는 回轉 CUTTER를 장착한 硬地盤으로도 적용 가능한 CUTTER方式과 軟泥 專用に 汚濁 防止用 COVER 등을 장착한 CUTTERLESS 方式이 있다.

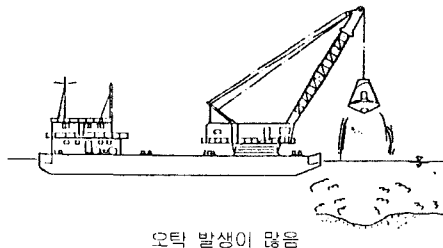
GRAB-BUCKET系 준설方式은 GRAM-SHELL을 장비한 구로라쿠렌이나 구로라式 BACK-HOE 및 連續 BUCKET 裝置 등을 받침대 船上에 搭載하고, 間歇 또는 連續的으로 저니를 掘削하고, 水面으로부터 底泥의 물을 분

〈표 1〉 준설기술의 분류

공법의 분류	준설기술의 일반명칭	준설장치의 명칭
PUMP 공법	1) MICRO-PUMP선	- CUTTER 방식
	2) 오니 준설선	- CUTTERLESS 방식
CRANE BUCKET 공법	1) GRAB 준설선	- 보통 GRAB - 밀폐 GRAB
	2) BACK-HOE 준설선	- BACK-HOE
	3) BUCKET 준설선	- 연속 BUCKET



〈그림 1〉 PUMP식 준설선(CUTTER방식)



〈그림 2〉 GRAB-BUCKET계의 준설선(GRAB식)

리하는 방식이다.

GRAB-BUCKET系 浚渫方式은 含泥率이 80~100%의 거의 原地盤에 가까운 狀態에서의 오히려 하역이 가능하다. 그러나 掘削 및 輸送 作業이 間歇的이기 때문에 소규모로 하고 浚渫할 때의 汚濁 發生이나 表面層 浮泥의 流失 등의 문제가 있다.

### 2.2 底泥 浚渫 施工上の 問題點

底泥 준설의 施工 대상이 된 閉鎖性 水域의 共通 問題點과 施工 KEY-WORD를 서술하면 다음과 같다.

#### (1)매립 處分地 不足(高濃度 浚渫)

주변이 도시화로 진행되고, 대규모 處分地의 확보가 곤란하거나 遠隔地化하고 있기 때문에 여분의 물을 吸引하지 않고 고농도에 浚渫이 가능하도록 한다. 이것에 의해 매립 處分地나 여분의 水處理 設備의 소규모화를 피할 수 있고, 또 遠隔 處分地를 위해서는 運搬 效率의 개선을 피할 수 있다.

#### (2)表面層 浮泥 除去(薄層浚渫)

수질 악화의 원인이 되는 인이나 질소는 극히 薄層(30~40cm)의 80~400%의 高含水比(含有水 重量/含有 乾燥 固體 重量)에서 泥로 있기 때문에 薄層 浮泥준설을 가능하게 한다.

#### (3)주변 환경 보전(汚濁 防止)

환경 보호 見地나 水産 資源의 확보면에서 최대한 준설 施工中의 汚濁 防止에 노력할 필요가 있다.

從來의 준설공법으로는 고농도 준설에 적용 가능한 공법은 GRAB-BUCKET系 준설이지만, 汚濁 防止에는 적용할 수 없다. 또 汚濁 防止에 적용 가능한 공법은 PUMP系 준설이지만 고농도 준설에는 적용할 수 없었다. 결국 薄層 준설에 적용 가능한 준설 기술은 확립되어 있지 않았다.

### 2.3 最近 底泥 浚渫技術

1991년도 運輸省의 民間 技術 評價制度에 의한

평가기술로서 公募했던 「軟泥의 高濃度 浚渫 및 排送工法에서 高濃度 浚渫技術의 概要는 <표 2>와 같이 나와 있는데 浚渫工法의 總評價 件數는 8 건에, 準설 技術의 방식은 連續 回轉 BUCKET <표 2> 평가기술 일람(準설공법)

NO	평가 기술명	신 청 자	準설장치 명칭	기술 분류
1	고농도 준설공법	동아건설공업(주)	기밀식 회전 BUCKET	회전 BUCKET 방식
2	SWAN21 공법	오양건설(주)	특수식 회전 BUCKET	
3	SCRAPER ROTER 고농도 준설공법	약축건설(주)	기밀식 특수 ROTER	
4	SCREW CONVEYER 고농도 준설공법	좌백건설공업(주) MEC엔지니어링(주)	SCREW CONVEYER 방식	SCREW Conveyer 방식
5	고농도 준설 압송 SYSTEM	우부흥산(주)	SCREW CONVEYER	
6	WATER PRESSURE SYSTEM	(주)본간조	진공 흡인 준설	부압 흡니 방식
7	EK식 준설공법	해정건설(주)	진공 흡인 준설	
8	고농도 우자펌프 공법	동양건설(주)	부압 흡니 방식	

方式(3 건), SCREW CONVEYER 方式(2 건), 負壓 吸泥 方式(3 건)으로 大別된다.

浚渫部에는 負壓의 吸引力을 잘 살리면서도 여분의 물 流入을 抑制하고 있고, 高濃도 無汚濁 이라고 하는 從來의 技術과는 다르다는 것이 施工의 重要한 要素이다.

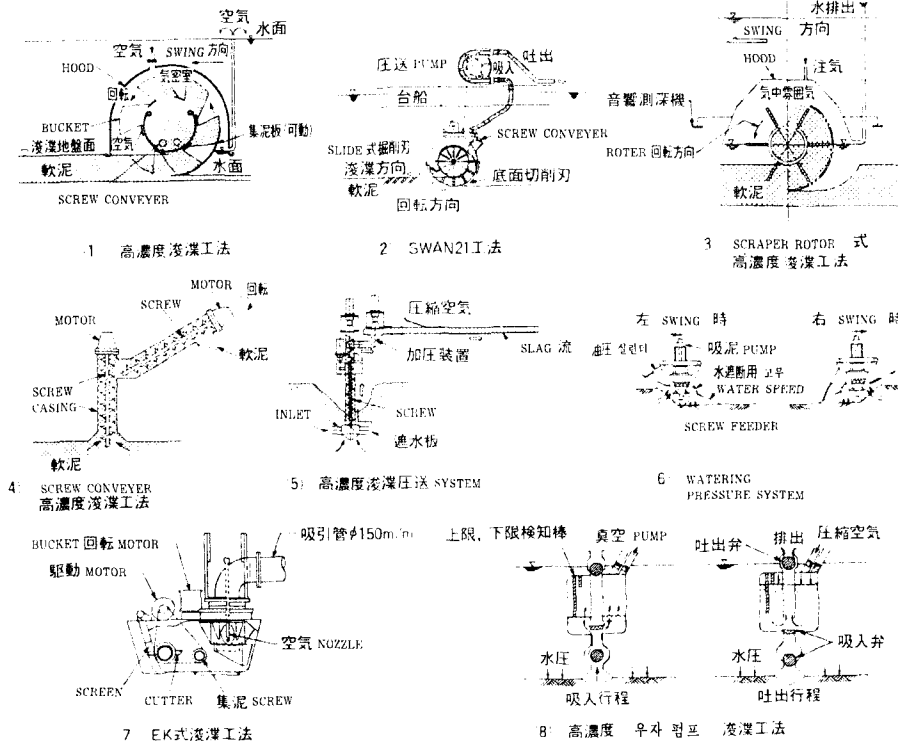
<그림 3>(1)~(8)에, 各 準설 方式의 施工 概要는 <그림 1, 2>에 나타내었다.

<그림 3> 각 준설 방식별 시공 개요도

### 3. 최신 기술의 사례

本 항에서는 底泥의 最新 準설 技術의 一例로서 回轉 BUCKET方式의 새로운 공법 (SWAN21工法)을 소개한다.

本 公법은 특수한 回轉 BUCKET式 集泥機와 定容積型 壓送PUMP의 編成에 의해 浚渫泥



<그림 3> 각 준설 방식별 시공 개요도



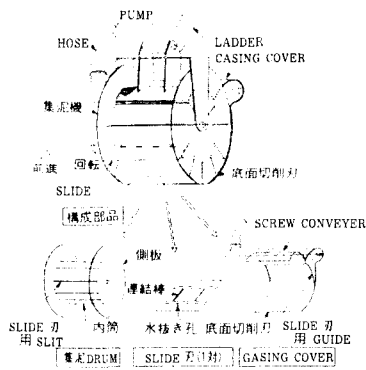
가 땅에서의 물 혼입을 최대한 억제하고, 질소나 인 등 유해 물질이 많이 포함되어 있는 표면층 부분을 비교적 薄층으로 浮泥도 놓치는 일없이 깨끗이 高濃度 浚渫를 가능하게 한 것이다.

### 3.1 공법의 개요

본 공법의 준설원리는 다수의 칼을 가진 특수 回轉BUCKET式 集泥機(以下, '集泥機'라고 한다)를 준설속도와 같은 속도로 회전하고, 四方을 SLIDE刃과 側面刃으로 구성한다. 오니는 BUCKET室로 貫入하고 軟진흙을 잘라 올린다.

#### (1) 集泥機의 構造

<그림 4>에 集泥機의 構造圖를 나타냈지만, 集泥機는 크게 나누어 다음 3개의 부분으로 구성되어 있다.



<그림 4> 집니기의 구조

#### 1) 集泥DRUM

SLIDE날이 出入하는 방사형 SLIT가 있는 內筒과 兩 側板으로 구성되고, 油壓 MOTOR에 의해 회전한다.

#### 2) SLIDE날(6쌍)

마주하는 2枚가 연결되어 일체로 動作되고, 集泥機의 回轉에 따라 SLIDE날이 GUIDE로 안내되어 DRUM內筒을 出入하는 구조로 되어 있다.

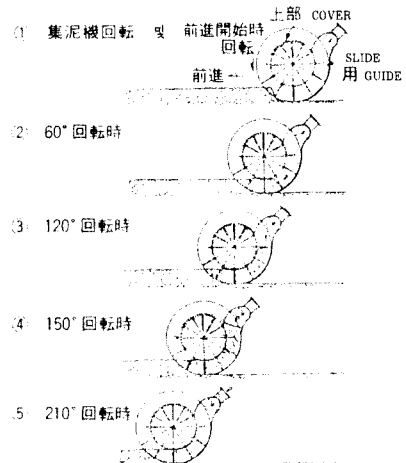
#### 3) CASING COVER

下部에 底面 切削날 上部에 SCREW CONVEYER와 그 中間部에 SLIDE GUIDE部

등이 여기에 속한다.

#### (2) 集泥原理

集泥機의 動作 원리도는 <그림 5>에 나타내어 있다.



<그림 5> 집니기 작동 모형도(모식도)

1) 集泥機 回轉 및 前送 開始時[<그림 5-①>] 圖面과 같이 集泥機를 回轉하면서 前送시키면 集泥DRUM 兩側板과 SLIDE날로 형성된 BUCKET이 連續하여 과녁으로 泥土가 들어간다.

이와 같이 回轉과 前送 速度를 同期시킴에 의해 集진흙DRUM 움직임을 물밀을 구르는 듯 하게 된다.

#### 2) 60°回轉時[<그림 5-②>]

BUCKET室 後方에서 底面 切削날이 前送해 오기 때문에 BUCKET內의 泥(토)는 아래에서 잘라져 위로 옮겨진다.

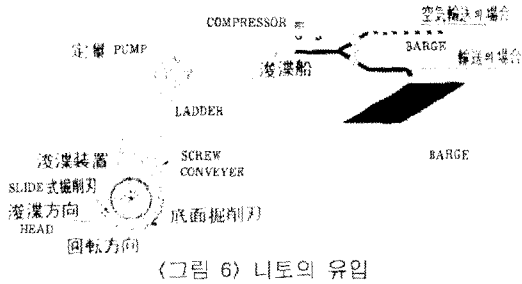
#### 3) 120~210°回轉時[<그림 5-③~⑤>]

集泥機의 回轉에 의해 BUCKET은 底面 切削날을 따라 上昇하고, 泥(토)는 SCREW CONVEYER에 들어가서 SLIDE날 GUIDE를 따라서 DRUM內에 저장된다.

#### (3) 올려진 진흙의 運搬

SCREW CONVEYER에 밀어 넣어진 泥(토)는 CONVEYER끝까지 운반되어 배출된다.

출된 흙은 배 위에 設置된 流量 制御 가능 定容積型 PUMP의 吸入管에 接續되어 있고, 泥機에 인입한 土量과 PUMP 流量을 일치시켜 놓아 여분의 물 侵入을 방지하고 泥(토)는 고농도 상태로 그대로 吸入하여 배 밖으로 보내진다. <그림 6>의 模式圖面에 集泥→場泥→運搬에 이르는 泥(토)의 흐름을 나타내고 있다.



<그림 6> 니토의 유입

### 3.2 本工法の特徴

獨自의 機構와 전체 SYSTEM에 의해 본 공법은 底진흙 준설에 있어 다음의 유용한 특징을 가지고 있다.

- 1) 여분의 물 吸引을 막고, 底진흙을 堆積 狀態에 가까운 含泥率(80% 이상)의 高濃度 浚渫이 가능하다.
- 2) 從來에는 어려웠던 것이 지금은 물을 혼입하기 쉬운 薄層浚渫條件(30~40cm)에서도 表面層의 底진흙을 確實히 잡고, 高濃度 薄層 浚渫이 가능하다.
- 3) 물밑 地반을 흠뜨리는 일없이 조용히 진흙을 포집하기 때문에 종래의 오키 공법과 비교하여 오염 發生이 극히 적고, 깨끗한 施工이 가능하고, 高含水比(w=400% 程度)의 表面層 浮泥도 작업이 가능하다.

### 3.3 高濃度 底泥 浚渫船「SWAN3號」

본선은 回轉 BUCKET式 浚渫 裝置를 LADDER SWING方式의 PUMP船에 搭載한 高濃度 底泥 浚渫船이다. 浚渫泥(토)는 船體 중앙에 設置된 旋回式 排送管을 통하여 본선으로 接

속한 土運船에 排出된다. 또 선체 중앙부에 공기 압으로 보내는 장치나 특수 PUMP 등의 장거리 壓送SYSTEM를 용이하게 장착할 수 있고, 시공 조건에 따른 장거리 壓送을 확보할 수 있다.

또 본선은 효율적인 燥船이 가능한 自動SPUD DREDGING SYSTEM나 自動 船位 計測 SYSTEM의 導入에 의해 自動 浚渫 運轉이 가능한 HIGH TECHNOLOGY浚渫船이다.

<사진 1>에 本 浚渫船의 全景을 <표 3>에 그 주요사양을 나타내었다.

<표 3> SWAN 3호 주요사양

작업능력	공칭작업능력 준설깊이	210m <sup>3</sup> /h 약3~17미터 (최대24미터)
	대상토질 함수비 점착력	점성토 80~400% 0.1kgf/cm <sup>2</sup> 이하
선체크기	전장 길이 폭 깊이 설계 흘수	61.0 미터 56.0 미터 14.0 미터 3.0 미터 1.2 미터



<사진 1> SWAN3호 전경

## 4. 시공 사례

本 항에서는 최신 기술을 사용한 底泥 浚渫工 事의 일례로 回轉 BUCKET式 浚渫工法에 의 한 施工例 및 大規模 底泥 浚渫의 사례를 소개 한다.

### 4.1 N호수정화 浚渫工事\*

#### (1) N湖 淨化 사업



N湖의 수질은 1975년 전후를 PEAK로 다소 나아지고 현재는 변화가 없는 상황이지만, 더욱이 赤潮의 발생 등 부영양화 현상을 볼 수 있다. 특히, 조류의 움직임이 적은 湖안 Y灣에서는 대략 100萬 m<sup>3</sup> 底진흙이 堆積하고 있고, 이 底진흙부터 질소, 인 등의 有機物이 용출되어, 이것이 수질 악화의 큰 원인이 되어 있다.

이 때문에 水質 淨化 대책으로 N湖 淨化 사업을 진행하고 있다. 우선 처음에 底진흙의 處分地가 되는 호반둑 공사를 1979년부터 시작하여 1992년도에 既成하였고, 底泥 浚渫工事は 1985년에 착수하였다.

1993년의 浚渫工事 概要는 浚渫 面積이 13만900m<sup>2</sup>이고 준설토 평균두께는 0.5미터이었다.

#### (2)시공방법

시공은 SWING幅을 50~70m으로서 處分地 호반둑에 평행으로 진행하며, 중앙부에서 2분할하여 행하였다. 排送距離가 약1km 이기 때문에 浚渫泥(토)의 排送은 浚渫船 위에 空氣 壓縮機를 搭載해 空氣 壓送工法으로 하였다.

#### (3)고농도 준설특성

##### 1)토량 변화율

PUMP浚渫船에 의한 浚渫에서는 대량의 물과 함께 바닥 진흙을 吸引하여 배송하기 때문에 浚渫泥(토)는 處分地에 사토 直後가 최대로 부풀고 그 변화율도 크다. 處分地의 용량은 그 때의 최대량을 대상으로 하지 않으면 안 된다.

回轉 BUCKET式 浚渫船에 의한 浚渫에서는 여분의 물 吸引이 없으므로 浚渫泥(토)의 변화율이 작고, 處分地의 용량도 적다.

##### 2)준설 후 남은 물 처리

본 工法으로는 從來의 pump浚渫과는 양상이 다르게 浚渫 후 남은 물이 없어 泥土 중의 含水分을 떼어놓은 상태가 된다. 현지에서는 吐出口에서 50m정도 떨어진 곳에서 물은 분리되어 清

澄 狀態가 되었다. 따라서 從來 행하고 있던 余水處理 대책은 쓰지 않게 되었다.

#### (4)수질오염 방지특성

수질 감시로서 浚渫 區域5地点, 余水 放流部1地点, 施工區域 外1地点의 水質 測定을 했지만, 浚渫 區域, 放流部, 施工 區域 外 모두 현저한 변화는 볼 수 없었다. 더욱이 수질측정 항목은 SS, 탁도 외 5項目을 행하였다.

### 4.2 KASUMIKAURA(가스미가우라)대규모 준설공사

본 공사 내용에 관해서는 建設省 가스미가우라工事 사무소의 사례로 상세하게 알 수 있다.

#### (1)가스미가우라 底泥 浚渫사업

가스미가우라는 國內 第2位の 호수 면적을 가진 호수지만 평균 수심은 4.0미터로 상당히 얇고 그 수질은 근년에 악화되고 있다. 가스미가우라 底泥 浚渫에서는 汚濁 要因인 營養염 종류의 濃度가 높은 표면층 30cm 底泥 除去를 목적으로 하여 開始되었다.

1975년부터 1991년까지의 17년간에 약80萬 m<sup>2</sup>의 浚渫이 행해졌지만 1992년부터 규모가 확대되고 1999년까지의 9년간에 720만m<sup>2</sup>의 浚渫이 계획되어 있다.

이러한 가운데 建設省 가스미가우라工事 사무소는 1993년에 回轉 BUCKET式 採泥機를 장비한 表泥 浚渫船 「가스미사우루스」 였나 中繼船 「아스카」를 건조하여 1994년 현지에 배치했다.

#### (2)공사 개요

가스미가우라 대규모 浚渫의 시공 대상 구역은 가스미가우라의 浦市方面 25km<sup>2</sup>이고, 수심은 약 4m, 浚渫 目標 두께는 30cm이다.

工事は 「가스미사우루스」를 비롯한 官船 2, 民船 4, 합계 6隻(浚渫船 能力50~130m<sup>3</sup>/h : 底泥地 山量)

底泥 浚渫船에 의해 浚渫한 底진흙을 6系統

의 送泥管을 통해 일단 340m<sup>3</sup>의 貯泥PURGE로 集合시킨다. 그 浚渫 흙탕물을 中繼船「아스카」(中繼船 能力744m<sup>3</sup>/h)에 의해 20km 앞의 매립 處分地까지 SLURRY를 壓送한다. 과거의 예와 같이 대규모적인 장거리 浚渫 送泥 施工 內容이다.

이 新體系의 기초로 하여 1995年末까지의 1年 사이에 약100万m<sup>3</sup>의 浚渫實績을 올릴 수 있었다.

## 5. 결론

지금까지 各地의 항만, 하천, 호수, 늪 등의 閉鎖性 水域의 水質 淨化를 위해서는 底泥 浚渫이 가장 효과적인 방법이었다. 그러나 공사 시공 중에 있어서도 주변의 수질이나 환경에 악영향을 주지 않는 새로운 浚渫技術이 요구되고 있다.

매립 처분지의 부족이나 장거리 수송에서의 시공 COST가 증대하고 軟泥 浚渫이 안고 있는

문제를 解消하기 위해서는 고농도의 CLEAN한 浚渫技術 확립이 중요하다.

금후, 이러한 새로운 浚渫技術은 보다 좋은 수질 환경의 창출에 공헌할 수 있을 것으로 확신하고 있다.

(원고 접수일 1999. 6. 26)

## 참고문헌

- 1) 運輸省 港灣局: 軟진흙의 高濃度 浚渫 및 排送工法の 평가결과(1), 作業船, 210(11)34(1993).
- 2) 西川豊: 高濃度 軟泥 浚渫船 空氣 壓送船(1) 및 排送工法の 評價 結果, 作業船, 220(7)53(1995).
- 3) 五洋建設(株): 210m<sup>3</sup>/h高濃度 底泥 浚渫船(SWAN3號), 作業船, 208(7)3(1993).
- 4) 通野和夫, 寺本昭: 高濃度 底泥 浚渫船의 開發과 施工例, 建設 機械化, (4)44(1994).
- 5) 戸谷 英雄: 가스미가우라 大規模 浚渫工事- 底泥 表面層 浚渫과 長距離 輸送, 建設 機械化, (5)20(1996).