

## 2. 自動掘削土石処理船の開発

建設省九州技術事務所：宅間 義明・木村 直紀

### 1. まえがき

鹿児島県のシンボルである桜島は活火山であり、その噴火活動と浸食作用により溪谷は荒廃している。特に野尻川では、上流部で発生した土砂は少量の降雨でも土石流となって河口部に堆積し、河道を閉塞することが多く、そのまま放置すると川底があがり次の土石流発生により周辺の民家、田畑、道路等に甚大な災害が発生する恐れがある。

このため、施工状況が把握しにくい海中での掘削作業における作業の安全性、作業効率の向上及び作業環境の改善等を図る目的で、水中掘削状況監視システム及び自動掘削システムなどの新技術を導入した土石処理船「さくらじま」を開発導入し、現地の野尻川河口部において行った実証試験で当初の目的を達していることを確認したのでここに報告する。

### 2. 土石処理の現状

桜島の山腹は軽石、岩砕、岩塊等の堆積地層が長年の風化により崩壊しつづけており、ひとたび雨が降れば山腹斜面の雨水はこれら岩塊とともに土石流となって各河川へなだれ込み、流路工や海中に堆積される。特に、野尻川では土石流が頻繁に発生しており年間20回を越え、その量も年間50万 $m^3$ にも及んでいる。(表-1参照)



写真-1 土石堆積状況

その土石流対策として上流部では砂防ダム及び流路工の建設、整備が行われ、下流部の陸上ではバックホウ等汎用土木機械により、また、河口部では水陸両用ブルドーザにより除去作業が行われている。河口部の土石堆積状況を写真-1に示す。

表-1 野尻川年度別流出土砂量

発 生 年 度	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	
発 生 回 数	25	22	24	15	22	19	17	25	16	32	18	20	
流 出 土 量 (千 $m^3$ )	陸上	204	173	96	106	211	149	193	242	251	276	144	298
	海	333	367	437	56	321	186	138	310	671	823	479	385
	合計	537	540	533	162	532	335	331	552	922	1099	623	683

### 3. 土石処理機械の検討

水陸両用ブルドーザによる作業では今後、押土距離、掘削深さ、捨土場所の確保等の諸条件をクリアすることは困難になることが予想され、これに代わるものとして土石処理機械の開発が望まれている。開発に当たっては在来工法を広く調査し、また新工法も考案して比較検討を行ったが、次の理由

によりバックホウ掘削、土運船捨土方式とした。

- ① 巨石除去の適応性が良い。
- ② 掘削水深が浅い場合作業能力が大きい。
- ③ 機構が簡単である。
- ④ 陸上での土捨て場所の確保が困難である。

なお、浚渫工事は潮流や波浪などの影響を受けるほか、水中掘削作業の状況が見えない等、作業条件が劣悪である。このため作業効率及び安全性の向上を図る目的で水中掘削状況監視システム、自動掘削システム等の新技術を導入し、併せて油漏れ防止等の環境対策も行っている。



写真—2 土石処理船全景

表—2 主要項目

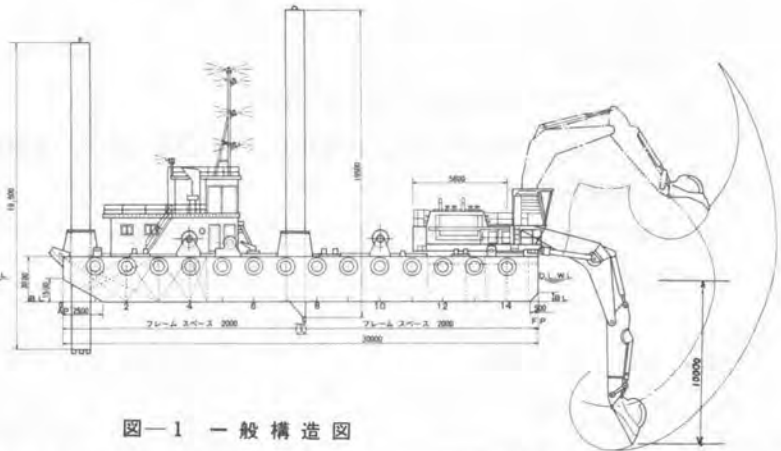
台 船	形 式	非自航式鋼製箱型
	形 状	全長 30 m × 全幅 14 m × 深さ 3 m
	喫 水	1.5 m
	重 量	450 t
掘 削 機	形 式	油圧バックホウ式
	バケツ容量	7.0 m <sup>3</sup>
	最大掘削深さ	10 m
	最大掘削力	45 t 以上

#### 4. 土石処理船「さくらじま」の概要

本船は非自航鋼製箱型バックホウ船であり、その全景、一般構造図及び主要項目を写真—2、表—2、図—1にそれぞれ示す。本船の特徴は、前述の新技術を導入していることその他に、作業中に土石流が発生した場合、本船の損傷及び人命を守るために緊急避難装置を装備していることである。

#### 5. 導入した新技術

本土石処理船は水中での作業となるが、現在の水中掘削技術では陸上作業に比べ作業効率や能力が著しく低下している。このため作業効率等を陸上作業並に向上させる目的で、次に示す新技術を導入している。

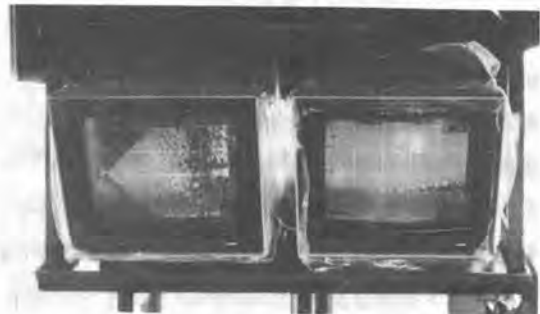


図—1 一般構造図

##### 1) 水中掘削状況監視システム

本システムは、超音波を利用して海底面の形状や水中掘削状況を運転室のCRT画面に掘削平面及び断面で表示ことができ（写真—3参照）、次の特徴を持っている。

- ① 掘削平面は海底の深さを色分けして表示。



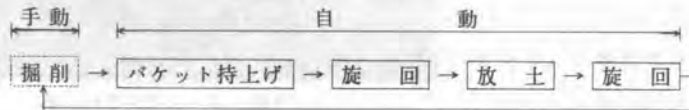
写真—3 運転室内のCRT表示例

- ② 掘削断面は掘削中の海底断面とバケットの動きをアニメ風に重ね合わせてリアルタイムで示す。
- ③ 掘削平面及び断面は探查精度を任意に選定し、用途に応じて使い分けることができる。
- ④ CRT画像は任意の時間にカラーコピーすることができる。

## 2) 自動掘削システム

### (1) 自動掘削制御

掘削作業について次の自動化を行っている。



- ① 運転操作の自動化は、バックホウでは初めてである。
- ② 自動、手動操作は任意に切替えることができる。
- ③ 水中での土砂のこぼれを少なくするために、バケットを水平に持上げる。
- ④ 土運船への捨土位置を最初にセットすれば、次からは捨土位置を順次変えて均一に積込む。

### (2) バケットの大形化

掘削後のバケット持上げ時に、バケットの作業半径を制御する（手前に縮める）ことによって、バケット容量を標準の  $5.7 \text{ m}^3$  から  $7 \text{ m}^3$  に増大させ、作業能力を向上させている。また、これにより、土砂の中に混っている直径  $2 \text{ m}$  の石も掘削が可能となる。

## 3) その他

### (1) 油漏れ対策

- ① アームピンのグリースを完全密封している。
- ② アーム用油圧シリンダロット損傷防止のため摺動式カバーを装着している。

### (2) 緊急避難装置

本船の損傷及び人命の安全を守るために、緊急避難用のアンカー及びウィンチを船尾に取付けている。

## 6. 実証試験

本船には掘削効率を向上させるための新技術導入や緊急避難装置等を設けている。これらの新技術等は一部単独では実績が有るものの本船のように相互に関係し、濁りが発生する海面下

の作業においても陸上と同様な作業が行えるようトータルシステムとして作動する装置は全国でも類を見ないものであり、その機能を確認する目的で野尻川河口付近において実証試験を行った。

### 1) 水中掘削状況監視システム

- ① 本システムによる海底地盤の計測誤差は  $10 \text{ cm}$  程度である。（図-2 参照）

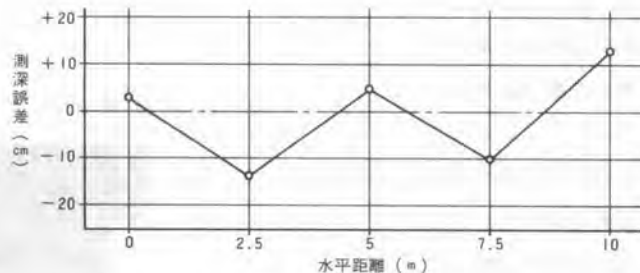


図-2 水深探查精度

② バケットの重合わせ表示誤差は最大で5 cmである。

いずれもバケットの大きさ(2.8 m × 1.6 m × 1.5 m)から実用上問題ない誤差と言える。

## 2) 自動掘削システム

本船では掘削作業において一部を除き自動化してオペレータの疲労軽減等を図っている。その各工程を正確に動作しているか調査した。

### ① 水切り時間

設定値5秒に対し、誤差は±0.3秒と正確である。

### ② 放土旋回角度・戻り旋回角度

放土旋回では設定値に対して-3°(手前)の誤差で、戻り旋回では設定値に対して±4°の誤差である。

### ③ 船体移動量

スパッド先端形状は貫入性、支持力を考慮して片歯形に

している。これにより、掘削中の船体移動量は図-3に示すように移動量は0.3 m以下(掘削力40 t時)と少なく実作業に支障はない。

### ④ サイクルタイム

自動掘削時と手動掘削時のサイクルタイムを比較すると、10秒ほど自動掘削の方が時間がかかるが、操作ミスの防止、オペレータの疲労軽減と共に掘削効率も向上するものと思われる。

## 3) 緊急避難装置

野尻川上流で発生した土石流は3分で河口部に到達すると言われており、土石流発生信号発信後3分以内に退避しなければならない。計画では50 m以上退避することにしており、一連の動作に要する時間を調査した。その結果、166秒と計画より早く退避できるが、これは全装置が起動している状態での調査であり、装置の起動に要する時間は含まれていない。したがって、本船で安全に作業するには、土石流発生の恐れがあるときは作業を避け、また、休憩時間等にも常に各装置を起動させておくなど注意すると共に、日ごろから避難訓練を行っておくことが大切であろう。

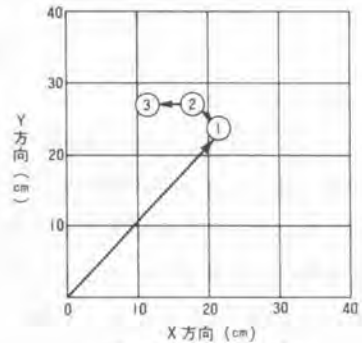


図-3 船体移動量

## 7. おわりに

現地の土質は大石混入の悪条件下にあり、既存の機械では施工が困難で、また、土石流を背景にした危険な作業である。

このため、本土石処理船は、野尻川で頻発する土石流を安全に早く流下させるよう、河口部の掘削を行う機械として計画され、その目的を効率的に達成するために、新しい技術を導入したものである。その計画から成果までを中心に述べてきたように、当初の目的は十分に達成しているものと確信する。しかし、より効率的に作業をするために、今回実現しなかった大石の探査や掘削の全自動化、更には、水中掘削状況監視システムによる掘削土量演算装置の開発に引き続き取り組んで行く予定である。