

水中バックホウ スーパービッグクブ (水陸両用バックホウ) の 開発経緯・施工事例について

NETIS 登録番号 KTK-210012-A



あおみ建設株式会社



目次

1. あおみ建設の会社概要
2. 水中バックホウ⇒水陸両用バックホウ開発の背景と経緯
3. 水陸両用バックホウの主要な機構
4. 水中・水陸両用バックホウの特徴
5. 水中・水陸両用バックホウの施工事例
6. 水中・水陸両用バックホウのICT活用技術等の取組み
7. 水中音響測位技術「そこにイルカ4」
8. 今後の展開



1. あおみ建設の会社概要

創業 大正6年4月 海洋・港湾土木工事が主体

陸上土木



道路造成



道路構造物



航路浚渫

海洋土木



岸壁築造

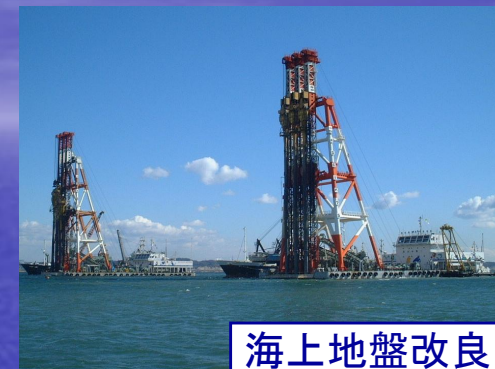


防波堤築造



ケーソン製作

地盤改良



海上地盤改良



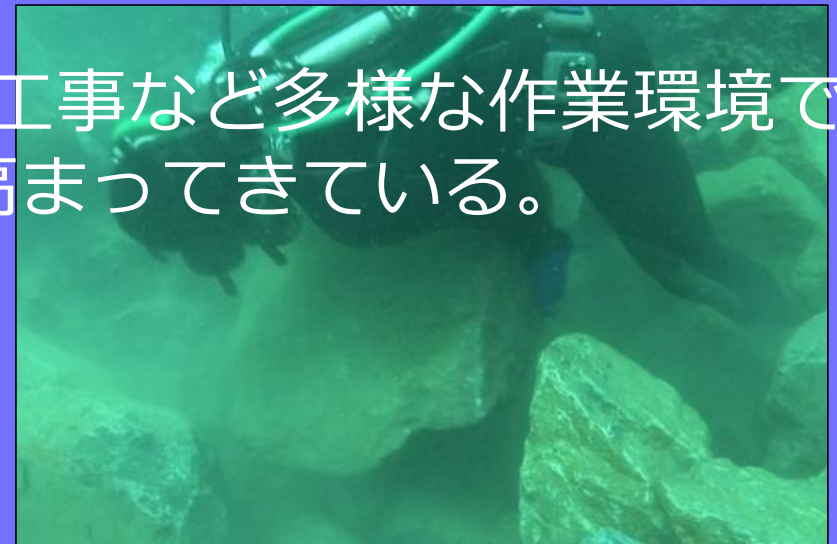
陸上地盤改良



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

2. 水中バックホウ⇒水陸両用バックホウ開発 の背景と経緯

- ・ 建設現場における労働者不足、労働環境の改善を目的とした機械化施工への取り組みが進められている。
- ・ 陸上作業でその進展が顕著であり、一方で港湾工事等の水中作業は、潜水士による人力施工に大きく依存している。
- ・ 潜水士の高齢化や危険性の高さから水中作業自体が敬遠され、潜水士の確保がますます困難になることが予想されている。
- ・ 港湾工事の大規模、大水深化等、作業環境の過酷化の進行も予想されている。
- ・ 河川工事、橋梁下部工事、海浜工事など多様な作業環境での施工機械の稼働要請ニーズも高まってきている。



2. 水中バックホウ⇒水陸両用バックホウ開発 の背景と経緯

基礎マウンドの捨石均し作業



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

2. 水中バックホウ⇒水陸両用バックホウ開発 の背景と経緯

基礎マウンドの捨石均し作業



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

2. 水中バックホウ⇒水陸両用バックホウ開発 の背景と経緯

基礎マウンドの捨石均し作業



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

2. 水中バックホウ⇒水陸両用バックホウ開発 の背景と経緯

・開発コンセプト

熟練潜水士の高齢化と後継者不足、重労働に対応する効率化・省力化などの課題に対応すべく、油圧ショベル（バックホウ）を海中に持ち込んで、陸上と同等の機能・性能を発揮し稼働することができる水中・水陸両用バックホウを実用化する。

・技術開発目標

- ①構造・機能は極力シンプルなものとし、比較的小型・軽量・安価で高能率の作業が期待できること。
- ②通常の出来形管理基準を満足し、施工能力の飛躍的向上が図れること。
- ③安全性の確保と公害防止に十分配慮されていること。



2. 水中バックホウ⇒水陸両用バックホウ開発 の背景と経緯

水中・水陸両用バックホウの変遷

平成6年に0.5m³級エンジン油圧式水中バックホウを開発 → 退役

平成11年に積算基準(赤本)の基礎工の基礎捨石均しにおいて、水中バックホウによる機械均し(0.5m³級)が参考工種として掲載。

0.8m³級電動油圧式水中バックホウの開発
→ 現在主流



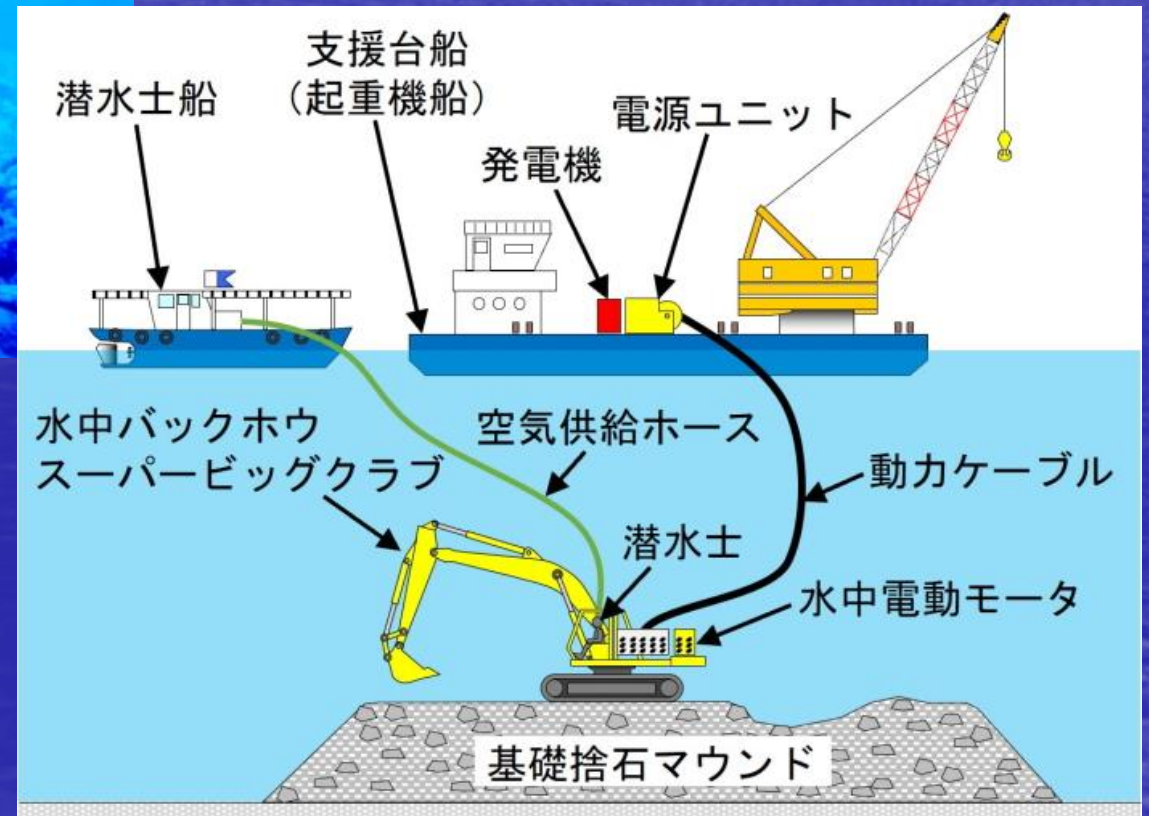
汀線～水深-4mでの作業を対象とした、水陸両用バックホウの建造

・現場条件による水中バックホウ、水陸両用バックホウの使い分けを実現



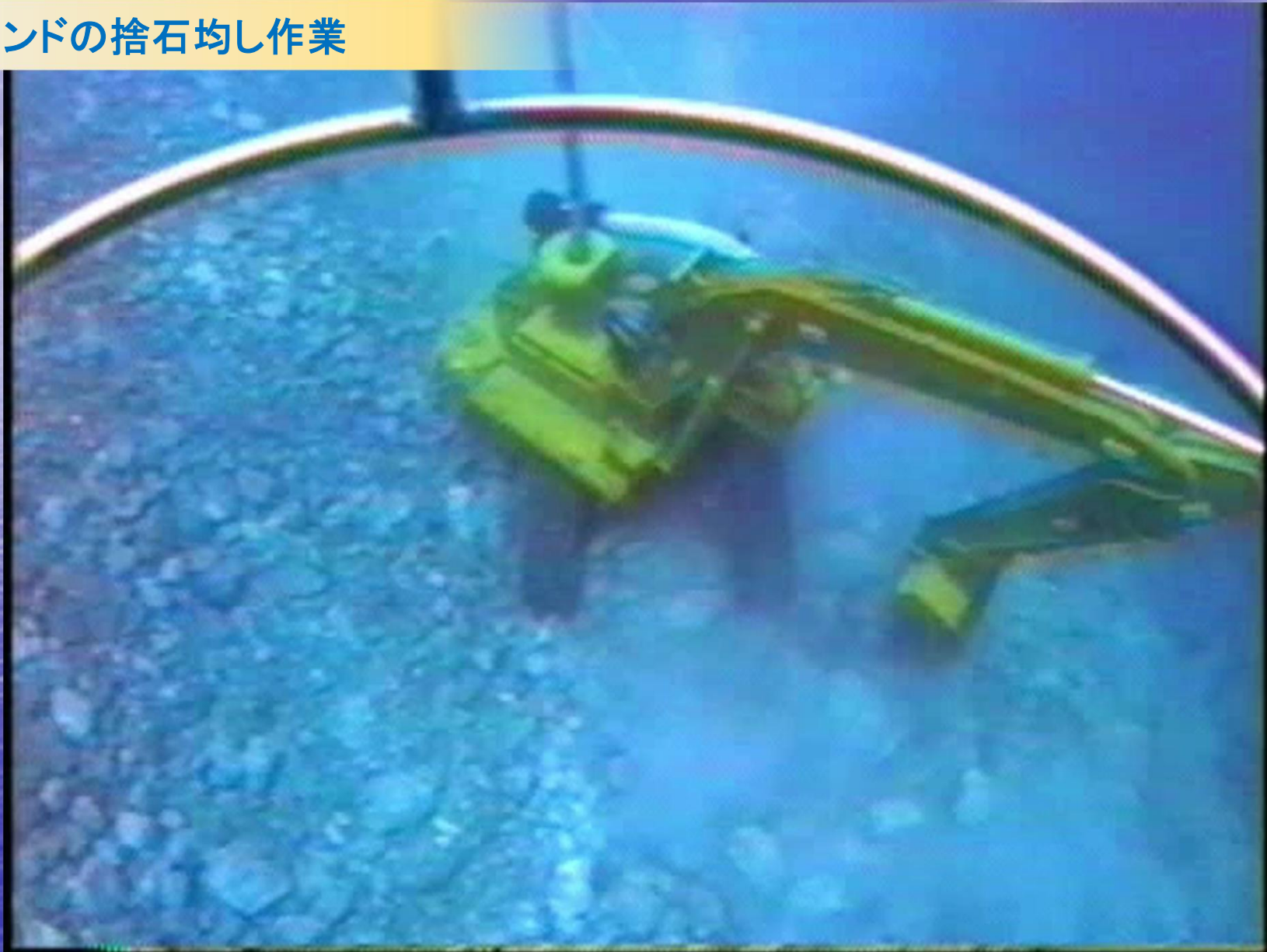
2. 水中バックホウ⇒水陸両用バックホウ開発 の背景と経緯

水中バックホウの概略



2. 水中バックホウ⇒水陸両用バックホウ開発 の背景と経緯

基礎マウンドの捨石均し作業



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

2. 水中バックホウ⇒水陸両用バックホウ開発 の背景と経緯

基礎マウンドの捨石均し作業



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

3. 水陸両用バックホウの主要な機構

動力ユニットを換装

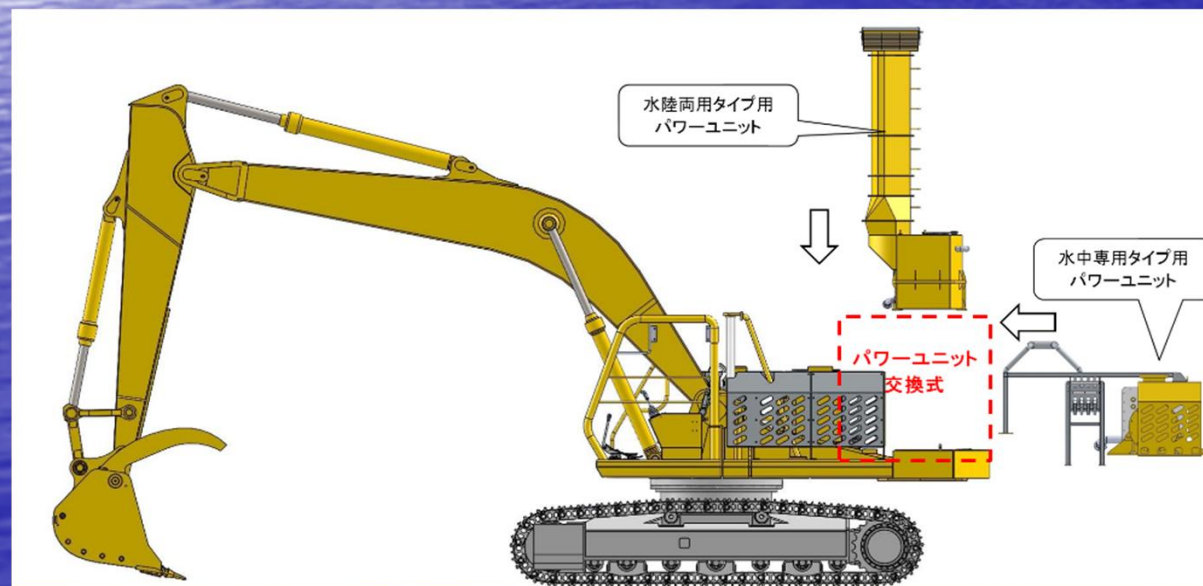


水陸両用バックホウ



強制空冷用ダクト

エンジン内蔵

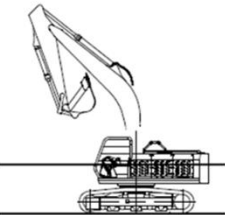


水中バックホウ



3. 水陸両用バックホウの主要な機構

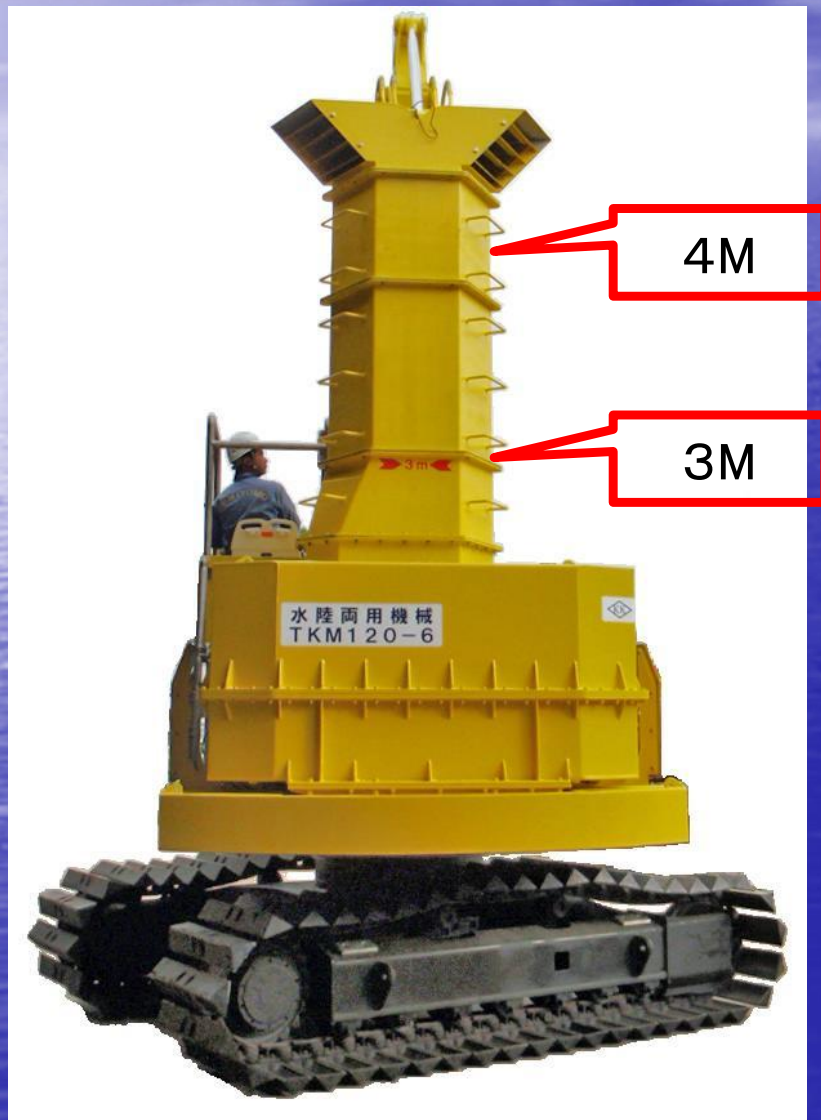
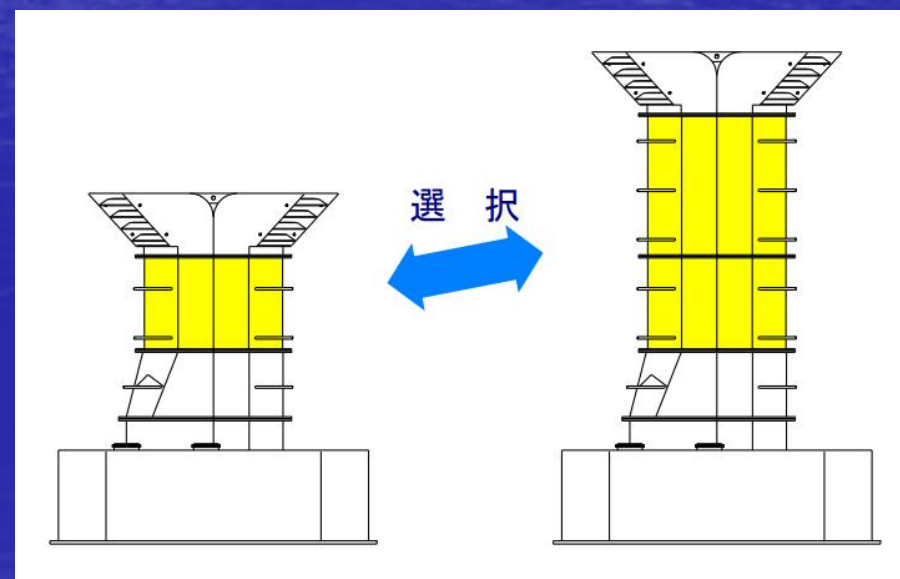
水陸両用仕様、水中仕様の比較

水深別 使用バックホウの選定		
陸上バックホウ (通常型)	水陸両用バックホウ	水中バックホウ
		
適 応 水 深		
陸上～せいぜい0.5m程度 メリットとしては、運搬次第で大型化が見込め、施工能力の向上が期待できる。	陸上～4.0m オペレータが顔を出して掘削するには、水深2.5m以下が望ましい。	～1.8m～50m 気中運転10分以下の制約があります。
作 業 条 件 (中 止 基 準 等)		
特になし 波浪で上部旋回体など、海水がかかるとNG	波高 0.5m以下 潮流 1knot以下 施工水深により一概ではない。	波高 0.5m以下 潮流 1knot以下 水中バックホウは、船上あるいは陸上からケーブルを這わせるので、その点も配慮が必要。



3. 水陸両用バックホウの主要な機構

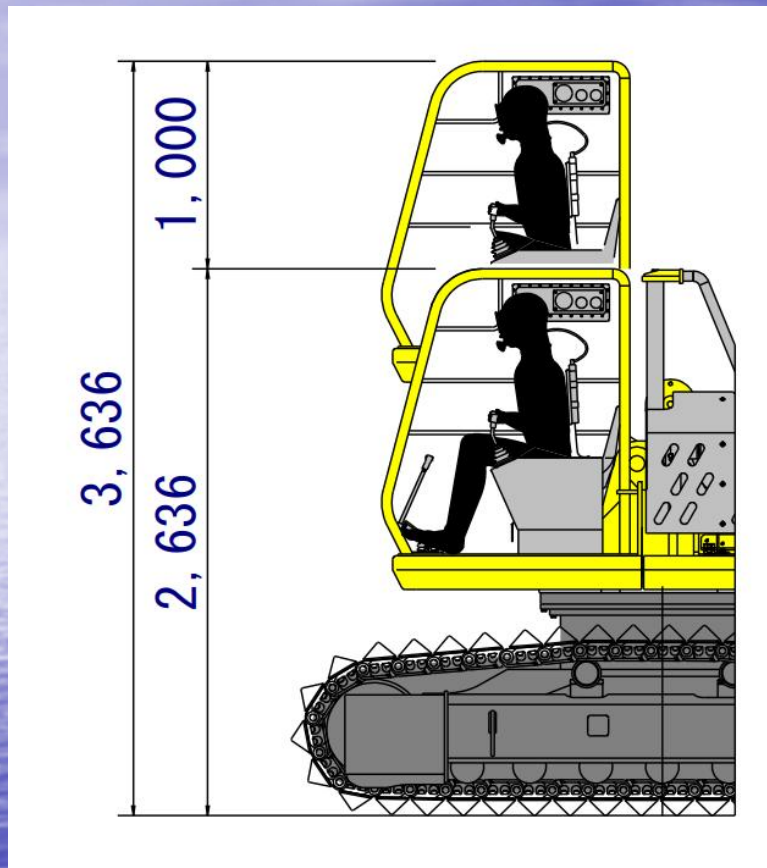
強制空冷用ダクトの組み換えによる施工水深対応



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

3. 水陸両用バックホウの主要な機構

運転席昇降装置付き



防水型操作部



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

3. 水陸両用バックホウの主要な機構

ラジコン使用による遠隔操作機能を装備



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

3. 水陸両用バックホウの主要な機構

河床掘削作業



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

4. 水中・水陸両用バックホウの特徴

1. 陸上機と同等の性能を確保
2. 小回りが利き、きめ細かな作業が可能
3. 作業能力の大幅な向上を実現
4. 水中作業の安全性向上
5. 水中-1.8m～50mまで施工化の対応
6. 陸上～水深-4.0mまでの施工可能
7. 運転席昇降設備により視界不良箇所でも施工可能
8. 多種多様なアタッチメントにより、多目的作業に対応可能



多機能水中施工機械

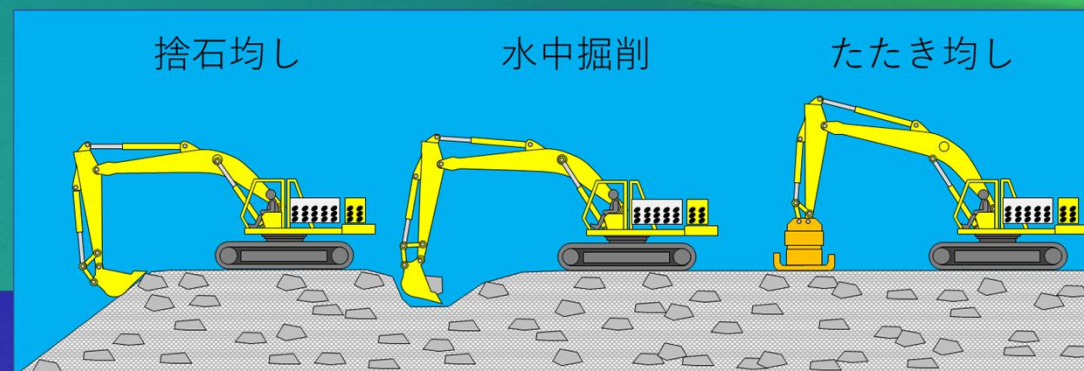
水中バックホウ スーパービッグクラブ



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

4. 水中・水陸両用バックホウの特徴

人力均しに対し、
7 倍程度の能力向上



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

4. 水中・水陸両用バックホウの特徴

その他の用途（各種アタッチメント装着による）

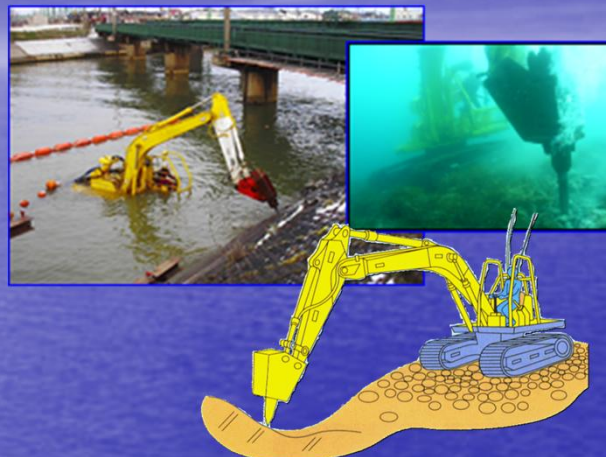
Other uses (by fitting various attachments)



海底岩盤掘削
Seabed excavation



根固めブロック据付・撤去
Installation and removal
of base compaction
blocks



ジェットリフト Jet lift
(海底ケーブル埋設)
(Laying underground
of submarine cable)



海底耕運機
Seabed cultivator



ツインヘッダ Twin header
(固結粘土の掘削)
(Excavating consolidated clay)



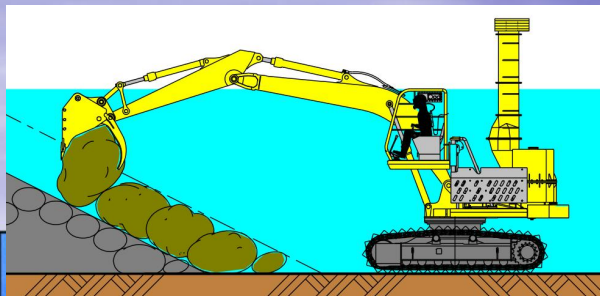
成長したアサリ
Growth of
Japanese littleneck
clam



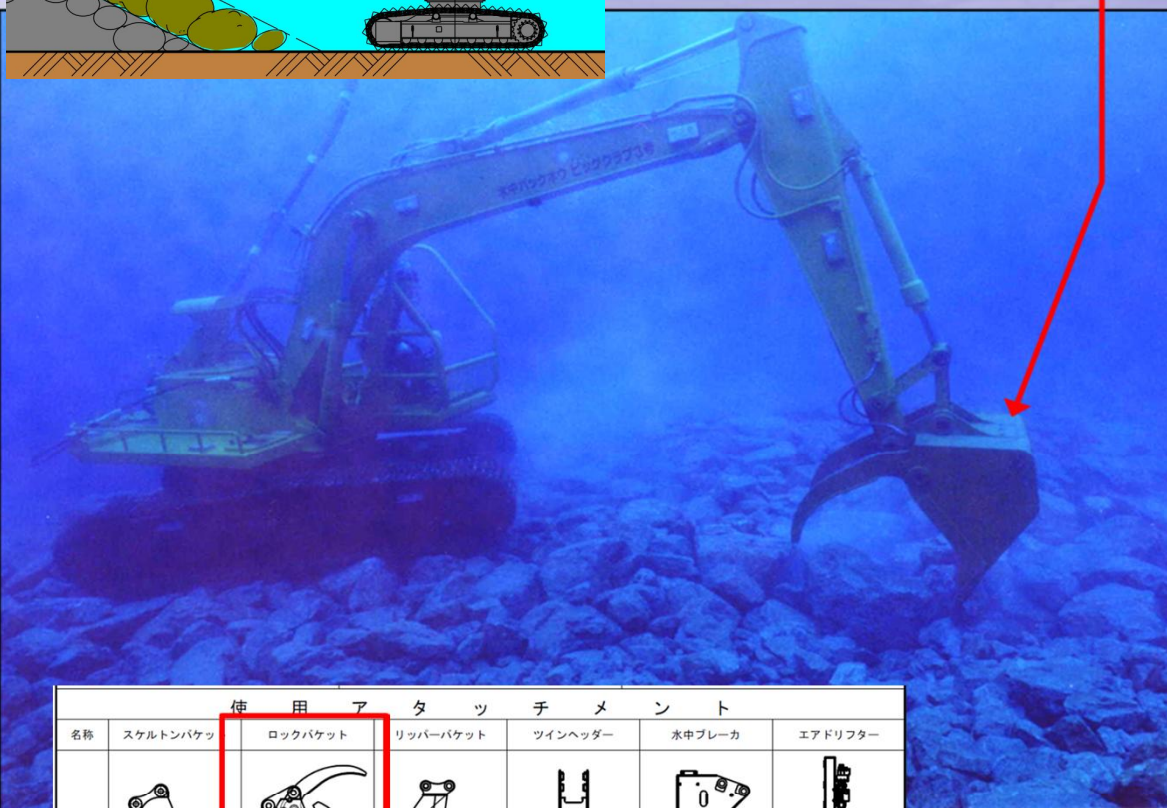
AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

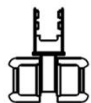
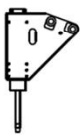
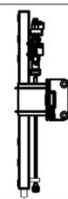
4. 水中・水陸両用バックホウの特徴

＜被覆バケット＞



被覆バケット

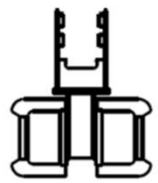
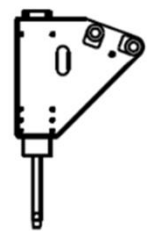


使 用 ア ャ ッ チ メ ン ト						
名称	スケルトンバケット	ロックバケット	リッパバケット	ツインヘッダー	水中ブレイカ	エアドリフター
						
作業	硬質土、岩塊玉石の掘削・均し作業に使用	硬質土、岩塊玉石の掘削・均し作業に使用 特に径の大きな玉石がある際に有効	筋掘り、試掘用	硬岩の切削作業	硬岩の破砕作業	硬岩のさく孔作業
一軸圧縮強度	—	—	$\sigma_c \leq 200\text{kg/cm}^2$	$\sigma_c = 50 \sim 500\text{kg/cm}^2$	$\sigma_c = 300 \sim 700\text{kg/cm}^2$	$\sigma_c \geq 500\text{kg/cm}^2$
特徴	—	—	全ルートの試掘や筋掘り、岩の引き起こしに有効	インパクトブレイカで破砕した後の整形	高強度の岩の露出部の破砕	前述のアタッチメントで破砕出来なかった所をさく孔して、その後油圧静的破砕の機械で破砕する。



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

4. 水中・水陸両用バックホウの特徴

使 用 ア ャ ッ チ メ ン ト						
名称	スケルトンバケット	ロックバケット	リッパバケット	ツインヘッダー	水中ブレーカ	エアドリフター
						
作業	礫混じり粘性土の掘削	礫混じり粘性土の掘削	筋掘り、試掘用	硬岩の切削作業	硬岩の破碎作業	硬岩の
一軸圧縮強度 →			$\sigma_c \leq 200\text{kg/cm}^2$	$\sigma_c = 50 \sim 500\text{kg/cm}^2$	$\sigma_c = 300 \sim 700\text{kg/cm}^2$	$\sigma_c \geq$
特徴	礫質土、岩塊玉石の掘削・均し作業に使用	礫質土、岩塊玉石の掘削・転置使用 特に径の大きな玉石がある際に有効	全ルートの試掘や筋掘り、岩の引きこしに有効	インパクトブレーカで破碎した後の整形	高強度の岩の露出部の破碎	前述のトで破碎 折をさく 後油圧静 で破碎す

<水中ブレーカ>



岩盤破碎状況

水中ブレーカ



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

4. 水中・水陸両用バックホウの特徴

＜掴み機＞



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

4. 水中・水陸両用バックホウの特徴

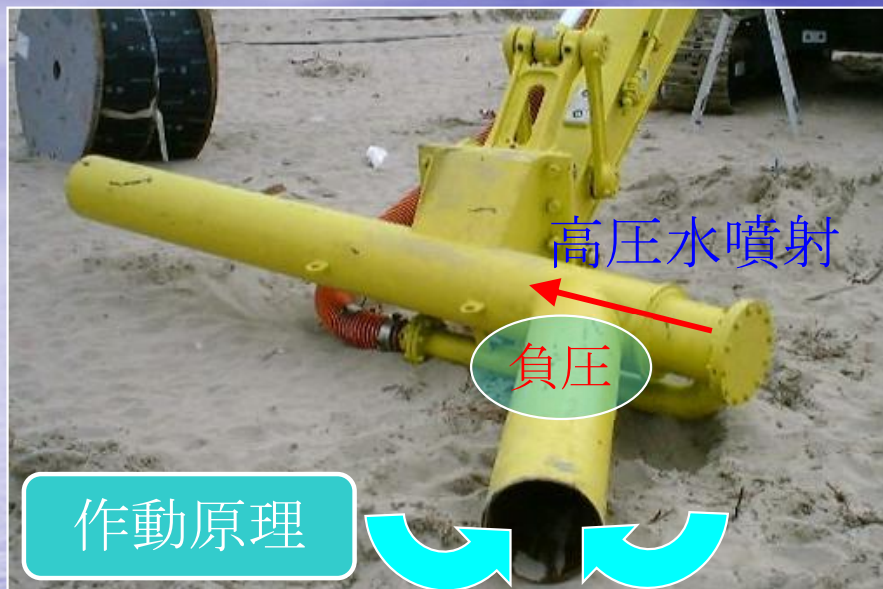
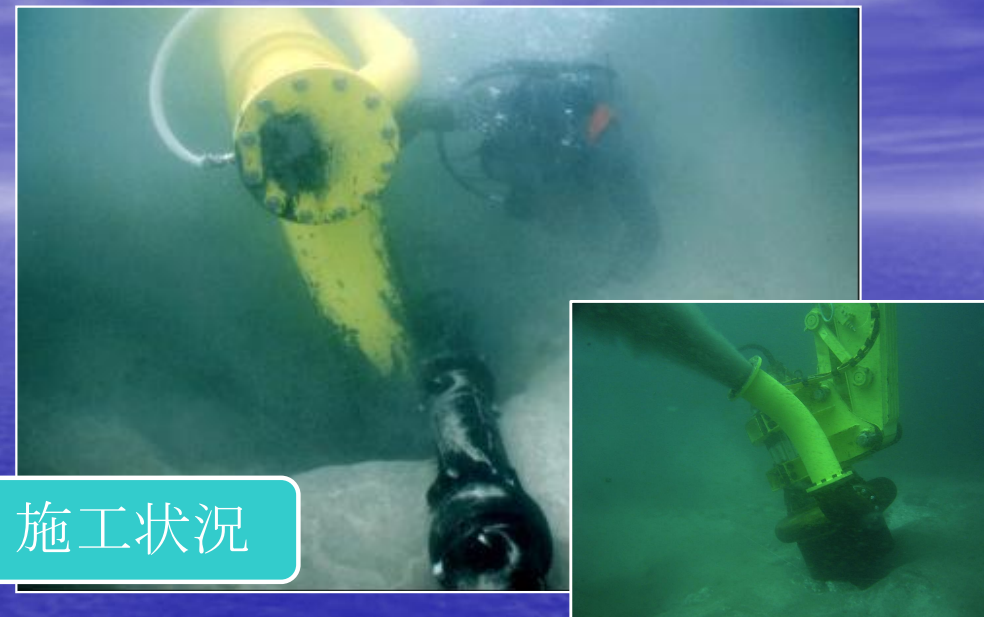
<サンドポンプ>



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

4. 水中・水陸両用バックホウの特徴

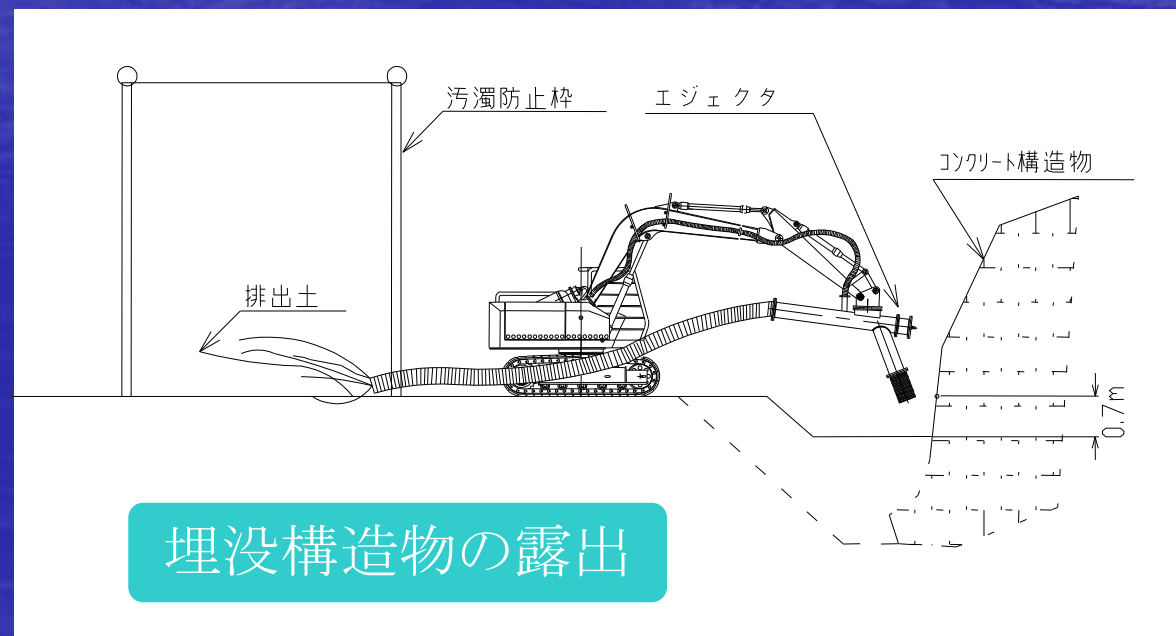
<ジェットリフト、エジェクター>



主な使用例

- ・海底掘削
- ・海底ケーブル、管路の埋設
- ・埋没構造物の露出

※砂質海底地盤に適用される



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

4. 水中・水陸両用バックホウの特徴

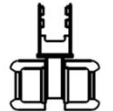
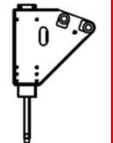
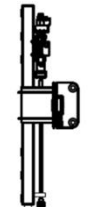
硬質岩盤の
掘削に對す
る施工提案

施工状況写真

<エアドリフター>

岩盤縁切り部



使 用 ア タ ャ ヅ チ メ ン ト						
名称	スケルトンバケット	ロックバケット	リッパバケット	ツインヘッダー	水中ブレーカ	エアドリフター
						
作業	硬凝じり粘性土の掘削	硬凝じり粘性土の掘削	筋掘り、試掘用	硬岩の切削作業	硬岩の破砕作業	硬岩のさく孔作業
一軸圧縮強度	→		$\sigma_c \leq 200\text{kg/cm}^2$	$\sigma_c = 50 \sim 500\text{kg/cm}^2$	$\sigma_c = 300 \sim 700\text{kg/cm}^2$	$\sigma_c \geq 500\text{kg/cm}^2$
特徴	硬質土、岩塊玉石の掘削・均し作業に使用	硬質土、岩塊玉石の掘削・転置使用 特に径の大きな玉石がある際に有効	全ルートの試掘や筋掘り、岩の引き起こしに有効	インパクトブレーカで破砕した後の整形	高強度の岩の露出部の破砕	前述のアタッチメントで破砕出来なかった所をさく孔して、その後油圧静的破砕の機械で破砕する。



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

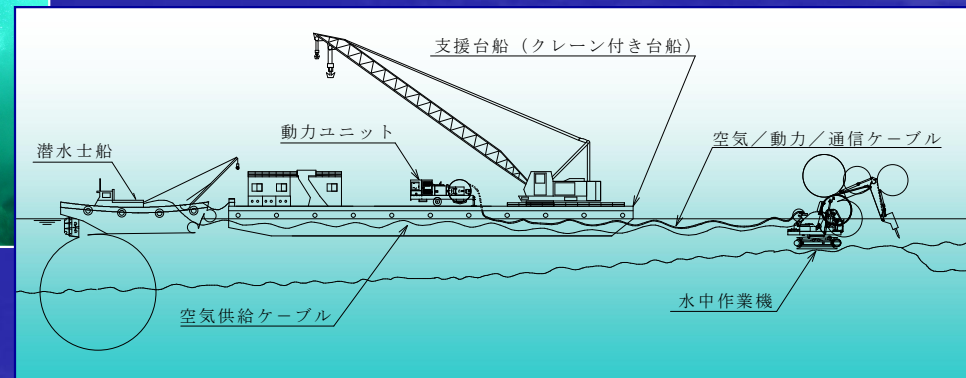
4. 水中・水陸両用バックホウの特徴

＜水中タンパー＞



(1) 海底送水管埋設工事の概要

- 施工水深:1.0m~12.0m



5. 水中・水陸両用バックホウの施工事例

(2) 河道内堆積土砂掘削工事の概要

- ・工事内容：河床掘削工事（土運船による土砂運搬）



河床掘削積込み作業



河川内河床掘削積込み作業



掘削土砂揚土作業



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

5. 水中・水陸両用バックホウの施工事例

(3) 河道内堆積土砂掘削工事の概要

- ・工事内容：河床掘削工事（水陸両用キャリアダンプによる土砂運搬）



5. 水中・水陸両用バックホウの施工事例

(4) 河道内堆積土砂掘削工事の概要(周辺住宅地での施工例)



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

5. 水中・水陸両用バックホウの施工事例

(5) 橋梁下の河床掘削工事の概要



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

5. 水中・水陸両用バックホウの施工事例

(6) 消波ブロック撤去の概要



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

5. 水中・水陸両用バックホウの施工事例

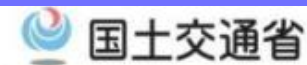
(7) ボックスカルバート基礎水中転圧の概要



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

6. 水中・水陸両用バックホウのICT活用技術等の取組み

【ICT基礎工】検討概要

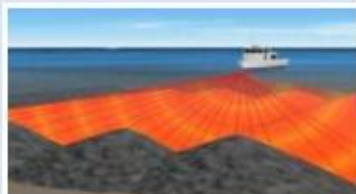


■ 各種要領案の作成

① 3次元起工測量

- ・ 施工前に「マルチビーム」を用いた水深測量(3次元起工測量)を行う。

【3次元測量】



3次元測量により詳細な海底地形を把握

※ 効率的なノイズ処理手法

③ ICTを活用した施工

- ・ ICTを活用して、水中施工箇所をリアルタイムで可視化し、施工を行う。

【施工箇所の可視化】



リアルタイムでの施工位置や出来形の可視化により施工管理を効率化

※ 水中施工の遠隔化・無人化

○ 現時点(令和3年10月時点)にて実施要領を策定済

※ 現在、検討中の主な取組

⑤ 3次元データを活用した検査

- ・ 3次元測量データから帳票等を作成し、工事完成図書として納品する。
- ・ 3次元データを活用した電子検査を行う。

【帳票の自動作成】



帳票自動作成により書類作成を効率化
実測作業省略による検査効率化

【3次元電子検査】



免注者

※ 要領の検討

測量

設計・
施工計画

施工・出来形計測

検査

維持管理

② 3次元データによる施工量算出

- ・ 3次元起工測量結果と、設計図書より作成した3次元設計データを用いて、施工量を算出する。

【3次元数量算出】

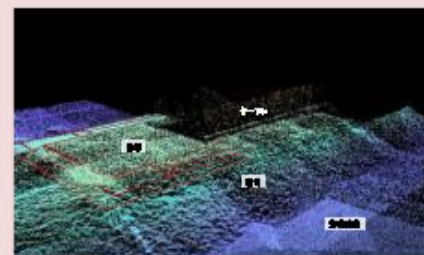


3次元起工測量結果と3次元設計データから正確な施工量(捨石投入量)を算出

④ 3次元出来形測量

- ・ 「マルチビーム」を用いた水深測量(出来形測量)や、機械均し機の施工履歴を活用した、出来形管理を行う。

【3次元出来形測量】



3次元測量による出来形計測により、詳細な捨石均し後の海底地形を把握、施工管理を効率化

※ 要領の検討
※ 効率的なノイズ処理手法

⑥ 点検等への活用

- ・ 完成時の3次元データをもとに被災後の復旧や、経年変化等の確認に活用。



AOMI CONSTRUCTION CO., LTD.

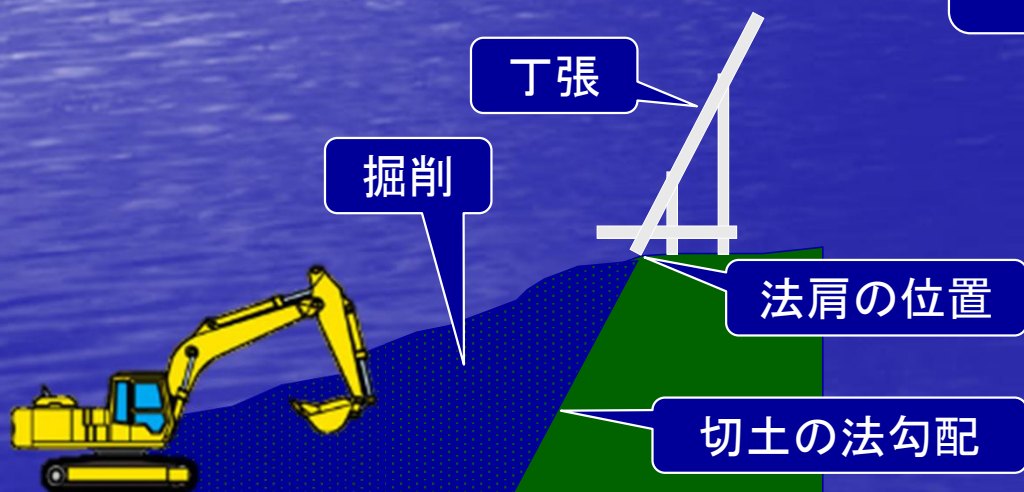
6. 水中・水陸両用バックホウのICT活用技術等の取組み

バックホウガイダンスシステム(陸上施工用)の例

従来の切土作業(丁張で指示)



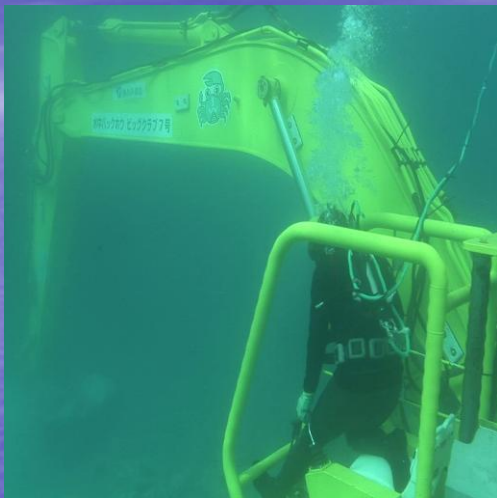
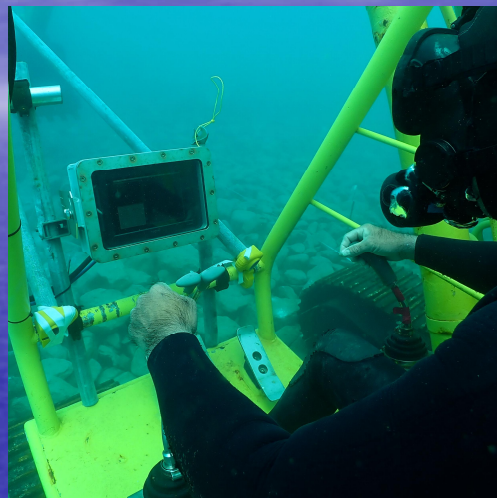
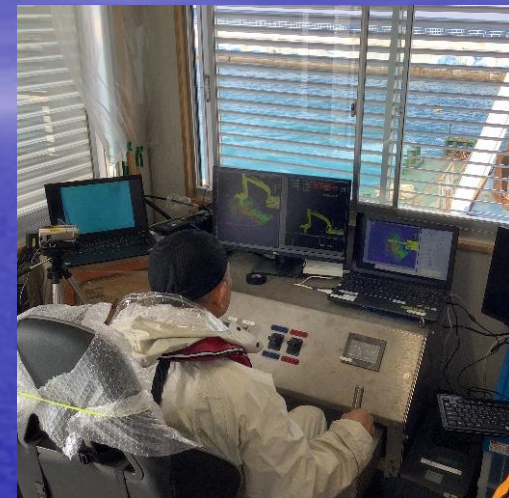
ICT盛土(丁張不要)



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

6.水中・水陸両用バックホウのICT活用技術等の取組み

水中バックホウによるICT施工



潜水士が直接搭乗

- ・濁っていると目視できない
- ・高圧則による作業時間の制限

遠隔操縦に向けた課題解決

- ・ロボット制御技術
- ・海底形状の可視化
- ・現在位置、方位の測位



6.水中・水陸両用バックホウのICT活用技術等の取組み

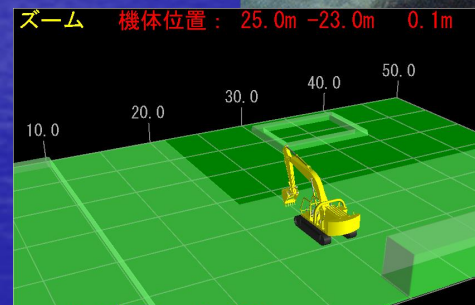
水中版マシンガイダンス



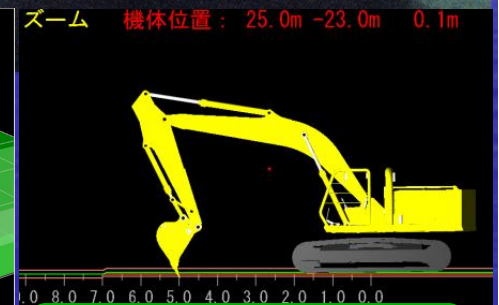
水糸（目標高）を別の潜水士が目視確認



運転席に水中モニタ設置



マウンドのグラフィカル表示



施工高さの数値化

遠くに丁張りがあっても、高さが判断しにくい。建機オペレータが見える距離（作業範囲）に丁張りを張り直す作業が常に必要

水中作業情報呈示システム（マシンガイダンス）を用いることで、バケット刃先と基準高さの差分や、天端法肩（作業範囲）がわかり、丁張り作業の時間短縮が期待できる。

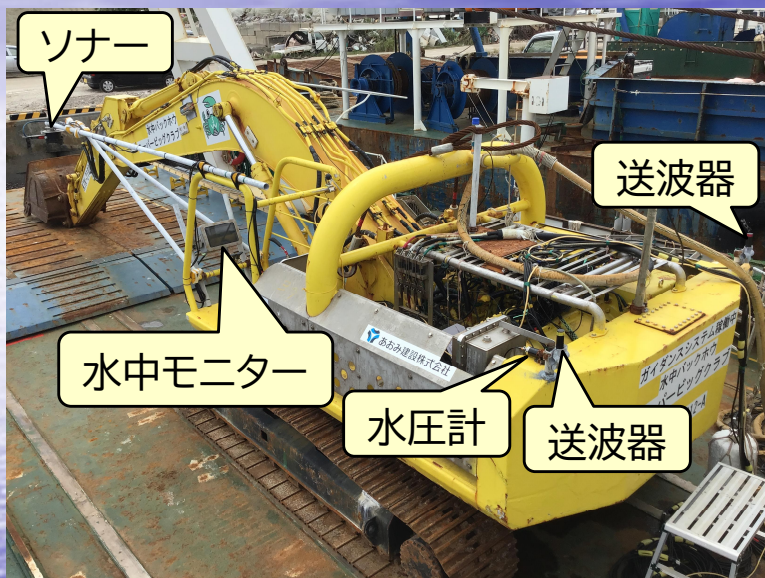


AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

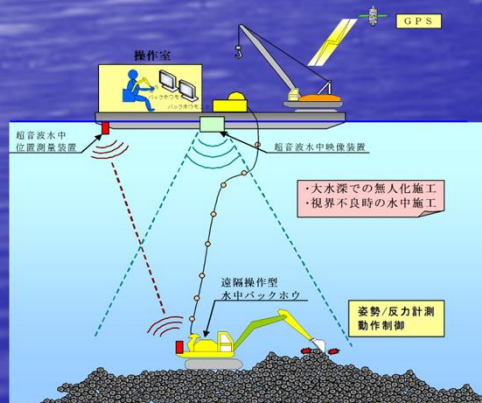
6.水中・水陸両用バックホウのICT活用技術等の取組み

水中バックホウのICT基礎工

20.00s



多種のセンサーを取り付け、
水中バックホウの状態をモニタリング

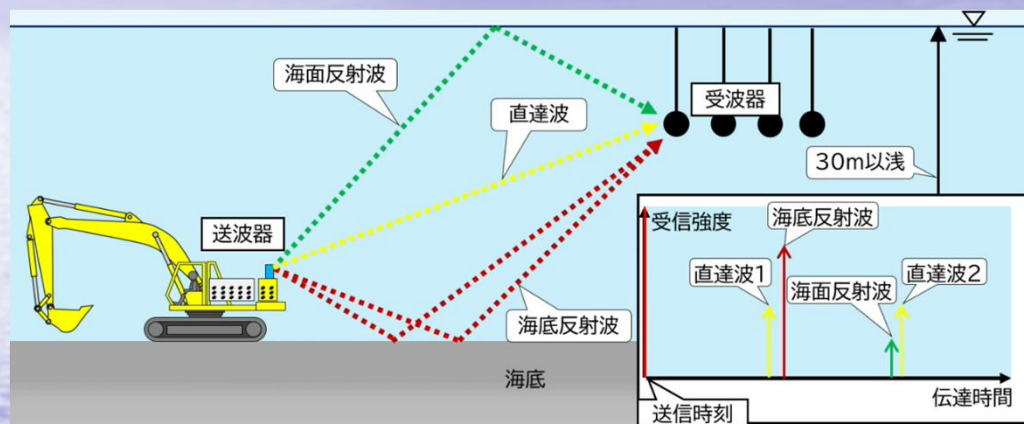
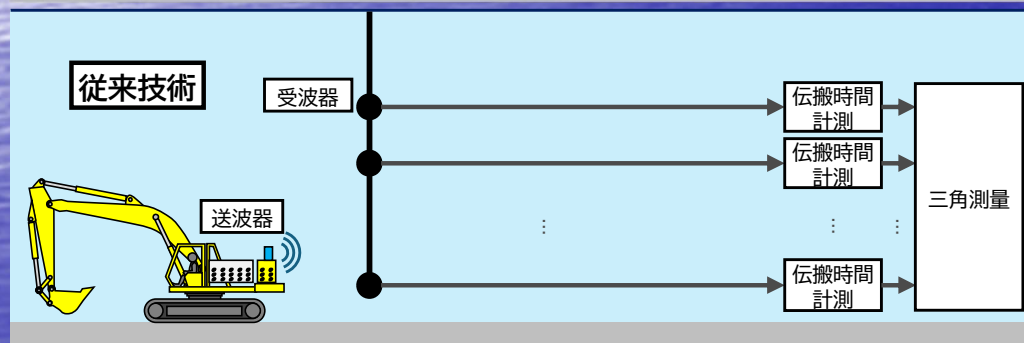
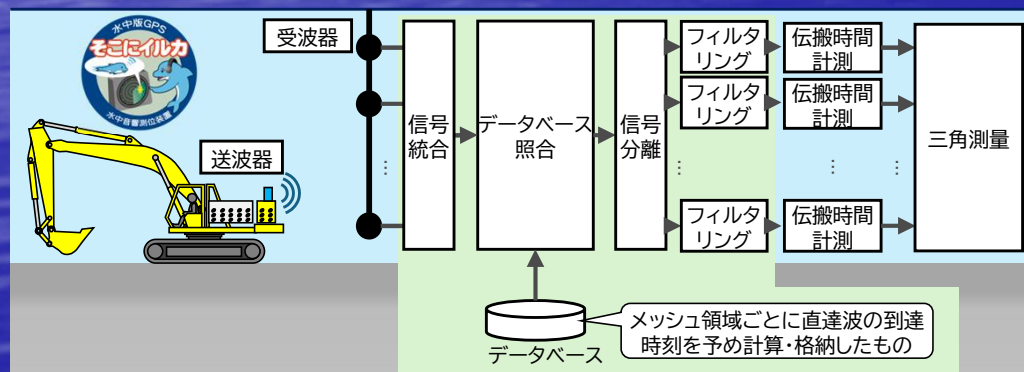


AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

7. 水中音響測位技術「そこにイルカ」

装置の仕組み

耐マルチパス水中音響測位装置「そこにイルカ」は、従来の水中音響測位装置では測位が難しかった浅海域かつ付近に構造物がある環境下で、安定して高精度に測位できる測位装置である。



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

7. 水中音響測位技術「そこにイルカ」

NEDO Challenge for BLUE ECONOMY

NEDO Challenge

for BLUE ECONOMY

NEDO懸賞金活用型プログラム／

広範囲な浅海における短時間計測・観測システムの開発

2025年度～2027年度

ブルーカーボン産業の発展に寄与する革新的技術、および船体付着生物の把握・清掃につながる技術の創出を目的に、懸賞金型コンペティションを実施

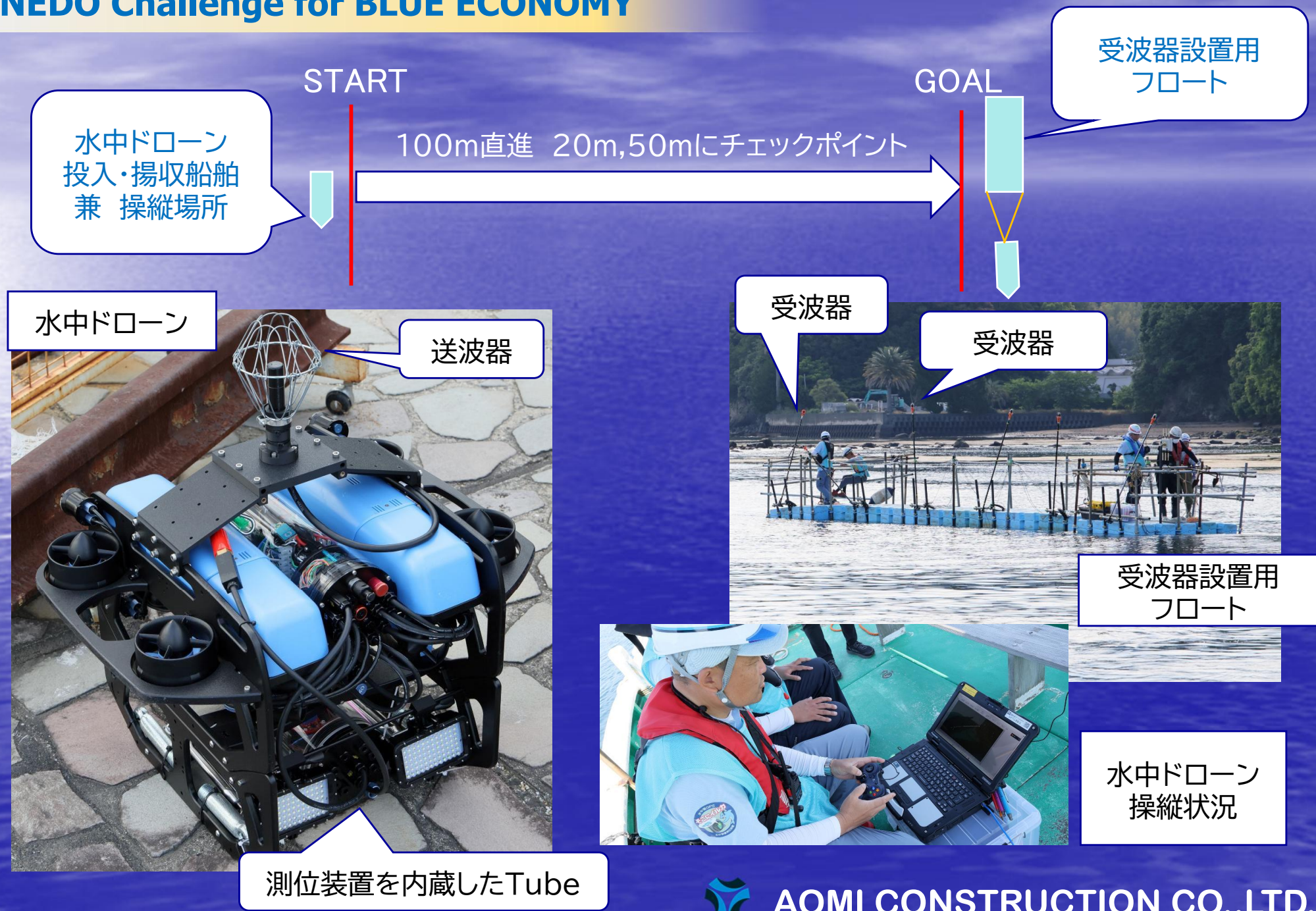
	テーマ1 大型藻類の生育状況の把握・計測 CO ₂ 固定能力の高い大型藻類の養殖や利活用に向け、広範囲かつ高精度で生育状況をモニタリングする技術を募集します。	テーマ2 船底付着生物の把握 船舶を介した生物の越境移動防止や、船底点検・清掃の自動化に向け、船底状態のマッピング・付着生物の把握技術を募集します。
部門1	水中ロボットの外乱制御（共通） 潮流や乱流などの外乱下で、AUV・ROV等の水中ロボットが安定航行し、広範囲を迅速に計測できる制御技術を競います。	
部門2	水中における自己位置把握（共通） GPSが使えない水中で、ロボットが正確に自己位置を推定する技術を競います。	
部門3	藻類の計測・解析技術 大型藻類の体積・湿重量を推定するための3次元計測・解析技術を競います。	
部門4	自由技術部門 既存技術にとらわれない、大型藻類モニタリングの革新的ソリューションを募集します。	
部門5		船底マッピング・船底状態の把握 船底の形状をマッピングし、バイオフィルムや付着生物の状態を迅速、正確に判定する技術を競います



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

7. 水中音響測位技術「そこにイルカ」

NEDO Challenge for BLUE ECONOMY

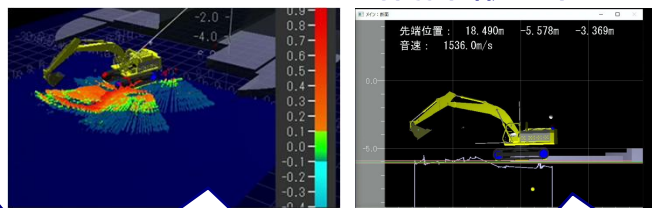


AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

8. 今後の展開

水中・水陸両用バックホウの将来像

遠隔操縦室内



ソナーで計測した
現在の地形を表示

マシンガイダンス
システム画面

操縦席

データ送信

信号増幅

防波堤本体

遠隔操縦室

水中バックホウ
支援船

超音波信号

受波器

ソナーで
施工前後の地形を計測

水中バックホウ

送波器

潜水時間に左右されず、水中バックホウの能力を最大限に発揮するため、船の上から遠隔で操縦する技術を開発し、水中作業の無人化を目指します。



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

8. 今後の展開

船上からの遠隔操縦実験

▶▶8倍速

10.00s



水中作業の無人化施工技術の開発を進め、
生産性の更なる向上に
取り組んでいきます。



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

8. 今後の展開



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.

8. 今後の展開

06.00s

潜水士が操縦(現状)

今後も水中作業の
安全性向上、施工効率化を進め、
社会に貢献していきたい
と考えています。



AOMI CONSTRUCTION CO.,LTD.



あおみ建設株式会社

海・空・地球の3つの「あお」を守り、育てて、輝ける未来へ

ご清聴ありがとうございました。