

令和5年度  
海の次世代モビリティの利活用に関する実証事業

# ROVによる水中構造物や船底の清掃手法の実証

代表者：株式会社ディープ・リッジ・テク  
共同提案者：九州工業大学、ベルテクネ株式会社



株式会社ディープ・リッジ・テク  
代表取締役 浦 環



(株)ディープ・リッジ・テク  
Deep-ocean Ridge Technology Co., Ltd.

国立大学法人  
九州工業大学

belltechne  
ベルテクネ株式会社

# 海生生物の船底への付着

船速低下 → 燃費の悪化 → 二酸化炭素の大量排出

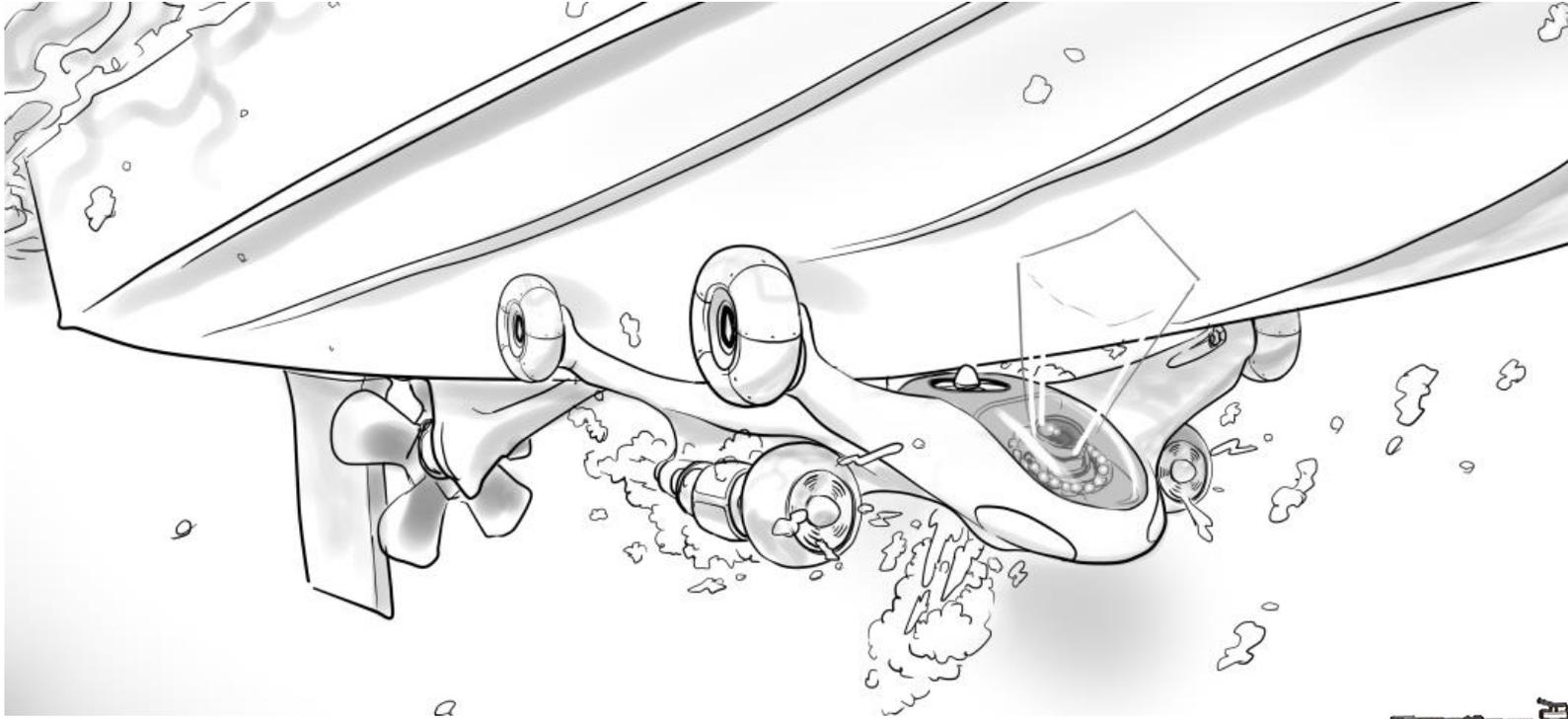
生物の越境移動 → 海洋生態系の攪乱

入渠が必要 → 防汚塗料の塗装

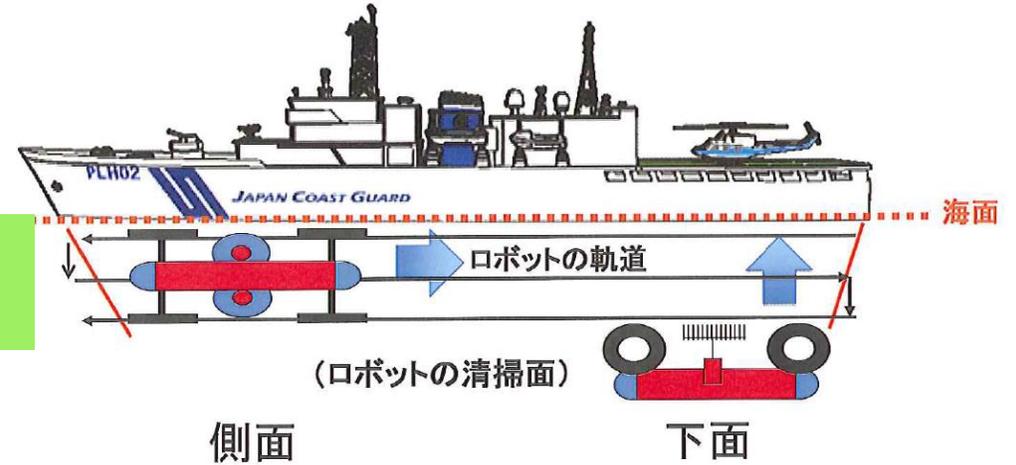
**清掃ROVを使ってAfloatのままですべて清掃**

ダイバーレス作業

入渠頻度や時間の軽減



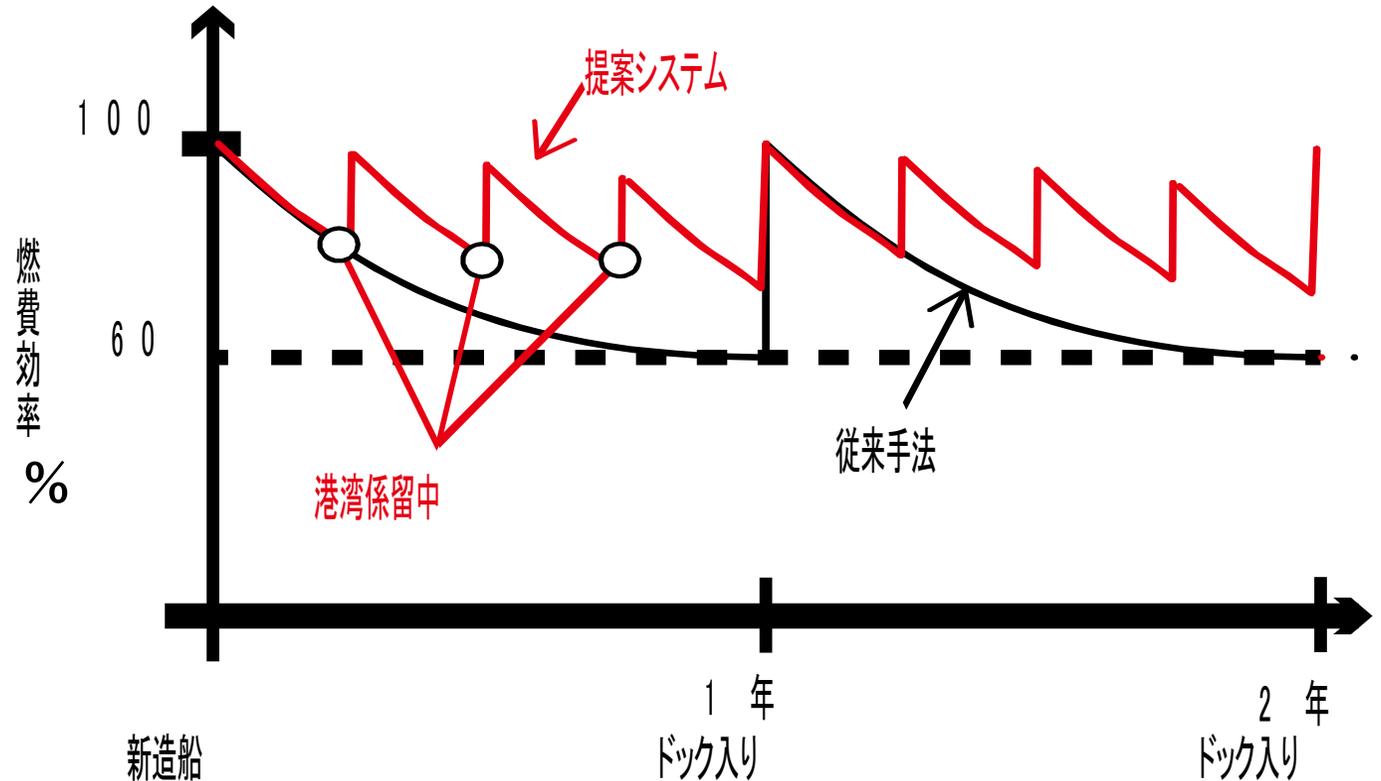
**清掃ROVを使ってAfloatのまままで清掃**



入渠時の清掃だけでなく、  
荷役などで港湾に係留中に

清掃ROVを使ってAfloatのまままで清掃

流体抵抗が軽減し、  
燃費、  
運航経費が改善する。





入渠時のブラシによる清掃

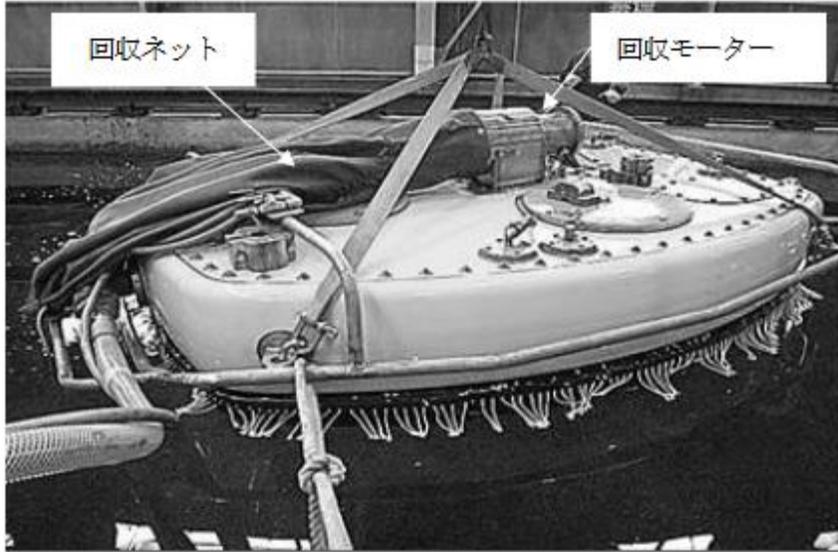


ROVによるAfloatでの清掃

# 過去の提案の例

## 電気駆動型船底清掃装置（アクアシェーバー）

田窪浩（郵船ナブテック(株)）：  
「大型船舶の水中船底清掃技術と現状」、  
日本マリンエンジニアリング学会、48-3 (2013)



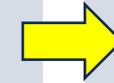
(a) 操作パネル側写真



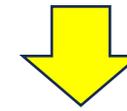
(b) 回転ブラシ側写真

図2 新型アクアシェーパー

大小様々な船型  
複雑な船首尾形状



多様な清掃装置



ROV化



確実な作業



正確な航路制御

本体：FRP 構造（黄色）  
電力：AC 200V  
長さ：2,300mm  
幅：1,800mm  
高さ：400mm  
乾燥重量 750kg  
前モーター：3.7KW 1,800rpm/分  
後モーター：同上  
駆動輪モーター：0.75KW 60rpm/分  
回収モーター：0.4KW 1,800rpm/分  
最高速 5km/毎時，電源ケーブル 200m

# ROVによる水中構造物や船底の清掃手法の実証

正確な航路制御ができなければROVによる清掃は現実的でない



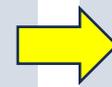
清掃ROV



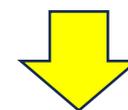
片道LBL装置



大小様々な船型  
複雑な船首尾形状



多様な清掃装置



ROV化



確実な作業

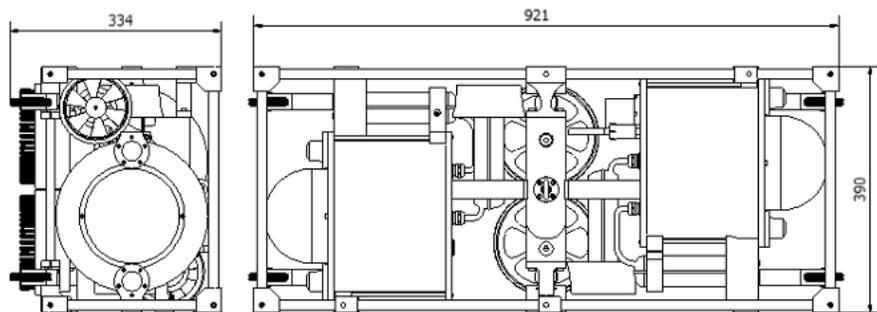


正確な航路制御



## 小型で清掃に特化したROV

|               |  |  |
|---------------|--|--|
| Thrusters     | 4  | Forward: 3.5kgf<br>Backward: 3.3 kgf<br>Voltage: 28V<br>Current: 4.5 A |
| Brush         | 2  | Diameter: 153mm<br>Motor: 150 W  |
| Wheel         | 4  | Diameter: 66mm   |
| Light         | 4  | Outside of Cylinder  |
| Cameras       | 2  | Front: Canon (VB-C300)<br>Rear: Canon (VB-C300)                        |
| Size(mm)      | L: 921, W: 334, H: 390                   |  |
| Weight(kg)    | 29.17 (Clean Water)<br>29.90 (Sea Water) |  |
| Basic Sensors | Heading, Depth, Current, Gyro, Touch     |  |
| Communication | PLC Starter Kit                          |  |
| Main Supply   | 240V AC                                  |  |
| Robot Supply  | 28V DC                                   |  |

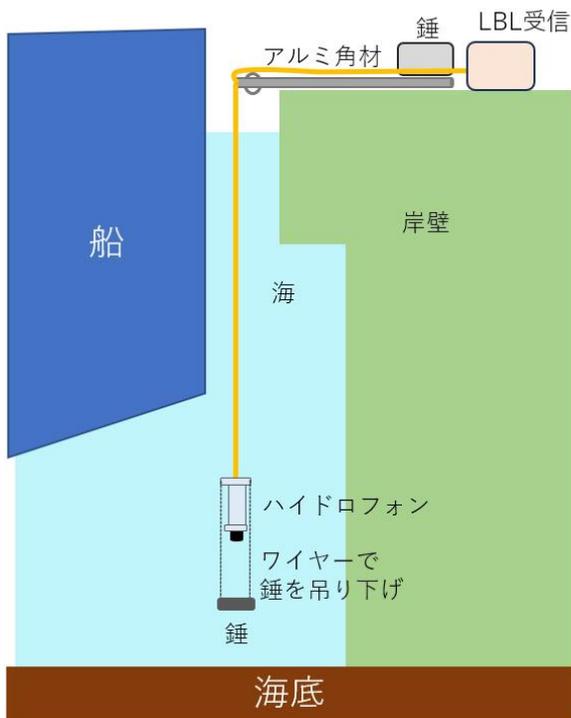


RoboPlusひびきの 清掃ROV

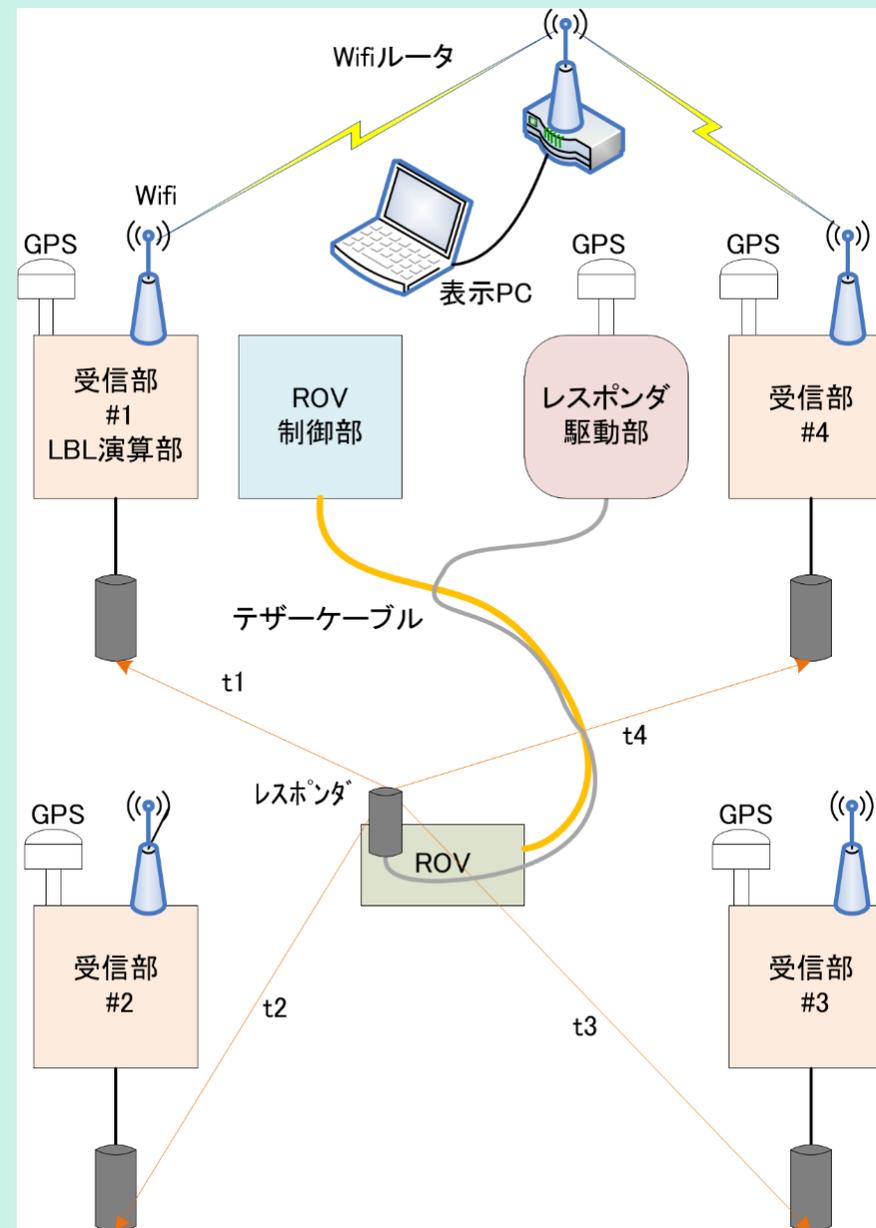
# ROVの三次元位置を計測表示する

## SGK 片道LBL音響装置

### 岸壁から吊り下げられるハイドロフォン



ROV位置表示装置とROV操縦装置



マルチパスによる誤表示を排除

# 新来島サノヤス造船水島製造所



## ・ バージ

|     |        |
|-----|--------|
| 全長  | 70 m   |
| 型幅  | 26.0 m |
| 型深さ | 6.0 m  |
| 喫水  | 約1m    |

## ・ ばら積み船

|      |             |
|------|-------------|
| DWT  | 約82,000 ton |
| 全長   | 約229 m      |
| 型幅   | 約32.23m     |
| 型深さ  | 約20.2m      |
| 総トン数 | 約43,500ton  |

# バージの場合

2024年1月22日、23日

底面は平ら、フジツボを含む生物が多く付着





投入準備中のROV

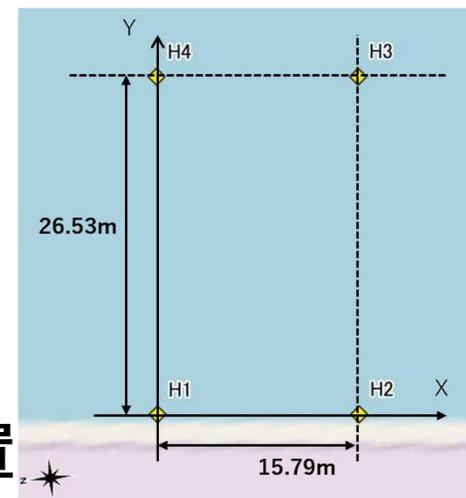
Connected

|   |  |
|---|--|
| LBL測位                                   |  |
| Target                                  | LBL 6                                    |
| 状態                                      | OK                                       |
| 相対方位                                    | 87.2°                                    |
| 水平距離                                    | 32.70m                                   |
| 深度                                      | 1.20m                                    |
| 直線距離                                    | 32.73m                                   |
| 緯度                                      | 34°28.1534N                              |
| 経度                                      | 133°45.5716E                             |
| プロット                                    |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> LBL | <input checked="" type="checkbox"/> SSBL |

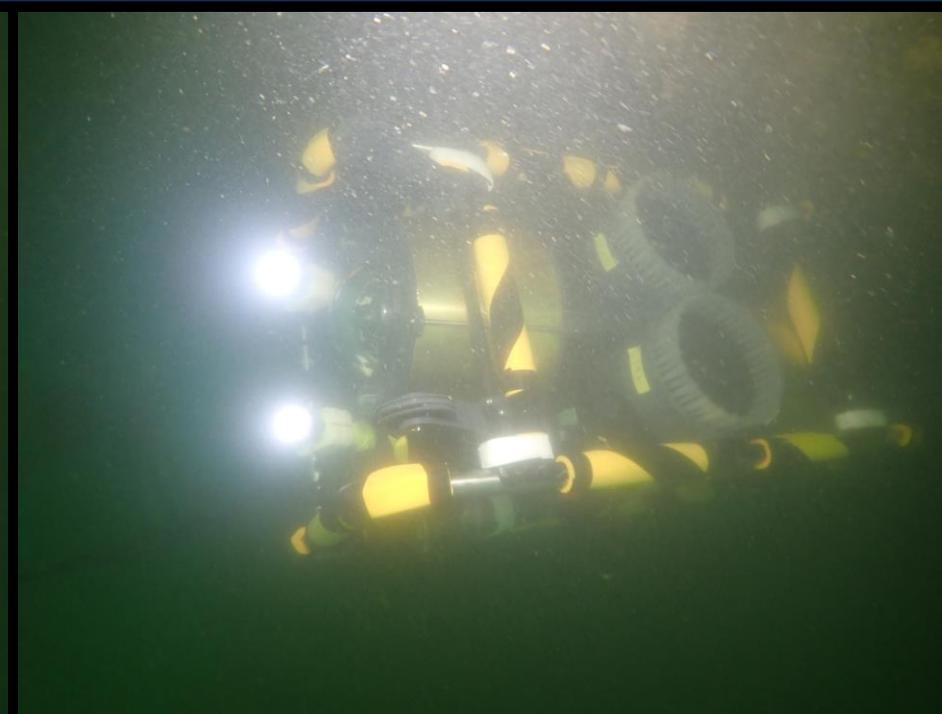


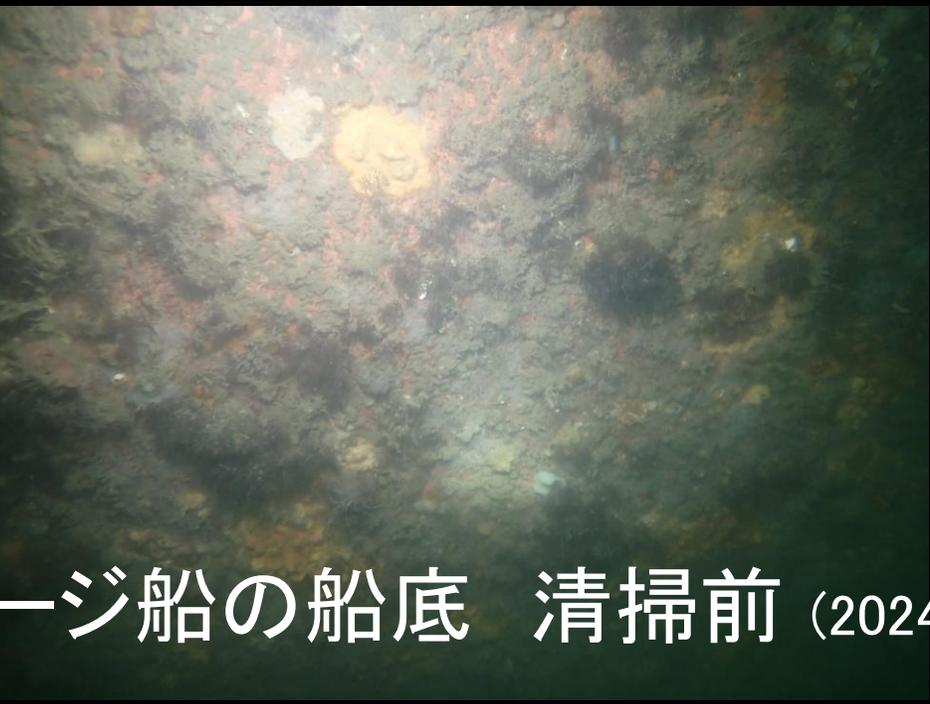
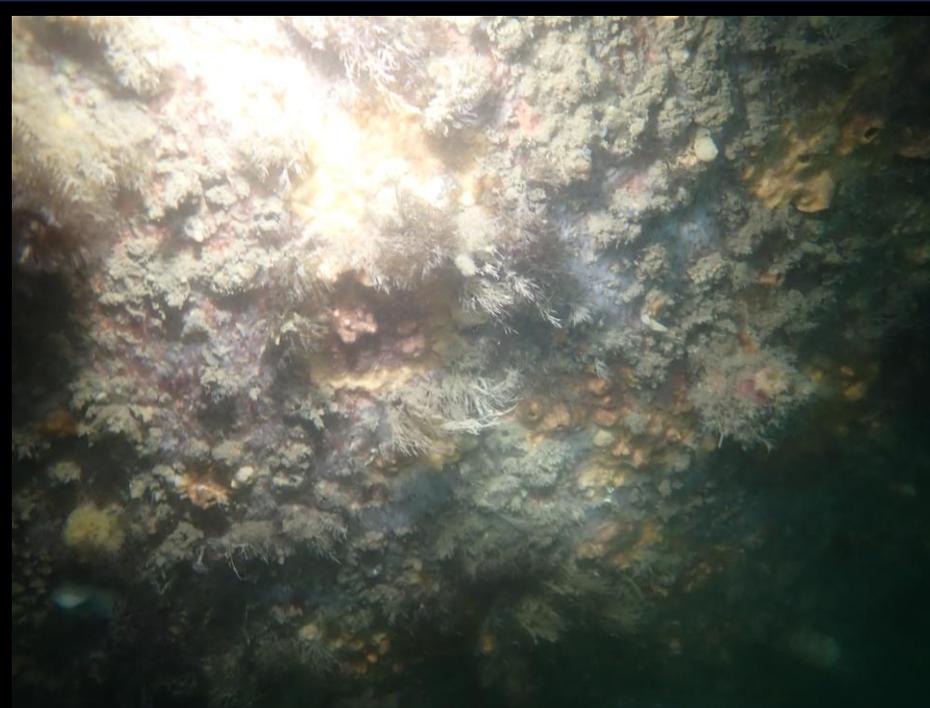
バージ幅

ハイドロフォン設置位置

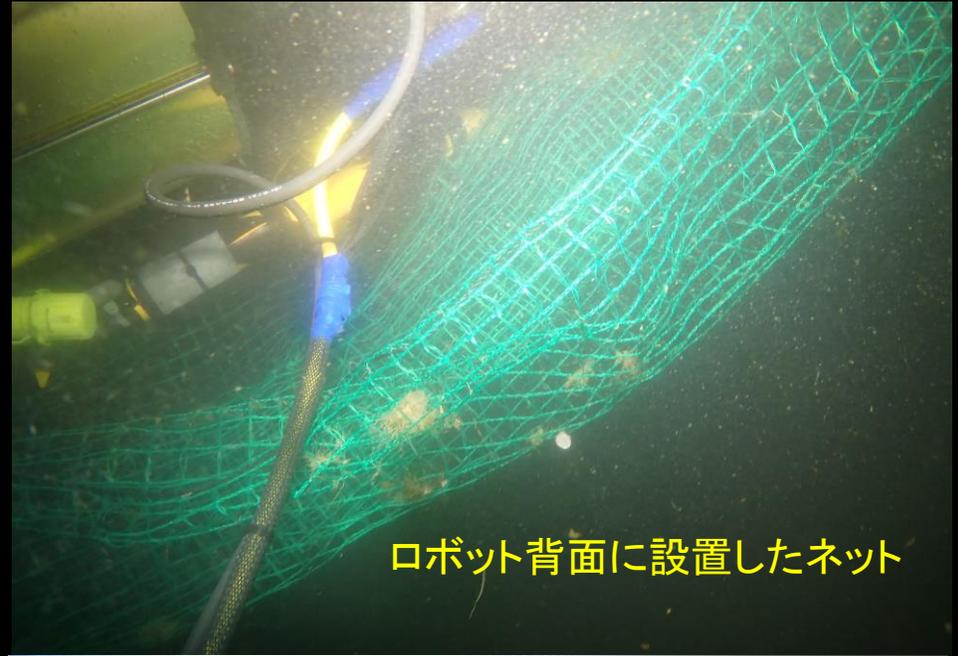


# バージの船底を行く清掃ロボット



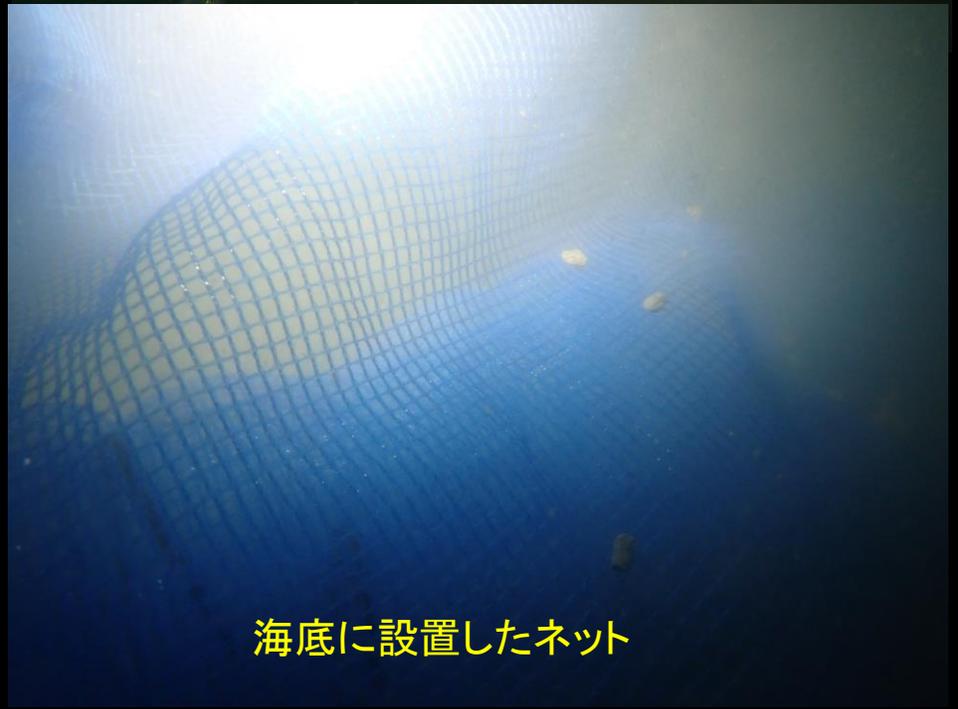


バージ船の船底 清掃前 (2024/1/25, ダイバー撮影)



ロボット背面に設置したネット

## 付着生物の回収



海底に設置したネット

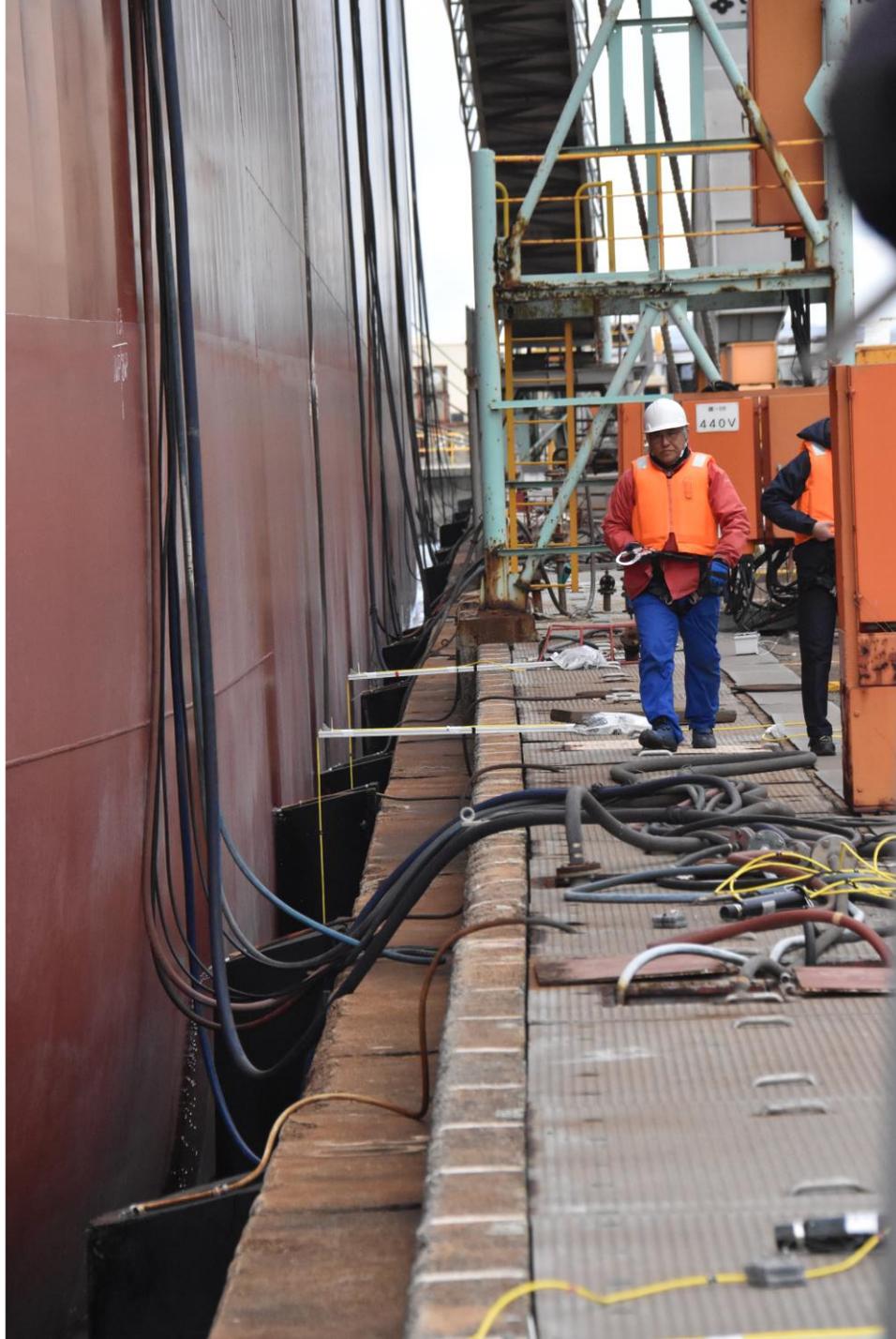


後カメラ

バージ底部の清掃動画



前カメラ



# ばら積み船の場合

2024年1月24日～26日

新造船

2週間前に進水

柔らかい生物が付着

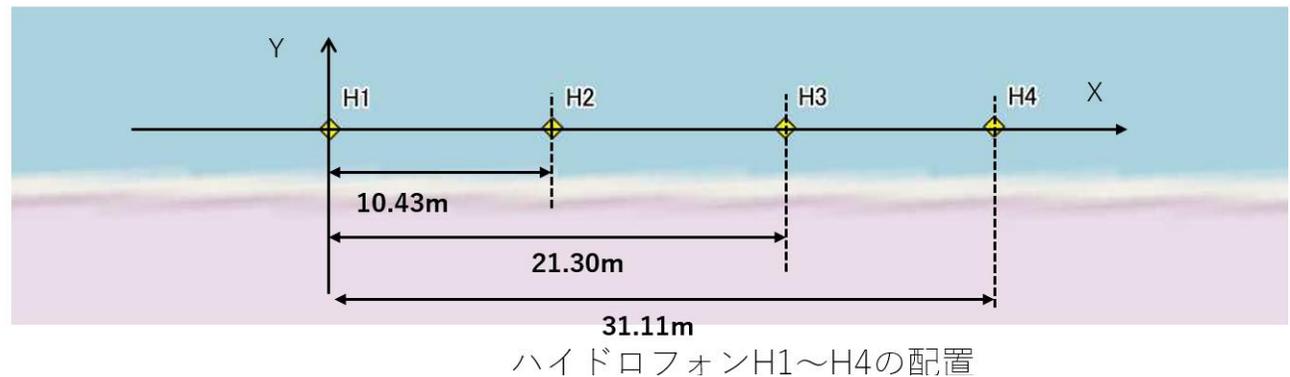
船首部を清掃

喫水約2m



# 深度を変えての清掃 その1

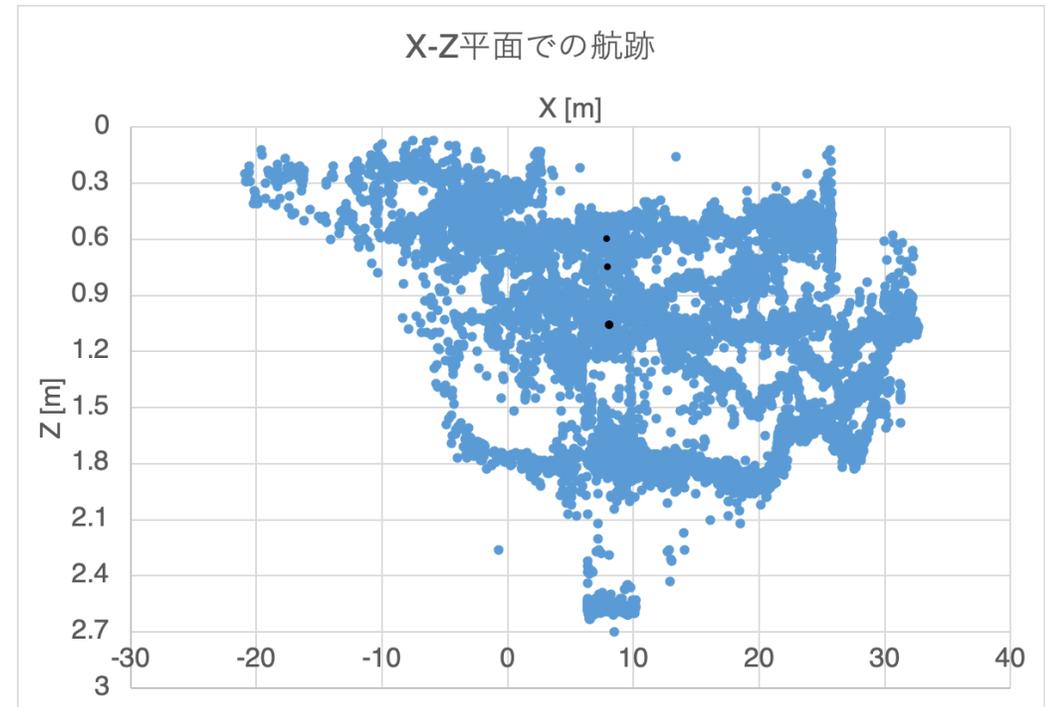
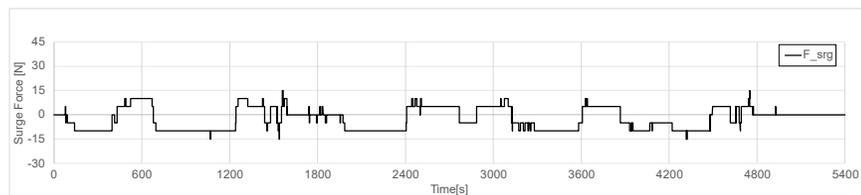
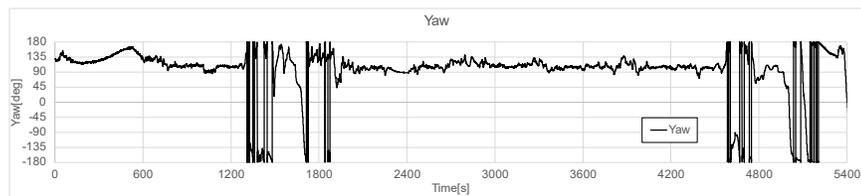
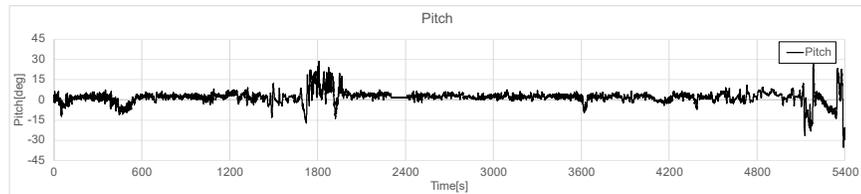
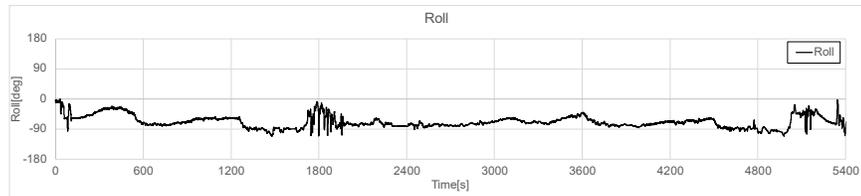
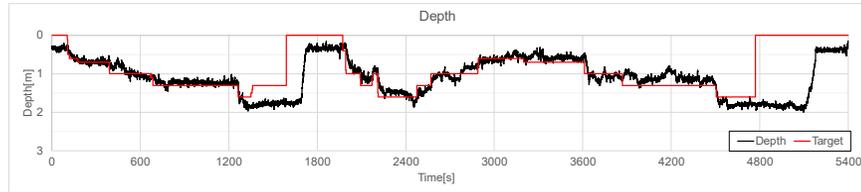
航跡图中的船舶の映像は別の機会に撮影されたもの。  
大きさはほぼ同じだが、係留位置が若干異なる。

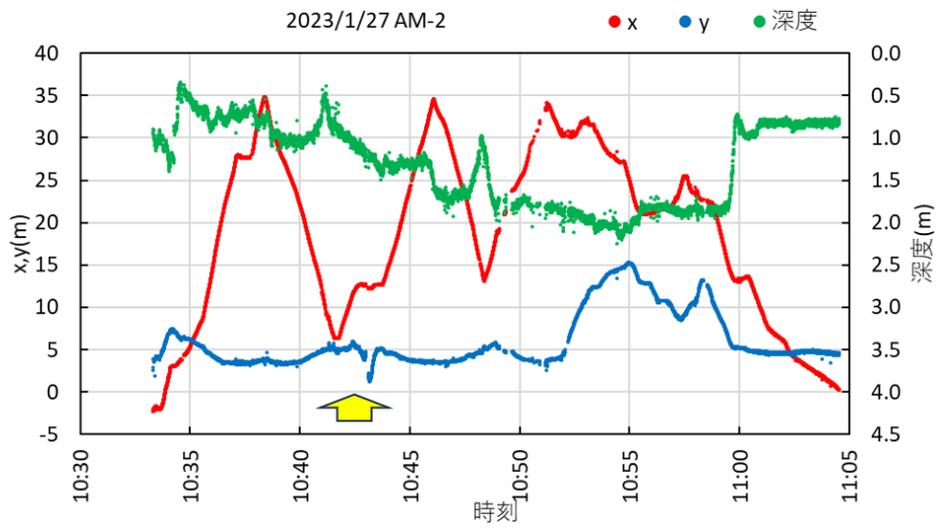


# 船底清掃：新造船 (2024/1/26)

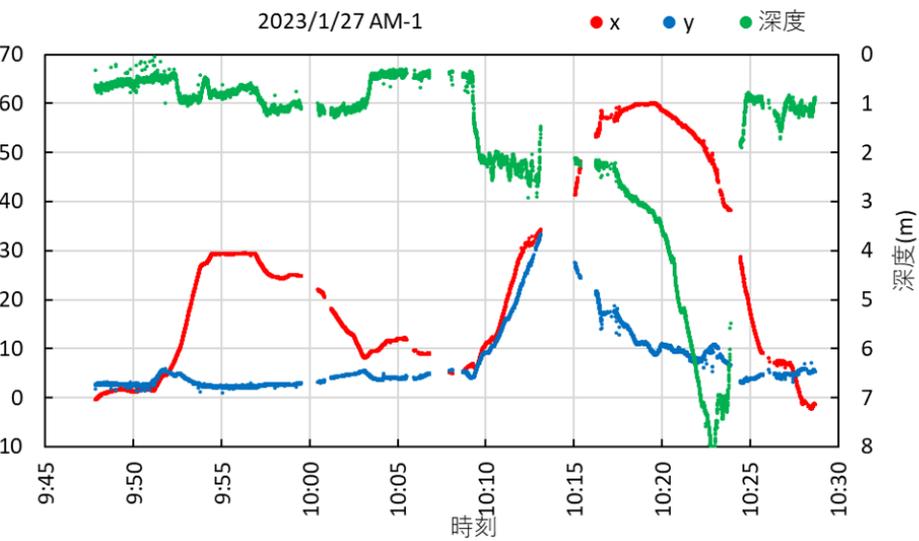
左舷清掃実験

開始時刻 14時31分52秒





# 深度を変えての清掃 その2



キールを越えて右舷側へ



斜めから清掃するROVのビデオ

後カメラ

2024/01/26  
14:12:00

前カメラ

2024/01/26  
14:12:00

2024/01/26  
14:54:20

後カメラ

2024/01/26  
14:54:20

前カメラ

# 船底清掃の効果：バージ船 (2024/1/25)



15:18:30

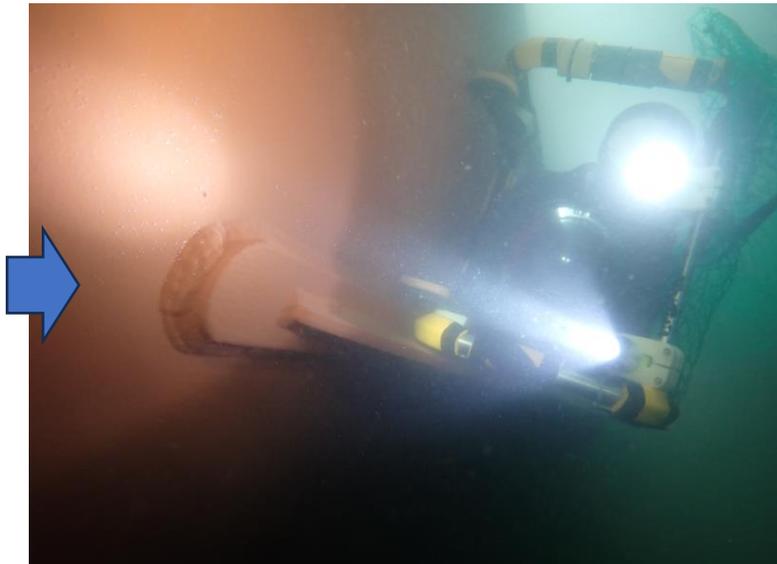


15:18:37



15:19:01

# ビルジキール付近の走行



## 実証実験結果のまとめと考察（1）

幅0.5mを速度0.1m/秒で移動して清掃をおこなった。すなわち、 $180 \text{ m}^2/\text{時}$ の清掃が実現された。

片道LBL装置からの出力を得て、ROV操縦者は、複雑な三次元平面上にROVを展開することが容易にできた。

船首船尾の複雑な構造においても、ハイドロフォン位置を工夫することによって、ROV位置の計測が可能である。

曲率半径が小さい船首船尾構造の清掃においては、ROVを大型化することができないことに注意を要する。

大型貨物船の平らな船底を清掃するには、ROVを大型化して作業効率を上げることができる。

## 実証実験結果のまとめと考察（2）

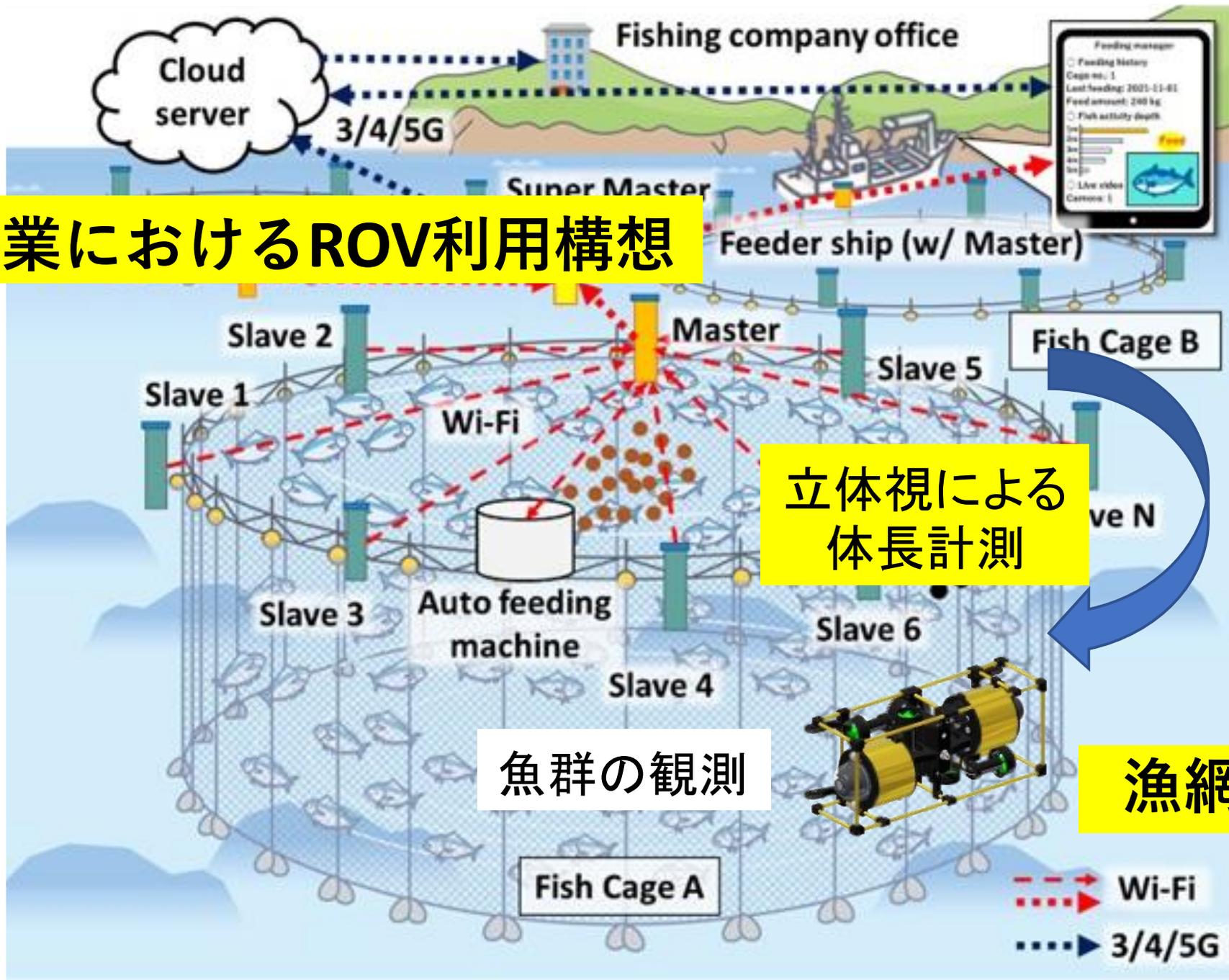
清掃頻度を上げることによって、生物が固く付着する前に取り除くことができ、作業が容易になる。

取り除かれた付着生物の処理について、質および量の観点から検討する必要がある。

ROVをAUV化することが可能であると考えられる。

ROVの方位をマグネットコンパスではなく、磁気の影響を受けないファイバジャイロ等を使うことが、ROVの操縦を容易にする。これはROVの性能であり、磁場の変動の影響を受けないROVの開発が望まれる。

# 養殖漁業におけるROV利用構想



立体視による  
体長計測

魚群の観測

漁網の清掃

--- Wi-Fi  
... 3/4/5G

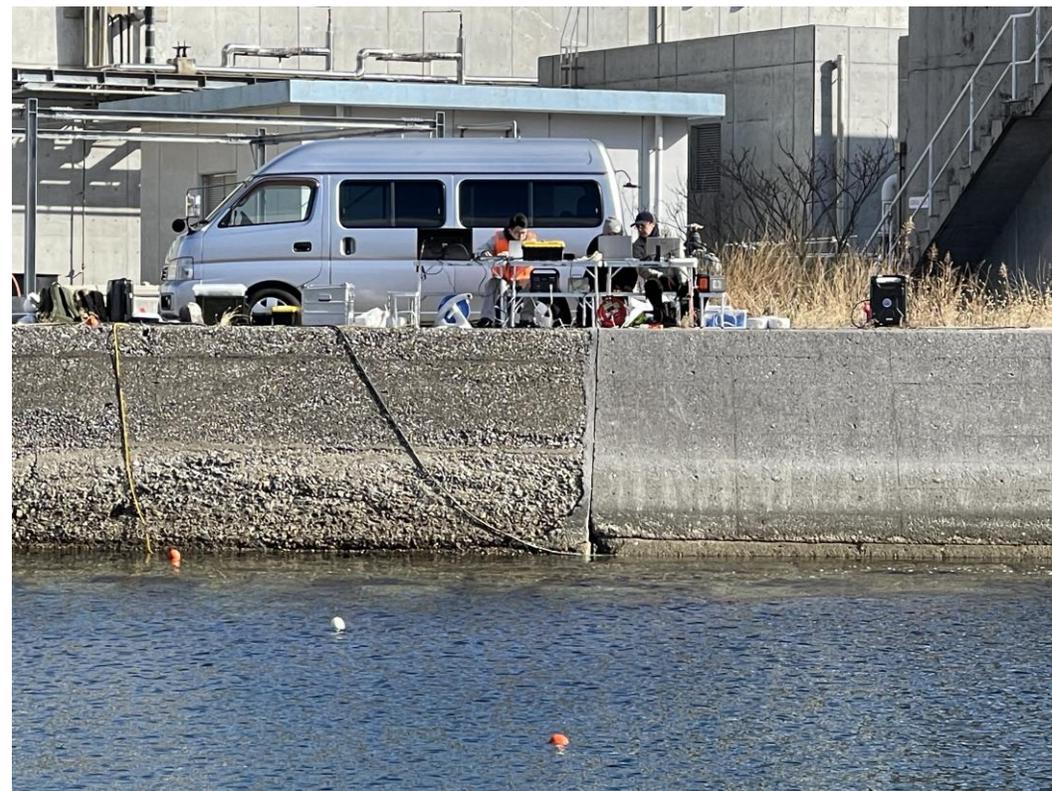


大分県津久見市上浦大字津井浦の湾内にある小割生簀

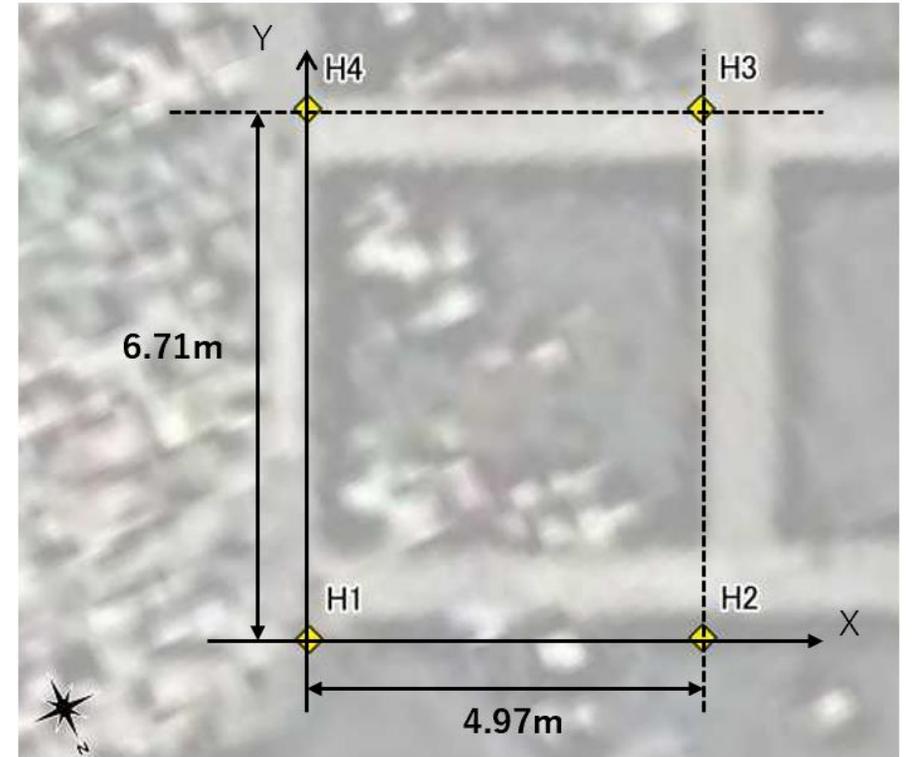
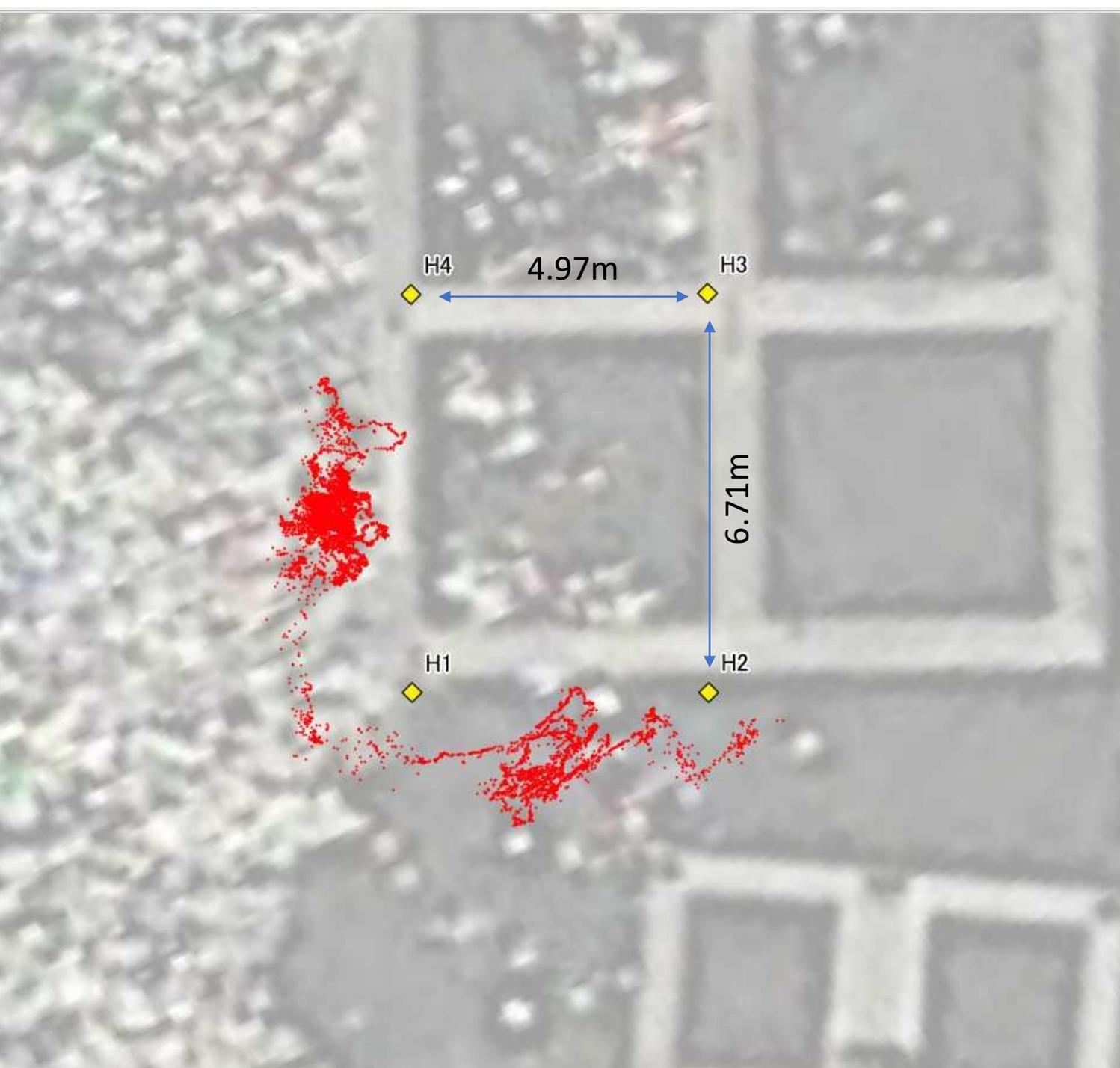
衛星写真はGoogle Mapより



大分県農林水産教育指導センター 生簀  
(大分県佐伯市)

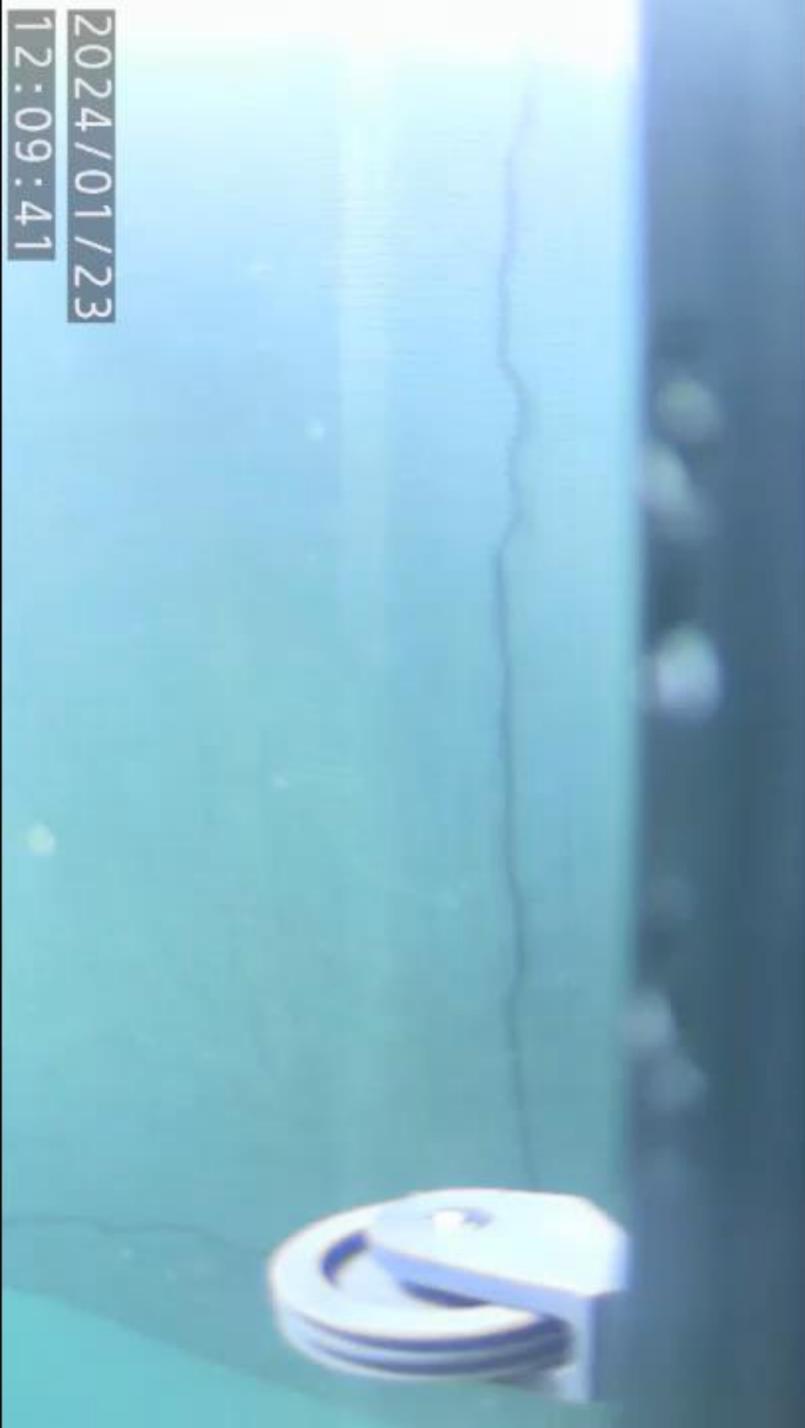


対岸の岸壁に操作場所を設置  
生簀から約60m



# 小割生簀への ROVの展開

後カメラ

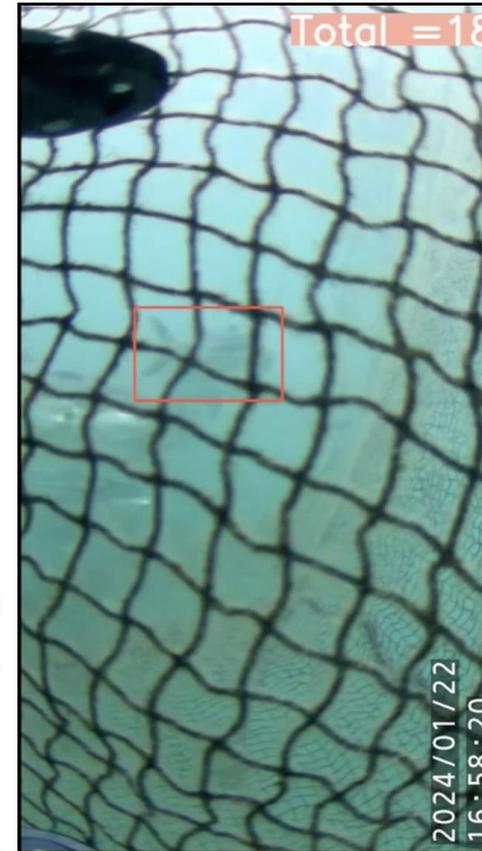
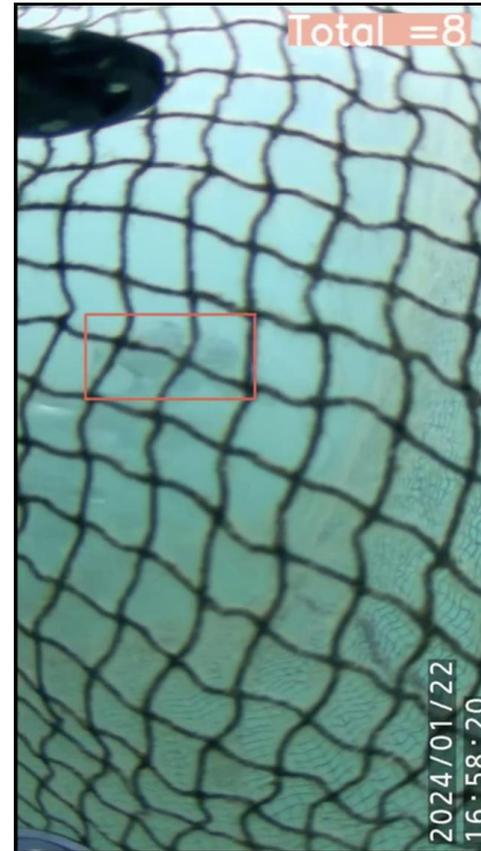
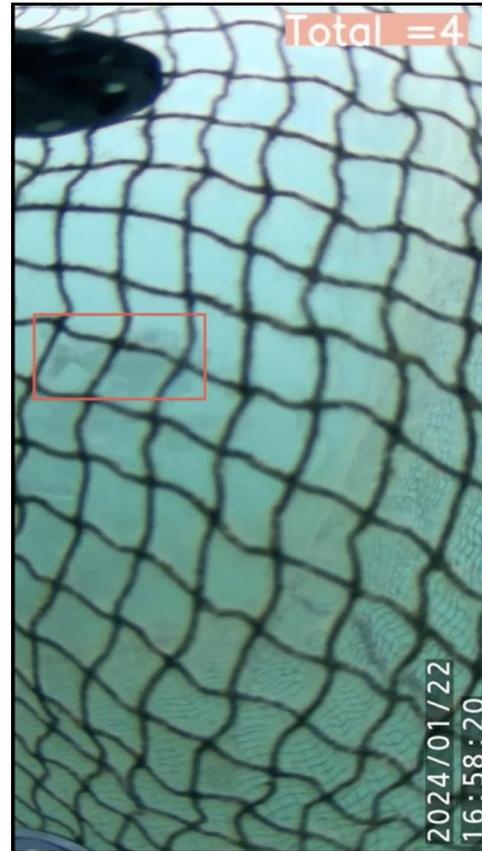
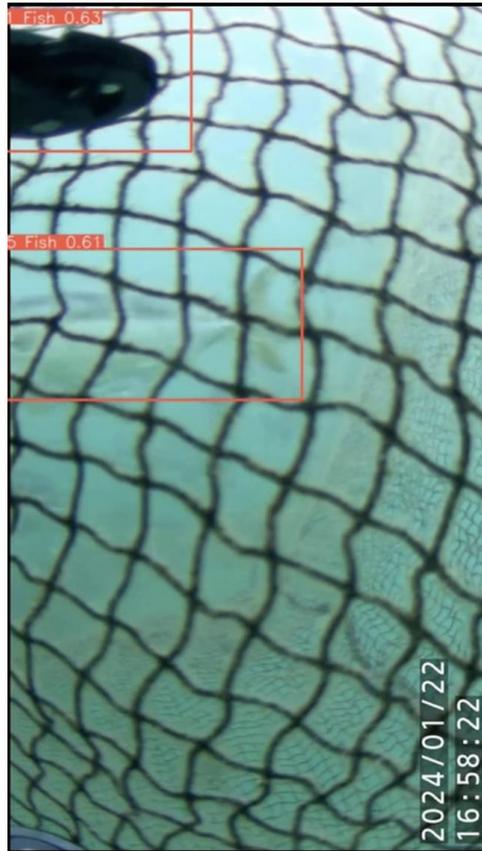
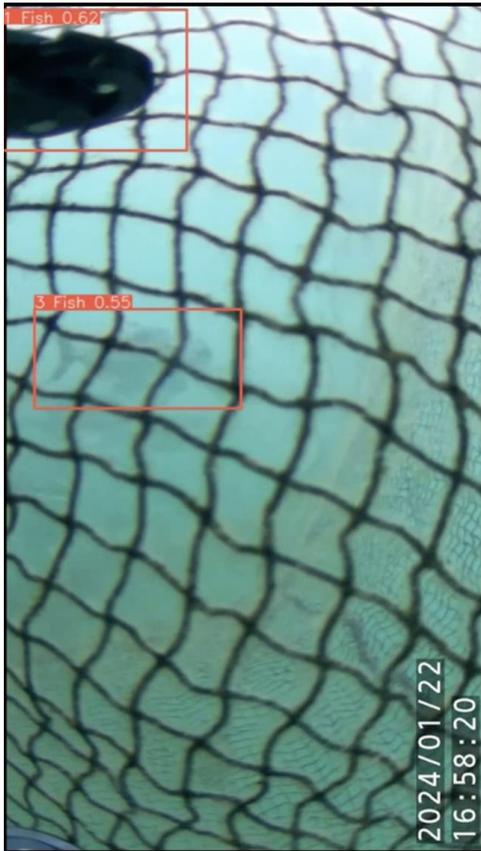


前カメラ



# 大分県農林水産教育指導センター 水産研究部生簀の撮影 (1/22,23)

ブリの認識: YOLO v5を用いて魚体を判別



# 実証実験結果のまとめと考察—生簀について

**ROV**の位置を正確に計測できる片道**LBL**を利用することにより、生簀については、様々な**ROV**アプリケーションが考えられる。

今回は、網の清掃を行わなかったが、次の課題である。