

令和3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搭載型ベントス回収装置の実証実験

2022年3月9日

共同提案者

三井造船特機エンジニアリング株式会社

国立大学法人 東京海洋大学

三重県志摩市役所

三重県立水産高等学校

発表内容

1. 実施体制
2. 解決を図る沿岸・離島地域の社会的課題
3. 立証しようとする次世代モビリティの新たな利活用法
4. 全体スケジュール
5. ベントス回収装置の概要
6. 実証実験に使用する主な機器
7. ベントス回収実証実験 磯焼け対策
8. ベントス回収装置実験 へい死魚対策
9. 実証実験による成果と今後について

1. 実証実験の実施体制

共同提案者

具体的な役割

三井造船特機エンジニアリング(株)	採取・回収装置の設計、製造、 実証試験
東京海洋大学	採取・回収装置の性能検討 ROVのGUI及び制御システムの検討
三重県志摩市役所	漁業関係者様との調整 システムの評価
三重県立水産高等学校	漁業関係者様との調整 システムの評価

ご協力いただいた漁業関係機関
 三重外湾漁業協同組合 安乗事業所
 和具事業所

産学官連携による社会問題へのアプローチ
 (教育効果・社会実装面での狙い)

- ・ 社会問題に対し産学官連携により解決策を提案
- ・ 近年の漁業者の減少、負担増に対し
テクノロジーでアシスト
- ・ システムの社会実装により適切な資源管理
が可能となり、磯焼けに対する漁業者負担
を軽減
- ・ 水産高校の取り組みにより地域連携強化・
後継者育成強化につなげる
- ・ 令和4年度の新学習指導要領でスタートする
水中ロボット教育にマッチした取り組み

2. 解決を図る沿岸・離島地域の社会的課題

水産業界の課題（第2回産学協議会：地方自治体からの課題報告）

(1)課題

- ・水産業のIT活用：生簀、定置網等の遠隔モニタリング（生簀内へい死魚除去）
- ・磯焼け（海藻の生産量減少）：効率的な駆除、藻場の定期的モニタリング
- ・漁業就業者の減少：所得向上対策、低価格機器の導入、技術伝承
- ・資源の確保：漁獲高の確保
- ・海岸海域の監視：環境変位（磯焼け等）、密漁、違反操業

(2)磯焼けの原因

- ・藻食動物（ウニ、アイゴなど海藻を食べる生物）による食害
- ・海水温の上昇
- ・海流の変化による貧栄養化
- ・海洋汚染

(3)現在の主な方法

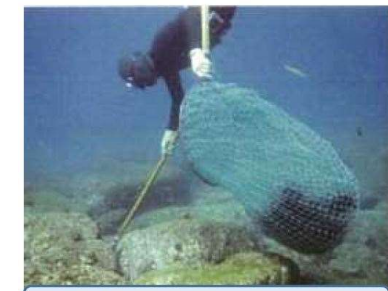
- ・一部機械化されている作業もあるが、作業の主体は潜水土
- ・潜水土への作業の負担軽減、安全確保、潜水土の減少が課題。

(4)海洋モビリティによる解決

- ・潜水土の代わりにベントス回収装置搭載ROVが導入されるところで、以下に挙げる効果が期待できる。
- ・作業の安全確保、省人化への対応が可能になる。
- ・小型ROVでの作業は、時間制限がなく効率的に食害生物の除去や養殖網のゴミやへい死魚の回収が可能となる。
- ・ウニは、磯焼けの食害生物である一方で、一般的な食材として利用されている。
生きたまま採取可能であれば、食材へも利用でき、持続的な水産資源の利用が促進される。



植食性生物（イスズミ）



植食性生物駆除（ガンガゼ）

3. 立証しようとする次世代モビリティの新たな利活用法

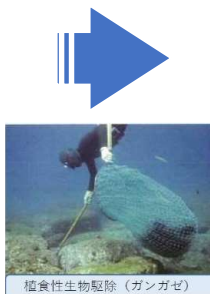
現状

- ① 磯焼け（ウニの駆除）

潜水土による採取

- ② へい死魚の回収

潜水土による生簀内の確認、回収作業



- 潜水土による作業が主流
- 水深10m以深での作業は身体的負担が大きい
- 長時間の作業は危険
- 潜水・浮上の繰り返しは減圧症の恐れ

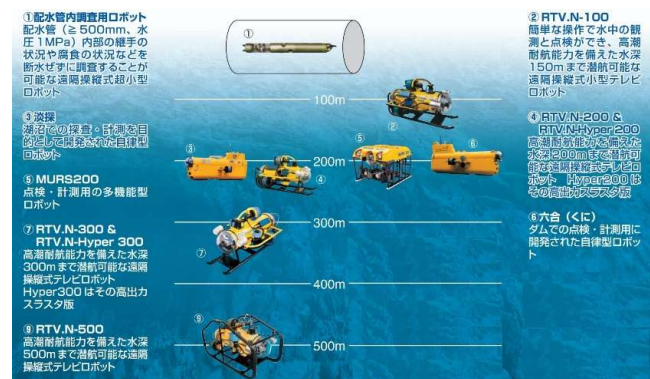
次世代モビリティの新たな活用により

どこでも

- ◎ 潜水技能を持たない人でも作業が可能

だれでも

- ◎ どんなROVでも搭載可能なマルチバースなシステム
- ◎ 潜水土が対応できない深いエリアをカバー



三井造船特機エンジニアリング（株）の水中ロボット

水中ロボットの活用により
作業の効率化、安全性の向上

4. 全体スケジュール

実施項目	9月	10月	11月	12月	1月	2月
関係機関での計画協議						
実証実験 準備						
回収装置プロトタイプによる実証実験(三重県)						
実証実験 結果協議						
回収装置 水槽実験						
回収装置 改良案検討						
結果協議						
成果報告書作成						

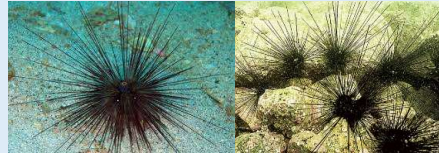
5. ベントス回収装置の概要

回収対象の特徴

1. 磯焼け

☆ガンガゼの特徴

- ・外皮は暗紫黒色。全体に細長い棘をまとい、棘の先端に毒腺がある。
- ・棘は、ゴム手袋やウェットスーツも貫通してしまう反面、棘は脆く皮膚下に残ると取り出すことが難しい。
- ・炎症を起こすこともある。



現状

1. 駆除方法

- ・ダイバーが水中で砕いている。
- ・棘が刺さると危険なため回収しない。

☆課題

- ・産卵期に砕くと、卵を海中に散乱させてしまう。
- ・生きたまま採取できれば、食用として再利用できる。
(水産資源の持続的利用の推進)
- ・ダイバーの身体的負担が大きい。
- ・安全上の課題も多い

2. へい死魚

☆特徴

- ・腐敗が進むと脆くなる。(掴むと身が崩れる。)
- ・早期に発見しないと生簀内の環境を悪化させる。

2. 駆除方法

- ・ダイバーが、地道に生簀の底を確認して手作業で回収。

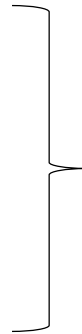
☆課題

- ・ダイバーの身体的負担が大きい。
- ・安全上の課題も多い

5. ベントス回収装置の概要

(1)コンセプト

- ① 導入しやすい価格。(低価格化)
- ② ランニングコストの負担が少ない。
(消耗品、故障時の部品交換など)
- ③ 取扱いが簡単。
- ④ すばやく修理できる。(部品の入手性)
- ⑤ ベントスを生きたまま採取できる。



海洋モビリティの普及
継続的な利用
持続的な水産資源の利用



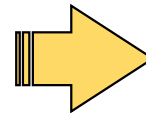
(2)現状の技術

① マニピュレータ

- ・爪で掴んだ際に、潰す、傷つける
- ・個体毎に掴んでカゴに入れる方法で、大量のガンガゼの採取には作業効率がよくない。

② スラップガン

- ・個体単位でサンプルを採取する方式が主流。
- ・マニピュレータで吸い口をターゲットに近づける必要があり、小型ROVでは搭載機器が多くなり小型化できない。



(3)ベントス回収装置の開発コンセプト

- ・海底や生簀の底に大量に発生しているウニ、へい死魚を簡単に採取・回収
- ・ウニは生きたまま採取
- ・へい死魚は、崩さない
- ・掃除機のように吸い取る

6. 実証実験に使用する主な機器

- 実証実験は三重県立水産高校の実習船「はまゆう」を利用



7. ベントス回収実証実験 磯焼け対策

実験海域



実施日：2021年11月15日、16日

実験スケジュール

午前

9 : 0 0	県立水産高校	はまゆう岸壁集合
9 : 1 0	水産高校出港	
9 : 4 0	実験海域到着	実験開始 英虞湾内 水深2～10m
11 : 3 0	実験海域出港	
12 : 0 0	水産高校帰港	

午後

12 : 3 5	県立水産高校	はまゆう岸壁集合
12 : 4 5	水産高校出港	
13 : 1 5	実験海域到着	実験開始 英虞湾内 水深2～10m
15 : 1 5	実験海域出港	
15 : 4 5	水産高校帰港	

7. ベントス回収実証実験 磯焼け対策

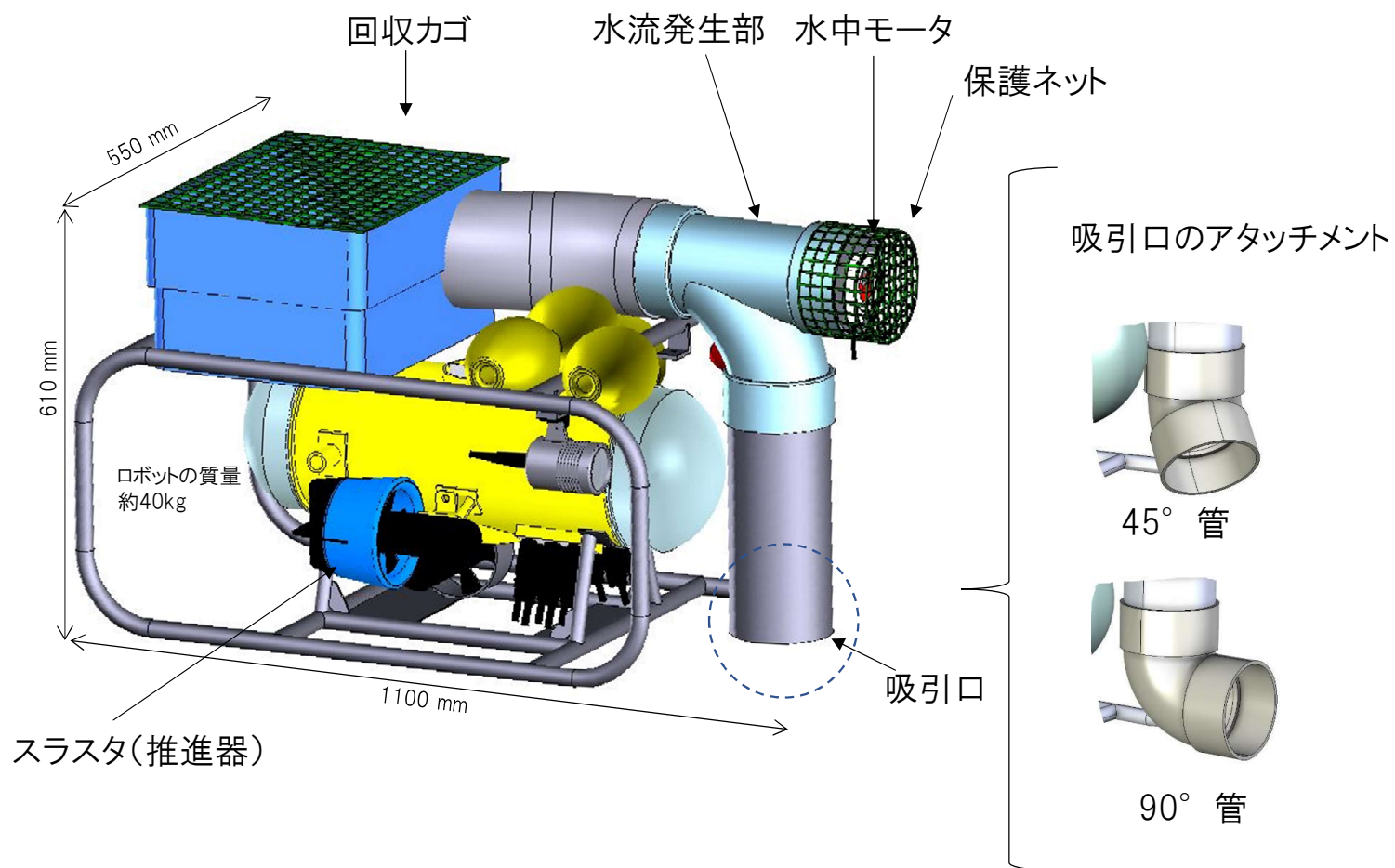
実証実験に使用した小型ROV



管径 $\Phi 150\text{mm}$



管径 $\Phi 125\text{mm}$



7. ベントス回収実証実験 磯焼け対策

実験方法



(1).実験手順

- ①実験海域に到着し、実験船に係留
※ROVが着水中は、実験船「はまゆう」のプロペラは停止とする。
ただし、緊急時には船長判断とする。
- ②船上でROV作動確認
- ③船尾昇降床よりROV（ビークル）を降下・着水させ潜航開始。
- ④海底の状況を確認し、ベントス（ウニ）を搜索
- ⑤ベントス発見後、左図のようにベントス回収装置の吸引口を近づけ採取する。
- ⑥10個程度採取できたら、ROVを回収し採取したベントスを確認、計測する。
- ⑦以降③～⑥を繰り返す。
- ⑧本試験は、内径Φ150mmタイプとΦ125mmタイプの2種類のベントス回収装置にて実施する。

(2).記録項目

- ①1度の回収作業に要する時間を計測する。
※時間は、ROVの着水から揚収までの経過時間とする。
- ②1度の作業で採取したベントスの数量、サイズ、質量を計測する。
- ③採取したベントスの破損状況など状態を写真に記録する。

※開発目標：「ベントス（ウニ等）が生きまま回収できるところ。」

7. ベントス回収実証実験 磯焼け対策

ROV搭載型ベントス回収装置 実証実験 試験結果まとめ（2021年11月15日、16日）

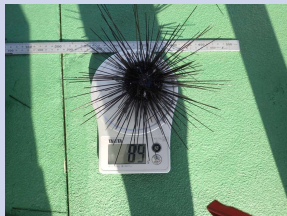
実験機材	回数	採取数量(個)			所要時間 (分)	殻径 (mm)		全長(棘含む) (mm)	質量 (g)	備考
		総数	種類	数量		最大	最小			
管径Φ150mm	1回目	5	ガンガゼ	5	15	最大	60	220	112	ガンガゼ
						最小	50	180	20	ガンガゼ
	2回目	15	ガンガゼ	15	20	最大	60	220	88	ガンガゼ
						最小	50	180	55	ガンガゼ
	3回目	3 ※1	ガンガゼ	3	32	最大	60	250	89	ガンガゼ
						最小	40	180	15	ガンガゼ
	4回目	20	ガンガゼ	20	15	最大	80	260	138	ガンガゼ
						最小	40	160	12	ガンガゼ
	5回目 ※2 水産高校の学生操縦	14	ラッパウニ	1	11	最大	110	110	263	ラッパウニ
			ガンガゼ	12		最小	60	240	42	ガンガゼ
			破損	1		—	—	—	—	ガンガゼ
管径Φ125mm	1回目	20	ラッパウニ	1	32	最大	90	90	96	ラッパウニ
			ガンガゼ	19		最小	60	160	41	ガンガゼ
	2回目	3 ※1	ガンガゼ	3	13	最大	70	250	96	ガンガゼ
						最小	30	90	10	ガンガゼ

※1：採取の数量が少ない理由：海底にガンガゼが見当たらず、発見までに時間を要したため。

※2：水産高校の学生によるROVにより採取

7. ベントス回収実証実験 磯焼け対策

ROV搭載型ベントス回収装置 実証実験 試験結果まとめ（2021年11月15日）

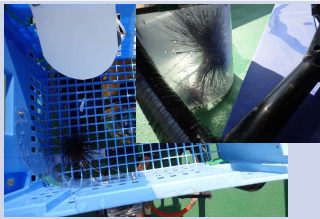
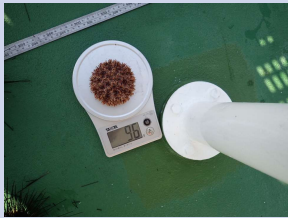
Φ150mm管	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
採取後のカゴの中					
採取数量	5 ※1	15	3	20 ※1	14 ※2
採取したベントス (最大)					
品 種	ガンガゼ	ガンガゼ	ガンガゼ	ガンガゼ	ラッパウニ
寸法・質量	殻径：約60mm 全長（棘含む）：約220mm 質量：112 g	殻径：約80mm 全長（棘含む）：約200mm 質量：88 g	殻径：約60mm 全長（棘含む）：約250mm 質量：89 g	殻径：約80mm 全長（棘含む）：約260mm 質量：138 g	殻径：約110mm 質量：263 g

※1：採取の数量が少ない理由：海底にガンガゼが見当たらず、発見までに時間を要したため。

※2：水産高校の学生によるROVにより採取

7. ベントス回収実証実験 磯焼け対策

ROV搭載型ベントス回収装置 実証実験 試験結果まとめ（2021年11月16日）

Φ125mm管	1回目	2回目
採取後のカゴの中		
採取数量	20	3
採取したベントス (最大)		
品 種	ラッパウニ	ガンガゼ
寸法・質量	殻径：約90mm 質量：96 g	殻径：約70mm 全長（棘含む）：約250mm 質量：96 g

※1：採取の数量が少ない理由：海底にガンガゼが見当たらず、発見までに時間を要したため。

7. ベントス回収実証実験 磯焼け対策

ベントス回収装置 課題

① 棘が折れない場合（管径125mm）

- ・ 吸引口で詰まる。
- ・ 棘の突っ張りや管の継ぎ目に棘が刺さり詰まる。



吸引口で詰まる状態



棘の突っ張りや管の継ぎ目に棘が刺さり詰まる状態



1～2個ほど落下したが、棘が折れて採取できた。

② 谷のような地形（管径125mm、150mm 共通）

- ・ 吸引口が入らない地形では吸い込みにくい。

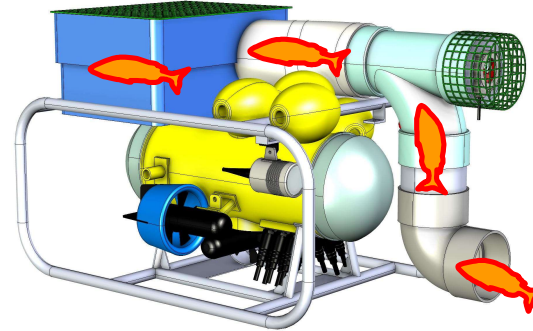


今後改良を検討

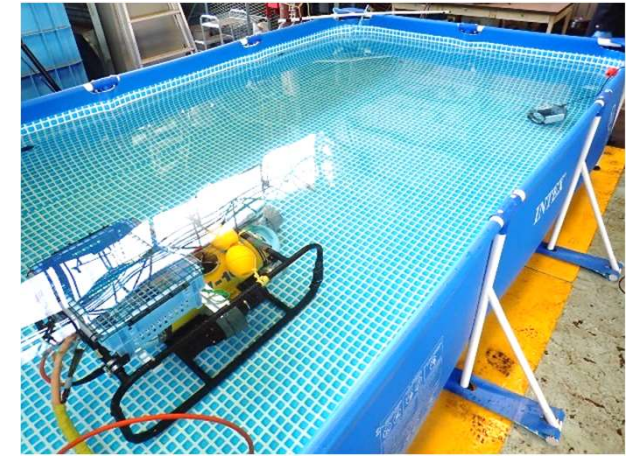
8. ベントス回収装置実験 へい死魚対策

(1)実験方法

- ・ プール内に、鮮魚店で購入したサンプルを落とし回収する。
- ・ 沈殿しているサンプル（へい死魚）に吸引口を近づける。
- ・ 回収装置を作動させ、掃除機で吸い取るようにサンプル（へい死魚）を吸引する。

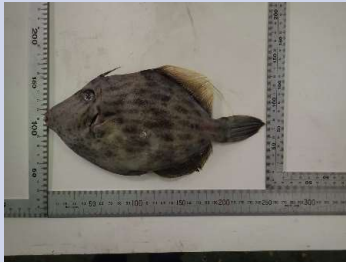


回収イメージ



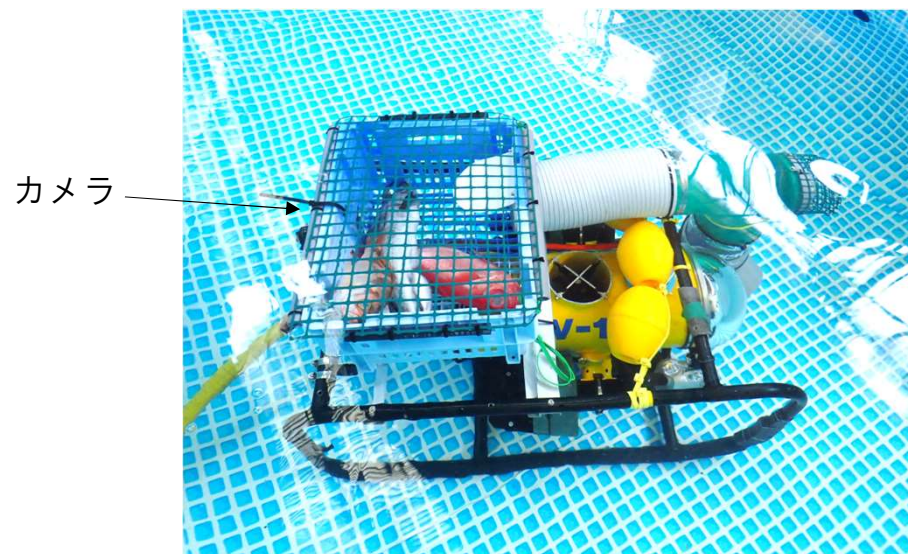
(2)実験に使用したサンプル（死魚）

- ・ 回収対象：全長300mmまでの死魚

サバ	キンメダイ	ニシン	カワハギ	エボダイ
				
全長：約430mm 幅：約90mm 質量：約889g (水中：約6g)	全長：約380mm 幅：約110mm 質量：約672g (水中：約8g)	全長：約370mm 幅：約90mm 質量：約502g (水中：約7g)	全長：約250mm 幅：約125mm 質量：約305g (水中：約4g)	全長：約200mm 幅：約90mm 質量：約160g (水中：約3g)

8. ベントス回収装置実験 へい死魚対策

へい死魚回収実験 結果



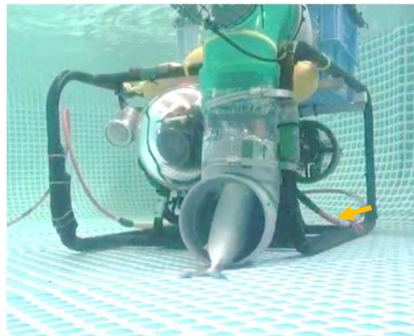
- ・ 管径Φ150mm、管径Φ125mmともに5種類すべて回収成功
- ・ 回収したサンプルの外観は異常無し。
- ・ 小型の死魚であれば、2匹同時吸引可能



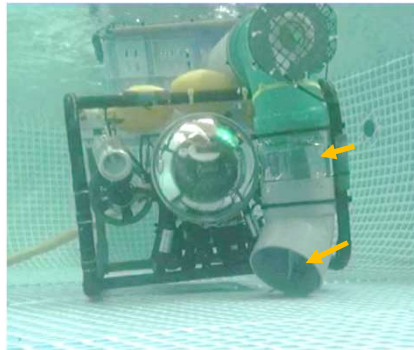
8. ベントス回収装置 へい死魚回収での課題解決

課題①（管径Φ125mm）

- ・サバのように肉厚があり曲がりにくい魚は吸引口90°では詰まってしまう。

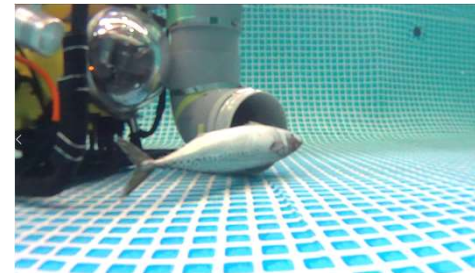


- ・45°管に変更することで解消



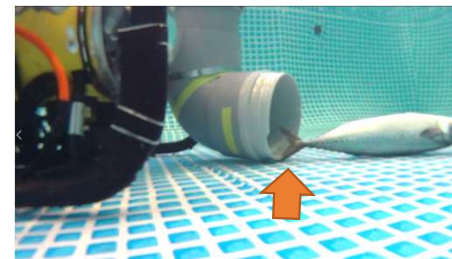
課題②

- ・魚が横向きになると吸い込めない。



課題③

- ・尻尾から吸うと、吸水口が尻尾と接触しやすく吸い込みにくい（頭からの方が吸いやすい）



課題②、③ともに、ROV（吸引口）の向き（吸引口）を変えることで問題なく回収可能

9. 実証実験による成果と今後について

(1) 実証実験の実施

- ・ 共同提案者：東京海洋大学様、三重県志摩市役所様、三重県立水産高等学校様、三重県外湾漁業協同組合様のご協力を得て産学官連携による実証実験を行えた。

(2) ベントス回収について

- ・ ガンガゼを棘を折りながらも採取可能であることを確認した。
- ・ ラップウニを採取できたことは大きな成果。
ムラサキウニや他のベントスの採取も可能性を確認できた。
- ・ ガンガゼを安定的に採取するには、**管径Φ150mm以上必要**なことを確認した。

(3) へい死魚回収について

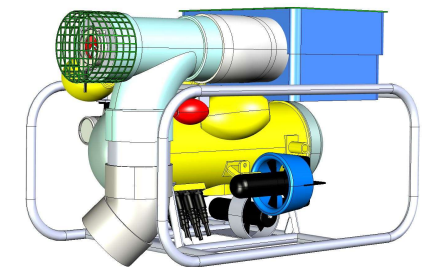
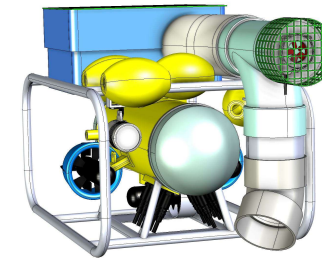
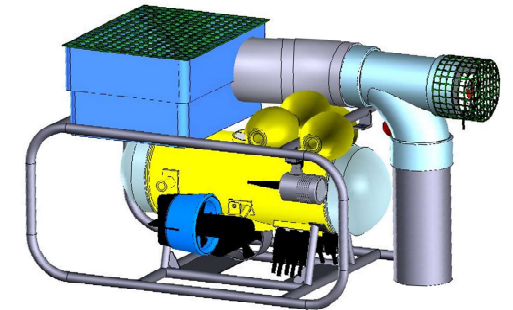
- ・ **管径Φ125mmでも全長300mm前後のへい死魚の回収が可能**であることを確認した。
- ・ コンセプト通り掃除機のように吸い込みながら回収できることを確認した。

(4) 実験前後の技術成熟度 ※(実験前TRL6：プロトタイプでの実証)

- ・ 実験結果より、実用段階であることを確認した。
(TRL7：実用環境での実証（製品化・サービス化前段階）)

(5) 社会実装に向けた道筋

- ・ 製品化に向けた取り組みを加速させること。
- ・ Mitsui 水中TVロボットRTVシリーズの新機能として製品化
- ・ Mitsui 水中TVロボット以外の他のROVへも搭載可能な製品とする。



謝辞

本実証実験にご協力下さった関係者の皆様に深く感謝いたします。

共同提案者：東京海洋大学様
三重県志摩市役所様
三重県立水産高等学校様

三重県外湾漁業協同組合様

国土交通省様

みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

ご協力いただきました関係者の皆様

