

持続可能な次世代養殖システムの開発：今後のサバ養殖の普及・発展に向けて

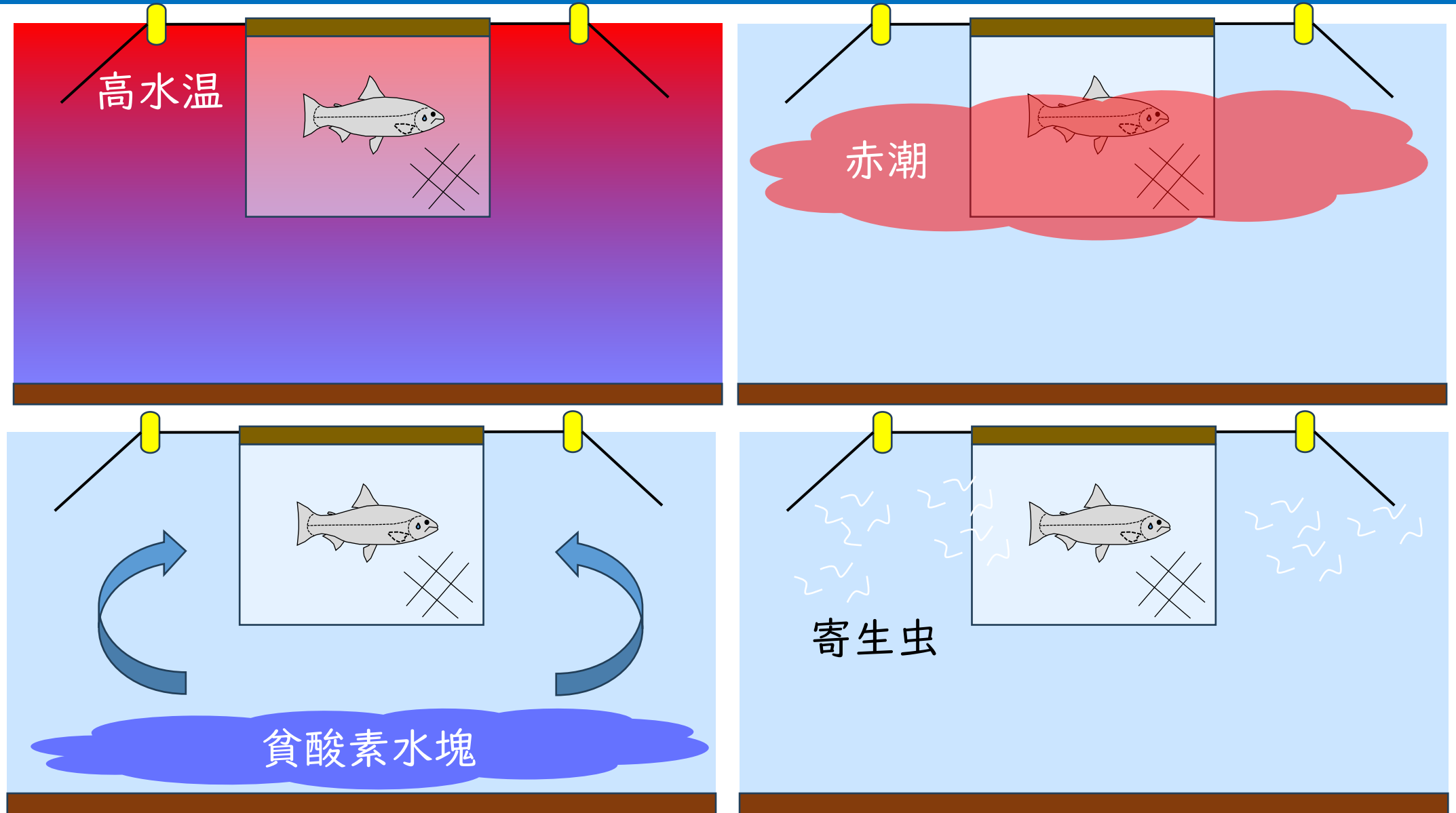
環境変化に対応した新たな養殖システムの開発

令和7年12月9日 @ビジョンセンター品川 2階 201室

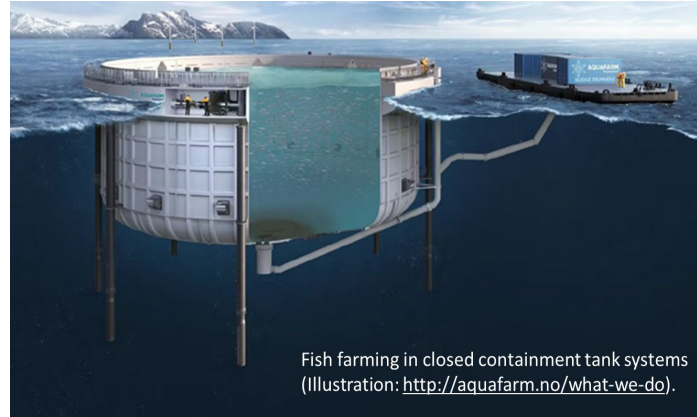
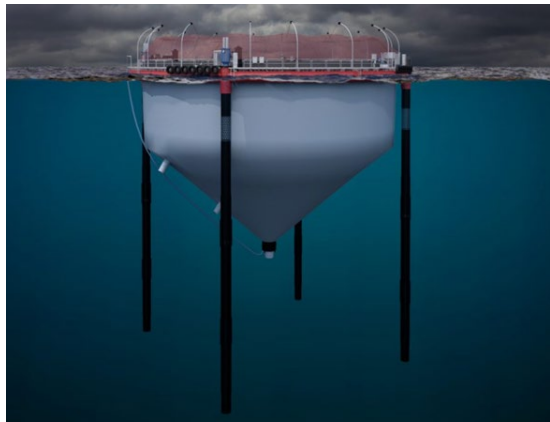
東京大学生産技術研究所
水産研究・教育機構

環境変化に脅かされる海面生簀養殖

| 1/20



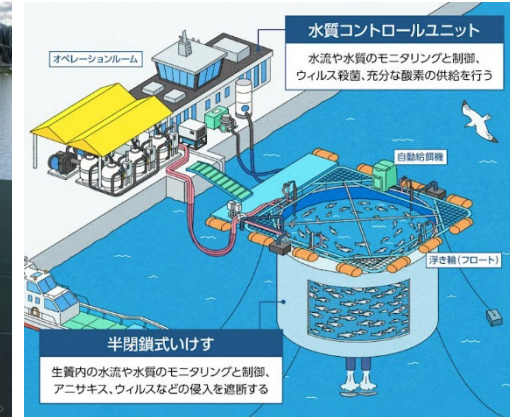
様々な環境変化が海面養殖業の生産性を低下させている。



出典：Fishfarmingexpert 出展：Illustration of the Certus 10000 – 30000 tarpaulin-based containment tank for fish farming (<https://fiizk.com/en/product/semi-closed-cage>)



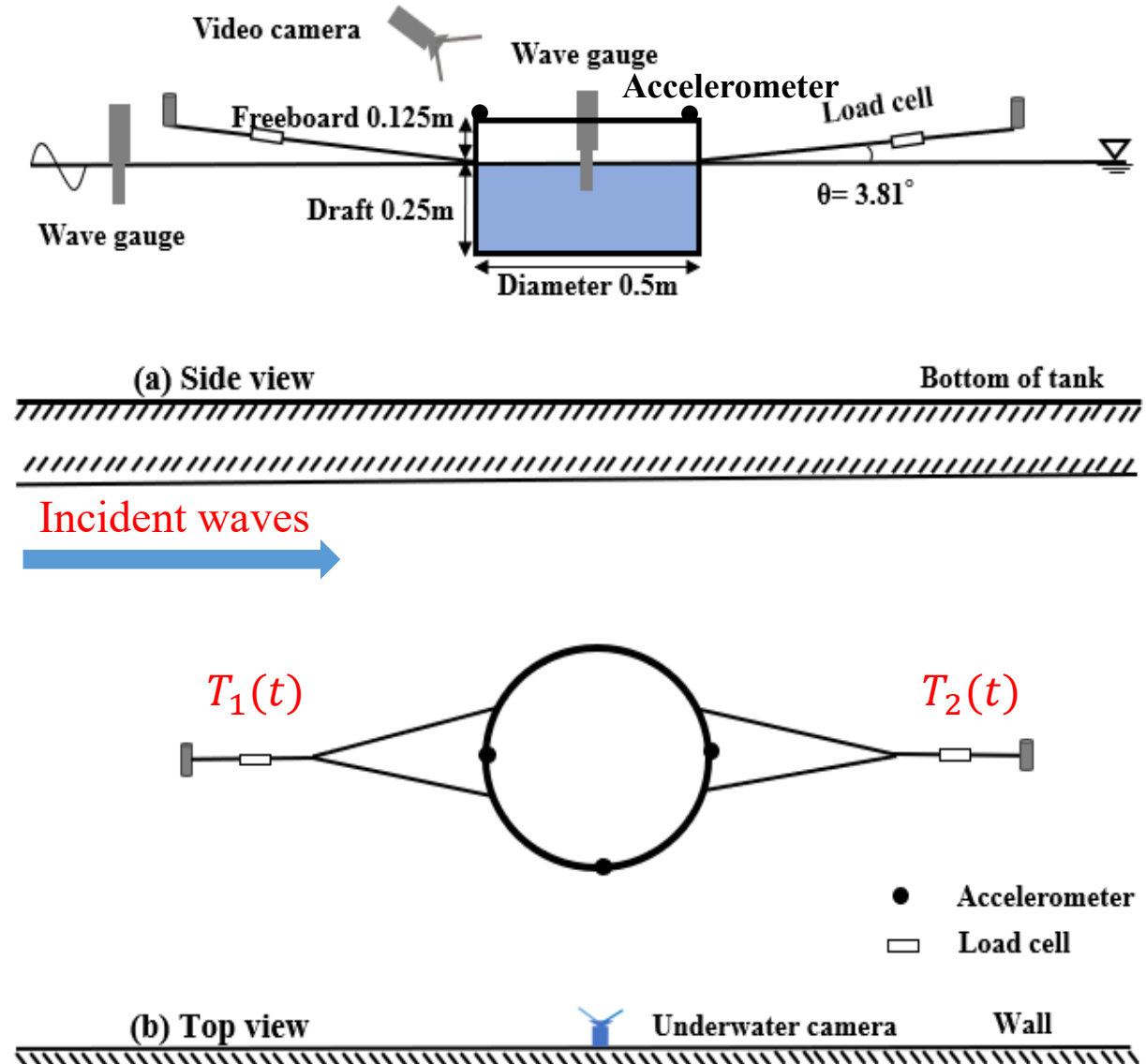
出典：Hauge Aqua AS



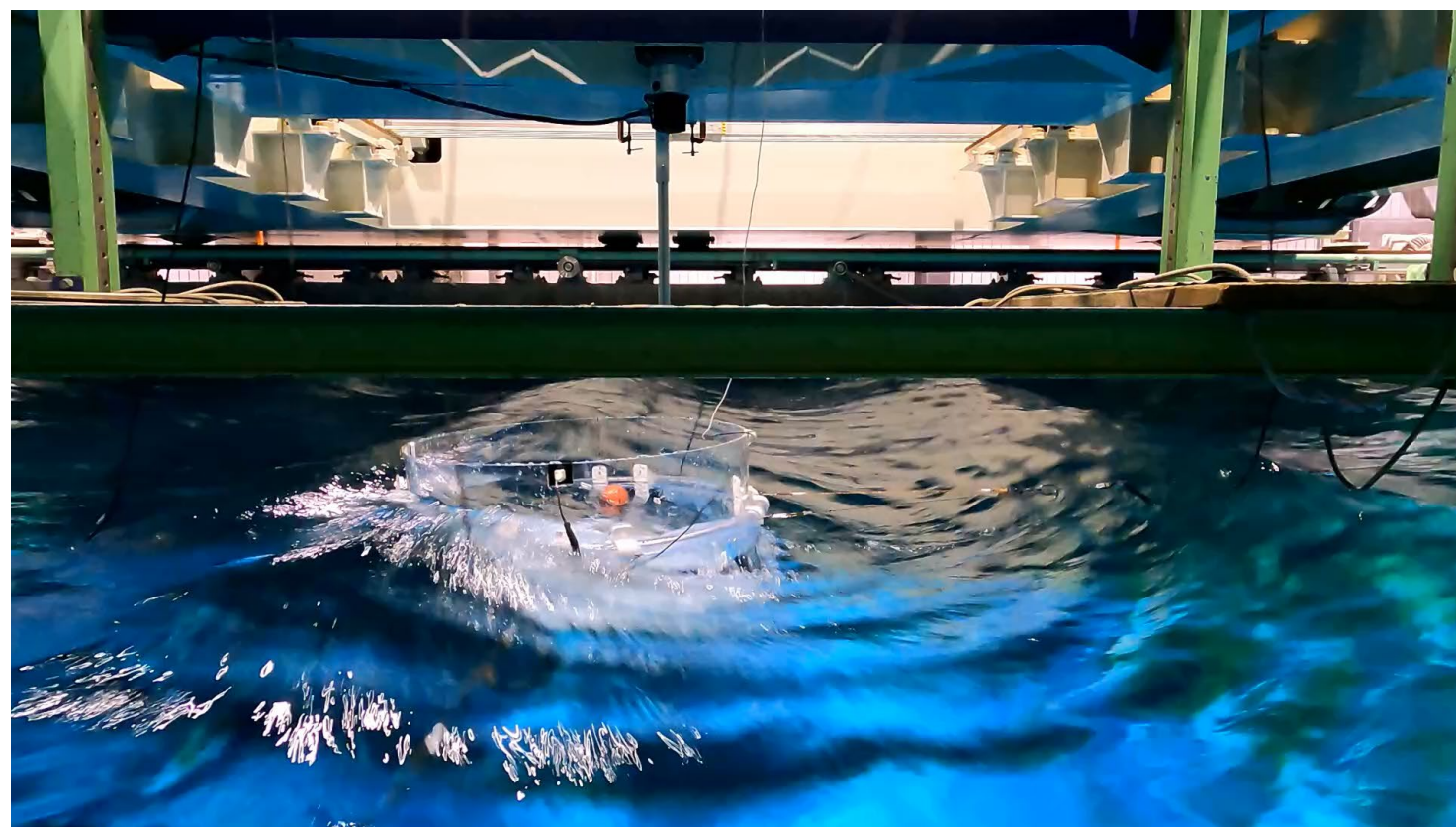
出典：
<https://answers.khi.co.jp/ja/voices/250829j-01/>

- 寄生虫の少ない深層水の利用、逃亡防止を主目的として、作業員の環境安全、生簀内部の流れと環境の制御、高精度な給餌と残餌、糞の再利用、捕食防止などを目的とした研究開発が行われている。
- 既存生簀の代替として用いられ、電源や配合飼料はバージ船などから供給される。
- 網に替わる材料としては、剛体と柔軟体のものがある。

- 実機を直径25mの円型生簀と想定して、
縮尺比 1/50 の剛体生簀、柔軟体生簀
模型を製作
- 慣性力と重力が卓越する現象のため、
フルードの相似則を適用
- 生簀を曳航して抵抗を計測し、網生簀
の抵抗と比較。
- 規則波中で、生簀枠に加速度センサー
を取り付けて運動を計測。係留索に
ロードセルを取り付けて、係留力を計
測。ビデオカメラを用いて内部水のス
ロッシングを観察

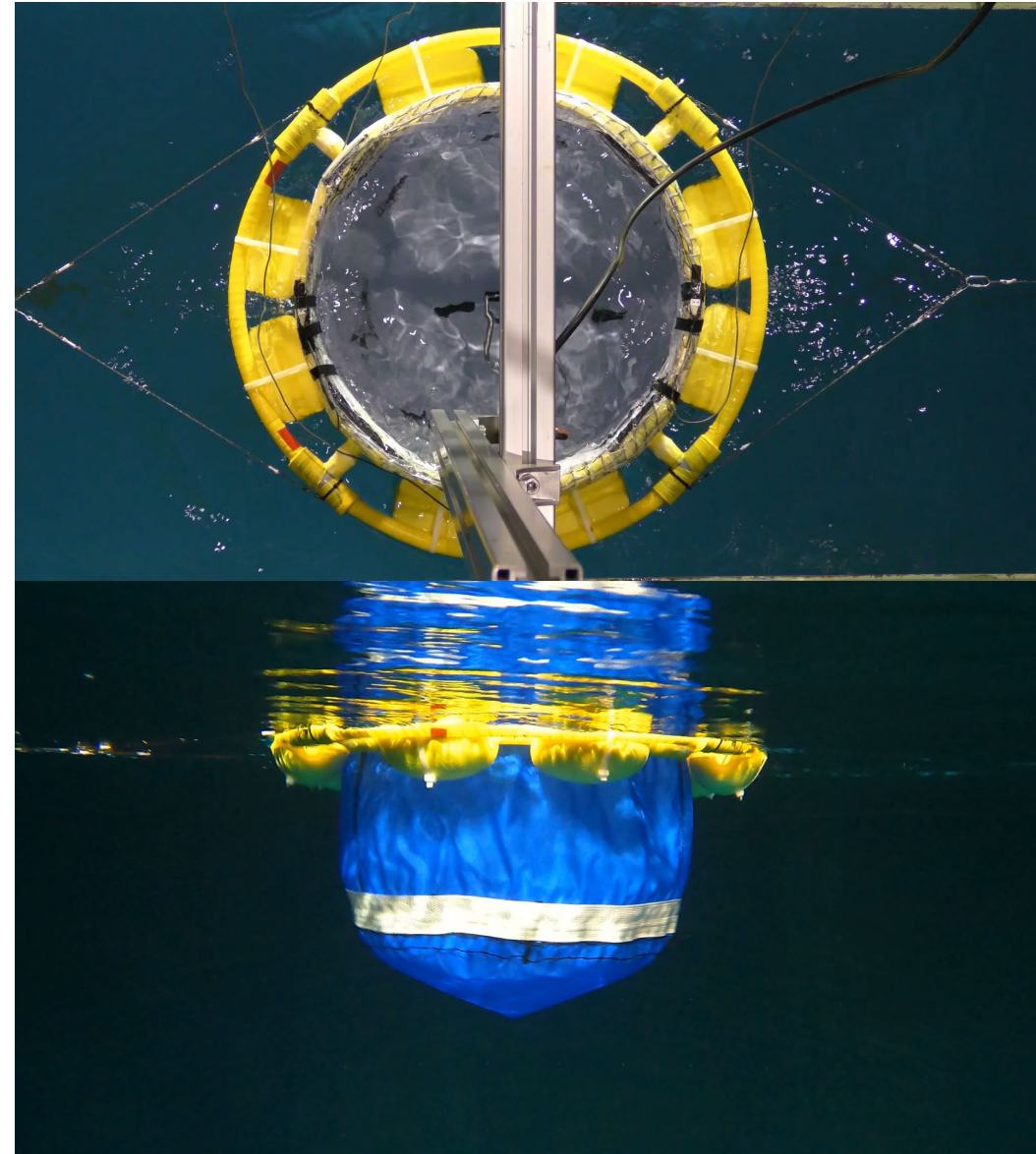


剛体生簀の運動の様子

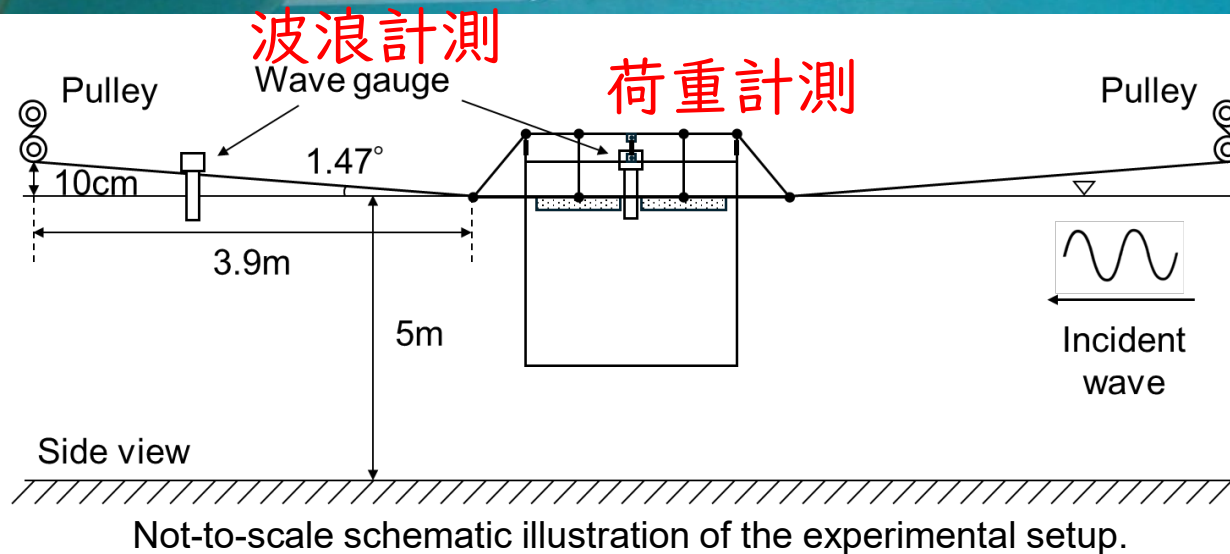
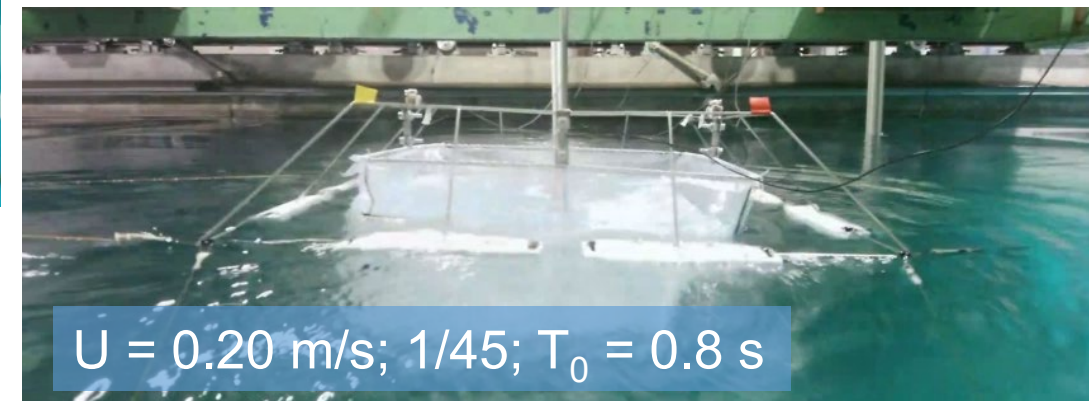
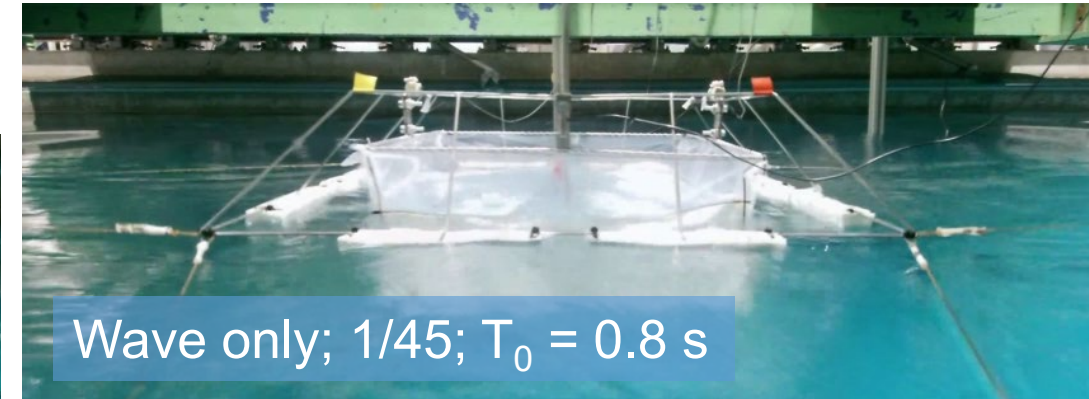
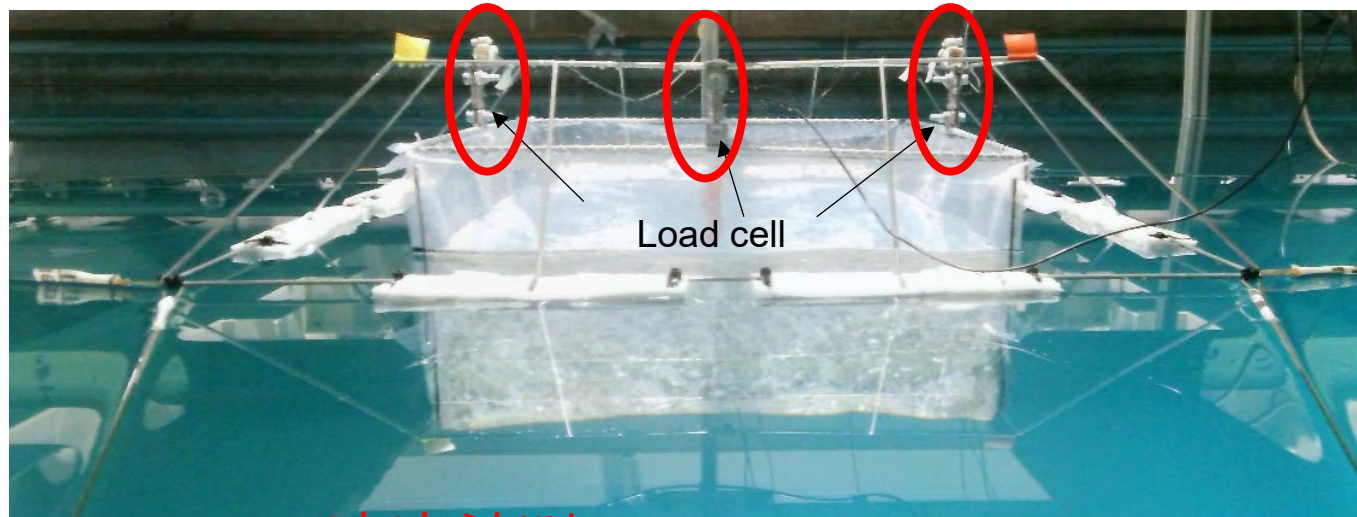


剛体生簀の場合は、実海域換算で波周期7.8秒以上、波高3.1m以上で、飼育水が溢れたが、柔軟生簀の場合は飼育水の溢れがほとんど見られなかった。→内部水のスロッシングをキャンバスシートが緩和

柔軟体生簀の運動の様子

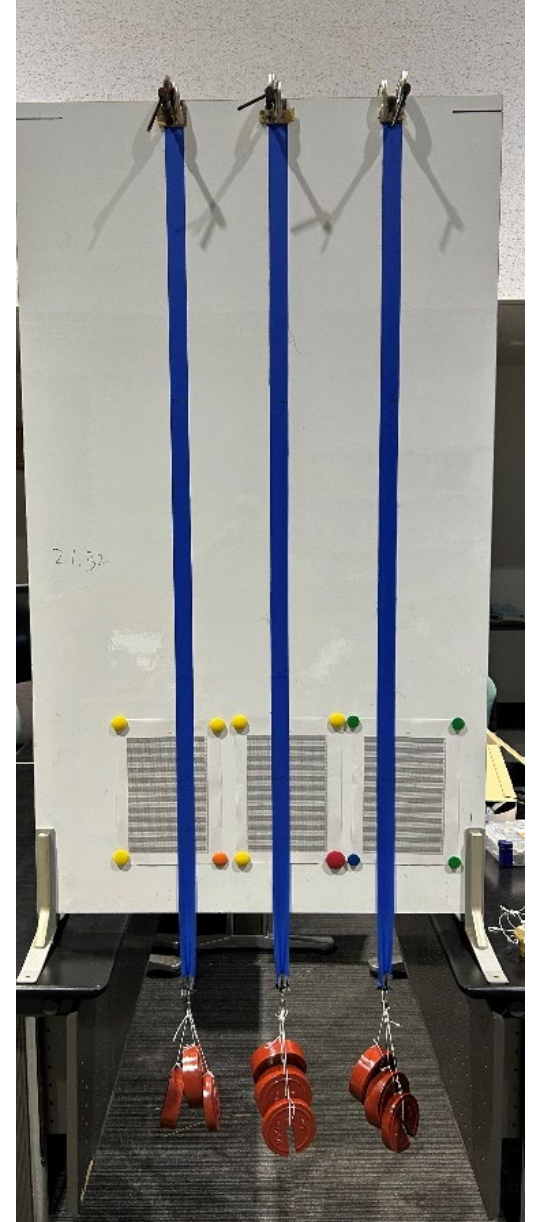


実機を一边10mの角型生簀と想定して、**縮尺比1/25**の柔軟体生簀模型を製作



流速が大きくなると、生簀の運動は抑制される傾向にある。

- 波傾斜（波高／波長比）が $1/60$ と $1/45$ の場合で大きな違いは見られない。
- 生簀の波上側のシートにかかる荷重が最も大きい。
- シートへの最大荷重は、波傾斜が $1/45$ のときで、約 5.2N であった。
- 実物に換算すると、本研究で使用したキャンバスシートは弾性変形の範囲内にある。
- 耐久性については、実海域試験を通して、繰り返し荷重の影響を考慮する必要がある



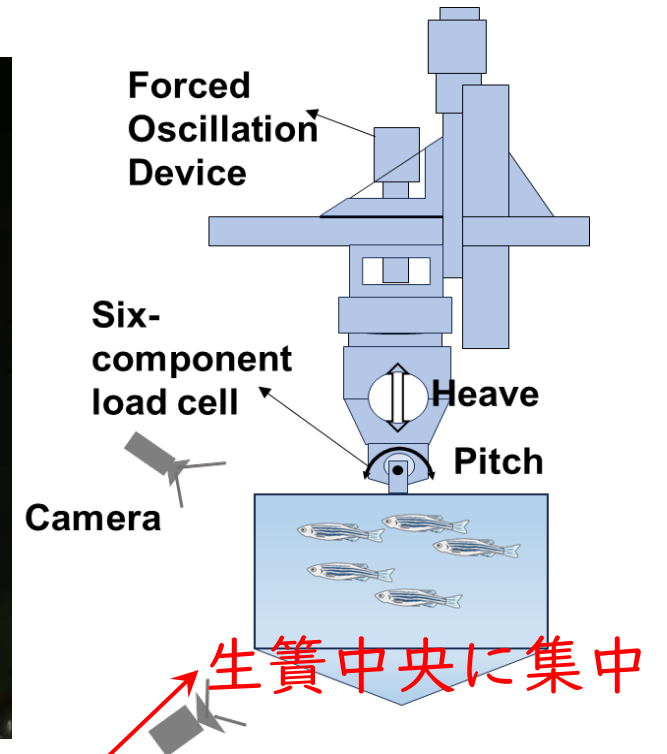
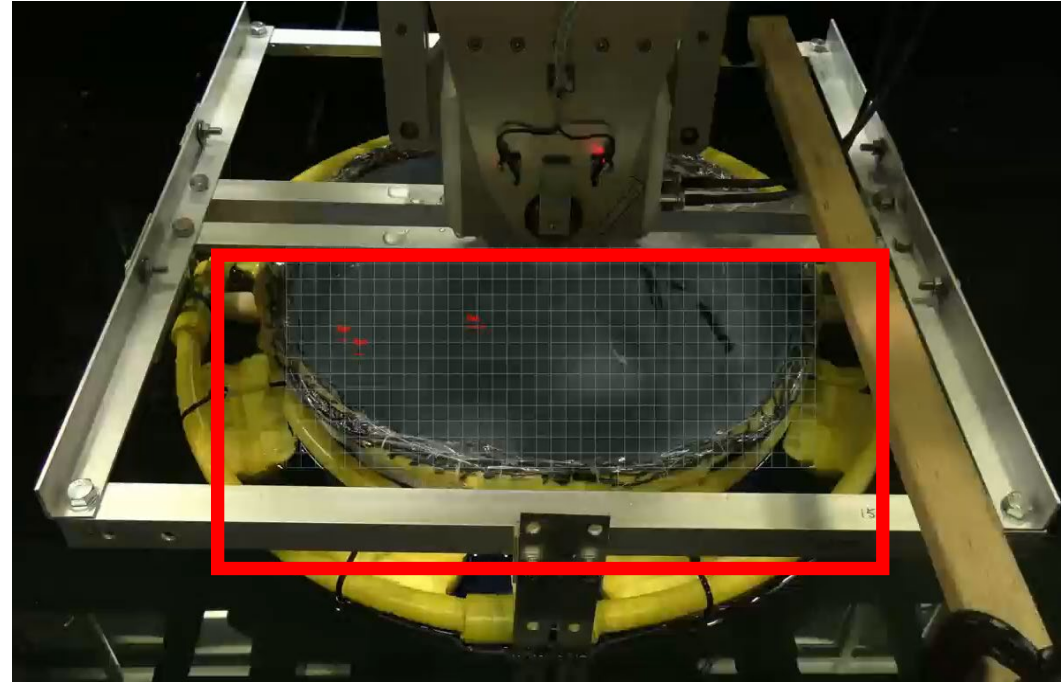
生簀動揺時の魚の行動

| 7/20

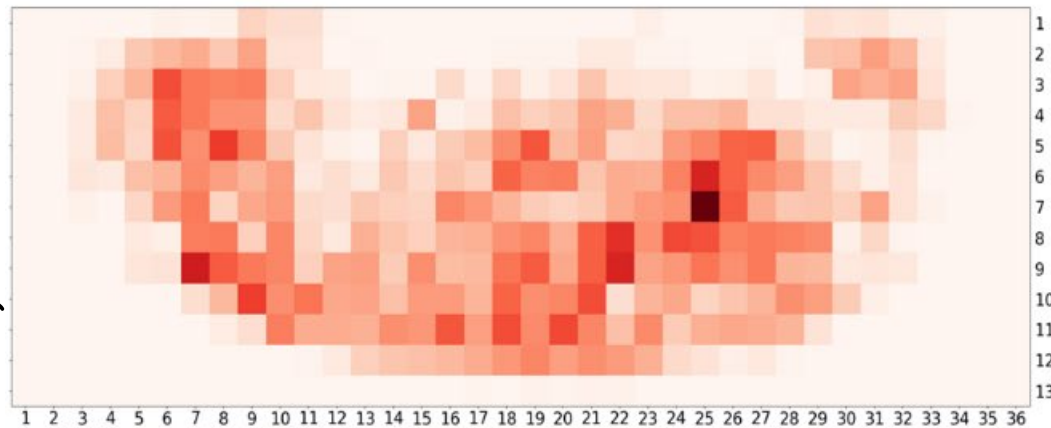
ゼブラフィッシュ使用

実験時条件

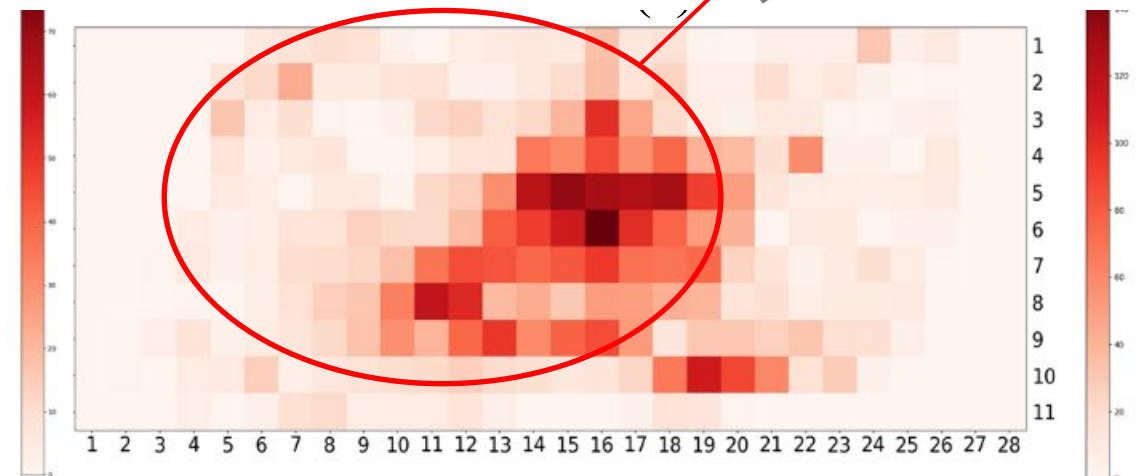
- 尾数：23尾
- 体長（平均）：3.0cm
- 体重（平均）：0.3g
- 10～20分間馴致
- 水温：27.2～27.6℃
- 溶存酸素濃度
：6.9～7.2 mg/L



ゼブ
Ope



Still water



Oscillated water

発電機
制御システム

18.5m

循環システム

ソーラーパネル

給餌機

フェンス

岸壁

1.6m
0.2m
ブロック

シート生簀

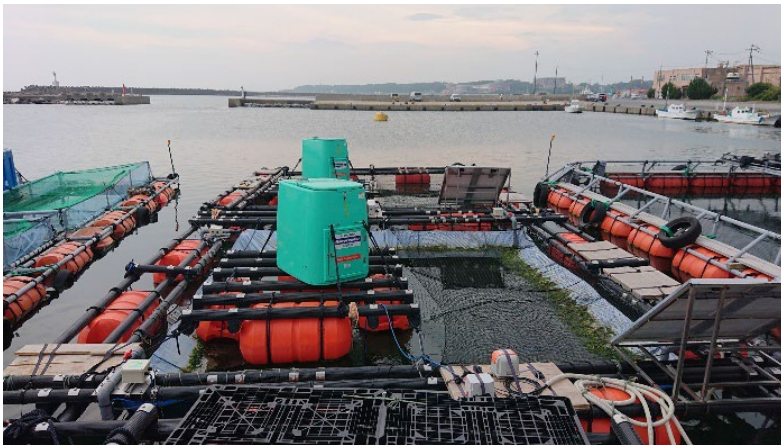
網生簀

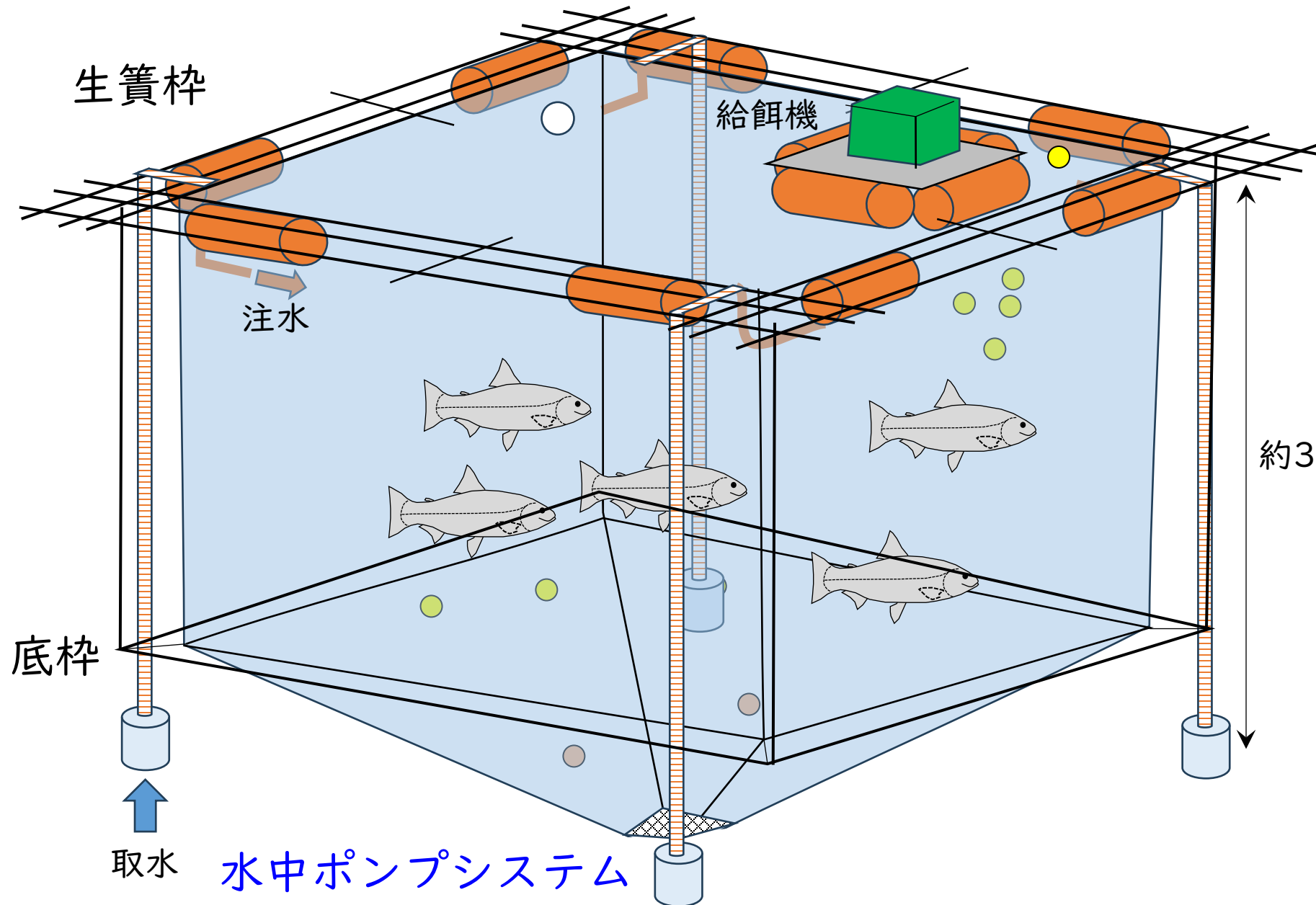
約1m

約5.5m

約5.5m

約4m





水中ポンプの性能は
250L/min.程度/基
→4基稼働すると1時
間に1回程度海水が
交換される

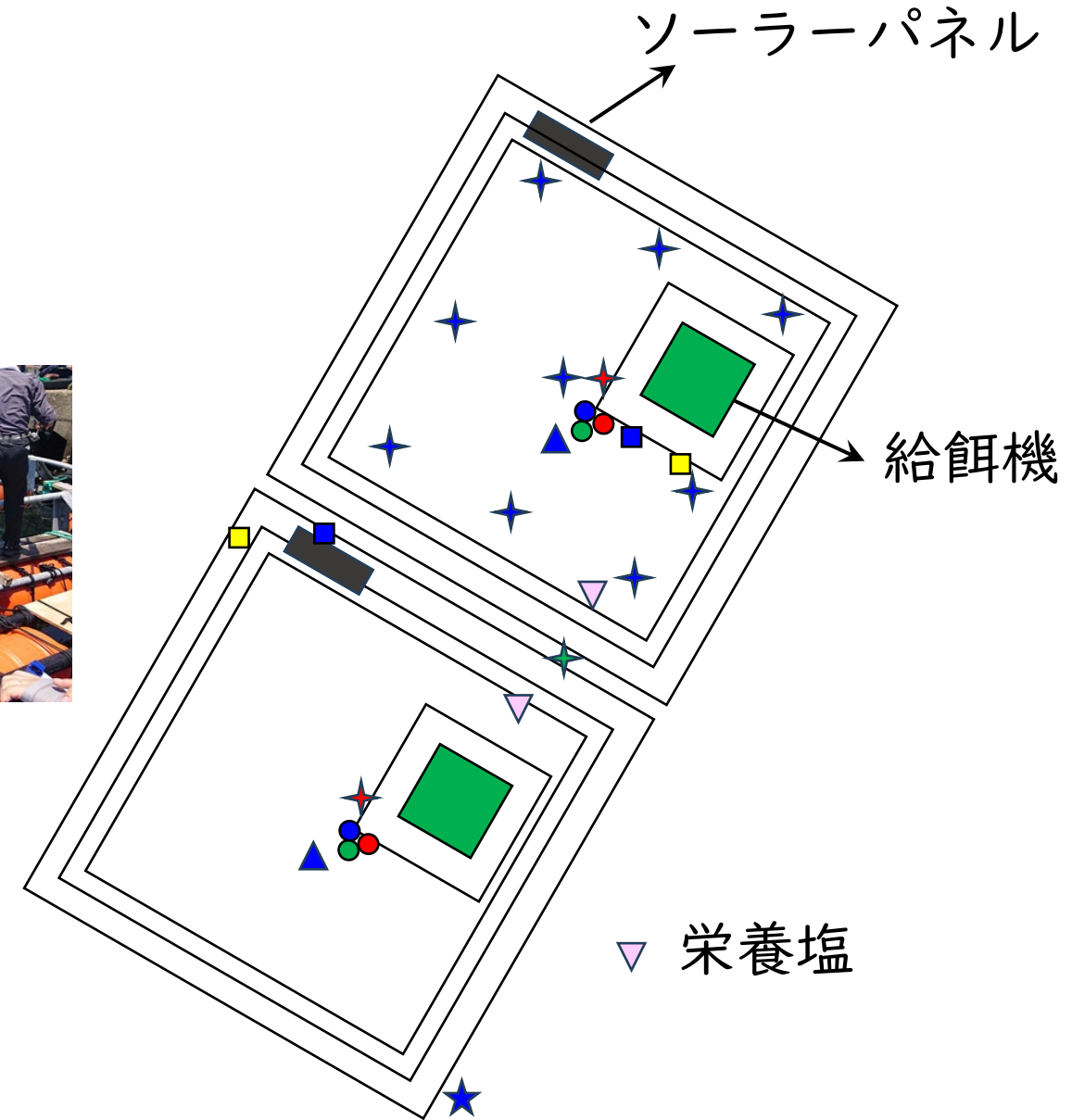
直径50mmのパイプ
を使用し、水面下
30cmでシートに平
行に汲み上げた海水
を吐出

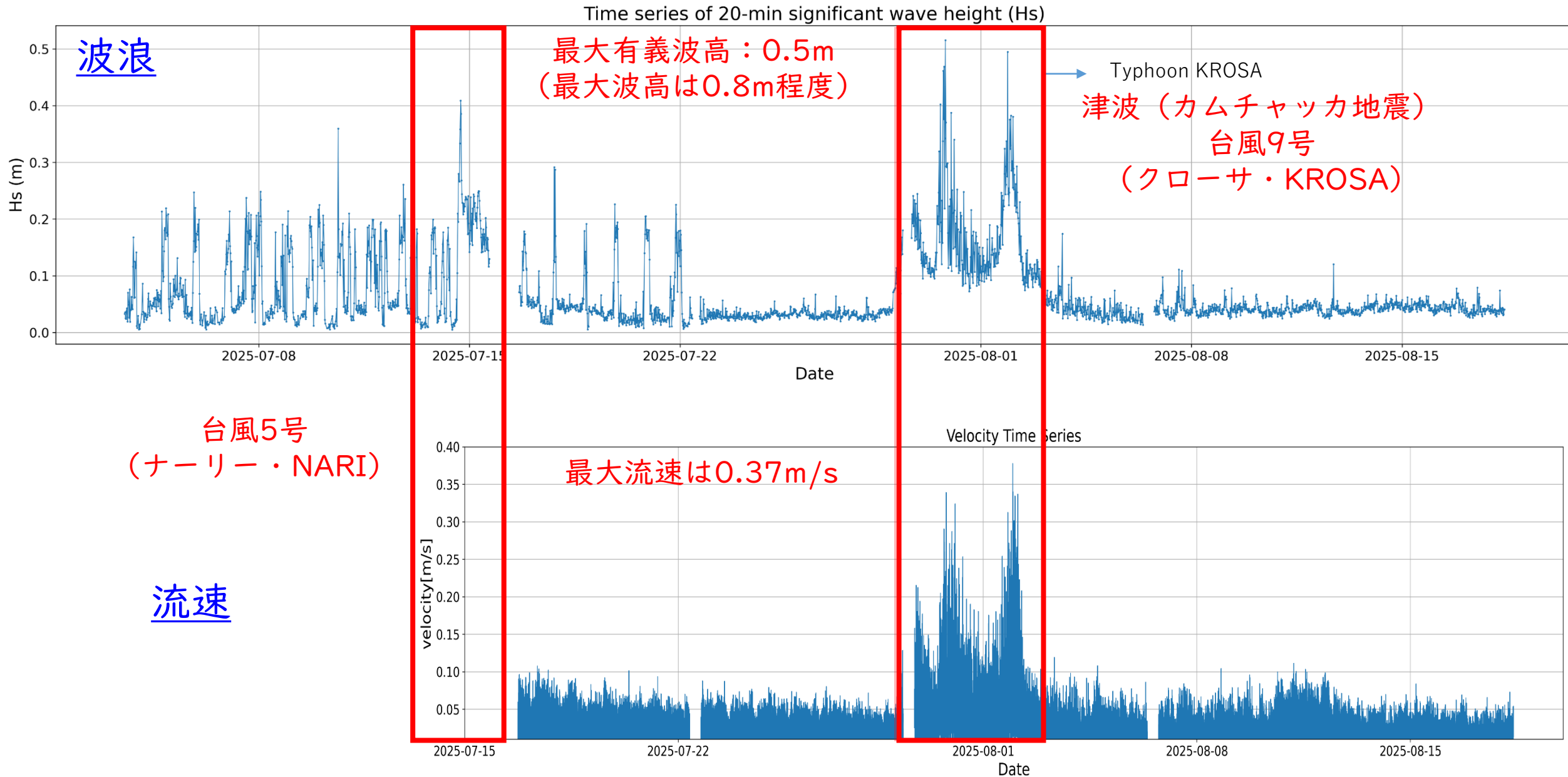
- 水温・塩分・DO：水面下30cm（～7/14）
- 水温・DO：水面下2m→DO計は不調
- 水温：水面下30cm、生簀外深度3m
- ハイドロフォン（初期位置）
- ハイドロフォン（初期位置）
- ▲ 水中カメラ（～7/14）
- ★ 波高計（7/1～）
- ★ 流速計（短期分布計測）
- ★ 流速計（7/16～）
- ★ 深度計（7/10～）

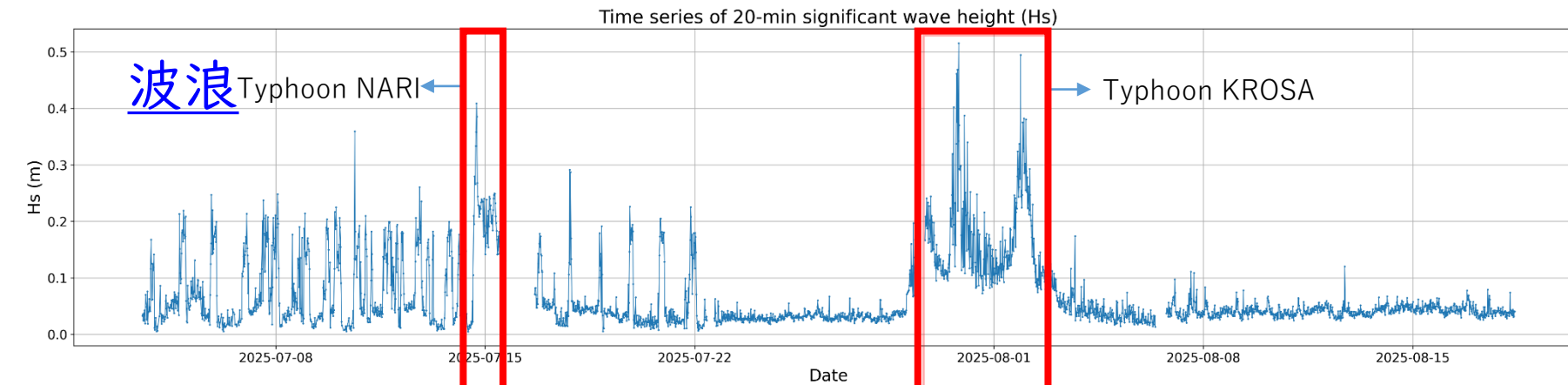


魚体長（全長）・魚体重

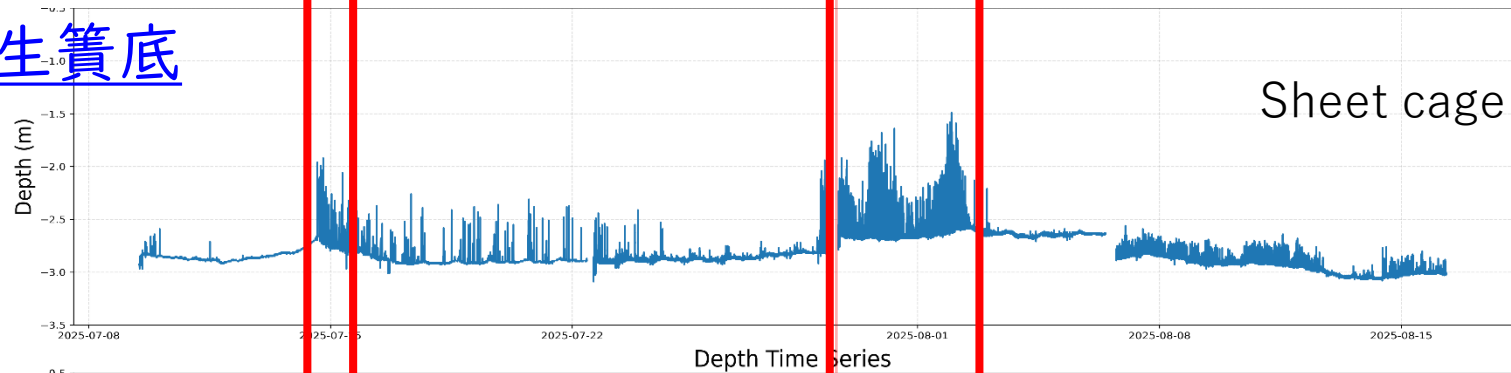
- 6/19：袋に水をサバを入れた状態で体長と重さを計測し、サバを取り出した状態で再度重さを計測した。
- 7/29（10尾程度）、8/19（全量）：サバの体長と重さを極力正確に計測した。



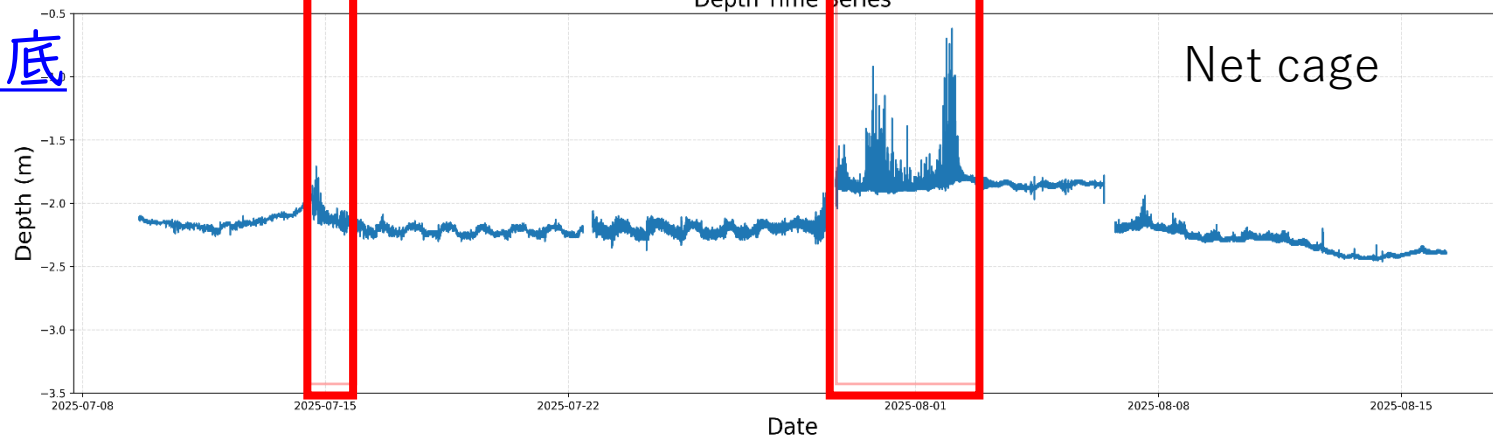




シート生簀底



網生簀底



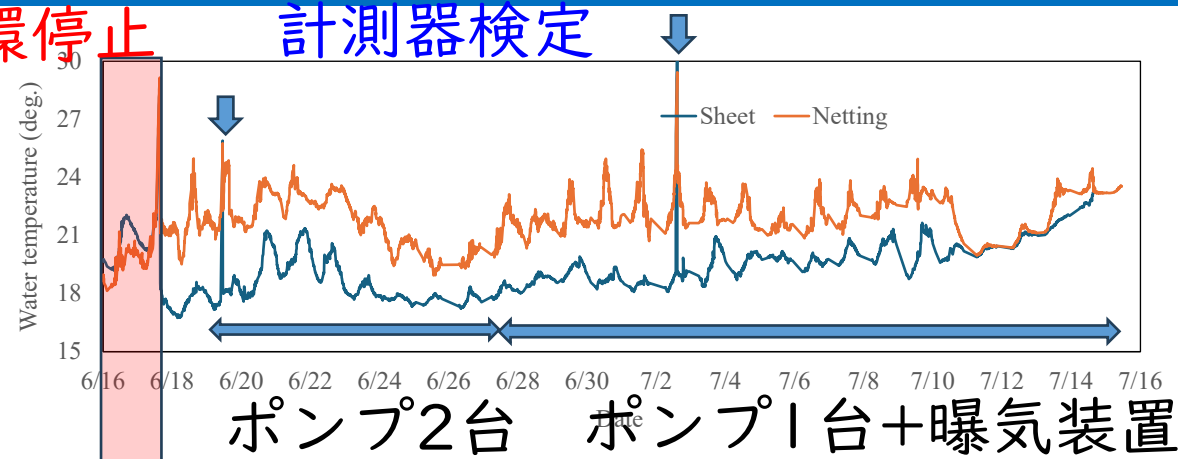
留意点

- 深度計はシート生簀と網生簀の底に置いたのみで、固定していない。
- シート生簀では、台風5号（ナーリー・NARI）通過後より、1つの角のシートが底枠から外れていたと推測され、7/29に取り付け作業を行った。

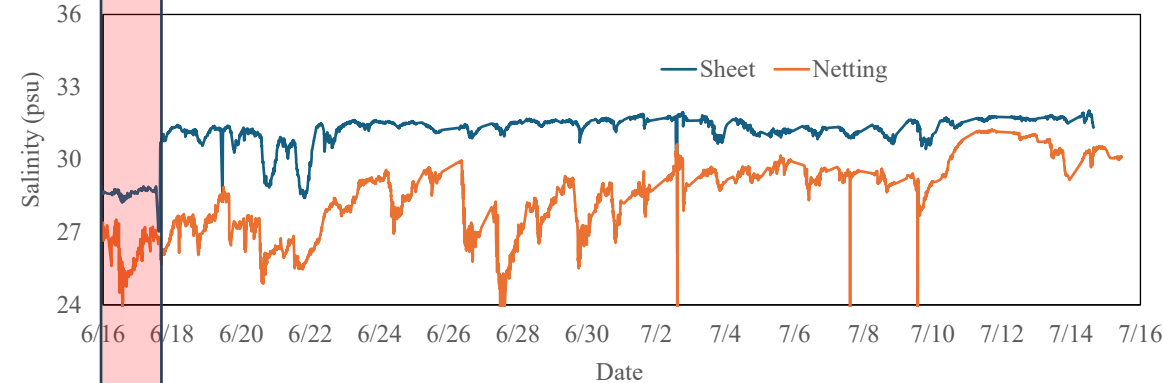
水質時系列データ（水面下約30cm）

| 13/20

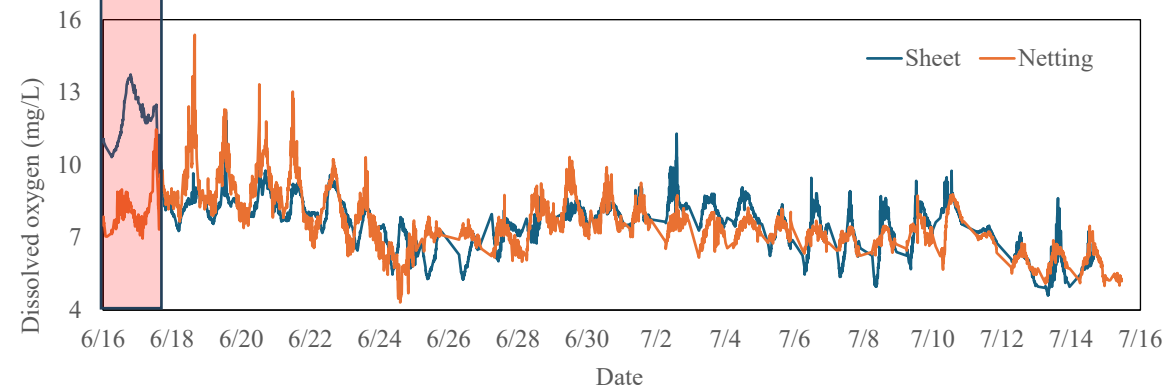
水温



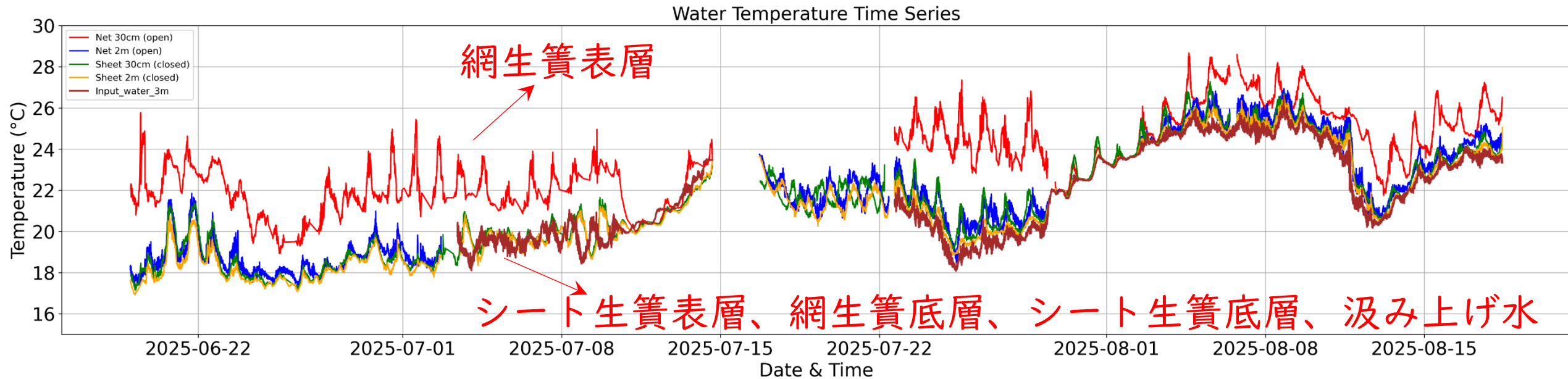
塩分



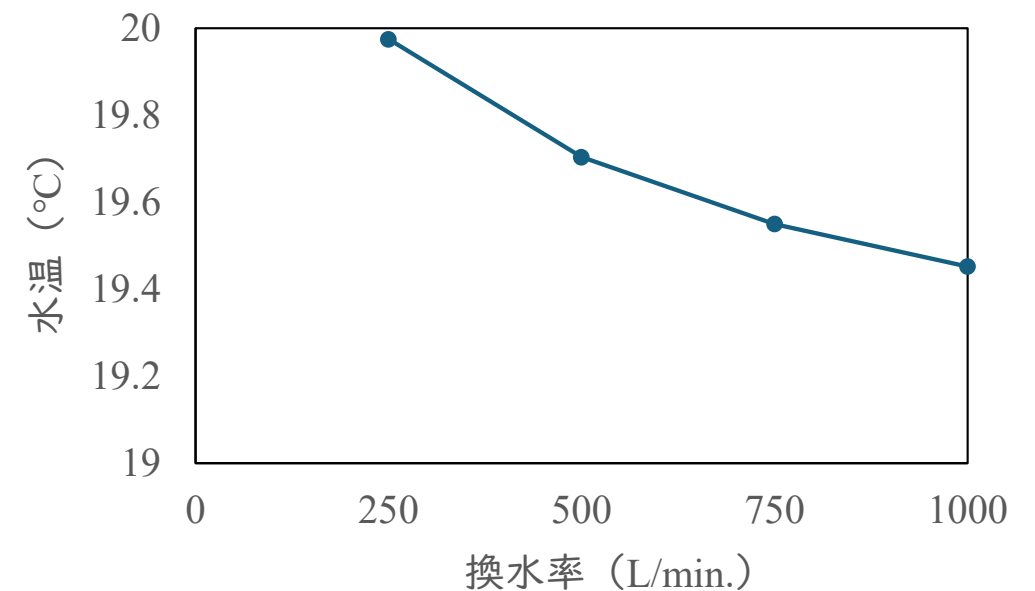
溶存酸素濃度



- シート生簀の表層水温と塩分は、概ね汲み上げた深度の水温と塩分に保たれる。水中ポンプは4台準備していたが、水温、塩分管理の観点からは1台で制御可能であった。
- シート生簀の溶存酸素濃度は、夜間から早朝にかけて低下する様子が見られたため、曝気装置を追加したところ、網生簀の溶存酸素濃度とほぼ同程度となった。



仮に、生簀表層水温が 22°C 、生簀底層水温が 19°C で、 19°C の海水を汲み上げて循環すると仮定した場合のシミュレーション：水中ポンプ1台（ 250 L/min. ）で表層水温を 22°C から 2°C 程度低下させることができる。



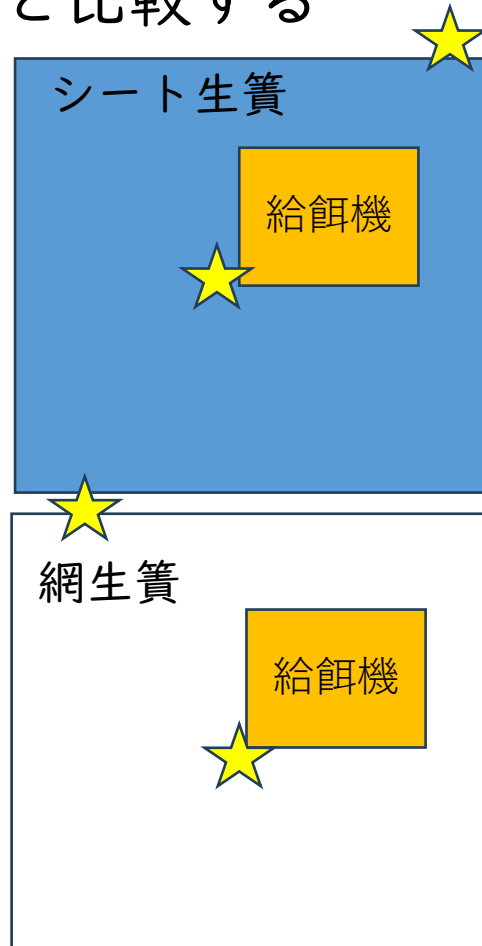
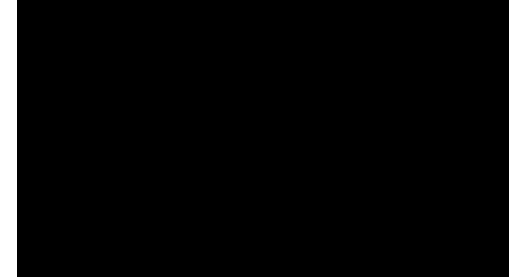
シート生簀上向き（給餌時）



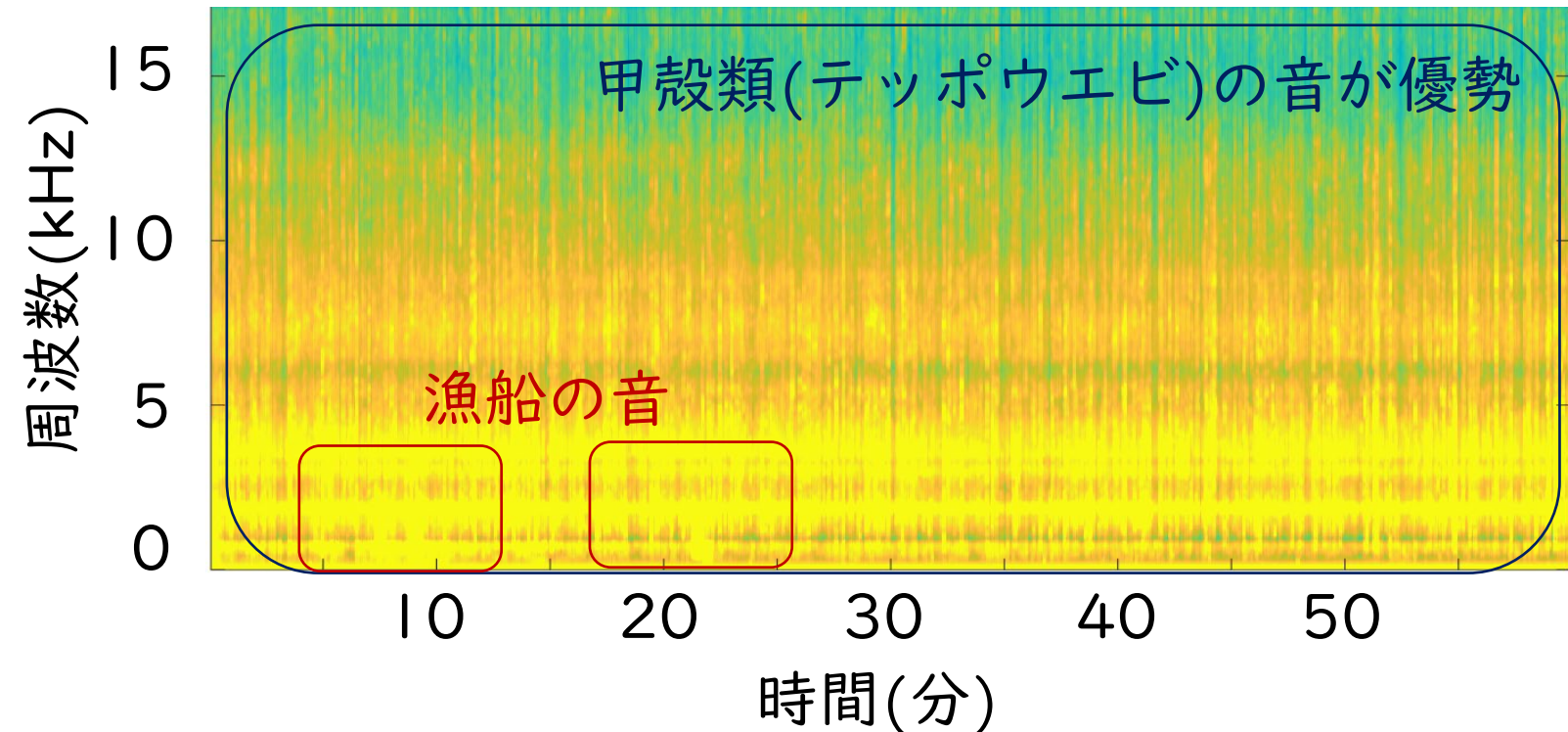
シート生簀下向き（通常時）



- 那珂湊にて4台の水中マイクロフォンを設置
- シート生簀および網生け簀の中央と枠近くで水中音を連続計測
- 水中ポンプを装備するシート生簀内の水中音特性を従来の網生簀と比較する



スペクトログラムの一例



尾数

- 網生簀に比べて、シート生簀では歩留まりが悪かった。
- シート生簀では、台風5号（ナーリー・NARI）通過後に多くの死魚が発生。要因の一つとして、シートの底枠からの外れでシートが変動し、魚が擦れた可能性。
- シート生簀では、7/29の魚の収穫後に数尾の死魚発生。収穫の際のストレスが原因の一つ。
- 生簀面積のうち、半分は鳥除けネット、1/4は給餌機用筏で覆われていたものの、1/4は開放→鳥による食害も考えられる。

成長

体長については、シート生簀、網生簀ともに大きくなったが、シート生簀の方がより大きくなる様子が見られた。

体重については、網生簀では減少したのに対し、シート生簀では6/19から7/29にかけて増加し、その後減少する様子が見られた。

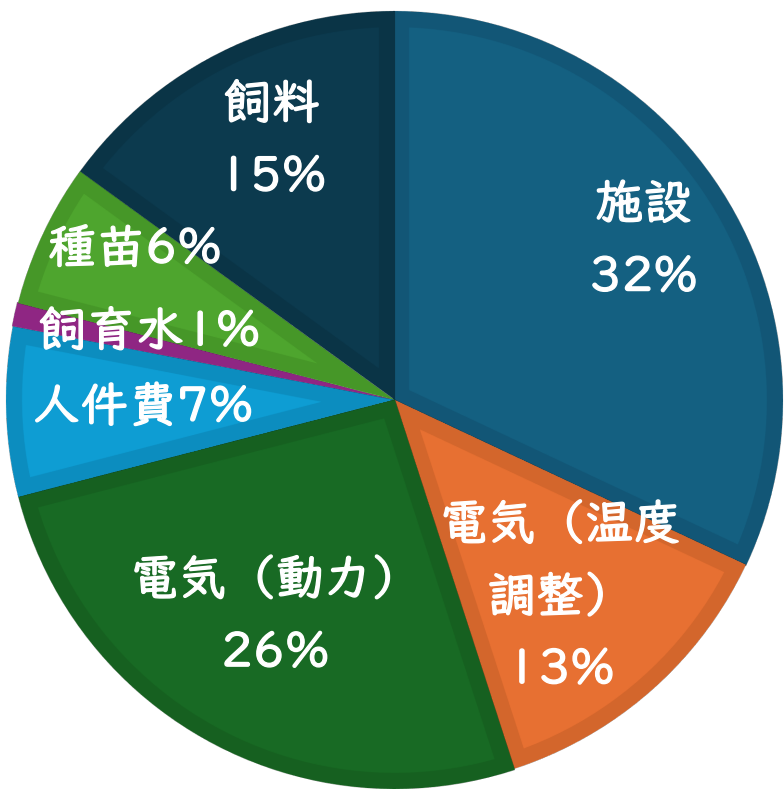
一般的に使用されている $10\text{m} \times 10\text{m} \times 8\text{m}$ の生簀にシートを追加；水槽実験により、当該環境から必要な強度の推定手法を確立、安全率を考慮してシートを選択（耐久性は今後長期の実海域試験で検証）

生簀数基に対して1基の筏を製作し、循環システムのための電力を供給（飼料も供給可）



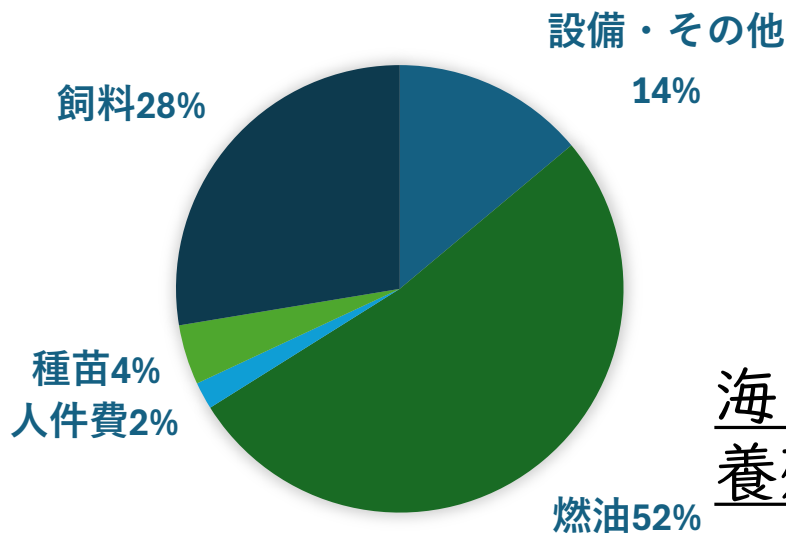
海面養殖で、600円/kgで生産している魚を想定し、FCRが同じとしてコストを比較

陸上閉鎖循環式養殖

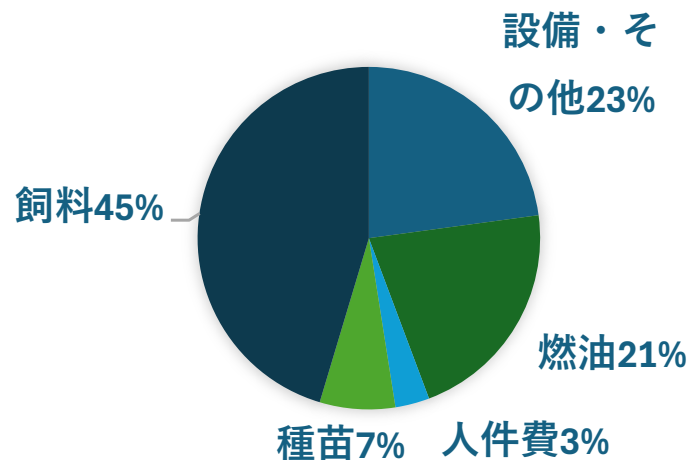


出典：水産研究・教育機構

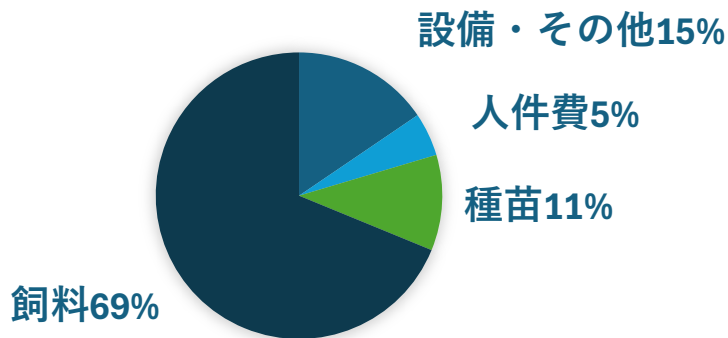
海面半閉鎖循環式養殖



海面半閉鎖循環式養殖（3ヶ月）



海面網生簀養殖



出典：水産白書

- スロッシング抑制の観点から、柔軟体のシートを用いた海面半閉鎖循環式養殖システムの検討を実施した。
- シート生簀においては、シートの破損リスクを評価することが重要となる。水槽模型実験で波浪場、流れ場でのシートへの荷重を評価し、シート材料を選定した。
- ゼブラフィッシュを用いた陸上実験で、シート生簀が動揺した際の魚の行動変化を観察した。
- 実海域実験では、波浪や流れに対するシート、網地の応答を確認した。循環システムによりシート内の水質が変化することを確認した。網生簀に比べて、シート生簀では歩留まりが悪かったものの、成長が良い様子が見られた。
- 海面半閉鎖循環式養殖システムのコストについて検討した。周辺環境の変化による被害抑制の観点からは、一時的な使用が費用対効果の面で有効であると考えられる。

ご静聴ありがとうございました。

東京大学生産技術研究所
北澤 大輔
(dkita@iis.u-Tokyo.ac.jp)