

採苗判断のためのカキ類幼生検出アプリ 「カキNavi」の開発

2024年9月25日

IoT/ICT 利活用セミナー

中国電力株式会社
エネルギー総合研究所 化学・バイオグループ
柳川敏治

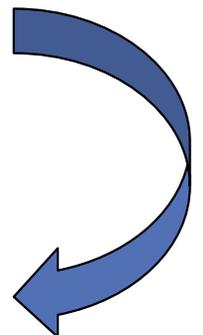
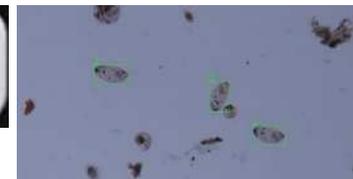
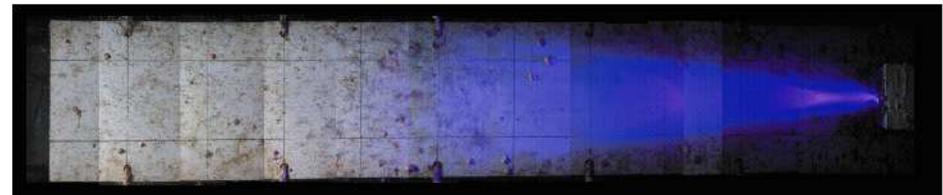
付着生物対策研究

火力・原子力発電所では冷却水として海水を使用していることから、海水取水路および海水利用設備（熱交換器等）へムラサキガイやフジツボ類が大量付着し、悪影響を及ぼす場合がある。中国電力では、発電コスト低減を目的として生物付着を抑制するための技術開発を進めている。



これまでに

- ・付着生物幼生検出キット（抗体検出）
 - ・付着生物幼生画像検出システム
 - ・藍色LED光による付着生物対策技術
 - ・CO2マイクロバブルによる生物付着防止技術
- 等を開発し、一部実用化。

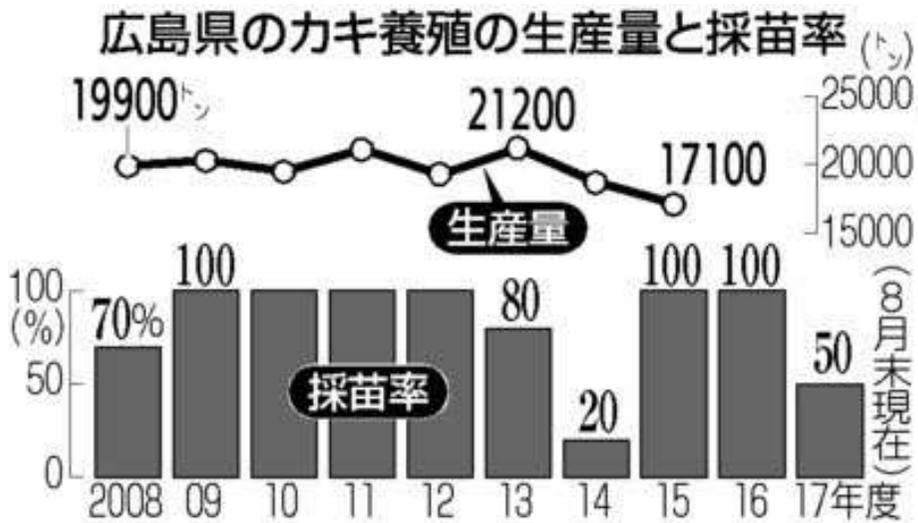


カキも付着生物の一種であることから、これまでの知見・技術を活用可能。中国地方の地域産業への貢献を目的として、研究を開始。

※カキの生産量は広島、岡山で全国の約7割を占める（2021年度、むき身換算）

採苗

コレクターであるホタテ貝の貝殻を海中に3日間ほど浸漬し、マガキ浮遊幼生を付着させる（7月～9月）。付着しなかった場合はやり直しが必要。



天然採苗がほとんどのため、年により十分な採苗が困難となる場合がある。

採苗不調時には、他の産地（宮城県等）から種苗を購入する必要があり、購入コストは広島県全体で数10億円にも上る。2年続くと大打撃。

採苗不調年においても、幼生の発生状況をこまめにモニタリングすることで、採苗の成功率を上げることが可能。

（自治体等の顕微鏡カウントでは頻度に限りあり）



生産者自らが実施可能な簡便・迅速なモニタリング手法
 広島県実証事業ひろしまサンドボックスにて検討実施



広島県・江田島市
内能美漁業協同組合・平田水産
課題抽出
実証フィールド提供・支援

東京大学
海上無線通信技術
センサーノード開発
IoT無線方式LoRa・sXGP



ルーチェサーチ株式会社

ドローン画像による産卵・放精状況の把握
ドローン画像によるかき筏認識



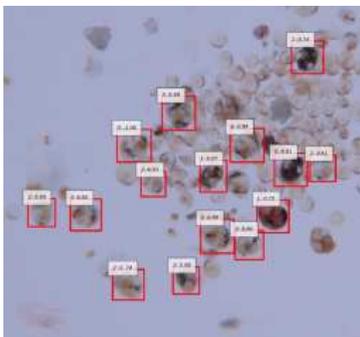
シャープ株式会社
海上無線通信技術
スマホアプリ開発



iOstrea

中国電力株式会社
株式会社セシルリサーチ
カキ幼生検出技術

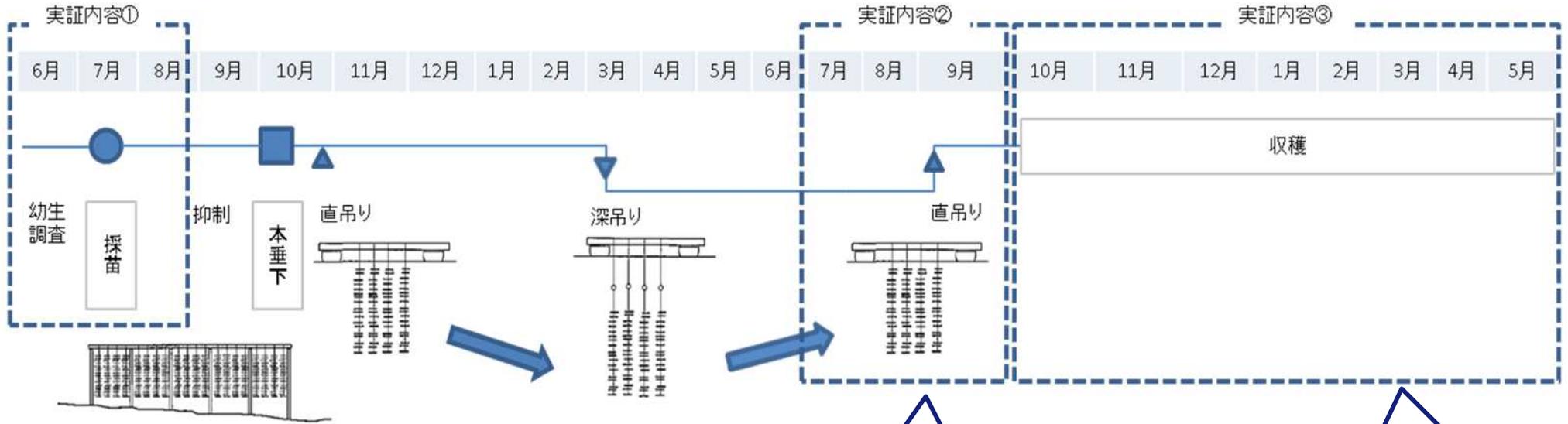
株式会社NTTドコモ
海洋定点観測専用水上ブイ (ICTブイ)
広島湾内水質センサーネットワーク構築



(協力支援パートナー)
広島県総合技術研究所

成果の一部は実証事業終了後においても
2021年度から4年計画で広島県農林水産局水産課の施策として継続中

【かき養殖スケジュールと課題】



課題

採苗不調 (種が採れない)

へい死 (高水温等)

生産記録 (HACCP対応) 出荷状況

対策

幼生分離撮影装置・
幼生検出アプリの導入
【セルリサーチ, 中国電力】

漁場環境情報収集
(水温センサー、クロロフィル)

電子記録システムの構築
・HACCPに対応した生産記録
・スマホで情報の見える化

① 漁場環境モニタリング

ICTポイント	水温(表層)	水温(中間)	水温(深層)
ICTポイント：地御前	25	19.4	18.8
ICTポイント：江田内A	22.9	19.7	18.2
ICTポイント：江田内B	0	0	17.7
ICTポイント：草津A	23.6	19.8	18.4

② かき幼生検出アプリ活用

カキ幼生検出アプリの活用方法:

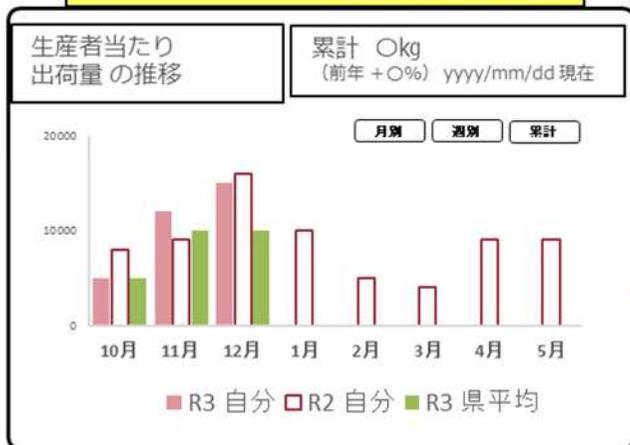
- 日付ボタンを押すとその日の検出結果を確認できます。
- 日付選択ボタンを押すと表示される週を変更することができます。
- ポイントを押すと結果表示ができます。
- 画像を押すと拡大表示ができます。

⑤ 関連情報の共有化

お知らせ機能

- ・ノロウイルス、貝毒
- ・かき採苗調査結果

④ データの一元化・見える化



③ 生産情報の記録

HACCP生産者記録

ログインアカウント(Email)

パスワード

ログイン

パスワードを忘れた方はこちら

利用者: 広島県太郎

作業一覧

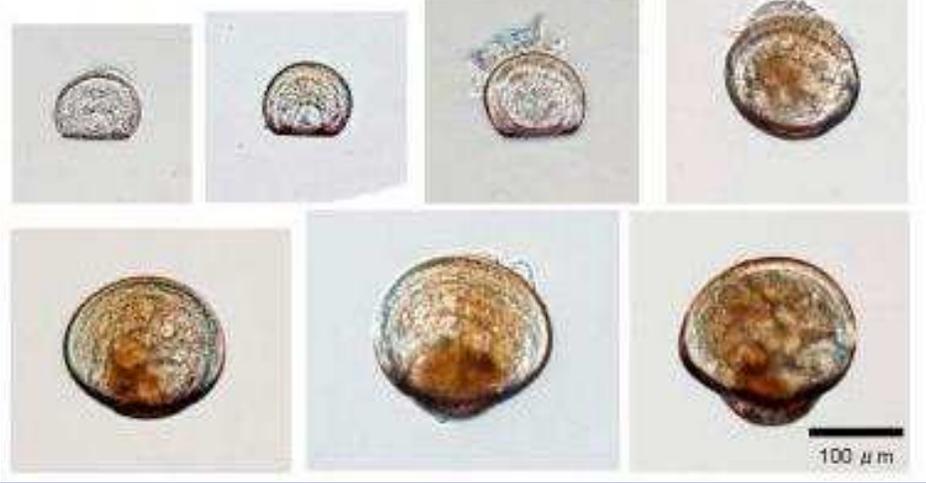
作業登録

水揚げ

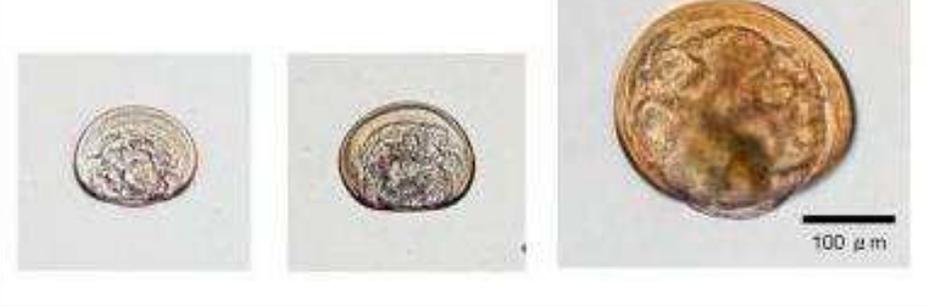
加工・出荷

使用海水

ホトトギスガイ幼生



ムラサキガイ幼生



カキ類後期幼生は特徴的な形態をしており、付着期には眼点が確認できる。(右は未固定画像)

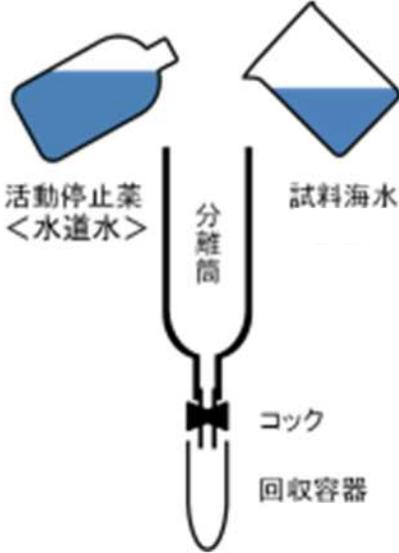
(東北大学 大学院農学研究科 生物海洋学分野HPより)

AI物体検出を活用した画像による「カキ類」後期幼生の検出が可能。

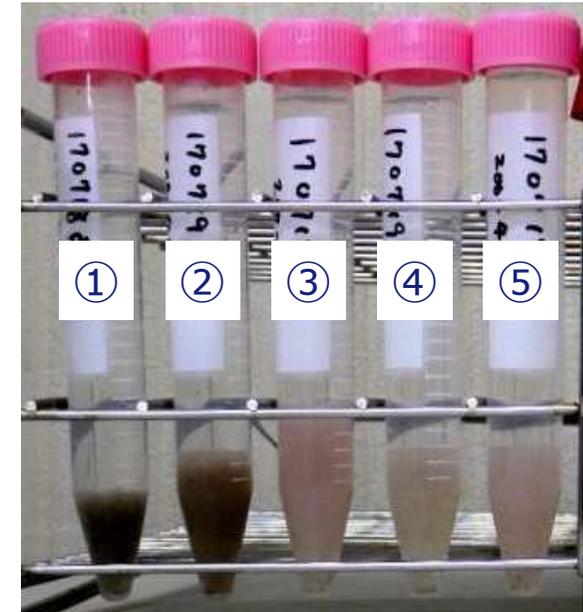
広島湾では夏に発生するカキ類はマガキがほとんどであり、誤検出が生じる可能性は低い。伊ワガキ、ケガキ、シカメガキなど他のカキ類が混在する海域では、抗体による検出の併用も可。

幼生はサイズが小さいため、プランクトンネットサンプルの検出が前提。
 画像撮影のためには、前処理が不可欠。

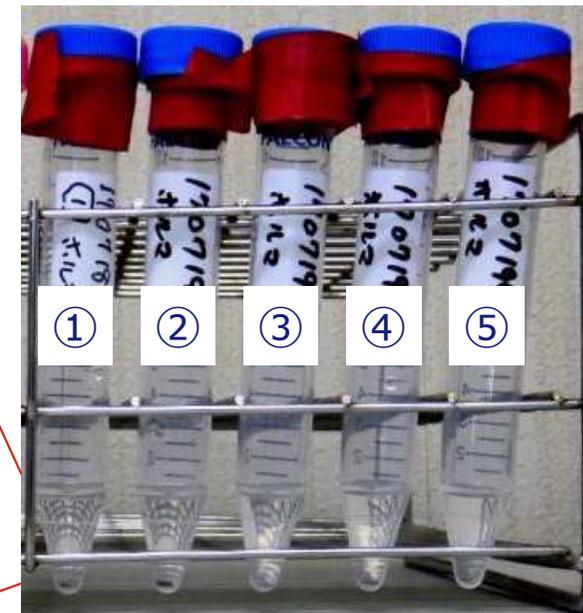


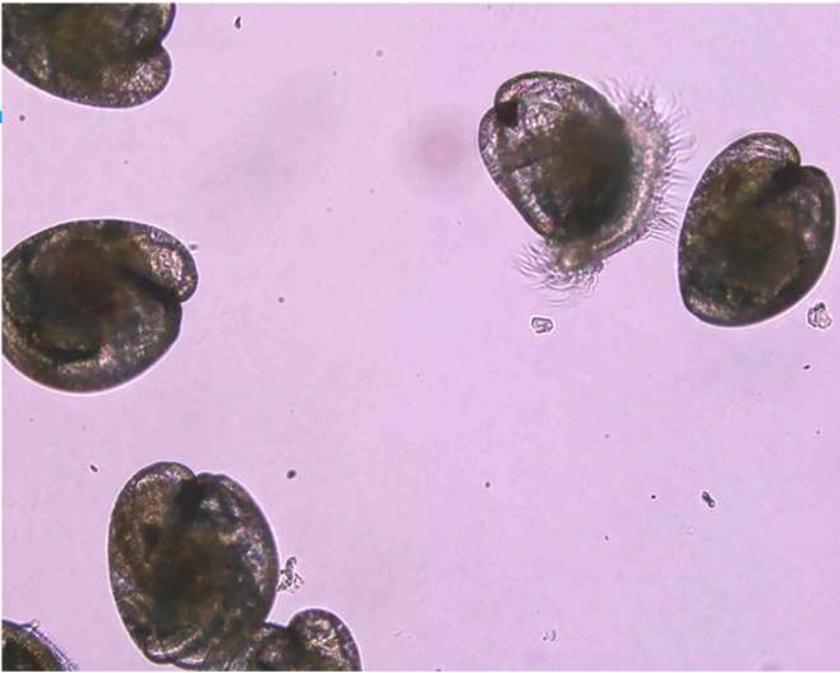


水道水を加えて遊泳を止め、幼生を沈殿させる。
 沈殿の速度差により、重い二枚貝幼生の選別が可能。
 ※特許登録済み 特許6618232号

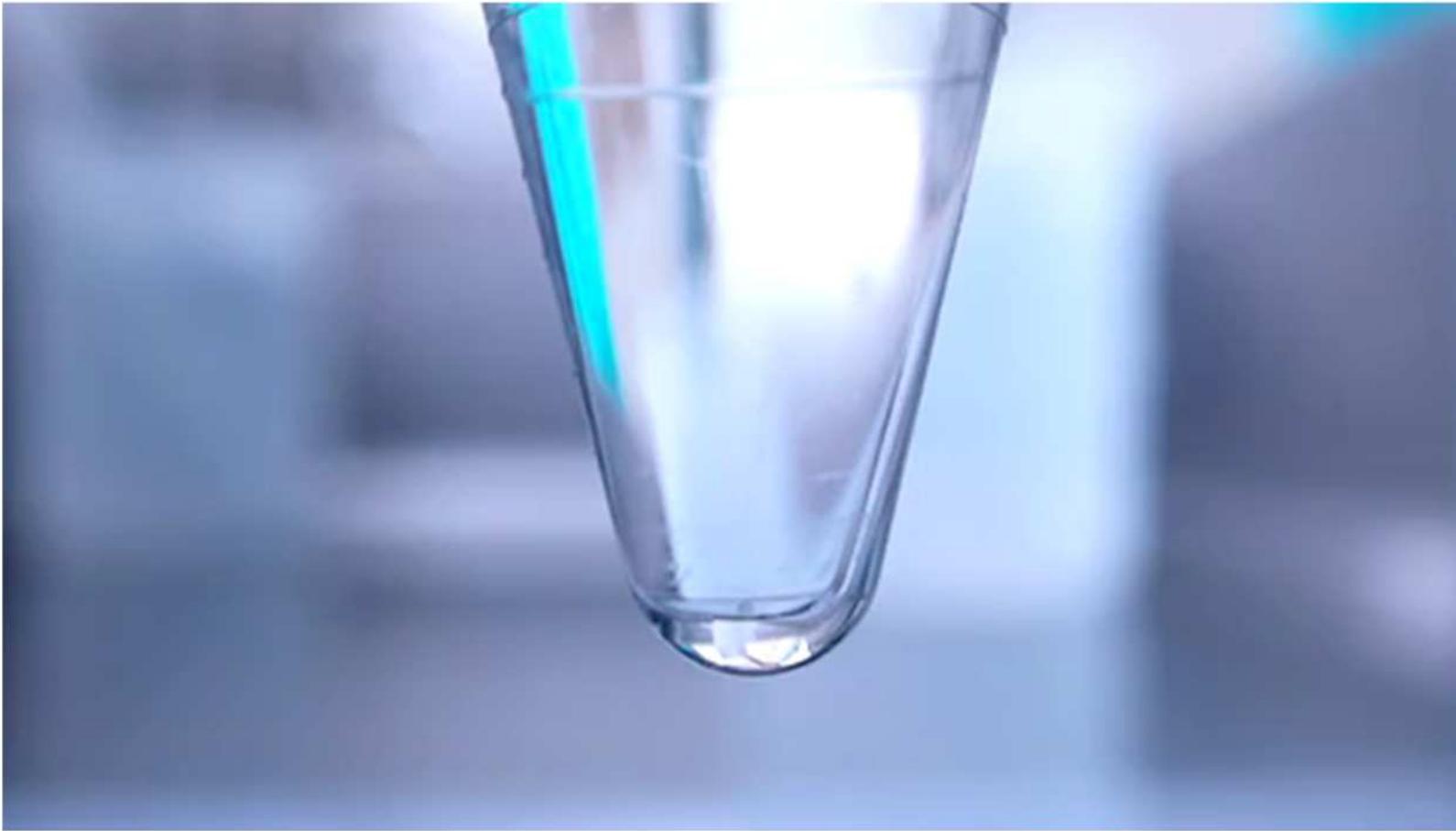


珪藻類や夜光虫も濃縮





サンプル量の2倍の水道水添加により、カキ幼生が遊泳を停止し、他のプランクトンよりも早く沈殿する。本手法のマガキ付着期幼生回収率は約8割。
(他種プランクトン除去率 98%)



顕微鏡を用いない市販の安価かつコンパクトな撮影手段を目標に検討



スマートフォンによる撮影

- ・20倍マクロレンズを装着して撮影
- ・光学ズームがないため、ズーム撮影は不可 (デジタルズームでは画質が低下)
- ・カメラの構造上マクロレンズ装着不可の機種もあり、適用機種が限られ、モデルチェンジが速い

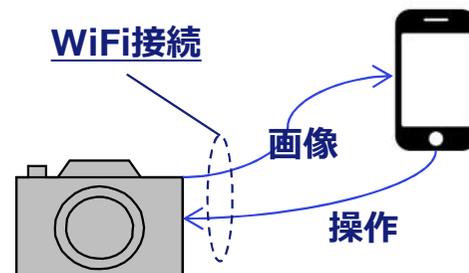


デジタルカメラによる撮影

- ・光学ズームにより画質を落とさず拡大撮影が可能
- ・wi-fi連携したスマホで操作ができ、倒立撮影可
- ・付着期幼生の指標である眼点が識別可能
- ・スマホの機種は問わない
- ・シャッタースピードが速いため、揺れる船の上でも撮影可

- ・顕微鏡と比較すると安価
- ・コントラストの明確な倒立透過光撮影可 (スマホ連携)
- ・光学ズームにより眼点識別可能
- ・揺れる船の上でも撮影可

の点からデジタルカメラによる撮影を選択 (顕微鏡モード搭載のオリンパス製を使用)





撮影視野に合わせた内堰を設けたシャーレ

揺れがあり、作業スペースの少ない船の上でも容易に、確実に撮影できるように、各種撮影器具を作成。



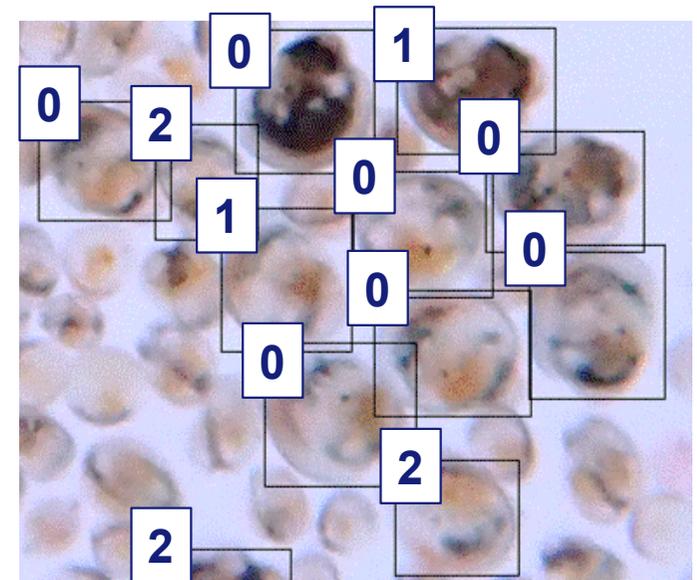
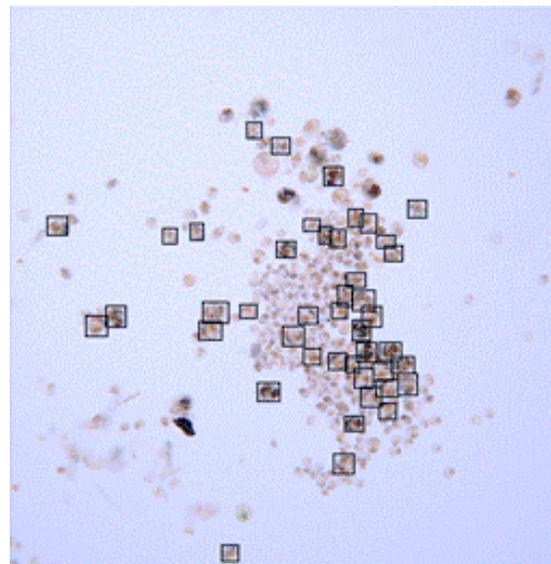
2019年7月に江田島市高田交流プラザにて広島湾内各地で採取したプランクトンネットサンプル（NXX13、2.8m鉛直引き、200L）を前処理、撮影、後日、アノテーション。

アノテーション時には広島市水産振興センターの区分を参考に下表の3区分とした。

中型、小型幼生は他種との識別が困難であり対象外とした。

	0 : 付着期眼点あり (270 μ m以上)	1 : 付着期眼点なし (270 μ m以上)	2 : 大型 (210~270 μ m)
教師データ	1561個体	1432個体	2536個体
テストデータ	175個体	69個体	121個体

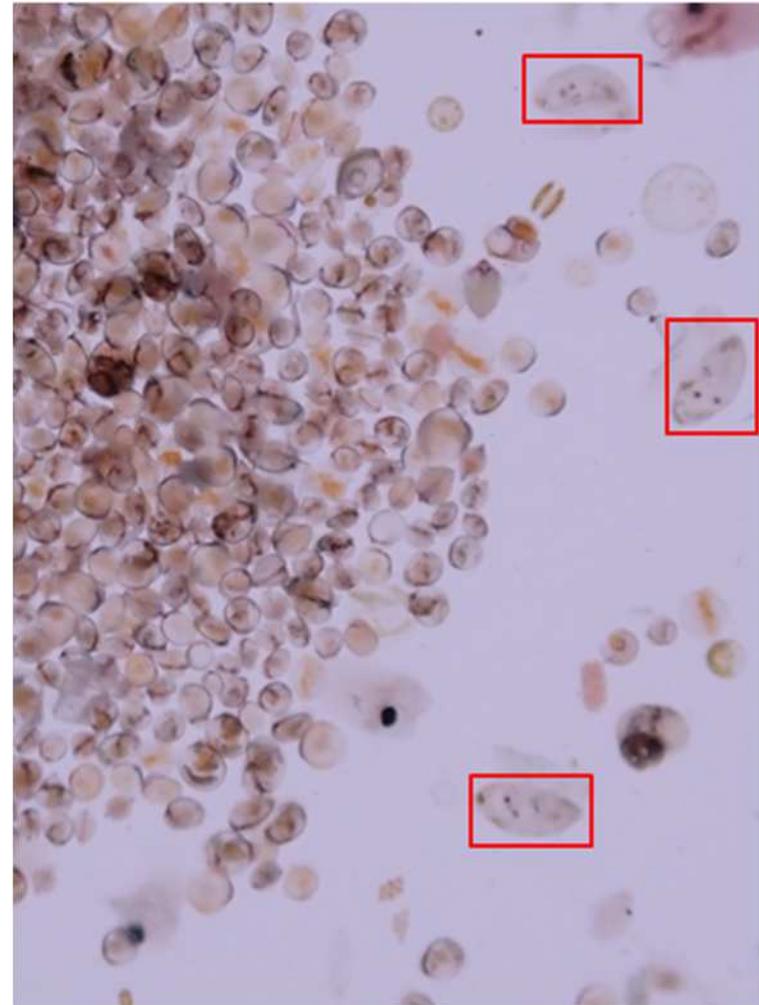
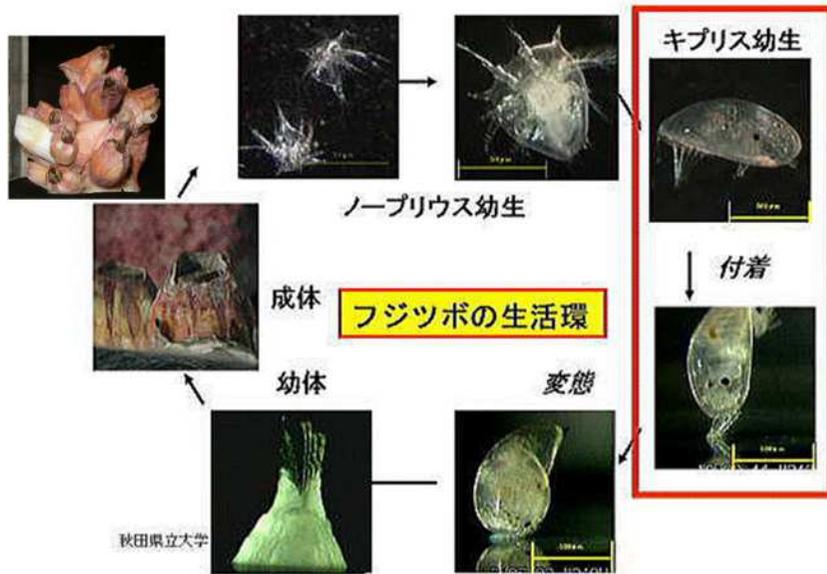
画像サイズ : 3,000 \times 3,000px
撮影範囲 : 7.6 \times 7.6 mm



【生産者のニーズ】

コレクター（ホタテ貝殻）にフジツボが付着するとカキの初期生育を妨げる。
 カキの付着時期とフジツボの付着時期が重なる（7月）ため、
 フジツボ幼生が大量発生している場合は採苗を避ける。

⇒ **フジツボ付着期幼生の検出を追加**



コレクターに付着したフジツボ

フジツボ付着期幼生 約0.5mm

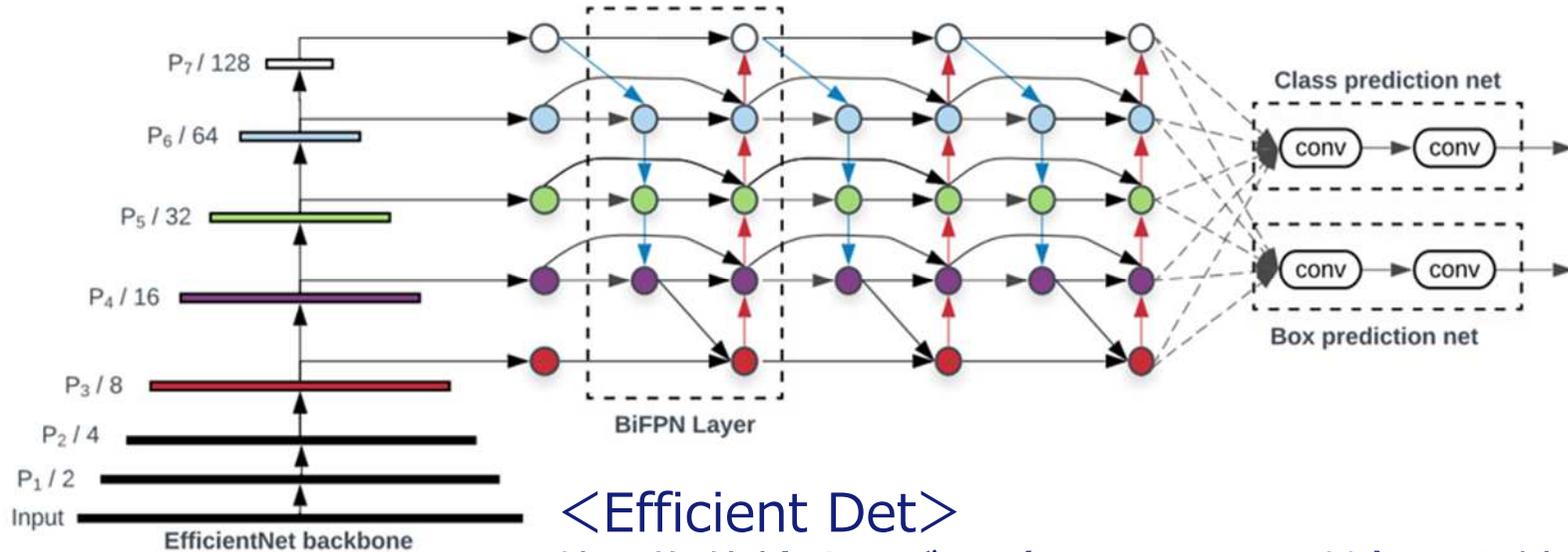
アノテーション済みの教師画像 (3,000 × 3,000 px)

500×500px切り取り (16,000画像)

※学習時、検出時の画像の切り取り方を特許出願済み

特願2020-64380

入力 (40回)



<Efficient Det>

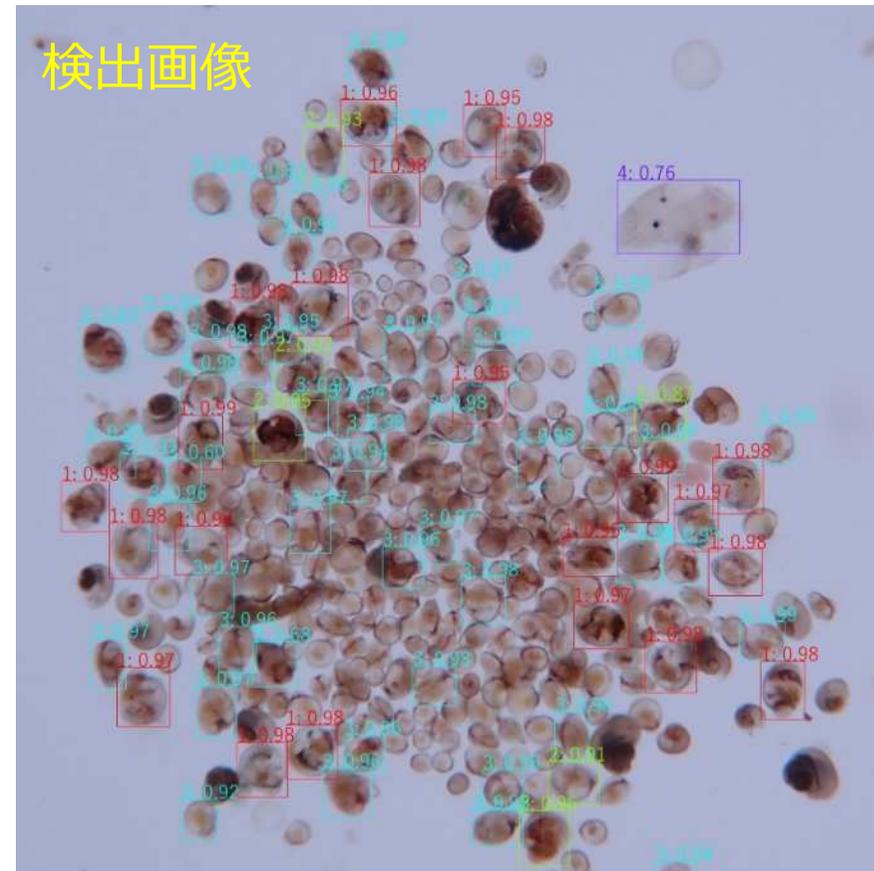
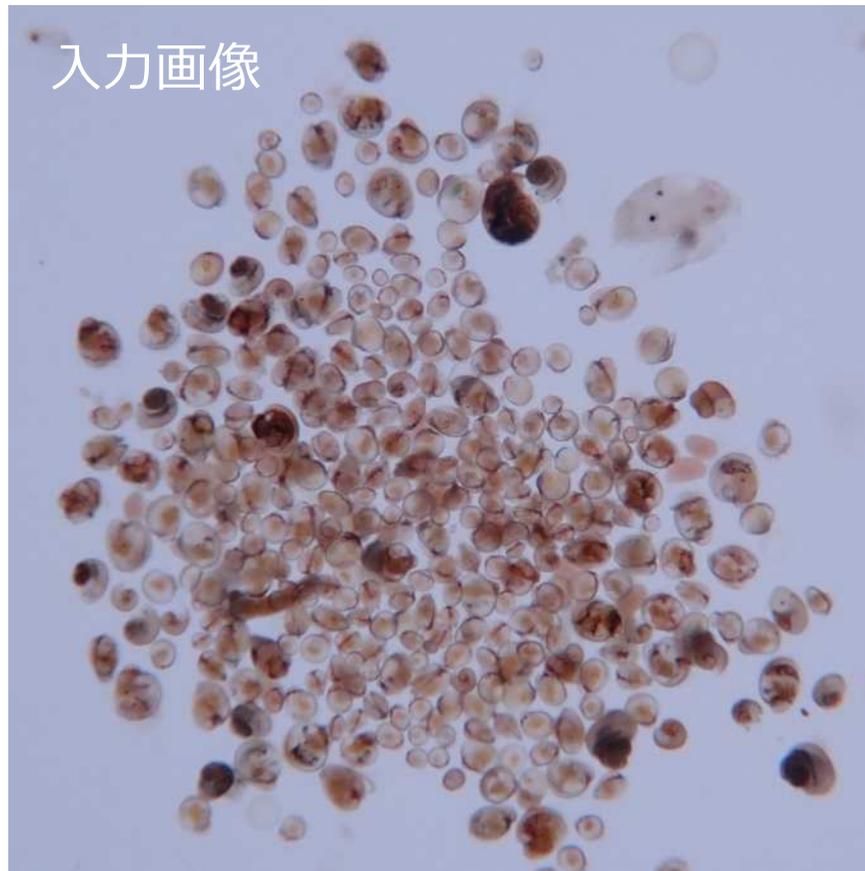
他の物体検出モデル (SSD、YOLO等) と比較して

- 必要とする計算資源が少ない
- 精度が高い
- 計算時間はやや遅い (静止画の物体検出に適している)

16,000画像を40回入力して、ネットワークの重みを学習

1 : カキ付着期幼生 (眼点あり)	AP = 0.709	mAP = 0.709
2 : カキ付着期幼生 (眼点なし)	AP = 0.506	
3 : カキ大型幼生	AP = 0.745	
4 : フジツボ幼生	AP = 0.876	

※ AP : 平均適合率 (画像検出の評価指数) , mAP : APの平均



採苗判定上重要な「付着期眼点あり」とフジツボについては、高性能に検出可能 (APには区分の間違いも反映されるため、カキ幼生という点では高精度に検出)

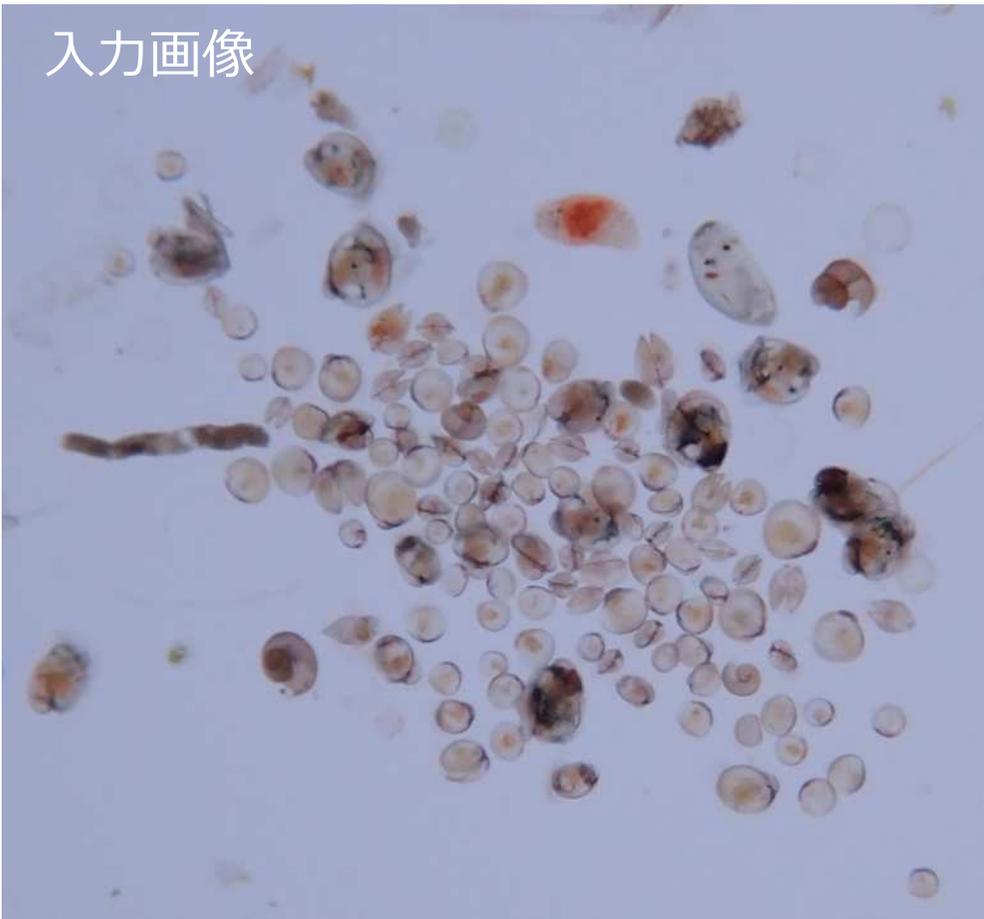
1 : カキ付着期幼生 (眼点あり)

2 : カキ付着期幼生 (眼点なし)

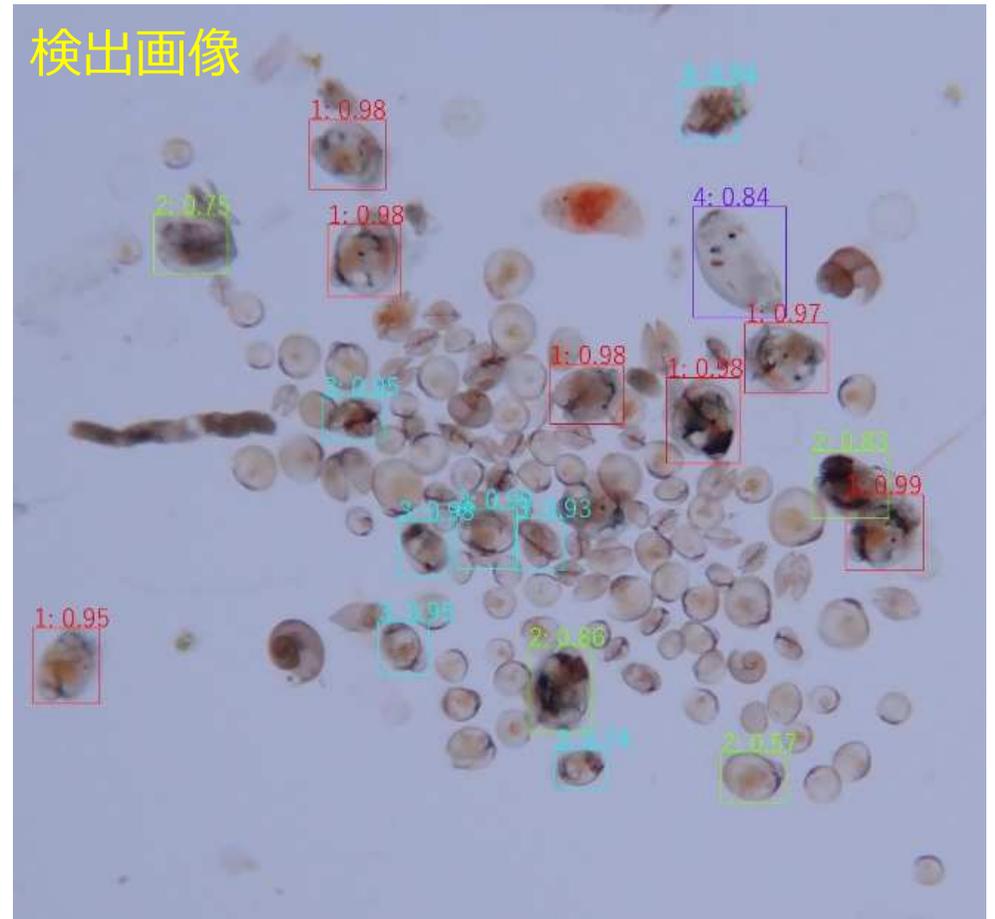
3 : カキ大型幼生

4 : フジツボ幼生

入力画像



検出画像



1 : カキ付着期幼生 (眼点あり)

2 : カキ付着期幼生 (眼点なし)

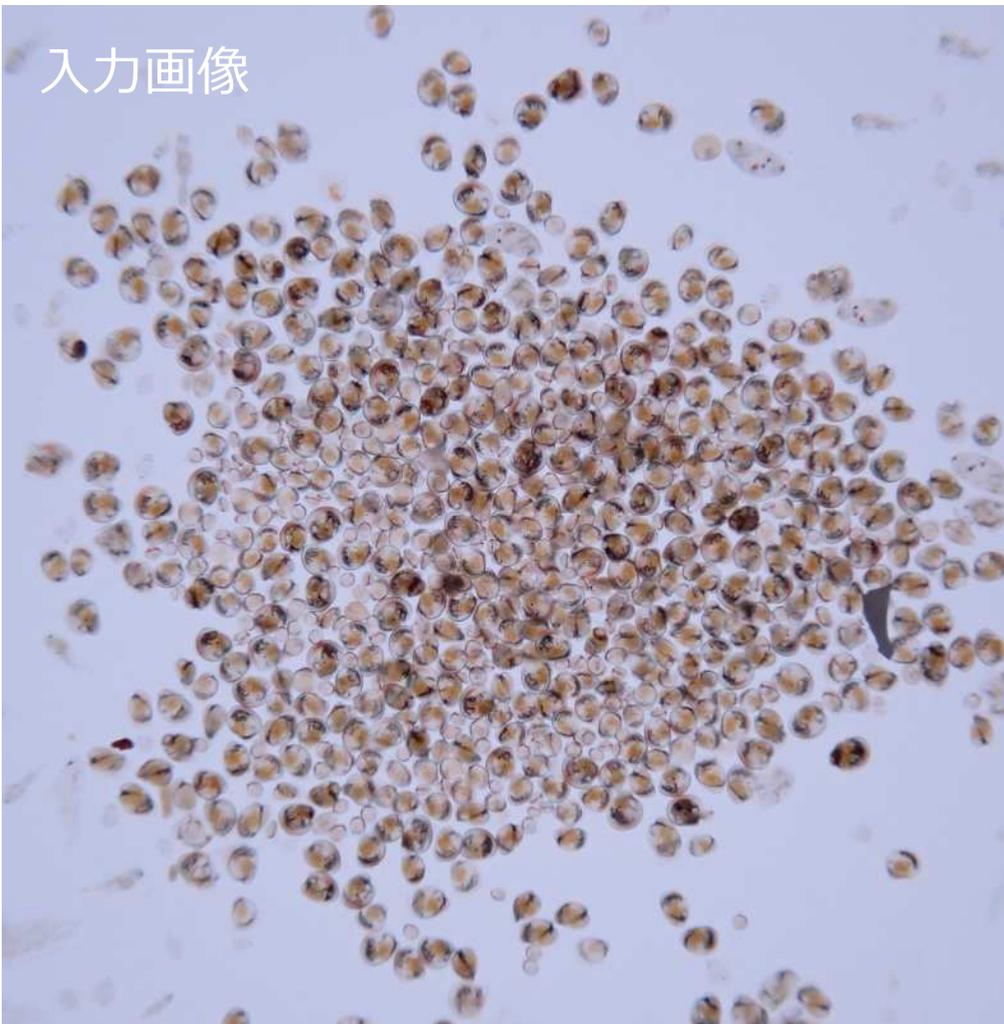
3 : カキ大型幼生

4 : フジツボ幼生

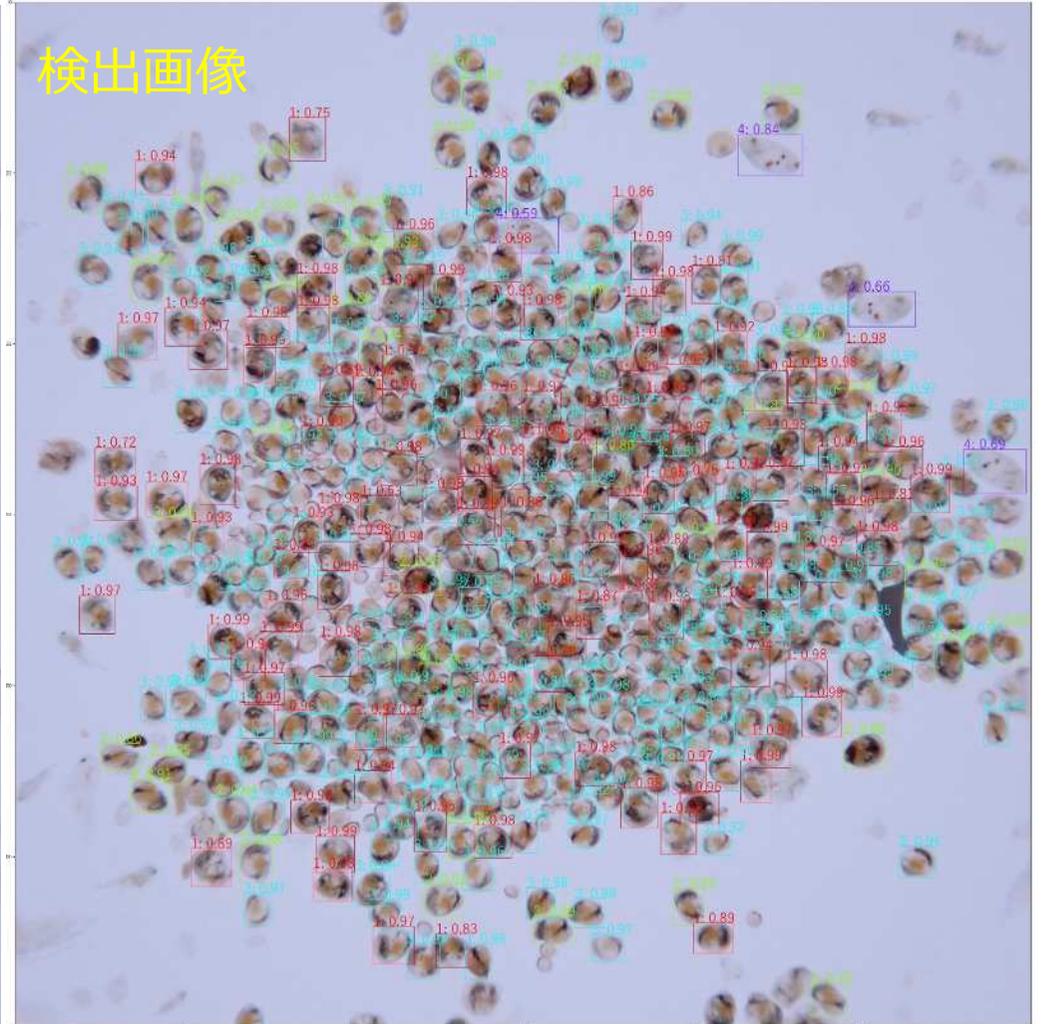
幼生数が非常に多くても一定の精度で
短時間 (5秒程度) で検出可能

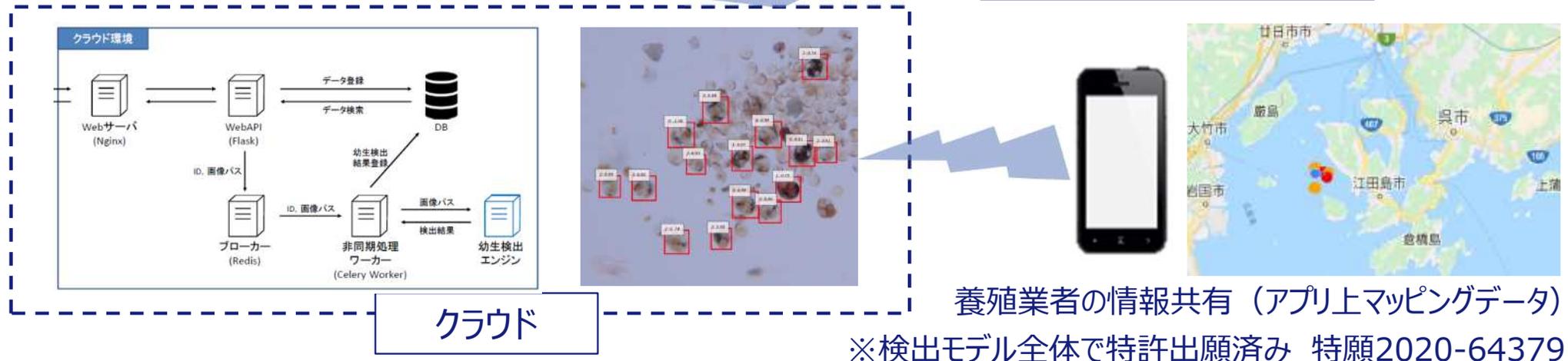
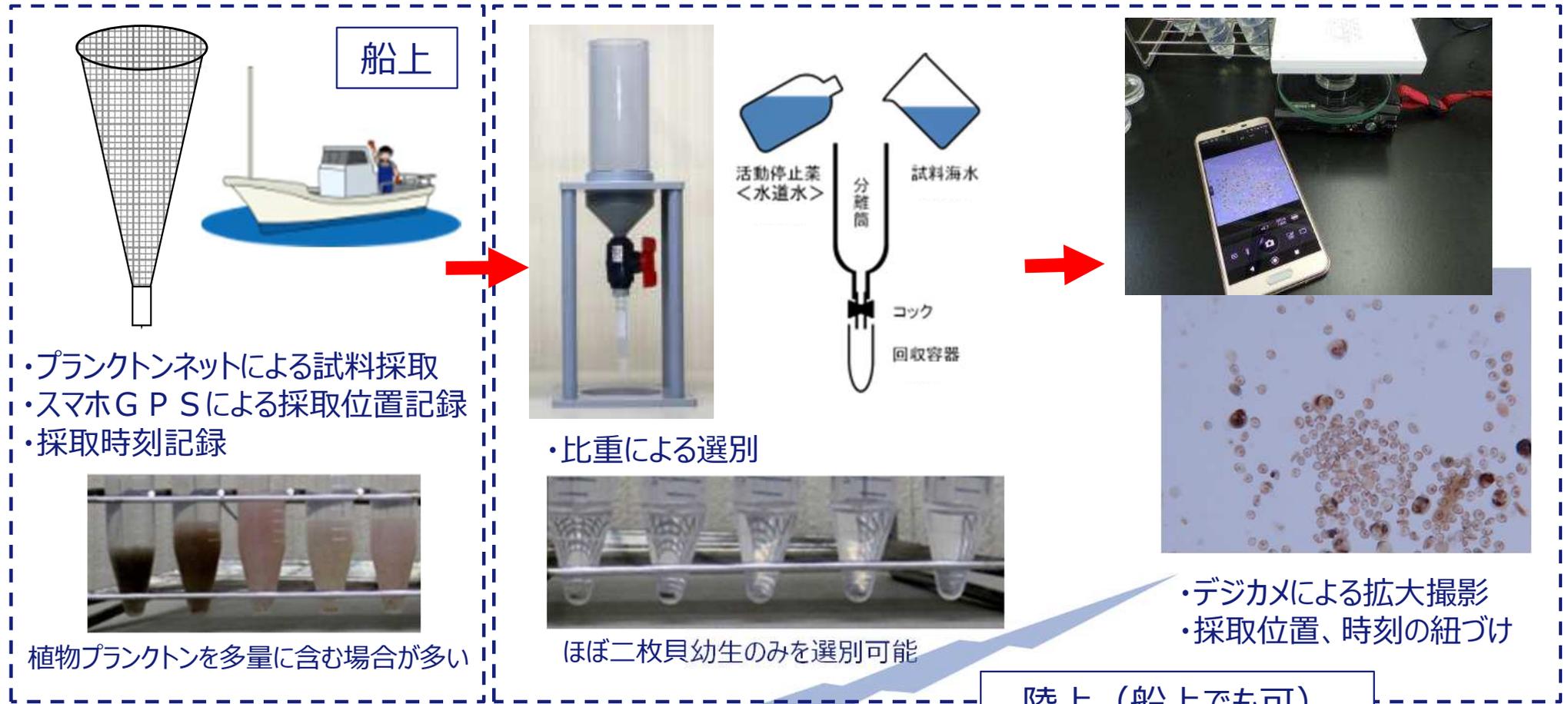
顕微鏡観察下でカウントするとかなりの時間と労力
が必要 <特に付着期の指標である眼点は困難>

入力画像



検出画像





端末の利用者名： 中国電 西田 変更



牡蠣幼生検出アプリ

採取地点データ取得
クラウドへのデータ送信

検出結果表示

[このアプリについて](#)





端末の利用者名： 中国電 西田 変更

採取地点データ取得 ステータス更新

<input type="checkbox"/>	地点ID	座標	時刻	
<input type="checkbox"/>	230613-001	34°23'51.7"N 132°43'58.0"E	2023/06/13 09:25	画像登録

採取地点(GPS)・時刻を記録し、
スマホに取り込んだサンプル画像を
登録してデータを紐付け

クラウドへ送信 削除

: 解析完了
 : エラー

端末の利用者名： 中国電 西田 変更

ファイル名： 参照

登録 キャンセル



検出結果を個体数ごとに色別で、
フジツボ幼生の有無によって形を
変えて分かりやすく表示

マップ上のポイントをタップで
詳細情報を表示

日付 座標
2023/06/07 34°27'1.1"N
08:43 132°42'36.0"E

[0] カキ付着期幼生 (眼点あり) : 24個
[1] カキ付着期前幼生 (眼点なし) : 60個
[2] カキ大型幼生 : 102個
[3] フジツボ幼生 : 1個

登録者名 : シャープ
画像ファイル名 : OI000025.jpg

*タップで拡大

CLOSE

230607-001_17920f1e-dfdd-4b3d-af7b-759090988569
OI000025.jpg

■ カキ付着期(眼点あり) : 24
■ カキ付着期前(眼点なし) : 60
■ カキ大型 : 102
■ フジツボ : 1

画像のピンチイン・アウトで
拡大・縮小表示が可能

CLOSE

230607-001_17920f1e-dfdd-4b3d-af7b-759090988569
OI000025.jpg

■ カキ付着期(眼点あり) : 24
■ カキ付着期前(眼点なし) : 60
■ カキ大型 : 102
■ フジツボ : 1

画像のピンチイン・アウトで
拡大・縮小表示が可能

CLOSE

詳細情報の画像をタップで拡大表示し、
さらに拡大縮小も可能

【生産者の感想】

誤検出はあるものの、前処理等の作業について難しいところはなく、アプリの操作・表示はわかりやすい。船上で全工程を完結させることができることから、採苗作業開始前の確認用として活用可能。 → 2021年度から4年計画で生産者による実証を実施中

【社外発表】

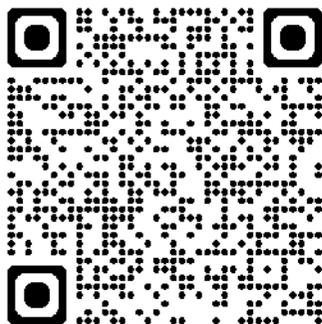
- 2022年10月 日本付着生物学会50周年シンポジウムにて
AIカキ幼生検出技術を発表
- 2023年 6月 **アプリ開発をプレス発表**（TV4社、新聞5社が取材）
- 8月 地御前漁協にて生産者のアプリ利用の様子を取材
（TV3社、新聞3社）
- 2024年 2月 シーフードショー大阪へセシルリサーチと共同出展
（電気新聞に記事掲載）
- 7月 早田原漁協、安芸津漁協にて生産者のアプリ利用の
様子取材（TV1社、新聞1社）



シーフードショー大阪の展示ブース

【周知活動】

2024年7月～9月
 広島県以外のカキ採苗地域（宮城県、岡山県）
 においても生産者によるトライアルを実施
 広島県内実証も継続実施



「カキNavi」特設ホームページ



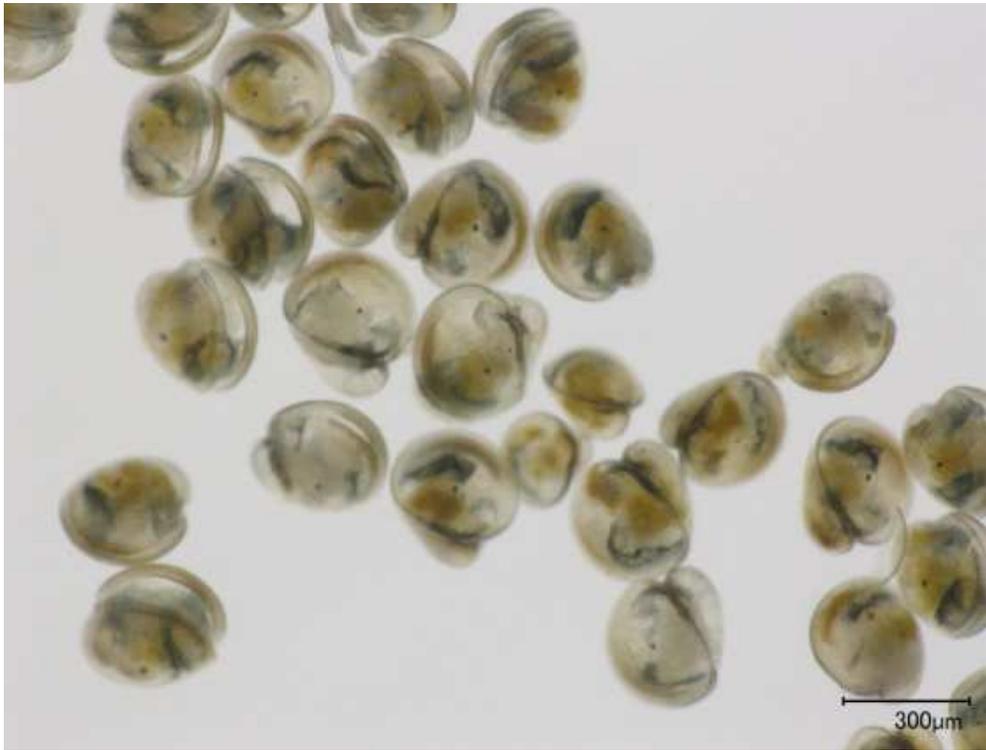
配布用チラシ

- ✓ 簡便・迅速にカキ類後期幼生の発生状況を確認できる
- ✓ 特に眼点のある付着期幼生については高性能な検出が可能
- ✓ 揺れのある船上において前処理を含めすべての工程を完結させることができ、検出結果を迅速に採苗工程に反映可能
- ✓ AI物体検出モデルのため、実運用で得られた画像データをもとに再学習を実施することで、実運用すればするほど検出性能が向上
- ✓ 画像に色情報も含むため、色素の体内分布から幼生の健苗性も確認可

＜欠点＞ 回収幼生が多い場合は重なり等で精度の高い検出が困難。
小型、中型の幼生は検出対象外。
他種カキ類幼生の生息海域では、誤検出の可能性がある。



ウェブアプリ化、検出精度向上（再学習）等の
改良を加えた上で、2025年度の社会実装を目指す。



写真提供：広島県



写真提供：広島県

ご清聴ありがとうございました。