

日本初！ グリーンエネルギーとIoTを活用したエビ養殖に挑戦

-NEDO「脱炭素化・エネルギー転換に資する我が国技術の
国際実証事業」の実証運転開始 -

「地域のバイオマスを利用した省エネ型エビ養殖システム高度化実証研究（ベトナム）」

2024年6月13日
裕幸計装株式会社

省エネ型エビ養殖統合システム 実証運転 開始

バイオマスを有効利用したグリーン電力と
IoTを活用した水質管理による生産性の大幅な向上を実現する
未来型エビ養殖事業

バイオマスの高効率エネルギー転換

IoT技術によるリアルタイム水質安定化

超微細気泡による酸素供給

AIを駆使したデータ解析による
最適エビ養殖手法の確立

システム全体写真

1000m³エビ養殖池①
(実証研究用)
IoTセンサー設置

1000m³エビ養殖池②
(実証研究用)
IoTセンサー設置

500m³エビ養殖池
(稚エビ養生用)

バイオガス
発酵槽

レモンガラス廃棄物
貯蔵庫

固体酸化物形燃料電池 (SOFC) 、
ガス貯留バッグ等の機器設置施設



ベトナム南部メコンデルタ地域の課題の解決と新技術の導入

1. エビ養殖において発生する汚泥（排泄物、死骸、脱皮殻、残餌など）が引き起こす周辺土壌・地下水の汚染
2. 電力の供給が不安定
3. バイオガスの発酵資材となるバイオマスが豊富である
(バイオマス：エネルギーや物質に再生が可能な、動植物から生まれた有機性の資源。
稲わら、もみがら、食品廃棄物、家畜排せつ物、木くずなど)

※本事業は、バイオマスに「レモングラス廃棄物」を使用

本実証研究の目標

- 目標値*の実現によるバナメイエビ生産性の大幅な向上

*養殖密度500尾/m³・生存率85%（年間平均生存率：57%）

- 最先端IoT養殖システムの確立と定型化
- エビ養殖統合システムの運用手法の確立と現地養殖事業者への啓発
- 省エネ、CO₂低減による持続可能な養殖事業の確立

- 省エネ型エビ養殖統合システムにかかる技術面および経済的側面の総合評価
- 循環式ゴムチューブ発酵槽によるメタン発酵の効率および安定供給化評価
- バイオガスの組成検証及びガス貯留精製手法の最適化評価
- エビ生産性最適化を実現するクラウド型データ収集・分析システムの活用によるデータ相関性評価

実施場所



ティエンザン省



"Gieng-nuoc-my-tho" by Phu-TG11 is licensed under CC BY-SA 4.0.

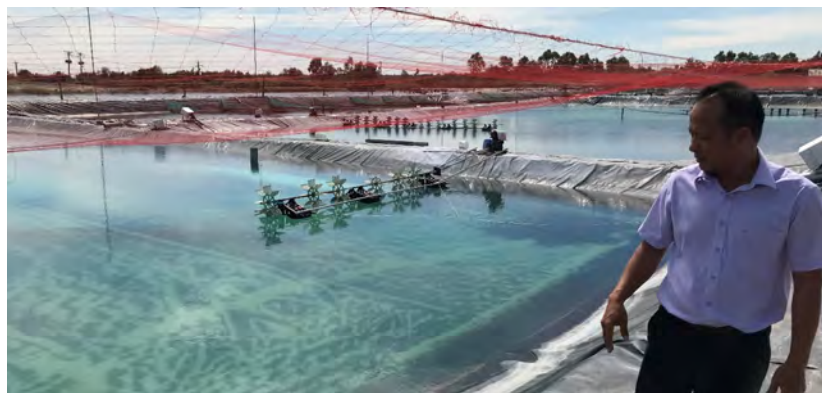


"Mekong Delta" by Prince Roy is licensed under CC BY 2.0.

エビ養殖場（Tuan Hien社）



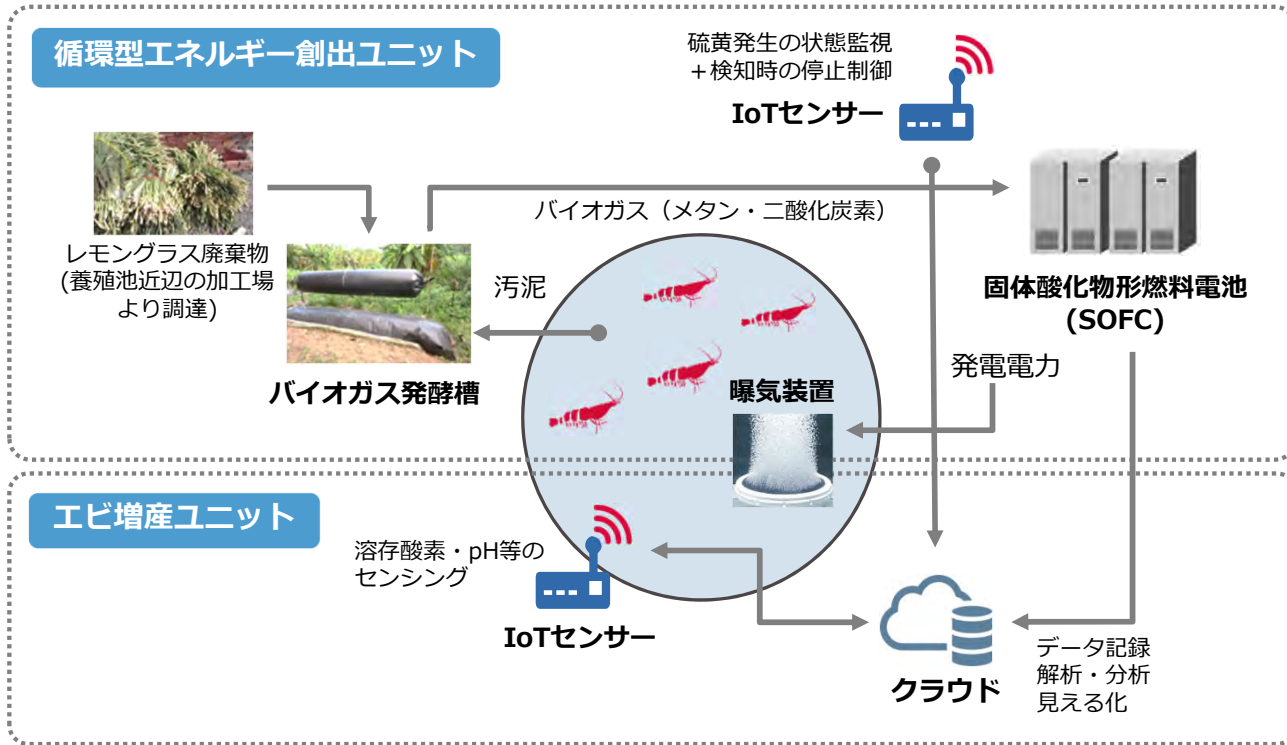
Tuan Hien社およびベトナム政府関係者との会議の様子



Tuan Hien社 社長と裕幸計装（株） 木戸

システム概要

省エネ型エビ養殖統合システム



システム要素

- バイオマス（レモングラス廃棄物）
- ゴムチューブ型バイオマス発酵槽
- 固体酸化物形燃料電池（SOFC）
- 消化液処理槽
- エビ養殖池
- バイオガス貯留バッグ
- IoTによる水質・養殖管理支援
- 全ての機器を制御するための自動制御技術



1. 九州大学 山川学術特任教員：バイオマス発酵に関する専門家
2. 工学院大学 白鳥教授：バイオガスによるSOFCに関する専門家
3. 九州大学大学院農学研究院：海洋生物養殖に関する専門家
4. インターネットイニシアティブ(IIJ)：IoTに関する専門家



エビ養殖池汚泥とレモンガラス廃棄物を利用したメタン発酵 (バイオガスの生産)

担当：山川武夫（九州大学大学院農学研究院）
学術特任教員

今日の話の流れ

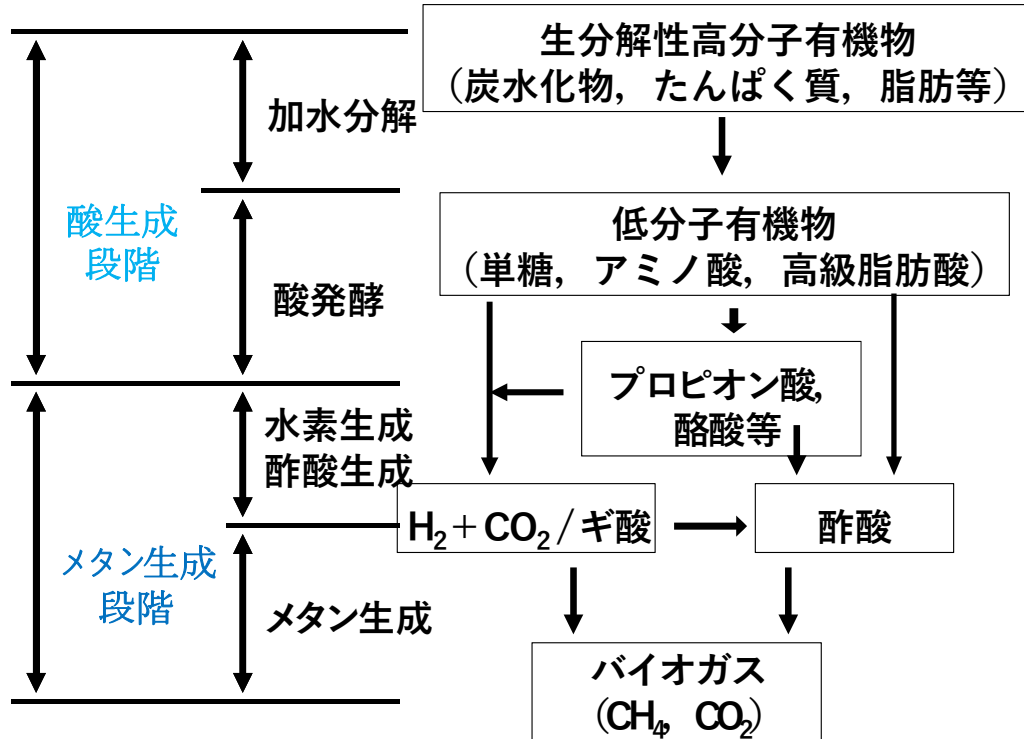
- メタン発酵のプロセス
- メタン発酵立ち上げでの留意点
- メタン発酵の運転管理指標

- 本事業でのバイオマス資材
- 本事業での種汚泥
- 本事業でのメタン発酵装置
- メタン発酵システムの全体像
- メタン発酵とバイオガスの精製と貯留

- メタン発酵消化液の処理

メタン発酵のプロセス（酸生成とメタン生成の段階）

メタン発酵のプロセスは、バイオマス資源が酸生成とメタン生成の2つの段階を経て、バイオガスと消化液を生み出す（下図参照）。



【酸生成段階】

加水分解は、多糖類、たんぱく質、脂質といった高分子有機物が、単糖類やアミノ酸、脂肪酸、アルコールといった低分子有機物に分解。

酸発酵は、低分子有機物質を低級アルコール、低級揮発性脂肪酸 (VFA)、水素、二酸化炭素に分解。

【メタン生成段階】

酸生成で生じた低級揮発性脂肪酸をさらに分解し、酢酸、ギ酸、H₂/CO₂を生成し、それぞれからメタンを生成。

メタン発酵立ち上げでの留意点

メタン発酵の効率的な立ち上げは、以下の5項目に留意することが必要。

種汚泥の量および質

処理対象物の組成

種汚泥ならびに処理対象物中の栄養塩濃度とpH緩衝能

初期HRT（水理学的滞留時間）

容積負荷上昇率

種汚泥：立ち上げようとしているメタン発酵プロセスと、できるだけ同じ条件で運転しているメタン発酵施設から採取することが望ましい。

類似している物質を処理しているメタン発酵施設の発酵液（消化液）や消化汚泥のほか、

し尿処理場や下水処理場の嫌気性消化槽の消化液あるいは脱水汚泥等を用いることが有効。 ⇒ **本事業：エビ養殖池汚泥**

処理対象物：家畜糞尿、生ごみ、食品廃棄物、下水汚泥や高濃度食品排水等

⇒ **本事業：レモンガラス精油工場からの廃棄物**

メタン発酵の運転管理指標

発酵液の温度：高温発酵（55℃前後）と中温発酵（35℃前後）

高温発酵：分解速度、ガス発生速度が速く、発酵期間は10～20日程度と短い。
しかし加温に要するエネルギーは多い。

負荷変動やアンモニア阻害に弱い。

中温発酵：発酵期間が20日～30日と長く、発酵槽容積も必要。

負荷変動やアンモニア阻害に強い。

常温で固体の動物性脂肪には、注意が必要。

⇒ベトナム南部では年間を通して加温せず可能

pH：メタン発酵における最適pHは**6.8～7.4**

メタン発酵槽内

酸成分として**VFA**、アルカリ成分として**アンモニア**が存在
（メタン発酵のプロセス中に発生）

過剰に生成されるとメタン発酵を阻害し、
場合によってはメタン発酵そのものが**停止**。

メタン生成細菌は**pHに対して敏感**

pHが酸性側やアルカリ側に推移すると、メタン生成細菌の増殖速度が急減

本事業でのバイオマス資材



ティエンザン省のレmongラス畑
(<https://vovworld.vn/ja-JP/>)



精油工場



レmongラス廃棄物貯蔵庫



レmongラス廃棄物の
粉碎の様子



粉碎したレmongラス廃棄物の
粉末（レmongラス粉末 ≤ 5 mm）



レmongラス粉末と汚泥の
混合の風景

本事業での種汚泥と投入資材



汲み上げた汚泥



水酸化カルシウム水溶液
(酸化カルシウム＋水道水)



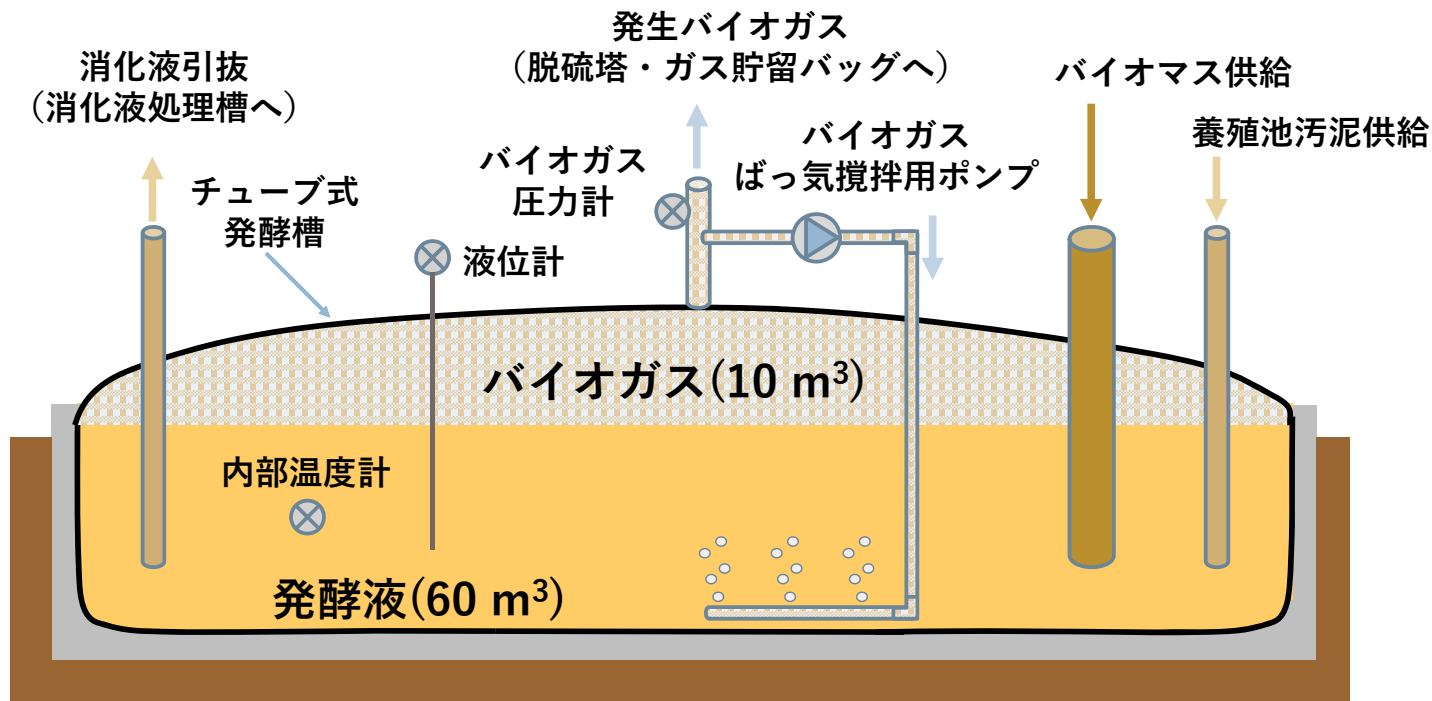
汚泥とレモングラス粉末、
水酸化カルシウム水溶液の混合前



汚泥とレモングラス粉末、
水酸化カルシウム水溶液との
混合後の状態

⇒発酵槽へ投入

メタン発酵システムの全体像



発酵槽：HDPE（高密度ポリエチレン）製のチューブ式構造

メタン発酵とバイオガスの精製と貯留

脱硫装置、流量計、ガス貯留バッグ設置等



流量計へ ←

メタン発酵槽(HDPE製)
発酵液: 60 m³, バイオガス: 10 m³



流量計



ガス発生状況



脱硫塔
(脱硫化水素用)



ガス貯留バッグ
3.3 m³ × 12個

⇒SOFCへ

メタン発酵の消化液



消化液処理槽へ

発酵槽からの消化液の排出の様子

消化液処理方法



未消化物吸着槽：レモンガラス廃棄物を吸着槽内に充填し，消化液中の未消化物を沈降/吸着させて固形物を除去．No.2の液面をモニタリングすることで交換時期を決定．使用後のレモンガラスは，堆肥化して農業資材（堆肥）として使用

活性炭吸着層：もみ殻くん炭を麻袋に充填．この吸着槽で未消化物吸着槽から排出される無機イオン（アンモニウムイオンやカリウムイオン等）をもみ殻くん炭に吸着．

環境への排出の可否は，活性炭吸着槽No.2の表層水のECをモニタリング．吸着能が無くなった時点で，槽内の活性炭を入れ換え．

使用済みのもみ殻くん炭：天日乾燥後に肥料として使用．

本方法のメリット

- エネルギー不使用
- 運転コスト安価
- 資源の再利用
- 環境負荷が少ない



九州大学
KYUSHU UNIVERSITY

2024年6月13日(木)
産学連携の実証に関する記者説明会

日本初！グリーンエネルギーとIoTを活用したエビ養殖に挑戦
～燃料電池発電～

工学院大学 先進工学部 機械理工学科

白鳥 祐介

shiratori@cc.kogakuin.ac.jp

再生可能エネルギー

太陽光



風力



地域特有の地上資源を使う！

バイオマス



水力



地熱





Biogas Power Generation with SOFC to Demonstrate Energy Circulation Suitable for Mekong Delta, Vietnam▲

Y. Shiratori¹*, M. Sakamoto¹, T. G. H. Nguyen¹, T. Yamakawa², T. Kitaoka², H. Orishima³, H. Matsubara⁴, Y. Watanabe⁵, S. Nakatsuka⁶, T. C. D. Doan⁷, C. M. Dang⁷

¹ International Research Center for Hydrogen Energy, Kyushu University, 744 Motooka, Nishi-ku, Fukuoka City 819-0395, Japan

² Faculty of Agriculture, Kyushu University, 744 Motooka, Nishi-ku, Fukuoka City 819-0395, Japan



固体酸化物形燃料電池 (SOFC)

メコンデルタ特有のバイオマス廃棄物
(エビ養殖池汚泥、稲わら、ココナッツ搾りかす)
から製造したバイオガス (CH₄: 60%、CO₂: 40%)
を供給して50%を超える発電効率を記録
(ガスエンジン発電機の倍の発電効率)

有機性廃棄物の循環利用により、環境に負荷をかけないエビ養殖を実証する。





工学院大学

KOGAKUIN UNIVERSITY

2024年6月13日
産学連携の実証に関する記者説明会

日本初！ グリーンエネルギーと IoTを活用したエビ養殖に挑戦

エビ増産ユニット



栗原 暁



太田 耕平



杉本 智軌

九州大学大学院農学研究院
附属アクアバイオリソース創出センター
(ABRIC)



九州大学
KYUSHU UNIVERSITY



バナメイエビ

ベトナムにおける海・汽水産エビ養殖の特徴

1. 東南アジアにおける主要生産国
2. メコンデルタ地域で国内の約8割を生産(2021年)
3. 国内生産量約100万トン(2021年):
バナメイエビ(約70%)
ブラックタイガー(約30%)
4. 養殖池面積約75万ha(2021年):
バナメイエビ(約15%)
ブラックタイガー(約85%)
5. バナメイエビは集約養殖が可能

本ユニットの目標

初期密度500尾/ m^3 で収穫時生残率85%以上

水質管理が肝!!



超微細気泡散気装置



水質モニタリング

種苗購入

PL12-15(120万尾)
孵化後約1か月, 10 mm弱

稚エビ育成

500 m^3 x 1基
3週間

本養殖

1,000 m^3 x 2基
各40万尾(500尾/ m^3)
7週間

収穫

生残率 $\geq 85\%$
(年平均 $\geq 57\%$)





素掘り池を遮水シートで覆った屋外養殖池

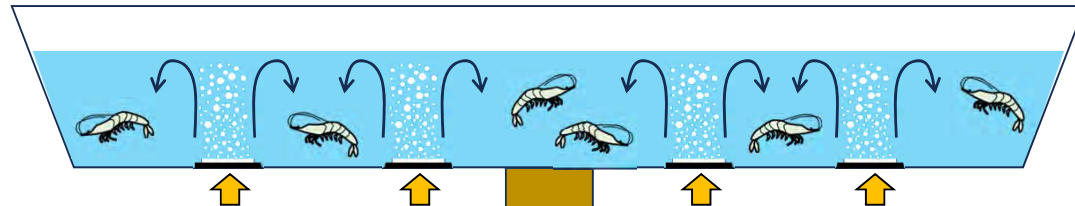


防虫ネットの屋根で養殖池全体をカバー

SOFC給電で稼働する省エネ・高機能な曝気システム



SOFCからの給電で駆動するブローと微細な気泡を出すディスク型散気装置を使用して、パドル式攪拌装置よりも省エネかつ効率的な曝気を行う



ダイセン・メンブレン・システムズ製
超微細気泡散気装置「パールコン®」

汚泥排出

型式	PMD-D12
寸法	347 mm
スリット長	1 mm
発泡面積	630 cm ²

Tuan Hien エビ養殖場（実証サイト）の紹介 水質モニタリング



測定項目

毎1～15分

- 水温
- pH
- 溶存酸素濃度
- 塩濃度

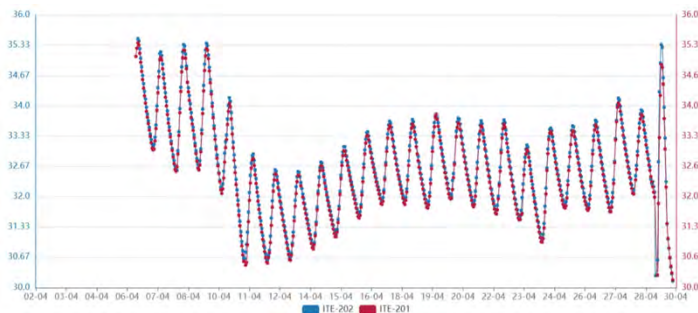
1日1回

- アンモニア態窒素濃度
- 亜硝酸態窒素濃度
- 硝酸態窒素濃度
- アルカリ度 他

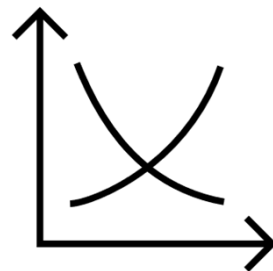
データ収集



可視化



分析



Tuan Hien エビ養殖場（実証サイト）の紹介 水質モニタリング



測定項目

投げ込み式センサー

- 水温
- pH
- 溶存酸素濃度
- 塩濃度

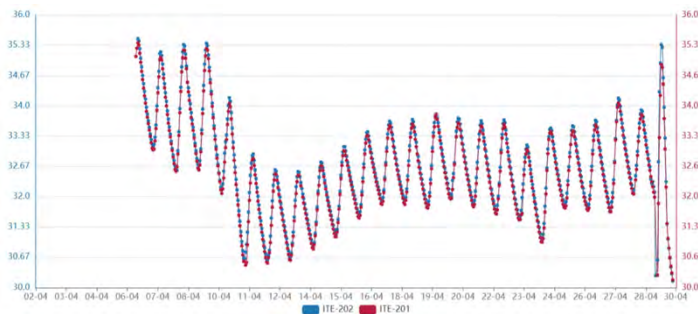
簡易分析(1日1回)

- アンモニア態窒素濃度
- 亜硝酸態窒素濃度
- 硝酸態窒素濃度
- アルカリ度 他

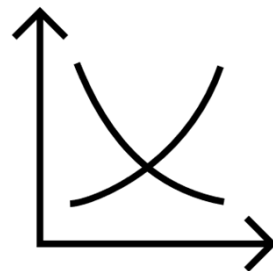
データ収集



可視化



分析





九州大学

KYUSHU UNIVERSITY

産学連携の実証に関する記者説明会

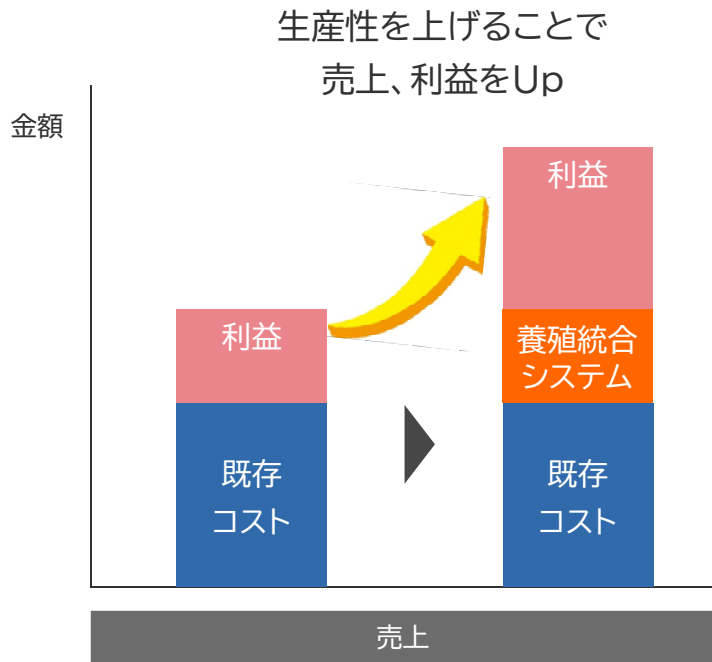
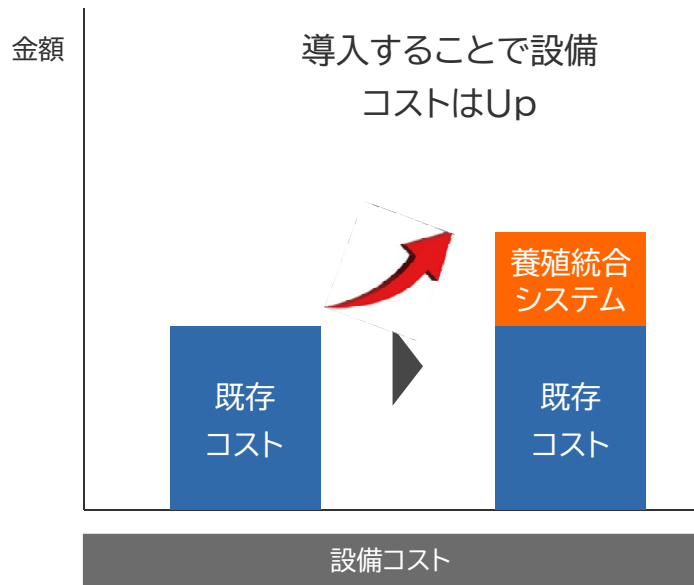
日本初！ グリーンエネルギーとIoTを活用したエビ養殖に挑戦

エビ増産ユニット ～ IoT



2024年6月13日
株式会社インターネットイニシアティブ
グローバル事業本部 グローバル事業開発部
上田 博

IoTを導入することで生産性向上を目指す





データ収集

水質、SOFC、発酵



異常の通知

閾値超過によるメール通知



データの可視化

傾向、異常の視覚的把握



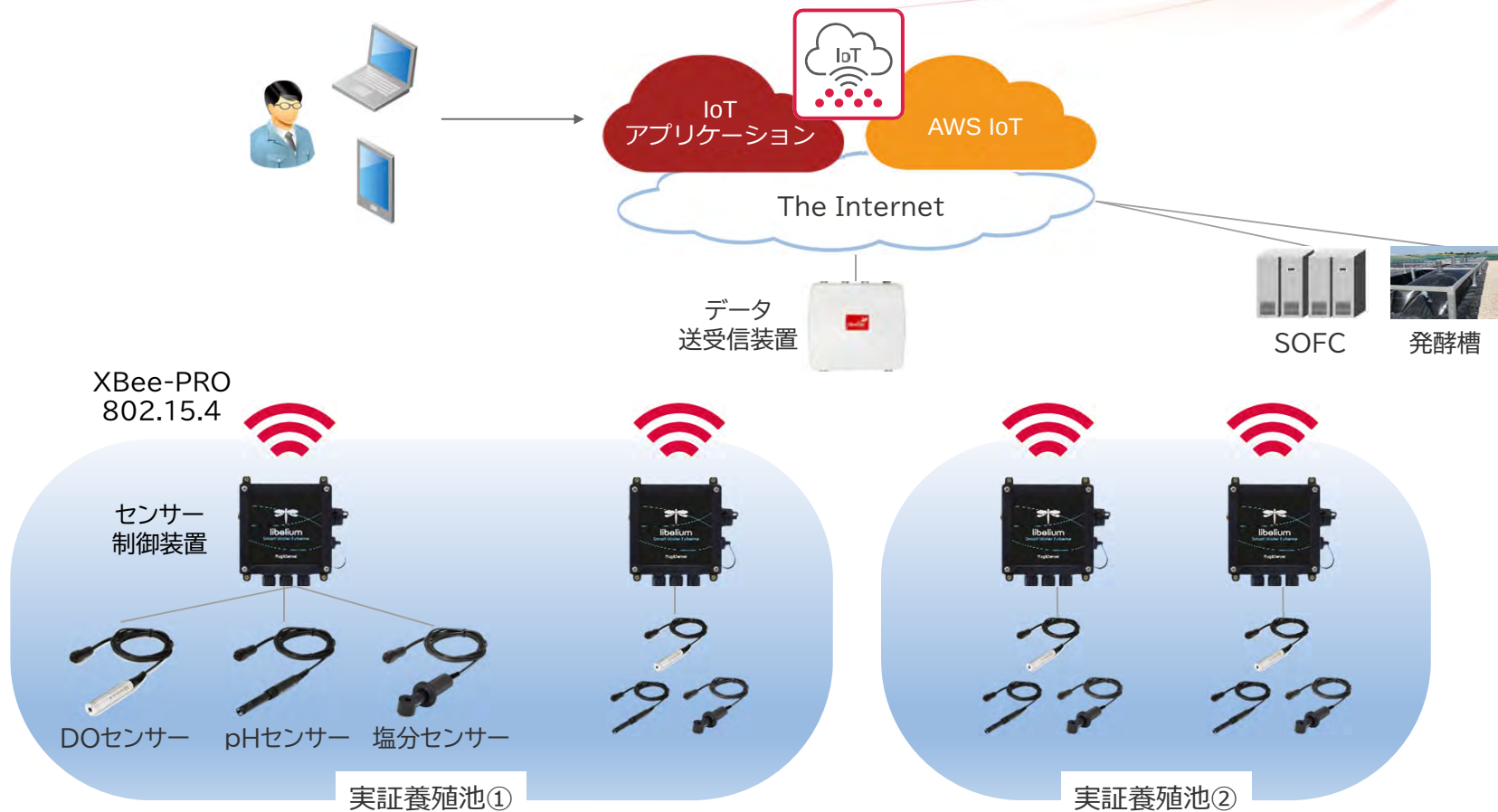
養殖の管理

収穫量、売り上げの管理



分析

データ分析によりさらなる生産性向上
三菱総合研究所 担当

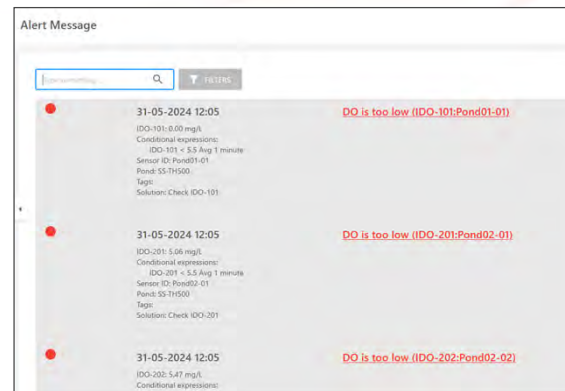




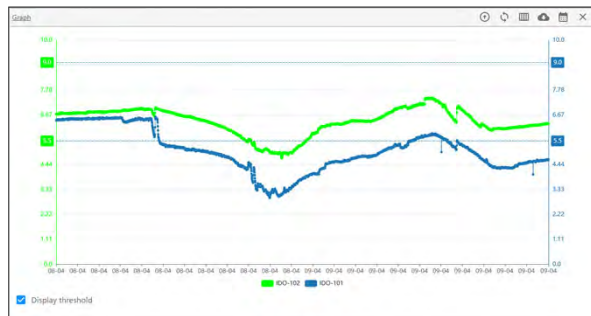
設置イメージ(試験用養殖池)



Dash board



Alert



カスタマイズグラフ

The 'Initial Record' form contains fields for shrimp information: 'PL Age(days)' (15), 'Amount of Production(kg)' (84.0), 'Weight (g/pc)' (0.07), 'Number of shrimp(pcs)' (1,000,000), 'Size (mm)' (9.0), 'Cost of Post Larva' (VND), and 'Condition and Quality'. The form has 'DELETE', 'CANCEL', and 'SAVE' buttons at the bottom.

稚エビ情報

