

2-4.

プロジェクト：陸上養殖業における効率的な 成育環境管理

目次

- 2-4-1. 課題の背景及び将来的に目指す姿
- 2-4-2. 実証実験概要
- 2-4-3. プロジェクト実施スケジュール
- 2-4-4. キックオフミーティング
- 2-4-5. 実証実験評価項目
- 2-4-6. 実証実験全体概要
- 2-4-7. 実証実験 実施内容
- 2-4-8. 実証実験 実施結果
- 2-4-9. 今後の方向性

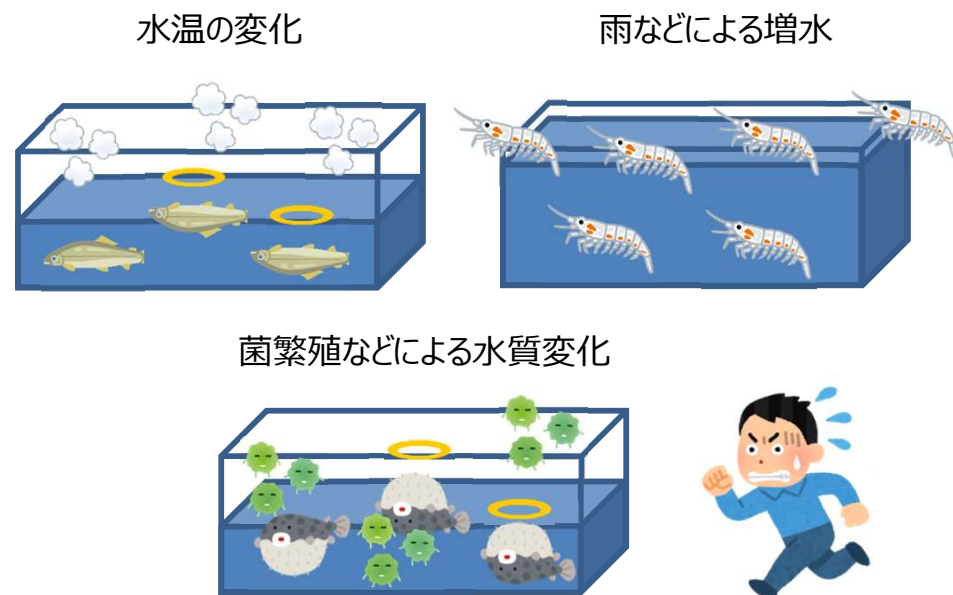
2-4-1. 課題の背景及び将来的に目指す姿

課題提起 市町担当課	那珂川町
提起課題	陸上養殖業における効率的な生育環境管理
問題点	<p>陸上養殖における水温・水質に関する問題点</p> <ul style="list-style-type: none"> 水温・水質検査の手間→水温・水質の変化がリアルタイムに分からない (水温・pH・塩分濃度・酸素濃度・アンモニア・硝酸・亜硝酸・水深(水位) ・TDS(全溶存物質)・ORP(酸化還元電位)・硬度・濁度・導電率 ・化学的酸素要求量(COD)) 水温・水質環境を維持するための手間 <p>陸上養殖における水質管理以外の共通の問題点</p> <ul style="list-style-type: none"> 養殖場の見回り作業(死亡確認)→見回り作業の手間 餌やり作業→餌の適正量が分からない。餌やり作業の手間 成長度合いの確認→成長具合を確認する手間(個体へのストレス) <p>魚種特有の問題点</p> <ul style="list-style-type: none"> フグ → 歯切り作業の手間、稚魚同士の噛み合い エビ → 稚エビ同士の噛み合い ホンモロコ → 泥抜き、苦みの発生、藻の繁殖
解決して達成したい姿	<ul style="list-style-type: none"> 簡易的なIoTセンサー導入によるタイムリーなデータ収集及び、データ蓄積による生産性向上に向けた取り組みの実施及び、働き方改革につながる取組の実施

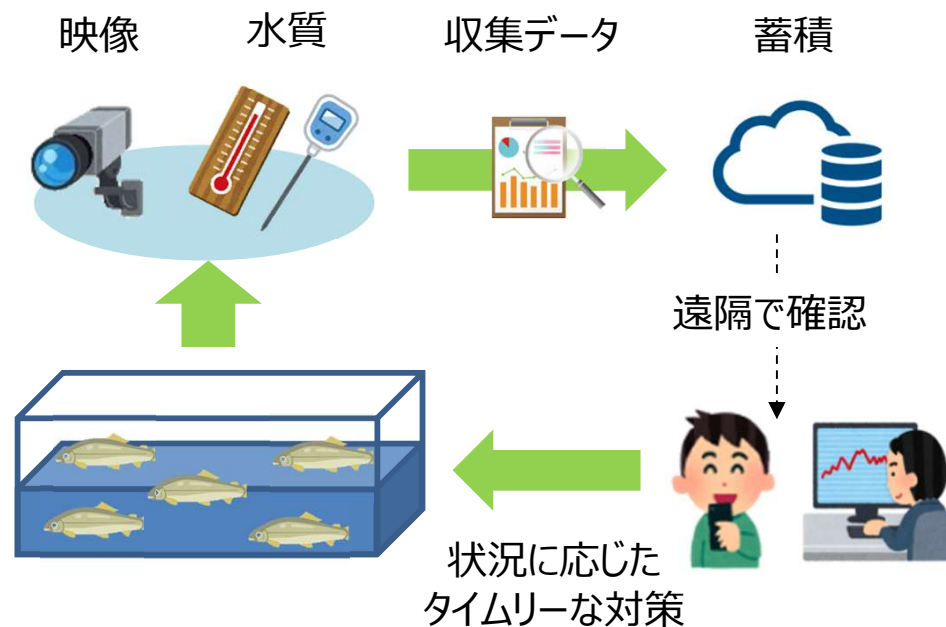
2-4-2. 実証実験概要

- 簡易的なIoTセンサーから養殖用水槽内の水質変化をタイムリーに確認
- 収集・蓄積した水質データをベースとした更なる生産性向上、働き方改革等への発展

現状の課題



課題解決のイメージ



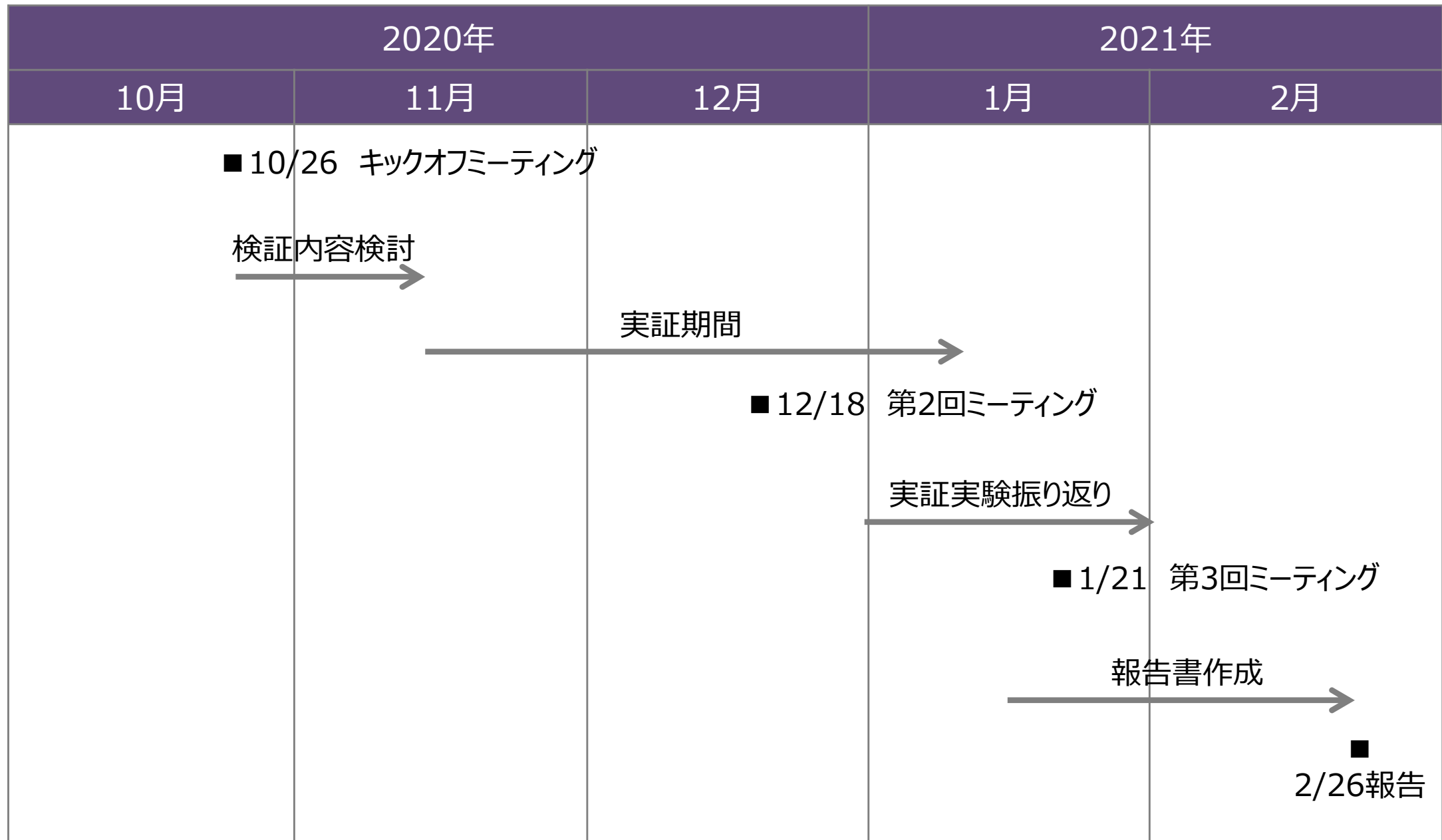
課題点

- 水温や水質のデータ取得に稼働がかかるうえ、情報のリアルタイム性の担保が困難
- 安定的な養殖環境構築に向けた連続的かつ継続的なデータ蓄積が必要

解決したいこと

- 簡易的なIoTセンサー導入によるタイムリーなデータ収集及び、データ蓄積による生産性向上に向けた取り組みの実施及び、働き方改革につながる取組の実施

2-4-3. プロジェクト実施スケジュール



2-4-4. キックオフミーティング

- 10月26日 本プロジェクトメンバーが一堂に会し、那珂川町役場にてキックオフミーティングを開催
- メンバ内での課題の共有、実証実験にむけた意識合わせ・意見出しを実施



メンバカテゴリ	役割分担	参加メンバ
課題提起者 (県市町)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 課題に関しメンバへ共有、追加質問対応 ・ 実証実験フィールド提供候補の選定、依頼 ・ 行政の業務視点からの助言・提言 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 那珂川町 産業振興課 商工観光係 ・ 那珂川町 産業振興課 農政係
実証参加者	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実証実験のフィールド提供 ・ 実証実験に対する助言、意見 ・ 自社養殖業を踏まえた助言、意見 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 株式会社岩商 ・ 那珂川町ホンモロコ養殖組合連絡協議会 ・ 栃木県水産試験場 ・ 栃木県立馬頭高等学校
メイン技術 提供ベンダ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実証実験に必要な技術、機材の提供 ・ 実証実験の基礎技術等メンバへ共有 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 株式会社 九州テン ・ 東日本電信電話株式会社
地域ベンダ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実証実験に対する技術的観点での助言・意見 ・ 実証実験に関連するソリューション技術の情報提供 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 株式会社システムソリューションセンターとちぎ ・ 株式会社ソフトシーデーシー ・ 福島コンピューターシステム株式会社
推進 アドバイザー	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実証フィールド提供者との調整 ・ プロジェクト推進サポート（スケジューリング、メンバ間情報共有等） ・ 実証実験のレポート取り纏め 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 東日本電信電話株式会社 栃木支店

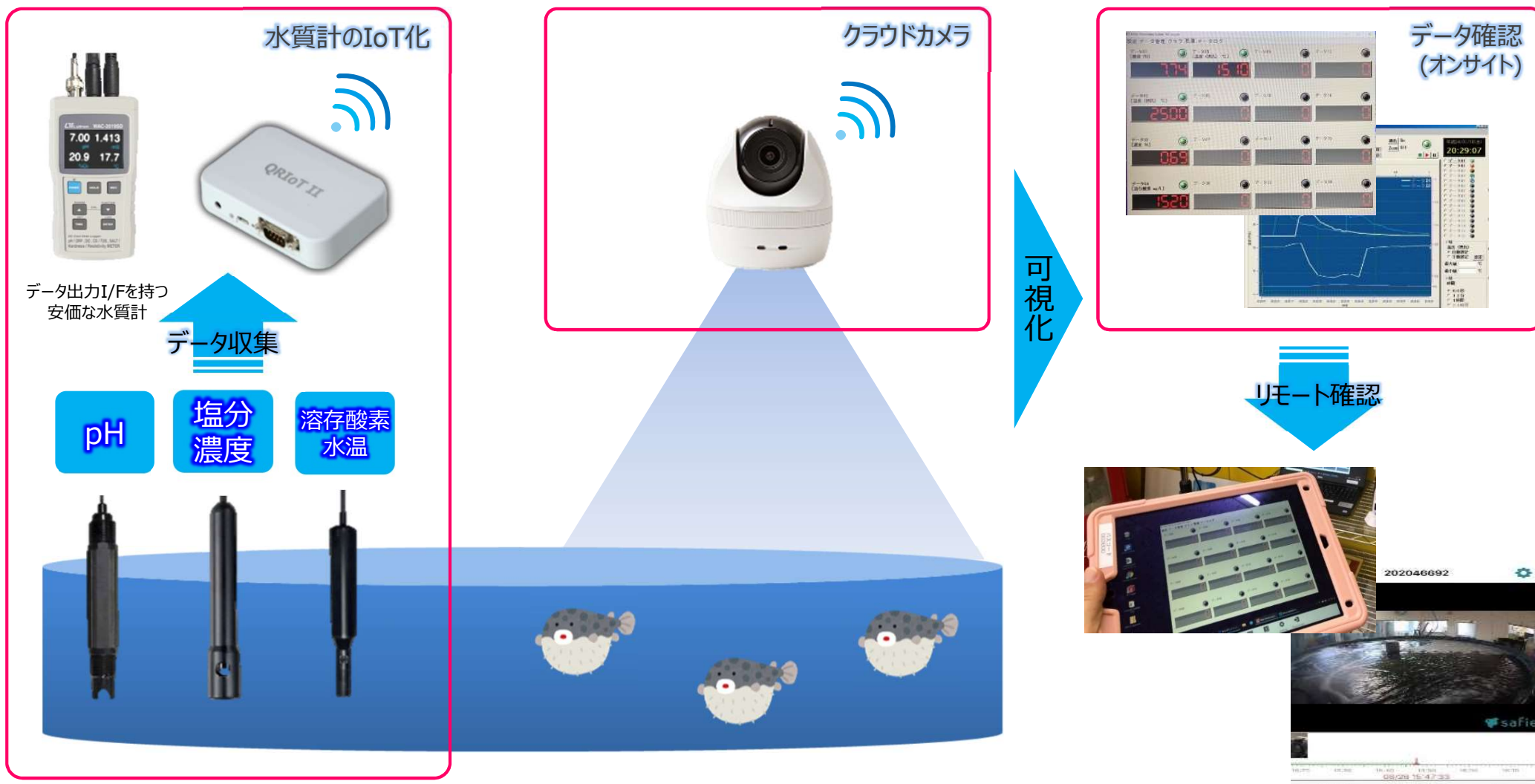
2-4-5. 実証実験 評価項目

- 本来の目的である水質管理による稼働削減が実現できているかを以下の基準で検証
- 定性的な評価により、今後の取り組みへ活用

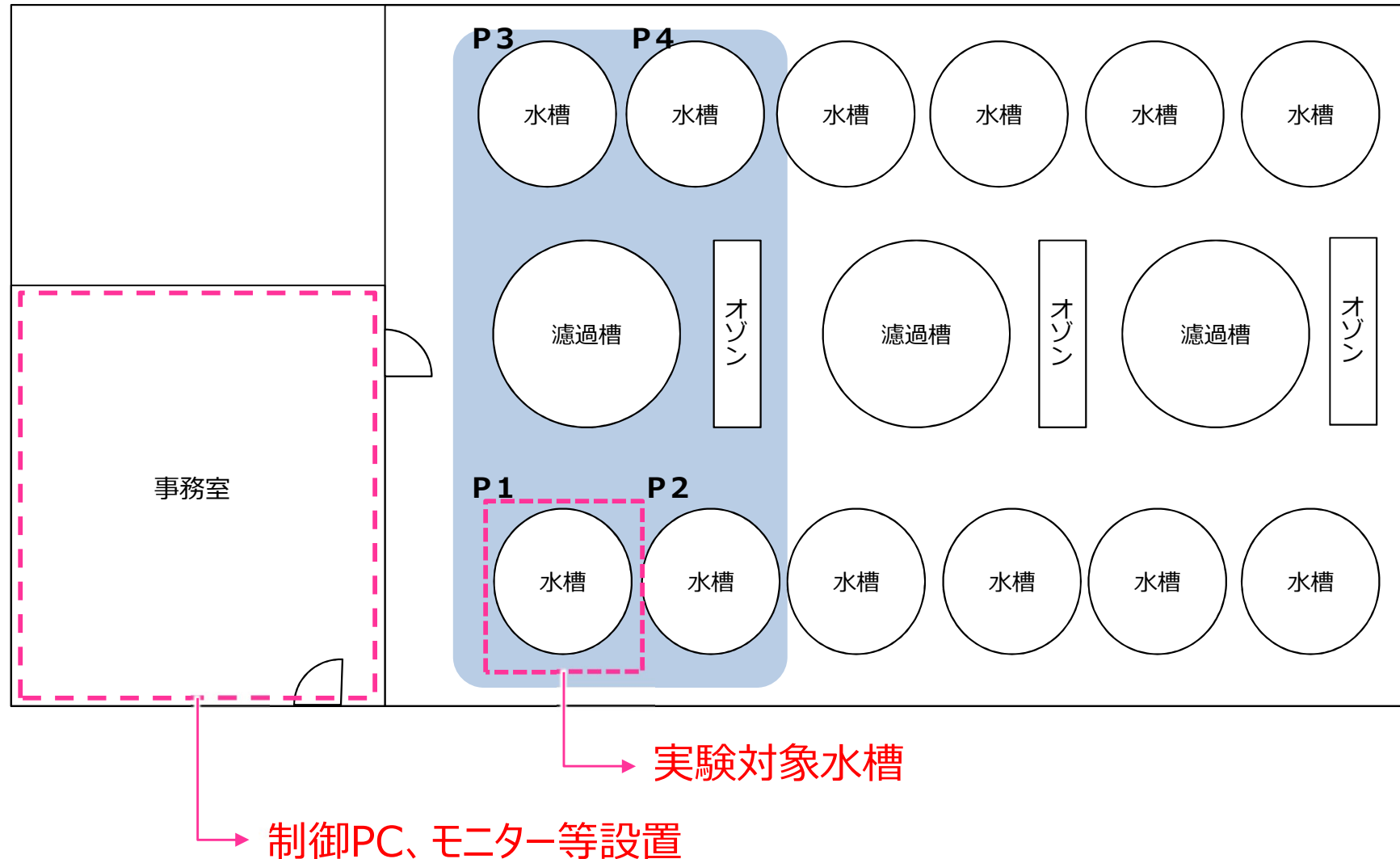
No	区分	評価内容	評価基準	具体的な方法
1	定量的な 評価	水質検査稼働 (時間・回数)	<ul style="list-style-type: none"> 1日あたりの検査時間 【現状】15分×2回 ※検査時間は検査自体の作業時間に加え、記録するための作業時間も含む ※検査頻度を増やしたいとのニーズあり 1時間30分程度に1回の頻度で実施 (2回→5回) 	<ul style="list-style-type: none"> プール1箇所1回あたりの検査時間を計測 水質計の校正作業による増加時間 その他システム導入によって増減した手間
2		見回り作業稼働 (時間・回数)	<ul style="list-style-type: none"> 1日あたりの見回り時間 【現状】3分×6回 ※見回り頻度を増やしたいとのニーズあり 45分程度に1回の頻度で実施 (6回→10回) 	<ul style="list-style-type: none"> プール1箇所あたりの1見回り時間(分)を計測 カメラを使用する事による水槽の見回り作業の手間を時間単位で計算
3	定性的な 評価	有用性	<ul style="list-style-type: none"> 使用感、今後の改善要望 	<ul style="list-style-type: none"> アンケート
4		汎用性	<ul style="list-style-type: none"> PJメンバの養殖事業者へアンケート (他魚種への展開も見込めるか) 	<ul style="list-style-type: none"> アンケート

2-4-6. 実証実験 実施内容

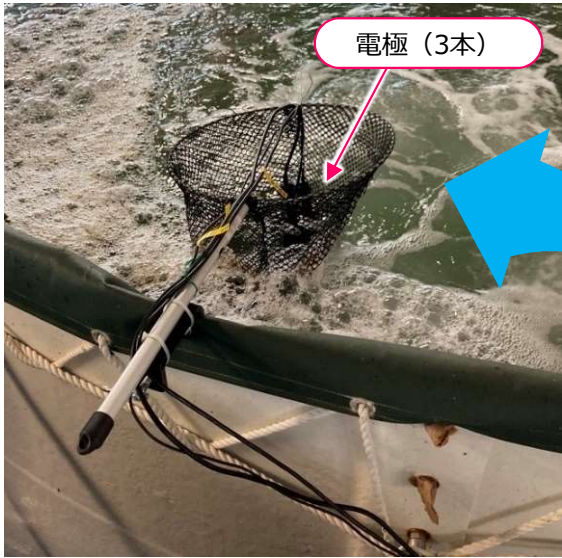
- 那珂川町で取り組む陸上養殖の中から、実証フィールドとして温泉トラフグの養殖水槽を選択
- 汎用性や導入のしやすさを考慮し、市販品で比較的安価な水質計をIoT化する仕組みを構築
- 『水質検査・見回り稼働時間の削減』および 『陸上養殖における水質のリアルタイム計測の有用性や汎用性』を評価



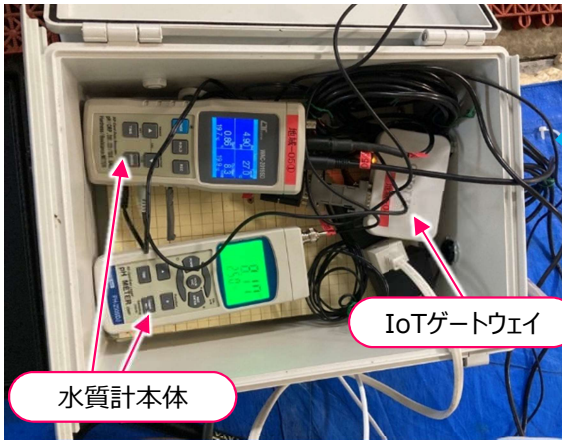
- 実証実験は温泉トラフグ養殖場の稚魚を育てる水槽で実施（P1プール）
※1系統が4つの水槽（P1～P4）と濾過槽、オゾン水槽で構成



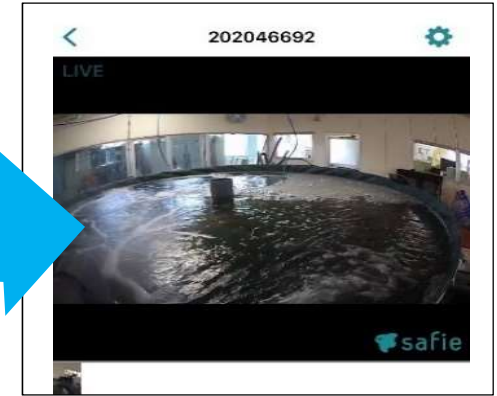
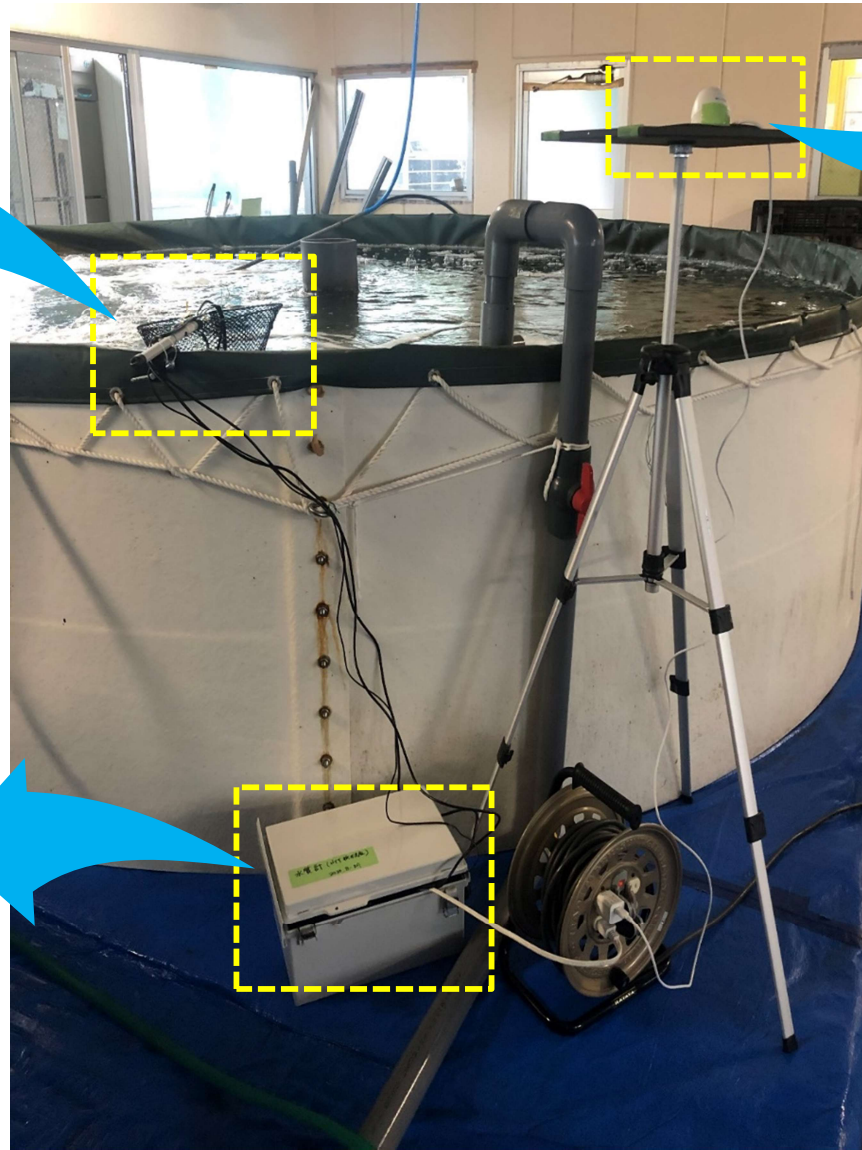
2-4-6. 実証実験 実施内容（現地イメージ2）



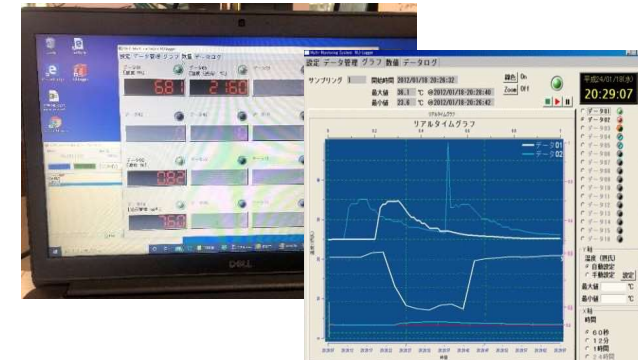
タモ網の中に電極を洗って測定



防水ボックス内



クラウドカメラによるプール映像



2-4-7. 実証実験 実施結果 (1)

- 稚魚用水槽における水質4項目の遠隔常時監視により水質検査および水槽見回りの稼働削減
→検査回数を増やした場合においても、水質検査稼働の50%、見回り作業稼働の83%を削減

定量的な評価

(12/1~1/10現在)

項番	評価項目	現状	実験後	稼働削減率
1	水質検査稼働 (回数・時間) <small>※IoTシステムのみ利用した評価 (現状は既存水質計による計測も実施)</small>	検査稼働 30分/日 (2回×15分)	15分/日 (5回×3分)	50%
2	見回り作業稼働 (回数・時間) <small>※現状の見回り作業1プール当たりの稼働3分×6回/日=18分/日</small>	見回り稼働 18分/日 (6回×180秒)	3分/日 (10回×18秒)	83%

積極的に検査・見回り

項目	現状	実験後
検査回数	朝晩2回/日	5回/日
見回り回数	6回/日	10回/日

項目	現状	実験後
水質検査時間/回	15分	3分
見回り作業時間/回	180秒	18秒

定性的な評価

- 水質データを作業の隙間時間に確認することができる
- 水質データの変化から、未来の水質をある程度予測することができる
- カメラがあることで24時間いつでも養殖場の様子を見ることができる
- カメラによって魚がへい死した際のプールの様子を過去に遡り確認することができる
- × ときどき水質計の数値が不安定となる事象が発生する (不具合かどうか)
- × アラート機能がないため夜間などの時間帯に、水質異常に気付けない

2-4-7. 実証実験 実施結果 (2)

- 那珂川町の養殖事業者から本施策についてアンケートを実施
- 定性的にも水質データをリアルタイムで計測を行うことに有用性や汎用性はあるといえる

Q. 水質データをリアルタイムで計測を行う事に有用性はあると思いますか？

そう思う おおむねそう思う・あまりそうは思わない・そうは思わない

Q. 本システムはトラフグ以外の魚種でも活用できると思いますか？

そう思う おおむねそう思う・あまりそうは思わない・そうは思わない

養殖事業者からのコメント

株式会社岩商
(トラフグ)

- ・確立されていない閉鎖型循環養殖システムにおいては、**長期的に計測可能な水質データをすべてリアルタイムで計測・記録することで今までは把握しきれなかった内容を把握することができ、より良い飼育管理に繋がることは間違いない**
- ・**水質悪化傾向と死亡の関係性が確認**できれば、水質環境の改善タイミングを効率よく行うことが可能になる為、飼育コスト削減と死亡数減少に繋がる
- ・想定以上の死亡等が発生した際に遡って水質データを確認することが可能となる為、原因追究が可能になるケースがある

- ・本システムにおける測定項目は閉鎖循環式に限らず、魚類養殖において必須項目（塩分以外）と考えられるため、**自動化による作業効率向上には有効**と考えます。※電池交換、校正作業が頻繁でない場合に限る
- ・カメラに関しても、**日中でも現場にいない場合気になった時間に誰かの作業を中断することなく映像で確認**できることは非常にありがたく感じた

那珂川町
(ホンモロコ)

- ・水質等のデータを現地で確認することに比べ、リアルタイムで確認できる場合の方が様々な**リスクへの対応や原因究明に繋ぐことができるため有用性はある**と思う
- ・データとして確実に手元に残せるため、今後の養殖過程において参考や改善に活用できる

- ・**ホンモロコにおいては屋内養殖ではないため、機材の設置や周辺環境整備の点で若干の懸念点**がある

馬頭高校
(手長エビ、チョウサメ)

- ・継続的な変化が分かることで飼育水の状況判断がしやすい。
- ・**水質悪化したときには作業記録と照らし合わせ原因究明**しやすくなる
- ・**作業計画を立てる際にも人それぞれの経験値ではなくデータを基に考えられ効率的**である

- ・トラフグのように室内での閉鎖循環養殖対象魚種はすべて必要であると思う

2-4-7. 実証実験 実施結果 (3)

- 第三回PJミーティングにて今後について下記の二点をディスカッションを実施
 - ✓ 実証実験システムの他魚種へ展開する上での課題抽出
 - ✓ 陸上養殖における課題に対する水質以外の課題

✓ 実証実験システムの他魚種へ展開する上での課題抽出

- ・4項目（水温、溶存酸素、塩分濃度、PH）だけでは不完全
→魚によってアンモニア、硝酸、カルシウムなども計測していきたい

養殖する魚の種類によって計測したい項目は異なる

- ・アラート機能による基準値外数値のリアルタイム把握
- ・屋外に対応したシステム（電源、防水等）

✓ 陸上養殖における水質以外の課題

- ・餌やり作業 → 餌の適正量が分からない。餌やり作業の手間
- ・成長度合いの確認 → 成長具合を確認する手間
→ 計測する際の魚へのストレス
- ・藻の繁殖軽減 → 屋外水槽の藻の清掃が手間

地域ベンダ様より上記課題に対する解決策案の紹介

2021年1月21日
最終更新 産業振興課 藤政修

※養殖池、水産試験場からの観測を元に記載

項目	区分	現状の課題など	対策案など
1	観測設備	リアルタイムでの観測（観測データによるリアルタイムデータ）をリアルタイムで確認できない	観測データや水質データをリアルタイムで確認し、スマートフォン等の電子機器でリアルタイムに確認ができる
2	水質	・ 観測の自動化程度であるため水質の観測は手動であるが、水質を自動観測、水の観測による観測の自動化が望ましい ・ 毎日ロガーを計測して水質の観測結果を測定しているが、観測以外の観測データも欲しい ・ 溶存酸素以外の水質は観測していないが、異なることで魚の育成や魚の発生が観測できない可能性がある ・ 観測の自動化に伴い、観測データが観測によって、魚の成長速度や魚の発生を観測、再観測に対する観測データの観測が自動化できる	・ 実証実験で利用している水質計の観測が考えられるが、以下の観測が望ましい ・ 観測方法（屋外の自然環境での観測のため、再観測が容易でない） ・ 観測データの観測が容易である（IT機器は不要であるためシステム上の観測・メンテナンスが容易） ・ 観測データは観測データが観測データであるためシステム上の観測・メンテナンスが容易
3	外気（気温・湿度）	・ 観測データによる外気（気温・湿度）	・ 水質計による水質計に加え、湿度計の設置により外気の状態をリアルタイムで観測・監視可能とする。ただし、上記水質計と同様の観測が望ましい
4	餌	適切な餌の投入量、餌を餌にする水質が異なる	・ データをリアルタイムで確認し、餌の投入量を自動調整する
5	藻	・ 自然環境による藻の発生（藻）が観測できない ・ 藻の発生を観測して、藻の発生を抑制し、藻の発生を抑制する ・ 藻の発生を観測して、藻の発生を抑制する ・ 藻の発生を観測して、藻の発生を抑制する	・ 藻の発生を観測して、藻の発生を抑制する ・ 藻の発生を観測して、藻の発生を抑制する ・ 藻の発生を観測して、藻の発生を抑制する



課題とそれに対する解決案(2)

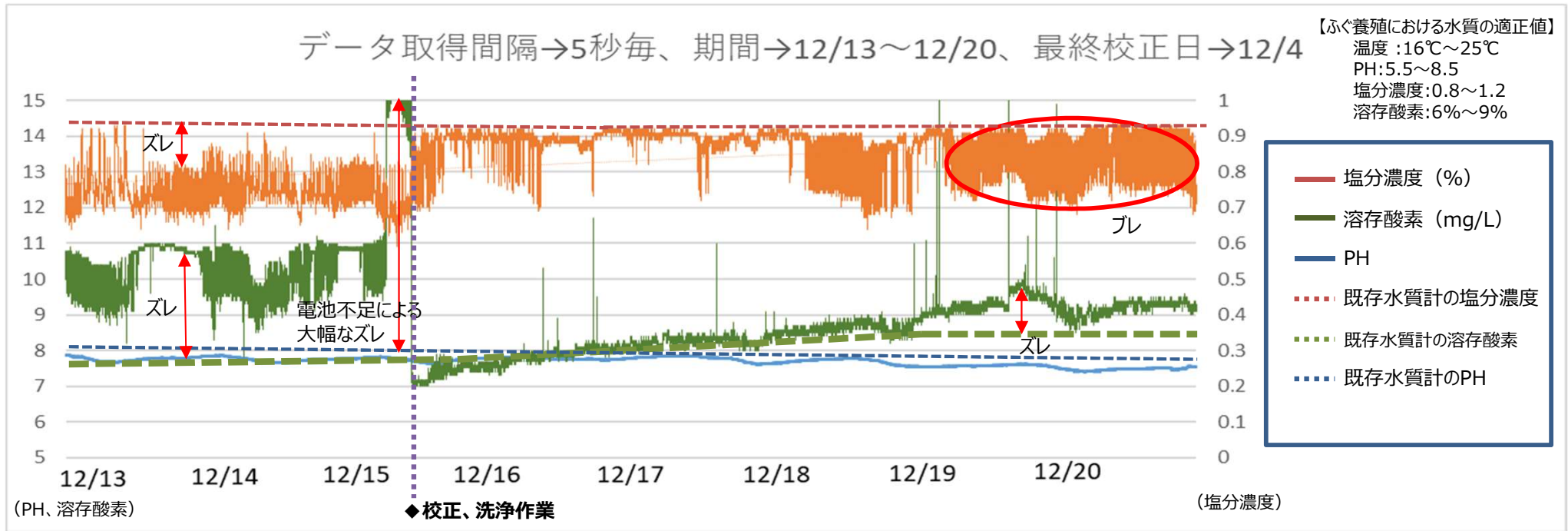
課題 ■ 計測値確認のリアルタイム性の向上

解決案 ■ 異常値が発生時にアラートを通知させる

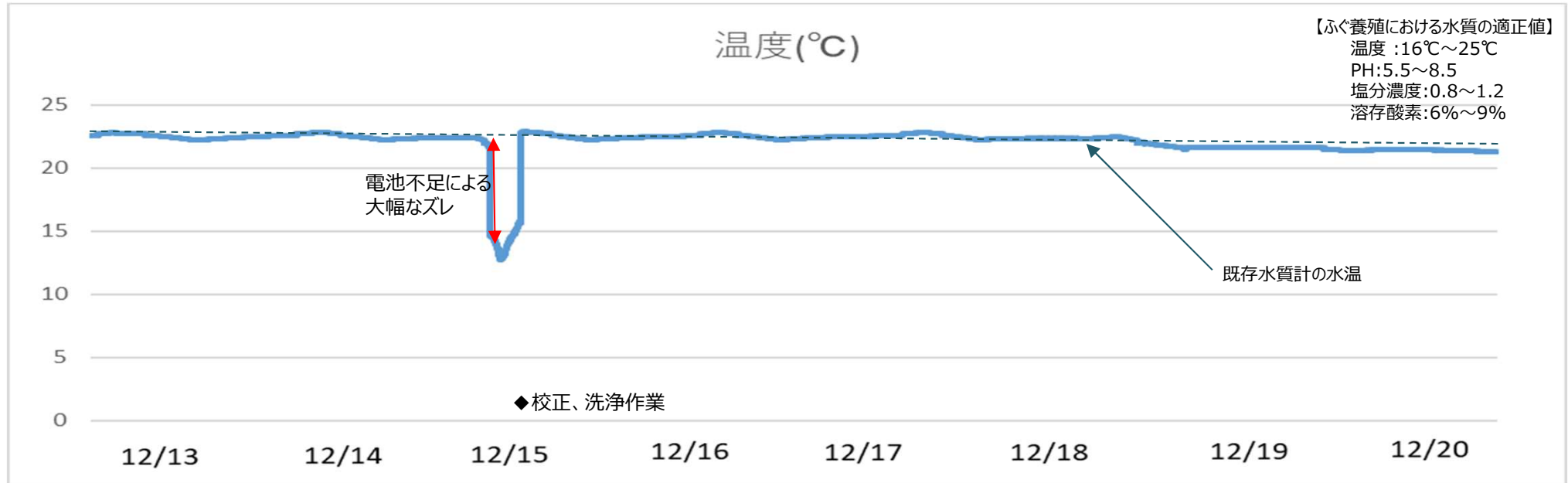
- ・ 水質検査したデータを常時監視、蓄積し、異常値の場合にスマートフォン/タブレット等の端末にアラートを通知することで、異常の発生をリアルタイムに検知することができる。
- ・ 端末から、蓄積された計測値とアラートの発生状態を確認でき、状態を確認することができる。



2-4-7. 実証実験 実施結果 (実証実験からの気づき①)



項目	評価	原因	対策
PH	<ul style="list-style-type: none"> 既存水質計と同等に推移しており特に異常はみられない ※既存水質計と数字の差分が0.5前後あるが、機器の個体差と想定 	-	-
溶存酸素	<ul style="list-style-type: none"> 電極の校正・洗浄作業から3日間程度は正常な数値を示すが、徐々に既存水質計の数値とずれが生じる 	<ul style="list-style-type: none"> 電極の汚れ (餌、フン、その他菌の増殖) 電解液の不足 (P6参照) 電池切れによる数値異常 (環境起因の電気ノイズによりACアダプタが使用できない) 	<ul style="list-style-type: none"> 定期的な電極の洗浄作業 汚れずらい設置方法の検討 (P6参照) 電解液を標準仕様の補充頻度(2週間)より頻繁に交換が必要。補充頻度の見直し 電池交換 (5日に1回)
塩分濃度	<ul style="list-style-type: none"> 電極の洗浄から3日程度で数値が汚れによりブレ始め、2週間程度で既存水質計の数値とずれが生じる 	<ul style="list-style-type: none"> 電極の汚れ (餌、フン、その他菌の増殖) 	<ul style="list-style-type: none"> 定期的な電極の洗浄作業、汚れずらい設置方法の検討 (P6参照)



項目	評価	原因	対処
水温	<ul style="list-style-type: none"> 既存水質計と同等に推移しており特に異常はみられない 	<ul style="list-style-type: none"> 電池切れによる一時的な数値異常 (環境起因の電気ノイズによりACアダプタが使用できないため) 	<ul style="list-style-type: none"> 電池交換 (一週間に一回程度)

※電気ノイズの対策としては電源に電気ノイズ除去フィルタの設置を検討

2-4-7. 実証実験 実施結果 (システムの運用・改善案)

- 水質をリアルタイムに測定するためセンサーを常設しているが、電極の汚れによりデータ精度が想定より早く悪くなるため、校正作業の頻度や設置方法の工夫が必要

残餌やフグの排泄物等により徐々に水が汚れ、電極先端に泡や浮遊物が付着しセンサーの精度が低下する



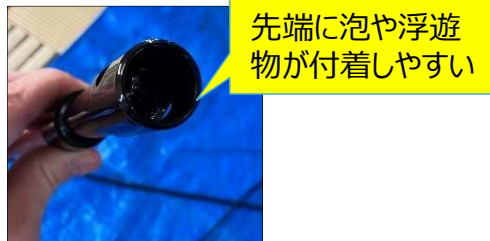
噛みつき防止のためうなぎ用のタモ網をクランプで固定



電極を水面表層に固定



塩分濃度計



先端に泡や浮遊物が付着しやすい



先端に泡や浮遊物が付着しやすい

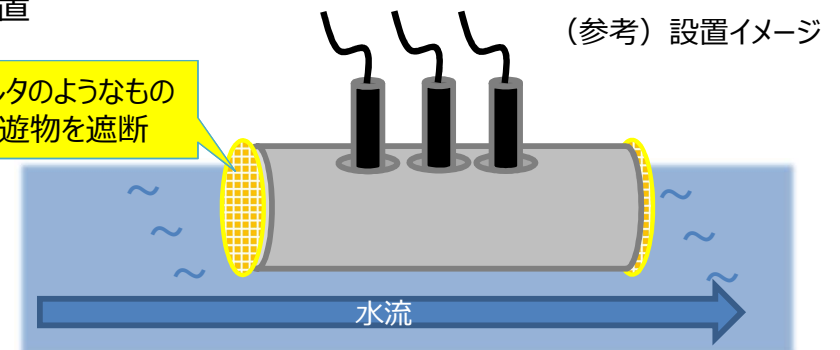
対策1 校正作業の頻度を上げる

標準仕様では塩分濃度計は頻繁に校正不要、溶存酸素計は電解液を2~4週間で交換とあるが、常設しているため1週間程度で校正する

対策2 設置方法の変更

養殖プール内の水は通し、泡や浮遊物を通さないフィルタ等を設置

フィルタのようなもので浮遊物を遮断



2-4-8. 今後の方向性 (1)

- 那珂川町の温泉トラフグを中心に、ホンモロコ・チョウザメ等高単価淡水魚への水平展開を検討
- 養殖事業者のニーズに応じて様々な種類のセンサから選択・使用するカスタマイズ型システムの構築を志向
- 生育状況を見える化することにより、更なる現場作業員の稼働削減/生産性向上へ寄与

①本取り組みの水平展開

本実証実験での取り組み

●**トラフグ (岩商様)**
施設：閉鎖循環方式
4項目のリアルタイム計測
(水温・塩分濃度・PH・Do)

●**トラフグ**
生産量：約120トン、約160百万円
主要産地：山口、鹿児島
施設：大部分は掛け流し方式
海面養殖：約2,900トン (ふぐ類)

●**ホンモロコ (那珂川町様)**
●**チョウザメ (馬頭高校様)**
●**テナガエビ (馬頭高校様)**

アンモニア・亜硝酸・硝酸
残留オゾン濃度も測りたい！

電子メールによるアラート機能
防風、防塵対策機能、
音声つきカメラなどの機能があればなあ

展開

淡水魚介類

養殖事業者のニーズに応じて
様々な種類のセンサから
必要な物を選んで使用できる

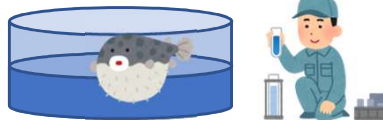
PH計とDo計
だけあれば十分・・・

あゆ **鯉**
うなぎ **サーモン**

陸上養殖業全体の水質に関するお困りごとを解決

②陸上養殖における課題の深堀

定期的な見回り作業による
魚の状態の監視



- <課題>
- ・夜間の間の魚の異常に気づかない
 - ・監視するために人が近づく事による魚へのストレス
 - ・病気や死亡の原因がわからない
 - ・リアルタイムな処置ができない

人手により養殖魚の
魚体長を測定



- <課題>
- ・網ですくう際に下の魚体が重圧で擦れ、魚体が痛んだり魚病が発生するリスク
 - ・測定による魚へのストレス
 - ・人手による作業で時間がかかる

時間もかかり、十分なサンプルデータの収集が困難

IoT化

魚体長計測システム
AI魚体長
検知システム

暗視カメラでの監視
死亡して浮いた魚の監視

水中カメラでの監視
泳ぎ方がおかしい魚がいらないか、
水の汚れ具合はどうか等

データの監視
一括管理

養殖プール

計画的な育成を実現

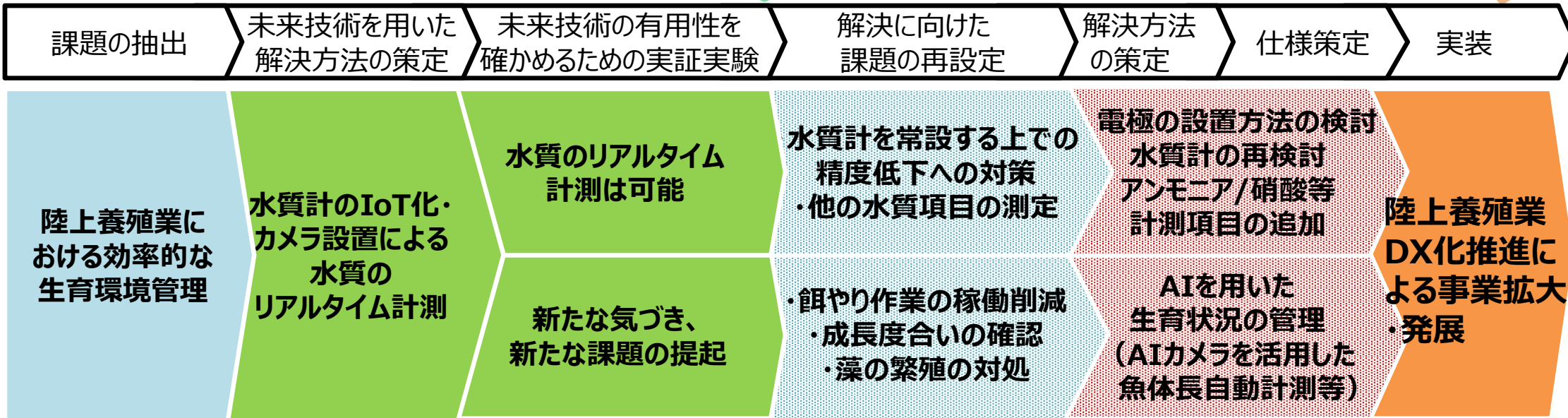
2-4-8. 今後の方向性（2）

- 本実証及びこれを契機とした実装に向けた継続的検討が陸上養殖業のDXの推進に寄与
- DXにより、より高品質、他魚種展開が可能となり、陸上養殖業の拡大・発展にも寄与
- 海なし県「とちぎ」での陸上養殖業の発展が地域経済の発展にも寄与

【課題解決に向けた取組結果及び残課題について】

本プロジェクトでの実証

今後の方向性



【陸上養殖業の発展イメージ】

