

小規模養殖業者のための プランクトン計測システム

報告書

令和3年11月

鳥羽商船高等専門学校

制御情報工学科

4年 深田 康太

4年 西井 諒

情報機械システム工学科

3年 齋藤 龍成

3年 等々力 亮太

目次

1. 背景	1
2. 目的	2
3. プロジェクトの概要	2
4. システム	
4.1 概要	3
4.2 システム詳細	5
4.3 使用機器の説明	10
5. システムの検証	
5.1 実験方法	12
5.2 実験結果	13
5.3 考察	14
6. まとめ	15
7. 今後の展望	16
8. 参考文献	17

1. 背景

三重県の伊勢志摩地域では牡蠣や海苔、地域ブランド魚「伊勢まいまい」等の養殖が盛んです。しかし、漁獲量は年々減少しています。深刻な被害を与えている主な原因は、“赤潮”や“水質汚染”です。特に赤潮が発生するとプランクトンが魚のえらに触れ、えらに障害を起こして呼吸できなくなる、プランクトンによる酸素の大量消費のために海水の酸素が欠乏して大量の海の生物が死亡する、などの被害がでます（図 1. 1）。その被害を事前に防ぐために、プランクトンの計測が公的機関や研究機関等で行われていますが、実際に海へ向かい、海水を採取してから計測をしなければならないので大掛かりな準備が必要であり、測定頻度も十分ではありません。

一方で、プランクトンを計測するクロロフィル蛍光測定器があります。この機器は、約 20 万円以上の価格であり、小規模な事業主がほとんどのこの地域では所有することが難しい状態です。準備にかかる時間、コストの両方を抑えたプランクトン計測器が、「小規模養殖業者のためのプランクトン計測システム」です。



図 1 赤潮による被害例：魚の斃死被害[1]

2. 目的

本システムは、観測対象である“植物プランクトン”の光合成によって放出される蛍光を数値化したデータを元に計測範囲内におけるプランクトンの量を推定します。

計測したプランクトン量を元に赤潮発生状況を WEB サイトでの可視化を可能にすることで小規模養殖業者の支援を行うのが本システムの目的です。

3. プロジェクトの概要

赤潮による被害を減らすために植物プランクトン量を計測し、WEB サイトでグラフ化することで、視覚的に植物プランクトン量の時間変化を分かりやすく可視化します。その情報をもとに小規模養殖業者の赤潮対策をより素早く的確に行うことができます。

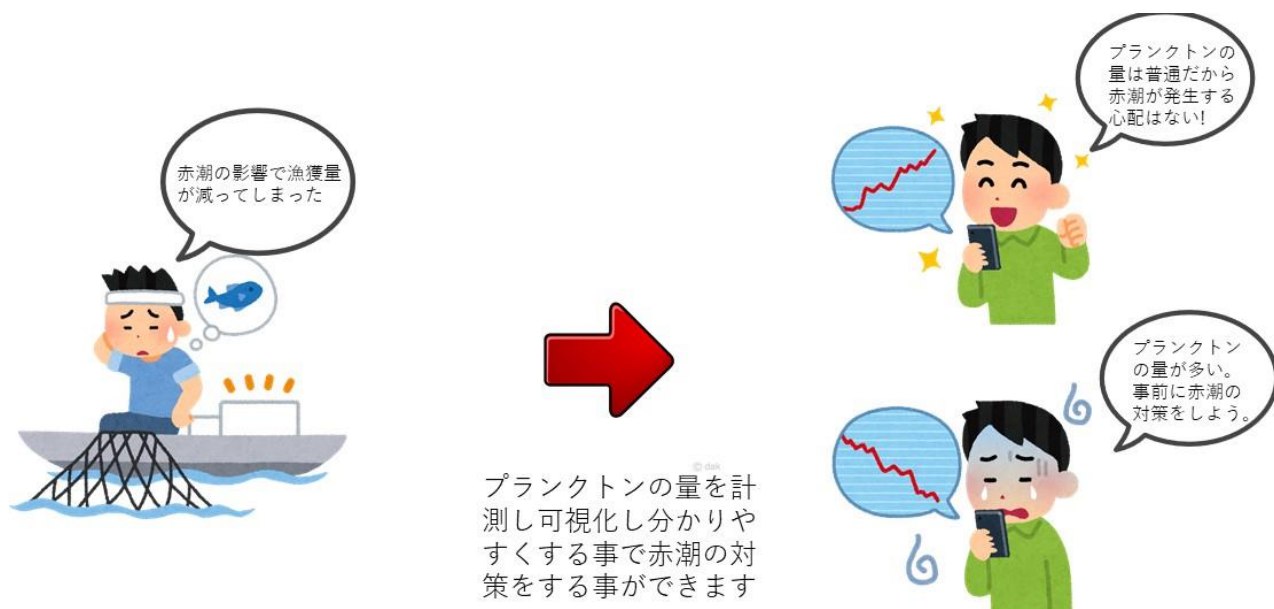


図 3.1 本システムの想定

4. システム

4.1 概要

本システムはプランクトンの計測をします。図 4.1 にシステムの概要、図 4.2 に実際のシステムの外観を示します。

本システムの動作の流れ

1. 海中に発生しているプランクトンの量を計測する。
2. 計測したデータを処理する。
3. 処理したデータをもとに WEB ページで可視化し、PC、スマートフォン等での閲覧を可能にする。

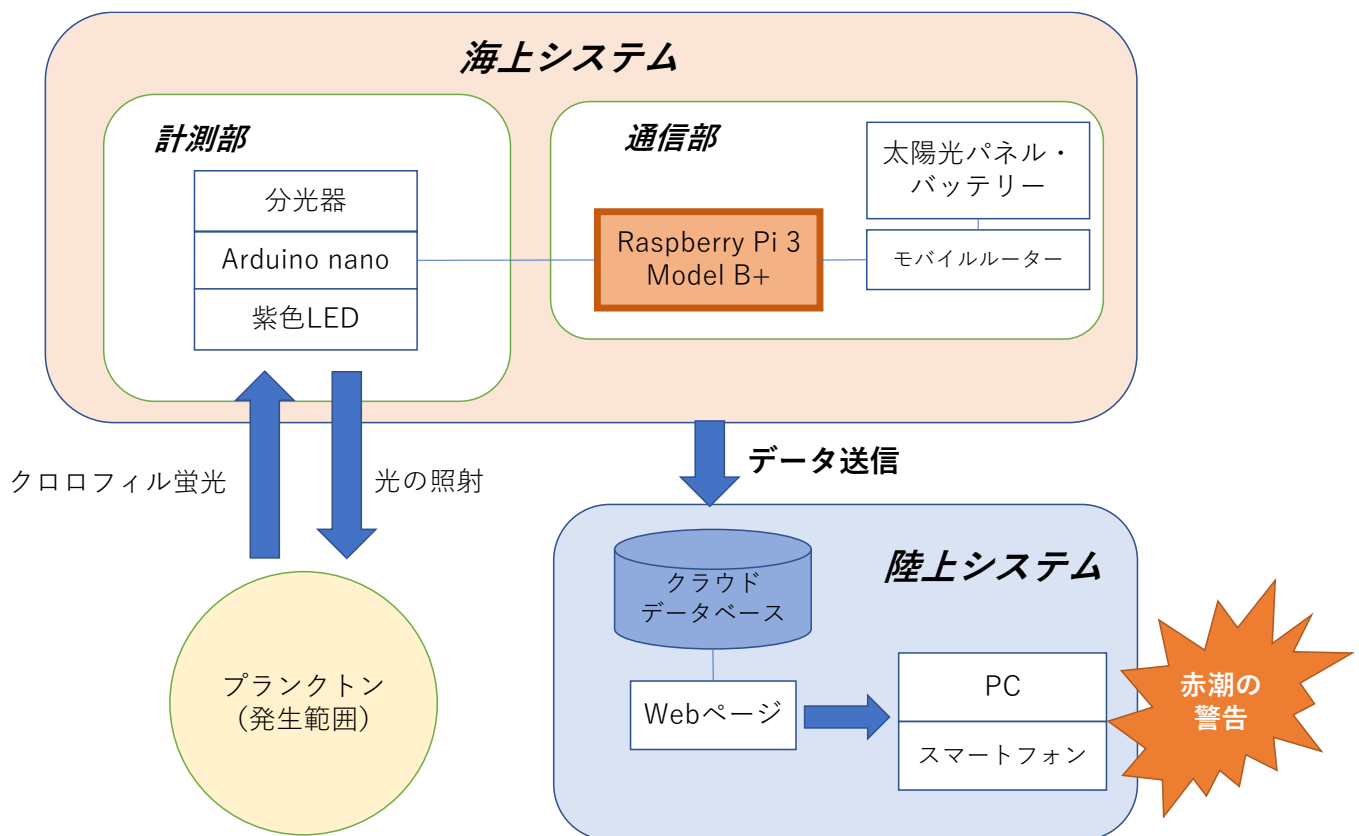


図 4.1 システムの概要

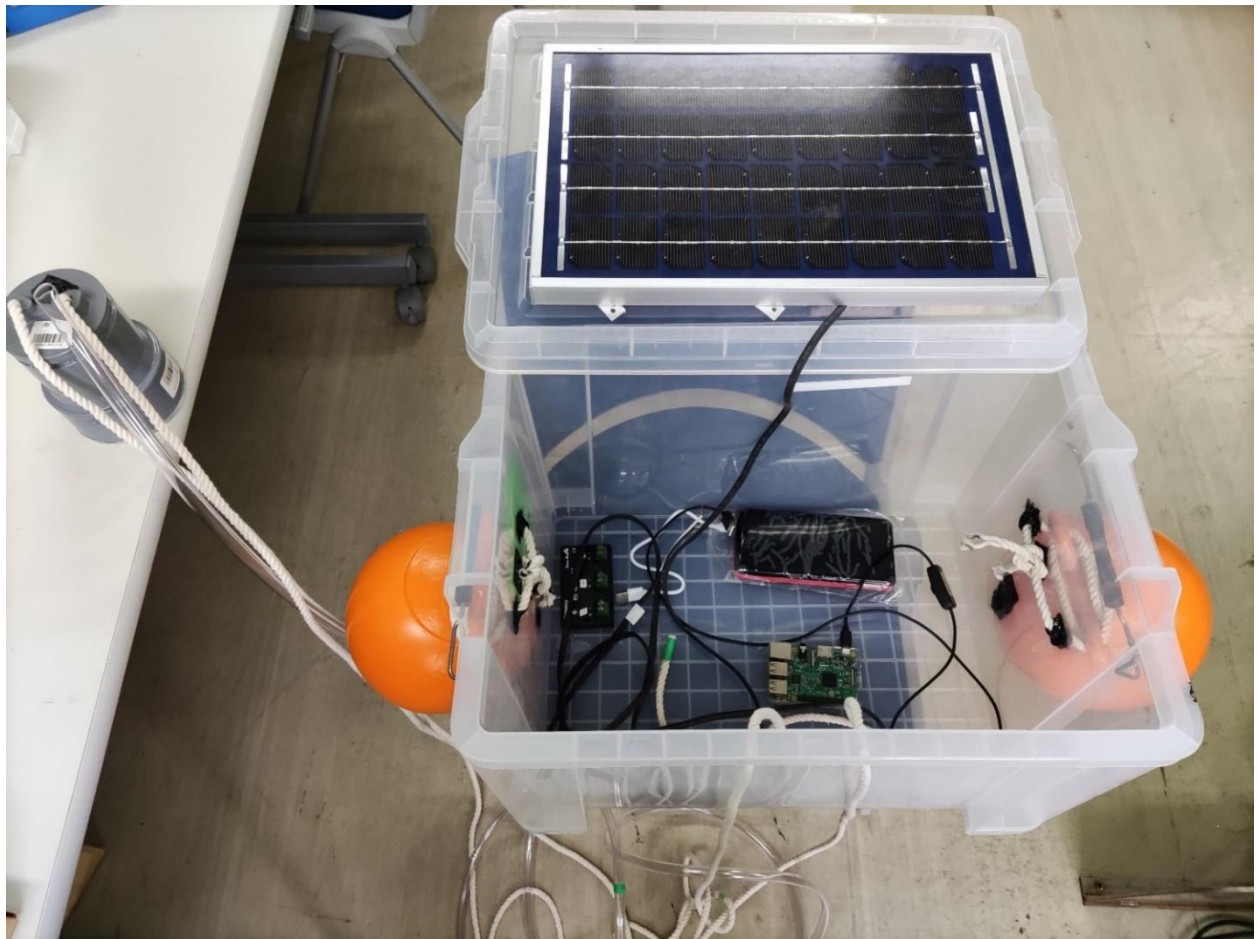


図 4.2 実際のシステムの外観（配線は省略）

4.2 システム詳細

本システムは主に養殖を行う海上にあるシステムと送信されたデータを処理する、陸上のシステムに分かれています。

・海上システム

海上システムの構成は、計測部と通信部に分かれた構成になっています（図 4.3）。

計測部は海中の 1 m に位置し、植物プランクトンの計測するための機器を配置した部分です。

また、海上での継続的な計測のために太陽光発電システムが構築されています。

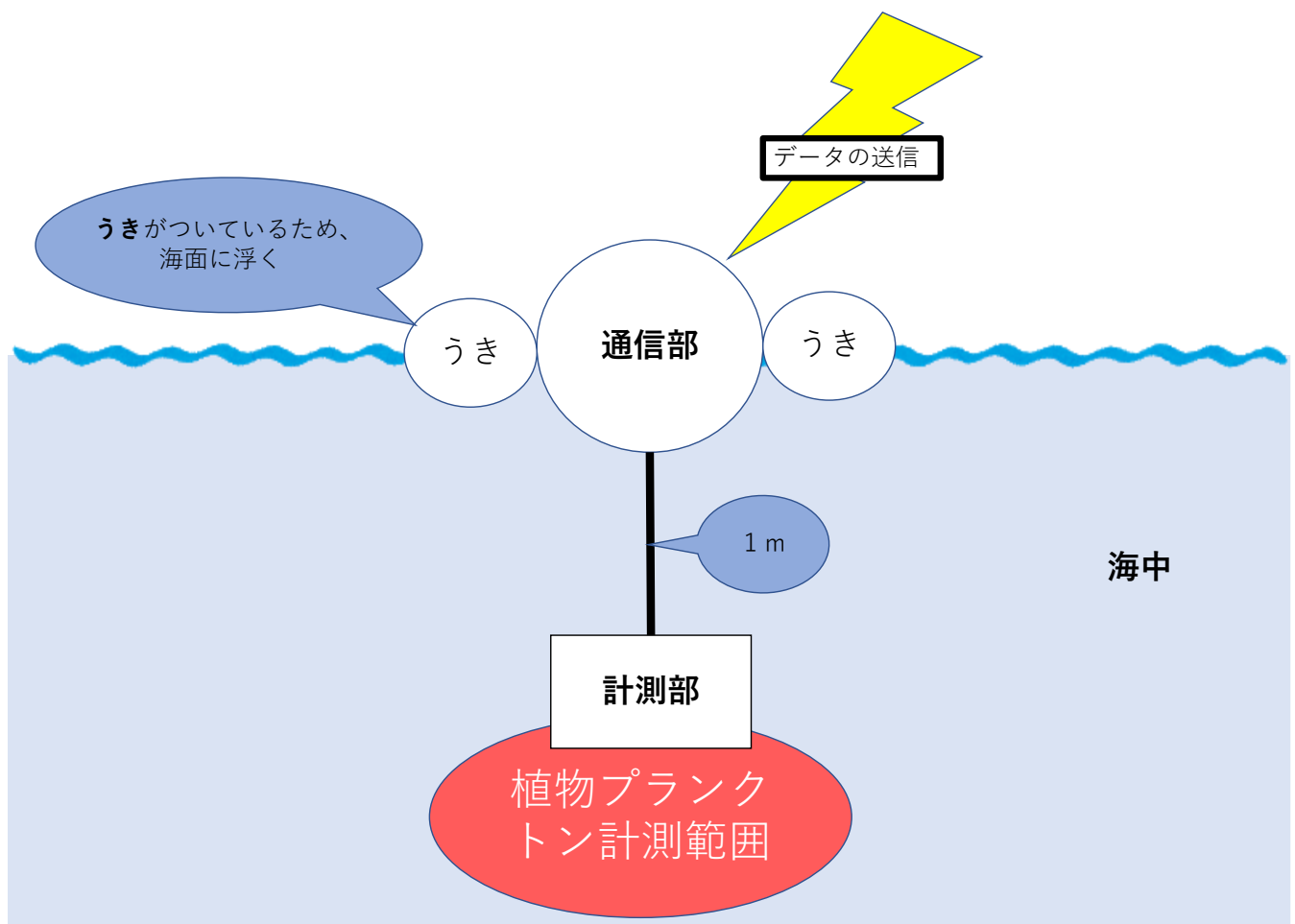


図 4.3 海上システムの詳細

➤ 計測部

計測方法を図 4.4 に示します。深度 1 m 付近で、紫色 LED の光を海中に照射し、プランクトンによって放出される蛍光を分光器で測定します（蛍光法）[2]。

プランクトンの蛍光は、波長 650~700nm 付近にピークを持ちます。

このスペクトルを 分光器で計測します。プランクトンの量によって分光器で計測する光の強度が変化するので、プランクトン量の相対的な変化が分かります。

これは、植物プランクトンが光合成する際にエネルギー浪費として放出されるクロロフィル蛍光の強度が光合成元素であるクロロフィル a(Chl. a)濃度にほとんど依存することから分かります。

計測部には 470nm 波長の紫色 LED を使います。この LED を使う理由は、この波長は植物プランクトンが最も強く光吸収するためです。光吸収が多いと、クロロフィル蛍光放出が多くなるため、計測の効率化につながります。

図 4.5 は実際に作成した計測部の外観です。

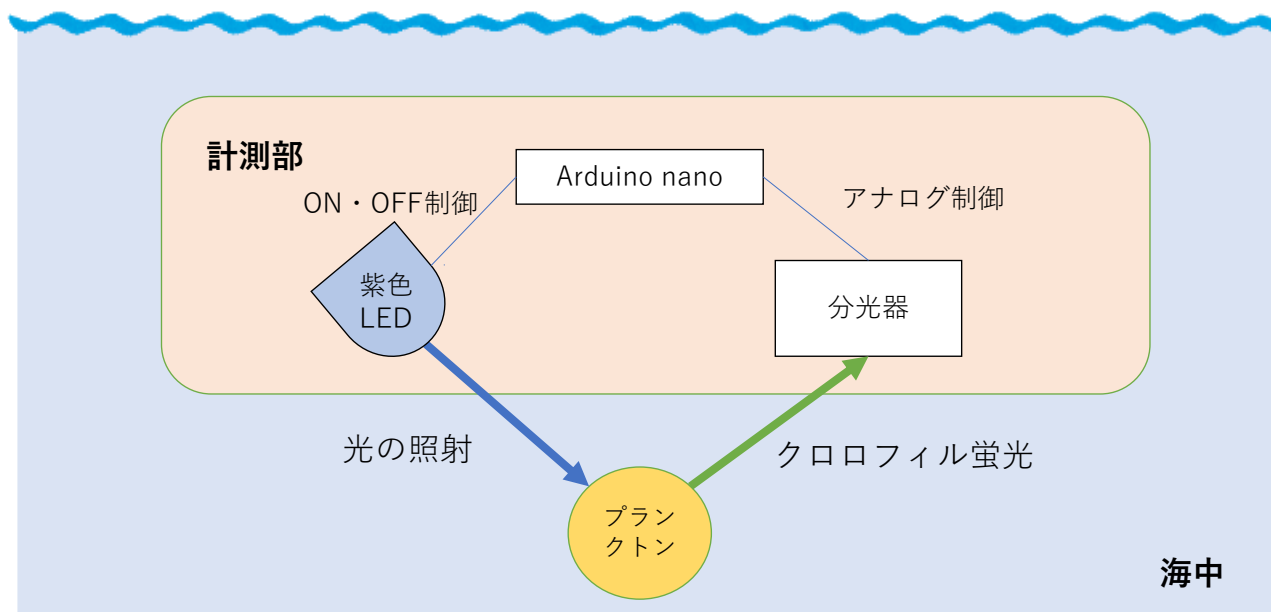
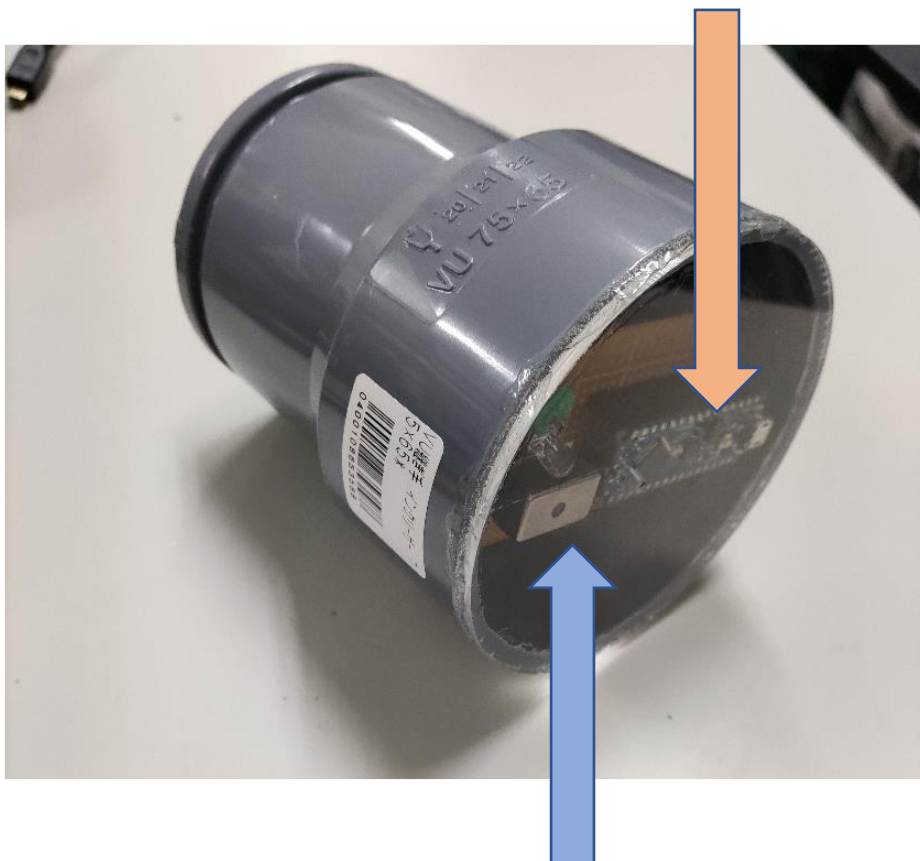


図 4.4 プランクトンの計測方法

Arduino nano EVERY



分光器

図 4.5 実際の計測部の外観

➤ 通信部

通信部では計測データの処理や通信機器の制御、処理データの送信等を行う機器で構成されています（図 4.6）。通信部は、うきを用いて海面に浮いています。

主に計測データの処理、計測機器の制御をする **Raspberry Pi 3** と処理データをクラウドに送信するモバイルルーターで構成されています。送信されたデータは処理され **WEB** ページで表示されます。

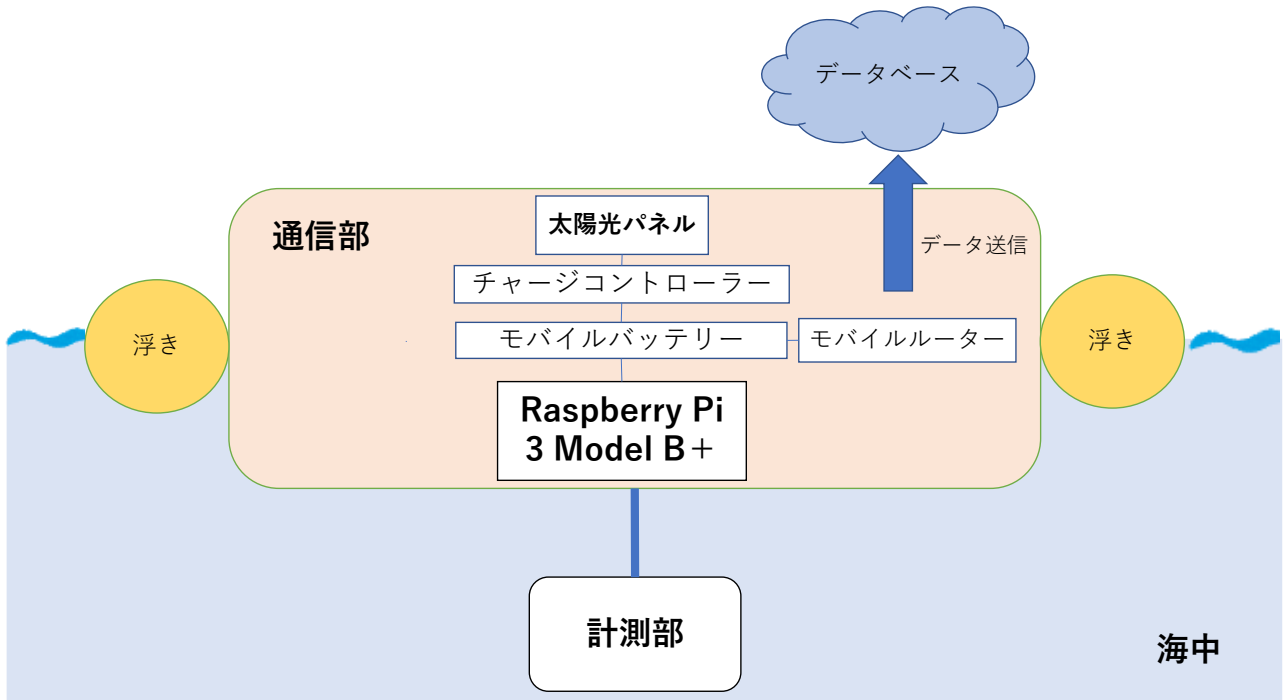


図 4.6 通信部の詳細

・陸上システム

陸上システム（図 4.7）では、海上システムの通信部で処理されたデータをデータベースから読み取り、日付ごとに並べます。また、赤潮発生危険度データをグラフ化したものを表示します。これにより、事業者が赤潮の対策を容易に行うことができます。

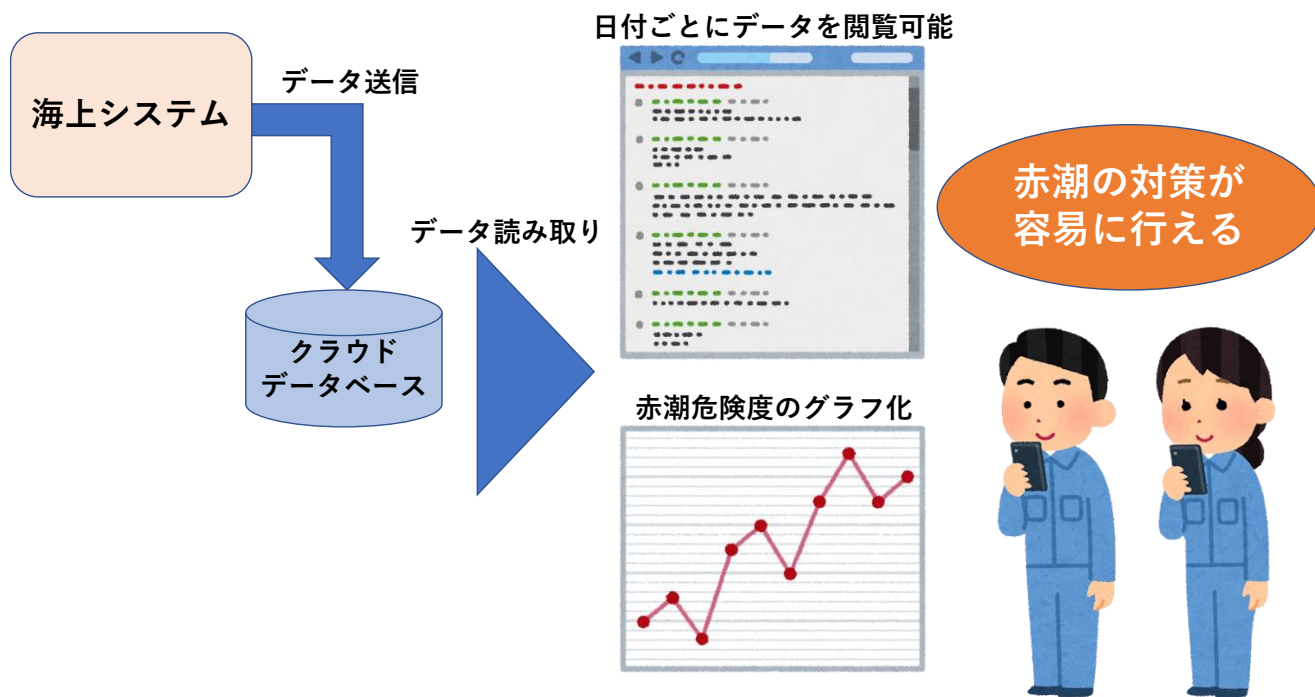


図 4.7 陸上システムの詳細

4.3 使用機器の説明

本システムに使用した機器を表 4.1 に記します。その中でも主要な機器について説明します。

表 4.1 システムに使用した部品

品名
防水BOX
アクリル板
配線チューブ
Raspberry Pi 3 Model B+
うき(ブイ)
分光器
紫色LED
モバイルルーター
バッテリー
ソーラーパネル
チャージコントローラー

・分光器

分光器とは、光の電磁波スペクトルを計測する光学機器です。光源をプランクトンに当て、プランクトンが返すクロロフィル蛍光を分光器で測定し、その場所に発生しているプランクトンの数を特定するために使用しています。

	製品スペック	
	サイズ	20.1 * 12.5 * 10.1mm
	質量	5g
	感度波長範囲	340~780nm
	波長分解能	15nm max.

図 4.8 浜松ホトニクスミニ分光器 マイクロシリーズ C12666MA

- Raspberry Pi 3 Model B+

本システムでは、Arduino からのデータを受信、保存、データベースへの送信に使用しています。



図 4.9 Raspberry Pi3 ModelB+ [4]

- Arduino nano EVERY

本システムでは、分光器の制御をして蛍光値を取得し、Raspberry Pi とシリアル通信をしています。

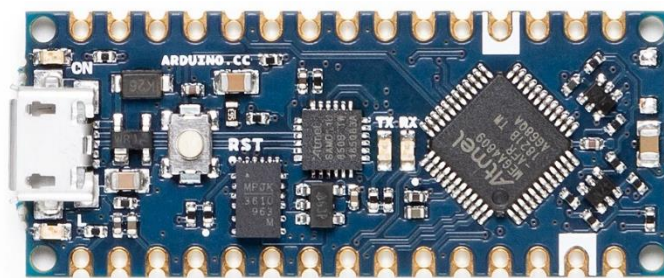


図 4.10 Arduino nano EVERY [5]

5. システムの検証

本システムが正常に動作するかの確認のため、実際の海水を使用して、蛍光スペクトルが計測できるかを検証しました。また、植物プランクトンが多く発生している環境を再現するために、緑茶を使って蛍光スペクトルを計測しました。

5.1 実験方法

実際の海水を採取して測定を行いました。ただし、海水は赤潮の発生時のものを使用できませんでした。そこで、赤潮が発生している海水を模した緑茶についても本システムの計測部をつけ、計測部の分光器で蛍光スペクトルの計測を行いました。



図 5.1 採取した海水



図 5.2 使用する緑茶

5.2 実験結果

計測結果は以下の通りです。470nm 付近のピークは光源の LED によるものです。

・海水の計測結果

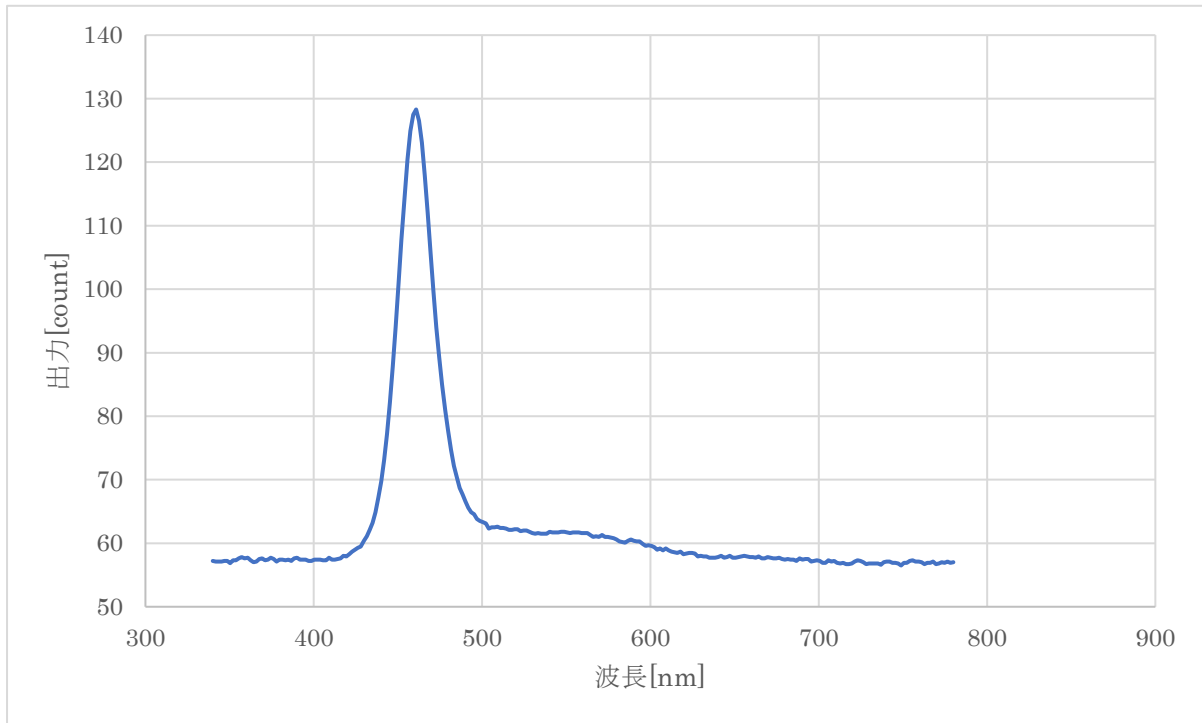


図 5.3 海水から計測した蛍光

・緑茶の計測結果

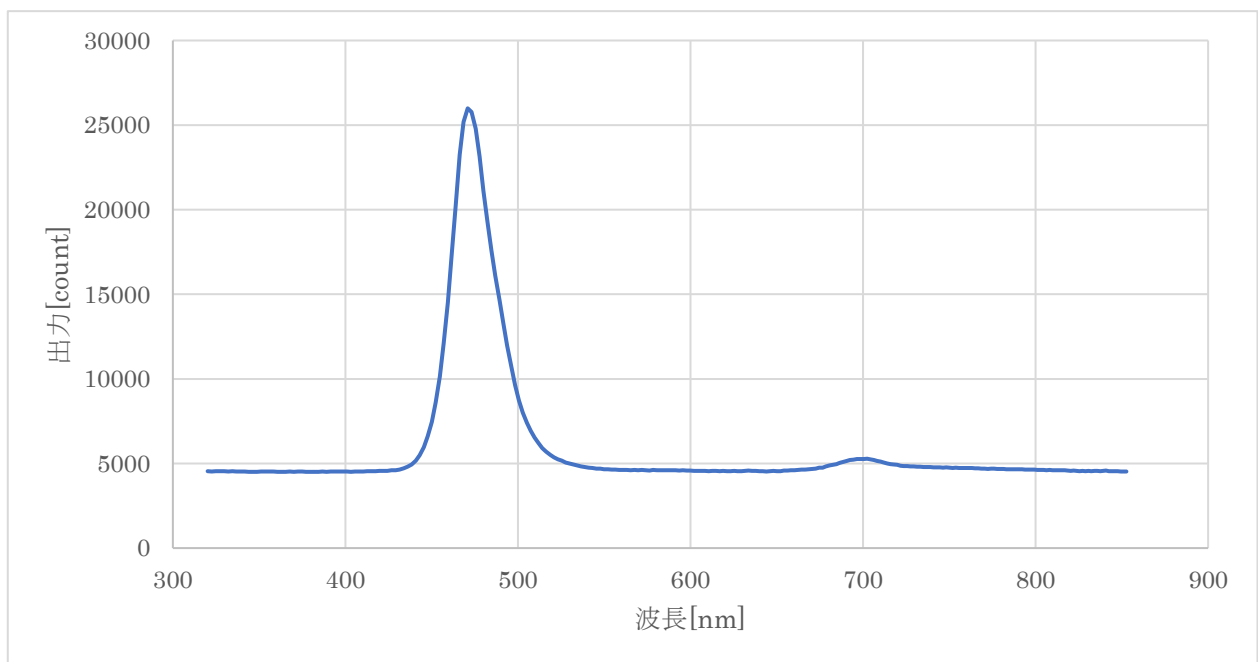


図 5.4 緑茶から計測した蛍光

図 5.3 の海水の計測結果では、紫色 LED の光の値のみが検出できました。これは赤潮を含まない海水であるため、650～700nm 付近のピークが検出できませんでした。図 5.4 より、緑茶では紫色 LED の光が検出できたほか、700nm 付近の赤色の波長が他より強めに検出できました。これは緑茶の蛍光であるため、クロロフィル蛍光とはピーク波長がずれていると考えられます。

5.3 考察

実験結果より、緑茶の蛍光の計測ができたため、本システムはクロロフィル蛍光の計測も可能だと考えられます。しかし、計測する赤色の蛍光が強く出なかったため、光源の改良などを行い、精度の向上をする必要があると思われます。

6. まとめ

- ・分光器と Raspberry Pi を使った小規模事業者のためのプランクトン計測システムを作成した。
- ・実際のシステムを完成させ、動作させることができた。
- ・改良が必要であるものの、クロロフィル蛍光の計測が可能なシステムの作成ができた。

7. 今後の展望

実際の海で採取した赤潮の計測を本システムで検証します。また、陸上システムが未完成であるので、構築を進めていきます。

LED では光の強度が弱いため、光源を改良します。これによってより広範囲の測定が可能になると考えています。現在は測定できる深度が 1m までですが、測定範囲を自由に変更できるように改良することを目指します。

以上の点を改善し、より測定しやすく小規模養殖業者の方が使いやすいシステムを目指します。また、実際の海での計測を実施し、本システムを実用段階に進めて行きます。

8. 参考文献

[1] 伊勢湾の赤潮による被害

http://www.isewan-db.go.jp/ise-kankyo/Blg_1.asp

令和2年三重県沿岸海域に発生した赤潮

<http://www.pref.mie.lg.jp/common/content/000949286.pdf>

プランクトンと赤潮について

<http://www.ktgyokyo.if-net.ne.jp/purankuton.html>

[2] 植物プランクトンが光合成する際のエネルギー (pdf)

<https://www.jfe-advantech.co.jp/assets/img/products/ocean-sensor/cloro-sensor.pdf>

[3] 分光器について

<https://www.hamamatsu.com/jp/ja/product/type/C12666MA/index.html>

[4] Raspberry Pi 公式サイト

<https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>

[5] Arduino 公式サイト

<https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-nano-every>