

代表理事特別賞

賞金 5 万円

海色（うみいろ）～プラン
クトンで測る海の変化～

独立行政法人国立高等専門学校機構
鳥羽商船高等専門学校

プランクトンで測る海の変化

うみいろ

海色 報告書

平成 28 年 10 月

鳥羽商船高等専門学校

制御情報工学科

4 年 山際成美

4 年 渡邊一喜

1. はじめに

私達の学校がある鳥羽や近隣の伊勢・志摩では牡蠣や真珠をつくるアコヤ貝などの養殖が盛んです(図1)。赤潮が起こると、アコヤ貝や牡蠣などが死んでしまいます。そのため、地元の名産でもある海の産物がとれなくなり大きな被害を生みます。

例えば、今年の9月13日に八代海で発生した赤潮が南下して、鹿児島県長島町で養殖ブリ約10万匹が死に、約**1億6000万円**の被害を生みました。県水産振興課によると、12日までに東町漁協管内の漁港2カ所で、出荷前の2年魚と来年に出荷する予定だった1年魚を合わせて9万5千匹が死んでいるのが確認されています。原因は魚を窒息死させるプランクトン「シャットネラアンティーカー」の増殖です。8月下旬に熊本県側で発生し、9月8日には同町でもブリの致死量に近い濃度で確認されています。[1]

これらの被害をおさえるためには、詳細な海洋気象情報を入手することが重要であると考え、私たちは「海色(うみいろ)」のシステムを作りました。被害をおさえるために、被害が起きる前の海の変化を定期的に視覚化することが重要です。一般的に海水中の溶存酸素濃度(DO値)を測るには低価格の溶存酸素キットや大きな機械を必要とします。しかし、採取した時間・場所・測定度合が限られており、厳密な測定結果を得る事が出来ません。また、現在海の色を調査するには船や飛行機、人工衛星を使用してモニタリングされており[2]、個人や漁業組合などが調査を行うには膨大な費用がかかります。そこで「海色(うみいろ)」は、とても低価格で軽量な計測機器を使用して海洋気象情報(海水温・DO値・海の色)を計測することで海洋気象の観測を行います。「海色(うみいろ)」は分光器、溶存酸素計をラズベリーパイに組み合わせることで定期的かつ自動的に測定が行うことが出来ます。

鳥羽商船高等専門学校がある鳥羽では身近に養殖業があり、小学校から真珠の養殖体験や海について知る機会が多くあります。私たちは地域の誇るべき養殖技術を衰退させないためにも海に密接にかかわっている人たちのサポートをしていきたいという思いで、この「海色(うみいろ)」を製作しました。



図1. 真珠の養殖で有名な英虞湾

2. システム概要

2.1 概要

「海色（うみいろ）」は赤潮や海水の汚染を早期に警戒するためのシステムです。この装置はマイクロ分光器(C12666MA)と溶存酸素計をラズベリーパイ 2 に接続し全ての機器を一括管理します。測定データはラズベリーパイ 2 からモバイル WiFi ルーターを通じてデータベースサーバへ送信されます。また、パソコンからはラズベリーパイ 2 にリモートアクセスすることで計測システムの保守管理が可能です。更に、インターネットを通じて計測結果をどこからでも閲覧することが可能です（図 2）。

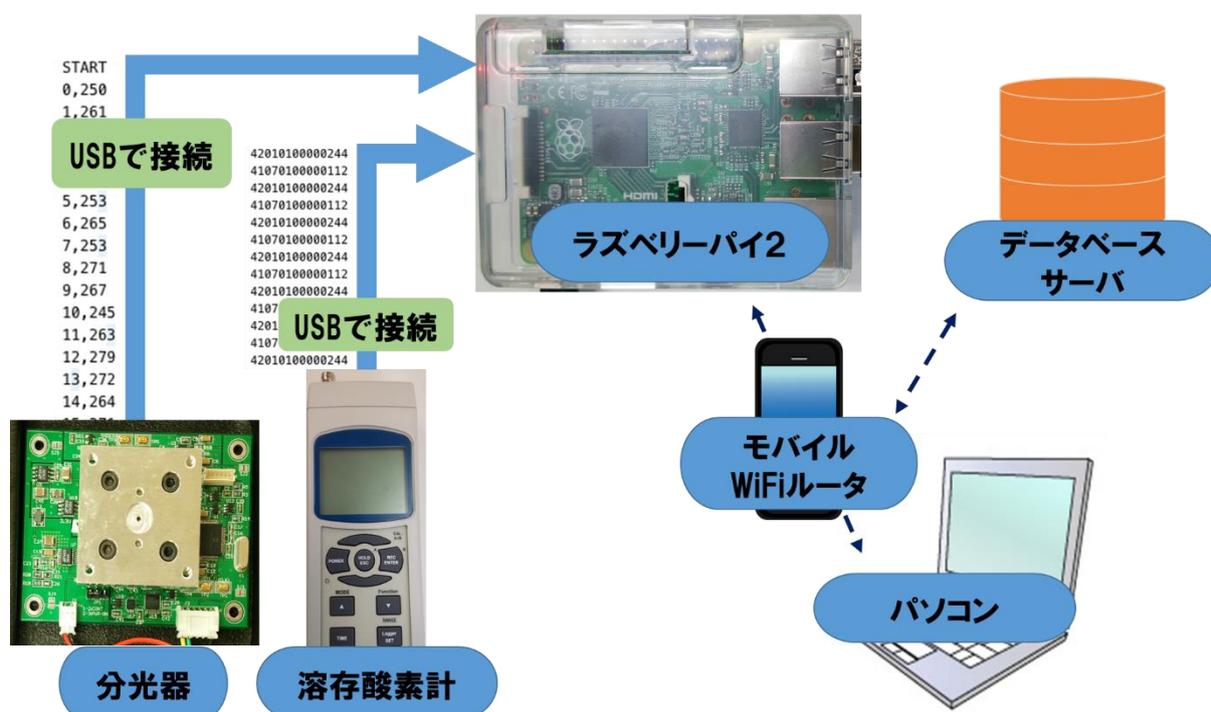


図 2. システム構成図

「海色（うみいろ）」を使用することで以下の3つのことが可能となります。

1. 赤潮の予察

- ・ DO 値の低下
- ・ 赤色が増加

2. 植物プランクトンの検出

- ・ DO 値の増加
- ・ 緑色が増加

3. 水のごり具合

- ・ レベルが低下

これらは海の色と溶存酸素量が密接に関係しています。一度にこれらの海洋気象情報を測定できる機器は限りなく少ないです。

2.2 海色（うみいろ）

下記のもので「海色（うみいろ）」は製作されています。

使用した機器

- ・分光器（C12666MA）
- ・溶存酸素計（WA-2017SDJ-D0）
- ・キセノンライト
- ・バッテリー（25000mAh）
- ・ラズベリーパイ 2

外装部分

- ・ペール缶 20ℓ
- ・PELICAN PRODUCTS ペリカンプロダクツ スモールケース
- ・防塵/防水ケース
- ・ケーブルグラウンド
- ・20kgのおもり

「海色（うみいろ）」で使用しているのは浜松ホトニクス社製の分光器です。このC12666MA と同じスペックの分光器を購入すると場合によれば 1000 万円以上で、大きさも 500 リットルの家庭用冷蔵庫程になります。しかし、この分光器は約 5 万円という安さと指先サイズの小ささであり、海の中に沈めるのにはコンパクトで使いやすいため使用しています。

溶存酸素計については FUSO 社製です。この溶存酸素計は DO 値と一緒に水温も測れるようになっていました。そして、私たちが注目した部分はインターフェイスにあります。溶存酸素計のほとんどはインターフェイスが無い場合が多く、あったとしても 10 万円越えがほとんどです。しかしこの溶存酸素計にはインターフェイス（USB 出力）があり、価格も 5 万円以下です。そのため、ラズベリーパイ 2 に繋げて操作することが可能となります。

LED ライトではなくキセノンライトを使用している理由については、白熱電球より光を遠くまではっきりと届かせることが出来るため、1メートル程潜ると太陽光が届かなくなるような汚れた海の場合でもキセノンライトの光が分光器に届きやすいと考えました。また、キセノンライトは可視光域の分光分布が太陽光に近く演色性に優れているため使用しています。

今回使用した分光器のスペック概要と写真を表 1・図 3、溶存酸素計のスペック概要を表 2・図 4 に示します。また、測定機器が入った箱の外面と内面を図 5、図 6、図 7 に示します。

表 1. 分光器スペック概要

会社名	浜松ホトニクス
型名	C12666MA
■特長	
・指先大サイズ	20.1 × 12.5 × 10.1 mm
・質量	5 g
・感度波長範囲	340 ~ 780 nm
・波長分解能	15 nm max.

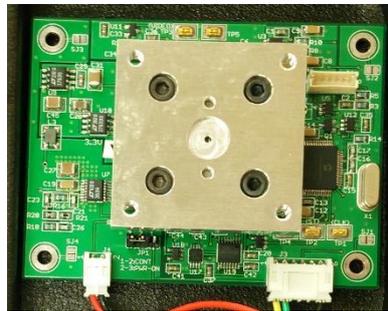


図 3. 分光器

表 2. 溶存酸素計スペック概要

会社名	株式会社佐藤商事 日本正規代理店
型番号	FUSO (フソー) 溶存酸素計 WA-2017SD
●測定項目	溶存酸素、温度、オプション pH,ORP,TDS、塩分
●ディスプレイ	液晶ディスプレイ、バックライト付
●機能データ	ホールド、Max.Min値表示、オートパワーオフ
●サンプリングタイム	1回/秒 データロガー: SDカード
	サンプリング時間: 1秒~8時間59分59秒
●インタフェース	RS-232C/USB
●使用環境	0~50℃ 80% RH以下
●電源	単3電池×6
●サイズ/質量	177L×68W×45Dmm / 490g

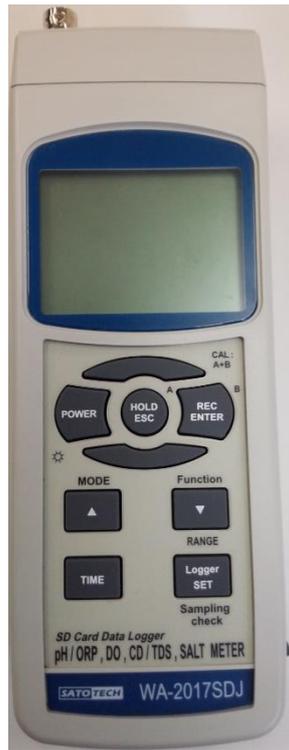


図 4. 溶存酸素計



図 5. 外面写真

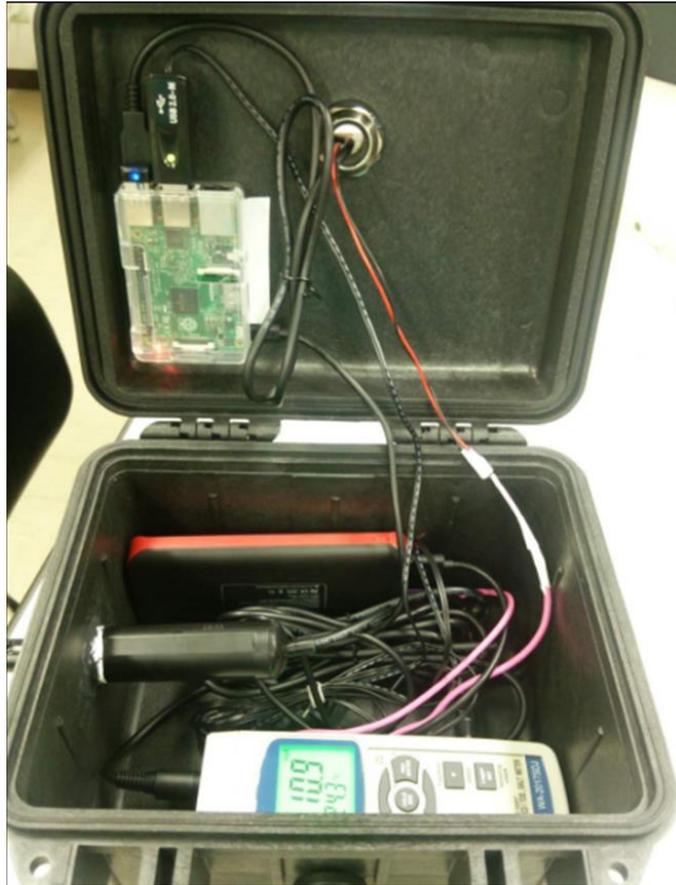


图 6. 内面写真 1



图 7. 内面写真 2

2.3 海の色 の測定方法

以下にスペクトルデータの測定からグラフ化までの手順を示します。

表3はパソコンからラズベリーパイへリモートアクセスし取得したスペクトルデータを表にまとめたものです。測定の流れは図8に示します。

まずは、暗闇でのスペクトルデータを取得します。これは、測定したスペクトルデータと暗闇でのスペクトルデータの差分を取ることで測定したスペクトルデータに含まれる誤差を取り除くことが出来るからです。今回の測定では表3のP列より、200~300程度の色の誤差が生じることが確認できます。

次に海の色 の測定を始めます。海の色を10回測定するのは正確さを求めるためです。その後、平均化したスペクトルデータから暗闇でのスペクトルデータ(表3のP列)を引き、差分値を算出します(表3のO列)。次に分光器の特性を取り除くための正規化を行います。式1により求めることが出来ます。キセノンライトの補正係数はキセノンライトのスペクトルデータ取得し、可視光部分の平均値から求めた値を使用しています。このような処理を行った上でグラフを作成し、誰が見ても分かりやすいようにしています。

表3. 測定値の一例

A	B	C	D										N	O	P
			1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目			
2.47227	19812.77	0	8255	8263	8223	8207	8247	8277	8327	8319	8359	8363	8284	8014	270
2.3288	17210.3	5	7639	7643	7591	7595	7625	7635	7679	7679	7717	7699	7650.2	7390.2	260
2.16626	14781.69	10	7069	7111	7051	7045	7093	7115	7155	7167	7147	7163	7111.6	6823.6	288
2.02901	12951.58	15	6611	6677	6623	6603	6627	6619	6655	6687	6687	6703	6649.2	6383.2	266
1.90434	11326.63	20	6163	6214	6165	6162	6247	6189	6243	6239	6251	6275	6214.8	5947.8	267
1.90127	10567.07	25	5823	5830	5821	5779	5839	5839	5861	5879	5879	5879	5842.9	5557.9	285
1.99017	10325.4	30	5423	5461	5451	5447	5467	5495	5491	5513	5531	5535	5481.4	5214.4	267
1.95366	9510.026	35	5139	5127	5111	5099	5135	5135	5173	5179	5171	5199	5146.8	4867.8	279
1.90586	8742.37	40	4839	4859	4853	4818	4823	4823	4879	4875	4871	4891	4853.1	4587.1	266
1.82405	7853.63	45	4539	4571	4537	4547	4569	4599	4607	4605	4619	4633	4582.6	4305.6	277
1.74862	7105.692	50	4283	4301	4303	4277	4339	4313	4359	4357	4359	4375	4326.6	4063.6	263
1.68339	6413.884	55	4066	4073	4061	4065	4077	4089	4085	4127	4117	4131	4089.1	3810.1	279
1.65621	5931.882	60	3845	3866	3858	3839	3837	3853	3891	3883	3895	3899	3866.6	3581.6	285
1.71218	5806.174	65	3669	3657	3645	3643	3618	3671	3695	3691	3675	3717	3668.1	3391.1	277
1.69573	5414.466	70	3475	3487	3449	3445	3497	3495	3499	3503	3511	3509	3487	3193	294
1.7593	5334.901	75	3283	3331	3293	3315	3333	3349	3367	3343	3353	3347	3331.4	3032.4	299
1.71582	5023.235	80	3173	3197	3183	3144	3159	3205	3205	3203	3227	3230	3192.6	2927.6	265
1.68498	4745.578	85	3051	3062	3055	3047	3063	3101	3089	3103	3117	3106	3079.4	2816.4	263
1.55345	4181.421	90	2939	2955	2959	2975	2955	2953	3002	2973	2999	3007	2971.7	2691.7	280
1.53049	3994.426	95	2853	2879	2865	2871	2873	2899	2890	2901	2925	2933	2888.9	2609.9	279
1.55098	3901.8	100	2774	2780	2799	2805	2797	2831	2820	2813	2837	2821	2808.7	2515.7	293
1.58023	3890.526	105	2741	2759	2742	2739	2754	2759	2783	2775	2767	2781	2760	2462	298
1.64284	3987.994	110	2694	2703	2671	2703	2707	2715	2743	2729	2717	2723	2710.5	2427.5	283
1.64153	3929.495	115	2633	2705	2681	2667	2675	2671	2693	2690	2674	2699	2678.8	2393.8	285
1.63651	3862.818	120	2601	2605	2619	2639	2623	2643	2653	2639	2629	2663	2631.4	2360.4	271
1.59013	3629.401	125	2555	2575	2567	2579	2569	2567	2611	2599	2611	2596	2592.9	2296.9	286
1.52804	3393.913	130	2509	2521	2543	2494	2527	2527	2531	2546	2527	2535	2526	2224	302

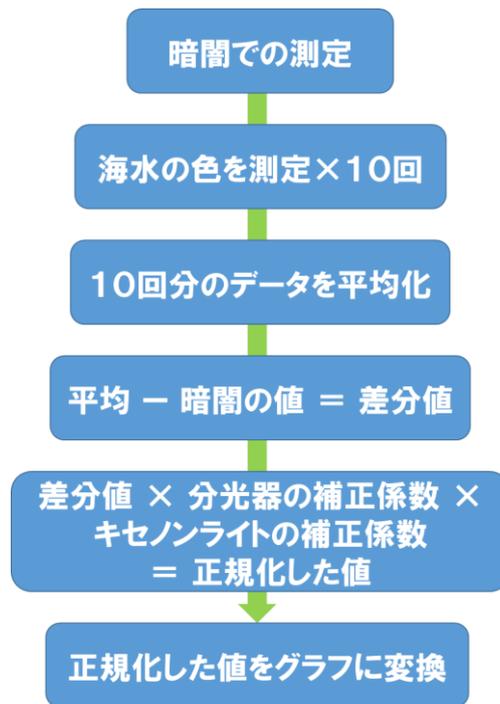


図 8. 測定からグラフ作成までの流れ

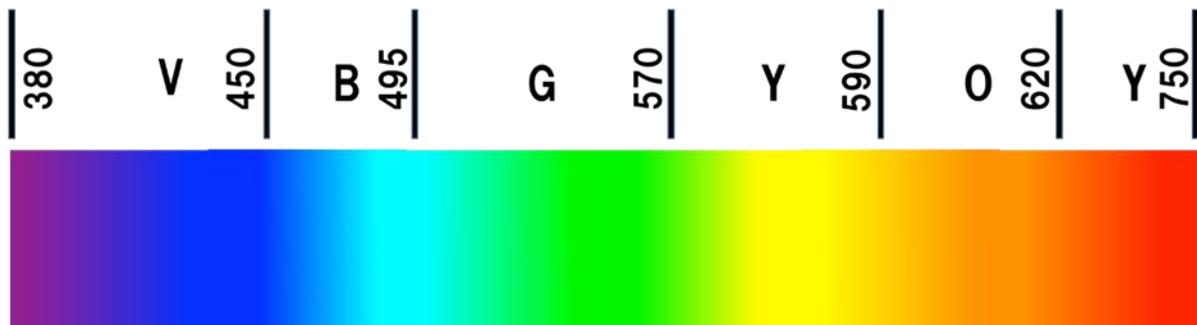


図 9. 可視光線の数値と色

$$\text{Wavelength [nm]} = A_0 + B_1 \cdot ch + B_2 \cdot ch^2 + B_3 \cdot ch^3 + B_4 \cdot ch^4 + B_5 \cdot ch^5 \quad (ch = 1 \sim 256) \quad \dots \text{式 1}$$

- $A_0 = 3.054047593E+02$
- $B_1 = 2.407657170E+00$
- $B_2 = -1.423576077E-03$
- $B_3 = 1.137269727E-06$
- $B_4 = -2.572505028E-08$
- $B_5 = 5.517292106E-11$

2.4 溶存酸素量 (DO 値) の測定方法

パソコンからラズベリーパイへ、リモートアクセスすることで図 10 のテキストデータを取得します。溶存酸素の測定例を図 10 に、海水の飽和溶存酸素量の参考資料を表 4 と表 5 に示します。



図 10. 溶存酸素テキストデータの見方

表 4. 飽和溶存酸素量

海水

水温 °C	塩分					
	5 bSat	5 b212	10 bSat	10 b212	15 bSat	15 b212
0	14.04	14.09	13.57	13.62	13.12	13.16
5	12.22	12.33	11.82	11.93	11.43	11.54
10	10.78	10.91	10.44	10.57	10.12	10.24
15	9.59	9.75	9.30	9.46	9.02	9.17
20	8.60	8.80	8.35	8.54	8.10	8.29
25	7.80	8.00	7.53	7.78	7.32	7.56
30	7.02	7.32	6.82	7.12	6.64	6.93
35	6.34	6.74	6.18	6.57	6.01	6.39
40	5.78	6.24	5.64	6.08	5.49	5.93

水温 °C	塩分					
	20 bSat	20 b212	25 bSat	25 b212	30 bSat	30 b212
0	12.68	12.72	12.25	12.29	11.84	11.88
5	11.07	11.17	10.71	10.81	10.37	10.46
10	9.80	9.92	9.50	9.61	9.20	9.31
15	8.75	8.90	8.49	8.63	8.23	8.37
20	7.87	8.05	7.64	7.82	7.42	7.59
25	7.11	7.34	6.91	7.14	6.72	6.94
30	6.46	6.74	6.29	6.56	6.16	6.38
35	5.86	6.23	5.70	6.06	5.55	5.90
40	5.36	5.78	5.22	5.63	5.09	5.49

水温 °C	塩分			
	35 bSat	35 b212	40 bSat	40 b212
5	10.03	10.12	9.70	9.79
10	8.91	9.02	8.63	8.73
15	7.98	8.12	7.74	7.87
20	7.20	7.37	6.70	7.16
25	6.53	6.74	6.34	6.55
30	5.95	6.21	5.79	6.04
35	5.41	5.75	5.27	5.60
40	4.96	5.35	4.83	5.21

bSat: 大気圧 1013 mbar下で空気飽和させた水中の酸素濃度

b212: 酸素分圧 212 mbar 下での水中の酸素濃度

3. 検証実験

「海色（うみいろ）」は赤潮や海水の汚染を早期に警戒するためのシステムです。そのため海水の汚染をいち早く察知出来る事を確認するために「海色（うみいろ）」を実際に海水で使用するとどのような傾向がみられるのか確認しています。

養殖業などで被害が大きい酸欠状態に近づいていることは溶存酸素計で検出できますが、「その予兆になる海の変化を色からも検出できるのではないか？」というのが「海色（うみいろ）」の特徴的な点です。この検証実験では特に分光器を用いた検証を行います。

3.1 キセノンライトの補正值の取得

最初にキセノンライトの特性を取り除くための補正值を取得します。また、キセノンライトを分光器に直接当てるとサチュレートしてしまうため、分光器にNDフィルターを付けて測定します。NDフィルターは図11に、NDフィルターの使用例を図12に示します。



図 11. ND フィルター



図 12. ND フィルター使用例

3.2 分光器で検出された色の確認

分光器で検出された色を確認するため、分光器の色を認識する穴の上にセロハンテープを付けて、その上にペンで着色します。その後キセノンライトの光を当てて検出した値がペンの色と一致するかを確認します。

分光器にセロハンテープを貼り、ペンで着色した測定対象と測定例を図 13・図 14 に示します。測定に使用した ND フィルターは以下の通りです。

- ・青色：ND なし
- ・赤色：ND0.6
- ・緑色：ND0.7

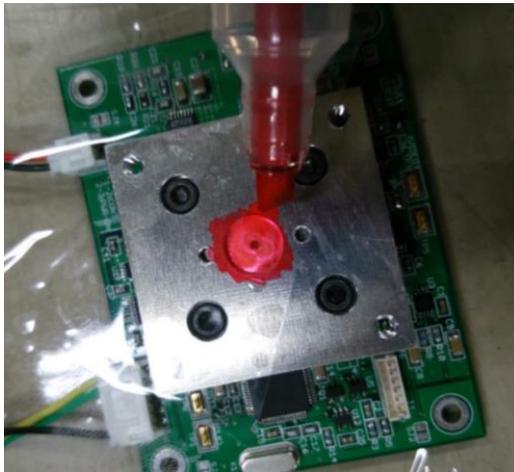


図 13. 測定対象

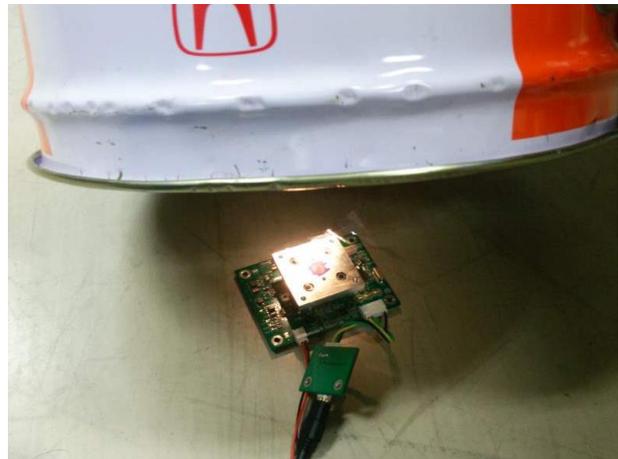


図 14. 測定例

3.3 鳥羽の海水と沖縄の海水を比較

鳥羽商船高等専門学校敷地内の堤防で採取した海水と沖縄の海水で色や溶存酸素量に変化が見られるのかを測定します。

鳥羽商船高等専門学校敷地内の堤防は図 15 に示します。



図 15. 鳥羽商船高等専門学校敷地内の堤防



図 16. 堤防で採取した海水と沖縄の海水の画像（左：鳥羽、右：沖縄）

3.4 綺麗な海水・濁った海水・ミドリムシを混ぜた海水の測定

鳥羽商船高等専門学校敷地内の堤防で晴天時に採取した海水、雨天時に採取した海水、晴天時に採取した海水にミドリムシを混ぜたものを測定し、どのような違いが検出されるのかを調べます。

データの取得には溶存酸素計の値も同時に取得するため海水に浸けてから5分後に計測します。また、水中にいる植物プランクトンの吸収スペクトルを図 18 に、蒸留水と海水の消散係数を図 19 に示します。測定に使用した ND フィルターは ND1.3 です。



図 17. 左から晴天時の海水、雨天時の海水、晴天時の海水にミドリムシを混ぜたものの画像

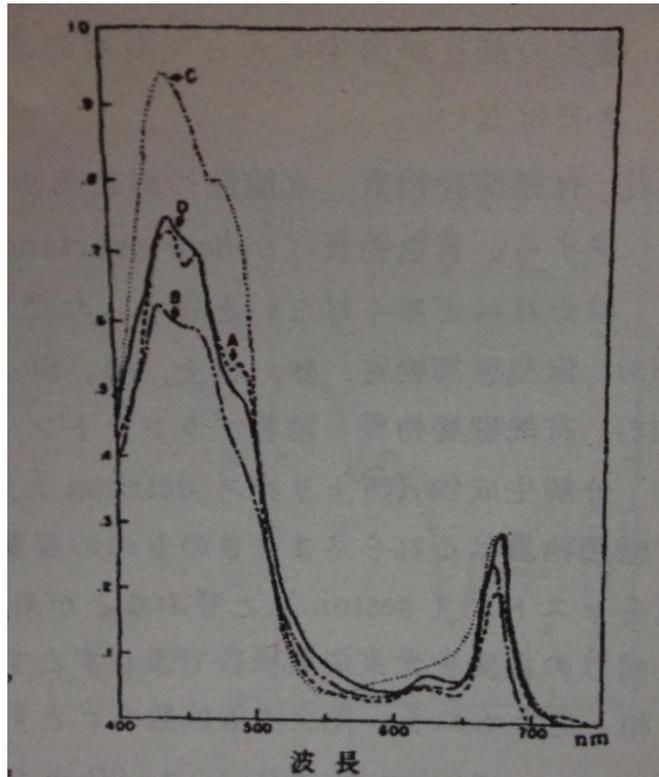


図 18. 植物プランクトンの吸収スペクトル[3]

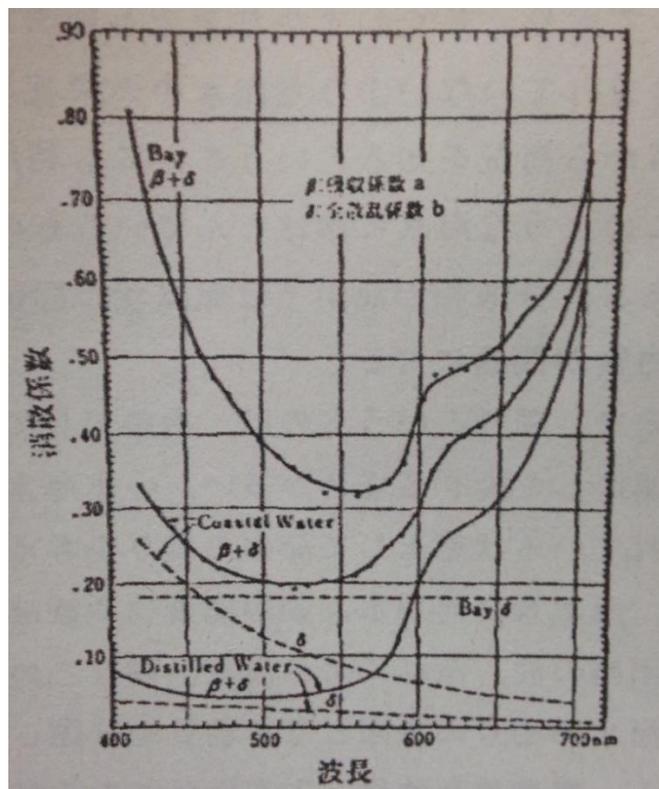


図 19. 蒸留水と海水の消散係数[3]

3.5 濁り具合の比較

沖縄の海水と沖縄の海水に泥を混ぜたものを測定し、濁り具合を比較します。

また、晴天時の鳥羽の海水と雨天時の鳥羽の海水の比較も行います。測定に使用したNDフィルターは以下の通りです。

- ・鳥羽：ND1.5
- ・沖縄：ND2.0

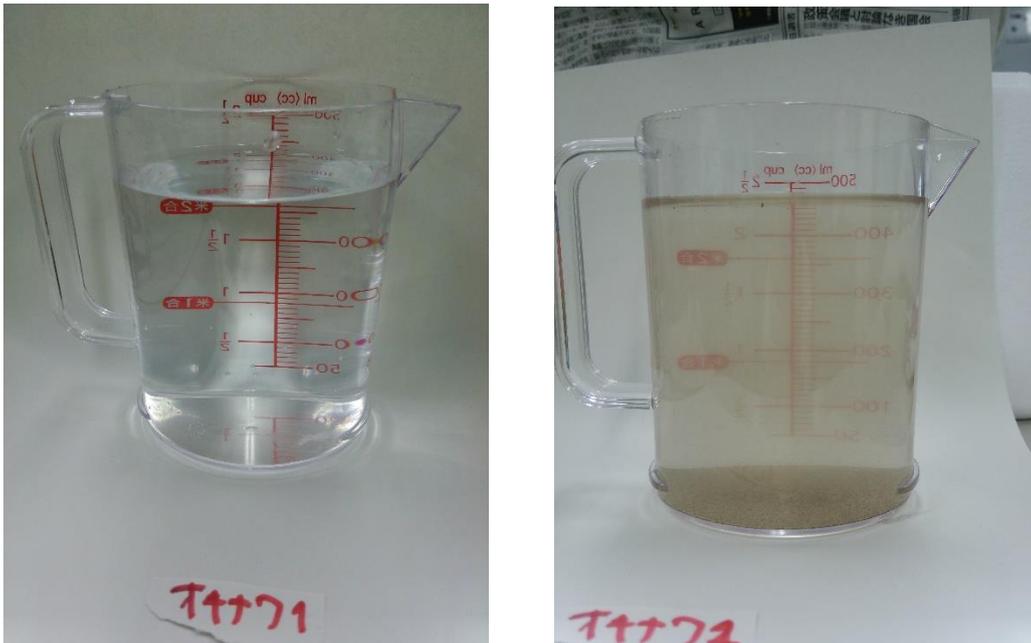


図 20. 左から綺麗な沖縄の海水と泥を入れた沖縄の海水の画像

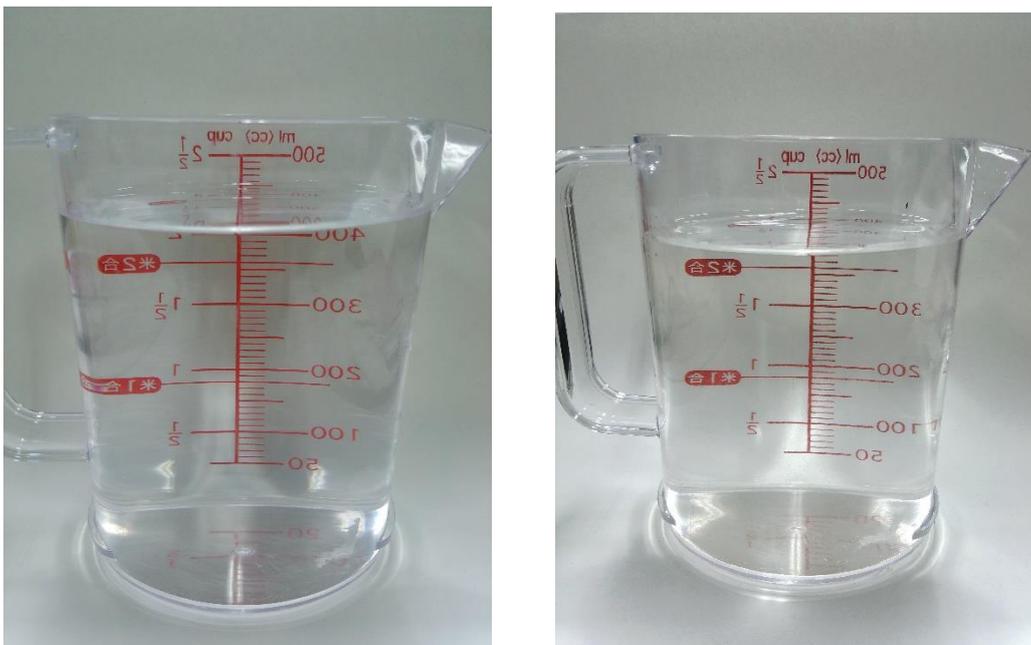


図 21. 左から綺麗な鳥羽の海水と濁った鳥羽海水の画像

3.6 溶存酸素量 (DO 値) の測定

鳥羽の海水と沖縄の海水の DO 値を測定しました。
測定時の様子を図 22 に示します。



図 22.DO 値の測定の様子

4.実験結果

4.1 キセノンライトの補正值の取得

キセノンライトのスペクトルデータを図 23 の青線のグラフに示します。これに分光器の特性を取り除くための補正係数を乗じて正規化します。正規化した値を図 23 の緑色のグラフに示します。(測定時に ND1.5 を使用)

緑色のグラフからキセノンライトの特性を取り除くための補正值を算出し、測定したスペクトルデータに適用します。

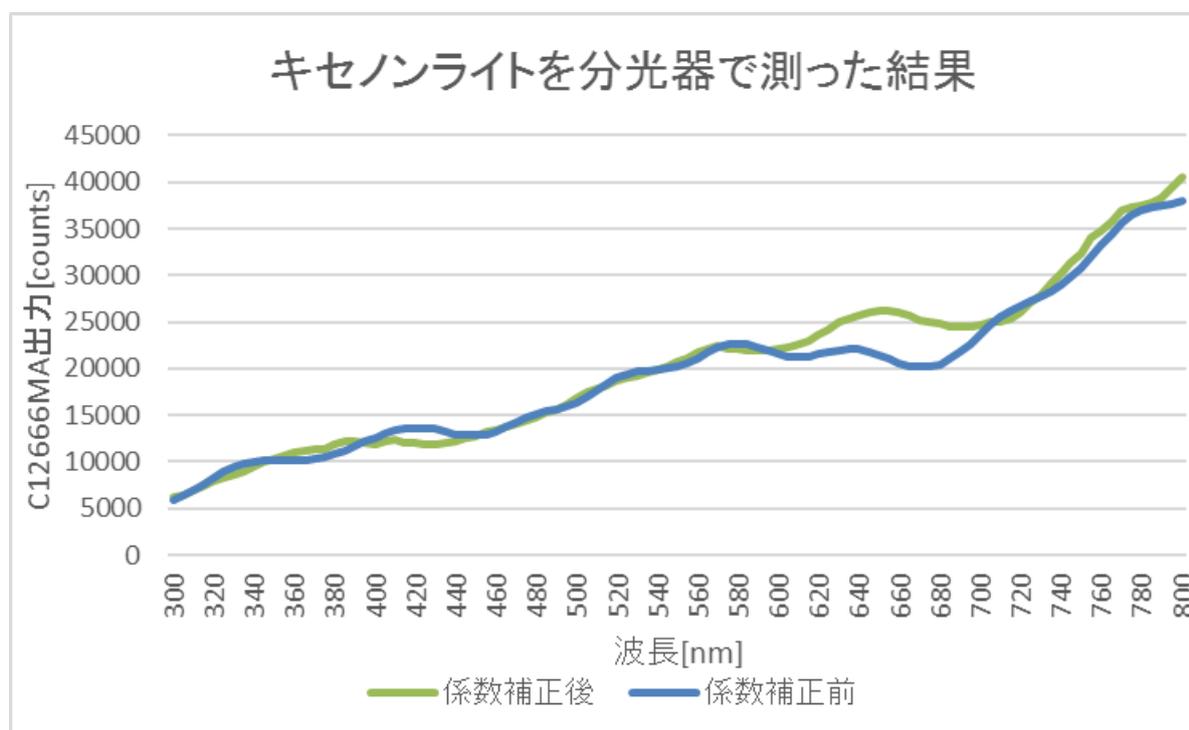


図 23. キセノンライトの測定結果

4.2 分光器による色の検出を確認

図 24 の測定結果に図 9 のカラーバーを参照して青色・緑色・赤色を見ていくと、青色の波長の出力が一番突き出ているのが分かります。しかし、青色の出力が大きいのは ND フィルターを使用していないことが原因と考えられます。

全体的に見てもそれぞれの色の波長の部分で大きくグラフが上がっているのが確認出来ます。この測定結果より、分光器での測定結果が目視で判断出来る色と一致することが確認できました。

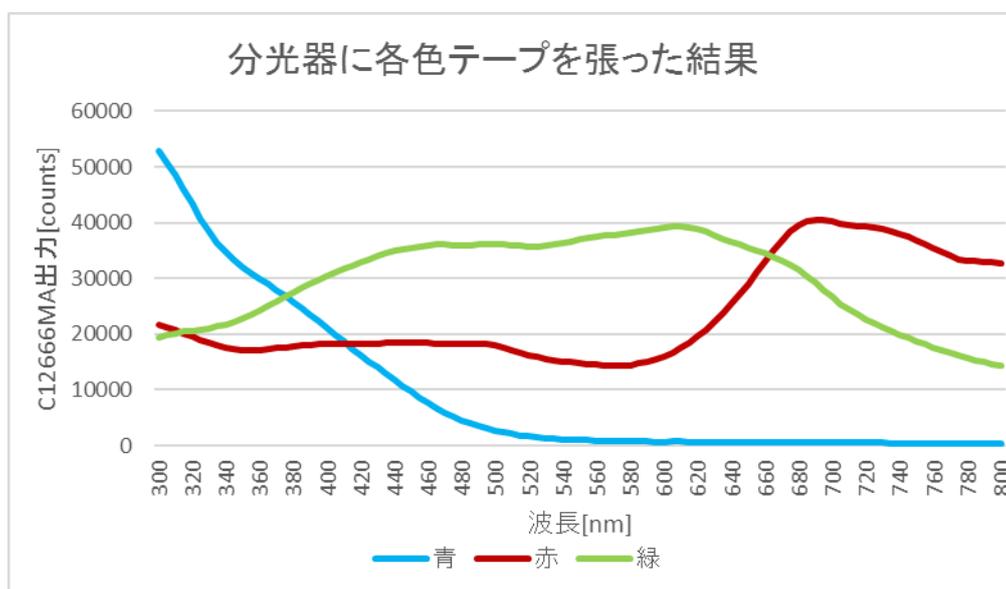


図 24. 各色にテープを張った測定結果

4.3 鳥羽商船高等専門学校敷地内の海水と沖縄の海水を比較

図 25 の測定結果より、鳥羽の海水が若干沖縄よりもグラフが上にあります。鳥羽の方が綺麗だということが観測されました。海水の見た目では図 16 を見ると両方とも透明で同じように見えますが、海水を採取する場所により若干の違いが出るということが分かりました。これは鳥羽と沖縄では海水に含まれているミネラル等に違いがあるからだと考えられます。

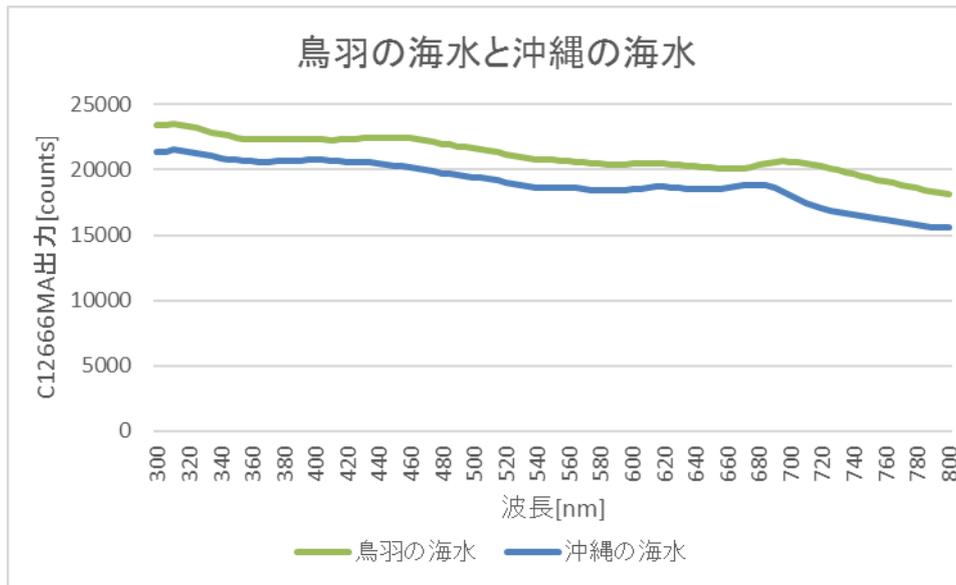


図 25. 鳥羽と沖縄の海水を比較

4.4 綺麗な海水・濁った海水・ミドリムシを混ぜた海水の測定

図 26 の測定結果より、通常の海水よりもミドリムシがいるグラフの値が下がっているのが確認出来ます。そして、700nm 付近の波長が上がっており、通常の海水とほぼ同じ値を示しています。図 18 の植物プランクトンの吸収スペクトルより、約 700nm から右側は植物プランクトンが吸収しない波長であることと一致していることが確認出来ました。400nm 付近が下がっているのはミドリムシの特性だと予想されます。

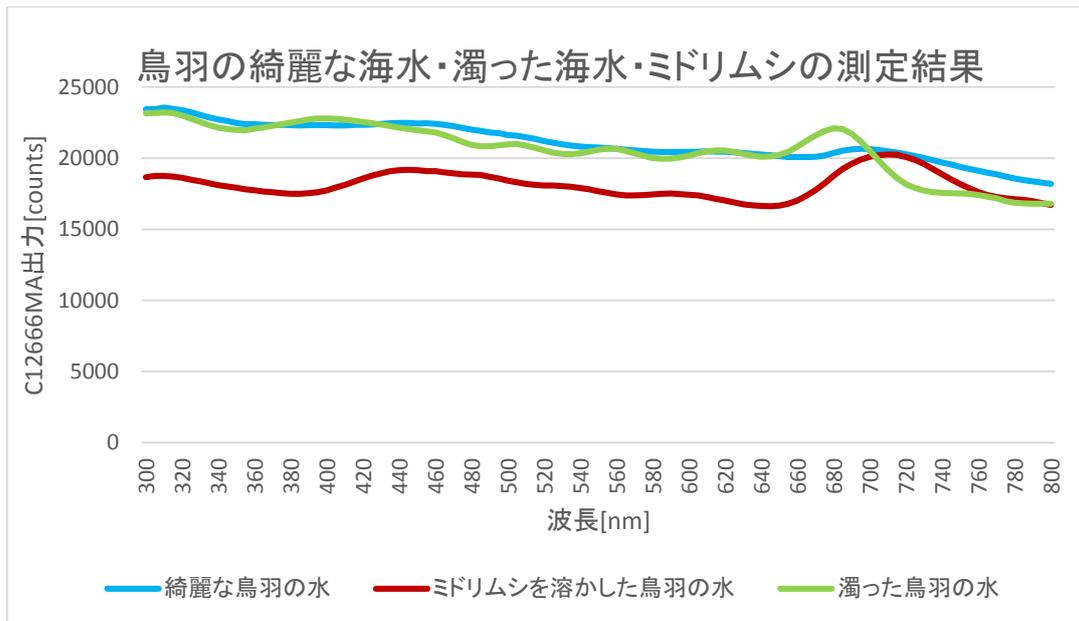


図 26. 綺麗な海水・濁った海水・ミドリムシを混ぜた海水の比較

4.5 濁り具合を比較

図 27 の測定結果を見るとドロが入っている海水のグラフの方の出力が弱いことが確認されます。図 20 の沖縄の海水を比較してみると明らかにドロが入っている方が茶色く濁っています。このグラフより海水が濁っている場合は分光器に届く光量が少なくなることが分かります。

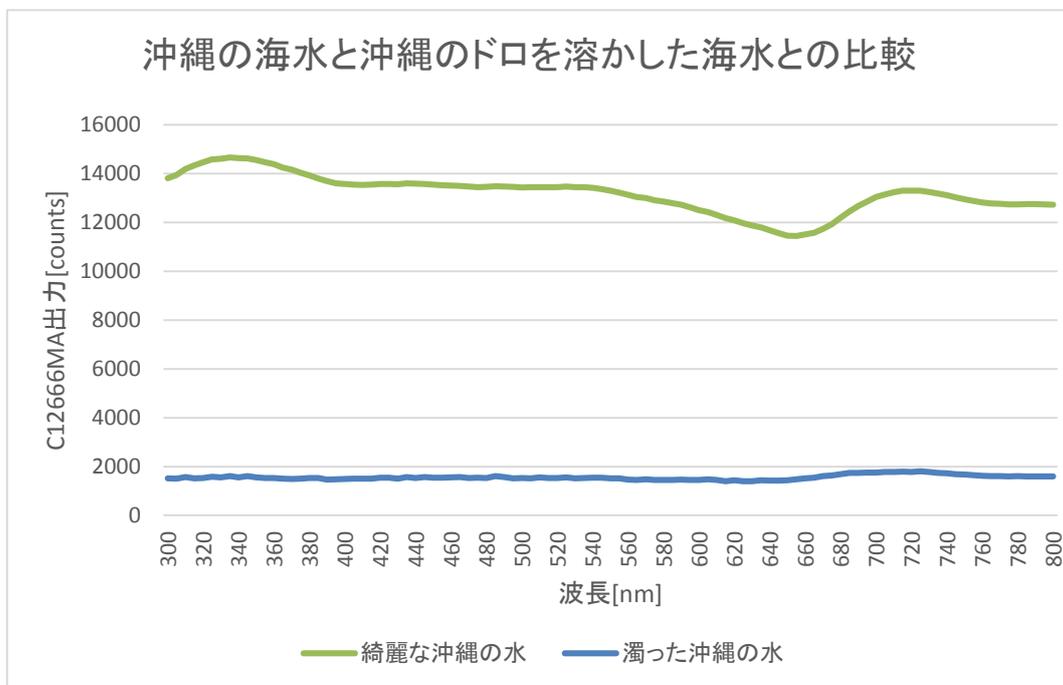


図 27. 沖縄の海水とドロが入っている沖縄の海水を比較

図 21 を見ると両方とも綺麗な海水に見えます。しかし濁った海水を採取した日は、前日の豪雨の影響で海が茶色く濁っていました。

図 28 のグラフを見てみるとほとんど同じグラフになっています。しかし濁った海水のグラフでは 680nm 付近の波長の出力が綺麗な海水よりも上に上がっています。これは前日の豪雨で砂などが海中で舞い上がっており 680nm 付近の波長の出力が上がっていると分かります。

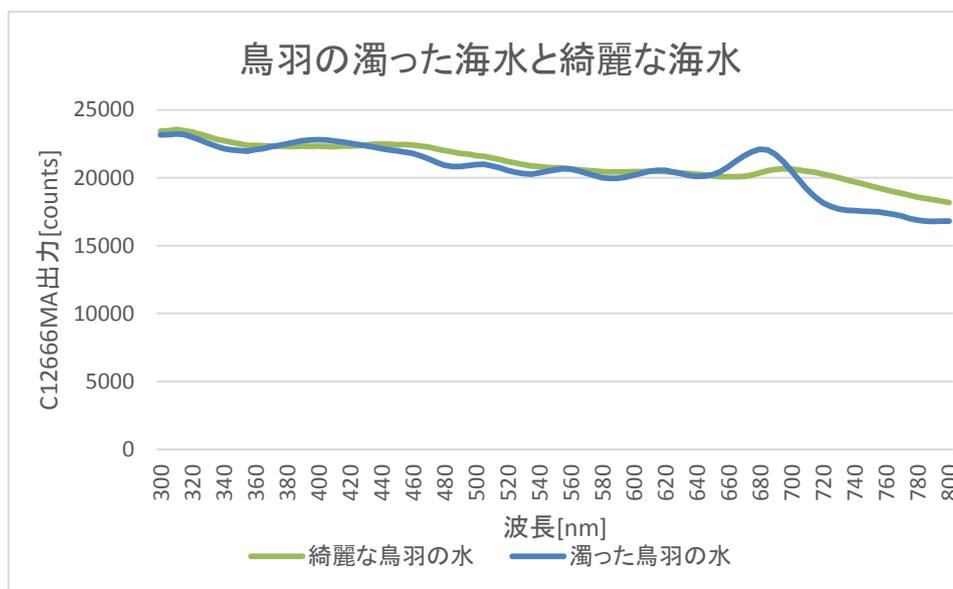


図 28. 綺麗な鳥羽の海水と濁った鳥羽の海水を比較

4.6 溶存酸素量 (DO 値) の測定

鳥羽の海水と沖縄の海水の DO 値の測定結果を以下に示します。

```

1 42010100000202
2 41070100000116
3 42010100000202
4 41070100000116
5 42010100000202
6 41070100000116
7 42010100000202
8 41070100000116
9 42010100000203
10 41070100000116
11 42010100000203
12 41070100000116

```

図 29. 鳥羽の海水の DO 値

1 42010100000210
2 41070100000111
3 42010100000210
4 41070100000111
5 42010100000210
6 41070100000111
7 42010100000210
8 41070100000111
9 42010100000210
10 41070100000111
11 42010100000210
12 41070100000111

図 30. 沖縄の海水の DO 値

5 検証実験結果に関する考察

これらの実証実験結果より分光器で海の色を計測すること可能であることが分かりました。さらに DO 値の測定を組み合わせることで、より正確に海洋気象を観測することが可能です。測定データを取っていくと、実証結果のグラフだけでは確認を得ることが出来ない部分が出てきます。その場合、主成分分析などを行うことで、より多様な海洋気象情報を得ることが出来ると思われれます。今回の検証実験の結果で、私たちの「海色（うみいろ）」は海水の色を数値化することが可能であり、さらに多くの海洋気象情報を得られる可能を秘めたシステムであると言えます。

おわりに

本稿では、海の色を計測・観測するためのシステム「海色（うみいろ）」の開発を行いました。今回行った検証により本システム「海色（うみいろ）」の有用性を示すことが出来ました。「海色（うみいろ）」は製作費 10 万円以下の安価なシステムですが、海の色と溶存酸素量について測定することが出来ます。今後の課題としては「海色（うみいろ）」を使用して赤潮や海水の汚染などのデータを多く集めれば的確な警戒をすることが可能と考えます。

現状ではモバイル WiFi ルータを使用するため、3G 通信が可能な範囲でしか「海色（うみいろ）」を利用することは出来ません。しかし、将来的には小型の人工衛星を利用した 800MHz 帯の通信網を用いることにより世界中の海洋気象を観測できるようになる可能性があります。

謝辞

本報告の海色は、一般財団法人 WNI 気象文化創造センターの皆様による、制作委託費により製作しました。このような素晴らしい機会を与えていただいたことに感謝いたします。また、防水実験で協力していただいた鳥羽商船高等専門学校 水泳部顧問の鈴木治先生本当にありがとうございました。

参考資料

- [1] デジタル朝日新聞「養殖ブリ 10万匹死ぬ 鹿児島・長島、赤潮が南下」
<http://www.asahi.com/articles/ASJ9F533DJ9FTLTB009.html>
- [2] NASA の人工衛星による沿岸地域の水質調査
<http://www.nedo.go.jp/content/100105141.pdf>

引用

- [3] 海水中の濁りと明るさ 著者：菱田耕造

観客賞

賞金 5 万円

ドローン気圧計

千葉県立佐原高等学校

天文・気象部

ドローンを用いた気圧観測「ドローン気圧計」について

千葉県立佐原高等学校 天文・気象部

鈴木 貴斗, 鈴木 舜, 鈴木 雄飛, 望月 駿介, 山口 透,
小林 夏実, 多田 明日菜, 神崎 あゆみ, 木内 愛那

1. はじめに

ヘリコプターには限界高度があり、上空の気圧が低い場所では揚力を得ることができずに飛べないという話を聞いた。そこで、ヘリコプターと同様にプロペラの回転によって上昇するドローンはどこまで高く飛べるのか、興味を持った。現在は法律によって150m以上の飛行は禁止されているが、500mほどは飛べるらしい。ドローンの飛行高度は気圧の影響を受けるのだろうか。もし受けるとしたら、その日ドローンが飛行した高度によって気圧がわかる、巨大な気圧計が作れるかもしれない。

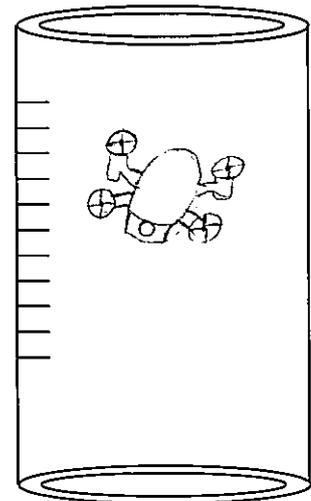
現在、ドローンの飛行には様々な問題も指摘されている。安全面も考えなくてはならない。そこで透明な筒を立て、その中で一定質量の荷物を積んだドローンを一定の時間飛ばし、その高度を測ることを考えた。質量を調節すれば、筒の外まで飛んでいくことはないだろう。筒には目盛りを付け、それをドローンのカメラで読み取らせるようにすれば、高度も手軽に測ることができるのではないか。

そもそもドローンの高度と気圧に明確な関係があるかもわからないが、データを収集することで、検証していきたい。

2. 製作過程

(1) 当初の計画

本計画は右図のように、当初室内で飛ばせるような小型ドローンを使用し、高さの目盛りをつけたアクリルパイプの中で飛行させる予定であったが、以下のような点により計画を変更せざるを得なくなった。



① ドローンが飛ばなかった

まずは15000円ほどの小型ドローンを購入し、飛ばそうとしたが全く飛ばなかった。こちらの操作ミスを疑い、メーカーにも問い合わせたが、結局初期不良であろうということになり、返品した。

② ドローンのサイズが大きく、プロペラの回転が起こす風も強くなった

次に購入したのは本格的なドローンである、dji社のPHANTOM3 STANDARDである。これは安定して飛ばすことができたが、かなりサイズが大きくアクリルパイプに入れることができなくなった。また、プロペラの回転が起こす風が想像していたよりも強く、閉じられた空間での飛ばそうとしたとき、この風の影響が大きくなると考えられた。

③ 室内ではGPSの電波が受信できなかった。

PHANTOM3は、コントローラーからの電波が受信できなくなると、離陸場所に着陸する機能がついている。この機能はGPSを利用しているため、GPS電波が受信できない場所では安全のため飛ばないようになっている。本校地学教室はGPS電波が受信できず、離陸できなかった。

(2) 新しい計画

新しい観測場所は屋上とすることにした。PHANTOM3 はかなり飛行能力があるため、はじめは重りをつけて飛びにくくしようとしたが、飛行中バランスを崩すことが多く、断念した。そこで当初の計画は飛んだ高さを測る予定であったが、モーターの回転を最大にしたときの上昇速度を測定することにした。気圧の違いによって、上昇速度が異なるのではないかと予想した。

室内とは異なり、屋外では風の影響を考える必要がある。そこで、kestrel 社の風速・温度・気圧計 kestrel2500 を購入し、こうした気象条件とドローンの上昇速度についてのデータを集めることにした。

観測手順

- ①壁に測量ポールを垂直に固定する。ポールには黄色いテープを1mごとに巻きつけ、視認性を高めた。
- ②風向・風力・気圧・気温を測定する。
- ③ドローンのカメラを測量ポールに向け、動画撮影を開始する。
- ④ドローンを離陸させ、モーターの回転を最大にして上昇させる。これを5回繰り返す。
- ⑤撮影した動画データをパソコンに取り込む。Video Pad 動画編集ソフトを用いて、撮影開始からの時間と、そのときの高さ（撮影された測量ポールの目盛り）を読み取る。高さの差÷時間の差で、上昇速度を計算する。5回の上昇について、上昇速度の平均を求める。

(3) 観測に用いた道具

- ・ドローン (PHANTOM3 STANDARD) ・風速・温度・気圧計 (kestrel2500) ・測量ポール2本
- ・方位磁針 ・吹流し ・パソコン

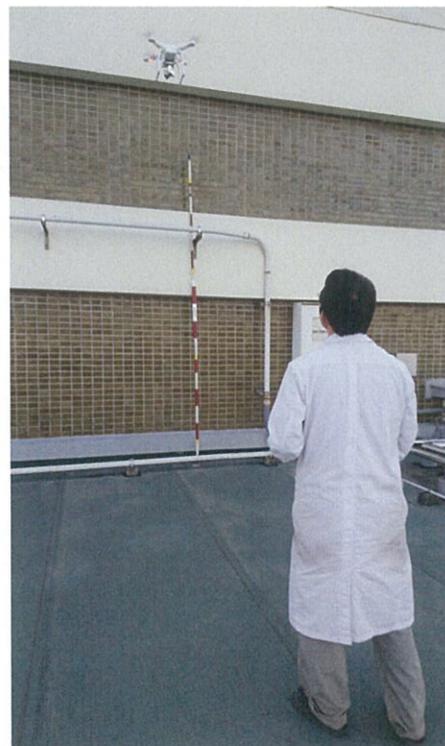
※このうち、ドローンと風速・温度・気圧計を今回いただいた研究助成金で購入した。最終的に実験には用いないことになったが、50mの巻尺、ドローンにつける重りも購入した。



最初買った小型ドローン (左) と PHANTOM3 STANDARD (右)



測定前の様子

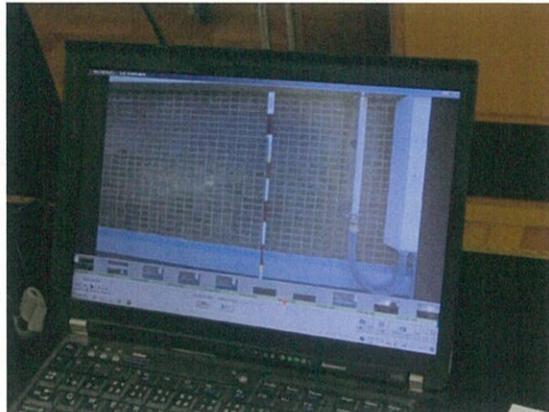


測定中の様子

ドローンを上昇させながら、壁に取り付けた測量ポールを動画撮影



風速・温度・気圧計 (kestrel2500)



Video Pad 動画編集ソフトを用いて、
撮影開始からの時間と、そのときの高
さを読み取る

3. 観測データ

学校の敷地内でドローンを飛行させる場所を検討した。墜落した場合、対人対物の事故につながる可能性がある。そこで、通常立ち入りが禁止されている屋上を観測場所を選んだ。また、飛行範囲をコントローラーから 30m以内に限定する「初心者モード」にドローンを設定し、安全な観測に努めた。さらに、ドローンはいっぱいまで充電した状態で観測を行った。

しかし、観測方法を確立するまでに時間がかかったことや、今年9月は秋雨の時期が長くドローンを飛ばせなかったことにより、10月末までに観測データを多くとることができなかった。

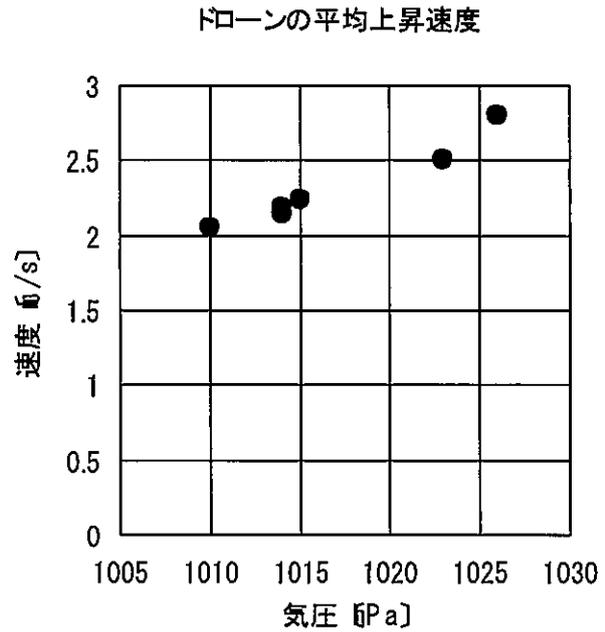
下の表は観測結果をまとめたものである。

観測日	時刻	風向	平均風速 [m/s]	気圧 [hPa]	気温 [°C]	ドローンの平均 上昇速度 [m/s]
10/12	16:55	東	0.3	1014	22.5	2.18
10/14	16:50	東	0.6	1023	19.8	2.50
10/15	15:39	東	0.6	1026	21.6	2.80
10/18	17:03	北	0.8	1014	22.0	2.14
10/19	17:19	南東	0.5	1015	21.2	2.24
10/20	15:54	北西	0.3	1010	28.2	2.05

※ドローンの平均上昇速度は5回の平均値である。

4. 結果

- ・ドローンの平均上昇速度は、観測ごとに一定ではなく違いが見られる。
- ・ドローンの平均上昇速度と、風向・平均風速・気温の間には、関係性は見られない。
- ・ドローンの平均上昇速度は、気圧が最も高い10月15日に最も大きかった。また、気圧が最も低い10月20日に最も小さかった。
- ・右のグラフはドローンの平均上昇速度と気圧の関係を示したものである。データは少ないが、気圧が高いときほど平均上昇速度が大きく、気圧が低いときほど平均上昇速度が小さくなっている。
- ・プロットされた点の並びは直線的である。



5. 考察

- ・今回の結果から結論を出すにはあまりにもデータ数が少なすぎる。今後も観測を継続し、ドローンの上昇速度と気圧の関係を調べていくべきである。
- ・データは少ないが、気圧が高いときほど平均上昇速度が大きく、気圧が低いときほど平均上昇速度が小さくなっている。これは、ドローンの上昇速度は気圧によって異なるのではないかという予想に沿ったものである。気圧が高いときほどドローンの上昇速度が大きくなる可能性があり、今後の観測で確かめていきたい。

6. まとめ

- ・気圧の違いによってドローンの上昇速度が異なるという予想は、データが少ないながらもおおむね当たっていると考えられる。
- ・今後観測を重ね、データを増やしていくことによって、ドローンの上昇速度と気圧の関係性を見出し、「ドローン気圧計」の完成を目指したい。

7. 謝辞

本研究のような高価な機材を使った観測は「第5回 高校・高専『気象観測機器コンテスト』」の研究助成金がなければ成しえなかった。研究の機会を与えてくださった、WNI 気象文化創造センターの皆様には、厚く御礼申し上げます。

8. 参考文献

- ・坪田 敦史 (2009) 「ヘリコプターの最新知識」 サイエンス・アイ新書

観客賞

賞金 5 万円

布で測る！！

降水量計測ストラップ

長崎県立長崎西高校 地学部

布で降水量を測る！

○目的

布という比較的安価なもので手軽に降水量を測れるようになることで、多くの人に天気に興味を持ってもらう。

○研究内容

1. 布を 12cm×7cm に断つ
 2. 上端に駒込ピペットでそれぞれ 5mL、10mL、15mL の水を垂らす
 3. 5分と 10分で染み込んだ部分の長さを測る
- 今回は 15 種類の布について調べた。

○結果

添付したエクセルファイルの通り。

布地によって、水が染み込むものと染み込まないものがあることがわかった。

綿や綿を含む布地、およびレーヨンには、水が染み込み、降水量の測定に利用できることがわかった。ただし、麻を含む綿には、水が染み込まないものがあることがわかった。

一方、ナイロンやポリエステルには、水が染み込まず、不向きなことがわかった。しかし、ポリエステルの中でサテンだけは、水が染み込むことがわかった。

○考察

5 分間計測した場合が、降水量測定に利用できそうである。水の量による染み込み方の差がはっきりしているのは、綿 100%のツイル、レーヨン 100%のパッチである。

ツイルは水 5mL で 5cm 染み込むので、5mL 以下の少ない降水量が測定できそうである。また、パッチは、水 10mL で 3.5cm、水 15mL で 8cm 染み込み、10mL 以上の降水量が多くなるときに利用できそうである。

10 分間の測定では、布地のもう一方の端まで染み込んでしまったり、5 分のときとあまり差がない布地があったりした。今回の計測では、10 分間計測するのはあまり重要とは考えられないようである。

○結論

今回の実験では、綿 100%のツイル、レーヨン 100%のパッチが降水量測定に向いていることがわかった。実際に利用するには、雨を布地に染み込ませる方法を考えねばならない。また、降水量（水の量）と染み込む長さの距離関係を更に詳しく調べていく必要がある。今後の課題である。