

長崎海洋大使・海外先進地  
派遣事業報告書

黒川 洸（長崎大学）  
高見 佳奈子（長崎総合科学大学）  
中村 修也（佐世保工業高等専門学校）

平成30年12月



## 目次

1. 背景 .....	1
2. スケジュール .....	2
3. オークニー島概要.....	5
4. オークニーの電力事情 (SSE).....	7
5. 水素実証事業について.....	9
6. 作業船について .....	13
7. 曳航式潮流発電装置について.....	14
8. 世界遺産と景観 .....	16
9. アクアテラの概要.....	18
10. EMEC について.....	20
11. 海洋再生可能エネルギーにおける海洋生物付着研究.....	21
12. 潮流・波力資源 GIS .....	24
13. ビリアクルー波力発電実証サイトの説明.....	26
14. 潮流・波力発電における環境影響評価と国際的コラボレーションについて.....	28
15. ヘリオットワット大学の説明.....	29
16. 持続可能漁業の重要性、海洋再生可能エネルギー開発と漁資源管理の研究について	30
17. CORE2018 について .....	31
18. Equinor 社について .....	38
19. エディンバラ大学の取り組みについて.....	42
20. FloWave について .....	42
21. Atlantis Resources 社.....	44
22. Nova Innovation 社.....	47
23. 印象に残ったことや感想など.....	50
24. 謝辞 .....	52



## 1. 背景

四方を海に囲まれた日本の排他的経済水域は世界 6 位(海外領土を含む場合は 8 位)と海洋大国であり、その中で長崎県は利用できる海岸延長が 1 位、離島数 1 位を始め、漁獲量は北海道に次ぎ 2 位(平成 28 年)、造船も盛んな海洋県である。

また、長崎県は海洋再エネルギー発電のポテンシャルが高く、2014 年に五島市椛島沖が洋上風力発電実証フィールドとして、五島市久賀島沖、西海市江島・平島沖が潮流発電実証フィールドとして政府から設定された。さらに 2016 年 3 月に福江島の沖合で、浮体式の洋上風力発電所が最大出力 2MW 運転を開始している。そして久賀島と奈留島の間にある奈留瀬戸での潮流発電の実用化プロジェクトも動き出している。

このように長崎県では従来培われてきた海事関連産業のサポートを受けつつ、海域利用者(漁業従事者等)の理解と協力のもと海洋再生可能エネルギー実証フィールドで浮体式風力発電及び潮流発電の先進的な取組みが推進されている。このような県内海域での先進的な取組を今後の海洋関連産業を支える人材(高校・大学生)の創出につなげるため、一昨年度および昨年度に続き、欧州の海洋再エネルギー先進地を訪問し、現状の把握とこれからの課題を学ぶこととした。

## 2. スケジュール

以下に示す通りの10日間の日程で視察を行った。

### 1日目 8/24 (金)

長崎空港集合

長崎空港→伊丹空港

バスで関西空港に移動し泉佐野市内ホテル宿泊

### 2日目 8/25 (土)

関西空港→アムステルダム空港経由→エディンバラ空港着

エディンバラ市内ホテル泊

### 3日目 8/26 (日)

エディンバラ空港→カークウォール空港 (オークニ島) 着

午後 SSE (Scottish and Southern Energy) カークウォール営業所、水素実証事業施設、SME 社 潮流発電装置、

世界遺産など視察

ストロムネスのホテル泊

### 4日目 8/27 (月),

アクアテラ事業説明、EMEC (European Marine Energy Centre) 事業説明 (アクアテラ会議室にて)

ビリア・クルー (波力発電サイト) 視察

ヘリオットワット大学、アクアテラ事業説明 (アクアテラ会議室にて)

懇親会

### 5日目 8/28 (火)

世界遺産視察

カークウォール空港→エディンバラ空港

エディンバラ市内 ホテル泊

### 6日目 8/29 (水)

エディンバラ→グラスゴー (鉄道)

海洋再生エネルギーに関する国際学会 CORE2018 に出席し講演聴講

グラスゴー→エディンバラ (鉄道)

エディンバラ市内 ホテル泊

### 7日 8/30 (木)

エディンバラ→アバディーン (鉄道)

アバディーン海事博物館視察、エクイノール社訪問

アバディーン→エディンバラ (鉄道)

エディンバラ市内 ホテル泊

8 日目 8/31(木)

エディンバラ大学、Flowave、Atlantis Resources 社、Nova Innovations 社 訪問

エディンバラ市内 ホテル泊

9 日目 9/1 (土)

エディンバラ空港→アムステルダム空港 (乗り継ぎ) →

10 日目 9/2(日)

関西空港着

バスで伊丹空港に移動

伊丹空港→長崎空港

長崎空港にて解散

また、主要訪問先を図 1 に示す。

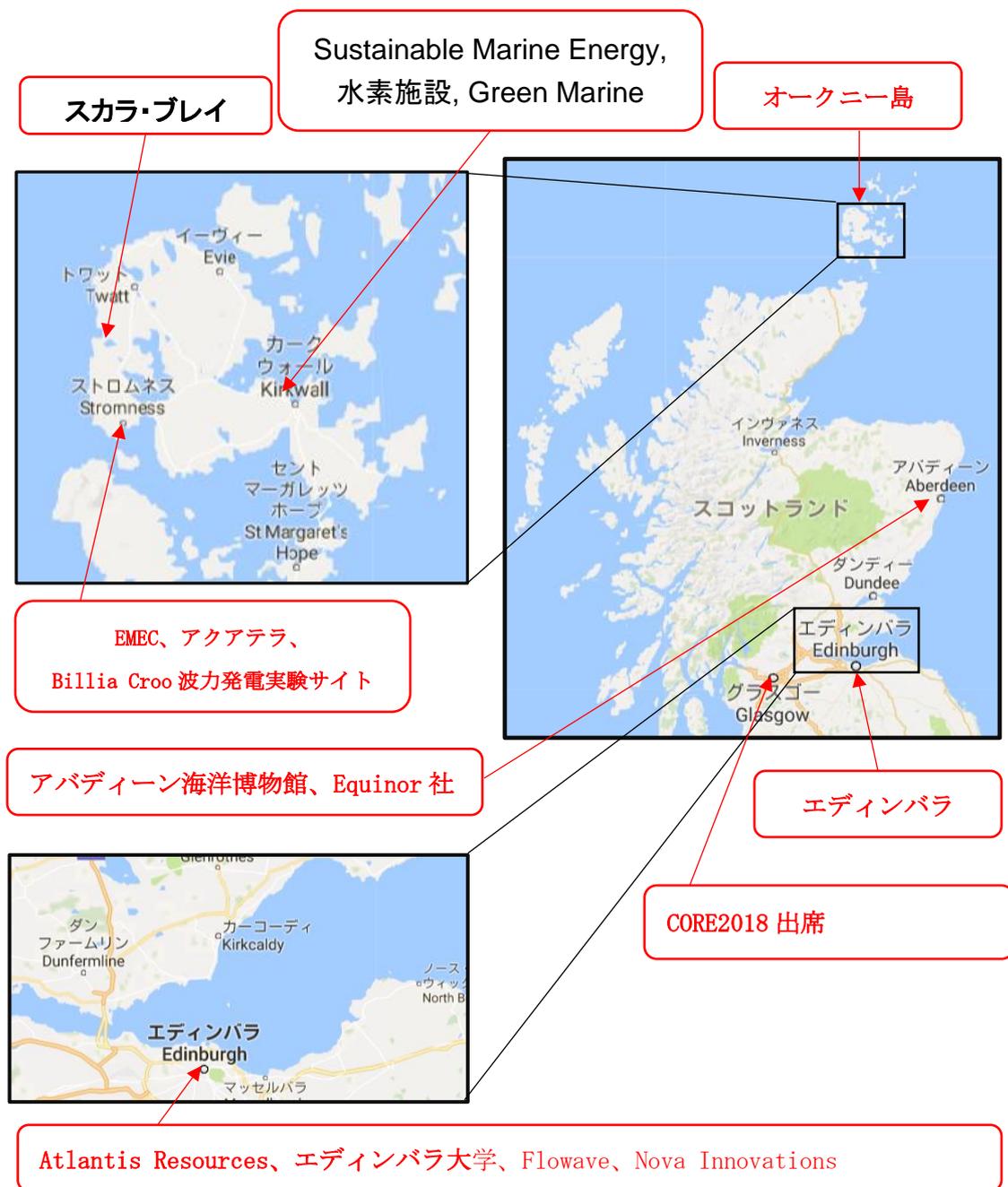


図 1 主要訪問先概略

### 3. オークニー島概要

【日時】：8月26日(日) 15:00-15:30

【対応者】：Yuka Johnston氏 (Aquatera 社コンサルタント)

私たちは、エディンバラ空港からカークウォール空港まで、ローガンエアーという航空会社の飛行機で向かった。飛行機の上から見たオークニーの印象は、風力発電機が多い、また羊や牛が多いということであった。実際に、カークウォールに降りてみると思っていた以上に寒かった。しかし、のどかで住みやすい街であると感じた。風が強く、風力発電には適している町であるとも感じた。

オークニー諸島は、人口約2万1千人からなる島で、島の数は約70である。有人島は19であり、電気が通っている島は16である。牛は8万頭などと人口より家畜のほうが多いそうだ。確かに見渡す限り牧草地帯が広がり、牛や羊が飼育されていた。このオークニービーフはイギリスではブランドである。他にも、ホタテ・ロブスター・ブラウンガニが有名である。自然が豊かで緑の丘陵が多く土壌が非常に良質なため、牧畜や農業が盛んである。オークニー島の土壌にはピートと呼ばれる泥炭が含まれており、現地ではこの泥炭を使用したウイスキーなどが販売されていた。また、夏場でも最高気温が20度にも達さず、年中冷たく強い風が吹きつける。このように海産物や家畜は盛んであるがここら一帯には木があまり育っていない。暖炉の薪に多くが使用されたり、風の影響を受けることによるものだと考えられる。

また、私たちが最初に着いたカークウォールという町の名前の意味は、「港の近くにある教会」というそうだ。ここらあたりの、学校は夏休みが6月末～8月末だから、私たちがオークニーを訪れたときはちょうど新学期が始まったばかりの時だったそうだ。

次に、オークニーの歴史についてである。オークニー諸島にはいくつものスタンディングストーンズが残されている。また、バイキングが攻めてきた場所でもあり、オークニーの人々はこれを先祖と考えているようだ。オークニー諸島出身者は、自分のことをオーカディアン(Orcadian)と呼び、オークニー出身であることに誇りを持っていると感じた。このように、オークニー諸島は非常に生物と自然とが共生している島である。

そんなオークニー島は近年、世界最先端の海洋資源の拠点として注目されている。北海と北大西洋の潮流がぶつかり合うオークニー島近海では、それらの特有の潮の速さや打ち寄せる波のポテンシャルを使い、潮流発電、波力発電の実用化が着々と進んでいる。世界中から多くの研究者がこのオークニー島を訪れ実験を行うため、島民は実験に慣れており実験に協力的だそうである。そのようなこともあり、オークニー島は実験しやすい環境と言われ、現在でも多くの研究が行われている。、図2、図3にオークニー島の様子を示す。また、図4には中心部にあるセントマグナス大聖堂を示す。



図 2 オークニー島の街の風景



図 3 オークニー島の街の外の自然の様子



図 4 St Magnus Cathedral

オークニー諸島で私たちが泊まったところはストロムネスというところである。ストロムネスはカークウォールに次ぐ、オークニー諸島第2の町である。ストロムネスも、とてもどかで、雰囲気の良い町であった。ストロムネスでキルトを着た男性に会い、写真を撮ってもらった。



図 5 キルトを着た地元住民と記念撮影

#### 4. オークニーの電力事情(SSE)

【日時】：8月26日(日)

【対応者】：Yuka Johnston氏 (Aquatera社コンサルタント)

オークニー諸島では、昔はピート（ヒースというスコットランド北部の原野に多い野草や水生植物などが炭化した泥炭）と呼ばれる泥炭を使用して、発電していた。そして、ディーゼル発電 15MW が設置された。このディーゼル発電により約 15MW の電力を確保していたが電力量に限界があり、1983年に本土から 20MW の電力ケーブルが繋がれた。そして 1990年には二本目のケーブルも繋がれた。

オークニー島の電力キャパシティは夏が 48MW、冬が 74MW である。オークニー島での自然エネルギーは最高で 77.4MW もの電力を発電することができ、もし風が強く吹き max に発電できた場合キャパオーバーしてしまいエネルギーを捨てなければならなくなる。これがオークニー島の課題である。この課題の改善策として、2009年から Active Network System という取り組みが行われている。これは、風が強く吹きすぎると風車の発電を止め無駄な過

度な発電を抑制するというシステムであり、とても効率的だと思った。

また、この問題の解決策として考え出されたのが、水素プロジェクトである。水素プロジェクトについては、次項で述べるが簡単に言うと、ケーブルで運べない電力を、水素にして運ぼうということである。このような理由から、オークニー諸島では、水素プロジェクトも発展している。また、オークニー諸島では10軒に1軒は電気をつくっているといわれているほど様々な場所で発電している。この様々な発電機をコントロールするため、Active Network Management System (ANM)というネットワークシステムで管理されている。このANMというシステムは図6のようにそれぞれの場所をzoneと呼ばれる場所に区切って管理している。このANMシステムによってそれぞれのzoneで発電が自動的にカットされるようになっている。(ANMシステムによって発電が止まらない、Firm Generationという契約の発電機もある。) 契約者は図7のようにインターネットでどこのzoneがカットされているのかを簡単に確認することが出来る。イギリスの土地は、女王様のものであるが、オークニー海域は、1050MWの量まで発電してもよいということを聞いた。

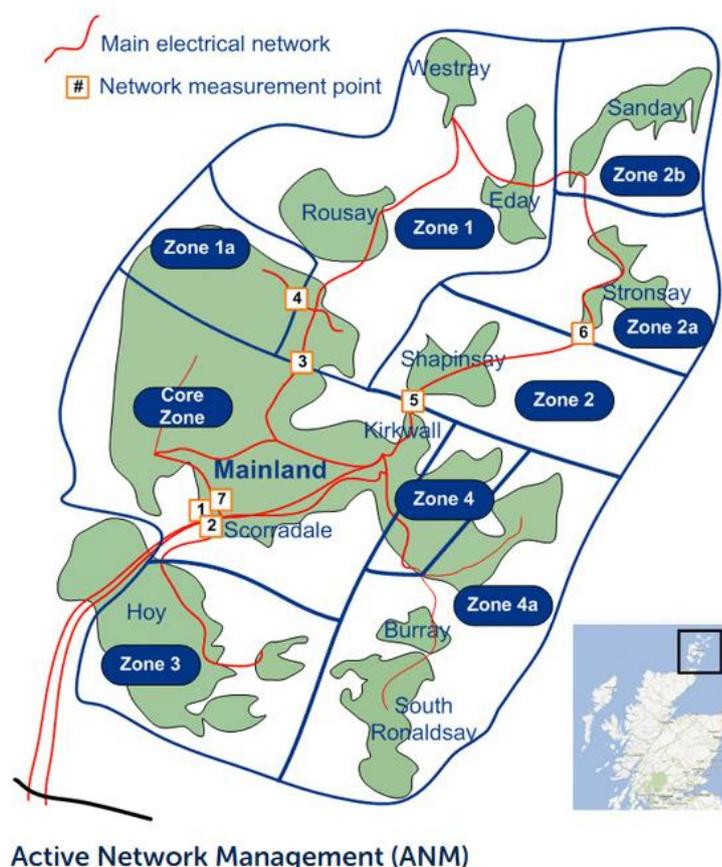


図6 ANNシステム

Zone	ANM Operation	SHEPD Equipment	Generator Site Issues
?	?	?	?
Core Zone	✔	✔	✔
Zone 1	✔	✔	✔
Zone 1A	✔	✔	✔
Zone 2	⚠	✔	✔
Zone 2A	✖	✔	✔
Zone 2B	⚠	✔	✔
Zone 3	✔	✔	✔
Zone 4	✔	✔	✔
Zone 4A	✔	✔	✔

図 7 発電チェック

また、2020 年には本土から三本目のケーブルをつなげる予定で、キャパオーバーの課題もほぼ解決するようだ。図 8 にはオークニー島の風車の様子を示す。



図 8 オークニー島の風車群

## 5. 水素実証事業について

【日時】：8月26日(日)

【対応者】：Yuka Johnston 氏 (Aquatera 社コンサルタント)

前項 オークニーの電力事情 でも述べたように、電力の余剰問題に対処するため水素プロジェクトは始まった。まず初めに、図 9 に示す水素ストレージプロジェクト「Surf 'n' Turf」である。オークニー諸島のエディ島に設置された風力発電と潮力発電で発電したクリ

ーンな電力を使い、水電解装置により水素を発生させて、メインランド島のカークウォールに船で運搬する。そして燃料電池で発電し、再び電力として使うというものである。

オークニー諸島にはガスがなく、余った電力を水素に変換し持ち運び、再び電力として利用することは画期的でオークニー諸島の方々にとって革命だったのではないかと思う。この事業は、EMECが無駄な電力の損失を減らそうと始まった。オークニー島は道が悪いため、水素を持ち運ぶタンクにはカーボンが使われているなどオークニー島ならではの工夫が見られた。また、電気を水素に変換する際に出る熱は建物の暖房に利用され、更に余った電気は船に供給されるなど、少しもエネルギーを無駄にしない姿勢がうかがえた。

この水素プロジェクトはスコットランド政府の支援でスタートした。再生可能エネルギーの余剰問題はオークニー諸島だけでなく、各地で起きておりスコットランド政府としてはこのプロジェクトをモデルケースとして、展開していきたいと考えているようである。

さてエディ島について詳しく書くと、カールウオークの北東約 24km に位置する面積約 25.9 km<sup>2</sup>の離島で、人口は約 150 人である。約 900kW のコミュニティで運営する風力発電所がある。ただ、この風力発電所は、さきほどの ANM システムによって発電量が送電容量を超えた場合に出力がカットされるものである。また、エディ島では EMEC が潮流発電の実証プラントを建設している。約 8 つのバースがある。水素を生成している水分解装置 (エレクトライザー) は出力約 500kW である。水分解装置では、純度の高い水素ガスと酸素ガスが生成されるが、水素ガスは圧縮された水素貯蔵容器を搭載したトレーラーに貯蔵され、酸素ガスは大気に放出される。水素貯蔵容器は、軽さを求めて、カーボン樹脂のボンベとなっている。そうして、カークウォール港まで運搬される。運ばれた水素は、燃料電池によって再び電気に変換されて、停泊している船舶に対する電力供給用などに使われる。また、燃料電池の副産物として発生する熱も、パイプラインを使って近くの建物に供給される。



図 9 Surf 'n' Turf

次は、図 10 に示す BIGH<sub>2</sub>IT というプロジェクトについてである。これは Surf 'n' Turf の次のプロジェクトである。Surf 'n' Turf のシステムをエディ島の隣に位置するシャピンセイ島に規模を拡大し、1 MW の水電解装置を設置し、同様にカークウォールに運搬する。Hatston に設置された水素ステーションにカークウォール港から水素が運ばれる。その水素ステーションで水素カーに水素が充填される。今オークニー諸島には 10 台の水素カーが動いている。また水素で動く船、ファーガソンマリンも開発中である。



図 10 BIGHIT

近年は図 11 に示す水素ステーションが設置されるなど、島民と水素の共存はすでに始まっており、今後のオークニー島の発展に大きく期待できた。



図 11 水素ステーション

将来的には、Hysea III という、水素で動く船で運搬するプロジェクトも考えられているようである。オークニー諸島全体に水素ストレージシステムが普及され、どこでも水素が利用できるようになるかもしれない。

## 6. 作業船について

【日時】：8月26日(日)

【対応者】：Yuka Johnston氏 (Aquaterra社コンサルタント)

ハットストーン棧橋(Hatston Pier)は、オークニー島とアバディーンを結ぶ連絡船や豪華客船も停泊する全長800mもある棧橋で海洋エネルギー産業の発展に伴って、拡大された場所である。ここには2台の作業船が停まっていた。図12がGREEN MARINE社、図13がleaskmarine社の作業船の作業船である。GREEN MARINE社は海洋再エネルギー活用にかかる装置を安全に設置する専門の会社である。もともとは、地元の漁師であったが、かつてイギリスがEUに加入したことから、漁獲量の規制が厳しくなり漁業での生活が不安定になった。また漁師の多くは朝早い漁や、深夜の漁など不規則な生活を送っていた。また、漁獲高により収入も左右され、安定した生活とはいえない。そこで、漁師に発電装置などを設置する設置業者になってもらうことを提案し、leaskmarineのような漁船が設置業者として協力して事業を進めている。結果として設置業者として働くことで安定した収入と生活を送ることができている。地元の漁師であっただけに、このオークニー海域の海については詳しく知っているのが最適な仕事であると感じた。再生可能エネルギーの発展が、雇用を生み出し、その地元の海をより詳しく知っている地元の企業で働くことが出来るという状況から、オークニー諸島全体で再生可能エネルギーに力を入れているということが感じられた。日本の五島列島にもオークニー諸島と同じように海洋エネルギー実証フィールドがあるが、同様に地元の企業と協力して、島全体で再生可能エネルギーを考えることが重要なのではないかと考えた。



図12 GREEN MARINE社の作業船



図 13 leaskmarine 社の作業船

## 7. 曳航式潮流発電装置について

【日時】：8月26日(日)

【対応者】：Yuka Johnston氏 (Aquatera社コンサルタント)

私たちは、Hatstonの産業ユニットを訪れた。ここは、HIEという機関が4億2千万円の投資をしたものである。海洋エネルギー関係の企業が自由に使える施設であり、受け入れ態勢が整っていると感じた。ここで、私たちは図14、図15に示すSUSTAINABLE MARINE ENERGY (SME)社の潮流発電装置を見学した。SME社は潮流エネルギー市場に費用対抗率の高いソリューションを提供することに重点を置いた海洋エンジニアリング会社で、潮流から電力を発生させることも行っている。

潮流発電には着床型と浮体式とがあるが、SME社のものは曳航式潮流発電装置と言われ設置場所まで船で引っ張られ航行する。この装置の一番の特徴は1つの装置に対してタービン2つついており、それに加えタービンが地面に対し平行であるということである。タービン1つにつき50MWの電力を発電することができ、2つで100MWの電力を賄うことができる。



図 14 SUSTAINABLE MARINE ENERGY 社の潮流発電装置 1



図 15 SUSTAINABLE MARINE ENERGY 社の潮流発電装置 2

また、今、EMEC で最も成功している潮流発電機が図 16 に示す 2MW の Scotrenewables 社の SR2000 である。浮体型船体プラットフォームの海面の直下に 2 基の水平軸タービンを搭載している。長さは 64m、幅は 3.8m、翼の直径は 16m である。1m/s でカットインし、4.5m/s でカットアウトする。この潮流発電機の特徴としては、海面直下にブレードがあるため、表面に近い最も強い場所で、潮流をとらえることが出来る。この発電機を牽引するときに、ブ

レードは船体の下に引き込まれる設計になっており、牽引するときのコストを引き下げている。ほとんどの海底タイプに適合する係留システムが使われていたり、より低い潮流速度の場所でも適合するように簡単に最適化できるパワーユニットを使っている。また、シンプルな作りになっており発電のライフサイクル全体のコストを最小限に抑えるように設計されている。発電全体のライフサイクルのコストを考えると、重要であると感じた。



図 16 Scotrenewables 社の SR2000

## 8. 世界遺産と景観

【日時】：8月26日(日)、28日(火)

【対応者】：Yuka Johnston 氏 (Aquatera 社コンサルタント)

私たちは、Skara Brae と Ring of Brodgar と Stones of Stenness を見学した。それぞれの世界遺産について紹介したいと思う。

まず、図 17、図 18 に示す Skara Brae についてである。オークニー諸島に残る新石器時代の石造の集落遺跡である。1850 年まで Skara Brae は土に埋もれたままであった。しかし、大嵐によって姿を現し、完全に姿を現したのは 1928 年から 1930 年に行われた発掘作業の時である。遺跡は地面に石を埋め固定し、いくつもの部屋が見られた。部屋には寝床や料理をする場所が設けてあり、生活レベルの高さに驚いた。また、現代まで残るほど耐久性の強い住居を造った技術に感心した。住居には、棚があったり椅子があったりしていた。また、寝る場所も区切られていた。寝る場所の大きさは小さいように感じた。しかし、住居としてはしっかりとつくられており、住みやすそうな感じがした。紀元前 3100 年ごろから 600 年ほどにわたって人が住んでいたことはわかっているが、紀元前 2500 年ごろに放棄されたようである。その謎はいまだに解明されておらず、そこが皆を引き付けているところなのかもしれないと思った。

この遺跡は、保存状態の良好さなどによって、北ヨーロッパの新石器時代の文化水準を窺い知ることに大きく寄与している点などが評価され、1999 年に世界文化遺産に登録された。

次に、Ring of Brodgar と Stones of Stenness についてである。図 19 に示す Ring of Brodgar は、新石器時代の環状列石の遺跡群である。環の中心地はいまだに考古学者たちが

発掘しておらず、科学的な年代特定にも至っていない。



図 17 Skara Breck 1



図 18 Skara Breck 2



図 19 Ring of Brodgar

図 20 に示す Stones of Stenness は、立石群である。図 19 に示す Ring of Brodgar と Stones of Stenness と Maeshowe は、近隣に存在しており、その正確な目的は未解明であるが重要な意味のある遺跡であるとして位置づけられている。

またこの円形に並んだ巨石は持ち運ばれてきた方向を向いていると聞いた。あの巨石をどのようにして持ち運び、また立たせたのかとても興味がわいた。多くの考古学者が、並んでいる岩の数・位置など様々な視点から考察を続けているが未だその謎は解明されていない。



図 20 Stones of Stenness

最後に世界遺産と景観について述べたいと思う。我々が驚いたことは、世界遺産があるところからは、風車が見えないように考えられているということである。今回は、3つのオークニー諸島の世界遺産を見学したが、その3つとも見学しているときにあたりを見渡しても、風車は見えなかった。世界遺産を、景観を大事にしているということを改めて感じた。長崎の五島列島も最近、世界遺産に選ばれたところである。この、オークニー諸島の人たちの世界遺産の景観を大事にするという心意気を見習って、再生可能エネルギーの開発をしていかなければならないと感じた。

## 9. アクアテラの概要

【日時】：8月27日(月)

【対応者】：ギャレス・デイビス氏

アクアテラは、オークニー諸島から世界的に事業を展開する海洋再生エネルギー関連コンサルティング会社である。アクアテラのクライアントは、多国籍企業や各国政府から個人や地域社会のグループに至るまで幅広くあり、30か国以上で事業を展開している。400もの再生可能エネルギーのプロジェクト、250の海洋エネルギーのプロジェクト、35の海洋エネルギーの技術サポート、など700以上のプロジェクトを行ってきている。

図 21 にそれらのプロジェクトが行われている場所を示す。黄色い丸が、アクアテラのプロジェクトである。青丸とオレンジ色の丸は、ほかのチームなどと協力しているプロジェクトである。アクアテラのサービスは次のように段階を踏んで進んでいく。フェーズ1としてEIA(Environmental impact assessment; 環境影響評価)と調査が行われる。フェーズ2は、

戦略的計画を考え、概念的に実現可能であるかを考える。フェーズ3で、運営していくうえで適合性があるか、展開するオプションを考える。フェーズ4でサプライチェーンとグリッドを考える。フェーズ5でインターナショナルに開発を行う。フェーズ6で有効な技術の開発がされて、フェーズ7で統合プロジェクトが行われる。このように進んでいく。

前項にも述べたが、オークニー島は再生可能エネルギーが発展しており約1割の島民が自家発電している。また、島には780基の風車が設置されていて、条件が良いときにはオークニーの25%のエネルギーを発電し、年間400万ポンドもの経済効果をもたらしている。再生可能エネルギーが与えるオークニー島への恩恵は大きく、300人が系列の仕事、750人が自家発電、400人が太陽光発電装置を保持しており、また島には200台を超える電気自動車がある。どのようにしてここまで再生可能エネルギーがオークニー島に浸透したのか。きっかけは、ヘリオットワット大学の研究でイギリスのエネルギー貧困が発覚し、オイルがあったオークニー島で調査が開始されたことだ。その後、海洋研究の場所を探していたEUはオークニー島に研究機関を設置した。オイルの限界、島民の仕事、人口減少に問題を抱えていたオークニーはこれらの問題解決のため海洋事業に投資した。初めは島民の多くは困惑したが、手当など、説明をしたことで島民が海洋事業を受け入れた。たった数年間でここまで島民に再生可能エネルギーが浸透していることに驚いた。

また、人口2万1千人の中で300人以上の人が海洋再生エネルギーに関して働いたり学んだりしており、ギャレスさんの働きかけにより、島民みんなが協力体制であり、熱意をもって海洋再生エネルギーに対して考えているとのことであった。



図 21 アクアテラプロジェクト

## 10. EMEC について

【日時】：8月27日(月)

【対応者】：Yuka Johnston 氏 (Aquatera 社コンサルタント)

EMEC とは、The European Marine Energy Center の略である。EMEC は、スコットランドのオークニー諸島に位置している。

EMEC は英国政府、スコットランド自治政府、EU などが出資する民間研究機関で、2003 年に設立され、主に 3 つの役割を果たしている。1 つ目は波力や潮力などのエネルギーで電力を作ろうとしている企業に発電装置をテストする場所を提供すること。2 つ目は地元の経済振興を手助けして、地域全体に利益・恩恵をもたらすこと。3 つ目は EMEC とは別の場所にテストサイトを作る手助けをする役割を果たしている。なお EMEC は 2003 年に海底ケーブルをつなぎ、2004 年に初の波力を、そして 2 年後の 2006 年には初の潮流発電装置を設けた。

また機械設置のしやすさのアドバイスをを行い、Instability, Survivability, Reliability, Maintainability, Operability の Cost effectiveness の精神を大事にしている。研究、開発は簡単なことでも低コストでできることでもないが、努力の末、商業化までできているようだ。Get Metal Well, まず沈めようをモットーにしているようだ。人類だけでなく、人類以外と共存することを最優先に考え EMEC は発展してきたようだ。

EMEC の業務としては、フルスケール試作機の試験、小型試作機の試験、海洋再生可能エ

エネルギー付帯機器の試験、研究、コンサルティング、データおよびサービスなどが挙げられる。そこで、EMEC が提供している物は、送電網と接続した試験施設、試験および性能の検証、データがリアルタイムで送られてくるストロムネスの事務所、指導・援助、緊急対応、地域の専門知識・技術とのつながりなどである。図 22 に EMEC の海洋エネルギー実証サイトを示す。Scale site というのは、Full scale site で実際に発電する前に、より小さいスケールで性能を確認するところで、電力ケーブルはない。それぞれのサイトに、バースと呼ばれる場所が何カ所か用意されていて、そのバースがある数だけ実証実験ができる。日本にも実証実験サイトが長崎県五島列島にもあるが、長崎の実証実験サイトとは全く違うということを感じた。一番感じたことは、インフラ整備の違いである。長崎の実証実験サイトは、名前がついているだけであり、電力ケーブルも計測施設も何もない。今回のスコットランド訪問で、海外の企業はこの五島列島の実証実験サイトで実験をしたいと考えているということ強く感じた。しかし、インフラが整備されていなければ、実験することはできない。よって、EMEC を見習って、日本の海洋エネルギー実証実験サイトもインフラ整備をするべきであると感じた。このように、インフラが整っている EMEC で実験するには、いくら費用がかかるのだろうかという疑問に思い、質問してみた。Full scale site では、約五百万〜一千万ポンド（日本円で言うと約 7 億 5 千万〜15 億円）、scale site では、約五十万ポンド（7 千 5 百万円）くらい必要であると聞いた。この費用は、設置から回収まで全てを含めた費用である。ただ、費用を負担してくれるプログラムもあるようである。

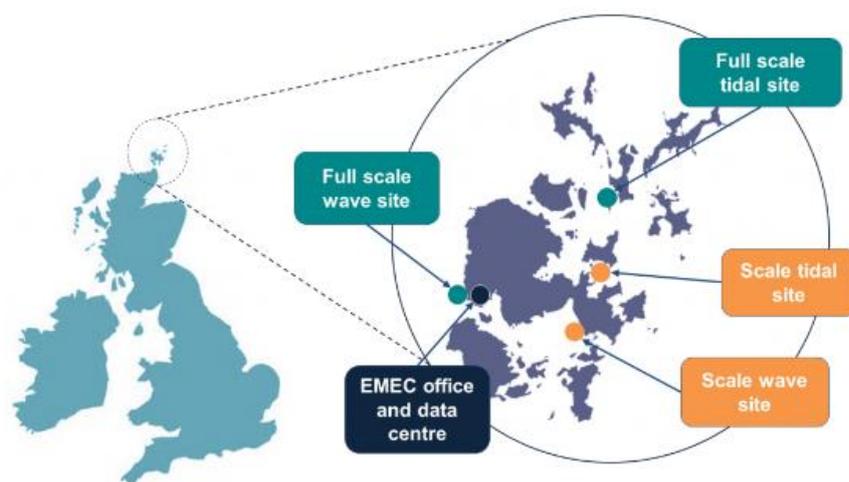


図 22 海洋エネルギー実証サイト

## 11. 海洋再生可能エネルギーにおける海洋生物付着研究

【日時】：8月27日(月)

【対応者】：Andrew Want 氏

現在、海洋発電装置への海洋生物付着は再生可能エネルギーの研究において大きな課題である。私たちがハットストーン栈橋で発電装置を視察した際も、装置への海洋生物付着が確認できた。海洋再生エネルギーと海洋生物の関係は想像以上に密接だった。

まず、装置を設置する場所を選ぶ段階からそこに装置を設置した場合の海洋生物に与える影響を考えなければならない。次に、設置するとき海底に与える衝撃、また装置を作動させたときに生じる海流による影響などかなり海洋生物への考慮はシビアなものだった。だが、海に発電装置を沈めることは悪い影響を与えるだけではない。魚の新しい住処になったり、良い影響も少なからず存在する。

なぜ海洋生物の装置への付着が問題なのか。その理由は3つある。1つ目は付着による重量アップ。2つ目は発電量への悪影響。3つ目は発電装置の劣化である。これらの問題は海洋再生エネルギーにとって非常に大きな課題である。



図 23 海洋生物付着 1



図 24 海洋生物付着 2

海洋生物の装置への付着は設置後 2～3 日で始まり、翌日には目で確認できるほどだという。予防には多額のコストがかかり、現在ほどのように海洋生物が付着するかモニタリングを行い、各生物の年間付着状況を調べている。付着状況は水深により異なり、世界中で様々なサンプルを採集している。3%の生物付着をなくすと 41 t もの炭素削減に繋がり、1 年間で 400 万ポンドのコスト削減、4 t の炭素削減に成功している。

しかし、マイナスの影響だけではない。プラスの影響としては、海洋生物が付着することによって、いろいろな魚が集まる魚礁となる可能性もある。よって、海洋付着生物の研究は海洋エネルギー実用化にとって、とても重要である。そこで、研究プロジェクトとして BioFREE というプロジェクトがある。このプロジェクトには、アメリカ、チリ、イギリス、フランス、日本が参加している。それぞれの国で、プレートを沈めて観測をし、そのデータを Andrew Want 氏がまとめ、データベースを作成するというものである。日本では、長崎県の平戸で観測をしている長崎大学教授の経塚先生が協力をしている。海洋大使メンバーの一人も、この観測装置設置に携わり、毎月、平戸に行き経塚先生の手伝いをしている。図 25 に設置後 3 ヶ月後のプレートを示す。3 ヶ月という短い間にもかかわらず、たくさんの海洋生物が付着しているのが分かる。スコットランドの海と違い、日本の海は温度が高い。この温度の違いというのも海洋生物付着の研究においては重要な研究対象であると考えられる。Andrew Want 氏によると、3%の生物付着を削減できれば、41 トンの炭素の削減ができるということである。地域や、海の深さ、温度が違うだけでも、生存生物はかなり違う。まだまだ、生物付着への問題解決には研究が必要である。



図 25 平戸・田平港 プレート

## 12. 潮流・波力資源 GIS

【日時】：8月27日(月)

【対応者】：ダンカン・クラーク氏

GISというのは、Geographic Information Systemの略であり、日本語では地理情報システムと呼ばれる。地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータを総合的に管理・加工をし、視覚的に表示し、高度の分析や迅速な判断を可能にする技術である。このGISを用いることで、情報の可視化であったり、情報の関係性の把握であったり、情報の統合と分析をすることができる。これを再生可能エネルギーの取り入れることで、様々な問題を防ぐことができる。

このGISを使って、海洋エネルギー発電に適するサイトを見つけるということをアクアテラでは行っている。サイトを選ぶ際のキーポイントとしては、次の5つを挙げていた。

- ・ どれだけ発電できる資源があるか、
  - ・ そこで発電するには技術的に実現可能性があるか、
  - ・ 計画は何かにより制約されないか、
  - ・ コストと収入はどうであるか、
  - ・ インフラストラクチャーはどうか
- である。

アクアテラでは、RERA model を用いて解析をしている。図 26 に RERA のアプローチを示す。それぞれのグリッドの中にデータを入れ込み、分析をするというものである。これを行うことで、グリッドごとに情報の関係性や情報の統合ができて、どこが海洋エネルギー発電サイトに適しているかを導くことができる。さらに法律に触れていないか、歴史的制限がないか、また船の航海路、水温、自然災害の発生頻度などを地図上に表示し設置場所の決定に必要な付帯情報も表示できる。

他にも、photomontages という実際の写真に、発電装置やケーブルなどの発電関係のものを合成して、その土地の景観などの影響をみるというものもある。再生可能エネルギー発電サイトは、いろいろな情報の中から適した場所を探し出しているということを改めて感じ、全世界のデータを集めることができれば世界中の適するサイトを見つけることができるのではないかと考えた。

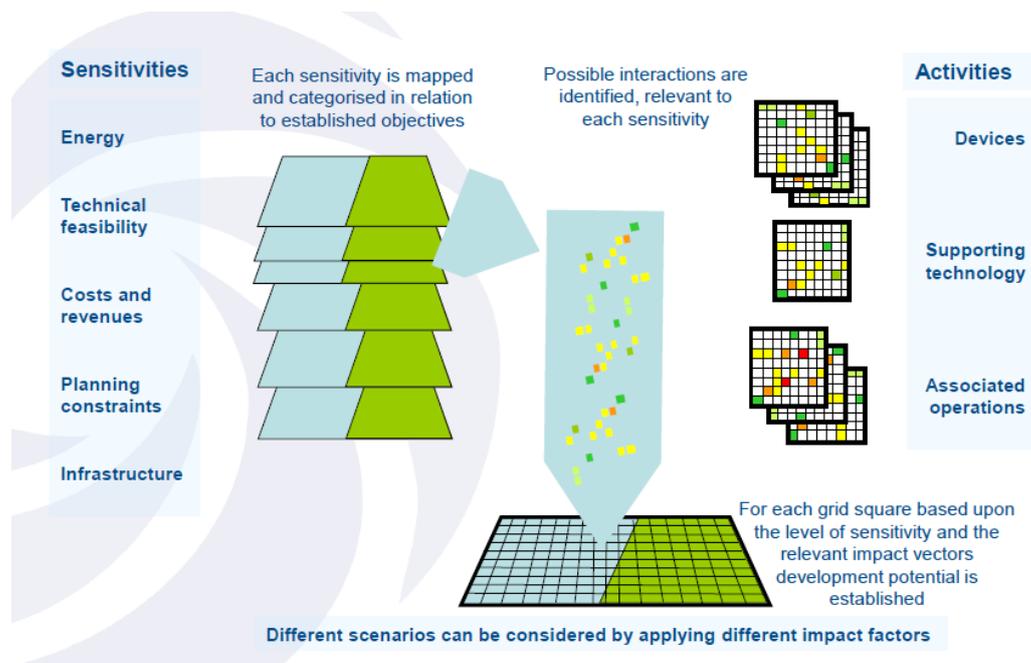


図 26 RERA のアプローチ

さらに 図 27 に示すように GIS を活用することでデベロッパーにその事業を起こすとどうなるかを想像させやすくしたり、他の人にわかりやすくグラフィックスで情報を与えることができるなど事業拡大にも大いに期待できる。

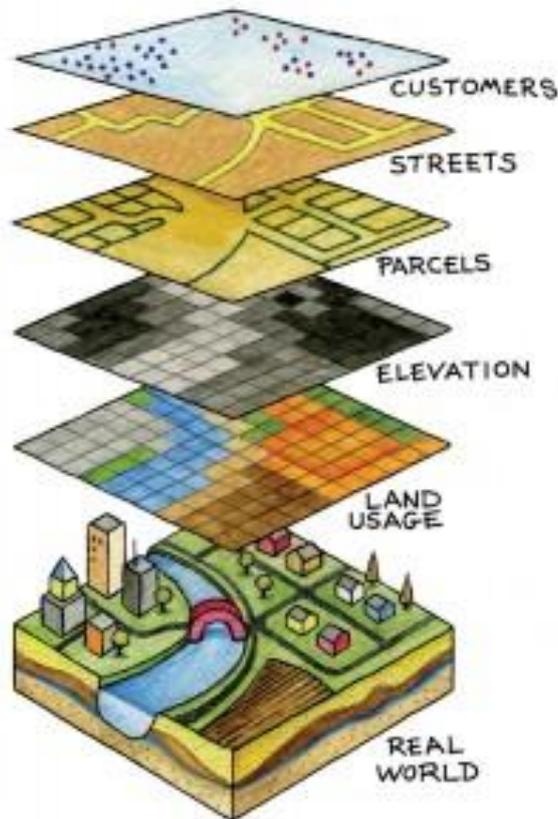


図 27 GIS の活用

### 13. ビリアクルー波力発電実証サイトの説明

【日時】：8月27日(月)

【対応者】：Yuka Johnston 氏 (Aquaterra 社コンサルタント)

Peter Long 氏 (Aquaterra 社コンサルタント)

私たちは、Yuka Johnston 氏に波力発電実証サイトに連れて行ってもらい、Peter Long 氏からの説明を受けた。

オークニー諸島の海は、北海と北大西洋の影響で非常に強い波が発生する。平均2～3メートルの波の高さがあり、最大では18メートルの波になるときもある。私たちが視察を行った際は波の高さは、約1.2mでかなり穏やかな波だった。

ビリアクルー波力発電実証テストサイトには5つのテストバースがあり、その場所は5つのブイで示されている。そこでテストしている実験装置はサブステーションと呼ばれる陸上の変電施設に海底ケーブルでつながっている。この海底ケーブルはMicro Soft社のケーブルを使用している。また、SCADA SYSTEMという監視システムを取り入れており、テストサイトでの潮流の速さや使用している水の量などを調べることができる。レーダーや観測

機能付きのブイによると波の高さは通常 2~3mほどで、天候の悪い日は最大で 18mにまで達する。またサブステーションは施設が下に掘って作られており、これは丘から海を見たときなるべく景色を損なわないためである。

私たちが訪問した波力発電実証サイトは図 22 に示した Full scale wave site である。この波力発電実証サイトでは、2003 年に初めて波力発電実験が行われた。このテストサイトを最初に利用したのは Open Hydro 社であり、当初は天候などの気象状況、潮や波の状況により装置の設置に時間がかかり、船のレンタル代などで多額のコストがかかっていた。近年は地元の船をインストールに使うことでインストールが楽になり、新たな実験装置が多く設置されている

Scotrenewables 社は多くの発電量をまかなうことのできる SR2000 などをテストしており、海洋事業においてこのテストサイトは非常に重要な施設になっている。この施設でのテスト期間は会社によって異なるが、3ヶ月~1年ほどである。アクアマリンやオイスターといった装置もここで実験をしたようだ。

私たちが訪問したときは、ペンギンという波力発電機が実験を行っていた。図 28 にこの波力発電機を示す。ペンギンは浮体型で、密閉された内部にある機器が波の動きによって回転するという仕組みで発電する。水中のペンギン外部で動いている機械は何もないため、海の厳しい環境にも耐えられるという。長さ 30m のペンギン一基で 1 メガワットまで発電できる。また、この波力発電サイトにはマイクロソフトのデータセンターも海の中にあるという。EMEC の電気ケーブルを使っている。クーリングシステムとして海水を用いている。図 29 に波力発電実証サイトの観測室を示す。写真を見て分かるように周囲の景観に影響が出ないように、隠れた形で作られている。また、建物の外装も周囲の環境に溶け込むように作られていた。日本で実証サイトで観測小屋などを建てるときも、この考え方を取り入れて、周囲の景観を壊さないように考えなければならないと思った。



図 28 ペンギン



図 29 波力発電実証サイトの観測室

#### 14. 潮流・波力発電における環境影響評価と国際的コラボレーションについて

【日時】：8月27日(月)

【対応者】：ジェニファー・フォックス氏

EIAとは、Environmental Impact Assessmentの略で日本語では環境影響評価あるいは環境アセスメントと呼ばれ。EIAとは、環境に影響を及ぼす恐れのある行為に対して、事前に環境への影響を十分に調査し、予想、評価して、その結果を公表して地域住民等の関係者の意見を聞き、環境配慮を行う手続きのことをいう。

たとえば海洋エネルギー装置を設置するときに、動物の住処、動物に与える騒音、衝突、動きの変化を細かく見なければならぬ。生物といっても、海の中には、鳥や、魚、海藻類、微生物など様々いるが特に哺乳類を重要視しているようだ。その他にも機械の出すノイズの魚同士のコミュニケーションへの影響もある。また海洋生物に与える影響はインストール時、運転時、撤去時が最も大きい。

なぜ、EIAが必要なのかというと、人間が開発するものは、オンショアやオフショアを含めて環境に影響を与える可能性がある。これは評価されなければならず、意思決定に参加する機会を一般市民に与えるためにも必要である。

環境アセスメントの手順は以下の通りである。まず、スクリーニングと呼ばれる環境アセスメントの手続きの中でまず初めに行う手続きで、環境アセスメントの対象事業か否かを振り分ける手続きを行う。環境アセスメントが必要と判断された場合、スコーピングと呼ばれる環境アセスメントにおいて、手法、方法等、評価の枠組みを決める方法書を確定させるための手続きを行い、環境影響評価方法書を作成する。その後、実際に評価をし、結果により環境影響評価準備書を作成する。評価結果について意見を聞く。次に、環境影響評価法を作成し、環境アセスメント結果が確定する。その後、事後調査を行う。このような手順で行われる。

## 15. ヘリオットワット大学の説明

【日時】：8月27日(月)

【対応者】：サンディー・カー教授

1990年代、オークニー諸島は石油資源が豊富であったためディーゼル発電が主流だった。そのため ICIT はオークニーに研究機関を設置した。しかし、石油資源には限りがある。そこで ICIT はいち早く再生可能エネルギーの重要性に気付き、海洋エネルギーの研究をはじめ現在は数少ない大学院生のための教育機関を提供した。そして25年以上に渡る海洋エネルギーの研究経験があり、その大学院教育は海洋エネルギー開発の国際的な中心拠点になっている。海洋再生エネルギーは発電装置と海洋生物の関係を理解することが大切だと述べている。海洋再生可能産業における工学、環境などの専門家の需要が高くなっている中。1821年に世界初の技術教育機関としてエジンバラを拠点として創設された大学である。エジンバラ、ボーダーズ、オークニー島、ドバイ、マレーシアのプトラジャヤにキャンパスがあり約3万人の学生が在籍する。オークニー諸島にあるのは、ICIT (International Center for Island Technology) の本拠地で 図 30 の赤点の場所に位置しており卒業生は開発会社、公益事業会社、環境コンサルタントに勤め、業界の中心で再生可能エネルギーを発展させている。

ここでは10名の研究者と、30人の修士課程、6人の博士課程の生徒が在学している。1990年代前半は、パイプラインと船の衝突についての研究をしていた。その後、再生可能エネルギーの研究を始めた。他にも、産業と人々の関係や自然と機械との関係を研究している。私たちが訪問したとき、このヘリオットワット大学の隣にオークニーリサーチイノベーションキャンパスを作っていた。オークニーで研究したい企業や大学がこの建物に場所を借りられるようである。長崎大学も、ぜひ検討してほしいところである。

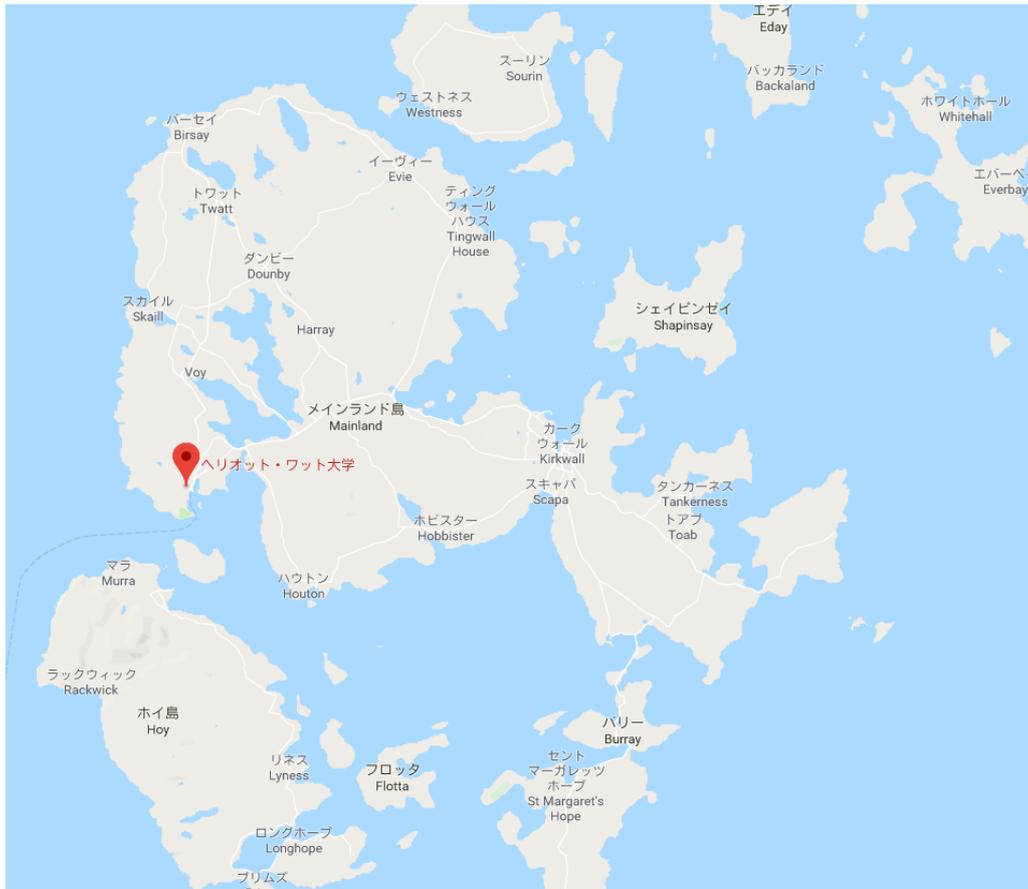


図 30 ヘリオット・ワット大学 オークニー島キャンパス

## 16. 持続可能漁業の重要性、海洋再生可能エネルギー開発と漁資源管理の研究について

【日時】：8月27日(月)

【対応者】：マイク・ベル氏

マイク・ベル氏は、海洋再生エネルギーの開発だけでなく、漁資源管理の研究も行っている。漁資源管理の研究として主にブラウンクラブ、ヨーロピアン ロブスター、ベルベットクラブ、ホタテを研究対象として観察している。これらの海洋生物は GPS を装着され大きさ、成長具合、装置を設置した場合の住処の変化などを観察され研究されている。

漁資源管理の研究者は、場所、時間、大きさ、値段などあらゆる情報を管理している。その中でも装置の設置場所が特に重要で、そこに装置を設置したことで海洋生物の生息地が変わると、漁の獲高が減少し漁師の収入にも影響が出るため、海洋再生エネルギー装置の設置には漁師との共存が不可欠である。この共存を可能にするには、お互いに環境影響について理解し合うことが重要であると述べられていた。

持続可能な漁業とは、十分な魚を海に残してその生息域を保護し、漁業で生計を立てる人々の生活を安定させる。そんな持続可能漁業を守るために、Marine Stewardship Council

という団体がある。この団体は、独自の漁業基準で漁業の持続可能性を測定している。漁業を診査する際に、以下の3原則が考慮される。1つめは、資源状態が健全であるか。2つ目は、生態系への影響が小さいか、漁業管理のシステムがあるかという3つである。ここで、持続可能な漁業であると認定されれば、海のエコラベルが与えられる。図 31 にこのエコラベルを示す。私たちが水産物を買うときに、このラベルがついている製品を選べば、持続可能な漁業まで追跡可能な水産物を選んだことになる。日本ではまだこのラベルがついた商品は普及していないように感じる。私たちが意識して買うことで、より多くの小売業が持続可能な製品を仕入れるようになる。この結果、漁業を改善してこのラベルを取得するように、働きかけることできる。私をこのラベルを意識して買い物をしようと感じた。オークニー諸島でおこなっている研究としては、漁船にGPSを取り付けてどこで魚を捕っているのか、再生可能エネルギーサイトと関係はあるのだろうかということの研究している。これをする中で、再生可能エネルギーサイトを定める際に、漁業関係の人々との交渉に役立ち、お互いの衝突を避ける役割も果たすと聞いた。また、現状ではエネルギーをとったことによって、漁業に対する影響はほとんどないと言っていた。



図 31 海のエコラベル

## 17. CORE2018 について

【日時】：8月29日(水)

Glasgow で2日間にわたり開催された海洋再生エネルギーに関する国際学会 CORE2018の第一日目に参加した。その概要を次に示す。

【Keynote Paper】

9:00-9:40; Offshore Wind Energy : Prospects and Challenges for Floating vs Fixed,  
R. V Ahilan, LOC Renewables, UK

洋上風力発電のトレンドに関する発表である。ヨーロッパは、着床式洋上風力発電でパイオニアとなってきた。しかし、最近では洋上風力発電の一流企業は、浮体式洋上風力のほうに注目を向けている。この発表では、地理や環境といった観点から着床式、浮体式洋上風力の機会を考えるとともに、2025年の洋上風力の動向を予測し、私たちが克服しなければならない技術的問題について言及していた。

**【Session 1】**

9:40-10:20; An Overview of the Offshore Renewables - Technology and Politics,  
Andrew Garrad, Garrad Balfour, UK

大規模な再生可能エネルギーの歴史は、オフショアの移行の状況を作り出してきた。技術革新を受け入れてもらうために必要とされた政治的支援を研究してきた。数学的モデルに関する研究やほかの海洋再生エネルギーとの相互関係なども議論された。

10:50-11:30 Energy Transition Outlook to 2050, Based on Work Carried by DNV GL, C.  
Bittencourt, DNVGL, UK

このプレゼンテーションでは、世界10地域別の2050年までの全世界のエネルギーシステムの見通しと、石油・ガス、海洋再生エネルギー、電力及びエネルギー使用による業界への影響の予測を示した。ここでは再生可能エネルギー産業に焦点が当てられプレゼンされた。

エネルギー面の持つ世界へ与える変化の規模の大きさは巨大で、エネルギー今後の世の中になくしてはならない存在である。近年、手ごろな価格で信頼できる近代的な持続可能エネルギーにアクセスが追及するにつれ、脱炭素化への変換が大きなエネルギー効率上昇につながると予測されている。炭素をエネルギーから切り離すことによってエネルギーコストが比較的安く、需要を超える供給が可能になるだろうと考えられている。

また、世界の一次エネルギー供給は2030年までにピークに達する可能性があると考えられ、エネルギー需要を満たすための必要なエネルギーは少なくなる。予測では、再生可能エネルギーが実質的な成長を経たと前提した場合、世紀半ばまでには主要のエネルギー供給は化石と再生可能エネルギーの間でほぼ均等に分割されるだろうと考えられている。

業界は2015年にパリで合意された気候協定に沿って、再生可能エネルギーの開発を行っており、将来的にはさらに大きな進歩が必要とされている。

11:30-12:10; Fluid - Structure Interaction Analysis of Offshore Renewable Energy  
Systems, Ye Li, Shanghai Jiao Tong University, China

浮体式構造物は、オフショアシステムにおいてとても重要である。回転物体すなわち潮流タービンに関する研究では曳航式水槽試験によって数学的方法に基づいた方法が開発され、

法的に有効になった。包括的な CFD メソッドは境界層や潮流、オフショアウィンドウアプリケーションを含む複数のタービンアレイを分析してきた。特に、複数タービンシステムは空気力学と同じように水槽を使うことによって独特的な有利点を持っている。

近年開発された複数機能曳航タンクが導入されるだろう。

12:30-12:50; Numerical Simulations of Marine Operations, with focus of installation of Offshore Wind Turbines, Zhen Gao, Norwegian University of Science and Technology, Norway, Z. Gao

このプレゼンテーションでは、NTNU が最近行った浮体式及び新規設置船を用いた洋上風力タービンの数値シミュレーションに関する研究が発表された。

数値モデルは、主に設置システムの動的応答を取得し、応用ベースの基準を用いて海面の動作限界を決定するために開発を行われている。数値解析の目的は、設置システムの動的挙動をより正確よりかつ正解に理解しコストパフォーマンスが高い解決方法を実現するため行っている。この解決方法は、設置船舶を運転する際の不確実性を減らすという方法である。その他にもより具体的には、クレーン運転による風車よく設置のための動的応答解析、最終接続段階における翼の運動低減のための綱引き船の自動制御、及び組み立てられたタワー構造を設置する双胴船のモデリングと分析などがある。

14:00-14:20; Multi rotor systems for offshore wind farms, Peter Jamieson, University of Strathclyde, UK

洋上風力発電システムにおけるマルチローターシステムは、EU のプロジェクト Innwind の調査によって、見直された。そして、現在マルチローターシステムのプロジェクトや研究については議論されているところである。この技術に関しては、まだまだ発達していかなければならないが、たくさんのイノベーションの可能性を生み出し、研究するに値するものである。

14:40-15:00; The key role of testing infrastructures for the development of Offshore Renewable Energy Technologies, Jimmy Murphy, University of Exeter, UK

公害問題を解決し、CO2 削減、COST 削減に成功することができた。

そして電力量、効率はアップした。

これは、研究者たちが、自分たちの「saving our planet」の精神を忘れていたことに気づいたからである。

## 【Session 2】

15:30-15:50; First full scale tests of the floating tidal platform manufactured by

Magallanes, Pablo Mansilla, Magallanes Renovables, Spain

Magallanes Renovables とは、2MW の浮体式潮流発電プラットフォームを完成させたスペインの潮流発電開発会社である。このプラットフォームは全長45メートル、350トンである。海底から2つのチェーンで係留されている。150メートルの深さまで係留することが出来る。2つの2重反転タービンで2MW を生み出している。270度ピッチコントロールが可能である。このプラットフォームをスペインの海で4か月以上、実証実験をした。ピッチ制御やメカニカルシステムなどすべてのシステムをテストした。次の段階として、EMEC で発電を行う予定である。

15:50-16:10; ASSESSMENT OF TIDAL CURRENT ENERGY IN BOHAI SEA AND YELLOW SEA, CHINA, Shual Yuan & Shujie Wang & others, Ocean University of China, China

Bohai Sea と Yellow Sea は、中国で潮流発電においてポテンシャルを持っている、メジャーな場所である。そこで、この発表では3D 数値計算モデルを Bohai Sea と Yellow Sea に、計測データと確かめながら適応した。この結果に基づき、Shandong Peninsula, Bohai Strait, Liaodong Bay の潮流エネルギーを見積もった。もっとも潮流エネルギー密度が高かったのが、Shandong Peninsula の東側と、Bohai Strait の北側で、それぞれ  $6.2\text{kW/m}^2$ 、 $5.5\text{kW/m}^2$  であった。これらの結果は、Bohai Sea と Yellow Sea のまわりで潮流発電をする企業に参考にされるだろう。

16:10-16:30; Numerical Simulation and Hydraulic Model Experiments of SHROUD TIDAL Generation System, Uk Lae Lee, Sang Ho Lee, and others. Wonkwang University, Korea

数値計算モデルと水力学モデルを用いて、水平軸タービンに使われる様々なシュラウドにおける水の流れの特徴を調査した。直径の収縮や拡大を含む、シュラウドの形は、水の流れ場の特性に影響する。最大のパワーを生み出すために、様々な実験を行った。過去の研究で、タービンの形や流れ場の徳衛は研究されてきた。この研究では、力学的要因から機械効率を分析した。この分析結果は、潮流発電システムの未来のデザインに有効であるだろう。

16:30-16:50; CAVITATION EROSION OF UNIDIRECTIONAL GFRP COMPOSITES, Rainmondas Guobys, University of Dundee, UK

潮流発電装置のブレードには、広くガラス繊維強化プラスチックの素材が使われている。ブレードの相互作用により、ブレードの表面に圧力変動が起こる。そのような状況の中で、表面の圧力は飽和蒸気圧まで低下し、キャビテーションが発生する。このキャビテーションは騒音や振動、効率の低下、表面の損傷を引き起こす。よって、この研究では、ガラス繊維強化プラスチックがキャビテーション浸食にさらされるときの振る舞いについて研究したものである。繊維の束の間の距離と束の位置によって、浸食に影響があるということがわかった。また、表面の粗さも重要な影響を与え、厚さが浸食率に影響を及ぼしていた。タービ

ンをデザインするときは、キャビテーション浸食に注意しなければならない。

#### 【Session 3】 Offshore Wind Turbines

16:50-17:10; FORECAST OF WIND FIELD IN TAIWAN OFFSHORE WIND FARM BY MODEL SIMULATION AND DEEP LEARNING, Yu-Feng Chung, National Center for High-performance Computing, Taiwan

台湾には、高いポテンシャルを持つ洋上風力のファームがいくつかある。台湾政府の政策によると 2025 年に 600 台の洋上風力発電機を設置して、3GW 発電するという。技術面では、数値計算シミュレーションや人工知能技術を用いて、コストを下げたり効率をあげたりすることで、洋上風力産業をアシストすることはとても重要なことである。この研究では、Fuhai wind ファームを研究対象として、高解像度の atmospheric モデルとディープラーニングを用いて、洋上の観測データとモデルが予想したデータとの相互関係を探するというを行った。現在は、WRF モデルが 3 日間の高解像度データを予想するモデルとして使われている。このデータと観測データに基づいて、ディープラーニング RNN-LSTM モデルを用いて、予想モデルと観測データを統合する研究を行っている。これらの研究は、高い確率で 3 日間の風力場を予想し、どれくらいの発電が出来るのかを見積もることが出来る。

#### 【Session 4】 Wave Energy Converter

15:30-15:50; SEDIMENT TRANSPORT PATTERNS AROUND A WAVE ENERGY CONVERTER, Maria Jalon, University of Strathclyde, UK

OWC 波力エネルギーコンバータの周辺の堆積物輸送パターンは分析的モデルを使って調査してきた。これに対するもっとも高い価値はパワーオペティマルデザインを起こすために見つけられてきたのだ。これらの分析的な結果の実験的承認と離れて、望ましいさらに進んだ動きはデザインの範囲内で堆積物の輸送の結合である。

15:50-16:10; Numerical and Physical Modelling of a Novel, Sloped Module, Multibody Wave Energy Converter, Alfred Cotton, University of Edinburgh

以前、傾斜面に沿った運動に波エネルギー変換器を節約することは、広範囲の周波数に渡って非常に高い電力吸収効率をもたらすということが見出されていた。しかし、深海への配備に重点を置いてより実用的なで自由に浮動する例においては、過度のピッチング動作がエネルギー変換器の多くを消散させる傾向があったためこの考えは見送られた。

だが、ジュール E. E. S のニック・ウェルズ博士によって考案された「wave train」装置は、それぞれが内部の振動水柱を含む複数の傾斜ブイを支柱及び回転ジョイントを介して接続することによってこれらの困難の解決に取り組んでいる。

マルチボディ波エネルギー変換器の開発は、時間と周波数の両方の数値モデルの開発から行われた。両方のモデリング手法は、流体力学的係数を計算するために境界要素法を利用

するが、デバイスの自由度の異なる表現に頼っている。この際、振動水柱及びヒンジの処理にとくに注意が払われる。両方の数値モデリング手法が互いに検出されると、その後タンク試験データに対しての検証が行われる。

16:10-16:30; Experimentation and analytical modeling of an Oscillating Water Column device, Sarah Mouring, United States Naval Academy, USA, S.Reilly, MIDN, United States Naval Academy, USA

化石燃料は、電力に対して最も有力な資源である。しかし、今では持続可能な再生エネルギーが重要視されてきた。電力はアメリカ海軍沿岸のインフラや近くの海岸の設備への持続可能エネルギーとなるということも実証できた。

16:30-16:50; Assesment of Wave Energy Converters System to Supplied Energy to Desailination Systems in the El Hierro Island, I. Padron ,University of La Laguna, Spain.

カナリア諸島(スペイン)の一部であるエル・イエロ島は、2000年以來世界中の生物圏保護区である。群島の中でも最も若い島であり、地形は険しくその急な斜面が特有の景観をもたらしている。エル・イエロ島では”Gorona del Viento”というプロジェクトが行われており、このプロジェクトはエル・イエロ島の電力需要に再生可能エネルギー源を供給することに基づいて進められている。このプロジェクトがエル・イエロ島で行われている背景として、島の電力不足がある。島を訪れる多くの観光客に対し、島の電気が足りておらず観光客に対し十分に電気を供給することができないという問題を抱えていた。その状況に加え、島の環境がプロジェクトに対し好条件であったためプロジェクトが開始された。

このプロジェクトの目的は国内電気ネットワークの安定性を確保することである。エル・イエロ島ではすでに風力発電や海洋再生エネルギーが設置され稼働しており、特に海洋再生エネルギーが島の電力発電に大きな恩恵を与えているという。島の西側地点では波力発電で平均25kW/mもの電力を発電している。

また現在、島には3つの逆浸透淡水化プラントがあり、島全体の飲料水需要の約19%をカバーしている。これは、この群島の他の島々と同様、人口にとって希少で最も貴重な資源となっている。

#### 【Session 5】 Offshore Wind Turbine

17:10-17:30; INNOVATEIVE HYDRODYNAMIC MODEL TESTING FOR AIRBORNE WIND ENERGY SYSTEMS, Rene Lindeboom, MARIN, Netherlands, Ir. Bernard van Hemert, Ampyx Power, the Netherlands, Willem van Schoten, Mocean, the Netherlands

モデルテストは、Ampyx airborne ウィンドウシステムをサポートしている半潜水型海洋の流体力学に近づくために行われてきた。このテストの中での航空機を浮体物に接続してい

るロープの影響は SILS システムを使う模擬実験を行った。ウィンチシステムは、ロープを再生産することができるということに結論づけられる。結果として半潜水型海洋のコンセプトデザインの相互関係に対する良い基礎を明らかにすることができた。

17:30-17:50; Model Test of the DTI-Floating Wind Concept, J. Serret, University of Edinburgh,

近年、洋上風力発電の技術は進歩し浮体式の洋上風車が増加している。このことが、洋上に設置できる風力発電装置の数を増加させ、洋上風力発電の今後数年間の発電量は、世界に必要不可欠なほど増加すると考えられている。浮体式の技術は比較的新しい技術なため、さらなる開発のためにはテストによって検証する必要がある。

ここでは浮体式風力(DTI-F)発電装置のテスト概要について説明する。テストの目的は、スケーリングされたモデルの質量特性を検出し、DTI-F構造を流体力学的に特徴付けるためのデータを生成することであった。それに加え、3つの異なる係留構成の長所と短所を決定することであった。スケールモデルの自由振動の固有振動数を使用して、モデルの質量特性の検証も行われた。フローターの流体力学的係数及び、3つの係留構成に対する係留剛性はそれぞれ、自由減衰及び剛性減衰試験から得ることができる。

この研究では、スケーリングされたモデルの設計と構成、および動作と負荷を測定するために使用される計測器についても研究を行っている。この研究は既存の数値モデルの較正と性能向上に向けた第一歩になることが期待されている。

17:50-18:10; Experimental Study on Oscillation Characteristics of a Spar under Mathieu Instability. Peng Xu & Toshio Iseki, Tokyo University of Marine Science and Technology, Japan

このプレゼンでは、ヒープとピッチの連成運動を調べ別のタイプのスパーブイモデルの作成について説明があった。

まず、マチュー型の不安定性の発生を調べるために一連の実験を行った。この研究の主な目的は、パラメトリックピッチ共鳴現象の利用である。実験内で1自由度のスパーブイ運動を調べた結果、マチュー型が制御機構であることが分かった。また、振動応答自体から制御エネルギーを供給しなければならないことも明らかになった。

ブイにはバラスト制御装置が設置されている。装置は重り、ステップモータ、ボールネジで構成されている。ボールネジはバラストを上下に動かしてブイの重心を変更することができる。この制御装置を用いてパラメトリックピッチ共鳴現象の状態を調べた。いくつかの実験では、大きな投球動作が突然発生し、理論的なマチュー型の不安定性とは異なる増幅を

示すことが確認された。これは運動エネルギーがヒービングモードから  $y$  に移行していると考えられる。

これらのモデル実験とエネルギー平衡の考察に基づいて、パラメトリックピッチ共鳴を利用する可能性が議論された。

## 18. アバディーン海洋博物館

【日時】8月30日

イギリスはEUに加盟している国で、最も原油を生産・輸出している。さらに石油とガスの国内消費の60%を自国の海底油田に頼っている。この博物館では、イギリスが採掘を行っている北海油田に関する展示がメインになっており、館内には油田設備の模型や船、採掘の仕組みを解説したパネルなどが展示されていた。

石油関係の他にも、幕末の日本で活躍し5代友厚とも親交があった商人トーマス・グラバーの説明や、トーマス・グラバーが日本に送った船の模型や、船医の医療器具、漁業に関する道具が展示されていた。

特に印象に残っている展示物は、館内の中央に設置してある石油プラットフォームのミニチュア模型だ。ミニチュアといっても博物館の三階までの高さがある館内で一番大きな展示物である。この模型は本物を忠実に再現しており、プラットフォームの構造を隅々まで知ることができた。海面から見えているプラットフォームしか知らなかった自分にとってプラットフォームの海中の構造は想像以上に大きくとても衝撃だった。

その他にも、海中作業の際に実際に着用されていた防護服を試着できたり、ここでしかできない体験をすることができたためとても貴重な体験になった。

また、館内にはカフェと売店が併設されており、お土産の購入や休憩が可能になっており、自家製のケーキや紅茶が気軽に頂けるようになっていた。

## 18. Equinor 社について

【日時】：8月30日(木)

【対応者】：Anita H. Holgersen

エクイノールとは、ノルウェーのスタヴァンゲルというところに本拠地を置く北欧最大のエネルギー企業で主に石油、天然ガスの採取・販売、また発電事業も行っている。2007年に設立され従業員は3万人を超える。私たちが訪問したのは、エクイノールのアバディーン支社である。エクイノールは世界の各地に支社を持っている。日本にもある。エクイノールの昔の名前は、スタットオイルである。この名前からもわかるように、もともと北海油田で成長した企業である。しかし、社名から石油を表すオイルを外した。このことは、北海油田の石油だけでなく、洋上風力発電などの再生可能エネルギー分野に力を入れていれ、総合エネルギー企業としてさらなる成長を目指す立場を明確にしたということである。新しい社名は、平等、均衡などを意味する英語の接頭辞「equi」と、ノルウェーを指す「nor」を組み合わせた。エクイノールは今、化石燃料からの脱却が進む将来に備えている。

それでは、エクイノールの新しいエネルギーソリューションについて、見てみたいと思う。まずは、再生可能エネルギービジネスに関してである。エクイノールが取り組んでいるのが、洋上風力発電である。図 32 にエクイノールが行ってきたプロジェクトと今後のプロジェクトについて示す。2009年に Hywind demo、これは 2.3MW で浮体式の洋上風力発電機である。次は 2012年、317MW の Sheringham Shoal、着床式である。Dudgeon は着床式、Hywind pilot\* は浮体式、Arkona は着床式である。



図 32 エクイノールが行ってきたプロジェクト

\*<Hywind Scotland>

- 2017年10月に生産を開始
- それぞれ6MWのタービン五基
- 33KVの送電電圧
- 約22000世帯に電力供給
- ローター直径154m
- 全体高さ253m

現在、エクイノール社の洋上風車は世界中の大都市の沿岸に設置されており、2020 年以降には1GW を超える発電量をもつ装置も設置する予定である。また、事業を行っていく上で問題だったコスト問題は 5 年後には現在の半分のコストになると推測されている。このコスト低減の要因として装置のインストール代、商品の原材料、生産などの影響がある。

また近年、エクイノール社は太陽光発電も行っており発電したエネルギーを様々なものに使用している。その一つとして水素事業がある。これは二酸化炭素をきれいな水素に変換するという事業で変換する際に発生した熱は、他の発電や一般家庭に使われたりしている。またエクイノール社は他社との関わりを大切にしており多くのチームと提携をしている。

そして、これからの計画として、Dogger Bank の着床式、New York の着床式、Hywind large scale の浮体式である。次に、洋上風力発電のポテンシャルを図 33 に示す。図を見てもわかるように日本の洋上風力のポテンシャルは高いことがわかる。つづいて、洋上風力の 2030 年のマーケットについて図 34 に示す。この図からも、日本のポテンシャルが高いことがわかる。これから、日本の洋上風力は発展していくと考えられる。それでは、洋上風力タービンについて書いていこうと思う。風車の高さは、海面から羽の先までが最大で 175 メートル、海面下には 78 メートルもの部分が沈んでおり、全長は 253 メートルとなる。

エクイノールが取り組んでいるのは、洋上風力発電だけではない。太陽光発電のプロジェクトもブラジルで行われている。Scatec Solar 社との共同プロジェクトである。162MW の太陽光発電で、2018 年から稼働している。ほかのプロジェクトとしては、水素プロジェクトがある。水素エネルギーを使うことで、脱化石燃料となり、エネルギー資源を分散することが出来る。しかし、脱炭素で低価格な水素エネルギーを実現するためには、技術的な課題が多い。水素エネルギー利用時には二酸化炭素排出量がゼロだが、現状では水素は天然ガス等の化石燃料を化学反応させて抽出されているため副産物として二酸化炭素を大量に発生させてしまう。そのために、CCS と呼ばれる炭素回収・貯蔵技術を導入するというものである。概要を図 35 に示す。



図 33 洋上風力ポテンシャルマップ

Floating to be approx. 10% of the total offshore wind market in 2030

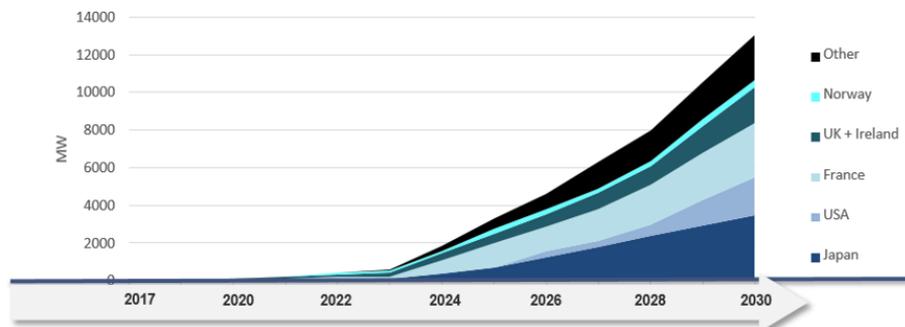


図 34 2030年 洋上風力のマーケット

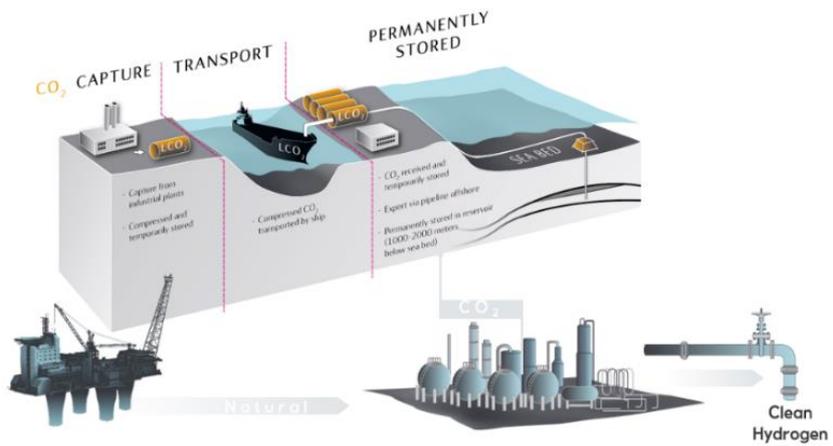


図 35 CCS プロジェクト

## 19. エディンバラ大学の取り組みについて

【日時】：8月31日(金)

【対応者】：サイモン氏

エディンバラ大学は、1592年に設立された、イギリスで6番目に長い歴史を持つ大学である。キャンパスは、スコットランドの首都エディンバラにあり、ユネスコの世界遺産に登録されている旧市街地の多くの建物がエディンバラ大学の所有物である。スコットランドにある最高学府のうち最高峰とされている。QS世界大学ランキング2019では世界18位、英国5位、スコットランド1位であり、世界トップクラスの研究大学とされている。生徒の数は40000人で、スタッフの数は14000人である。私たちが訪問したのは、エディンバラ大学のエネルギーシステムであり、そこはアカデミックスタッフが23人、PDRA sが36人、PhDが86人、EngDが46人在籍している。話を聞いた中で私が一番興味を持ったのは、図36に示す波の力をボールの回転を用いて回転運動に変えて発電させるという研究である。

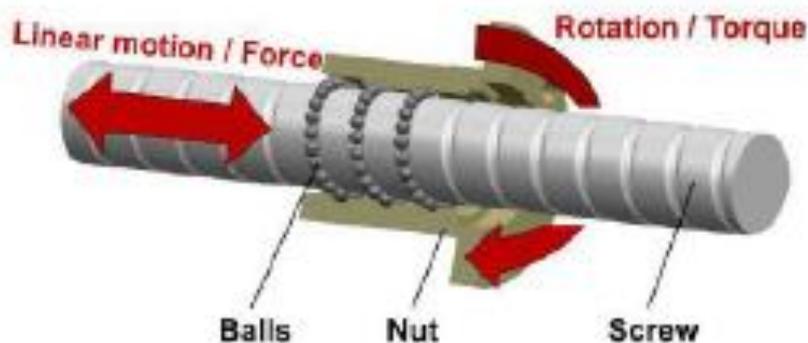


図 36 波の力を回転運動に変換

## 20. FloWave について

【日時】：8月31日(金)

【対応者】：サイモン氏

FloWave はエディンバラ大学の海洋エネルギー研究施設にある、波と潮流を同時に起こすことができる水槽で2014年に完成した。FloWave は直径25メートル、深さ5メートルの円形水槽である。水槽は、240万リットル以上の水を含み、厚さ1メートルの可動式の床で区切られ上下で分けられている。

また床の下には2つのタービンが備わっており、FloWave が生み出すことができる最大の流速は1.6m/sである。タンクは円形であり、タンクの上側には、周りに168個の absorbing

wave makers がついている。また下側には、流動駆動ユニットを持っている。これらを、組み合わせることにより様々な波を生み出すことが出来る。

この潮流と造波機によってつくられる波を組み合わせ、実際の海流を再現している。これらの潮流や波の強さはコンピューターのプログラムによって管理されており、ボタン一つで海流を再現できる。水槽の床と天井は可動式になっており、水槽に実験装置を設置する際に可動し、装置をより安全に設置できるようにしている。

私たちが一番驚いたのは、波の進行方向を一方向に向けるために波がぶつかる側の壁が波の勢いを吸収するという技術だ。これは 186 個という多くの造波機があるからこそ実現できる技術である。発電装置の実験にそこまでこだわった試験水槽に海洋研究の意識の高さを感じた。

不規則波は一方向から、出して反対側の壁からはおこさせない。3 時間くらい、波を起こすことはできるが、いろんな種類の波を試すために実際は3分くらいで実験する。普通の海の波より波が速いためハイスピードカメラでみる。起こせる波の種類は様々で、四方向からそれぞれ波を発生させ、二倍の高さの波を発生させたり、次々に丸いドーム型がポコポコと浮かびあがってくるような波などをみせてもらった。

水面がしっかりとフラットになればなるほど高い高さの波が作ることができる。そのため、実際の実験の際はかなりの間時間を空けることもあるそうだ。また、潮流と波と一緒に発生させると波の速度は速くなり、潮流に波が逆らうと、波が高くなる。波の周波数が少ないと潮流に負けそうになる。

個人的な意見として、長崎大学には実験水槽がないのでぜひとも導入して欲しいところである。長崎大学とは言わないまでも、長崎県に一つ導入し、長崎県の大学や企業や研究機関が使えるようにしてもいいのではないかと思う。図 37 に FloWave 水槽を示す。我々が実験する際には、実物と実験モデルの大きさのスケールの問題には頭を悩ませているのであるが、この FloWave でも同じようにスケールの問題はあるようである。



図 37 FloWave 実験水槽

## 21. Atlantis Resources 社

【日時】：8月31日(金)

【対応者】：Tom Walsh

私たちは、エジンバラ大学からタクシーに乗り、アトランティスリソーシス社に移動した。アトランティスリソーシス社は、世界的な持続可能なエネルギー生産会社である。世界中の発電プロジェクトの設計、開発、建設、設置、試験、試運転、保守に携わっている。特に力を入れているのが、Maygen プロジェクトという世界最大規模の潮流発電プロジェクトである。今年、長崎大学と潮流発電に関し共同研究契約を結び、日本との関わりも持ちつつある。このプロジェクトで使われているタービンは、図 38 に示す AR1500 というものである。AR1500 は、1.5MW の水平軸タービンでブレードのピッチとヨーの制御を行うことが出来る。ナセルの重さは、約 150 トンで設計寿命は 25 年である。ローターの直径は 18 メートルで、3.0m/s の流速をターゲットに作られている。最大でも、5.0m/s まで電力を生み出すことが出来る。このタービンを用いて、MeyGen プロジェクトは行われる。図 39 に示すスコットランドとオークニー諸島間の海にこの発電機が置かれる。第一フェーズ A では 4 つの 1.5MW タービンが設置される。第一フェーズ B では、さらに 4 つの 1.5MW タービンが設置される。エネルギーコストを大幅に削減する技術を使用する。第一フェーズ C では、さらに 49 台のタービンを設置する。

<MayGen プロジェクト>

スコットランド最北端の沖合の海域で最大 398MW の潮流プロジェクトや、スコットランドの北東先端からわずか 2 キロメートルのイギリスで最も早く流れるいくつかの水域をカバーする。3.5 キロメートルのサイトである。

Maygen プロジェクトは現在、世界最大規模の潮流プロジェクトである。

- MayGen PHASE 1A

これは、「導入とモニタリング戦略」の一環として 1.5 MW の四つの 1.5 MW タービンを配備。各タービンは重量 250~350t の基礎にあり、1200t の六つのバラストブロックと結合している。これは、2600 戸の住宅に供給するのに十分な電力を発生させる。

- MayGen PHASE 1B

このプロジェクトは、潮汐発電からの LCOE を大幅に削減する技術の使用を実証することにより、将来の開発段階のカギになるものである。

- MayGen PHASE 1C

これは、2019 年に設置を開始する予定。49 MW (73.5 MW) を追加したタービンを推定コスト 420 百万ポンドで建設する。

- フェーズ 2 とフェーズ 3

MayGen プロジェクトでは現在、サイト内に設置できる潮流の容量は、最大 398 MW。しかし現在、252mw 分しか発電していないため、146 MW の潜在的なフェーズ 3 プロジェクトを展開する予定。これは、フェーズ 2 の完了後に展開される予定だ。

海洋大使の一人(黒川)は、現在潮流発電タービンの開発というテーマで研究をしているので、ブレードなどの形に興味があり、どのようにブレードの形状をデザインしているのかを質問してみた。答えとしては、風力発電タービンの技術を潮流発電に応用しているようである。ほかの質問としては、図 40 に示すアトランティスリソーシス社が 2009 年に開発した SOLON TURBINE というタービンについて聞いてみた。この SOLON TURBINE はブレードの周りにダクトを持っている。しかし、次の年のタービンにはダクトはついていない。なぜ、ダクトは開発されなくなってしまったのか質問した。答えとしては、ヨー制御を行うときにダクトが抵抗になって、Flexible がない、またインストールコストが大きくなるといった点でダクトはなくなってしまったようである。アトランティスリソーシス社のタービンはよく考えられ、毎年と言っていいほど改良が加えられているということがわかった。

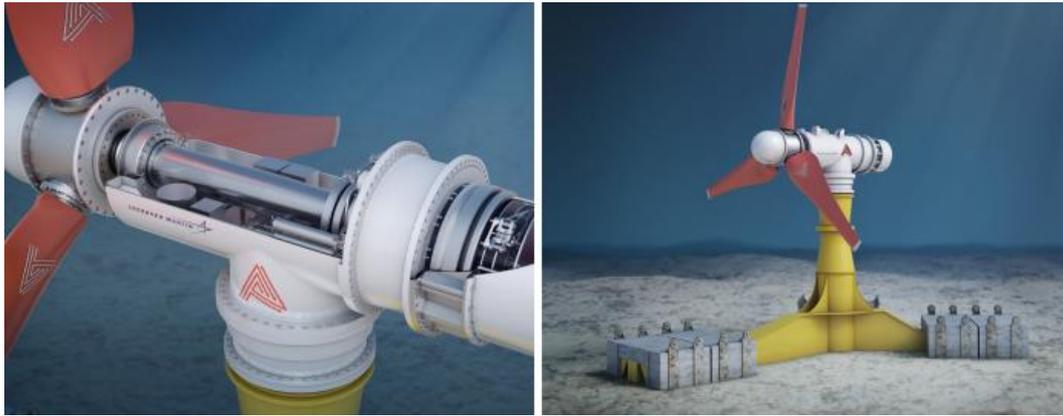


図 38 AR1500

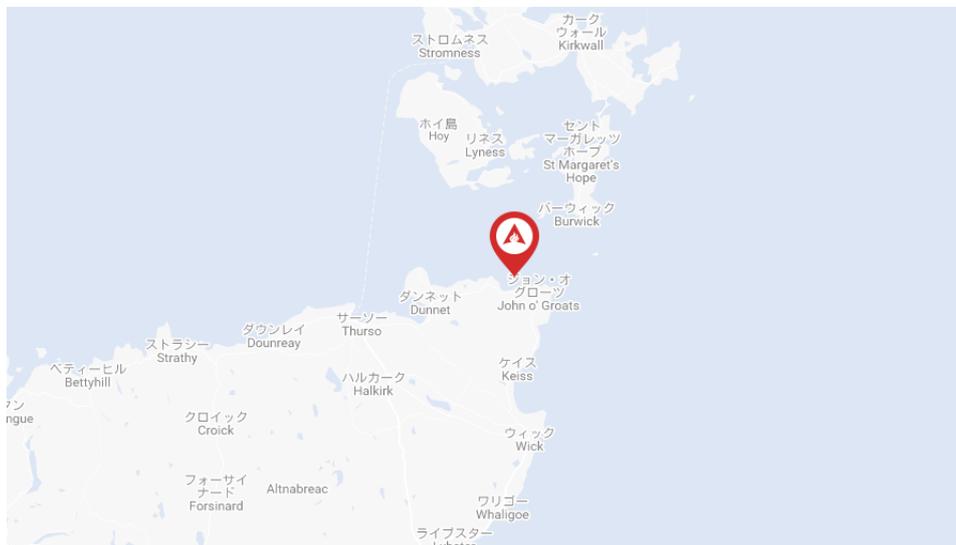


図 39 MeyGen プロジェクトの場所



図 40 SOLON TURBINE

## 22. Nova Innovation 社

【日時】：8月31日(金)

【対応者】：GARY CONNOR 氏 Engineering Director

私たちは、最終日にエンジンバラからバスに乗り、リースにある 2010 年に設立された Nova Innovation 社を訪問した。Nova Innovation 社は、従業員約 30 人と比較的小さな会社であるが、スコットランド・グリーン・エナジー賞 2016 で審査員賞を受賞するなど、とても力のある企業である。この Nova が大事にしているのが、Start Small/Think big/More fast の 3 つであるという。

Nova Innovation 社のタービンは、図 41 に示す M100 と呼ばれるものである。現在、Shetland にある Bluemull Sound サイトに導入され運用されている。今回の訪問で、Nova Innovation 社はシンプルにシンプルにタービンを設計し、成長してきた会社であるということを感じた。このタービンもヨー制御やピッチ制御といった機構がついていなくて、シンプルに作られている。特徴としては、世界中の様々な場所で、安全で信頼性が高く、低コストで電気を供給するために設計されている。このタービンは、ブレードが 2 枚である。以前は 3 枚であったのに、なぜ 2 枚になったのか疑問に思い質問してみた。その答えは、タービンを設置するまでに船で運搬しなければならない。2 枚翼であると運搬するとき、楽であり、運搬コストを下げる事が出来るという点、また翼の数を減らすことで、作成コストを下げるといった点から 2 枚にしたそうである。Nova Innovation 社は、office の近くに図 42 に示すワークショップも持っておりそこも見学させてもらった。ワークショップの中は、ナセルやブレードなどが置いてあった。また図 43 に示すタービンのコントロールセンター

も見学した。とても、シンプルでとても見やすいと感じた。当時は、潮流が遅く発電機は動いていなかったのですが、実際にトルクなどを見ることは出来なかったが、リアルタイムの映像なども見ることができて、ブレードの近くには魚も泳いでいた。また、ブレードの塗料には、中国塗料という日本の企業のものを使っていると聞いた。Nova Innovation社は、シンプルでとても洗練された会社であると感じた。

Nova Innovation社ではコスト削減のために様々な工夫が行われている。発電装置には通常モーター部分にギアを搭載するが、Nova Innovation社のモーター部分にはギアを搭載しない。このように少しでも部品を少なくすることによって点検のために装置を水中から引き上げる回数を減らし、コスト削減につなげている。

また、設置している発電装置にはカメラや様々なセンサが取り付けられており、装置の稼働状況や発電量、装置周辺の生態調査もできることが可能になっている。さらに装置の外装には日本で作られた中国塗料という素材が使われているため、生物付着の心配がなくタービンが回りにくくなるということもない。それに加え装置の外装には、グラスカーボンという非常に丈夫な素材が用いられているため装置の破損の心配がない。

Nova Innovation社の将来的なプランは、マーケットを世界中に発展させ、より大きなタービンの装置を設置することである。この目的のためNova Innovation社では日々様々な試行錯誤が行われている。



図 41 M100



図 42 Nova Innovation 社 ワークショップ



図 43 コントロールセンター

## 23. 印象に残ったことや感想など

### 【黒川】

今回のスコットランド訪問で一番印象に残ったことは、海洋エネルギー発電に対する進んだインフラ整備である。当然、海洋エネルギー発電機をつくる技術も進んでいる。しかし、その部分に関しては日本もスコットランドには負けない技術力を持っていると考えている。しかし、日本は海洋エネルギーに対するインフラ整備が進んでいない。日本で発電機をつくったとしても、その発電機を実際に試験する場所がない、その発電機を海に沈めるための船や技術がない。だから、海外ほど海洋エネルギーに対する盛り上がりがないのではないかと考えられる。日本にも海洋エネルギー実証実験サイトが国によって選ばれているが、それは名前だけ与えられたようなものではないかと思っている。

もう一つ印象に残ったことがある。それは海外のいろいろな企業が日本の海に注目しているということである。私たちが日本から来ているということもあったのかもしれないが、どの企業も日本の海洋エネルギーのポテンシャルマップを持っていて、私たちに日本の海洋エネルギーのポテンシャルについて説明してくれた。また、国際学会でも日本の海に注目している人はいた。しかし、最初にも述べたようにインフラ整備がされていないので、注目するだけにとどまっているのではないかと思う。よって、私が今回の海外研修を通じてもっとも感じ、伝えたいことは、海洋エネルギーに対するインフラ整備の重要性である。インフラ整備をすることで、海外の企業が日本に参入して、日本の海洋エネルギー関連の企業がより盛り上がるのではないかと考えている。日本には、大学では研究されているが、潮流発電機の開発を行っている企業がないというのが現状である。日本の海は、ほかの国の海と温度も潮流の速さも一緒ではない。海外の企業が参入してきたとしても、日本の海には日本の海に合った発電機があると考えている。そのような発電機をつくるのが出来るのは日本の海を良く知っている私たちではないかと思う。将来的には、潮流発電開発を行う日本の企業ができるということを願っている。

今回の長崎海洋大使で初めて海外に行った。初めての海外ということもあり、最初は不安であったが、終わってみるとたくさんのことを学べ、楽しく、充実した海外研修であったと感じている。この経験を、これからの自分の人生に役立てたいと思う。

### 【高見】

今回、海洋大使としてスコットランドに行った経験や学び得たことは、私にとってかけがえのない財産となりました。小さいころから海外にあこがれ、大学では絶対語学研修に行く決めていました。そのため、英語学習は特に力を入れていました。ですが、今回のスコットランド行きは、語学研修の域を超え、英語を使って、専門知識を学びに行くというとても高度なことでした。今まで得意としていた英語も実際、いざとなるとなかなか聞きとりがくったり、話したいと思うことが頭では分かるのに口に出せなかったりと、自分自身、考えさせられることが多かった。

そんな中でも、オークニー諸島でお世話になった YUKA さんや、エディンバラ大学の FloWave を訪れた時に研究員の一人であった日本人の方は、あくまでも英語は言語であって当たり前のように、日常生活はもちろんのこと、専門的なことを英語で会話をしていました。また、CORE2018 でも、非英語圏の方たちも当然のように、英語でプレゼンテーションをしていました。いくら、素晴らしい研究成果をだしても、いくら新しい発見をしても、今の私のままじゃ世界に通用するエンジニアにはなれないなと深く痛感させられました。今の社会、自分が生きていきたいと思う将来は英語が話せてこそだと思った。海外で活躍する日本人を目の当たりにして、私はますますかれらのようになりたい、世界と日本の架け橋になるようなエンジニアになりたいと思うようになった。

私が印象を受けたことは、言語だけではありません。今回私たちは、スコットランドの海洋再生エネルギーについて多くのことを学んできました。同時に、日本の海洋状況も知ることができました。海洋エネルギーのプロフェッショナルであるスコットランドの方々も、特に長崎は海洋エネルギーには最適なところだとおっしゃっていました。その長崎の素晴らしさや、海洋エネルギーの凄さを伝えるかと思いますが、実際目にしてきた、私たち海洋大使のできることだと思う。

私自身、もっと日本人は海洋エネルギーについて関心を持ち、積極的に研究するべきだと思います。オークニーは海洋エネルギー関係者だけでなく、島の住民全体がこの産業に積極的であり、よりよくしていこうという情熱を持っています。私はそのオークニーの方々の情熱に感激を受けた。そして、ここ長崎が第二の場所となるといいと思っている。

私は今回を通して、たくさんの刺激を受けることができた。このことをもっと多くの人に知ってもらい、これからの長崎、ないしは日本に大きな良い影響を与えられればと思います。そして、わたしは、将来日本の海洋エネルギー界で活躍できるような人材になりたいと思うようになることができた。

#### 【中村】

私が今回の海外研修を通し一番感じたことは、日本でも可能な限り早く潮流発電を発展させるべきだということである。私たちが今回の研修を通して訪れたオークニー島という島は人が少なく海に囲まれていて、長崎県の五島によく似た島だった。オークニー島は潮流発電や風力発電といった再生可能エネルギーが島全体で発展しており、オークニー島での電力自給率は 100%を超えている。なぜ現在のオークニー島がこのように再生可能エネルギーで発展したのか？ 私は、多くの研究者や企業がこの事業を成功させるために熱心に取り組み、島の人々がその事業を理解し受け入れることができたからだと思う。オークニー島は以前まで若い島民が仕事で島を離れ、島民の減少が島の大きな課題であった。しかし、再生可能エネルギーを通し、その事業にかかわる仕事が増えることで仕事や海洋事業について勉強するためにオークニー島に移住する人が増え、人口問題の解決にも繋がったという。このようにオークニー島は、海洋再生可能エネルギーを通し様々な面で注目されている。

長崎の五島では人口減少や少子高齢化といった 2040 年には人口が現在より格段に少なくなるという 2040 年問題を抱えている。以前はオークニー島も似た問題を抱えていた。現在、五島周辺の海では潮流発電の研究が国内外の研究機関により行われている。日本での潮流発電の実施はコストなど様々な問題があるが、私はこの研究が進み日本でも潮流発電が発展し、オークニー島のように海洋再生エネルギーを通して島自体の問題も解決できるのではないなと思った。正直、潮流発電は日本では知名度が低い。私は、この潮流発電という再生可能エネルギーを多くの人に伝え、将来潮流発電の研究に携わりたいと思った。

私はこの研修を通してたくさんの刺激をもらった。それはこの研修を通し出会ったたくさんの方々に頂いた。出会った方々に、その方々の生き方、これまでの人生の経緯、今後の目標などを聞くことができ、それが自分の今後の人生のモチベーションになった。研修の目的は潮流発電の知識を学ぶという目的であったが結果的にそれだけでなく、海外での色々な経験を通し自分自身大きく成長することができた。

## 24. 謝辞

この海外研修を遂行するにあたり、日本財団様にはご支援をいただき心から厚くご御礼申し上げます。また終始適切な助言を賜り、丁寧に指導して下さった長崎海洋産業クラスター形成推進協議会の皆様に感謝いたします。

私たちの引率を担当された長崎海洋産業クラスター形成推進協議会小林英一氏には現地で困った際、的確な指示をいただき、安全に有意義に研修を行うことが出来ました。有難うございました。

研修先においては、エディンバラ大学様、EMEC 様、アクアテラ様、Equinor 社様、Atlantis Resources 社様、Nova Innovation 社様に大変お世話になりました。非常に貴重なお話、体験をさせていただきました。本当に有難うございました。ここに記して、本海外研修に携わって下さった多くの方々に厚くご御礼申し上げます。

中村 修也

黒川 洸

高見 佳奈子