

長崎海洋大使・海外先進地
派遣事業報告書

楳 蓮(長崎総合科学大学)
川原 大知(佐世保工業高等専門学校)
瓜生 信汰朗 (長崎大学)

令和元年 12 月

目次

1. 背景	1
2. スケジュール	2
3. MHI VESTAS 社 視察訪問	6
4. エディンバラ大学 訪問・FLOWAVE 見学	13
5. SIMEC ATLANTIS ENERGY 社	17
6. EQUINOR 社	23
7. CORE2019	26
8. 印象に残ったことや感想	31
9. 謝辞	34

1. 背景

長崎県は全都道府県の中で最も島が多く、また、海に入り組んだ地形など地理的特性から伝統的に海洋産業が発達してきた。とりわけ水産業や造船業などの伝統的な海洋産業に加え、海洋再生可能エネルギー導入の機運が高まっている。海洋資源の活用は長崎県にとって、地の利を生かした発展性に富む将来有望な地場産業となる可能性が高い。

本年では、五島市や西海市で海洋再生可能エネルギー事業が具体的に動き出しており、今後の長崎県での海洋再生可能エネルギー市場の活性化が期待されている。

しかし、その流れとは逆行して人材の不足が嘆かれている。そんななかで海洋再生可能エネルギー分野の先進地域であるヨーロッパを訪ね、海洋発電施設等の見学や関係者との交流を通じて、グローバルな視点を培うほか、長崎県で実施されている海洋再生可能エネルギー関連プロジェクトの意義を再認識するなかで、自らの海洋関連分野への関心を高めるとともに、自身が得られた体験を広く県民に伝える役割を果たし海洋再生可能エネルギー分野のより一層の発展を目的として実施された。

2. スケジュール

以下に示す通りの8日間の日程で視察を行った。

1日目 8月24日(土)

長崎空港集合

長崎空港 → 羽田空港

羽田空港 → パリ シャルルドゴール空港

2日目 8月25日(日)

パリ シャルルドゴール空港 → デンマーク コペンハーゲン空港

デンマーク コペンハーゲン空港 → デンマーク オーフス空港

リムジンバスでオーフス市内に移動、宿泊

3日目 8月26日(月)

MHI VESTAS 社に移動(タクシー)

MHI VESTAS 社にて会社概要説明とデジタルシュミレータ視察(解説者:Yuihci Imai 氏)

オーフス → エスビアに移動(車)

モーデ発電所視察、エスビア港視察

エスビア → オーフスに移動(車)

オーフスに宿泊

4日目 8月27日(火)

デンマーク オーフス空港 → デンマーク コペンハーゲン空港

デンマーク コペンハーゲン空港 → オランダ アムステルダム空港

オランダ アムステルダム空港 → イギリス エディンバラ空港

エディンバラ大学に移動(トラム、タクシー)

Flowave 見学

海洋エネルギーに関わるエディンバラ大学での研究及び欧州における動向の説明

解説者:Simon Robertson 氏

海洋大使のプレゼン『長崎の紹介』

エディンバラに宿泊

5日目 8月28日(水)

タクシーで Simec Atlantis Energy 社に移動

MAYGEN プロジェクトの紹介

解説者:Rowan Boswood 氏・Anna Dunbar 氏(Simec Atlantis Energy 社)

鉄道でエディンバラ駅 → アバディーン駅に移動

タクシーで Equinor 社に移動

HywindScotland の説明

解説者:Tomoya 氏・Haruki 氏・Ueda 氏

鉄道でアバディーン駅 → エディンバラ駅に移動

エディンバラに宿泊

6 日目 8 月 29 日(木)

鉄道でエディンバラ駅 → グラスゴー駅に移動

CORE 2019 講演拝聴

鉄道でグラスゴー駅 → エディンバラ駅に移動

グラスゴー駅周辺観光

エディンバラに宿泊

7 日目 8 月 30 日(金)

イギリス エディンバラ空港 → パリ シャルルドゴール空港

パリ シャルルドゴール空港 → 東京 成田空港

8 日目 8 月 31 日(土)

リムジンバスで成田空港 → 羽田空港まで移動

羽田空港 → 長崎空港

長崎空港にて解散

訪問先概要図



①MHI Vestas 社 オーフス本社

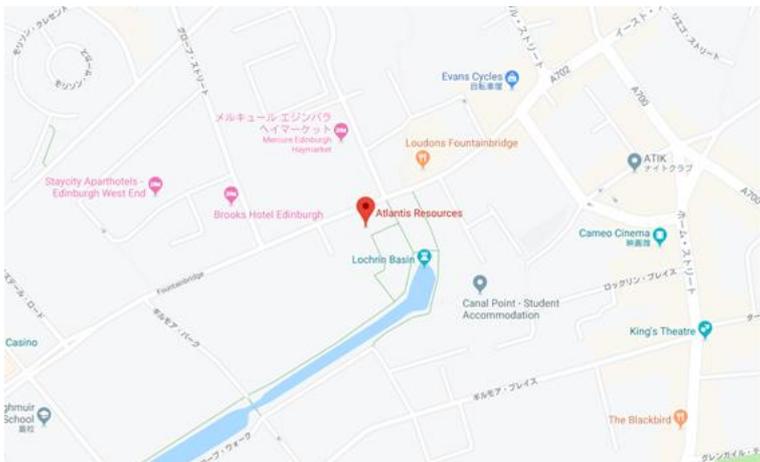
②MHI Vestas 社 エスピアウ港



③ エディンバラ大学



④ Simec Atlantis Energy 社



⑤ Equinor 社 アバディーン事務所



3. MHI VESTAS 社 視察訪問

【日時】8月26日

【対応者】山田正人 氏、Seki Seita 氏、今井雄一 氏

社名	MHI Vestas Offshore Wind A/S
業務内容	洋上風力発電設備の開発・設計・調達・製造・販売・アフターサービス
設立年月	2014年 4月1日
本社所在地	デンマーク オーフス市 (Aarhus)
資本金	1億4400万ユーロ(169億7913万円)
従業員	3199人

洋上風力発電設備専門の会社である「MHI Vestas Offshore Wind A/S」は、2014年4月1日に三菱重工業とデンマークのヴェスタス社 (Vestas Wind Systems A/S) が折半出資した合弁会社として発足した。三菱重工が持つ総合的な技術力とヴェスタスが有する多く風力発電機の実績、技術(20年間)を融合することで着床式洋上風力発電のさらなる進展を目指している。業務は、全世界を対象とした洋上風力発電設備の開発・設計・調達・製造から販売・アフターサービスまで行っている。現在は、26名の日本人が現地で勤めている。



図 1 MHI-VESTAS 本社前にて集合写真

販売される風車は、4MWプラットフォームや9MWプラットフォームがある。4MWのものについては共通プラットフォームをベースに進化を続けるベストセラー機種であり、2010年以降洋上向けに

385 基(1.2GW)、陸上と合わせて計 7,190 基(23.5GW)の販売実績がある。詳細は図 2 に示す。9MW のものについては 2019 年 2 月にリリースされ、2022 年に初号機が据付される予定である。この風車は定格出力 9.5MW で高さが約 197m である。詳細は図 3 に示す。

前述したような風車の製造拠点がデンマークとイギリスにあり、30 プロジェクト 計 4.2GW(1,147 基)の洋上風車納入実績がある。また、そのうちの 3.6GW において保守契約によるサービスも提供されている。さらに約 3.5GW を正式契約済み、約 2GW を受注・納入予定で、浮体式プロジェクトの受注に加え、アメリカ市場でも大型案件が内定している。



図 2 4MW プラットフォーム概要

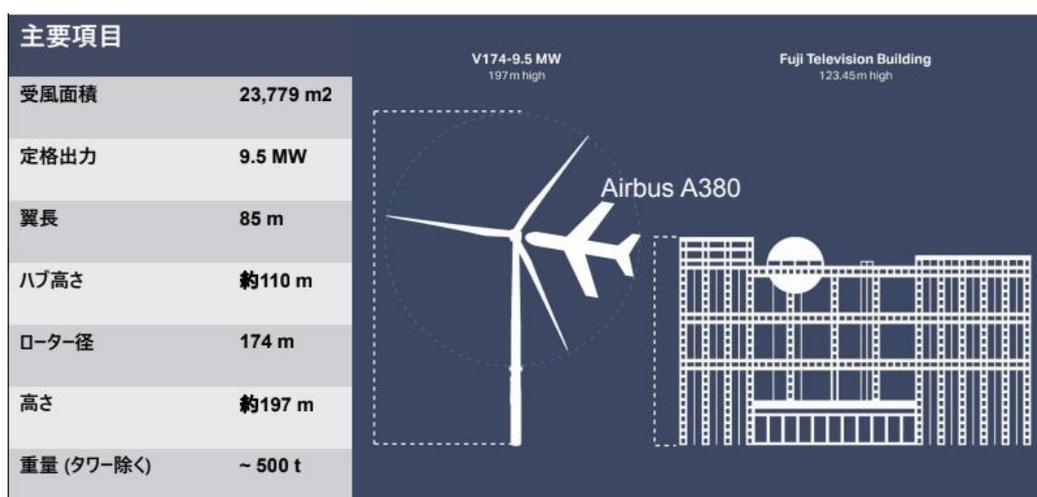


図 3 9MW プラットフォーム主要項目

MHI-VESTAS 社は、洋上風力発電の経済性向上にむけて 3 つのことに取り組んでいる。

1 つ目は、信頼性の高い風車の投入である。自社試験設備で実機の条件を忠実に再現した実負荷、加速試験を行い性能・寿命・信頼性を確認している。また、洋上建設前に陸上で性能確認と徹底した事前検証を行う。2011 年にデンマーク政府がユトランド半島北部に大型風車実証試験センターの建設を決定し、性能・騒音・電力品質を確認し形式認証用データを取得することとした。デンマーク工科大学がセンターを運営している。デンマークの南西エスビアウの陸上実証サイトにおいては 2 機の陸上機を設置し、建設工法・メンテナンス・ウィンドフォーム制御など洋上建設前の総合的な実証を行った。その他にも、デジタル制御技術を駆使しサイト条件に合わせて、風車単体制御からプラットフォーム全体の制御へ移行することで顧客価値を最大化するとともに、系統安定化を図る。

2 つ目は、建設工事期間の最短化である。洋上風車仮組み立て・出荷基地でのタワー全組み立て・ナセルの試運転などを洋上ではなく陸上で作業するようにシフトし、コストとリスクを低減させた。これには、仮組み立て基地の整備と建造船の能力が重要になってくる。実際に 100 日間で 100 基の洋上風車を建設したり、1 日に最大 2 基の洋上風力を据付などの実績がある。

3 つ目は、きめ細かい長期メンテナンスである。熟練技術者による O&M については、ナセル内部を最新の 3D シミュレーターによって実物大に再現し、実機での作業前に徹底したトレーニングを行っている。他にも、33,000 台超の既納風車の監視を 2008 年からスーパーコンピューターを導入したことで、すべての気象データ・運転・保守データを集積し分析・応用する。このデータにより、早期異常検知・損傷停止前の計画的なメンテナンス・最適なメンテナンススケジュールを策定できるようになった。

この 3 つにより建設・運転保守ともに陸上風力に比べ作業が難しく天候に左右されるものを、克服できるようになってきた。その他にも日本の多数の政治・行政・産業関係者が来訪しており、日本とヨーロッパをつなぐ架け橋としての役割も果たしている。

洋上風力発電の市場については、ヨーロッパが世界の約 80%を占めておりそのうちの 98%がイギリス・デンマーク・ドイツ・オランダ・ベルギーの北海沿岸5か国が占めている。今後は株価の下落を背景にヨーロッパ各国が計画を積み増しし、さらに新市場拡大も見込まれている。またヨーロッパの企業のみならず日系企業の洋上風力プロジェクトへの参加意欲が高まっており、着実に参画の実績を積み重ねつつある。

施設見学の中で印象的だったものが、デジタルシミュレーターと呼ばれる縦がおよそ 2m、横がおよそ 3m の大型のタッチパネルである。これは洋上風車のセスナの機械を完全に再現しており、現場でトラブルが発生したことを想定して技術者たちが日々腕を磨いている。20 個のシナリオから選択できるトラブルの設定は 1,000 以上、技術者がどのように判断して作業したかについては全て記録され、フィードバックを受けることができる。すべての手順を覚えるまで、プロの技術者でも最低 10 日は必要と説明されて驚いた。しかし、実海域で作業するとなれば風の影響などを受けることが考

えられるので、デジタルシュミレータで完璧に作業手順を理解することは、安全な洋上風車の設置には必要不可欠であると感じた。

エスビアウ港(洋上風車仮組立・出荷基地)

【対応者】今井雄一氏

私たちは、MHI Vestas 社訪問の後に MHI Vestas 社のエスビアウ港の洋上風車仮組立・出荷基地に訪問し洋上風力発電機の船への搬入作業や各パーツ組み立て作業を見学させていただいた。

工場といっても建物は、事務所と製造施設のみで風車の部品などは屋外に並べて置かれていた。そこで製造されている風車は、タワーが 3 等分にされているものとブレードとナセルに分けられていた。まずは、3 分割されたタワーのそれぞれを倒立させてタワー内の工事を終わらせてからクレーンによって1つのタワーにする。その後、完成したタワーとブレード、ナセルを据付船に積んで実際の建設箇所へと運んで洋上での建設を行うとのことだった。1 つ 1 つの部品が非常に大きく、それを動かすためのクレーンも見上げると首が痛くなるほど高く大きいものであった。ブレードにはグラスファイバーが用いられており、自社工場で加工と製造を行っているとのことだった。このようにして自社工場で部品製造や仮組み立てにこだわるのかは、コスト面と工事の難しさに問題がある。コスト面に関してはまず据付船のチャーター料に1日に約 1,500 万円の費用がかかる。工事の難しさに関しては、どうしても海の上で作業となるため天候に左右されてしまう。そんななかで効率よく費用をできるだけ抑えることを考えたうえでのこだわりであった。

話を聞いていく中で驚いたことは、洋上風車は他の発電機関と比較して LOCE (Levelized Cost Of Electricity・均等化発電原価) が著しく低いということである。洋上風車という環境には良いものの莫大な予算がかかるというイメージがあったが、実際には火力発電などよりも遥かに安くコストを抑えることができるという。いいこと尽くめの洋上風車が我が国に当たり前の風景になることはそう遠くはないと思う。

会社の見学が終わった後には、現地の日本人の社員の方々 3 人と夕食をご一緒させていただいた。そこでは、海外で働くことの難しさと楽しさを教えていただき、自分の将来についての悩みを聞いていただくことができた。実際に海外で働いている方の話は非常に興味深くおもしろいものであった。その中でも「語学力よりもまずは誰とでも広い心でコミュニケーションが取れることが大事だ」という言葉が印象に残っている。自分の中で心打たれるものがあり、その後の日程の中でも現在の生活でも大きな影響を与えてもらった。



図 4 モーゼ風力発電所にて集合写真



図 5 洋上風車の仮組み立ての様子



図 6 洋上風車のブレードが保管されている様子

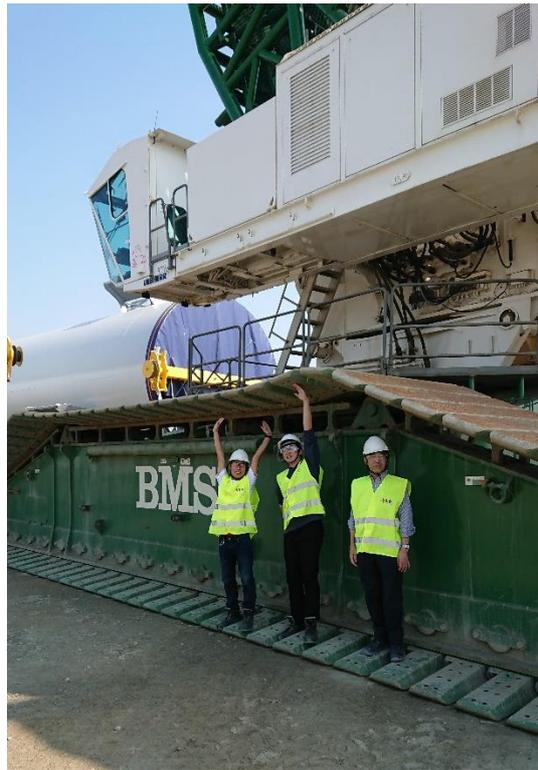


図 7 洋上風車の積み込みに使われるクレーン



図 8 手前が洋上風車のナセル 奥が洋上風車の部品の積み込みの様子

4. エディンバラ大学 訪問・FloWave 見学

【日時】8月27日

【訪問先】エディンバラ大学 海洋エネルギー研究施設 FloWave

【対応者】サイモン氏

海洋エネルギーに関わるエディンバラ大学での研究及び欧州における動向の説明

エディンバラ大学(The University of Edinburgh)はジェームズ 6 世の勅許状を得て、1583 年に設立されたイギリスの Ancient University と呼ばれる 6 大学の中の 1 校で、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、現在も 2 万人以上の学生が在学している。QS 世界大学ランキング 2020 では世界 20 位(日本では 22 位の東京大学が最高)、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。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。世界遺産に登録されている旧市街地のほとんどの建物がこの大学の所有物である。

エディンバラ大学の海洋エネルギー研究施設には、FloWave(図 9 FloWave Ocean Energy Research Facility) と円型の実験水槽がある。名方向からの潮流と波浪を組み合わせ実海域の様々な海象条件を再現することが可能であり、2014 年に世界で初めて開発された。直径 25m、水深 5m、潮流の流速は最大で 1.6m/s で外周部には 186 個の造波装置が設置されており、円周状の造波機により世界中のすべての複雑な波の条件を作り出すことができる。

この施設では、海洋再生可能エネルギーに関してスコットランドで進められている潮力発電プロジェクトに関する実験や洋上風力発電機の波によって受ける影響についてなど波や潮流が影響するような世界各国のプロジェクト(海洋構造物、ROV、海洋再生エネルギー関連)の実験が行われている。

今回の見学では、実際に波を起こす様子も見学させていただいた。造波装置により一方向から発生した波が途中で造波装置に反射し重複しないように制御され最後まできれいに伝わっている様子をヨーロッパの高い技術力見ることができた。その他にも北海で行われた浮体式洋上風力発電機のデータ採集において錘の部分に取り付けられていたセンサーやそれを中継地点までつなぐケーブルを見させてもらった。センサーは非常に高価なものであり、取り扱いには細心の注意を払っていた。このセンサーは五島市での浮体式洋上風力発電装置の試験にも使われたものである。また、出力が 600kW の小型風車の模型もあり実際にそれを浮かべて実験を行っているとのことだった。この施設にはヨーロッパ中の大企業が複数スポンサーについているという話を聞き、重要性がよく分かった。これほど大きな実験水槽は非常に珍しいとのこと、日本にもあればもっと産業が発達していくような気がした。



図 9 FloWave

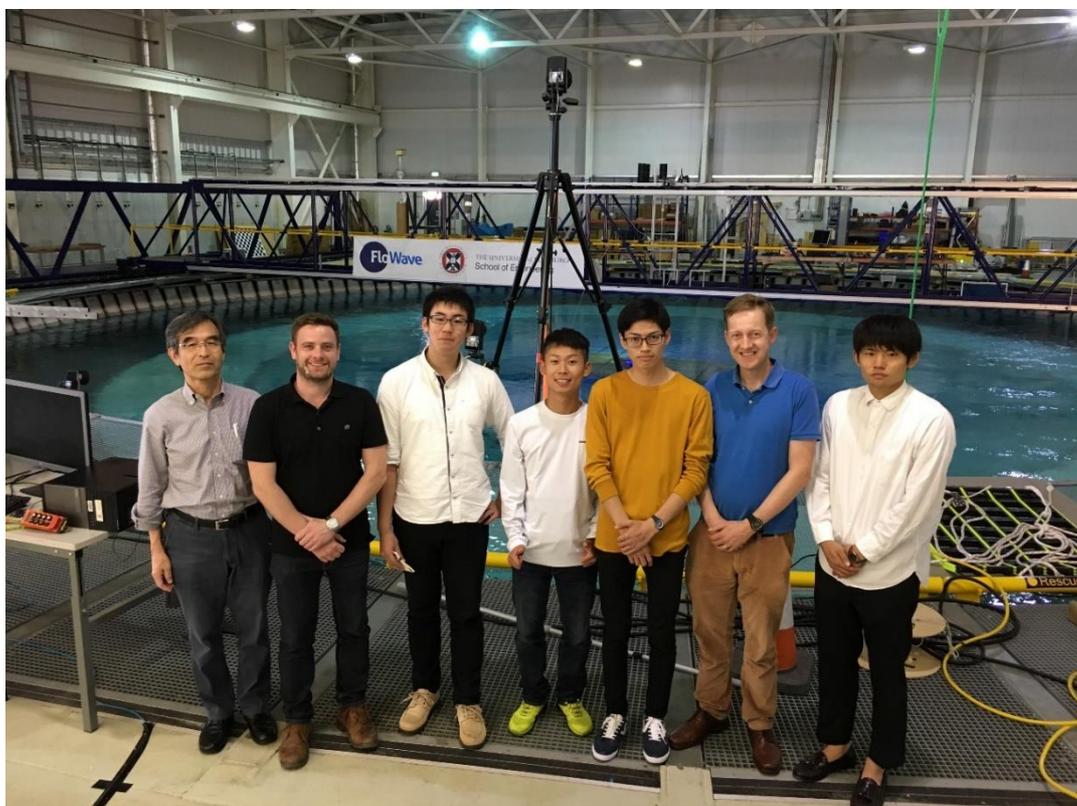


図 10 FloWave 水槽前にて



図11 エディンバラ大学 FloWave 水槽について説明を受けている様子

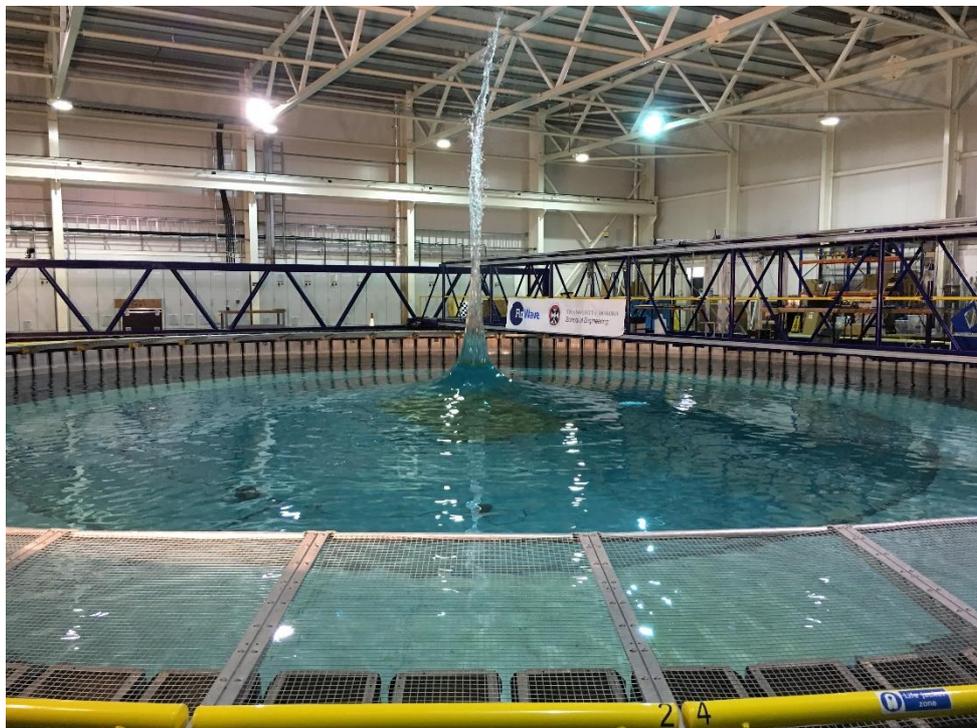


図12 外周部の全造波装置から中心に向け波を発生させた様子

エディンバラ大学視察同日にサイモン氏により再生可能エネルギーのプロジェクトについて講義を受けた。その後、お互いに自分たちの住む町についてのプレゼンテーションを行った。サイモン氏は日本語でエディンバラについてのプレゼンテーションを、我々は英語で長崎県についてのプレゼンテーションを行った。お互いに決して上手とは言えない日本語と英語でありながら、真剣に話を聞いたり喋ったりすることで時間はかかりながらもコミュニケーションが取れたと思う。サッカーチームの話や、いろんな名所に関して話が盛り上がったのは非常にうれしかった。エディンバラのことについてもハリーポッターの原作が書かれたといわれているお店を紹介してもらい実際にその日の晩に行ってみたりもした。

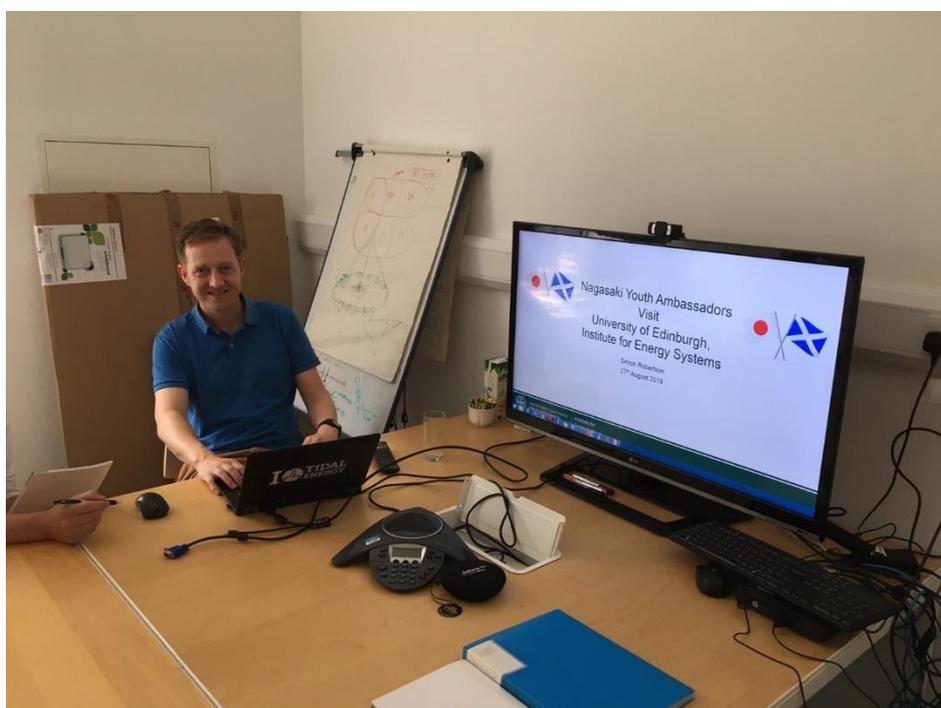


図13 サイモンさんとのプレゼン

5. Simec Atlantis Energy 社

【日時】8月28日

【対応者】Rowan Boswood 氏

社名	SIMEC ATLANTIS ENERGY, Atlantis resources
業務内容	プロジェクト開発、潮流発電設備の開発・設計・調達・製造・販売・アフターサービス
設立年月	2014年 2月
本社所在地	スコットランド エディンバラ
従業員	100人以上

Simec Atlantis Energy 社は、世界中の持続可能なエネルギープロジェクトの主要な開発者として、世界中の電力プロジェクトの設計、建設、設置、テスト、運用、およびメンテナンスを行う世界的な持続可能なエネルギー企業である。

潮流発電とは、潮の満ち引きによっておこる潮の流れによる運動エネルギーを利用して発電をするものである。特徴としては、潮の流れによって発電量が変化するので発電量が予測できることや持続可能なエネルギーであることなどが挙げられる。

世界最大の潮力発電プロジェクトである MeyGen を含む、開発のさまざまな段階で 1,000MW 以上の電力プロジェクトを持つ再生可能かつ持続可能なエネルギープロジェクトのグローバル開発を行っている。プロジェクト開発に加えて、Atlantis Turbine and Engineering Services 部門は、世界をリードする潮力タービンと海底接続機器の設計、供給、保守を行っている。因みに、タービン1機の耐用年数は 25 年となっており 5 年周期でメンテナンスを行っている。

本社はエディンバラに拠点を置き、ブリストル、ニューポート、ロンドン、およびスコットランドのニグ・エナジーパークにオフィスがある。現在は、100 人以上の経験豊富なスタッフを雇用している。

Simec Atlantis Energy 社でも MHI Vestas 社と同様にタービンの設計においてブレードの直径を長くすることで弱い潮流でも流れを拾い発電量を増加させる取り組みやナセルの最小化やシャフトレスなどを行いコストの低減を行っているとのことだった。

Simec Atlantis Energy 社が現在行っているプロジェクトの1つとして MeyGen と呼ばれる世界最大規模の潮力発電プロジェクトについての説明を受けた。このプロジェクトはオークニー諸島とイギリス本土の間のペントランド海峡で行われている潮力発電プロジェクトで、ABB や ashurst などの世界的な大企業のサポートや、イギリス、スコットランドの政府が援助を行っている。以下は、MeyGen の説明である。

〈フェーズ1A〉

MeyGen の「展開の監視戦略」の一環として4台の 1.5MW のタービンを設置する。このフェーズではタービンの開発が商業的に実施可能で技術的にも実施可能であることを実証し、このフェーズで得た建設、運用、設置、保守に関する貴重な教訓を次のフェーズに取り込む目的がある。

〈フェーズ1B〉

Simec Atlantis Energy 社の MeyGen の敷地にある海底中樞で、複数のタービンを一本の送電ケーブルに接続可能にすることにより、グリッド接続に関するコストが大幅に削減可能にする。また、送電ケーブルの長さおよび接続に必要な陸上変電装置の数は掘削およびケーブルの設置に必要な時間と同様に削減可能にする。

〈フェーズ C1〉

MeyGen プロジェクトに追加で 49 台の(73.5MW)タービンを 553 億円の費用で建設するタービン製造施設の建設を具体化するために必要な規模の提唱をする。また、フェーズ C1 では今後数年間、スコットランドを推定 25GW の世界輸出市場の最前線に位置させ、LCOE を削減させる。

〈フェーズ 2 および 3〉

このプロジェクトでは敷地内に最大で 398MW の潮流発電装置をサイト内に設置できるが、現在のフェーズ 2 の段階では 252MW のグリッド容量しかない。しかしこのサイトでは最大容量にまで増加するための支援も可能である。これは、フェーズ 2 完了後のフェーズ 3 のプロジェクトも可能であることを意味している。

運営には莫大な資金が投入され、昨年度から長崎大学と潮流発電に関して共同研究契約を結ぶことで、この世界最大規模のプロジェクトが身近なところでも進行していることに驚きを感じた。現在、スコットランドとオークニー諸島の間の海にこの発電機が置かれている。スコットランド最北端の沖合海域で最大 398MW を発電する潮流プロジェクトや、イギリスで最も早く流れる海域(スコットランド最北端から 2km・流速 45m/h 以上)で実験を行なっている。

ペントランド海峡を西から東へ流れる海流を利用して発電しており、発電した電気は海底ケーブルを 2.5km にわたって敷き、地上まで送電している。使用されているケーブルは直径が 10cm ほどだが、実際に持ってみると非常に重かった。メイジェンプロジェクトの潮流発電の発電方法としては、タービンを海底に設置するがそのためにはタービンを固定する作業が必要となってくる。現在はこれを 3 足の土台をタービンの下につけそこへ 200t のおもりをそれぞれの足に 2 個ずつ付けてスパイクで海底に刺すというような方法を用いることで固定をしている。しかしこの方法は平坦な海底でしか適用できないため、今後は平坦でない場所にも設置できるように改良していくとのことだ。潮流発電は潮の流れや月の満ち欠けによって発電量が変化するという問題がある。それを補うために潮の流れが弱まった時には加速器によって発電量を増やしている。これは潮流発電が発電量を予測できるからこそこの技術である。発電を行うタービンの設置方法は船で設置個所まで運びクレーンで海底へ下ろすというものだが、土台と接着する際にずれがないように潮の流れを見ながらの設置となるため長い時間を要するものとなる。また、5 年おきにメンテナンスが行われるが一度タービンを海底から引き揚げるうえ終了までに 2 週間かかため、大掛かりな作業となる。

これからの計画としてはコストを下げるために、ブレードを大きくすること、ケーブルをまとめて設

置すること、タービンの材質をスチールにすることをやっていく。これにより設置コストの 65%減が予想される。また、最終的には計 269 基のタービンで構成されるようになる予定で、こうなれば約 17 万 5000 戸のエネルギーをまかなうことができるようになる。

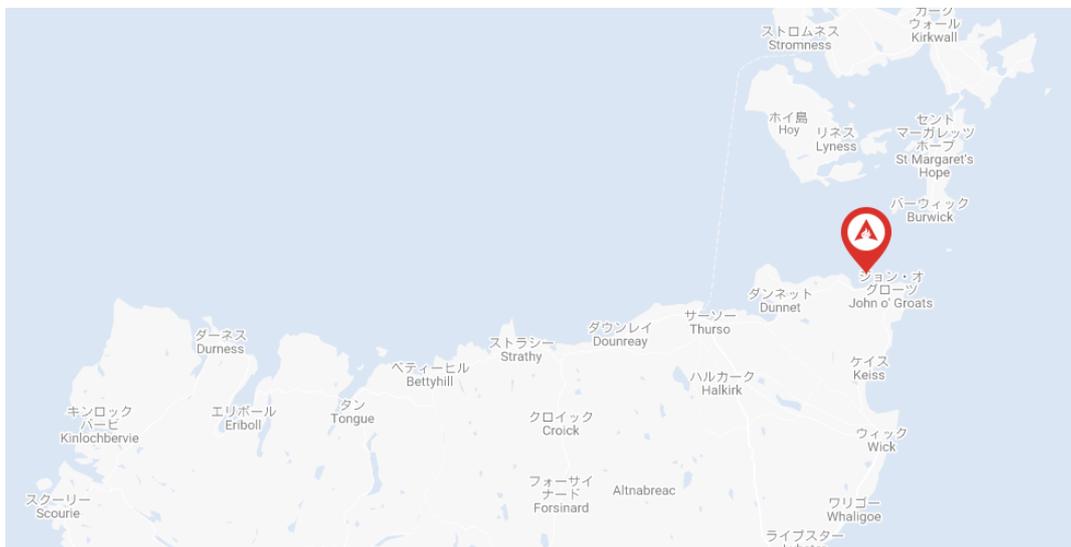


図14 プロジェクトが実施されている地域



図15 設置されたタービンの再現画像



図16 アトランティス潮流発電装置 AR1500

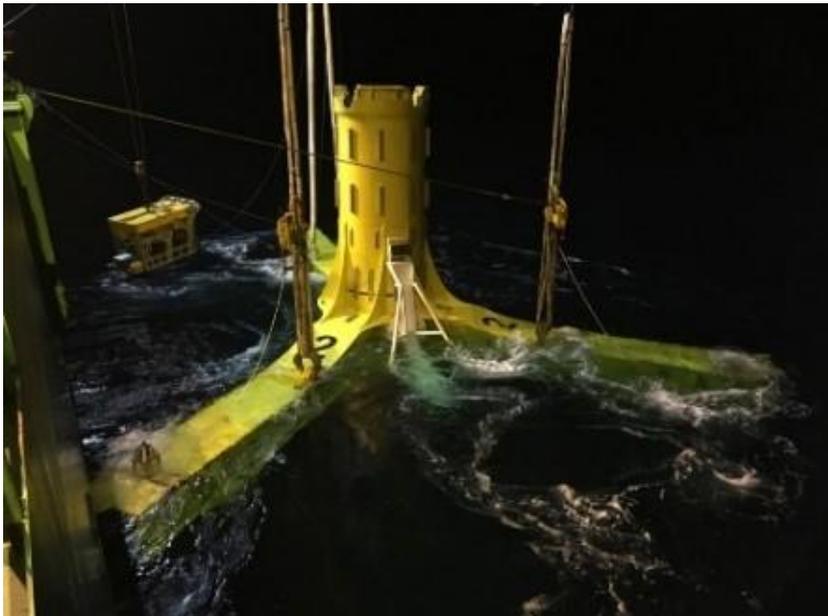


図17 アトランティス潮流発電装置のストラクチャー



図18 土台の模型と実物の破損部品

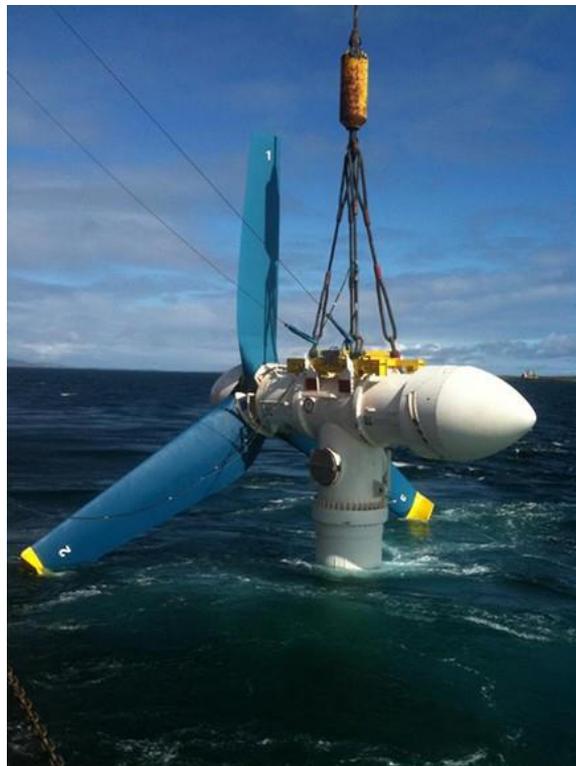


図19 メイジェンで使用されるタービン



図20 Simec Atlantis Energy 社にて、説明を受ける海洋大使

6. Equinor 社

【日時】8月28日

【訪問先】Equinor 社 アバディーン事務所

【対応者】上田氏、西沢氏、

社名	Equinor
業務内容	原油、天然ガスの加工、精製、販売。洋上風力発電機の製造、販売。
設立年月	2018年
本社所在地	ノルウェー・スタヴァンゲル
資本金	112508 USD million(11兆2508億円)
従業員	20525人

Equinor 社は、ノルウェー・スタヴァンゲルに本拠地を置く北欧では最大級のエネルギー企業で主に石油及び天然ガスの採掘と精製、販売を行っている。スタットオイル社とハイドロ社が合併し、2007年に設立された。もともとは石油開発事業を行っていたが、時代の流れとともに再生可能エネルギー事業にも進出を始めた。Equinor 社は世界各地に支社を持っており、日本人の現地社員と九州大学からのインターンシップ生から本社とのビデオ通話で説明を受けた。

2006年に大気中にある温室効果ガスを減少させるために炭素隔離を実行するための世界最大のプロジェクトを行うことを認められ浮体式洋上風力発電に取り組み始めた。8年間の浮体式洋上風力発電の研究の末2017年よりハイウインドスコットランドとして世界で最初の浮体式風力発電所からの電力生産を開始し、大きな前進を遂げている。Equinor 社にとって、浮体式洋上風力発電のオフショア風力開発と従来のコアビジネスである石油およびガス構造が類似しているため、技術的および運用上の相乗効果を生み出すことができている。洋上風力発電はすでに欧州で15GW近くの設定容量があり、2030年までに100GW以上に達するのを目標としている。

Equinor 社はオイル・ガス系エネルギーから再生可能エネルギーへの主力エネルギーの移行を進めようとしており、オイル・ガス系のエネルギーは今後使用量を減らし、かつクリーンに使用していくことを目指している。それを支えるのは石油開発事業を長くに渡り養われた安全性・経験・経済力である。この力を活かして今はまだ着床式のほうが圧倒的に多い洋上風力発電において浮体式のものを増やしていく。また、世界各国でプロジェクトを遂行しグローバルな視野で再生可能エネルギーによる発電量を増やすことでクリーンな社会を目指している。

今後世界各国で浮体式の洋上風力発電事業を行っていく方針でアメリカ西海岸・日本・韓国・フランス・スコットランドなどが挙げられている。日本は他国に比べ水深が深い海域に囲まれていることから浮体式洋上風力発電の将来的に潜在能力を秘めた国として注目しているとのことだった。実際、日本にもオフィスが置かれ、今後積極的に事業が展開されていく見込みだ。

日本で洋上風力発電を導入するには、漁業権との関わりが非常に難しいという。例えば、建設中の音で魚が逃げて漁業に影響が出た場合、どのように責任をとるのか、などである。複雑な問題

が絡み合っているが、これを解決することができれば、日本に洋上風力発電が一気に導入されることを意味しているので、ぜひ解決して欲しいと思う。

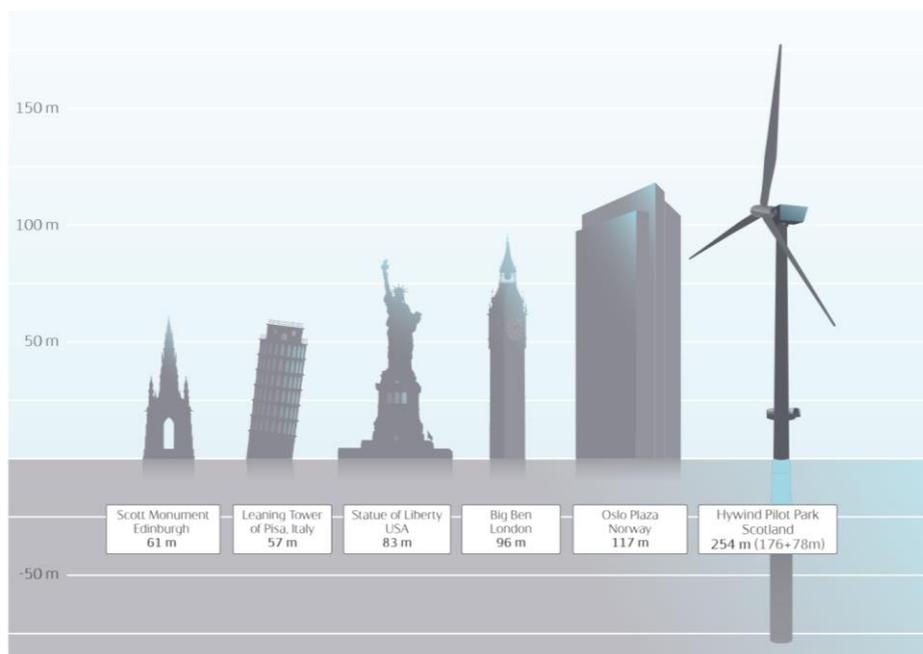


図21 Equinor 社の浮体式風力発電機の大きさの比較図

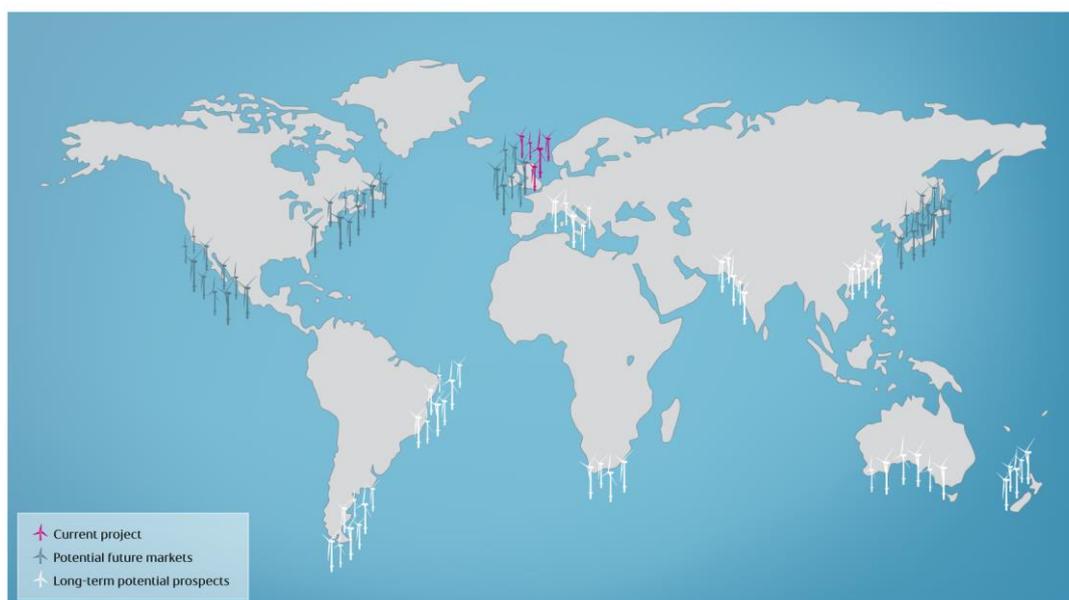


図22 Equinor 社が注目を置く海域図



図23 Equinor 社にて集合写真

7. CORE2019

訪問日:8月29日(木)

講演内容の概要を下記の通りに示す。

9:00-9:40 THE IMPORTANCE OF UNDERSTANDING FLOW IMPEDANCE FOR THE DESIGN OF TIDAL STREAM PLANT (潮流プラントの設計のためのフローインピーダンスを理解することの重要性)

CORE16 で、現在の流量の指標として、フーリエ変換や速度ヒストグラムに歪みを用いるというアイデアとともに、ペンランド海峡の流れインピーダンスを理解する重要性を説明した。これは、おそらく 80%程度の低さのペンランド海峡の船積み密度によって許容される高い掃引率と、渦からのエネルギー回収が、水アナロジーの下での風力タービンに基づく推定よりもはるかに高いリソースを与える可能性を示唆している。リングカムパワーテイクオフのコンポーネントの海中交換の実用的側面、および 33kV から GW レベルまでの海底アタッチメントの設計を目指して作業が継続されている。直径 200m のローターはヘッドドロップが 0.8m の 200MV を生成できる。搭載された燃料の供給により、ペアは、非常に強力で機敏な Voith-Schneider が推進しているタグのように機能し、アレイを自己設置することができる。Betz 方程式に基づく密閉型タービンアレイに関して、残りの 3 分の 2 の水の流れがどこにあるのかという質問に対する答えが得られない。

9:40-10:20 KEYNOTE PAPER: OPTIMIZATION APPROACHES FOR OFFSHORE RENEWABLE ENERGY APPLICATIONS (再生可能エネルギーの応用のためにどのように最適なアプローチをするか)

この発表は再生可能エネルギー産業に応用する最適なアプローチを論点として話される。よく、信頼性や経済の向上を目的として、洋上風力発電や波力発電や潮力発電の技術のための再生可能エネルギー産業での応用をコンセプトに最適化することが最重要とされる。そのゼミではこの分野でプレゼンされている論文の最新の結果を表す。一つめは波が帰ってくる時間の計算の確固とした方法について、二つめは、船の適切位置維持のための最適なアルゴリズム(コンピュータによる計算)や O&M の最適なアプローチにとつての妥当な場合について述べられた。

10:50-11:00 THE BENEFITS OF AN UPDATED INTERNATIONAL STANDARD FOR THE DESIGN OF FUTURE OFFSHORE WIND TURBINES AND THEIR SUPPORT STRUCTURES (将来の洋上風力タービンとその支持構造の設計のための更新された国際規格の利点)

底部固定式洋上風力タービンの設計に関する国際電気標準委員会の規格(IEC 61400-3-1)は、2009 年に規格が最初に公開されて以来、洋上風力タービン技術の進歩と洋上風力産業で得られた経験を反映して大幅に更新されてきた。IEC 61400-3-1 は、2019 年 4 月に公開され、重要な更新内容が含まれており、洋上風力産業の最新の最適実地を具体化し、規格を使いや

すくしている。多くの国際的な専門家からの技術的投入は、洋上風力発電の開発のための新しい地域と確立された地域で受け入れられるほどの規格になった。特に、中国、日本、米国の南東海岸など、極端な気象現象の影響を受ける地域で規格を自信を持って使用できる熱帯低気圧地域での新しい地域の検討、同様に、ワーキンググループ内の幅広い業界の代表は、タービンOEM、支持構造設計者、および認証機関が適用できる自信がある規格を導いた。IEC 61400-3のエディション1に関連する最も重要な変更点は次のとおりである。

この規格は、基本的な風力タービン設計規格IEC 61400-1の最新の更新(第4版)とも整合している。

- 設計ロードケースの仕様の簡素化。
- 地域固有の環境条件の評価により重点を置く。
- 洋上風力タービンとその支持構造の着水に関する追加手引き。
- 熱帯暴風雨/ハリケーンの発生から生じる極端な負荷に関する新しい手引き。

これら4つの更新内容によりこの規格の最新版は洋上風力タービンおよび設置の設計者、認証者、および開発者の技術進歩につながると更新内容を強調し述べられていた。

11:10-11:30 TRANSPORTATION FATIGUE DAMAGES FOR VERTICAL SEA-TRANSPORTATION OF WTG JACKET SUB-STRUCTURES (WTG ジャケット下部構造の垂直海上輸送のための輸送疲労損傷)

オフショアウインドファームの最新の開発は、深海(水深40m以上)へとむけられている。これには、より高い風力タービン発電機の下部構造(60m以上)が必要である。ジャケットの下部構造は、これらの風力発電基地で実証済みの推奨コンセプトである。これらのサブストラクチャの設計基準/ケースを支配するのは、疲労限度状態である。疲労損傷による主な原因はインプレースシナリオである。ただし、これらの構造物の海上輸送による影響は、見過ごされる場合がある。風力発電所で必要なジャケットの数による。(通常は60~90個)これらは異なる製造工場で作製され、オフショアサイトに輸送される傾向がある。これは、輸送中に蓄積される輸送疲労損傷の早期発見の重要性と実際の輸送疲労損傷を意味している。これは構造寿命の予測、延命研究、リスクベースの検査計画などに使用できる。

11:30-11:50 THE DECARBONISATION OF GLOBAL SHIPPING (グローバル配送の脱炭酸)

再生可能エネルギー海運の脱炭素化において重要な役割を担っている。現在、海運には高い燃料費がかかり、世界全体の排出量に大きく貢献する推進システムが使用される。異なる経済セクターやインフラストラクチャーの側面が再構成・統合されるため、コスト削減と排出削減が期待される。例えば、再生可能エネルギーを利用する交通機関やインフラの電力供給などがある。再生可能発電設備を中心に、世界中に緊密かつ緩やかに束縛された、エネルギー伝達の新しい様式の問題がみられる。緊密な局所結合はマイクログリッドの観点から考えることができ、一方緩いグローバル結合は貯蔵燃料及び電気合成燃料を用いた輸送の統合によって達成され

る。グローバル SHIPPING は、従来の伝送ネットワークに接続されていない、沖合の浮体式洋上風力タービンが予想される展開を利用することによって、この例を示すことができる。これらの施設は、水素の形態で燃料を製造できる。再生可能世代のゼロ増分コストは燃料費に影響を与え、排出量削減は国際輸送の脱炭素に貢献する。発電設備は高炉に沿って設置でき、航路上で船舶を給油できる。最近の IPCC 特別報告では、地球温暖化を 1.5 度まで抑えるために、効率性だけでは達成できない緊急かつ野心的な目標が必要であることを示している。再生可能発電から燃料を供給される持続可能な推進手段に経路を移動することで、これらの目標を達成でき、増分コスト削減が実感されれば、商業的に意味があることとなる。

11:50-12:10 INVITED PAPER: GOING INTO DEEP WATER: THE ANSWER IS..... (深い水の中に行く。その答えとは・・・)

潮力発電の発展の鍵となる要因とはコスト削減と構造的な統一感と TB(潮力発電のブレード)の信頼性の向上である。地平線の潮力発電のタービンの可能性の向上にとって必要なことに取り組む時、我々は研究で TB のデザインにずっと焦点を当ててきた。出力装置はブレードの長さを長くしつつ、ローターを素早く動くようにしている。しかしながら、潮力発電のブレードの大きさ拡大はただ追加の装置も必要となるため積むものが多くなり、ブレードの流体力学的な効率も落ち、エネルギー生産効率も落ちるためコストが上昇させるだけとなる。さらに、厚く塗装するように設計することで、そのほかの設計が難しくなりコストが上がることになる。したがって、TB のコストや重さを減らすために、GFRP(という素材)から CFRP(という素材)に変えるという選択肢を研究で明らかにされつつある。大量のブレードは CFRP を用い、翼桁の幾何学を変化することによって減らすことができると理解されつつある。しかし、ブレードマスの最適化は理想的な素材を用いたデザインを考慮し、全体的に保守的なデザインを用い、高い安全性も考慮しなければならない。GFRP の基本的なデザインの研究は ST()と PR()の寿命の推定と比較をするために行われた。その結果、我々は TB の寿命は構造的なことは考慮せず、ブレードが受けたダメージに基づいて示した。ブレードの寿命は、水に浸かっていることの影響を中和するために、塗装は 1~4%厚くする必要がある。20 年以上一定のエネルギー供給をするデザインに基づき、SR や PR の TB の研究は SR 潮力発電のブレードは PR タービンより 10%厚い塗装が必要だということが示された。TB デザインは計算的な調査を積極的に行ったり、TB の分野における知識の欠如を補填するために壮大なスケールで取り上げられる必要がある。これは 3 つの調査のステージが必要とされるだろう。一つ目は静的であり、二つ目は負荷であり、三つ目は失敗のための実験である。実験する挑戦の中には、ブレードの根元近くの不可を考慮し、TB の高い流動性が求められている。壮大なスケールでのテストはより構造的な部分(根元の接続部分、負荷が集中する場所)や、より理解する必要がある材料のモデルやより現実的な速度状況(渦や波の影響)を含む模範技術の向上のために行われ得ると予想される。

12:10-12:30 TIME DOMAIN PREDICTION OF FIRST - AND - SECOND - ORDER WAVE

FORCES ON RIGID AND ELASTIC FLOATING BODIES (剛体および弾性浮体上の 1 次および 2 次波力の時間領域予測)

着床式の洋上風力発電所は、ヨーロッパの海岸(英国、ドイツ、デンマーク)周辺でより多くなりつつあるが、通常は、主要な要因の 1 つである水深に制約される。クラウンエステートおよびクラウンエステートスコットランドが実施する、2018/19 年の英国海域での洋上風力発電プロジェクトのためのさらなるリースラウンドは、深海地域/区域を除き含まない。深海が海岸近くにあるフランスも、来年中に多くの深海地域(> 50m)をリースする可能性がある。同時に、フローティング財団は本格的なデモンストレーションプロジェクトに着手し始めている。この技術のコストが急速に低下し始めているため、開発者は深海地域の開発中に着床式または浮体式に対する疑問を求めている可能性がある。このことは、着床式構造と浮体式構造の両方が選択可能である「浅い」深海(50~120 m)にある地域にとって特に重要である。これらことを踏まえ、中間の水深に位置する地域の着床基礎と浮体基礎の技術的課題と現実的なメリットのバランスについて述べられていた。

14:00-14:20 INTERRELATEDNES AND DIFFUSION DYNAMICS OF OFFSHORE RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES (オフショア再生可能エネルギー技術の相互関係と拡散動力学)

経済学の観点から技術的な変化と技術的な進歩の違い、ローカライズされたプロセスとしての技術的な変化、論理的順序と線形革新モデル”Invention”について説明を受けた。その他にも技術革新、新陳代謝、拡散力学、モデル、対策について選定された再生可能エネルギー技術についてさらに検討し図示したもの、エネルギー効率のアキレス腱としてのエネルギーリバウンド効果の性質についての説明を受けた。経済学的な話で自分にとっては難しい話であった。

14:20-14:40 INVITED PAPER: O&M OF FLOATING WIND FARM/THE DEVELOPMENT OF A FLOATING WORKSHOP AND LIVING PLATFORM (洋上風力発電の安全な輸送を可能にするためのコスト効率の基準がどれほどなのかについての研究)

調査ではタービンの故障の 75%以上がタービンの電気的な制御システムに関連する細かい欠点によるものであるということが確認された。洋上風力発電のタービンにとっての形状は故障が洋上で頻繁に起こるとされているためより悪くなってしまう。例えば、細かなメンテナンス作業を行うために設計された OWFSVs(小規模の洋上風力発電施設のための船)は将来、洋上でより多く使われるだろうと予測される。しかしながら、細かなメンテナンスをするこの船の大きさは小さい(20m ほどの大きさで、船員が 12 人を乗せれる大きさ)ことが多い。この洋上風力発電施設に到着するまでに、どのように航海中に船員の安全やタービンの修理を行うかが一つの取り組むべき問題である。それらの方法は現在、安全に輸送することを実現したため使われている。しかし、それらを適応することは理想的ではない。例えば、ゴム摩擦を応用することは、二酸化炭素を排出し、多くの燃料を消費することになる。風力発電のタービンのゴム(ローラーの滑り止めが簡単に固定させた状態にできる)の塗装にダメージを与える。しかし、船のデッキに固定された

場所(高波に備えられる設備がある船の通路は安全な航海を行う上で重要な役割を果たす)が原因で激しい波が押し寄せられるかもしれない。しかし、それはコスト効率が悪く、さらには小さな OWFSV には備えることができない大きなデッキが必要となる。この問題に取り組むために、我々は小さな OWFSV と風力発電のタービンの間を安全に輸送するためにコスト効率がどれほどなのか研究するために数多くの調査や実験が行われる。その調査から波に対して船が安定して動くことは船の真ん中の重量を減らすことで向上することができる。したがって、これを行うことが根本的に小さな OWFSV が安全に航海できる効率の基準になるだろう。

14:40-15:00 RESEARCH ON A COST – EFFECTIVE MEASURE FOR ENABLING SAFE TRANSFER OF OFFSHORE WIND FARM SERVICE VESSELS (洋上風量発電所のサービス船の安全な移動を可能にするためのコスト効率の高い評価に関する研究)

調査により、風力タービンの故障の 75%以上は、タービンの電気および電力電子制御システムに関連する軽微な障害によるものがあることが分かっている。洋上風力タービンの発電数値は、洋上環境でのこの種の故障がより頻繁に発生するため、さらに悪化する。このため、軽いメンテナンス作業を行うために設計された小型の洋上風力発電サービス船(OWFSV)は、将来の洋上風力発電プラントでより頻繁に使用されると予測できる。ただし、マイナーメンテナンス OWFSV は通常サイズが小さい(長さ 20m、乗客 12 人)。現場に到着すると、タービンと船の間の乗組員と部品の安全な移動を実現する方法は難しい課題である。安全な移動を実現するために現在 3 つの方法が使用されているが、それらはすべて適用に理想的でない。例えば、舵摩擦法の適用はより多くの燃料を消費し、炭素排出の問題と風力タービンのはしごの塗装の損傷を引き起こす。ローラークランパーは固定点を簡単に設定できるが、固定点のためにデッキが激しい波であふれることがある。高度な波補償システムを備えたギャングウェイは、安全な移動を実現するのに適している。ただし、コストがかかり、さらに、小さな OWFSV では提供できない大きなデッキスペースが必要となる。この問題を解決するために、小型 OWFSV と風力タービン間の安全な移動を可能にする費用対効果の高い手段を開発するために、数値と実験の両方の研究を行っている。この研究から、波浪中の船舶の運動安定性は、重心を下げることで大幅に改善されることがわかっている。したがって、重心を低くすることは、小さな OWFSV の安全な移動を可能にするための潜在的に効果的かつコスト効率の高い評価である。

8. 印象に残ったことや感想

【樫】

この度は、長崎海洋大使という貴重な経験をさせて頂きありがとうございました。研修時を含め多くの面でサポートして下さった小林英一様、海際美幸様、心より感謝申し上げます。

初めて欧州の会社を訪問させて頂き、多くの学びがありました。その中で、私自身が、興味深く感じた点を話したいと思います。

欧州では、地球温暖化など環境問題に対する考えが進み、各国が力を入れて海洋再生可能エネルギー資源を有効活用する取り組みを行っていることが、素晴らしいと思いました。意識のレベルの高さから、各国が、共同的に、開発を進めているということは、そのエネルギーを生かした資源を有効活用できているとも捉えました。日本は海洋における再生可能エネルギーが潜在している国として指定され、多くの研究が進められています。しかし、研究開発を行う上での問題があると感じました。そのうちの 1 つとしてサプライチェーンと呼ばれるものがあります。これは、発電装置の製造、洋上での運搬、組み立て、据え付けまでの一連の作業のことを指します。現在の日本ではこの一連の作業を自国で行えるまでの技術開発は進んでいません。欧州はこの技術の技術開発が最も進んでおり世界をリードし続け、コスト削減のため作業の効率化などを図っています。これらのことを知り、日本でこのような技術開発を学ぶ一大プロジェクトを作成し取り組むことが今後の課題でもあり、私自身も、学びを生かしていかなければならないと思っています。

次に、欧州人々の仕事の取り組み方です。働き方改革が行われている現在でも日本では残業することが当たり前というような風潮があります。しかし今回、私が訪問した企業の多くでは一定基準ではありますが自身で働く時間を決めるという労働条件下で労働が行われていました。実際に社員の方の中には早朝に出社し昼過ぎには退社される方もおり、自分の時間や家族との時間を大切にしながら労働している方が多く、日本の労働環境との違いオンとオフがはっきりしていることに驚きました。またオフィス内は、日本のオフィスとは違い、ひとりひとりの空間や、プライベートが保障され、働きたくなるような設備や雰囲気があり新鮮な気持ちになりました。その中でも特に興味を持ったものは、一人一人の座高に合わせて調整ができるという机です。リラックスしながら、仕事に集中できるこのような労働環境であるからこそ欧州の人々の仕事の質が向上し、現在の最先端の技術発展につながっているのだと思いました。日本でも労働環境の見直しや働き方改革が行われていますが、依然として欧州各国と比べ劣っている部分があります。日本をより良い国にしていくにはまず社会問題となっているフリーターの方々が働きたいと思うような労働環境を整備して、労働人口を増やし人手不足を解消し労働時間の改善を行っていくことが必要であると今回の企業訪問を通して感じました。

このように日本にいただけでは知ることや見ることのできなかつた多くのことを学ぶことができました。しかし、初めての欧州訪問またタイトなスケジュールということもあり頭の整理がつかないままの状態が、ありました。資源を有効活用して、どのような環境や、施設、それから、自然の中で生活しているのか等も気になりましたが、会社訪問のみだった為、欧州の人たちが資源を有効活用して、

どのような生活をしているのかを肌で感じるができなかったことは、心残りです。もし、肌で感じるができる内容も、くわわっていたら、更に良い経験になったのではないかと思います。やってみたい。こうしてみたいという気持ちを持った機会にもなり、この経験を活かし今後の学生、社会生活にも生かしていこうと思います。

【川原】

人生で初めての海外挑戦でありながらいきなりヨーロッパの地に向かうということで最初は緊張と不安でどうなることかと思っていたが、いざ着いてみると初めて見るものや体験、雰囲気にとってもワクワクしていた。今回は実際に自分の目でヨーロッパの先進的な海洋再生可能エネルギーに関する取り組みを見て、日本がいかにかこの業界で遅れをとっているのかを痛感した。ちょうど訪問を行った時期はまだ私の地元西海市では陸上風車の建設問題で揺れていたにもかかわらず、ヨーロッパ諸国はその何歩も先の道を歩んでいた。たしかに日本の海と北海などでは発電のしやすさなどの条件は違うと思うがそれを考慮しても格の差というものがあった。また、海洋再生可能エネルギーに対する一般的な意識の高さも今の生活では感じることでできなさそうなものだった。今自分のクラスで海洋再生可能エネルギーに対して興味をもっているように見受けられ様な人はいないように感じる。しかし実際に現状を見てきたからこそ自分が自分と同世代の人たちに海洋再生可能エネルギーについて興味を持ってもらうような取り組みをしていかなければならないと感じた。自分自身も、もっと深くこの分野について学んでいきたいという思いが芽生えた。今後の人生設計に大きな影響を与えてもらうようなとても貴重な体験をさせてもらったと思う。これからもまた、海外へ飛び出していくような活動や海洋再生可能エネルギーに関する事業に少しずつでも関わっていけるように努力していくつもりだ。

【瓜生】

言うまでもないが、長崎は強い風が吹き、さらに速い潮流が流れている。つまり、長崎は洋上風車や潮流発電に大きなポテンシャルを持っている県であると言える。

今回、長崎海洋大使に任命されて欧州各地を訪問することは、私のこれからの人生を大きく変える機会であった。私は、大学に入学してから長崎を様々な面から眺めることでどんどん長崎が好きになっていった。しかし、現在長崎は「若者が流出する割合が全国で一番多い県」という不名誉な称号を得てしまった。だが、洋上風車が長崎に立つことは長崎が大きく変わるチャンスであると私は考えている。洋上風車を運転させるには、海洋と工学を極めたエンジニアが必要である。その担い手は間違いなく私たち若者であり、夢のある仕事が長崎にあれば若者も長崎に対する視点が大きく変わってくると考える。実際に、エンジニアは必要なのだから、企業側も今まで以上に若者が定着してほしいと思うはずだ。

これからの夢いっぱい長崎を、このままだ若者を流出させるだけの県にしてはならない。日

本を超え、世界で戦う覚悟を決めた志高い若者が一人でも増えるように、今回の経験をできるだけたくさんの学生や友人に話していきたい。

三菱重工をはじめ、工業分野は全国トップクラスの長崎県ならば、それは決して難しい話ではない。来年度以降に、長崎大学でも水産分野と工学分野が融合した新しい大学院の設置を目指していると聞いている。現在、水産学を学んでいる私も、水産学を取得するだけに留まらず、海を経済学や環境学、工学の視点から学び続けていきたいと考えている。

9. 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厚く御礼申し上げます。大変貴重な体験ができ有意義な研修となりました。また、終始適切な助言を下さり、丁寧にご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。

我々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、最後まで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。

研修においては、MHI VESTAS 社殿、エディンバラ大学殿、Simec Atlantis Energy 社殿、Equinor 社殿、皆様にこの場をお借りして深く御礼申し上げます。