

海洋アライアンス シンポジウム 第10回 東京大学の海研究

【 新たな手法と視点が海洋の常識を覆す 】



2015年7月23日(木)
東京大学 農学部【弥生講堂・一条ホール】
13:00 ~ 17:00

主催: 東京大学 海洋アライアンス

海洋アライアンスシンポジウム

第10回東京大学の海研究

新たな手法と視点が海洋の常識を覆す

日 時： 2015年7月23日（木）

13：00～17：00（12：30受付開始）

場 所： 東京大学 農学部・弥生講堂

シンポジウム「一条ホール」

懇親会「アネックス」

参加費： 無料（懇親会は有料）

このシンポジウムは、日本財団の助成を受けています。

< プログラム >

総合司会：蒲生俊敬（副機構長，大気海洋研究所）

13：00～13：10

開会の挨拶

日比谷 紀之（機構長，理学系研究科）

13：10～15：10

< 新たな手法と視点が海洋の常識を覆す >

変わりゆく海洋の化学的環境：最新の極微量クリーン分析技術から見えること

小畑元（大気海洋研究所）……………1

酸素同位体を用いた魚類の行動解析

木村伸吾（新領域創成科学研究科/大気海洋研究所）……………3

魚の性を制御する：ゲノム解析技術が拓く養殖産業の最前線

菊池 潔（農学生命科学研究科附属水産実験所）……………5

ウィンドチャレンジャー計画：化石燃料船から風力推進船へ

大内一之（新領域創成科学研究科）……………7

15：10～15：20（休憩）

15：20～16：00

< 初等中等教育における海洋教育の創造 >

海と人との共生を目指す海洋教育：日本大震災を経て

日置光久・田口康大（海洋アライアンス・
海洋教育促進研究センター）……………11

海洋教育のカリキュラム開発：海洋学と教育学の協同

丹羽淑博・鈴木悠太（海洋アライアンス・
海洋教育促進研究センター）……………15

16：00～16：50

< 2014年度海外インターンシップ報告 >

海外インターンシップ人材育成プロジェクトの概要

木村伸吾（新領域創成科学研究科/大気海洋研究所）……………17

国際連合食糧農業機関（FAO）「ローマでサバイバルwith FAO：インターンで学んだこと」

篠原 優（農学生命科学研究科）……………18

国際水路機関事務局（IHB）「国際機関でも重要！人材育成プログラム」

羽根 由里奈（新領域創成科学研究科）……………19

太平洋津波警報センター（PTWC）「よくわかる－実習で学んだ津波警報のしくみ」

山中悠資（工学系研究科）……………20

国際津波情報センター（ITIC）「津波から身を守る：日本と世界の防災教育の違い」

井波まどか（工学系研究科）……………21

16：50～17：00

閉会の挨拶

副機構長 蒲生俊敬（大気海洋研究所）

17：30～ 懇親会（於：弥生講堂アネックス）

第1部

新たな手法と視点が海洋の常識を覆す

変わりゆく海洋の化学的環境：最新の極微量クリーン分析技術から見えること

大気海洋研究所 小畑 元

1. 海洋の化学的環境の変化

人類の活動は海洋の化学的環境に大きな変化を与えている。化石燃料燃焼に伴い大気中の二酸化炭素濃度は増加し、その影響で海洋は酸性化していると言われている。また、温暖化の影響によって海洋表面が暖められ成層が強化されるため、躍層下には貧酸素水塊が生じやすい状況が生まれつつある。

さらに直接的な影響として、人類の放出した物質が海洋に供給され、その濃度を変化させているという事例も報告されている。その中で最も古くから知られているのが鉛の問題である。

2. 海水中の鉛濃度の変化

1970年代、北大西洋表層水中の鉛濃度が他の海域と比べて高いことが明らかとなり、その濃度上昇には人為起源の鉛が影響している可能性が指摘された。当時、ガソリンにはアンチノッキング剤として、テトラエチル鉛が添加されることが多く、自動車で大量に使用されていた。エンジンで加熱された鉛は気化して大気中に放出され、外洋域にまで運ばれていった。大気を経由して輸送された鉛は、外洋域の鉛濃度を変化させるほど多量であった。しかし、外洋域における鉛汚染の問題がアメリカのC.C. Patterson博士らのグループに指摘されて以降、有鉛ガソリンに対する規制が始まり、その使用量は減っていった。現在では、多くの国で有鉛ガソリンの使用は禁止されており、アメリカ・ヨーロッパから大気へ放出される鉛の量は急速に減少していった。

3. 海水のクリーンサンプリング技術

Patterson博士らが海水中の鉛濃度の分析を始めた当時、海水を汚染なく採取する技術はまだ十分ではなかった。そこで彼らはCIT (California Institute of Technology) 採水器と呼ばれる特殊なクリーン採水器を開発した。この採水器を使用することにより、鉛

の汚染なく海水を採取することに成功した。クリーンサンプリング技術と分析技術が地球規模の海洋汚染の実態を明らかにしてきたと言える。海水中の鉛濃度に関する研究は、その後、アメリカのE.A. Boyle博士らのグループに受け継がれ、北大西洋における鉛濃度の変化は現在も継続的に観測されている。

4. 国際GEOTRACES計画の始動

海水中の鉄と生物生産の関係から、海水中の微量元素に対する関心が世界的に高まっている。海洋における鉄やその他の微量元素のグローバルな分布を明らかにするため、2009年より国際GEOTRACES計画が本格的に始動した。高度なクリーン技術を用いて金属の汚染のない海水を採取し、質の高いデータを収集するため、様々な検討が世界で行われた。日本においても学術研究船白鳳丸を用いたクリーンサンプリング技術が確立され、世界的にその信頼性が認められている。

このGEOTRACES計画では国際的な連携が行われている。日本はインド洋南北縦断観測を行って試料を採取し、海水中の鉛をアメリカのE.A. Boyle博士らのグループとともに測定した。鉛同位体の測定により、その起源を推定したところ、石炭燃焼に起源を持つ鉛がインド洋に存在することを明らかにした。1970年代とは異なる起源を持つ鉛が外洋域に存在しており、人間の活動の変化が海洋における元素の分布にも大きな影響を与えていることが明らかになりつつある。

5. 今後の変化

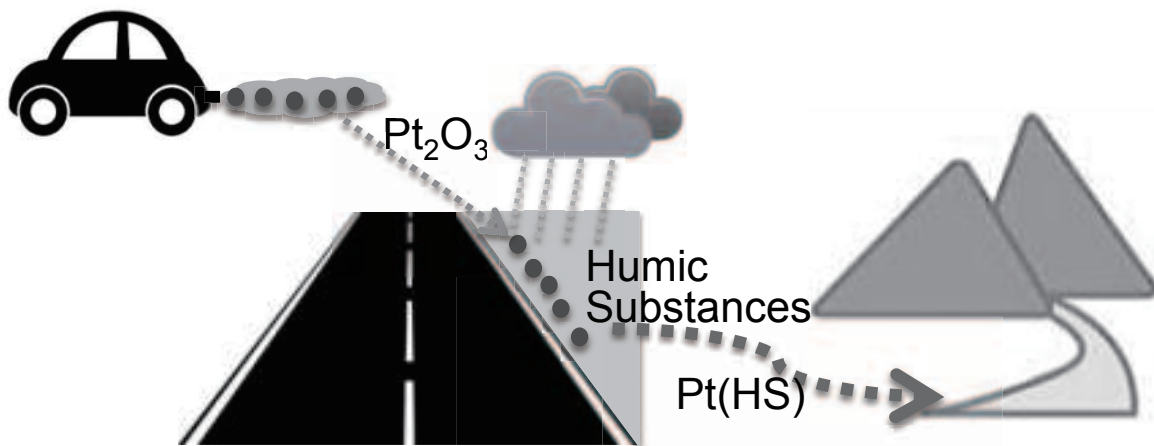
国際GEOTRACES計画による観測の結果、鉛以外にも人間活動によってその分布が変化しつつある元素が発見されている(例えば、水銀)。

一方、沿岸域でも、白金族元素のように濃度が高まっている元素が見つかっている。これらの重金属元素

の濃度上昇が生物に対して毒性を示すことは稀である。しかし、人間の活動によって放出される重金属元素の種類・輸送経路の変化を知る上で重要なトレーサーとなると期待される(例えば白金の場合, 図 1)。今

後の研究の継続により、人間活動によって引き起こされる海洋環境の変化を追跡していくことが重要である。

人為起源白金の放出過程(従来)



人為起源白金の放出過程(現在の予想)

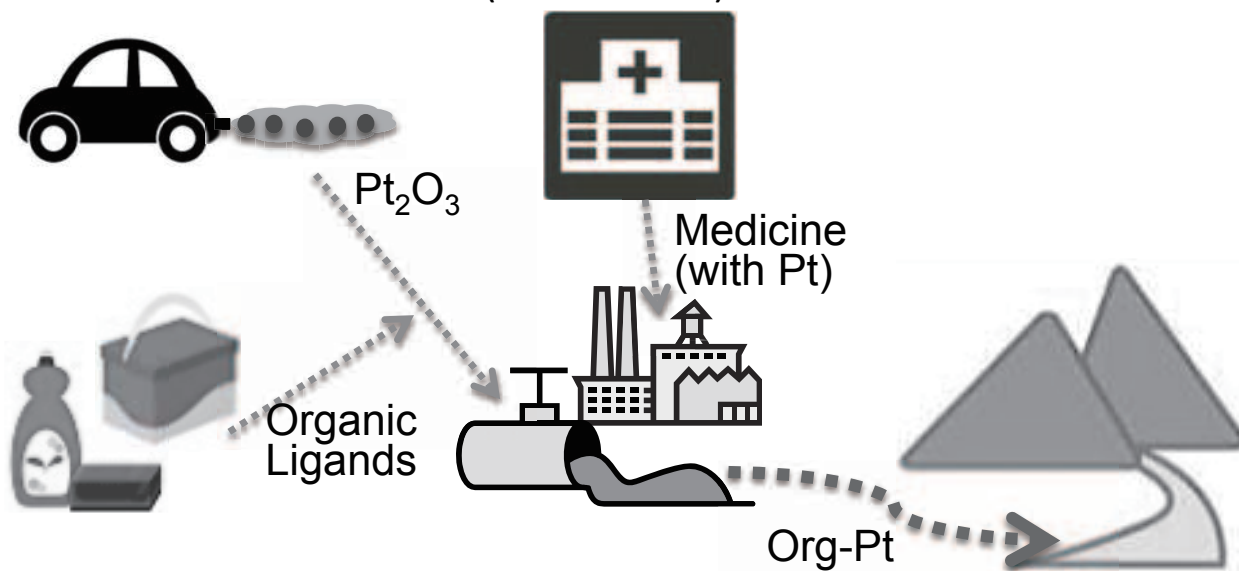


図1. 人為起源白金の放出過程の概念図

酸素同位体を用いた魚類の行動解析

新領域創成科学研究科/大気海洋研究所 木村伸吾

1. 酸素同位体を用いた研究の背景

自然界には同じ元素であっても質量数が異なる同位体が存在し、物性や化学反応に違いが生じる。これを同位体効果と呼び、軽い同位体を含む分子は重い同位体を含む分子よりも化学反応をしやすいうことが知られている（同位体分別）。例えば、酸素には3つの安定同位体（ ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O ）があり、存在量の少ない ^{17}O を除いた2つの同位体比 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ は現象の状態を評価することのできる指標となる。

グリーンランドなどにおける氷床のポーリングコア試料から古気候を復元するには、海洋で海水が蒸発する際に質量数の小さい酸素同位体（ ^{16}O ）が水蒸気になりやすく氷床に蓄積されることを利用して、過去の氷床量を復元する指標とすることができる。

また、氷床が厚く形成され陸上に軽い酸素が蓄積される氷期には、海洋では重い酸素が残って蓄積されることになり同位体比は大きくなるが、間氷期には逆のことが起こり海洋の酸素同位体比は小さくなる。

酸素同位体比を用いて、炭酸カルシウム（ CaCO_3 ）を試料として、それを含む物質が生成された時の水温を推定する手法がある。これは、質量数の異なる酸素安定同位体のうち、質量数が大きく重たい ^{18}O は、水と炭酸イオン（ CO_3^{2-} ）の間では炭酸イオンに多く存在し、その割合が温度によって変化することに基づくものである。この理論は、ユーリー

（Urey, 1947）が熱力学的考察から算出したものであり、その後、実験的に検証されていった。つまり、生物が炭酸カルシウムで殻などを形成する場合には、水中の ^{18}O を多く含む炭酸イオンを取り込むことになり、その割合に水温依存性があるために、酸素同位体比を計測すれば炭酸カルシウムが生成された際の水温を復元することができることになる。そして、生物由来の酸素同位体比と水温の関係は、一般に線形の負の相関で表される。化学的な定義としての酸素同位体比は、標準物質との千分偏差として次式で定義され、その値が大きくなる場合に重くなる、小さくなる場合に軽くなると表現される。

$$\delta^{18}\text{O} = \left(\frac{^{18}\text{O}/^{16}\text{O}}{\text{標準物質}} - 1 \right) \times 1000$$

この手法を用いて、有孔虫やサンゴ骨格の $\delta^{18}\text{O}$ から過去の海水温が復元できるようになり、海水温の過去13万年にわたる氷期・間氷期のサイクルや、もっと時間的に短い最終間氷期における周期変動が復元されている。さらに、この手法の応用を進め、魚類がふ化し成長に伴って形成される耳石への酸素

同位体比分析を適用し、現世生物の環境変化に対する応答過程に関する研究に期待が集まり、すでに1990年代からいくつかの報告がなされるようになってきた。

2. マグロ生態研究への応用

近年、マグロ属魚類やウナギ属魚類の資源量が減少していることが国際的に問題となっており、資源保護の観点からCITES（通称、ワシントン条約）の付属書IIやIUCN（国際自然保護連合）のレッドリストにそれらの一部の種が記載される事態に陥っている。

その中でも著しい資源の減少が懸念されているクロマグロは、沖縄南方から台湾東方にかけての極めて狭い海域が産卵場となっており、その産卵時期も5-6月と限定的となる特徴ある産卵生態を持つことが知られている。資源の減少要因として、乱獲が考えられるが、産卵適水温が $26^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 以内と限定的であることが、地球温暖化の影響によって生残率の低下や産卵海域の北上をもたらしていることが要因とも考えられる。適切な資源動態を把握するためには、要因の定量的な評価を行うことが求められるが、調査船を広大な海域に数ヶ月にわたって派遣し仔魚や卵の分布調査を実施することは、その労力を考えれば現実的には実行不可能と言わざるを得ない。

そこで、漁獲された成魚の耳石を採取して輪紋の中央部にある仔魚期の酸素安定同位体比を計測すれば、産卵水温を推定することが可能となり、ひいては温暖化に伴う成魚の産卵行動を理解することに貢献できるものと考えている。

そのためには、仔魚の耳石の酸素同位体比の水温依存性の関係式を構築する必要があり、飼育実験から水温依存性の確認を行った。実験は、水産総合研究センター奄美栽培漁業センターで飼育されているクロマグロ成魚が産卵した受精卵を用いて、水温別に飼育実験を行ったものである。実験区は $23\text{-}28^\circ\text{C}$ の範囲で 1°C 毎に設定した6温度区であり、成長した仔魚から約6000個の耳石を採取し、微量炭酸塩安定同位体比分析法を用いて $\delta^{18}\text{O}$ を計測した。

その結果、クロマグロ仔魚の有意な温度依存性が確認され、求められた関係式を成魚の耳石から計測された仔魚期の酸素同位体比が分かれば、産卵水温を推定することができる可能性があることが分かった。現在、市場から成魚の頭部を入手し、分析を進

めているところである。

3. ウナギ生態研究への応用

ニホンウナギは、グアム西方のマリアナ沖で産卵・ふ化した後、仔魚（レプトセファルス幼生）は北赤道海流に乗って黒潮源流域にまで輸送され、シラスウナギへと変態して日本沿岸の汽水域に到達する。

その資源量の減少要因としては、エルニーニョに伴う北赤道海流の流動環境の変動が重要な役割を果たしていることが分かっているが、近年の極端な資源量の減少は乱獲や淡水・汽水域での生息環境の破壊といった人為起源の要因が大きいといえる。その中でとくに、河川横断構造物や護岸堤防といった人工構造物による生息環境の悪化や回遊行動の阻害が懸念されており、魚道の設置や堰の運用方法の再検討などの行政の対応による解決策も模索されている。

また、資源保護の観点から、ニホンウナギの義務放流も実施されており、資源を利用する側からの積極的な対応もなされてきている。しかし、義務放流が長年実施されるに至った結果、シラスウナギで来遊し河川内で成長する完全な天然個体と義務放流に

よって生息することになった養殖個体が河川内で同所することになり、完全に天然由来の個体がどの程度存在しているのかを推定することができない状況となっている。

そこで、義務放流で放流された養殖個体は河川に比べて 10℃程度高い水温で飼育されていることに着目し、河川で採取した成魚の耳石の稚魚期の酸素安定同位体比を計測することによって、完全天然個体か養殖を経験したことのある個体かを判別する研究を進めている。義務放流が全く行われていない河川から入手した天然個体と養殖個体の間には、明確な酸素同位体比の違いがあり、炭素同位体比にも違いがあることが分かった。この結果を用いて、利根川における完全天然個体の割合を求めると、かなりの割合が利根川河口堰を越えて利根川上流域に遡上していることが分かった。これまで、河川横断構造物の運用をどのようにすれば、効果的な資源保護対策に繋がるのかが分からなかったが、今回の研究成果を適用すれば、正確な天然個体の割合を把握することができるようになり、今後の環境政策に反映させることができるものと期待している。

魚の性を制御する：ゲノム解析技術が拓く養殖産業の最前線

農学生命科学研究科附属水産実験所 菊池 潔

最近の寿司屋では、北欧で養殖されたサケがおいしい高級魚として大人気です。外国産かつ養殖魚であるにもかかわらずです。これはちょっと前までは想像もできなかった事態だと思いませんか？実を言うと魚類養殖は世界で最も急速に成長している産業分野のひとつで、日本の残念とも言える現状はともかく、養殖に従事する人々が高給取りである先進国もあります。そういった養殖先進国（日本はもはや先進国とは言えなさそうです）における養殖産業躍進の理由はいろいろとあるようですが、その鍵のひとつが水産学と養殖産業との緊密な結びつきで、特に養殖に適した品種の開発があるようです。やはり西洋にはイノシシや牛をしっかりと品種改良して豚や乳牛をつくりだしてきたという伝統があるようで、養殖魚の品種改良も遺伝学という学問を利用することで着実に推し進めてきました。皆が喜んで食べている輸入養殖サケは、天然のものとは似ても似つかない特徴をもっています。イノシシと豚の違いと思ってもらえば良いかもしれません。

ここに新たな革命がおきつつあります。ゲノム情報の利用です。ここ 10 年の間に、品種改良を加速するという目的のため家畜動物や食用穀類のゲノム解読が進みました。水産魚のゲノム解読もそれなりに進んでいるのですが、その成果を品種改良にちゃんと結びつけようとしている国は西洋諸国とチリなど、限られているようです。そしてその成果の一部はすでに産業利用されていますし、さらなる産業利用の事例が今後多数あらわれてくるであろうと予想されています。

ひるがえって日本の状況を見てみると、水産生物のゲノム情報がなかなか品種改良に結びつかないというのが現状のようです。その原因は、野生生物食信仰といった文化的なものを含めていろいろあると思います。しかし例外のひとつに性のコントロールに関する研究を挙げることができます。ここでは、

東京大学水産実験所でおこなわれたトラフグの性に関する研究を紹介したいと思います。

トラフグは、脊椎動物としてはヒトに次いで二番目に全ゲノムが解読されています。一方で、トラフグは日本における代表的な海面養殖魚のひとつです。みなさんも良くご存知のように、生産量で突出するブリ類が日常的な食材とされるのとは対照的に、酒宴などに供されることが多く、超高級魚として流通しています。中でもその精巢の評価は高く、高価格で取引される食材となっています。このように雄の価値が高い場合、すべての個体が雄となる全雄集団をつくって利益を高めようと誰もが考えると思います。しかし、教科書に載っている全雄生産法を用いても全雄集団の作出は不成功におわっていたため、新しい全雄集団の作出法確立が望まれていました。

われわれは、性決定遺伝子の情報がトラフグの全雄生産に役立つに違いないと考えて、性決定遺伝子を探することにしました。

I) まず、性決定遺伝子がゲノムのどこにあるか探索するため、まず全染色体のおおよそを覆う連鎖地図を作製しました¹⁾。次に、解析家系をつくって全ゲノムレベルの連鎖解析をおこないました。その結果、19 番染色体上に性決定遺伝子座が存在することがわかりました²⁾。

II) 次に、性決定遺伝子の本体を同定するため、野生集団を材料として表現型・遺伝子型の関連解析をおこないました。その結果、*Amhr2* とよばれる遺伝子上の一塩基多型のみが性と完全に一致することがわかり、これが「性決定塩基」であることが判明しました^{3,4)}。

III) そこでこの多型を利用して、遺伝的な性を簡便に判別する方法を開発し⁵⁾、ホルモンによる性転換操作と組み合わせ、超雄品種を選び出しました。予想通り超雄の子供はすべて雄でした。現在では、この超雄が実際の養殖事業に活用されつつあります。

今後、トラフグのしらが比較的になほに食べられるようになるかもしれません。

ゲノム解析技術の驚異的な進展により、これまでよりはるかに安価で容易にゲノム配列情報が得られるようになってきました。大事業と考えられていた全ゲノム配列決定も、その一部はルーティーン化しつつあるようです（海外では）。我々が用いた手法も標準的となつてきており、多くの水産魚における有用遺伝子変異の利用が似たような手順を踏んで進むと予想しています。

文献

1. Kai W et al. A genetic linkage map for the tiger pufferfish, *Takifugu rubripes*. *Genetics* 2005; **171**: 227-238.
2. Kikuchi K et al. The sex-determining locus in the tiger pufferfish, *Takifugu rubripes*. *Genetics* 2007; **175**: 2039-2042.
3. Kai W et al. Integration of the genetic map and genome assembly of fugu facilitates insights into distinct features of genome evolution in teleosts and mammals. *Genome Biol. Evol.* 2011; **3**: 424-442.
4. Kamiya T et al. A trans-species missense SNP in *Amhr2* is associated with sex determination in the tiger pufferfish, *Takifugu rubripes* (fugu). *PLOS Genet.* 2012; **8**: e1002798.
5. Matsunaga T et al. An efficient molecular technique for sexing tiger pufferfish (fugu) and the occurrence of sex reversal in a hatchery population. *Fish. Sci.* 2014; **80**: 933-942

第10回東京大学の海研究「新たな手法と視点」が海洋の常識を覆す」
2015年7月23日、於東京大学農学部弥生講堂

ウィンドチャレンジャー計画

— 化石燃料船から風力推進船へ —



大内 一之
東京大学大学院新領域創成科学研究科

燃料消費削減は今後のグローバル海事社会における最大の研究開発課題

高騰する燃料コストの削減と
CO2削減による地球温暖化防止に貢献

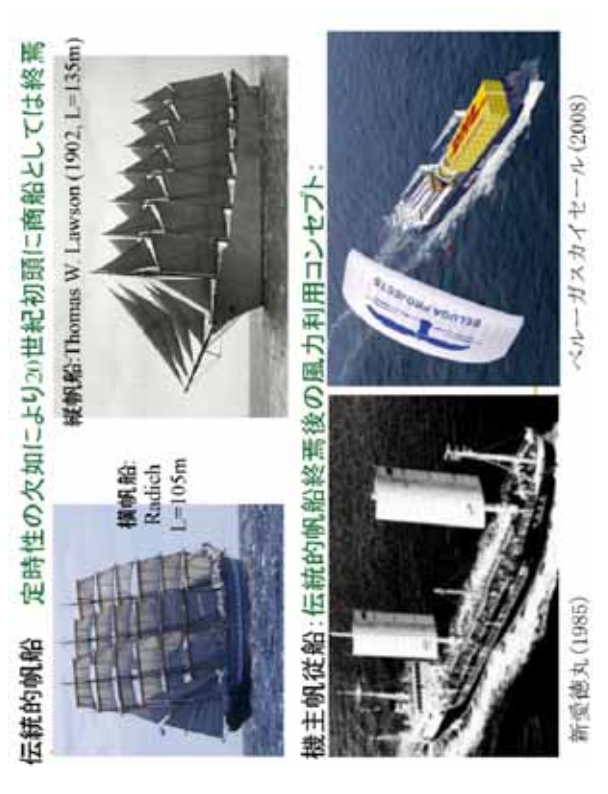
その方策は？

- ① 既存技術による削減
減速航海、船型大型化、ウェザールーティング、etc.
- ② 先端省エネ技術による削減
気泡潤滑、2軸大直径プロペラ、エンジン排熱回収、プロペラ旋回流回収、上部構造物の空力抵抗削減、etc.
- ③ ゼロエミッション船
帆船(風力推進船)、原子力船、燃料電池船、2次電池船、etc.

伝統的帆船 定時性の欠如により20世紀初頭に商船としては終焉

横帆船 Radich L=105m
縦帆船: Thomas W. Lawson (1902, L=135m)

機主帆船: 伝統的帆船終焉後の風力利用コンセプト:

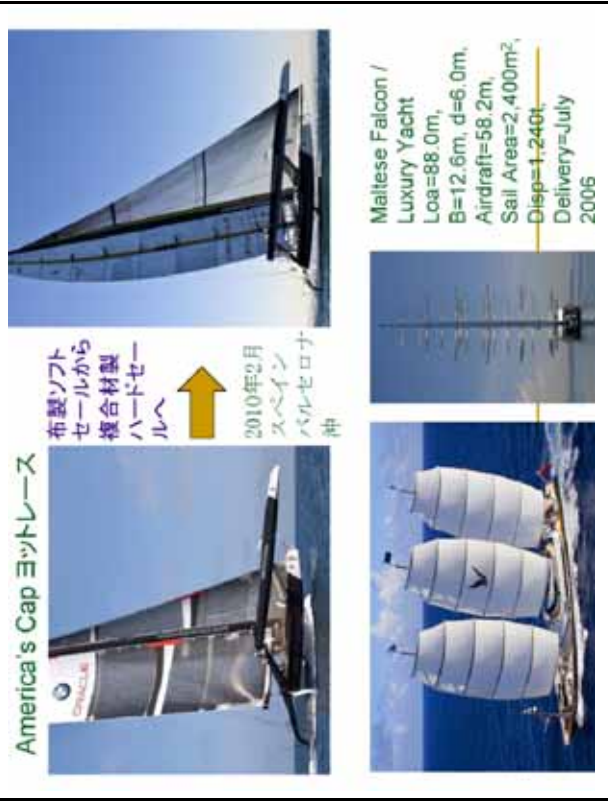


新愛徳丸 (1985)
ペルーガスカイセール(2008)

America's Cup ヨットレース

布製ソフトセーラーから複合材製ハードセーラーへ

2010年2月 スペイン バルセロナ 沖



Maltese Falcon / Luxury Yacht
Loa=88.0m,
B=12.6m, d=6.0m,
Airdraft=58.2m,
Sail Area=2,400m²,
Disp=1,246t,
Delivery=July 2006

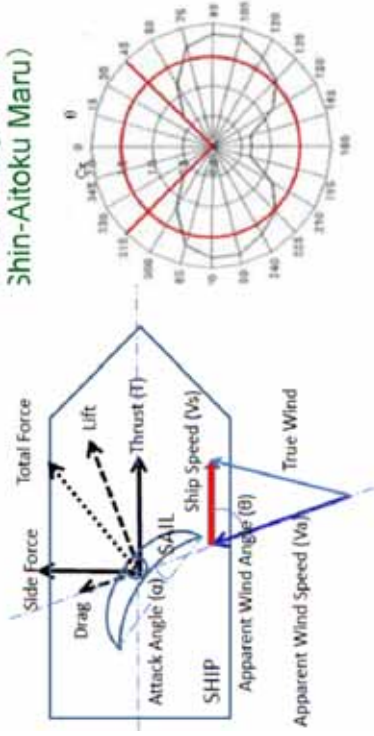
84バルカ一型ウィンドチャレンジ

Lpp : 218m
 B : 36.5m
 D : 19.9m
 d : 13.9m
 DW : 83,600MT
 M/E : 9,965KW
 Speed : 14.3kt
 Sail Area : 4,000m²



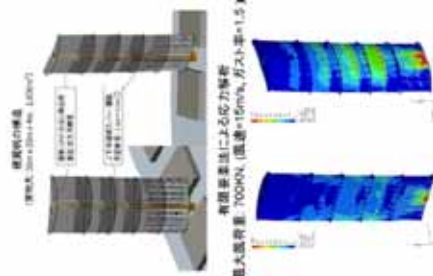
True and Apparent Wind Thrust and Side Force

Thrust and Apparent Wind Direction (Polar Diagram of Shin-Aitoku Maru)



大型伸縮式硬翼帆の開発

- 再生可能エネルギーである海上風エネルギーを最大限に取込み、船舶の推進力に変換するための大型硬翼帆の研究開発を行う。
- 帆のサイズはDW数万トン以上の運搬船を想定し、高さ50m、幅20m、面積1,000m²級の今までに例のない大型のものとする。
- 常に最大の推力を得るために任意の風向に合わせて旋回可能とすると共に、荷役時、港内操船時、荒天時等、帆の存在が邪魔な高面では、上下にテレスコピック上の帆が下の帆に挿さる形で伸縮する機構を備え、大きな比率で縮帆が可能なものとする。
- 旋回・収縮の作動を人手を掛けず動力により機械的に行い易くし、最適な翼型形状を常に保持するために、帆はGFRP/アルミなどを使った剛性のある硬翼パネルとし、操帆作業の合理化と帆の空力性能の高度化を図る。
- 硬翼パネルは中心部にある鋼製の伸縮スパーと一体化しており、旋回はスパーの複五の旋回キア・モーター、収縮はスパーの各段に装備された油圧シリンダーにより駆動される。
- 風によるカ・モーメントは鋼製スパーにより受けるものとし、所定の風速に充分耐える強度と剛性を持つ。



硬翼帆1/2.5モデル実証機陸上実験

(高さ25m、幅8m)

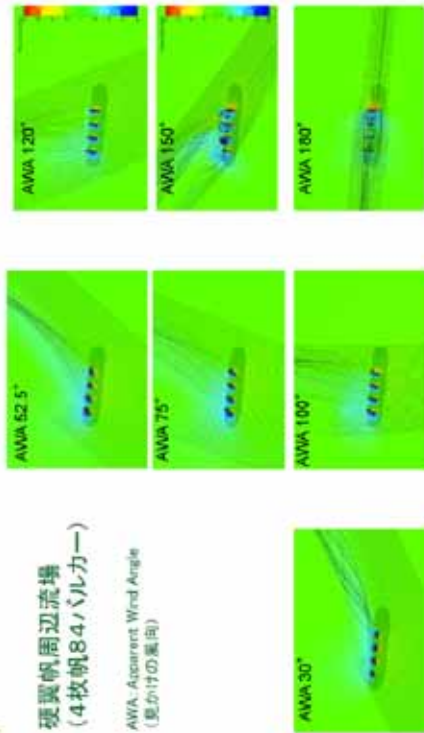
2014年1月開始予定

於、長崎県佐世保市、俣相浦機械

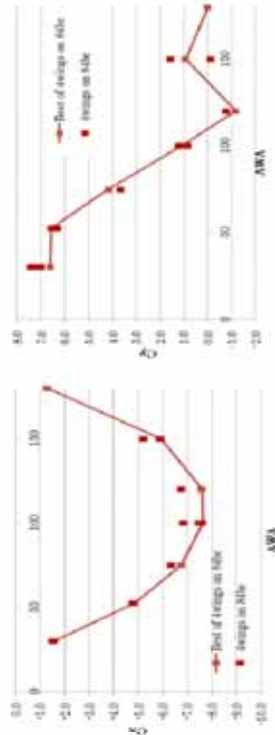


硬翼帆周辺流場 (4枚帆84バルカー)

AWA: Apparent Wind Angle
(見かけの風向)

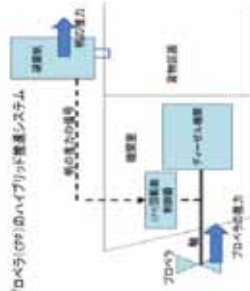


ウィンドチャレンジャー—硬翼帆の推力と横力 (4枚帆84バルカー)



硬翼帆の制御方法・技術の開発

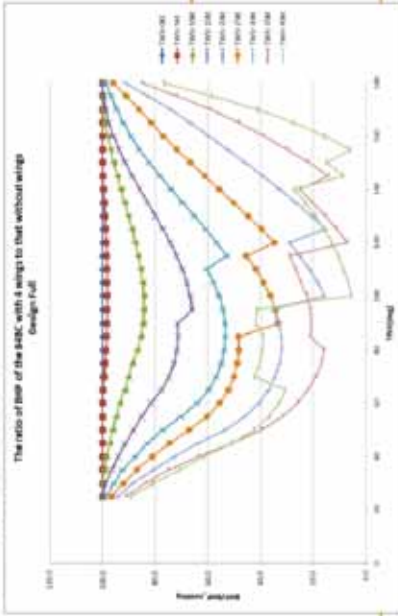
- ウィンドチャレンジャーは、右図に示すように、従来の推進船に比べて推進装置として硬翼帆が追加されているが、基本的には従来の船に比べて乗組員人数の増加なしに帆主機成船としてのハイブリッド推進システムの操作・操船マニピュレーションを容易にするような自動化された制御方法、制御技術の開発を行う必要がある。
- ウィンドチャレンジャーが省エネルギー船として、定時性を保持しながら最大の省エネ効果を発揮するためには、船上の風の流れを最大限に推進推力に変換する帆の角度を常に保持していくことが重要である。
- その上で、風が強く風向も悪く特定の船速が得られない場合には、エンジンにてプロペラを起動させ不足の推力を補うという従来主機の考え方で、帆、エンジン、プロペラ、舵などの操舵に必要な装置機器をコンピュータにて自動的に管理し最適な制御を行うプログラムの開発が必要である。
- また、風の強さが硬翼帆の強度を上回る場合には帆を自動的に縮小する等の安全対策プログラムの開発も必要となる。



帆とディーゼル/プロペラの
ハイブリッド推進システム

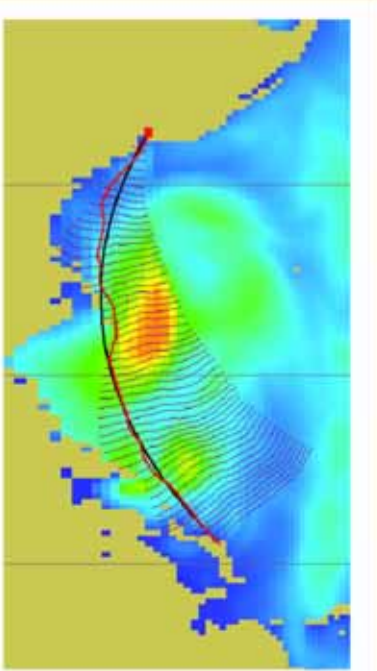
風向・風速による省エネ率の変化 (4枚帆84バルカー)

EPPプログラムによる84バルカー型4枚帆ウィンドチャレンジャーの計算例として、船速14.3ノットにおいて各方向からの風速の強弱による省エネ率を示したボートカーブを下図に示す。ここでこの曲線の段差は帆の縮小を扱っている。真風速で25ノット(12.5m/s)以上の風の場合には、正番から80°より大きい風向であれば50%以上の省エネが可能であることが示された。



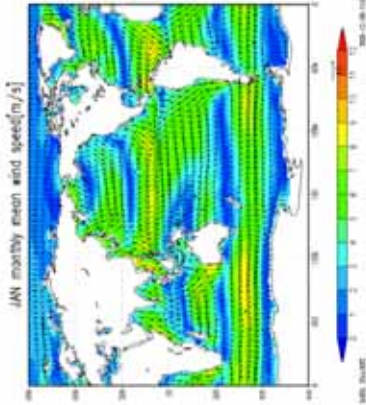
大圏航路と最適航路

(1) WCSSプログラムによる84バルカー型4枚帆ウィンドチャレンジャーの北太平洋での大圏航路(黒字)と風力を最大圏に取込んだ最適航路(赤字)の所在を示す。等時間法を用いた計算では、従来の大圏航路に比べて年間平均で大圏航路では約24%、最適航路では約30%省エネとなり、最適航路では大圏航路に比べて省エネ率が25%増加することが示された。



最適運用戦略の研究

- ウィンドチャレンジャーの燃料削減を補償まで追求するためには、予備的WCSSプログラムの開発により、与えられた航路における燃料削減の最大化を図ると共に、航路自体をウィンドチャレンジャーに最も適したものとし、それに合わせた積荷と操縦場所を選択し、フリート全体として最大の燃料削減を追求することが考えられる。
- このような研究はこれまでほとんど行われておらず、どの程度まで燃料消費量を減らせるかの定量的な研究を行う。例えばウィンドチャレンジャーを常に貿易風海域に地球西回りで航海させれば、向風はほとんど発生せず、横風は風速のみが航路となり、燃料削減率は50~70%にまで高まると推測される。
- また、多少の定時性を犠牲にしてエンジンを稼働する風のみで航路することにより100%近い燃料消費量削減も可能となるので、これらを考慮したウィンドチャレンジャーのポジションを基本盤に引き出すための運用戦略の最適化の研究を行う。



採算性: 初期投資回収期間 (4枚帆の84バルク型ウィンドチャレンジャーを例として)

投資額: 50m * 20mの草甸伸縮硬翼帆(含む船殻補強)約2億円x4枚	約8.0億円
帆のコスト内訳	
スパー製作(鋼材70t * 50万円/t) = 0.35億円	
ハネル製作(GFRP30t * 400万円/t) = 1.2億円	
船殻補強及び油圧等積炭品 = 0.45億円	
合計 = 2.0億円/1枚当たり	
操舵室の船首部への移設とデッキ下交通路の設置	約1.0億円
合計	約9.0億円
削減額: 燃料消費量 32トン/日 * 0.38 = 11.5トン/日	
燃費削減 11.5トン/日 * 220日/年 * 6.5万円/トン	約1.04億円/年
投資回収期間: 9.0億円 / 1.04億円/年	約9.5年

- 研究の主項目 ・ 自動操帆化された大面積高揚力の伸縮式硬翼帆の開発
 ・ 上記を使用した帆主機従の大型帆走商船の設計法の研究
 ・ 上記商船の運航・運用法とビジネスモデルの研究

開発スケジュール

- ・2009.10: プロジェクト発足
- ・2011.9: フジビリティ検討終了
- ・2013.12: 陸上試験用大型実証機(縮尺1/2.5モデル)の製作、試験開始
- ・2016~2017: 第1船就航

Wind Challenger の外航海運へのインパクト

- 世界の外航海運でのCO2排出量は約9億トン/年(世界排出量の3%)である。そのうちタンカー・バルカーの隻数は約2/3程度
- タンカー・バルカーの全てがWind Challenger 方式となり、50%燃料消費量を減らせば、3億トン/年のCO2が削減される。
- 燃料油削減量(燃料1トンを燃やすと3トンのCO2が発生)は1億トン/年程度であり、燃料価格は\$800/トンとしても燃料費は800億ドル(8兆円)削減される。

化石エネルギー消費産業から再生可能エネルギー産業への衣替えを!

第2部

初等中等教育における海洋教育の創造

海と人との共生を目指す海洋教育：日本大震災を経て

海洋アライアンス・海洋教育促進研究センター 日置光久・田口康大

海洋教育の理念

海と人との共生を目指す海洋教育
-東日本大震災を経て-

海洋教育の政策
日置 光久
田口 康大

中教審への提言から
日本型海洋教育の構築へ

海洋教育促進研究センターの活動
全世海洋リテラシー調査

海洋教育の理念

(1)海洋教育の定義
「人類は、海はから多様な価値を受けるとともに、海洋資源に少なからぬ影響を与えており、海洋と人類の共生は社会的な課題である。」
海洋教育は、海と人との関係についての知識の理解を深めるとともに、海洋資源の保全を回帰しつつ、持続可能な発展に向けた知識・技能・態度・意欲力、判断力、実践力を用いる能力に資する知識、技能、態度、意欲力、判断力、実践力を用いる人材の育成を目指すものである。
この目標を達成するために、本センターは、海を知り、海を愛し、海を利用する学習を推進する。

(2)海洋教育の理念
「海と人との共生の価値を高める研究（研究委員会）」

(3)海洋教育の課題
海洋教育の推進は、海と人との関係についての知識の理解を深めるとともに、海洋資源の保全を回帰しつつ、持続可能な発展に向けた知識・技能・態度・意欲力、判断力、実践力を用いる能力に資する知識、技能、態度、意欲力、判断力、実践力を用いる人材の育成を目指すものである。

海洋教育の政策

(1)海洋基本法（海洋に関する国の役割の明確化等）
（2007年）
「我が国は、海洋に関する国の役割を明確化し、海洋資源の持続可能な利用を促進するとともに、海洋と人類の共生を推進する。」
（2009年）
「我が国は、海洋に関する国の役割を明確化し、海洋資源の持続可能な利用を促進するとともに、海洋と人類の共生を推進する。」
（2011年）
「我が国は、海洋に関する国の役割を明確化し、海洋資源の持続可能な利用を促進するとともに、海洋と人類の共生を推進する。」

(2)海洋基本法（海洋に関する国の役割の明確化等）
（2007年）
「我が国は、海洋に関する国の役割を明確化し、海洋資源の持続可能な利用を促進するとともに、海洋と人類の共生を推進する。」
（2009年）
「我が国は、海洋に関する国の役割を明確化し、海洋資源の持続可能な利用を促進するとともに、海洋と人類の共生を推進する。」
（2011年）
「我が国は、海洋に関する国の役割を明確化し、海洋資源の持続可能な利用を促進するとともに、海洋と人類の共生を推進する。」

中教審への諮問から

(1)海洋教育
「我が国は、海洋に関する国の役割を明確化し、海洋資源の持続可能な利用を促進するとともに、海洋と人類の共生を推進する。」
（2011年11月30日 中教審諮問書への諮問）
「我が国は、海洋に関する国の役割を明確化し、海洋資源の持続可能な利用を促進するとともに、海洋と人類の共生を推進する。」
（2011年11月30日 中教審諮問書への諮問）
「我が国は、海洋に関する国の役割を明確化し、海洋資源の持続可能な利用を促進するとともに、海洋と人類の共生を推進する。」
（2011年11月30日 中教審諮問書への諮問）

(2)海洋基本法（海洋に関する国の役割の明確化等）
（2007年）
「我が国は、海洋に関する国の役割を明確化し、海洋資源の持続可能な利用を促進するとともに、海洋と人類の共生を推進する。」
（2009年）
「我が国は、海洋に関する国の役割を明確化し、海洋資源の持続可能な利用を促進するとともに、海洋と人類の共生を推進する。」
（2011年）
「我が国は、海洋に関する国の役割を明確化し、海洋資源の持続可能な利用を促進するとともに、海洋と人類の共生を推進する。」

(1) 学校や教育現場での実践の場の形成
 ① 実践の場を確保する
 ② 実践の場を育てる
 ③ 実践の場を育てる

海洋教育促進研究センターの活動
 ① 実践の場を確保する
 ② 実践の場を育てる
 ③ 実践の場を育てる

実施年度	実施内容	実施場所	実施者
2014年度	海洋教育促進研究センターの設立	東京海上保安庁	東京海上保安庁
2015年度	海洋教育促進研究センターの活動	東京海上保安庁	東京海上保安庁
2016年度	海洋教育促進研究センターの活動	東京海上保安庁	東京海上保安庁
2017年度	海洋教育促進研究センターの活動	東京海上保安庁	東京海上保安庁
2018年度	海洋教育促進研究センターの活動	東京海上保安庁	東京海上保安庁
2019年度	海洋教育促進研究センターの活動	東京海上保安庁	東京海上保安庁
2020年度	海洋教育促進研究センターの活動	東京海上保安庁	東京海上保安庁
2021年度	海洋教育促進研究センターの活動	東京海上保安庁	東京海上保安庁
2022年度	海洋教育促進研究センターの活動	東京海上保安庁	東京海上保安庁
2023年度	海洋教育促進研究センターの活動	東京海上保安庁	東京海上保安庁
2024年度	海洋教育促進研究センターの活動	東京海上保安庁	東京海上保安庁
2025年度	海洋教育促進研究センターの活動	東京海上保安庁	東京海上保安庁

◎目的
 「海洋リテラシー（海洋に関する共通言語）」の調査
 →調査を基盤とし、21世紀の新たな社会を「支える力」や、
 知識を「活用」し「探究」する力の養成を図るもの。

対象：全国の公立小学校の専任・中学校の専任
 内容：調査の企画・学習と生活に資するアンケート・学校印刷紙

全国海洋リテラシー調査
 調査用紙の一部（中学校3年生用）

調査用紙の一部（小学校6年生用）

(1) 日本型海洋教育の構築
 “WHAT” 何を教えるべきか
 “HOW” どのように教えるべきか
 “WHO” 誰が教えるべきか

日本型海洋教育の構築へ
 (2) 海洋教育で達成する資質・能力・態度（前） (3) 海洋をとりこめる資質・基本態度（後方や専攻方）

- ・海洋資源の価値と重要性（都市型社会の構築）
- ・自然への畏敬の念・生命の尊重
- ・生態系の保全と調和
- ・異文化理解・共生社会の構築
- ・持続可能性（サステナビリティ）

- ・共に楽しむ、感受する能力
- ・共に味わい、自ら問題をとりこめる能力
- ・グロリアイカから見える能力
- ・奇麗な世界を創り出す能力
- ・自ら家人で世界の保全に寄与しようとする態度

① 海洋教育促進拠点とのカリキュラムの共同開発
 ② 全国での特色ある海洋教育の実践事例を集約

書籍『海洋教育のカリキュラム開発』の出版
 （2015年12月を予定）

<p style="text-align: center;">東日本大震災を経た後の海洋教育の展開 — 気仙沼市教育委員会の事例から —</p> <p style="text-align: center;">東京大学大学院教育学研究科 海洋教育促進研究センター 特任講師 田口 康大</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 東日本大震災にて甚大な被害を被った気仙沼市 ▶ 気仙沼市では昭和8年の三陸大津波の後、津波避難訓練の計画文書が作成 ▶ 平成15年の三陸南地震の際、津波浸水域の1.5%の市民しか批判していないことが判明 ▶ その後、津波防災の取り組み、津波を想定した防災教育活動を展開
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 10年近くもの津波防災教育の蓄積 ▶ だが、…… ▶ 階上中学校の卒業生代表梶原裕太君の答辞より「階上中学校といえば「防災教育」といわれ、内外から高く評価され、十分な訓練もしていた私たちでした。しかし、自然の猛威の前には、人間の力はあまりにも無力で、私たちから大切なものを容赦なく奪っていききました。天が与えた試練というには、むご過ぎるものでした。つらくて、悔しくてたまりません。」 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 長年の津波防災教育の実践蓄積にもかかわらず、多くの人命が失われた ▶ これまでの津波防災教育に対する評価と反省 ▶ 何が十分ではなかったのか。今後何が必要となるのか。検証の作業へ。 ▶ 他方で、震災以降、海に対する恐怖心が増加 ▶ 海と暮らしとが密接な関わりをもってきた歴史を持ちながら、海との関わりへの忌避感 ▶ 子どもたちに顕著な表れ

<p>➢ このような状況下で、気仙沼市はこれまでの歴史を再確認し、「海と生きる」を震災復興計画のキャッチフレーズに</p> <p>➢ 気仙沼市教育委員会教育長白幡勝美さんの言葉</p> <p>「気仙沼市民は海とともに生きていくことをアイデンティティとしてきた。これからもそのアイデンティティを大事にしたい」</p> <p>➢ 「海と生きる」を達成するためには、何が必要となるか</p> <p>⇒防災教育を含みこんだ形での「海洋教育」</p>	<p>➢ 防災教育を含みこんだ形での「海洋教育」</p> <p>➢ 防災教育では、津波被害からいかに身を守るかに焦点が置かれてきた ex. 避難訓練、防災マップ作り</p> <p>➢ 今後も防災教育は必要不可欠であることに疑いはない。</p> <p>➢ だが、「海と生きる」ためには、海と共生していくという視点も欠かせず、その方途を探ることが大切</p> <p>⇒海との共生を目指した海洋教育はどうあるべきか？</p>
<p>➢ 気仙沼の人々と海との共生についての人文的な探求 ⇒民話、伝承、石碑、地形、芸術などへの着目</p> <p>➢ 海そのものについての自然科学的な探求 ⇒津波、海流、循環、生物などへの着目</p> <p>➢ 人文学および自然科学的な双方の観点を融合させた形で、海との共生のありかたを探る総合的なアプローチとして、海洋教育を位置づけようとする 試み</p> <p>⇒海洋教育のひとつのあり方</p>	<p>海洋教育の展開可能性</p> <p>➢ 海と人との共生を考えるために、人文学と自然科学との両方の知見を融合させた総合的な探求</p> <p>➢ 教科横断型の探究的な学習活動</p> <p>➢ 地域における学校教育の意義の問い直し</p> <p>➢ 学校のみならず、自治体や地域との協同による教育の実践</p> <p><small>参考文献：及川孝彦(2014)「東日本大震災からの復興に果たすESDとユネスコワールドの役割」『環境研究』No.373、公益財団法人日立環境財団、pp.108-118。及川孝彦(2012)「気仙沼市におけるESDを軸とした教育実践」、『震災からの教育復興—過去、現在から未来へ—』、国立教育政策研究所編、第2巻、pp.175-179。気仙沼市立学校長会・気仙沼市教育委員会・宮城教育大学(2013)「第1集 被災から前進するための『東日本大震災から2年目の取り組み』」気仙沼市立学校長会・気仙沼市教育委員会・宮城教育大学(2012)「『東日本大震災』被災から前進するために」気仙沼市立学校長会・気仙沼市立学校教員会・宮城教育大学編(2011)「『気仙沼ESD共同研究』第一特集 可能な社会を創ろう児童生徒の育成を目指して」</small></p>

<p style="text-align: center;">東京大学海洋アライアンス 東京大学海洋アライアンスの最研究・シンポジウム 2019/07/13</p> <h2 style="text-align: center;">海洋教育のカリキュラム開発</h2> <p style="text-align: center;">海洋学と教育学の協同</p> <p style="text-align: center;">丹羽淑博 (東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター) 鈴木悠太 (東京大学海洋アライアンス海洋教育促進研究センター)</p>	<h3 style="text-align: center;">本発表の構成</h3> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「物理する学び」の展開 —東京都立日比谷高校における海洋物理カリキュラムの開発— 2. 海洋人間学の学びの創造 —電子附属中学校における「海洋人間学」のカリキュラム開発— 3. 海と共生する新しい市民の育成 —福井県立若狭高等学校における海洋科学の学び— 4. 海洋リテラシーの現在 —「全国海洋リテラシー調査」が示すこと— 5. 海洋教育のこれから 															
<h3 style="text-align: center;">1 数値シミュレーションで学ぶ津波の物理の基礎</h3> <p>津波の物理とふまをパソコンを利用した数値シミュレーションを通じて理解するカリキュラムの開発。 東京都立日比谷高等学校の「基礎物理」の授業（文系・理系混合クラス）でのカリキュラム実践。 質問紙調査による生徒の学びの特徴の解析。</p> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>カリキュラムの特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・理科の高校物理のカリキュラムとの接続 ・高校物理の運動の単元の発展としての位置づけ。通常の物理の授業で実施。 ・高校・大学連携型プログラム。スーパー・サイエンス・ハイスクール（SHS）における高校と大学の間の学習内容のギャップを埋めるための研究の一端。 ・数値シミュレーションの活用。高校理科の新たな可能性を探る試み。 </div> <div style="flex: 1;"> <p>カリキュラムの内容</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 数値シミュレーションの基礎。津波の物理法則・方程式。数値シミュレーション方法 2 数値シミュレーションの基礎。津波の数値シミュレーション </div> </div>  <p>数値シミュレーションによる津波の物理法則の解析結果</p>	<h3 style="text-align: center;">2 「海洋人間学」のカリキュラム開発と評価</h3> <p>「海との共生のための市民の知識や技能、主体的な担い手や活動、国際的な連携活動などを教材として、海との共生に関する専門性と国際性を身につけた人間」(教育課程特科校設置要綱)</p> <table border="1"> <tr> <td>第3学年</td> <td>ヨット帆走実習、海泳実習</td> <td>環境問題、海との共生、電子附属中学校の学び</td> <td>海水の循環、水と海との相互作用、海と共生する人</td> <td>海洋に関する島、電子附属中学校の学び</td> </tr> <tr> <td>第2学年</td> <td>ヨット帆走実習 (母に3回)</td> <td>中国・朝鮮半島との交流史</td> <td>浮力・粘性が波かきのが</td> <td>電子附属中学校の学び</td> </tr> <tr> <td>第1学年</td> <td>海洋教育講座、海洋調査実習、ヨット製作実習、ヨット帆走実習</td> <td>高知、大津</td> <td>船室と帆室、海流設定、三浦半島の特殊一日実習</td> <td>「海洋学特別授業」 「海と共生する人」</td> </tr> </table> <p>「海洋人間学研究」へ 「海と共生する人間」とは何かになるものなのか？ なぜ海と共生するのか？</p> <p>「ポートフォリオ/学習実態」による「ルーブリック評価」の提供へ</p>	第3学年	ヨット帆走実習、海泳実習	環境問題、海との共生、電子附属中学校の学び	海水の循環、水と海との相互作用、海と共生する人	海洋に関する島、電子附属中学校の学び	第2学年	ヨット帆走実習 (母に3回)	中国・朝鮮半島との交流史	浮力・粘性が波かきのが	電子附属中学校の学び	第1学年	海洋教育講座、海洋調査実習、ヨット製作実習、ヨット帆走実習	高知、大津	船室と帆室、海流設定、三浦半島の特殊一日実習	「海洋学特別授業」 「海と共生する人」
第3学年	ヨット帆走実習、海泳実習	環境問題、海との共生、電子附属中学校の学び	海水の循環、水と海との相互作用、海と共生する人	海洋に関する島、電子附属中学校の学び												
第2学年	ヨット帆走実習 (母に3回)	中国・朝鮮半島との交流史	浮力・粘性が波かきのが	電子附属中学校の学び												
第1学年	海洋教育講座、海洋調査実習、ヨット製作実習、ヨット帆走実習	高知、大津	船室と帆室、海流設定、三浦半島の特殊一日実習	「海洋学特別授業」 「海と共生する人」												

レベル	3 「社会研究」科目へのフェイルドワークをまねく課題研究」のルーブリック表(2015/06/23 林本節次(日本教育)
5	<p>評価基準</p> <p>「主題」「問題設定」「方法」「結果」「考察」「結果」「考察」「結果」の7要素にわたる記述があり、その記述は一貫性のある探究を表現している。二貫性のある探究には、人文・社会科学的な内容の理解が表れており、さらに、フィールド・ワークによって獲得された独自の理解との関係も表まれ、人文・社会科学における新たな研究上の貢献する点への理解と獲得)としての論理を認めることが出来る。</p>
4	<p>「主題」「問題設定」「方法」「結果」「考察」「結果」の7要素にわたる記述があり、その記述は一貫性のある探究を表現している。二貫性のある探究には、人文・社会科学的な内容の理解が表れており、人文・社会科学的な理解に迫っている。</p>
3	<p>「主題」「問題設定」「方法」「結果」「考察」「結果」の7要素にわたる記述があり、その記述は一貫性のある探究を表現している。</p>
2	<p>「主題」「問題設定」「方法」「結果」「考察」「結果」の7要素にわたる記述があり、その記述はある種の探究を表現している。</p>
1	<p>「主題」「問題設定」「方法」「結果」「考察」「結果」の7要素にわたる記述があり、その記述はある種の探究を表現している。</p>

4 「全国海洋リテラシー調査」の概要	
<p>(1) 目的</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全国の公立小学校の6年生及び公立中学校の1年生が有する「海洋リテラシー」(海洋に関する基礎的・実践的)の理解を把握し、その学習指導要領の改訂に向けた政策立案のための基礎資料を作成する。 <p>(2) 調査時期</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2014年11月下旬～2014年12月上旬 <p>(3) 調査対象(総数約)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全国の公立小学校6年生及びその校長 ・全国の公立中学校1年生及びその校長 <p>(4) 調査方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「南北三府国抽出法」により、以下の通り対象自治体を選定。 ➢ 「調査対象」欄に調査している自治体が、及び「調査対象」欄に調査していない自治体、その自治体調査対象に抽出した調査で抽出対象を除外した自治体、抽出された自治体は調査対象、抽出対象を除外した自治体。 ➢ 「調査対象」各自治体から50名程度を無作為抽出。 	<p>(5) 実施者</p> <ul style="list-style-type: none"> ・全国の公立自治体、NPO等(「海洋リテラシー」の調査)のNPO、NPO等(「海洋リテラシー」及び、その校長から有る海洋リテラシー)。 ➢ 小学校は国(50学校)、自治体(500人)、NPO等(500人)。 ➢ 中学校は国(50学校)の調査(500人)、NPO等(500人)。 ➢ なお、計測では6自治体(小学生は自治体、中学生は3自治体)、調査実施数は500名。 <p>(6) 調査方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・調査・実施が(1)「海の問題」(40分)と(2)「学習と生活に関するアンケート」(30分)に区分。 ・校長が中学校長職(5分)に回答。

第3部

2014年度海外インターンシップ報告

2014 年度海外インターンシップ報告

新領域創成科学研究科／大気海洋研究所 木村 伸吾
海洋アライアンス 山本 光夫

東京大学海洋アライアンスでは、総合海洋基盤（日本財団）プログラムの第3期におけるプロジェクトの一つとして、「海外インターンシップによる国際的な海事人材の育成」を開始した。

本プロジェクトの目的は、海洋に関する高度な専門性と国際的ネットワークをもち、世界で活躍する人材育成に向けた教育システムの確立である。そのために、①長期にわたる海外インターンシップ制度の導入、②海洋学際教育プログラムへの国際化対応科目の導入を実施するが、初年度である2014年度は①を中心に進めた。

実際のインターンシップでは、海洋学際教育プログラムに登録している大学院生の中から、国際機関・海外研究機関に2～6か月派遣することとした。2014年度は、派遣先機関の検討を行うとともに、実際に5機関に6名の学生を派遣した。内訳は、国際連合食糧農業機関（FAO、ローマ）に2名、国際水路機関事務局（IHB、モナコ）に1名、Pacific Tsunami Warning Center（PTWC、ホノルル）に1名、International Tsunami Information Center（ITIC、ホノルル）に1名である。また、JICAのインターンに参加した学生1名への支援もプロジェクトとして合わせて実施した（Table 1）。

FAOには、農学生命科学研究科の修士1年の学生2名を派遣した。それぞれ、「Review of the gender discussion in FAO and proposals for new aspects including socially vulnerable groups」、「Mackerel War」Review of the Northeast Atlantic Mackerel fisheries management」のテーマで実習を行い、成果

をまとめた。

IHBには、新領域創成科学研究科の修士2年（秋入学）の学生1名を派遣した。実習テーマは、派遣学生の専門性に合わせる形でIHB側から提案があり、「IHOの人材育成に関する”Recommendation for Monitoring and Evaluation Method for IHO Capacity Building Programme”」の課題に取り組んだ。

PTWCおよびITICは、アメリカ海洋気象庁（NOAA）の組織であり、アライアンスの「メガ津波プロジェクト」とも大きく関連する業務を行っている。そこで、学生派遣とともに今後の研究面での連携を視野に入れ、教員2名が現地へ赴き、アライアンスプロジェクトの紹介をはじめ、打ち合わせを実施した。それを踏まえて、PTWCに工学系研究科の博士2年の学生、ITICに工学系の修士1年の学生を派遣した。特にD2の学生は、津波警報のシステムを実習で学とともに、メガ津波プロジェクトに関わる「Investigate the Significance of Non-linearity for Tsunami Forecasting」のテーマで研究も実施した。ITICへの派遣学生は、ITICの業務を学びながら、日本とアメリカの津波教育の違いを考察し、最後に提案を行っている。

以上のように2014年度は、当初の計画通り「海外インターンシップ制度の導入」を行うことができた。本シンポジウムでは海洋アライアンスが連携をとって派遣した4機関5名のうち、現在留学中の1名を除く4名の報告を行う。

Table 1 海外インターンシップ派遣先機関（2014年度）

機関名	派遣地域	派遣人数	期間
Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)	イタリア (ローマ)	2	2014年8月20日～10月16日
			2014年8月20日～10月11日
International Hydrographic Bureau (IHB)	モナコ	1	2015年1月3日～3月8日
Pacific Tsunami Warning Center (PTWC)	ハワイ (ホノルル)	1	2015年2月16日～5月1日
International Tsunami Information Center (ITIC)		1	
Japan International Cooperation Agency (JICA)	アンティグア・バーブーダ	1	2015年2月1日～3月31日

1. 背景と目的

国際連合食糧農業機関（Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO）は、国連の専門機関として1945年に設立された。設立の目的は、世界の食糧生産の促進、貧困と飢餓の撲滅である。現在に至るまで、農業分野・漁業分野において世界の食糧生産に関する議論の中核を担っており、本部はイタリアのローマにある。

私は、FAO本部の水産養殖局生産取引市場部門におけるインターンシップに、2014年8月20日から同年10月11日の日程で参加した。志望の理由は、私が水産業におけるジェンダー研究を修士論文のテーマにしている事であった。日本では産業分野でのジェンダーに関する先行研究は非常に少なく、専門とする研究者もほとんどいない。一方で、国連は性別が要因となる社会問題、ジェンダー・イシューについて非常に力を入れている。FAOでも一次生産業におけるジェンダーの議論は活発であり、特に農村・漁村におけるジェンダー主流化は重要課題の一つである。そこで私は、①歴史的な文脈を含めて国連での先行研究・議論を学ぶ事、②産業におけるジェンダー研究の第一線での議論に参加する事、③産業におけるジェンダー研究者との協力関係を構築する事をインターンシップの目的とした。

2. 活動内容

I～IIIについて具体的に次の活動を行った。I 先行研究の調査：FAOの所有するジェンダーに関する先行研究、文献、レポートを調査し、最終的に報告書とプレゼンテーションという形で取りまとめた。II 議論への参加：FAO内で開催される研究者スタッフによるセミナーや会議に積極的に参加しつつ、自分自身もセミナーとミーティングを主催し議論を行った。III 協力関係の構築：FAOで出

版予定のレポートやペーパーにコラムを書くなど積極的に協力した。その他もランチやミーティングを利用し、人脈を形成した。

3. 成果

まずIにおいては、アジアの水産業における性別役割分業について日本にはない有益なデータや先行研究を得る事ができた。同時に議論に参加する事によって、ジェンダー主流化がフランス革命を発端として第二次世界大戦を経由し、貧困を解消する一つの手段として発展してきた概念であるといった、歴史的背景を含めた理解を行う事ができた。同時に、当該概念が収入改善のみを目的としている点が課題として見出され、その後の修士研究において賃金労働だけでなく無賃金労働と労働への意識といった観点を含めるきっかけとなった。次にIIでは、今まで「女性」のみに焦点を当てていたFAOでのジェンダー研究に対して、男性を含めて議論する事の必要性や、コミュニティが性別役割分業の逆転を許容できるのかについて社会心理学的調査を行う重要性を提案した。IIIに関しては、自分自身がそれまでフィリピンで行ってきた研究活動を報告書の形で提供した結果、今後海外で研究活動をする際の協力者を得る事ができた。

一般的にFAOは食糧生産の増加を担う機関であると考えられているが、現場の議論に参加して、むしろ現在は食糧安全や生産者の生活改善を目的とし、議論の場を提供する事が使命である事を理解した。実際にFAOはインターン生に議論の参加や人脈形成を期待している。従って、FAOの国際的な立ち位置を理解する人材の増加や、日本の国際的な発言力を高めるために、インターン生の継続的な派遣などによりFAOの業務の目的を理解する人材を増やしていく事が重要と考えられる。

国際機関でも重要！ 人材育成プログラム

新領域創成科学研究科 羽根 由里奈

【背景と目的】

本インターンシップは、2015年1月3日～3月8日の約2ヶ月間にわたり、モナコにある International Hydrographic Organization (IHO: 国際水路機関) の事務局 (International Hydrographic Bureau (IHB) にて行われた。IHO は1921年、航海の安全性向上のサポートと海洋環境の保全を目的として設立された政府間国際機関で、現在82カ国が加盟している(2015年6月28日現在)。

IHO の活動では、トレーニングコース、セミナー、ワークショップなどキャパシティ・ビルディングにおける様々なプログラムを通して加盟国の水路分野における人材育成にも力が注がれている。しかし、それらの人材育成プログラムが研修生に与える実際の効果や影響をモニタリングおよび評価する手法が今まで確立されてこなかったため、各プログラムが有効的に機能しているかどうか分析することができなかった。そこで、本インターンシップは他の国際機関で行われている人材育成プログラムのモニタリング及び評価手法をそれぞれ比較検討し、新たな評価方法を IHB に提案するという目的で行われた。

【実習内容】

調査対象とする国際機関は、The World Meteorological Organization (世界気象機関)、The International Atomic Energy Agency (国際原子力機関)、The International Maritime Organization (国際海事機関)、The Intergovernmental Oceanographic Commission (政府間海洋学委員会)とした。各機関のウェブサイトを用いたインターネット調査を主な手法として用いた。インターネット調査で得られなかった情報や不明瞭な点は各機関の人材育成プログラム担当者に連絡を取り情報を収集した。また、国際原子力機関環境研究所の二人のディレクターには直接インタビューを行った。調査結果は、中間報告および最終報告の2回に分けて IHB スタッフにプレゼンテーションで発表し、最終日には報告書としてまとめ Directing Committee に提出した。

【結果】

各国際機関における比較調査の結果、Result Based Management (結果重視マネジメント: RBM) というマネジメント戦略をモニタリング及び評価方法に取り入れている機関が多いことが分かった。また、この戦略を用いる上で、人材育成プログラムの効果を質的及び量的に評価するために必要な情報を収集する主な手法として、研修生を対象としたアンケートやインタビューを用いていることが分かった。しかし、IHB の限られたスタッフ数やコストを考慮すると、アンケートの作成やインタビューの実施などの多くの人件費や経費を要する RBM 戦略を導入することは現時点では難しいという結論に至った。

【提案】

調査結果をもとに、各加盟国の水路分野における能力を既存の報告書を用いて評価する「インパクトアセスメント (影響評価)」の導入を提案した。IHB では、”Phases of Development of Hydrographic Surveying and Nautical Charting Capability” という3つのフェーズ (1: 航海情報を収集および公開する能力、2: 水路測量技術を構築する能力、3: 海図や ENC を作成する能力) に分けられたキャパシティ・ビルディングアセスメント戦略モデルに基づいて各加盟国の水路分野における能力を評価している。通常、各国の能力がどのフェーズに達しているかは IHB 技術スタッフが現場を訪問した上で現状評価を行っているが、全ての国に毎年訪問するには膨大な費用を要するため定期的に行われていないのが現状である。したがって、各フェーズの評価指標となりうる既存の報告書を有効活用することによって各国の現状を把握するインパクトアセスメントの実施が最も効果的であると考えられた。このインパクトアセスメントにより、人材育成プログラムを最も必要としている国の特定が可能となる。また、人材育成プログラムに参加した研修生の事後調査や地域ごとの詳細な支出をまとめることにより、費用対効果の評価することもできる。これらインパクトアセスメントや費用対効果評価を同時に実施していくことにより、人材育成プログラムに対する各加盟国のニーズを効率的に把握することができ、IHB においては人材育成プログラムをより適切に実施できると結論づけられた。

1. 背景と目的

筆者は、平成 27 年 2 月 16 日から平成 27 年 5 月 1 日までの日程で、太平洋津波警報センター (Pacific Tsunami Warning Center, 以下 PTWC) でのインターンシップに参加した。PTWC はアメリカ海洋大気庁 (National Oceanic and Atmospheric Administration) によって運用されており、主な業務は太平洋域で発生する地震・津波を監視し、津波予報を必要に応じて各国に伝達することである。筆者は大学院で津波に関する研究を行っており、当インターンシップに参加することにより、津波研究に関する知識をさらに深めることができると考えた。当インターンシップの目的は、1)PTWC の津波予報業務を実際に体験し、2)PTWC と共同研究することである。

2. PTWC の津波予報業務の概要

PTWC では二名の常駐スタッフにより 24 時間体制で津波の発生を監視している。世界各地に設置されている地震観測計が地震を検知したときに、それが PTWC に伝えられ、津波予報業務が開始される。

地震が発生した場合、業務にあたっているスタッフはまず地震の観測波形の解析を行う。この解析により、震源地や地震の規模などを推定する。震源地が海域(海底)の場合は、地震の観測波形の解析結果に基づいて海面の変形(津波の初期条件)を推定する。

前述の解析により推定された海面の変形のその後の広がり方を、微分方程式を逐次解くことにより予測する。その解析結果に基づき津波警報を各国に伝達するかどうかをスタッフが判断する。PTWC にはその他にもいくつかの津波解析手法があるが、上述した手法が PTWC では最もよく用いられる。また、一連のイベントの予報業務終了後、再解析などを行ってデータや知見を蓄積するようである。

筆者が派遣されていた期間では、ハワイ時間の 3 月 29 日にパプアニューギニアで津波が発生した。同期間中で発生した津波はそれだけであったが、津波が発生したときは休日であったため、実際の予報業務には立ち会うことができなかった。しかし、実習中に実際の津波予報のオペレーションシステムに

触れ、これまでの津波伝播解析に関するディスカッションを行うことができた。津波に関する研究成果や技術が実務にどのように反映されているのかを理解する上で非常に良い経験となった。

3. PTWC との共同研究

津波の伝播予測はその運動を記述する微分方程式を逐次解くことにより行われる。その方程式は波の特性によりいくつかの種類に分類されるが、それが複雑になればなるほど計算負荷が大きくなる。一方で、計算負荷と解析精度は一般的にトレードオフの関係にある。

PTWC で最もよく用いられる津波解析モデルは波の非線形性と分散性を無視した線形長波方程式に基づいている。これが津波解析モデルの中で最も計算負荷が小さいため、PTWC はこれを重用する。しかし実際には無視した影響が波の形状などに表れ、津波により生じる最大水位に影響を及ぼすと考えられる。したがって、それによる予測誤差をあらかじめ定量的に把握しておく必要がある。そこで PTWC との共同研究ではその定量的な評価を数値解析により取り組んだ。

数値解析は主に一次元水路を対象に行った。一樣水深水路や一樣勾配水路などに点波源を置き、線形長波方程式を含む様々な支配方程式に基づいてそれを伝播させた。このとき水路端に鉛直壁を設置し、その前面で生じる最大水位の違いを分析した。その結果、ほとんどの解析ケースで、PTWC が重用している線形長波方程式に基づいて得られる最大水位が最も大きくなることがわかった。

4. まとめ

本インターンシップによって、PTWC の津波予報業務を学習することができた。また、支配方程式の選択による津波解析の精度を、PTWC と共同で研究した。さらに詳細な分析が必要なものの、線形長波方程式を適用した場合には他の方程式を適用した場合と比較して、鉛直壁前面に生じる津波による最大水位が大きくなる傾向があることを明らかにすることができた。

津波から身を守る：日本と世界の防災教育の違い

工学系研究科 井波 まどか

1. 背景と目的

ハワイにある国際津波情報センター (International Tsunami Information Center: ITIC) は、太平洋津波警報システムをサポートするため、1965年にUNESCO/IOCによって設立された。ITICの仕事は①太平洋地域全体の津波に対する備えを発展させていくこと、②津波に関する技術や情報を収集し広く共有すること、の大きく分けて二つである。

このITICにおいて、2015年2月16日～5月1日の日程でインターンシップに参加した。実習では、太平洋津波警報システムの50周年記念国際シンポジウムやUNESCO/IOCのICG/PTWSに関する業務を通してITICの仕事を理解した。また、ITICの発行する津波啓発マテリアルやITICが集めている世界の津波対策に関する情報に触れることで、津波対策の現状を知ることができた。その上で、最終的には、日本における津波対策について調べることで、今後津波対策の分野で日本が世界の中でどのような役割を担っていく必要があるのかを考察することを目指した。

2. ITICにおける活動

ITICの仕事のうち①では、津波対策技術を持たない国々に対するトレーニングプログラムが行われ、津波技術の先進している国から集めたポスターやリーフレット等の津波啓発マテリアルを配布するなどの活動が実施されている。②に関しては、前述の津波啓発マテリアルだけでなく、過去の津波のデータや津波被害の写真を収集したり、津波ニュースレターの発行によって津波に関する情報を発信するなどの活動を行っている。世界で行われている津波対策に触れることで、「津波発生時に正確な情報を迅速に国民に発信する」というシステムや避難時に使用するハザードマップ等、日本では当たり前となっている津波対策技術が確立されていない国が未だ多く存在していることを知った。こうした国が津波対策技

術を確立するには、先進国の既存の技術を利用することが有効である。また、先進国同士もお互いの技術を知ることで新たな発見を得ることができると、全ての国にとって各国が行っている津波対策に関する情報を共有することは有用であると考えられる。

3. 気象庁の津波防災教育

帰国後に気象庁の方にヒアリングを行った。気象庁では今まで正確な情報を迅速に提供することに重きを置いていたが、与えられた情報を正しく使う力を持つ人材を育成するため、普及啓発活動によって国民の情報リテラシーの向上を目指している。現在の津波啓発活動は、地方気象台が中心となり、教育関係機関や地域防災関係機関と協力しながら、防災教育を担う教員や地域の防災リーダーなどの中間的な伝道師を育てることに重点を置いている。そのため、地域によって行われている津波防災教育に差があるのが現状であることが推察された。

4. 提言

実習を通して、日本の技術的な津波対策については世界で広く知られているが、津波防災教育に関してはあまり発信されていないように思われた。現在、世界では津波予測技術などのハード面の整備が行われているが、その後は津波防災教育といったソフト面の整備が必要になってくると考えられる。日本は津波対策の先進国として先を見据え、ソフト面の津波対策の整備を進めて行く必要がある。そこで、地域ごとに行われている日本の津波防災教育が国全体であまり情報共有がされていない状況を改善するため、「日本の津波防災教育を国全体で共有し、それを世界に発信していくための専門機関を設立すること」を最終的な提言としてまとめた。ソフト面の津波対策についてもきちんと整備し発展させていくことで、国内だけでなく、将来的には世界にも貢献できるようになると考える。

【問い合わせ先】

海洋アライアンス事務局

〒113-0033 文京区本郷 7-3-1

TEL (03) 5841-4682

E-mail: oa-office@oa.u-tokyo.ac.jp