

第3章 環境教育と人材育成

3-1 環境関連カリキュラムの充実

本学では、将来、科学・技術の力で世界に貢献するため、学生が自ら進んで学び、鍛錬する“志”を育み、卓越した専門性に加えてリーダーシップを備えた理工系人材を養成することを目的として、2016年4月、学部と大学院とが一体となって教育を行う6つの「学院」を創設しました。併せてクォーター制、科目ナンバリング制度なども導入され、学生が自らの興味・関心に基づいて、広い視野の中で俯瞰的にかつ体系的に学ぶことを重視する教育を実現しています。新しい教育システムの中では、環境関連のカリキュラムも重視されています。

ここでは、学士課程および大学院課程において開講されている、環境関連の代表的な授業を紹介します。

【環境の科学（学士課程：材料系）】

物質理工学院 材料系 教授 宮内 雅浩

我々人類は太陽光の恩恵を受け、地球上の様々な物質を活用しながら生活を送っています。例えば、化石燃料は元をたどれば太陽光エネルギーによる古代の森林の光合成や微生物がもたらしたもので、こうした資源を一気に使うことで地球温暖化への影響が懸念されています。持続可能な社会を実現するためには、地球環境・地球資源・エネルギー需給の関係について、政策や法律といった社会科学的な視点のみならず、生活・社会基盤の基本となる物質材料科学・工学の視点で見つめなおすことも重要です。環境の科学では、持続可能な社会を実現するために必要な様々な情報を提供し、学生自身が物質材料科学・工学の視点から環境対策を具体的に考えられるようになることを目標としています。環境の科学は3つのパート、すなわち、地球環境科学、社会環境科学、エネルギー材料科学から構成されています。地球環境科学では、地球大気の組成と太陽光エネルギー需給バランス、地球の組成と元素戦略、地殻を構成する物質の溶解と沈殿ならびに酸化と還元を扱っています。社会環境科学では、特に有機・金属・無機材料のリサイクルについて具体的に解説しています。また、エネルギー材料科学では、各種エネルギー変換システムの効率を解説し、原子力発電の仕組みや太陽光発電などの各種再生可能エネルギーに使われている材料について学びます。この授業は学部3年生の第4クォーターに設定され、これまで材料系の学生が学んだ熱力学、半導体工学、電気化学、分光学などの知識を活用し、環境・エネルギー問題に対する材料系ならではの視点を随所に入れています。



環境の科学が扱うトピックス一覧と必要な学問

- 地球温暖化、オゾン層破壊（量子力学：電子励起と振動励起）
- 地球環境の成り立ち、元素戦略
- 地殻の物質循環システム（物理化学：溶解度、酸化・還元）
- 環境汚染や健康リスク低減に向けた法的取り組みを理解する。
- 身近な環境浄化材料「光触媒」（分光学、電気化学）
- 我が国のリサイクルシステム（社会学）
- 省エネ機器の設計指針（熱力学）
- 原子力発電と放射性廃棄物（量子力学）
- 再生可能エネルギーの現状と課題
- 太陽光発電の科学と課題（固体物理学）

【地盤環境工学（大学院課程：土木工学コース）】

環境・社会理工学院 土木・環境工学系 准教授 竹村 次郎

地下水や土壌は環境基本法でも指定されている重要な環境項目であり、都市開発などの人為的な活動、事故、あるいは自然由来に起因する汚染によって、自然・人間環境の劣化を招いてきました。米国ニューヨーク州ラブキャナル事件、レーチェル・カーソン「沈黙の春」で有名となったDDTによる広域環境汚染、豊洲新市場の土壌・地下水汚染問題、福島第一原子力発電所事故による汚染土処理・処分等は、国内外の有名な事例です。これらは決して特別な状況下における問題ではなく、これまでにわが国だけでも1万を超える土壌汚染が見つかり、その数は年々増加しています。地盤環境と大気環境や河川・湖沼といった表層水環境との違いは、実際の汚染を視覚、嗅覚等で感じるのが難しく、しかも汚染物質の移動速度が極めて遅く、汚染源の発見が難しく、見つかったとしても、その除去・浄化に多額の費用と非常に長い時間が必要となることです。さらに、潜在的な汚染箇所は100万近いという報告もあり、汚染箇所をすべて浄化することは現実的ではありません。



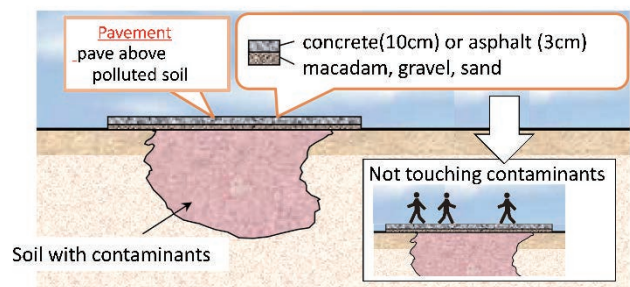
途上国の廃棄物処分場

環境汚染問題では、①汚染の防止（法律、条令等）、②汚染のリスク評価（汚染源の同定、環境、健康被害の予測等）、③汚染の修復（対策法の選定、効果の予測、確認等）④環境の保全（環境教育、倫理等）という4つの視点が重要です。しかし地盤環境汚染の場合、②③に多くの不確実性があり、汚染リスクを適切に評価し、それを除去する効果を正確に予測し、合理的な浄化、改善処置を図ることは容易なことではありません。

大学院科目である本講義では、たくさんの不確実要素を含む地盤環境問題を理解するために、関連する種々の基本知識、原理、理論、浄化方法、廃棄物処分方法、さらにはその理論を応用するための仮定について学びます。しかし、知識だけでは実際の複雑な問題を解決することはできません。異なる価値観、文化的背景を持つ多くの関係者の視点に立った検討が必要です。特に、国の発展の段階で多くの環境問題を抱えている途上国と先進国とでは環境問題の質、量ともに異なります。また、環境問題のとらえ方は人によって異なり、環境改善対策の目的、効果を大多数の関係者に納得してもらえるように説明することはとても難しいことです。そこで留学生と日本人学生がチームを作り、日本と出身国で共通する環境問題に関する調査、解決策の提案を目的としたグループワークも併せて行っています。さらには、座学では実感することが難しい現状について現場見学を通して学んでいます。環境問題は目に見えないことが多く、偏った情報だけでリスクや対策等の成否を議論・評価することが多々あります。この分野の専門家とはならなくても、多くの視点、価値観を総合的に判断できる素養を身につけることが本講義の目的の一つです。

● Countermeasure: pavement(舗装)

Pave concrete (10cm thick) or asphalt (3cm thick) above the contaminated soil to prevent from touching it directly



グループワークの発表スライド



東京都廃棄物最終処分場の見学会

【太陽電池、蓄電池、エネルギーシステムの最新技術（大学院課程：エネルギーコース）】

物質理工学院 応用化学系 教授 伊原 学

本講義は、応用化学系、化学系、材料系、電気系、機械系、融合系を横断する大学院エネルギーコースの講義科目であり、太陽電池、燃料電池、リチウムイオン蓄電池、スマートエネルギーシステムの最新の研究開発について紹介する英語開講の講義です。また、各技術に専門でない学生でも理解できるように、原理や基礎的な学理についても補足しながら講述をしています。東工大岡山キャンパスの環境エネルギーイノベーション棟（下写真）に設置された各種太陽電池を実際に見学しながら太陽電池の発電原理や種類の説明を行うなど、最新のエネルギーデバイスに関する知識を総合的に学修することを目的としています。この講義は、海外の大学から短期の留学生を受け入れるサマープログラムの科目のEnvironment & Energy2と同時開講しています。本サマープログラムには、欧米やアジアのトップ大学の学生から毎年定員を大幅に超える申込みがあるため、選抜された優秀な留学生が受講しています。したがって、本学エネルギーコースの学生と海外の大学に籍をおく留学生とが同じクラスで講義を受けています。また、国際共同研究などのために、海外から招聘した特任教授に数回の講義担当をお願いすることもあり、国際的かつ実践的に最新のエネルギーデバイス技術を学ぶことのできる特徴ある講義となっています。

2017年度の各回の講義概要を下記に示します。

1. 本講義の目的と概要および高効率エネルギービル（東工大環境エネルギーイノベーション棟）の太陽電池、燃料電池、ガスエンジン、蓄電池などエネルギーシステムを見学（担当：伊原学教授、長谷川助教／物質理工学院）：東工大岡山キャンパスで実際に稼働している、太陽電池、燃料電池、ガスエンジン、蓄電池、各種空調を高効率に運転、制御し、電力のピークカットなどを行うスマートエネルギーシステム“エネスワロー”の開発について解説し、将来のエネルギーについて考察した。
2. 固体高分子形燃料電池技術（担当：平井秀一郎教授／工学院）：燃料電池の電気化学的な仕組み、構成などを理解し、最新の研究などを紹介するとともに、今後の課題についても講述した。
3. 固体高分子形燃料電池のための材料機能のシステム設計（担当：山口猛央教授／物質理工学院）：地球環境問題、燃料電池の役割、そのために必要な材料機能などを総合的に講述し、新燃料電池材料設計の考え方、具体例を紹介した。
4. 高効率Cu (InGa) Se₂薄膜太陽電池（担当：山田明教授／工学院）：薄膜太陽電池の簡単な紹介を行い、Cu (InGa) Se₂の光学的・電気的特性について説明した。また、薄膜の成長プロセスと太陽電池の作製方法の概要、およびCu (InGa) Se₂薄膜太陽電池の特徴を講述した。
5. ヘテロ接合型結晶シリコン太陽電池（担当：宮島晋介准教授／工学院）：シリコンヘテロ接合太陽電池の基礎、構造、材料および作製プロセスについて具体例を示して講述した。
6. 電気化学エネルギー貯蔵デバイス（担当：菅野了次教授／物質理工学院）：電気化学エネルギー貯蔵デバイスの基礎科学と応用技術について学修することを目的とし、電池技術の概略を示したのち、研究開発のコアとなる材料開拓、反応機構解析、新デバイス開発について、実際の研究開発例を基に講述した。
7. 電池材料としてのカーボンナノチューブ（担当：脇慶子准教授／物質理工学院）：カーボンナノチューブは蓄電池材料としてアノードのみならず、カソードへの応用も注目されている。カーボンナノチューブの電気化学特性を概論し、電池分野での先端研究を講述した。



東工大環境エネルギーイノベーション棟の南壁面に設置された太陽電池



東工大環境エネルギーイノベーション棟の西壁面に設置された太陽電池

壁面の特性に合致するように、複数の太陽電池が設置されている

【環境安全推進室の環境教育】

地球環境に配慮した研究・教育活動を推進するためには、全ての教職員および学生が一丸となって環境保全に配慮した行動をとる必要があります。このため、本学では環境に対する意識を喚起し、維持・保全の取組み内容について、一人ひとりの理解を深める目的で、毎年4～5月に「環境安全衛生講習会」を開催しています。特に実験系の全ての研究室に対しては、代表者の受講とその後の研究室内での講習内容の周知を義務付けています。その内容は、環境保全に関する法令から、排水への化学物質の混入防止のための注意点や実験廃液および化学物質が付着した固形廃棄物などの分別方法など広範囲を網羅しています。



大岡山・すずかけ台キャンパスにおいて4月25日、5月1日、5月2日の3日間開催しました。学内ではガラス事故が事故全体の20%でそのうち90%が手の怪我であることからガラス器具を扱う研究室に切創防止手袋サンプルを配布しました。



実習風景

また、化学物質を使用する修士課程の新入生に対しては、「大学院講義—化学環境安全教育」の中で、さらに学士課程の化学系の学生に対しても環境保全に関する講義を行っています。その内容は、下水道法、土壌汚染防止法、PRTR法、マニフェスト制度などについて本学の具体的な運用に重点を置き講義しています。これにより、学生が環境汚染を身近な問題として認識し、環境保全についての素養を備えることを目的としています。

3-2 附属科学技術高等学校における環境教育

本校における環境教育の取り組みは、科学技術に関する専門教科「工業」を通じて、科学技術と環境の関係を理解し、科学的な視点で環境を捉える姿勢を育成することを目的に授業を展開しています。



「ペットボトルからみた環境」授業風景

1. 「課題研究」での取り組み

本校の基幹的授業科目である「課題研究」では、2017年度も分野を問わず環境やエネルギー関連の研究テーマが多く、生徒たちの環境やエネルギーに対する興味・関心の高さを窺うことができました。以下に、その一部を紹介します。

応用化学分野	「培養環境の違いによるクロレラのバイオオイル生成の比較」、「酸化タンブステン微粒子の合成とその光触媒性の検討」、「多種色素の同時増感を利用した色素増感太陽電池の性能の向上」、「キトサンによる生分解性プラスチックの合成と分解性の評価」、「芝浦地区の環境調査」、「開発途上国における消毒用バイオエタノールの作製」
情報システム分野	「機械学習を用いたボードゲームのアルゴリズムの研究」
機械システム分野	「水上浮遊物回収ロボットの開発」、「ライントレース機能付き電動車椅子の製作と評価」、「電池選別機による電池処理の簡素化」、「自動式ペットボトル処理機の開発」
電気電子分野	「防犯装置の製作」、「室温管理システムの製作」、「飲料容器自動分別器の製作」、「災害救助ラジコンカー」、「2モード電動台車」
建築デザイン分野	「人と風の通り道」、「運河に立つ大樹〜配線を利用した緑化計画」、「東京オリンピック2020を契機とした新しい都市緑化〜港区におけるマラソンコース沿いの公開空地の再利用〜」

2. 「グローバル社会と技術」の中での取り組み

本校の学校設定科目「グローバル社会と技術」の中で、第1学年次に「環境と人間」と題した授業を行っています。科学技術を志す1年生に共通するテーマとして、「科学技術」と「環境」の関係について図を書かせ、その関わりを理解させると共に、環境に配慮した科学技術者の育成を目的としています。2017年度も、「ペットボトルからみた環境」および「地球のエネルギー収支からみた環境」という授業を行いました。テキストの改訂を行い、「持続可能な社会の構築」を目指した科学技術者を育成することを目指しました。



3-3 在学生からのメッセージ

「微生物がかなえる低炭素社会

～生分解性プラスチック生産菌の代謝改変～」

生命理工学院 生命理工学系 生命理工学コース
福居研究室 修士課程2年 須藤 慈乃



私たちが毎日たくさん使い捨てているプラスチック，その多くは石油などの化石燃料を原料として合成されたものです。よく知られているとおり，化石燃料はそう遠くない未来に枯渇するといわれています。また，プラスチックごみが焼却時に発生する二酸化炭素により地球温暖化が進行する問題や，自然界で分解されずに残るプラスチックの環境流出問題などを抱えています。では，これらを解決するにはどうすれば良いのでしょうか。プラスチックとは無縁そうな微生物がその鍵を握っているかもしれません。

私たちの研究室では『微生物を工場として，生分解性プラスチックを合成する』研究を行っています。自然界に存在する微生物には，食べたエサをエネルギー・貯蔵物質としてプラスチックに変え，体内に蓄積するものがあります。このようなプラスチック生産菌から抽出したプラスチックは，環境中の微生物によって水と二酸化炭素まで分解される生分解性を有します。また，植物由来のカーボンニュートラルな糖や有機酸をエサとして生産できることからバイオマスプラスチックともいえます（図1）。これらの特徴から，微生物産生プラスチックは環境低負荷型材料として注目を浴びています。

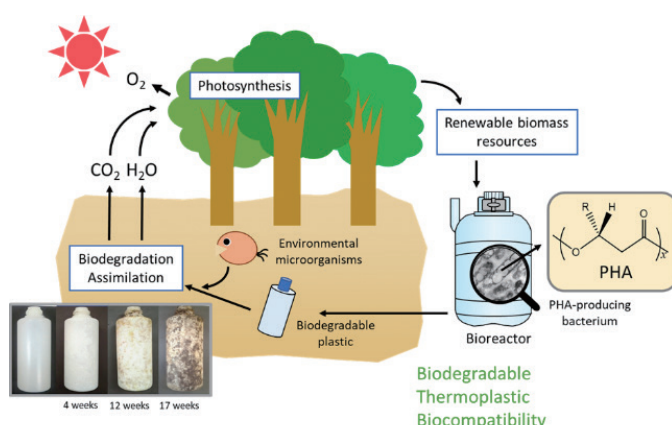


図1 生分解性プラスチックの環境中循環サイクル

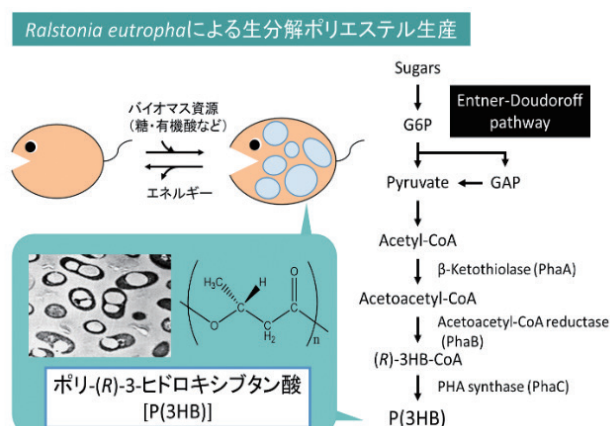


図2 生分解性プラスチック生産菌の一種 *Ralstonia eutropha* による生産経路

しかし，微生物産生プラスチックを普及させるには，汎用の石油由来プラスチックと同等，もしくはそれ以上の機械的物性や熱的性質を有したプラスチックを安価に生産することが求められます。当研究室では，遺伝子工学的手法を用いた代謝改変・制御を行うことで物性や生産性の向上と，より安価な原料を用いた生合成経路の確立を目指した研究を行っています。私自身は，エサとして与えた糖をより効率的にプラスチックに変換することを目的として，研究対象となる微生物の主要炭素代謝の制御に取り組んでいます。また，本微生物がもつ炭酸固定経路の機能を解析し，巧みに制御することで，代謝過程で発生する二酸化炭素の再利用による生分解性プラスチック生産の向上を目的とした研究も行っています。最終的には工業的生産コスト削減に貢献すること，そして微生物が「低炭素社会」をかなえる日を目指し，これからも日々研究を進めていきたいと思っています。





「光を用いた温室効果ガスの資源化」

物質理工学院 材料系 エネルギーコース
日本学術振興会 特別研究員DC1
宮内研究室 博士課程2年 庄司 州作

我々の周りには、光化学現象が溢れています。例えば、物を見るとき人間の目に飛び込んできた光が目の中の分子のcis-trans異性化を引き起こし、最終的には見えるという現象を実現させます。このように、光化学は非常に身近であり我々の生活の中に溶け込んでいるものです。また光は質の高いエネルギーで、地球レベルの問題を解決し得る潜在能力も秘めています。我々の研究室では光を有効利用し、効率的に化学反応へ寄与させるインターフェースとして光触媒を開発しています。光触媒は光の照射によってさまざまな化学反応を起こすことができ、既に我々の研究室ではセルフクリーニング部材、抗菌抗ウィルス材料、空気清浄などの環境浄化分野で実用化に至る光触媒を開発しています。¹

さらに、近年では光触媒の別の用途として、身の回りにある安定な分子を燃料に変換する研究を行っています。太陽電池では光を電気に変換しますが、光触媒を用いた系では光を化学エネルギーへ変換することが可能です。具体的には、水と二酸化炭素を光触媒により変換し、水素や一酸化炭素、ギ酸、メタノール等へ変換する「人工光合成」や、メタンと二酸化炭素を合成ガスへ変換する「ドライリフォーミング」の研究を行っています。二酸化炭素やメタンは、地球の温暖化に非常に大きな影響を与える温室効果ガスであり、これらの分子を減らすとともにエネルギー資源へ変換することのできる技術は、化石資源の枯渇問題や、地球温暖化に対する一つの有効策となる可能性を秘めています。

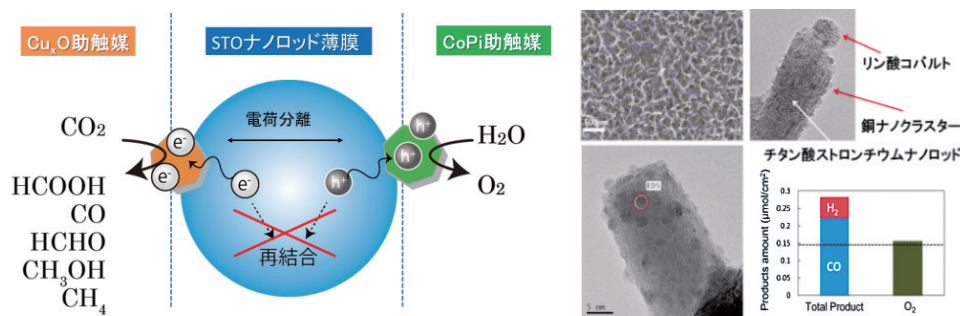


図1 光触媒による人工光合成

私は、修士課程までの研究として酸化半導体と反応を促進する助触媒を組み合わせ人工光合成を行って参りました。チタン酸ストロンチウムという安定な光吸収相を、高比表面積、高結晶化したナノロッド薄膜として開発し、この材料と二酸化炭素の還元を促進する銅酸化物のナノクラスター助触媒、水の酸化を促進するリン酸コバルト助触媒の界面をナノレベルで制御した複合光触媒を作製し、安定に量論的生成物が得られる人工光合成を達成しました² (図1)。

博士課程では、これまでの知見を基に光触媒によるドライリフォーミングの研究を行っています。ドライリフォーミングには通常800℃以上の非常に高温な条件が必要ですが、こうした条件下では炭素析出による失活や、触媒の熱凝集による効率低下が起こります。しかしながら、前述のとおり、光は非常に質の高い大きなエネルギーを持っているため、本来ならば数百度の熱と触媒を用いなければならない反応も光と光触媒を用いることでほぼ常温常圧で反応が進行すると考えられます。

理想的な研究「環境」として、健全な精神衛生を維持できる環境が整っていることが望ましいと考えます。我々の研究室の特徴として、学生、研究者がのびのびと研究を行っていることが挙げられます。研究を心から楽しみ、自由に創作や創造に励み、時には研究から離れ旅行に出かけ、時には教員とのディスカッションにより研究をより高次元に発展させていく、そんな好循環がある研究室の一員であることを誇りに思っています。この「環境」を将来の自分の主催する研究室のモデルとして心に留めておきたいと思います。

1) M. Miyauchi et al, *J. Phys. Chem. Lett.*, 2016, 7, 75-84.

2) S. Shoji, A. Yamaguchi, E. Sakai and M. Miyauchi, *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2017, 9, 20613-20619.



3-4 卒業生からのメッセージ

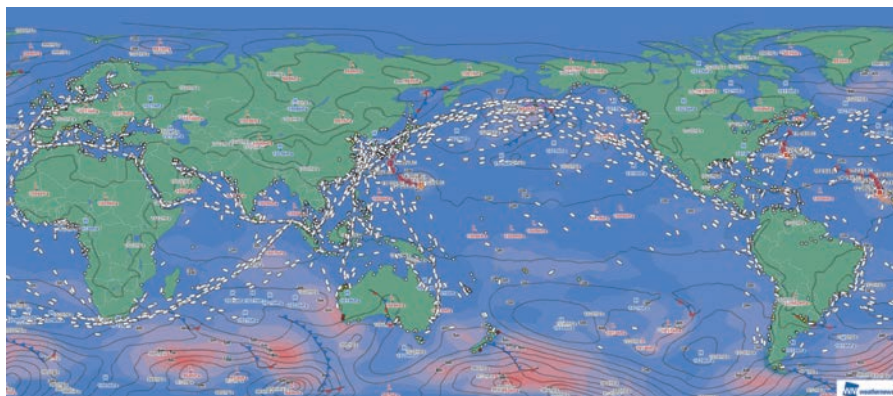
「気象情報を活用した対応策によるビジネス支援」

株式会社ウェザーニューズ
IT開発部門 八木 綾子 さん



私は2016年にウェザーニューズに入社しました。弊社では、気象情報そのものではなく、お客様のリスクやチャンスに応じた対応策をご提供しています。対象市場は、陸海空の交通機関・減災・小売業や電力の需要予想など多岐に渡ります。

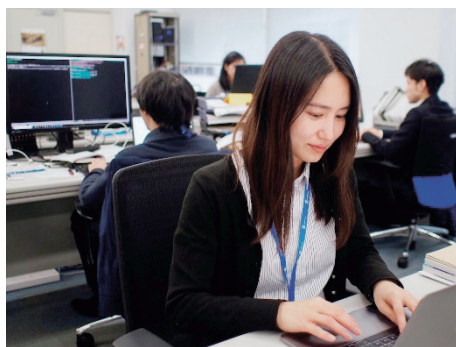
例えば、外航船市場のお客様向けに最適な航路をご提供しています。航海では、予定通りに目的地へ荷物を届ける定時性に加え、安全性と経済性を考慮した航路の選択が求められます。このため、船員と積荷が安全に航海できるよう、天気が荒れる危険なエリアを避ける必要があります。また、短距離かつ追い風となる航路を通れば、燃料コストを大幅に削減することができます。そこで、弊社では各航海の情報（船のスペック・積荷の種類・スケジュールなど）と予測に基づいて最適な航路を提案させて頂いています。



船舶モニタリング

船舶の位置、気象、海象などの最新情報をモニタリングすることで、航海中および停泊中の船舶の安全をサポートさせて頂いています。

よりの確な対応策をご提供するための取り組みの一つが、予測精度の向上です。公的な機関が配信するデータと独自に観測したデータを組み合わせることによって、弊社だからできる精度向上に取り組んでいます。この様なデータを活用した価値創造を加速させるためには、解析スキルを持つスタッフの強化だけでなく、蓄積されたデータを効率的に蓄積し取り出せる仕組みが不可欠です。



私が所属するチームでは、データ解析のインフラとなるデータベースを構築しています。データの検索・ダウンロード・デコード・切り出しといった解析の準備に手間や時間をかけずに、解析自体に集中できる環境づくりを目指しています。

また、これから益々増えるデータに備えて、拡張性の強化も進めています。データを価値に繋げる架け橋を作る、やりがいのある仕事だと感じています。50年ほど前は気象のリスクは避けようがないものでしたが、近年は情報を活用することでリスクは減らせるものになりました。これからの50年で、私たちの気象に対する向き合い方はどの様になっていくので

しょうか。弊社では、気象のリスクを最小化し、チャンスを味方にする最善の方法をお客様と共に追求していきます。

その一員である私自身も、データベース開発のチームとしてサービスの創出を支えながら、社会の課題を気象情報で解決できないか？という視点で新しいサービスの種を探していきたいと思っています。

筆者経歴

2011年3月 東京工業大学 理学部 地球惑星科学科 卒業

2013年3月 東京工業大学 大学院理工学研究科 国際開発工学専攻 修士課程修了

2016年3月 東京工業大学 大学院理工学研究科 国際開発工学専攻 博士後期課程修了

2016年4月 株式会社ウェザーニューズ入社



株式会社ウェザーニューズ コーポレートサイト
<https://jp.weathernews.com/>