

News Letter

[環境科学研究科ニュースレター]

東北大学大学院環境科学研究科

Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University



TOHOKU
UNIVERSITY



機能を支える素材と手仕事
—本館3階大会議室整備

① 本館3階
ようやく稼働開始!

環境科学研究科長 土屋範芳

② 空間を彩る生きた
自然素材たち

工学研究科 都市・建築学専攻
都市・建築デザイン講座
助教 藤山真美子



リサーチ・レポート

Research Report

① 自然環境に順応する化学工学テクノロジーの創製

先端環境創成学専攻 環境創成計画学講座 環境分子化学分野 准教授 大田昌樹

② 次世代環境問題を解決するためのバイオテクノロジー

先進社会環境学専攻 資源戦略学講座 環境修復生態学分野 助教 簡梅芳

トピックス

Topics

スマートにプラスチックと
付き合う社会を

—東北大学の取り組み—

本館3階、ようやく稼働開始！

東北大学大学院環境科学研究科長 土屋範芳



環境科学研究科には、Ecollab. がある。この1000m²の木造の建物は、無垢材で造られ、またエネルギーの先進設備が導入されている。2010年に竣工し、2011年の震災の時は、災害本部として機能した。竣工後10年が経過しているが、いまだに内部には木の香が漂う。高い天井、空間的な広がり、やすらぐ木調、この建物は、環境科学のひとつの顔として、親しまれている。一言で言えば“しなやかな建物”である。

環境科学研究科は、2014年に、青葉山新キャンパスに本館を建設した。鉄筋コンクリート5階建て5000m²の建物である。講義室、事務室と文系の教員と学生居室を備えた建物であるが、このとき、予算不足により、3階部分は、骨格だけ作り、内部の造作は、後回しとされた。その後2016年に、一定の整備を行い、会議室、研究室としての基本的な機能は整備された。本館自体、自然光の取り入れや、自然換気のためのチムニーの設置や、窓の開閉など、環境に優しいいくつかの工夫はされている。

この建物や各部屋の造りは機能的で無駄がない。それは

とっても素晴らしいことなのだけれど、もうちょっと遊び心というか、ふわっとする空気感があってもいいのかもしれない。建物に入ったときの緊張感を和らげるとともに、会議室や、研究室での白熱する尖った議論をおだやかに収める工夫はできないものであろうか。

ひとことでいえば“やすらぐ空間”を造りたかった。しかし限界はある。既に文科省標準仕様で造られている、この無機質な空間をどう親しめるものにしていくか。予算にも限界がある。時間もあまりない。あとは知恵を絞るしかない。建築学専攻の石田壽一教授、藤山真美子助教に相談した。心やすらぐ、ほっとする建物にしてください。できれば、地域連携を進める環境科学を体現できるものにしていただけませんか。あいかわらずの、わがままで抽象的注文である。それに、十二分に答えていただきました。詳細は藤山氏の寄稿に譲ることにして、まずは関係各位に御礼を申し上げたい。

この3階はまだ発展途上、“14番目の月”^{*1}である。この先ももっと楽しくなる。



Ecollab.

東北大学大学院環境科学研究科長

土屋 範芳 (つちや・のりよし)

1988年博士号取得(東北大学)、2003年環境科学研究科教授、2018年より現職。第31、35、51次日本南極地域観測隊参加。

住所：仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-20
電話：022-752-2233
E-mail：noriyoshi.tsuchiya.e6@tohoku.ac.jp





完成した本館3階大会議室



＊1〈14番目の月〉

1976年リリースの荒井由実（松任谷由実）のオリジナルアルバムのタイトル。

十五夜、つまり満月は、次の夜から欠けていく。「14番目」とは、明日はきっと満ちる、まだ発展の余地があることを指している。完璧なものは必ず朽ちる。未完はつぎの希望を紡ぐ。

荒井由実が歌っている。

“つぎの夜から 欠ける満月より
14番目の月が いちばん好き”

空間を彩る生きた自然素材たち

東北大学大学院工学研究科 助教 藤山真美子

環境科学研究科では、2019年、東北エリアの県産材料を使用し、本館3階大会議室内の整備を行いました。多種の自然素材を使用して、一つとして同じパタンのないテーブルやウォールパネルを組み上げていくことで、人々の集まる空間に多様な表情が与えられました。空間を彩る生きた自然素材のモノやコトの背景にある循環に思いを巡らせながら、活発な議論が交わされる場となることが期待されます。

東北県産の無垢材をはじめとした多種多様な木材

日本の森林面積は約2,512万ヘクタールあり、国土のおよそ66%に当たります。しかし、日本は森林資源に恵まれた国でありながら、木材需要の低迷などが理由で利用されない木が多く、森林の高齢化が進んでいると言われていています。成熟した木材を利用し、若い木を植樹して森林の循環を図ることで、持続的な生産システムを確保することは、自然環境全体を守る上でも重要な課題です。木々は吸収した二酸化炭素を樹体内に貯蔵し、炭素固定化にも寄与することから、近年では、大規模木造建築から木質バイオマスに至るまで、幅広い用途を対象とした木材活用が進んでいます。

今回の環境科学研究科における大会議室の整備では、東北地方の県産材として、ケヤキ、イチョウ、エンジュ、青森ヒバ等を使用するとともに、樹種の多様性を表現するために、ウォルナット、ラオス松、米ヒバ、スプルス、ピーラーなど材料に色幅を持たせた多種の外来木材も部分的に用いました。これらの天然木を切り出し製材した「無垢材」を使用してテーブルおよびウォールパネルを制作しました。接着剤を利用してベニヤを成形し強度をもたせた「合板」や天然木を薄くスライスし木工用の表面化粧材とした「突き板」とは異なり、「無垢材」は樹種の表情や経年変化がそのまま現れます。一方で、時間の経過と共に木材の乾燥が進み、色合いの変化や伸縮や割れが起りやすいことから、不特定多数の利用者が使用する空間での使用は容易ではありません。

今回の制作の中では、製材された部材ひとつひとつの表情を工場で確かめながらレイアウトを検討したり、各樹種の生地に対する塗装の乗りを確認しながら手直ししたりと、制作工程ごとに生きた自然素材である「無垢材」と向かい合いながらの丁寧な作業が積み重ねられています。



[木材サンプル]

上段左から：ケヤキ、イチョウ、エンジュ、青森ヒバ

下段左から：ウォルナット、ラオス松、米ヒバ、スプルス、ピーラー



工場での部材レイアウト確認作業



工場での塗装作業

白石市伝統の手漉き和紙

今回、ウォールパネルの一部には、東北県産の木材と共に宮城県白石市原産の白石和紙を使用しました。白石和紙は、伊達藩主家臣であった白石城主の片倉小十郎が農閑期の内職として推奨したとされます。その後、白石和紙は紙布織や紙衣として衣類にも使われ、独自の文化を発展させました。明治初期には工業化の影響から一時途絶えたものの、昭和初期に復興を目指して片倉家15代目の片倉信光、佐藤忠太郎、遠藤忠雄らによって「奥州白石郷土工芸研究所」が創立されました。その後、遠藤忠雄の妻である遠藤ましこ氏によって技術が引き継がれていましたが、平成27年には高齢化により白石和紙の製造を終えることとなりました。現在では、遠藤ましこ氏より直接指導を受けた同市の有志による「蔵富人(くらふと)」が後継者となり、白石和紙伝統の材料や技術が守られています。「蔵富人」では、原材料となるトラフコウゾとトロロアオイの栽培から材料の加工・紙の製作まですべての工程を本業の傍らで有志のメンバーが行っており、和紙製品の販売やワークショップを通してその歴史や技術が、有志らの自助努力により守り続けられています。

今回の整備では、「蔵富人」の協力の元、壁面ルーバーパネルの板部に使用する壁紙として、この白石和紙を使用することができました。2019年の夏は、例年以上に気温の高い日が続き、漉きの作業に不可欠なトロロアオイの粘度が安定的に保てないことから、まとまった製作時間の確保が難しい状況もありましたが、色合いを都度調整いただきながら数回に分けて製作が行われました。建築内装材としての使用であることから、コウゾの皮を多めに配合するなど材料が混在した表情を強調することで、建築空間の大きさに負けない強い和紙の表情が生まれました。

モノヤコトの循環に対する実感

東北県産の材料を活用した大会議室の整備では、このような生きた自然から紡ぎ出された素材によって空間の表情に多様性が生まれました。生きた素材であるからこそ、経年による質感の変化が現れますが、変化への気づきの度、素材の背景にある環境や生産者にも思いを馳せていただけたらと思います。これからの循環型社会を考えていく上では、消費者の参加を伴う理解、モノヤコトの循環に対する実感の生産、つまり機能を供給するだけの直接的便益に留まらない、気づきや共感を伴った間接的便益が重要になるとされます。多くの人の手を介しながら紡がれたモノや空間に触れながら、それらを支える生産や伝統に気づきが生まれることを期待します。



白石和紙に欠かせないトロロアオイのとりみ



和紙の繊維



白石和紙手漉き作業

東北大学大学院工学研究科 助教

藤山 真美子 (ふじやま・まみこ)

九州芸術工科大学卒業。九州大学大学院博士前期課程修了。東北大学にて博士号(工学)取得。都市建築学専攻助教。専門は建築意匠。

住所：仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06

電話：022-795-5052

E-mail：mamiko.fujiyama.a5@tohoku.ac.jp





自然環境に順応する 化学工学テクノロジーの創製

東北大学大学院環境科学研究科 准教授 大田昌樹

大田 昌樹 (おおた・まさき)

2002年に東北大学工学部生物化学工学科卒業後、同大学院工学研究科化学工学専攻博士課程前期・後期課程修了(工学)。東北大学大学院工学研究科附属超臨界溶媒工学研究センター助教を経て、現職に至る。2010年には独国カールスルーエ大学客員研究員を兼任。専門は、化学工学。



研究の背景と経緯

従来の医薬食品製造分野においては、ときに高環境負荷の有機溶媒が使用されることで人体への副作用の問題などが懸念されてきました。このような中、これまで著者は安心かつ安全な経口・経皮物質の製造に向けて、二酸化炭素の他、エタノール、水等のグリーン溶媒を用いた高压流体、特に超臨界・亜臨界流体の利用による環境調和型製造技術の開発に関する応用研究を推進してきました。特に最近では、化学を基盤において地球環境や生態系保全に向けた持続可能な社会構築を

目的として、天然資源や合成化合物の有効利用を可能とする工学技術の開発に関する研究について付加価値順のカスケード利用を可能とするための分離工学、安心安全な物質選定のための高压溶液化学、技術の社会実装のためのプロセスシステム等において知識と経験を深めてきました。今回、良い機会をいただきましたのでこれまでの研究内容と進捗について紙面の限り説明をさせていただきます。

研究内容と進捗

医薬食品素材の環境調和型抽出分離を設計するにあたり、1960年初頭にHildebrandが提唱した溶解度パラメータ (SP値) は極めて便利な指標です。これは、分子の配置配向は完全にランダムかつ混合によるエントロピー変化を無視できるとした正則溶液論に基づく物性であり、溶剤選定の他、高分子材料の設計などに広く用いられています。このパラメータは通常、医薬食品素材の抽出・分離において標準状態で使用されてきましたが、最近になって著者は、超臨界・亜臨界流体のような高温高压状態でも計算できるように理論的手法を新たに展開することができました (図1)。この物性値は、SP値と互換性のある熱力学量であることからエントロピー型溶解度パラメータ (図2) と名付けましたが、この理論が開発されたことにより理論予測

をしながら高温高压下の抽出分離実験が実施できるようになり、試行錯誤に要する実験的成本を大幅に削減できるようになりました。

また、著者は関連企業と共同で最近、連続式亜臨界溶媒分離装置 (向流接触型高压抽出装置) のオリジナル開発にも成功しています (図3)。2013年には、この装置に搭載した連動式自動背圧弁が市販されています。オリジナリティーは、複数台の自動背圧弁を内蔵タイマーにより交互に吐出する機構そのものにあります。また、この連動弁搭載型の亜臨界分離装置はパッケージとして普及していませんが、需要が拡大すれば将来的には具現化される可能性があるものと期待しています。

今後の展開

将来的には、実験をしなくても有用化合物の抽出・分離を簡単に理論予測できる数理モデルをさらに開発し、医薬食品・飲料・化粧品・化成品等の素材開発に有効活用したいと考えています。また、化学反応

や吸脱着平衡などの化学工学各分野と融合できるような学際研究を推進し、社会に貢献する基礎研究を展開していきたいとも考えています。

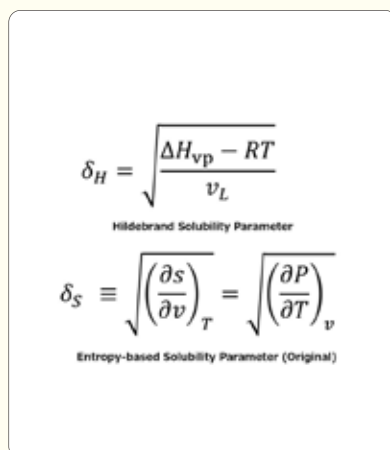


図1 Hildebrand溶解度パラメータ(SP)とオリジナル開発したエントロピー型溶解度パラメータ (eSP)

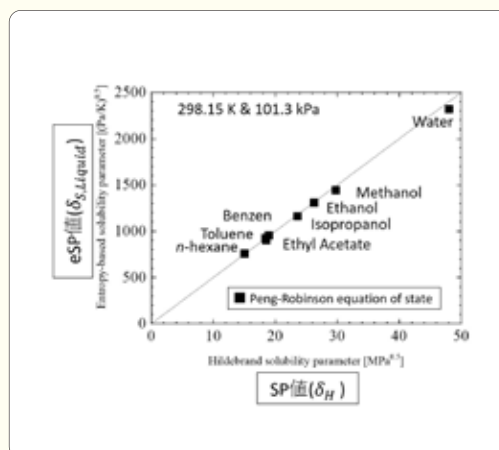


図2 Hildebrand SP値と本研究オリジナルのeSP値の相関



図3 関連企業と共同開発した亜臨界溶媒分離装置



次世代環境問題を解決するためのバイオテクノロジー

東北大学大学院環境科学研究科 助教 簡梅芳

簡 梅芳 (かん・ばいほう)

台湾出身。台湾中興大学植物学科卒、同大学大学院生命科学研究所にて修士号取得後、東北大学大学院生命科学研究所にて博士後期課程修了(生命科学)。愛媛大学沿岸環境科学研究センター及び東北学院大学工学部にて研究員を経て、現職に至る。専門は環境微生物学、分子生物学。



研究の背景と経緯

20世紀後半以来、環境汚染や資源不足などの課題への関心が高まっています。一方、これらの問題の解決に、生物学的技術の発展と適用が期待されています。私は微生物学・分子生物学を中心とした研究を行ってきました。博士時代では水銀耐性細菌の持つ「歩き回る」水平伝播DNAを研究し、ポストドクでは汚染環境における汚染物質の分解菌とその分解遺伝子の調査を行ってきました。また、水銀やヒ素

など有毒の金属や半金属類の汚染物質を分解する微生物を利用した汚染浄化システムの開発に取り組んできました。環境バイオテクノロジーは、上記の環境課題を解決する上、「エコノミーとエコロジーの両立を可能にする」技術として、大きなポテンシャルを持つことを信じ、その実現に携わる研究者として、使命感と自負を持っております。

研究内容と進捗

最近の研究課題について、ヒ素高蓄積植物のモエジマシダ (*Pteris vittata*) のヒ素吸収・蓄積機構の解明及びこの機構を生かした高効率なヒ素除去(ファイトエクストラクション)を例として紹介します。モエジマシダは主にヒ酸を吸収することに着目し、その根圏環境における植物と微生物の活動を調べた結果、根圏では微生物による以下三つの反応を確認しました：① 亜ヒ酸の酸化、② 鉄のキレート剤の分泌、③ 植物成長ホルモンの分泌。また、根圏には④ 植物の根分泌物により、上記の反応をもたらす微生物が引き寄せられることも確認しました(図1)。これらの知見から、上記①②③反応をもたらす多機能微生物を

モエジマシダの根圏から単離し、さらにこの多機能微生物とモエジマシダの共同栽培により、効率的にヒ素を可溶化・植物に吸収させ・植物体内に固定させる「植物・微生物による効率的なヒ素除去技術」として確立し、その効果として、モエジマシダのヒ素蓄積量を有意に上昇させたことを圃場にて4年連続実証できました(図2&図3)。その他、微生物による多環芳香族炭化水素(PAHs)の分解を促進する植物を見出し、さらにその効果は植物の根分泌物がPAHs分解微生物を増加させたことに由来することを確認しました。

今後の展開

環境汚染問題のほか、環境資源問題をバイオテクノロジーで解決することを目指し、生物学的資源の集積・回収に関する研究を開始しています。レアメタルなどの金属類資源の需要は高騰する一方、廃液からの回収がほとんど行われていません。微生物による高感度・高特異性のもつ金属応答機能を活かし、レアメタルを含む排水から回収することを図ります。モリブデンを最初のターゲットとして、モリブデンを濃縮・回収する酵母の作製に成功しました。現在は、①より多種類の有価金属の回収を可能にするには、それぞれの金属に応答・結合する

生物機能(酵素)が必要であると考え、環境ゲノムの調査技術を導入し、「未開発の金属応答性生物資源」を発掘・利用可能にすること、②より安定な遺伝子発現酵母の構築を図り、金属結合遺伝子の導入を合成生物学技術と融合し、「デザイン可能」な金属結合微生物を創出すること、③適した生物固定手法・固定化材を開発し、「高効率・高安定性」を持つ生物学的金属回収技術の基盤構築研究として展開していきたいと思っています。

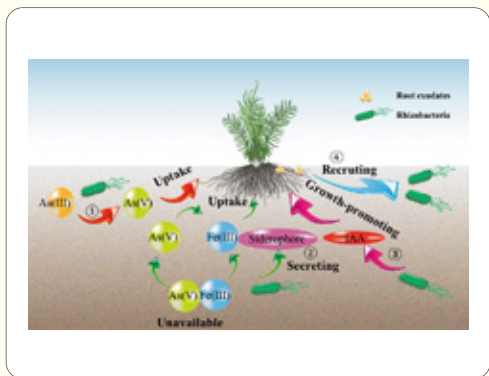


図1 モエジマシダ根圏における微生物・植物の相互作用



図2 モエジマシダ圃場の写真

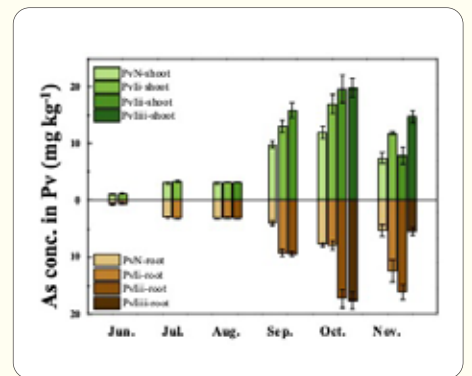


図3 圃場実験中、植菌シダ(Pv)と未植菌シダ(PvN)のヒ素濃度の経時変化

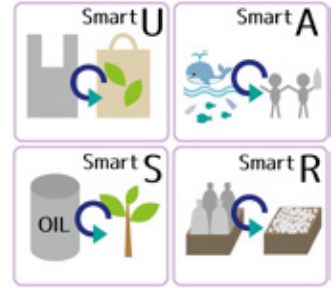
スマートにプラスチックと 付き合う社会を —東北大学の取り組み—

国連環境計画 (2018) によれば、全世界で約4億トン以上のプラスチックが毎年生産され、不適正な環境への流出が世界的な問題となっています。世界的なプラスチック問題は、ひとつの方策で解決することは決してありません。技術的な課題解決のみならず、法制度設計、社会システム構築、経済的なインセンティブの付与など様々な取り組みを上手に取り入れ、それらを有機的に結びつける視点が必要です。

2019年5月に示された我が国のプラスチック資源戦略は、従来からのリデュース、リユース、リサイクルの3Rに加えて、再生利用とバイオマスプラスチックの導入によるRenewableが付加された「3R+Renewable」が基本原則となっています。環境省は、「プラスチックとの賢い付き合い方」を全国的に推進し、我が国の取組を国内外に発信していくキャンペーンを「プラスチック・スマート-for Sustainable Ocean-」と銘打って展開しています。東北大学は、全国の大学に先駆けて、2019年3月に「プラスチック・スマート」の推進を宣言し、それに基づき同年10月に超域学際融合研究拠点 (Tohoku University - Transdisciplinary Research Initiative for Plastic Smart: TU-TRIPS) (拠点長: 松八重一代 環境科学研究科) が設置されました。11月5日、6日には、東北大学と科学技術振興



沖永良部島海岸に漂着した廃プラスチック



4つのプラスチック・スマート研究

機構の両機関の共催により「サイエンスアゴラ in 仙台 2019 & 東北大学 SDGs シンポジウム」を開催し、その中で「プラスチック・スマート: プラスチック問題から見る SDGs」と題したキックオフシンポジウムを開催しました。

TU-TRIPS は、社会が抱えるプラスチック問題についての研究を「使用 (Smart U)」「代替 (Smart S)」「適正回収・循環 (Smart R)」「知の還元 (Smart A)」の4項目に分類し、東北大学の知を集結してプラスチック・スマート研究の融合知を生み出し、地域 (Local)・島しょ (SIDS)・国際 (Global) におけるプラスチック問題解決に貢献していきます。

環境科学研究科 環境・エネルギー経済学分野 教授 松八重一代

東北大学「プラスチック・スマート」推進宣言ホームページ

<http://www.bureau.tohoku.ac.jp/somu/plastics-smart/index.html>

アクセス

Access

青葉山新キャンパス

【JR 仙台駅からのアクセス】
仙台市営地下鉄 東西線「八木山動物公園駅」にて9分
「青葉山」で下車 (250円) 南1出口 徒歩5分

青葉山東キャンパス

【JR 仙台駅からのアクセス】
仙台市営地下鉄 東西線「八木山動物公園駅」にて9分
「青葉山」で下車 (250円) 北1出口 徒歩10分

News Letter

環境科学研究科ニュースレター NO.21 / 2020年3月発行
表紙:「本館3階大会議室ウォールパネル」

東北大学大学院環境科学研究科

Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

【環境科学研究科本館】〒980-8572 仙台市青葉区荒巻字青葉468-1
TEL 022-752-2233(総務係) FAX 022-752-2236
<http://www.kankyo.tohoku.ac.jp/>

