

# NEWS LETTER

東北大学大学院環境科学研究科  
GRADUATE SCHOOL OF ENVIRONMENTAL STUDIES



## Research Report

- エネルギーと気候変動へのチャレンジ
- ラット軟組織内における親水基修飾多層カーボンナノチューブの長期間生体持続性の評価

## Topics

- 第29回環境フォーラム
- 平成25年度みやぎ県民大学
- 第30回環境フォーラム
- オープンキャンパス2013
- 平成25年度9月修了者 学位記伝達式
- 第31回環境フォーラム
- 『みどりの小道 環境日記 宮城版』制作協力
- 『それはエコまちがい?』出版

## 連載

龍は雲に登り神は崑崙に棲む - 黄河文明の驕り

## 特集

# 循環型社会実現を目指して ～廃棄物問題に挑む

- 廃棄物資源循環複合新領域研究寄附講座
- 資源・物質型社会の実現を目指して～吉岡研究室 研究紹介
- 分級と改良の融合によるゴミ混じり津波堆積物の再資源化





# 循環型社会実現を目指して

～ 廃棄物問題に挑む

捨てるを

生かすへ

地球温暖化をはじめとする地球環境問題の抑制に向け、大量生産、大量消費、大量廃棄型の社会から、循環型社会への転換が求められています。さらに、2011年3月に発生した東日本大震災では、大量の災害廃棄物をもたらす、復興のためには迅速かつ適正な処理が喫緊の課題となっています。

循環型社会構築のためには、廃棄物中の有価物を効率的にリサイクルする必要があります。

本研究科では、資源学、化学、材料学、社会経済学など幅広い研究分野と連携し、循環型社会の構築に最も効果的な技術原理の開発、社会システムの提案を目指しています。

## 廃棄物資源循環複合新領域研究寄附講座

教授 大内 東／准教授 劉 予宇／准教授 グラウゼ ギド

### 寄附講座設置の経緯について

世界的に環境問題への対応が求められ、多くの立場で環境との関連が重要視される。しかし、上昇するCO<sub>2</sub>レベルにおける地球規模のエネルギー安全保障、生態系健全化による環境保全、資源確保のため循環系社会が実現されることが重要である。廃棄物リサイクル、低環境負荷材料・商品の開発、有害廃棄物管理、産業廃棄物の不法投棄などの複合的な問題の解決は経済、産業などの持続可能な開発が主な視点である。従って、環境問題の解決にはこれまでにない新たな視点から複合的な取り組みが必要となる。

本寄附講座は、以上の活動の必要性を強く認識し、大学と産業界の共同研究を進めるべく仙台市に立地する産業廃棄物処理事業者である仙台環境開発株式会社の寄附によって、平成25年7月1日に設置された。

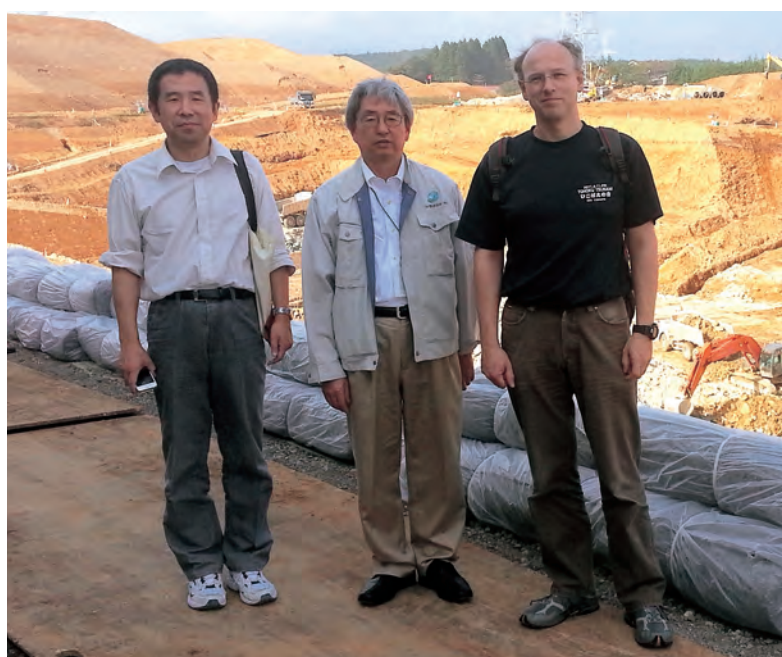


写真1 新たに増設中の管理型最終処分場(仙台環境開発株式会社)を背景に寄附講座教員(左から劉准教授、大内教授、グラウゼ准教授)

## 研究(教育)内容について

本講座は、廃棄物に関連する処理・リサイクルや管理といった事業的側面にも考慮して、廃棄物処理事業を産業化させるため大学との相互補完を行いつつ、具体性をもって環境問題の改善に対処することを、研究面および教育面の両面から実践することを目的としたものである。以下の3点を、目的とする：

- (1) リサイクルに関する材料の段階から再利用までを展望しながらの研究を行う。特に有機物および無機物を混成で含んでいる廃電気電子機器をリサイクルする制度が施行されるに当たり、自治体主導で回収される対象品をリサイクル事業者が引き取り、金属をリサイクルするとともにプラスチック類のリサイクルを進める。
- (2) 環境保全へ配慮し、廃棄物の最終処分場の水質管理を行っている企業との連携において、モニタリングと管理手法の持続的開発を実施する。
- (3) 廃棄物処理産業界から見て、現在の環境行政に内在する様々な問題点を明確化し、解決案に関する研究を行う。



写真2 プラスチックを熱分解しリサイクルするための流動層装置

本講座では、廃棄物の処理や水質管理のみを念頭においたものではなく、産業活動を進展させるための静脈的役割を担う分野の実情把握、それに適応できる分離、分解、評価に関する技術の習得について、現実社会の情報を伝達する。また、物質循環フローを考慮しながら環境負荷も考慮したプロセス開発を行えるなど、環境科学全体の問題に対応し、環境を配慮した産業活動を実践できる人材の育成を目的として講義・セミナー・現地見学などを実施する。シンポジウム・セミナー・講演会および地元自治体や関連学協会との連携等を活用しながら、主体的に外部・社会発信を行う。

図 環境に優しい、省エネ型水処理技術の研究開発



## 期待成果について

教育上の効果として、廃棄物やリサイクルの問題を、環境保全や資源循環の観点から、制度的な側面を深く意識しつつ、消費者、自治体や処理事業者の立場を交えて講義や見学会を実施する。大学における先端技術等を事業者や産業界でも直接的に受け入れることで、新たな局面の展開が期待できる。

社会への貢献については、シンポジウムやセミナーなどを通じて実施する。セミナーなどの実施や、教員が各所で講演やレクチャーなどを単独または地元自治体等と連携して実施する活動は、今後各所で顕在化し社会を動かすことが期待される。

研究面においても、社会面と技術面から、客観的にも社会から認められる活動を具現化することで、両分野とも研究内容がより現実的になり、より実効的な研究成果が期待される。



資源・物質型社会の実現を目指して  
 ~ 吉岡研究室 研究紹介

環境科学研究科 教授 吉岡 敏明

プラスチックは私たちの日常生活において欠かす事の出来ない材料の一つです。私達の研究室では、廃プラスチックを有用な資源としてリサイクルするための技術開発を行っており、中でも、処理・リサイクルが難しいとされるポリ塩化ビニル (PVC) およびポリエチレンテレフタレート (PET) に対し、化学修飾による機能付与やポリエステル化学原燃料化等を行っています。

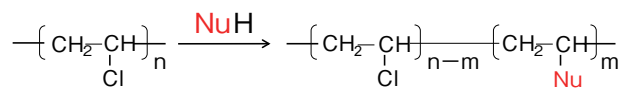


Fig.1 PVCの求核置換反応

PVCは分子構造中に塩素を含む熱可塑性樹脂です。当研究室では、塩素の一部を種々の官能基に置換する事によりPVC樹脂に新たな特性を付与する、アップグレードリサイクルを検討しています (Fig.1)。例えば、エチレングリコール (EG) 等を溶媒に用いてチオシアン酸カリウム (KSCN) を求核試薬としてPVCと反応させると、PVC中の塩素の一部がチオシアン酸イオン (SCN-) と置換します。SCN-は山葵や辛子などの成分にも含まれ、PVC中の塩素を僅か数%置換することにより、細菌の付着を抑制する効果が出現します

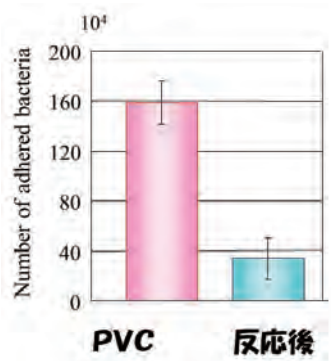


Fig.2 SCN-置換PVCの細菌付着抑制効果

(Fig.2)。僅かな塩素との置換では、PVCそのものの特性を大きく損なうことなく、このような置換反応特性を利用することによって、例えば抗菌効果を有する塩ビ管や壁紙をつくることが可能となります。

PETはこれまで、油化されないプラスチックとされてきましたが、当研究室ではカルシウム触媒を添加する事で、選択的にベンゼン油を回収できる事を見出しました。具体的には、PETを水蒸気雰囲気下で加水分解することにより選択的にテレフタル酸 (TPA) を生成し、カルシウムと反応させることで選択的にベンゼンを生成します。現在は、金属を含有するPET廃棄物に対し本手法を応用し、PETからベンゼンを回収すると同時に金属を分離回収するプロセスを検討しています (Fig.3)。大型のロータリーキルン型反応装置を用いたX線フィルム (PET) からの銀およびベンゼン回収試験も実施しています (Fig.4)。

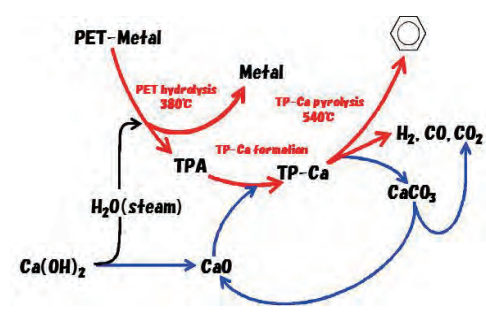


Fig.3 PETの油化及び金属回収の概要

現在の廃プラスチックリサイクルではカスケード利用の要素が強いですが、これからはアップグレード化や、金属も含めた総合的なリサイクルシステムの構築が必要となります。私達の研究がその一端を担い、プラスチックリサイクルを通じてより効果的な資源循環が達成される事を願い日々研究を推進しています。



Fig.4 X線フィルムからのベンゼン油及び銀の回収試験



## 分級と改良の融合による

## ゴミ混じり津波堆積物の再資源化

環境科学研究科 教授 高橋 弘

## 1 はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、日本における観測史上最大のマグニチュード9.0を記録した。この地震により場所によっては波高10m以上の大津波が発生し、沿岸部に未曾有の被害をもたらした。大震災により発生した津波堆積物は約1,300～2,800万トンにもなると報告されている。現在、可燃物は焼却処分し、金属類などは分別してリサイクルに回すなどの処理が精力的に行われており、2013年5月末時点で約7割の処理が完了し、目標としていた2013年度末までの処理完了が実現されつつある。

一方、比較的ガレキ・ゴミの少ない津波堆積物は防潮堤建設への使用が決まるなど、徐々に処分が進みつつあるが、大量のガレキ・ゴミが混ざった津波堆積物は直接利用が困難であり、処理が遅れているのが現状である。このゴミ混じりの津波堆積物から比較的容易にゴミを除去でき、かつ津波堆積物の土砂分を復興資材などに再利用できれば、被災地の復旧・復興に大きく貢献できると考えられる。

そこで著者らは、(一社)東北地域づくり協会「技術開発支援く東日本大震災復興関係」を受け、東亜建設工業(株)が開発した分級技術(ソイルセパレータマルチ工法)と著者らが開発した泥土改良技術(ボンテラン工法)を組み合わせ、ゴミ混じり津波堆積物からガレキやゴミを除去し、津波堆積土砂を砂と粘土に分離して、津波堆積土砂の全量を再資源化する実証試験を実施した。本報ではその内容について簡単に報告する。

## 2 砂の分級工程について

本実証試験に用いた分級装置と濁水処理装置を写真-1に示す。分級工程では、初めに水槽内の津波堆積物に加水し、<sup>しゅんせつ</sup>浚渫装置(マジックボール)をセットして津波堆積物を浚渫した。加水の際に軽いゴミは浮き上がってくるので網ですくい取り除去した。サイズが大きく重いゴミは浚渫されずに水槽内に残るので、これは最終処分した。次に浚渫された泥土を分級装置に送り、2つのスクリーンおよびハイドロサイクロンを通して、ゴミ混じりの礫と砂を分級した。ゴミ混じりの礫は最終処分する



写真-1 実証試験に用いた分級装置と濁水処理装置

が、砂はそのまま復興資材として再利用できる。例えば、液状化対策として用いられるサンドドレーン工法の砂材として使用可能である。

ハイドロサイクロンからは粘土などの粒径の小さな粒子が水とともに泥水として流出されるので、この泥水を濁水処理装置で水とフロック(粘土の凝集物)に分離した。水は水槽内の津波堆積物の加水に再利用した。フロックは含水比が高く再利用が難しいので、従来の分級工程ではこのフロックは最終処分されていた。しかし、著者らが開発した泥土改良技術(ボンテラン工法)を適用すれば、良質な地盤材料に再資源化できるので、フロックを改良工程に回し、再資源化することにした。

## 3 フロックの改良による緑化基盤材の生成

本実証試験では分級工程で排出されるフロック(粘土)にボンテラン工法を適用し、緑化基盤材として再資源化することにした。本実証試験で得られたフロックの含水比は200%であったので、古紙の乾燥質量:土粒子の乾燥質量が1:6になるように古紙破砕物の添加量を70kg/m<sup>3</sup>と決定した。改良工程では、初めにフロックに古紙破砕物を添加・混合し、攪拌が終了した後、水溶性ポリマーを添加してさらに攪拌・混合を行った。本実証試験で作成した緑化基盤材は、名取市が被災地の地盤を嵩上げる際のイメージとして造成した盛土の一面を緑化する際の基盤材の一部として全量再利用された。写真-2に緑化工事から約3ヶ月後の植生状況を示す。名取市で発生したゴミ混じり津波堆積物を処理して緑化基盤材を作成し、その基盤材を用いて名取市のイメージ盛土を緑化するという、いわゆる廃棄物の地産地消が実現された。今後、被災地のゴミ混じり津波堆積物を有効利用する際の1つの可能性を示すことができたと考えている。



写真-2 緑化工事から3ヶ月後の植生の様子

## 4 むすび

分級と改良を融合することにより、ゴミ混じり津波堆積物からゴミを除去し、土砂を全量再資源化することが可能であることを今回の実証試験により確認した。本実証試験の結果を広く発信し、被災地の復旧・復興に貢献して行きたいと考えている。



# エネルギーと気候変動へのチャレンジ

## 地球環境問題と気候変動

地球環境は、その影響が一国の領域を超え、地球レベルとなる地球公共財です。地球環境保護を政策が関与せず、個人や企業の自主的活動に任せただけの場合、社会的に見ると過小な水準となります。これまで気候変動の問題に対して、国際的合意の必要性は理解されており、1997年COP3における京都議定書、デンマーク・コペンハーゲンで行われたCOP15や南アフリカ・ダーバンでのCOP17において少しずつではあるが議論は進展しています。今後、いかに長期的に大幅なCO<sub>2</sub>削減が可能になる制度ができるかが注目されています。私の研究の大きな課題の一つはいかにして、現実的かつ長期的大幅削減が可能になるかを示すことです。

二酸化炭素削減の価値を見出す方法として、炭素税そして排出量取引制度(EU-ETS等)の市場メカニズムが用いられています(図1)。排出量の大幅な削減が求められ、大幅な削減目標は難しい問題です。しかしその解決法を見つけることができた場合、問題が大きいが故に、新しい技術、製品やサービスに多くの需要があるため企業のビジネスチャンスは大きくなります。そのため社会的に注目を集めています。

## 挑戦的な英国の電力市場改革

福島第一原発の事故により、原子力発電の大きなリスクが再認識され、原子力発電の経済性にも大きな疑念がもたれています。ただ、原子力発電の存在意義を巡り、新しいエネルギー供給の姿を模索しているのは日本だけではなく、英国もその一つです。

英国は欧州の厳しい二酸化炭素排出規制にコミットしているため、新電源の選択は限られており、北海油田の枯渇などでエネルギーセキュリティでも大きな悩みを抱えています。この二つを同時に解決するために、原子力発電の導入にむろ積極的です。2012年にエネルギー法改正案が議会に提出されましたが、その骨子は、電力の安定供給と低炭素電源の活用、そして適正な電力価格と民間事業者から積極的な投資を促す枠組みを作成することでした。ここで注目を集めているのが、差額精算方式を用いた低炭素発電電力の固定価格買取制度です。原子力発電を固定価格買取の対象とし、原子力発電に特有のリスクを考慮した価格設計を構築することで投資を呼び込むというのが狙いです。



環境・エネルギー経済研究分野  
専門 環境経済学  
准教授

馬奈木 俊介  
Shunsuke Managi

九州大学大学院工学研究科修士  
卒(都市システム工学専攻)、米  
国ロードアイランド大学大学院博  
士卒(環境・資源経済学専攻)、  
Ph.D.(経済学)。サウスカロライ  
ナ州立大学ビジネススクール講師、  
東京農工大学大学院助教授、横  
浜国立大学経営学部准教授を経  
て、現在、東北大学大学院環境科  
学研究科環境・エネルギー経済学  
部門准教授。地球環境戦略研究  
機関(IGES)フェロー、経済産業研  
究所(RIETI)ファカルティフェロー、  
東京大学公共政策大学院客員准  
教授、東北大学災害科学国際研  
究所准教授、経済産業省産業構  
造審議会臨時委員を兼任。

## 排出権取引制度のデザイン

◆排出権取引制度とは？－CO<sub>2</sub>排出削減の例



図1

## 企業のビジネスチャンス

もう一つの研究テーマの一つが企業が環境ビジネスでいかに成功し社会に貢献出来るかです。気候変動等の環境問題は温室効果ガス等の排出量を削減することが求められるため、企業が取り組む必要がある問題です。多くの人が排出量を抑えるために新しい技術、製品やサービスが必要となります。

環境リスクを削減するためには、まず環境問題を予測して問題がおきる前に対応策を考え、そして新しい政策や規制が施行されるまに実行することが重要です。このように環境ビジネスや経営のためには、今後の政策の理解が重要です。ビジネスとして環境対策が成り立つためには、どういう顧客セグメントに売めるのか、売めるためのシナリオをどうするか、シナリオ通りに進んでいるかの確認はどうするかなど実際の経営は多くの問題があり、対策法をまとめています。



# ラット軟組織内における親水基修飾多層カーボンナノチューブの長期間生体持続性の評価

## 研究背景と経緯

カーボンナノチューブ (carbon nanotubes: CNTs) はドラッグデリバリーシステムのキャリア、細胞培養のスケハロールド、人工関節・骨などの生体材料として注目されており、これらの応用には、生体内での CNTs の長期間の構造安定性および生体適合性が重要な要素となります。これまで、生体外・生体内実験において、カルボキシル基修飾されている単層カーボンナノチューブ (single-walled carbon nanotubes: SWCNTs) や多層カーボンナノチューブ (multi-walled carbon nanotubes: MWCNTs) が、マクロファージや好中球などの貪食細胞中のライソゾーム内で生分解されることが知られていましたが、長期間の生体内での CNTs の構造安定性、またマクロファージ内外での CNTs の構造安定性 (図1) は調べられていませんでした。このことを明らかにするために、2年間にわたり、ラット胸部軟組織に埋入した絡み形状を持つ酸素含有官能基 (ヒドロキシル基、カルボキシル基) 修飾多層カーボンナノチューブ (tangled oxidized multi-walled carbon nanotubes: t-ox-MWCNTs) の構造を透過型電子顕微鏡、ラマン散乱分光法を用いて評価しました。また光学顕微鏡を用いて組織観察を行い、t-ox-MWCNTs に対する細胞組織応答についても調べました。

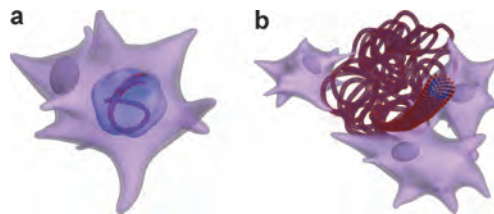


図1 埋入2年後のラット軟組織に存在する t-ox-MWCNTs の概念図。(a)マクロファージの2次ライソゾームに取り囲まれて、ナノチューブ表面が分解されている図。(b)細胞間隙にあるナノチューブの図。

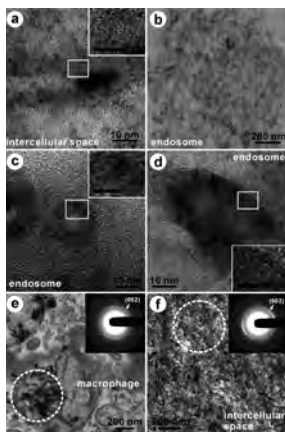


図2 埋入1週間後の組織内の t-ox-MWCNTs の高分解能 TEM 像と電子線回折パターン。(a)細胞間隙(マクロファージ外)にある t-ox-MWCNTs の高分解能 TEM 像。ナノチューブ内にある黒い部分は t-ox-MWCNTs に残存している鉄触媒。(b)図1eに示したエンドソーム内の高分解能 TEM 像。(c, d)エンドソーム内の高倍率高分解能 TEM 像。図4a, c, dの挿入図は拡大図で、スケールバーは5 nm。(e)マクロファージ内の2次ライソゾームにある t-ox-MWCNTs (点線白丸)の電子線回折パターン(図4e挿入図)。(f)細胞間隙(マクロファージ外)にある t-ox-MWCNTs (点線白丸)の電子線回折パターン。埋入前後で t-ox-MWCNTs の (002) 面間隔に変化はみられない。

## 研究内容

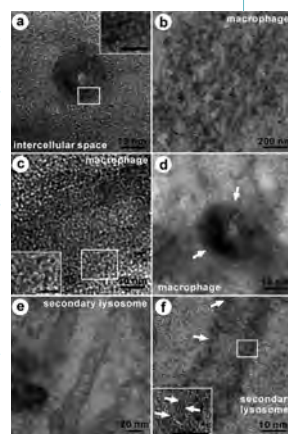
埋入1週間後では、t-ox-MWCNTs (約5 μm 以上) は細胞間隙に存在し、ナノチューブ周囲に軽度の炎症反応を伴う肉芽組織が観察されました。埋入1年間後では、肉芽種性炎の状態を呈しており、大きな塊の t-ox-MWCNTs では、ナノチューブの周囲の周りにマクロファージや異物巨細胞などの貪食細胞が数多く観察されました。これは、t-ox-MWCNTs の塊が大きすぎて、貪食細胞が塊を取りこむことができなかったためと考えられます。一方、約5 μm 以下の t-ox-MWCNTs の塊の多くは、どの埋入期間においても貪食細胞内に存在し、ライソゾームに取り囲まれているもの

もありました。埋入期間を通して、壊死や癌化が認められないことと、2年後には炎症が収束し、基質化が認められていることから、本実験で使用した t-ox-MWCNTs は生体適合性が高いと言えます。

透過型電子顕微鏡、ラマン散乱分光法の結果から、軟組織内のマクロファージ内において、1週間後では埋入前の t-ox-MWCNTs の構造とほぼ変化はありませんでしたが、2年後では一部の t-ox-MWCNTs 表面の構造が乱れており、分解されていることがわかりました (図3)。一方、細胞間隙にある t-ox-MWCNTs では、1週、2年後とも、埋入前のナノチューブの構造とほぼ変化がなく、マクロファージに貪食されて、ナノチューブ構造が壊れることもありませんでした。これらの結果から、親水性 MWCNTs を使用した生体材料は

軟組織内で良好な生体適合性を持ち、ナノチューブが生分解しないため、生体材料としての機能は保つことができると言えます。今後は、生体材料への実用化に向けて生化学データなどにも調べていく予定です。

図3 埋入2年間後の組織内の t-ox-MWCNTs の高分解能 TEM 像。(a)細胞間隙(マクロファージ外)にある t-ox-MWCNTs の高分解能 TEM 像。(b)マクロファージ内の低倍率高分解能 TEM 像。(c)マクロファージ内の高倍率高分解能 TEM 像。(d)マクロファージ内の t-ox-MWCNTs の表面にある3 ~ 5 nmの積層物(白矢印)の高分解能 TEM 像。(e)マクロファージ内の2次ライソゾームにある t-ox-MWCNTs の高分解能 TEM 像。(f)図5eの高倍率高分解能 TEM 像。白矢印部分はナノチューブの結晶性が乱れている。図5a, c, fの挿入図はそれぞれの白線四角の拡大図で、スケールバーは5 nm。



博士(工学)  
出生地: 埼玉県  
育ち: 岩手県  
趣味: キャンプ  
好きなアルコール:  
ビールとワイン  
好きな食べ物:  
スパゲッティ

環境複合材料創成科学分野  
准教授

佐藤 義倫  
Yoshinori Sato

## 研究の展望

本結果から、親水性 MWCNTs は軟組織内で安定で、良好な生体適合性を持つことが判明しました。一方、親水性 MWCNTs は骨芽細胞などを増殖させる効果もあります。今後は、人工骨材やペースメーカーのボディーなどへの応用を目指した「親水性 MWCNTs を使用した軽量で多孔質な高強度の CNTs 複合生体材料」の開発を行う予定です。



# Topics

- Topics01 第29回環境フォーラム
- Topics02 平成25年度みやぎ県民大学
- Topics03 第30回環境フォーラム
- Topics04 オープンキャンパス2013
- Topics05 平成25年度9月修了者 学位記伝達式
- Topics06 第31回環境フォーラム
- Topics07 『みどりの小道 環境日記 宮城版』制作協力
- Topics08 『それはエコまちがい?』出版

## Topics01 第29回環境フォーラム

第29回環境フォーラムは、「津波堆積物によるリスク評価と社会的影響の予測」をテーマとして、2013年4月19日(金)にサイエンスプラザ(JST 東京本部:東京都千代田区)で開催されました。本フォーラムは科学技術振興機構・社会技術研究開発センターにより後援されました。

産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門研究グループ長の駒井 武 博士(現 東北大学環境科学研究科教授)により、広範囲における、東日本沿岸の津波堆積物調査と環境リスク評価についてお話し頂きました。静岡大学理学部の北村晃寿教授からは、約3000年前に発生した静岡平野における津波堆積物の調査結果、特に、砂質堆積物の詳細な記載について興味深い御講演をいただきました。東京大学大学院新領域創成科学研究科の岡田真人教授からはスパースモデリングによる津波堆積物の地球化学判別というタイトルで御講演をいただきました。

東北大学災害科学国際研究所の菅原大助 助教は、長年にわたり仙台平野の津波堆積物調査を展開されている方で、今回は、これまで継続されてきた津波堆積物研究の今後の課題と、数値シミュレーション技術の導入についてお話しいただきました。続いて、早稲田大学人間科学学術院の山田和芳助手からは、湖沼の堆積物に保存されている過去の津波堆積物検出手法について御講演が行われました。

東北大学環境科学研究科からは土屋範芳教授と渡邊隆広助教の2名が講演を行いました。土屋教授は、東北地方太平洋沖地震により発生した津波堆積物のヒ素や重金属汚染評価について報告しました。渡邊助教は仙台平野で採取された過去の津波堆積物の化学分析結果について報告し、津波堆積物を検出する新たな手法の開発について研究紹介を行いました。

本フォーラムの参加人数は合計65名となりました。御参加された、大学、研究所、企業、省庁等の方々から、多くの価値ある御意見をいただきました。参加者の皆様に心から感謝申し上げます。

## Topics02 平成25年度みやぎ県民大学

みやぎ県民大学は、県民の生涯教育の場として宮城県が運営しており、毎年51講座が開講されている。当研究科でも毎年のように県からの依頼を受けて、自然・環境コース6講座の内の1講座として開講している。今年度は物質・材料循環学コースの順番となり、時期は5月、講座タイトルは「循環型社会の実現を目指して」とした。講義はコース教員からの開講希望を受け付けしたが、苦勞なく5回分の講義をそろえることができた。講師は以下の通りであった。5/16: 谷口尚司教授、5/23: 中村崇教授、5/30: 高橋英志准教授、6/6: 山崎強氏(新日鐵住金(株))、6/13: 石田秀輝教授。開講時間はいずれも17:30～19:00で、場所はエコラボの第4講義室を利用した。受講者は一般市民に本研究科学生1名を加えた約30名であったが、正確な人数は分からず仕舞いであった。平均年齢は60歳を優に超え、最高齢は79歳であった。講義中、誰も居眠りをせず一生懸命聴いておられるのが印象的であった。講義内容は、なるべく平易をお願いします、との事前依頼があったため、各講師は相当工夫されたものと思われる。講義の後には質問や意見が必ず出て、どうやらすべての講義に質問をした方や、自説を滔々と述べる方があったと聞いている。受講者の感想を聞けなかったのが残念であったが、高橋准教授が受講者に電子顕微鏡(SEM)に触らせて、花粉とPM2.5を観察してもらい、何であるか当てさせる工夫をされたことは、大層人気を博したと思う。最後に石田教授から受講者に受講証を手渡して、県民大学を無事終了した。

## Topics03 第30回環境フォーラム

平成25年5月24日(金)、NPO法人環境エネルギー技術研究所との共催により、エコラボ第4講義室において「第30回環境フォーラム」を開催した。約40名の参加があり好評のうちに終了した。講演者および演題は下記の通り。



### 1 地熱や廃熱による硫黄の水熱Redoxサイクルを通じたバイオマスからの水素製造

東北大学大学院環境科学研究科  
助教

渡邊 則昭



### 2 環境に配慮した次世代型ナノ材料創成技術・表面精密制御技術の研究開発

東北大学大学院環境科学研究科  
助教

横山 俊



### 3 Amazon deforestation: Causative factors of present decreasing deforestation rates

東北大学大学院環境科学専攻  
後期 博士1年

Paulo Vinicius  
Queiroz Sousa



### 4 東北復興次世代エネルギー研究開発プロジェクトに期待される成果～震災被災地の早期復興に向けて～

東北大学大学院環境科学研究科  
研究科長/  
NPO法人環境エネルギー技術研究所  
理事長

田路 和幸



## Topics04 オープンキャンパス2013

本年度のオープンキャンパスは、7月30日、31日に開催されました。本研究科本館への2日間の来場者は約2000人でした。この数字は昨年比で400人程度の減という結果ですが、これは、日程の2日間の天候が不順で、夏の盛りなのに気温も低く、雨模様であったことが原因していると思われました。ここ数年の来場者数は増加傾向で、特に震災以降の環境問題に対する関心の高まりを反映し、当研究科オープンキャンパスは盛り上がりを見せていましたので、今年の天候はちょっと残念でした。

研究科本館会場では20テーマの展示と1テーマの公開実験を行いました。今年度はさらに、研究科本館で実証研究を進めているスマートビル DC/AC ハイブリッド制御システムの見学ツアーも実施しました。大学院入試相談コーナーも設置しています。

上記展示等と並行し、小学生から一般までを対象とした2テーマの公開講座を2日間にわたって開講しています。例年に比べ公開講座のテーマ数が少なかったためか、参加者総数は少な目となりましたが、参加された方は、楽しんでおられたと思います。なお、公開講座のテーマおよび担当教員は以下の通りです。

① 岩石の中をのぞいてみる? / 平野准教授、岡本准教授

② 電化製品に使われている金属とそのリサイクル / 白鳥教授・須藤(孝)准教授

最近、殆どの大学でオープンキャンパスが実施されていますが、東北大学のオープンキャンパスは素晴らしいと全国的に評判されるイベントになっています。地球規模の環境問題に関心が集まる中、当研究科の取り組みは常に注目されています。世界をリードする研究拠点として、今後も広くアピールしていきたいと考えています。





## Topics05 平成25年度9月修了者 学位記伝達式

平成25年9月25日、環境科学研究科エコーラボ大会議室にて9月修了者学位記伝達式を挙りました。田路研究科長から前期2年の課程修了者7名、後期3年の課程修了者8名に学位記が授与されました。

学位記を授与されたみなさま、おめでとうございます。



## Topics06 第31回環境フォーラム

平成25年10月11日(金)、NPO 法人環境エネルギー技術研究所との共催により、仙台ガーデンパレスにおいて「第31回環境フォーラム」を開催した。テーマを「次世代エネルギー研究開発の最前線」とし、日本でも普及が進みつつある地中熱ヒートポンプシステムを高効率にするための研究や、宮城県大崎市鳴子温泉中山平地区の温泉水を使った実証試験、仙台市南蒲生浄化センターを例に藻類オイル生産の基地としての下水処理施設の有効性についての紹介等、次世代エネルギー研究開発の最前線についてわかりやすい講演内容となり、60名以上の参加があり盛況だった。



### 1 「EMS制御地中熱エネルギーシステムの研究開発」の研究紹介

東北大学未来科学技術共同センター  
技術専門職員

前田 桂史



### 2 バイナリー発電の現況と鳴子温泉実験サイト

東北大学大学院環境科学研究科  
准教授

木下 睦



### 3 藻類オイル産業創成への道程

筑波大学大学院生命環境科学研究科  
教授／  
国立環境研究所 客員研究員

彼谷 邦光



### 4 復興の足跡とICTを活用した街づくり

西日本電信電話株式会社 理事  
ビジネス営業本部スマートコミュニティ担当

宮崎 達三



## Topics07 『みどりの小道 環境日記 宮城版』制作協力

環境科学研究科は、2004年から宮城県との間に連携と協力に関する協定を締結し、環境に関する政策や研究、環境教育の面での協働を進めてきました。環境教育の分野では、県民大学を開催するなどの活動をこれまで行ってきましたが、「省エネ行動」が子どもを核として学校や家庭で取り組まれ、更には地域全体での取組へと繋がることを目指して、『みどりの小道 環境日記 宮城版』の制作に2012年から協力しています。これは、宮城県環境政策課が財団法人グリーンクロスジャパンと共同で発行する教育用冊子で、全国の都道府県版としては初めて、自治体版としては新宿版に次いで2番目となるものです。宮城県ではこの冊子を用いて県内小学校で出前授業を行い、それを受けて実際に小学生が取り組んだ省エネ行動は「環境日記発表会」で紹介されます。2年目の取り組みとなる今年は、冊子4,000部が発行され、県内の小学校で利用されました。



## Topics08 『それはエコまちがい?』出版

東日本大震災の発生を受けて発足した「震災復興提言ワーキンググループ」が作成して参りました冊子『先取りしたい、2030年の暮らし』シリーズの内容をまとめ、再構成した冊子『それはエコまちがい?』が2013年8月1日に発行されました。震災から2年が経過し、地域によっては震災以前の生活戻ってきつつあるとはいえ、原発事故の収束は未だ見えず、エネルギーに対する不安感も続いています。ふんだんにエネルギーを使う生活を抜けだし、制約の中で楽しく暮らす、暮らし方の転換が今求められています。『それはエコまちがい?』では、そのような転換を促す考え方や技術を例示しながら、これまでとは異なる、エネルギーに気づいて自律する生活を描いていきます。

2030年の心豊かな暮らしのかたち

震災から学んだ、

# それは エコまちがい?



# それは

監修 石田秀輝  
田路和幸  
絵 物部朋子  
東北大学大学院環境科学研究科  
震災復興提言ワーキンググループ

震災後に経験したエネルギーや水や資源の不足は、世界的に15年後に来る世界の予行演習だったのだ。しかし、ここにその世界を**楽しく生き抜く知恵**がある。

坂本龍一(音楽家)

見方を変える 生き方を変える  
足場をかため 未来を設計する

これは**暮らしの革命宣言**だ!

山折哲雄(宗教学者)



『それはエコまちがい?』石田秀輝・田路和幸 監修、物部朋子絵、環境科学研究科震災復興提言ワーキンググループ・岩本理恵(株式会社ユーメディア)編集、株式会社プレスアート発行



現在、王公大人たちは、やたらに楽器を製造させては、それを国家的事業としている。(だが楽器の製作は)単に水たまりの水をさらい、崩れた土塀の壁土をはがして、(ただの材料から粘土をこねるように)製造するわけにはいかない。必ずや万民に重税を課し、それをを用いて大鍾・鳴鼓・琴瑟・竽笙などの楽器を製作しようとする。そうだとすれば、もし楽器の使用が、たとえば聖王が舟や車を製作する事例と全く同じ性格を持つのであれば、私も敢えてその行為を非難しようとは思わない。古代の聖王たちもまた(今の王公大人と同様に)、万民に重い税を割り当て、その税収で舟や車を製造させた。すでに完成したのち、聖王は言われた。さて、これらをいったいどこに使用したものかなど。そしてこう仰せられた。舟は水上の交通に、車は陸上の交通に使うことにしよう。そうすれば、君子は(徒歩の苦勞から解放されて)その両足を休息させることができ、民衆は(重い荷を背負って歩く苦勞から免れて)肩や背中を休息させることができるであろうと。だからこそ万民は、財貨を供出して舟や車につきこまれたにもかかわらず、誰もそれを恨みに思ったりはしなかった。

それは何故であろうか。財貨の取り立てによる舟や車の製作が、結局は民衆自身の利益として還元されたからにはほかならない。そこで楽器の場合も、最終的に民衆の利益に合致するさまが、舟車の例と全く同じなのであれば、私も決してそれを非難したりはしない。そもそも民衆には、常に三種類の心配事がつきまとう。飢えた者が食物を得られず、凍えた者が衣服を得られず、労働に疲れはてた者が休息を得られない。これら三種の生活苦こそは、民を襲う大いなる憂いである。それでは仮に、こうした憂い事を解消しようと、どこかい鐘をつき鳴らし、太鼓を打ち鳴らし、琴をかき鳴らし、竹笛を吹き鳴らし、盾やまさかりを振り上げて踊ったりすれば、それによって民の衣食に必要な物資を獲得し、目の前に揃えたりできるであろうか。私が思うには、決してそんなふうにはならぬであろう。それはさて置くとしても、今の世には、大国が小国を侵略する現実があり、大家が小家を討伐する現実がある。強者は弱者を脅迫し、人数の多い者たちは少数者に乱暴し、知恵者は愚者を騙し、身分の高い者は身分の低い者に驕り高ぶり、あちこちに暴徒や盗賊が発生して、それらを禁圧できないでいる。そこで仮に、こうした暴乱を解消する妙案として、大鐘をつき、太鼓を叩き、琴をつま弾き、笛を吹き、盾や斧を手に舞ったならば、それによって天下の混乱は、立ちどころに平定されるであろうか。私が考えるに、決してそんな効果は得られぬであろう。

そこで墨子先生は、次のように言われた。試しにしばらくの間、民衆に重い賦税を割り当て、徴収した財貨で大鍾・鳴鼓・琴瑟・竽笙などの大楽団を編成し、それが奏でる音楽によって天下の利益を増大させ、天下の害悪を除去しようとしてみるがよい。結局は何の足しにもなりはしない。だからこそ墨子先生は音楽に耽るのはいけない、と説かれたのである。

そもそも墨家は、音楽に単なる娯楽以上の意味を何一つ認めようとしない。その上で非楽論が問題にしているのは、王公・貴族が演奏させる音楽で、それは大規模なオーケストラ編

成による、一大交響楽と歌舞との組み合わせであった。墨家は、「今の王公・大人、唯母楽を為して、民の衣食の財を虧奪し、以て楽を拊つこと此くの如く多し」(『墨子』非楽上篇)と、人民の惨苦をよそに、統治者がそうした歌舞・音楽に耽溺する風習を、不仁として非難しているのである。餓死者や凍死者の屍が道端の溝に転がり、民衆が生活苦にあえぎ、悲嘆に暮れる春秋末から戦国にかけての現状と、華美を極め、贅沢の限りを尽くした舞樂とが対比されるとき、飢えている者、凍えている者、疲れきって倒れた者の前で、楽隊に音楽を奏でさせたら、彼等を救うことができるのかと、音楽を否定する墨家の主張にも、相応の論拠が存在したことを認めるべきであろう。

だが儒家は、音楽に礼による教化の一手段としての重い意義を認めた。古代聖王の作と伝えられる数種の音楽には、輝かしい聖王の理念なり、各王朝特有の精神文化なりが込められていると理解された。したがって、そうした音楽に耳を傾ける行為により、感情の極致を体験して人心は陶冶され、民衆は教化されるはずであった。

「子、齊に在りて韶を聞くこと三月。肉の味を知らず。曰く、凶らざりき、楽を為すの斯に至らんとは」(『論語』述而篇)とか、「子、韶を謂く、美を尽くせり、又た善を尽くせり」(『論語』里仁篇)と、孔子が舜の製作した韶の楽に心酔したのも、そこに舜の理念を見出だしたからにはほかならない。すなわち孔子にとっての楽とは、「楽と云い楽と云うも、鍾鼓を云わんや」(『論語』陽貨篇)と言われるように、単なる楽器の演奏ではなく、「子曰く、詩に興り、礼に立ち、楽に成る」(『論語』泰伯篇)「礼楽を節するを楽しむ」(『論語』季氏篇)と、礼とともに人心を陶冶する重要な教化手段であった。

したがって、「楽は則ち韶舞にして、鄭声を放つ」(『論語』衛靈公篇)「鄭声の雅楽を乱すを惡む」(『論語』陽貨篇)と、悦楽のみを追求する音楽は断固排撃する一方、「武城に之きて絃歌の声を聞き」(『論語』陽貨篇)、弟子の子游が音楽によって武城の人民を教化しているのを知れば、「鶏を割くに焉くんぞ牛刀を用いんや」とからかいながらも、満足の笑みを浮かべるわけである。かくして音楽によって人民を教化すれば、周囲との調和を楽しむ心が養われ、礼的秩序を維持しやすくなるのである。

したがって音楽の是非もまた、儒家と墨家の大きな争点となった。さらに墨家は、人間の努力を越えた宿命が存在するか否かについても、儒家を激しく批判した。

然らば則ち何を以て命の暴人の道為るを知るや。昔は上世の窮民、飲食に貪り、事に従うを惰る。是を以て衣食の財は足らずして、飢寒凍餒の憂い至る。我罷不肖にして、事に従うこと疾からざればなりと曰うを知らずして、必ず我が命固より且に貧ならんとすればなりと曰う。昔は上世の暴王、其の耳目の淫、心塗の辟に忍ばず、其の親戚に順わず。遂に以て国家を亡失し、社稷を傾覆す。我罷不肖にして、政を為すこと善からざればなりと曰うを知らずして、必ず吾が命固より之を失えばなりと曰う。(『墨子』非命上篇)

# 龍は雲に登り 神は崑崙に棲む 黄河文明の翳

第14回

東北大学 名誉教授  
浅野 裕一