

# 6 環境配慮の研究開発など

大学の特徴的な役割に、研究があげられます。この研究又は開発や調査という分野においても、環境に配慮した取り組みが大いに求められています。

福井大学では、多くの教員により様々な分野で、環境配慮の研究開発などが進められています。その一端を、専門的な用語やデータ等をなるべく交えないようにして示します。

## 建物基礎地中熱を利用した歩道融雪 (SGHCシステム)

工学部建築・建設工学科教授 福原輝幸

### 1. はじめに

我々は冬期路面の融雪、夏期のヒートアイランド抑制、CO<sub>2</sub>の排出削減対策の有効手段の1つとして地中熱による無散水路面温度制御システムを提案し、その性能と環境への負荷や、ライフサイクルコストに関する有意性を示してきた。しかしながら、従来の安定した熱を確保するという考え方に基いて、地中深くから採熱する方法が主流であったため、掘削費がイニシャルコストを高める原因となっていた。

そこで、浅層の建物基礎地中熱を利用した建物基礎地中熱採集システム (Substructure Ground Heat Collection system: 以下、SGHCシステムと呼称) による無散水路面温度制御方法を提案し、福井大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー建物 (以下、VBLと呼称) 周辺の歩道に導入した。



Fig.1 建物基礎地中熱採集 (SGHC) システム

### 2. 福井大学VBLのSGHCシステム

SGHCシステムはFig.1に示すように、地表面下2.5mの建物基礎地盤中に埋設されたポリブデン製熱交換パイプ (以下、SGHCパイプと呼称)、地下室に設置されている貯熱タンク、VBL南西側歩道の無散水舗装体および2つの循環ポンプで構成されている。

融雪運転時、流体は建物基礎全面に敷設されたポリブデン製熱交換パイプ (以下、PVHEパイプと呼称) 中を循環する間に、建物基礎地中熱を採取して、貯熱タンクに運ばれる。その後、舗装体中のPVHEパイプを循環する間に、流体は舗装体を温め、歩道の融雪や凍結防止を行う。これによって温度低下した流体は、再び地下の貯熱タンクを経由して、建物基礎地盤に戻り、地中熱を採取する。

### 3. 路面加温および融雪効果

2005年1月12日12時において普通舗装上の積雪は0.15mであったが、無散水舗装上に積雪は無かった。また、12日22時から翌日の明け方にかけて0.01~0.02m/hの降雪が間隔的にあり、そのため積雪深は約0.14mから0.17mに増大したが、無散水舗装上における積雪は認められず、同システムの融雪効果が知れる。

Photo.1は1月10日16時の普通および無散水舗装歩道の融雪を示す。白枠の無雪箇所は無散水舗装であり、黒の

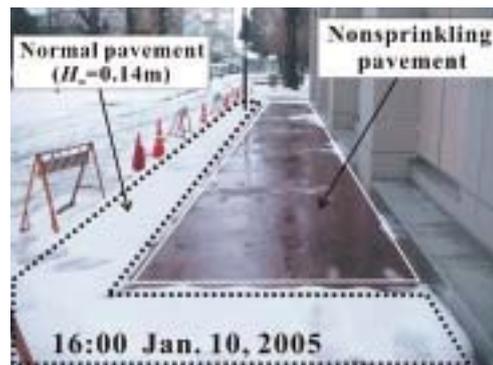


Photo.1 VBL歩道融雪状況 (2005年1月10日16時)

破線で囲まれた普通舗装(積雪深=0.14m)との融雪状況の違いは明白である。なお、同日この時点までの累加降雪深は0.24mであった。

#### 4. おわりに

建物基礎地中熱は、建物周辺の歩道や道路の融雪熱源として有効であることが示された。今後さらにデータを蓄積しSGHCシステムの路面温度制御性能を調べる。

### 自然エネルギー利用電力自立供給キャンパスの創成

工学部電気・電子工学科教授 松木 純也

福井県は日本一(発電量を消費電力量で割った値)の電力供給県であり、県民の電力への関心は極めて高い。本学においても、ISO14001の認証取得や原子力・エネルギー安全工学専攻の設置など、エネルギーや環境を大学の柱として特色付けている。本学が、エネルギー・環境の研究・教育に関する知の拠点として、国内外に向けてアピールする上でも、キャンパス自体が外部から見てインパクトのあるエネルギー利用体制を確立することが望ましい。

現在、本学文京キャンパスの電気使用量は1年間で約836万kWhであり、電気使用料金は年額約1億500万円にもものぼる。電力会社との契約電力は最大消費電力に依存することから、最大消費電力を自立供給により抑制すればかなりの電気料金が節約でき、大学全体の支出の軽減に寄与すると考えられる。

そこで、本研究室では、キャンパスへの電力供給を電力会社だけに頼るのではなく、太陽光、風力などの自然エネルギーと電力貯蔵装置を積極的に活用し、地球にやさしくかつ経済的な電力の自立供給を実現するシステムを本学キャンパス内に創成するための基礎研究を実施している。

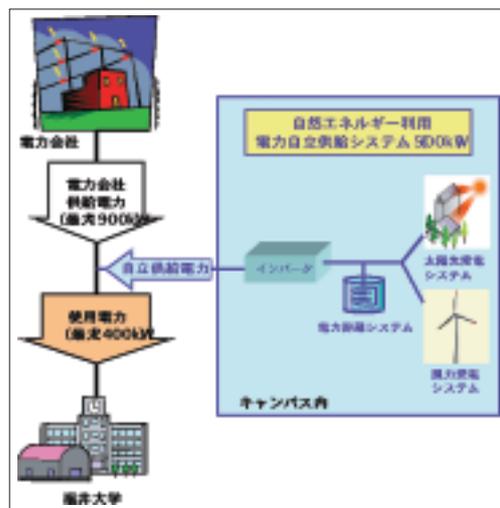


図1 自然エネルギー利用 電力自立供給キャンパスの概念図



具体的には、提案する自然エネルギー利用電力自立供給システムの1/1000規模のミニシステムを実験室内に構築し、このミニシステム上で電力自立供給の基盤となる制御技術を創出するとともに、電力自立供給システムの有用性を経済性と環境負荷低減の観点から定量的に評価している。

図2 実験室規模1/1000スケール自然エネルギー利用電力自立供給ミニシステムの構造図

(ミニシステムは、電力会社を発電機、学内電力需要を負荷装置で模擬した系統に、自立供給システムを連系させるシステムである。)

## 福井打ち水大作戦 —都市への「打ち水」がヒートアイランド緩和に及ぼす影響—

大学院工学研究科ファイバー・アメニティ工学専攻 吉田伸治  
工学部建築建設工学科 野嶋慎二、薬袋奈美子

### 1. 研究の背景と目的

近年、屋外温熱環境は悪化の一途を辿っており、これを緩和するための多様な対策技術の効果が建築建設分野の研究者を中心に検討されている。一方、この問題への住民の関心の高まりに伴い、住民参加型の対策の検討も始められた。「打ち水大作戦<sup>文1)</sup>」は夏の街路で昔から行われる「打ち水」という風習を地域全体で行うことによる都市気温の低下を目的とした市民活動であり、2003年に東京で初めて行われ2004年には福井を含む全国16都市で行われた。本研究は、福井大学生、田原町商店街を中心に行われた「越前打ち水大作戦(写真1)」による夏季の屋外温熱環境緩和効果を実測等により明らかとすることを目的とする。



写真1 越前打ち水大作戦の実施風景

### 2. 実測による打ち水大作戦が屋外温熱環境に及ぼす影響の分析

#### 2.1 実測概要

図1に示す福井大学近隣の田原町商店街全域(全長約600m)を対象に行なわれた。実測日時は2004年8月18日、25日の11:30~13:00とし、打ち水は12:00~12:20の時間帯に図1の灰色の領域(面積約5800m<sup>2</sup>)で行われた。打ち水に要した水の殆どは工業用水や銭湯の残り湯などの二次利用水であり、18、25両日共に1340ℓを使用した。

#### 2.2 打ち水大作戦の環境物理的な効果の検討

図2は図1★の建物屋上より南方を望む領域を撮影した赤外線放射温度分布の時間変化である。ここでは、8月25日の打ち水直前から、打ち水終了後20分経過した12時40分までの20分毎の変化を示す。打ち水で散水した水の蒸発により路面温度が急激に低下し、終了後、路面上の水分の減少に伴い徐々に昇温する様子が分かる。また、路面の照り返しの減少に伴い、街路に面する建物側壁面温度も併せて低下する様子も分かる。画面中央の道路面の表面温度に着目すると、打ち水直前に約47.1℃を示すが、打ち水終了時(12:20)には32.8℃に変化しており開始前に比べ約14℃低下する。その後、緩やかに昇温を開始し打ち水終了から20分後(12:40)には約39.2℃まで回復する。

#### 2.3 打ち水大作戦の環境心理的效果の検討

図3は打ち水参加者に対して行った打ち水による暑熱環境緩和効果に関するアンケート調査結果である。まず、打ち水による体感温度の変化については、18、25両日共に参加者の9割が打ち水後に「涼し

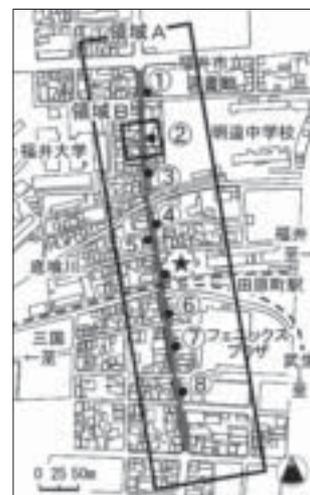
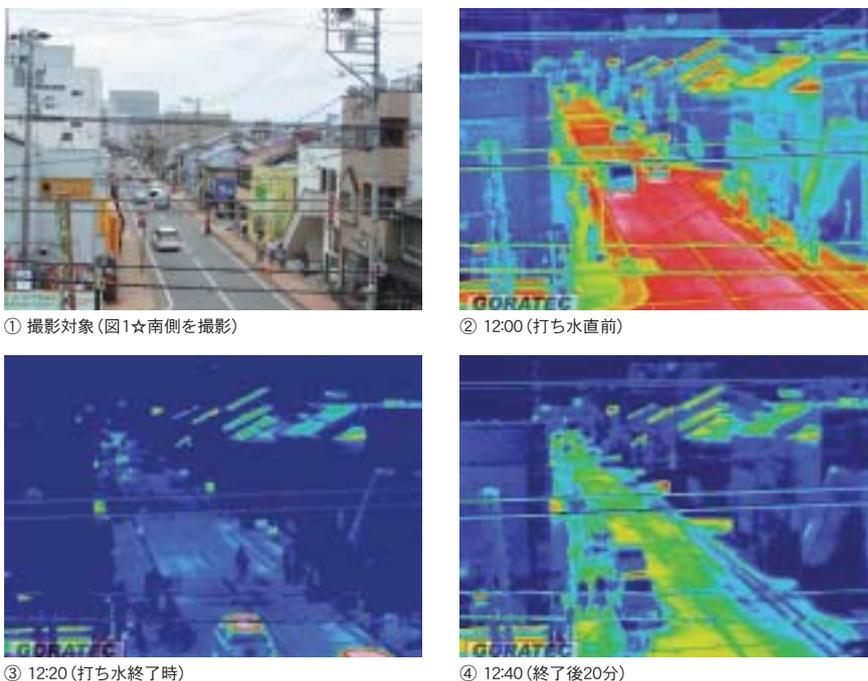


図1 実測対象並びに測定位置  
図中の灰色の道路は打ち水を行った街路を示す

くなった」と感じている(図3①)。また、打ち水後の風の発生に関する体感についても「感じた」との回答が9割以上を占める結果となった(図3②)。しかし、打ち水2日目の25日では、打ち水前に比べ打ち水後の気温が昇温し、湿度も上昇しており、必ずしも全ての気象要素が快適側にシフトした訳ではない。また、18日と25日では打ち水前後の気象要素の変化の大きさが異なった。そのため、温熱快適性の変化も18日と25日では異なると推察されたが、図3にはその差が見られない。これは、表面温度の低下(図2)による放射受熱量の減少の影響が主因であることは言うまでもないが、打ち水という環境緩和活動への参加行為が、温熱環境の変化を好意的に捉える心理的作用の要因となっているとも考えられる。この点については今後更なる検討が必要である。



#### 4. まとめと今後の課題

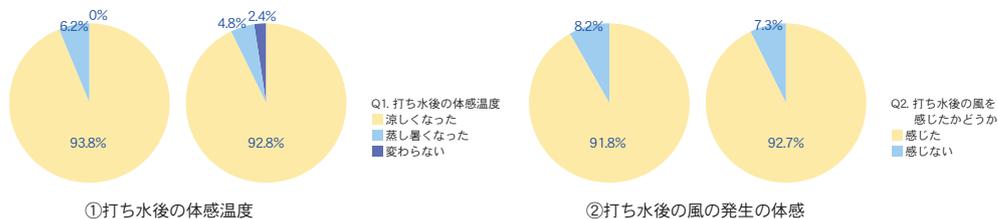


図3 打ち水による暑熱環境緩和効果に関するアンケート調査結果(回答数; 18日49名(男24、女25)、25日40名(男20人、女20人))

実測においては、打ち水による表面温度・気温の低下、並びに絶対湿度の上昇が見られたが、広域な気象状況の変化の影響も多分に受ける結果となった。打ち水の効果が生じ易い状況について物理的に明らかにすると共に、打ち水という行為が、温熱環境心理に及ぼす影響について更なる検討が必要であることが明らかとなった。

本研究で着目した打ち水大作戦をはじめ学生参加型の地域活動は、住民の街並への意識の向上、並びに地域内行動への良好な変化を引き起こす要因となる事が明らかとなった。

参考文献 [1] 打ち水大作戦ホームページ <http://www.uchimizu.jp/>  
 [2] 吉田、村上、持田他、建築学会計画計論文集、529、77-84、2000

## 自然災害と地球環境

教育地域科学部地域環境講座教授 服部 勇

地球環境問題は環境に対する負荷の低減や循環型社会の構築という、いわゆるISO14001などが想定しているテーマ以外に、自然災害による環境悪化や、それによる直接的な人的被害なども含まれる。地球環境問題のトリレンマの中に自然災害の頻発が含まれており、それは、直接的、間接的に各種の環境問題と密接に関係している。

昨年(平成16年)7月18日に福井県嶺北地方は集中豪雨に襲われ、死者・行方不明5名、負傷者15名、全壊家屋66戸、半壊家屋135戸、床上浸水4,052戸、床下浸水9,675戸という甚大な被害を受けた。この水害による環境悪化(環境負荷の増加)は、災害ゴミの増加という単純なものだけではなく、山地部の樹木の倒壊、土壌が堆積した田畑の放置、土砂の大量放出による河川の埋積、樹木の大量枯死、などISO14001で想定していないような環境悪化が発生した。

写真は、池田町で土石流に襲われた民家である。住居の真ん中を土石流が通り抜け、住宅がトンネル状態になっている。この民家の住民が災害までに、ISO14001が想定するような環境保全活動をどの程度行っていたかは不明であるが、その成果の何十倍もの環境悪化を瞬間的に受け、地球環境に甚大な悪影響を与えることになった(この住居は結局撤去される。それらはゴミとなり、燃やされ、大気中のCO<sub>2</sub>を増加させる。新たな住居の建設にともなう地球環境への負荷も少なくない)。

今回の水害が本当に自然災害なのか、あるいは地球環境問題のトリレンマで説明されるような気象環境悪化を反映しているものかを直ちに断ずることはできないが、日々の環境保全の努力を空しくさせる環境インパクトであることは疑いない。



池田町の被災した民家

ISO14001認証を取得している福井大学では、この災害は認証サイト外であるが、地域の環境の復旧や保全のための学術調査を行い、被害が発生した原因、被害が大きくなった理由、被害から復興するまでの経過を記録のとどめ、報告書としてまとめた。また、この調査を受けて、行政に対して多くの提言を行った。

福井大学では、自然災害防止、抑止、復旧に関する研究などの活動も地球環境保全に貢献するものとして、大学という組織が行うべき環境活動の一部であると認識している。

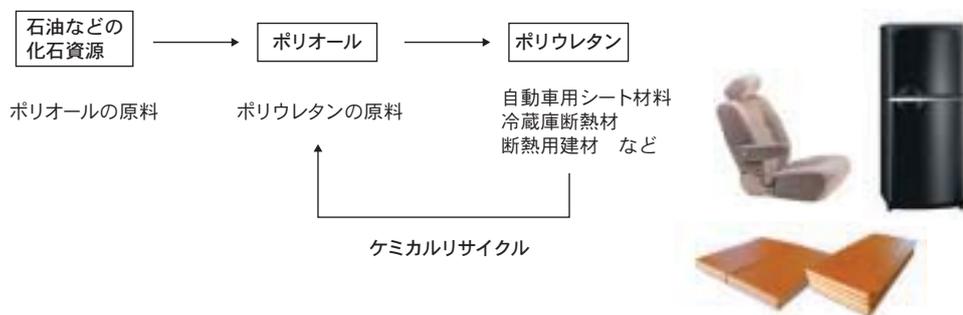
# 環境に関する研究開発

教育・研究機関である大学として、学生への環境配慮に関する教育と並ぶ重要な要件の一つに、環境に配慮した又は環境に関連する研究開発があげられます。ここでは、福井大学内で取り組まれているこれら環境配慮の研究開発の一部を、具体的に示します。

## ケミカルリサイクル可能なポリウレタンフォームの開発

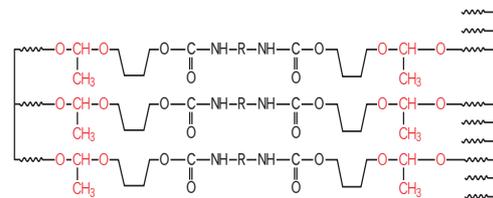
工学部 大学院工学研究科 材料開発工学専攻 橋本 保

現在リサイクルが最も困難な高分子材料の一つであるポリウレタンフォームに、化学分解して原料分子に戻せる、いわゆる“ケミカル(化学)リサイクル性”を付与できるのが本研究の技術である。クッション材や断熱材として大量に利用されているポリウレタンフォームに分解性のアセタール基を導入し、酸の作用により原料のポリオールが再生・リサイクルできる新規ポリウレタン材料を開発した。



### ■ 従来技術とその問題点

- ・既に検討されているウレタン結合を切断するポリウレタンフォームのケミカルリサイクルは、一般に高温(200℃程度以上)で、場合によっては高圧下で分解反応を行う必要がある。
- ・このような過酷な分解反応条件のため、ポリウレタンフォームのケミカルリサイクルは、これまでほとんど普及していない。
- ・そのため廃棄物になったポリウレタンフォームは、焼却(燃料としての利用含む)や埋め立て処分されている。



分解性アセタールを導入したリサイクル可能なポリウレタンフォームの分子構造

### ■ 本技術の特徴・従来技術との比較

- ・室温、常圧の反応条件下で、ポリウレタンフォームが分解でき、原料のポリオールが再生・回収できる。
- ・ポリウレタンフォームだけでなくポリウレタンエラストマーなどその他のポリウレタン材料にもケミカルリサイクル性を付与することができる



試作した自動車用ヘッドレスト



分解後 分解前

## 越前市西部地区（旧武生市）の里地保全事業について

教育地域科学部 地域環境講座 保科英人

里地とは、水田や畑などの耕作地や、それらとため池および用水路などの水系、耕作地の背後に広がる二次林などのエリアを総称する単語である。人が作り出し、関与し続けることにより維持される生物多様性の保全の意義については、様々な議論がなされてきた。極端な意見としては、2005年に施行された外来生物法の中でのブラックバスに關係するものがあった。「ため池に生息するメダカにせよ、水生昆虫にせよ、そもそもイネと言う外来種が持ち込まれたことにより人為的に造成された環境内に



タイコウチ

生息する生き物にすぎない。ブラックバスのみを排除する論法はおかしい」と言うものである。自然保護の現場では「何を、どのように、どこまで守るか」が常に問われており、昨今の国および地方自治体の財政事情を考慮すると、コストパフォーマンスの側面も厳しく吟味されなければなるまい。現在の日本では、里地に代表される二次的自然の全てを原始の状態に戻すことなど、とうてい不可能であり、その中でギフチョウや、ゲンゴロウ、サ

ンショウウオ、サギソウと言った里地に暮らす動植物の保全は、国民的合意がなされているとあっていいだろう。そういった意味で、ブラックバスやブルーギルなどの駆除は否定されるものではない。

旧武生市西部地区には、アベサンショウウオやナミゲンゴロウ、ハッチョウトンボなどの希少種が生息する、全国的に見ても優れた里地が残存する。私の研究室では、2004年4月からこの地域にある休耕田の維持作業に着手し、2005年度もそれを継続してきた。休耕田は、長期にわたって放置されると、乾燥化が進み、ハッチョウトンボやメダカ、ゲンゴロウ類などの生息環境としては適さなくなる。それゆえに、あぜの補修や定期的な草刈り、生息するトンボや水生昆虫類の分布調査を行ってきた。今後も、この事業を継続していく予定である。



田おこし後の休耕田

## スギ花粉と化学物質のアレルギーに対するの情報発信 —治療と予防へ(松岡キャンパス)

医学部 国際社会医学講座 環境保健学領域 佐藤一博

医学部 感覚運動医学講座 耳鼻咽喉科・頭頸部外科学領域 藤枝重治

### 1) 医学生の花粉尘と化学物質アレルギー

福井大学医学部4年生の環境保健学実習において、「医師の職業アレルギーのコホート調査」を13年間行なっている。これは医学生が持つアレルギー疾患およびアレルギー症状が、将来医師となり医療現場で経験する医師の職業性アレルギーの基礎となるかどうか、またその予防方法を探る調査である。昨年度も、血液検査により医学生の約50%がスギ花粉抗体やダニ抗体を持っていた。アンケート調査により花粉症の既往歴は約30%で、鼻炎症状ありと有意な関連があった。

花粉症をはじめアレルギー疾患の増加は、大気汚染やディーゼル排気ガス (DEP) などの環境要因の影響が大きいと言われている。本学医学科の全卒業生を対象とした調査では、特に化学物質や手術用手袋に曝され易い外科系医師に職業性アレルギーが多いことが示唆されている (表)。また花粉症等のアレルギー疾患既往歴のある医師は有意に「医師の職業性アレルギー」を経験しやすいことがわかっている (表)。

## 2) 県内に送る花粉情報

福井大学医学部耳鼻咽喉科学においては、毎年春先に今年の花粉飛散情報を出して対策を呼びかけている。吉田郡永平寺町松岡キャンパス中庭においてスギ花粉飛散数を測定 (写真1) し、福井県民に情報を提供している (図)。池田町で集めたスギ花粉により、治療薬を服用した患者に対する花粉曝露を行い治療の効果判定を行っている (写真2)。

表 医師の職業性アレルギーのリスク・ファクター (ロジスティック回帰分析)

| 変数                   | 関連性  | 相対危険度 (95%信頼区間)     |
|----------------------|------|---------------------|
| 年齢 (≥30=1, <30=0)    |      | 1.13 (0.646-1.988)  |
| 性別 (男=1, 女=0)        |      | 0.823 (0.418-1.619) |
| 喫煙歴 (喫煙=1, 非喫煙=0)    |      | 0.868 (0.448-1.682) |
| アレルギー疾患既往歴*          | 有意** | 2.255 (1.308-3.888) |
| 外科内科系 (外科系=1, 内科系=0) | 有意** | 2.683 (1.533-4.696) |

\*気管支喘息、アレルギー性鼻炎、アトピー性皮膚炎または副鼻腔炎の既往歴

\*\*p<0.05 (Sato K et.al, J Occup Health 2004;46:165-170より改変)

図 スギ花粉飛散状況

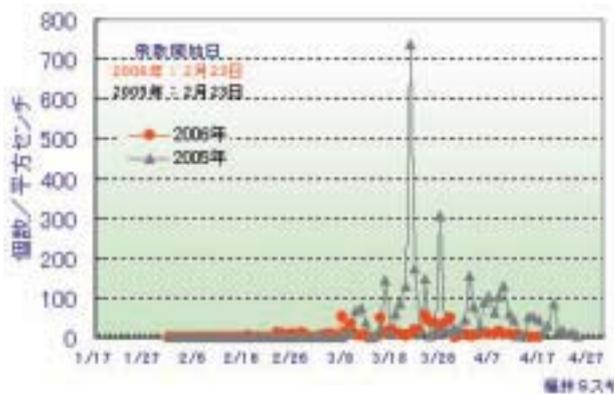


写真1 松岡キャンパス中庭噴水前での花粉測定



写真2 池田町で集めた花粉の曝露による効果判定 (大阪医大での施設)

## 電気自動車等移動体用リチウム蓄電技術の開発

工学部 大学院工学研究科 ファイバーアメリティ工学専攻 荻原 隆

電気自動車は有害物質の排出量がガソリン車に比べて大幅に低減できることから、開発が進められている。京都議定書が発行され、CO<sub>2</sub>削減が急務となっているが、既存のガソリン車を電気式にリプレイスした場合、その効果は絶大であることは明らかである。リチウム蓄電技術は1950年代に米国で研究が始まり「メンテナンスフリーで小型、軽量の究極の2次電池」として世界各国が実用化を目指して研究が進められ、わが国では平成4年度に登場して以来、携帯電話、ノートパソコン等に広く普及してきた。

このような状況の中で、石油資源問題と温暖化等の環境問題が相俟って、リチウム2次電池あるいは燃料電池を利用したハイブリッド自動車、電気自動車、電力負荷平準化等に関する研究が国家プロジェクトとして精力的に取り組まれている。リチウム2次電池では、主に、正極および負極の構成材料の開発と改良が中心となり、正極では、代表的なリチウム・マンガン化合物の研究が、長寿命化、高出力化、高温安定化の観点から行われている。

我々の研究グループはリチウム・マンガン化合物について、民間との共同研究でエアロゾルを利用した粉体製造の基盤技術を確立して、従来では、大量合成が困難であったナノ構造体(図1)からなるリチウム・マンガン化合物の大量製造技術を開発した。その結果、電動バイクから鉄道用電池(図2)までの大型リチウム2次電池が試作され、粉体特性を改良した電池材料を用いることで、電池の入出力特性、エネルギー密度等を約20%程度向上させることができた。この電池はスズキの軽自動車(Twin)に搭載され、四国EVラリー競技にて、走行性能、電池の耐久性およびエネルギー消費量が評価されている。

その他にも、高品質なナノ構造材をリチウム2次電池へ活用した場合、実際の急速充放電性能の指標となるレート特性が、従来の材料では6分(10C)の充放電で、放電効率は45%であるのに対し、ナノ構造体では80%まで向上し、さらに、100Cの急速充放電まで可能な知見を得ることができた。

本研究は環境省地球温暖化対策技術開発事業「鉄道交通システムにおける地球温暖化対策のための2次電池技術に関する研究」、経済産業省地域新生コンソーシアム研究開発事業「高性能リチウムイオン電池を動力とする小型電気バスの開発」に行われたものである。

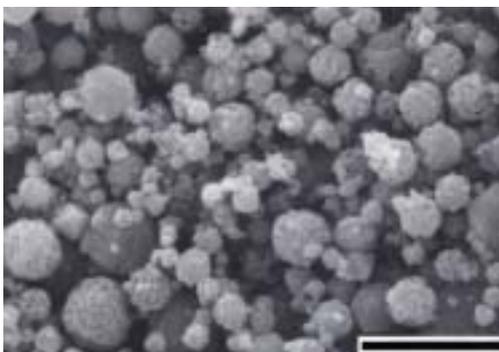


図1 リチウム・マンガン化合物のナノ構造体



図2 路面鉄道用リチウムイオン2次電池

# 17 環境に関する研究開発

福井大学において取り組まれている、環境に配慮した若しくは環境に関する研究や開発などは、環境教育や環境保全活動と並ぶ大学としての重要な要件だと捉えられています。

学内では様々な研究・開発活動が行われていますが、全てを取り上げる訳にはいかないため今年度は、温室効果ガスの排出権取引など環境における経済的な側面に関して教育地域科学部行政社会講座 手塚准教授の「環境制約下での企業の投資行動と排出権取引市場の活用」、福井県内の希少動物保護などに関する医学部分子生命科学 藤井准教授の「希少野生動植物生態環境調査及び保全への取組み」、環境ホルモンでもある有害物質ダイオキシン類の浄化に関する工学研究科生物応用化学専攻 櫻井准教授の「白色腐朽菌を使った環境修復技術」という3件を取り上げ、その内容を以下に示します。

## 環境制約下での企業の投資行動と排出権取引市場の活用

教育地域科学部 行政社会講座 手塚 広一郎

京都議定書における京都メカニズムとして、共同実施(JI)、クリーン開発メカニズム(CDM)、および国際排出権取引という3つの手段が導入されたことは周知の通りである。ここでCDMとは、京都議定書に基づいて目標を課される国(およびその国の企業)が、目標を負わない地域(途上国)の温室効果ガスの削減プロジェクトを実施した際に、その地域で温室効果ガスの削減を行った分を自国の温室効果ガスの削減分とカウントすることが可能な仕組みである。一方でJIは、京都議定書の目標を負う国の間で、排出量を削減するプロジェクトを共同で行い、その削減分をカウントすることを意味する。これらは、さまざまなプロジェクトという形で現実に進展している。

加えて、近年では一般の企業等を対象とした排出権取引市場の動きが盛んである。EUはもちろんのこと、アメリカやシンガポールなどでも温暖化ガス排出権の市場取引が導入されている。北京においても国連と共同で温室効果ガスの排出権取引市場の設立の動きもあり、我が国でも制度導入についての検討がなされている。いずれにしても温暖化対策を行う企業は以前よりも選択の幅が広がっているといえよう。

さて、こうした背景から筆者は、京都学園大学石坂元一氏、大東文化大学石井昌宏氏らとともに、温室効果ガスの排出に制約を課された企業の投資行動と排出権取引市場の活用との関係について経済モデルを用いた分析を行っている。具体的には、温室効果ガスを排出する企業がある特定の時点までに(約束期間の終了時点までに)排出量を削減しなければならないという制約が付与された場合に、いかなる行動を行うかをモデルの上で検討した。その際、①自社での排出量削減のための投資を行うだけのケースと、②それに加えて取引市場から排出権を購入することも可能なケースの比較を行った。

検討を行うにあたって、①と②のいずれのケースでも、もし最終時点で企業が保有する排出量を上回る排出を行った場合には、上回った分のペナルティが発生すると想定する。また、自社の利潤を得るための投資量(x円)、排出量削減の投資量(y円)、および排出権の購入量(p×z円)の総和(x+y+p×z)は一定であると仮定する。これは、排出量削減の投資量や排出権の購入額が多くなると、その分だけ企業自身の利潤を得るため投資量(x)が減少することを意味する。また、投資を行う時点では、企業の利潤は不確定であると仮定する。

このとき、企業は自らの価値の期待値を最大化するように、排出量削減投資量、自社の利潤を得るための投資量、および排出権の購入量を決定するという問題が与えられる。我々はこの

問題を解き、次のようなインプリケーションを得た。

第一に、①自社での排出量削減の投資という選択肢しかないケースと②それに加えて排出権取引市場も活用するという選択肢も利用可能なケースとを比較すると、企業の利潤獲得のために充てる投資額(x)は、②のほうが①よりも多くなる。このことは、排出権市場での取引が企業にとっての利潤の獲得機会を増やす可能性を示している。

第二に、排出権取引を行うケースのもとでの企業の自社での排出量削減のための投資量(y)は、排出権取引市場で形成される価格(p)にのみ依存して決まる。言い換えれば、排出量削減のための投資量を選択には最終時点でのペナルティの額からは全く影響を受けないことを示唆している。実際モデルの中の話ではあるものの、『企業の意思決定にペナルティが影響を与えない』という帰結は注目に値するものであると思われる。

07年度は、これまでの成果の一部を2007年11月に行われる国際エネルギー経済学会アジア大会にて報告する予定である。

## 希少野性動植物生態環境調査 および保全への取組み

—福井県の誇る大自然・環境省絶滅危惧種 I  
A (CR) アベサンショウウオの棲む土地—

医学部 分子生命化学 藤井 豊

サンショウウオ(サンショウウオ亜目 Cryptobranchioideaの総称)と云えば多くの人はオオサンショウウオ *Megalobatrachus japonicus* (Temminck)(オオサンショウウオ科 Cryptobranchidae)を思い浮かべる。体長1m以

上にもなる世界でも最大級のサンショウウオである。オオサンショウウオは山間渓流域に生息し、一生をとおして水から離れることがないとされる。そのため、サンショウウオの一般的イメージも溪流に生息していると思込んでいる人が多い。

日本は世界的に見てサンショウウオの宝庫と称される国柄で、約20種ほどの小型サンショウウオ(サンショウウオ科 Hynobiidae)が生息している。体長10-20cmほどで愛くるしい存在である。福井県には、環境省絶滅危惧種I (CR) という最高ランクに指定されているアベサンショウウオ (*Hynobius abei*)をはじめ、クロサンショウウオ (*Hynobius nigrescens*)、ヒダサンショウウオ (*Hynobius kimurae*) およびハコネサンショウウオ (*Onychodactylus japonicus*) が生息している。



福井県RDB



アベサンショウウオ(嶺北北部産)  
成体♀(上)、成体♂(中)および幼体(下)。オスは繁殖期、尾末端が肥大充血が見られる。

アベサンショウウオは里地里山の森林林床下で小型昆虫類の採餌など普段の活動を行い、冬季激寒繁殖期の12月~1月に産卵のため湧き水のある水溜り、溜池、土水路など止水に姿を現す。人の手が行き届いた里山でなければ生息できないにもかかわらず、その存在に気付く人はほとんどいない。



アベサンショウウオ卵囊  
卵囊は対になっており、片卵囊あたり40卵ほどある。卵囊表面には強い縦縞の線条が見られる。

近年は耕地整理などの影響で、用水路や小谷川の3面コンクリート化やU字溝敷設などが整備された結果、アベサンショウウオの産卵環境が消滅し多くの地点で絶滅したものと考えられている。福井県両生爬虫類研究会では、アベサンショウウオの保護を行うため全県および近隣府県の一斉生息調査に乗出し、福井大学もISOの精神に則り共同でその活動に参加している。環境省、民間および福井県自然保護課から助成や協力を得て、県民の大きな関心と期待に支えられ、過去調査保護活動に精力的に取り組んできた。



H16.6.16 福井新聞記事  
福井両生爬虫類研究会と福井大の合同調査チームの紹介記事

福井県では、はじめに嶺北北部で生息が確認、ついで嶺北中西部でも確認された。それ以前には、兵庫県と京都府の日本海側の極一部での生息が確認できていたに過ぎなかった。福井県北部で生息が確認されたことから、新しい北限が判明したことになるが、その後の我々合同チームの調査で石川県南部にも生息が確認された。石川県で新しい北限生息地を発見した時期も、

嶺南地方を精力的に調査していたが成果は上がらなかった。しかし、昨年の06年ついに嶺南東部で新しい生息地を発見したのである。この成果は、06年12月4日、福井大学文京キャンパス・アカデミーホールにおいて県内外の報道機関を集めプレス発表した。また、地方自治体には新規生息地を発見する度に発見の経緯および現地案内と状況を説明し、アベサンショウウオの生息環境の保全に努めるよう要望している。

以上、福井県の豊かな自然を次の世代へと受け渡すため、福井大学として出来る限りの努力を今後とも続ける必要がある。



H17.6.6 福井新聞記事  
福井両生爬虫類研究会と福井大の合同調査チームによる石川県での生息地発見の記事。



H18.12.5 福井新聞記事  
福井大・福井県両生爬虫類研究会・福井県立大学の合同調査チームによるプレス発表(文京アカデミーホール)

## 白色腐朽菌を使った環境修復技術

工学研究科 生物応用化学専攻 櫻井 明彦

「バイオレメディエーション」という言葉を聞いたことがありますか。これは、微生物を使って汚れた水や土地をきれいにする技術のことです。環境修復技術には様々なものがありますが、私の研究ではバイオレメディエーションを使って、有害物質に汚染された土壌や地下水を浄化する技術を研究しています。ここではダイオキシン類を汚染物質のターゲットとした研究について紹介します。

ダイオキシン類は、ゴミの焼却や農薬の製造過程などで副生成物として発生する、非常に有害性が強く化学的に安定な物質です。また、水に溶けにくく油に溶けやすいことから動物の脂肪組織に蓄積しやすいことが知られています。このため、ダイオキシン類による環境汚染は、土壌→植物→草食動物→肉食動物→人間、という流れで食物連鎖により人体に高濃度に蓄積する可能性があります。ダイオキシン類による環境汚染で世界的に有名な例は、ベトナム戦争でのアメリカ軍による枯れ葉剤の散布です。枯れ葉剤に不純物として含まれていたダイオキシン類の影響により、ベトナムでは多くの奇形児が生まれています。日本では大阪府豊能郡能勢町のゴミ焼却施設から周辺地域へのダイオキシン汚染が問題となりました。

本研究では、ダイオキシン類のような有害物質に汚染された土壌や水の浄化に白色腐朽菌という微生物を使います。白色腐朽

菌(図1)は木の中の黒色成分であるリグニンを分解し、名前の通り木を白色に腐らせていきます。身近な白色腐朽菌としては、よく食卓に上



図1 木に生えている白色腐朽菌(カワラタケ)の様子

るシイタケやマイタケなどがありますが、本研究では日本国内で発見した新種の白色腐朽菌を用います。一般に微生物を用いる場合には、何らかの栄養源を与える必要がありますが、本研究ではこの白色腐朽菌に与える栄養源として、食品加工廃棄物やわらなどの未利用資源(バイオマス)を利用します。現在、「廃棄物や未利用資源を使った有害物質の処理」を開発コンセプト(図2)として、実用化に向けた研究開発を進めているところです。

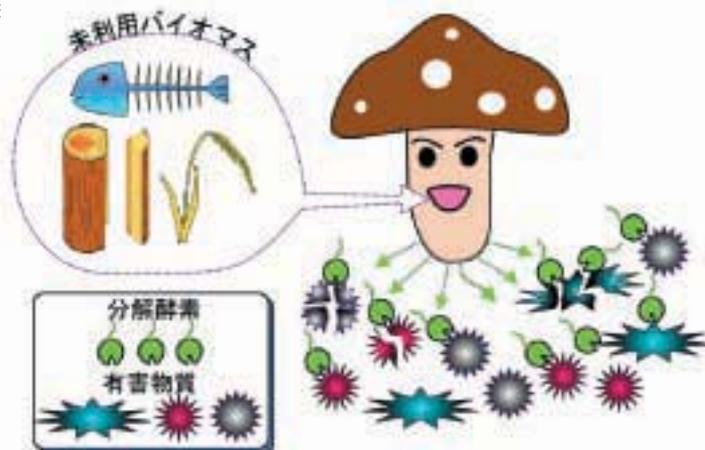


図2 白色腐朽菌を使った環境修復技術の開発コンセプト

# 18 環境に関する研究開発

福井大学においては、環境に関する様々な研究・開発が行われています。構成員や学生への教育、環境保全に関する取組等にも力を入れています。大学の特徴である研究・開発等においても、各学部の教職員が日々研究を重ねています。

今年度も各学部より1名ずつ取り上げ、その内容について以下に示します。

## ● 非毒性版画の技法研究と教材開発

教育地域科学部

芸術・保健体育教育講座 准教授 湊 七雄

近年、美術の分野でも環境や健康への関心が高まっています。画材の各メーカーは有害物質の使用を抑えた非毒性画材の開発に積極的で、新製品が次々に発表され、画材店では「環境にやさしい」と銘打った製品を数多く見かけるようになりました。

一般にはあまり知られていませんが、美術作品の制作においては、幾多の有害な材料が用いられます。とりわけ、私の専門である版画の分野ではその傾向が顕著で、西洋の伝統的な腐食銅版画制作に使用される有害物質は112種類に上ると報告されています。

私のアトリエ(研究室)では、こうした状況の改善をめざし、「NON-TOXIC(非毒性)版画技法」を研究開発しています。

「NON-TOXIC版画技法」は1990年代よりアメリカとヨーロッパの一部の国で研究され始めました。化学物資の毒性が健康被害と環境汚染をもたらすことが医学的に検証され、広く認知されるようになった時代の流れに沿って、公的な美術学校だけでなく、個人レベルのアトリエでも積極的な取り組みが進みました。

1997年、私は当時の留学先であるスウェーデンの美術大学でNON-TOXICの版画技法(思想)に出会ったのですが、当時はピンとこない感じでした。つまり、慣れ親しんだ従来の技法の方

が合理的で、芸術的表現の面でもより優れていると感じたからだと思います。しかしその後、連日の版画制作で体調を壊した自身の経験から、非毒性である必要性を強く認識するようになりました。

日本の美術学校においても有害化学物質の取り扱いに関する意識が高まりつつあるものの、初等中等教育機関での取り組みは遅れをとっています。そこで、技法研究と平行して、小中学生向けの教材開発に取り組みました。07、08年度は、4種類ある代表的な版種、凸版(例:木版画)、凹版(腐食銅版画)、平版(リトグラフ)、孔版(シルクスクリーン)のなかで、特に非毒性化が困難だとされる凹版画を取り上げ、版材として塩化ビニールを用いる表現技法を考案しました。併せて、学内外でワークショップを開催し、具体的な指導方法についても検討しました。



非毒性版画技法を用いて制作した作品を発表した個展の様子

## ● 職業性感作性化学物質の現状と対策

医学部 国際社会医学講座

環境保健学領域 准教授 佐藤 一博

科学部物質を地球レベルに安全に製造、使用、輸送する事を目的に国連により決められた国際調和分類システム (globally harmonized system of classification and labelling of chemicals : GHS) が2003年国連から勧告されました (2005年、2007年に改訂版)。我国では、経産省の外郭団体である (独) 製品評価技術基盤機構 (NITE) が窓口で政府関係省庁が中心となり、ラベル表示 (図1、2) やSDS (安全性データシート) 作成の義務のある1500化学物質を再分類し、2006年12月1日から施行された労働安全衛生法もGHSを考慮したものに改正されました。今年度 (2008年度) から、全世界でGHSが導入される予定です。我々が分類しリストした、感作性化学物質リスト (59物質) は上記NITEの判定基準に採用されています (図3の2004年福井で開催された学会抄録集 P95~97・学会長は当教授 日下幸則。アレルギー予防ガイドラインと共に収録)。



図1 気道感作性物質ラベル



図2 皮膚感作性物質ラベル



図3 2004年福井で開催された学会抄録集

## ● 環境にやさしい水中での光を用いた有機反応

工学研究科

生物応用化学専攻 講師 吉見 泰治

現在、薬やポリマーなど多くの有機化合物の製品が、我々の生活の質を向上させてくれています。これら便利な有機化合物を製造するときに多量に使用するものが、有機溶媒です (一般に、ジクロロメタンなどのハロゲン系溶媒やアルコール系溶媒・エーテル系溶媒・トルエンなどの芳香環をもつ有機溶媒が使用されています)。しかし、有機溶媒は人体や環境にとって有害であり、爆発や発火の危険性が大きいので、その使用をなるべく避けなければいけません。さらに、これらの製造過程では、環境に悪影響を及ぼす有機金属や金属も試薬として用いています。つまり、有機化合物の製造で使われている有機溶媒と金属を、より環境に優しいものへと変換する必要があります。このような観点から、水を溶媒として、光を用いた環境調和型有機反応の開発を行っています (図1)。水は、発火の危険性はなく、環境に対してまったく負荷のない物質です。これに加えて、光は、金属とは違い反応終了後、系中に残存せず、しかも、強力に反応を進行させることができます。このように、水中での光を用いた有機反応を行うことができれば、環境への負荷を大きく減らすことができます。



図1 環境にやさしい水中での有機光反応

しかし、水を溶媒として用いた有機反応の大きな問題点として、有機化合物は水に不溶であるために、水中では反応が進行しないことです。これを解決する方法として、水と油（有機化合物）を混ぜ合わせることができる界面活性剤（せっけん）の性質に着目しました。界面活性剤の端っこにナフタレンなどの光を吸収できるものを連結した分子1を作り、これを水中での光反応に用いてみました（図2）。実際の反応例を次に示します。

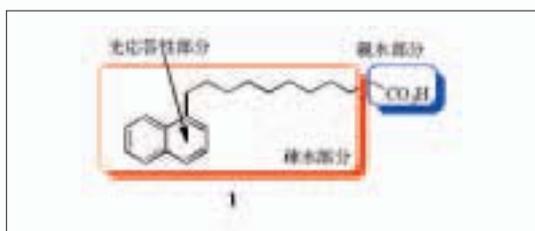


図2 ナフタレンがついた界面活性剤

界面活性剤1と水に溶解しないジフェニルエテン2を水中で12時間攪拌すると、白く濁ったエマルジョン溶液（洗剤を入れた洗濯機の中で油汚れがひどい洋服を洗った水のような状態です）が得られます（図3（b）の溶液）。このエマルジョン溶液に光照射すると、ジフェニルエテンに水が付加したアルコール3が高収率で得られました。このように、水に溶解しない有機化合物でも、このような界面活性剤を加えることにより水中での光反応が可能になりました。これらの界面活性剤は反応終了後、回収でき、繰り返し使用できるので、廃棄物を出さずに、有機溶媒も使用せずに反応が行えます。しかし、これらの反応では、ある決まった化合物としか反応できません。現在、筆者らは、より多くの反応例や反応基質の検討を行い、様々な有機化合物が水中で光を用いて作れるように研究を進めているところです。

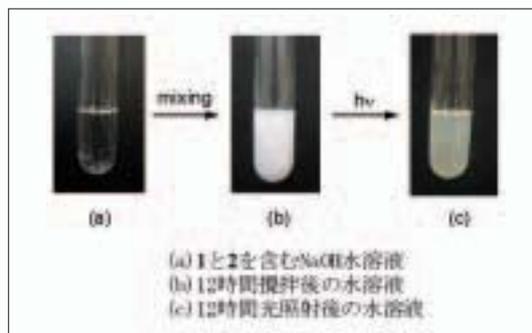
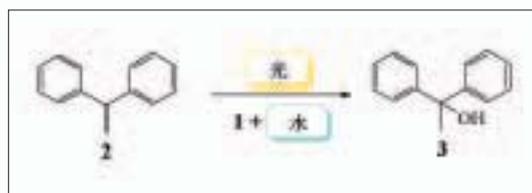


図3 光応答性界面活性剤1を用いた光反応

## 研究開発への本学からの資金援助

福井大学では、毎年度「学長裁量経費」として様々な研究や開発に携わっている教員へ必要とする費用を提供し、活性化を計っています。昨年度も、多くの教員がこの経費を使い、企業化研究や育成研究を進めました。ここでは、中でも特に環境配慮、環境保全を目的とした研究において、「学長裁量経費」を取得した教員について研究内容を紹介します。

### ● 次世代自動車用燃機関のための新しい燃料の探索

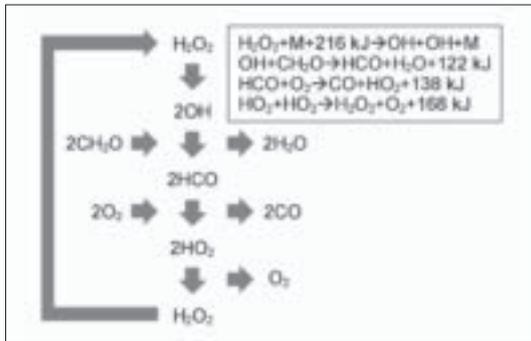
#### ～炭化水素の燃焼機構と部分燃焼生成物の燃焼機構を説明するユニバーサルルール～

工学部 機械工学専攻 教授 安東 弘光

#### ○ 研究内容

スート（煤）フリー、ゼロNO<sub>x</sub>の高いポテンシャルを持つHCCI（予混合圧縮着火燃焼）を既存の単一燃料で実現することが困難であることが認識されてきた。HCCIを実現するための新しい燃料、燃料の組み合わせの探求を行っています。この研究のなかで、さまざまな燃料の着火

過程を统一的に記述するユニバーサルルールを見出し、さまざまな燃料、さまざまな条件でこのルールの有効性を検証する研究に着手しました。



#### ○ 研究結果、成果

ユニバーサルルールに基づいて現在までに下記の現象が解明されています。

- (1) クールフレームに続く緩慢な熱発生期間の反応は、メイン $\text{H}_2\text{O}_2$ 再生ループと補助的な連鎖ループによって構成される拡張 $\text{H}_2\text{O}_2$ 反応ループによって進行します。
- (2)  $\text{CO}_2$ の生成は熱着火の酸水素系の反応と同時に進行します。
- (3) 初期温度がクールフレーム領域の温度より高い場合、オクタン価が高い燃料と低い燃料はほぼ同等の反応特性を示します。
- (4) すべての条件で着火遅れは熱着火準備期間の $\text{H}_2\text{O}_2$ 濃度によって説明できます。

## ● 環境保全を目的とする外来魚の食用商品化に関する研究

教育地域科学部

地域政策講座 准教授 保科 英人

#### ○ 研究内容

日本の陸水に侵入した外来魚のうち、最も侵略的で、生態系への影響が大きいものである、オオクチバス（ブラックバス）とブルーギルの利用に関する研究。これら両外来魚は、駆除が原則好ましいことは明らかであり、今後は駆除の是非ではなく、技術面および財政面での問題を議論する段階です。本研究では、これらの外来魚を食材化して商品とすることにより、駆除実践者に対する金銭的支援を可能にするシステムを構築することを目的とします。

#### ○ 研究結果、成果

オオクチバスとブルーギルの魚肉を用いて、ハンバーガーを作成しました。そして、07年5月の福井大学祭、12月に大学生協にて試験販売を行いました。それぞれ約100個ずつ販売しました。品質に対する消費者の反応は決して悪くなかったと自負しています。今後の課題は、材料となる魚肉をいかに安定的に入手できるにかかっていると思います。



捕獲されたブルーギル

今後も必要な資金を様々な研究に配分し、環境に関することも含め、積極的な研究・開発が本学で行われることを期待したいと思います。

# 19 生物多様性の保全

世界各地で過剰な開発等によって環境が破壊され、生物や植物の種類が減り、棲みかさえも奪われてしまっているという現状をよく耳にします。このような生態系の破壊は、私たちの暮らしを脅かし、これまでと同じような生活ができなくなる可能性もはらんでいるといえます。私たちが暮らす福井県は、自然豊かなところですが、やはり開発などにより少しずつ環境が変わってきているように思います。文京キャンパスにおいても、建物の新築や改修によって、多くの木が伐採されました。しかし、一方ではキャンパスの緑を守り、増やしていこうという取組も進んでいます。このような生態系を守る活動は、今度ますます重要となり、さらなる努力が求められています。

ここでは、豊かな自然を残し、様々な生物、植物の保全活動や、環境教育に取り組んでいる、総合自然教育センターと、地域での里地保全活動に積極的に関わっている、教育地域科学部地域政策講座 保科英人 准教授の活動について紹介します。

## 総合自然教育センターの取組

### ● ビオトープ作り

センター内では、約7年前にビオトープを作り始めました。様々な植物や小さな生物達がたくさん生息しています。ビオトープ造成に携わり、現在も学生と共にビオトープの保全活動をしている教育地域科学部理数教育講座 前田柵夫 教授にお話を伺いました。

Q1. ビオトープにはどのような生き物がいますか。

A1. 一番初めは、メダカを放したただけでしたが、その後、ドジョウやカエル、トンボや様々な水生生物が棲むようになりました。

Q2. どのような人たちがビオトープを利用しますか。

A2. 野外観察として、附属幼稚園、小学校の園

児・児童が授業で訪れます。また、福井市内の幼稚園の園児たちもメダカを捕りにきたりしています。

Q3. 学生の取組は何かありますか。

A3. 年に1度、私の研究室の学生と授業の一環として、ビオトープの掃除や手入れをします。また、教育地域科学部生活科学教育講座の学生や、附属特別支援学校の生徒も授業でビオトープを活用しています。

Q4. 管理についてはどのような点に気を使っていますか。

A4. せっかく増えた生物や植物が棲めなくなったり、池が枯れないように、ビオトープに流れる水の元となる観察池を枯らさないように気を付けています。観察池をしっかりと管理することにより、水路で繋がっているいくつもの池にメダカなどが棲むことができ、またビオトープ内を自由に往き来することができます。

Q5. ビオトープの周りには、ベンチがありますが、これはどこの木材を使用したのですか。

A5. 文京キャンパスに総合研究棟が建設される  
とき、そこにあった桜の木を伐採しました。その伐採した木を再利用して、ベンチを作りました。



観察池



ビオトープの清掃活動をする学生

### ● 減農薬の米作りと野菜作り

センターには、ビオトープの他に、田んぼや畑があります。毎年お米を作り、豊富な種類の野菜を栽培しています。それらの減農薬栽培に携わっている、総合自然教育センター用務員吉田勉さんにお話を伺いました。

「センターには35アールの田んぼと、25アールの畑があります。

お米づくりに関しては、07年度までは農薬や化学肥料を使った一般的な方法で作っていました。しかし、08年度からは減農薬栽培に挑戦しています。前年度に比べて、農薬は50%以下の使用、また肥料は100%有機肥料を使っています。虫がなるべく発生しないように、田んぼの周りの雑草はこまめにとっています。

前年度まで化学肥料を使用していたので、やはり土壌には化学物質が残っていると思います。ですから、私の理想通りっていない部分もありますが、今後土壌改良ができれば、と思っています。

野菜は、約30種類を栽培しています。また、附属幼稚園、小学校、特別支援学校の生徒さんたちが、毎年じゃがいもやさつまいもの植え付け、収穫をしています。野菜に関しても、低農薬で栽培しています。お米もそうですが、低農薬や有機栽培で育てたお米や野菜を、学生さんにも食べてほしいと思っています。また、野菜の生り方を知ってもらえれば、それだけでも価値のあることだと思っています。」



減農薬栽培に取り組んだ水田



さつまいも畑

総合自然教育センターは、その名の通り自然豊かな場所です。ビオトープを作ることにより、様々な生物が生活しやすい環境ができあがり、また米、野菜づくりにおいて、農薬を減らすことにより、生物・植物、さらに私たち人間にとってもよい影響を与え、環境保全に繋がっています。一度破壊した環境は、元通りになるまで大変長い時間が必要となります。今後も、福井の豊かな自然を守り、私たちの生活とうまくバランスを取りながら、様々な研究、開発、教育を実施していきたいと考えています。

### コラム

#### ビオトープ

Biotop (ドイツ語) またはbiotope (英語) とも表記し、生物群集の生息空間を示す言葉です。日本語では生物空間、もしくは生物生息空間ともいわれます。人工的に形作られた河川などの状態をより自然に近い形に戻し、それによって多様な生物環境を修復させるというような、生息環境の修復によって形成された生態系を意味するものとして使われることが多いです。子供たちに対しては、そこに住む生き物も含めて魅力が大きくまた、それを手に取り、どろんこになる体験教育としての効果も期待されています。また、財団法人日本生態系協会ではビオトープ管理士という資格認定を行っています。

## ● 福井大学と里地の保全

教育地域科学部 地域政策講座

准教授 保科 英人

近年、自然保護の対象として、原生状態に近い自然に加え、里地の存在が注目されています。一言で里地と言っても様々な定義がありますが、ここでは「水田や畑、川、里山などから構成される農村地域」としておきます。

福井県の越前市西部地区(旧武生市)の白山地区は、県内有数の優れた里地であり、全国4ヶ所が選定された環境省の里地保全モデル事業の対象地域に選ばれたほどです。そこでは、数年前より福井県と越前市の行政、地域住民、そして地元の福井大学などの産学民連携による保全事業が行われてきました。里地の保全は、そこに人が居住し、農業を営むことにより、初めて保全が可能となります。つまり、生物学的理論および技術だけでなく、社会学的理論とその実践も要求されます。

白山地区は、アベサンショウウオやナミゲンゴロウ、メダカ、ハッチョウトンボなど多くの

希少種が残存するエリアです。保科研究室では、地元の農家との共同作業により、3ヶ所の休耕田の維持管理に努めてきました。そこでは、同エリアから移植したメダカを放流し、ナミゲンゴロウとハッチョウトンボの保全に取り組んでいます。このほか、外来種のブラックバスの駆除や、アライグマの分布調査なども行っています。

里地を守れるのは、結局は「人」でしかありません。全国的にも貴重な白山地区の里地を保全していくには、産学民連携のこの事業をより発展させていく必要があります。



地元住民と学生との共同作業

# 18 環境に関する研究開発

福井大学においては、構成員や学生への教育、環境保全に関する取組などにも力を入れていますが、大学の特徴である研究・開発等においても、各学部の教職員が日々研究を重ねています。

今年度も各学部より1名ずつ取り上げ、その内容について以下に示します。

## 有機リン化合物の検出

大学院 工学研究科 ファイバーアメニティ工学専攻  
教授 末 信一郎

有機リン化合物は、最も毒性の高い神経伝達阻害物質のひとつとして開発され、世界中で農薬、殺虫剤そして化学兵器として広く使用されてきました。図1に有機リン化合物の基本構造を示します。有機リン系農薬の中でも、パラチオンやメチルパラチンは毒性が極めて高く優れた殺虫効果を示したため、戦後の日本においても水田や果樹園に広く散布されていました。しかし、初期の有機リン系農薬は、選択毒性が低いという短所を持ち、多数の中毒症を引き起こしています。さらに農作物に残留した農薬を長期にわたって摂取することによる慢性中毒などの問題もあります。現在、日本では、パラチオンなどの毒性の強い有機リン系農薬の製造、使用は禁止されています。しかし、大規模農業においては、大量の農作物を安定に供給するため種々の農薬の使用は必須であり、日本で使用が禁止されているパラチオンなどを用いた有機リン系農薬についても、その効能を優先し、製造、使用が認められている国が存在するのも事実です。従って、輸入農作物や食品の残留農薬による汚染については避けられない問題となっています。また有機リン農薬が意図的に混入された輸入食品事件は記憶に新しいところでもあり、このような現況から、無防備な消費者のために食の安心・安全を確保することは、食に携わる者にとっては、非常に大きな責務と言えます。

よって輸入農作物に対する監視体制の確立も重要な課題であり、残留農薬に対する迅速、高感度な検出法が望まれているのが現状です。輸入農作物に対する有機リン農薬分析の公定法には、高価な分析装置を用いた分析法が用いられています。これらの方法では有機リン化合物の検出を極めて高感度に行うことができます。一方、これらの分析には、食品試料からの有機リン化合物の抽出、精製、濃縮など煩雑な操作が必要であり、高いコストと環境負荷を要するばかりでなく、熟練した分析技術者が必要となります。そこで、私たちは有機リン化合物の迅速・簡便な検出方法として、有機リン加水分解酵素(OPH)と蛍光タンパク質(EGFP)を細胞表層工学により酵母の細胞表層に発現させ(EGFP-OPH表層発現酵母、以下、改変酵母と略す)と各種検出技術を組み合わせることにより高感度な有機リン化合物検出のためのセンシングシステムを開発しています。この改変酵母による有機リン検出の原理を図2に示します。反応の第一ステップとして、細胞表層に発現したOPHの作用により、有機リン化合物が加水分解され、有機リン酸とp-ニトロフェノールが生成します。この時、反応で生成した物質の影響により細胞近傍のpHが酸性側へシフトします。この微小なpHの変化を細胞表層上のEGFPによって捉えます。通常、EGFPはある特定の励起光によって蛍光を発するのですが、pHの低下により蛍光強度が減少するので、有機リン化合物の存在が蛍光の消失によってわかるわけです。現在、私たちは光導波路という光ファイバーに似た板状のチップ素材を光検出のためのデバイスとして用いて、これに改変酵母の細胞をトラップすることでバイオセンサを作成しています(図3)。将来、食品検査などの現場で簡便に使用できるバイオセンサとして用いられることを目指して研究を続けています。

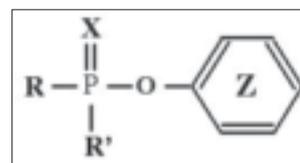


図1 有機リン化合物の化学構造

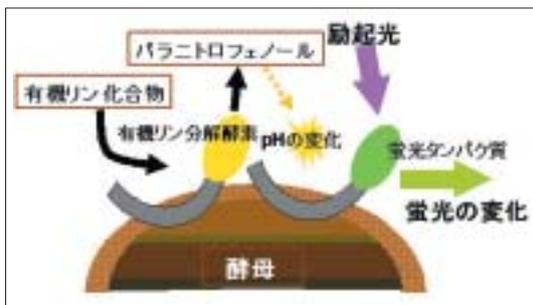


図2 有機リン検出のために創り出された新規酵母。有機リン分解酵素と蛍光タンパク質が酵母の表面に発現している

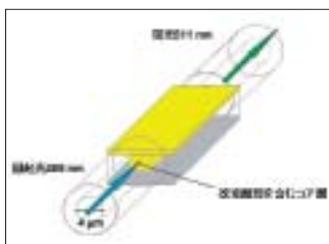


図3 改変酵母を埋め込んだ光導波路 (有機リン化合物センシング部分)

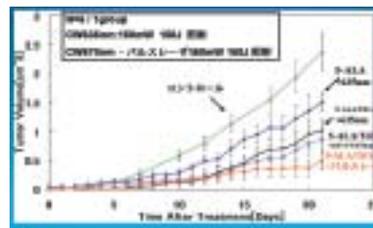
### ナノ粒子がもたらす有効性と環境保健への心配から

医学部 医学科 病因病態医学講座  
助教 三好 憲雄

近年、ナノ粒子における体内薬剤輸送やその薬理的効用が富に報告されてきています。また光との関わりにおいても、ナノ粒子表面極近傍周辺における光エネルギーの移動には、粒子の径が光の波長よりも小さくなるために、粒子の極周囲の近接場における表面プラズモン共鳴効果が起こることが言われているために、腫瘍組織の蛍光イメージングにも応用されつつあります。

さらには、腫瘍組織に比較的親和性のある光増感剤の前駆体 (5-aminolevulinic acid=5-ALA) と今回の酸化チタンナノ粒子を超音波処理により修飾することで、実験腫瘍モデルマウスへの経口投与により、酸化チタンナノ粒子を腫瘍組織内血管内に輸送できることがレーザーラマン顕微鏡のイメージングにより証明され、実際に630nmの半導体レーザーの照射により、5-ALA単独投与の場合よりも、その治療効果が増大化することが下図の腫瘍成長曲線の観測により明

らかにしました。このナノ粒子の存在は、光増感剤 (protoporphyrin-IX=Pp-IX) の励起状態の安定性や光増感反応の効率を上げるのに大きく貢献しているものとして注目に値します。



光生成物への追加照射による治療効果の比較 (杉本修論データ)

今後、このような酸化チタンナノ粒子の動物実験応用も1つの有効な可能性として提示できますが、臨床応用には尚、その安全性や代謝経路、蓄積臓器など種々慎重に検討する必要があると思われる。

特に、酸化チタン粒子の工業応用には目を見張るものがあり、自動車のサイドミラーの汚れが着き難いミラーへのコーティング、新幹線の塗装への汚れ落とし用コーティング、ビルの外壁の汚れ落としのためのコーティングや化粧品の紫外線カット効果にも年間トンのオーダーで生産・使用されています。このような視点からも、腫瘍組織親和性や腫瘍組織の光線力学治療の動物実験と並行して、酸化チタンナノ粒子の体内代謝を含めた親和性蓄積臓器の検証も合わせて行なっています。現在の実験条件下では、幸いなことに顕著に蓄積する臓器は確認されていませんが、今後も慎重に検証を続けていく必要があります。

#### (参考文献)

- [1] "Recent Progress on Clinical and Basic Research of ALA" Eds. by Norio Miyoshi and Sadao Kaneko, Published from Kashiwaba Neurosurgery Hospital, in Sapporo, pp.1-92 (2005).
- [2] "レーザー施設紹介-福井大学医学部・腫瘍病理学領域-"、三好憲雄、日本レーザー医学会誌、26 (3) : 272-273 (2005)。
- [3] "5-Aminolevulinic acid (5-ALA) を投与した腫瘍内代謝物Protoporphyrin-IX (Pp-IX) の蛍光分析"、三好憲雄、小笠原利行、小川 透、佐野和生、金子貞男、福田優、久住治男、日本レーザー医学会誌、23 (3) : 81-88 (2002)。
- [4] 特集：レーザー内視鏡の理論と実際-21世紀消化器内視鏡学への提言「不可視情報の画像化」-新しい内視鏡診断学の展望 (4) 新腫瘍親和性物質5-ALAを用いた癌の診断、三好憲雄、臨床内視鏡内科、14 (8) : 1199-1204 (1999)。
- [5] Photodynamic therapy based on combined use of 5-aminolevulinic acid with a pheophorbide-a derivative for murine tumors. Zhao-hui, Jin, Norio Miyoshi, Kazumori Ishiguro, Keigo Takaoka, Takeshi Udagawa, Hisao Tajiri, Keichi, Ueda, Masaru Fukuda, Masanobu Kumakiri. In vivo, 14 : 529-534 (2000)。
- [6] [特集]皮膚科のPDT光線力学療法。総説2: Part-1:PDTとは、「PDTの原理」、三好憲雄、目でみる皮膚科学Visual Dermatology, 7 (8) : 844-855 (2008)。
- [7] 特集：利用拡大をめざした5-ALAを用いたがんのPDD・PDT研究。「日本におけるポルフィリン前駆体 (5-ALA) の光検出と光線力学治療」"PD and PDT with porphyrin precursors (5-ALA) in Japan" (in English)、三好憲雄、福永幸裕、金子貞男、久住治男、日本レーザー医学会誌、29 (2) : 134, 164-168 (2008)。

## 日常的な利便性を追求する手法研究

教育地域科学部 生活科学教育講座(住居学) 特命教授 本多 昭一

「環境」というと地球温暖化とかオゾンホールとか私たちにとっては巨大なスケールの話が多く、また、環境汚染物質は顕微鏡的なケミカルな話題が多いようです。

私は、学生たちの日常的で、等身大のスケールの環境に着目し、その環境を学生自身が改善する「手法開発」をめざしています。

### ● 身近な環境を改善する意欲と行動力を

住居およびその周辺の住環境はいかにあるべきか、いかに計画すれば良いか、そのための専門知識、関連する法・制度などを学ぶことが住居学の今日的目標です。しかし、現実の法・制度の詳細を暗記することよりも必要なのは、現実をよく見て改善する意欲と行動力を身に付けることであると思います。

本学に赴任した03年、学生に「キャンパスについて何か不満があるか」を聞きましてところ、「食堂が混む」「憩いの場所が少ない」「手洗いに石鹸がない」等々たくさん出ました。授業で、その解決・改善に取り組むことにしました。

大学(学長)に要望するもの、生協に要望するもの自分たち自身でやれそうなもの等があることがわかりました…と言うより自分たちでやってみて、どうしてもできないものは要望するように指導しました。

「憩いの場って、どんなものか?」「広場にベンチがあるのがよい。」「それならあそこの草を刈って広場を作ろう」みんなでやってみると、予想以上にいい場所ができました。

ベンチも、学長に要望するの也不错が、まず自分たちで作ってみよう。大体の設計をして、材木

を購入し、木ねじで組み立てたら、結構しっかりしたものができました。気を良くして、こんどはテーブル付きのベン

チに挑戦。これもできました。(当時は生協付近にも1号館前にも全くベンチはありませんでした。その後、生協が購入したもの、大学が購入したもの等が設置されました。)「洗面所の石鹸」も、まず自分たちでやってみようということでスーパーに行って、レモン石鹸とビニール網を買い、それを蛇口につけました。これは小学校時代の体験からです。しかし、これは案外使われませんでした。比較検討のため、液体石鹸(容器入り)を置いたら好評でした。この実験から、大学では液体石鹸がよいとわかりましたので、大学(事務局)と相談しました。大学側は「液体石鹸と容器は買えるが、その管理を外部委託する予算がない」とのことでした。そこで学生が毎週、液体石鹸の補充をすることで話が付きましました。(この実験は教育1号館で実施しました。後に耐震改修を機に、現在は管理も外部委託されました。)



### ● 自発的解決と制度的解決

大学が校費でベンチを購入し、定期的に維持管理する方が安心ですが、それが無い時に、学生が手作りのベンチを作ることは独特の意味があります。

予算・人員を確保して永続的な解決をすることはもちろん重要ですが、それが実現する前に、学生(街では住民)自身が臨時的に解決することが重要です。

住民自身が、地域環境の管理主体として学習する機会になり、よりよい環境づくりの開発につながると思います。

たとえば60~70年代に住民による自主図書館(子ども文庫)が全国的に盛んに作られました。日本の図書館行政が遅れていたからやむを得ず設立されたものですが、しかし、子ども文庫運動はある意味で欧米先進国にない独特の文化を生み出してきたと現在では世界的に評価されています。

制度的解決の方法も学びながら、同時に、自力で当面の解決・改善をしていく意欲や手法を身に付けることが必要であると考えています。



# 19 生物多様性の保全

## サツマイモ栽培体験 ー福井大学と福井市との協同環境活動ー

地域環境研究教育センター センター長 服部 勇

平成20年の初夏から秋口にかけて、福井大学地域環境研究教育センター（以下センター）および教育地域科学部地域環境コース（以下コース）は福井市環境パートナーシップ会議（以下FEPs、Fukui-City、Environment、PartnerShip）と協同で、市民を対象としたサツマイモ栽培・収穫の体験活動を行いました。これは、センターとFEPsが締結している協力覚え書きに基づく活動の一つであり、センター側の発案によるものです。

会場は、福井市東部の旧美山町芦見地区です。この地区は過疎化が激しく、限界集落に分類される集落も存在します。かつて江戸時代には1,000名を数えた住民数も今では200名を下回っています。そのため、公共的サービス（病院、学校、マーケットなど）は存在しません。公共交通機関は京福バスが一日に一往復するのみです\*。数年前まで小学校が存在していました。将来の地域再活性化に配慮したモダンな建物が15年程前に建てられましたが、数年前に廃校となり、今は地域の生涯学習施設として活用が図られています。センターは、FEPsとの協力覚え書きに則り、この地域の活性化の一助となるべく環境活動をするために、さらには学生の野外活動の本拠地としてこの施設を自由に使用できるようになっています。地域環境コースでは、年間10回ほど使用しています。

今回の栽培体験は、芦見地区という過疎地の研究、過疎地の再活性化、それに農作業の体験を目的として、センターとFEPsの共催ということで計画し、福井市の広報（市政広報）により市民を募集した。10家族、24名が参加しました（人数等は記憶に基づいて記述しており、概数である。以下同様）。一般市民は福井市役所に集合し、福井市のバスにより現地まで移動しまし

た。栽培に必要な畑、農作業道具、サツマイモの苗、イノシシよけの柵などはFEPsが準備してくれました。センターとコースはスタッフとして参加しているので、一切の経費は不要でした（現地までの往復には自家用車を使用した）。

5月24日に参加者（一般市民親子、約25名、FEPs関係者5名、福井市環境政策課職員3名、福井大学関係者5名）は芦見生涯学習施設に9時頃に集合しました。最初にFEPsにより当日の全体計画の説明があり、その後福井大学の教員により、芦見地区の過疎化の状況について説明があり、過疎地とはどんな地区か、限界集落とはどんなかについて勉強しました。その後、借用してある生涯学習施設近くの畑（約500m<sup>2</sup>）に出かけ、2時間かけ、畝作り、苗植え、柵作りを行いました。幼稚園や小学生の子供も参加していました。彼らも畑で土に触れることに感動していました。また、近くの山肌や川に咲く植物などの観察、田舎の生活などを自分の眼で観察しました。コースの学生も参加者に混じって初めての栽培体験をしました。

実は、この苗植えに先立ち、1月前の4月13日にサツマイモ栽培について勉強会がありました。何人かの経験者や専門家から手ほどきを受けていました。そのため、スタッフはある程度の知識を持っていましたが、実際の中では、戸惑うことが多々ありました。例えば、畝の間隔は何cm離せばいいのかとか、苗と苗の間隔はどのくらいか、苗は真っ直ぐ植えるのか斜めに植えるのか、などは実施段階で教わることも多くありました。また、地元の住民の助けもありました。何とかして苗を植え終わった後に、担当した畝毎に各自の名前を書いた立て札を立てました。コースの立て札も立てました。この畝のサツマイモは地域環境コースものであることを主張するためにです。

この土地は肥沃であり、サツマイモにとっても好都合ですが、雑草にとっても好都合です。サツマイモより雑草の方が成長が速く、2ヶ月もす

ると、雑草の中にサツマイモの蔓や葉が隠れてしまいました。そこで7月6日に雑草刈りを行いました。苗植えに参加した市民のほとんどが集まりました。

さて、ついに収穫祭です。8月31日に参加者は再度集合し、サツマイモを掘り起こし収穫しました(写真1)。時期が早すぎたため、やや小さめでした。しかし、参加者は持ちきれないほどのサツマイモを獲得しました。掘り起こしが済んだ後で、収穫したサツマイモのいくつかを太陽熱を利用したパラボナ集熱装置で蒸し芋にしたり、焼き芋にしたりしました(写真2)。子供たちは先を争ってこれらの芋を食していました。同時に生涯学習施設(もともとは小学校)内では、女性参加者や学生がそこにある給食用の調理施設を使って、サツマイモの天ぷらを作ってくれました。また、この時は地区の青年団が畑の片隅に栽培してくれたケナフの葉も天ぷらにしました。また、青年団はかけそば(蕎麦)も



写真1 サツマイモ栽培体験における収穫の様子



写真2 収穫したサツマイモを、太陽光集熱装置を用いて、その場で焼き芋にしたり、蒸し芋にした。自然エネルギーについての説明も行われた。

準備してくれました。かけそばに天ぷらを載せれば、天ぷらそばとなります。全員がこれらを満足しながら食しました。おなかを満たした後で、持ちきれない量のサツマイモをお土産にしてバスで解散場所(福井市役所)まで戻りました。後日自宅でもサツマイモを食しましたが、大変おいしかったです。

この体験活動は、センターとFEPsとの共催活動であって、子供には山間地の自然を見せること、大人には過疎地の実情に少しでも理解を深めてもらうことも大きな目的であります。大学でのISO活動の発展的形態の一つでもあるとも考えられます。また今後の環境問題の大きな柱に過疎地・限界集落の問題が存在しています。今後も、福井大学、特にセンターやコースでは地域環境の、座視できない問題としてこの種の課題にも取り組んでいくことにしています。(サツマイモ栽培体験は平成21年度も実施する計画になっています。)

※平成21年度は通学バスと共用ということで、地区とJR美山駅まで小型バスが日に6往復するようにになりました。

みで走行させました。気温5℃の低温でもリチウムイオン電池は動作し、ブレーキ時の回生エネルギーを充電しながら走行させたところ40kmの走行が可能で、消費エネルギーは架線走行に比べて22%削減できました。電池によるLRVの速度は、最高時速65km/hでした。これは架線から電力を供給するLRVと同等の走行性能であり、電池駆動により省エネで走行できることを明らかにしました。

さらに、この電池をバス(図4)に積載して富山市内で走行実験を行



図4 電気バスとリチウムイオン電池

ないました。富山市内での2年間、9000kmの実証試験から、リチウムイオン電池による二酸化炭素削減効果と経済性をディーゼルバスと比較すると、二酸化炭素排出量で1/3、ランニングコストで1/5まで削減できることを明らかにしました。

#### ■おわりに

高出力の大型リチウムイオン電池の完成により、LRVや電気バス等の大型移動体を動かすことができました。1充電当たりの走行性能と走行距離は実用レベルにあり、最大瞬間電流の許容範囲も広く、十分な信頼性と安全性を兼ね備えていることを確認することができ、実用化へ近づいたと言えます。

## 「レーザー宇宙太陽光発電を目指して」

大学院工学研究科原子力・エネルギー安全工学専攻  
准教授 金邊 忠



図1 福井大学とJAXAの共同研究で設計した1GW級(100万キロワット)レーザー方式SSPSの構想図

無尽蔵でクリーンな太陽光エネルギーを、赤道上空約36,000kmの静止軌道上の宇宙から超大型レーザーで地球に送る宇宙太陽光発電(略称: SSPS; Space Solar Power Systems)の研究開

発を、独立行政法人宇宙航空研究開発機構(JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency)との共同で行っています。SSPSは、08年5月に制定された宇宙基本法に伴いJAXAが進める9つ

# 18 環境に関する研究開発

## 地球温暖化対策のためのリチウムイオン電池技術に関する研究

大学院工学研究科材料開発工学専攻  
教授 荻原 隆

### ■はじめに

現在、世界的な気候変動の影響により、洪水、濁水、土砂崩れ、高潮等の水災害や、海面上昇、健康への影響、生態系の変化など広い分野で深刻な影響が懸念されています。気候変動を緩和するには低炭素社会の構築を目指さなければなりません。リチウムイオン電池は低炭素社会を支える効率的で、CO<sub>2</sub>排出の少ないエネルギーインフラや交通インフラに欠くことのできない技術です。我々の研究グループでは、小型でありながら、大容量のリチウムイオン電池を開発することに成功し、電気バスや電池駆動の鉄道車両による社会実験を行い、CO<sub>2</sub>削減効果や省エネ効果を検証してきました。リチウムイオン電池は大型化に伴い、使用あるいは充電時の安全性の確保や長寿命化などの要求が携帯電話の電池と比べて格段に厳しいです。本稿では、民間企業と共同でそれらの要求を克服した大型リチウムイオン電池とそれを用いた電気バス、電池駆動LRVについて紹介します。

### ■リチウムイオン電池

開発に当たり、電極材料の粉体特性を見直して、電極界面でのリチウムイオンの拡散速度の向上と電極塗工性の改善を行いながら、リチウムイオン電池の開発をしました。研究開発の特徴は、①ナノ構造体の正極材料を開発したこと、②正極材料にマッチする複数の炭素負極材料と有機電解液を選択したこと、③ナノ構造体の特性を活かす電極塗工技術を確立したこと、であります。さらに、電池としての安全性と放熱性に優れたラミネート型シートセルと高性能モジュール電池を開発したことです。

### ■成果

火炎反応場を利用するナノ粉体製造装置を開発し、ナノ構造の電池正極材料を製造しました(図1)。製造した電池正極材料の粒子形態は、球状でナノ結晶が集合した構造となっており、結晶性が非常に高く、分散性も優れています。正極としての電気化学的特性も非常に優れており、正極材料の充放電容量は10℃において100mAh/g(効率95%)を示す他、3000サイクルまでの充放電容量の変化は一定であり、60℃でも熱安定性に優れています。そこで、この正極材料をモジュール電池へ活用するために、従来のラミネートパック型シートセルを改良し、安全性と信頼性を高めることを行いました。

ラミネートパック型シートセル18枚からなる1.1kWhのモジュール電池を54直列させた60kWhのリチウムイオン電池(図2)を作製し、福井鉄道モハ800型LRV(図3)に搭載して、その走行性能を検討しました。西武生駅から福井駅までの20kmの区間を電池の



図1 火炎式噴霧熱分解製造装置



図2 LRV用60kWhリチウムイオン電池モジュール



図3 電池駆動LRV

## 液体窒素冷却超電導モータの研究開発

大学院工学研究科電気・電子工学専攻  
特命教授 杉本英彦

「超電導」とは、特定の物質を超低温に冷やしたときに電気抵抗がなくなる現象です。電気抵抗がゼロになれば、通電した場合のエネルギーロスがなくなること、大きな電流を流すと強力な磁界を作り出せること、発熱がないため自然界への悪影響が少ないことなどの大きなメリットがあります。

このような特性から、1911年にオネスによって超電導現象が発見されてから、研究が世界中で行われています。従来非常に高価な冷媒であるヘリウムでしか実現できない液体ヘリウム温度（マイナス約270度）付近で超電導を起こす材料しか発見されていませんでした。しかし、1986年のベドノルツとミュラーの発見から始まる液体窒素温度（マイナス約200度）より高い温度でも超電導を示す高温超電導材料の開発によって研究は盛んに行われるようになりました。しかし、20年以上が経過した現在まで産業的に実用化した例はありません。

このような中、我々は㈱IHIなど複数企業との産学グループの一員として、構想発案や電気・磁気回路設計など、基礎的部分を担当し、共同開発の先導的役割を果たすことで世界で最も実

用化に近い超電導モータの開発に成功しました。開発した超電導モータは次のような特徴を有し、世界的課題を解決しています。

- ①従来の液体ヘリウムと比較して液化コストも液化に必要なエネルギーも格段に少なくすむ液体窒素の使用により、格納容器の断熱層を薄くでき、小型・軽量化が可能になり、また、製作コストも低減されました。
- ②超電導モータの主要部品であるコイルの中心に高透磁材料（FLC：磁化された鉄の棒）を配置して、磁束を集中的に通すことで、超電導の障害となるコイルへの磁気の影響をなくすことができました。これにより、従来は直流コイルのみを超電導化していましたが、交流コイルも超電導化でき、発熱の抑制、効率の向上が可能になったこと。
- ③従来は回転していた超電導部分を固定化することで、故障等の発生が低減され、信頼性が高まったほか、モータ軸のカスケード接続が可能となり出力容量の向上が可能になったこと。開発されたモータは、小型・軽量化、効率性向上（10%以上）による省エネ効果、CO<sub>2</sub>削減（10%以上）など、優れた特性を持つ“世界初の超電導モータ”となりました。

この超電導モータは、まずは船舶用モータでの産業化を目前にしていますが、将来的には、工作機械や建設機械などの動力源としての用途も見込まれています。



液体窒素冷却超電導モータを用いた船用2重反転プロペラ推進装置

の重点研究のひとつとして挙げられています。福井大学とJAXAの共同研究で設計した1GW級（100万キロワット）レーザー方式SSPSの構想図を図1に示します。1基あたり原子力発電1基分に相当し、50基程度あれば、日本全国の平均電気を賄うことができます。

宇宙空間では昼夜の別なく24時間、年間365日のほとんど完全に太陽光エネルギーを受けられ、受光エネルギーの変動要因になる天候や大気の影響もない。このため太陽光エネルギーの利用率を比較すると約10倍程度宇宙の方が有利であり、地上での利用システムに比べて高い効率で安定した発電システムの実現の可能性があります。

筆者は、これまで、一瞬で超高温・超高密度のプラズマを発生する装置「激光レーザー」（現・大阪大学レーザーエネルギー学研究中心内）の大出力ガラスレーザーの開発に携わり、レーザー核融合によるエネルギー開発やハイパワーレーザーを中心に研究を進めてきました。そのハイパワーレーザーの技術を転用し、太陽光エネルギーを直接レーザー光に変換する方式のSSPSの概念設計を行い、レーザー材料、太陽光集光システム、レーザー増幅システムを新たに検討・構築し、レーザー効率21%の見込みを立て、SSPSの新たな可能性を示しました。この設計したレーザーSSPS方式は、宇宙空間上で太陽電池パネルを使用しないで、直接太陽光を指向

性の良いレーザーに変換し、地上基地まで伝送するので、高いシステム効率と装置規模のコンパクト化が期待できます。

現在、地上実証用kW級太陽光レーザー要素開発研究として100W級レーザー装置の開発を進めています。福井大学文京キャンパス1号館屋上で実験を行っている100W級地上実証用レーザー装置を図2に示します。

実現に向けては、段階的な地上実証実験を踏まえ、着実な技術構築が必要であります。想定シナリオは、2020年程度に宇宙実証装置の開発を終え、2030年頃の商用化運転開始を目指しています。

当面の課題は、技術実証とコストの2点であります。まず、太陽光エネルギーから、効率よくレーザー光に変換できるか検証が必要であります。この2年でその検証実験を行い、その後、従来の原子力発電や火力発電並みの電力コストが実現できるのか、JAXAのロケット技術の開発を踏まえ着実な開発を進めていく段取りであります。

これまでの地上での太陽光発電や、風力発電とは違った、新しい電力供給技術開発へ向けての新しい研究です。この装置によって、エネルギー資源の少ない日本国が、エネルギーを輸入する国から、輸出する国へと生まれ変わる時代が来るかもしれません。

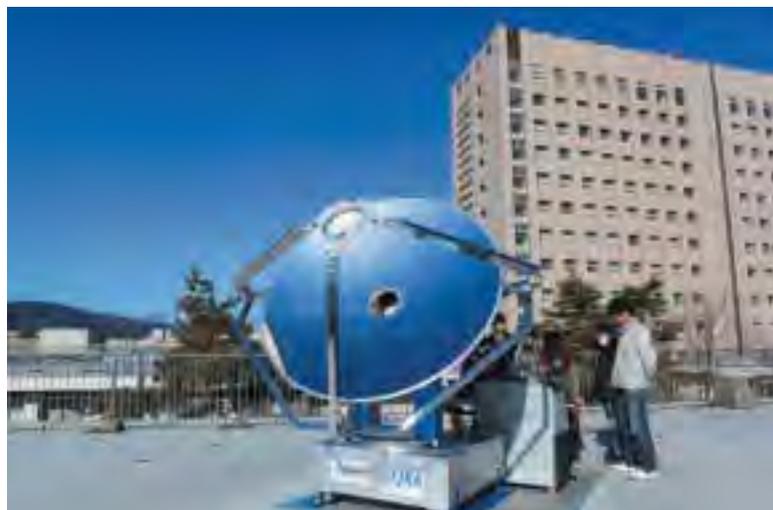


図2 100W級地上実証用レーザー装置：文京キャンパス1号館屋上にて

# 19 生態環境の保全

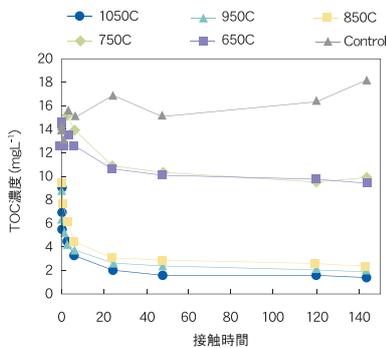
## 環境浄化材としての木炭の利用技術の開発

教育地域科学部地域政策講座（環境マネジメント系）  
准教授 三浦 麻

近年、汚染源を特定できない面源負荷による水環境への影響が顕在化しつつあります。面源負荷源として知られているものには、山林、農地、市街地があり、また、直接水域に大気中の汚染物質をもたらす降水も含まれます。このような面源負荷源から排出される有機物や窒素、リンなどの環境負荷物質は河川を経て、下流の湖沼や海洋へ流入します。それによって、閉鎖性水域<sup>\*1</sup>は富栄養化<sup>\*2</sup>が進み、悪臭を生じ、景観を悪化させます。そして、魚も棲めなくなってしまいます。また、水中の分解されにくい有機物が、浄水処理の際の塩素添加によって生じる水道水中に含まれるトリハロメタン<sup>\*3</sup>の原因となる可能性があります。

そこで、水環境保全対策を目的に、木炭の水質浄化材としての利用技術の開発を行いました。チップ状に加工したスギの間伐材を焼成温度650℃、750℃、850℃、950℃、1050℃で炭化した木炭を、それぞれ吸着担体として、稲ワラから溶出させた有機物を含む水溶液に接触させて水質浄化実験を試みました。

その結果、800℃以上の木炭によって、水中の有機物を80%以上の除去率をもって効率よく浄化することが示され（図1）、褐色



であった水のTOC濃度がほぼ無色透明までに変化させることができました。また、この木炭は実際の水田から排出される負荷物質である有機物および窒素を20~40%の除去率で吸着することができ、実用化の可能性を得ることができました。

この木炭は、汚染土壌の浄化にも役立てることができました。カドミウムによって汚染された土壌の修復と植物による土壌中のカドミウム吸収の抑制を木炭によって同時に行う方法です。図2に

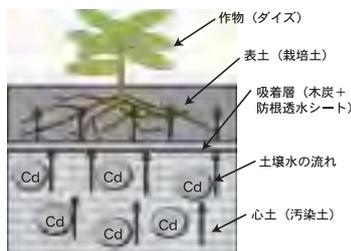


図2 汚染土壌浄化および作物吸収抑制構造  
[土壌の汚染改良構造およびその方法 (特開2009-171847)]

示されるように、その構造は非常にシンプルです。作物根の吸引による毛管現象<sup>\*4</sup>を利用し、土壌中のカドミウムを水とともに移動させ、木炭に吸着させます。つまり、汚染土壌と栽培土壌の間に汚染物質吸着層（木炭層）を設け、水と共に移動するカドミウムを吸着層に通過させて除去する構造をしています。この構造を用いて、ポットによるダイズの栽培実験を2期連作で行ったところ、吸着層を設けなかった構造で栽培・収穫されたダイズ子実中のカドミウム含有量は0.9~1.1mg/kgでしたが、吸着層を設けた場合は、

2期ともに日本のカドミウム含有濃度基準値案である0.5mg/kgを大きく下回ることができました（図3）。すなわち、吸着木炭層によ

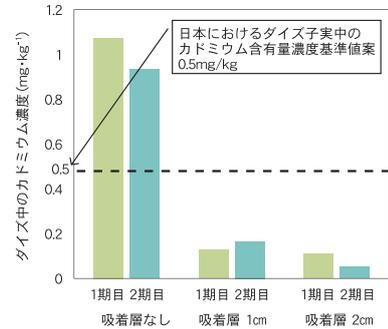


図3 構造中の吸着層の有無によるダイズ中のカドミウム濃度

るカドミウム吸着によって、作物への有害物質の移行を防止できることが確認されました。なお、この木炭が土壌水中のカドミウムのみを吸着すると仮定した場合、その耐用年数を見積もると、吸着層1cmでは134年です。したがって、長期にわたって吸着層を入れ替えることなく、利用することが可能であると考えられます。

このように、地域から発生する未利用資源を活用することで再び地域へ還元するといった地域内の資源循環のしくみを構築することが地域の環境保全にとって重要であると考えています。今後も持続的で健全な環境づくりにつながる研究を目指したいと思います。

- \*1閉鎖性水域：湖沼のように水の入れかわりが少ない水域。
- \*2富栄養化：窒素・リンの栄養塩類が過剰に水域に流れ込むと植物プランクトンが大量発生して、水質汚濁や悪臭を生じる。
- \*3トリハロメタン：発がん性のある化学物質。天然に存在する安定した有機物が処理や消毒に用いられる塩素と反応して生じる。
- \*4毛管現象：細い管内の液体が水位よりも上昇もしくは下降すること。

## PETで病原微生物の検出に成功

医学部医学科病因病態医学講座分子病理学領域  
助教 稲井邦博

新型インフルエンザや口蹄疫などの感染症が席巻し、その脅威を改めて認識できた一年でした。実のところ肺炎は、癌、脳卒中、心臓病に続き、今でも死因4位に位置します。また癌で死亡する患者の半数は感染症を合併しており、それが直接死因となることも多いのです。感染症は忍び寄る脅威なのです。

感染症の難しさは、病原体の大きさ、増殖スピード、種類の豊富さ、そして生体での病態解析の困難さ、にあると考えています。比較的大きなブドウ球菌でさえ、ヒト赤血球の2万分の1程度しかなく、しかも細菌は理想的な条件下では20分毎に分裂します。またそもそも雑菌は無数に存在するため、どれが真の病原体なのか判断するのもしばしば困難です。

癌が外科手術で摘出されるのは常識で、取り出した病巣をつぶさに検討することも容易です。しかし病原体を外科的に除去することは困難で、病理解剖を除いて生体内での病原体の挙動を、詳細に解析することは至難です。感染症とは、すばしっこくて捕らえどころのない、忍者のような病気とも言えそうです。

治療は抗生物質などの薬剤を用いて行われますが、その抗生物質の開発現場では、感染動物に薬剤を投与して最終的に何匹生き残るかで、有効性の判定がなされています。薬剤投与中に、感染巣が良くなっているか否かの検証はできません。感染病巣の具合を評価するためには、観察途中で動物を殺して調べなければならないからです。そのため治療開始前にどの程度の感染巣が形成され、それが薬物治療により縮小したのか、あるいは無効であったのかといった、病気の進展や転帰に迫る解析は、ほとんどなされていないのが現状です。

そこで私どもはN-アセチルグルコサミンを標的として、体内の微少な病変の検出に有効な陽電子断層撮影法（PET：positron emission tomogra-

phy）を用いた、非侵襲的な感染巣の特異的描出技術の開発を進めてきました。サプリメントで有名なN-アセチルグルコサミンは、本来細菌・真菌壁の構成成分であり、ヒトの細胞にはほとんど分布しないため、このグルコサミンを放射性物質で標識すると、体内に存在する細菌・真菌

に特異的に集積します(図1、黒色のドットとして真菌が描出されています)。この特性を応用し、

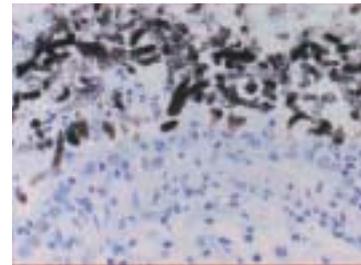


図1

実際にPET撮影した感染巣を図2に示します。右大腿筋内の感染病巣がきれいに描出されています。この標識

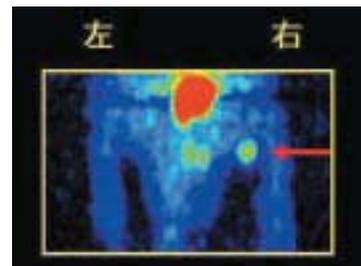


図2

薬剤は都合の良いことに、感染巣がなければ腸管や皮膚には漏出しません。そのため、本来このような部位に存在する雑菌を感染巣として間違えることもなさそうです。またPET試薬の半減期は短いため、同一個体を連日撮影し経過を解析することも可能です。さらに、N-アセチルグルコサミンはリウマチなどの非感染性の炎症組織には、ほとんど集積しないことも分かっています。私どもはこの技術の特許出願いたしました（特許出願：2007-046292）。

感染症診療にこの技術を応用すると、非侵襲的に感染病巣の場所や大きさが可視化できると期待されています。また時間経過を追いながら、ひとつの病巣を観察することも可能となります。その結果、現在多数の実験動物の犠牲の上になり立っている感染症治療薬の開発現場などで、実験動物数を減らすことにつながることも期待されます。

共同研究者：医学部腫瘍病理学・法木左近、高エネルギー医学研究所・清野 泰・Martinez Pozo, ME・藤林康久・井戸達雄

# 17 環境に関する研究開発

## 東北塩害土壌調査と最適除塩技術の開発

工学研究科 建築建設工学専攻 教授 **福原 輝幸**  
工学研究科 建築建設工学専攻 研究員 **寺崎 寛章**

### ●はじめに

2011年3月11日の東日本大震災での被害は、土木関連分野だけでも建物倒壊、液状化、地盤の沈下および放射能汚染など多方面に亘っています。中でも津波によって冠水した農地の塩害(土壌中の過剰な塩化ナトリウムに起因する作物の生育障害)は深刻です。冠水面積は岩手県、宮城県および福島県を中心に約2.4万haにも達しており、これは福井県の敦賀市に相当します。特に宮城県の被害面積は最も大きく、約1.5万ha(耕地面積の11%に相当)にも及び、その約85%以上が水田被害です(写真1(a)と(b)を参照)。

現在、縦浸透法や排土法などによる除塩が行われていますが(写真1(c)を参照)、除塩効果が現れるまでの時間に関する科学的知見は不十分で、塩害の経験が少ない日本での除塩は各事業者の判断に委ねられています。

また、早期の農業基盤整備および土壌環境改善が望まれています。宮城県内における全塩害地の除塩実施には今後2年以上は要すると言われています。そのため、多くの農地で除塩が未処理のまま放置されています。

今後、除塩の効果を確実に得るためには、除塩実施に伴う科学的データに基づく事前・事後評価

は勿論のこと、気象データ(降雨等)や排水状況を詳細に調べ、定期的に電気伝導度や塩濃度などから、土壌の状態をモニタリングすることが必要となります。

そこで、除塩効率の向上と早期営農再開を目指し、宮城県名取市、岩沼市および亶理町の水田を対象に、自然条件下における土壌調査を行うとともに、東北地方に適した除塩技術の開発に取り組んでいます。

### ●調査の概要

本調査は、2011年5月～2012年7月に亘って実施され、現在も継続して調査を行っています。宮城県の名取市内で6地点、岩沼市内で3地点および亶理町で3地点の合計12地点の圃場を選定し、各地点での津波堆積物およびその直下の作土層を掘削しました。その後、深度別に各土層を分割して、土壌のpH、電気伝導度および塩濃度をそれぞれ測定しました。

さらに、2012年7月から、宮城県名取市小塚原南地区の農家の方に私達の研究・調査内容を説明し、共同で“土壌塩害モニタリングシステム”を稼働させ、塩害の再発防止ならびに長期塩分の動態を監視しています。

写真1 塩害の様子と土壌改善



(a) 冠水した水田



(b) 土壌塩害の様子



(c) 重機による排土の様子

### ● 草の根的研究協力

2011年度の現地調査段階から、亙理農業改良普及センター、協力企業および小塚原南農業復興組合と協力して、研究を進めてきました。そして昨年度は、土壌分析の結果を中心に現地農家と亙理農業改良普及センターに報告しました。さらに、農家の方々から、行政の除塩に対する不安や希望、福井大学の研究に対する期待などをヒアリングしました(写真2(c)を参照)。その結果、地下水の塩性化に対する不安や作付け開始時期の予測、除塩後の塩害の再発防止などを期待する声がかれました。これらの問題は、私達の技術により解決できることが多く、農家の方の不安を取り除き、早期の営農再開に手助けできると考えています。このように私達は、行政の隙間を埋める“草の根的研究協力”を展開してきました。

### ● 調査結果

本調査の結果の一例として、塩濃度の土壌鉛直分布の経時変化を示します(図1を参照)。2011年8月時点での表層作土中の塩濃度は1000mg/100gと非常に高い値でした。これは、稲の作付け可能な限界塩濃度のおよそ10倍に相当します。その

後、約9ヶ月間の自然降雨条件下における表層作土中の塩濃度は徐々に10~30%程度まで低下していますが、依然としてその値は高く、作付けできない状態にあります。

写真2のような土壌のサンプリングによって、広大な農地の塩濃度を明らかにすることは、決して容易ではなく、多大な労力、時間および費用を要します。そこで私達の研究室では、数値解析プログラムを用いて、この土壌の塩分移動を予測しています。この塩移動予測に縦浸透法や排土法を組み合わせることで、除塩の効率化、すなわち最適除塩方法を検討することができます。現在は除塩の効率化とともに、塩濃度の経時変化を面的に予測する広域塩移動予測モデル(図2を参照)も開発しており、他地域での塩害とその対策に向けた研究を進めています。

### ● おわりに

東日本大震災から一年以上が経過していますが、塩害のみに着目しても、未だ復興には時間を要します。私達の研究成果が東北復興に寄与し、その他、塩害で苦しむ国々の一助となることを望み、今後も研究に精進していきます。

写真2 現地における土壌サンプリングおよびヒアリングの様子

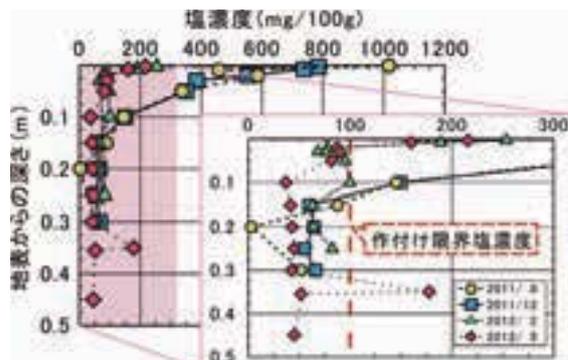


図1 土壌塩濃度の低下

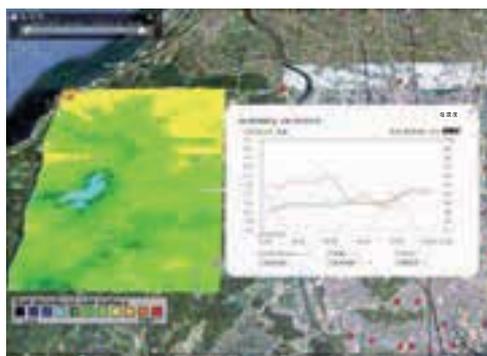


図2 広域塩濃度シミュレーション

# バングラデシュ・パイガサの調査報告

梅村朋弘<sup>1,2)</sup>、長谷川美香<sup>2,3)</sup>、日下幸則<sup>1,2)</sup>、福原輝幸<sup>2,4)</sup>

- 1) 福井大学医学部国際社会医学講座環境保健学領域 2) 福井大学地域環境研究教育センター  
3) 福井大学医学部地域看護学講座地域看護学領域 4) 福井大学工学部建築建設工学科

## ●はじめに

福井大学工学部の福原輝幸教授、医学部の長谷川美香教授とともに2011年12月17日から22日の日程でバングラデシュ(ダッカ、クルナ、パイガサ)を訪れた。これは現在計画中的の水・保健衛生環境改善に関するプロジェクトの事前調査としての訪問であったが、現地状況が多少なりとも分かったので報告させていただく。

## ●バングラデシュという国

バングラデシュ(正確にはバングラデシュ人民共和国)は南アジアに位置しており、宗教はイスラム教が主流である。歴史的には東ベンガルから東パキスタンを経て、バングラデシュ独立戦争・第三次印パ戦争の末1971年12月16日にバングラデシュとして独立した。我々が首都ダッカに到着した12月17日は戦勝記念日の翌日ということもあり、空港も街もかなり賑わっていた。世界銀行のデータベース(2010年)によると、約1億5千万人の人口が13万km<sup>2</sup>の国土に住んでいる<sup>1)</sup>。そのため、人口密度は非常に高く1,000人/km<sup>2</sup>を超える(国土面積の小さい都市国家や島しょ国を除くと世界一の人口密度である。ちなみに日本の人口密度は350人/km<sup>2</sup>である)<sup>1)</sup>。また、1人あたりの名目GNIは700ドルであり(日本は41,850ドル)、最貧国のひとつとされている<sup>1)</sup>。代表的な健康指標(2009年)に関しては表1の通りである<sup>2)</sup>。HIVの感染率は低いが、5歳未満死亡率、妊産婦死亡率、結核有病率などいずれも高く、衛生状態はよくない。

観光向けの本などは少なく、渡航前はバングラデシュに関する具体的なイメージはほとんどなかった。また、我々がプロジェクトの対象と考えているパイガサはかなり僻地であり、ダッカより南西方向へ直線距離で約170kmに位置する。パイガサには安全な宿泊施設がないので、一番近い都市クルナを拠点として、パイガサへ通うことになった。ダッカからクルナまでは車で8時間であり(路面状態や交通マナーは日本では考えられないほどひどく、この時期は濃霧が立ちこめる中のドライブとなる)、クルナからパイガサへはさらに車で2時間ほど要した。そのような発展途上国の僻地に住む人々の生活習慣、居住環境、衛生状態などを日本で入手することは非常に難しく、水・保健衛生環境改善プロジェクトを計画する上で必要な情報は、現地を訪れて実際に確かめるしかなかった次第である。

## ●パイガサにおける調査

パイガサはベンガル湾から直線距離で約50kmに位置しており、住民の主要な生業は農業である。また、エビの養殖も盛んである。海に近く海拔が低いので6月から10月の雨季にはたびたび洪水が発生して冠水する。住民の話によると、2011年の冠水時には首の辺りまで水に浸かったとのことである。我々が訪れたのは乾季であったが、洪水で壊れた堤防や道路の修復があちこちで行われていた。我々はここで居住環境、衛生状態の調査を行った。生活習慣については、通訳を介して

表1 主な健康指標(2009年)

|         | 平均寿命(歳) |    |    | 5歳未満死亡率<br>(出生千対) | 妊産婦死亡率<br>(出生10万対) | HIV感染率<br>(人口10万対) | 結核有病率<br>(人口10万対) |
|---------|---------|----|----|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
|         | 全体      | 男性 | 女性 |                   |                    |                    |                   |
| 日本      | 83      | 80 | 86 | 3                 | 6                  | 1                  | 26                |
| バングラデシュ | 65      | 64 | 66 | 52                | 340                | 1                  | 425               |
| 世界平均    | 68      | 66 | 71 | 60                | 260                | 8                  | 201               |

WHO Global Health Observatoryを元に作成

住民から聞き取り調査を行った(写真1)。



写真1 住民から聞き取り調査をする長谷川と梅村。長谷川が手にしているのは石けん。

住民は水を主に3種類の方法で得ていた。まず、井戸である。井戸はユニセフが推奨して普及したものである<sup>3)</sup>。この井戸から汲み上げる水(つまり地下水)は主として料理や飲用として利用されている。次にPond Sand Filter (PSF)を利用する方法である。居住地域に点在するため池の水は砂等で濁っているが、PSFを用いて濾過することで料理などに使えるようにする。そして、ため池の水そのものである。ため池の水は洗体や洗濯に用いるとのことであった。

それぞれに短所がある。バングラデシュの井戸の水にはヒ素が含まれていることが多く<sup>3)</sup>、パイガサの井戸の水にもヒ素が含まれる可能性がある。パイガサの井戸全てを調査したわけではないが、我々の現地カウンターパートであるクルナ科学技術大学のShafuil教授が雨季の洪水直後に井戸の水を測定したところ、0.01mg/lのヒ素が検出された。これはWHOが定める基準と同じであるが、乾季ではこれを上回ると推測される。また、PSFの原水はため池の水であり、地下から汲み上げた水ではないのでヒ素の心配は少ないが、細菌などを除去できているか不明である。実際、ため池そのものはゴミなどが浮いていてひどく汚れている上、体を洗う場にもなっている。子供のおむつなどもそこで洗濯をされる。そして、そのため池のそばに掘り込み式のトイレが設置されて



写真2 手前のトイレのすぐ後ろに生活用水として使われるため池がある。

いることもあり(写真2)、ため池から僅か3mの位置に設置されていたトイレもある。ジョン・スノーのブロードストリートの話を出すまでもなく、非常に不衛生な状態といえる。また、雨季の冠水時に海水が侵入して、ため池の水に塩分が混入するおそれがある。そのようなため池の水をPSFで濾過しても安全な水とは言えないだろう。実際に、バングラデシュでは下痢に苦しむ人が多く、WHOによれば<sup>2,4)</sup>、2008年のバングラデシュにおける全死亡の2.8%が下痢による死亡であり、5歳未満児に限れば、全死亡の13%が下痢によるものとされる(対して、日本では全死亡の0.2%、5歳未満児死亡の1.0%が下痢によるものである)。

住民は健康に無関心というわけではなく、可能な範囲で衛生的な生活を心がけていると感じられた。具体的には食事前や用便後には石けんで手を洗い、毎日ため池の水で体を洗っている。タオルも毎日洗う。そして、住民のほとんどが「arsenic (アルセニック)」というヒ素を意味する英単語を知っている。ベンガル語にはヒ素に該当する言葉がないからであろうが、それでも、その言葉をほとんどの人が知っていることは驚くべき事である。ただし、我々が30人程度から聞き取り調査をした限りでは、ヒ素に対する意識が男性と女性の間でかなり異なっていた。男性は「今のところ、目立つ症状がないので心配ない」と気にならないようだが、女性には心配している人が多く、水の安全性やヒ素による健康障害などを何度か質問さ

れた。なお、前述のトイレとため池の近接設置に関しては、住民はそれがよくないと理解していたが、立地条件的にどうしようもないとのことであった(トイレは1家庭につき1個ある)。

### ●その他

人々の生活は貧しかったが、毎日を精一杯生きており、とても力強い印象を受けた。弱さは微塵も感じなかった。そして、出会った人、話を聞かせてくれた人はみな優しくかった。バングラデシュは人口密度が高くダッカやクルナの市街地はかなり混雑していたが、その中でも市場のようなかなり猥雑な場所を歩いているだけでも危ない思いはしなかった。これは同行していたShafuil教授が我々を危険なところへ連れて行かなかったこともあるだろう。夜間外出を控える、貴重品は身に付けない、危険な場所には近付かないなど海外における常識的な行動はバングラデシュにおいても必要である。

都市部を中心に交通事情は悪い。リキシャ、CNG(Compressed Natural Gas)と呼ばれる天然ガスを利用する小型タクシー、自動車、バイクが車線の区別なく入り乱れて走っており、クラクションは常時鳴らされ、いつ事故が起きてもおかしくない(実際、ほとんどの車が傷だらけであった)。バスには定員という概念がないのか乗客で溢れかえっており、信号はほとんどなく、交通ルールは守られておらず、日本人の感覚からすると無秩序という感じであったが、当事者同士は阿吽の呼吸で譲り合っているのかもしれない。ここで車を運転するには強い精神力が必要である。CNGが普及するようになって大気汚染は改善されたとのことであるが、実際にはまだあまりよくなっておらず、筆者(梅村)は滞在期間中ずっと喉が痛く、鼻は真っ黒であった。また、道路脇の樹木などは粉じんで葉が茶色になっていた。

### ●まとめ

今回の事前調査でパイガサに住む人々のライフスタイルや衛生上の問題点を把握できた。キー

ワードとなるのは水であり、人々が安価に安全な水を得られるようにしなければならないと強く感じた。また、人々もそれを求めていることがよく分かった。先進国が高価な造水機を供給して、それを利用するというのもひとつの方法だろう。しかし、長く地域に根ざしたものにするには、現地で入手可能な材料を使って、自分達で製作・維持できるような造水装置を利用するのが望ましい。我々はそれが可能な造水装置をほぼ完成させており、実践的な保健衛生教育とともに提供する準備をしている。このようにして、人々が自分達の力で健康な生活を営む下地づくりをすることが本当の国際貢献だと考える。

### ●おわりに

本調査の現地コーディネーターおよび案内をしていただいたクルナ科学技術大学のShafuil Islam教授、通訳をしていただいたマナラトインターナショナルスクールの高橋桃子氏、我々に同行して調査のサポートをしていただいた福原美恵子氏にお礼申し上げます。また、本調査はJICAの市民参加協力事業(海外プログラム)の支援を受けて行われたことを申し添える。

本稿は「公衆衛生8月号」に掲載されたものであるが、出版元である医学書院様のご厚意により転載の許可を頂き、ここに紹介させていただく。

### <文献>

- 1) 世界銀行のデータベース(2010年).  
<<http://data.worldbank.org/>>
- 2) WHO Global Health Observatory.  
<<http://www.who.int/gho/en/>>
- 3) 福原輝幸:世界の水「バングラデシュの水問題」.水が語るもの4:10-11,2011
- 4) WHO Global Health Observatory, Mortality and burden of disease, Disease and injury country estimates, 2008.  
<<http://apps.who.int/ghodata/>>



### ■季節蓄熱

図-3は、防火水槽流体と地盤の鉛直方向温度分布の経時変化を月毎に示したグラフであり、システムの運転を開始した2010年12月から2011年

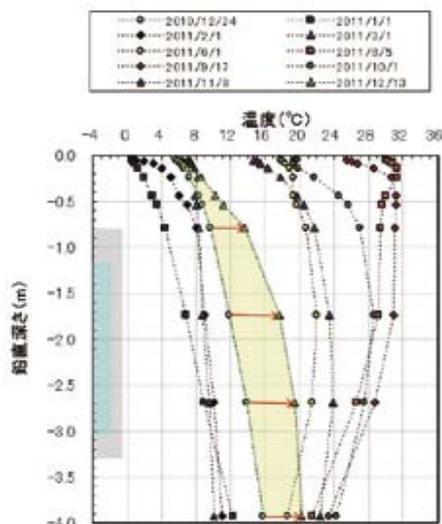


図-3 路面温度分布

12月までの分布を示す。2010年12月と2011年12月の水温を比較すると5～8℃高く、季節蓄熱効果が認められた。

### ■おわりに

2013年には福井大学医学部附属病院にて来院者を対象にアンケート調査を行った。100人を対象に行った結果、融雪設備の存在および雪が融けていることに気付いているのはおよそ25%と認知度は低いことがわかった。しかしながら融雪設備が必要と答えられた方は85%と大多数であり、地中熱を使用していることに賛同される方は過半数以上であった。今後も環境にやさしい自然・未利用熱エネルギーシステムを学内に導入していきたい。

### ～謝辞～

本研究を行うにあたり、永平寺消防本部の関係者各位に謝意を表します。

## グリーンカーテン

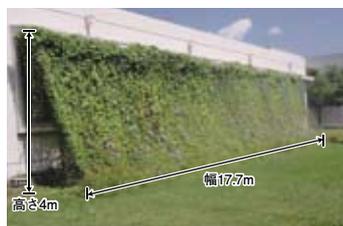
福井大学は、2001年より環境保全活動に力を入れ、2003年には国立大としては最初となるISO14001の認証を取得しました。その後3年ごとの更新審査も無事認められ3回にも及びます。その間、特に省エネ、水の節約、紙の節約、環境美化に力を入れ、学生も含め教職員一丸となりこれらの目的に沿って頑張ってきました。そこで最近盛んに取り入れているグリーンカーテンに挑戦し、松岡キャンパスにおいて、土の会ゴーヤ・グリーンカーテン普及キャンペーンによるコンテストに参加し、見事「金賞」を受賞しました。下図に紹介します。



各賞の記念写真



賞状



## グリーンカーテン設置状況

文京キャンパスでは、共用講義棟と教育系1号館でグリーンカーテンを設置しました。教育地域科学部地域政策講座の学生が授業の一環としてグリーンカーテンを育ててくれました。土づくりから苗植え、定期的な管理までおこないました。あさがおやゴーヤを植えました。葉がよく茂り、ゴーヤの実もたくさんできました。教室への日差しを遮り、節電に貢献できたと思います。



# 17 環境に関する研究開発

## 高効率二酸化炭素分離膜の研究

工学研究科 材料開発工学専攻 准教授 阪口 壽一

地球温暖化は世界的な環境問題となっており、CO<sub>2</sub>排出量の削減が必要とされています。CO<sub>2</sub>削減技術には、「省エネルギーの推進」、「燃料転換」、「CO<sub>2</sub>の分離・回収・貯留」があり、前者2つは現在も積極的に検討されています。将来的には、「CO<sub>2</sub>の分離・回収・貯留」の必要性が高まり実際に実施されることが予想されています。CO<sub>2</sub>の分離・回収技術には、低コスト・省エネルギーな膜分離法が期待されていますが、十分な透過速度・分離能を示す膜材料が存在しないため実用化できていません。

我々は、ポリ置換アセチレンが非常に高い気体透過性を示すこと及びイオン液体(イミダゾリウム塩)が選択的に二酸化炭素を溶解させる性質を示すことに着目し、ポリ置換アセチレンにイミダゾールを結合させた新しいポリマー材料の合成を検討しました。

ポリマーの合成方法を図1に示しました。トリメチルシリル基およびプロモエトキシ基を有する新規ジフェニルアセチレンモノマーを重合することでポリ置換アセチレンを85%の高収率で得ることができました。その後、メチルイミダゾールとポリマーを反応させることでポリアセチレンとイミダゾールの特徴を併せもつ新しいポリマー材料を得ることができました。さらに、このポリマーに各種試薬を作用させることでポリマー中の陰イオンを容易に変換することも可能でありました。新しく開発したポリマーで作製した膜は非常に丈夫であり、分離膜として使用するために十分な強度を有しておりました(図2)。

開発したポリマー膜のCO<sub>2</sub>透過率測定結果を図3に示します。一般的なポリマー膜の二酸化炭素の分離能(PCO<sub>2</sub>/PN<sub>2</sub>)は20程度ですが、本研究のポリマー膜の分離能は30以上あります。陰イオンがBr<sup>-</sup>であるポリマー膜が最大の分離能

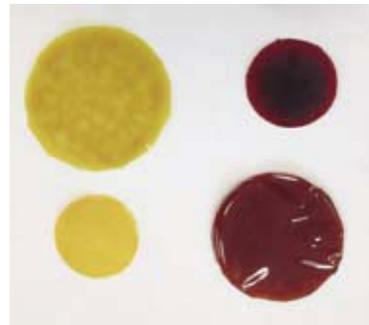


図2 ポリマー膜の概観

を示し、分離能は45に達しました。分離能が高いポリマー膜は一般的に透過係数(PCO<sub>2</sub>)が低いですが、本研究のポリマーは比較的高い値を有しておりました。陰イオンの交換反応により、透過係数は大幅に向上し最も高いものでは5倍の透過係数を示しました。このポリマーは、高い二酸化炭素の透過性能と分離能を示すため、二酸化炭素分離膜の優れた材料として将来の実用化を期待することができます。ポリマーの高性能化の研究をさらに進めていき、二酸化炭素の膜分離を実現したいと考えております。

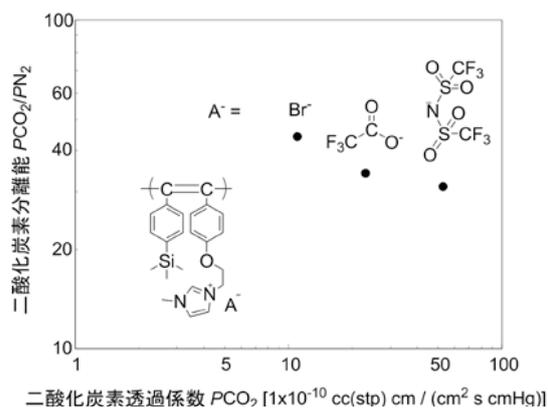


図3 ポリマー膜における二酸化炭素透過係数と分離能との関係

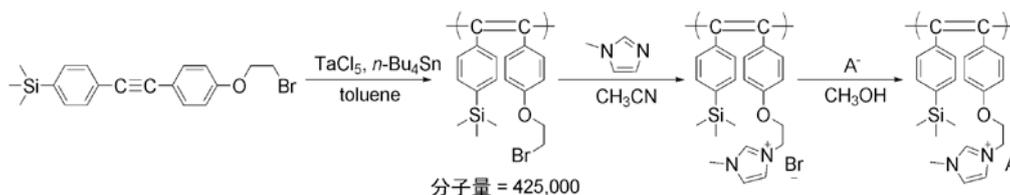


図1 高効率二酸化炭素分離ポリマーの合成スキーム

## 福井県における飛来物質に関する研究

教育地域科学部 地域政策講座 准教授 三浦 麻

### ■大気浮遊物質による影響

日本における環境問題の一つとして、大陸の沙漠地帯から巻き上げられた砂や微粒子が偏西風によって日本に運ばれ、生活環境や農作物等に被害を与える越境大気汚染があります。近年では、季節的に黄砂とともに飛来する微小粒子状物質等(PM2.5注))の被害が西日本を中心とした地域に健康被害をもたらすほどの社会問題となっています。黄砂は地域気象、地形、土地利用等が複合的に関連しているため、その実態の把握が難しい上に、大気汚染物質を吸着し輸送されるため、黄砂が環境等に与える影響を理解する必要があります。さらに、大気中に浮遊する微小粒子状物質は、呼吸器の奥深くまで入り込みやすいことから、喘息や気管支炎等を引き起こすことが懸念されます。また、雲を形成する凝結核または氷晶核としての作用や地球温暖化への寄与も考えられます。このように、黄砂現象が多面的な側面を持つ現象であることと、多くのプロセスを相互的に含んでいることから、長期間での変動を理解するための飛来物質のモニタリングは重要です。

### ■福井県内の飛来物質に関する研究

大陸起源の飛来物質、とりわけ黄砂に関する研究は、越境環境問題であるため国際的に行うことが不可欠です。国内においても複数の研究機関により黄砂の科学的な現象解明が行われているところです。現在、黄砂等飛来状況に関しては、インターネット上で環境省が提供しており、情報の取得が可能になっています。それによると日本海側に位置する福井県においても、大陸からの黄砂の飛来が認められます。しかし、飛来の有無の把握が可能であっても、福井県内のどこにどの程度侵入しているのか、侵入する黄砂中に含まれる成分、大陸起源と県内起源の飛来物質の地域的な寄与率は明らかになっていません。実際に生活の中で利用が可能となる情報は局所的かつ詳細であ

ることが必要になると考えます。

そこで本研究では、福井県内に降下する飛来物質の実態を地域規模で解明することを目的とし、福井県衛生環境研究センターと協働体制の下、県内の自治体の協力を得て共同研究として平成24年秋にスタートしました。嶺北地域の飛来状況を広く網羅するために、福井県衛生環境研究センターが設置しているSPM常時監視局(18地点)に加えて、簡易装置(写真)を用いた調査地点を試行的に5地点を追加して設定しました。準備期間を経て、平成25年3月の黄砂シーズンから試行的に飛来物質の簡易観測網を対象領域嶺北地域の各地点に設けデータを収集しているところです。

本研究はまだ途についたばかりですが、今後、データの蓄積と解析を重ね、福井県内の飛来分布特性を明らかにしていくことで、地域へ有益な情報として提供できるように取り組んできたいと思っています。

注)PM2.5とは、大気中に浮遊している $2.5\mu\text{m}$ ( $1\mu\text{m}$ は $1\text{mm}$ の千分の1)以下の小さな粒子のこと。従来の環境基準に含まれる浮遊粒子状物質(SPM: $10\mu\text{m}$ 以下の粒子)よりも小さい。



写真 飛来物質用簡易装置による捕集(福井市)

# 超学際的研究課題「福井の風土と“生活の質(QOL)”」に挑む —《2012年度 福井大学[環境ISO]市民公開講座》の成果と展望—

医学部 医療人文学領域 准教授 宮島 光志

## ■はじめに

2012年9月15日(土)の午後、本学アカデミーホールで市民公開講座「福井の風土と“生活の質(QOL)”～地域社会の幸福度を考える～」が開催されました(主催:地域貢献推進センター並びに財務部環境整備課[環境ISO担当]、共催:地域環境研究教育センター)。

この公開講座は主に医学部(松岡キャンパス)で環境整備に携わるメンバーが企画運営したもので、その狙いは「生活の質(Quality of Life=QOL)」と「地域社会の幸福度」について、最新の知見を交えて多角的に検討することでした。こうした課題設定は、福井大学の「第2期中期計画」のうち、特に医学部の取り組むべき課題として謳われている、「疾病克服に挑み、生活の質(QOL)と健康維持を含む福祉の向上に寄与する、ライフサイクルにわたる先端的・実践的医学研究を展開する」ことの一部に属します。以下では、この公開講座の概要と成果の一端を紹介し、将来的な展望をまとめてみます。

## ■生命と環境を包括する“生活の質(QOL)”

今日では「患者中心の医療」や「全人的医療」が切実に求められています。そうした要求に応えるために、わが国の医療現場でも「生活の質」という考え方が着実に浸透してきました。ところが、この言葉を最初に使った欧米諸国では、「生活の質」とは「生活環境の良し悪し」を意味し、むしろ「アメニティ」に近い語感を持っているのです。そうした「原点」に回帰してみることを、この企画は目指していました。

基調講演「生命と環境を包括する新たなQOL理解」の中で臨床死生学の清水哲郎先生(東京大学大学院特任教授)は、社会学的なQOL理解を参照したり最新の臨床倫理的知見を交えながら、患者の生活の場である「環境」を含めた包括的な「生活の質」理解の重要性について、自説を展開されました。具体的には、「痛みや吐き気があるかどうか」から、「この住宅地にはスーパーがあり、内科・外科・眼科・歯科…と医院もそろっているので、快適な生活ができます」、さらには「緑に囲まれ、清々しい環境です」まで、すべてQOLの話だと指

摘されました(図1を参照)。そして清水先生は、「私の前に、選択の幅がどれほど広がっているか」が、結局QOLの客観的尺度となる」と述べて、生活環境を整備すること重要性を示唆されました。そのさいには、「持続可能性」や「環境負荷の軽減」を十分に意識して、未来世代に配慮した環境整備が必要となります。先生が強調された環境倫理的発想は、本公開講演会の趣旨から見ても、極めて重要な論点でした。



(図1)自然環境はQOLに影響する重要因子

## ■福井県の「ふるさと希望指数」とは?

今回の公開講演会(シンポジウム)の大きな特色は「行政との連携」という点にあります。2011年の晩秋に「福井県は幸福度全国一」という喜ばしい調査結果が法政大学の研究チームによって報告され、全国的にも話題になりました。そうした県民生活の「質の高さ」を行政の取り組みとの関連で理解するために、福井県庁から池田禎孝氏(総合政策部政策推進課長)を招き、「地域の希望と幸福—ふるさと希望指数(LHI)の活用」と題してご講演いただきました。

池田氏は、「福井県は幸福度全国一」という調査結果を詳述して、「行政に求められる役割=住民幸福度の追求」であると強調されました。そしてブータン王国などの幸福度指標に関する先駆的な取り組みと併せて、福井県が推進する「ふるさと希望指数(LHI)」の考え方を紹介しました。これは将来の「幸福」を実現するために必要な「行動」と、その原動力となる「希望」に着目した指標化で(図2を参照)、「仕事、家族、健康、教育、地域・交流」の5分野から、合計20の要素を抽出していま



## 遺伝子組換え実験と環境保全

ライフサイエンス支援センター 准教授 小泉 勤

### ■生物多様性への影響

遺伝子組換え技術は研究のみならず産業分野での利用が拡大しているが、それに伴い遺伝子組換え生物による生物多様性への影響が懸念されている。生物多様性には3つの階層レベルでの多様性が含まれる。ひとつは種の多様性であり、2つめは遺伝子の多様性である。同じ種でも、それぞれの個体は遺伝的に異なっており、遺伝子の多様性がみられる。3つめは生態系の多様性であり、山、森林、湖沼、湿原、河川など様々な環境のなかで生物種が独自の生態系を構築している。

組換え生物の生物多様性への影響として、生態系における競合の優位性、有害物質産生による影響、近縁野生生物との交雑の3つが想定される。このため生物の多様性を包括的に保全し、生物資源の持続可能な利用を行うための生物多様性条約のもとで、2000年に「生物の多様性に関する条約のバイオセーフティに関するカルタヘナ議定書」が採択された。議定書では遺伝子組換え生物等の取り扱いを第一種使用(ほ場栽培や穀物の流通など野外で使用する場合)と第二種使用(実験室内で環境中への拡散を防止して使用する場合)に分け、加盟国に適切な対応を求めている。2003年に議定書は発効し、日本も議定書の義務を果たすため法律(いわゆるカルタヘナ法)や省令を制定し、これらのもとで遺伝子組換え実験が行なわれている。



### ■福井大学での遺伝子組換え実験

カルタヘナ法が施行され10年が経過したが、全国レベルでみると組換え生物培養液の実験室外への漏れ、不活化せずに流しに廃棄、遺伝子組換えマウスの逸走(ほとんどは建物内で捕獲。野外への逃亡が否定できないケースもあるが、当該マウスは免疫不全で、野外で生存できる可能性は低いとされる)など事故が依然として散発している。本学での組換え実験はすべて第二種使用であり、松岡、文教、および敦賀キャンパスの研究施設において微生物使用実験と動物使用(接種)実験が行われている。第二種使用では、遺伝子の供与生物や宿主(組換え遺伝子を有する生物)を安全性から4クラスに分け、その組み合わせ等により物理的な拡散防止措置(P1~P4)が執られる(図)。本学で実施されている実験はすべてP2レベルで、人に対する危険性はそれほど高くはないが、周辺環境への組換え生物の拡散は許されるものではない。幸い本学ではこれまでいっしょに事故は起こしていない。環境ISO活動を通じて教職員、学生の環境保全に対する意識が高いことも無事故に寄与しているのではないだろうか。



遺伝子組換え動物(P2A)実験室入り口



安全キャビネットと遺伝子組換えマウス飼育装置

# 17 環境に関する研究開発

## 大気・河川水中の環境汚染物質の分析に向けた取り組み

工学研究科 材料開発工学専攻 准教授 内村 智博

材料開発工学専攻環境化学研究室では、大気中の浮遊粒子状物質の分析法の開発、および河川水の汚染度や分析を通じた科学教育・環境教育に取り組んでいます。

### ■大気中浮遊粒子状物質の分析

近年、微小粒子状物質(PM2.5)などの浮遊粒子状物質による大気環境汚染や人体に対する影響について関心が集まっています。我々は2013年度より、浮遊粒子状物質の高感度分析手法の開発に向けた取り組みを開始しました。初めに、福井県大気観測局および福井県衛生環境研究センターの見学会を実施して頂き、実際の大気のサンプリング現場や現在使われている分析装置について学習しました(写真1)。その後、大学構内の大気中の浮遊粒子状物質のサンプリングを実施するとともに、レーザーと質量分析計を組み合わせた装置による直接分析を実施しました。現在は、得られたデータの解析や検証を行っています。今後、分析手法のさらなる迅速化・高感度化を目指した研究を行い、福井県をはじめとする地域環境の改善に向けた取り組みに貢献していきたいと考えています。

### ■科学教育・環境教育への取り組み

河川水の分析については、福井県立藤島高等学校SSH

(スーパーサイエンスハイスクール)科学技術人材育成重点化枠プログラムの一環として実施しました。研究室としては3年目の取り組みとなりますが、2013年度も「環境分析～身近なモノを測定してみよう～」という課題研究テーマで、県内の高校生とともに汚染物質などを分析しました。

具体的には、以下の3つのテーマで、環境中や身近な製品にどのような物質が含まれているかを測定しました。まず、河川水や雪などの化学的酸素要求量(COD)を測定し、それらの結果を比較することで、河川水などの汚染状況について検証しました。次に、イオンクロマトグラフを用いて水中に存在するイオンの定性・定量分析を行いました。最後に、混合物の分離装置であるガスクロマトグラフと前述のレーザーイオン化質量分析計を組み合わせた装置を用いて、色々な製品中に含まれる芳香成分について分析しました(写真2)。

このプログラムは、国際的な科学技術関連の人材の育成を目的としており、県内高校生の科学教育や環境教育の場としてとても重要であると考えています。さらにこの課題研究では、我々が把握していなかった新たな基準物質の発見といった成果もあり、今後の環境汚染物質の高精度分析法の開発に大いに役立つものと期待されます。



写真1. 福井観測局の見学会の様子



写真2. SSHプログラムでのレーザーイオン化質量分析法の説明風景

# 18 生態環境の保全

## 「山はよい漁場をつくっている」

雑木林を楽しむ会

工学研究科建築建設工学専攻 2年 村田 真由

学生の間ではあまり知られていないみたいなのだが、文京キャンパスの南側に2000㎡ほどの雑木林(ざつぼくりん)がある。この林は大学・商店街・図書館・学校などがある田原町に位置する。そして、もうじきその横を流れる底喰川の拡幅工事が終了すると(平成26年度中予定)工事により失われた樹木の再生を中心に林を再構築することになっている。しかし、自然というものは人間の思い通りにはいかないもので相手を知る必要があった。ここで活動をおこなう『雑木林(ざつぼくりん)を楽しむ会(以下、雑楽会)』では、現在、雑木林の将来プランを考えており、そのために林について学び、樹種の選定をおこなっている。平成24年度に「雑木林の学校」を開校し、地域住民とともに、森林の専門家やランドスケープデザイナーから林について学んだ。そこで学んだこととして、イベントや遊びのための広場というのは、ある程度林の内側にしか配置できず川沿いには計画できない。林の内側に広場を計画すると、周囲の樹木により下草の成長が抑制され、あまり手のかからない広場とすることができる等が挙げられる。



▲雑木林将来プラン



▲雑木林の学校にて見学

「雑木林の学校」では、地域住民と会メンバーで自給自足をめざす牧場や、国有林にて里山の環境、きこ栽培などを見学した。木を切り、それをきこ栽培に利用する。そういった林の循環やプチ自給自足を目の当たりにし、まちなかの雑木林でも資源を生む有用林にできるのではないかと感動した。木を切ることは林にとって悪影響ではなく、木どうしが生長を妨げあう場合や、害虫が発生し林環境によくない場合、また人間の都合に合わない場合などには、むしろ伐採が必要となる。また、自然を知り共生を考えると、伐採により得られた産物を誰かと分け合えたり、自然に感謝する機会を持つことができる。それが何でもお金で買うこの時代の、本当の豊かさなのではと感じた。わたしは建築の分野で学び、都市部よりは田舎(山村集落や村)に興味を持っている。人口減少時代により若者流出や

生活サービスの低下が全国で問題となっている。しかしそこで営まれてきた自然と共生する生活が、いざという時に人間に必要で、そういう小さな単位であらゆる生活が成り立つことが地域活性につながり、またそれよりも大きな単位でも通用していくのではと考えている。

ところで「生態」という言葉の意味を辞書で引くと、①生物が自然環境のもとで生活しているありさま②社会生活をしているもののありのままの姿である。つまり、生態環境とは生き物があるのままに生きるための環境ということになる。雑楽会は1年を通して田んぼに関わる「もりみちプロジェクト」(あわら市清滝)にも参加しており、そこでは様々なカエルに出会うことができ、山々や土を吹き抜ける風を感じることができる。普段からあるのに感じない、聞こえないことを感じとることができる。わたしはそこへ行くと、日常から少し離れ、嫌なことは忘れて素の自分になれると感じている。

わたしたちは大学に入って、自分の分野外のことに会う入口として雑木林があった。もりみちPJや地域住民さんとの交流を通して気がついたのは、個々が生きている環境から少し違った環境にも目を向けることが重要だということ。それは、様々な事象が思いがけないつながりを持っていることを理解させてくれる。森でも山でも、木が生えている土地には「よい漁場をつくる」という役割がある。健康で豊かな山林は腐葉土による養分をつくり、遠くはなれた海のプランクトンまで育むのだ。もりみちPJでは米作りのはずが、かわいいカエルたちが癒しを与えてくれる。林の計画を作るにしても、人間が自然を管理するようにみえて林の力を借りなければ成り立たない。自然は、時代に流されないありのままの姿でわたしたちを支えてくれている。お互いがあるのままでいられるように、いろいろなことに目を向けていかなくてはと思う。



▲もりみちプロジェクト