

# 東北大学大学院工学研究科 先端学術融合工学研究機構

Center for Advanced Inter-Departmental Studies in Science and Technology

- 第三期科学技術基本計画の重点推進4分野（ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料）  
推進4分野（エネルギー、ものづくり技術、社会基盤、フロンティア）  
並びに新たな新興領域などの国際水準レベルの研究推進
- 専攻横断型の融合研究プロジェクト
- 若手研究者による萌芽的研究推進

2008 ~ 2009

機械・知能系

化学・バイオ系

電子情報システム・  
応物系

先端学術融合工学研究機構

新たな知に挑戦し  
未来を切り開く

材料科学系

人間・環境系

技術社会  
システム専攻

CAST

東北大学大学院工学研究科は、これまで培ってきた、  
数々の高度な研究を融合させ、  
講座や専攻を横断する学術研究を切り開きます。

東北大学大学院工学研究科  
先端学術融合工学研究機構



設置目的

先見性、柔軟性、国際性を担うための、新たな「知的財産」を形成します。

学術研究は、研究者の自由な発想と研究意欲を源として真理の探究を目指すものであり、その成果は、人類共通の知的資産を形成するとともに産業、経済、教育などの諸活動の基盤となります。

また、歴史的にも、世界的にも、大学は学術研究の中心的役割を担ってきましたが、21世紀を迎えた我が国では、大学への期待はますます強まっております。

このような中で本工学研究科においても、創設以来「研究第一主義」の理念のもとに多くの成果を挙げ社会に貢献してきましたが、今後も社会の強い期待に応えつつ発展していく必要があります。

さらに、第三期科学技術基本計画には、第一期、第二期基本計画期間中を通じた投資の累積を活かし、様々な面で強まる社会的・経済的要請に応えていくために、「社会・国民に支持され、成果を還元する科学技術を目指し、説明責任と戦略性を一層強化していくことが求められます。その戦略の基本は、質の高い研究を層厚く生み出す人材育成と競争的環境の醸成、科学の発展と絶えざるイノベーションの創出に向けた戦略的投資及びそれらの成果還元に向けた制度・運用上の隘路の解消であり、このような多様な政策課題への挑戦が科学技術の使命である。」とされており、これらの問題解決に当って、大学等の研究機関が人材養成を含め重要な役割を果たすことが求められております。

しかし、これらは、本研究科の一つの専門分野、学問分野が単独でなし得るものではなく、多くの分野の融合が必要であり、また、本研究科の持続的発展に必須な新しい学問分野、専門分野の創出にもつながる若手研究者の発想の育成が必要不可欠であります。

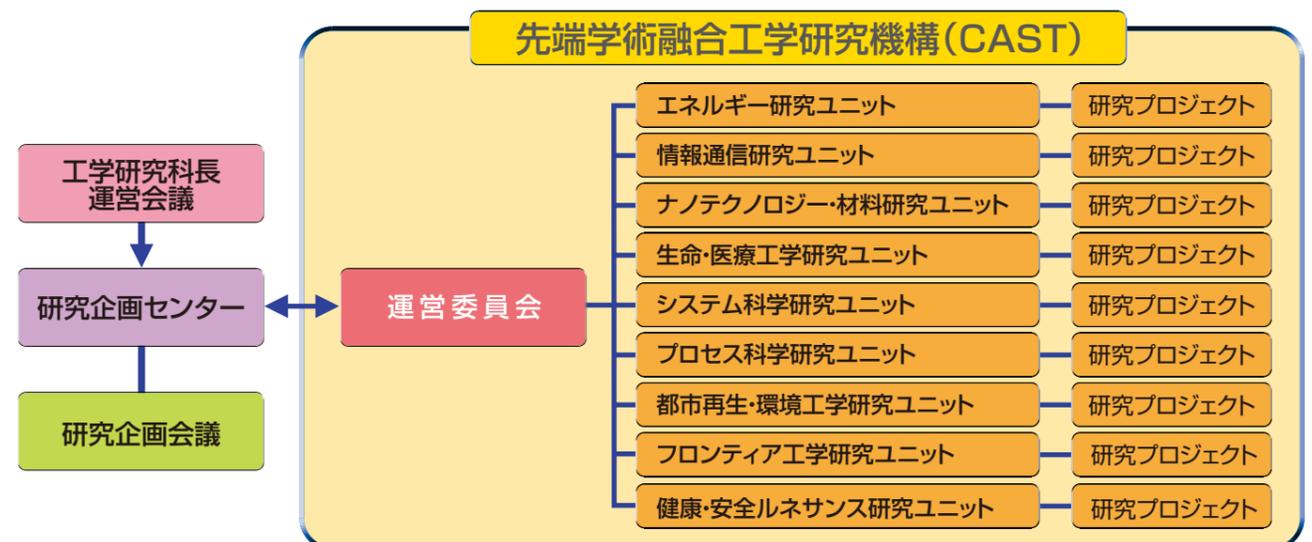
このような認識のもとに本研究科は、従来の講座・専攻中心の研究を一層発展させていくだけではなく、(1) 講座や専攻を横断する学際的な研究、(2) 複数の若手研究者の自発的な発想に基づく萌芽的研究を推進することを目的として、先端学術融合工学研究機構を設置しました。

先端学術融合工学研究機構

(Center for Advanced Inter-Departmental Studies in Science and Technology. 略称: CAST)

研究機構の組織

先端学術融合工学研究機構は実践的な研究開発を生み出すため、9つの研究ユニットで応えます。



① 研究ユニットは、科学技術の新たな展開、社会の要請等に応じて定期的に見直しを図るとともに、新たに設置することができます。  
② 研究ユニットに、専攻横断的な複数の教員により組織する研究プロジェクトを配置します。  
③ 研究プロジェクトは、プロジェクト計画書を関係するユニット長を経由して機構長に提出し、登録されます。

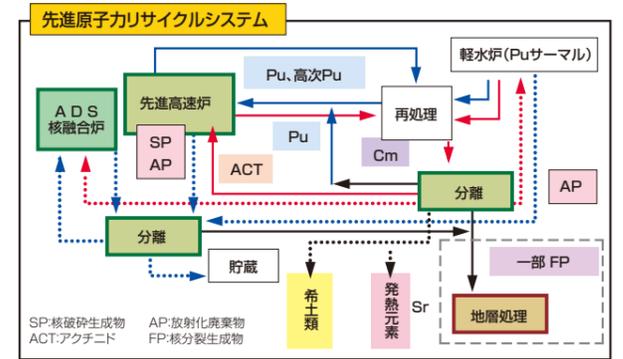
## 研究プロジェクト

平成20年4月1日現在  
21世紀の人類の未来を想像し、しなやかで大胆な発想をクリエートできる人材を育成します。

研究ユニット名	研究プロジェクト代表者	専攻名等	職名	プロジェクト名	研究期間
エネルギー	橋爪 秀利	量子エネルギー工学	教授	先進原子力総合システムの構築	H18.12.1 H22.3.31
情報通信	安達 文幸	電気・通信工学	教授	情報エレクトロニクスシステムの研究	H16.9.1 H21.9.30
	澤谷 邦男	電気・通信工学	教授	高速無線通信用マルチアンテナ	H20.4.1 H23.3.31
ナノテクノロジー・材料	畠山 カ三	電子工学	教授	原子内包フラーレン開発の先端融合研究	H17.6.21 H22.6.20
	滝澤 博胤	応用化学	教授	メソスコピック機能材料のマイクロ波プロセッシング	H16.7.1 H21.3.31
生命・医療工学	和田山智正	知能デバイス材料学	准教授	表面テラヘルツ分光学の確立と分子選択励起	H16.10.1 H20.9.30
	前川 英己	金属フロンティア工学	准教授	材料開発のための高感度多核固体 NMR 法の開発	H16.10.1 H21.3.31
システム科学	安部 隆	バイオロボティクス	准教授	生命・医療工学応用のためのバイオインターフェース	H16.10.1 H20.9.30
	中山 亨	バイオ工学	教授	代謝工学・抗体工学におけるバイオコンパートメンテーションとナノ相互作用	H16.7.1 H21.3.20
	金井 浩	電子工学	教授	超音波加振の鍼灸治療・評価への応用に関する研究	H17.7.1 H21.3.31
プロセス科学	新井 史人	バイオロボティクス	教授	先進ナノ操作・計測技術によるシステム細胞工学	H20.4.1 H25.3.31
	濱島高太郎	電気・通信工学	教授	次世代超電導直流電力システム開発研究	H16.5.10 H22.3.31
都市再生・環境工学	斎藤 浩海	技術社会システム	教授	市場調和型電力流通システムのデザイン	H16.7.1 H22.3.31
	佐藤 善之	超臨界溶媒工学研究センター	准教授	超臨界流体 技術コンピュータ支援設計システムの構築	H16.6.23 H22.3.31
	大井 秀一	バイオ工学	准教授	次世代型有機合成プロセスの創成	H16.4.1 H22.3.31
健康・安全ルネサンス	北川 尚美	化学工学	准教授	細胞内代謝制御による高機能生理活性物質の効率的生産プロセスの開発	H16.4.1 H23.3.31
	今野 幹男	化学工学	教授	微粒子・薄膜新規合成プロセスの開発	H18.9.1 H23.3.31
フロンティア工学	持田 灯	都市・建築学	教授	地域の環境ポテンシャルの評価とこれに基づく高環境効率型環境デザイン	H16.7.1 H21.3.31
	三橋 博三	都市・建築学	教授	薄肉木造シエルの開発	H16.6.23 H21.3.31
健康・安全ルネサンス	青木 秀之	化学工学	准教授	エネルギー利用のマルチパス化	H16.7.1 H21.3.31
	石井 慶造	量子エネルギー工学	教授	未来を切り拓く先進加速器科学の展開	H20.4.1 H24.3.31
健康・安全ルネサンス	大村 達夫	土木工学	教授	地域の健康・安全リスクマネジメントと水利用システムの構築	H18.7.1 H22.3.31
	吉野 博	都市・建築学	教授	微生物・化学物質による室内空気汚染の健康被害の実態とその防除対策	H18.12.1 H21.3.31

## エネルギー研究ユニット

本ユニットでは、2研究所・4専攻が1体となって、先進原子力エネルギーサイクルシステムの確立を目指して研究を進めております。下図に示すように、加速器駆動原子炉(ADS)・核融合炉・高速炉・軽水炉を含めた広範囲な中性子エネルギースペクトルを利用することによる放射性廃棄物を低減するための技術開発と、プルトニウムゼロエミッションサイクルの確立を最終的な目標といたしております。本ユニット内では現在、サイクルシステムに適した核融合ブランケットシステムと、インテリジェント分離システムについての研究を進めているグループがあります。



### ■ 先進原子力総合システムの構築

#### ① 溶融塩先進ブランケットシステムの構築

ヘリカル型核融合炉 FFHR における第一壁での熱負荷は現在のところ約  $2\text{MW}/\text{m}^2$  の高熱流束が予想されています。しかしながら、冷却材である Flibe 溶融塩の伝熱性能が十分でないことに加え、電磁場との相互作用に起因する電気分解の抑制、中性子負荷ならびに材料との共存性など、クリアしなければならない課題が多いのが実状です。当然ながら長期プラントを実現の際に必要な安全性・経済性・保守性を兼ね備えた伝熱促進体を開発することも重要となります。このように多くの複雑条件が課せられた伝熱促進体を開発するため、図1のような金属球充填管など数種の特種伝熱管について様々な観点から検討を進め、核融合炉用の溶融塩先進ブランケットシステムの開発を進めております。



伝熱特性を評価するための溶融塩実験ループ (作動流体は HTS)

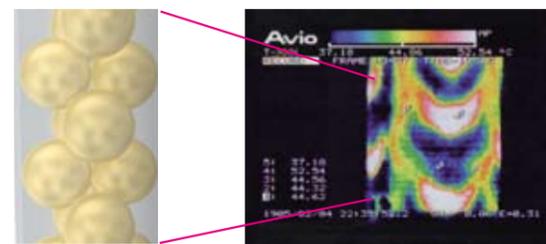


図1. 溶融塩流動ループとベブル充填管熱伝達特性

#### ② 放射性廃棄物処理・処分の高度化に関する技術開発 (高機能性ナノ分離剤の開発と核種分離の高度化)

高機能性ナノ分離剤の開発と核種分離の高度化に関して、世界に先駆けて、高機能性マイクロカプセルの製造に成功し、ハイブリッド

ドマイクロカプセルを用いて、高レベル放射性廃液からの発熱元素、白金族元素および超ウラン元素相互のナノサイズでの精密分離に成果を挙げています。一例として、図2は製造したマイクロカプセルおよび Cs/Rb の精密分離の結果を示します。マイクロカプセルによって、従来分離が極めて困難であるとされてきた核種相互のクロマトグラフィ分離の達成により、核種の高純度化および有効利用が期待できます。マイクロカプセルによる精密分離技術は、選択的な分離・回収が可能ため原子力分野のみならず、環境科学分野での有害元素の選択的分離・除去など環境負荷低減化にも広く展開できます。

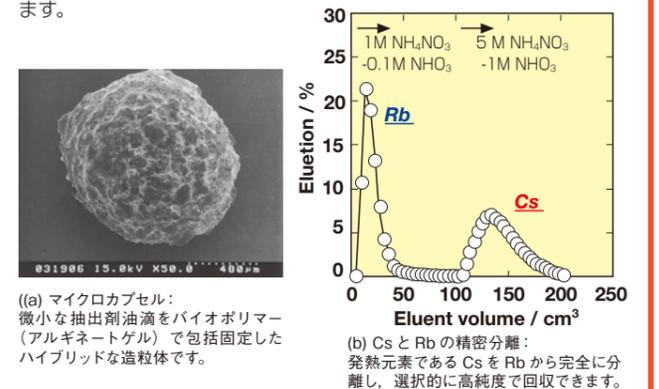


図2. マイクロカプセルおよび核種相互 (Cs/Rb) の精密分離

#### (ウラン・レドックスフロー電池の開発)

ウラン濃縮で派生する劣化ウランには、利用法がなく 100 万トン以上が死蔵状態にあり、その利用の開発は重要です。ウランの特異な性質は、III価からVI価までの酸化状態をもち、そのイオンは  $\text{UO}_2^{2+}$ ,  $\text{UO}_2^+$ ,  $\text{U}^{4+}$ ,  $\text{U}^{3+}$  という化学型を有することにあります。このため、 $\text{UO}_2^+/\text{UO}_2^{2+}$  対及び  $\text{U}^{3+}/\text{U}^{4+}$  対では、電子授受に伴う各イオンの化学型に変化がなく、その反応速度は共に速いことがわかっています。この反応速度の速い2組の酸化還元対を電池の正極及び負極反応として利用することによって、エネルギー効率の優れた電力貯蔵用レドックスフロー電池が実現します。このウラン・レドックスフロー電池を非プロトン性溶媒で開発し、その充放電特性を確認して特許を得ています。

## 情報通信研究ユニット

本ユニットでは、材料、プロセス、評価等の基礎研究を最先端デバイス・システムの応用研究に活用する NT・IT 融合研究を展開することによって、画期的な半導体、ストレージ、光・ディスプレイデバイス、コンピューティング及びトランスポートシステム技術を創出し、我が国の国際的競争力強化に努めます。

### ■ 情報エレクトロニクスシステムの研究

人間性豊かなコミュニケーションを可能とするグローバルネットワークの構築を目指して、光・無線ネットワークの研究を重点に、情報通信デバイスと基礎理論、ヒューマンオリエンテッドな知的情報通信や、環境の自律認識・予測に基づく知的情報システムの開発を目指しています。



図1 人間性豊かなコミュニケーションを実現するグローバルネットワークのイメージ

### ■ 高速無線通信用マルチアンテナ

本プロジェクトは、次世代の高速移動体通信システムの開発を目的としており、高速化に不可欠なアダプティブアンテナ技術や等化器の開発を進めています。また、以下の研究項目のように、アンテナ開発を支援するためのアンテナ解析ソフトウェアや高速でアンテナの放射特性を測定できるシステム、及び次世代のユビキタス社会に不可欠な長距離無線タグの開発を進めています。

1. W-CDMA 方式アダプティブアンテナの試作及び性能評価
2. 高速無線 LAN 端末用シングルキャリア伝送における周波数領域等化とアダプティブアンテナ技術を用いた送受信機の試作
3. アンテナ解析ソフトウェアの開発
4. 同時に多数の地点における電磁波を測定できるシステムの開発
5. パッシブ動作で長距離通信 (30m) 可能と無線タグとタグ位置検出システムの開発



図2 電磁波の同時測定システム

### ■ 原子内包フラーレン開発の先端融合研究

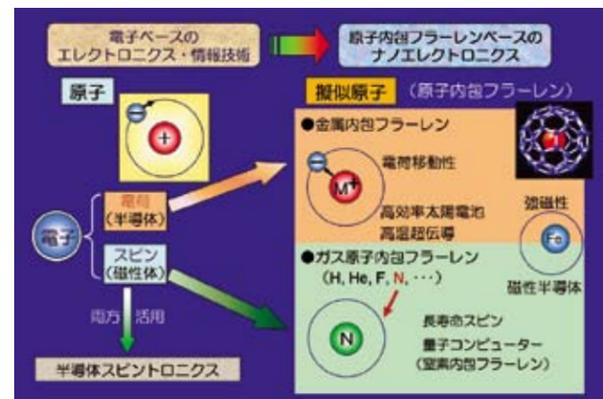


図3 金属及びガス原子内包フラーレンの新規性と先駆的応用

炭素原子の新たな分子“フラーレン”はその表面が多くの共役系π電子で覆われた極めてエレクトロニックな構造を持つ材料です。中でも C<sub>60</sub> は最も大量に得られ、対称性に優れ構造的に安定という工業化に不可欠な属性を有しています。このフラーレンゲージの内部に異なる原子を閉じ込めることによって実現する原子内包フラーレンは、内包された原子の属性に依拠した新たな性質を現出する事が期待されています。基本構造がナノサイズの対称性の良い完結した分子でありながら内包される原子によって様々な新しい電子的、原子的、分子的性質が期待されるこの「超原子」は、物質の新しい構造素単位として捉える事ができ、ボトムアップ型ナノテクノロジーの重要な基本材料のひとつとなります。本プロジェクトでは、アルカリ金属内包 C<sub>60</sub> の工業化、新たな元素の内包化技術の開発、基本物性の解明を促進することによって、基礎学術研究、応用研究の活性化の実現を目的としています。

## ナノテクノロジー・材料研究ユニット .1

ナノテクノロジーは超微細構造を有し、寸法は小さいけれど、多様な機能を有するデバイスを作り出すことを目標とします。数個から数十個の分子・原子で構成された要素が機能を有します。これらの要素を集合させて目的とする多様な動作ができるデバイスを作り上げます。ナノテクノロジーを実現させるために、数個の分子・原子を扱う材料科学、電子工学、精密機械工学、生物化学、環境工学、機能をシステム化する情報科学などの多岐の分野の頭脳を結集させて工学学理の発展と技術の開発にあたります。

### ■ メゾスコピック機能材料のマイクロ波プロセッシング

センチ波からミリ波帯域に至る電磁波 (マイクロ波) 照射による固体物質の発熱現象を利用し、物質とマイクロ波交番電磁場との相互作用による熱的非平衡条件下での新材料創製技術の確立を目指しています。マイクロ波照射下の微視的熱揺らぎを利用したナノ・メソスケールの高次構造制御や、選択加熱現象を応用した基板上薄膜

結晶化プロセス等について、固体化学、物性科学、分光学、熱力学、材料工学の学術分野融合により非平衡下での物理的・化学的諸現象を観測・解析し、材料プロセッシングにおけるマイクロ波効果の究明を目標にしています。

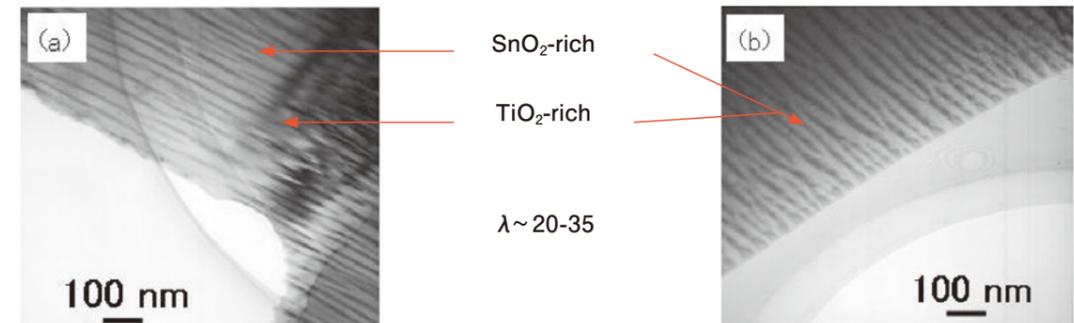


図1 マイクロ波照射により作製した TiO<sub>2</sub>-SnO<sub>2</sub> 系のナノ積層組織

### ■ 表面テラヘルツ分光学の確立と分子選択励起

テラヘルツ波は光と電波の2つの性質を持っており、その光の面からテラヘルツ領域における物質の光励起に関する研究は、物質の低エネルギー励起に関する基礎的研究であるとともに、今までに得られていない物質の特性を明らかにしてくれる可能性を秘めております。本ユニットは、表面分子・薄膜とテラヘルツ波の低エネルギー相互作用の解明に主眼をおいています。

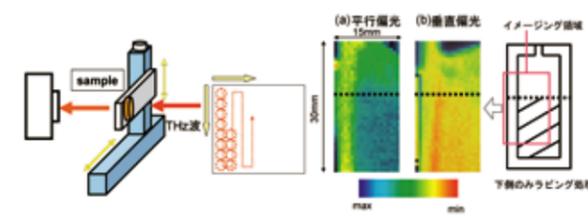


図3 THz 液晶イメージ  
配向処理をしていない破線上部に比べ、配向処理領域では入射光の偏光状態に応じて透過光強度が大きく異なり、分子異方性に関する解析が可能となります。



図2 THz 電磁波の応用分野

## ナノテクノロジー・材料研究ユニット .2

### ■ 材料開発のための高感度多核固体 NMR 法の開発

材料の高度化、例えばナノ組織での制御が進むと、それに見合った材料解析法が必要不可欠になります。固体 NMR 法は、材料中の元素ごとの短距離構造と運動性が調べられる強力な解析法であり、現在、様々な材料への有効利用の可能性が広がっています。これまでに、ガラス・非晶質材料、イオン伝導材料、ゾルゲル、有機・無機、結晶・非晶質複合材料などの解析に非常に有効であることが認識さ

れてきつつあります。本研究では、高感度化、高分解能化を実現し、電池材料、アモルファス、セラミックス材料やナノ粒子など、実材料の多核 NMR 測定の実現に向けた取り組みを行っています。昨年度は、低感度核である  $^{89}\text{Y}$  を用いて、燃料電池用セラミックス(安定化ジルコニア)の欠陥構造を明らかにしました。

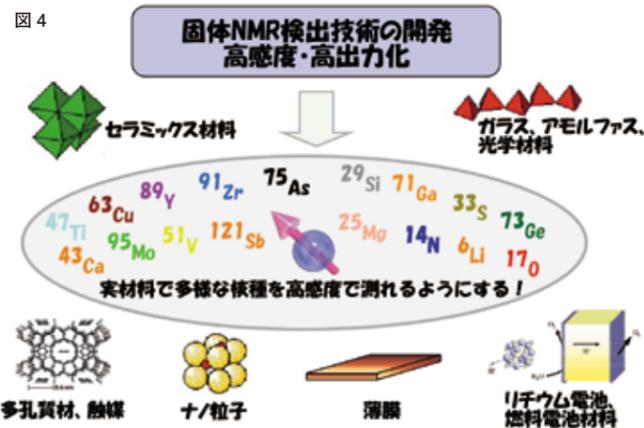


図 4

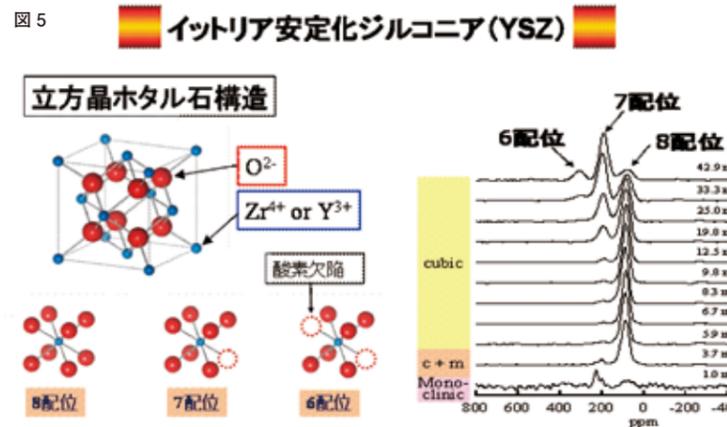


図 5

## 生命・医療工学研究ユニット .1

工学研究科の各専攻間にわたり横断的に研究者を組織し、工学の技術、知識を応用して、生体の機能解明、医学における診断・治療技術の開発などを行うことを目的とします。

### ■ 生命・医療工学応用のためのバイオインターフェース

体内埋込機器やバイオ化学チップ応用のための高分子材料の微細加工、表面処理技術や生命化学現象を解明し利用するための先端計測機器の開発を行っています。

例えば、バイオインターフェースを制御する鍵となる異種有機材料間の接着性改善や濡れ性の違いのパターニングを数分程度で実施可能かつ再現性の優れた新技術の開発に成功しています(図1)。

今後、上記の材料加工技術等で製作したデバイスと細胞、生体分子間の親和性評価をメンバーの有する先端計測技術を用いて検討を進めるとともに細胞成長の制御等の基礎研究への利用や体内埋込みチップの表面処理等の工学的応用を推進していきます。

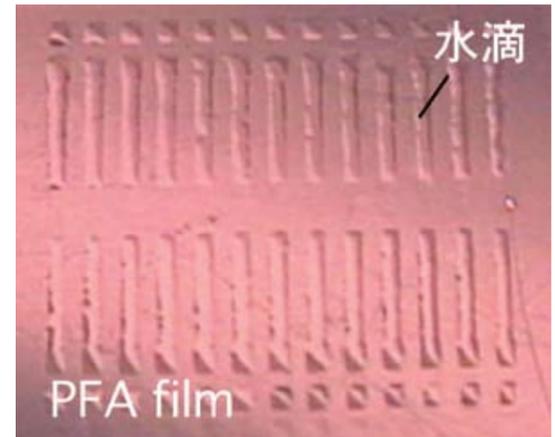


図 1 PFA フィルム表面の濡れ性のパターニング例

### ■ 代謝工学・抗体工学におけるバイオコンパートメンテーションとナノ相互作用

本研究課題では、バイオ分子の細胞内特異的区画化のメカニズムやバイオ分子間のナノスケールでの特異的相互作用などを明らかにし、それらにより発現される特異性を活かした特色ある代謝工学・抗体工学を開拓することを目的としています。

(1) 輸送シグナルの配列操作により酵素の細胞内局在性を制御したり(図2)、酵素間の特異的複合体形成を制御したりするこ

とにより、精密代謝工学の実現を目指します。

(2) 抗原、抗体、受容体分子間の相互作用をナノスケールで解析し、抗体分子の人工設計や新機能・多機能分子の創製と医療への応用(図3)、材料科学・細胞工学との連携を視野にいれたバイオインターフェースとしての人工タンパク質の創製を目指します。

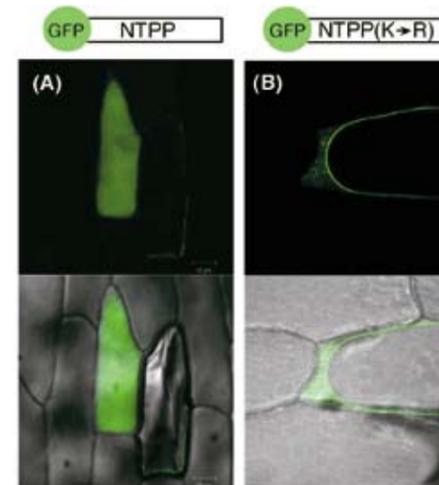


図 2 バイオ分子(緑色蛍光タンパク質)のC末端に配置した輸送シグナル(NTPP)の配列操作により、その局在性を液胞(A)から液胞膜(B)に変化させた細胞の共焦点レーザー顕微鏡像(バイオ工学専攻・中山研究室)

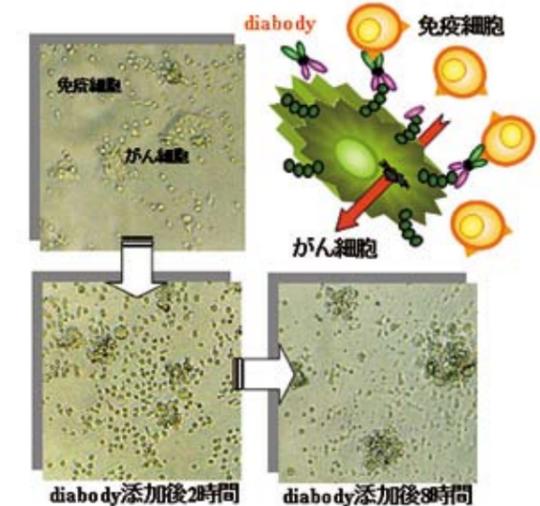


図 3 治療を目的としたがん細胞と免疫細胞間を架橋する最小の二重特異性人工抗体(diabody)の模式図(右上)とその集積の経時変化をとらえた顕微鏡像(バイオ工学専攻・熊谷研究室)

## 生命・医療工学研究ユニット .2

### ■ 超音波加振の鍼灸治療・評価への応用に関する研究

鍼灸（東洋医療）では、経穴（ツボ）、経絡の診断などを通して未病の状態を察知し、治療することが特長の一つです。経穴は、内臓の病的変化に応じて反応し易い等、現代医学である程度説明付けられますが、経穴刺激による治療の効果を、熟練や特殊な手技を要せず簡便に、かつ定量的に評価するための手法は確立されていません。経穴刺激により筋肉の凝りがとれる、などの効果は、筋肉の弛緩特性を計測することにより評価できると考えられます。本研究では、そのための計測手法およびシステムの開発を行います。周波数が異なる2つの超音波を重ね合わせると、その差の周波数で変動する音響放射圧が超音波の進行方向に働きます。このような音響放射圧を複数制御することにより、対象物内にひずみを生じさせることができます。それと同時に、生じたひずみを超音波計測することにより、経穴刺激によるひずみ（弾性特性）の変化、つまり筋肉の弛緩を検出することができます。

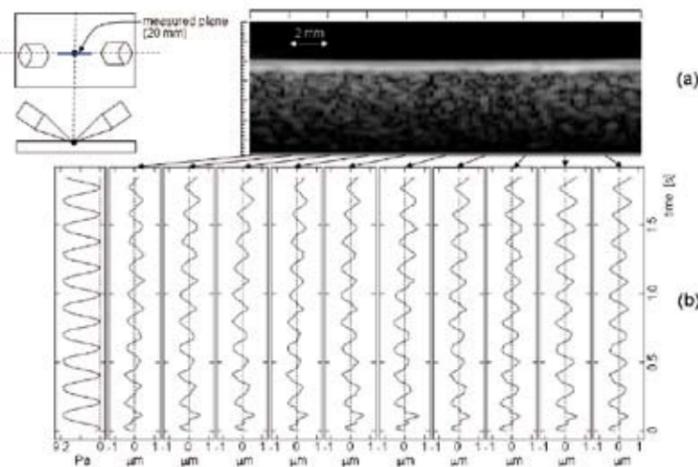


図4 差の周波数 5 Hz で変動する音響放射圧を印加した際に発生した対象物変位の計測結果。(a) 対象物の超音波 B モード断層像。(b) 超音波により計測した対象物表面の変位分布。

### ■ 先進ナノ操作・計測技術によるシステム細胞工学

本研究課題は工学的に新規な先進ナノ操作・計測技術に基づき、細胞の環境適応機構を調査し、システム細胞工学の基盤を形成することを目的とします。単一細胞レベルで操作・観察・計測するまったく新しい方法論に基づく工学的アプローチを基盤とし、システムとしての細胞のしくみを理解することを目指します。

具体的には、光合成微生物であるラン藻の浸透圧変化による細胞の容量変化や細胞の剛性変化を単一細胞レベルでリアルタイムに観測します。これにより、細胞の機能としくみに関する新しい知見を得て、生物学の発展に寄与します。先進計測技術を実現するために、バイオチップを用いた細胞実験手法に微小操作技術を組み合わせます。細胞を極めて高い選択性をもって高精度に位置を決定し、細胞周りの実験条件を柔軟に変更することで、世界に類を見ないまったく新しい計測システムが実現でき、世界に先駆けて細胞システムの仕組みをより詳細に調査します。

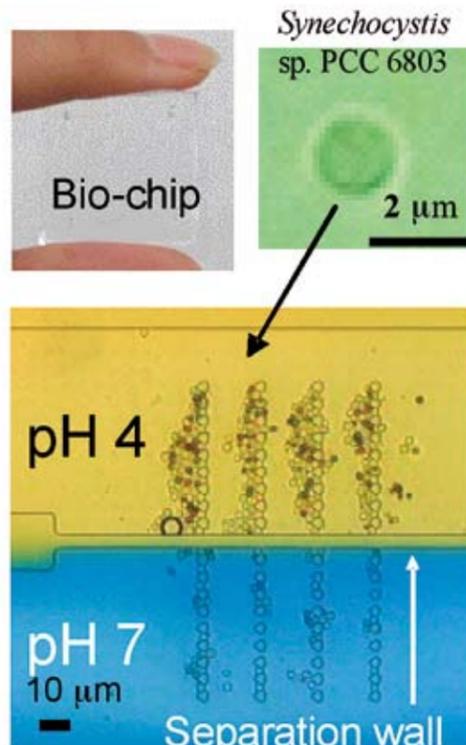


図5 ポリマー製バイオチップ内部の微細な流路表面に pH 計測可能な機能性表面を形成し、遺伝子操作した細胞の局所情報を比較計測する。マイクロ・ナノ操作技術と組み合わせることで細胞の力計測も可能となるため、細胞の機能解析に役立つ。

## システム科学研究ユニット

大規模・複雑なシステムの構築、維持・保全、発展のための情報技術をベースとする方法論とその要素技術の創出をはかります。

### ■ 次世代超電導直流電力システム開発研究

#### 超電導マイクログリッドの概要

世界人口の増加と IT 社会の発展により、エネルギー消費はますます増大しています。21 世紀は環境と調和しながらエネルギー資源を有効利用する技術の確立が必須で、そのためには基盤となる電気エネルギーの高効率化を図る必要があります。一方、有限で環境負荷の大きい化石燃料に変わって水素が注目され、近い将来、燃料電池のための水素ステーションや水素輸送のためのパイプラインが構築される可能性も高くなっています。

電気エネルギーの輸送と貯蔵の点で、超電導ケーブルと超電導電力貯蔵 (SMES) は最も効率の良い技術として期待されています。最近、液体水素温度で超電導になる低価格の  $MgB_2$  が発見され、電気エネルギーと水素エネルギーの同時利用が可能になります。

さらにクリーンな風力や太陽光発電の変動分を SMES、または、水を電気分解して水素で貯蔵し、燃料電池で利用することにより、きわめて効率が高く、安定した電力の品質と機能性、信頼性に優れた超電導 DC マイクログリッドが実現できます。

本研究開発では、このような DC マイクログリッドの実現を目指した研究を行っています。

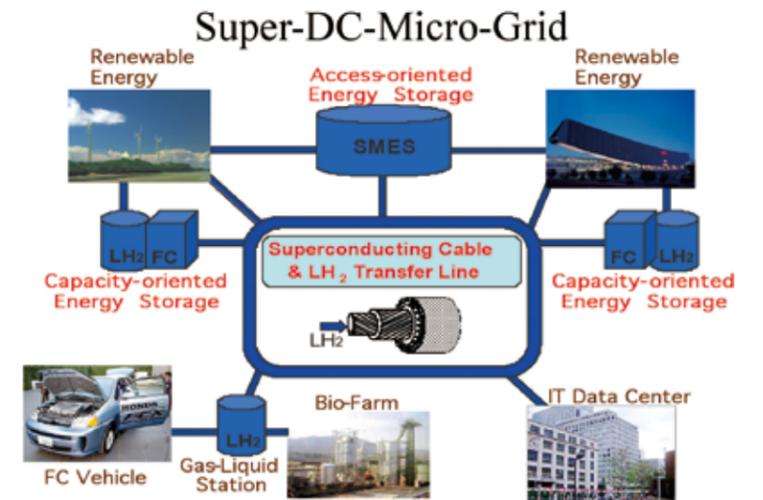


図1 液体水素と超電導機器のシナジー効果を用いた CO<sub>2</sub> の発生しない地球環境に優しい超電導 DC マイクロ・グリッド・システム

### ■ 市場調和型電力流通システムのデザイン

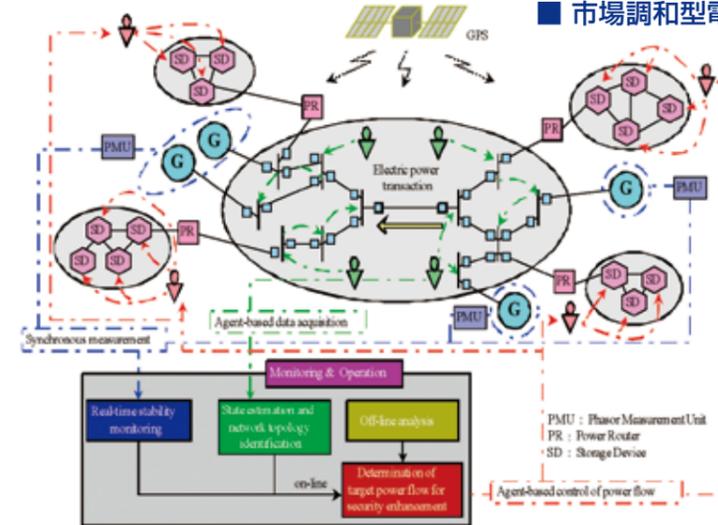


図2 多地点同期計測技術とモバイルエージェントを活用した市場調和型電力流通システムの広域的ダイナミックセキュリティ監視と制御

1990 年代以降、欧米諸国をはじめ我が国において電力市場の自由化が進行しています。このような環境では、電力取引という経済活動を物理的制約のある電力ネットワーク上で、いかに実行可能にするかが重要な課題になります。他方、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーを利用する分散型電源は、CO<sub>2</sub> 排出量削減など地球環境に良い電源として期待されています。ただし、多数の分散型電源が電力ネットワークに連系すると電圧変動や周波数変動などが問題になり、その有効な解決策が望まれています。

本プロジェクトは、このような背景の下、電力市場および分散型電源との調和を図った新しい電力流通システムの構造、機能、運用・管理手法をシステムズアプローチにより明らかにすることを目的としています。図 2 は、市場調和型電力流通システムの重要な機能の一つである広域的安定性監視・制御のコンセプトです。

## プロセス科学研究ユニット .1

分子化学とバイオケミストリーの立場から、新規有用物質の合成と生産プロセスの開発さらにそれらの生産プロセスのエンジニアリングに関する研究プロジェクトからなります。現在の研究プロジェクトは次の通りです。

### ■ 超臨界流体技術コンピュータ支援設計システムの構築

超臨界流体を利用した環境負荷低減技術が注目を集めており、さまざまな要素技術の研究開発が盛んに行われています。しかし、これらの技術は臨界点近傍という物性値が大きく変化するきわめて特異的な領域で行われるため、既存のシミュレータがそのままでは利用できず、このことが超臨界流体応用要素技術開発を想定した超臨界流体コンピュータ支援設計システム(超臨界プロセスシミュレータ)を構築しています。

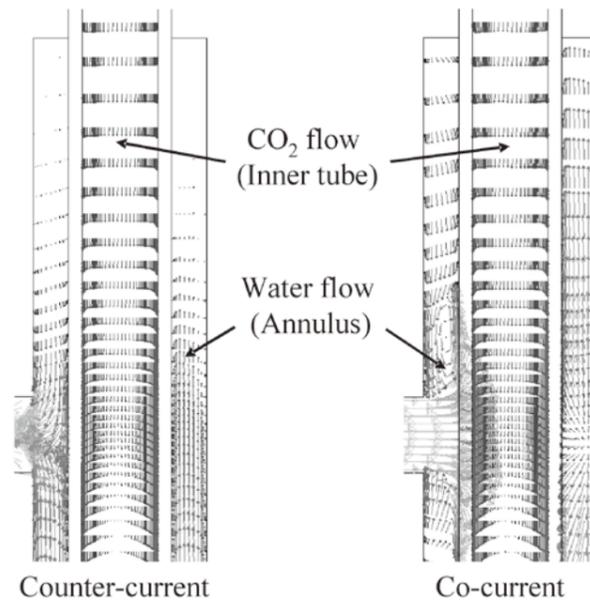


図1. [管内のCO2の速度ベクトル分布] 高圧管内のCO2の速度ベクトル解析の一例。条件を変化させることによる管内の流れの変化が明らかになっています。

### ■ 次世代型有機合成プロセスの創成

天然資源の乏しい我が国の将来にとって、付加価値の高い新機能性材料や医薬品の創製に不可欠な科学技術の発展とその産業の育成が重要であることはいうまでもありません。その技術の基盤となるものは有機合成化学であり、その重要性は今後もますます高まっ

ていくものと考えられます。本プロジェクトでは、地球環境保全の必要性が声高に叫ばれている今、実用性はもとよりグリーンケミストリーや原子効率の条件を満たした真に有用な次世代型有機合成プロセスの開発を行います。

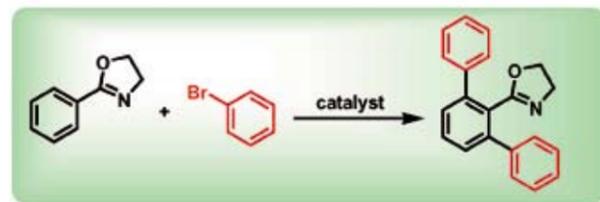


図2. [芳香族化合物の直接カップリング反応] 新触媒を用いることにより、芳香環に直接ベンゼン環を結合させる新反応を開発しました。従来法に比べ、原子効率が極めて高いのが特長です。

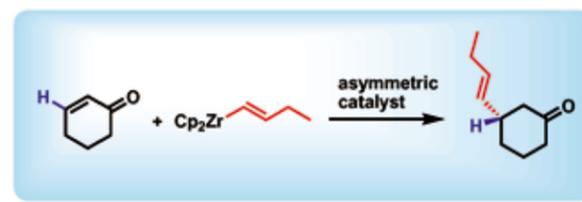


図3. [新しい不斉1,4-付加反応] 新開発の不斉触媒を用いることにより、有機ジルコニウム試薬の新しい不斉1,4-付加反応の開発に成功しました。医薬品や生理活性物質の合成に威力を発揮します。

## プロセス科学研究ユニット .2

### ■ 細胞内代謝制御による高機能生理活性物質の効率的生産プロセスの開発

植物細胞培養技術は、植物由来の有用代謝物を地域的・季節的な制約を受けずに人工環境下で安定かつ効率的に生産可能な技術です。本プロジェクトでは、植物細胞内の目的物質合成に関する代謝経路を解明し、その経路に関する酵素タンパク質活性を遺伝子工学的な手法を用いて制御することによって、分離が困難な類似代謝物の中からより高い機能を有する生理活性物質を効率的に生産できるプロセスの開発を行っています。

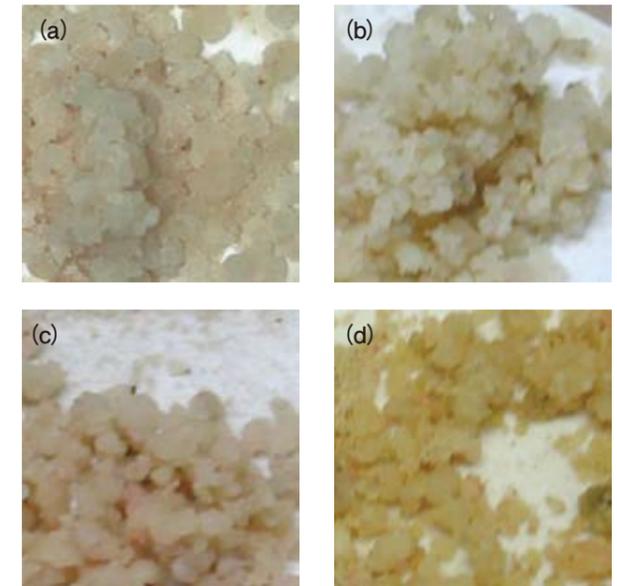


図4. [種々の光強度条件で得られたチャ培養細胞] (a) 0, (b) 1000, (c) 3000, (d) 5000 lux 各細胞のカテキン含有量を測定すると (a) 33.2, (b) 84.5, (c) 109, (d) 111mg/gDCW と高い光強度条件で得られた黄色みの強い細胞ほどカテキン含有量が高くなるのが明らかになっています。これは、照射によってカテキン代謝の鍵酵素の活性が高まるためです。

### ■ 微粒子・薄膜新規合成プロセスの開発

携帯用通信機器、パソコンあるいは家電品など、我々が快適に生活するための製品には、様々な機能を有する材料が使われています。これらの材料は、微粒化や薄膜化などの形態制御により、高機能化が図られています。しかしながら、機能性材料を合成する過程では

環境負荷の大きい溶剤や特殊な装置が使用されている場合があり、こうした場合、合成プロセスの改善が求められます。本プロジェクトでは、環境適応性ならびに製造コストの観点から、機能性材料の新規合成法を開発しています。

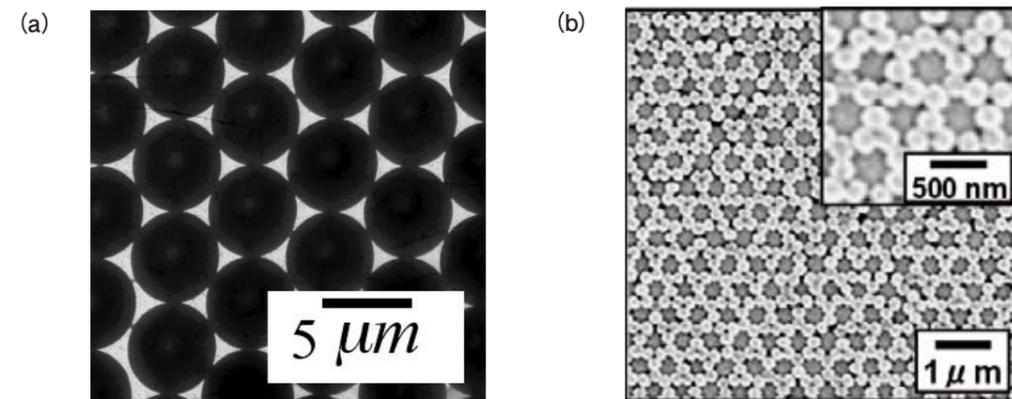


図5. [粒径が均一な粒子の電子顕微鏡像] (a) 水を溶媒とする環境適応型重合により合成した超均一粒径のポリスチレン粒子、(b) 特殊装置を必要としないディップコーティング法で作製した異形シリカ粒子の2層膜

## 都市再生・環境工学研究ユニット .1

### ■ 地域の環境ポテンシャルの評価とこれに基づく高環境効率型環境デザイン

本プロジェクトは、建築環境、都市環境、土木、地理、気象、経済等の多様な分野の専門家が共同で、地域の環境の保有する環境改善効果（環境ポテンシャル）を定量化するための手法を開発し、これを利用した新たな居住環境デザインの方法論を構築することを目的としています。これまでに、仙台及びその周辺の環境ポテンシャルの評価を目的として、広域の気候、市街地内の微気候の数値シミュレーションや市街地内の環境測定を共同で実施するとともに、仙台

市内の各地域において効果的なヒートアイランド対策を進めるためのゾーニングを行いました。

今後は、このような屋外の微細な気候分布を考慮した最適な室内居住環境デザインの方法論の構築へと研究を進めて行く予定です。

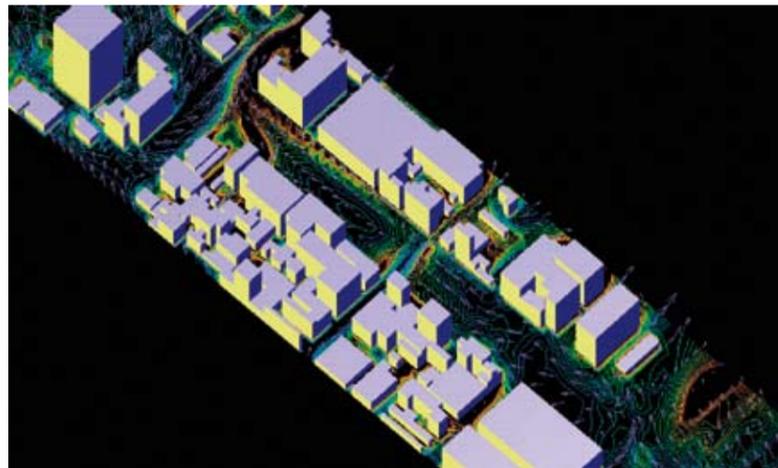
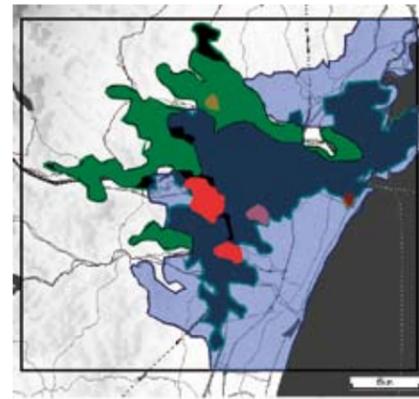


写真1. 定禅寺通りの歩行者レベルの風環境と気温分布



- 風通しの向上推奨地区
- 緑化・地表面被覆改善推奨地区
- 高木等による緑化推奨地区
- 人工排熱削減推奨地区

写真2. 効果的なヒートアイランド対策のためのゾーニングの例

### ■ 薄肉木造シェルの開発

薄肉シェルの構成に当たって最も難しいのは曲率の小さい3次元曲面をつくることです。そのため2006年度において、まず直径4メートルという最小限空間を球体でつくるという条件を設定し、幾何学的な形態を決定し、ディテールを詰めることに意を注ぎました。また、シェル構造のダイナミズムをよく表現できる曲率の大きいシェル屋根として体育館を設定、構造設計のうち基本設計レベルの作業

を行いました。これらを発展深化させるため、先ず山寺郵便局などを対象に2006年度に行ったラグスクリューボルトの接合部実験を反映させた解析に進み、一般性を見極めます。また、新しい屋根形態や任意曲面を、薄板でつくる試みなど、テーマの概念の幅を広げる作業を継続して行います。

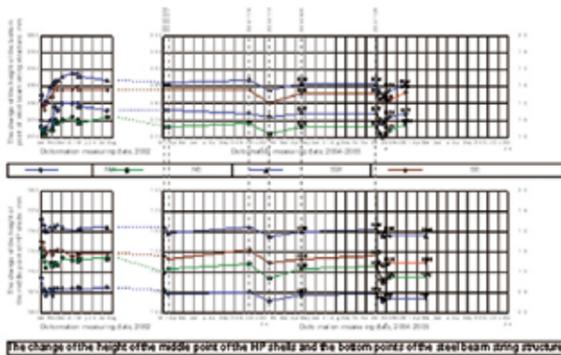


図1

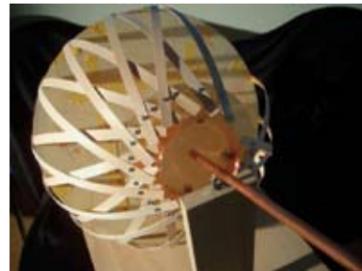


写真3



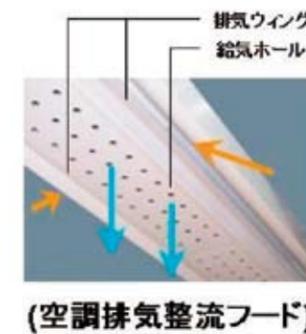
写真4

## 都市再生・環境工学研究ユニット .2

### ■ エネルギー利用のマルチパス化

身の回りにある資源を省エネルギープロセスで製造・リサイクルすることは、天然資源の有効利用や地球環境保全の観点から重要なテーマとなっています。この対策として、資源やエネルギーのカスケード利用が効果的とされてきました。本プロジェクトでは資源やエ

ルギーの品位を低下させる従来の一方向的な利用を超越する新規なプロセスを提案します。すなわち、従来のカスケード利用に替わり、プロセスへの最小限の資源・エネルギーの投入により、いっそうの資源・エネルギーの有効利用や廃棄物の低減を目指します。



(空調排気整流フード)

タバコセンサーによる多段階変速とタイマーによる復帰

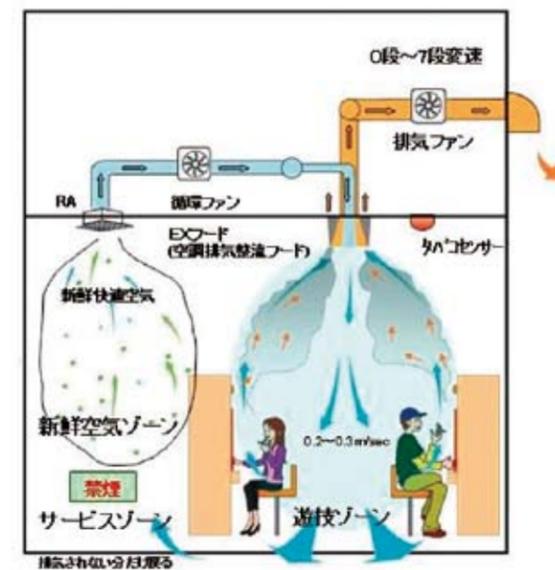


図2 遊技場用新規空調換気システムの概要

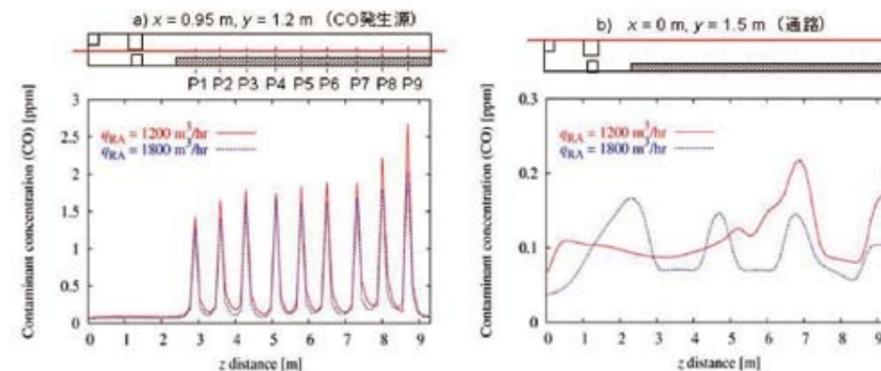


図3 遊技場における汚染物質の拡散シミュレーション

## フロンティア工学研究ユニット

人間の知は発展し続けます。分子、原子、素粒子へと微細に、海底・深地層から宇宙へと拡大し、さらに生命の起源への探索と生命体をシステムとして認識する手がかりを得つつあります。工学も科学と両輪を分かち合いつつ文明の発展を支えてきました。本ユニットではノーベル賞級の科学者・技術者と交流しつつ、科学・技術の最新の成果にアンテナを張り、工学研究科各グループの若い頭脳を融合・結集して、基礎的かつ長期的展望にたち、人類社会の未来を切り開く技術を開発させます。

### ■ 未来を切り拓く先進加速器科学の展開

粒子の本質を調べるために開発された加速器は、今日、半導体産業から医療まで幅広い分野に利用されており、今後益々その応用は発展していくことが期待されている。本プロジェクトでは、豊かな未来社会を切り拓く先進加速器科学を展開する。具体的には、すべての核燃料物質を燃やす加速器駆動炉、未来のエネルギー源である核融合炉、粒子ビームによる新機能材料の創製と原子炉材料保全、高齢化社会の3大老人病である癌・認知症・心臓病を診断するPETとその薬剤合成、どんな癌も治療できる粒子線治療、細胞の3次元CTを可能にするマイクロPIXE・CTなどの先進加速器工学を展開する。

#### 1. エネルギー科学への応用 (笹尾、岩崎)

粒子ビーム技術に基づいた核融合炉の診断システムの開発を行う。原子炉の高度安全性確保・利用拡大を目指し、加速器による未臨界原子炉を駆動・制御するための技術開発を行う。

#### 2. 材料科学への応用 (長谷川)

粒子ビームを用いて原子炉内での材料損傷の発生のダイナミックな過程を調べ、損傷発達の詳細な過程と材料劣化の精密な予測方法について研究する。これらの成果を用いて、原子力システムの健全性を保つための原子炉環境下でも損傷の起こりにくい材料を設計し、保全技術を開発する。

#### 3. 生命科学への応用 (石井、山崎、寺川、松山)

超高分解能半導体PET、PET新薬剤、動物用の陽子線治療、生きたままの細胞を観察できるマイクロPIXE・CT、ナノ粒子ビームの開発を行う。

図1 すべての核燃料物質を燃やす加速器駆動炉の開発

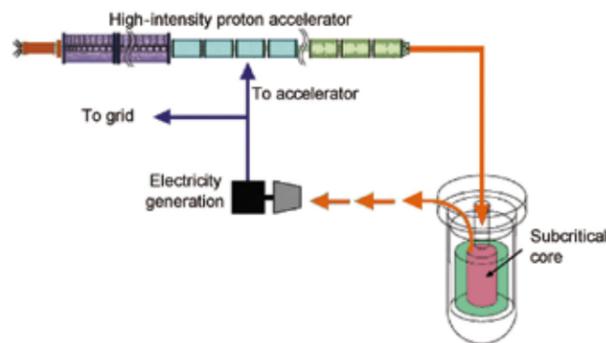


図2 原子力システム用耐環境性材料の開発



図3 未来のエネルギー源と期待される核融合炉の開発

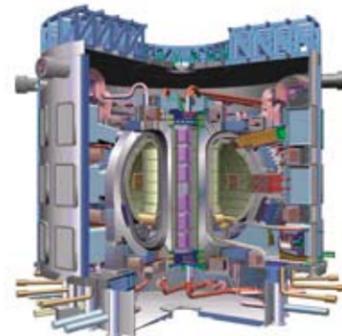


図4 癌・認知症の早期発見を可能にするPETの開発



遺伝子治療を目指したPET新薬剤の開発

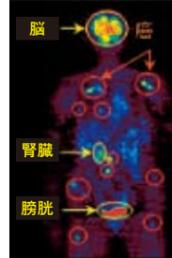


写真1 マイクロPIXE-CTによる大きさ1mmの蟻の頭部のCT画像

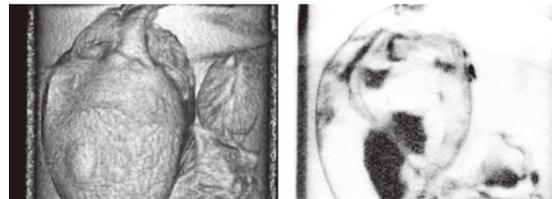
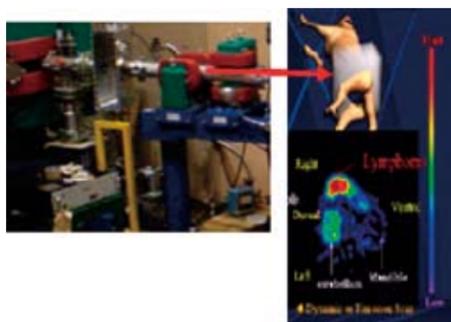


図5 どんな癌も治療する粒子線治療の開発



## 健康安全ルネサンス研究ユニット

地域の持続的発展を阻害する要因(例えば、感染症等の疾病、貧困、環境問題、紛争)を解決するための科学技術、社会制度改革や経済的発展のための施策などを新たに開発または創出し、その結果として得られた成果を社会システムの中に定着させる手法と手段を考案します。

### ■ 地域の健康・安全リスクマネジメントと水利用システムの構築

アジア・モンスーン地域では、急激な都市化や農業の近代化などにより、伝統的な取排水システムの維持が困難になっているとともに、病原微生物や農薬、ヒ素などの水系汚染による人の健康や生態系へのリスクが顕在化しています(図1)。図2は、ラオスとカンボジアにおける飲用水起因の下痢症のリスク分布を計算した結果です。水道水が供給されているVientiane首都圏でリスクが低く、他の農村部では住民が感染症の高いリスクに曝されていることが分かります。本プロジェクトでは、アジア・モンスーン地域において水系感染症のリスクを低減できる水利用システムを新たに構築することにより、この地域の安心・安全な社会の持続的な発展に貢献できる研究成果を示すことを目指しています。



図1 メコン流域における水系汚染症のリスク要因

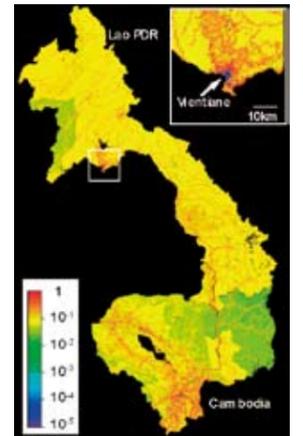


図2 ラオス・カンボジアにおける引用水起因の下痢症のリスク

### ■ 微生物・化学物質による室内空気汚染の健康被害の実態とその防除対策

本プロジェクトでは、微生物・化学物質による室内空気汚染の実態を明らかにするとともに、居住者の健康被害との関連を解析すること、建物構造と汚染の実態との関連を解明し防除対策を提案することを目的としています。そのために以下の調査研究を実施します。まず、図3に室内空気汚染・シックハウス症候群のイメージ図を掲載します。

1) 東北地方を中心に、住環境が原因でなんらかの症状を訴える居住者が住む住宅に対して、室内化学物質濃度、微生物汚染状況

等の室内状況、換気システムの性能などに関して実測調査を行います。また、住環境および居住者の健康状況(図4)に関してアンケート・ヒアリング調査を行い、実態を把握します。

2) 居住者の症状が化学物質汚染によるものなのか、微生物によるものなのか、他の要因によるものなのか1)の結果より総合的に判断し、発症の要因を解明します。

3) 最終的に、以上の調査から居住者の症状を引き起こさないための建築的、設備的な防除対策や住まい方に関する提案を行います。

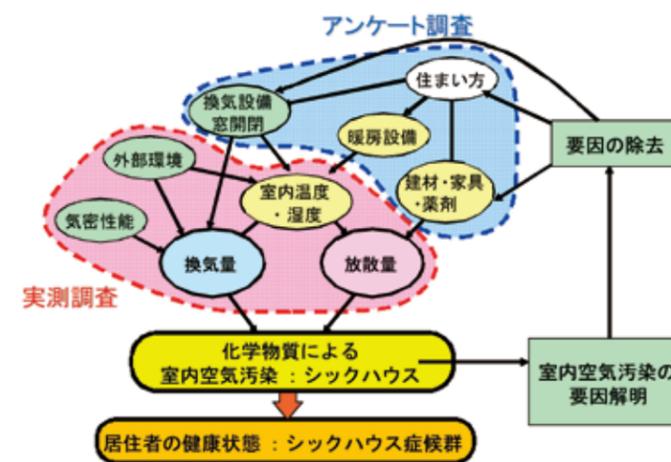


図3 室内空気質汚染・シックハウス症候群の原因

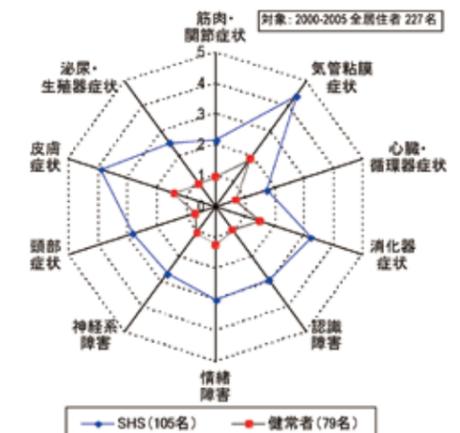


図4 SHSと健康者の症状の違い

## 機構長・研究ユニット長 (平成 20 年 4 月 1 日現在)

### 機構長

副研究科長 (研究担当)

岡田 益男 教授

TEL: 022-795-5858 FAX: 022-795-5801

E-mail: okadamas@material.tohoku.ac.jp

### ユニット長

#### ■ エネルギー研究ユニット長

量子エネルギー工学専攻

笹尾 真実子 教授

TEL: 022-795-7925 FAX: 022-795-6339

E-mail: mamiko.sasao@qse.tohoku.ac.jp

#### ■ 情報通信研究ユニット長

電気・通信工学専攻

澤谷 邦男 教授

TEL: 022-795-7096 FAX: 022-263-9323

E-mail: sawaya@ecei.tohoku.ac.jp

#### ■ ナノテクノロジー・材料研究ユニット長

金属フロンティア工学専攻

石田 清仁 教授

TEL: 022-795-7321 FAX: 022-795-7321

E-mail: ishida@material.tohoku.ac.jp

#### ■ 生命・医療工学研究ユニット長

電子工学専攻

金井 浩 教授

TEL: 022-795-7078 FAX: 022-263-9444

E-mail: kanai@ecei.tohoku.ac.jp

#### ■ システム科学研究ユニット長

技術社会システム専攻

斎藤 浩海 教授

TEL: 022-795-7068 FAX: 022-263-9270

E-mail: saitoh@ecei.tohoku.ac.jp

#### ■ プロセス科学研究ユニット長

化学工学専攻

今野 幹男 教授

TEL: 022-795-7239 FAX: 022-795-7241

E-mail: konno@mickey.che.tohoku.ac.jp

#### ■ 都市再生・環境工学研究ユニット長

都市・建築学専攻

吉野 博 教授

TEL: 022-795-7883 FAX: 022-795-7886

E-mail: yoshino@sabine.pin.archi.tohoku.ac.jp

#### ■ フロンティア工学研究ユニット長

機構長兼務

#### ■ 健康安全ルネサンス研究ユニット長

土木工学専攻

大村 達夫 教授

TEL: 022-795-7480 FAX: 022-795-7482

E-mail: omura@water.civil.tohoku.ac.jp

### お問合せは

東北大学工学部・工学研究科研究協力室

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6番6号

TEL:022-795-5804 / 5807 FAX:022-795-3668

E-mail:eng-ken @ bureau.tohoku.ac.jp

http://www.eng.tohoku.ac.jp/

CAST

Center for Advanced Inter Departmental Program for Science and Technology



東北大学