

# 金沢大学理工研究域 サステナブルエネルギー研究センター

## Research center for Sustainable Energy and Technology

### 平成23年度研究活動報告



くりこま高原駅バス停通路屋根(宮城県  
栗原市)での逆型有機薄膜太陽電池の  
実際の設置風景

(平成24年2月1日に設置、平成25年2月まで実証実験)

写真提供: (株)倉元製作所、(株)イテアルスター

# RSET

Research center for Sustainable Energy and Technology (RSET)

## 研究活動報告

## 目次

### CONTENTS

1	巻頭言	1
2	センター長挨拶	2
3	メンバー紹介	5
4	部門紹介	10
5	研究開発ロードマップ	20
6	理工研究域サステナブルエネルギー研究センター 10年間事業スケジュール表	25
7	理工研究域サステナブルエネルギー研究センター平成23年度年間事業実績表	26
8	RSET全体の活動状況	27
	1) 公開シンポジウム報告	
	2) 会議等の開催実績	
	3) アドバイザリーボード報告	
9	有機薄膜太陽電池部門(第1部門)活動状況	35
	1) 成果報告	
	2) シンポジウム、セミナー、会議等の開催実績	
	3) アドバイザリーボード報告	
10	自然エネルギー活用部門(第2部門)活動状況	45
	1) 成果報告	
	2) シンポジウム、セミナー、会議等の開催実績	
	3) アドバイザリーボード報告	
11	炭素循環技術部門(第3部門)活動状況	54
	1) 成果報告	
	2) シンポジウム、セミナー、会議等の開催実績	
	3) アドバイザリーボード報告	
12	エネルギー・環境材料部門(第4部門)活動状況	62
	1) 成果報告	
	2) シンポジウム、セミナー、会議等の開催実績	
	3) アドバイザリーボード報告	
13	バイオマス利用部門(第5部門)活動状況	70
	1) 成果報告	
	2) シンポジウム、セミナー、会議等の開催実績	
	3) アドバイザリーボード報告	
14	RSET関係者一覧	79
15	編集後記	80



## 巻頭言



理工研究域長  
RSET 運営会議議長

山崎 光悦

金沢大学理工研究域附属サステナブルエネルギー研究センター (Research center for Sustainable Energy and Technology: 略称 RSET) が平成 23 年 4 月に発足して初めての研究業績集をこのたび取りまとめ、冊子体として刊行する運びとなりました。

金沢大学は、真理の探究に関わる基礎研究から技術に直結する実践研究までの卓越した知の創造に努め、それらにより新たな学術分野を開拓し、技術移転や産業の創出等を図ることで積極的に社会に還元することを目指しております。「強い研究分野をさらに強くする」との中村信一学長のリーダーシップのもと、理工研究域が誇る卓越した研究分野のひとつ、再生利用可能エネルギー分野をさらに強くするとの戦略のもと、全学戦略ポスト、理工研究域戦略ポストを活用して 10 年間の時限付きで昨年 4 月に、RSET を発足させました。

RSET は、太陽光や風水力発電、バイオマスなど再生利用可能エネルギーや地球温暖化防止のための炭素循環などに関する研究開発を通して本学のプレゼンス、理工研究域の強い分野を外に示すために設置しました。RSET は、有機薄膜太陽電池部門、自然エネルギー活用部門、炭素循環技術部門、エネルギー・環境材料部門、バイオマス利用部門の 5 部門で構成し、専任教員 5 名 (内 3 名はテニュアトラックポジション、1 名は任期付きポジション)、兼任教員 13 名、協力教員 22 名の総勢 40 名の研究集団を構成しております。

今回のような研究業績集・自己点検書は今後、毎年刊行される予定で、教員個人、研究部門ごと、及び RSET 組織体としての全体の研究活動についての内部評価、そして外部評価の基礎データとして活用され、本研究センターのさらなる進化、未来の発展に寄与することを期待しております。

## センター長挨拶



RSET センター長

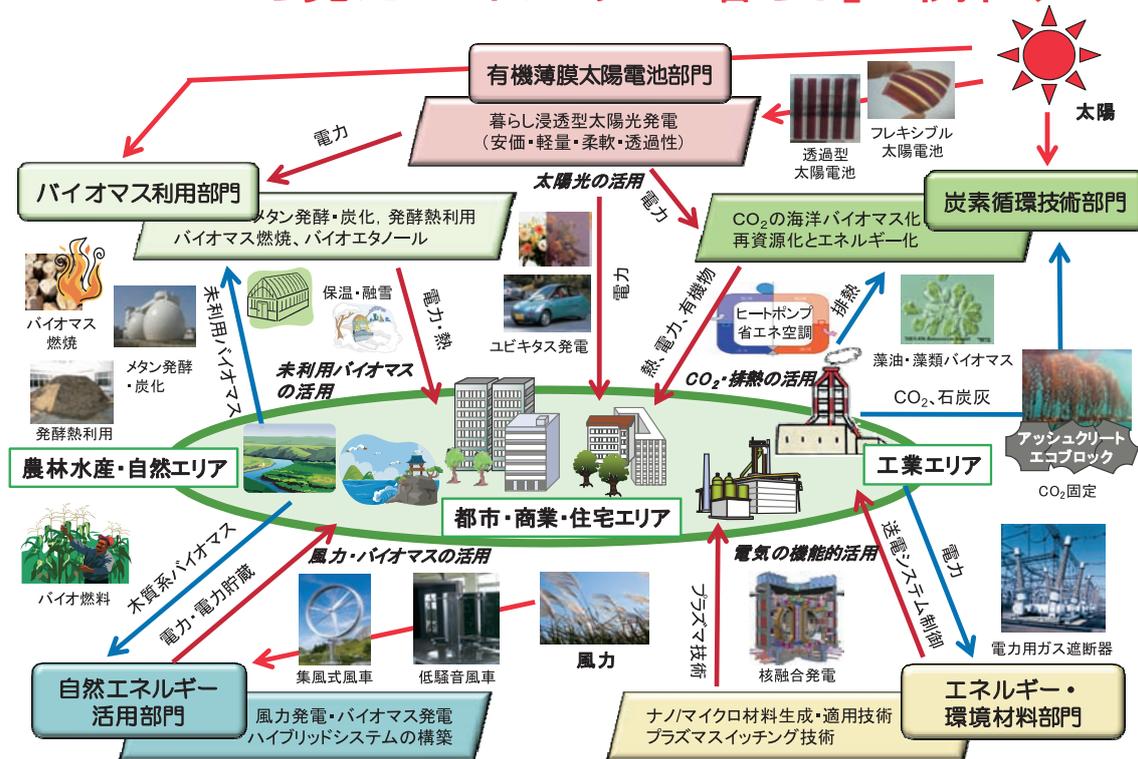
高橋 光信

現代の豊かな暮らしは、莫大なエネルギー消費の上に成り立っています。使えばおしまいの化石燃料を用いる火力発電や、東日本大震災で安全神話が崩れた原子力発電は、次世代社会を支える主たるエネルギー生産技術とはなり得ません。平成23年4月1日に開設された金沢大学理工研究域サステナブルエネルギー研究センター（RSET）は、有機薄膜太陽電池、自然エネルギー活用、炭素循環技術、エネルギー・環境材料、バイオマス利用の5部門から構成されており、国・地域を問わずどこにでも存在する風力や太陽光などの再生可能エネルギー、北陸の豊かな自然が生み出すバイオマスなどの廃棄エネルギーをもとに、地域で独自に生産しその地域で消費する、いわゆる“地産地消型”のエネルギーの効率的変換・創成・再資源化などを推進します。言い換えると、中央集権型エネルギーではなく、個々にある程度独立してエネルギーを確保し維持できる地方分権型とする基盤技術の確立がRSET設立の主旨であります。このような工学的見地に立った教育研究を通して、安全で持続可能なエネルギー生産技術による循環型社会を構築するためのグリーンイノベーションの核となる研究拠点として、世界・日本・地域の幅広い各階層における貢献を目指します。このような設立主旨の下、RSETの立ち位置をまとめると、以下のような3点に要約されます。

1. 「地産地消対応型エネルギーに関わる研究開発」を合言葉に、持続可能な循環型社会を構築するグリーンイノベーションの核となる研究拠点を形成する。そのために、各部門の教育研究の一層の充実を図り、地域と世界に開かれた教育重視の研究大学の一翼を担う。
2. 学内外への積極的な情報発信により、また産学官関係者と緊密に連携して、研究開発の拠点形成のためのネットワーク拡大を図る。
3. 社会的によりインパクトのある研究成果を上げて、東アジアの知の拠点を構築する。

我々は『暮らしと密接に関わるエネルギー及びエネルギーに関わる技術に対して、教育研究を通して研究開発に邁進し、社会貢献して行く』という取組コンセプトを、ポンチ絵【RSETから見た「エネルギーと暮らし」の関わり】で分かりやすく表現し、RSET構成員の自覚を促すと共に、一般の方々に広報しています。

## RSETから見た「エネルギーと暮らし」の関わり



次に、各部門の取組課題について、簡単に紹介します。

第1部門【有機薄膜太陽電池】：金沢大学発の高耐久性逆型有機薄膜太陽電池の潜在能力を実用レベルまで高めることを目指し、新規有機材料に関する基礎研究を強力に推進するとともに、大気中かつエネルギー消費を格段に抑制した製造プロセス開発を行い、高性能なフィルム状の逆型有機薄膜太陽電池を完成させる道筋を明らかにする。

第2部門【自然エネルギー活用】：高効率・低騒音な風力発電システム、都市部に配置できる小水力発電システム、様々なバイオ燃料に対応できる効率重視型燃焼システムの開発を行う。これらを組みあわせて、自然エネルギーの変動を補完した小規模分散型電源システムを確立し、観光・伝統都市の付加価値をさらに高める環境や景観に配慮した地産地消型自然エネルギー活用技術の開発を行う。

第3部門【炭素循環技術】：火力発電や製鉄所など、二酸化炭素集中排出源からのCO<sub>2</sub>を効率的に回収する方法を検討する。同時に排出される排熱や副産物に対しては、排熱の有効利用手段、藻類を利用した海洋バイオマス・エネルギー生産に取り組み、それらを統合した低環境負荷型の炭素循環システムを構築する。

第4部門【エネルギー・環境材料】：新しい概念である「非平衡・重相極限プラズマ」の物性解明と制御手法の開発を通して、電気エネルギー高度利用のための機能性大電流アーク遮断器、アークプラズマ切断機、核融合炉や宇宙飛翔体用超高耐熱材料等の要素技術開発を行うとともに、多機能ナノ粒子・薄膜創製のための応用技術の開発を行う。

第5部門【バイオマス利用】：里山里海と隣接した都市に立地している金沢大学の地理的特徴を背景として、地域資源としての未利用バイオマスの処理に関する個別の技術開発を、地域、企業、行政との連携により推進するとともに、利用目的・需要に応じた技術選択、バイオマス使用量の拡大に伴って発生する環境負荷の軽減に配慮した環境システムの最適化を目標とする。

RSETの発足は、期せずして、東日本大震災の直後となりました。それ以前から、化石燃料枯渇や価格高沸などの問題、さらには温室効果ガスの削減などの観点から、再生可能エネルギーの利用や省エネルギー、そして炭素循環技術や電気エネルギーの高度利用に対する期待が膨らんでいました。この大震災および原発事故の直後にあつては、これまで余り関心を持っておられなかった方々も含めて、さらに熱い期待が寄せられています。これを単なるブームに終わらせることなく、地球の明るい未来を切り拓く大きな契機として行かねばなりません。一時しのぎの技術開発ではなく、エネルギー問題に対する普遍的な基礎技術の開発が“待ったなし”で求められています。当センター一丸となって、この期待に応えるべく、惜しみのない努力を捧げる所存です。

RSETでは、教員個人、研究部門ごと、及びRSET組織体としての全体の研究活動についての内部評価、そして外部評価の基礎データとするべく、「RSET研究活動報告」を毎年刊行する予定です。また、RSET活動に関わる情報、例えば年次研究開発計画や成果報告、シンポジウム・セミナーの開催予告や報告など、随時、ホームページ上にアップして行く予定です。本研究活動報告をご覧になった方々にあつては、RSETから発信する情報に目を向けて頂き、忌憚のないご意見や感想をお寄せいただければ幸いです。今後とも、ご支援ご鞭撻の程、宜しくお願い申し上げます。

## 第1部門メンバー紹介

### 兼任・専任教員



#### 高橋 光信 教授 (部門長)

専門分野 ■ 有機薄膜太陽電池、電気化学

自己紹介 ■ 自身の有機薄膜太陽電池に関する初めての論文がChem.Lett.に掲載されてから、20年が経過します。湿式太陽電池の研究を含めると、25年以上の年月を有機系太陽電池の研究開発に注力していることになります。



#### 前田 勝浩 准教授

専門 ■ 高分子合成

自己紹介 ■ 高分子系有機薄膜太陽電池の高効率化と耐久性の向上を目指して、光エネルギー変換材料となる新規な共役系有機高分子の創製を行なっています。



#### 當摩 哲也 TT 准教授 (専任)

専門 ■ 有機デバイス、有機薄膜太陽電池、真空工学

自己紹介 ■ 2012年1月1日に専任教員として着任しました。真空蒸着法による低分子系有機薄膜太陽電池を中心に研究しています。分子の積層をコントロールすることで結晶性を高めたり、配向を制御して高性能化を目指しています。



#### 栞原 貴之 助教

専門 ■ 有機薄膜太陽電池、人工光合成、エネルギー変換

自己紹介 ■ 塗布法による有機薄膜太陽電池の研究を行っています。高効率化や長寿命化に加え、実用化を意識した簡便な作製法の開発を目指し、発電に適したキャリア捕集層や発電層のバルク形成および界面制御に取り組んでいます。

### 協力教員

#### 加納 重義 教授

専門分野 ■ 高分子合成

#### 山口 孝浩 准教授

専門分野 ■ 機能性電極、電気化学

#### 生越 友樹 准教授

専門分野 ■ 高分子化学、超分子化学

#### 井改 知幸 助教

専門分野 ■ 高分子合成

## 第2部門メンバー紹介

### 兼任・専任教員



#### 木綿 隆弘 教授 (部門長)

専門分野 ■ 流体機械、風工学

自己紹介 ■ 風力発電用の水平軸及び垂直軸風車の高性能化及び低騒音化に関する研究、マイクロ水力発電用の水車の高性能化に関する研究、流れの中にある角柱などに生じる流力振動による振動発電に関する研究を行っています。



#### 榎本 啓士 准教授

専門分野 ■ 燃焼工学、内燃機関、自動車工学

自己紹介 ■ 燃焼現象の検証とその応用を中心に、マイクロ波を利用した急速加熱噴射システムの開発、単一微小液滴の生成とその応用、多様な反応場を用いた液体の反応性分析と数値シミュレーションによる現象解析を行っています。



#### 河野 孝昭 TT 助教 (専任)

専門分野 ■ 流体工学 (特に数値流体力学)

自己紹介 ■ 風力発電用風車の高性能化及び低騒音化に関する研究、小形風車の設置に向けた建築物屋上の風条件の精査に関する研究、風車後流を数値流体力学で再現する為の風車モデルの開発に関する研究を行っています。

### 協力教員

#### 木村 繁男 教授

専門分野 ■ 地熱エネルギー、伝熱工学

#### 山本 茂 教授

専門分野 ■ 制御理論とその応用

#### 金子 修 准教授

専門分野 ■ 制御理論とその応用

#### 上野 敏幸 准教授

専門分野 ■ 磁歪素子を用いたマイクロ電力システム

## 第3部門メンバー紹介

### 兼任・専任教員



#### 瀧本 昭 教授 (部門長)

専門分野 ■ エネルギー環境工学、伝熱工学

自己紹介 ■ 金沢大学の機械工学系の熱科学研究室において教育・研究に携わり、200名余の学生を輩出。研究テーマは低環境負荷の二酸化炭素回収・固定化システムの開発、UV光触媒・光電子法によるガスクリーン技術、高性能蒸発・沸騰面の探索と凝縮伝熱促進法等。



#### 三木 理 教授 (専任)

専門分野 ■ 環境工学、リサイクル工学、水処理工学

自己紹介 ■ 民間企業で約30年間リサイクルや環境保全関連の研究に従事。本部門では北陸地域発生物 (CO<sub>2</sub>、石炭灰、スラグ、排水中栄養塩、排熱) を活用した海域環境保全とCO<sub>2</sub>再資源化 (藻類の活用) の研究開発を担当しています。



#### 児玉 昭雄 教授

専門分野 ■ 化学工学、吸着応用工学、分離工学

自己紹介 ■ 太陽熱や低温排熱で駆動可能なデシカント空調プロセス、バイオガスからのメタン濃縮など、吸着を応用した環境保全・省エネルギー技術の研究開発に取り組んでいる。本部門では、排ガス中CO<sub>2</sub>の効率的な分離回収と各種排熱の利活用プロセスの開発を担当しています。



#### 長谷川 浩 教授

専門分野 ■ 水圏化学、分析化学、環境化学

自己紹介 ■ 地球温暖化、廃棄物、重金属汚染等に対して、自然サイクルを活用した環境修復技術の開発に化学の立場から取り組んでいる。本部門では、微量化学種を利用した海域環境保全とCO<sub>2</sub>の固定・再資源化の研究開発を担当しています。

### 協力教員

#### 鳥居 和之 教授

専門分野 ■ コンクリート工学、維持管理工学、  
リサイクル工学

#### 多田 幸生 准教授

専門分野 ■ 伝熱工学、エネルギー変換工学、  
マイクロ凝固工学

#### 汲田 幹夫 准教授

専門分野 ■ エネルギー変換工学、吸着工学

#### 大坂 侑吾 助教

専門分野 ■ エネルギー変換工学、吸着工学

## 第4部門メンバー紹介

### 兼任・専任教員



#### 上杉 喜彦 教授 (部門長)

専門分野 ■ プラズマ理工学、核融合工学

自己紹介 ■ 高いエネルギー密度プラズマの基礎物性やその材料相互作用に関する実験研究を核融合周辺プラズマ実験装置や大電流アークプラズマを用いて行うとともに、新しい機能性プラズマ源の創出とその応用に関する研究を行っています。



#### 田中 康規 教授

専門分野 ■ 熱プラズマ工学

自己紹介 ■ 熱プラズマ・アークの基礎と応用に関する研究として、変調型誘導熱プラズマを用いた機能性ナノ粒子の高速大量生成、材料の高速表面処理、高気圧プラズマの遮断現象解明と固体との相互作用の研究を行っています。



#### 石島 達夫 TT准教授 (専任)

専門分野 ■ プラズマ理工学

自己紹介 ■ 非平衡プラズマを液中または液表面で生成させ、液体中の化学反応場を活性化させる新しい応用プロセスの機構を解明するために、気体・液体・固体界面の相互作用に関する研究を行っています。

### 協力教員

#### 森本 章治 教授

専門分野 ■ 電子材料物性

#### 川江 健 准教授

専門分野 ■ 電子材料プロセス

#### 猪熊 孝夫 教授

専門分野 ■ 電子・電気材料工学、電子デバイス工学

#### 徳田 規夫 准教授

専門分野 ■ 半導体、結晶成長、薄膜・表面・界面、カーボン材料

#### 大谷 吉生 教授

専門分野 ■ ナノ粒子の反応・分離工学

#### 瀬戸 章文 准教授

専門分野 ■ ナノ粒子の帯電・制御工学

## 第5部門メンバー紹介

### 兼任・専任教員



#### 関 平和 教授 (部門長)

専門分野 ■ 環境工学 (環境解析学、農業環境工学)

自己紹介 ■ 環境デザイン学系に所属。環境解析を研究教育の柱とし、堆肥発酵熱の施設農業への有効利用、土壌・ハウス内環境解析などを手掛けてきました。現在、竹林整備副産物の「竹チップ」に着目し、その発酵熱回収利用研究に取り組んでいます。



#### 池本 良子 教授

専門分野 ■ 水環境工学、上下水道、廃棄物処理

自己紹介 ■ 「地球環境は身近なところから」をモットーに、水環境保全技術の研究を行っています。センターでは、排水処理で発生する汚泥や廃棄物のメタン発酵による地域エネルギー生産を目指し、地域と連携して研究を進めています。



#### 古内 正美 教授

専門分野 ■ 大気環境評価、発生源対策技術、環境浄化技術

自己紹介 ■ タイ・カンボジアなどの東南アジア諸国と連携した都市大気汚染に関する研究、大気中ナノ粒子捕集技術の開発と応用に関する研究、光触媒・軟X線を応用した大気汚染物質分解除去技術に関する研究などを行っています。



#### 本多 了 助教 (専任)

専門分野 ■ 環境微生物工学、サステナビリティ学

自己紹介 ■ 2012年1月1日RSETバイオマス利用部門に着任。光合成微生物を利用した下水からのバイオマス・エネルギー生産プロセスの開発やアジア開発途上国の都市近郊における水環境管理に関する研究を行っています。

### 協力教員

#### 高橋 憲司 准教授

専門分野 ■ イオン液体、バイオエタノール生成

#### 畑 光彦 助教

専門分野 ■ エアロゾル、バイオマス燃焼

#### 小林 史尚 准教授

専門分野 ■ バイオプロセス、バイオレメディエーション

#### 仁宮 一章 助教

専門分野 ■ 生物化学工学

Division of Organic Solar Cells

## 有機薄膜太陽電池部門

□ 専任 當摩 哲也 准教授

□ 兼任教員 高橋 光信 教授

前田 勝浩 准教授

栗原 貴之 助教

□ 協力教員

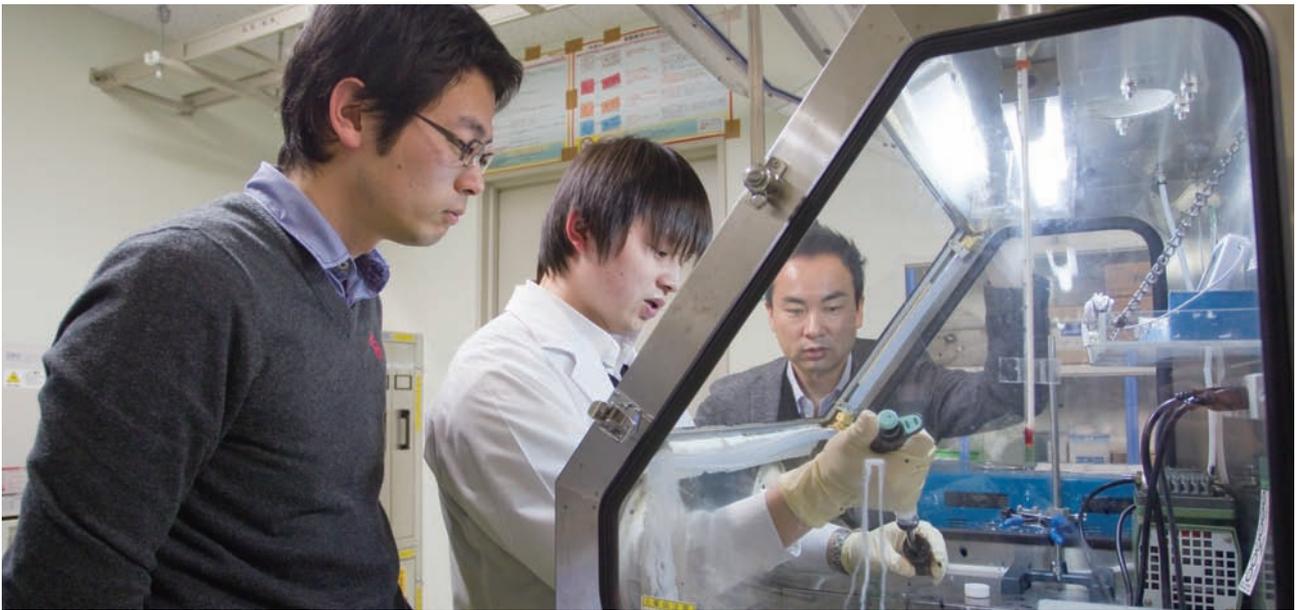
加納 重義 教授

山口 孝浩 准教授

生越 友樹 准教授

井改 知幸 助教

# 異分野連携による革新的 有機薄膜太陽電池の開発



火力や原子力に代わる無尽蔵でクリーンな太陽エネルギーの利用促進は、世界的な喫緊のテーマです。いま、有機薄膜太陽電池は、フレキシブル性や低コストなどさまざまな利点を有することから、ポスト・シリコン系太陽電池の一つとして期待を集めています。サステナブルエネルギー研究センターの有機薄膜太陽電池部門では、高橋光信教授率いる研究グループが、世界的水準の耐久性を示す素子を開発。次なる性能向上と実用化へ向けて動いています。

## 「有機太陽電池とは」

有機太陽電池は、電子のドナーであるp型有機半導体と電子のアクセプターであるn型有機半導体とを接合した発電層を、仕事関数の異なる金属電極で挟んだ構造をしています。p

型有機半導体が太陽光を吸収すると、励起子（電子と正孔の対が静電的に束縛状態になっているもの）が発生し、拡散によってp層とn層の接合界面に達して電荷が分離します。正孔はp層、電子はn層を経て各電極へ輸送され、電流が流れます。これが、有機太陽電池の大まかな仕組みです。

現在、一般に普及している太陽電池は、シリコン系太陽電池ですが、有機薄膜太陽電池との大きな差異は、導電性材料と作製プロセスにあります。有機発電層に使われる導電性ポリマーやフラーレン（球状炭素分子）などの有機半導体は、シリコンなどの無機半導体とは異なり、化学合成が可能で、資源上の制約がほとんどありません。作製プロセスに関しては、高真空や高温装置などを必要とするシリコン系太陽電池に対し、有機薄膜太陽電池は溶媒を用いて塗布

や印刷によって作製でき、低コスト化や大量生産が可能です。作製過程での二酸化炭素排出量も少なく、環境負荷が小さいのも利点といえます。

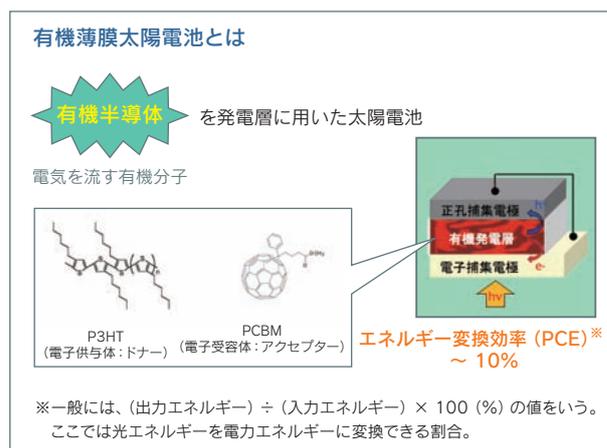
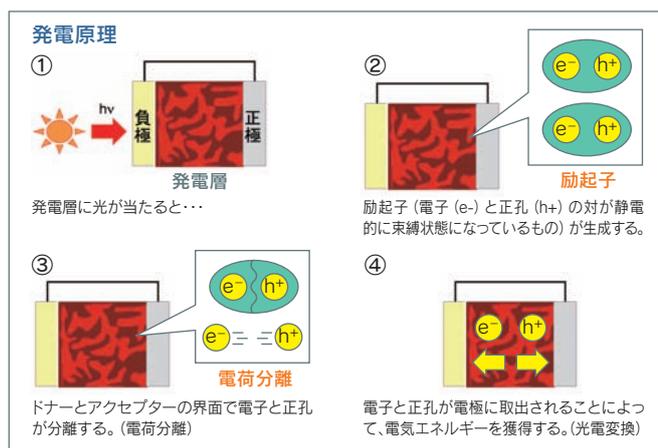
膜厚は数百nmと非常に薄く、プラスチックフィルムなど基板の選択により、軽量やフレキシブルなどの性質を付与できます。しかも、色彩や透明性を持たせることも可能で、建築物の外壁や自動車のボディなどさまざまな場所や物への設置もできます。

その一方、シリコン系太陽電池に比べて発電効率と耐久性の点で劣ることが、長年、大きな欠点とされてきました。

## 「最高水準の耐久性を持つ 有機薄膜太陽電池を開発」

有機薄膜太陽電池部門の研究グループは、物質化学系の高橋光信教授と桑原貴之助教が素子構造の設計

Division of Organic Solar Cells



を、高分子化学系の前田勝浩准教授と井改知幸助教が高分子材料の開発を担当しています。

研究グループが開発した逆型有機薄膜太陽電池は、従来型構造の素子をはるかに凌駕する耐久性を示します。従来型は電子捕集極に腐食しやすいアルミニウムを使っていますが、逆型では電子捕集極に酸化チタンや酸化亜鉛、正孔捕集極に金など、耐食性の高い材料を採用することで耐久性を確保。大気中において100℃以下という低温作製プロセスの開発にも成功しています。

この逆型の素子構造は、従来型が太陽光の入射側に正孔捕集極があるのに対し、光の入射側に電子捕集極があり、電子の流れが従来型とは反対になる構造です。

現在、その耐久性は、大気中で未封止状態でも保持され、真夏レベルの強い擬似太陽光を100時間連続照射した後でも、効率維持率95%以上という数値を得ています。今後は、光連続照射1000時間後の効率維持率80%以上をめざします。

一方、シリコン系太陽電池と比較した場合、一般的なシリコン系が20年間の性能保証を示しているのに対し、ガラス基板使用の逆型有機薄膜太陽電池の性能保証は5年間と予測され、耐久性の向上を引き続き追求していきます。

### 「最大課題は発電効率の向上」

研究グループが打破すべき最大の壁は、エネルギー変換効率の問題です。現状の効率は2.5%であるのに対し、従来型有機薄膜太陽電池は5~10%、シリコン系にいたっては一般型でも15~20%です。研究グルー

プは、平成25年度までに3.5%、27年度5%、29年度6%、そして32年度までに、エネルギー変換効率8%以上というマイルストーンを掲げています。

その変換効率向上の要となるのは、有機発電層を構成する光エネルギー変換材料です。高分子塗布系有機薄膜太陽電池では、主に、ドナー性分子であるp型有機半導体にはポリ3-ヘキシルチオフェン(P3HT)<sup>\*1</sup>、アクセプター性分子であるn型有機半導体にはフラレン誘導体<sup>\*2</sup>が使われています。

また、ドナー性分子とアクセプター性分子の接合面積を増大するために、両分子を混ぜたバルクヘテロ接合型とよばれるブレンド膜となっています。

現状では、P3HTの太陽光吸収領域は波長650nmあたりまで、すなわち太陽光の20%程度しか吸収しておらず、長波長の太陽光を吸収できるπ共役系有機高分子の開発を進めています。フラレン誘導体についても、電子移動度のより優れた新規分子を設計し、さらには、高耐久性を保持しながら、これら有機高分子材料がその性能を発揮できる最適な素子構造の作製法を探索します。

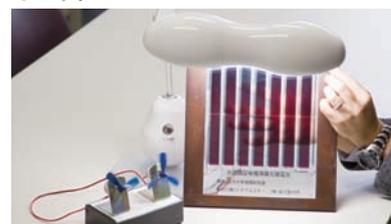
### 「実用化推進と次世代太陽電池開発へ」

研究は、「発電効率8%以上の達成」、「未封止素子の太陽光連続照射1000時間後の性能維持率80%以上の達成」、「大気中での製造技術の確立、および大面積化フィルム太陽電池作製の基盤技術の確立」を研究目標に掲げる一方、実用化を見据えた取り組みも進めています。

東北地方の新素材開発ベンチャー企業の(株)イデアルスターや、ガラス・土石製品製造会社の(株)倉元製作所などの連携により、フィールド実証実験をすでに行っています。平成24年2月には、逆型有機薄膜太陽電池のサンプルを作製し、独立型充電システムを介した夜間照明を、宮城県栗原市内のJRくりこま高原駅のバスターミナルの屋根に設置。(表紙の写真を参照して下さい。)耐環境性評価実験を行い、性能データの取得と解析によって、一層の基本性能向上を図ります。

今後、フレキシブル性やデザイン性、軽量、製造設置の簡易性などのメリットを生かし、住宅や自動車の窓、カーポートの屋根などポータブルなものから導入を推進していきます。

塗布プロセスによる有機薄膜電池のエネルギー変換効率が8%を超えれば、そのライフサイクルアセスメントは、変換効率20%のシリコン系太陽電池の2倍と試算されます。さらに、変換効率が10%、かつ高耐久性が実現されれば、それは太陽電池のブレークスルー。研究グループの挑戦は続きます。



\*1 ポリチオフェン誘導体の一種である導電性高分子。ポリチオフェンは硫黄を含む複素環化合物の一種、チオフェンの重合体で、特定の処理により導電性を得る。

\*2 フラレンは20個以上の炭素原子がそれぞれ隣接する三原子と結合をしている閉じた擬球構造を持つ分子の総称。アクセプター性分子として主に用いられるのは、炭素60個から成るサッカーボール状の分子、C60。フラレン誘導体は、フラレンに有機化合物を結合した化合物。

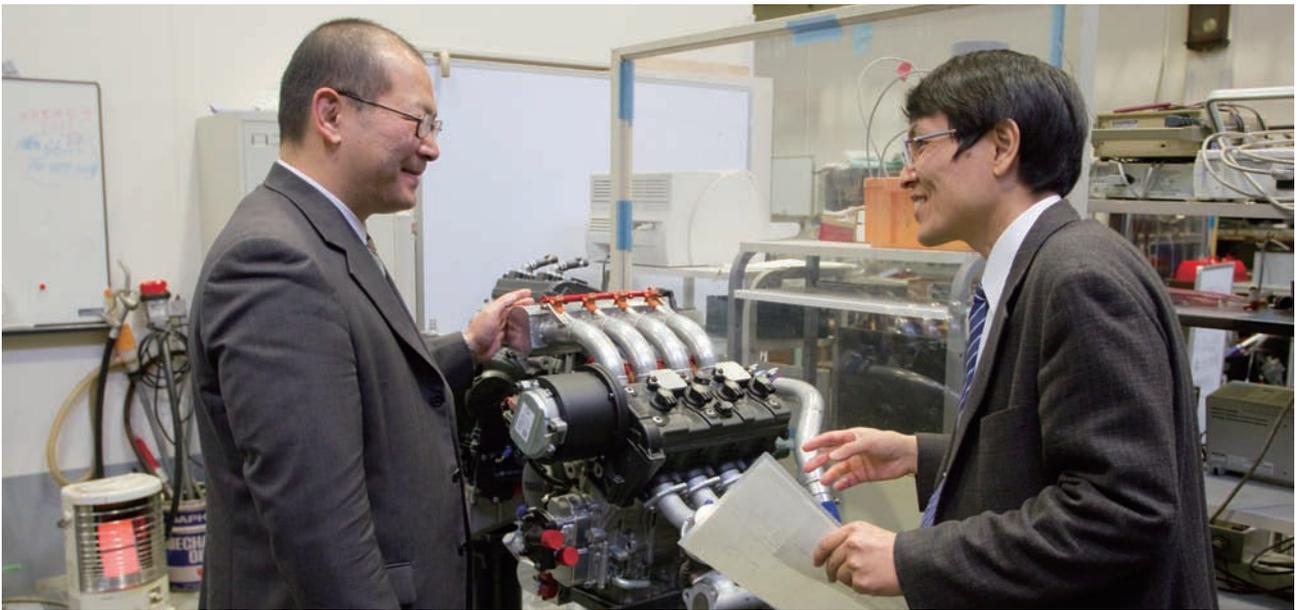
Division of Renewable Energy

## 自然エネルギー活用部門

□専任 河野 孝昭 助 教

□兼任教員 木綿 隆弘 教 授  
榎本 啓士 准教授□協力教員 木村 繁男 教 授  
山本 茂 教 授  
金子 修 准教授  
上野 敏幸 准教授

# 高効率・低騒音風力発電と バイオ燃料対応型燃焼技術の開発



日本における電源構成の推移予測では、2035年、全体の8割を石油・石炭・天然ガスなどの化石燃料が占め、残り2割のうち8割を再生可能エネルギーで賄うとされています。第2部門・自然エネルギー活用部門は、風力エネルギーを利用する高効率・低騒音の風力発電システム、様々なバイオ燃料に対応する高性能な燃焼システムの開発を行い、小規模分散型風力発電システムと、その発電出力変動を補完する燃焼システムの構築をめざしています。

## 「可変ピッチ式直線翼垂直型風車の開発」

風力発電の風車は、回転軸方向により水平軸型と垂直軸型に大別され、作動原理別では、翼の揚力で高速回転する揚力型と風の押す力で低速回

転する抗力型があります。

現在の主流は水平軸のプロペラ風車です。高効率、大型化が容易という利点がある反面、風向に追随する機構が必要、発電機をタワー上部に設置するためメンテナンスなどが不便などの欠点があります。一方、垂直軸型は、全方向の風の利用が可能、発電機を地上に設置でき自由度が高いという利点を有します。しかしながら、低周速比<sup>\*1</sup>域では自己起動性が乏しく、起動しても低周速比域ではトルクが小さく、十分な出力が得られないという欠点があり、従来、実用化の障壁となっていました。

本部門木綿研究グループは、垂直型風車の発電性能の改善をめざし、4節リンク機構による可変ピッチ式直線翼垂直型風車に取り組んでいます。図1のように本風車は、動力源を要さずにリンク機構と回転力により、ピッチ

角（翼の取り付け角度）を流入風向に合わせて揺動させ、固定ピッチ式垂直軸風車よりも多くの風力を回収します。風向に対する偏心リンクの角度（ $\theta_p$ ）に応じて風車回転数は最大値～極小値に変動し、本風車が風向に対する指向性を有する特徴があります。一方、全周速比域で性能を向上させるためには回転数に応じてピッチ角の変動量を変える必要があり、アクティブに翼の揺れ角を制御できる円筒カムを組み合わせた機構を開発し、本風車に搭載しました。また、強風時の安全性<sup>\*2</sup>を確保するため、本風車の風向に対する指向性を活かし、パッシブ制御による2枚尾翼システムも備えています。

## 「様々な自然エネルギーを活用」

本研究グループは、鏝付きディフューザー付きプロペラ風車やクロ

Division of Renewable Energy

スフロー風車<sup>※3</sup>などの出力向上の研究も行っています。錨付きディフューザーはプロペラを囲む集風シュラウドです。風の下流端に向かって広がった円筒状のディフューザーとその周りの錨から成り、錨によって発生する渦で下流端の風をディフューザーに集める仕組みです。集風装置のないものに比べ、40%風速を増速します。また、クロスフロー風車は、道路の防風・防雪フェンス上部に設置され、誘導灯の電源などに利用されています。

さらに初年度、流雪溝による流し掛け水車、地下水などの地中熱を利用した暖冷房・融雪装置の設計なども行いました。

### 「バイオエタノールの高効率燃焼システムを研究」

分散型風力発電の補完システムとして、本部門榎本研究グループは多様燃料対応型の燃焼システムを開発しています。現在、ガソリンの代替燃料の一つとしてバイオエタノールが注目されており、本研究は、第3部門の高橋憲司准教授・仁宮一章助教によるバイオエタノール研究と連動します。

液体燃料の効率的燃焼には、燃料の気化が必要です。バイオエタノールの場合、ガソリンに比べて発熱量が小さく、気化潜熱が大きいいため、内燃機関燃料として有効利用するには熱量利用の高効率化が重要となります。その方法の一つに燃料噴射装置による噴霧の微粒化があり、本研究グループは、噴射装置にマイクロ波加熱技術を応用します。

マイクロ波加熱は、一般的な外部加熱方式とは異なり、被加熱物(誘電体)が発熱体となる内部加熱方式で

す。誘電体をマイクロ波の電界に置くと誘電体内部で配向分極<sup>※4</sup>が起こり、高速(マイクロ波の周波数)で変わる電界の向きに応じて双極子は反転します。この時、双極子同士が摩擦を起こして電界の変化に遅れるようになり、誘導体内部で摩擦エネルギーが散逸して熱に変わる、というのが基本原理です。また、マイクロ波加熱は、光速度で伝播する高速応答性により、被加熱物の形状を問わず短時間でほぼ均一に加熱ができ、温度制御の応答性も高い、内部加熱のため熱効率が、マイクロ波を吸収しやすいものだけを選択加熱できる、などの利点を有します。

### 「局所接触型マイクロ波加熱技術を開発」

本研究グループが開発したマイクロ波加熱式噴射装置を図2に示します。

マイクロ波の輸送に用いる同軸ケーブルは、電磁波の外部漏れが少ない、ある程度のフレキシブル性がある、幅広い周波数範囲の伝送が可能、などの利点があります。本装置は、同軸ケーブルを燃料噴射装置のノズル内の流路に差し込むことで、マイクロ波を燃料に直接照射します。これはマイクロ加熱の効率を高める新規な技術であり、研究グループは「局所接触型」と定義しています。この方法は燃料への熱量供給だけでなく、燃料は噴射直前に加熱気化し、ノズル内の圧力上昇によって噴射されるという噴出現象を伴います。こうした機構により液体噴射装置などは不要になり、装置の簡素化が図れます。また、同期ケーブルのフレキシブル性により、加熱装置レイアウトの自由度も高

くなります。

研究グループはこれまでに、燃料の最適微粒化技術の確立に向け、噴霧の微粒化特性を示す噴霧粒径を独自の簡易画像処理による実験で検証しています。その結果、マイクロ波加熱により燃料液滴の微粒化が促進されること、また、燃料温度の上昇に伴って噴霧の微粒化が助長されることなどを確認しました。

さらに、不純物を多く含む様々なバイオエタノールに対応する燃料状態計測システムの開発にも取り組んでいます。初年度は、噴霧燃焼法の構造解析のために、噴霧を構成する最小単位の観察実験を行い、一般の噴霧を構成する30 μmの液滴観察に成功しました。

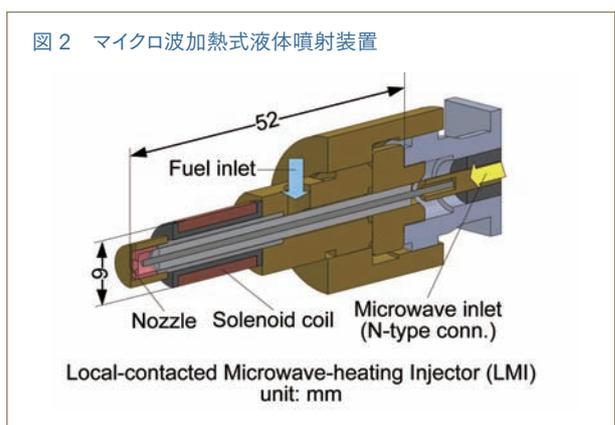
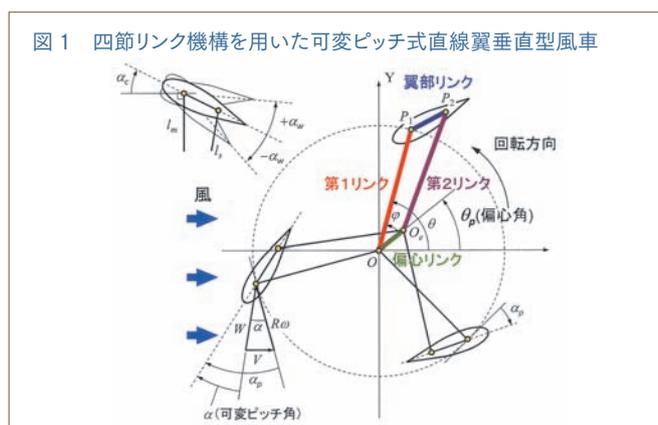
以上、本部門は、地産地消型の自然エネルギーによる小規模分散型発電システムと、その変動を補完する燃焼システムを確立し、環境負荷の低い社会インフラが整備されたスマートシティ構築に貢献していきます。

※1 風速と翼先端速度との比。

※2 風力発電では、出力が発電機の定格出力に達する風速以上では風車の回転を制御する必要があり、台風などの強風時には装置の破損を防止するため、ピッチ角を風向に平行にしたり、回転を停止させたりする。

※3 円盤型の側板2枚の間に、円弧状の翼を何枚も挟んだ垂直軸・抗力型風車。起動性は良いが出力が小さい。

※4 誘電体を構成する分子が極性分子(正・負電荷の重心がずれている、水分子など)の場合、電界が作用していない状態では分子は任意の方向を向いているが、電界が作用すると分子が電界の方向に配向するため電気双極子が生じる。



Division of Carbon Circulation Technology

## 炭素循環技術部門

□専任 三木 理 教授

□兼任教員 瀧本 昭 教授

児玉 昭雄 教授

長谷川 浩 教授

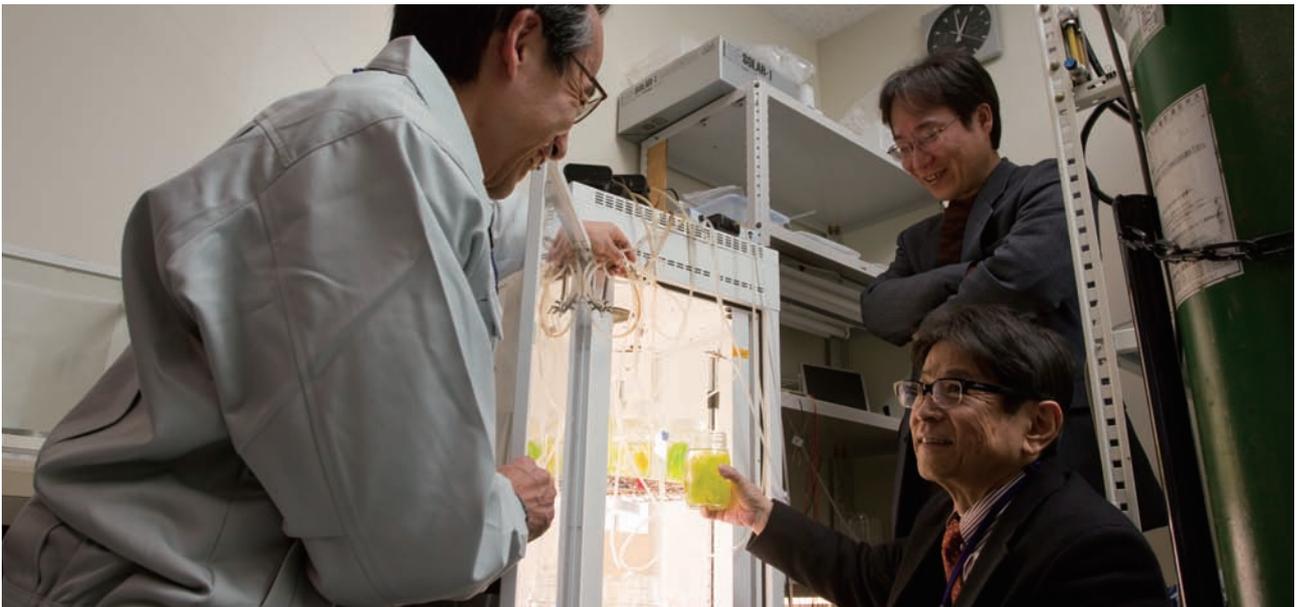
□協力教員 鳥居 和之 教授

多田 幸生 准教授

波田 幹夫 准教授

大坂 侑吾 助教

# 炭素循環型社会に向けた 環境エネルギー技術の開発



東日本大震災後、再生可能エネルギーへの求心力が高まるも、その完全移行には50年から100年を要すると予測されます。現在、石炭は、世界の発電燃料の約40%を占め、国際エネルギー機関は、2050年には、石炭火力と原子力発電が世界の発電エネルギー源の柱となると分析。日本でも、石炭はCO<sub>2</sub>排出が問題であるとはいえ、価格と供給安定性の点から優れたエネルギー源として認められています。石炭火力発電において世界最高効率の技術力を保有するわが国が必要とするのは低炭素化技術です。

炭素循環技術部門では、CO<sub>2</sub>大量排出源の火力発電と鉄鋼製造をターゲットに、CO<sub>2</sub>、排熱、石炭灰などの再資源化をめざし、①高効率なCO<sub>2</sub>分離回収、②海洋バイオマスによるCO<sub>2</sub>海洋貯留、③藻類育成の高効率化と海域環境修復、④排熱回収有効

利用の研究に取り組みます。

## 「高効率なCO<sub>2</sub>分離回収プロセスの開発」

現在、CO<sub>2</sub>回収技術の主流は、CO<sub>2</sub>を吸収する溶液を用いた化学吸収法であり、これはエネルギー消費やコスト、装置が大きい点が問題とされています。一方、ゼオライトや活性炭など吸着剤を利用する物理吸着法においては、圧力変化によってCO<sub>2</sub>を回収分離する圧力スイング吸着法は、電力の大量消費が欠点です。吸着剤ハニカムロータ<sup>※1</sup>を用いる温度スイング吸着法は、排熱利用と低圧力損失という利点がある一方で、吸着容量の大きいゼオライト系吸着剤は、水蒸気によって吸着量が激減するという弱点があります。

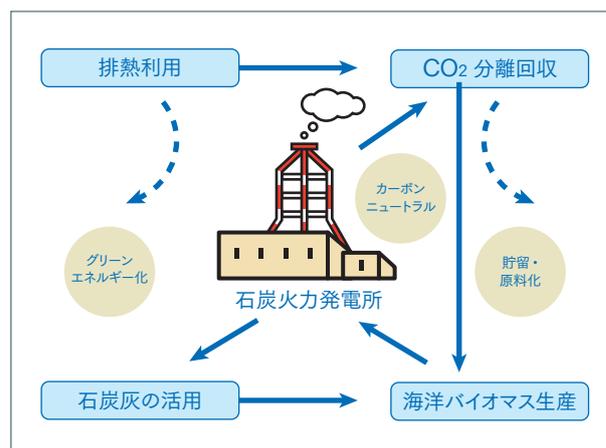
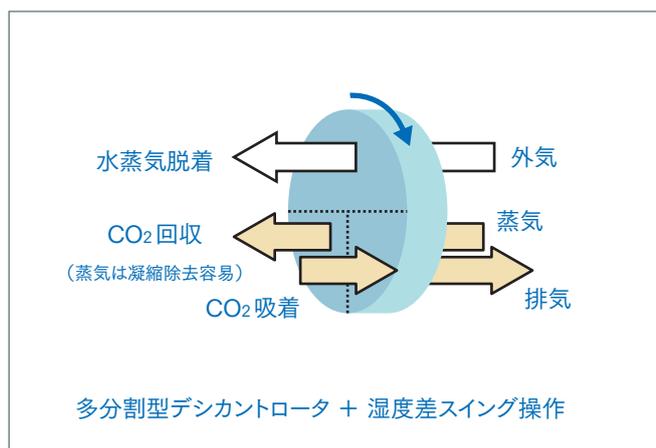
本部門の児玉研究グループは、

新規吸着剤としてデシカント除湿空調<sup>※2</sup>用に開発したAIPO系ゼオライトを採用。従来のゼオライトと同様、その吸着性能は水蒸気の影響を受けますが、従来ゼオライトに比べ、相対湿度差による水蒸気の吸脱着ははるかに容易です。この特性に基づいた湿度差スイングによるデシカント除湿技術を応用、並びに、吸着剤ハニカムロータを多分割し、CO<sub>2</sub>吸着→水蒸気によるCO<sub>2</sub>分離回収→湿度差スイングによる水蒸気脱着（吸着剤再生）を単一ロータで完結するプロセスを開発します。湿度差は発電・燃焼排熱によって得られ、消費エネルギーのきわめて小さいCO<sub>2</sub>分離回収プロセスです。

## 「CO<sub>2</sub>海洋貯留となる藻類バイオリアクタの開発」

CO<sub>2</sub>の貯留法としては、高圧の

Division of Carbon Circulation Technology



CO<sub>2</sub>を地下の帯水層に注入する地中貯留法が現在主流となっています。この方法では、CO<sub>2</sub>の長期安定的な隔離や地下水の酸性化が懸念されます。

本部門瀧本研究グループは、日本の長い海岸線に沿う広大な海域に着目し、藻類の光合成を利用したCO<sub>2</sub>活用・固定化を提案、藻類バイオリアクタを開発しています。藻類は一般の植物に比べ、生長速度が速い、CO<sub>2</sub>固定能力が高い、他の穀物などのバイオマスとは異なり、食糧と競合しない、などの利点を有します。

藻類バイオリアクタには、低コストかつ高効率のマイクロCO<sub>2</sub>バブルとLED光源を利用、藻類育成の最適条件を検証しています。これまでに、混合波長がブルー単色光に比べて40%光合成を促進する、長日条件が生長を促進する、CO<sub>2</sub>バブル供給が自然状態に比べて30%生長を促進する、というデータが得られています。

### 「藻類育成の高効率化と海域環境修復への取り組み」

海洋バイオマスの効率的生産には、CO<sub>2</sub>や光環境だけでなく、栄養塩環境の最適化も不可欠です。海洋植物プランクトンの栄養塩は、リン、窒素、珪素、微量金属です。

長谷川研究グループは、藻類の室内培養実験を行い、有用藻類の増殖やオイル生産に適した微量生元素の化学形や濃度の条件を探索します。これまでに、鉄と錯体を形成する腐食物質<sup>\*3</sup>（フルボ酸）が藻類の鉄取り込みを促し、生長を促進することを確認しており、この腐食物質錯体を用いて、藻類に対する生物学的有効性の高い鉄化学種の条件を検証しま

す。

また、三木研究グループは、リサイクル材と排水・排ガスを活用する高効率藻類育成プロセスに取り組めます。リサイクル材は、石炭火力発電で発生する石炭灰、鉄鋼生産過程で生成される鉄鋼スラグ、地場の廃木材チップなどで、これらは、珪素、鉄の供給源となります。さらに、排水内の窒素、リン、排熱、排ガス内のCO<sub>2</sub>を併用し、大型藻類の育成を助長して海域環境修復に寄与する藻場造成技術、並びに微細藻類育成技術の開発に取り組めます。まずは室内培養実験で、リサイクル材の藻類増殖に対する効果や安全性、さらに、育成プロセスの構築を検討します。

### 「産業・発電排熱の有効活用技術の開発」

発電・産業施設で発生する膨大な排熱のうち、100℃以下の排熱は未利用のままであり、低温排熱を都市空間で有効活用するには、蓄熱・熱輸送、熱利用機器の拡充が必要です。児玉研究グループは、一例として、低温排熱をデシカントロータに蓄熱、オフライン輸送を行い、利用端ではデシカント除湿空調または吸着式ヒートポンプによって、暖房、給湯、除湿、冷房・冷凍機能を供給するシステムを検討します。

システムの実現には、デシカント空調技術の高効率化と機能拡大が必須であり、初年度、吸着した水蒸気を長時間、安定的に放出する吸着材を見出し、その出力挙動を確認しました。

また、吸着式ヒートポンプは、デシカント空調技術と同様の原理を応用する冷凍機です。吸着過程では、

冷媒が吸着剤に吸着されて蒸発し、その蒸発潜熱（気化熱）に相当する冷熱が発生、冷水が得られます。脱着過程では、吸着した水分を排熱で脱着し、吸着剤が再生されるという仕組みです。現状では、吸着式ヒートポンプの装置が大きく、民間普及の妨げになっています。研究グループは、その小型高性能化を図るべく、水分吸着量の増大と吸着熱交換器内の伝熱促進を可能にする新規吸着材の開発に取り組めます。

以上の炭素循環システム研究の推進にあたり、低炭素技術をキーワードに、工学・化学の異分野融合と産学連携による研究ネットワークの構築も図っていきます。



※1 無機繊維のペーパーをハニカム状（蜂の巣状）に成形した構造物に、ゼオライトなどの吸着剤を担持した装置。用途は除湿やガス処理など。

※2 吸湿域と再生域で構成。吸湿域ではロータで水分を吸着、再生域では温風によりロータから水分を脱着。

※3 植物残渣や微生物遺骸が土壌中で微生物によって分解され、その分解産物から合成された高分子有機酸の混合物。

Division of Energy and Environmental Materials

エネルギー・環境材料部門

□専任	石島 達夫 准教授	□協力教員	森本 章治 教授
			大谷 吉生 教授
□兼任教員	上杉 喜彦 教授		猪熊 孝夫 准教授
	田中 康規 教授		瀬戸 章文 准教授
			川江 健 准教授
			徳田 規夫 准教授

# 重相プラズマの新規制御による エネルギー・環境分野技術の開発



プラズマは物質の第四態とよばれ、身近なものでは蛍光灯やプラズマテレビ、自然界では太陽やオーロラなどがあり、プラズマは太陽系の質量の99%を占めています。現代社会では、溶接やエッチング、薄膜やクラスターの製造など、工業、エネルギー、医療まで広い分野で利用されています。エネルギー・環境材料部門では、重相構造プラズマの構造の解明並びに応用技術の創出を行います。重層構造プラズマとは、固体・液体・気体・プラズマの四相が混在する物質構造であり、材料プロセスなどで非常に薄い空間に現れます。この構造を高度に制御する技術がキーテクノロジーとなります。

## 「プラズマとは」

物質にエネルギーを与えると、固

体、液体、気体と変化し、さらにエネルギーを加えると、分子は解離して原子になり、原子はイオンと電子に分かれます。この現象を電離といい、電離によって生じた荷電粒子を含む気体の状態がプラズマです。その種類は多く、温度と粒子密度によって性質が全く異なります。プラズマプロセスで使われるのは主に熱プラズマと低温プラズマです。熱プラズマは電離度が高く、電子と原子・分子・イオンの温度がすべて高くほぼ平衡状態にあります。低温プラズマは電離度が低く、大部分が中性粒子で構成され、イオンの温度は低く、電子の温度は非常に高い非平衡プラズマです。

## 「変調熱プラズマによる ナノ粒子の高効率生成」

近年、ナノ粒子の応用領域の拡大に伴い、粒子の品質向上や高効率・

低コストな製造法が重要になっています。ナノ粒子を作製するプラズマプロセスの一つに、熱プラズマを用いる方法があります。プラズマの高温・大熱容量によって原料を完全蒸発させ、急冷却してナノ粒子を得るという方法です。

本部門では、超高密度変調型熱プラズマによるナノ粒子の高速・大量生成技術を開発します。本研究で用いる高周波誘導熱プラズマ<sup>※1</sup>は、無電極で熱プラズマ空間を作り出すため、アーク放電によるプラズマのように電極物質が不純物となるリスクを回避でき、クリーンなプラズマ媒体を形成します。媒体種（不活性雰囲気・酸化雰囲気・還元雰囲気）の依存性もなく、原料生成プロセスにおいて非常に有利です。

超高密度変調型熱プラズマは、本学が開発した独自技術です。コイル

Division of Energy and Environmental Materials

電流の振幅を変調させて熱プラズマの高温状態と低温状態を高速で繰り返すことにより、冷却のための原料供給の減速や冷却ガス投入を要することなく、ナノ粒子の粒径の制御や微細で粒度分布幅の狭い粒子を生成します。この技術により、生成速度は従来の約1.7倍、生成効率は約2倍というナノ粒子の高効率・大量・低コスト生産を可能にします。

### 「ポリマー溶発を用いた大電流直流アーク遮断技術」

再生可能エネルギーの効率活用やスマートグリッドに向け、直流送電の研究が活発に行われています。信頼性の高い直流送電システムには、直流大電流の遮断技術が不可欠です。電力用遮断器は、異常電流から電力システムを保護するための電力回路のスイッチ素子です。事故時、大電流が発生すると、スイッチ素子を開放しても、素子の電極間に生じるアーク放電を介して電流が流れ続けます。遮断器は、このプラズマを消す機能を備えています。

本部門では、ポリマーアブレーションによる大電流直流アーク遮断技術に取り組んでいます。ポリマー材料をプラズマに接触させて高速溶発を誘発し、プラズマを消滅させる技術です。その現象を解明すべく、ポリマーアブレーションがプラズマに与える影響を基礎実験と数値解析手法から検討し、ナイロン66、ポリアセタール樹脂、テフロンと比較において、ポリアセタールを使用した場合に最もアーク電圧が高くなるという知見を得ました。また、現在、電力遮断に主に用いられている六フッ化硫黄は二酸化炭素の23900倍もの温室効果を

有するガスであり、環境問題の観点からもポリマーアブレーションは有望です。

### 「内燃機関の燃焼を促進するプラズマ支援燃焼技術」

非平衡プラズマは、放電で生成される活性種を利用して、環境汚染物質除去、オゾン生成、表面加工、燃焼支援、バイオ技術など多分野で応用されています。内燃機関分野では燃費の向上や高効率燃焼技術が希求されており、本部門は、燃焼場にプラズマを重畳させて燃焼反応を促進・制御するプラズマ支援燃焼を提案します。

非平衡プラズマは、高エネルギーの電子が分子に衝突して分子の解離反応を誘発し、燃焼場(3000K以下)では解離しにくい分子の解離も容易です。本研究は、燃料ガスにバリア放電を印加して燃焼活性種(CH、C<sub>2</sub>、OH)を増加させ、着火を促進させる技術に取り組みます。実験では、放電印加により燃焼速度が約1.4倍向上することを確認しました。

### 「新規プラズマ源としての液中プラズマ開発」

非平衡プラズマで生成される活性種は、前述のように非常に有用である反面、短寿命がネックとなっています。例えば、強い酸化力を有することから水処理技術に利用されるOHラジカルは、大気中の寿命が1ms以下であり、ラジカル生成と水処理をほぼ同時に行う必要があります。こうした活性種の有効利用という観点から、液体中でプラズマを発生させるプロセス、液中プラズマへの注目が高まっています。

本部門では、液中気泡内にプラズマを発生させるマイクロ波励起液中プラズマ源の開発を行います。マイクロ波で液体を加熱して気泡を発生させ、さらにマイクロ波の電界によってプラズマを生成させる技術です。多くの従来型の液中プラズマは、液体中に設置した電極に直流や交流の高電圧を印加して放電を発生させますが、電極物質が高電圧によって損傷して液中に混入します。電極ダメージ抑制のためには、液体の導電率を高くし、電流加熱によって気泡を生成させ、絶縁破壊電圧を下げることで放電を容易にさせる工夫が要ります。マイクロ波を使うプロセスでは、マイクロ波で極性分子<sup>※2</sup>を加熱して気泡を生成するため、液体の導電性に依存しません。また、従来の手法に比べ、プラズマ発生部のダメージも抑制できます。

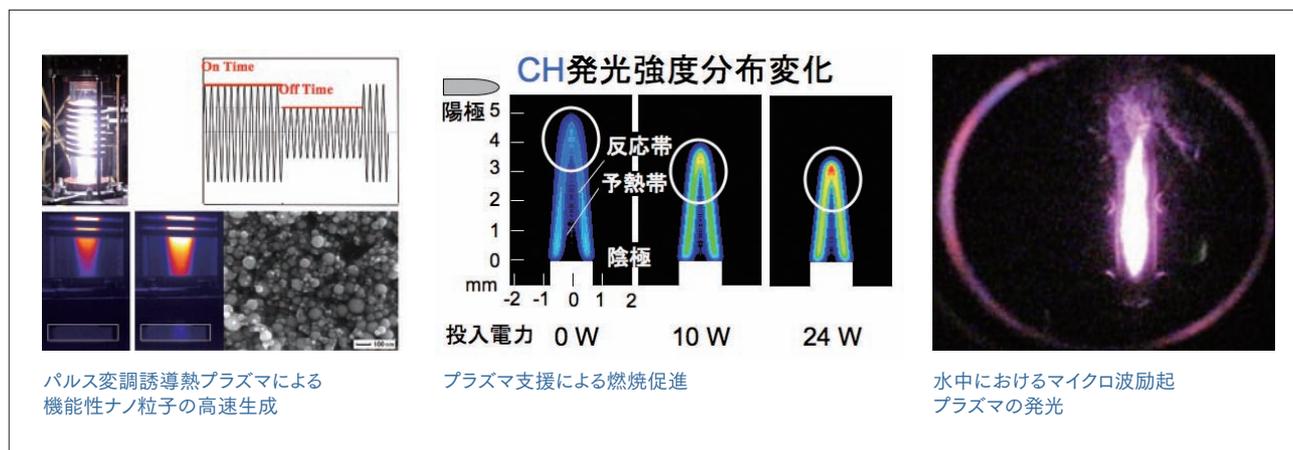
本部門では以上の研究のほか、レーザーアブレーションによる薄膜の作製<sup>※3</sup>、ダイヤモンドを用いたグラフェン<sup>※4</sup>の新規プロセス、機能性ナノ粒子の合成とナノ粒子計測技術などの研究にも取り組んでいます。

※1 熱プラズマを生成する主な方法には、電極間のアーク放電を用いる方法、高周波電磁場を利用して誘導的に気体を加熱する方法(高周波誘導熱プラズマ)、マイクロ波で気体を加熱する方法などがある。

※2 水分子のように、正・負電荷の重心がずれている分子。

※3 パルスレーザーを材料に照射し、そのエネルギーで射出した材料粒子を基板上に堆積するプロセス。

※4 六角形の格子状に結合した炭素原子のみで構成され、厚みが原子1個分の材料。電子の移動度が非常に高い。



Division of Unutilized Biomass Energy

## バイオマス利用部門

□専任 本多 了 助教

□兼任教員 関 平和 教授

池本 良子 教授

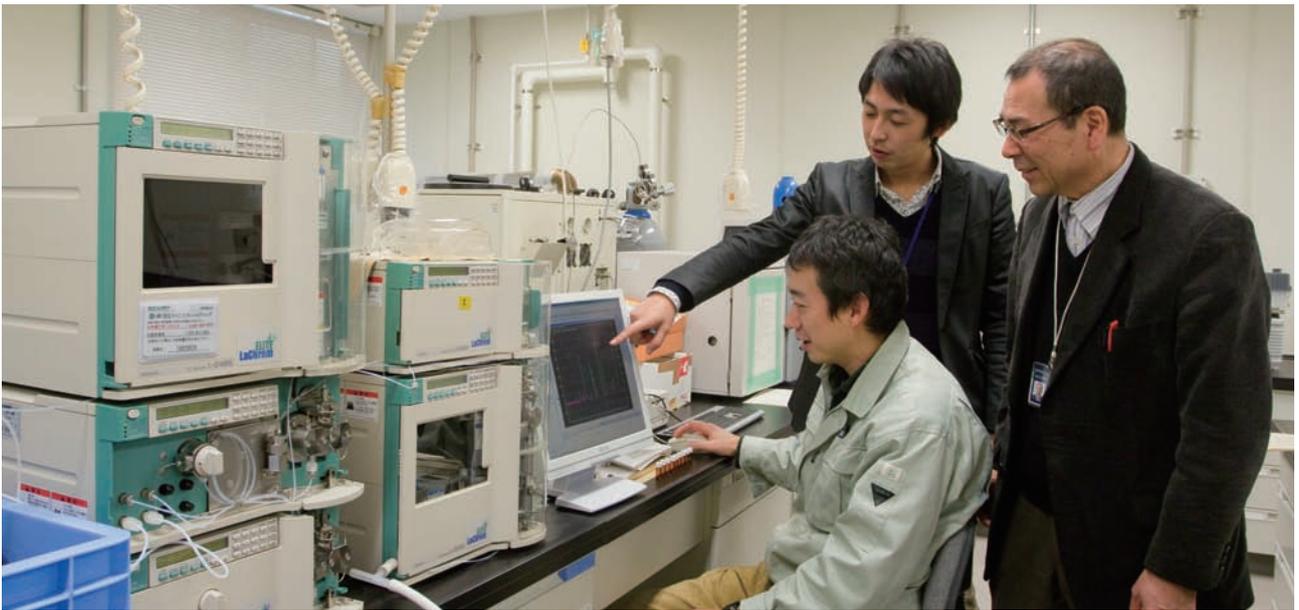
古内 正美 教授

□協力教員 高橋 憲司 准教授

小林 史尚 准教授

畑 光彦 助教

仁宮 一章 助教

未利用バイオマスの活用技術と  
クリーンエネルギーの創出

能登地方の里山里海や近隣都市は、間伐材、竹、稲藁、海藻、汚泥など未利用バイオマスの宝庫です。バイオマス利用部門では、未利用バイオマスの利用技術の開発、並びに、冷暖房や融雪、化石燃料の代替燃料、農業ハウス冷暖房や肥料、養殖加温など利用対象に応じた技術を選択、組み合わせ、環境負荷低減を考慮したシステムの最適化を研究課題としています。

### 「下水処理場集約型 バイオマス利用技術の開発」

本課題では、メタン発酵や炭化<sup>※1</sup>を組み合わせたバイオマス利用システムを提案します。そのフローは、草木バイオマスからメタンガスを生成する、バイオマスを炭化により肥料や燃料にする、メタン発酵由来の残渣

は炭化し、活性汚泥処理する、下水処理で残った汚泥をメタン発酵に回す、というものです。この過程での課題は、草木バイオマスのメタン発酵に必要な前処理法と高濃度メタン発酵技術の開発、炭化物の混合条件の検討です。

初年度、前処理法に関し、膨張軟化処理<sup>※2</sup>がメタン回収率において、粉砕、熱処理、酵素処理に比べ明らかな優位性を示すこと、硫酸塩還元微生物<sup>※3</sup>により草木バイオマスからメタンガス前駆物質の酢酸を生成する方法を見出しました。また、メタン発酵効率に関し、下水汚泥と草木バイオマスの最適混合比率は蒸発残留物で1:0.5との知見を得ました。

さらに、下水二次処理水中の栄養塩を利用して微細藻類を高速培養し、二酸化炭素の固定・資源化するプロセスも開発中です。生産された藻類

バイオマスはメタン発酵や水熱ガス化によるメタンガス生産への利用が可能です。その工程は、下水処理水を海水との濃度差による浸透圧で濃縮、同時に海水側が得た水圧を発電に利用。濃縮下水処理水は、浸漬膜<sup>※4</sup>付加型フォトバイオリクターに送られ、そこで培養される藻類の働きによって光エネルギーを利用して二酸化炭素を固定し、富栄養化の原因となる下水処理水中の栄養塩も同時に除去する、というものです。

### 「発酵熱の原位置直接利用技術」

里山林の管理における伐採竹材は膨大なバイオマスです。竹チップを蓄積すると、発酵による高温状態が1～2年続きます。竹発酵は無臭という利点もあります。

本課題では、竹チップ層の発酵熱回収装置の開発に取り組んでいます。

Division of Unutilized Biomass Energy

装置は発酵槽、蓄熱槽、利用施設で構成し、流水管を介して発酵槽から回収した熱で蓄熱槽を加温、利用施設へ温水を送るという仕組みです。このプロセスに関し、熱源の安定性を確保するために発熱特性の把握と発熱促進法の検討、効率的な熱回収・蓄熱を可能にする配管位置や流量、槽容量の最適化のため、それらの伝熱理論と動特性の把握を行います。蓄熱の用途は、養殖水槽の加温、土壌加温、温室保温、穀物低温乾燥などが考えられ、それら施設の熱負荷の把握と伝熱制御システムに取り組みます。

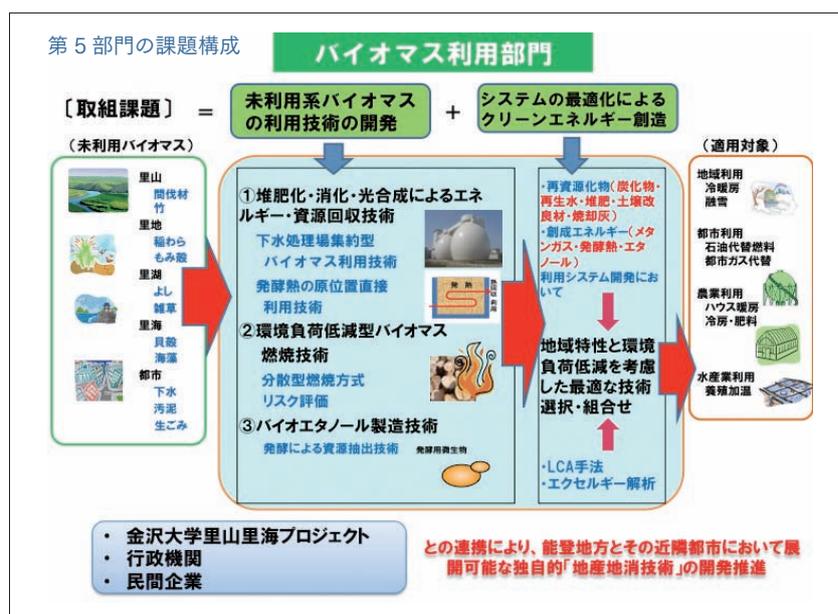
初年度、竹チップ層の熱特性に関し、熱伝導率と総発熱量の基礎測定、日射量や外気温の変動に伴う層内の温度変化の伝達関数を検討しました。熱回収については、管内水と竹チップ層との総括伝熱係数や管外面の境膜伝熱係数を算出。蓄熱方法に関しては、熱回収・蓄熱の現地実験結果を説明する非定常計算、所定の温度に達するまでの所要時間、定常計算のFortranプログラムを完成しました。

### 「環境負荷低減を勘案したバイオマス燃焼技術」

日本は森林資源が豊富であり、未利用の木質バイオマスは家庭用暖房やボイラーの燃料として期待されます。一方、燃焼により発生する排ガス中の多量の微小粒子には、多環芳香族炭化水素<sup>※5</sup> (PAHS) などの有害物質が含まれています。

本課題は、バイオマス直接燃焼による環境リスクの解明、分散型燃焼による地域環境への影響、燃焼方法の最適化と長寿命フィルタの開発による低コスト排ガス対策技術について研究しています。

初年度、ペレットストーブで木質バイオマスの燃焼実験を行い、450～550℃の温度域で微小粒子が大量発生すること、また、バイオマスと石炭の混合燃焼実験により、単位燃料当たりのバイオマス混合比にほぼ比例して粒子とPAHSが増加することを確認しました。分散型燃焼の環境負荷評価については、バイオマス利用の普及しているタイの調査地区をモデルに、天然ゴム古木消費量と大気中粒子濃度の相関を検討。また、環境負



荷低減策としてピンホールフィルタによる微小粒子除去性能を検証し、孔周辺での粒子捕集メカニズムが重要であるとの知見を得ました。

### 「バイオエタノール製造技術」

現在実用化されている第1世代バイオ燃料が主に穀物を原料とするのに対し、第2世代バイオ燃料(以下セルロース<sup>※6</sup>系バイオエタノール)は、木材や稲藁など非食料資源を利用します。化石燃料の代替となることで二酸化炭素削減に貢献し、食糧との競合を回避できることが大きな利点です。

バイオ燃料は、原料を糖化し、その糖を発酵させてエタノールを得るという工程で生成されます。セルロース系の場合、細胞壁を構成するセルロースが強固な結晶構造を成し、セルロースやリグニンが絡まった複雑な構造を有し、これが糖化反応を妨げます。そこで、糖化前処理として、これまでは硫酸やアルカリを用いて高温処理する方法が研究されてきましたが、この方法は今以上の技術的、経済的な向上が見込めないと評されています。

本課題では、前処理法には全く新規な技術が必要と考え、イオン液体<sup>※7</sup>で木材を溶解、超音波を照射し、セルロースの非結晶化やリグニンの分離を行うプロセスを開発しています。

初年度、竹からの有用物質変換技術の開発に向けて水蒸気爆砕前処理を実験、蒸煮時間による、酸可溶性

リグニン、酸不溶性リグニン、酸可溶性セルロース、水可溶性ヘミセルロースの成分量、比率の変化を確認しました。また、海藻からの有用物質変換技術に関しては、アルギン酸抽出後の海藻残渣をイオン液体で前処理し、未処理の場合と比較。糖化効率やエタノール収率の向上は僅かであり、海藻バイオマスは、木質系バイオマスと比較して、前処理の必要性が小さいことを確認しました。

本部門は以上の研究を、金沢大学里山里海プロジェクト、行政機関、民間企業と連携し、能登地方と近隣都市に適用展開する「地産地消」技術として開発を進めます。

※1 有機物を無酸素・低酸素状態で加熱分解し、炭素を主成分とする残渣を生成する技術。

※2 反応器内でバイオマスに水分を微量添加して圧縮加圧後、大気圧に一気に開放することで膨脹破砕する処理法。

※3 有機物を分解し、生じた電子を用いて硫酸塩を還元する微生物。嫌気的環境に広く分布。

※4 水槽に遮断用膜モジュールを露出して配し、下部から曝気を行う。主に廃水処理などで使われる。

※5 多環芳香族炭化水素はベンゼン環を2つ以上持つ芳香族炭化水素の総称。中には発癌性や催奇形性などを有するものもある。

※6 植物細胞壁や繊維の主成分で、分子式(C<sup>6</sup>H<sup>10</sup>O<sup>5</sup>)<sup>n</sup>で表される多糖類。

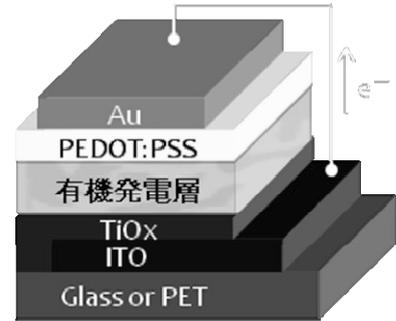
※7 室温で液体状態の塩。塩とはイオンのみで構成される化合物(食塩など)のことで、数百度以上で加熱しないと液体にならない。

【第1部門】有機薄膜太陽電池部門ロードマップ

取組課題名：有機薄膜太陽電池の開発

取組課題の概要：高耐久かつ高効率な高性能フィルム太陽電池の構築のために、素子開発と材料開発とを有機的に組み合わせた異分野融合による応用基礎研究を推進すると共に、大面積化や低コスト化を可能にするプロセス開発などの実用化を加速させる基盤技術の確立を目指す。

取組課題の内容：これまでに、大多数の研究者・技術者が開発している従来型構造の素子に比べて格段に高い耐久性を示す『逆型有機薄膜太陽電池』(右図)を開発した。この逆型素子は、従来型に比較して発電効率は現時点では低いものの、大気中でも安定な材料を用いて作製することができる。そのため、従来型とは異なり、未封止状態でも大気下において高い耐久性を示す。本部門では、このような金沢大学発の高耐久性逆型有機薄膜太陽電池の潜在能力を実用化レベルまで高めることを目指して、材料創製やプロセス開発などの応用基礎研究を強力に推進し、半透明なフィルム状の逆型有機薄膜太陽電池を完成させる道筋を明らかにする。



1. 技術開発項目

- ① 逆型有機薄膜太陽電池のキャラクタリゼーションから、本素子構造に適した発電層作製法を探索する。すなわち、項目②で合成する有機発電材料から成るバルクヘテロ接合型ブレンド膜のモルフォロジー制御と、ホール移動度及び電子移動度の評価による製膜条件の最適化を行う。(高効率化、高耐久化、分析・評価)
- ② ドナー性新規有機発電材料の合成およびそのホール移動度評価、並びに各種アクセプター性フルーレン材料の合成による、逆型素子に適した高効率発電材料の探索を行う。(発電層有機材料の創製)
- ③ プラスチックフィルム太陽電池作製に適用可能な 100°C以下の低温プロセスを開発し、低温処理で機能する塗布用発電材料探索、及びその化学的、物理的性質の評価を行う。(フィルム化、分析・評価)

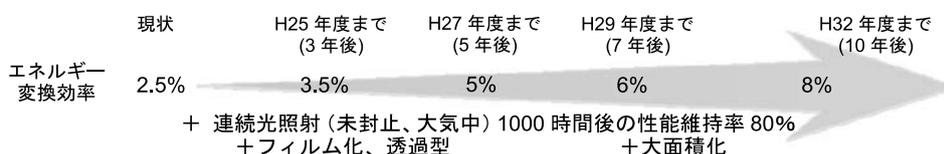
2. 年次計画【要素技術開発の実施予定表】

要素技術開発項目	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32	
① 逆型有機薄膜太陽電池のキャラクタリゼーションおよび最適製膜条件の探索 (高効率化、高耐久化、分析・評価)	◆				◆						◆
② 新規有機発電材料の探索 (発電層有機材料の創製)	◆			◆							◆
③ 低温処理で機能する塗布用発電材料探索と化学的、物理的性質の評価 (フィルム化、分析・評価)	◆				◆						◆

上記の要素技術開発と下記協力企業の実用化研究を有機的に組み合わせることにより、高性能なフィルム状の逆型有機薄膜太陽電池の実用化を目指す。

協力企業：(株)イデアルスター・(株)倉元製作所 他

3. 高効率・高耐久性の逆型フィルム有機薄膜太陽電池開発のマイルストーン



## 【第2部門】自然エネルギー活用部門ロードマップ

**取組課題名：**地産地消対応型の自然エネルギー活用技術システムの開発

**取組課題の概要：**風力エネルギーを利用した高効率・低騒音な風力発電システムや、様々なバイオ燃料に対応した高性能な燃焼システムの開発を行い、小規模分散型風力発電システムとその発電出力変動を補完する燃焼システムの技術開発を行う。

### 取組課題の内容：

本部門では、自然エネルギーの1つである風力からエネルギーを抽出する高効率・低騒音な風力発電システムの開発、さらに様々なバイオ燃料に対応した高性能な燃焼システムの開発、及びこれらに関連した制御技術等の開発を行う。研究開発期間(10年間)までに技術の実用化を目指すことで、地産地消対応型の自然エネルギーを用いた小規模分散型発電システムとその発電出力変動を補完する燃焼システムを確立し、環境負荷の低い社会インフラが整備された次世代都市であるスマートシティ構築の一翼を担う。本部門での技術開発項目と実施予定表を以下に示す。

### 1. 技術開発項目

#### (1)高効率・低騒音な風力発電システムの開発

##### ①集風加速装置を用いた高効率な風力発電システムの開発

部門代表者が開発した垂直軸風車(可変ピッチ式H形ダリウス風車)及び水平軸風車(プロペラ風車)における最適な集風加速装置の開発を行い、従来型風力発電システムに比較して3倍以上の出力向上を目指す。年間を通じて安定したエネルギーを確保する。

##### ②静穏な風車の開発

金沢大学の低騒音大型風洞設備を利用して、風力発電導入の障壁の1つとなっている騒音の発生源や伝播のメカニズムを解明し、風車ブレード(翼形)の改良、振動制御等により、騒音低減技術の確立を目指す。住宅地などでも設置可能な静穏な風車の開発を行う。

#### (2)風力発電出力変動補完用燃焼システムの開発

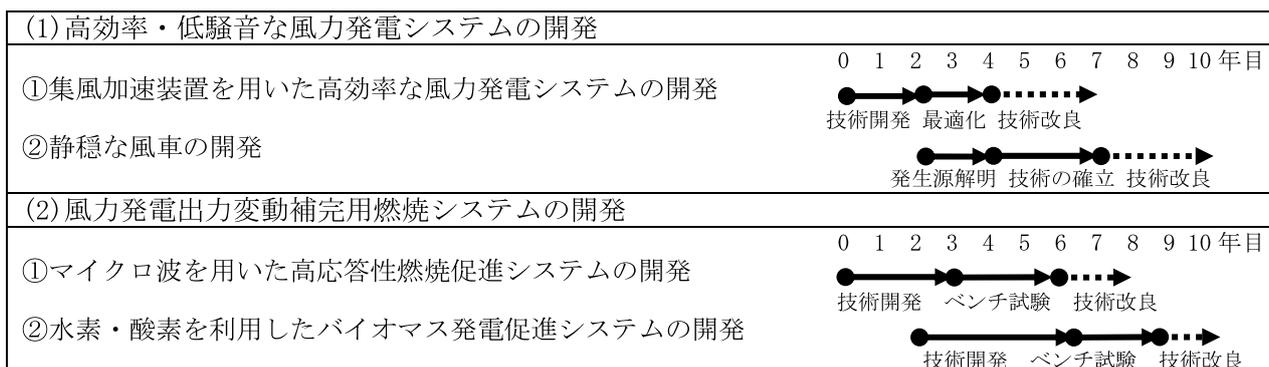
##### ①マイクロ波を用いた高応答性燃焼促進システムの開発

風力発電をはじめとする、出力変動の大きなパワーソースの補完機能を向上するために、電力を直接マイクロ波に変換、起動性に優れた多様燃料対応型燃焼システムを構築する。既存の化石由来燃料だけでなく、難燃性バイオマスまで対象にできるので、スマートグリッド安定性に寄与できる。

##### ②水素・酸素を利用したバイオマス発電促進システムの開発

風力発電設備などの余剰電力を備蓄する方法として、水の電気分解による酸素・水素の利用がある。一般に、バイオマス発電では、燃料の量で発熱量を調整することが困難である。そこで、水素の高い燃焼速度と酸素添加燃焼により安定した燃料を実現、より広範なバイオマス燃料に対応できる発電促進システムを開発する。

### 2. 年次計画



【第3部門】炭素循環技術部門ロードマップ

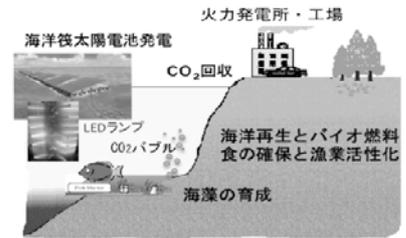
取組課題名：炭素循環型社会に向けた環境エネルギー革新技術の開発

取組課題の概要：火力発電より排出される副産物や排熱に対する低コスト・低環境負荷型技術として、CO<sub>2</sub>の高効率回収濃縮プロセス、排熱の有効利用法、藻類エネルギーを利用した海洋バイオマス生産プロセスに取り組み、それらを統合した炭素循環システムを構築する。

取組課題の内容：エネルギー環境問題の背景として、IEA(国際エネルギー機関)の見通しと国家戦略では、

- 世界の石炭の現状は一次エネルギーの25%を、発電の40%占め、2030年には消費量が1.5倍に、発電量が倍増し、2050年には原子力と石炭火力発電がエネルギーの柱になると予想している。
- 日本の国家戦略「エネルギー基本計画」では、石炭を化石燃料の中でCO<sub>2</sub>排出が大きいものの、価格・供給安定性の面で優れたエネルギー源であり、CO<sub>2</sub>回収・貯留(CCS)や石炭ガス化複合発電(IGCC)等地球環境と調和した石炭利用技術を確立(現状:80基、3,950万kW)、今後も適切活用する。

となっている。本部門では、① エネルギーセキュリティと国産化、② 環境保全、③ 安心・安全な食の確保を目的として、火力発電の副産物と排出物の再資源化と海洋資源・エネルギーの創生を行う。



1. 技術開発項目

実験室レベルからスタートし、基礎的知見を得た後フィールド実験へ段階的に進める。

- 発電排熱など熱エネルギーの積極利用とデシカント技術の応用による吸着式CO<sub>2</sub>分離回収の高効率化と運転費用の低減
  - 藻類生産に適したCO<sub>2</sub>濃度を考慮した分離回収システムの構築 ==> ②
- 低コスト高効率低環境負荷のマイクロCO<sub>2</sub>バブルとLED光源を利用した藻類バイオリアクタの開発
  - 石炭灰にジオポリマーを混合生成したエコブロックの魚礁利用と海洋再生。 ==> ①、②、③
  - 微量元素の化学的制御による有用藻類の育成
  - 石炭灰中における重金属類の溶出抑制。 ==> ②

2. 年次計画

火力発電所	現 状	1 <sup>st</sup> stage (2011)	2 <sup>nd</sup> stage (2013)	3 <sup>rd</sup> stage (2015)	Future (2020)
排熱 (Exhaust Heat)	<ul style="list-style-type: none"> <li>排熱回収・有効利用は限定的</li> <li>復水器排熱による海洋熱汚染</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>排熱量と温度レベルの調査</li> <li>排熱回収システムと有効利用法の提案</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高性能熱交換器の開発</li> <li>蓄熱・熱輸送の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>② コージェネレーションシステム省エネ技術進展 + 産業排熱の民生利用</li> </ul>	
二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>わが国の排出量の3割は火力発電由来</li> <li>回収貯留CCSが国家プロジェクトとして進むが、国内貯留は容量的に困難</li> </ul> <p>(CCSの現状)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>吸収式が主流</li> <li>圧カスイング方式の物理吸着法が試みられるが水蒸気処理と減圧脱着に課題</li> <li>地下/深海貯留</li> <li>処理コスト 4000円/トン</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>温度スイング吸着式回収技術の開発</li> <li>デシカント技術を用いた水蒸気処理</li> <li>海藻育成コンクリートブロックよりも2倍以上の増殖促進効果を持つエコブロックの開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実験室規模装置で排熱と太陽熱利用によるランニングコストを実証 (回収CO<sub>2</sub>濃度70%、回収率70%)</li> <li>藻類バイオリアクタの開発</li> <li>海藻育成技術のフィールドへの適用</li> <li>エコブロックの海藻育成土壌としての評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>性能向上施策を追求</li> <li>海藻育成に適したCO<sub>2</sub>濃度で回収率90%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>② 温室効果ガスの削減(20%)・温暖化防止</li> <li>回収CO<sub>2</sub>濃度 90%以上</li> <li>回収率90%以上 (火力発電に限らず燃焼排ガス全般に適用)</li> </ul>
石炭灰 (Fly ash)	<ul style="list-style-type: none"> <li>土木/建設資材として再利用(50%)</li> <li>残り50%は産業廃棄物</li> <li>粉砕など⇒海洋汚染</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ジオポリマーエコブロック成形(牡蠣、鉄分)</li> <li>ゼオライト化とセメント利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エコブロックの成形・アッシュコンクリート</li> <li>石炭灰中金属の固定化法の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>藻類バイオエネルギー生産(光合成)</li> <li>人工藻場群集における炭素固定量 (500gC/m<sup>2</sup>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 国産エネルギーの確保(10%)</li> <li>③ 安心安全な食(海藻・魚類)の確保と海洋再生</li> </ul>
	電気集塵			<ul style="list-style-type: none"> <li>マリーナブロックへの海藻成長</li> <li>石炭灰の有効利用90%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>② 環境保全と海洋再生</li> </ul>

## 【第4部門】エネルギー・環境材料部門ロードマップ

**取組課題名：**高密度混相プラズマを利用した電力輸送・変換技術開発とエネルギー・環境材料創製

**取組課題の概要：**新概念の「高密度混相プラズマ」の物性解明と制御手法の開発を通して、電気エネルギー高度利用のための機能性アーク遮断器・アークプラズマ切断機等の要素技術開発を行うと共に、多機能ナノ粒子・薄膜創製のための応用技術開発を行う。

### 取組課題の内容：

本部門では、「高密度混相プラズマを利用した電力輸送・変換技術の開発とエネルギー・環境材料創製」を研究課題に掲げて、研究開発期間（10年間）に目標達成するために以下に示す基礎・開発研究を行う。

#### 1. 技術開発項目

サステナブル電気エネルギー高度利用のために、

- (1) 高密度混相プラズマ物性解明とその制御手法の開発を行う。
- (2) 高密度混相プラズマ制御による電力輸送・変換技術の開発を行う。
- (3) 核融合炉内・宇宙飛翔体の耐熱材料開発への応用研究を行う。
- (4) 高密度混相プラズマを利用した多機能性ナノ粒子・薄膜生成技術の開発を行う。

#### 2. 年次計画

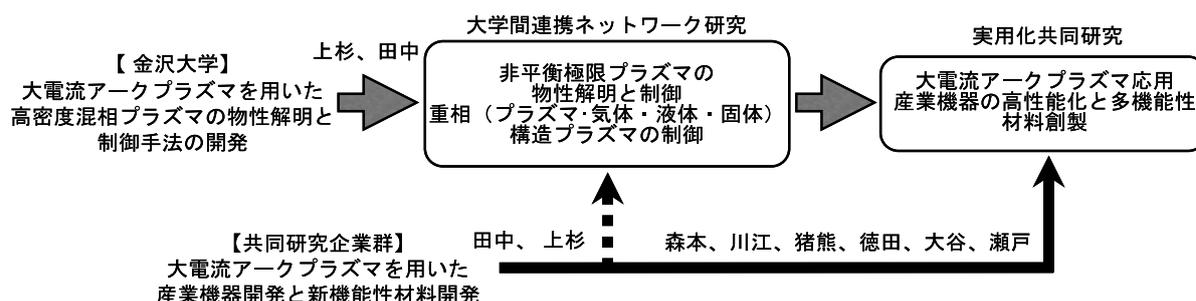
研究開発項目	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32	
(1) 基礎研究：高密度混相プラズマ物性解明とその制御手法の開発	基礎研究										
(2) 応用研究：大電流アークプラズマと固体（電極）/消弧ガス相互作用の解明と機能性大電流遮断器開発			応用研究				実用化研究				
				SF <sub>6</sub> 代替大電流遮断機構の解明				SF <sub>6</sub> 代替大電流遮断器プロトタイプの実機試験			
(3) 応用研究：核融合炉内・宇宙飛翔体の耐熱材料開発への応用			ELM/Disruption パルス熱流制御手法の開発				ELM/Disruption パルス熱流制御の実機試験				
(4) 応用研究：高密度混相プラズマを利用した多機能性ナノ粒子・薄膜生成技術の開発			高密度混相プラズマへの機能性付加研究				機能性高密度混相プラズマを利用した材料創製				

#### 3. 産学連携研究の実施体制

日本学術会議で検討が進んでいる学術の大規模研究計画の一つである「非平衡極限プラズマ全国共同ネットワーク計画」の研究拠点として、拠点大学間で連携して共同研究を進めるとともに、産学協同で機器高性能化に関する実用化研究を推進する。

ネットワーク連携研究：九州大学、東京大学、東北大学、核融合研（非平衡プラズマ）  
名古屋大学、大阪大学、電気通信大学、宇宙研（混相プラズマ）

産学共同研究：富士電機、東京電力、東芝、日立、日本カタン（アーク電流遮断）、  
コマツ（アーク切断）、日清製粉（機能性ナノ粒子）



## 【第5部門】 バイオマス利用部門ロードマップ

**取組課題名：**未利用系バイオマスの利用技術の開発とシステムの最適化によるクリーンエネルギー創造

**取組課題の概要：**地域資源としての未利用バイオマスのエネルギー資源としての利用に関する個別の技術開発を、地域、企業、行政との連携により推進するとともに、利用目的・需要に応じた技術選択、バイオマス使用量の拡大に伴って発生する環境負荷（温室効果ガスのみならず、健康および生態系リスクなども含む）の軽減に配慮した環境システムの最適化を目標とする。

### 取組課題の内容：

化石燃料枯渇によるエネルギー問題打開策の一つとして、地域に偏在する未利用バイオマスなどの地域資源利用による地域循環圏構築が重要課題となっている。本部門では、里山里海と隣接した都市に立地している金沢大学の地理的特徴を背景として、地域資源としての未利用バイオマスの処理に関する個別の技術開発を、地域、企業、行政との連携により推進するとともに、利用目的・需要に応じた技術選択、バイオマス使用量の拡大に伴って発生する環境負荷（温室効果ガスのみならず、健康および生態系リスクなども含む）の軽減に配慮した環境システムの最適化を目標とする。

### 1. 技術開発項目

(1) 未利用系バイオマスの利用技術の開発

- ①メタン発酵と炭化を組合せた下水処理場集約型バイオマス利用技術の開発
- ②未利用バイオマスの発酵熱の効率的な現位置直接利用技術の開発
- ③未利用バイオマス分散型燃焼時のリスク評価と環境負荷低減技術の開発
- ④未利用バイオマスからのバイオエタノール生産技術の開発

(2) システムの最適化によるクリーンエネルギー創造

上記の開発技術の適用に当たって、未利用バイオマスエネルギーの賦存量と地理的分布（地域特性）を考慮して、里山・里海で発生する農林水産系バイオマスを、現位置もしくは近隣都市において処理し、資源・エネルギーとして回収・利用するための最適ネットワークを構築する。

### 2. 年次計画

研究項目	第1期（1－3年目） 要素技術の開発と実証試験実施環境の構築	第2期（4－5年目） 具体的なシステム構築と実証試験計画の策定	第3期（6－10年目） 実証試験の実施と評価	
メタン発酵炭化技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>● バイオマスの前処理法</li> <li>● バイオマスと下水汚泥の混合消化・混合炭化技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 下水処理場への応用</li> <li>● 炭化物の利用方法</li> </ul>	● 技術改良	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 地域特性と環境負荷低減を考慮した最適技術選択と組み合わせを検討</li> </ul> <div style="text-align: center;">↓</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>● パイロットスケールでの実証試験</li> </ul>
発酵熱利用技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>● バイオマス材料の発熱特性と伝熱モデル</li> <li>● 発酵熱の抽出・蓄積技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 堆肥化物の利用技術</li> <li>● 熱利用施設と制御システム</li> </ul>	● 技術改良	
直接燃焼技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 分散型燃焼のリスク評価と環境負荷低減技術</li> <li>● 低コスト排出源対策技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 燃焼熱の利用手法</li> <li>● 環境負荷評価手法</li> </ul>	● 技術改良	
バイオエタノール製造技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>● バイオマス原料（海藻、林産廃棄物等）の発掘</li> <li>● エタノール生産速度向上技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 効率的生産技術のプロセス設計手法</li> </ul>	● 技術改良	
共通課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 当部門主催による「バイオマス利用研究会（仮称）」立ち上げ</li> <li>➢ 連携趣旨の周知・理解による協力体制構築</li> <li>➢ 金沢大学里山里海プロジェクトとの連携</li> <li>➢ 行政機関、企業との連携</li> <li>➢ 定期的に勉強会開催</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 地域特性に応じた開発システムの導入可能性の検討</li> <li>● 実証試験に向けての準備</li> </ul>	● 実証試験の実施と総合評価	

RSET10年間事業スケジュール表

事業区分	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	平成31年度	平成32年度	備考
教員評価 （TTの係る場合） （TTの係る場合） （TTの係る場合） （TTの係る場合） （TTの係る場合）	部門1 TT准教授	着任 H24年 1月1日		中間審査 H26年8月頃		テニニア付与 に係る審査 H28年5月頃		（テニニアが付 与された場合） 中間評価			「TT教員の中間お よび最終審査基準 と方法」に則って審 査を行う。
	部門2 TT助教	着任 H24年 3月1日		中間審査 H26年8月頃		テニニア付与 に係る審査 H28年7月頃		（テニニアが付 与された場合） 中間評価			
	部門3 教授	着任 H23年 10月1日		中間審査 H26年8月頃		中間評価 H28年8月頃		中間評価			
	部門4 TT准教授	着任 H23年 11月1日		中間審査 H26年8月頃		テニニア付与 に係る審査 H28年3月頃		（テニニアが付 与された場合） 中間評価			
	部門5 任期付き助教	着任 H24年 1月1日		中間審査 H26年8月頃		継続審査 H28年5月頃		（継続の場 合）中間評価			
各部門の評価	部門1 （太陽電池）	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	各部門の自主努力 として、部門内自己 評価を行う。
	部門2 （自然エネルギー）	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	
	部門3 （産業循環）	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	
	部門4 （エネルギー 材料）	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	
	部門5 （バイオマス利用）	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	自己評価	
センター全体の評価	RSET外部評価	RSET年報 vol.1の発行 H24年5月 発刊予定	RSET年報 vol.2の発行	RSET年報 vol.3の発行	RSET年報 vol.4の発行	RSET年報 vol.5の発行	RSET年報 vol.6の発行	RSET年報 vol.7 の発行	RSET年報 vol.9 の発行	RSET年報 vol.10の発行	RSET年報作成を 通して、センター内 での自己評価を行う。
	RSET シンポジウム	第1回 公開シンポ H24/2/10	第2回アドバイ ザリーボード 委員会 H24/2/11	第2回 公開シンポ	第4回アドバイ ザリーボード 委員会	第3回 公開シンポ	第6回アドバイ ザリーボード 委員会	第4回 公開シンポ	第5回 公開シンポ	最終評価	自己点検書による 外部評価
	アドバイザリー ボード	第1回アドバイ ザリーボード 委員会 H24/2/11	第2回アドバイ ザリーボード 委員会	第3回アドバイ ザリーボード 委員会	第4回アドバイ ザリーボード 委員会	第5回アドバイ ザリーボード 委員会	第6回アドバイ ザリーボード 委員会	第7回アドバイ ザリーボード 委員会	第8回アドバイ ザリーボード 委員会	第9回アドバイ ザリーボード 委員会	第10回アドバ イザリーボード 委員会

平成23年度RSET年間事業実績表

事業区分	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	備考	主担当者
教員採用	部門1 (太陽電池)	TT准教授・ 公募準備	公募期間	公募期間	公募期間	審査・採用手続き	河野助教 着任		高橋						
	部門2 (自然エネルギー)	TT助教・ 公募準備	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			木綿
	部門3 (炭素循環)	教授・公 募準備	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			瀧本
	部門4(エネルギー・ 環境材料)	TT准教授・ 公募準備	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			上杉
	部門5(バイオマス 利用)	任期付き助教・ 公募準備	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			関
研究活動	部門1 (太陽電池)	1/7・第1回 公開シンポ	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	12/17第2 回シンポ		高橋
	部門2 (自然エネルギー)	3/3セミナー	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			木綿
	部門3 (炭素循環)	3/9・30 セミナー	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			瀧本
	部門4(エネルギー ・環境材料)	3/28 セミナー	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			上杉
	部門5 (バイオマス利用)		公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			関
自己点検	RSET全体 (年1回開催) 各部門からWG 委員1名選出														委員長 上杉 副委員長 高橋・榎本
	部門1 (太陽電池)	第11回部門 ミーティング	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			高橋
	部門2 (自然エネルギー)	第1回部門 ミーティング	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			木綿
	部門3 (炭素循環)	春季ミー ティング	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			瀧本
	部門4(エネルギー ・環境材料)	第1回部門 ミーティング	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			上杉
その他	部門5 (バイオマス利用)	第1回部門 ミーティング	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			関
	年報作成 各部門からWG 委員1名選出	各部門概要と平成23年度研究計 画概要の編集・公開	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			委員長 高橋 副委員長 木綿
	HP/パンフレット	HP準備 公開	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			木綿
	アドバイザリー ボード		公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			長谷川浩
			公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間	公募期間			山崎・高橋

## RSET第1回公開シンポジウム報告

平成 23 年 4 月 1 日に発足しました理工研究域サステナブルエネルギー研究センター（RSET）の第一回公開シンポジウムが、平成 24 年 2 月 10 日（金）に金沢市アートホールで開催されました。大学関係者、地方自治体や企業からの出席者に加えて、一般からの参加者を含めて約 220 名の方々の参加を頂きました。本シンポジウムでは、当センター5 部門の研究活動の報告を行うとともに、当センターの研究活動に関連した 3 件の特別講演を頂きました。今回のシンポジウムは、センター発足後の最初のシンポジウムであることから、当センターのアドバイザーボード 4 名の方々にもご出席頂き、翌日開催の部門アドバイザーボード会合の情報収集も兼ねての開催でした。



プログラムは、以下に示す通りです。

13 : 00～13 : 15	挨拶	金沢大学学長	中村信一
13 : 15～13 : 30	センター概要説明	RSET センター長	高橋光信
13 : 30～14 : 00	講演「真の復興に向けて ～自然と“共生”する社会」	(株) 倉本製作所代表取締役社長	鈴木 聡
14 : 00～14 : 15	有機薄膜太陽電池部門	部門長	高橋光信
14 : 15～14 : 30	自然エネルギー活用部門	部門長	木綿隆弘
14 : 30～14 : 45	炭素循環技術部門	部門長	瀧本 昭
14 : 45～15 : 00	休憩		
15 : 00～15 : 30	講演「電気エネルギーの現状と課題」	北陸電力（株）代表取締役社長	久和 進
15 : 30～15 : 45	エネルギー・環境材料部門	部門長	上杉喜彦
15 : 45～16 : 00	バイオマス利用部門	部門長	関 平和
16 : 00～16 : 30	講演「省エネルギーの観点から見た日本のエネルギーおよび 金沢大学の活動について」	(独) 産業技術総合研究所 理事	矢部 彰
16 : 30～16 : 45	挨拶	金沢大学理事	長野 勇



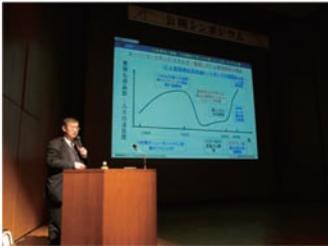
冒頭、中村信一金沢大学学長の挨拶では、当研究センター設立の意義と当センターが果たすべき役割への強い期待が述べられました。



特別講演1では、「真の復興に向けて ～自然と“共生”する社会」と題して、(株)倉本製作所代表取締役社長 鈴木 聡様から、ガラス基板上への機能性薄膜生成技術の紹介と東日本大震災後の「自然と共生する社会を実現するためのモノ作り」の代表として「有機薄膜太陽電池」を産学協同で取り組んでいることを紹介頂きました。



特別講演2では、「電気エネルギーの現状と課題」と題して北陸電力(株)代表取締役社長 久和 進様より、国内外の電気エネルギーの現状を紹介して頂くとともに風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギーの現状とその電気エネルギーとしての特性、さらにはこれらの再生可能エネルギーを電力系統へ大量導入したときの技術的課題について説明頂きました。



特別講演3では、「省エネルギーの観点から見た日本のエネルギーおよび金沢大学の活動について」と題して、(独)産業技術総合研究所 理事 矢部 彰さまより、ヒートポンプなどのエネルギーシステム開発を例にして、技術開発における「死の谷」を克服するための方法論や社会技術の重要性を熱く語って頂きました。また、技術開発におけるロードマップの重要性から当センターの研究に対して、「エネルギーと暮らし」を重視した「地産地消対応型エネルギーに関する研究開発」を中心に進めることが重要であるともアドバイスを頂きました。

最後に、長野金沢大学理事から特別講演を頂きました3名の方々への感謝が述べられ、今後の当センターの研究活動への期待する言葉で閉会となりました。

本シンポジウムの講演で用いました当センター5部門の研究概要ならびに特別講演3件の発表資料は、当センターホームページに掲載予定ですので、ご参照ください。

上杉喜彦記

## 会議等の開催実績(RSET全体)

### 【RSET運営会議の役割と構成員】

- ・センター運営の基本方針、人事及び予算を審議する。
  - ・研究域長、関係研究科長、関係系長、センター長、若干名のセンター専任教員、その他研究域長が必要と認める者をもって構成する。
- ＜構成員＞山崎理工研究域長（議長）、福森自然科学研究科長、加納物質化学系長、瀧本機械工学系長、細川機械工学系コース長、山田（実）電気情報学系長、石田環境デザイン学系長、高橋RSETセンター長、木綿RSET第2部門長、上杉RSET副センター長、関RSET第5部門長、児玉RSET兼任教員 以上12名

### （開催日と主な議題）

- ・第1回サステナブルエネルギー研究センター運営会議：平成23年4月14日（木）  
 ＜主な議題＞（1）教員公募について、（2）RSET事業方針とそのスケジュールについて、（3）国立大学法人金沢大学「金沢大学テニユア・トラック制度」に関する規程について
- ・第2回サステナブルエネルギー研究センター運営会議（書面付議）：  
 平成23年5月12日（木）～平成23年5月18日（水）  
 ＜議題＞教員公募要領の策定について
- ・第3回サステナブルエネルギー研究センター運営会議：平成23年8月29日（月）  
 ＜議題＞教員人事について、
- ・第4回サステナブルエネルギー研究センター運営会議（書面付議）：  
 平成23年9月15日～16日  
 ＜議題＞第2部門のテニユアトラック教員採用に関して
- ・第5回サステナブルエネルギー研究センター運営会議（書面付議）：  
 平成23年9月20日～22日  
 ＜議題＞第2部門のテニユアトラック教員採用に係る教員公募要領について
- ・第6回サステナブルエネルギー研究センター運営会議：平成23年11月9日（水）  
 ＜議題＞（1）教員人事について、（2）公開シンポジウムの開催について、（3）TT普及・定着事業に係る申請結果について
- ・第7回サステナブルエネルギー研究センター運営会議：平成24年1月13日（金）  
 ＜議題＞教員人事について、
- ・第8回サステナブルエネルギー研究センター運営会議：平成24年2月27日（月）  
 ＜議題＞次期センター長選考について

### 【RSETセンター会議の役割と構成員】

- ・当該センターの活動に関することを審議する。
  - ・センター会議は、センター専任教員、センター兼任教員、その他センター長が必要と認める者をもって構成する。
- ＜構成員＞（部門1）高橋（委員長）、前田、當摩、桑原 （部門2）木綿、榎本、河野、木村  
 （部門3）瀧本、三木、長谷川、児玉 （部門4）上杉、田中、石島、森本  
 （部門5）関、古内、池本、本多

### （開催日と主な議題）

- ・第1回RSETセンター（RSET）会議：平成23年4月19日（第3火曜日）  
 ＜主な議題＞（1）自己紹介、（2）RSET事業方針とスケジュールについて、（3）センター内WG委員の選出について

- ・第2回 RSET センター会議：平成 23 年 7 月 19 日（第 3 火曜日）  
＜主な議題＞（1）RSET 年報WG 報告、（2）公開シンポジウムWG 報告、（3）RSET の立ち位置について、（4）第 5 部門の 9 月のワークショップについて、（5）JST「テニユアトラック普及・定着事業」への参加について
- ・第3回 RSET センター会議：平成 23 年 9 月 20 日（第 3 火曜日）  
＜主な議題＞（1）専任教員の採用人事について、（2）RSET 予算について、（3）RSET 年報WG 報告、（4）公開シンポジウムWG 報告、（5）RSET の立ち位置について、（6）懇親会の開催について
- ・第4回 RSET センター会議：平成 23 年 11 月 15 日（第 3 火曜日）  
＜主な議題＞（1）RSET 年報WG 報告、（2）公開シンポジウムWG 報告、（3）公開シンポジウムとアドバイザリーボード会合開催日の決定、（4）公開シンポジウムとアドバイザリーボード会合の準備スケジュール
- ・第5回 RSET センター会議：平成 23 年 12 月 20 日（第 3 火曜日）  
＜主な議題＞（1）公開シンポジウム (2/10) の準備状況について、（2）アドバイザリーボード会合 (2/11) の準備状況、（3）公開シンポジウムとアドバイザリーボードの全体予算案
- ・第6回 RSET センター会議：平成 24 年 1 月 17 日（第 3 火曜日）  
＜主な議題＞（1）公開シンポジウム (2/10) の準備状況について、（2）アドバイザリーボード会合 (2/11) の準備状況、（3）部門毎のアドバイザリーボードの準備状況について
- ・第7回 RSET センター会議：平成 24 年 2 月 21 日（第 3 火曜日）  
＜主な議題＞（1）公開シンポジウム (2/10) の報告、（2）アドバイザリーボード会合の報告、（3）RSET 研究活動報告目次案、（4）RSET 運営費について、（5）RSET ホームページの整備について、（6）RSET 専任教員による RSET 活動WG（仮称）の立上について

## 【RSET 活動全般】

### RSET 紹介の講演

- ・「環境月間」金沢大学講演会「理工研究域サステナブルエネルギー研究センター そして、有機薄膜太陽電池部門での開発現状について」（平成 23 年 6 月 28 日、金沢、参加者 30 名）
- ・北信越工業化学研究会「期待膨らむ有機薄膜太陽電池－金沢大学内サステナブルエネルギー研究センターの紹介を交えて－」（平成 23 年 7 月 21 日、金沢、参加者 40 名）
- ・日本海イノベーション会議「サステナブル・エネルギーって何？」（平成 23 年 7 月 30 日、金沢、参加者 80 名）
- ・金沢大学未来開拓研究公開シンポジウム 2011 in 大阪「期待膨らむ有機薄膜太陽電池－金沢大学サステナブルエネルギー研究センターが目指すところ－」（平成 23 年 10 月 1 日、大阪、参加者 200 名）
- ・北陸先端科学技術大学院大学第 11 回研究交流会「金沢大学理工研究域サステナブルエネルギー研究センター（RSET）の概要」（平成 23 年 12 月 7 日、金沢、参加者 80 名）
- ・金沢大学理工研究域サステナブルエネルギー研究センター（RSET）第 1 回公開シンポジウム「金沢大学理工研究域サステナブルエネルギー研究センター（RSET）の概要」（平成 24 年 2 月 10 日、金沢、参加者 220 名）
- ・金沢市産学連携セミナー「金沢大学理工研究域サステナブルエネルギー研究センター（RSET）の概要」（平成 24 年 2 月 28 日、金沢、参加者 100 名）

平成 23 年度のテレビ放映、新聞報道など

- ・石川テレビ（平成 23 年 4 月 6 日、RSET 看板上掲式ついて 5 分ほど紹介）
- ・日本経済新聞（平成 23 年 4 月 19 日、石川版、北陸「核心ーこの人に聞く」新エネルギー研究拠点設立 効率向上へ数値目標）
- ・北國新聞（平成 23 年 11 月 3 日、地方紙、サステナブルエネルギーって何？）
- ・北陸中日新聞（平成 24 年 2 月 11 日、地方紙、第 1 回金沢大学理工研究域公開シンポジウム報告）

シンポジウム

- ・金沢大学理工研究域サステナブルエネルギー研究センター（RSET）第 1 回公開シンポジウム、兼 RSET 第 1 回全体アドバイザーボード会合（平成 24 年 2 月 10 日、金沢、参加者 220 名）

## アドバイザーボード報告(RSET全般)

## I 自己評価(センター長記載)

研究成果の目標達成度： A:高い B:やや高い C:やや低い D:低い ( B )
<p>研究開始から現在までの達成状況の評価するとともに、課題を整理・解析してコメントして下さい。</p> <p>RSETの10年間事業スケジュール表及び平成23年度年間事業スケジュール表にほぼ沿った形で、今年度はRSET活動を遂行してきました。ただし、初年度でもあり、手探りの感は否めません。次年度からは、外部資金獲得や研究成果の社会的還元に向けたRSETとしての取り組み強化が課題となります。</p>
次年度の研究内容と目標は適切か：A:適切 B:概ね適切 C:やや不適切 D:不適切 ( B )
<p>前項の評価を反映させ、課題に対する計画の改善点を明示し、コメントして下さい。</p> <p>研究活動の内容やネットワーク形成に関して5つの部門間で情報交換をもっと頻繁に行い、RSETコンセプト「エネルギーと暮らし」が実感できる活動方針を立案実行して行く。次年度の取り組みについては、5月頃までに固める予定です。</p>

## II-1 外部アドバイザー(産総研・矢部 彰様)の意見

研究成果の目標達成度： A:高い B:やや高い C:やや低い D:低い ( B )
<p>コメント</p> <p>各テーマとも研究を着実に実施しており、多くの成果を出している点は、高く評価される。ただし、全体に対して最初の段階で注力すべき点は、工学的な目標をしっかりと作り上げることであり、死の谷を越えられない技術開発にならないように重点を置くべきと考えられる。そのためには、1. なるべく定量的な検討をすること(システム効率、経済性など)、2. なるべく具体的な工学的目標を設定すること(社会ニーズ把握にもとづいて)、3. 技術ロードマップを実用になるところまで記述し、その過程の中で現在どこまで研究開発できたかを示す作業が重要である。この作業を各課題について可能な限り実施することが望ましい。</p>
次年度の研究内容と目標は適切か：A:適切 B:概ね適切 C:やや不適切 D:不適切 ( B )
<p>コメント</p> <p>概ね適切であると思われるが、前述した見直しを各部門で出来る限り実施することが望ましい。また、今回の2日目の第一部門分科会で、学内の協力を得てブレインストーミングを実施したが、大変有効であったと判断できる。今回実施した内容は、1. この技術の有効な点、特徴、2. この技術の弱点、欠点、3. この技術を活用した製品の提案であったが、同じ手法でのブレインストーミングを、各部門で実施することは、部門に所属する学生の視野を広げると共に、学生達が、将来の技術や製品に対して考え、また、将来の夢を持つ機会にもなると思われ、強く推奨したい。是非、今後一年以内に実施されることを期待したい。</p> <p>なお、各部門の目標に対するコメントは以下の通りである。</p>

## II-1 外部アドバイザー(産総研・矢部 彰様)の追加意見

第1部門：有機薄膜太陽電池部門

太陽電池の研究課題

1. 「低コスト化」 大量普及を目指し、投資回収年を10年以下に減らす。
2. 「どこでも太陽電池」 太陽光を多くの場所で利用可能なエネルギー源としてとらえ、アイデア商品を開発する。

- ・有機薄膜太陽電池は色のバリエーションがあり、有利。
- ・太陽電池利用の腕時計など、用途はアイデア次第。
- ・具体的なターゲットを決めて実現すると、インパクト大。
- ・上記2のような方針に沿った目標作りが有効であると思われる。

## 第2部門：自然エネルギー活用部門

### 風力発電の研究課題

#### 1. 日本の風力の特性に適した風車の開発

- ・変動成分が大きい。
- ・台風などの強風のケースが多い。

#### 2. 風力の地産地消に特徴を出せないか。

- ・例えば、冬場の融雪に使用できないか。
- ・夏場は、系統に連結でよい。
- ・電気分解による水素製造、水素システム、水素燃焼、燃料電池などのシステムの可能性は無いか。

上記二つの目標に対しての貢献は出来ないか、検討することが望ましい。

## 第3部門：炭素循環技術部門

### 取り上げられている中で興味深い技術課題

- ・デシカント吸着による水蒸気制御（空調の湿度制御に利用可能）
- ・排熱と太陽熱の併用による性能向上（排熱の有効利用法）
- ・CO2回収（室内の換気技術の代替）
- ・藻類バイオリアクター（低温排熱利用による藻類の育成促進）
- ・排熱回収

これらから、先進省エネ技術という特徴付けも出来るのではないか。その方が、インパクトがあるのではないか。検討することが望ましい。

## 第4部門：エネルギー・環境材料部門

### 電気エネルギーの工業利用

- ・電力の4割は工業加熱用に使用されている。
- ・エレクトロ・ヒート技術

その中でプラズマを活用する加熱は使用される場合も多い。中小企業で使用されている場合も多い。産業用電力の低減も目標になるのではないか。省エネルギータイプのプラズマ使用電力加熱法のようなプラズマ加熱の産業応用の高付加価値化も、目標とすると、インパクトが大きいのではないか。

## 第5部門：バイオマス利用部門

### バイオマス利用の経済性

（単純）投資回収年＝初期投資必要額÷毎年の利益

### バイオマス利用の経済性の達成方法

#### 1. 投資回収年を10年程度以下にする。

エネルギーシステムゆえ、大きなスケールを必要とする。石川県全体の森林規模を活用するケースが必要。間伐材の石炭火力への利用など。

#### 2. 初期投資を補助金等でまかなえる場合

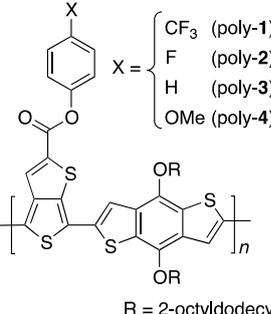
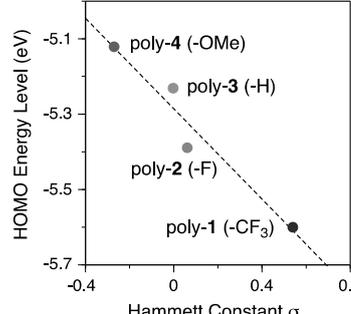
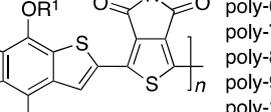
地産地消はこのタイプ。

上記2のタイプの応用で、地域性のある内容を創出することが、インパクトがあるのではないか。

## II-2 外部アドバイザー（東京大学・荒川 忠一先生）のご意見

研究成果の目標達成度：A:高い B:やや高い C:やや低い D:低い	( A )
コメント RSET の設立はときを得たものであり、体制を整えるなど、初年度としての立ち上げをほぼ予定通り行っていることを評価する。強いて挙げるなら、部門を超えた活動が少なく見受けられることであり、サステナブルエネルギーの学際的な特徴を反映して、積極的に境界横断的な活動を進めるよう進言する。また、金沢という地域特性を生かしたプロジェクトをさらに発展させることを望む。	
次年度の研究内容と目標は適切か：A:適切 B:概ね適切 C:やや不適切 D:不適切	( B )
コメント それぞれの部門の目標はおおむね適切と見える。センター全般としては、部門を超えた活動をより積極的に展開することを望む。つまり、部門を超えて、地域に根差したプロジェクトの遂行、国際ワークショップの開催などを計画し、活動をさらに活発化させてほしい。また、より広く、深い学際性を目指し、文系分野の活動との連携を模索し、将来の発展への布石を打つことを望む。	

平成23年度 RSET 部門別研究成果報告書

部門名	(第1部門) 有機薄膜太陽電池	部門長	高橋 光信
1. 研究成果の概要			
<p>(1) キノイド構造安定化を分子設計基盤とした新規ポリマーの合成</p> <p>(2) バンドギャップ、電荷移動度、溶解性、アクセプターとの相溶性等を効率的にチューニングできる <math>\pi</math> 共役高分子のコンビナトリアルケミストリーの合成</p> <p>(3) 材料合成グループの創製した新規ポリマーの化学的および物理的性質の評価と、それらを発電層材料に使った太陽電池の性能評価</p> <p>(4) 大気中かつ低温製膜法によるフレキシブル有機薄膜太陽電池の製造プロセスの確立</p>			
2. 本年度の実施計画概要に対応した成果報告及び活動報告			
【成果報告】			
<p>(1) 近年、チエノチオフェン (TT) を主鎖に有する <math>\pi</math> 共役高分子を有機発電層に用いることで世界最高レベルの光電変換効率が達成されている。今回は、TT 系ポリマーの分子軌道準位の制御を目的として、電子吸引性度の異なる様々な置換基を有するフェニルエステル基を側鎖に導入したポリマー (poly-1-4) を合成した。フェニル基上に電子吸引性の置換基を有する poly-1 と poly-2 は、無置換の poly-3 と比較して深い HOMO 準位を示したのに対して、電子供与性の置換基を導入した poly-4 の HOMO 準位は poly-3 よりも上昇した。ポリマーの HOMO 準位を Hammett の置換基定数 (<math>\sigma</math>) に対してプロットしたところ、HOMO 準位と <math>\sigma</math> 値の間には良好な線形的相関がみられた。以上の結果から、フェニル基上の置換基の電子的影響がフェニルエステル基を介して主鎖に伝搬し、ポリマーの分子軌道レベルの制御に効果的に働くことが明らかになった。</p>			
<p>(2) チエノピロールジオン (TPD) ユニットとベンゾジチオフェン (BDT) ユニートを有する poly-5 を用いて 6.8% の光電変換効率が達成されている。しかし、poly-5 の溶解性は極めて低く、室温では一般的な有機溶媒に対してほとんど不溶となり、大面積素子を作製する際に大きな障害となる。今回は、発電効率と溶解性の両方を満たす最適なアルキル鎖長に関する知見を得るために、アルキル鎖長の異なる TPD 及び BDT モノマーを系統的に調製し、組み合わせを変えて重合することで poly-6-10 を合成した。</p>		<p>poly-5 (R<sup>1</sup> = 2-ethylhexyl, R<sup>2</sup> = <i>n</i>-octyl)  poly-6 (R<sup>1</sup> = 2-ethylhexyl, R<sup>2</sup> = <i>n</i>-dodecyl)  poly-7 (R<sup>1</sup> = 2-ethylhexyl, R<sup>2</sup> = <i>n</i>-hexadecyl)  poly-8 (R<sup>1</sup> = 2-ethylhexyl, R<sup>2</sup> = 2-octyldodecyl)  poly-9 (R<sup>1</sup> = 2-butyloctyl, R<sup>2</sup> = <i>n</i>-octyl)  poly-10 (R<sup>1</sup> = 2-hexyldodecyl, R<sup>2</sup> = <i>n</i>-octyl)</p>	

- (3) 材料合成グループの創製した新規物質の物性と、それらを発電層材料に使った素子の電池性能を評価した。材料によっては開放電圧の増加が観測されたものの、エネルギー変換効率は最高で2.5~2.7%程度あり、従来のドナー材料 P3HT を用いた場合の効率(2.3~2.5%)と同程度か、あるいは若干の向上が観察された。H25 年度までの目標値 3.5%にはまだ到達していないものの、発電材料のモロフォロジーや界面制御が改善されれば、目標達成は十分可能であると予想され、次年度以降の課題としたい。
- (4) 我々の開発したフィルム太陽電池には湿気に敏感なゾルゲル法による酸化チタン薄膜作製プロセスが含まれており、制約の大きな N<sub>2</sub> 雰囲気での製造環境が必要であった。そのため、製造環境の制約の小さな大気中プロセスを可能にする手法の開発が望まれていた。今回、ゾルゲル酸化チタンの代わりに、酸化亜鉛を大気中低温プロセスで製膜する手法を新たに見出し、大気中でフィルム太陽電池を作製することに成功した。今後は、両面透過型や繊維型など、さらに付加価値を持たせた素子作製プロセスの開発を目指す。

**【活動報告】** H23 年 1 月から現時点まで、本部門主催による公開シンポジウムを 2 件開催した。また、部門内での成果報告会を 6 回行った。また、(株) 倉元製作所と共同申請した経産省の支援事業に採択された。

### 3. ロードマップから見る研究成果の位置づけ

本部門の取組課題における技術開発項目の概略を下記に示す。

- ① 逆型有機薄膜太陽電池の高効率化および高耐久化研究
- ② ドナー性新規有機発電材料の創製
- ③ フィルム太陽電池の大気中作製プロセスの確立

研究成果 (1)、(2)、(3) は項目①および②に対応し、研究成果 (4) は項目①および③に対応しており、本年度はロードマップに沿った研究が実施された。

### 4. 反省点

**【研究面】** 技術開発項目②および③については計画通りあるいはそれ以上の成果が得られたが、①の高効率化研究については、その指針は得られたものの、十分な研究成果が得られなかった。耐久性およびフィルム素子作製プロセスの更なる改善に加えて、今年度得られた指針を基に高効率化の目標が達成できるよう努力したい。

**【活動面】** 大型外部予算の獲得を目指したが、新たに採択されたのは(株) 倉元製作所と共同申請した経済産業省イノベーション拠点立地支援事業「先端技術実証・評価設備整備費等補助金」のみだった。学内における研究ネットワーク形成は進んだものの、大型外部予算の申請では学外との連携も重要であるため、シンポジウム開催などで得た外部ネットワークを利用し、戦略を練りながら、来年度も引き続きアプライしたい。

## 平成23年度 第1部門RSET部門別研究成果リスト

## 1. 研究論文（学術雑誌掲載のもの）

番号	題 目	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名	レベルの自己判定
1	Fullerene acceptor for improving open-circuit voltage in inverted organic photovoltaic devices without accompanying decrease in short-circuit current density	Appl. Phys. Lett. Vol.100, pp.063303-1-3	2012.2	Y. Matsuo, J. Hatano, T. Kuwabara, K. Takahashi	4
2	Synthesis and Characterization of Thieno[3,4-b]thiophene-Based Copolymers Bearing 4-Substituted Phenyl Ester Pendants: Facile Fine-Tuning of HOMO Energy Levels	Macromolecules, Vol.44, No.17, pp.6659-6662	2011, 8	T. Yamamoto, T. Ikai, M. Kuzuba, T. Kuwabara, K. Maeda, K. Takahashi, S. Kanoh	4
3	Flexible inverted polymer solar cells containing an amorphous titanium oxide electron collection electrode	Org. Electron., Vol.12, No.1, pp.113-118	2011, 1	I. Sasajima, S. Uesaka, T. Kuwabara, T. Yamaguchi, K. Takahashi	4

(レベルの自己判定について4段階で記入)

4. 国際的に高水準の成果
3. 国際水準または国内高水準の成果
2. 外国語による公表または国内水準の成果
1. 国内誌等への公表成果

## 2. 研究論文（国際会議のプロシーディング）

番号	発表論文題目 (国際会議名、開催地等)	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名	国際会議の評価を自己判定
1	Flexible inverted polymer solar cells with a sol-gel derived amorphous titanium oxide as an electron collection electrode (PVSEC-21, Fukuoka, Japan)	Proceedings of the 21st International Photovoltaic Science and Engineering Conference	2011,12	I. Sasajima, T. Kuwabara, T. Yamaguchi, K. Takahashi,	A
2	Close relationship between the morphology of the photoactive layer and performance of inverted bulk heterojunction polymer solar cells (PVSEC-21, Fukuoka, Japan)	Proceedings of the 21st International Photovoltaic Science and Engineering Conference	2011,12	M. Kuzuba, T. Kuwabara, T. Yamaguchi, K. Takahashi	A
3	Preparation of chemical bath deposited titanium oxide for its application in inverted bulk-heterojunction polymer solar cells (MC-10, Manchester, UK)	Proceedings of the 10th International Conference on Materials Chemistry	2011,7	T. Kuwabara, M. Kuzuba, T. Yamaguchi, K. Takahashi	A

(国際会議の位置付け・評価を自己判定して3段階で記入)

- A. 世界規模あるいは大規模な国際会議、国際シンポジウム等
- B. 中規模の国際会議・国際シンポジウム等
- C. 特定分野・小規模な国際会議・国際シンポジウム等

## 3. 国際会議等の基調講演・招待講演

番号	演 題 (国際会議名、開催地等)	発表年月	著者名・発表者名 (発表者名に*印)
	なし		

## 4. 著書、編書

番号	書 名	発 行 所	発行年月	著者名
	なし			

## 5. 報告書、解説、資料、展望、総説など

番号	種 別	題 目	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名
1	解説	大気中・塗布法により製作する逆型有機薄膜太陽電池の開発とフレキシブル素子への応用	ウェブ・ジャーナル 124号、pp.25-28	2011, 11	高橋光信、 桑原貴之
2	解説	有機薄膜太陽電池のフィルム化	繊維機械学会誌“月刊せんい” vol.64, No.7, pp. 411-416	2011, 7	高橋光信、 桑原貴之、 笹島郁美
	他4件				

## 6. 特許等

番号	発明の名称	種別	出願番号	登録番号	氏 名
1	ホールブロック層の製造方法、ホールブロック層、光電変換素子、有機薄膜太陽電池パネル、および発光装置	特願	2011-190743		桑原貴之、 才田守彦、 表研次、 高橋光信

## 7. 口頭発表

番号	演 題 (学会名、開催地等)	発表年月	発表者名 (発表者名に*印)
1	チエノチオフェン系 $\pi$ 共役高分子の分子軌道準位制御と有機薄膜太陽電池への応用	2011, 11	*山本倫行、 葛葉光洋、 桑原貴之、 井改知幸、 前田勝浩、 高橋光信、 加納重義
	他3件		

## 8. 外部資金の獲得状況について

### (1) 科学研究費補助金（研究種目、研究課題名、代表・分担等）

- ・若手研究（A）、無機／有機ヘテロ界面制御による逆型有機薄膜太陽電池の性能劣化解析と高耐久化、代表・桑原貴之

### (2) 政府出資金事業等（事業名、出資機関名、代表・分担等）

なし

### (3) 国、地方、民間等との共同研究（研究題目、機関名、代表・分担等）＜民間の場合には企業名の記載なし＞

- ・有機薄膜太陽電池用の高耐久性封止部材の開発、代表・高橋光信
  - ・逆型有機太陽電池信頼性安定化量産工法の研究、代表・高橋光信
- 他3件

### (4) 受託研究（研究題目、委託機関名、代表・分担等）＜民間の場合には企業名の記載なし＞

- ・新規ナノマテリアルを用いた超フレキシブル有機太陽電池の研究、環境省環境研究総合推進費、再委託、代表・高橋光信
- ・JST 戦略的創造研究推進事業さきがけ、太陽光と光電変換領域、交互分子積層により結晶性を制御した高性能太陽電池の研究開発、代表・當摩哲也

### (5) 企業・財団等の助成金（賞）（企業・財団等名、研究題目、事業名又は賞名、代表・分担等）

なし

### (6) 特許等による研究費（研究費を受ける発明の名称等）

なし

### (7) 奨学寄附金（件数）

- ・2件

### (8) その他

- ・異分野連携による有機薄膜太陽電池開発のための拠点形成、金沢大学中核的教育研究拠点形成重点戦略経費、代表・高橋光信
- ・次世代有機薄膜太陽電池の開発、金沢大学政策課題対応型研究推進重点戦略経費、代表・桑原貴之

## 第1部門 平成23年度 シンポジウム、セミナー、会議等の開催実績

番号	シンポジウム、セミナー、会議等 (開催地、参加者数)	開催年月	開催者名 (責任者名に*印)
1	第16回有機薄膜太陽電池勉強(金沢、参加者20名) その他、第10回～第15回までの6回の有機薄膜太陽電池勉強を約2カ月おきに開催した。	2012, 2	高橋光信* 前田勝浩 當摩哲也 生越友樹 桑原貴之* 井改知幸*
2	平成23年度金沢大学・富山大学共同企画有機系太陽電池シンポジウム(第2回有機薄膜太陽電池部門公開シンポジウムに相当、金沢、50名)【プログラム】①太陽光発電産業・技術の最新動向と将来展望 産総研 増田 淳、②色素増感太陽電池の最新動向 経産省原 浩二郎、③有機薄膜太陽電池での IJP 印刷技術とセンシングデバイス応用 富山大 岡田 裕之、RSETにおける逆型有機薄膜太陽電池の開発状況 金沢大 高橋 光信、ポスター発表22件(神戸大2件、慶大1件、産総研1件、富山大3件、金沢大15件)	2011, 12	高橋光信* 前田勝浩 生越友樹 桑原貴之 井改知幸
3	第1回有機薄膜太陽電池部門公開シンポジウム(金沢、100名)【プログラム】①有機薄膜太陽電池の環境分野への貢献について:(株)イデアルスター 代表取締役副社長 表 研次、②有機薄膜太陽電池用高分子材料の開発 -ポスト機能化によるアプローチ:東京工業大学 テニユア・トラック助教 道信 剛志、③印刷プロセスによる有機薄膜太陽電池の実用化への取り組み:(株)大日本印刷 鈴木 裕行、④有機薄膜太陽電池の実用化に向けた課題-劣化機構の解明とモジュール化技術:(独)産総研 太陽光発電研究センター 研究チーム長 吉田 郵司、⑤有機薄膜太陽電池向け新規フラーレン誘導体 SIMEF の開発:東京大学大学院理学系研究科化学専攻 特任教授 松尾 豊、⑥低分子系有機薄膜太陽電池:分子科学研究所ナノ分子科学研究部門 教授 平本 昌弘、⑦自己組織化によるポリマー薄膜太陽電池のナノ構造制御:東京大学大学院工学系研究科 講師 但馬 敬介、⑧金沢大学における有機薄膜太陽電池研究の現状と展望:桑原貴之	2011, 1	高橋光信* 前田勝浩 桑原貴之* 井改知幸

平成23年度のテレビ放映、新聞報道など

- ・石川テレビ（平成23年4月6日、有機薄膜太陽電池部門について5分ほど紹介）
- ・北國新聞夕刊（平成23年4月11日、地方紙、「舞台」有機薄膜太陽電池に期待）
- ・日本経済新聞（平成23年4月19日、石川版、北陸「核心ーこの人に聞く」新エネルギー研究拠点設立 効率向上へ数値目標）
- ・石川テレビ スーパーニュース（平成23年4月28日、有機薄膜太陽電池部門について5分ほど紹介）
- ・朝日新聞（平成23年6月22日、石川版、いしかわスクエア「金沢大学探訪」安く軽い太陽電池）
- ・北國新聞（平成23年8月8日、地方紙、塗る太陽電池実用化へ 金大と被災企業タッグ 東北に光あれ）
- ・河北新報（平成23年8月28日、地方紙、太陽電池 希望ともす 栗原の被災企業 今秋実証実験）
- ・北國新聞（平成23年11月3日、地方紙、サステナブルエネルギーって何？）
- ・中日新聞（平成24年1月1日、地方紙、里山里海のちからー社会として求めようー）
- ・河北新報（平成24年1月24日、地方紙、希望の光 実用化へ加速 東北発の有機太陽電池）
- ・下野新聞（平成24年1月26日、地方紙、薄膜太陽電池で駅照明）
- ・朝日新聞（平成24年1月26日、栃木版、「金大が開発 薄型太陽電池」5分ほど紹介）
- ・北國新聞（平成24年1月26日、地方紙、新型の太陽電池実験）
- ・河北新報（平成24年2月2日、地方紙、有機薄膜太陽電池実証実験スタート）
- ・日本経済新聞（平成24年2月2日、東北版、超薄型太陽電池栗原市内で実験）
- ・毎日新聞（平成24年2月2日、宮城版、有機薄膜太陽電池 国内で初の実証実験）
- ・NHK 金沢 かがのとイブニング（平成24年2月8日、「“極薄”の太陽電池」5分ほど紹介）
- ・NHK ニュース おはよう日本（平成24年2月14日、「太陽電池」5分ほど紹介）

#### <特記事項>

- ・(株) イdealスターおよび(株) 倉元製作所が、金沢大学発の逆型有機薄膜太陽電池に関するシーズ技術を基にしてスケールアップ技術を開発し、透過性の有機薄膜太陽電池パネルを製作した。このパネルが JR 東日本の日光線鶴田駅（栃木県宇都宮市）通路および JR 東日本くりこま高原駅（宮城県栗原市）西口バス乗降口通路屋根の2箇所に設置され、蓄電池を介しての夜間 LED 照明用電源として、平成24年1月末から平成25年2月中旬までの計画で評価試験が開始された。実際の駅での使用を想定したシステムを約1年間稼働させ、データを取ることで、駅特有の環境での太陽電池導入に関する課題抽出を予定している。
- ・(株) 倉元製作所-金沢大学間で共同申請していた経済産業省イノベーション拠点立地支援事業「先端技術実証・評価設備整備費等補助金」、事業名「逆型有機薄膜太陽電池の試作品製造と、性能・安全性・耐環境性評価」が H23.12.9～H24.12.31 の期間で採択され、パネル量産実機の開発に一步踏み出した。

## アドバイザーボード報告(第1部門)

## I 自己評価

研究成果の目標達成度：A:高い B:やや高い C:やや低い D:低い ( A )
<p>研究開始から現在までの達成状況を評価するとともに、課題を整理・解析してコメントして下さい。</p> <p>① 高効率化研究に関しては、HOMO-LUMO レベルのチューニング可能な新規共役高分子材料の合成に成功した。合成した幾つかのポリマーを用いて実際に太陽電池を試作したが、現状では、P3HT：PCBM 系太陽電池を超える効率(~2.5%)のものはできていない。しかしながら、材料設計の指針やセルまでの作り込みまでの流れは確立することができた。今後も本アプローチを継続し、高効率化を目指していく。</p> <p>② 低温(100°C程度)で作製できるフレキシブル太陽電池(PET 基板使用)の製造プロセスを確立した。エネルギー変換効率は1.8%と小さいものの、標準太陽擬似光(1Sun)の100時間連続光照射においてもほとんど性能が劣化しない、高耐久性素子を開発した。</p> <p>以上、高効率化、長寿命化、および、低温プロセスでの素子作製のための研究開発を行い、ほぼ計画通り推進しているため、達成度はAと判断した。</p>
次年度の研究内容と目標は適切か：A:適切 B:概ね適切 C:やや不適切 D:不適切 ( A )
<p>前項の評価を反映させ、課題に対する計画の改善点を明示し、コメントして下さい。</p> <p>今年度の成果を受けて、次年度は太陽電池素子の高効率化を優先課題とする。高効率化には電流と電圧の向上が必要である。電流向上では、長波長の光を吸収できるような狭バンドギャップポリマーの開発を目指す。電圧向上では、ドナーのHOMO値とアクセプターのLUMO値が大きく関与していることから、発電層ブレンド膜におけるドナー・アクセプターの組み合わせを検討し、さらに、高い電流および高い電圧が得られる素子構造の設計を再検討する。長寿命化と低温プロセス製造のための要素技術に加えて、高効率化に向けた指針が得られれば、本グループの数値目標に近づくことは必然であり、研究内容と目標はAと判断した。</p>

## II 外部アドバイザー(株)倉元製作所・鈴木 聡様のご意見

研究成果の目標達成度：A:高い B:やや高い C:やや低い D:低い ( A )
<p>コメント；未知の部分もまだ多い中で、有機薄膜太陽電池の特長を定め、また、チャンピオンデータを追求し続ける研究開発ではなく実用化に向けた重要要件の一つである高耐久性に主眼を置いての研究開発は、今回のRSETの目的である地産地消費型エネルギーの実現を大きく加速させるものと評価する。加えて、実用の幅を広げるフレキシブル太陽電池製作の基本技術を構築できたことも、この技術を使った価値創出の大きな前進となると評する。</p>
次年度の研究内容と目標は適切か：A:適切 B:概ね適切 C:やや不適切 D:不適切 ( B )
<p>コメント；H25年度までに3.5%以上のエネルギー変換効率達成に向けて、高変換効率の材料開発の方向はより具体化になっているものの、内部目標としてH24年度の発電効率の目標値が必要と捉える(チームのモチベーション維持・アップのためにも)。</p> <p>また、太陽電池製造プロセスの不安定さもあり、未知が多い状況においては、新たな発見を見落とす可能性が危惧されるため、“べき論”は排除し、現象を真剣に観察することをお願いしたい。加えて、プロセス開発、材料開発など、各々の成果の組み合わせが成果となるため、各々の役割やスケジュールなどを書き出し明確化すると共に、共有化することにより、チーム力の向上を図ることを推奨したい。</p>

## 第1部門アドバイザーボード会合の報告

開催日時： 2012年2月11日（土） 9:00～12:50

開催場所： 金沢大学 自然研1号館Cブロック会議室（1C614）

RSET チーフアドバイザー：（独）産業技術総合研究所 矢部理事

RSET 第1部門担当アドバイザー：（株）倉元製作所 鈴木代表取締役社長

第1部門独自に依頼したアドバイザー：（株）イデアルスター 表代表取締役副社長

特別ゲスト（2名 金沢大学イノベーション創成センター）：平子、阿部

教員（7名）：高橋、加納、當摩、生越、桑原、井改、前田

学生（8名）：大村、玉井、西沢、矢野、栗木、永木、山本、市原

### プログラム

1. 9:00 - 9:05 はじめの挨拶 高橋

2. 9:05 - 10:50 成果報告

桑原：新規共役高分子を用いた逆型素子の性能評価とフレキシブル素子の開発状況、大村：ZnOを用いた逆型素子のインピーダンス解析、玉井：両面照射型素子試作の試み、矢野：TiO<sub>x</sub>を用いた逆型素子のインピーダンス解析、生越：優れた正孔輸送特性を有する導電性高分子材料の開発状況、井改：新規共役高分子の開発状況、山本：置換基効果を利用した $\pi$ 共役高分子の分子軌道準位制御、永木：新規チエノピロールジオン系共役高分子の合成と光学特性、栗木：ビチオフェンユニットを側鎖に導入した共役高分子の合成

3. 11:00 - 11:30 OPVを使った新商品開発に関するアイデア発掘

（ブレインストーミング、司会：平子、阿部）

各自がOPVの長所、短所を書き出し、それらの情報を共有することで、最後にOPVを使った新商品開発に関するアイデアを出しあった。ウィットに富んだ司会進行のおかげで、参加者から非常に沢山のアイデアが引き出された。

4. 11:30 - 11:40 アドバイザーコメント 鈴木 聡 様、表 研次 様、矢部 彰様

5. 11:40 - 11:45 おわりの挨拶 高橋

【（株）倉元製作所 鈴木代表取締役社長のコメント】①実用の幅を広げるフレキシブル太陽電池製作の基本技術を構築できたことは、この技術を使った価値創出の大きな前進となると評する。②太陽電池製造プロセスの不安定さもあり、未知が多い状況においては、新たな発見を見落とす可能性が危惧されるため、“べき論”は排除し、現象を真剣に観察することをお願いしたい。③プロセス開発、材料開発など、各々の成果の組み合わせが成果となるため、各々の役割やスケジュールなどを書き出し明確化すると共に、共有化することにより、チーム力の向上を図ることを推奨したい。

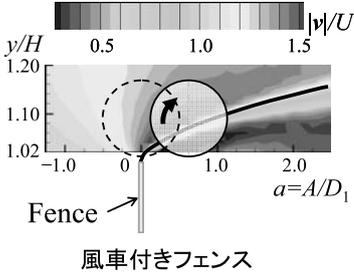
【（株）イデアルスター 表代表取締役副社長のコメント】①低温プロセス開発については、素子を作製して実証確認まで成功しており、十分に目標が達成されている。②新規材料の開発については、独自の設計指針に基づき研究を進めており、設計どおりの電子状態の材料合成を実現し、電圧を向上させることに成功しており、成果は十分に達成しているといえる。③いずれの研究項目も、他大学組織を先行する研究体制・成果であることが高く評価できる。

【(独) 産業技術総合研究所 矢部理事のコメント】①高分子材料は深みがあり、現象が非常に複雑である。実験から良い結果が出てくる可能性が大きいと思われるので見落とさないように研究を進めてもらいたい。②ブレインストーミングはユニークな試みであり、各研究者が実用化に向けた具体的なイメージを持ち研究目的を再確認する上で非常に良い機会になると感じた。他の4つの部門でも実施できると良いと感じた。



第1部門アドバイザリーボード会合における、ブレインストーミング風景

平成23年度 RSET 部門別研究成果報告書

部門名	(第2部門) 自然エネルギー活用	部門長	木綿 隆弘
<p>平成23年度の研究成果及び活動等を記載してください。            1. 研究成果の概要、2. 本年度の実施計画概要に対応した成果報告及び活動報告、            3. ロードマップから見る研究成果の位置づけ、4. 反省点、5. 研究成果をアピールするポンチ絵など            注：本年度の業績や今後の研究課題の設定などに関しては、別紙に記載してください。</p>			
<p><b>1. 研究成果の概要</b></p> <p>小規模分散型の風力・水力・地熱エネルギー利用装置の開発に関して、鏝付きディフューザーによるプロペラ風車、及びフェンス上部に設置したクロスフロー風車の出力向上の条件を明らかにした。水流中で自励振動する角柱と磁歪材料による高出力振動発電技術の可能性を見出した。さらに、地下水熱を利用した暖冷房装置の設計準備を行った。</p> <p>液体バイオ燃料用内燃機関による変動補完発電システムの開発と分散発電システムの構築に関しては、微小液滴生成機構およびその機構解明、小型汎用内燃機関を用いた燃焼特性検証システムの構築を行った。その結果、空間的に大きな温度変化がある場においても液滴の蒸発速度は大きく変わらないことが明らかとなった。</p> <p><b>2. 本年度の実施計画概要に対応した成果報告及び活動報告</b></p> <p>本年度は下記のように6つの課題について取り組んだ。なお、①～④は木綿・木村・上野、⑤～⑥は榎本・山本・金子が担当した。</p> <p><b>①鏝付きディフューザーによる高効率なプロペラ風車の設計・開発</b></p> <p>増速効果を利用した鏝つき集風シュラウド装置とプロペラ風車を組み合わせることにより風車出力の増加が期待される。ローター直径 80m 級の 1/100 モデル機を製作し、風洞により風車の出力特性、及び集風シュラウド内の風速分布について測定した。その結果、MEL081 翼型で鏝高さ 80mm の風車出力は、風車単体の出力に比べて約 1.5 倍になることを明らかにした。</p>  <p style="text-align: right;">集風シュラウド付き風車</p> <p><b>②フェンス上部の増速領域を利用した高出力なクロスフロー風車の設計・開発</b></p> <p>クロスフロー風車付き道路用フェンスは、風速が増加するフェンス上部に風車を設置することで、より多くの電力を発生させ、ドライバのための誘導灯用の独立電源として機能する。風洞実験により、フェンスに対するクロスフロー風車の設置位置と出力との関係を調べ、時計回転で隙間が小さく、風車がフェンスに対してやや後方にある場合に出力が、風車単体に比べて、約 2.5 倍増大することを明らかにした。</p>  <p style="text-align: right;">風車付きフェンス</p> <p><b>③河川などの水流中で自励振動を生じる構造物（角柱など）による振動発電装置の設計・開発</b></p> <p>鉄ガリウム合金の磁歪材料を用いた振動発電技術は、従来の圧電素子などを用いたものに比べて、高</p>			

出力、高効率、高耐熱性、低出力インピーダンスの特徴を有した実用的なものである。本磁歪材料を用いた振動発電デバイスの設計・試作・評価を行った。特に、小型水力振動発電への応用に向けた回流水槽でのモデル実験を行い、辺長比小さい角柱で生じる低速ギャロッピングに注目し、辺長比 0.2 角柱が最も低い流速で振動が発生することを明らかにし、その条件下での振動発電の可能性を見出した。



小型振動発電素子

#### ④地下水などの地中熱を利用した暖冷房装置の設計・開発

地下帯水層に埋設された、同軸熱交換器内を循環する流体の温度変化について、流量や熱交換器周囲の熱伝達率をパラメータにした数値解析プログラムを開発した。地中に大容量の水槽を設置したときの、地中熱利用に対する利点について、集中熱容量法に基づいた解析を行い、水槽内を地下水が貫流する構造が極めて有効であることを見出した。

#### ⑤様々なバイオマス燃料に対応した燃焼状態計測システムの設計・開発

一般的な噴霧を校正する液滴程度の大きさ(直径数 $\mu\text{m}$ )を高い精度で再現、計測するシステムの開発に成功した。その結果、生成された液滴は温度場の空間変動に依存せず一定の速度で蒸発することを明らかにした。

#### ⑥市販の汎用内燃機関の改良と各燃料毎の最大効率運転条件の探査

汎用単気筒火花点火機関を改良、点火時期および燃料噴射時期を自由に制御できるシステムの開発に成功した。その結果、灯油をガソリンに 50vol%混入しても始動性や出力に大きな支障がないことが明らかにした。

### 3. ロードマップから見る研究成果の位置づけ

(1)高効率・低騒音な風力発電システムの開発の「①集風加速装置を用いた高効率な風力発電システムの開発」に関しては、増速効果を利用した風車の技術開発の初期段階である方向性が見出されたと言える。「②静穏な風車の開発」に関しては、来年度から準備を始める。

(2)風力発電出力変動補完用燃焼システムの開発の「①マイクロ波を用いた高応答性燃焼促進システムの開発」に関して、加熱部構造の最適化および応答速度の改善を実施し、定量的評価に耐えられる装置として完成しつつある。「②液体バイオ燃料用内燃機関による変動補完発電システムの開発」に関して、内燃機関試験装置はほぼ整ったので、多様な燃料に対する特徴を検証する。

### 4. 反省点

「(1)の①集風加速装置を用いた高効率な風力発電システムの開発」に関して、部門代表者が開発した可変ピッチ式H形ダリウス風車への増速効果を利用した付帯装置の設計が今年度、進まなかった。補完用燃焼システムは具体的なデータ取得に至っていないので、安定した運用ができるシステムの完成を目指したい。

平成23年度 第2部門 RSET 部門別研究成果リスト

1. 研究論文（学術雑誌掲載のもの）

番号	題 目	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名	レベルの自己判定
1	Flow Structure of a Coaxial Circular Jet with Axisymmetric and Helical Instability Modes	Journal of Fluid Science and Technology, Vol. 6, No. 4, pp.437-452	2011, 7	Kiwata, T. Usuzawa, T. Komatsu, N. Kimura, S. Oshkai, P.	4
2	Effects of Ethanol Ratio and Temperature on Gasoline Atomizing using Local-contact Microwave-heating Injector	Society of Automotive Engineers, 2011-32-0582	2011.11	T. T. Huong H. Enomoto K. Nishioka M. Kushita T. Sakitsu N. Ebisawa	3
3	Evaluation of miniature magnetostrictive actuator using Galfenol under tensile stress	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 44	2011,4	T. Ueno H. Miura S. Yamada	3
4	Simultaneous Updating of Model and Controller Based on Fictitious Reference Iterative Tuning	SICE Journal of Control Measurement and System, Integration, vol. 4, no. 1, pp. 63-70	2011.1	O. Kaneko M. Miyachi T. Fujii	3
	他 8 件				

(レベルの自己判定について4段階で記入)

4. 国際的に高水準の成果
3. 国際水準または国内高水準の成果
2. 外国語による公表または国内水準の成果
1. 国内誌等への公表成果

2. 研究論文（国際会議のプロシーディング）

番号	発表論文題目 (国際会議名、開催地等)	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名	国際会議の評価を自己判定
1	Wind Protection and Performance of a Cross-flow Wind Turbine Located above a Windbreak Fence (13th International Conference on Wind Engineering, Amsterdam, NETHERLANDS)	Proceedings of the 13th International Conference on Wind Engineering, pp.1-8 (USB)	2011, 7	Nakata, H. Kiwata, T. Furumichi, H. Kimura, S. Komatsu, N. Oshkai, P.	A
2	Washout Control of a Cyclic Vehicular Traffic Flow	Preprints of the 18th World Congress of the International Federation of Automatic Control, pp. 8421-8426	2011.8	S. Yamamoto E. Sakaguchi	A
3	Effects of Ethanol Ratio and Temperature on Gasoline Atomizing using Local-contact Microwave-heating Injector	Society of Automotive Engineers, 2011-32-0582	2011.11	T. T. Huong H. Enomoto K. Nishioka M. Kushita T. Sakitsu N. Ebisawa	B
	他 17 件				

(国際会議の位置付け・評価を自己判定して3段階で記入)

- A. 世界規模あるいは大規模な国際会議、国際シンポジウム等
- B. 中規模の国際会議・国際シンポジウム等
- C. 特定分野・小規模な国際会議・国際シンポジウム等

### 3. 国際会議等の基調講演・招待講演

番号	演 題 (国際会議名、開催地等)	発表年月	著者名・発表者名 (発表者名に*印)
1	可変ピッチ式H形ダリウス風車の性能と回転数制御(基調講演) (日本機械学会 北陸信越支部 第48期総会・講演会、OS7 自然と生物の流れ現象とその有効利用、信州大学繊維学部)	2011,3	<u>木綿隆弘</u>
	他5件		

### 4. 著書、編書

番号	書 名	発行所	発行年月	著者名
1	機械工学ハンドブック	朝倉書店、(11. 流れの中の抵抗、pp.431~438 担当)	2011, 10	中島尚正、 岡島 厚、 <u>木綿隆弘</u> 、 他 170 名
	他3件			

### 5. 報告書、解説、資料、展望、総説など

番号	種別	題 目	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名
1	解説	日本における地熱エネルギー開発の現状と世界の動向	機械の研究、Vol. 63, No.10, pp.817-824	2011,10	<u>木村繁男</u>

### 6. 特許等

番号	発明の名称	種別	出願番号	登録番号	氏 名
1	耳穴装着型骨伝導装置	特願	2011-83094		<u>上野 敏幸</u> 三好 正人
	他3件				

### 7. 口頭発表

番号	演 題 (学会名、開催地等)	発表年月	発表者名 (発表者名に*印)
1	拡大・縮小リングを有する円形噴流の流れ特性に関する研究 (第7回生体工学と流体工学に関するシンポジウム講演論文集、pp.8-15, 金沢)	2011, 3	白沢太一* <u>木綿隆弘</u> 小松信義 <u>木村繁男</u>
	他53件		

## 8. 外部資金の獲得状況について

### (1) 科学研究費補助金（研究種目、研究課題名、代表・分担等）

- ・基盤研究(C)(一般)、ノズル内部に設置した偏向板や偏向リングによる噴流の拡散制御に関する研究、代表・木綿隆弘
  - ・基盤研究(B)、磁歪式マイクロ振動発電素子を用いた自動車用自律センシングシステムの開発、代表・上野敏幸
- 他6件

### (2) 政府出資金事業等（事業名、出資機関名、代表・分担等）

- ・MEMS型発電素子の技術開発、新エネルギーベンチャー技術革新事業NEDO、分担・上野敏幸

### (3) 国、地方、民間等との共同研究（研究題目、機関名、代表・分担等）＜民間の場合には企業名の記載なし＞

- ・小形抗力型垂直軸風力発電機の研究、代表・木綿隆弘
- ・防風・防雪柵に備え付ける風力発電装置の開発、金沢市、代表・木綿隆弘
- ・ERF次世代風車研究開発、代表・木綿隆弘
- ・オリフィス下流の壁面せん断応力測定、代表・木綿隆弘
- ・クランクシャフト専用研削盤の効果的クーラント潤滑法、代表・木綿隆弘

### (4) 受託研究（研究題目、委託機関名、代表・分担等）＜民間の場合には企業名の記載なし＞

なし

### (5) 企業・財団等の助成金（賞）（企業・財団等名、研究題目、事業名又は賞名、代表・分担等）

なし

### (6) 特許等による研究費（研究費を受ける発明の名称等）

なし

### (7) 奨学寄附金（件数）

4件

## 第2部門 平成23年度 シンポジウム、セミナー、会議等の開催実績

番号	シンポジウム、セミナー、会議等 (開催地、参加者数)	開催年月	開催者名 (責任者名に*印)
1	金沢大学ー北陸先端科学技術大学院大学の合同研究会「第7回 生体工学と流体工学に関するシンポジウム」 特別講演「火山下の熱過程と火山からの熱抽出」江原幸雄 (九州大学工学研究院地球資源システム工学部門・教授) 一般講演「有孔フェンス上部に設置したクロスフロー風車の性能に関する研究ーフェンス遮蔽領域の影響ー」中田博精 (金沢大学大学院・M1) (第1回自然エネルギー活用部門公開シンポジウムに相当、金沢、50名)	2011.3	木綿隆弘* 木村繁男 松澤輝男 坂本二郎 小松信義
2	第1回自然エネルギー活用部門ミーティング「学生による研究報告」(金沢、33名)	2011.4	木綿隆弘* 榎本啓士 木村繁男 寺岡喜和 小松信義
3	第2回自然エネルギー活用部門ミーティング「学生による研究報告」(金沢、30名)	2011.5	木綿隆弘* 榎本啓士 木村繁男 寺岡喜和 小松信義
4	第3回自然エネルギー活用部門ミーティング「学生による研究報告」(金沢、31名)	2011.6	木綿隆弘* 榎本啓士 木村繁男 寺岡喜和 小松信義
5	第4回自然エネルギー活用部門ミーティング「学生による研究報告」(金沢、30名)	2011.7	木綿隆弘* 榎本啓士 木村繁男 寺岡喜和 小松信義
6	第5回自然エネルギー活用部門ミーティング「学生による研究報告」(金沢、31名)	2011.10	木綿隆弘* 榎本啓士 木村繁男 寺岡喜和 小松信義
7	第6回自然エネルギー活用部門ミーティング「学生による研究報告」(金沢、31名)	2011.11	木綿隆弘* 榎本啓士 木村繁男 寺岡喜和 小松信義

8	第7回自然エネルギー活用部門ミーティング「学生による研究報告」（金沢、30名）	2011.12	木綿隆弘* 榎本啓士 木村繁男 寺岡喜和 小松信義
9	自然エネルギー活用部門第1回セミナー（北海道大学教授・村井祐一による風力発電の最近のトピックスの紹介）（金沢大学、35名）	2012.1	木綿隆弘*
10	金沢大学ー北陸先端科学技術大学院大学の合同研究会「第8回 生体工学と流体工学に関するシンポジウム」 特別講演「エコ水車の開発と普及」池田敏彦（信州大学工学部環境機能工学科・教授） 一般講演「白峰地区流雪溝用投げ込み式小形水車による水力エネルギーの利用」廣瀬利次（金沢大学大学院・M2） （第2回自然エネルギー活用部門公開シンポジウムに相当、金沢、50名）	2012.2	木綿隆弘* 榎本啓士 木村繁男 寺岡喜和 小松信義

平成23年度のテレビ放映、新聞報道など

- ①中日新聞、2011年7月3日【ホームページ:シリーズ現場(石川)】、じわり拡大 金沢産電力 水力や廃棄物発電で自給6%
- ②北陸中日新聞、2011年11月2日【朝刊】、新エネルギーや滞在型観光学ぶ 市議会の2特別委員会
- ③北國新聞、2012年1月24日【朝刊】、車社会を考える金大図書館シンポ
- ④日経ビジネス、2011年11月7日号、技術&トレンド 小型振動発電機(オムロン、村田製作所、金沢大学)
- ⑤北陸中日新聞、2012年2月16日【朝刊】、「エコな白峰」前進 流雪溝で小水力発電 一捨て穴に設置 屋根雪融雪の電源化目標

## アドバイザーボード報告（第2部門）

## I 自己評価

研究成果の目標達成度：A:高い B:やや高い C:やや低い D:低い ( B )
<p>研究開始から現在までの達成状況を評価するとともに、課題を整理・解析してコメントして下さい。</p> <p>風力・水力・地熱エネルギー利用装置の開発に関して、プロペラ風車及びクロスフロー風車の出力向上の条件を明らかにした。自励振動する角柱と磁歪材料による振動発電の可能性を見出し、地下水熱を利用した暖冷房装置の設計準備を行った。</p> <p>噴霧を校正する最小単位である液滴を高精度に再現、観察できるシステムの開発に成功した。多様燃料を動力に変換するための汎用システムの開発を行い、安定に運用できるようになった。</p> <p>以上より、概ね目標を達成できたと言える。</p>
次年度の研究内容と目標は適切か：A:適切 B:概ね適切 C:やや不適切 D:不適切 ( B )
<p>前項の評価を反映させ、課題に対する計画の改善点を明示し、コメントして下さい。</p> <p>次年度は、集風装置を用いたプロペラ風車のデータを元にした垂直軸風車の性能向上の条件を明確化し、様々な風向に対する風車付きフェンスの性能評価、安定した流力振動が生じる形状の解明化、そして、地下水熱を利用した暖冷房装置の実用化に向けた設計を行う。</p> <p>液滴の観察装置の安定動作を確認した後、運用に必要なデータベース構築を行う。それらの結果から、補完に必要な燃料種の運用方法の提案などを行う</p> <p>以上より、自然エネルギーの活用に向けて概ね目標は適切であると言える。</p>

## II 外部アドバイザー（東京大学・荒川 忠一先生）のご意見

研究成果の目標達成度：A:高い B:やや高い C:やや低い D:低い ( B )
<p>コメント</p> <p>個々の研究テーマについて、興味深い実験が行われ、成果が挙げられていることを評価する。振動発電について、単純な発電と考えると効率、コストが不合理になることは明らかであり、どのような環境で利用するかといった情報を丁寧に発信してほしい。一方、対外的な発信について、研究発表のみならず、報道や対外的な応対でも、サステナブルエネルギーの積極的な普及活動に努め、<b>RSET</b> および該当部門の国内外における認知に努力を積み重ねてほしい。</p>
次年度の研究内容と目標は適切か：A:適切 B:概ね適切 C:やや不適切 D:不適切 ( B )
<p>コメント</p> <p>研究計画に基づき、着実に遂行されることを期待する。風車を中心とした研究テーマになっていることは、再生可能エネルギーの経済性などの観点から肯けるものの、出力変動を伴うため、出力調整の2次的なエネルギー設備の研究開発の重要性も増している。関連教員も含めて、バイオ燃料を対象にするなど、サステナブルエネルギーに特化した研究グループの構築を確実に進めていただきたい。</p>

## 第2部門アドバイザーボード会合の報告

開催日時： 2012年2月11日（土） 10:00～13:20

開催場所： 金沢大学 自然科学3号館 Bブロック 3階機能機械会議室（3B315）

RSET 第2部門担当アドバイザー：東京大学大学院 教授 荒川 忠一先生

RSET 第2部門教員：木綿 隆弘（部門長）、榎本 啓士

スケジュール：

- (1) 10:00～11:30 第2部門の概要・年次計画・ロードマップ・今年度の研究成果の説明と第2部門の研究方針についての意見交換
- (2) 11:30～12:00 実験室見学（ハードラボ4）
- (3) 12:10～13:20 昼食会&懇談

内容：

### (1) 第2部門の概要と研究計画についての説明

木綿部門長より、配付資料に基づき、自然エネルギー活用部門の研究テーマの「①小規模分散型風力・水力・地熱エネルギー利用装置の開発」、「②液体バイオ燃料用内燃機関による変動補完発電システムの開発と分散発電システムの構築」と、今年度の研究成果、来年度の研究計画、10年間の年次計画について説明があり、第2部門の研究の方向性について示された。

### (2) 意見交換

第2部門全体の研究テーマ設定と方向性、および個々の研究について、荒川先生からご意見を頂いた。コメントを纏めたものを以下に示す。

- ① 研究テーマの設定と方向性について、問題はない。
- ② 個々の研究テーマについて、興味深い実験が行われ、成果が挙げられている。
- ③ 風車を中心とした研究テーマになっていることは、再生可能エネルギーの経済性などの観点から肯けるものの、出力変動を伴うため、出力調整の2次的なエネルギー設備の研究開発の重要性も増している。
- ④ 振動発電について、単純な発電と考えると効率、コストが不合理になることは明らかであり、どのような環境で利用するかといった情報を丁寧に発信する必要がある。
- ⑤ 対外的な発信について、研究発表のみならず、報道や対外的な対応でも、サステナブルエネルギーの積極的な普及活動に努め、RSETおよび該当部門の国内外における認知に努力を積み重ねる。
- ⑥ バイオ燃料を対象にするなど、サステナブルエネルギーに特化した研究グループ（関連教員も含め）の構築を確実に進める必要がある。
- ⑦ 研究計画に基づき、着実に遂行されることを期待する。

### (3) 実験室見学

ハードラボ4にある風力発電用風車の開発に使用している多目的風洞システム装置と流力振動発電の実験に使用している回流式水槽装置、液体バイオ燃料用の小型汎用内燃機関装置などの見学を行った。

## 平成23年度 RSET 部門別研究成果報告書

部門名	(第3部門) 炭素循環技術部門	部門長	瀧本 昭
<p>平成23年度の研究成果及び活動等を記載してください。</p> <p>1. 研究成果の概要、2. 本年度の実施計画概要に対応した成果報告及び活動報告、 3. ロードマップから見る研究成果の位置づけ、4. 反省点、5. 研究成果をアピールするポンチ絵など</p> <p>注：本年度の業績や今後の研究課題の設定などに関しては、別紙に記載してください。</p>			
<p>RSET設置の初年度として、本部門においては石炭火力発電所から排出されるCO<sub>2</sub>、石炭灰、排熱などの環境負荷の低減を目的に、以下の4課題について基礎的な技術研究に取り組んだ。研究成果では、各課題においてロードマップの1<sup>st</sup>stageに掲げた目標を達成することができた。なお、大型水槽を用いた実証実験に関しては、共同研究契約や装置・機器類の導入時期がやや遅れたことから、次年度以降の目標とする。</p> <p><b>1. CO<sub>2</sub>分離回収の高効率化に関する研究</b>（児玉・大坂）</p> <p>高効率なCO<sub>2</sub>回収技術の確立を目指して、市販のゼオライト系デシカントロータを対象とした温度スイング吸着CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-TSA)回収法の基礎特性の獲得を行った。また、CO<sub>2</sub>-TSAの数学モデルの構築を行うため、ロータ内物質移動を表現する物質移動係数の獲得を行った。</p> <p>ゼオライトハニカムへのCO<sub>2</sub>吸着において、発電所排ガス中にCO<sub>2</sub>とともに存在し、強吸着成分である水蒸気の存在は、CO<sub>2</sub>回収原単位に大きく影響を与える。本年度は、ゼオライトハニカムを用いたCO<sub>2</sub>-TSAサイクル評価装置を作成し、水蒸気存在条件下における、CO<sub>2</sub>回収効率および、CO<sub>2</sub>吸着能の回復率を評価指針とし、本プロセスにおける水蒸気の阻害因子としての強度を評価した。吸着工程において、CO<sub>2</sub>吸着能における水蒸気阻害の影響は、水蒸気が希薄であるため、大きな影響なく阻害しないことが明らかとなった。しかし、ゼオライトハニカムに水蒸気が蓄積した状態から、CO<sub>2</sub>吸着能が温度スイングにより回復する割合を検討した結果、回復率は相対湿度ではなく、再生工程における再生温度に大きく影響を受けることが判明し、伝熱を考慮した物質移動現象の把握が必要であることが明らかとなった。また、水蒸気の強吸着性能を利用した水蒸気吸着によるCO<sub>2</sub>脱着量は、線形性を示し、水蒸気再生によるCO<sub>2</sub>回収の可能性を示す結果を得た。来年度は、水蒸気再生CO<sub>2</sub>-TSAプロセスを構築し、CO<sub>2</sub>回収技術の高効率化を目指す。</p> <p>CO<sub>2</sub>-TSAプロセスの最適化を、数値解析により求めるため、ハニカム層内の物質移動を総括的に表現した物質移動係数の算出を、等温系吸着破過評価装置を作成し求めた。空間速度、流速、温度などの操作因子を変化させ、プロセス解析の基礎物性として、物質移動係数を定量的に獲得した。</p> <p><b>2. 海洋バイオマス育成に関する研究</b>（瀧本・長谷川・三木）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・低コスト高効率の藻類バイオリアクタの開発を目的に、CO<sub>2</sub>マイクロバブルおよびLED光源を用いた海洋バイオマス育成システムを提案し、海中でのCO<sub>2</sub>バブルの溶解特性と海藻育成に影響しない最適気泡径・供給量などを実験的およびシミュレーションモデルにより明らかにしている。また、海中光合成のために、発光ダイオードLEDを光源とする<i>Ulva fasciata</i>海藻育成について、人工気象器内でのLED(violet, blue, green, yellow, red, white)を用いた実験を行い、有効な波長(blue)とその促進効果(落葉温帯林に対して約5倍)を検証した。</li> </ul>			

- ・沿岸生態系の保全と育成の観点から、石川県沿岸域において微量元素の分布を化学形態別に調査した。研究では、クリーン限外ろ過法を用いたスペシエーション法により、真の溶存態、コロイド態および粒子態に微量元素を分画・定量した。フィールド観測において、微細藻類や大型藻類の一時生産に必要な微量必須金属や有機腐植物質の物質循環モデルを構築した。
- ・室内培養試験において、微量必須金属や有機腐植物質の化学形や濃度を制御して、植物プランクトンの増殖に適した条件を探索した。特に、有機腐植物質の存在が微量必須金属のコロイド態画分を増加させ、藻類に対する生物学的有効性を増加させることを明らかにした。
- ・微細藻類（植物プランクトン）の増殖や大型藻類の着床に適したブロック体として、フライアッシュを主成分としたエコブロックの有用性を検討した。室内培養試験において、エコブロックの硬度や成分組成の安定性、微量必須元素の溶出挙動を求め、エコブロックの利用が藻類の生長を2-3倍程度まで促進することを明らかにした。
- ・企業等との共同研究化の推進成果：鉄鋼副産物活用による海域環境修復機構の解明についての共同研究（1月締結）。

### 3. 高品質フライアッシュの製造とコンクリートへの活用の技術開発（鳥居）

産官学連携による「北陸地方におけるコンクリートへの有効利用推進検討委員会（委員長：鳥居）」が立ち上がり、石川県の七尾大田火力発電所では、原料炭の選別とサイクロンによる分級化により高品質フライアッシュ（JIS I種灰）の製造技術が確立された。現在、石川県、富山県の両県で年3万ト、来年8月までに福井県で年3万トの高品質フライアッシュの安定的な供給体制が整いつつある。北陸3県の生コンクリートへの適用を目指して、コンクリートの配合や施工の技術を指導し、石川県及び富山県での試験施工が完了した。これらの活動は、全国的な注目を集めており、日本材料学会主催の「フライアッシュの有効利用シンポジウム（立命館大学、平成23年12月12日）」にて基調講演を行った。

- ・企業等との共同研究化の推進成果：フライアッシュ（石炭灰）硬化体の有効活用についての共同研究（2月締結）。

### 4. 排熱回収方法と余剰排熱の有効利用法（児玉・汲田・多田）

火力発電所排熱のうち、急冷が必要となる復水器からの排熱は、海水温プラス7℃程度であり、民生利用には不向きである。よって、復水器排熱は、藻類の成長促進に利用するものとして、当面、活用対象から除外することとした。煙道排熱については、圧力損失の問題があるが、上記の温度スイング型CO<sub>2</sub>吸着回収プロセスの駆動熱源となり得ることから、検討対象に低圧力損失型の熱交換技術も含めることとした。また、省エネルギーの重要性を鑑み、検討対象を分散型発電設備や工場排熱、さらには太陽熱に広げることとした。低級熱エネルギー利用技術として、吸着式デシカント空調装置の高度化研究を進めてきたが、新たな取り組みとして蓄熱機能を盛り込むことを検討した。水蒸気に対する吸着特性が異なる吸着材を担持したハニカム吸着材を複数準備し、蓄熱放熱挙動と水蒸気吸脱着挙動を調べた結果、ゼオライト系吸着材は、放熱・除湿利用において、風量、温度、湿度の経時変化が小さくなる点でシリカゲル系吸着材に比べて扱い易いことがわかった。しかし、ハニカムロータの体積当たりの蓄熱密度は決して大きくなく、蓄熱・放熱過程で材料形状が変化するなど、更なる工夫が必要である。

## 平成23年度 第3部門 RSET 部門別研究成果リスト

## 1. 研究論文（学術雑誌掲載のもの）

番号	題 目	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名	レベルの自己判定
1	Effectiveness parameters for the prediction of the global performance of desiccant wheels - An assessment based on experimental data	<i>Renewable Energy</i> , Vol. 38, No. 1, pp.181-187	2012.1	Ruivo C.R., Costa J.J., Figueiredo A.R., Kodama A	3
2	Streptobactin, a Tricatchole-Type Siderophore from Marine-Derived Streptomyces sp. YM5-799	<i>Journal of Natural Products</i> , 74, pp.2371-2376	2011. 10	Matsuo Y., Kanoh K., Jang J., Adachi K., Matsuda S., Miki O., Kato T., Shizuri Y.	4
3	Recovery of toxic metal ions from washing effluent containing excess aminopolycarboxylate chelant in solution	<i>Wat. Res.</i> , 45, pp. 4844-4854	2011. 10	Hasegawa H., I.M.M. Rahman, Nakano M., Z. A. Begum, Egawa Y., Maki T., Furusho Y., Mizutani S.	4
他 31 編					
(レベルの自己判定について4段階で記入)					
4. 国際的に高水準の成果					
3. 国際水準または国内高水準の成果					
2. 外国語による公表または国内水準の成果					
1. 国内誌等への公表成果					

## 2. 研究論文（国際会議のプロシーディング）

番号	発表論文題目 (国際会議名、開催地等)	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名	国際会議の評価を自己判定
1	Study on the low temperature activation of dry desulfurization process by the accelerated oxidation (ICSST11, Jeju, Korea)	Proceedings of the 9th international conference on separation science and technology.	2011. 11	Osaka Y., Kodama A.	B
2	Continuous monitoring of COD in industrial wastewater using Fluorescence Spectroscopy Effect (Tokyo, Japan)	Proceedings of the 4th IWA-ASPIRE Conference , pp.180	2011.10	Kato F., Urata M., Miki O., Kato T., Hashiba M.	A

3	The Cracking of Prestressed and Precast Concrete Members Deteriorated by Alkali-Silica Reaction (Rotorua, New Zealand)	Proceedings of 9 <sup>th</sup> Inter. Sympo. on High Performance Concrete CD-R 8pages	2011. 8	Torii K., Minato T., Nakajima Y., Yamato H.	A
他 10 編					
(国際会議の位置付け・評価を自己判定して3段階で記入)					
A. 世界規模あるいは大規模な国際会議、国際シンポジウム等					
B. 中規模の国際会議・国際シンポジウム等					
C. 特定分野・小規模な国際会議・国際シンポジウム等					

## 3. 国際会議等の基調講演・招待講演

番号	演 題 (国際会議名、開催地等)	発表年月	著者名・発表者名 (発表者名に*印)
1	The severely Damaged ASR-Affected Bridge Piers and its Countermeasures in Japan (Annual Meeting of Thailand Concrete Institute, Rayohn, Thailand)	2011.10	Torii K. *
他 2 件			

## 4. 著書、編書

番号	書 名	発 行 所	発行年月	著者名
1	化学工学便覧改訂七版 第10章 吸着・イオン交換 (担当 10.6.1-b.(iii) 除湿空調、pp.565-566)	丸善出版	2011.9	児玉昭雄
2	Eco-environmental consequences associated with chelant-assisted phytoremediation of metal-contaminated soil. (In: Handbook of Phytoremediation, I. A. Golubev ed.)	Nova Science Publishers, Inc., New York, pp. 709-722	2011. 7.	I.M.M. Rahman, M.M. Hossain, Z.A. Begum, M.A.Rahman, Hasegawa H.
他 4 編				

## 5. 報告書、解説、資料、展望、総説など

番号	種 別	題 目	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名
1	総説	フライアッシュの活用によるコンクリートの高耐久化—北陸地方のASR問題への取り組みと情報発信—	電力土木、pp.1-5	2012. 1	鳥居和之
他、6 編					

## 6. 特許等

番号	発明の名称	種別	出願番号	登録番号	氏 名

1	熱交換器の伝熱管配列構造 他 1 件	特許	特願 2011-159027		大西 元、 多田幸生、 瀧本 昭
---	-----------------------	----	----------------	--	------------------------

7. 口頭発表

番号	演 題 (学会名、開催地等)	発表年月	発表者名 (発表者名に*印)
1	吸着冷凍のための複合吸着材の開発 [依頼講演] (化学工学会第 4 回 3 支部合同福井大会、 福井) 他 24 件	2011. 12	汲田幹夫*

8. 外部資金の獲得状況について

(1) 科学研究費補助金 (研究種目、研究課題名、代表・分担等)

- ・ 挑戦的萌芽研究、湿度差スイングを駆動源とする超低消費エネルギー型吸着式 CO2 分離の可能性検討、  
代表・児玉昭雄
- ・ 環境省循環型社会形成推進科学研究費補助金、熔融飛灰及び焼却飛灰の資源化と有用金属回収を可能とする化学的ゼロエミッション技術の開発、代表・長谷川浩
- ・ 基盤研究 (C)、放射性廃棄物中の高濃度アルカリ塩によるセメント硬化体の長期劣化現象と対策の提案、  
代表・鳥居和之  
他 5 件

(2) 政府出資金事業等 (事業名、出資機関名、代表・分担等)

- ・ JST、研究成果最適展開支援プログラム (A-S T E P) 探索タイプ、汚染土壌中重金属の低環境負荷・高効率除去を実現するキレート洗浄技術の開発、代表・長谷川浩  
他 1 件

(3) 国、地方、民間等との共同研究 (研究題目、機関名、代表・分担等) <民間の場合には企業名の記載なし>

- ・ エンジン系燃焼促進剤の開発、代表・瀧本昭
- ・ 鉄鋼副産物活用による海域環境修復機構の解明、代表・三木理
- ・ 水蒸気吸着剤 AQSOA を用いた蓄熱型デシカント設備の開発、代表・児玉昭雄
- ・ カーボンポーラスコンクリートの環境浄化機能に関する検証、代表・長谷川浩
- ・ 腐植酸を用いた植物プランクトンの生長促進に関する研究、代表・長谷川浩  
他 7 件

(4) 受託研究 (研究題目、委託機関名、代表・分担等) <民間の場合には企業名の記載なし>  
1 件

(5) 企業・財団等の助成金 (賞) (企業・財団等名、研究題目、事業名又は賞名、代表・分担等)  
2 件

(6) 特許等による研究費 (研究費を受ける発明の名称等)  
なし

(7) 奨学寄附金 (件数)  
7 件

## 第3部門 平成23年度 シンポジウム、セミナー、会議等の開催実績

番号	シンポジウム、セミナー、会議等 (開催地、参加者数、概要)	開催年月	開催者名 (責任者名に*印)
1	「大学院改革による高度専門職業人（研究開発型人材）の育成」事業 ～グリーン・イノベーションを目指す機械工学的素養の創出～サステナブルエネルギー研究センター炭素循環技術部門共催 エネルギー・環境技術 特別講演会 ・新日本製鐵(株) 藤本 健一郎 氏 (金沢大学、約150名) ・「製鐵副生物の処理・利用技術開発」という題目で、製鋼スラグを活用した海域環境修復への取り組みを中心にご講演と意見交換。	2012.2	瀧本 昭* 児玉昭雄* 三木 理 長谷川浩 阿部義男
2	「大学院改革による高度専門職業人（研究開発型人材）の育成」事業 ～グリーン・イノベーションを目指す機械工学的素養の創出～サステナブルエネルギー研究センター炭素循環技術部門共催 エネルギー・環境技術 特別講演会 ・新日鉄エンジニアリング(株) 當間 久夫 氏 (金沢大学、約150名) ・「下水汚泥処理の現状及び固形燃料化技術について」という題目で、造粒乾燥システムによる)下水汚泥の固形燃料化の開発を中心にご講演と意見交換。	2012.1	瀧本 昭* 児玉昭雄* 三木 理 長谷川浩 阿部義男
3	「大学院改革による高度専門職業人（研究開発型人材）の育成」事業 ～グリーン・イノベーションを目指す機械工学的素養の創出～サステナブルエネルギー研究センター炭素循環技術部門共催 エネルギー・環境技術 特別講演会 ・三菱化工機(株) 宮島 秀樹 氏 (金沢大学、約150名) ・「水素社会の未来と展望」という題目で、小型、中型、大型水素製造装置の開発を中心にご講演と意見交換。	2012.1	瀧本 昭* 児玉昭雄* 三木 理 長谷川浩 阿部義男
4	炭素循環技術部門 第2回ミーティング (金沢大学、7名) ・研究開発状況の相互報告、および、新たな専任教員の赴任に伴い、今後の進め方を中心に協議、確認した。	2011.10	瀧本 昭* 三木 理 児玉昭雄 長谷川浩 鳥居和之 汲田幹夫 大坂侑吾
5	平成23年度金沢大学コンクリートフォーラム (第3回炭素循環技術部門 夏季セミナー 金沢、200名) 「北陸地方におけるフライアッシュのコンクリートへの有効利用促進」をテーマに実施 ・福留和人氏 ハザマ技術研究所、久保哲司氏 北陸電力(株)、宮野暢紘氏 住友大阪セメント(株) ・コンクリートの製造者や建設会社の技術者を対象として、最近のフライアッシュの有効利用の動向やアルカリシリカ反応への対策について講演と意見交換。	2011.8	鳥居和之* 瀧本 昭

6	International Seminar on ASR Problem in Thailand and Japan (Osaka, 60名) ・タイ国から30名の視察団(タイ道路公社、タイ空港公社、タマサート大学、AITなど)を大阪に迎えて、タイ国のASRの特徴と今後の対策について講演と意見交換、セミナーの後に、阪神高速道路のASR対策の現場見学を実施。	2011.7	Torii K. *
7	第2回炭素循環技術部門 春季セミナー (金沢大学、11名) ・坂本 守氏 ハザマ技術研究所 ・「石炭灰関連技術について」という題目で、石炭灰有効利用技術とその取組状況についてご講演と意見交換。	2011.6	瀧本 昭 長谷川浩 鳥居和之* 多田幸生 大坂侑吾
8	炭素循環技術部門 第1回ミーティング (金沢大学、7名) ・センターの発足に伴い、部門の運営、開発目標、各メンバーの今後の進め方を中心に協議、確認した。研究開発のカテゴリーと責任者は次の通り。バイオマス育成(瀧本・長谷川)、二酸化炭素回収(児玉)、石炭灰利用(鳥居)、排熱利用(児玉)。	2011.5	瀧本 昭* 児玉昭雄 長谷川浩 鳥居和之 多田幸生 汲田幹夫 大坂侑吾
9	第1回炭素循環技術部門 セミナー (金沢大学、40名) ・橋本 徹氏 北陸電力(株) ・三木 理氏 新日本製鐵(株) ・橋本氏からは「北陸地方産フライアッシュの品質とコンクリートへの有効利用」、三木氏からは、「製鋼スラグを活用した海域環境修復への取り組み」という題目で、石炭火力発電所や製鉄所から発生する副産物の有効利用についてご講演と意見交換。	2011.3	瀧本 昭* 長谷川浩 児玉昭雄 鳥居和之
10	金沢大学重点戦略経費 政策課題対応型研究推進ワークショップ「デシカント空調システムの課題と今後」 (金沢、60名) ・(株)アースクリーン東北 吉田康敏 氏の基調講演「デシカント空調、開発・販売の15年を振り返る」と13件の講演および総合討論で構成した。空調の省エネルギーへの貢献が期待されるデシカント技術について、その導入効果と課題を明確にするとともに新たな連携を模索した。	2011.3	児玉昭雄*

平成23年度のテレビ放映、新聞報道など(2011年度、2件、鳥居和之)

- ・コンクリート工業新聞 (H23.3.24)  
「北陸地方におけるFA有効利用検討委員会—鳥居和之委員長に聞く」
- ・セメント新聞 (H23.7.18)「北陸地方で有効利用ヘーフライアッシュ混合コンクリート」

## アドバイザーボード報告（第3部門）

## I 自己評価

研究成果の目標達成度： A:高い B:やや高い C:やや低い D:低い	( B )
<p>研究開始から現在までの達成状況を評価するとともに、課題を整理・解析してコメントして下さい。</p> <p>部門立ち上げの初年度として、機械系・化学系・土木系・環境系の幅広い分野のメンバーからなる炭素循環技術部門の共通研究課題についての意見交換（ミーティング3回、セミナー講演会6回など）が行われ、協力体制が確立されるとともに、新規テーマならびに企業との連携研究の進展があった。また、専任教員としての三木教授の着任により、部門の組織体制が整ったが、研究遂行にむけての大型装置・機器類の導入が次年度になるため、研究課題の一部が遅れている。</p>	
次年度の研究内容と目標は適切か： A:適切 B:概ね適切 C:やや不適切 D:不適切	( A )
<p>前項の評価を反映させ、課題に対する計画の改善点を明示し、コメントして下さい。</p> <p>平成23年度には、各課題においてロードマップの1<sup>st</sup>stageに掲げた目標に沿った成果をあげることができた。一方で、長期計画では、「藻類バイオリアクタの開発」において大型装置の導入が次年度となり、研究にやや遅れが出ている。そこで、平成24年度に向けて、専任教員を軸として各課題で企業との共同研究計画を立案し、実用技術開発を指向した課題を推進するようにした。更に、各個別課題間で連携し有機的な研究体制を組むことで目標を達成する計画を立案した。</p>	

## II 外部アドバイザー（東京工業大学・柏木 孝夫先生）のご意見

研究成果の目標達成度： A:高い B:やや高い C:やや低い D:低い	( A )
<p>コメント</p> <p>研究者の専門性、組織的研究成果等を複眼的に見ると、極めて高いと評価する。領海を含めると世界6位の国土を有する我が国において、海洋の低炭素化に向けた効果的利用技術の研究開発に着目し、藻類の高度成長システム確立に向け、その基盤が築かれている。一方、各種排熱の有効利用はこれまで、その重要性が永年指摘されてきたにも拘わらず、体系的な研究が少なかったが、本プロジェクトでは極めて専門性の高い研究者らが斬新なアイデアで基礎から応用に至る広い視点からの研究成果を達成しており、今後の成果を大いに期待したい。</p>	
次年度の研究内容と目標は適切か： A:適切 B:概ね適切 C:やや不適切 D:不適切	( A )
<p>コメント</p> <p>CO2問題は、化石燃料の国際的配分を意味するための今世紀最大の国際政治課題である。海洋や排熱の利用など、これまで一連の研究体制が確立されていなかった分野に絞って包括的な研究推進組織にした点は、本プロジェクトの極めて重要かつ独創的な点である。</p>	

## 平成23年度 RSET 部門別研究成果報告書

部門名	(第4部門) エネルギー・環境材料	部門長	上杉喜彦
<p><b>1. 研究成果の概要 (全体成果概要)</b></p> <p>本部門研究では、「重相構造プラズマ」の構造解明と制御手法の基礎開発研究に関して研究を行っている。この重層構造プラズマは高気圧高温プラズマを利用する産業に多く表れ、その構造を詳細に理解し、さらに高度に利用することが産業の革新技術に繋がる。ここでは、これまで培ってきた「大電力かつ大気圧で動作する高熱流プラズマ」、「大電流での超高温アークプラズマ」あるいは「高強度レーザアブレーションプラズマ」を生成する技術を用いて、「エネルギー・環境材料」分野での応用技術に繋げることを全体目標としている。</p> <p>平成23年度の成果は、以下の個別課題「アークプラズマの高速な応答を介し、高速に大電流を遮断する技術の高度化」、「超高温アークプラズマを利用した材料切断や溶射技術の高効率化」「次世代高速・高効率半導体プロセスの開発」、「熱核融合炉における低損傷・低損耗の材料の開発とトリチウム除去に関する基礎物理」、「機能性材料の表面改質技術やナノ粒子の高速生成技術の開発」、「プラズマ支援による高効率燃焼技術の開発」に関する、基礎研究実験装置の構築と基礎データの取得である（←ロードマップ、年次計画において平成23年度研究の位置づけ）。</p> <p>以下の章において個別課題の具体的成果を示す。</p> <p><b>2. 2011年度実施計画概要に対応した成果報告および活動報告 (個別成果)</b></p> <p><b>2.1. 大電流アーク遮断現象解明に関する研究 (株式会社東芝との共同研究とも関連) &lt;連携: 田中、上杉、森本&gt;</b></p> <p>→実施計画書:「誘導プラズマ/アークプラズマ発生装置等を用いた高エネルギー密度プラズマ-固体材料相互作用の解明にむけた基礎実験」、「非平衡電磁流体解析コードの開発」</p> <p>現在、高電圧電力系統においては、短絡故障時には63kAもの大電流が流れる。電力用遮断器はこの大電流を確実に高速に切る責務を負う。大電流遮断時に、電力用遮断器において電極を開極するとアークプラズマが発生する。遮断器はこのプラズマにSF<sub>6</sub>ガスを吹き付けることでプラズマを消滅させることにより大電流を遮断している。しかし、アーク遮断現象は非常に高速の過渡現象であり、プラズマ温度、電子密度などの減衰過程は完全には解明されていない。最近ではポリマーの溶発現象からの影響も取りざたされており、その解明が望まれている。平成23年度においては、上記遮断現象を把握するために簡易アーク装置を設計構築し、アーク挙動を高速ビデオカメラで確認した。ガス吹付けアークにおいては、おもにノズルスロットと呼ばれ最もノズルが絞り込まれた箇所におけるアークが高速に減衰していく様子が確認できた。本実験装置の構築により分光装置などと組み合わせてアークの減衰過程を詳細に検討できる可能性がある。またこのアークプラズマの減衰過程を対象とした非平衡電磁熱流体解析モデルの構築に着手し、プラズマ減衰過程における温度変化などを明らかにできた。</p> <p><b>2.2 新型変調型誘導熱プラズマによる高速表面改質技術への応用に関する研究</b></p> <p>→実施計画書:「誘導プラズマ/アークプラズマ発生装置等を用いた高エネルギー密度プラズマ-固体材料相互作用の解明にむけた基礎実験」&lt;連携: 田中、徳田、川江、上杉、石島、猪熊&gt;</p> <p>独自に開発した「大電力変調型誘導熱プラズマ発生装置」を用いて高エネルギー密度プラズマを発生させ、材料表面改質を試みた。変調型誘導熱プラズマ装置は、熱プラズマを維持するコイル電流を矩形波的に変調させることにより、熱プラズマに過渡変化を与えるものである。この技術により、従来困難であった熱プラズマ温度の詳細制御を行うほか、反応性の高い粒子(ラジカル)を高密度に得られることを確認している。平成23年度においては、Ar-N<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>変調型誘導熱プラズマを用いて、Ti材料の高速窒化処理を試みた。その結果、変調を加えた誘導熱プラズマを用いた場合、変調させない誘導熱プラズマの場合に比較して、試料材料表面温度を低下させた状態で、かつ表面改質に必要な照射ラジカルの密度を高められることを、分光観測と質量分析器の結果から確認できた。これらの結果は、変調誘導熱プラズマを用いた場合に材料表面の熱ダメージを抑えた高速表面改質プロセスが実現できることを示している。</p>			

### 2.3 新型変調型誘導熱プラズマによる機能性ナノ粒子の高制御・高速生成（日清製粉グループ本社との共同研究と関連）

＜連携（準備も含）：田中、上杉、大谷、瀬戸、石島＞

→実施計画書：「誘導プラズマ/アークプラズマ発生装置等を用いた高エネルギー密度プラズマ-固体材料相互作用の解明にむけた基礎実験」、「プラズマとナノ粒子間の重相相互作用の検討」

独自技術「大電力変調型誘導熱プラズマ発生装置」のもう一つの応用技術として、機能性ナノ粒子の高制御・高速生成を試みている。ここでターゲットとしたナノ粒子は酸化チタン  $\text{TiO}_2$  ナノ粒子である。 $\text{TiO}_2$  は色素増感型太陽電池材料、光触媒、水処理、水素生成などへの利用がなされ研究されている。最近ではアレルギーのない治療薬への応用も期待されている。変調誘導熱プラズマを用いて  $\text{TiO}_2$  ナノ粒子を生成でき、変調度に応じて粒径を制御できることが判明した(図1)。さらにアナターゼ準安定相の割合は変調度にかかわらず 0.8 以上と高い値となることがわかった。

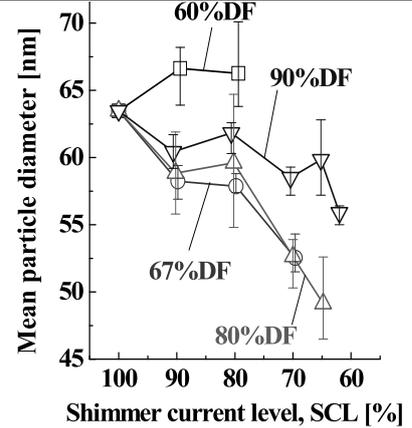


図1. 粒径と変調度の関係

### 2.4 プラズマ切断装置におけるアークと電極界面相互作用の解明（株式会社コマツ産機との共同研究と関連）

＜連携（準備も含む）：上杉、田中、石島、森本＞

→実施計画書：「誘導プラズマ/アークプラズマ発生装置等を用いた高エネルギー密度プラズマ-固体材料相互作用の解明にむけた基礎実験」、「重相構造プラズマと固体材料間の相互作用を用いた新規機能性発現材料創成の検討」

アークプラズマを用いる産業応用としてプラズマ切断機がある。プラズマ切断機のランニングコストは電極として用いるハフニウムの損耗が押し上げており、この損耗を抑えることが重要である。アークプラズマが維持された状態でハフニウム電極との接触点の温度を、カラー高速度ビデオカメラとノズル窓を適用することで明らかにする方法を考案検討した。その結果、電極表面温度の分布とその時間変化を、明らかにでき、さらに電流、ガス流量、圧力条件を変更させた場合の影響についても明らかにできた。

### 2.5 静電放電重畳による炭化水素燃焼の速度向上に関する研究

＜連携：上杉、田中＞

→実施計画書：「電磁場・高エネルギー密度プラズマ重畳による炭化水素燃焼促進効果の解明」

近年、環境・エネルギー問題への関心の高まり、エネルギー資源の有効利用が求められている。その解決策として、プラズマ支援燃焼が提唱されている。プラズマ支援燃焼では、燃焼場にプラズマを重畳させて、燃料の着火性の向上や、燃焼反応を促進させる技術である。その中でもここでは特に、非平衡プラズマが燃焼反応へ及ぼす効果に注目

した。この技術は内燃機関における燃料の高効率利用や、希薄燃焼の安定化、着火の促進に应用できる。本研究では、燃焼火炎への大気圧のグロー放電重畳した場合の効果の解明を目的とし、ブタンと酸素の予混合炎を対象とし、電極を用いて放電を重畳させた。その結果、直接燃焼炎に放電を重畳することで高エネルギーの電子を容易に供給することができ、顕著な燃焼反応促進効果が得られることを見出した。放電の有無による発光強度変化、燃焼速度の変化という観点から放電重畳効果を検討できた(図2)。

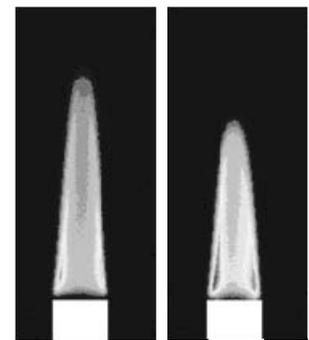


図2 燃焼炎への放電重畳効果

(左：燃焼炎のみ、右：放電重畳時)

### 3. 反省点

平成23年度においては個別研究について、一定の成果を得ることができた。今後は、応用研究に直結する成果をあげるとともに、さらに連携ネットワークの構築とネットワーク濃度を高め、より分業的に効率的に研究を進めていく必要がある今後の課題である。

## 平成23年度 第4部門 RSET 部門別研究成果リスト

## 1. 研究論文（学術雑誌掲載のもの）

番号	題 目	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名	レベルの 自己判定
1	Spallation particle ejection from polymer surface irradiated by thermal plasmas	IEEE Trans. Plasma Sci., Vol. 39, No.11, pp.2776-2777.	2011, 11	Y. Tanaka, N. Shinsei, K. Amitani, J. Wada, S. Okabe	4
2	Refractory Organic Solute Decomposition in Water using Microwave Plasma	Trans. Mater. Res. Soc. Jpn. Vol.36, pp.475-478.	2011, 11	T. Ishijima, R. Saito, H. Sugiura, H. Toyoda	4
3	Hysteresis loops of polarization and magnetization in BiNd <sub>0.05</sub> Fe <sub>0.97</sub> Mn <sub>0.03</sub> O <sub>3</sub> /Pt/CoFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> layered epitaxial thin film grown by pulsed laser deposition	Thin Solid Films, Vol. 519, Issue 22, pp.7727-7730.	2011, 9	T. Kawae, J. Hu, H. Naganuma, T. Nakajima, Y. Terauchi, S. Okamura, A. Morimoto	4
4	Influence of coil current modulation on TiO <sub>2</sub> nanoparticle synthesis using pulse-modulated induction thermal plasmas	Thin Solid Films, Vol. 519, Issue 20, pp.7100-7105.	2011, 8	Y. Tanaka, H. Sakai, T. Tsuke, Y. Uesugi, Y. Sakai, K. Nakamura	4
他 2 9 編					
(レベルの自己判定について4段階で記入)					
4. 国際的に高水準の成果					
3. 国際水準または国内高水準の成果					
2. 外国語による公表または国内水準の成果					
1. 国内誌等への公表成果					

## 2. 研究論文（国際会議のプロシーディング）

番号	発表論文題目 (国際会議名、開催地等)	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名	国際会議 の評価を 自己判定
1	Influence of Microwave Electric Field on Spatial and Time-Variation of H <sub>β</sub> Spectra in Pulsed-Microwave Atmospheric Pressure Plasma (ICPIG XXX, Belfast, U.K.)	Proceedings of the 30th International Conference on Phenomena in Ionized Gases (ICPIG), p. 18	2011, 9	T. Murase, A. Kamata, T. Ishijima, H. Toyoda	A
2	Nanoparticle synthesis using high-power modulated induction thermal plasmas with intermittent synchronized feeding of raw materials (ISPC-20, Philadelphia, USA)	Proceedings of the 20th International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC)	2011, 7	Y. Tanaka, H. Sakai, T. Tsuke, W. Guo, Y. Uesugi, Y. Sakai, K. Nakamura	A

3	Dynamic response of refractory metal electrode to $\sim$ GW/m <sup>2</sup> plasma heat load in the stabilized arc discharges (1st Int. Conf. Fusion Energy Mater. Sci, Rosenheim, Germany) 他39編	Proceedings of 1st Int. Conf. Fusion Energy Mater. Sci. p.198.	2011, 5	Y. Uesugi, K. Yoshida, Y. Katada, Y. Yamaguchi, Y. Tanaka	A
---	--	--	---------	---	---

(国際会議の位置付け・評価を自己判定して3段階で記入)  
 A. 世界規模あるいは大規模な国際会議、国際シンポジウム等  
 B. 中規模の国際会議・国際シンポジウム等  
 C. 特定分野・小規模な国際会議・国際シンポジウム等

## 3. 国際会議等の基調講演・招待講演

番号	演 題 (国際会議名、開催地等)	発表年月	著者名・発表者名 (発表者名に*印)
1	Arc plasma simulation inside a plasma arc cutting torch considering hafnium cathode evaporation (The 3rd Int. Round Table on Thermal Plasmas for Industrial Applications, Johannesburg, South Africa) 他2件	2011, 11	Y. Tanaka*, N. P.Long, Y. Katada, Y. Uesugi, Y. Yamaguchi

## 4. 著書、編書

番号	書 名	発 行 所	発行年月	著者名
1	薄膜工学(第2版)	丸善(東京)刊	2011, 6	金原繁、多賀康訓、 吉田貞史、森本章治 他17名

## 5. 報告書、解説、資料、展望、総説など

番号	種 別	題 目	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名
1	資料	Ar/CH <sub>4</sub> /H <sub>2</sub> 変調型誘導熱プラズマによる炭素膜生成実験	電気学会プラズマ研究会 PST-11-117(5pp)	2011, 12	藤本健太、 春多洋佑、 田中康規、 上杉喜彦
2	報告書	「ナノ粒子特性評価手法の研究開発」 他19編	工業ナノ粒子フィルタ性能試験に関する手順書・新エネルギー・産業技術総合開発機構委託研究(P06041)	2011	大谷吉生、 瀬戸章文

## 6. 特許等

番号	発明の名称	種別	番号	登録番号	氏 名
1	帯電粒子の帯電量特定装置 他、公開特許4件	特許公開	2011-202965		大谷吉生 瀬戸章文

## 7. 口頭発表

番号	演 題 (学会名、開催地等)	発表年月	発表者名 (発表者名に*印)
1	Nanoparticle Synthesis of TiO <sub>2</sub> and Ni using Pulse-Modulated Induction Thermal Plasmas, (Plasma conference 2011, Kanazawa, Japan)	2011.11	T. Tsuke*, W. Guo, Y. Tanaka, Y. Uesugi, S. Watanabe, K. Nakamura
	他 10 件		

## 8. 外部資金の獲得状況について

## (1) 科学研究費補助金 (研究種目、研究課題名、代表・分担等)

- ・挑戦的萌芽研究、ナノ・マイクロ/スプレーシオンポリマ粒子分散系による大電流アーク遮断の新技術創出、代表・田中康規
- ・基盤研究(A)、スマート変調制御高熱流メゾプラズマシステム開発による革新的高効率ナノ材料生成、代表・田中康規
- ・若手研究(B)、液中内気泡プラズマの基本特性の解明、代表・石島達夫

## (2) 政府出資金事業等 (事業名、出資機関名、代表・分担等)

- ・研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) フィージビリティスタディ (F S) ステージ探索タイプ、高気圧変調誘導熱プラズマによる純金属ナノ粒子の革新的高効率・大量選択生成法の開発、代表・田中康規

## (3) 国、地方、民間等との共同研究 (研究題目、機関名、代表・分担等) &lt;民間の場合には企業名の記載なし&gt;

- ・大阪大学接合科学研究所公募共同研究、代表・田中康規
  - ・東北大学流体科学研究所公募共同研究、代表・田中康規
- 他 3 件

## (4) 受託研究 (研究題目、委託機関名、代表・分担等) &lt;民間の場合には企業名の記載なし&gt;

- なし

## (5) 企業・財団等の助成金 (賞) (企業・財団等名、研究題目、事業名又は賞名、代表・分担等)

- ・財団法人 JKA、ナノマイクロポリマによるアーク遮断研究補助事業、代表・田中康規

## (6) 特許等による研究費 (研究費を受ける発明の名称等)

なし

## (7) 奨学寄附金 (件数)

1 件

## 第4部門 平成23年度 シンポジウム、セミナー、会議等の開催実績

番号	シンポジウム、セミナー、会議等 (開催地、参加者数)	開催年月	開催者名 (責任者名に*印)
1	Seminar of Plasma-Material Interactions and Fusion Material (Prof. Kyu-Sun Chung, Center for Edge Plasma Science, Division of Electrical & Biomedical Engineering, Hanyang University) (金沢、参加者 20 名)	2012, 2	上杉喜彦* 田中康規 石島達夫
2	Seminar of High Density Thermal Plasma Applications (Dr. Choi, Tokyo Institute of Technology, Dr. Dougakiuchi, Shimane Institute) (金沢、参加者 20 名)	2012, 1	上杉喜彦 田中康規* 石島達夫
3	PLASMA conference 2011 (金沢、参加者 1072 名)	2011, 11	上杉喜彦* 田中康規 石島達夫 森本章治 川江 健 徳田規夫
4	Seminar of Understanding of diamond electronic junctions and interfaces via atomic and Kelvin force microscopy (Dr. Bohuslav Rezek, Head of Laboratory of Functional Nano-Interfaces at the Department of Thin Films and Nanostructures, Institute of Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic) (金沢、20 名)	2011, 11	猪熊孝夫* 徳田規夫
5	第2回プラズマ支援燃焼研究会 (滋賀県大津市、60 名)	2011, 11	上杉喜彦*

平成23年度のテレビ放映、新聞報道など

- ・北國新聞 (平成23年4月21日、「高性能メモリーに新素材」)
- ・日刊工業新聞 (平成23年9月7日、「ダイヤモンドからグラフェン 金沢大が合成法 たわみ少なく品質安定」)
- ・朝日新聞 (平成24年2月8日、石川版、「金沢大学探訪 ダイヤモンド基板開発」)

## シンポジウム・セミナー 内容報告

平成23年度は、1件の国際会議、1件の研究会、3件のセミナー開催に第4部門担当者が関わった。特筆すべき事項としては、2011年11月22日から25日まで石川県金沢市の「石川県立音楽堂」、「ANA クラウンプラザホテル」と「金沢市アートホール」の3会場で開催した Plasma Conference 2011（略称 PLASMA2011）が挙げられる。PLASMA2011 国際会議は、プラズマ・核融合学会、応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会、日本物理学会領域2の3学会が、それぞれの学会を併せて開催した初の試みであった。参加者は合計で1072名、アルバイトも含めると1100名以上の研究者、学生が参加した。第4部門内の専任・兼任・協力教員の計6名の方々には、本会議への研究発表だけでなく現時実行委員としてもご協力頂くことで、当初予想を大幅に上回る会議の運営を滞りなく行うことができた。詳細なプログラムは、会議 HP\*1を参照いただくこととして、各講演種目の件数のみを表1に示す。また、公開講演会講演会として、「プラズマが拓くエネルギーの未来」をテーマとして、文部大臣・科学技術庁長官を歴任された有馬朗人先生から「日本のエネルギーの未来と核融合」の演題で、産業技術総合研究所・太陽光発電工学研究センターのセンター長であられる近藤道雄先生から「太陽光発電が拓く安心安全エネルギーの世界」の演題でご講演頂いた。

本会議は、主催団体に属さない講演者・聴講者も多数おられたことから、合同開催によるメリットが生じたと考えられる。合同開催の別な面でのメリットは、分散して展開されている科学研究活動を俯瞰し、新たな発展を図るための情報交換の場を提供することである。本会議においては学会連携セッションとして融合分野を設けたが、その比重が会議規模に対して小さかったことが課題として残った。今後の合同会議運営に生かしていきたい。

表1 PLASMA 2011 講演数

講演数	
基調講演	11
シンポジウム	18
International Session	34
国内招待講演	20
一般講演口頭発表	223
一般講演ポスター発表	516
公開講演	2
受賞記念公園	7
ポストデッドライン講演	4
計	835

\*1, <http://www.jspf.or.jp/PLASMA2011/jpn/contents04.html>

## アドバイザーボード報告（第4部門）

## I 自己評価

研究成果の目標達成度： A:高い B:やや高い C:やや低い D:低い ( B )
<p>研究開始から現在までの達成状況を評価するとともに、課題を整理・解析してコメントして下さい。</p> <p>平成 23 年度の研究においては、個別研究の実施と連携研究準備を行った。個別研究においては、重相構造プラズマに関連する、プラズマ-電極相互作用の解明、高熱流プラズマを用いた独自手法による表面改質手法の検討、ナノ粒子の制御生成、遮断アーク装置の開発などを行い成果報告書にある一定の成果をあげた。連携研究に繋げるために、個別研究においても連携協力者に意見を募るなど行った。今後さらに強い連携を持つためにさらに努力する必要がある。</p>
次年度の研究内容と目標は適切か： A:適切 B:概ね適切 C:やや不適切 D:不適切 ( B )
<p>前項の評価を反映させ、課題に対する計画の改善点を明示し、コメントして下さい。</p> <p>平成 24 年度においては、平成 23 年度に開発あるいは購入した装置を用いて、重相構造プラズマの基礎物理の詳細理解とその制御、応用を意識した基礎実験・検討をさらに詳細に行っていく。ここでは平成 23 年度に構築したネットワークを強化するために、実施計画案において、より具体的なテーマを提示し分担・分業を行えるようにしている。また具体的な企業との共同研究と関連させ、応用視点をさらに加えた基礎研究を行う。</p>

## II 外部アドバイザー（東京大学・吉田 豊信先生）のご意見

研究成果の目標達成度： A:高い B:やや高い C:やや低い D:低い ( B )
<p>コメント</p> <p>個別的な研究では成果が認められるが、センターの一部門としての成果を問われた場合に明快な回答を出せるまでには至っていない感じがする。理由は、従来研究の延長が主で、“三種のプラズマ生成技術を基盤技術として「重相構造プラズマの制御手法の開発」を実施する”という大命題に新たに部門としてどのように直接的に挑戦するかが不確かな為であろう。当該目的に向け、研究手法、年次計画、組織内での役割分担、等に関してメンバー全体で討議し、部門としての意識の共有が必要であり期待される。</p>
次年度の研究内容と目標は適切か： A:適切 B:概ね適切 C:やや不適切 D:不適切 ( B )
<p>コメント</p> <p>個々の計画概要は興味深いが、第4部門として「重相構造プラズマの制御手法の開発」に向け、まずはブラックボックスとして取り扱われている重相構造プラズマをどのような手法で解明していくかに関する戦略的提案が望まれる。特に、数値解析に関してはある程度見通しが立っている感があるが、計測・診断に関する実験的アプローチに関する提案が見えない。如何なる手段を用いるのか、あるいは開発するのかを明確にすべき時期かと思う。当然ながら、その展開には現在技術のみでは対応困難と考えられ、当該部門の英知を結集した展開を期待したい。</p> <p>なお、本部門がターゲットとするプラズマの表記用語として、a) 高密度混相プラズマ、b) 非平衡・重相極限プラズマ、c) 重相構造プラズマ、の三通りが使用されているようだが、プロジェクトにおける用語の統一は重要である。</p>

## 平成23年度 RSET 部門別研究成果報告書

部門名	バイオマス利用	部門長	関 平和
<p>平成23年度の研究成果及び活動等を記載してください。</p> <p>1. 研究成果の概要、2. 本年度の実施計画概要に対応した成果報告及び活動報告、 3. ロードマップから見る研究成果の位置づけ、4. 反省点、5. 研究成果をアピールするポンチ絵など 注：本年度の業績や今後の研究課題の設定などに関しては、別紙に記載してください。</p>			
<p><b>メタン発酵と炭化を組合せた下水処理場集約型バイオマス利用技術の開発：</b></p> <p><u>1) バイオマス前処理法の開発：草木バイオマスを対象とした省エネルギー前処理法の開発</u> 草木バイオマスの前処理方法として膨張軟化処理と硫酸塩還元処理の実験的検討を行った。回分および反連続メタン発酵実験において、膨張軟化処理は破碎や熱処理、酵素処理と比較して、メタン回収率を優位に増大させることが示された。また、硫酸塩還元により草木バイオマスからの酢酸生成が可能であることが示された。</p> <p><u>2) 高濃度メタン発酵技術の開発：下水汚泥、食品廃棄物および草木バイオマスの最適混合比率を実験的に検討</u> 下水汚泥と草木バイオマスの混合メタン発酵実験を行った結果、両者の混合比率は TS で 1 : 0.5 が最適であることが示された。</p> <p><u>3) 混合炭化条件の検討：炭化実験によるバイオマス最適混合比率、炭化汚泥活用方法の検討</u> 炭化物のメタン発酵促進効果について実験的に検討した結果、炭化物の添加によって水素利用メタン発酵が促進されることが示唆されたが、さらなる検討が必要である。</p> <p><b>未利用バイオマスの発酵熱の効率的な原位置直接利用技術の開発</b></p> <p><u>1) 材料の発熱特性の検討</u> 竹チップ積上げ層（充填層）は静止した分散媒体であるため、層内では反応発熱に起因した熱・水分・物質移動という物理現象を伴う。このため、現象のモデル化は、反応機構と移動現象のモデル化を両立できる装置工学的手法によらなければならない。今年度は竹チップを対象に、(i) 材料の熱伝導率と(ii) 材料の高位発熱量の基礎測定を実施した。</p> <p><u>2) 熱源としての的確性確保手段に関する検討</u> 熱源を長期間（1-2年間）高温（50-60℃）に維持するための条件は (i) 初期の発熱による高温確保、(ii) 高温状態の維持、(iii) 日射量、外気温の変動に対する層内温度の追従、である。このうち、(ii) については比放熱面積との関連性、(iii) については伝達関数の検討を現在進めている。</p> <p><u>3) 熱回収技術の確立</u> 発酵槽内の高温状態を維持しつつ、発生熱のみを効果的に蓄熱槽へ移せるような伝熱操作が理想である。今年度はパイプによる直接熱交換方式による実験結果を説明するために必要な基礎実験として、管内水と竹チップ間の総括伝熱係数を測定し、管外壁の境膜伝熱係数を求めた。</p> <p><u>4) 効果的な蓄熱方法の検討</u> 輪島市、および能登島での熱回収・蓄熱の現地実験を実施した。今年度は実験結果を説明する非定常計算、所定の温度に達するまでの所要時間、定常計算の Fortan プログラムが完成した。</p>			

◆反省と課題：（1）微生物叢の解析はデータが不十分であり、継続課題となる。（2）今後、種堆肥の使用による発熱増進効果を検討したい。

### 未利用バイオマス分散型燃焼時のリスク評価と環境負荷低減技術の開発

#### 1) 未利用バイオマス直接燃焼のリスク評価：バイオマス燃焼時に排出される粒子状、ガス状物質の特性に及ぼす燃焼条件の影響の検討

ペレットストーブで用いられる木質バイオマス燃料を対象として燃焼実験を行った結果、450～550℃の温度域でナノ粒子が大量に発生し、その排出量と粒子径分布、PAHs含有量は加熱速度に大きく影響されることなどを示した。また、バイオマス/石炭混合燃焼時の大気汚染物質排出を検討した結果、石炭形態、炭種、バイオマス種類によらず、単位燃料当たりのバイオマス混合比にほぼ比例して粒子と粒子中多環芳香族化合物が増加すること、450～550℃の温度域にバイオマス燃料からの500nm以下の微粒子発生が集中していること、急過熱でこの温度域の滞留時間を短くすることで大幅に粒子発生を抑制できることなどを明らかにした。

#### 2) 分散型燃焼のリスク評価：山間集落等で直接燃焼排熱を熱源利用する場合の分散型燃焼のリスク評価

タイ南部ソククラ県と天然ゴムスモークシート製造工場での調査データに基づき、熱源用燃料として消費される天然ゴム古木の全産業別使用量、発生源単位について現地調査を実施した。バイオマス燃料燃焼、道路交通、重油燃焼ボイラー、天然ガス火力発電所、農業、住宅・商用のエネルギー源からのインベントリを比較し、天然ゴム古木燃焼から発生する粒子状物質が全体の約半分を占めること、推定古木消費量と大気中粒子濃度には比較的良い相関があることが示された。

#### 3) 低コスト排出源対策技術：多孔フィルタの粒子捕集・粉じん負荷特性の検討

本年度は、ピンホールフィルタの基本特性に着目し、フィルタ種類、孔径、穿孔密度等が捕集効率と圧力損失に与える影響を検討した結果、フィルタの圧損増加による孔通過流量の減少よりも捕集効率増加が大きく、孔周辺での粒子捕集メカニズムの重要性が示唆された。また、ピンホールフィルタと電気集じん装置を組み合わせた多段捕集システムについて検討を開始した。

### 未利用バイオマスからのバイオエタノール生産技術の開発

#### 1) 竹からのエタノール等有用物質変換技術の検討

本年度は初段階として、竹の有用物質変換に関する成分を分析し、水蒸気爆砕前処理実験を行った。解繊は約1minの蒸煮時間で起こり、3～5min以上になると繊維が完全に破砕されて泥状になった。メタノール可溶性リグニン量は3minまで増加した後、わずかに減少した。Klasonリグニン量は3minまで減少してから再び増加した。酸可溶性物質（セルロース）は減少の後、ほぼ一定になったが、水可溶性物質（ヘミセルロース）は増加の後、徐々に減少した。蒸煮時間によってそれぞれの成分量が変化するので、有用物質変換に適した条件を行う必要がある。

#### 2) 海藻からのエタノール等有用物質変換技術の検討

アルギン酸抽出後の海藻残渣に対し酵素糖化及び同時糖化発酵を行った。その結果、海藻残渣をイオン液体で前処理することにより、未処理の場合と比較し糖化効率やエタノール収率が若干ではあるが向上した。木質系バイオマスに比較し海藻バイオマスは前処理の必要性が低いと考えられる。

## 平成23年度 第5部門 RSET 部門別研究成果リスト

## 1. 研究論文（学術雑誌掲載のもの）

番号	題 目	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名	レベルの自己判定
1	Estimating the Heat Generation Rate in a Forced-Aeration Composting Process by Measuring Temperature Changes	J. Agric. Meteorol.67	掲載決定	Seki H. Shijuku T.	3
2	飲食店廃水の特性及びグリストラップの管理に関する調査、	土木学会論文集 G(環境)、Vol. 67, No. 7, pp. III_633-III_641	2011. 11	登美鈴江 池本良子 中木原江利 江川史将	3
3	Effects of Filter Packing Density and Particle Deposit on Classification Performance of Inertial Filter for Sampling of PM0.1	<i>J. Chem. Eng. Japan</i> , 44, pp.609-615	2011.9	K. Eryu, T. Seto, M.Furuuchi, Y. Otani, N. Tajima, T.Kato	3
4	Enhanced enzymatic saccharification of kenaf powder after ultrasonic pretreatment in ionic liquids at room temperature.	<i>Bioresour. Technol.</i> , 103, 1, 259-265	2012. 1	K. Ninomiya K. Kamide K. Takahashi N. Shimizu	3
5	Biodegradation of phenol in seawater using bacteria isolated from the intestinal contents of marine creatures	International Journal of Biodeterioration and Biodegradation	2011. 8	F.Kobayashi T.Maki Y.Nakamura	3
他 11 篇					
(レベルの自己判定について4段階で記入)					
4. 国際的に高水準の成果					
3. 国際水準または国内高水準の成果					
2. 外国語による公表または国内水準の成果					
1. 国内誌等への公表成果					

## 2. 研究論文（国際会議のプロシーディング）

番号	発表論文題目 (国際会議名、開催地等)	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名	国際会議の評価を自己判定
1	Heat Recovery from Bamboo Chips during Composting Process (CIGR International Symposium on “Sustainable Bioproduction-Water, Energy, and Food”, Tokyo, Japan)	Proceedings CD of CIGR International Symposium	2011. 9	Seki H. Hirano H. Rokusa K.	B
2	Degradation of wasted sludge using sulfate reduction. (ASPIRE 2011, Tokyo, Japan)	Proceedings of the 4th IWA-ASPIRE Conference and Exhibition	2011. 10	Nakakihara E. Yamamoto-Ikemoto R. Yamashita T.	A

3	Phylogenetic analysis of long-range transported bacteria isolated from Asian dust (KOSA) bioaerosols (IUGG2011, Melbourne, Australia)	Proceedings of International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), p.3298.	2011. 6	T.Maki F.Kobayasshi M.Kakikawa A.Matsuki Y.Iwasaka	A
他 9 篇					
(国際会議の位置付け・評価を自己判定して3段階で記入)					
A. 世界規模あるいは大規模な国際会議、国際シンポジウム等					
B. 中規模の国際会議・国際シンポジウム等					
C. 特定分野・小規模な国際会議・国際シンポジウム等					

### 3. 国際会議等の基調講演・招待講演

番号	演 題 (国際会議名、開催地等)	発表年月	著者名・発表者名 (発表者名に*印)
1	Reaction of solvated electrons in ionic liquids ( <i>The 27th Miller Conference on Radiation Chemistry</i> , Tällberg, Sweden)	2011. 5	K. Takahashi*
2	Targeted sonodynamic therapy using protein-modified TiO <sub>2</sub> nanoparticles, (Invited) (20th Annual Meeting of the Japan Society of Sonochemistry & The International Workshop on Advanced Sonochemistry, p.80-83, Nagoya.)	2011. 11	K. Ninomiya*, S. Oshima, S. Sonoke, C. Ogino, S. Kuroda N. Shimizu:
他 2 件			

### 4. 著書、編書

番号	書 名	発行所	発行年月	著者名
1	環境解析ノート	金沢電子出版	2011. 4	関 平和

### 5. 報告書、解説、資料、展望、総説など

番号	種別	題 目	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名
1	解説	イオン液体入門	放射線化学、91 号、 No.2, 5-8	2011. 4	高橋憲司
2	解説	イオン液体と超音波を組み合わせたリグノセルロースの糖化前処理、	ケミカルエンジニアリング、56(2), 19-23	2011. 2	仁宮一章、 高橋憲司、 清水 宣明:
他 8 篇					

### 6. 特許等

番号	発明の名称	種別	出願番号	登録番号	氏名
1	発酵熱利用システム及び発酵熱利用方法	特許	特願 2011-149472	4832608	関 平和
2	微粒子分級用慣性フィルタ	特許	特開 2011-012977		
3	慣性フィルタ	特許	2011-136696		
鈴木恵友、古内正美、大谷吉生 池田卓司、大谷吉生、古内正美、瀬戸章文					

他 7 件				
-------	--	--	--	--

## 7. 口頭発表

番号	演 題 (学会名、開催地等)	発表年月	発表者名 (発表者名に*印)
1	竹チップ発酵熱の抽出・蓄積実験 (日本農業気象学会、鹿児島)	2011.3	関 平和* 平野寛高 六佐公補
	他 45 件		

## 8. 外部資金の獲得状況について

### (1) 科学研究費補助金 (研究種目、研究課題名、代表・分担等)

- ・基盤研究 B、竹チップ発酵熱抽出・利用システムの実用化手法の開発、代表・関平和
  - ・挑戦的萌芽研究、硫酸塩還元微生物を活用した消化促進と高濃度リン酸含有汚泥の生成、代表・池本良子
  - ・若手(B)、低細胞毒性のセルロース溶媒を用いたリグノセルロースリファイナリー基盤技術の構築、代表・仁宮一章
- 他 7 件

### (2) 政府出資金事業等 (事業名、出資機関名、代表・分担等)

- ・戦略的創造研究推進事業、先端的低炭素化技術開発(ALCA)、イオン液体とラジカルを利用したリグノセルロースリファイナリー、科学技術振興機構、代表・高橋憲司
- 他 3 件

### (3) 国、地方、民間等との共同研究 (研究題目、機関名、代表・分担等) <民間の場合には企業名の記載なし>

- ・鶏糞堆肥化発酵熱利用システムの可能性検討、代表・関平和
- ・未利用バイオマス投入によるメタン発酵に関する研究、代表・池本良子
- ・超コンパクト浄化槽の開発、代表・池本良子

### (4) 受託研究 (研究題目、委託機関名、代表・分担等) <民間の場合には企業名の記載なし>

- ・草本系リグニンをを用いた新規材料開発、代表・高橋憲司

### (5) 企業・財団等の助成金 (賞) (企業・財団等名、研究題目、事業名又は賞名、代表・分担等)

- ・公益財団法人鉄鋼環境基金一般研究助成、生物ろ床による有機性排水の嫌氣的脱窒法の開発、代表・池本良子
  - ・クリタ水・環境科学振興財団・萌芽的研究、浸漬膜付加型フォトバイオリアクターによる下水処理水を利用した二酸化炭素固定・栄養塩除去プロセスの開発、代表・本多了
- 他 3 件

### (6) 特許等による研究費 (年度、研究費を受ける発明の名称等)

なし

### (7) 奨学寄附金 (件数)

2 件

### (8) その他

1 件

## 第5部門 平成23年度 シンポジウム、セミナー、会議等の開催実績

番号	シンポジウム、セミナー、会議等 (開催地、参加者数)	開催年月	開催者名 (責任者名に*印)
1	第1回バイオマス利用研究会(金沢、10名)	2011. 8	関 平和*、池本良子、古内正美、畑 光彦
2	CAS and KU workshop on Spatial Planning and Sustainable Development	2011. 7	池本良子*、沈振江
3	第29回レーザーセンシングシンポジウム(七尾、100名)	2011. 9	岩坂泰信*、牧輝弥、木村繁男、小林史尚、久保守 松木篤、山田丸、Chun-Sang Hong、柿川真紀子
3	第6回大気バイオエアロゾルシンポジウム(立川、90名)	2011.12	岩坂泰信*、神田啓史、伊村智、小林史尚、牧輝弥、柿川真紀子、松木篤、東朋美、山田丸、洪天祥
4	第5回環日本海域の環境シンポジウム(金沢、80名)	2012. 2	岩坂泰信*、松木篤、仁宮一章、洪天祥、中村浩二、柏谷健二、木村繁男、長尾誠也、早川和一、鈴木克徳、宇野文夫、小林史尚、牧輝弥、東朋美、亀田貴之、柿川真紀子、稲垣美幸
5	東アジアにおける環境とエネルギーに関する国際ワークショップ(第1回金沢大学・プリンスオブソククラ大学合同開催ワークショップ)(金沢、44名)	2011. 10	古内正美*、池本良子、大谷吉生、畑 光彦、早川和一、鳥羽 陽、中村浩二、都野展子、中村裕之、市村 宏、城戸照彦
6	JSPS:JENESYS シンポジウム「東南アジアの環境保全と健康改善に取り組む若手研究者連携ネットワークの発展的推進」(金沢、53名)	2011.10	古内正美*、池本良子、大谷吉生、畑 光彦、早川和一、鳥羽 陽、中村浩二、都野展子、中村裕之、市村 宏、城戸照彦
7	Sci-Mix in Kanazawa 2012(金沢、50名予定(海外招待講演者4名))	2012.3	高橋憲司*、仁宮一章
8	第2回バイオマス利用研究会(金沢、20名予定)	2012.3	関 平和*、池本良子、古内正美、畑 光彦、本多 了

## (2) 内容報告

## 1. 第1回バイオマス利用研究会

地産地消技術の開発促進のため、研究者、行政、民間企業の情報交換の場として、石川県と本部門メンバーとで研究会を立ち上げ、今後の進め方について意見交換を行った。

## 2. CAS and KU workshop on Spatial Planning and Sustainable Development

中国科学院地理資源研究所研究員 9 名と金沢大学の研究者 10 名が参加してジョイントワークショップを開催した。講演者は、CAS 側 5 名、金沢大学 4 名の計 9 名であり、持続可能な発展のための環境計画について情報交換および議論を行った。

### 3. 第 29 回レーザーセンシングシンポジウム

2011 年 9 月 8～9 日に石川県七尾市において第 29 回レーザーセンシングシンポジウムが開催され、ライダーなどを用いた大気観測技術などについて熱心に議論・討論された。

### 4. 第 6 回大気バイオエアロゾルシンポジウム

2011 年 12 月 9 日および 10 日に東京都立川市の国立極地研究所において第 6 回大気バイオエアロゾルシンポジウムが開催され、大気に浮遊する生物粒子（バイオエアロゾル）に関する種々の研究報告がなされ、熱心に議論・討論された。

### 5. 第 5 回環日本海域の環境シンポジウム

大気中の汚染物質の輸送および、黄砂による細菌の輸送に関する研究発表が行われた。また、ハノイ国家大学の研究者 4 名を招き、研究発表を通じて交流が行われた。

### 6. 東アジアにおける環境とエネルギーに関する国際ワークショップ（第 1 回金沢大学・プリンスオブソクラ大学合同開催ワークショップ）

RSET の教員、タイ・ベトナム・カンボジアからの招聘研究者、タイ・プリンスオブソクラ大学および産業技術総合研究所の研究者が、「東アジアにおける環境とエネルギー」に関する研究内容を、エネルギー・環境・汚染防止技術の 3 セッションに分けて講演した後、具体的なテーマに関する研究者間交流の可能性を議論した。

### 7. JSPS:JENESYS シンポジウム「東南アジアの環境保全と健康改善に取り組む若手研究者連携ネットワークの発展的推進」

JENESYS 事業のまとめとして、研究室での実験実習に関する成果発表を行い、将来的な東南アジアの環境保全と健康改善に取り組む若手研究者連携ネットワークの発展的推進に向けた総合討論を実施し、招聘研究者と本プログラムの効果、長所、短所などに関する意見を交換した。

### 8. Sci-Mix in Kanazawa 2012

Material science, Radiation chemistry, Ionic liquid chemistry に関する国内外の研究者 9 名（海外招待講演者 4 名）の研究発表ならびに関連分野についてのポスター発表があった。

### 9. 第 2 回バイオマス利用研究会

## 2. 新聞掲載記事（新聞名、掲載日、記事タイトル）

- ・西日本新聞、2011 年 12 月 4 日、樹皮再利用に妙案 発酵熱 農業に生かせ
- ・北國新聞、2011 年 8 月 16 日、がん細胞狙って投与、
- ・北國新聞、2012 年 3 月 18 日、廃棄物の山有望な資源、

## 2. 海外研究者訪問（日付、訪問先、訪問者所属、人数、その他）

- ・2011.7.29、学長および理工研究域長、環境デザイン学系、RSET、中国科学院地理資源研究所、9 名
- ・2011.12.19、理工研究域長、環境デザイン学系、北京師範大学環境学院、3 名

## アドバイザーボード報告（第5部門）

## I 自己評価

研究成果の目標達成度： A:高い B:やや高い C:やや低い D:低い ( B )
<p>研究開始から現在までの達成状況を評価するとともに、課題を整理・解析してコメントして下さい。</p> <p>課題として掲げた4つの利用技術について、それぞれ、基礎的な段階の成果がほぼ達成できた。初年度でもあり、研究はほぼ独立的に実施してきたが、相互の関連性を認識しつつ、連携を視野に入れて研究を推進していく必要がある。石川県との連携により研究会を立ち上げたが、まだ手探りの状態であり、交流を深化し、協力体制をより高める必要がある。海外の研究者を交えたワークショップは、研究者間の刺激と研究の推進を図る絶好の機会であり、今後も続ける価値が高いことが確認された。</p>
次年度の研究内容と目標は適切か： A:適切 B:概ね適切 C:やや不適切 D:不適切 ( B )
<p>前項の評価を反映させ、課題に対する計画の改善点を明示し、コメントして下さい。</p> <p>新任助教の加入が、当該部門にとって強力な戦力となり得るよう、昨年度課題とした利用技術を一部統合し、より広範なアプローチが可能となるようにロードマップを一部修正した。さらに、基礎から応用・展開に向けて着実に研究を進めるため、研究費の獲得等に対してより積極的に取り組むとともに、研究成果の適切な公表とそれに対する相応な評価を、技術利用側の方々からも得られるべく、研究会のセミナーを充実させる予定である。</p>

## II 外部アドバイザー（京都大学・松井 三郎先生）のご意見

研究成果の目標達成度： A:高い B:やや高い C:やや低い D:低い ( B )
<p>コメント</p> <p>初年度においては、準備段階として目標に達していると評価できる。第5部門の専任、兼任、協力教員が既に取り組んでいる研究成果があり、今後の発展の基礎が備わっていると評価できる。それらは研究者間で情報交換が進むと、さらに発展する可能性を持っている。第5部門の研究は、他の大学、研究組織でも取り組んでいて、競争が激しくなると十分に予想されるが、第5部門研究者間の協力で、他大学、他組織には無い、研究成果を挙げる可能性がある。</p>
次年度の研究内容と目標は適切か： A:適切 B:概ね適切 C:やや不適切 D:不適切 ( B )
<p>コメント</p> <p>RSETの「地産地消」エネルギー開発において、最も実現する目標が明確な部門が、この第5部門である。10年間で、形のあるものにする為、行政との連携、農業者との連携を深めるための情報収集と経済性評価の研究が必要になっている。中短期的には、経済性評価の研究が必要である。一方基礎的な研究については、目標をしっかりと設定し、時間を賭けて基礎からの開発が必要である。情報収集として、石川県や他府県のバイオマス日本戦略を良く解析し、北陸3県を中心とする地産地消の特長を見出すことが、経済性解析に役立つ。</p>

## 第5部門アドバイザーボード会合の報告

日時：2月11日（土） 10:00-12:10

場所：2C614（環境工学ゼミ室）

出席者：松井 三郎（アドバイザー）、関（部門長）、池本、古内、高橋憲司、小林、畑、仁宮、本多（敬称略）

### ○今年度の研究成果と来年度計画の報告

メタン発酵と炭化を組合わせた下水処理場集約型バイオマス利用技術の開発についての今年度の研究成果と来年度の計画について、池本教授より報告を行った。

未利用バイオマスの発酵熱の効率的な原位置直接利用技術の開発についての今年度の研究成果と来年度の計画について、関部門長より報告を行った。

未利用バイオマス分散型燃焼時のリスク評価と環境負荷低減技術の開発についての今年度の研究成果と来年度の計画について、古内教授より報告を行った。

未利用バイオマスからのバイオエタノール生産技術の開発について、小林准教授と仁宮助教より報告を行った。

### ○アドバイザーとの意見交換

松井アドバイザーの提案により、まず部門内での意見交換を行った。高橋・仁宮グループで研究を行っているイオン液体について、セルロース分解以外に汚泥の分解への適用可能性に池本教授より質問があり、イオン液体のデザイン方法や発展の可能性について議論を行った。高橋准教授・仁宮助教より、標的物質に応じてイオン液体をデザインすること、毒性が低いイオン液体を目指していること、将来的にはバイオマス由来のイオン液体の開発を考えていることが述べられた。

高橋准教授より、メタン発酵の初期投資についての質問があり、松井アドバイザーより汚泥処理についてメタン発酵と焼却処理のトレードオフ、小型・簡素化したメタン発酵槽設計についての最近の動向について説明があった。

部門内の意見交換のあと、松井アドバイザーより部門の活動へのアドバイスとして、中心メンバーの研究については10年後に実用化の道筋が見えることが重要であること、そのためには官民との協働関係の構築が必要であること、経済性の評価などの調査も必要であること、を述べられた。

また、堆肥化の発酵熱利用について、夏季には高温になることが予想されることから冷房利用の可能性があること、発酵後の堆肥の利用による連作障害防止などの提案がなされた。また、堆肥の別の利用先として竹林の拡大制御への利用を提案された。竹林は外側を伐採すると拡大が進行するため、内側を伐採して堆肥により栄養塩を与えることで、竹林を外側に拡大することを防ぐ事例が紹介された。

## RSET関係者一覧

### 【外部アドバイザー】

RSET チーフアドバイザー

独立行政法人産業技術総合研究所理事 矢部 彰様

第1部門アドバイザー

(株)倉元製作所代表取締役社長 鈴木 聡様

第2部門アドバイザー

東京大学大学院工学系研究科教授 荒川 忠一先生

第3部門アドバイザー

東京工業大学総合研究院教授 柏木 孝夫先生

第4部門アドバイザー

東京大学大学院工学系研究科教授 吉田 豊信先生

第5部門アドバイザー

京都大学名誉教授、(株)松井三郎環境設計事務所社長 松井 三郎先生

### 【RSET運営会議委員】

山崎理工研究域長（議長）、福森自然科学研究科長、加納物質化学系長、瀧本機械工学系長、細川機械工学系コース長、山田（実）電気情報学系長、石田環境デザイン学系長、高橋RSETセンター長、木綿RSET第2部門長、上杉RSET副センター長、関RSET第5部門長、児玉RSET兼任教員、以上12名

### 【RSET センター会議委員】

(部門1) 高橋（委員長、部門長）、前田、當摩、桑原

(部門2) 木綿（部門長）、榎本、河野、木村

(部門3) 瀧本（部門長）、三木、長谷川、児玉

(部門4) 上杉（部門長）、田中、石島、森本

(部門5) 関（部門長）、古内、池本、本多、以上20名

### 【RSET 構成員】

(部門1) 當摩（専任）、高橋（光）（兼任）、前田（兼任）、桑原（兼任）、加納（協力）、山口（協力）、生越（協力）、井改（協力）

(部門2) 河野（専任）、木綿（兼任）、榎本（兼任）、木村（協力）、山本（協力）、金子（協力）、上野（協力）

(部門3) 三木（専任）、瀧本（兼任）、長谷川（兼任）、児玉（兼任）、鳥居（協力）、多田（協力）、汲田（協力）、大坂（協力）

(部門4) 石島（専任）、上杉（兼任）、田中（兼任）、森本（協力）、川江（協力）、猪熊（協力）、徳田（協力）、大谷（協力）、瀬戸（協力）

(部門5) 本多（専任）、関（兼任）、古内（兼任）、池本（兼任）、高橋（憲）（協力）、小林（協力）、畑（協力）、仁宮（協力）

## 編集後記

RSETは“サステナブルエネルギー”というキーワードの下に結集したセンターではあるが、学問ベースの全く異なった寄り合いの学者集団である。このような状況下、発足当初は色々と戸惑いもあった。しかし、この1年のセンター運営で感じたことは、金沢大学の発展と自身のキャリアアップ・スキルアップのために、RSET構成員が一丸となって“センターを成功させよう”という心意気である。そして今、1年の総決算として、金沢大学RSET平成23年度研究活動報告を発刊する運びとなった。“本年報は、金沢大学理工研究域附属センターの中間審査や最終審査のエビデンスとなる重要書類である。”という重要ミッションに値するものかどうか、読者の皆さんのご判断に委ねたい。我々としては、工学に根ざした教育研究のためのセンターとして多くの方に知って頂くことを念頭に、分かりやすい広報誌としての役割も持たせた。初年度版と云うこともあり、RSETが目指すところを詳細に盛り込んだため、当初の予定よりも分量が多くなってしまった。次回以降の発刊に向けて、皆様の率直なご意見とご感想をお聞かせ願いたい。(K.T.記)

編集委員長

高橋 光信

編集副委員長

木綿 隆弘

編集委員

當摩 哲也、榎本 啓士、三木 理、石島 達夫、本多 了



金沢大学理工研究域 サステナブルエネルギー研究センター

<http://www.se.kanazawa-u.ac.jp/rset/index.html>

〒920-1192 石川県金沢市角間町

---

Research center for  
**RSET** Sustainable  
Energy and  
Technology