

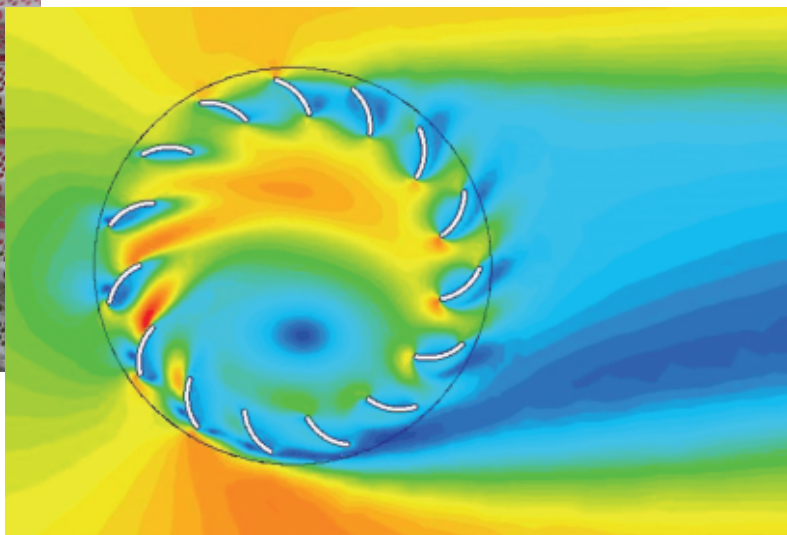
金沢大学理工研究域 サステナブルエネルギー研究センター

Research center for
Sustainable
Energy and
Technology

平成24年度研究活動報告



道路用有孔板式防風フェンス上部に設置した高性能クロスフロー風車による発電と誘導用赤色LEDランプ点灯のフィールド実験の様子
((株)日本パーツセンター寺井工場内)



クロスフロー風車内部と周りの
乱流数値シミュレーション(等速度分布)

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. 部門紹介	3
4. 研究開発ロードマップ	13
5. RSET10年間事業スケジュール表	18
6. RSET平成24年度年間事業実績表	19
7. RSET全体の活動状況	20
1) 会議等の開催実績	
2) アドバイザリーボード報告	
3) 第2回RSETアドバイザリーボード会合報告	
4) 第1回RSET専任教員主催セミナー報告	
8. 有機薄膜太陽電池部門(第1部門)活動状況	29
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	
4) アドバイザリーボード会合の報告	
9. 自然エネルギー活用部門(第2部門)活動状況	38
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	
4) アドバイザリーボード会合の報告	
10. 炭素循環技術部門(第3部門)活動状況	48
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	
4) アドバイザリーボード会合の報告	
11. エネルギー・環境材料部門(第4部門)活動状況	57
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	
4) アドバイザリーボード会合の報告	
12. バイオマス利用部門(第5部門)活動状況	65
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	
4) アドバイザリーボード会合の報告	
5) イオン液体駆動型バイオリファイナリーの紹介	
13. RSET関係者一覧	76
14. 編集後記	77

巻 頭 言



理工研究域長
RSET 運営会議議長

福森 義宏

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（略称：RSET）が平成23年4月に発足し、2年が経過しました。平成23年度末までにRSET専任教員が揃い、平成24年度からは、専任教員に加えて、兼任教員、協力教員の総勢40名が研究活動を本格的に開始したところであります。RSETが掲げる目標は、「地産地消対応型エネルギーに関わる研究開発により、グリーンイノベーションの核となる研究拠点を金沢大学に形成する」ことであります。すなわち、RSETでは、どこにでもある風力、太陽光、バイオマス、廃棄エネルギーから安心安全な持続可能なエネルギーを生産し、さらに、生産されたエネルギーを地域で消費するという21世紀の日本で求められている「一方通行型社会」ではなく「循環型社会」の構築に必要な研究開発を推進しています。この目標を達成するため、5つの部門、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がそれぞれ独自に研究活動を活発に進めているところであります。また、各部門長が中心となるRSETセンター会議では、RSETの部門間の交流、組織としての活動および運営体制が協議されています。「3本の矢」ではありませんが、5つの部門が協同し、同じ目標を達成することの認識は、RSETの飛躍的な発展には必要不可欠です。

毎年刊行される「RSET研究活動報告」は、各部門の研究業績・外部資金獲得状況やアドバイザーボード報告が主となりますが、同報告書はRSETだけでなく金沢大学理工研究域のさらなる発展の糧となると確信しています。

センター長挨拶



RSET センター長

高橋 光信

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いる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、「エネルギーと暮らし」の関わりを大事にして教育研究を展開して行くというコンセプトのもと、平成23年4月1日に開設された。それから2年が経過し、平成24年度のRSET研究活動全般をまとめた平成24年度RSET研究報告を、昨年度と同様に発刊する運びとなった。RSETの研究活動を皆様に広く知って頂きたいという趣旨に沿って、本報告書では、RSET全体としての活動報告、各部門の研究成果・業績、アドバイザーボード会合の報告、自己評価と外部アドバイザーからの評価などを掲載した。それに加え、平成23年度に採用された専任教員5名のインタビュー記事と、専任教員でつくるワーキンググループの研究活動報告を掲載した。

RSETの掲げる「暮らしに根ざす地産地消型エネルギーの開発、持続可能社会実現のための炭素循環社会や電気エネルギー高度利用に関わる基盤技術の開発」というコンセプトは、理工研究域の工学系教員の叡智をRSETに結集するためのコンセプトとしては、大変誇れるものであった。しかし、センター組織が実質的に機能するためには、もう少し絞り込んだ明確なコンセプトのもと、研究活動や業績を更に分かり易くアウトプットすることが求められるものと認識している。平成25年1月26日に開催した第2回RSETアドバイザーボード会合において、矢部チーフアドバイザーからの総評で、「シーズ技術を創出するという観点のみではなく、マーケットプルという観点を大学の教育研究に取り入れることが必要ではないか。」と云う提言がなされた。この提言は、時代の流れとして、社会が大学に大いに期待するところであろう。その主な受け皿が、RSETではないだろうか。平成25年度は、このような考え方を研究活動の随所に取り入れて行きたい。そして、部門間の連携も見据えて、RSETの各部門で設定した明確な工学的目標を教育研究に反映させ、研究成果などを更により分かりやすい形でアウトプットして行くように努力したい。

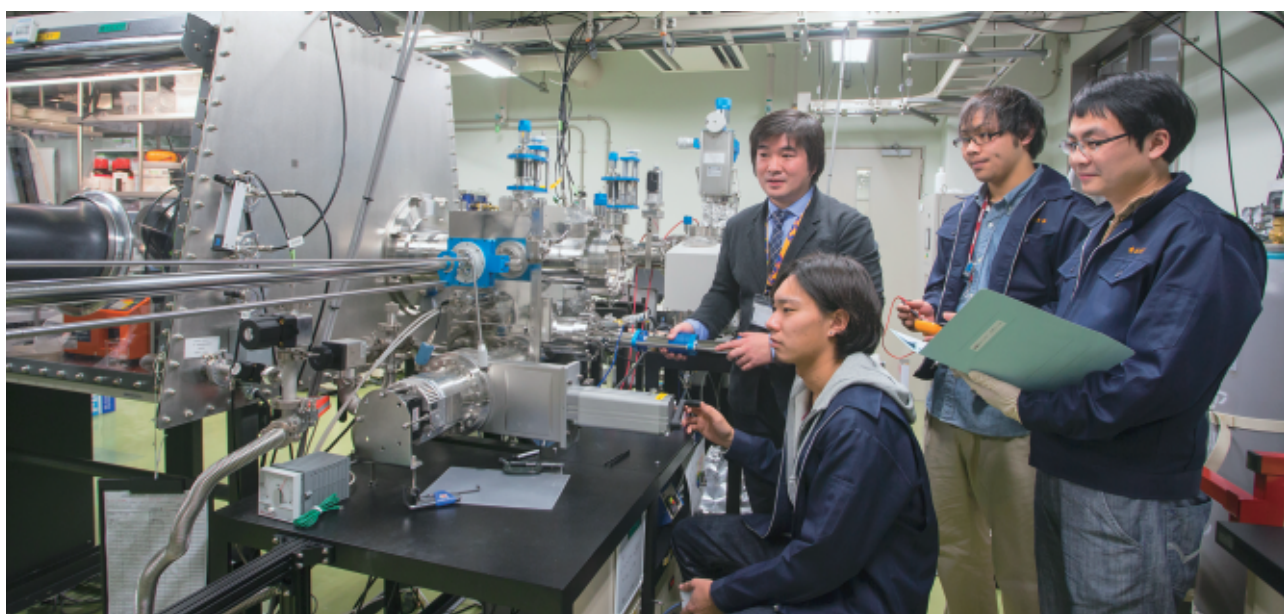
本報告書を是非ともご一読して頂き、忌憚のないご意見を頂ければ幸いです。今後ともご指導、ご鞭撻のほど、何卒よろしくお願い致します。

Division of Organic Solar Cells

有機薄膜太陽電池部門

□専任 當摩 哲也 准教授

ナノロッドシート新構造による 高効率有機太陽電池の開発



太陽電池は、シリコン系・化合物系・有機系に大別されます。本部門が取り組んでいる有機薄膜太陽電池は、色素や炭素材料、ポリマーといった安価な原料を使い、塗布による製造プロセスも可能なため大幅な低廉化が見込まれます。しかも、着色性やフレキシブル性、軽量という特徴を付与することもできます。

現状では、市場シェアは結晶シリコンが圧倒的であり、有機太陽電池の実用化には、光電変換効率や耐久性、量産化に適したプロセスなどがネックとなっています。それでも最近、変換効率10%を超える有機系も登場し、ポストシリコンとして有機薄膜太陽電池の将来が期待されています。

本部門では、2012年7月、専任の當摩哲也准教授が、従来のバルクヘテロ構造を超える高効率新規デバイスを開発しました。

バルクヘテロの問題克服をモチベーションに

近年、p型半導体とn型半導体を混合し、接合界面の増大によって効率的に電荷分離を起こすバルクヘテロ構造が開発され、有機薄膜太陽電池の変換効率が向上されました。私たちが用いている低分子蒸着法では、p型半導体の亜鉛フタロシアニン (ZnPc) とn型半導体のフラーレン (C60) を真空中で同時に加熱昇華させ、基板に混合膜を作る共蒸着でバルクヘテロ層を作ることができます。

しかし、この構造も万能ではなく、例えば、結晶性の高いp型半導体の α -6T^{*1}を用いると、分子の凝集が生じて混合膜の性能を低下させるなど、適用できない材料もあります。しかも、バルクヘテロ層の作製は材料の凝集・結晶性に依存しているため、

制御が困難です。

そこで私たちは、分子を立たせたり寝かせたりする配向制御により光を良く吸収し、高い結晶性によって電気が効率よく流れ、p-n接合界面の大きい理想的なデバイスを探索してきました。

分子の配向制御については、Pc分子と相互作用のあるヨウ化銅 (CuI) を無機バッファ層^{*2}に用いることで分子を寝かせた状態で成長させられます。結晶性の向上は、超平滑な基板に有機半導体をゆっくり蒸着することで可能になります。

これまでに、超平滑に加工したITO透明電極基板にCuIの連続膜を作り、その上に有機バルクヘテロ層を形成することで高性能化を図ってきました。しかし、この方法も、混合に手間とコストがかかるバルクヘテロ構造を用いていること、並びに大面積

Division of Organic Solar Cells

図1 斜め蒸着法を用いたナノロッドによる作製プロセス

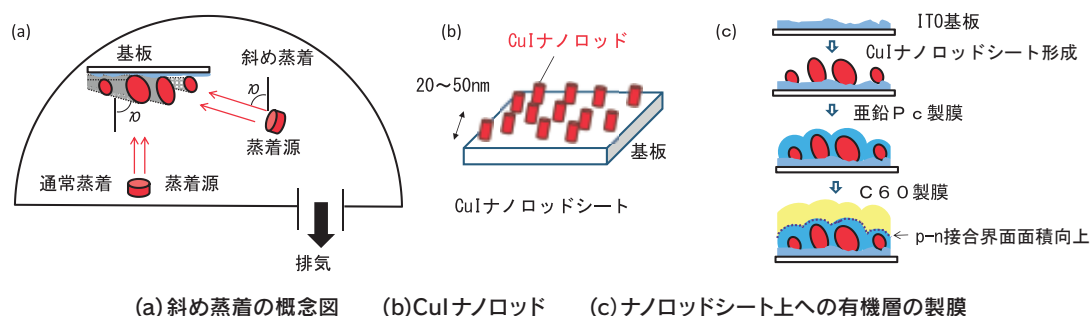
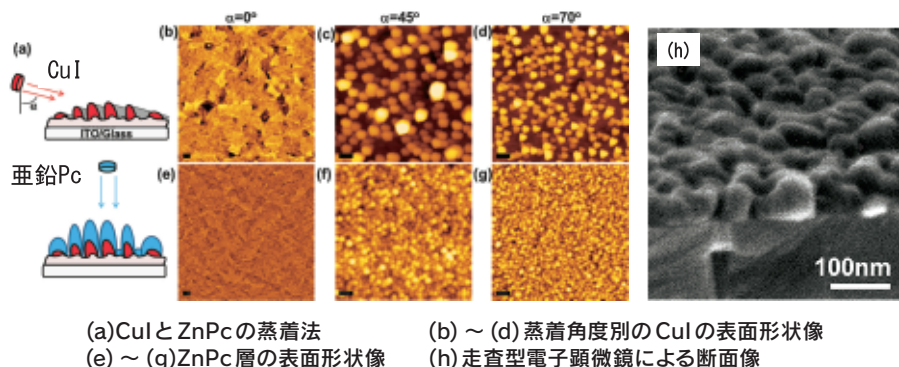


図2 CuI ナノロッドシートの表面形状像と ZnPc 層の表面形状像と断面像



化・低コスト化が困難な超平滑基板を使っていることにより、実用化に向けては問題がありました。

斜め蒸着で形成した、ナノロッドシートで新構造

私たちは今回、CuI でナノロッド^{※3}シートを形成し、その上に p 型と n 型の半導体を単純積層することで接合界面が山谷構造をとる高性能な有機薄膜太陽電池の開発に成功しました。

ナノロッドの加工には、浅い角度から蒸着して製膜する斜め蒸着の手法を用いました(図1)。まず、基板に蒸着材料が付着すると核を作ります。通常の蒸着は、核に蒸着材料が均一に供給されて平坦な膜ができます。斜め蒸着では、核の影となる部分に蒸着材料が供給されないため、成長は異方的^{※4}に進み、ロッド状になります。こうして形成された CuI のナノロッドシート上に ZnPc を蒸着すると、シートの形状に沿って ZnPc 層もナノロッド状になることが、表面形状像で確認できました。また、電子線顕微鏡の断面観察により、ナノロッドに ZnPc をコーティングしたような山谷の形状になることも明らかになりました(図2)。さらに、透過型電子顕微

鏡で観察したところ、CuI は、表面の粗い ITO 基板の突起部分に付着して核を作り、そこから結晶性の高いロッドに成長し、その上に成長する ZnPc 層も結晶性が高くなることを見出しました。すなわち、超平滑な表面よりも粗い表面の ITO 基板のほうが、結晶性に優れたナノロッドを形成できるということです。

高効率・大面積化・低コストの有機太陽電池の実用化をめざして

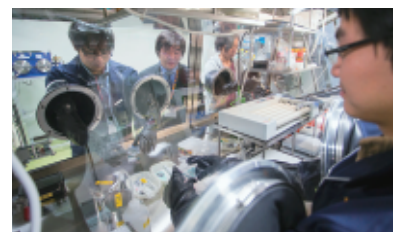
このようにして得られた新規デバイスは、

- ① 斜め蒸着によって CuI ナノロッドの結晶性が高まり、その上の有機層の結晶性も上がる
- ② ナノロッド上の ZnPc は、分子が寝た状態で積層されるため、光吸収度が高まる
- ③ 有機層は、ナノロッドシートの山谷構造をなぞって山谷となり、p-n 界面の面積が増大するという高性能を示しました。

その結果、このデバイスの変換効率は 4.1% に達し、単純積層型太陽電池 1.4% の 3 倍、従来のバルクヘテロ構造 3.6% も超えました。また、バルクヘテロ構造に適用できない p 型

半導体でも、ナノロッドシートの導入によって性能が向上されることを確認しました。この技術は、バルクヘテロ構造に代わって有機薄膜太陽電池の効率化を可能にし、かつ材料を選ばず、大面積化と安価を図れる画期的な技術といえます。

今後は、低コスト化に向けて塗布による製膜が重要であり、斜め蒸着法によるナノロッドシートを、塗布による低分子または高分子製膜に応用できるように研究を進めます。企業などとの共同研究も推進し、高性能・大面積・低コストな有機太陽電池の早期実用化をめざします。



※1 α-6T…光電流を大幅に増大させることで知られるアルファセキチオフェン。

※2 無機バッファ層…有機薄膜太陽電池において、電荷の捕集や整流性向上のために用いられる無機半導体層。

※3 ナノロッド…ナノメートルサイズの棒状粒子。

※4 異方性…物質の物理的性質が方向によって異なること。

Division of Renewable Energy

自然エネルギー活用部門

□専任 河野 孝昭 助教

市街地に導入する小形風車の開発と風条件の研究



自然エネルギー活用部門では、地産地消型の自然エネルギー活用技術システムの開発に取り組んでいます。都市に適應する分散型電源としての風力や水流を利用した高効率・低騒音な発電システムと、その発電出力変動を補完する燃焼システムを開発し、次世代のスマートシティ構築の一翼を担うことを目指しています。

市街地の風に関する研究は、建築物の耐風設計や、地表近傍の風・熱環境の研究分野で精力的に行われてきていますが、小形風車を設置する観点からの研究はほとんど行われていないのが現状です。一般的に、市街地上空の風条件は、平坦地上空の風条件に比べて、時間的・空間的変動が大きいこと知られていますが、どの様な場所で、どの程度の風の増速や乱れが生じるかといった定性的且つ定量的な情報は、非常に限られて

います。これらの情報を蓄積し、風車やその導入方法の開発に反映させることにより、更なる高効率化と低騒音化及び高い安全性の確保を実現することが可能となります。

今回は、河野孝昭助教の「市街地に導入する小形風車の開発と風条件の研究」を紹介します。

市街地に導入する小形風車の開発

可変ピッチ式直線翼垂直軸風車やフェンス上部設置型のクロスフロー風車の開発は、本部門の主要な研究課題の一つです。

可変ピッチ式直線翼垂直軸風車に関しては、時間的な変動が大きい市街地の風速に対応できるように、翼の形状や枚数、取り付け方法、風に対する角度の制御方法などの検討を風洞実験や数値流体力学 (CFD) ^{注1}

解析を利用して行っています。

クロスフロー風車に関しては、道路用フェンスに設置して誘導灯などの小型電源として機能させる研究を行っています。これは、フェンス上部に発生する増速域を利用する発電です。垂直軸のクロスフロー風車は本来、風向に対する依存性がなく、低周速から発電が可能ですが、フェンスに平行に設置する場合、出力は風向の影響を受けるため、これをいかに制御するかを検討しています。

更に、風車の市街地への導入条件として、低騒音化は不可欠であり、騒音発生や伝搬のメカニズムについて風洞実験とCFD解析を実施して解明に取り組んでいます。

小形風車導入のための建築物屋上の風条件の精査

小形風車の設計は現在、IEC規格

Division of Renewable Energy

に準拠しています。しかし、IEC規格において耐久性の評価に用いられる風速や乱れ強度などの風条件は、建築物屋上のような複雑な乱流場を対象としていません。近年、小形風車の建築物屋上への導入事例が増えてきていて、建築物屋上に設置する小形風車の規格や最適配置に関するガイドラインの策定が望まれています。が、建築物屋上の風条件に関する情報は非常に限られています。

そこで、規格やガイドラインを策定するための知見の蓄積を目的に、幅40 m・奥行40 m・高さ80 mの正方形柱形状建築物周りの流れ場についてCFD解析し、その屋上の風条件を調べました。風向は、風上側の壁が建築物に正対している場合（風向角0°）、22.5°傾いている場合（風向角22.5°）、45°傾いている場合（風向角45°）を対象としました。

その結果、次のようなことが明らかになりました。

- 1) 建築物の影響を受けていない流入境界における同高度の風速よりも増速する領域（図1の最も濃い領域、主流風向は左から右）の出現の仕方は各風向角の場合で大きく異なるが、接近風が直接衝突する風上側縁辺近傍の上空では比較的低い高度から上空にかけて増速するのは共通している。
- 2) 風の乱れの強さの指標である主流風速標準偏差は、強風域（図1の最も濃い領域）では小さい。一方、主流風速標準偏差の大きな値の各高度における出現の仕方は、風向角0°の場合と風向角45°の場合で大きく異なる。

今後、屋上風条件に対して、建築物の縦横高さの比や屋上形状、接近風の性状、周辺建築物がどのような影響を及ぼすのかを検討していきます。

風車後流特性を再現する解析法の開発

風力発電機の風車を近接して複数台設置する場合、風上側風車の後流の減衰した風速により、風下側風車は、発電量が大幅に低下したり、極端にアンバランスな分布の風荷重がかかって寿命が短くなることがあります。こうしたリスクを回避した風車配

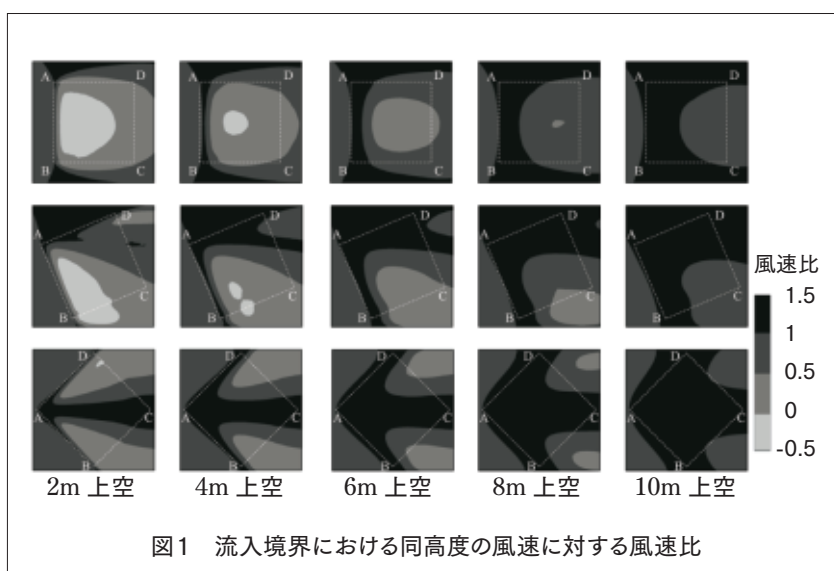


図1 流入境界における同高度の風速に対する風速比

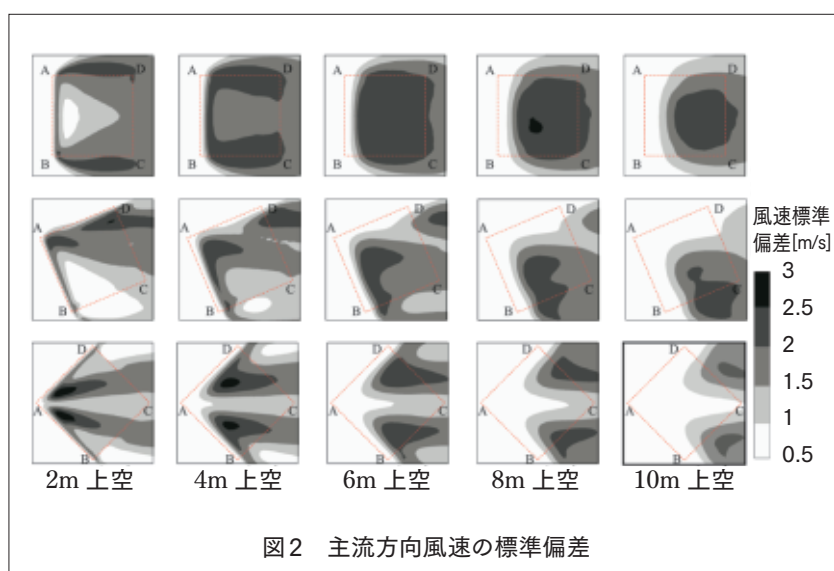


図2 主流方向風速の標準偏差

置を行うには、風車後流の風速分布を把握する手法が必要です。これまで、水平軸風車を対象に、風車ロータの形状を円盤で近似したアクチュエータ・ディスク (AD) モデルや、ブレードの形状を線で近似したアクチュエータ・ライン (AL) モデルを用いたCFD解析により、風車後流風速の再現を試みる研究がなされていますが、それらは風車タワーの影響を考慮していません。

そこで私たちは、水平軸風車を対象に、ADモデルを用いたLES解析を行い、風車タワーが風車後流風速に与える影響を検討したところ、タワーが後流風速分布に著しい非対称性を生じさせていることが明らかになりました。一方、ADモデルでは風の

乱れ強度が極めて低く計算されることを確認したため、今後はALモデルを計算コードに組み込んで、乱流特性の再現性を改善していきます。さらに、ALモデルを垂直軸風車の解析用に拡張し、風洞実験との比較によって適用性の検証やモデル改良を図ります。

以上の研究を通し、市街地に導入される小形風力発電の高性能化と信頼性・安全性の向上に貢献することを目指しています。

注記

①数値流体力学

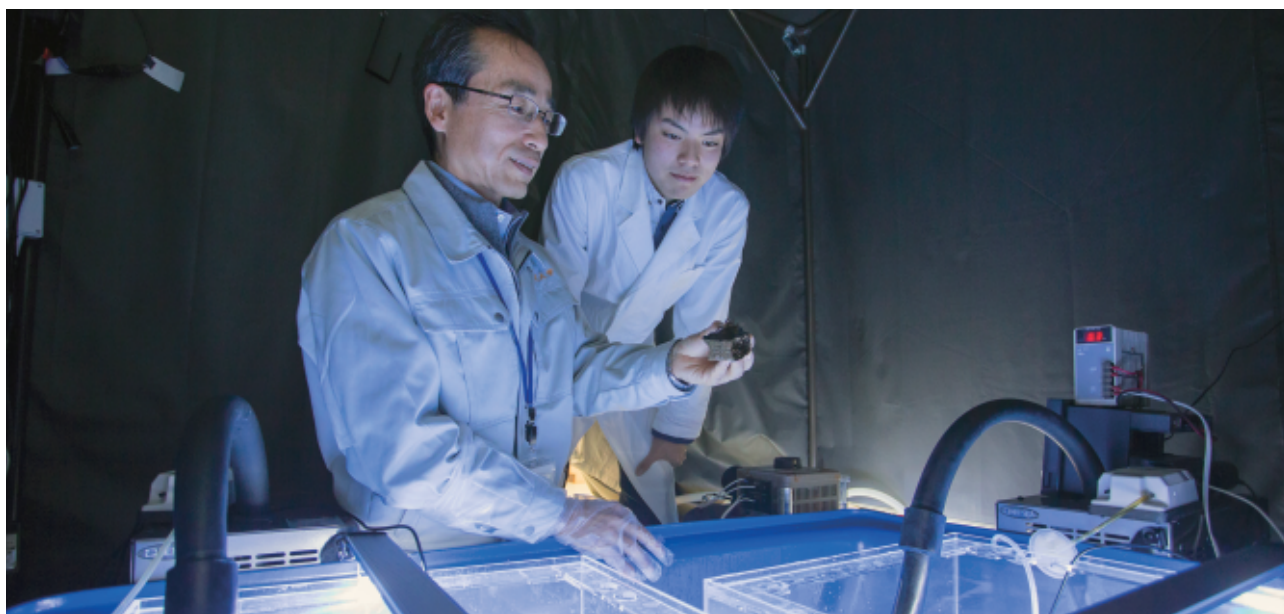
空気や水など流体の運動方程式 (Navier-Stokes方程式やEuler方程式など) をコンピュータで計算し、流れを観察する数値解析法。

Division of Carbon Circulation Technology

炭素循環技術部門

□専任 三木 理 教授

海洋バイオマスの 高効率生産プロセスの開発



炭素循環技術部門では、石炭エネルギー利用における環境負荷低減をめざし、新規の炭素循環技術の開発に取り組んでいます。

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年に石炭火力発電と原子力発電が世界の発電エネルギー源の中心となると予測しています。日本では国家戦略「エネルギー基本計画」の見直しが進められるなか、価格と供給の安定性に優れた石炭への需要が高まると考えられます。しかし、石炭の活用拡大には、二酸化炭素と燃焼石炭灰の大量発生という問題が伴うため、二酸化炭素の回収・貯留、石炭灰活用の技術開発がより重要となります。

さらに、100℃以下の膨大な低温排熱の有効利用はまだ進んでおらず、排熱の有効利用推進による省エネルギー技術開発が重要です。

本部門では、二酸化炭素の大量発生源の火力発電と鉄鋼製造をターゲットに、①高効率なCO₂分離回収プロセスとして、新規吸着剤を用いた温度スイング式二酸化炭素吸着装置の開発、②CO₂海洋貯留技術として、光合成利用の藻類バイオリクターの開発、③藻類バイオマスの生産向上を図るための育成技術の開発、④発電所・工場から発生する膨大な未利用の低温排熱を有効活用するための蓄熱・熱輸送、熱利用機器の拡充の研究を推進しています。

今回は、本部門専任の三木理教授の「海洋バイオマスの高効率生産プロセスの開発」を紹介します。

海洋バイオマスエネルギーの研究が活発化

バイオマスの種類は多岐にわたり、下水汚泥などの廃棄物系バイオマス、

間伐材や稲わらなどの未利用バイオマス、穀物などの資源作物に大別されます。こうしたバイオマスの中で、近年、海藻に代表される海洋バイオマスからエネルギーを回収する研究に注目が集まっています。1970年代のオイルショック当時に、石油の代替燃料として海洋バイオマスエネルギーが俄かに脚光を浴び、例えば、米国では、大型藻類であるジャイアントケルプの海洋牧場が計画されました。しかしながら、適量の栄養塩を安価に供給する方法やケルプを魚礁などに固定する技術とがネックとなって、計画は頓挫しています。

近年、再度藻類がバイオマスエネルギーとして着目されている理由としては、単位面積当たりの生産量が大きい、穀物系バイオマスのように食糧との競合を来さない、二酸化炭素固定や水域浄化などの環境保全にも

Division of Carbon Circulation Technology

有用である、などがあげられます。また、日本は、領海と排他的経済水域と合わせた面積が世界第6位であり、その広大な海域を藻類の生産に利用できます。実際、大型藻類からのバイオエタノール回収や微細藻類からバイオディーゼルを得る研究が活発に行われており、その実用化には生産コストの低下が課題となっています。

こうしたことを背景に、私たちの研究室では、海産性藻類として大型海藻、および微細藻類を対象に、効率的な生産プロセスの開発に取り組んでいます。

海洋バイオマス生産 高効率化の視点

コンブやホンダワラなどの藻場の衰退、いわゆる磯焼けは、さまざまな要因が指摘されていますが、窒素やリンなどの栄養塩の不足もその要因のひとつであるといわれています。また、森林腐植土由来のフルボ酸は、微量栄養塩である鉄のキレートとして山から川を通じて海へ鉄を運んでおり、山林部からの腐植土の減少が沿岸部で

の鉄不足につながり、磯焼けを招いているという説もあります。また、近年多発しているノリの色落ちについても、原因のひとつとして、窒素やリンなどの栄養塩の低下がありますが、微量栄養源である鉄の欠乏も色落ちも招くことが明らかにされています。

こうした知見から、「海洋バイオマス生産の高効率化」についても、適正な栄養塩の制御が欠かせないと考えています。栄養塩の安価な供給方法については、排水中の窒素やリン、および、副産物（石炭灰、鉄鋼スラグなど）に含まれる鉄などの微量栄養源の活用が考えられます。しかし、窒素やリンと比較し、「海洋バイオマス生産の高効率化」への鉄の影響については知見がまだ十分ではないため、基礎的な検討から副産物の活用方法まで幅広く研究を進めています（図①）。

さらに、「海洋バイオマス生産の高効率化」には、栄養塩ばかりでなく、光条件、CO₂濃度、水温、付着基質など、さまざまな環境条件を制御する必要があります（図②）。また、海洋バイオマスは、室内培養ではなく最終的

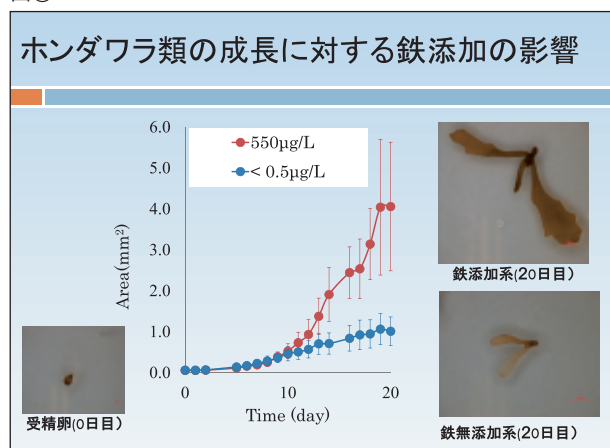
には屋外の培養を想定する必要があるため、バクテリアなどの汚染に対する海洋バイオマスの耐性も非常に重要な要素です。これらの生産効率化に必要な条件は、対象とする海洋バイオマスによっても大きく異なってきます。

「微細藻類」に関しては、バイオディーゼルの原料となる油脂を多く生産するとともに、開放系の条件でも、安定して優先的に成長できる海産性の種の特定を進めています。

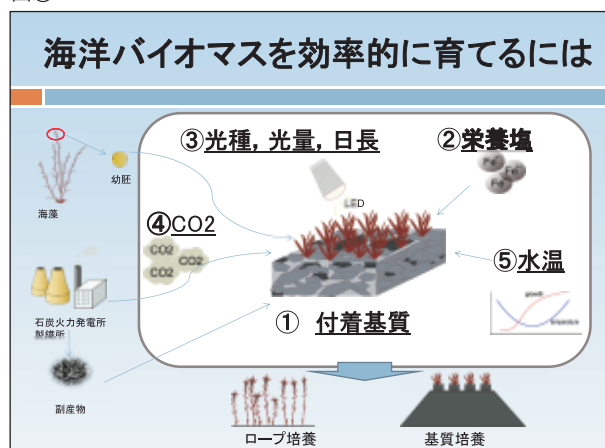
また、「海産性大型藻類」に関しては、日本で数多くの種が存在するとともに、数mにまで大きく成長し二酸化炭素固定量の高いホンダワラ類を対象とし研究を進めています。ホンダワラ類は、磯焼け等の環境再生の視点からも重要な種であると考えています。現在、ホンダワラ類の生育促進に適した栄養塩の供給量、LED光源の光量や波長、付着基質の選定などを検討しています（図③）。

以上、環境系・機械系・化学系・土木系の異分野融合と産学連携のもと、「地産地消」の観点を重視し、本研究を進めています。

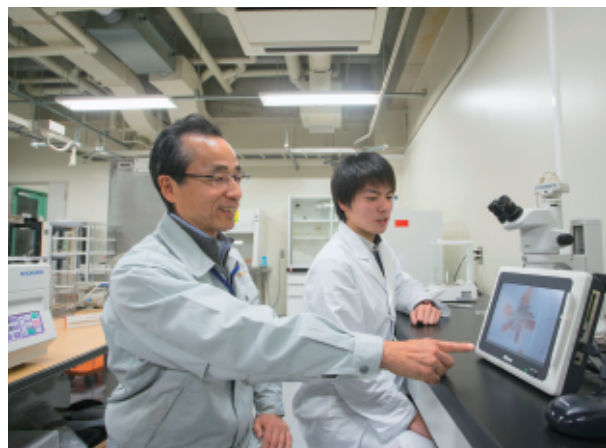
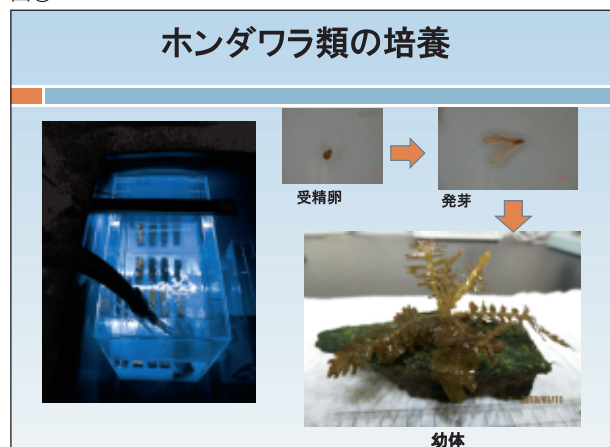
図①



図②



図③

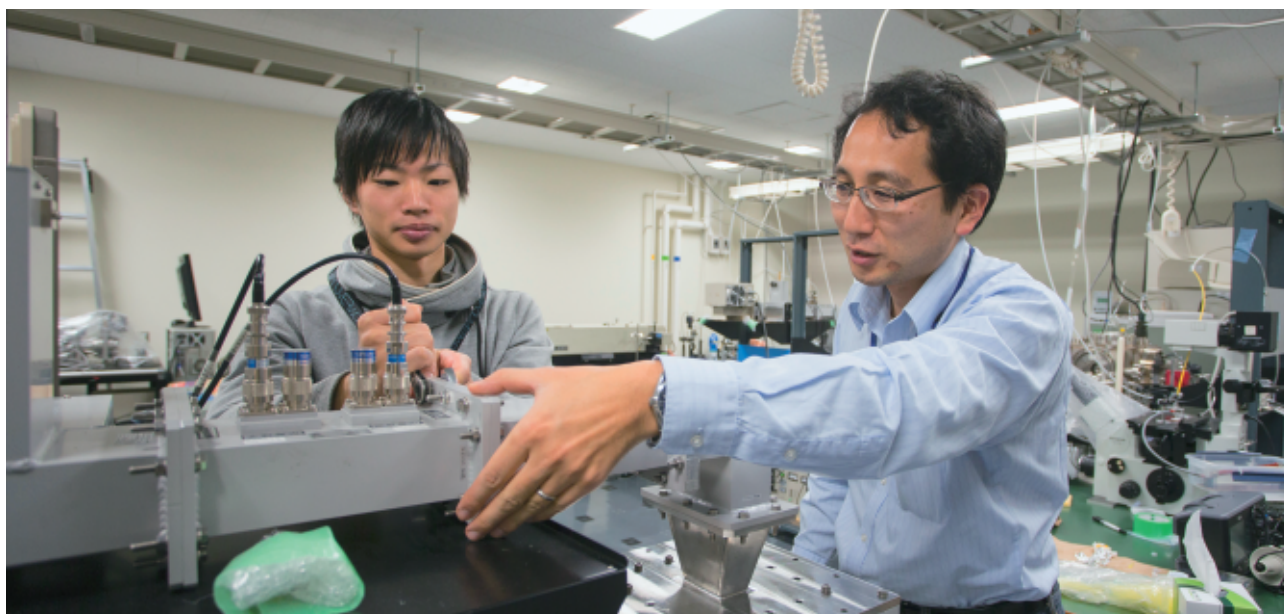


Division of Energy and Environmental Materials

エネルギー・環境材料部門

□専任 石島 達夫 准教授

重相構造プラズマを用いた 革新的基盤技術の創出に取り組む



物質の第四態といわれるプラズマは、現代社会を支え、発展に導く基幹技術です。微細加工分野では異方性エッチングや薄膜堆積、エネルギー分野では太陽電池素子、素材合成分野では機能性ナノ粒子などの新材料の創製、医療分野では殺菌・滅菌や傷の治療、環境分野では廃棄物や排ガスの処理など、さまざまな分野で研究が進められています。

エネルギー・環境材料部門では、質の高いエネルギーである電気の高度利用をめざし、重相構造プラズマの物性解明に基づく革新的基盤・基幹技術の開発に取り組んでいます。重相構造プラズマとは、固体・液体・気体・プラズマの四相が時間的・空間的に混在している物質構造で、新しい概念です。

本部門の主な研究テーマは、本学独自の技術である変調型超高密度高

温プラズマを使った高純度ナノ粒子の大量・高効率製造技術、プラズマによるポリマーアブレーションを利用した大電流直流アーク遮断技術、高効率プロセスプラズマ技術による高機能デバイス材料の創製、次世代半導体素子と目される単結晶ダイヤモンドのプラズマプロセスによる創製です。今回は、本部門専任の石島達夫准教授の研究を紹介します。

マイクロ波励起液中気泡プラズマを有機物処理に応用

私が主に取り組んでいるのは、マイクロ波励起液中気泡プラズマです。その生成装置とプラズマ生成の様子を図①に示します。液体容器と容器内に突出した導波管で構成され、導波管先端には複数のスロットアンテナと石英板が設置されています。導波管を通してスロットとスロットの間に

マイクロ波を照射すると気泡が生まれ、さらにマイクロ波による電磁界が気泡内にプラズマを生成させます。電磁界が最も強いスロットアンテナ周りに気泡を留めるために、気泡制御板と呼んでいる構造を設けている点の特徴です。液中プラズマは大別すると、液体の絶縁破壊による生成と液中の気泡絶縁破壊による生成とがあります。電界強度を見ると、水は $\sim 10^6$ V/cmであるのに対し、空気は $\sim 10^4$ V/cm。前者の場合は、高電圧によって電極物質がスパッタされて溶出し、溶質の性質に影響を及ぼすリスクがあります。そこで、液中プラズマの多くは、気泡の中にプラズマを生成させます。ところが、従来の加熱法では、気泡の生成促進と電極ダメージ抑制のため、より低い電圧で電流を大量に流す必要があり、液体の導電率を高める工夫が必要でした。

Division of Energy and Environmental Materials

一方、マイクロ波を使うプロセスでは、マイクロ波で極性分子を加熱して気泡をつくるため、液体の電気伝導度に依存しません。また、従来の針電極に比べて、プラズマ発生部であるスロットアンテナの劣化も抑えることができます。

こうした液中気泡プラズマの開発研究は、化学反応性に富むプラズマを用いた溶液中の化学反応を促進させる新規反応プロセスを創出する試みで、最初は水中の有機物分解処理から始めました。一例としてメチレンブルーの分解脱色の様子を図②に示します。0.5kW程度のマイクロ波入射電力によって8Lのメチレンブルーが約30分の液中気泡プラズマで、ほぼ脱色されることが分かります。

非平衡プラズマで生成される活性種の中でもOHラジカルはオゾン以上に酸化力が強く、難分解性の有機物質の分解に有効ですが、短寿命であることがネックとなっています。そこで、ラジカル生成と水処理の同時的進行という観点から液中プラズマが有望視されてきました。

実際、私たちのマイクロ波励起液中気泡プラズマの分解能について、難分解性有機物質に対する実験を行ったところ、マイクロ波利用の減圧プラズマは、外部ガス導入による大気圧プラズマよりも分解速度が速いことが明らかになりました。また、気泡制御板の導入によってプラズマを安定化させ、ならびにスロットアンテナ数を増やして反応領域を拡大することにより、有機物質処理の高効率化が図れることを確認しました。

レジスト膜の除去技術や減圧流水処理法の開発

液中気泡プラズマの新たな応用として、半導体製造プロセスにおけるレジスト膜を、薬液を用いることなく超純水中で除去する新たな技術に取り組んでいます。基板のエッチング加工では、目的部位以外を保護するためにフォトリソ膜を形成します。従来、この膜の除去には、硫酸に過酸化水素を加えた溶剤が大量に用いられています。新たに開発した液中気泡プラズマ法は、超純水を使用し、化学的に活性な反応種は寿命が短い

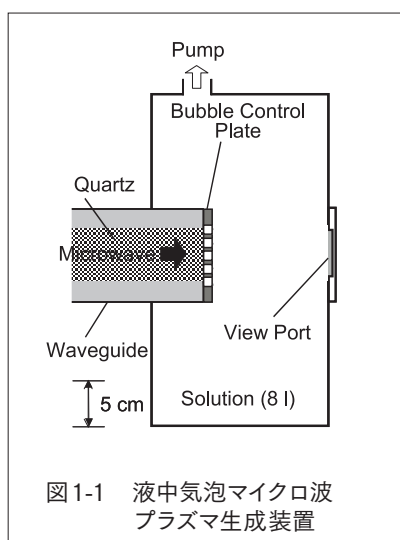


図1-1 液中気泡マイクロ波プラズマ生成装置



図1-2 液中気泡マイクロ波プラズマの発光の様子

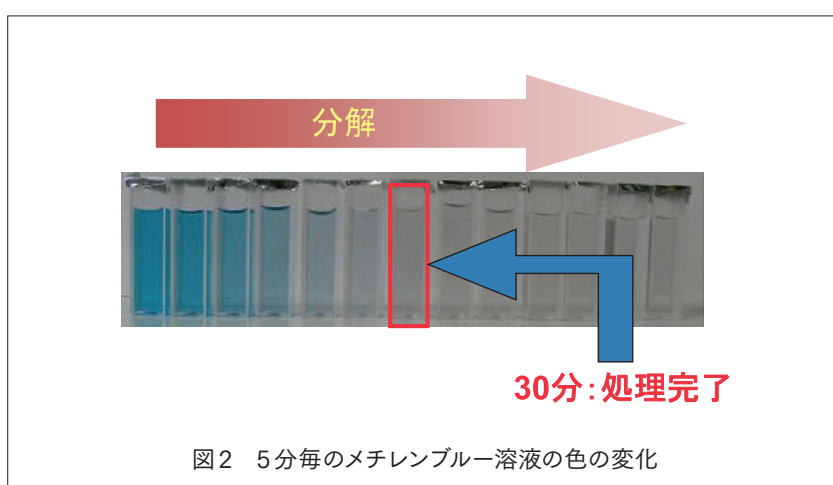


図2 5分毎のメチレンブルー溶液の色の変化

により変質して硬化したレジスト膜に対しても高速除去が可能であるというメリットを有しています。従来のプラズマ生成法と異なり液中でも平面的に広がるため、基板などの平面構造物を液中で処理する新規プロセスを可能にします。

また、液中プラズマを用いた減圧流水処理法も開発しています。液体処理容器に流入された液体は、水流ポンプによって吸引され、ポンプから排出された液体がアスピレータを駆動し、容器内を減圧することで、減圧環境により液中プラズマの生成が効率的に進みます。従来のバッチ型処理法では連続処理が困難であり、減圧のためには高価な真空ポンプを必要としますが、考案した処理法では、連続的かつ効率的な流水処理を可能にします。

プラズマの新たな応用領域

非平衡プラズマは、外傷治療や癌細胞の増殖抑制などの効果があると

の研究報告があり、画期的な医療技術としての期待が高く、研究開発が盛んに行われています。日本においても、平成24年から、先進的医療技術の開発をめざし文部科学省の新学術領域「プラズマ医療科学」が採択されるなどプラズマと生体・バイオへの研究開発に注目が集まっています。生体とプラズマとの反応は液体中に存在する細胞組織との固体表面との相互作用であり、重相構造プラズマ環境にあると考えられます。

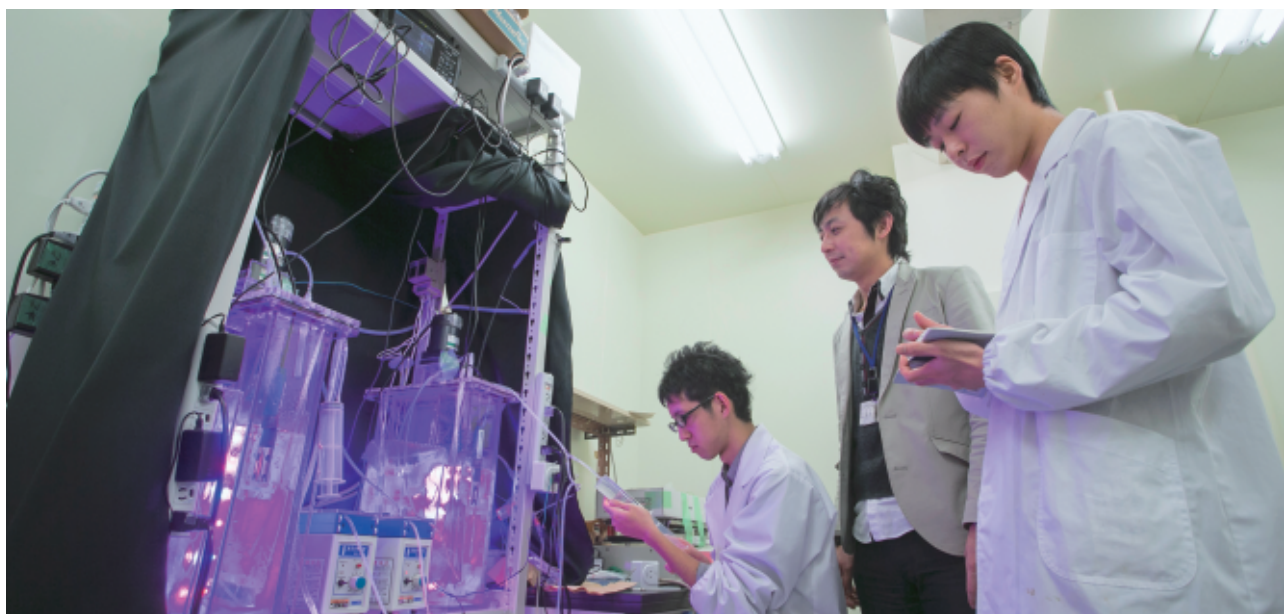
したがって、プラズマと生体との相互作用を解明する研究は、相が異なる状態を複合的かつ有機的に結びつける新しい学際分野であり異分野間の連携が欠かせません。センターの特徴を生かした学内連携に加えて、産学連携体制を整え共同体で推進していきます。

Division of Unutilized Biomass Energy

バイオマス利用部門

□専任 本多 了助 教

微細藻類と下水処理水を活用した エネルギー・バイオマス生産プロセス



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、ならびに、バイオマス使用拡大に伴う環境負荷を軽減するシステムの最適化に基づいたクリーンエネルギーの創出に取り組んでいます。

主たる研究課題は以下のとおりです。

- (1) 堆肥化・消化・光合成によるエネルギー・資源回収技術として、下水処理場集約型バイオマス利用技術、発酵熱の原位置直接利用技術、下水処理水を利用した藻類バイオマス利用エネルギー生産プロセスの開発
- (2) 環境負荷低減型バイオマス燃焼技術として、リスク評価の研究、低コストな排出源対策技術の開発
- (3) バイオエタノール製造技術として、イオン液体・発酵による資源抽出技術の開発

今回は本多了助教の「下水処理水

を利用した地球温暖化緩和型エネルギー・バイオマス生産プロセスの開発」を紹介します。

下水処理水を利用した 藻類バイオマス・エネルギー生産

都市の未利用バイオマスの一つである下水の処理は、有機物や窒素・リンなどの汚濁物質の除去が目的ですが、同時に、除去された有機物（＝余剰汚泥）は廃棄物として排出・処理されます。現在の下水処理システムは、廃棄物となる余剰汚泥を少なくするために多くの曝気エネルギーを投入し、有機物をできるだけ酸化して二酸化炭素にすることに主眼が置かれています。また、閉鎖性水域の富栄養化の原因となる窒素の除去にも多くのエネルギーが投入されています。

私は、下水の再資源化という観点

から、下水処理システムを汚濁物質の除去にとどまらず、バイオマス・エネルギー生産システムとして最適化ができないかと考えています。その方法の一つが、下水処理水中の窒素・リン成分のバイオマス資源化です。まず、有機物除去過程で有機物の酸化による二酸化炭素発生を抑え、下水中の有機物をできるだけ余剰汚泥として回収します。その後、有機物を除去した後に残る窒素・リンは、微細藻類の生産に利用します。微細藻類は二酸化炭素を固定して増殖するので、窒素・リンから有機物を含むバイオマス資源を生産することができます。このようにして下水からバイオマス（＝余剰汚泥と藻類バイオマス）をできるだけ多く生産し、メタン発酵によるバイオガス回収や炭化処理による固形燃料化などによって、エネルギーとして利用することを想定しています。

Division of Unutilized Biomass Energy

メンブレン フォトバイオリアクターの考案

近年、微細藻類を利用したバイオ燃料の生産に関する研究が盛んに行われています。しかし、藻油（＝藻類から生産されるバイオディーゼルなどの燃料）は、まだまだ化石燃料由来のガソリンや軽油に比べてはるかに高価であり、実用化・普及に向けては生産コストの大幅な低減が課題となっています。コスト要素の一つとして、培養に要する二酸化炭素や窒素・リンの栄養塩の供給があります。これらを下水処理水から利用できるようにすることで、より低コストな栄養塩供給と資源循環利用を目指しています。しかし、下水処理水中の窒素・リンなどの栄養塩は、藻類培養基質としては低濃度です。より高い藻類生産速度を得るには、なるべく多量の窒素・リンを供給することが重要になります。下水処理水は窒素・リン濃度が低いため、その分供給量を増やすことが必要ですが、そのまま供給速度を上げるだけでは、培養槽内の微細藻類も一緒に槽外に流出をしてしまいます（図1左）。微細藻類は細胞分裂によって倍々増えていきますから、培養槽内の微細藻類濃度が小さくなると生産速度も大きくなりません。そこで、処理水供給速度の増加と微細藻類の高濃度保持を両立させるために考案したのがメンブレンフォトバイオリアクター（浸漬膜付加型照射生物反応槽）です（図1右）。この培養槽には、家庭の浄水器にも利用されている精密ろ過（MF）膜という孔径約 $0.2\mu\text{m}$ の細孔をもつ膜が槽内に浸漬されています。微細藻類の大きさはシアノバクテリアで $1\sim 10\mu\text{m}$ 程度ですから、MF膜を通過することはできません。そのため、この膜を通すことで主に水と溶存物質だけを培養槽内から取り出すことができます。これによって、下水処理水の供給流量と、培養槽内の藻類濃度を別々に制御することができ、供給速度増加と藻類濃度保持のジレンマから脱することができるようになりました。

現在までの結果では、この浸漬膜ろ過の導入が効果的であることは分かりましたが、藻類生産速度は既存の高濃度栄養塩培地を用いた研究と

図1 従来の培養槽と浸漬膜を利用した培養槽のちがい

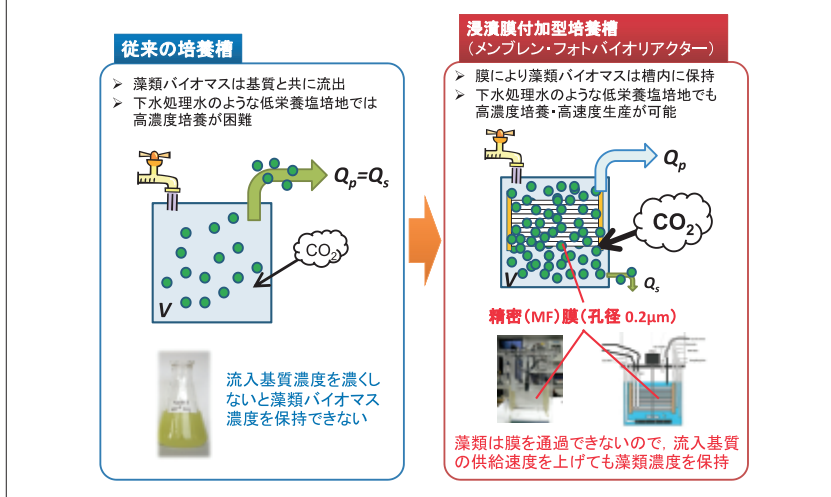
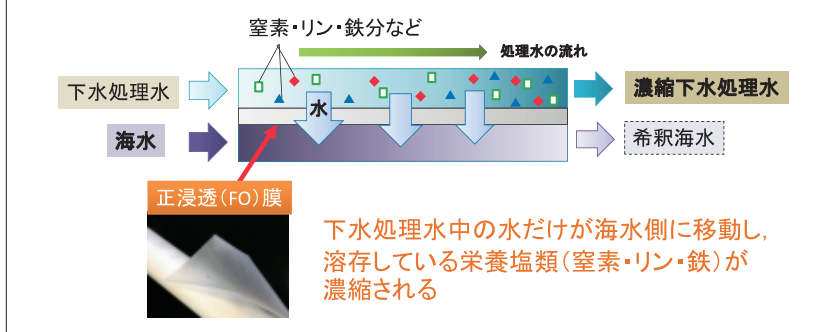


図2 正浸透（FO）膜による栄養塩濃縮プロセスの原理



比べてまだ及びません。今後、さらに下水処理水の供給速度を増やして、生産速度の向上を目指していくつもりです。

正浸透膜プロセスへの取り組み

正浸透（FO）膜プロセスは、塩濃度の異なる2つの溶液の間に生じる浸透圧を駆動力として利用するプロセスで、浸透圧発電や省エネルギー型海水淡水化への利用などで、最近注目を浴びているプロセスです。先ほど、下水処理水の窒素・リン濃度は低いとお話しましたが、このFO膜プロセスによって、下水処理水中の窒素・リンを低エネルギーで濃縮するプロセスの開発についても取り組み始めました。

FO膜は、メンブレン・フォトバイオリアクターに利用しているMF膜よりもさらに孔径が小さい膜で、主に水だけを通し、溶存物質やイオンをほとんど通しません。下水処理水と海水をFO膜で隔てて循環させることで、下水処理水の水（ H_2O ）のみが海

水側へと移動し、窒素・リンイオンは下水処理水側に残ります（図2）。この水（ H_2O ）の移動は浸透圧によって外部から圧力を加えなくても起こりますので、エネルギー消費の少ない濃縮が可能となります。ちょうどこの研究の構想を練っていたときに、JSPS「組織的な若手研究者等海外派遣プログラム」で在外研究の機会をいただき、FO膜や逆浸透（RO）膜の研究の第一人者の一人、Eric M.V. Hoek教授（米国カリフォルニア大学ロサンゼルス校）に受け入れの打診をしました。彼とは面識がなかったにも関わらず快く受け入れていただき、彼の研究室に2012年の8月～10月の2か月間滞在し、研究を本格的に開始することができました。Hoek先生からもメンブレン・フォトバイオリアクターの研究に興味を示していただき、共同研究を模索している段階です。

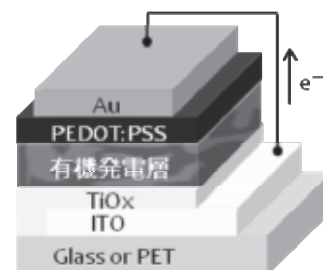
今後も、バイオマスを利用した新しいエネルギー生産技術の開発を目指して研究を続けていきたいと考えています。

【第1部門】有機薄膜太陽電池部門ロードマップ（H23年度作成、H24年度微改訂）

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。この逆型素子は大気中でも安定な材料を用いて作製することができるため、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す。その一つが低コスト化（目標値 50 円/W）や高付加価値化であり、その方策として、プラスチックフィルム基板の導入や低温プロセスの開発を行う。さらに、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、高性能な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キャリア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ラ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℃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）

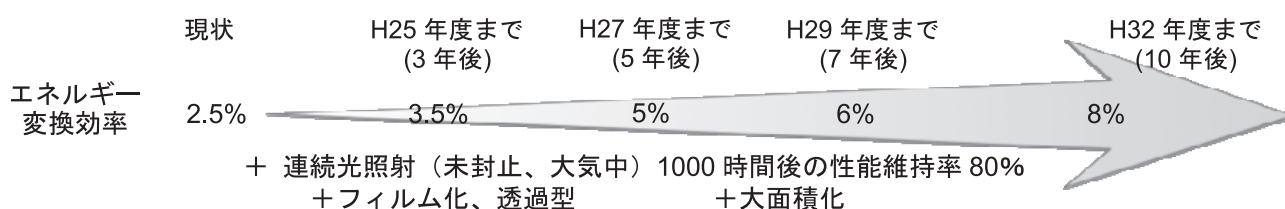
2. 年次計画【要素技術開発の実施予定表】

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	◆				◆	◆				◆
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

垂直軸風車(可変ピッチ式H形ダリウス風車、クロスフロー風車)及び水平軸風車(プロペラ風車)等における最適な集風加速装置の開発を行い、さらに建物やフェンス周囲の風加速領域を利用し、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

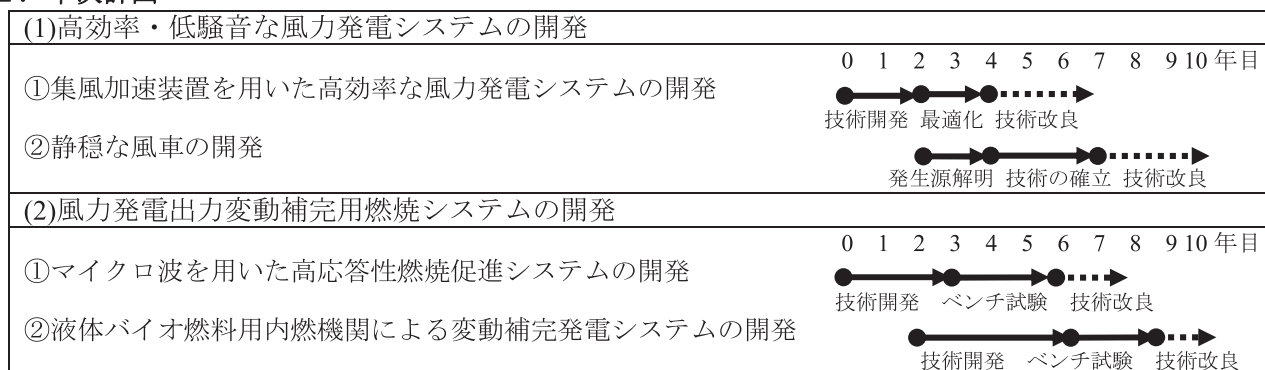
①マイクロ波を用いた高応答性燃焼促進システムの開発

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

風力発電設備などからの変動した電力を熱などに変換することで直接的にバイオマス燃料の生産時に利用する。さらに、精製された液体バイオ燃料を使用し、より広範なバイオマス燃料に対応できる内燃機関による変動補完発電システムを開発する。

2. 年次計画

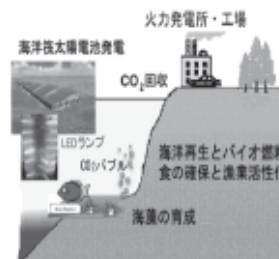


【第3部門】炭素循環技術部門ロードマップ

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术の開発

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、CO₂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%発電の40%占め、2030年には消費量は1.5倍発電量倍増し、2050年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。また、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CO₂排出が大きいものの、コスト・供給安定性の面で優れたエネルギー源であり、CO₂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認し（現状:80基、3,950万kW）、今後も適切に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。

- 1) 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CO₂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CO₂濃度を考慮した分離回収システムの構築 → ②
- 2) 低コスト高効率低環境負荷のマイクロCO₂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
- 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 st stage(2011)	2 nd stage(2013)	3 rd stage(2015)	Future(2020)
排熱 (Exhaust Heat)	・排熱回収・有効利用は限定的 ・復水器排熱による海洋熱汚染	● 排熱量と温度レベルの調査 ● 排熱回収システムと有効利用法の提案	● 高性能熱交換器の開発 ● 蓄熱・熱輸送の検討	② コ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 ↓ 火力発電の稼働時間削減 二酸化炭素排出量の削減	
二酸化炭素 (CO ₂)	・わが国の排出量の3割は火力発電由来 ・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 (CCSの現状) ・吸収式が主流 ・圧力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 ・地下/深海貯留 ・処理コスト4000円/トン	● 温度スイング吸着式回収技術の開発 ● デシカント技術を応用した水蒸気処理	● 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0を実証(回収CO ₂ 濃度70%、回収率70%)	● 性能向上施策を追求 ● 海藻育成に適したCO ₂ 濃度で回収率90%	② 温室効果ガスの削減(20%)・温暖化防止 回収CO ₂ 濃度90%以上 回収率90%以上(火力発電に限らず燃焼排ガス全般に適用)
		● 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	● 藻類バイオリアクタの開発 ● 海藻育成技術のフィールドへの適用 ● エコブロックの海藻育成土壌としての評価	● 藻類バイオエネルギー生産(光合成) ● 人工藻場群集における炭素固定量(500gC/m ²)	① 国産エネルギーの確保(10%) ③ 安心安全な食(海藻・魚類)の確保と海洋再生
石炭灰 (Fly ash)	土壌/建設資材として再利用(50%) 残り50%は産業廃棄物	● ジオポリマーエコブロック成形(牡蠣、鉄分) ● ゼオライト化とセメント利用	● エコブロックの成形・アッシュコンクリート ● 石炭灰中金属の固定化法の開発	● マリーンプロックへの海藻成長 ● 石炭灰の有効利用90%	② 環境保全と海洋再生

【第4部門】エネルギー・環境材料部門ロードマップ

研究課題：重相構造プラズマを利用したエネルギー・環境材料の創製と環境調和型プロセスの開発

研究概要：

新しい概念である「重相構造プラズマ」の物性解明と制御手法開発を通して、電気エネルギーの高度利用を実現するための革新的な技術開発を目指す。エネルギー分野において「熱核融合炉における炉壁材料の低損傷・低損耗プロセスの開発」、「環境調和型高性能大電流遮断技術の開発」、「金属材料切断や溶射技術の高効率化」、「プラズマ支援による高効率燃焼技術の開発」、また環境・材料分野において「機能性液中プラズマを用いた環境調和型プロセスの開発」、「次世代低消費電力型パワーデバイス半導体材料や機能性ナノ粒子の高速生成技術の開発」を産学連携の下で行う。

1. 達成目標

電気エネルギー高度利用のために、

- (1) 重相構造プラズマ物性解明とその制御手法の開発を行う。
- (2) 重相構造を有する大電流アークプラズマ利用技術の高度化を行う。
- (3) 核融合炉内・宇宙飛行体の耐熱材料開発のためのプラズマ-壁相互作用に関する応用研究を行う。
- (4) 重相構造プラズマを利用した多機能性ナノ粒子・低消費電力型パワーデバイス用半導体材料の高効率生成技術、液中プラズマを用いた環境調和型プロセス技術の開発を行う。

2. 年次計画表【基礎研究・応用技術開発の実施予定表】

研究開発項目	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32
(1) 基礎研究：重相構造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切断技術の高度化と環境調和型大電流遮断器開発	大電流アークプラズマ基礎特性の解明と金属切断／遮断技術の高度化					高性能大電流プラズマ切断技術実証試験 SF ₆ 代替大電流遮断器プロトタイプの実験				
(3) 応用研究：核融合炉第一壁・宇宙飛行体耐熱壁におけるプラズマ-壁相互作用研究	ELM/Disruptionノパルス熱流およびPWI制御手法の開発研究					ELM/Disruptionノパルス熱流およびPWI制御の実証試験研究				
(4) 応用研究：重相構造プラズマを用いたエネルギー高度利用のための材料創製、環境調和型技術の開発	重相構造プラズマへの機能性付加と材料創製・環境調和型プロセス技術開発研究					機能性重相構造プラズマを利用した材料創製・環境調和型プロセス実証試験研究				

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、産学協同で大電力遮断技術の高度化、低消費エネルギー・環境材料の高効率生成、重相構造プラズマ（気液界面プラズマなど）を利用した革新的環境調和型プロセス技術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（重相構造プラズマ物性）

名古屋大学、大阪大学、電気通信大学、宇宙研、金沢工大

産学共同研究：

富士電機、東芝、日立、日本カタン、カネカ（大電流遮断）

コマツ（アークプラズマ切断）、日清製粉（機能性ナノ粒子）

北陸電力（環境調和型排水処理）

【第5部門】バイオマス利用部門ロードマップ

組織：専任：本多 了助教、兼任：関 平和教授、池本良子教授、古内正美教授、
協力教員：高橋憲司教授、小林史尚准教授、畑 光彦助教、仁宮一章助教

1. 取組課題：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

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）の軽減に配慮したシステムの最適化を目標とする。

2. 達成目標

① 未利用系バイオマスの利用技術の開発

- (1) 未利用バイオマスの堆肥化、消化、光合成によるエネルギー・資源回収技術の開発
- (2) 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
- (3) 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。

3. 課題達成のためのロードマップ

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	
堆肥化・消化・ 光合成による エネルギー・資源 回収技術	● 下水処理場集約型バイオマス利用技術 ● 二酸化炭素資源化プロセスの開発 ● バイオマス発酵熱の原位置直接利用技術	● 下水処理場への応用 ● 炭化物の利用方法 ● 堆肥化物の利用技術 ● 熱利用施設と制御システム	● 技術改良	● 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 ↓ ● パイロットスケールでの実証試験
直接燃焼技術	● 分散型燃焼のリスク評価と環境負荷低減技術 ● 低コスト排出源対策技術	● 燃焼熱の利用手法 ● 環境負荷評価手法	● 技術改良	
バイオエタノール 製造技術	● バイオマス原料（海藻、林産廃棄物等）の発掘 ● エタノール生産速度向上技術	● 効率的生産技術のプロセス設計手法	● 技術改良	
共通課題	● 当部門主催による「バイオマス利用研究会（仮称）」立ち上げ ➢ 連携趣旨の周知・理解による協力体制構築 ➢ 金沢大学里山里海プロジェクトとの連携 ➢ 行政機関、企業との連携 ➢ 定期的に勉強会開催	● 地域特性に応じた開発システムの導入可能性の検討 ● 実証試験に向けての準備	● 実証試験の実施と総合評価	

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と係の審査による）	部門1 TT准教授	着任 H24年 1月1日			中間審査 H26年8月 頃		テニユア付与 に係る審査 H28年5月頃		(テニユア付 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		テニユア付与 に係る審査 H28年7月頃		(テニユア付 与された場合) 中間評価			
	部門3 教授	着任 H23年 10月1日			中間評価 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		テニユア付与 に係る審査 H28年5月頃		(テニユア付 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			中間評価 H26年8月 頃		継続審査 H28年5月 頃		(継続時) 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	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	自己評価	
	部門3 (成素循環)	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	自己評価	
	部門4 (エネルギー・環境材料)	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	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	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.8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。
				中間評価	中間評価	中間評価		中間評価		最終評価		自己点検書による 外部評価
	RSET シンポジウム	第1回 公開シンポ H24/2/10		第2回 公開シンポ		第3回 公開シンポ			第4回 公開シンポ		第5回 公開シンポ	
アドバタイザリーボード	第1回アドバタイザリーボード会合 H24/2/11	第2回アドバタイザリーボード会合	第3回アドバタイザリーボード会合	第4回アドバタイザリーボード会合	第5回アドバタイザリーボード会合	第6回アドバタイザリーボード会合	第7回アドバタイザリーボード会合	第8回アドバタイザリーボード会合	第9回アドバタイザリーボード会合	第10回アドバタイザリーボード会合		

平成24年度理工研究域サステナブルエネルギー研究センター【RSET】・年間事業スケジュール

事業区分	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	担当
研究活動	部門1 (太陽電池)							ワークショップ準備 (第3回第1部門シンポジウムに相当)		第2回有機系太陽電池ワークショップ 1/10～12				高橋
	部門2 (自然エネルギー)					第3回 シンポジウム 第1回 ワークショップ					第4回 シンポジウム	特別講演会		木綿
	部門3 (炭素循環)	コンクリート フォーラム①			コンクリート フォーラム②	環境・バイオマス フォーラム、分析 化学シンポジウム		グリーンイノ ベーション セミナー	グリーンイノ ベーションセ ミナー		グリーン・メディ ナルイノベーション セミナー	日本機械学会北陸 越前支部公開シンポ ジウム		三木
	部門4 (エネルギー・環境材料)			国際会議 ICEE2012				国際ワーク ショップ IWM&K2012 (RSET 協賛)	エネルギー分 野講演会		国際会議 IC- PLANTS2013	ナノ材料分野講演 会、電気学会北陸 支部シンポジウム (RSET 協賛)		上杉
	部門5 (バイオマス利用)				バイオマスミニシ ンポジウム (環境・エネ技術)	国際ワークショップ (環境と気候・タイ、 国際セミナー (カンボジア)				第1回&第2回 バイオマスセミ ナー(講演会) Sci-Hix2013	第3回バイオ マス研究会	日本農業学会全 国大会、第1回東ア ジア・バイオエネタ リングネットワーク 会議(金沢)		関
	専任教員WG							専任教員セミ ナー11/10						三木
自己点検	部門1 (太陽電池)	第17回部門 ミーティング		第18回部門 ミーティング	第19回部門 ミーティング			第20回部門 ミーティング			第21回部門 ミーティング	第22回部門 ミーティング		高橋
	部門2 (自然エネルギー)	第8回部門 ミーティング	第9回部門 ミーティング	第10回部門 ミーティング			第12回部門 ミーティング	第13回部門 ミーティング	第14回部門 ミーティング					木綿
	部門3 (炭素循環)		部門 ミーティング			部門 ミーティング			部門 ミーティング			部門 ミーティング		三木
	部門4 (エネルギー・環境材料)	グループ ミーティング	グループ ミーティング	部門 ミーティング	グループ ミーティング	部門 ミーティング	グループ ミーティング	グループ ミーティング	部門 ミーティング	グループ ミーティング	グループ ミーティング	部門 ミーティング		上杉
	部門5 (バイオマス利用)	グループ ミーティング	部門ミーティング・ グループミーティング	グループ ミーティング	部門 ミーティング			グループ ミーティング	グループ ミーティング		部門ミーティング・ グループミーティング			関
	専任教員WG	第2回 ミーティング		第3回 ミーティング	第4回 ミーティング	第5回 ミーティング	第6回 ミーティング		第7回 ミーティング			第8回 ミーティング		三木
年報作成	各部門平成24年度 研究活動計画のHP上公開													年報発刊 H25年5月
HP/パンフレット	HP更新、パンフレット更新													高橋、木綿
その他	パンフレット配付、展示用パネル作成													木綿、 長谷川
	アドバイザリーボード						アドバイザリーボード準備			1/26(土) 開催				高橋、上杉、 三木

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。
 - ・理工研究域長、自然科学研究科長、関係系長、RSETセンター長、若干名のセンター専任教員、その他理工研究域長が必要と認める者をもって構成する。
- ＜構成員＞福森理工研究域長（議長）、加納自然科学研究科長、櫻井物質化学系長、浅川物質化学系教授、上田機械工学系長、山根電子情報学系長、飯山電子情報学系教授、前川環境デザイン学系長、高橋RSETセンター長、三木RSET副センター長、上杉RSET副センター長、木綿RSET第2部門長、関RSET第5部門長 以上13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24年6月20日（水）
- ＜主な議題＞（1）平成24年度の活動案及び予算案について（議事）、（2）平成23年度決算報告について（報告）、（3）平成23年度RSET研究活動報告書について（報告）

【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24年4月17日（第3火曜日）
- ＜主な議題＞（1）副センター長の指名について、（2）RSET運営費決算報告、（3）RSET研究活動報告書の準備状況について、（4）ホームページ整備およびパンフレットのリニューアル版作成について、（5）平成24年度の活動計画について、（6）RSET専任教員WGの活動状況について、（7）WG委員の確認
- ・第2回RSETセンター会議：平成24年5月15日（第3火曜日）
- ＜主な議題＞（1）ホームページ整備およびパンフレットのリニューアル版の準備状況について、（2）平成24年度の活動計画について、（3）RSET専任教員WGの活動状況について
- ・第3回RSETセンター会議：平成24年7月17日（第3火曜日）
- ＜主な議題＞（1）RSET専任教員の予算配分について、（2）RSET運営会議報告、（3）RSETホームページWG（RSETパンフレット作成業務を含む）報告、（4）アドバイザーボードWG・研究活動報告書WG合同会議報告と今年度方針について、（5）専任教員WGの活動状況について
- ・第4回RSETセンター会議：平成24年9月24日（月）
- ＜主な議題＞（1）RSETセンターの予算配分について、（2）RSETアドバイザーボード会合の開催日程について、（3）RSETホームページWG報告、（4）専任教員WGの活動状況について
- ・第5回RSETセンター会議：平成24年10月16日（火）（第3火曜日）
- ＜主な議題＞（1）RSETアドバイザーボード会合の準備状況について

- ・第6回 RSET センター会議：平成 24 年 11 月 20 日（火）（第 3 火曜日）
 ＜主な議題＞（1）RSET アドバイザリーボード会合の準備状況について、（2）その他：専任教員セミナー（11/10 開催）報告、専任教員インタビューの進捗状況について、RSET ミッションに沿った各部門の研究進捗状況について
- ・第7回 RSET センター会議：平成 25 年 1 月 15 日（火）（第 3 火曜日）
 ＜主な議題＞アドバイザリーボード会合プログラムの最終確認
- ・第8回 RSET センター会議：平成 25 年 1 月 31 日（メール会議）
 ＜主な議題＞自然科学研究科博士後期課程改組に伴う RSET プログラムの立上について

【RSET 活動全般】

1. RSET 専任教員の研究活動について

【RSET 専任教員 WG】

（目的と構成員）

- ・第1部門～第5部門に属する専任教員がセンター教員として一体的に活動し、研究内容に関する相互の理解を深め、研究活動を推進する。さらに、各部門のメンバーの相互協力のもと、部門単独では推進が難しいような研究テーマについて、分野をまたがる部門横断的な研究プロジェクトの創出を検討する。
- ・専任教員WGは、センター専任教員をもって構成する。

＜構成員＞（部門1）當摩、（部門2）河野、（部門3）三木、（部門4）石島、（部門5）本多



（開催日と主な議題）

- ・第1回専任教員WG：平成 24 年 3 月 23 日（金） 15:00～17:00
 ＜主な議題＞（1）RSET 専任教員WGの活動について、（2）部門共同テーマの立案と実行について、（3）外部アドバイザーの意見について、（4）RSET 専任教員による研究紹介セミナーの企画・開催について、（5）その他報告等
- ・第2回専任教員WG：平成 24 年 4 月 18 日（水） 15:00～17:00
 ＜主な議題＞（1）當摩准教授の研究紹介、（2）各自の競争的資金獲得の状況と方針について情報交換、（3）専任教員の H24 年度研究活動計画について、（4）その他報告等
- ・第3回専任教員WG:平成 24 年 6 月 13 日（水）15:00 ～16:30
 ＜主な議題＞（1）河野助教の研究紹介、（2）専任教員主催セミナーについて、（3）専任教員の H24 年度研究活動計画について、（4）外部資金についての情報交換、（5）その他報告等
- ・第4回専任教員WG:平成 24 年 7 月 18 日（水）15:00 ～16:30
 ＜主な議題＞（1）三木教授の研究紹介、（2）専任教員主催セミナーについて、（3）その他報告等
- ・第5回専任教員WG:平成 24 年 8 月 8 日（水）15:00 ～16:30
 ＜主な議題＞（1）本多助教の研究紹介、（2）専任教員主催セミナーの準備について、（3）環境フェアの対応について、（4）競争的資金に関する情報交換、（5）その他報告等
- ・第6回専任教員WG:平成 24 年 10 月 23 日（火）15:00 ～16:30

＜主な議題＞（１）石島准教授の研究紹介、（２）専任教員主催セミナーの準備について、（３）その他報告等

- ・第7回専任教員WG:平成24年12月25日（火）16:00～17:30

＜主な議題＞（１）専任教員主催セミナーについて、（２）来年度以降の活動方針について、（３）その他報告等

2. RSET 部門間に跨る研究教育活動について

- （１）里山グリーンイノベーションを目指した研究拠点形成とグローバル人材育成（金沢大学次世代重点研究プログラム）（実施中）

代表：高橋憲司教授（第5部門協力教員）、分担（RSET関係者のみ記載）：第1部門・前田准教授（兼任）、生越准教授、井改助教（協力）、第2部門・榎本准教授（兼任）、山本茂教授（協力）、第4部門・石島准教授（専任）、第5部門・本多助教（専任）、仁宮助教（協力）

- （２）水中プラズマによるバイオマス転換プロセスの基礎検討（第4部門・石島准教授（専任）報告）
第5部門・高橋（憲）教授（化学物質分析）と共同し、従来法では処理時間がかかるバイオマスに関し、有用化学物質への転換プロセスや排液処理等において、液中プラズマ利用の可能性を検証する。
- （３）機能性液中プラズマによる火力発電プロセス排水の環境調和型処理法の開発（第4部門・石島准教授（専任）報告）
第5部門・池本教授（水質評価）と共同し、火力発電プロセス排水中の化学物質処理を、低環境負荷で高速処理するプロセスとして、機能性液中プラズマ適用の可能性を検証する。
- （４）液滴含有大気圧プラズマ源の開発と気相診断（第4部門・石島准教授（専任）報告）
第2部門・榎本准教授（液滴制御）、第5部門・高橋（憲）教授（化学物質分析）、仁宮助教（生物工学）とともに、ミスト、液滴を含む非平衡大気圧プラズマ源の開発を行い、プラズマにより生成される様々な活性種診断を行うとともに、医療応用や先進製造プロセスへの適用可能性を検証する。創傷治癒効果の検証は、保健学系・中谷教授と共同して実施する。

3. RSET 全体に係るシンポジウム・セミナー等

- ・RSET 専任教員主催セミナー「サステナブルな社会を拓くエネルギー・環境技術の研究開発最前線」（平成24年11月10日（土）13:00～17:30、金沢大学サテライトプラザ、約50名参加）
- ・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2回アドバイザリーボード会合（平成25年1月26日（土）13:00～17:00、アドバイザおよび金沢大学の関係者のみで開催）

4. RSET 自然エネルギー活用部門『第2部門目標具体化集中会議』

- ・先端科学・イノベーション推進機構（FSI）の平子先生の協力のもと、次年度以降の第2部門の研究活動を具体化していくための『第2部門共通目標』策定のための議論を集中的に行った。
（平成25年3月31日（日）13時～4月1日（月）12時、石川県青少年総合研修センター（金沢市常盤町212-1）、参加者：高橋（センター長）、上杉（副センター長）、木綿（第2部門長）、河野、榎本、平子（FSI）

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)
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。 平成 24 年度年間事業スケジュール表にほぼ沿った形で、RSET 活動を行うことができた。特に専任教員 5 名が昨年度着任したことを踏まえ、年度初めから、専任教員 WG を立ち上げて、部門間の連携強化に向けた下地を構築する努力を行った。その成果はまだ目に見えた形にはなっていないものの、研究活動として幾つか動き出した。しかし、昨年度のコメントにあった「工学的な目標をしっかりと作り上げること」については、部門毎に設定した目標に向かって努力している段階であり、RSET 全体で議論するに到っていない。	
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)
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。 次年度は RSET 設立 3 年目（2013 年）の自己評価を実施する年にあたり、第 2 回公開シンポジウムを実施すると共に、各部門が設定した「工学的な目標」について RSET 全体で議論し、しっかりと先を見据えた素地を確立することが肝要と考えている。また、外部資金獲得や研究成果の社会的還元に向けた RSET としての取組を強化して行く。	

II 外部アドバイザー（産総研・矢部 彰様）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	(B)
コメント 適切な教員の補強等がなされ、各課題に対する取り組みも本格化してきた点は、高く評価される。各課題とも、何をターゲットにして、どのような成果を目標にして活動するかが、議論されてきており、基盤が出来つつある点が評価される。RSET 全体で、どのような成果を目指すのかについての議論は、多くの機会を見つけて、さらに、議論をすることが重要であると思われる。金沢大学としての特徴の出し方は、研究の独創性と共に、地域ニーズを踏まえてしっかりと議論すべきと思われる。たとえば、災害時の防災拠点としてのエネルギー自立基盤の確立への貢献などが考えられる。	
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)
コメント 各部門間の融合を図る努力、各部門で、出口となる目標を見出す努力がなされており、高く評価される。センター長のリーダーシップも発揮されており、全体としてまとまりを作り上げようとする努力が見られる点は、高く評価される。今後とも、皆で議論し合い、エネルギーについて議論し合い、工学的な出口について語り合う雰囲気を維持することに心がけてほしい。社会ニーズの把握、経済性の議論など、社会との接点に当たる技術の議論を、さらに深めてほしい。なお、以下に現在の社会ニーズに関するコメントを付記する。 第 4 期科学技術基本計画の大方針 <u>マーケット・プルな研究開発</u>の強化 第 3 期：グリーンイノベーション、ライフイノベーションの推進 <u>マーケット・プル：</u> 市場の欲しているもの、技術ニーズ、社会ニーズの把握（技術プッシュではない、技術の動的な変化に対応） そのためには、技術の出口イメージを議論し、社会貢献の観点から中長期的に重要な研究課題として設定	

出口イメージの議論の有効な実施方法

昨年実施した第1部門のブレインストーミング

大学院の学生さん達の主体的な参加・主導的な役割

「有機薄膜太陽電池」の出口イメージ

どこでも太陽電池のイメージ、めがね発電でGPS表示、日傘発電で地図表示、融雪シート、ステンドグラス発電、ロールカーテン発電（大量生産目的ではなく、特徴を出す）

技術の出口に関するブレイン・ストーミング：

大学院生が出口を意識して研究することを推進できる

部門間の融合の議論の推進に貢献可能

（5部門で実施できると、サステナブルエネルギー研究センターの全体像を体系化するときに役立つと期待される）

東日本大震災後に新たに工学に強く求められていること：

技術を社会の中でわかりやすく正確に説明すること

（どのような技術として社会の中で役立つのか、新技術としてのリスクは、経済性は、エネルギー量としての貢献は）

東日本大震災後のエネルギーに関する新たな社会ニーズ

防災避難拠点としてのエネルギー基盤施設の設置

（太陽光や風力、蓄電池などを有機的に設置連携し、数日程度の停電でも避難し生活できる地産地消型公民館）RSETの目標の一つとなりうるのでは

第2回 RSET アドバイザリーボード会合報告

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）の第2回アドバイザリーボード会合が平成25年1月26日（土）に金沢大学自然科学図書館棟で開催されました。今回のアドバイザリーボード全体会合では、各部門のアドバイザーの方々全員にご出席いただき、当センター5部門に属する専任教員5名がそれぞれの研究活動を報告するとともに、活発な質疑応答が行われました。



プログラムは、以下に示す通りです。

13:00-13:05	開会の挨拶 福森義宏理工研究域長
13:05-13:10	RSET 全般 高橋センター長・RSET 活動の簡単な紹介と自己評価
13:10-13:25	第1部門 當摩哲也専任教員の研究・活動報告
13:25-13:40	第2部門 河野孝昭専任教員の研究・活動報告
13:40-13:55	第3部門 三木理専任教員の研究・活動報告
13:55-14:10	第4部門 石島達夫専任教員の研究・活動報告
14:10-14:25	第5部門 本多了専任教員の研究・活動報告
14:25-14:30	ご講評 矢部チーフアドバイザー
14:30-14:35	閉会の挨拶 加納重義自然科学研究科長
14:35-	（部門別アドバイザリーボード会合へ移動）

冒頭、福森義宏理工研究域長の挨拶では、当研究センター設立の背景、意義、役割などをご紹介いただき、続いて、高橋光信 RSET センター長から、本年度の RSET 活動状況についてご説明をいただきました。

第1部門は、有機薄膜太陽電池の研究開発に取り組んでおり、本講演では、低分子系有機半導体の真空蒸着による有機薄膜太陽電池の作製について報告がなされました。分子を真空中で積層し太陽電池を作り上げる本手法では、基板や下地の効果により結晶性や配向を制御することができ、太陽電池性能も併せて向上することができます。講演後、有機薄膜太陽電池の将来性についてコメントがなされました。



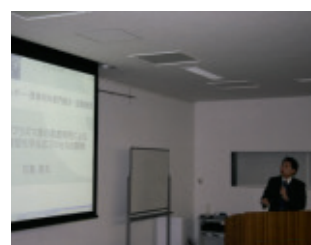
第2部門は、小規模分散型電源システムとして、風力や水力等の自然エネルギーを活用する技術開発と得られる変動電力を内燃機関により補完する技術開発に取り組んでおり、講演では主に、垂直軸風車の騒音発生に関する研究や風車周りの流れ特性に関する研究状況が紹介されました。質疑応答においては、騒音に関するものに加え、目的の明確化の必要性について助言がありました。



第3部門は、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を行っており、本講演では、石炭火力発電所から発生する石炭灰を有効活用した大型海藻（ホンダワラ類）の効率的な生産プロセスの研究開発状況が紹介されました。講演内容に対して、地産地消の考え方や大型海藻の有効利用方法などについての質疑応答がなされました。



第4部門は、持続可能な社会の実現に向け重相構造プラズマを用いた環境・エネルギー材料に関わる革新的基盤技術の開発を行っており、講演では従来の半導体製造工程で薬品を用いるプロセスに代わる純水-プラズマ相互作用を用いた新規プロセスの研究開発状況について紹介されました。講演後、重相構造プラズマ診断技術開発の重要性についてコメントがなされました。



第5部門は、未利用バイオマスの利用技術と環境負荷低減プロセスの開発を中心とした研究を行っており、本講演では、下水処理水からの藻類バイオマス生産プロセス開発と在外研究による正浸透膜ろ過プロセス開発について紹介されました。松井アドバイザーより、今後も継続して成果を出すことを期待する旨のコメントを頂きました。



矢部チーフアドバイザーより、次の科学技術基本計画に示された社会が求める技術を意識した研究開発を推進するための一つの方策としてブレインストーミング活用の提案がなされました。具体的な出口技術を議論し、要素を抽出することで、大学院生の研究への取り組み意識を向上させるとともに、RSETの部門間融合の議論、全体的な活動の体系化にもつなげて欲しいとのコメントがなされました。さらに、防災避難拠点としてエネルギーを自律的に供給できる地産地消型の公民館といったような、付加価値を設けたターゲットを見出すことがRSET全体として大事とのアドバイスがなされました。



最後に、加納重義自然科学研究科長からアドバイザーリーボード会合にご出席いただきました方々への感謝が述べられ、今後のRSETの研究活動に対する期待の言葉で閉幕となりました。



第1回 RSET 専任教員主催セミナー報告

「サステナブルな社会を拓くエネルギー・環境技術の研究開発最前線」

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）の専任教員5名が主催する第1回 RSET 専任教員主催セミナーが平成24年11月10日（土）に金沢大学サテライトプラザで開催されました。本セミナーでは、当センター5部門に属する専任教員5名がそれぞれの研究活動を報告するとともに、東京大学大学院新領域創成科学研究科副研究科長・教授味埜俊様から当センターの研究活動主旨に関連したご講演を頂きました。



プログラムは、以下に示す通りです。

13:00-13:15	開会の挨拶（RSET センター長 高橋光信）
13:15-14:15	基調講演： 「サステナビリティ～よりよい未来の構築のために考えるべきこと～」 味埜俊 （みのたかし） 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 副研究科長・教授 サステナビリティ学グローバルリーダー養成大学院 プログラムコーディネーター
14:15-14:30	休憩
14:30-15:00	第1部門紹介と研究紹介（當摩哲也） 「有機薄膜太陽電池の新規構造開発とその展開」
15:00-15:30	第2部門紹介と研究紹介（河野孝昭） 「小形風車の設置に向けた建築物屋上の風条件の数値流体解析」
15:30-16:00	第3部門紹介と研究紹介（三木 理） 「産業副産物を活用した海洋バイオマス高効率生産プロセスの開発」
16:00-16:15	休憩

16:15-16:45	第4部門紹介と研究紹介（石島達夫） 「水中プラズマを用いた低環境負荷型プロセスの開発」
16:45-17:15	第5部門紹介と研究紹介（本多 了） 「下水処理水を利用した地球温暖化緩和型エネルギー・バイオマス生産プロセスの開発」
17:15-17:30	閉会の挨拶（RSET 第3部門長 三木 理）

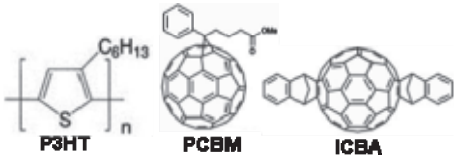
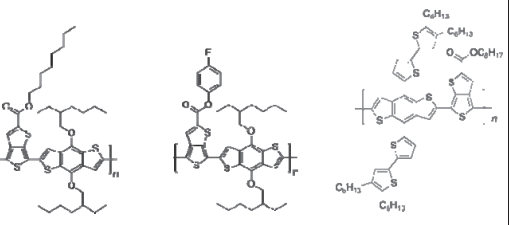
冒頭、高橋光信 RSET センター長の挨拶では、RSET 設立の意義と今後の果たすべき役割、および、今回の専任教員主催のセミナー開催の趣旨について述べられました。

基調講演では、「サステナビリティ～よりよい未来の構築のために考えるべきこと～」と題して、東京大学大学院 新領域創成科学研究科 副研究科長・教授 味埜俊様から、サステナビリティ（Sustainability）に関わる問題の複雑さ・幅広さなどの特徴をご説明いただくとともに、「多様性を尊重することの大切さ」、「教育の位置づけ」、「アジアの貢献」についてご自身の御体験を交えてご紹介いただきました。

第1部門は、有機薄膜太陽電池の開発を行っており、本講演では、研究開発中の「ナノロードシートを用いた新構造太陽電池」の概要、最新の研究成果（効率が単純積層型に比べて3倍の値（4.1%）を示し、従来のバルクヘテロ型太陽電池を越える等）、今後の展開について紹介されました。第2部門は、地産池消対応型の自然エネルギー活用技術システムの開発を行っており、本講演では、建築物屋上に小形風車が導入される事例が増加していることから、幅40m・奥行40m・高さ80mの正方形柱形状建築物周りの流れ場についてスーパーコンピュータを用いたシミュレーションで再現し、その屋上の風条件を調査した研究成果について報告されました。第3部門は、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を行っており、本講演では、石炭火力発電所や製鉄所から発生するCO₂、石炭灰、スラグ、排熱の有効活用や再資源化促進を目指した、海洋バイオマス（大型海藻や海産性微細藻類）の効率的な生産プロセスの研究開発状況について紹介されました。第4部門は、固体・液体・気体・プラズマの4つの異なる相が混在する状態である重相構造プラズマに着目して研究を進めており、本講演では、重相構造プラズマに関わるプラズマプロセスの中で、環境負荷低減を考慮した新しい水中プラズマプロセスを取り上げ、その概要と最新の研究成果について報告されました。第5部門は、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について研究を進めており、本講演では、膜ろ過を利用した培養プロセス（メンブレンフォトバイオリアクター）と正浸透膜を用いた低エネルギー消費型栄養塩濃縮プロセスの開発について紹介されました。

このようなセミナーを通じて一般の市民の方々から RSET の研究活動に対するご理解を頂くことは極めて重要と考えており、今後も継続して開催していくことを予定しております。

平成 24 年度 第 1 部門研究成果報告書

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 (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を合成 (合成グループ: 合成G) (2) π 共役高分子のコンビナトリアルケミストリーの合成 (合成G) (3) ポリスチレンスルホン酸に PEDOT 鎖を導入した新規ポリマーの合成 (合成G) (4) ICBA をドナーP3HT にブレンドした逆型素子の作製 (素子開発グループ: 素子G) (5) 合成 G 開発の高分子発電材料の逆型素子への適用 (素子G) (6) “両面受光型太陽電池”構築のための基礎技術を確認 (素子G) (7) ナノロッドシート導入による単純積層型低分子系有機薄膜太陽電池の性能向上 (素子G) (8) 結晶性と相分離を制御した共蒸着低分子系有機薄膜太陽電池の性能向上 (素子G) 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】 (1、2) チエノチオフェンとジチエノシロールの交互共重合体(PTTDS)は、高い光安定性を有する π 共役高分子として報告されている。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を合成した。PTT1DTSa と PTT2DTSa は深い HOMO 準位を示し、ドナー材料として応用した際に高い開放電圧の発現が期待できることが明らかとなった。 (3)、ポリスチレンスルホン酸に直接 PEDOT を連結させることで、最小量のポリスチレンスルホン酸で PEDOT をドーピングできるポリスチレンスルホン酸-PEDOT 共重合体の合成を行った。 (4) PCBM と P3HT を用いた逆型の有機薄膜太陽電池において、溶媒および乾燥過程の検討によって、耐久性は保持したまま、エネルギー変換効率 PCE を従来の 2.3~2.5%から 3.0~3.3%に向上させることに成功した。さらに、図 1 に示すアクセプターとして 56 π 系フラーレン誘導体 ICBA を用いることにより開放電圧 Voc が約 160mV 向上し、PCE 3.5%を達成した。 (5) 合成Gの創製した新規物質電池性能を評価した。図 2 に示される材料を用いることによって、従来の P3HT:PCBM 系の Voc (0.57V 前後)に比べて約 80~150mV 増加したものの、PCE は 3.1%程度あり、従来のドナー材料 P3HT を用いた場合の効率(PCE=3.0~3.3%)と同程度であった。発電層の製膜条件によってモロフォロジーが大きく変化する知見が得られた。 (6) ゴルゲル酸化亜鉛を電子捕集層に用いた逆型有機薄膜太陽電池において、紫外光の影響について調査し、低温焼成した場合に、紫外光をカットしても良好な光電変換特性を有することを見出した。この知見を応用することで、両面からの受光によっても発電可能な両面受光素子の開発に成功した。 (7) 真空蒸着で作製する低分子系有機薄膜太陽電池では、バルクヘテロジャンクション (BHJ) に代			
 図 1 P3HT ドナーおよびフラーレン誘導体アクセプター材料の構造式			
 図 2 チエノチオフェン-ベンゾジチオフェン系共役高分子ドナーの構造式			

わるデバイス構造として、斜め蒸着によりヨウ化銅（CuI）をナノロッドシート化しその上に亜鉛フタロシアニンと C60 を単純積層することで、分子配向制御と BHJ 並みの電荷分離面積の向上による性能向上を行った。従来型の太陽電池では変換効率が 1.5%程度であったが、CuI ナノロッドシート上に形成した太陽電池は 4.1%と BHJ 型（3.6%程度と報告）よりも大きな値を得た。

（8）CuI の分子配向制御手法の応用として、従来の ZnPc と C60 の共蒸着による BHJ 構造の相分離制御を試みた。ITO/CuI 基板を用いた BHJ 太陽電池は変換効率が 4.6%と向上しており、XRD と TEM 観察により ZnPc と C60 の相分離が柱状の理想形態となったことに加え、結晶性も向上していることが分かった。

【活動報告】国内学会で 20 件、国際学会で 3 件の発表を行った。また、7 月 24 日には「ナノロッドシートを用いた高効率有機太陽電池を開発」として、JST と金沢大学とで共同プレスリリースを行った。さらに H25 年 1 月 10～12 日に、本部門共催による公開シンポジウム「第二回有機太陽電池ワークショップ」を金沢で開催した。石川県庁からの依頼で、同施設内において、金沢大学が技術シーズを提供し、(株)イデアルスターおよび(株)倉元製作所が開発・製造した有機薄膜太陽電池パネルの常設展示がなされている。

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、研究成果（4）、（5）は項目①および②に対応し、研究成果（6）は項目③に対応しており、研究成果（7）、（8）は項目①および②に対応できるよう基礎検討を行った研究成果であり、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①から③のすべての項目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。しかしながら、①の一部である新規ドナー材料を用いた高効率化研究について、従来の P3HT ドナー以上の成果が得られず、課題が残った。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、次の数値目標である効率 5%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結果、科研費基盤研究（B）「高分子材料創製を基軸とする高性能な逆型有機薄膜太陽電池構築のための基盤技術の確立」に新たに採択された。民間との共同研究も新たに 2 件加わり、新しい学外ネットワークの構築ができた。しかしながら、研究費としてはまだまだ十分でないため、大型外部予算の申請については、戦略を練りながら、来年度も引き続きアプラインしたい。

平成 24 年度 第 1 部門研究成果リスト

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	Effect of UV Light Irradiation on Photovoltaic Characteristics of Inverted Polymer Solar Cells Containing Sol-Gel Zinc Oxide Electron Collection Layer	Org. Electron., Vol. 14, Issue 2, pp. 649-656	2013, 1	T. Kuwabara, C. Tamai, Y. Omura, T. Yamaguchi, T. Taima, K. Takahashi	4
2	Synthesis of seleno[3,4-c]pyrrole-4,6-dione-based polymers for polymer solar cells	Synthetic Met., Vol. 162, No. 17-18, pp. 1707-1712	2012, 10	T. Ikai, A.K.M.F. Azam, M. Kuzuba, T. Kuwabara, K. Maeda, K. Takahashi, S. Kanoh	3
3	Glancing Angle Deposition of Copper Iodide Nanocrystals for Efficient Organic Photovoltaics	Nano Letters, Vol.12, pp. 4146-415	2012, 7	Y. Zhou, T. Taima, T. Miyadera, To. Yamanari, M. Kitamura, K. Nakatsu, Y. Yoshida	4
他 3 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	Development of thieno[3,4- <i>b</i>]thiophene-based low-bandgap polymers bearing aryl ester pendants and their application to the photovoltaic devices (2012 MRS Fall Meeting, Boston, USA)	Proceedings of the 2012 MRS Fall Meeting	2012, 11	T. Ikai, T. Yamamoto, M. Kuzuba, T. Kuwabara, K. Maeda, K. Takahashi, S. Kanoh	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	CuI Nano-rod Sheet for Highly Efficient Organic Photovoltaic Cell (IUMRS2012, Yokohama, Japan)	2012, 9	Y. Zhou, * T. Taima
2	Highly Efficient Organic Photovoltaic Cell by Nano-rod Sheet Template(ISAOP-12, Okinawa, Japan)	2012, 12	* T. Taima, Y. Zhou, T. Kuwabara, K. Takahashi

4. 著書、編書

番号	書 名	発 行 所	発行年月	著者名
1	技術総合誌 OHM “ナノロッドシートを用いた高効率有機太陽電池の開発”	株式会社 オーム社	2012, 11	周英、 當摩哲也※
2	有機薄膜太陽電池の研究最前線、第1章2節「高性能ローバンドギャップポリマー材料の開発」	株式会社シーエムシー出版	2012, 7	前田勝浩、 井改知幸
3	有機薄膜太陽電池の研究最前線、第5章3節担当「逆型有機薄膜太陽電池の交流インピーダンス解析法による評価」 pp.210-218	株式会社シーエムシー出版	2012, 7	高橋光信、 桑原貴之

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	高耐久性逆型有機薄膜太陽電池の開発	化学工業 63 巻・11号、pp. 18-22	2012, 11	高橋光信、 桑原貴之
	他 2 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	有機薄膜太陽電池並びに有機薄膜太陽電池の製造方法	特願	2012-009718		當摩哲也、 周英、吉田 郵司

(注) ※ 未登録の特許の場合、「登録番号」欄は無記入とする。※ 特許以外は、任意の記載とする。

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	大気中で塗って作製できる逆型有機薄膜太陽電池(日本化学会第 93 春季年会、立命館大学 BKC) (依頼講演)	2013, 3	* 高橋 光信、 桑原 貴之
	その他 17 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）（一般）（H24～H26）、高分子材料創製を基軸とする高性能な逆型有機薄膜太陽電池構築のための基盤技術の確立、代表・高橋光信、分担・前田勝浩、分担・桑原貴之、連携研究者・井改知幸
- ・挑戦的萌芽研究（H24～H25）、紡織によって大面積化が可能な繊維型有機薄膜太陽電池の開発、代表・高橋光信、分担・桑原貴之
- ・JST-さがけ、（H21～H27）、“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”、研究代表者 當摩哲也

(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）

- ・民間との共同研究 2 件

(4) 受託研究（研究題目、委託機関名、代表・分担等）

- ・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

(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）

- ・澁谷学術文化スポーツ振興財団、両面受光特性を有する新型有機薄膜太陽電池の開発、代表・桑原貴之
- ・公益財団法人 矢崎科学技術振興記念財団、電場配向性らせん状ホリフェニルアセチレンのナノ構造制御と有機薄膜太陽電池への応用、2011(H23)年度研究助成、代表・前田勝浩
- ・公益財団法人岩谷直治記念財団、ポリロタキサン構造の形成に基づく高導電性 PEDOT 複合体の創製、第 39 回(H24)年度研究助成、代表・生越友樹

(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）なし

(8) その他

- ・平成 24 年度 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
- ・平成 24 年度 金沢大学と北陸先端科学技術大学院大学との教育研究活動支援、代表・高橋光信

9. 関連の学位論文提出数

- ・修士論文 4 本、卒業論文 8 本

平成24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21回有機薄膜太陽電池勉強会（金沢、20名）	2013, 2	高橋光信* 前田勝浩 生越友樹 桑原貴之 井改知幸 當摩哲也
2	平成24年度有機薄膜太陽電池部門アドバイザリーボード会合、金沢、参加者21名）	2013, 1	高橋光信* 前田勝浩 生越友樹 桑原貴之* 井改知幸* 當摩哲也
3	平成24年度金沢大学と北陸先端科学技術大学院大学との教育研究活動支援による「第二回 有機太陽電池ワークショップ」開催（第3回有機薄膜太陽電池部門公開シンポジウムに相当、金沢、70名）	2013, 1	高橋光信* 前田勝浩 生越友樹 桑原貴之 井改知幸 當摩哲也*
4	第20回有機薄膜太陽電池勉強会（金沢、20名）	2012, 11	高橋光信* 前田勝浩 生越友樹 桑原貴之* 井改知幸 當摩哲也
5	第19回有機薄膜太陽電池勉強会（金沢、20名）	2012, 8	高橋光信* 前田勝浩 生越友樹 桑原貴之 井改知幸 當摩哲也

6	第 18 回有機薄膜太陽電池勉強会（金沢、20 名）	2012, 6	高橋光信* 前田勝浩 生越友樹 桑原貴之 井改知幸* 當摩哲也
7	第 17 回有機薄膜太陽電池勉強会（金沢、20 名）	2012, 4	高橋光信* 前田勝浩 生越友樹 桑原貴之 井改知幸 當摩哲也

平成 24 年度のテレビ放映、新聞報道など

- ・日経産業新聞（平成 24 年 7 月 26 日、有機太陽電池新構造） など
- ・北國新聞（平成 24 年 7 月 25 日、33 面社会面 発電効率向上の新構造）
- ・北陸中日新聞（平成 24 年 7 月 25 日、30 面社会面 有機太陽電池で新技術）
- ・日刊工業新聞（平成 24 年 7 月 25 日、20 面 ナノロッドで開発）
- ・読売新聞（平成 24 年 7 月 23 日、特別面、最先端太陽電池で開く未来）
- ・読売新聞（平成 24 年 7 月 2 日、地域版、薄型太陽電池可能性説く）

その他

- ・河北新報（平成 24 年 12 月 23 日）：JR 気仙沼線のバス高速輸送システム（BRT）が本格運行した 22 日、JR 東日本と液晶ガラス基板製造加工の倉元製作所（宮城県栗原市）は、宮城県南三陸町の志津川駅舎で有機薄膜太陽電池の実証実験を始めた。1 年間、耐久性や発電効率などのデータを解析し、来年内の実用化を目指す。

金沢大学がシーズ提供し、共同研究先である（株）倉元製作所と（株）イデアルスターが共同製造した有機太陽光パネル実証実験の報道です。同グループによる実証実験は、これで国内 3 か所目です。

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)
① 技術開発項目のすべて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。新規ドナー材料を用いた高効率化研究について、従来の P3HT ドナー以上の成果が得られず、課題が残った。 ② HOMO-LUMO レベルのチューニング技術を、光安定性の高い主鎖骨格を有する π 共役高分子へ応用することに成功した。今後は、ホール移動度を向上させるために、側鎖構造のさらなる最適化を目指していく。 ③ バルクヘテロ接合 (BHJ) よりも高性能な低分子有機発電層を構築するための新規共蒸着技術を開発した。この技術と“斜め蒸着技術”を組み合わせ、最適化や新規材料に応用展開すれば、さらなる性能向上が期待できる。 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った。また、「新規技術や新規材料創製の研究開発」を同時進行で行った。総括するとほぼ計画通り推進しているため、達成度は A と判断した。
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)
今年度の成果を受けて、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、次の数値目標であるエネルギー変換効率 5%が達成できるよう努力したい。特に、新規ドナー材料および新規アクセプター56 π 系フラーレン誘導体を組み合わせた発電層において、モルフォロジーを制御する技術を収得して高効率化を追求する。これに加えて、新規ドナー材料や新規正孔輸送材料の創製を継続して行う。一方、素子を大気に触れないで製造するプロセス開発を通して得た高効率化指針を、以降のロードマップの達成に寄与する技術とするための方策を模索する。以上、本年度の研究成果を手掛かりに、新規開発技術や新規創製有機材料を採用して具体的な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、次年度の研究内容と目標は A:適切と判断した。

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)
技術開発項目のロードマップ・マイルストーンを基軸として各開発（材料開発、プロセス開発、デバイス開発）が行われ、設定した目標値を達成したことを高く評価する。またその中で、分子配向制御技術としての斜め蒸着技術との融合による下地表面状態制御による高性能化と生産プロセス安定化への研究も進められ、研究開発の視点が広がったものと捉える。加えて、両面受光型素子の研究開発も行われて、実用の幅を広げている点も併せて高く評価する。
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)
これまでの成果と取り組みを反映させ、実用化を加速する変換効率を前倒しの目標値を設定することを高く評価する。この変換効率を高めるための理論・メカニズムを材料開発、プロセス開発、デバイス開発の観点において仮説を打ち立て検証し、その結果を全体で徹底的に議論し、“全体最適解”を見い出して頂きたい。また、それができる研究開発環境であることを再認識・共有し、その環境を最大限有効活用してより高い成果を掴むことを願う。

第1部門アドバイザーボード会合の報告

開催日時： 2013年1月26日（土） 15:00～17:00

開催場所： 金沢大学 自然研1号館Cブロック会議室（1C614）

RSET 第1部門担当アドバイザー：（株）倉元製作所 鈴木聡代表取締役社長

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 表研次代表取締役副社長

教員（7名）：高橋（光）、加納、當摩、桑原、前田、生越、井改、学生（12名）：池田、矢野、南、高橋（駿）、有馬、鹿取、王、田中、宮元、山本、小嶋、工藤 （敬称略）

プログラム

1. 15:00 - 15:05 はじめの挨拶 高橋 光信
2. 15:05 - 16:45 成果報告；桑原：太陽電池の製作の進捗報告—高効率化および両面受光化—、井改：ドナー性 π 共役高分子材料の研究開発状況、生越：正孔移動層 PEDOT/PSS 共重合体の研究開発状況、當摩：低分子系有機薄膜太陽電池の研究開発状況、宮元：分子配向制御による低分子系有機薄膜太陽電池の高性能化、山本：真空蒸着法を用いた低分子系有機薄膜太陽電池での逆構造開発、田中：プラナーヘテロ型高分子系有機薄膜太陽電池の開発と基礎物性評価
3. 16:45 - 16:55 アドバイザーコメント 鈴木 聡 様、表 研次 様
4. 16:55 - 17:00 おわりの挨拶 高橋 光信

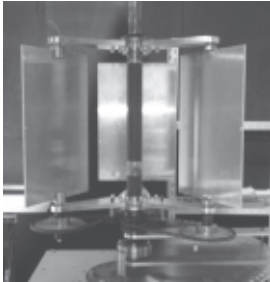
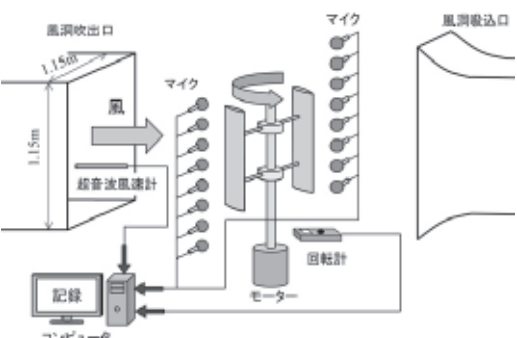
【（株）倉元製作所 鈴木代表取締役社長のコメント】①プロセス開発と材料開発の両グループがそれぞれ本部門のマイルストーンを意識したロードマップを掲げるとともに、グループ間で各々の役割が共有化されており、昨年度よりもチーム力が向上していることが伺えた。②両面受光型という新しいアイデアに基づく太陽電池開発にも着手し、その基本技術を構築できたことは、有機薄膜太陽電池の実用化に向けた大きな進展であると高く評価できる。③太陽電池開発のように解析が難しく、未知な点が多い研究分野においては、失敗を失敗として捉えず、全ての現象を真剣に観察し、包括的に解釈することを願いたい。

【（株）イデアルスター 表代表取締役副社長のコメント】

①本部門には高分子型だけでなく、低分子系有機薄膜太陽電池の専門家も在籍しているので、それぞれの知識を融合することで、他の研究機関には真似できないオリジナルな研究を進めてもらいたい。②新規電子ドナー材料を用いた太陽電池素子の性能が昨年度と比べて大きく向上したことは、プロセス開発グループと材料開発グループが一体化した本部門の特徴を活かした成果であると評価できる。今後もこの密接な連携を活かした独自の研究を展開していくことを期待する。③さらなる高効率・高耐久な太陽電池開発を進める上で、発電層のモルフォロジーを詳細に解析することを推奨したい。【後日、書面で頂いたコメント】素子開発では、目標よりも早い発電効率のクリア、さらに電子捕集層の UV 照射効果の発見およびその効果を利用した素子構造の提案まで実現している。新規材料開発では、独自の設計指針に基づき、耐久性まで考慮した設計どおりの電子状態の材料合成に成功している。いずれの成果も十分に目標を達成している。開発材料で作製した素子が予想発電効率に達しない要因調査は実用化へ向けた極めて重要な研究であり、今後の成果を期待したい。



平成 24 年度 第 2 部門研究成果報告書

部門名	(第 2 部門) 自然エネルギー活用	部門長	木綿 隆弘
1. 研究成果の概要 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、可変ピッチ式直線翼ダリウス風車、平板翼を有するオルソプタ風車、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や、建築物屋上の風条件にパラペットが与える影響を明らかにした。水流中で自励振動する角柱と磁歪材料による振動発電の最適な角柱形状の検討を行い、さらに、地下水熱を利用した暖冷房装置の模型実験を実施した。 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のために、20MPa、1100K の雰囲気で微小液滴の挙動を観察するシステムを完成させた。EGR 付小型汎用火花点火式内燃機関を整備、ポート噴射、直接噴射を併用できるシステムを搭載し、多様燃料での試験に対応できる装置を開発した。並行して、タール除去装置付数 kW 級木質バイオマスガス化装置を開発した。 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 ① 高効率な垂直軸風車の設計・開発 部門代表者が開発した可変ピッチ式直線翼ダリウス風車性能の CFD シミュレーションを実施し、トルク波形に及ぼす周速比と振れ角の影響を解析した。トルク発生は、周速比によらず、風上側に位置する翼からの寄与が大きいことや、振れ角によるトルク増加と翼周りの流れ場の関係等を明らかにした。 平板翼を有するオルソプタ風車について、翼アスペクト比や翼枚数、翼端板や翼前後縁のリブ設置が出力に与える影響を風洞実験で調べ、最適なソリディティ値が約 0.75 であることを見出した。また、翼に端板をつけることにより出力が向上するが、翼前後縁のリブの効果は少ないことを明らかにした。さらに CFD シミュレーションからは、トルク発生位置と翼周りの流れ状態との関係を示した。 ② フェンス上部やビル屋上の増速域を利用した高出力なクロスフロー風車の開発 クロスフロー風車をフェンス上部に水平に設置した場合の斜め風の流入角度の影響を調べ、出力が $\cos^2\theta$ に概ね比例することを示した。さらに、流入角度が 40° の場合に、風車両端に端板を取り付けることで出力低下を約 5%抑制できることを風洞実験により明らかにした。 平屋根を有する建築物屋上の風条件にパラペットが与える影響を CFD シミュレーションにより評価し、パラペットの高さ分だけ屋根面を高くした場合の風条件とほぼ同等であることを明らかにした。 ③ 静穏な小形風車の開発 2 枚翼の直線翼ダリウス風車を対象に風洞実験を行い、相対流入風速が最大となる位置と最小となる位置でマイクロホン直線状に設置して空力音を計測した。			
 直線翼ダリウス風車  オルソプタ風車  空力音計測設定			

その結果、周速比が高くなると、相対流入風速が最大となる位置の方が音圧レベルは高くなるという傾向を確認した。

④ 自励振動が生じる矩形柱構造物による振動発電装置の開発

回流水槽を用いて、片持ち弾性支持された矩形柱の振動特性について、辺長比が小さい矩形柱が流れ方向に湾曲するのを防ぐために背面に取り付けたフィン形状が流力振動に及ぼす影響を評価した。フィン高さが小さいほど、低い流速で振動を開始して、その増加割合も大きいことを示した。また、フィン付き矩形柱の無次元振幅は、曲げ剛性を表す断面 2 次モーメントで整理できることを明らかにした。

⑤ 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タンク内に熱交換器を設置した場合の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集中熱容量法に基づいた数値解析を実施し、模型実験によりその有効性を明らかにした。

⑥ 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 μm)を高い精度で再現、計測するシステムの開発に成功した。この装置を用いて火炎近傍の液滴挙動を観察した結果、 $30\mu\text{m}$ 程度の大きさの液滴の場合、火炎近傍でも軌道はほとんど変化しないことがわかった。

⑦ 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、燃料噴射時期、燃料噴射量、EGR 割合、燃料噴射方法(ポート噴射と筒内直接噴射)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、起動時間は数秒から十数秒であることがわかった。バイオマス燃料を生成するため、収率 12%以上の数 kW 級タール除去機能付木質バイオマスガス化装置を開発した。

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、騒音の発生源や伝搬のメカニズムを解明するための計測準備をほぼ整えることができた。

(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、実機に搭載した試験を行える状態になったので、速やかにデータ収集を行う。「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、数 kW 級タール除去機能付木質バイオマスガス化装置の目処が立ったので、システムとしての特徴を検証する。

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、CFD シミュレーションにより出力に大きく寄与する翼の位置関係を明らかにすることは出来たが、付帯装置の設計まで進まなかった。補完用燃焼システムは数 kW 級の出力では風車出力の変動がとても大きいことがわかったので、バイオマス由来燃料対応を中心に機器の安定運用を目指す。また、大型外部予算の獲得を目指したが、採択に至らなかったため、来年度も引き続き申請を行っていく。

平成24年度 第2部門研究成果リスト

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	Numerical Investigation of Wind Conditions over a Rectangular Prism-Shaped Building for Mounting Small Wind Turbines	Wind Engineering, Vol. 36, No. 2, pp.111-122	2012, 4	<u>Kono, T.</u> Kogaki, T.	3
2	アクチュエータ・ディスク・モデルを用いた風車後流のラージ・エディ・シミュレーション（風車タワーが風速分布に与える影響）	日本風力エネルギー学会論文集、Vol. 104, pp.69-76	2013, 2	河野孝昭 小垣哲也	3
3	Overspeed Control of a Variable-Pitch Vertical-Axis Wind Turbine by Means of Tail Vanes	Journal of Environment and Engineering, Vol.7, pp.39-52	2012, 9	Yamada, T. <u>Kiwata, T.</u> Kita, T. Hirai, M. Komatsu, N. <u>Kono, T.</u>	3
4	拡散火炎を通過する微小液滴の観察	エアロゾル研究、Vol. 27, No. 2, pp. 176-181	2012	榎本啓士	2
他 12 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	LES Analysis of a Wind Turbine Wake Using an Actuator Disk Model (Seoul, Korea)	Proceedings of the 2012 World Congress on Advances in Civil, Environmental, and Materials Research (ACEM'12), pp.3124-3137(CD-ROM)	2012, 8	<u>Kono, T.</u> Kogaki, T.	B
2	Relations between Turbulence Diffusivities and Leaf Area Densities in a Deciduous Forest Canopy (Auckland, New Zealand)	Proceedings of the 23rd International Symposium on Transport Phenomena (ITSP23), pp.1-7 (USB)	2012, 11	Ito, Y. <u>Kimura, S.</u> <u>Kiwata, T.</u> Komatsu, N. <u>Kono, T.</u>	B

3	Observation of water droplet in non-equilibrium plasma	The 6th International Conference on Plasma NanoTechnology & Science	2013, 2	<u>Enomoto, H.</u> <u>Kato, K.</u> Hieda, N. Ishijima, T. Ninomiya, K. Uesugi, Y. Nakatani, T.	B
	他 11 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	高性能小形風車の開発（招待講演） （日本機械学会北陸信越支部公開シンポジウム、金沢大学サテライト・プラザ、金沢市西町教育研修館3階）	2013, 1	木綿隆弘*
	他 17 件		

4. 著書、編書

番号	書 名	発 行 所	発行年月	著者名
1	環境発電ハンドブック	NTS 出版	2012, 11	鈴木雄二 <u>上野敏幸</u> 他 60 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	解説	FRIT の基礎と今後の展開 — 目標応答への追従問題を 中心として —	電気学会論文誌 C 部 門、Vol.131, No.6, pp.816-819	2012, 6	<u>金子修</u>
		他 1 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	発電装置	特願	2012-155041		<u>上野敏幸</u>

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	風車タワーが風車後流に与える影響に関するアクチュエータディスクモデルを用いた LES 解析 (日本機械学会 2012 年度年次大会講演論文集(DVD)、S051031、金沢) 他 61 件	2012, 9	河野孝昭* 小垣哲也
---	--	---------	---------------

8. 外部資金の獲得状況について

(1) 科学研究費補助金（年度、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、分担：木村繁男、小松信義
- ・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
- ・基盤研究(B)、「モデル・制御・性能のトリプレット構造の解明による J I T 適応型内部モデル制御の構築」、山本茂（代表）・金子修（分担）

他 4 件

(2) 政府出資金事業等（年度、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）

- ・抗力型垂直軸風力発電機の研究、代表：木綿隆弘、分担：河野孝昭、木村繁男、小松信義
- ・防風・防雪柵に備え付ける風力発電装置の開発、代表：木綿隆弘、分担：河野孝昭、木村繁男、小松信義
- ・オリフィス下流の壁面せん断応力測定、代表：木綿隆弘、分担：木村繁男、小松信義、河野孝昭
- ・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、分担：細川晃
- ・高速回転主軸の低騒音カービックの開発、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） なし

(5) 企業・財団等の助成金（賞）（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（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

- ・第 17 回「北陸地域の活性化」に関する研究助成事業、「再生可能エネルギー利用のための市民ファンド形成事業」、分担：木綿隆弘
- ・平成 24 年度研究シーズ発掘・支援事業、「農山村地域を対象とした低炭素社会への移行シナリオ初期段階構築に関する学際的研究」、分担：木綿隆弘

9. 関連の学位論文提出数

- ・博士論文 2 本、修士論文 19 本、卒業論文 29 本

平成 24 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 4 9 回北陸流体力学研究会 (市民公開) —再生可能エネルギーの開発技術動向— (第 3 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、113 名)	2012, 9	上野久儀* 木綿隆弘 木村繁男 河野孝昭
2	日本機械学会 2 0 1 2 年度年次大会 ワークショップ W00400「持続可能エネルギーの利用と展望」 ～最新技術と市場動向～ (第 1 回自然エネルギー活用部門ワークショップに相当、金沢、75 名)	2012, 9	木綿隆弘*
3	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 生体工学と流体力学に関するシンポジウム」 (第 4 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)	2013, 2	木綿隆弘* 松澤輝男 木村繁男 坂本二郎 小松信義 河野孝昭
4	第 2 部門特別講演会「熱流体力学の最近のトピックス」 ～回転する楕円柱や平板翼に作用する流体力と流れの数値解析～ (金沢)	2013, 3	木綿隆弘* 木村繁男 河野孝昭
5	第 8 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、23 名)	2012, 4	木綿隆弘* 榎本啓士 木村繁男 寺岡喜和 小松信義 河野孝昭
6	第 9 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、24 名)	2012, 5	木綿隆弘* 榎本啓士 木村繁男 寺岡喜和 小松信義 河野孝昭
7	第 1 0 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、26 名)	2012, 6	木綿隆弘* 榎本啓士 木村繁男 寺岡喜和 小松信義 河野孝昭
8	第 1 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、24 名)	2012, 7	木綿隆弘* 榎本啓士 木村繁男 寺岡喜和 小松信義 河野孝昭

9	第12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、20名）	2012, 10	木綿隆弘* 榎本啓士 木村繁男 寺岡喜和 小松信義 河野孝昭
10	第13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、21名）	2012, 11	木綿隆弘* 榎本啓士 木村繁男 寺岡喜和 小松信義
11	第14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、21名）	2012, 12	木綿隆弘* 榎本啓士 木村繁男 寺岡喜和 小松信義

平成24年度のテレビ放映、新聞報道など

- ・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
- ・2012年2月21日、日経産業新聞「球面モーター、超小型に、金沢大、USB電源で駆動」
- ・2012年4月、OHM2012年4月号「磁歪材料を用いた振動発電技術とその応用」
- ・2012年4月25日、東奥日報、「新合金 出力2.5倍」FeCo合金と共に当研究室での振動発電の応用研究について記載
- ・朝日新聞（石川全県）、2012年5月30日【朝刊】、この人に聞く “風を知る”精度向上を
- ・2012年6月8日、日経産業新聞、「プチ発電、指で押すだけ、金沢大、振動を利用」
- ・2012年7月17日、TBS ラジオ森本毅郎・スタンバイ！現場にアタックにて振動発電を紹介
- ・2012年8月14日、NHK 金沢 加賀能登イブニングにて振動発電を紹介
- ・2012年8月18日、NHK ウィークエンド中部にて振動発電を紹介
- ・2012年9月4日、NHK ニュースおはよう日本にて振動発電を紹介
- ・2012年9月13日、NHK WORLD TV Great Gear で振動発電を紹介

<特記事項>

- ・日本 AEM 学会論文賞：上野敏幸、“磁歪材料を用いた小形振動発電素子の特性評価”、Vol.20、No.1、2012
- ・第21回 MAGDA 優秀ポスター講演論文賞：坂本龍介、“L字フレームを用いた磁歪式振動発電デバイスの特性評価”

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)
「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技術開発の為に知見を着実に蓄積してきているが、まだ付帯装置の設計に至っていない。「静穏な風車の開発」に関しては、騒音の発生源や伝搬のメカニズムを解明するための計測準備をほぼ整えた。 風力発電出力変動補完用燃焼システムの為に「マイクロ波を用いた高応答性燃焼促進システムの開発」に関しては、実機に搭載した試験を行える状態となり、「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」に関しては、数 kW 級タール除去機能付木質バイオマスガス化装置の目処が立った。	
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)
「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」は、付帯装置の設計まで進まなかった為、重点的に推進する。その他の技術開発項目については、目標を概ね達成できしており、次年度もロードマップに沿って研究を推進する。尚、補完用燃焼システムは、数 kW 級の出力では風車出力の変動がとても大きいことがわかったので、バイオマス由来燃料対応を中心に機器の安定運用を目指す。大型外部予算に関しては、採択に至らなかった為、次年度も引き続き申請を行っていく。	

II-I 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)
地域にねざした再生可能エネルギーの機械工学としての研究を確実に、かつ精力的に進めていることに敬意を表する。研究を所期の予定通り進め、その評価をいち早く行い、成果を普及するために、地域企業との密接な情報交換、共同研究を進めることが重要であろう。金沢地区は風力発電などに興味をもつ企業が多数あり、早い連携を強く望む。一方、それらの成果は国際的な場所で発表してはいかがか。 燃焼システムの基礎研究は着実に進んでいるものと認識している。早い段階で、風力などの変動出力を補完するシステムとして運転に入り、スマートグリッドの構築を行っていただきたい。	
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)
ロードマップに従い着実に進める予定であることを評価する。加えて、上記のアドバイスを反映することにも工夫を施してほしい。外部予算については、文部科学省のみならず、政府各省の情報にも注意することを望む。また、海外との共同研究なども視野に入れることが肝要である。そのためにも、成果の海外発表などを通じて、国際的なチャンネルをいち早く確保するよう、努力を積み重ねてほしい。	

II-II 外部アドバイザー（（独）産業技術総合研究所・矢部彰先生）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)
各研究者間の議論が実施され、全体としては、大形の風力発電を目指すのではなく、小形風力発電を伴うエネルギーシステムを目指すことを議論できたことはすばらしいことであり、極めて高く評価される。この全体像に従って、各研究者が、独創性を発揮する技術開発に挑戦することが期待され、今後の研究の進展が大いに期待される。部門内での意見交換の習慣を築きあげることが、研究のスケールを大きくするためにも重要であると思われる。	
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)
今回のブレインストーミングに当たって、教員の間で、目標や、自分たちの技術の強み、弱みについて、多くの時間を使って議論された点は、高く評価される。この経験を発展させて、エネルギー技術について、他の分野の方々に対しても議論し合う経験を積むことは、RSET全体の社会発信に対しても重要と思われる。また、各課題が設定されたことを受け、各課題の独創性の発揮の段階に至るので、知恵を凝集した独創的な研究の推進を期待する。	

II-III 外部アドバイザー（（株）IHI・藤森俊郎様）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 (B)
風力システムについては、これまでの技術的な蓄積があり、研究開発はほぼ順調に進んでいると評価できます。風力は、変動の平準化と、騒音対策は、いずれも今後の普及への課題であり、早急に研究開発を進めることが期待されます。また、タール除去機能付きバイオマスガス化装置の開発は、短期間でエンジン運転に成功したことは評価できます。炉内の状態把握と定量的な性能評価を期待します。	
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)
研究開発の内容は概ね妥当であると評価します。各テーマの技術内容は、大方固まっているので、出口戦略の検討を進めるべきです。具体的には、風力システムは、すでに地元企業とも提携しているので、実証のためのユーザを探す段階と考えます。一方、ガス化については、連続試験やスケールアップのための費用確保のため、NEDO,JST などの公募へ申請する準備を検討すべきです。また、地元バイオマス供給者との連携が重要と考えます。	

第2部門アドバイザーボード会合の報告

開催日時： 2013年1月26日（土） 15:00～17:20

開催場所： 金沢大学 自然科学3号館 Bブロック会議室（3B315）

RSET チーフアドバイザー：（独）産業技術総合研究所 矢部 彰 理事

RSET 第2部門担当アドバイザー：東京大学 荒川忠一 教授

第2部門独自に依頼したアドバイザー：（株）IHI 藤森俊郎 基盤技術研究所副所長

教員（5名）：木綿隆弘、木村繁男、榎本哲士、上野敏幸、河野孝昭

ブレインストーミングの司会（2名）：平子紘平、阿部 覚（敬称略）

プログラム

1. 15:00 - 15:45 RSET 教員による成果報告

木綿：高効率な垂直軸風車の設計・開発、フェンス上部やビル屋上の増速域を利用した高出力なクロスフロー風車の開発、自励振動が生じる矩形柱構造物による振動発電装置の開発

河野：静穏な小形風車の設計・開発、風力発電変動を補完する内燃機関の燃焼制御シミュレーションの検討

木村：地下水などの地中熱を利用した暖冷房装置の開発

榎本：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開発、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

2. 15:45 - 16:10 アドバイザーからのコメント

3. 16:10 - 17:20 ブレインストーミング

テーマ：RSET 第2部門が新しく掲げようとしている研究目的



【東京大学 荒川教授のコメント】①小形風車に特化しているのは分かるが、最後にどういう方向に持っていくかを分かるようにしてほしい。目標が明確になると、それを達成するために、利点や欠点などがより議論しやすくなり、多くの人が理解しやすくなる。②一番重要なのは、グリッドシステムである。スマートグリッドに、開発している発電システムをどのように導入するかについて並行して検討していくとよい。当面は完成度が低くても良いので、並行して検討し、他のところで、どの様なことが求められているかを把握して、グリッドを構築していくとよい。

【（株）IHI 藤森副所長のコメント】①木質バイオマスガス化炉について、非常に短期間でエンジンを回すところまで進めたことは評価できる。この技術は、正にマーケットプルの技術であるので、サイズに課題はあるが、バイオマスを持っている森林組合などと組んで進めると良い。特に地元で、農業やハウスにおいて、発電だけではなく、熱も利用していくと経済的メリットが大きい。②1週間でもいいので、簡便なメンテナンスで、確実に動くシステムを開発するという方向性も考えられる。東南アジアなどでは、メンテナンスに人員を充ててもコスト回収が出来る。③点火技術については、エンジンの燃焼整備技術の基幹的な技術として、きちんと学術的に体系づけると価値が出る。

【（独）産業技術総合研究所 矢部理事のコメント】①内燃機関の対応可能範囲の情報を出すことが出来れば、残りの風力の変動については、蓄電池で対応すると一つのシステムになるのではないかと。②地中熱をタンクで安価に利用するといったときに、どこまで利用できるのかが分かると面白い。

平成 24 年度 第 3 部門研究成果報告書

部門名	(第 3 部門) 炭素循環技術部門	部門長	三木 理
1. 研究成果の概要 RSET 設置の 2 年目にあたる平成 24 年度は、ロードマップに示した 2nd stage の目標達成に向けた基礎的研究を推進した。各研究は 2nd stage の目標達成に向けほぼ順調に進捗している。 2. 本年度の実施計画概要に対応した成果報告および活動報告 2. 1 CO₂分離回収の高効率化に関する研究（児玉・大坂） 本年度は炭酸ガス分離法として、蒸気による CO₂脱着操作を付与した温度スイング吸着法について、その有効性をラボスケールの固定層破過評価装置および、サイクリック CO₂ 吸脱着評価装置により評価した。固定層破過実験により、CO₂の吸着量と水蒸気の吸着量には線形相関が確認され、水蒸気による CO₂の脱着に関する定量的知見を得た。また、従来の温度スイング吸着式炭酸ガス分離法と比較し、回収炭酸ガスの高濃度化、1 サイクルあたりに処理可能な CO₂ 量の増加が見込まれ、従来型温度スイング吸着式より小体積で高効率な分離法として有効となることが示唆された。 2. 2 海洋バイオマス育成に関する研究（瀧本・多田・長谷川・三木・鳥居） （1）藻類バイオリアクタ：昨年度提案したCO₂マイクロバブルおよびLED光源を用いた高性能藻類バイオリアクタの実用化を目指し、海水中でのCO₂マイクロバブルの溶解特性の実験的 pursuit および海藻へのCO₂ガス吸収のシミュレーションを行った。さらに、LEDを光源とする<i>Ulva fasciata</i>育成について、人工気象器内でのLED(violet、blue、green、yellow、red、white)を用いた育成実験を行い、光波長(Blue+Green)、光強度および光周期などの影響と有用性を検証した。 （2）海藻育成技術：室内培養実験により、大型藻類や微細藻類の増殖に適した栄養条件を探索した結果、腐植物質-鉄錯体の添加が藻類の生長に有効であることを確認した。海水中における鉄化学種に関して、サイズ分画を中心としたスペシエーション分析を行った結果、分子量が5-20kDaの腐植物質が特に有効であることを見いだした。腐植物質存在下における鉄化学種の粒度分布から、溶存態鉄の安定性が重要な因子であることが分かった。 （3）フライアッシュ（FA）高含有ポーラスコンクリートの海藻育成用基質評価：FA高含有ポーラスコンクリートを試験的に製造するとともに室内培養試験において、FA高含有ポーラスコンクリートのホンダワラ類の着床基質としての性能を評価した（受託研究）。この結果、FA高含有ポーラスコンクリートは、コンクリート平板と比較して3～5倍のホンダワラ類幼胚の着床率の結果が得られた。また、コンクリートに着床したホンダワラ類の幼体の生長は良好であることを確認した。 2. 3 分級フライアッシュを使用した高耐久性コンクリートの技術開発と普及活動（鳥居） フライアッシュ原粉から高品質フライアッシュ（分級灰）を製造する技術が確立され、七尾大田火力発電所から年3万トン、敦賀火力発電所から年3万トンの分級灰が北陸地方で安定的に供給できるようになった。平成24年度に開催した、RSET主催の2回の講習会には、全国から400名を超える参加者があり、塩害やアルカリシリカ反応(ASR)の抑制対策としての、高品質フライアッシュを利用した高耐久性コンクリートの開発に高い関心が寄せられた。また、北陸地方での普及活動の一環として、産官学連携によるFAコンクリート委員会がレディミクストコンクリート工場でのフライアッシュコンクリートの製造と施工を技術的に支援してきており、この1年間で富山県の工場の40%、石川県の工場の20%がJIS認証を取得している。この活動は全国的に注目されている。			

2. 4 排熱回収方法と余剰排熱の有効利用法に関する研究（児玉・大坂・汲田）

（１）デシカントロータを用いた吸着式蓄熱（熱輸送）の可能性検討：吸着式蓄熱は、50～100℃の低温排熱で再生（水蒸気脱着＝潜熱蓄熱）した吸着材をオフライン輸送し、利用端ではデシカント空調あるいは吸着ヒートポンプ操作により、暖房、給湯、除湿、冷房、冷凍需要を賄うものである。本研究では、シリカゲル系およびS字型の吸着等温線を示す新吸着材 AQSOA®を担持したハニカム吸着材を用いて、オープンサイクル式の蓄・放熱挙動と水蒸気吸脱着挙動を調べ、蓄熱材としての可能性を検討した。瞬間的に大きな熱出力を得たい場合にはシリカゲルロータが、継続して一定の熱出力が必要な場合には AQSOA®ロータが適することがわかった。蓄熱時間は各ロータとも放熱時間よりも短くできることから、適した蓄熱時間を選択し、また循環型再生など蓄熱方法を工夫することでさらなる効率化を目指す。

（２）デシカント空調の高度化（空気汚染質同時除去型デシカントロータの開発）：高品位空調と省エネルギーの両立が期待される潜熱顕熱分離空調の潜熱（除湿）処理を担うデシカントロータに二酸化炭素やホルムアルデヒドなど室内汚染物質の吸着除去機能を付与することで、必要換気量（外気空調負荷）の低減すなわち空調にかかるエネルギーの削減を図ることができる。まずは、シリカゲル、疎水性ゼオライト、弱塩基性イオン交換樹脂を担持したデシカントロータを用意し、水蒸気、二酸化炭素、アンモニア、トルエン、ホルムアルデヒドに対する除去能力を調べた。

（３）吸着式冷凍機の冷熱出力の向上：冷房・冷凍用の冷熱製造を目的とする吸着式冷凍機は100℃以下の低温排熱をその熱源に利用することが可能である。本研究では、吸着式冷凍機の冷熱出力の向上を図るために、その心臓部である吸着熱交換器に封入する新規の高伝熱性水蒸気吸着体の調製を行った。その結果、金属アルミニウム平板の表面を硫酸浴やシュウ酸浴を用いて電解処理することで、その表面に、直径100 nm程度の円筒状細孔を有する多孔質酸化アルミニウム皮膜を形成させることができ、この皮膜中に水との反応性に富む塩化カルシウムを添着して、水蒸気を良好に吸脱着し得る複合体を調製することができた。特に、シュウ酸浴電解により調製し、塩化カルシウム添着を施した複合材の水蒸気吸着速度は、一般の吸着式冷凍機に用いられるシリカゲルと同等もしくはそれを凌ぐことが明らかとなり、本複合材が吸着式冷凍機の新たな吸着材になり得ることを示した。

2. 5 活動報告

平成24年4月から現時点まで公開シンポジウム、セミナーを11件開催した。また、部門内の連絡会を四半期毎に実施した。

3. ロードマップから見る研究成果の位置づけ

平成24年度の研究は、ロードマップに示した2nd stageの目標達成に向け、ほぼ順調に進捗している。民間企業との連携による共同研究・受託研究も活発化した。

4. 反省点

平成24年度、3rd stageでの研究成果のフィールド適用・実証試験を考え、外部ネットワークを活用した大型外部予算の獲得を目指したが、申請の直前で頓挫した案件が生じた。これは、大学間での了解は得られたものの、時間的制約もあり、共同提案企業での最終調整が成立しなかったのが原因であった。研究成果の実海域等でのフィールド適用・実証を考えると大型予算が必要となるため、来年度以降もひきつづき、戦略を練り直し、大型予算の獲得を目指したい。

平成 24 年度 第 3 部門研究成果リスト

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	Control of Sulfide Release from Bottom Sediments at Borrow Pits using Steelmaking Slag	Journal of Water and Environment Technology (accept,04-Oct-2012)	掲載決定	<u>O. Miki</u> , C. Ueki, T. Kato	3
2	Significance of the concentration of chelating ligands on Fe ³⁺ -solubility, bioavailability, and uptake in rice plant.	Plant Physiology and Biochemistry, 58 , 205-211.	2012.7	<u>H. Hasegawa</u> , M. M. Rahman, K. Kadohashi, Y. Takasugi, Y. Tate, T. Maki, M. A. Rahman	3
3	Effectiveness parameters for the prediction of the global performance of desiccant wheels - An assessment based on experimental data	Renewable Energy, Vol.38, pp.181-187	2012.1	Ruivo C.R. Costa J.J. Figueiredo A.R. <u>Kodama A</u>	4
4	能登半島産安山岩碎石の鉱物質混和材による ASR 抑制効果の検証	コンクリート工学年次論文集、Vol.34、 No.1、 pp.646-651、 pp.934-939	2012.7	西澤彩 蟹谷真生 山戸博晃 <u>鳥居和之</u>	3
他 19 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	Application of a modified ASM to coke oven wastewater treatment (6 th IWA International Conference for Yong Water Professionals, Budapest, Hungary)	Proceedings of 6 th IWA International Conference for Yong Water Professionals, CD-ROM	2012.7	F. Kato, T. Shoji T. Kato, <u>O. Miki</u> , H. Satoh, T. Mino	B
2	Effects of Amplitude-Modulated Ultrasonic Vibration on Supercooling of Water (The Third International Forum on Heat Transfer, nagasaki, JAPAN)	Proc. of The Third International Forum on Heat Transfer, paper No.75.	2012.11	<u>Y.TADA</u> , Y.Yoshida, <u>A.Takimoto</u> , H.Onishi	B

3	Generation characteristics of arsenic during metal recovery by acid from lead smelter dust. (CRETE2012, Chania, Greece)	Proceedings of 3rd International conference on industrial and hazardous waste management	2012.3.	S. Mizutani, H. Muragishi, Y. Kanjo, <u>H. Hasegawa</u>	B
	他 11 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	北陸地方の塩害及び ASR による橋梁の劣化状況と橋梁の長寿命化への提言 (イノベーション北陸 2012、金沢市)	2012.10	<u>鳥居和之</u> *

4. 著書、編書

番号	書 名	発 行 所	発行年月	著者名
1	新版 化学工学、3. 熱移動、3.1 伝熱の基礎、架谷昌信監修	共立出版	2012.3	<u>汲田幹夫</u>

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	展望	化学工学年鑑 2012、10. 資源・エネルギー、10.2 蓄熱・ヒートポンプ	化学工学、Vol.76、No.10、pp.620-621	2012.10	<u>汲田幹夫</u>
	他 1 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	アマモ場造成方法	特許	特願 2012-254920		小杉知佳、 <u>三木 理</u> 、加藤敏朗、赤司有三
	他 1 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	Sulfide Release Control from Bottom Sediments at Borrow Pits using Steelmaking Slag (Water and Environment Technology Conference, WET2012, Tokyo, Japan)	2012.6	<u>O. Miki</u> *, C. Ueki, T. Kato
	他 42 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)、超音波を利用した氷晶形成の制御による食品の高品質冷凍技術の開発、代表：多田幸生、分担：瀧本昭、大西元
- ・特別研究員奨励費、分子認識技術を用いた埋立廃棄物中レアメタルに対する新規回収法の開発、代表・長谷川浩
- ・基盤研究B(一般)、生分解性キレート剤を活用した有害金属汚染土壌に対する高度洗浄技術の開発、代表・長谷川浩
- ・基盤研究B(一般)、高品質フライアッシュを活用したPC橋梁・PCa製品の高耐久化への技術開発、代表・鳥居和之
- ・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

(2) 政府出資補助金等（事業名、出資機関名、代表・分担等）

- ・平成22-24年度、農林水産省、宝石サンゴの持続的利用のための資源管理技術の開発、平成22年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業、分担・長谷川浩
- ・平成24-25年度、JST、生分解性水溶性キレート剤による放射性セシウム汚染廃棄物洗浄法の開発、復興促進プログラム(A-STEP)、代表・長谷川浩

(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＞

- ・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
- ・微細藻類を用いた製鐵所排水処理用高効率バイオリアクター、代表・三木 理
- ・地下水利用空調の能力シミュレーションの研究、代表・瀧本 昭、分担・多田幸生
- ・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
- ・環境中における放射性物質低減技術の開発、代表・長谷川浩
- ・鉄分供給に適した腐植酸含有物質の評価技術の確立、代表・長谷川浩
- ・デシカント外気処理機開発に関する研究、代表・児玉昭雄
- ・デシカント換気空調ユニット開発に関する研究、代表・児玉昭雄

他4件

(4) 受託研究（研究題目、受託機関名、代表・分担等）

- ・FA高含有ポーラスコンクリートの藻場造成材としての評価及び藻場造成技術の開発、代表・三木 理

(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、大型褐藻を用いた鉄鋼スラグの安全性評価手法の開発、代表・三木 理、他1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 7件

9. 関連の学位論文提出数

- ・博士論文2本、修士論文14本、卒業論文18本

平成 24 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	産官学連携による「北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会」事業報告（金沢電気ビル大ホール、220 名）	2012.4	鳥居和之＊
2	「北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進」に関する第 2 回講習会（金沢大学自然科学研究科大講義棟、190 名）	2012.8	鳥居和之＊
3	日本機械学会 2012 年次大会、先端技術フォーラム 「安心安全な暮らしを支える藻類バイオマスエネルギーの展望」（プログラム）①藻類燃料生産を可能にする微細藻類の多様性、京都大学教授 宮下英明氏②微細藻類による CO2 固定と燃料生産、(株)デンソー基礎研究所 藏野憲秀氏 ③藻類バイオ燃料への期待と課題、(株)ネオ・モルガン研究所 藤田朋宏氏 (金沢大学、約 50 名)	2012.8	瀧本 昭＊ 三木 理
4	日本分析学会第 61 回年会、特別シンポジウム 4 宝石サンゴの科学 (金沢大学、85 名)	2012.8	長谷川浩＊
5	平成 24 年度北陸道路研究会総会・研究集会（石川県地場産業振興センター、205 名）	2012.11	鳥居和之＊
6	RSET 専任教員セミナー「サステナブルな社会を拓くエネルギー・環境技術の研究開発最前線」 (金沢大学サテライトプラザ、46 名)	2012.11	三木 理＊ 當摩哲也 河野孝昭 石島達夫 本多 了
7	「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 ・「エネルギーのインターネットの時代へ」 ・(株)白山製作所 取締役副社長 米川達也氏 (金沢大学、約 150 名)	2012.11	瀧本 昭＊ 児玉昭雄

8	「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 ・「自然冷媒による熱の応用技術」 ・(株)前川製作所 小松富士夫氏 (金沢大学、約 150 名)	2012.12	児玉昭雄＊ 瀧本 昭
9	「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 ・「射出・ダイキャスト成形の冷却工程と省エネルギー」 ・株式会社ファンクショナル・フルイッド 代表取締役 藤岡恵子氏 (金沢大学、約 150 名)	2012.12	児玉昭雄＊ 瀧本 昭
10	日本機械学会北陸信越支部 公開シンポジウム 「エネルギーハーベスティングの最前線」 風力、水力、温泉、低温度差を利用した環境発電の現状と課題（金沢大学サテライトプラザ）	2013.1	多田幸生＊ 木綿隆弘
11	次世代戦略拠点形成プロジェクト「グリーン・メディシナルイノベーションに向けた異分野融合研究の推進」講演会（プログラム）①鉄で海洋バイオマスを育てる、金沢大学 RSET 教授、三木 理 ②海と大地から生まれる医薬品、金沢大学薬学系准教授、後藤享子 (金沢大学サテライトプラザ)	2013.2	長谷川浩＊ 三木 理 児玉昭雄

平成 24 年度のテレビ放映、新聞報道など

- ① 志賀原発防潮堤にも活用、北国新聞、日本経済新聞他 2 紙、平成 24 年 3 月 24 日
- ② FA 有効利用検討委員会―北陸で FA コン普及、セメント新聞、平成 24 年 9 月 3 日

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)
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。（200字程度）		
本年度は、各研究課題について民間企業との連携体制の構築が大幅に推進し、ロードマップの 2ndstage の目標達成に向けた基礎研究も順調に進捗した。さらに、機械系・化学系・土木系・環境系のメンバーからなる分野横断的活動（ミーティング 3 回、セミナー講演会 11 回）も活発に実施され、本部門の分野横断的な研究連携に好影響を与えた。本年度の課題は、3rdstage におけるフィールド実証実験にむけた大型研究予算の獲得が次年度以降になったことである。		
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)
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。（200字程度）		
平成 24 年度は、各研究課題において、ロードマップの 2ndstage に掲げた目標達成に向け、外部との研究体制の構築とともにかなりの基礎研究成果をあげることができた。平成 25 年度も基本的には平成 24 年度の研究計画を継続する。一方で、3rdstage 以降の実証研究を推進するための大型研究予算の獲得が次年度以降となった。次年度は、専任教員を軸として戦略を練り直し、大型研究予算の獲得を目指したい。		

II 外部アドバイザー（国立環境研究所・理事長・大垣眞一郎様）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)
コメント（200字程度）		
産業部門からの廃棄物の再利用、廃熱の有効利用、藻類バイオマス生産、環境保全など炭素循環を巡る技術開発は、世界が必要とする重要な課題である。その課題に対し、金沢大学の立地を生かし、地域の課題解決としても貢献できる研究を具体的に展開しており、成果を生み出している。目標達成度は高いと判断できる。また、部門運営については、分野横断的な活動を促進する工夫をしており、運営管理上も目標を達成していると判断できる。		
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)
コメント（200字程度）		
成果を生んでいる現在進行中の研究内容を、次年度も継続的に展開し内容を深めようとしており、部門としての研究計画は適切である。 金沢大学内での基礎的な研究成果に基づき、より実証的研究に踏み出すために、競争的大型予算の獲得を目標としていることは適切と判断できる。さらに、地元の産業界と連携し産学協同の研究推進による予算の獲得も重要であろう。 また、研究室規模がまだ拡大途上であることもあり、外部との連携に当たり、引き続き研究の効率的な実施が期待される。		

第3部門 アドバイザリーボード会合の報告

開催日時：2013年1月26日（土）15:00～17:00

開催場所：金沢大学自然科学3号館3A314ゼミ室

RSET第3部門担当アドバイザー：国立環境研究所 大垣眞一郎理事長

RSET第3部門教員：三木 理、瀧本 昭、児玉昭雄、長谷川浩、鳥居和之、多田幸生、
汲田幹夫

プログラム：

15:00-15:10	平成24年度炭素循環技術部門活動概要報告（三木 理）
15:10-15:30	研究進捗事例報告（児玉昭雄）
15:30-15:50	研究進捗事例報告（長谷川浩）
15:50-16:10	研究進捗事例報告（瀧本 昭）
16:10-16:30	研究進捗事例報告、実験室内（三木 理、鳥居和之、長谷川浩）
16:30-17:00	フリーディスカッション、会合まとめ



第3部門アドバイザリーボード会合における研究事例報告風景

大垣アドバイザーは今年度新任であり、構成メンバーと部門概要の紹介から会議を開始した。

- ① 研究内容に関するアドバイザーとの意見交換：第3部門におけるH24年度の研究開発内容を報告し、構成メンバーの研究内容をご理解していただくとともに研究内容について意見交換を行った。一例として「藻類の生長促進のためのCO₂の活用について海水酸性化の可能性の有無」の質問があり、海水酸性化を生じさせない程度のCO₂の活用であること等を説明した。他にも多くのご質問があり、有意義な意見交換を行うことができた。
- ② 第3部門の活動全般に対するアドバイス：個別の研究内容に関する意見交換のあと、第3部門の活動全般に対するアドバイスをいただいた。特に、北陸地域の特性をフルに生かすという視点から研究を進めることが、大学の研究の独自性を明確化するとともに研究成果の一般化も進めることにつながる（例えば、藻類の研究でも北陸地域に根ざした藻類の研究）や第3部門内構成メンバーによる横断的な研究協同推進の関係をさらに強めるべきなどのご指摘があり、今後の部門の活動に反映させていきたい。

平成 24 年度 第 4 部門研究成果報告書

部門名	(第 4 部門) エネルギー・環境材料	部門長	上杉喜彦
1. 研究成果の概要（全体成果概要） 本部門は、4つのグループ「プラズマ工学」「機能性材料工学」「薄膜デバイス工学」「ナノ粒子プロセス工学」から構成され、電気エネルギーの高度利用形態の一つであるプラズマ状態を軸に、エネルギー、環境、材料分野に関わる技術の研究開発を行っている。固体・液体・気体・プラズマの4相が混在する「重相構造プラズマ」の物性解明と制御手法の開発を通して高度利用に関する知見を深化し発展させることで、産業分野での革新的な基盤・基幹技術や新しい産業の創出につながる新技術の開発を目指している。 平成 24 年度の成果として、以下の個別課題「熱核融合炉における炉壁材料の低損傷・低損耗プロセスの開発」、「環境調和型高性能大電流遮断技術の開発」、「金属材料切断や溶射技術の高効率化」、「プラズマ支援による高効率燃焼技術の開発」、「機能性液中プラズマを用いた環境調和型プロセスの開発」、「次世代低消費電力型パワーデバイス半導体材料や機能性ナノ粒子の高速生成技術の開発」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 24 年度研究の位置づけ）。 以下に、個々のグループが取り組んだ課題の具体的成果を示す。			
2. 2012 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）			
2.1（プラズマ工学グループ）高度に変調制御した高熱流プラズマ・非平衡プラズマの最適化と重相構造が介する材料プロセスへの応用<上杉、田中、石島> →実施計画書：「新規機能性材料創成や機能性ナノ粒子高速生成用プラズマプロセスの開発」 ナノ粒子はエネルギー・環境材料として着目され、例えば TiO_2 ナノ粒子は色素増感・有機薄膜太陽電池材料として使用される。これらナノ粒子を実社会において産業化するには、ナノ粒子の量産化技術の開発が必須である。この問題に対して、本研究グループでは独自に開発した高次変調制御型誘導熱プラズマに、原料粉末を同期して間歇的に投入する手法を考案した。これにより大量に投入した原料を高効率に熱プラズマで蒸発しそれを急冷することで、TiO_2 ナノ粒子を平均粒径 43 nm、500 g/h@20 kW で生成できることを確認した(図 1)。この量は熱プラズマによるナノ粒子法では従来の 4, 5 倍程度多い(ナノ粒子制御プロセス工学グループと共同)。一方、この変調型誘導熱プラズマの応用例として炭素膜の高速生成手法の開発に着手した。Ar-CH_4-H_2 変調型熱プラズマを用いた場合に、1 inch 角 Si(100)基板に多結晶ダイヤモンド膜をほぼ一様に生成できることを確認した(薄膜デバイス工学グループと共同)。また、変調制御したマイクロ波源を用いた液中気泡内プラズマシステムを開発し、その基礎特性を検討した。本システムを用いた環境調和型かつ高速レジスト膜除去プロセスを試行するとともに、難エッチング材料のエッチングプロセスへの適用可能性を検討した(機能性材料工学グループと共同)。			
2.2（機能性材料工学グループ）パルスレーザ堆積法を用いた酸化物電子デバイスの開発<森本、川江> →実施計画書：「新規機能性材料創成や機能性ナノ粒子高速生成用プラズマプロセスの開発」 我々は KrF エキシマレーザを用いたパルスレーザ堆積(PLD)法による機能性酸化物薄膜の作製とそのデバイス化に取り組んでいる。PLD 法では、20 MW にも達するレーザパワーにより、ほとんどのセラミクス材料を瞬間的に加熱し、溶融・蒸発させることが可能である。さらに、この非平衡プロセスで発生する高密度プラズマ、クラスター、液滴状粒子などを精密制御し、高品質な酸化物薄膜の成長を可能にしている。主にターゲットとする薄膜材料は、本研究グループで開発した希土類・遷移金属添加 $\text{BiFeO}_3(\text{BFO})$ 強誘電体薄膜である。その他にマイクロ波プラズマ CVD 法を用いたダイヤモンド薄膜の作製も行っている。 今年度はこれらの材料を用いて、電子機器の低消費電力化に有効な不揮発性メモリデバイス開発やその材料物性評価、強誘電性誘起の新規太陽電池の開発、低環境負荷の微細加工プロセス開			

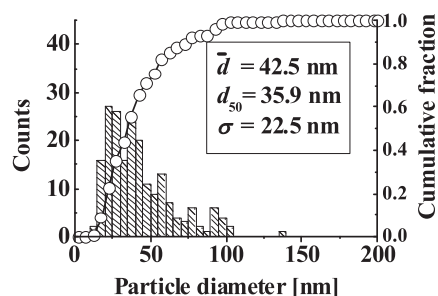


図 1. 新手法で生成したナノ粒子の粒径度数分布

発などを行ってきた。

代表的な成果として、強誘電性誘起の新規太陽電池開発の結果について述べる。図2にPLD法で作製したNd添加BFO強誘電体薄膜の光起電力特性を示す。上部電極をAuから光透過性能に優れるIn-Sn-O(ITO)に変更することにより光透過性能向上以上の大幅な特性改善が達成され、この光起電力が強誘電性分極により生成された反電界を起源とするモデルの妥当性が裏付けられた。なお、この太陽電池セルの変換効率は約0.1%となる。

2.3 (薄膜デバイス工学グループ) ダイヤモンドの高品質・高速成長技術とダイヤモンド半導体プロセスの開発<猪熊、徳田>

→実施計画書：「次世代パワーデバイス半導体材料の高度化、高速生成プロセスの開発」

我々の独自の技術である「マイクロ波プラズマCVDによるダイヤモンドのホモエピタキシャルラテラル成長」を応用し、高速成長を試みた。高速成長技術は、CVDダイヤモンド自立基板の開発に必須であり、またダイヤモンド基板及びpnダイオード等のデバイスの低コスト化に極めて重要である。今年度は、マイクロ波投入電力を増大し、ラジカルの生成効率の向上を狙った。その結果、 $10\ \mu\text{m/h}$ を超える成長速度を実現した。その高速成長を用いて $100\ \mu\text{m}$ 以上の厚膜を得ることに成功し、その厚膜をレーザーカットにより自立化させ、世界で初めてCVD単結晶ダイヤモンド(111)自立基板の開発に成功した。自立基板は、不純物濃度を制御することにより、絶縁体、p型半導体($\rho \sim 20\ \Omega \cdot \text{cm@RT}$)、低抵抗グレード($\rho \leq 1\ \Omega \cdot \text{cm@RT}$)を得た。

我々は、ダイヤモンドのパワーデバイスとして δ ドーピングチャネルを用いたMISFETの開発を目指している。その基盤技術である δ ドーピングに関しては、図3に示すようなホウ素 δ ドーピングダイヤモンド構造の作製に成功し、ダイヤモンドでは実験的に世界初となる高キャリア濃度・高キャリア移動度を実現した。

2.4 (ナノ粒子制御プロセス工学グループ) マイクロプラズマを用いた新規のイオン移動度測定装置の開発研究<大谷、瀬戸>

→実施計画書：「新規機能性材料創成や機能性ナノ粒子高速生成用プラズマプロセスの開発」

コロナ放電と比較して広い面積に高密度かつ均一にイオンを供給する新規イオン源として、マイクロサイズの沿面放電を用いたデバイス(SMD: surface-discharge microplasma device)の開発を行っている。今年度はSMDを用いたイオン分離とイオン移動度を同時に行う測定装置の研究開発を実施した。本装置は、イオン捕集用の半円筒シリンダー中心に設置されたSMDで構成される。パルス高電圧をイオン生成用のSMDに印可すると同時に補修用の半円筒シリンダー側に同じ極性の電圧を印加したところ、 μs オーダーの遅延を伴ったイオン電流の検出に成功した。また本研究開発より単極のイオン移動度測定だけではなく、イオン種やその構造を決定するイオン移動度分析器としての利用可能性が示唆される結果を得ることができた。

3. 反省点

昨年の課題であった部門内の連携研究の進展については、検討を進めつつ試行的に研究を行っている段階ではあるが、少しずつ成果が出始めている。加速度的に研究を進めるため部門内のネットワーク濃度を高め、連携を深めていくことが今後の課題である。

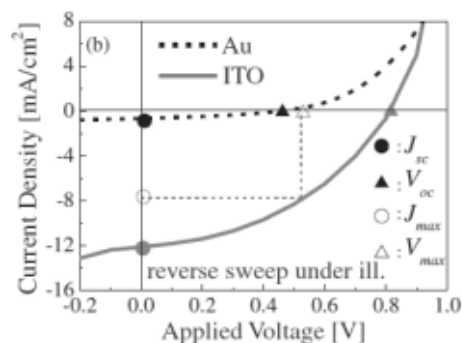


図2 Nd添加BFO強誘電体膜の光起電力特性(Ar⁺レーザ、波長 488 nm、照射強度 $1\text{--}3\ \text{W/cm}^2$)

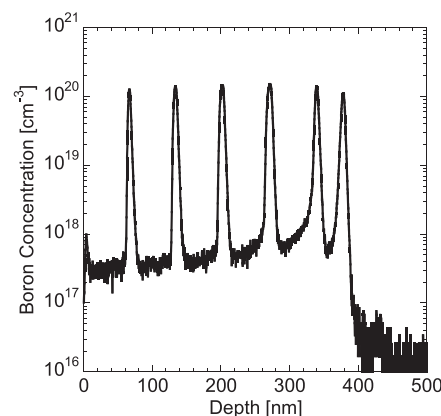


図3 ホウ素 δ ドーピングダイヤモンド構造のホウ素濃度分布

平成 24 年度 第 4 部門研究成果リスト

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	Effect of cathode diameter and operating parameters on behavior of hafnium cathode evaporation for oxygen plasma cutting arc	J. Phys. D: Appl. Physics, Vol.45, 435203	2012.10	N.P. Long, Y. Katada, Y. Tanaka, Y. Uesugi, Y. Yamaguchi	4
2	Rapid plasma treatment of polyimide for improved adhesive and durable copper film deposition	Thin Solid Films, Vol.521, pp.22-26	2012. 3	K. Usami, T. Ishijima, H. Toyoda	4
3	Fabrication of (Bi,Pr)(Fe,Mn)O ₃ thin films on poly-crystalline diamond substrate by chemical solution deposition and their properties	Japanese Journal of Applied Physics 51 (2012) 09LA08	2012. 9	T. Kawae, H. Kawasaki, T. Nakajima, N. Tokuda, S. Okamura, A. Morimoto, Y. Takano	4
4	Formation of Step-Free Surfaces on Diamond (111) Mesas by Homoepitaxial Lateral Growth	Jpn. J. Appl. Phys. Selected Topics in Applied Physics Vol. 51, 090107.	2012. 9	N. Tokuda, T. Makino, T. Inokuma, S. Yamasaki	4
他 14 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	Enhancement of Non-Equilibrium Atmospheric Pressure He Plasma Discharges by Using Silicon Diode for Alternating Current	Asia-Pacific Conf. Plasma & Technol. Symp. Plasma Sci. Mater. APCPST-11 & SPSM-25,1-P40, Kyoto, Japan	2012.10	Y. Sumiishi*, Y. Uesugi, Y. Tanaka, T. Ishijima	A
15	Dynamic Behavior of Multi-Phase Structure Plasmas in a Cathode Arc Spot	Plasma Surface Interaction PSI-2012, P3-103, Germany	2012.5	Y.Uesugi*, Y. Katada, T. Ito, Y. Tanaka, T. Ishijima, Y. Yamaguchi	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 なし

4. 著書、編書

番号	書名	発行所	発行年月	著者名
1	2013 ナノカーボン技術大全	電子ジャーナル	2012. 11	齋藤理一郎、遠藤光司 大野雄高、徳田規夫 等

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	報告書	学会だより ICDCM 2012	NEW DIAMOND, 第 107 号, Vol. 28, No. 4, pp.34-35	2012. 10	徳田規夫 井村将隆 山崎雄一

6. 特許等

番号	発明の名称	種別	番号	登録番号	氏名
1	プラズマ処理装置、及びプラズマ処理方法	特許		特許 第 5156913 号	菅井秀郎、佐藤 正典、石島達夫
2	ダイヤモンド半導体素子	特許		特許 第 5119553 号	小山和博、徳田 規夫、他 7 名
3	ナノメートルスケールの計測標準試料およびナノメートルスケールの計測標準試料を用いた走査型顕微鏡の校正方法	特許		特許 第 5071815 号	徳田規夫、 山崎聡、 栗原健一、 権太聡、 太田敏隆
4	プラズマ生成装置用の電源及びプラズマ生成装置	特許出願	2012-171342		上杉喜彦、住石 裕次郎、田中康 規、石島達夫
5	液中プラズマ処理装置および処理方法	特許出願	2012-286076		石島達夫、堀邊 英夫、野阪幸平
6	プラズマ切断機および切断方法	特許出願	2012-284784		山口義博、上杉 喜彦、田中康規、 石島達夫

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	Nanopowder Synthesis using High-Power Modulated Induction Thermal Plasmas with Heavy Rate Intermittent Feeding of Raw Material Powder (IUMRS-International Conference on Electronic Materials (IUMRS-ICEM 2012), Yokohama)	2012.9	Y. Tanaka* W. Guo T. Tsuke Y. Uesugi T. Ishijima S. Watanabe K. Nakamura

2	Development of Resist Removal Process using Microwave-excited Plasma under Water (IUMRS-International Conference on Electronic Materials (IUMRS-ICEM 2012), Yokohama) 他、37 件	2012.9	T. Ishijima* A. Kono H. Horibe
---	--	--------	--------------------------------------

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(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
- ・挑戦的萌芽研究、ナノ・マイクロ／スプレーショ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
- ・新学術領域研究(公募)、高分子表面への液中プラズマ照射により発現する界面反応場の解明、代表・石島達夫
- ・挑戦的萌芽研究、低環境負荷金属酸化物を用いた中間バンド半導体薄膜の開発と光電特性、代表・森本章治
- ・挑戦的萌芽研究、巨大残留分極を用いたカーボン系材料の表面キャリア制御、代表・川江 健
- ・若手研究(A)、超低損失ダイヤモンドパワーデバイス開発のための基盤研究、代表・徳田規夫
- ・基盤研究(B)、マクロ分子イオンを用いたナノ粒子フィルタ捕集性能試験法の開発、代表・大谷吉生
- ・基盤研究(B)、エアロゾルプロセスによるシリコン量子ドット材料創製、代表・瀬戸章文

(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(FS)ステージ探索タイプ
1)変調同期型熱プラズマによる医療用金属ドーパ酸化物ナノ粒子の革新的大量生成手法の確立、代表・田中康規
- 2)水中気泡プラズマによる低環境負荷型レジスト分解プロセスの開発、代表・石島達夫
- 3)強誘電性自発分極を利用した多値記録抵抗変化メモリの開発、代表・森本章治

(3) 国、地方、民間等との共同研究（機関名、代表・分担等）＜民間企業は企業名の掲載なし＞

- ・核融合科学研究所共同研究、代表・上杉喜彦
- ・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 4 件

(4) 受託研究（研究題目、委託機関名、代表・分担等）＜民間企業の場合には企業名の掲載なし＞

(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）

4 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）

1 件

9. 関連の学位論文提出数

- ・博士論文：2 本、修士論文：23 本、卒業論文：32 本

平成24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	RSET 第4部門主催特別講演会「水素ラジカルを用いたレジスト除去プロセス」(堀邊英夫教授、金沢工業大学)(金沢、参加者40名)	2012. 6.13	上杉喜彦 田中康規 石島達夫* 森本章治 川江 健 猪熊孝夫 徳田規夫
2	応用物理学会北陸・信越支部主催講演会(「機能性酸化物材料のケミカルプロセスによる合成と特性評価～強誘電体薄膜を中心に～」講師:坂本 渉(名古屋大学エコトピア研究所准教授)(金沢、参加者40名)	2012.6	川江 健* 森本章治
3	High-enthalpy plasma torch facilities for material R&D at Chonbuk National University in Korea (Prof. Bong Guen HONG, Director of High Enthalpy Plasma Research Center Chonbuk National University, Republic of Korea)(金沢、参加者40名)	2012. 8.27	上杉喜彦* 田中康規 石島達夫
4	PISCES Plasma-Beryllium Interactions Studies for ITER (Dr. Daisuke Nishijima, University of California, San Diego, Center for Energy Research, United States)(金沢、参加者40名)	2012.9.20	上杉喜彦* 田中康規 石島達夫
5	Joint Conference of The 8th International Workshop on High Voltage Engineering & Japan-Korea Joint Symposium on Electrical Discharge and High Voltage Engineering (金沢、参加者87名)	2012.11.16-17	上杉喜彦 田中康規* 石島達夫
6	6 th International Conference on Plasma Nanotechnology and Science (下呂、参加者109名)	2013.2.2-3	石島達夫* (※実行委員長、 RSET 協賛)
7	電気学会北陸支部シンポジウム「高気圧高熱流プラズマ応用における先端測定・数値解析技術」(金沢、参加者20名)	2013.3.6	田中康規* 上杉喜彦 石島達夫

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)
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。 重相構造プラズマを利用したエネルギー・環境材料の創製と環境調和型プロセスの開発という研究課題に関して個別研究の実施と連携研究を行った。個別研究においては、高熱流プラズマを用いたナノ粒子の大量生成、ダイヤモンド系薄膜堆積、環境調和型高速レジスト除去プロセス装置の開発等を行い実用技術開発を指向した課題を積極的に取り入れることで外部資金の獲得へとつながった。重相構造プラズマを高度に利用する技術開発を進めるため、部門内での連携を更に強化していく必要がある。	
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)
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。 新任の専任教員の着任に伴い重相構造プラズマの利用技術を熱プラズマに限らず、非平衡プラズマにも拡張し、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。重相構造プラズマの計測・制御手法に関わる開発研究の一つとしては、高熱流アークプラズマ生成時の熔融陰極スポットの動的挙動に関する研究成果が挙げられる。今後、多様な重相構造に応じた基礎研究を進展させるとともに、部門内に留まらずセンター内の連携も深め、機動的な研究体制を組むことで目標達成を図る。	

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)
コメント 重相構造プラズマをキーワードに4グループから興味ある成果が報告され、RSETの第4部門としての成果に向けた一歩が着実に踏み出された感を受ける。特に、グループ相互間の忌憚りの無い討議を可能とする雰囲気は将来に向けた有為な連携研究展開を予感させる。ただ、各研究者の意識において、重相構造プラズマのどの部位を起点としているかに関しては必ずしも明確ではなく、今後重相構造プラズマを「診る」との視点を一層強く意識する必要がある。	
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 対象プラズマ種を拡張する事によって適用分野の拡大を図るとの計画は、本部門の根幹となる重相構造プラズマとしての新たな視点深化と整合性を有する形で展開することが望ましい。また、重相構造プラズマ概念を社会に見える形でアピールするには、そのプラズマ状態を「診る」との視点を各課題の中で一層深化させる必要があり、それに伴って起点と到達終点、特に物質探索か材料開発かを明確に意識した部門連携課題の抽出が望まれる。	

第4部門 アドバイザリーボード会合の報告

日時： 2013 年 1 月 26 日（土）15:00～17:30

場所： 金沢大学 自然科学2号館 2B716室

出席者：上杉喜彦（部門長）、森本章治、猪熊孝夫、田中康規、川江健、徳田規夫、
瀬戸章文、石島達夫（敬称略）

部門アドバイザー：東京大学大学院工学研究科マテリアル工学専攻 吉田豊信 教授

初めての部門アドバイザリーボード会合であったため、部門を構成する4つのグループより、それぞれのグループの研究紹介と今年度の研究成果および来年度の計画について、下記のプログラムに従って報告がなされた。

15:00-15:05	開会の挨拶（上杉喜彦 部門長）
15:05-15:15	平成24年度エネルギー・環境材料部門活動概要報告（石島達夫）
15:15-15:45	プラズマ工学グループ紹介と研究進捗報告（田中康規）
15:45-16:15	機能性材料工学グループ紹介と研究進捗報告（森本章治）
16:15-16:20	休憩
16:20-16:50	薄膜電子工学グループ紹介と研究進捗報告（徳田規夫）
16:50-17:20	ナノ粒子制御プロセス工学グループ紹介と研究進捗報告（瀬戸章文）
17:20-17:30	アドバイザーからの総評（吉田豊信）

部門アドバイザーとの意見交換

パルス変調熱プラズマを用いた大量ナノ粒子生成およびダイヤモンド膜成膜技術の研究開発状況について田中教授より報告がなされた。アドバイザーより、大量生産できれば、キャパシタンスに用いるニッケルナノ粒子や燃料電池に用いるナノ粒子などへの応用も可能となるので、広範なメーカーへの積極的な宣伝も必要であることが述べられた。

レーザーアブレーションによる機能性酸化物薄膜作成技術を用いた強誘電体太陽電池や酸化物キャパシタなどのデバイス開発状況について森本教授より報告がなされた。アドバイザーより、材料合成研究の視点から、CVDなどの大量合成法に適用するため、どんな物理量が合成に効いてくるのかを明らかにしていく必要があるとのコメントがなされた。

次世代パワーデバイス半導体材料の高度化、高速生成プロセスの開発について徳田准教授より、特殊フィルター等を用いたナノ粒子制御技術と応用研究の開発状況について瀬戸准教授より報告がなされた。アドバイザーより、これらのナノ構造物の大量生産に向けてパルス変調熱プラズマ技術との共同研究を進めてどうかとの提案がなされた。

最後に総評として、部門としてまとまった形で研究活動をするという視点から、キーワードを定めるなど戦略的な攻め方の必要性についての提案がなされた。また、研究面での成果を挙げるために異分野間の融合研究推進とともに、教育面での成果としてダブルメジャーシステム導入を検討してはどうかとの提案がなされた。

平成 24 年度 第 5 部門研究成果報告書

部門名	(第 5 部門) バイオマス利用	部門長	関 平和
1. 研究成果の概要 (1) 未利用バイオマスの堆肥化、消化、光合成によるエネルギー・資源回収技術の開発 (2) 未利用バイオマス燃焼時のリスク評価と環境負荷低減技術の開発 (3) 未利用バイオマスからのバイオエタノール等の生産技術の開発 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】 (1) 未利用バイオマスの堆肥化、消化、光合成によるエネルギー・資源回収技術の開発 (1-1) <u>メタン発酵と炭化を組み合わせた下水処理場集約型バイオマス利用技術の開発</u> 昨年から継続した下水汚泥と稲わらの混合消化実験を継続し、膨張軟化処理により稲わらからのメタン回収率が約 1.4 倍に増大した。次に、連続メタン発酵実験装置を 1L から 10L にスケールアップした実験では、消化汚泥の脱水性が大きく向上することを示した。また、中能登町をケーススタディとして、OD 汚泥と町内で発生する油揚げのメタン発生ポテンシャルを測定するとともに、3L の連続装置を用いて混合消化実験を行った結果、OD 汚泥に対し、油揚げのメタン生成ポテンシャルがきわめて高いこと、中温 25 日で汚泥濃度 10% までの消化が可能であることを示した。 (1-2) <u>下水処理水を利用したバイオマス創生を目指した二酸化炭素資源化プロセスの開発</u> 実験室規模の浸漬膜付加型フォトバイオリアクターにて、模擬下水処理水を用いた微細藻類連続培養実験を開始した。これまで課題であった窒素・リン供給負荷の向上のため、基質滞留時間を 24 時間から 12 時間に短縮した実験を行った。種株として、<i>Botryococcus braunii</i> を用いたが非常に増殖が遅く、<i>Anabaena</i> 属と思われる種が主に優占して増殖した。藻類濃度は一時は高濃度に達したが、なんらかの原因で <i>Anabaena</i> 属が急速に減少後、リアクター内は非常に低い増殖しかみられなくなった。現在、バッチ実験による培地成分の影響と藻類産生の阻害物質の有無について確認を行っている。 (1-3) <u>未利用バイオマス発酵熱の効率的な原位置直接利用技術の開発</u> ミニチュアサイズの発酵槽・蓄熱槽・熱利用槽を用いて、通水による竹チップ発酵熱の回収・蓄積・利用の伝熱実験を行った。その結果、1) 作成した伝熱モデルが妥当であること、2) 発酵槽温度が 50-60℃であれば発酵熱の安定回収が可能であること、3) しかし、ミニチュアサイズのように比放熱面積が大きい場合は、槽内温度維持に高い発熱速度が必要であること、が温度測定と伝熱解析結果との比較から分かった。そこで、現在、輪島市で実用規模システムを想定して 50m³ の竹チップ槽の発酵熱を回収し、1.0m³ のドジョウ養殖槽の加温実験を実施中である。 (2) 未利用バイオマス燃焼時のリスク評価と環境負荷低減技術の開発 東南アジアの大気環境調査から、バイオマス燃焼由来成分の季節変動と時間変動を測定し、交通由来成分に比べ、雨天時に特徴的な変化が発生することを確認した。これに対して、発生源の季節・時間変動は明らかになっておらず、今後情報収集を進める。 また、バイオマス燃焼への展開を提案している充填層フィルタの基礎性能を実験と理論の両面から検討し、30Pa 未満の低圧損条件でナノ粒子の捕集効率が 50% を超え、流速を低く設定すれば、さらに			

検討し、30Pa 未満の低圧損条件でナノ粒子の捕集効率が 50%を超え、流速を低く設定すれば、さらに低圧損・高捕集効率が期待できることが確認できた。現在、実際の煙突や排気ダクトへの適用に向け、設定条件の検討を行なっている。

（3）未利用バイオマスからのバイオエタノール等の生産技術の開発

木質系（リグノセルロース系）バイオマスから燃料・化成品原料への完全変換を目指して以下の検討を行った。まず、実バイオマス中の結晶性セルロースをイオン液体と超音波を用いて、短時間・低エネルギーで非結晶化することに成功し、極めて効率的にエタノール発酵を行うことができた。現在、リグノセルロース系バイオマスに対してイオン液体を作用させることで、非結晶性セルロース+リグニン+回収イオン液体へと分画することを目指し、その分画手法の構築を試みている。また、モデル純リグニンをを用いた別実験では、マイクロ波を用いた系で低分子化を行い、ある単一の芳香族系化合物（バニリン）を 10%含む低分子化混合物を得られることも分かった。

【活動報告】

- 「東アジアの環境・エコ技術・政策に関する国際シンポジウム」（RSET、日中韓環境・エコ技術コース主催）
- ミニシンポジウム「バイオマス研究の最前線」（RSET 共催、主催：日本生物工学会 中部支部）
- 第2回バイオマス研究会・金沢大学バイオリファイナリー重点研究プログラムセミナー「環境汚染物質のリスクと安全を考える」（2013 年 1 月開催）
- 第3回バイオマス研究会（2013 年 2 月開催）

3. ロードマップから見る研究成果の位置づけ

本部門の第1期（1～3年目）の目標は、（1）堆肥化・消化・光合成によるエネルギー・資源回収技術、（2）バイオマス直接燃焼技術、（3）バイオエタノール製造技術、に係る要素技術の開発と実証試験実施環境の構築である。本年度の成果は、主に要素技術開発に係るものである。また、第3回バイオマス研究会では行政機関からの講師を迎え、行政機関との連携を図る。

4. 反省点

（1－1）中能登を対象とした食品廃棄物と OD 汚泥の混合消化に関して、OD 汚泥の分解性が悪いことから、前処理についてさらに検討を行う必要がある。一方、生ごみと草本バイオマスの乾式メタン発酵に関する予算を獲得したために、今後、乾式メタン発酵に関する知見収集を進める。

（1－2）については、今後菌株や運転条件の検討による高効率化を進める。また、窒素リン負荷向上のため、浸透圧を利用した低エネルギー消費型栄養塩濃縮プロセス開発について基礎的な検討を開始し、両プロセスの組み合わせによる最適化について今後詳細な検討を要する。

（1－3）については、伝熱モデルの妥当性が確認できたが、熱回収による発酵阻害を抑えて連続的熱生成を可能とするような、微生物群集構造の解明について未検討であった。今後、これについての検討が必要である。

（3）について、発生源の時間・季節変動の情報を得るには、現地の協力が不可欠である。これまで地道に活動を続けた結果、現地の協力体制を構築しつつあり、今後の情報収集を急ぐ。また、充填層フィルタについて、外部予算を獲得することができたが、まだ実用性能の検討が進んでいないため、急ぎ検討を進める。

平成 24 年度 第 5 部門研究成果リスト

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	Carbon dioxide capture and nutrients removal utilizing treated sewage by concentrated microalgae cultivation in a membrane photobioreactor	<i>Biores. Technol.</i> 125, 59-64	2012, 9	<u>R. Honda</u> , J. Boonnorat, C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri, K. Yamamoto	4
2	Antibiotic resistance of <i>Escherichia coli</i> in leachates from municipal solid waste landfills: Comparison between semi-aerobic and anaerobic operations.	<i>Biores. Technol.</i> 113, 253-258	2012, 1	S. Threedeach, W. Chiemchaisri, T. Watanabe, C. Chiemchaisri, <u>R. Honda</u> , K. Yamamoto	4
3	Photosynthetic bacteria biomass production from food processing wastewater in sequencing batch and membrane photo-bioreactor.	<i>Water Sci. Technol.</i> 65(3), 504-512	2012, 3	S. Chitapornpan, C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri, <u>R. Honda</u> K. Yamamoto	4
4	Estimating the heat generation rate in a forced-aeration composting process by measuring temperature changes.	<i>J. Agric. Meteorol.</i> , 68(2), 107-120	2012, 6	<u>H. Seki</u> , T. Shijuku	4
5	下水汚泥の高負荷高温嫌気性消化における余剰汚泥加熱処理と微量金属の効果	土木学会環境工学研究論文集	2012, 11	高島正信、中木原江利、 <u>池本良子</u>	3
6	Development of a High-volume Air Sampler for Nanoparticles	Journal of Environmental Monitoring	2013, 2	<u>M. Hata</u> , T. Thongyen, L. Bao, A. Hoshino, Y. Otani, T. Ikeda, <u>M. Furuuchi</u>	4
7	Enhanced enzymatic saccharification of kenaf powder after ultrasonic pretreatment in ionic liquids at room temperature, 他 9 件	<i>Bioresour. Technol.</i> , 103 (1) 259-265	2012, 1	<u>K. Ninomiya</u> , K. Kamide, <u>K. Takahashi</u> , N. Shimizu.	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	Mesophilic co-digestion of sewerage sludge in the oxidation-ditch process and wasted fried tofu	Proceedings of the 4 th IWA Asia-Pacific Young Water Professionals Conference 2012, pp. 148-151	2012, 12	T. Gu, T. Togari T. Nakade, <u>R. Yamamoto-Ike</u> <u>moto</u> , E. Nakakihara, <u>R. Honda</u>	A

2	Treatment of municipal sewage in snowy region by using anaerobic-oxic biological filter reactor equipped with swinging carbon fibers	Proceedings of the 4 th IWA Asia-Pacific Young Water Professionals Conference 2012, pp. 156-159	2012, 12	Y. Chen, <u>R. Yamamoto-Ikemoto</u> , E. Nakakihara, <u>R. Honda</u>	A
3	Deduction of Reaction Kinetics from the Heat Generation Rate in Composting. (International Symposium of Agricultural Meteorology 2012, Sakai)	Extended Abstracts of International Symposium on Agricultural Meteorology 2012 (ISAM2012) and WMO-ISAM Joint Symposium, p. 183	2012, 3	H. Seki, T. Shijuku, Y. Kitagawa, S. Kiyose	C
4	Development of a high-volume air sampler for aerosol nanoparticles	Proc. of 6th International Conference on Plasma-Nanotechnology & Science (IC-PLANTS 2013)	2013, 2	<u>M. Furuuchi</u> , <u>M. Hata</u> , T. Thongyen, L. Bao, A. Hoshino, Y. Otani, T. Ikeda	A
5	Bio-derived ionic liquids for pretreatment of lignocellulosic biomass	Proceedings of the 18th Symposium of Young Asian Biochemical Engineers' Community (YABEC) 2012, p.132	2012 Oct	<u>K. Ninomiya</u> , C. Ogino, <u>K. Takahashi</u> , N. Shimizu:	C
他 6 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
なし

4. 著書、編書

番号	書 名	発 行 所	発行年月	著者名
1	イオン液体の科学 -新世代液体への挑戦-	丸善出版株式会社	2012.11	<u>高橋憲司</u> （監修 イオン液体研究会）

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	研究紹介	サステナブルエネルギー研究センター竹チップ発酵熱の有効利用ー	研究紀要平成23年度版（石川県高等学校教育研究会理科部会）	2011.3	関 平和
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前処理によるバイオマス・リファイナリー、 他 4 件	バイオインダストリー、29(5), 38-45	2012, 5	<u>高橋憲司</u> 、 <u>仁宮一章</u> 、 <u>荻野千秋</u> 、 <u>清水 宣明</u>

6. 特許等

なし

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	正浸透 (FO) 膜ろ過による窒素・リンイオンの濃縮特性 (日本水環境学会年会、大阪)	2013, 3	* <u>本多 了</u> 、Mavis Wong, Eric M.V. Hoek
2	竹チップ層と伝熱通水管の間の伝熱係数に関する考察 (日本農業気象学会 2012 年全国大会)	2012, 3	* <u>関 平和</u> 、六佐公補、小澤辰徳
3	膨張軟化前処理稲わらと下水汚泥の混合消化によるメタンガス回収と微生物叢、第 49 回環境工学研究フォーラム講演集、京都)	2012.11	*中出 貴大、大月 紳司、西田 裕之 <u>池本 良子</u> 、中木原 江利、高野 典礼
4	コリン系イオン液体を用いたリグノセルロースの糖化前処理、日本生物工学会 第 64 回大会、神戸、神戸国際会議場、	2012, 10	* <u>仁宮一章</u> 、表小百合、曾田裕司、太田晶子、 <u>高橋憲司</u> 、清水宣明
	他 47 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 (B)、膜ろ過を利用した藻類濃縮培養による下水処理水からのバイオマス生産プロセスの開発、代表・本多 了
- ・基盤研究 (B) (海外学術調査)、東南アジアの水環境における薬剤耐性菌の発生と耐性獲得経路の解明、分担・本多 了
- ・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
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)

- ・生ゴミ・草本バイオマスの複合高効率メタン発酵の技術開発、環境省地球温暖化対策技術開発実証研究事業、分担・池本良子

(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)

- ・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、 他 1 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>

- ・熱帯地域に適した水再利用技術の研究開発、JST-JICA・地球規模課題対応国際科学技術協力、分担・本多 了、 他 2 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)

- ・平和中島財団・アジア地域重点学術研究助成、熱帯アジアの下水処理施設における大腸菌の薬剤耐性獲得に関する実証的研究、分担・本多 了
- ・鉄鋼環境基金・環境研究助成、下水処理水を利用した二酸化炭素回収・藻油生産プロセスの開発、代表・本多 了
- ・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) 奨学寄附金 (件数) ...計 3 件

9. 関連の学位論文提出数

- ・修士論文 7 本、卒業論文 22 本

平成 24 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	東アジアの環境・エコ技術・政策に関する国際シンポジウム（金沢、参加者約 80 名） 中国（精華大学、北京師範大学、復旦大学、中国科学院、北京都市計画局）より 8 件、台湾（国立台湾大学、国立交通大学、国立政治大学）より 3 件、金沢大学より 7 件の計 18 件の招待講演・研究発表による情報交換と東アジアの関連研究ネットワーク構築を行った。	2012, 8	池本良子* 古内正美 本多 了
2	ミニシンポジウム「バイオマス研究の最前線」（金沢、参加者約 20 名）（共催） RSET 第 5 部門より 2 名（仁宮、本多）および学外より 2 件の研究発表を行った。	2012, 8	小林史尚* 関 平和
3	東アジアの環境と災害マネジメントに関する国際ワークショップ（第 2 回金沢大学・プリンスオブソンクラ大学合同開催ワークショップ）（タイ・プーケット、参加者約 20 名） RSET 第 5 部門より 3 名（関、古内、畑）が参加して合計 3 件の研究発表を行い、国際共同研究の可能性について議論した。	2012, 9	古内正美* 関 平和 畑 光彦
4	環境工学に関する共同セミナー（カンボジア・プノンペン、参加者約 20 名） カンボジアの大気環境の現状を紹介する 3 件の研究発表（畑および本学学生 2 名）を行い、道路交通およびバイオマス燃焼の影響について議論した。	2012, 9	カンボジア・国立教育研究所 (Dy BONNA 所長*、畑 光彦)

5	大気環境と大気汚染に関する特別セミナー（カンボジア・プノンペン、参加者約 50 名） カンボジアの大気環境の現状を紹介する 3 件の研究発表（畑および本学学生 2 名）を行い、道路交通およびバイオマス燃焼の影響について議論した。	2012, 9	カンボジア・カンボジア工科大学（Seingheng HUL 講師*、古内正美）
6	第 1 回 RSET バイオマスセミナー（金沢、参加者約 50 名） 【プログラム】松井三郎京都大学名誉教授による講演とディスカッション	2013, 1	池本良子*
7	第 2 回 RSET バイオマスセミナー・金沢大学バイオリファイナリー重点研究プログラムセミナー「環境汚染物質のリスクと安全を考える」（金沢、参加者約 15 名） 【プログラム】村上道夫特任講師（東京大学）による講演とディスカッション	2013, 1	本多 了*
8	Sci-Mix in Kanazawa 2013（金沢、40 名）	2013, 1	高橋憲司* 奥野正幸
9	第 3 回バイオマス研究会（金沢、参加者 14 名） 【プログラム】坂井修二氏（金沢市環境局長）と横江 斉氏（石川県環境部次長）による講演とディスカッション	2013, 2	関 平和* 本多 了
10	日本農業気象学会 2013 年全国大会（野々市、参加者 200 名）（共催）	2013, 3	関 平和* 本多 了

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)
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。 部門所属の研究者は、これまで独自に、公共団体、他大学、民間企業、農業者等との連携により研究を進めてきており、かつ、学会、市民をも対象とした技術報告会、研究紹介、海外の研究者を交えたワークショップなどを通じて、研究成果の情報発信も行ってきた。昨年度立ち上げた「バイオマス研究会」は、本年2月に石川県、金沢市の管理職による廃棄物関連の実情と課題についての講演を企画しており、問題の発掘・共同研究の糸口がつかめればと考えている。		
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)
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。 研究費確保については、研究者各位の努力の結果、科研費、共同研究費などいくつかの競争的資金の確保ができたが、研究の推進にはまだ十分とはいえず、引き続き研究費獲得に積極的に取り組むとともに、研究成果の適切な公表を行い、それに対する相応な評価を得るよう尽力する。アドバイザーから昨年指摘された研究者間の情報交換については、引き続き、部門ミーティングを通じて実施するとともに、部門を越えた連携を進めていく予定である。		

II 外部アドバイザー（榎松井三郎環境設計事務所・松井 三郎様）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	(B)
コメント（200字程度） この1年で、確実に研究が前進していて、専任教員の参加により研究目標が広がり、バイオマスの湿式利用の研究が進んでいる。メタンエネルギーと発酵熱利用は、確実な成果・実用化が求められている。光合成バイオマス、F O膜は当分基礎研究が継続し、いずれかの時点でブレークスルーが生まれると予想される。ナノ粒子分離回収の研究は、省エネルギー価値で途上国大気汚染と温暖化防止に役立つ技術成果である。イオン液体によるセルロース糖化研究は、酵母への毒性を解消するイオン液体の作成が、引き続き基礎研究で解決することが今後の課題。目標達成が出来ている。		
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（200字程度） 上記の到達段階から、どの様に課題解決するか、バイオマス関係は公的機関と連携し、研究課題を絞り、現在の研究に関係させることが必要となっている。研究テーマの中に、技術成果を実現するための経済性分析も加える必要がでる。基礎研究段階のテーマは、どのように研究資金を確保するか、頭の痛い問題が残されている。しかしテーマに発展性があるから外部資金は得られるのでは？ナノ粒子の研究は、具体的成果が出ているので、企業との連携模索が今年度必要ではないか？また J I C A の資金を企業と一緒に獲得することも考えられる。イオン液体の研究は、酵母糖化段階の解決として毒性の少ないイオン液体開発を急ぐ必要がある。この段階を解決できれば、技術の実用化に大いに進む。次年度の目標は、概ね適切である。		

第5部門アドバイザーボード会合 報告

日時：2013年1月26日（土）15:00～17:00

会場：金沢大学自然科学2号館 2C614号室

出席者：（アドバイザー） 松井三郎 京都大学名誉教授

（RSET第5部門）関 平和、池本良子、古内正美、高橋憲司、仁宮一章、畑 光彦、本多 了

1. 平成24年度バイオマス利用部門活動報告および関研究室による研究・活動報告

関部門長より、平成24年度第5部門の活動報告のあと、未利用バイオマス発酵熱利用に関する研究報告が行われた。松井アドバイザーより、林業廃棄物の堆肥化など林業との協力、地下水を利用することで加温熱の節約可能性についてコメントがあった。

2. 池本研究室による研究・活動報告

池本良子教授より、未利用バイオマスと下水汚泥の混合消化に関する研究報告が行われた。松井アドバイザーより、牛糞のメタン発酵の残渣物や消化汚泥脱水液の液肥利用などについてコメントがあった。

3. 古内・畑研究室による研究・活動報告

畑助教より、未利用バイオマス直接燃焼に関する研究報告が行われた。松井アドバイザーより、低コストフィルターの充填剤の粒径の要求仕様やブラックカーボンや亜酸化窒素の影響について、コメントと質疑応答があった。

4. 本多研究室による研究・活動報告

本多助教より、下水処理水からの藻類バイオマス生産に関する研究報告が行われた。松井アドバイザーより、特定種の藻類株や尿由来ホルモンにより藻類生産促進についてコメントがあった。

5. 高橋・仁宮研究室による研究・活動報告

仁宮助教より、イオン液体による木質系バイオマスからのバイオエタノール生産に関する研究報告が行われた。松井アドバイザーより、抽出後の最終残渣リグニンの組成や目指しているプロセスの産業化の目途についてコメントと質疑応答があった。

5. アドバイザーからのコメントおよびディスカッション

第5部門全体の研究・活動に関して、松井アドバイザーより主に次のコメントがあった。

- ・ 基礎的研究は順調に進捗している。一方で、テストプラントや可能なら産業化・実用化などの出口の見える研究活動についても検討しておいた方がよい。
- ・ 自己評価書において、教育的成果も明記した方がよい。例えば、RSET関連研究をテーマとした卒論、修論の本数や卒研生、修士学生、博士学生の人数、外国人研究員・留学生の受け入れや在外研究などがある。

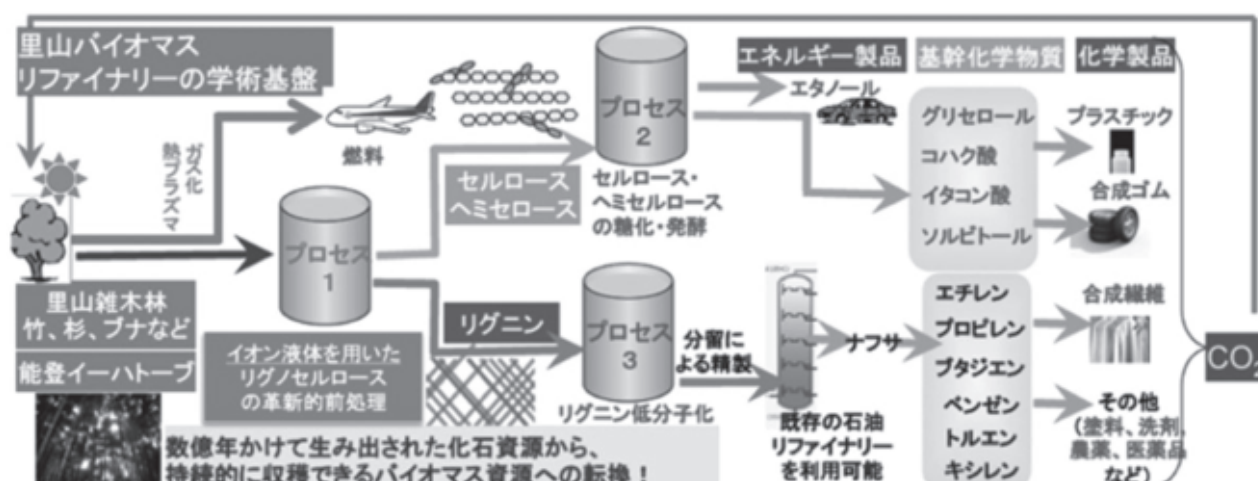
イオン液体駆動型バイオリファイナリー

第5部門 高橋憲司、仁宮一章

バイオリファイナリーとは、バイオマス資源を用いて化学変換技術やバイオテクノロジー技術により、化石燃料から作られている製品群と同様の製品群を生み出す生産体系のことを意味します。このような考えは、1999年8月の米国大統領クリントンの大統領令（大統領令13134号：バイオ製品とバイオエネルギーに関する開発と促進）が起源とされています。この発令は、2つの大きな意味を持ちます。1つは、米国政府が国家戦略としてバイオテクノロジーに基礎をおくバイオ製品とバイオエネルギーの重要性を訴えたこと。2つ目は、科学技術が国家戦略の一翼を担うものであるという点を明確にアピールした事です。

現在、私達の研究は科学技術振興機構の戦略的創造研究事業先端的低炭素化技術開発によるプロジェクトを支援を頂いています。また、平成25年度からは文部科学省概算要求（プロジェクト分）による「イオン液体駆動型里山バイオマスリファイナリー」の事業が開始されます。

以下の図に我々が進めているバイオリファイナリーの概略を示しました。

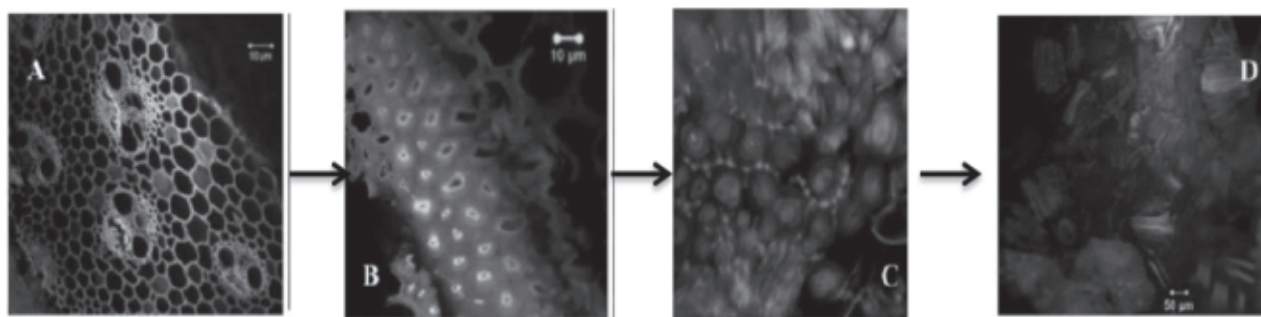


バイオマスからの製品としてすぐ思いつくのは、バイオエタノールと思います。トウモロコシなどのでんぷん系バイオマスからは、酵素反応により比較的容易にグルコースを作ることができます。このグルコースから、発酵によりバイオエタノールを製造できます。しかし、木質系のバイオマスを構成するセルロースは高分子鎖間が水素結合で結ばれた強固な結晶構造をしている上に、リグニンという高分子で覆われているため、酵素反応が容易には進行しません。例えば、でんぷんから酵素反応によりグルコースを作るために1日必要とすると、セルロース結晶からグルコースを作るには400日が必要で、稲藁を試料とした場合は80,000日必要となります。これではとても実用化は無理です。

そこで、必要となるのがバイオマスの「前処理」です。これまでもいろいろな前処理方法が提案されてきましたが、高温条件や高圧条件が必要など、実用化に際して問題がありました。私達が着目したのは、「イオン液体」という新規な物質群です。ある種のイオン液体はバイオマスを溶解する能力があります。溶解するという事は、セルロースの結晶構造が崩れ、酵素が容易に反応しやすくなる事を意味します。下の図は、イオン液体処理により植物細胞壁が次第に崩壊して行く様子の蛍光顕微鏡写真を示

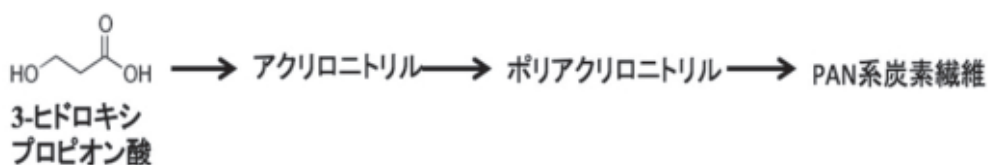
しました。蛍光を発している物質は、細胞壁に含まれるリグニンです。

全てのイオン液体がバイオマス処理に適している訳ではありません。図1に示したプロセスから分かるように、イオン液体処理後は、酵素反応および酵母による発酵プロセスが必要です。イオン液体として良く知られているのはイミダゾリウム系のイオン液体です。しかしながら、このイミダゾリウム系イオン液体のほとんどは、酵素および酵母にとって悪影響を及ぼす事が分かってきました。そこで私たちは、イオン液体を構成する物質自体がバイオ由来の「バイオイオン液体」を新規に合成して用いています。このバイオイオン液体は、カチオンが生体膜などを構成しているコリン系物質で、アニオンとしては酢酸イオンから構成されます。



しかし、どのような分子構造のイオン液体が適しているかの指標はまだはっきりしません。求められるイオン液体としては、セルロース結晶構造の崩壊作用、特に水素結合の切断作用が或る一方で、酵素などのタンパク構造には悪影響を与えず、かつ酵母などの微生物に影響を与えないイオン液体の設計が望まれています。

バイオリファイナリーの最終製品としては、バイオエタノールが真っ先にあげられます。しかしながら、エタノールを作る事だけが本研究の目的ではありません。セルロースから得られるグルコースを出発物質として、様々な重要な化学物質を作りだすことができます。米国 DOE では、グルコースから製造され、最終的に繊維やプラスチックの原料となる 12 種類の基幹化学物質の候補が選定されています。私たちは、その中でも 3-ヒドロキシプロピオン酸に着目しています。



3-ヒドロキシプロピオン酸からはアクリロニトリルを合成可能で、これをモノマーとしてポリアクリロニトリルを重合することができます。そして、ポリアクリロニトリルからは PAN 系炭素繊維を製造することができます。

日本でバイオリファイナリーを実現するためには、様々な問題が存在します。金沢大学がバイオリファイナリーの拠点となれるよう、地道に努力するのみです。

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

(株) イデアルスター代表取締役副社長 表 研次様 (第1部門独自アドバイザー)

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

(株) IHI 基盤技術研究所副所長 藤森 俊郎様 (第2部門独自アドバイザー)

第3部門アドバイザー

独立行政法人国立環境研究所理事長 大垣 眞一郎 様

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】

福森理工研究域長 (委員長)、加納自然科学研究科長、櫻井物質化学系長、浅川物質化学系コース長、上田機械工学系長、山根電気情報学系長、飯山電気情報学系コース長、前川環境デザイン学系長、高橋RSETセンター長、上杉RSET副センター長、三木RSET副センター長、木綿RSET第2部門長、関RSET第5部門長、以上13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) 三木 (部門長)、瀧本、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

金沢のこの冬は、積雪量は例年よりも少なかったが、寒さと風の強い日が多かったように思う。特に、第2回アドバイザリーボード会合（平成25年1月26日午後開催）を控えた前日と当日午前は風が強く、遠方からのアドバイザーの方に来て頂けるかどうか、大変心配した。幸いにも8名のアドバイザー全員に出席して戴くことができ、大変充実した会合となった。このRSET年報をまとめていて、年1回開催のアドバイザリーボード会合の重要な役割に、改めて気付かされた。RSET構成員は、RSETのミッションに応えるべく、日々、研究活動の方向性に対して試行錯誤している。アドバイザリーボード会合では、その方向性を研究活動に反映した一年の成果報告に対してコメントを戴くことになる。この機会を捉えて更に良い方向に進めて行くための道標とするべく、この報告書に記録を留めることは非常に重要な意味がある。しかし、私が思っているような機能を備えた報告書になっているだろうか。RSET関係者は元より、皆さんに利用して頂ける報告書になっているだろうか。気になるところである。（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、河野 孝昭、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
**RS
ET** Sustainable
Energy and
Technology