

研究概要

サステナブルエネルギー研究センター



## 有機薄膜太陽電池部門

＜専任教員＞當摩哲也TT准教授  
＜兼任教員＞高橋光信教授，前田勝浩准教授，  
桑原貴之准教授  
＜協力教員＞加納重義教授，山口孝浩准教授，  
生越友樹准教授，井改知幸准教授

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。テーマは以下の通りである。

### 1. 素子開発の要素技術開発項目

高効率で高耐久性を有する有機薄膜太陽電池を製造するために、以下の3つの要素技術の開発を行う。(1) 有機発電層／キャリア捕集層界面の制御，(2) 有機発電層として用いる電子ドナー材料／アクセプター材料のブレンド膜のモルフォロジー制御，(3) 高分子合成グループが創製した新規発電層材料の基礎物性の評価。その上で、ドナー／アクセプターブレンド膜のモルフォロジーと基礎物性の相関の把握，素子に組み込んだときの積層界面のキャラクタリゼーションなどを行い、高効率で高耐久性の実用的な有機薄膜太陽電池開発のための新規材料の設計指針にフィードバックさせる。

- (1-1) 合成グループが創製した“低温処理で機能する塗布型の下層材料”の正孔移動度測定による優れた発電材料の探索
- (1-2) 上記(1-1)の探索で見出したドナー材料とアクセプター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
- (1-3) 上記(1-2)の探索で見出した最適製膜したブレンド膜を用いた逆型有機薄膜太陽電池のキャラクタリゼーション

### 2. 低分子系素子開発の要素技術開発項目

p型半導体とn型半導体を共蒸着することで作製されるバルクヘテロ構造が高性能化をもたらす構造とし

て開発されたが、膜構造制御や新規材料の導入などが不可能であった。本研究では、バルクヘテロ構造を用いずに、これと同等以上の効率を得られる“分子配向制御を用いた新しい構造の創出”に挑戦する。分子配向の同定手法として、(1) 有機分子の蒸着中に電子線回折(RHEED)と赤外分光(IR-RAS)を用いて結晶成長・凝集の様子を直接in situ観察することで、有機材料ごとの分子配向・結晶・凝集性を把握する手法の確立をおこなう。バルクヘテロ構造を用いない新しいデバイス構造の創出として(2)「無機半導体ナノロッドシートをテンプレートとする単純多重積層型太陽電池」の研究に取り組む。さらに、無機半導体をバッファ層として用いずに有機半導体層をテンプレートとする。さらに、(3) 有機・無機ハイブリッドであるペロブスカイト層製膜技術の構築として、蒸着によるペロブスカイト太陽電池の作製を行う。

- (2-1) 分子配向・結晶性のin situ観察手法の確立
- (2-2) 無機／有機半導体ナノロッドシートをテンプレートとする単純多重積層型太陽電池の開発
- (2-3) 真空蒸着によるペロブスカイト太陽電池の作製技術の開発

### 3. 高分子材料合成の要素技術開発項目

高分子系有機薄膜太陽電池では、共役高分子の主鎖構造や側鎖に導入する置換基を変えることで、光・電子物性や溶解性、化学的安定性を大きくチューニングすることができる。これまでの研究成果により、光起電力を自在に操ることを可能とする“HOMOレベルチューニング技術”と“広帯域光吸収特性を有するナローバンド共役高分子の合成技術”を確立しつつある。本研究では、これまでの研究成果をもとに、単量体にモジュール化した分子設計を採用し、HOMOレベルと溶解性をチューニングした広帯域光吸収を有する新規共役高分子を合成し、化学的・物理的物性の評価を行う。

- (3-1) 上記素子開発項目(1-2)及び(1-3)探索を担い、低温処理で機能する塗布用有機発電材料の合成技術を開発する。
- (3-2) 上記(3-1)で開発した有機発電材料の化学的、物理的物性の評価

## 自然エネルギー活用部門

＜兼任教員＞木綿隆弘教授，榎本啓士准教授，  
上野敏幸准教授  
＜専任教員＞河野孝昭TT助教  
＜協力教員＞木村繁男教授，山本 茂教授，  
金子 修准教授

本部門では、「①風力・水力・地熱エネルギー利用装置の開発」，「②発電出力変動補完のためのバイオ燃料利用装置の開発と分散発電システムの構築」を行う。自然エネルギーによる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合わせた小規模分散発電システムを開発することにより、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。主な研究テーマは以下の通りである。

### 1. 風力・水力・地熱エネルギー利用装置の開発

- (1) 直線翼垂直軸風車を対象に、可変ピッチ機構等を用いた高効率化や騒音源の特性の解明，クロスフロー風車を対象に、道路用防風フェンス上部の増風速や集風装置を活用した高効率化に取り組んでいる。
- (2) 建築物屋上における風条件や風車の最適配置，風車性能について研究している。
- (3) 河川や用水などの水流中でフラッターなどの自励

振動を生じる構造物(角柱や翼列など)と、磁歪材料の鉄ガリウム合金における逆磁歪効果を利用した小形フラッター振動発電装置の設計・開発を行っている。

- (4) 流雪溝を利用した流し掛け型などの小形水力発電装置の設計・開発を行っている。
- (5) 地下水などの地中熱を利用した暖冷房装置の設計・開発や、マグマ発電の実用化のための基礎研究も実施している。

### 2. バイオマスおよびストレージを燃料とする変動補完用内燃機関発電システムの構築

- (1) 木質バイオマスの高温ガス化装置の開発。木質バイオマスから10kW相当の可燃性ガスを連続生成する高温ガス化炉を制作，連続運転条件を策定している。
- (2) 市販の汎用火花点火内燃機関によるストレージガス・バイオマスガス発電。有力なストレージ物質である水素と一酸化炭素あるいはバイオマスガスを用いて小型火花点火機関を駆動，各種条件での出力や排ガスを計測している。
- (3) 紫外線レーザーによる液体燃料の二次微粒化機構。一般的な噴霧を構成する直径30um程度の液滴を，紫外線レーザーを使ってさらに微粒化する機構を開発している。
- (4) 分散型電源の効率の運用を目指したマルチクライアントシステムの検証を行っている。

## 炭素循環技術部門

＜専任教員＞三木 理教授  
＜兼任教員＞児玉昭雄教授, 長谷川 浩教授,  
辻口拓也助教,  
龍本 昭教授 (平成26年3月31日退職)  
＜協力教員＞鳥居和之教授, 多田幸生准教授,  
汲田幹夫准教授, 大坂侑吾助教

概要：火力発電所や製鉄所などのCO<sub>2</sub>集中排出源から発生するCO<sub>2</sub>排熱、副産物を有効活用した低環境負荷型の炭素循環システムの構築を目指す。専門分野の異なる教員（機械、化学、土木分野）が連携のもとに個別研究課題を決め研究を推進し、最終的にはそれらを統合した炭素循環システムを構築する。研究テーマは以下の通りである。

### 1. 排熱の有効利用システムとCO<sub>2</sub>分離回収・有効利用プロセスの高効率化に関する研究

#### (1) 高効率吸着式CO<sub>2</sub>分離回収プロセスおよびCO<sub>2</sub>有効利用プロセス

低炭素社会に向けて排ガスからのCO<sub>2</sub>回収・貯留の重要度が増加している。従来の圧力スイング吸着方式などの物理吸着法は、真空再生のためのエネルギー消費が大きい、水蒸気によりCO<sub>2</sub>吸着が阻害される等の理由から実用化が困難である。本研究では、水蒸気存在下でもCO<sub>2</sub>濃縮と回収が可能で、かつ、低圧損で排熱も有効活用できる熱再生型ハニカムロータ吸着装置を検討し、高効率吸着式CO<sub>2</sub>分離回収プロセスの確立を目指す。また、回収したCO<sub>2</sub>を効率よく使用するため、CO<sub>2</sub>と再生可能エネルギー由来の電力から高効率に蟻酸を生成し、直接ギ酸燃料電池にて発電を行うCO<sub>2</sub>利用技術の開発にも取り組んでいる。

#### (2) 排熱の有効利用システム

化石燃料を使用しつつ、低炭素社会を達成するための要素技術としてデシカント除湿空調プロセス、吸着式潜熱蓄熱、熱再生型の空気分離プロセスを研究開発対象とする。従来廃棄されるだけであった低温排熱の有効活用は、社会の省エネルギーに直結する。本研究では、40℃-60℃程度の低温排熱で駆動可能な次世代空調システムの開発を目指し、装置構成および吸着

## エネルギー・環境材料部門

＜兼任教員＞上杉喜彦教授, 田中康規教授  
＜専任教員＞石島達夫TT准教授  
＜協力教員＞森本章治教授, 川江 健准教授,  
猪熊孝夫教授, 徳田規夫准教授,  
大谷吉生教授, 瀬戸章文教授

＜研究目的＞本部門では、大電力大気圧プラズマ、大電流アークプラズマおよび高強度レーザーアブレーションプラズマ生成技術を基盤技術として、高エネルギー密度プラズマと材料界面に形成される「重相構造プラズマ」の制御手法の開発を行う。ここで「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・空間的に近接して存在する状態を概念として捉えたものである。極めて高い反応場である重相構造プ

ラズマを、エネルギー・材料技術開発課題「交直流大電流アーク遮断」、「大電流アークプラズマ切断・溶射」、「次世代低消費電力型パワーデバイス半導体の高効率製造プロセスの開発」、「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」、「機能性環境材料表面改質・ナノ粒子高速生成」分野における基礎現象解明とその応用を目標とする。

### 2. 副産物の有効活用と海洋バイオマスの育成効率化に関する研究

近年、藻類バイオマスの燃料化が次世代の再生可能エネルギーとして注目されるようになった。本研究では、CO<sub>2</sub>排熱、副産物を有効活用するとともに、新たな工業的視点を加え、海洋バイオマスを効率的に育成するプロセス、海洋バイオマスの育成を促進する微量元素のキャラクタリゼーションおよび制御技術、副産物の有効活用技術の検討を行う。

#### (1) 大型藻類の高効率育成プロセス

ホンダワラ類などの大型海藻は、CO<sub>2</sub>の固定化能力が高いことが知られている。本研究では、従来検討されてきた培養法をベースに、新たな工業的視点(LED、マイクロCO<sub>2</sub>バブル、副産物の活用など)を加えた大型藻類の高効率育成プロセスの開発を目指す。

#### (2) 微細藻類の高効率育成プロセス

微細藻類が将来の燃料源として近年急速に着目されてきている。本研究では、燃料化が期待できる微細藻類を対象として、従来開発が進められてきた培養プロセスをベースに、新たな工業的視点を加えた微細藻類の高効率育成プロセスの開発を目指す。

#### (3) 微量栄養元素のキャラクタリゼーションおよび制御技術

海洋バイオマスの培養液中における微量元素の化学形態や濃度を制御し、海洋バイオマスの増殖に適した条件を探索する。例えば、微量栄養元素として鉄化学種を制御し、海洋バイオマスに対する生物学的有効性が高い条件を求める。

#### (4) 副産物の有効活用技術

火力発電所から発生する石灰灰や製鉄所から発生するスラグを有効活用して資材化を推進することは、バージン原料の生産時に発生するCO<sub>2</sub>を大幅に削減できる利点がある。本研究では、これらの副産物を有効活用し、資材化の開発を検討するとともに、主として藻場造成材などとして海域に適用する際に必要とされる諸技術（有用性・安全性・耐久性など）を検討する。

ラズマを、エネルギー・材料技術開発課題「交直流大電流アーク遮断」、「大電流アークプラズマ切断・溶射」、「次世代低消費電力型パワーデバイス半導体の高効率製造プロセスの開発」、「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」、「機能性環境材料表面改質・ナノ粒子高速生成」分野における基礎現象解明とその応用を目標とする。

＜研究の特色＞「重相構造プラズマ」は、新しい研究課題である。この中の現象解明を基礎実験・理論数値解析の両面から進める。特に、高エネルギー密度プラズマを用いた大電流遮断器、プラズマ切断機の切断面やナノ粒子の核生成・凝縮・凝集成長などの産業分野の関連機器の開発においては、固体構造物界面に形成される「重相構造プラズマ」は、ブラックボックスとして取り扱われているのが現状である。重相構造プラズマの制御と解明に向け、核融合科学研究所、日本

原子力研究開発機構等の国内研究機関，関連企業および国際共同のもとに研究を推進する。

#### <個別研究の実施>

- ・ 誘導プラズマ／アークプラズマ発生装置等を用いた高エネルギー密度プラズマ-固体材料相互作用の解明
- ・ 高強度レーザーアブレーションによる重相プラズマ生成とその特性解明
- ・ 高熱流体を用いたナノ粒子の大量生成技術の開発とプラズマ-ナノ粒子重相相互作用の解明
- ・ 重相構造プラズマ-固体材料相互作用を用いた新規機能性発現材料創成手法の開発
- ・ プラズマ-液体相互作用を用いた環境調和型プロセスの研究開発

## バイオマス利用部門

<専任教員>本多 了助教

<兼任教員>関 平和教授，池本良子教授，古内正美教授，高橋憲司准教授

<協力教員>小林史尚准教授，畑 光彦准教授，仁宮一章准教授

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

### 1. 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

- 1) 下水処理水を用いた微細藻類バイオマス生産プロセスの開発
- 2) 正浸透膜による省エネルギー型の栄養塩濃縮プロセスの開発
- 3) 下水由来の抗生物質耐性菌の水環境中への伝搬とその挙動

### 2. メタン発酵と炭化を組合せた下水処理場集約型バイオマス利用技術の開発

- 1) 下水汚泥と草本バイオマスの混合メタン発酵

#### <連携研究の実施>

- ・ 大電流アーク放電，高強度レーザー照射，電磁場印加，周辺ガス冷却等の手法による重相構造プラズマの安定生成と制御手法の開発
- ・ 新規機能性発現材料創成や機能性ナノ粒子高速生成のためのプラズマ生成・制御手法の開発，
- ・ 究極の半導体パワーエレクトロニクスによる省エネルギー社会構築を目指したプラズマCVDによるダイヤモンド半導体ウェハの開発
- ・ 「重相構造プラズマの高度産業応用」研究拠点形成のため組織化再検討

- 2) OD脱水汚泥と廃棄物の高濃度混合消化
- 3) 汚泥の分解性向上のためのマイクロ波前処理法の開発

- 4) 硫酸塩還元により消化汚泥の前処理法の開発
- 5) 生ごみと草本バイオマスの高濃度混合消化法の開発

### 3. 未利用バイオマスの発酵熱の効率的な現位置直接利用技術の開発

- 1) 竹チップ発酵熱の有効利用に関する研究
- 2) 堆肥化過程のモデル化に関する研究
- 3) 鶏糞発酵熱の発熱特性と利用可能性に関する研究

### 4. 未利用バイオマス分散型燃焼時のリスク評価と環境負荷低減技術の開発

- 1) 未利用バイオマス直接燃焼のリスク評価：バイオマス燃焼時に排出される粒子状，ガス状物質の分析
- 2) 分散型燃焼のリスク評価：山間集落・農村地域等で直接燃焼排熱を熱源利用する場合の分散型燃焼のリスク評価
- 3) 低コスト排出源対策技術：低価格フィルタの粒子捕集・粉じん負荷特性の検討

### 5. 未利用バイオマスからのバイオエタノール生産技術の開発

- 1) イオン液体を利用したバイオマスリファイナリー
- 2) プラズマ反応工学
- 3) 新規シリコンイオン液体の合成と過渡回折格子法を用いた分子拡散の測定
- 4) バイオ技術による廃棄物の再資源化
- 5) 里山未利用バイオマスである竹，海藻からのエタノール等有用物質変換技術を検討する。

