

「未来本格型」領域

研究開発課題名：「革新的有機半導体の開発と有機太陽電池効率20%への挑戦」

研究開発代表者：尾坂 格（広島大学 大学院先進理工系科学研究科 教授）



＜課題概要＞

有機半導体を発電層に用いた有機薄膜太陽電池（OPV）は、塗布プロセスにより作製できるフィルム状の次世代型太陽電池です。薄い、軽い、柔らかいといったシリコン型太陽電池にはない特長を持つことから、壁（垂直面）や曲面、耐荷重の低い建物の屋根など従来は太陽電池を設置できなかった場所にも取り付けることが可能です。さらに、同様の特長を持つペロブスカイト型太陽電池とは異なり、OPVは光透過性（透明性）があり色を容易に変えられるため、窓に使用したり、デザイン性を高めたりすることができます。また、有機半導体は鉛などの有害な重金属を含まないため、環境に優しく、農業用途への展開も期待されます。

OPVの社会実装に向けたボトルネックの一つは発電効率が低いことであり、これは電流と電圧のトレードオフが大きいことに起因します。OPVは、二つの異なる有機半導体間での電荷分離により発電します。このとき、分子軌道準位のエネルギー差が電荷分離、すなわち電流を得るための駆動力となります。しかし、このエネルギー差が電圧損失となってしまう、これが電流－電圧トレードオフにつながります。

研究開発代表者らは、探索研究において、広い π 共役系構造を持つ新しいp型高分子系有機半導体を開発しました。この材料の中では、電荷が良く非局在化し、小さなエネルギー差でも極めて効率的に電荷分離することを見いだしました。その結果、従来の電流－電圧トレードオフの限界を突破し、世界水準となる約19%の発電効率を得ることに成功しました。

本課題では、この探索研究の成果を基に、革新的材料開発技術や発電および損失メカニズムの解明による高効率化・高耐久化技術、およびモジュール化技術などOPVの社会実装につながる基盤技術の確立を目指します。具体的には、p型のみならずn型有機半導体を開発して電流－電圧トレードオフの解消を推し進め、安定して20%以上の発電効率を得ることを目標とします。さらに、開発した材料を用いたフレキシブルなOPVミニモジュールを作製し、世界最高の発電効率である15%の達成に挑みます。

将来的には、本研究の成果を基に企業と連携し、社会実装を進めていきます。OPVの特長を活かし、これまで太陽電池の設置が難しかった場所でも利用できるようにすることで、太陽光発電の導入拡大とカーボンニュートラル社会の実現に貢献します。

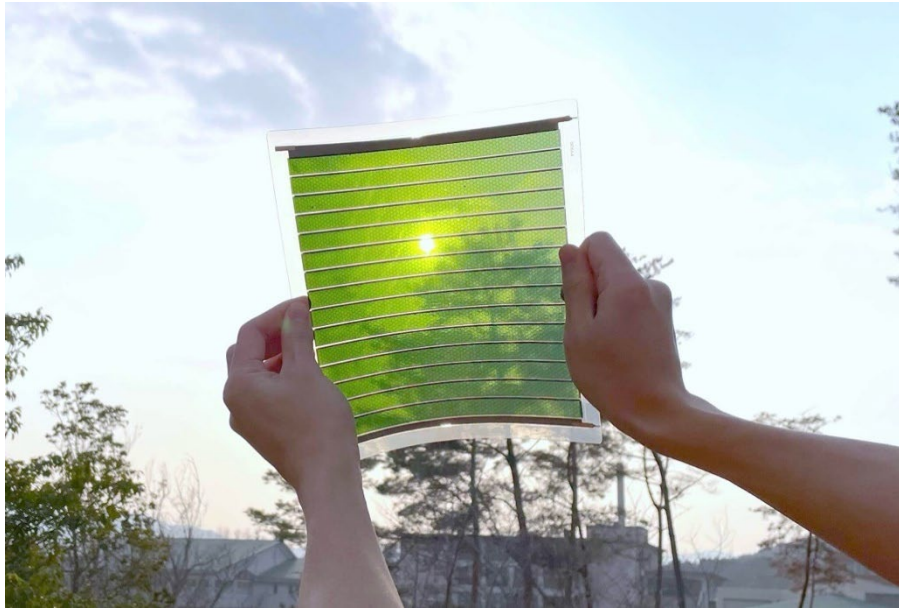


図 探索研究で開発した有機半導体を用いたフレキシブルOPVモジュール

研究開発課題名：「熱化学再生型バイオマスガス化によるグリーンガス製造
技術の概念実証」

研究開発代表者：林 潤一郎（九州大学 先導物質化学研究所 教授）



＜課題概要＞

バイオマスは、持続的利用可能量（推定値のメジアン＝190億トン-dry（水分を含まず））、および2050年の予測需要（44億トン-dry）がいずれも莫大であるにもかかわらず、そのガス化は水素、合成ガス（水素・一酸化炭素）、あるいはカーボンニュートラルなCO₂の生産を担う主役と認識されるには至っていません。それは主に、①既往のプロセスのほとんどが熱電併給を目的としており、冷ガス効率（化学エネルギー回収率）が55～80%に留まること、②合成ガスの用途に見合う残留タール濃度（<10mg/Nm³-dry）を実現できていないこと、③空気に代わって水蒸気・酸素やCO₂・酸素をガス化剤とするプロセスの開発が進んでいないこと、④灰トラブルの解決が十分でないことなどの問題が解決されていないことが原因です。

研究開発代表者らは、上記の問題を解決する手段として、従来一つの反応器において行われきた熱分解とガス化を切り分け、後方で生成した合成ガスの熱エネルギーを前者の反応によって化学エネルギーに再生する「熱化学再生型バイオマスガス化」(SYNPREX™、図1)を提案し、このプロセスのポテンシャルを明らかにすることを目標として、探索研究を実施しました。SYNPREXを模擬した連続ガス化試験の結果、冷ガス効率96%、バイオマス炭素の一酸化炭素としての最大回収率96%、合成ガス中の残留タール濃度1mg/Nm³、炭化水素濃度<3%などの性能を達成するとともに、カリウムの触媒作用解明、炭化物（チャコール）およびカリウムの連続抜き出し・リサイクルにも成功しました。

本課題では、模擬プロセスの規模を探索研究の10倍にアップした断熱反応器システム（ベンチプロセス）を構築し、このシステムを用いて熱化学再生能力（図1に示した合成ガスの顕熱のみによる原料の熱分解の駆動）、カリウム触媒のリサイクル、灰トラブル回避を実証するとともに、探索研究で得た諸性能を再現します。ただし、SYNPREXを商用プロセスとして実装する際に想定されるユニット規模はベンチ装置の約3,600倍です。従来はベンチプロセスと商用プロセスの間にパイロットおよびデモンストレーションプロセスの開発が入りますが、本課題では最先端の粒子・流体・反応シミュレーション技術を駆使してプロセスシミュレーターを開発し、ベンチプロセスから商用プロセスの一段階スケールアップを可能とするかつてない技術を開発します。

また、上記の実験・シミュレーション研究と並行して、国内企業や公的機関の協力を得て水素、合成ガス、酸素、あるいはこれらを原料とするメタノールやアンモニアを製品とするバイオマス製品のサプライチェーンおよびビジネスモデルも検討します。この検討を通じて、安価な水素の供給をはじめとする SYNPREX の価値と役割を実現し、カーボンニュートラル社会に貢献したいと考えています。

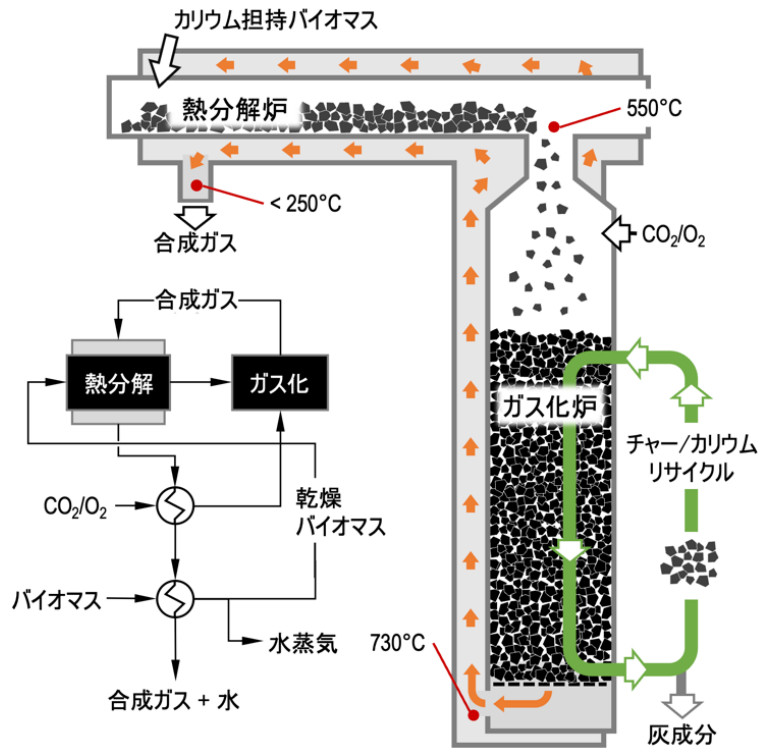


図1 SYNPREX™ プロセスの概念図

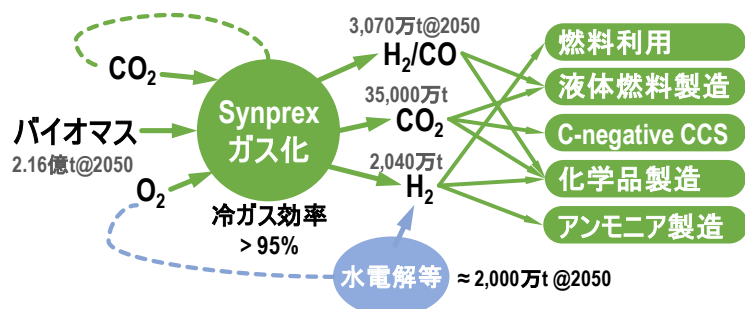


図2 実現したい未来社会におけるバイオマスガス化の貢献イメージ

※「SYNPREX」は「Syngas production by pyrolysis/reforming complex」の略称であり、株式会社 GPE の登録商標です。