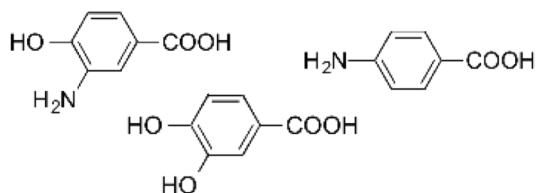


研究開発項目

生物機能を活用した革新的バイオ素材・高機能品等の生産システムの開発・実用化

生物機能

微生物による芳香族化合物の生産



化学・工学プロセス

化学修飾、重合・共重合、
高分子修飾、成型、
複合材料化

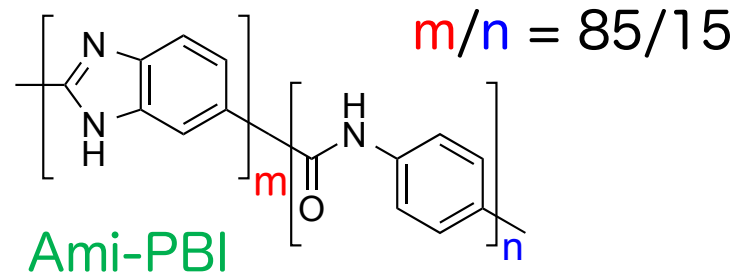
微生物学
&
高分子化学
&
電気化学 } イノベーション

革新的バイオ高機能品

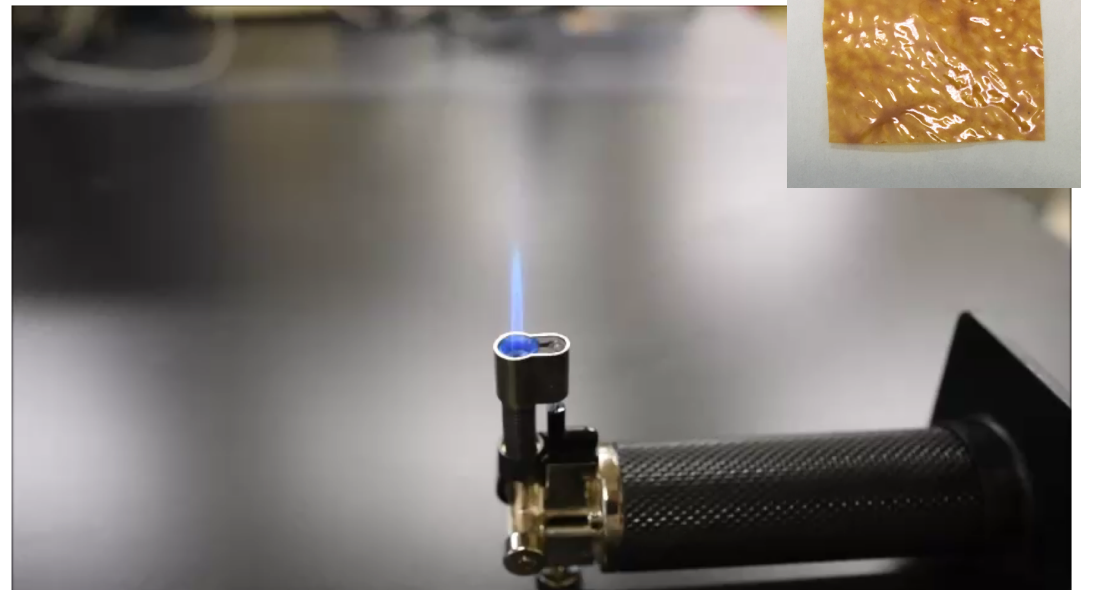
- ① 超耐熱性高機能バイオポリベンズイミダゾール (PBI)
- ② 高機能性バイオ多価フェノール材料 (PPM)

Ami-PBI-85は世界最高の耐熱性

Adv. Sus. Sys. 2020. 10. 13



燃焼試験 (1300°Cバーナー)



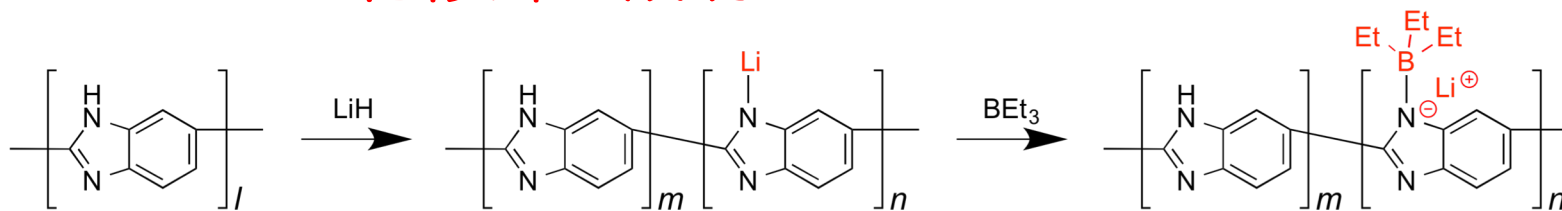
10%重量減少温度: 745°C
ホモポリマーPBIでは700°C
過去最高はザイロンの715°C

灰分量: 800°Cで89%
ザイロン: 61%
PAI: 47%
PEEK: 70%

炎が出ない。溶け落ちない。
炭化するが重量減少が小さい。 → 電線皮膜として
モーターに利用

PBIのイオン化修飾に成功

J. Mat. Chem. A. 2019



極めて高いイオン伝導度
極めて高いリチウムイオン輸率

超耐熱性・高イオン導電性固体電解質
として二次電池に利用

植物から耐熱プラ 過去最高の740度超に耐える 東大など

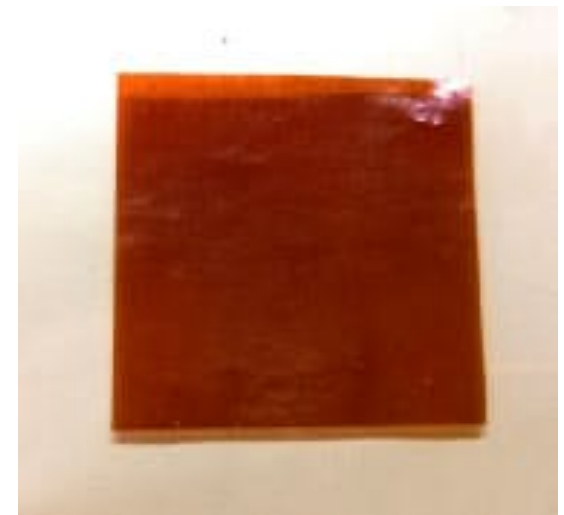
[科学&新技術](#)

2020/10/14 13:00

 保存  共有  印刷     その他▼

東京大学や北陸先端科学技術大学院大学などの研究チームは、植物原料を用いて最高の耐熱性能を持つプラスチックを合成することに成功した。これまでで最も高いセ氏740度を超える熱に耐えられる。燃えにくさが求められる航空・宇宙機器の部品などへの応用をにらむ。こうした高機能のプラスチックの生産は石油資源に依存しており、今回の成果は有望な代替手段となる。

環境問題や将来的に石油資源が枯渇した場合に備え、プラスチックを植物原料から作ることが求められている。実用化されている植物由来プラスチックは耐熱性や強度が弱い「脂肪族ポリマー」が中心で、ビニール袋などに用途が限られる。より性能が高く用途の広い「芳香族ポリマー」は、合成に必要な物質を生物から作り出すのが難しかった。

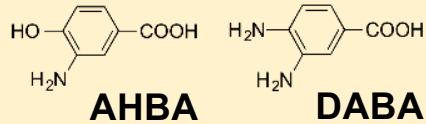


バイオ芳香族高機能性マテリアルの製造戦略

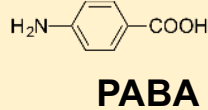
バイオマス（糖・廃糖蜜など）

超耐熱性高機能バイオPBIの開発

東大 協力:味の素(株)

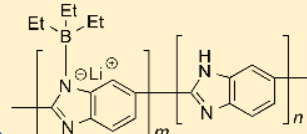


生産微生物の創製
モノマーの生産・精製



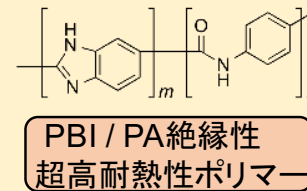
芳香族アミン

重合
修飾



Liイオン導電性
超高耐熱性ポリマー

共重合



PBI / PA絶縁性
超高耐熱性ポリマー

北陸先端大

二次電池素材
実用レベルの導電性
協力:テックワン(株)

電線被覆
超高耐熱性・高強度
協力:東洋紡(株)

筑波大 東大

微生物生産

新規モノマー

代謝設計

C (2) ii 農林水産業系未利用資源を活用した次世代化学産業基幹技術の開発

新規モノマー
(複素芳香環等)
連携

新規ポリマー

機能設計

北陸先端大

合成・物性測定

C (1) i 革新的バイオ素材・高機能品等の機能設計技術及び生産技術開発

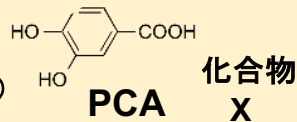
出口

機能設計のデジタル化促進

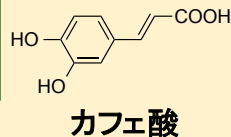
高機能性バイオPPMの開発

筑波大

協力:日立化成(株)



生産微生物の創製
化合物の生産・精製



多価フェニール

複合材料化

高機能性構造材料

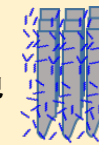
筑波大 協力:日立化成(株)

導電性複合材料

抗酸化機能性材料

北陸先端大

二次電池素材



出口

革新的バイオ素材・高機能品の実用化
(高付加価値・環境性能・脱石油)

持続的な「食」関連資源・環境から、バイオ市場へ

- ・これからの社会実装が期待される高機能バイオ素材
- ・本課題は、多くの市場領域に求められる最適なモデルケース・開発フロンティア
- ・農水省・経産省・アカデミア(バイオ・化学・電気)の連携

【参考】社会像と市場領域

< 社 会 像 >	
すべての産業が連動した循環型社会	多様化するニーズを満たす持続的一次生産が行われている社会 持続的な製造法で素材や資材をバイオ化している社会 医療とヘルスケアが連携した未永く社会参加できる社会
< 市 場 領 域 >	
① 高機能バイオ素材 (軽量性、耐久性、安全性) とりまとめ省庁：経済産業省	・軽量強靱なバイオ素材市場の拡大が予測 ・素材技術・利用領域(車等)に強み
② バイオプラスチック (汎用プラスチック代替) とりまとめ省庁：経済産業省	・海洋プラスチックごみによる環境汚染等が世界的課題 ・プラスチックの適正処理・3Rのノウハウ等に強み
③ 持続的一次生産システム とりまとめ省庁：農林水産省	・急成長するアジア・アフリカの農業生産性の向上が課題、食ニーズ拡大 ・世界レベルのスマート農業技術等に強み
④ 有機廃棄物・有機排水処理 とりまとめ省庁：経済産業省	・アジア等の成長により廃棄物処理・環境浄化関連市場の拡大が予測 ・世界最高レベルの廃棄物・排水処理に強み
⑤ 生活習慣改善ヘルスケア、機能性食品、デジタルヘルス とりまとめ省庁：経済産業省	・生活習慣病増加。健康関連市場が拡大。デジタルヘルスに各国が着目 ・健康長寿国である健康データに強み
⑥ バイオ医薬・再生医療・細胞治療・遺伝子治療関連産業 とりまとめ省庁：健康・医療戦略室	・バイオ医薬品等の本格産業化と巨大市場創出が期待 ・伝統的基礎研究基盤、細胞培養技術に強み
⑦ バイオ生産システム<工業・食料生産関連(生物機能を利用した生産)> とりまとめ省庁：経済産業省	・生物機能を利用した生産技術が米国を中心に急成長中 ・微生物資源・生物資源、発酵技術に強み
⑧ バイオ関連分析・測定・実験システム とりまとめ省庁：経済産業省	・バイオ産業の基盤として、大幅拡大が期待 ・先端計測技術、ロボティクス等要素技術に強み
⑨ 木材活用大型建築、スマート林業 とりまとめ省庁：林野庁	・木造化は温室効果ガス削減効果が高く、欧州、北米中心に着目 ・スマート林業に将来性、木造建築技術、美しい設計、施工管理に強み

持続可能社会の高機能バイオ素材

バイオ戦略2020(令和2年6月)改変

高機能性材料の市場インパクト

理想的な

低エネルギー社会

低炭素社会

バイオフィースト社会

・低燃費モーター

全消費電力の55%を消費
EV用モーター：1億台



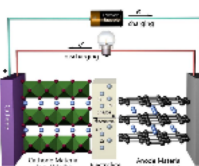
コイルエナメルを耐熱化したい
高電圧化・小型軽量化して燃費改善

小型モーター市場
3.4兆円/年 (2018)

自動車、運輸系企業
素材メーカー

・次世代リチウムイオン電池

EV車普及のボトルネック
電気エネルギーの普及



高電圧化、高キャパシティ化
充放電特性が課題
電解質、バインダ等の
素材の革新が必要

リチウムイオン電池市場
6.4兆円/年 (2017)

電気、エネルギー企業
素材メーカー

・微細加工・半導体素材

バイオ素材の未踏分野
バイオフィーストの挑戦課題



導電性複合材料、
接着性材料にバイオ
素材の導入可能性あり

電子部品・半導体市場
25兆円/年・52兆円
(2018)

バリューチェーンの拡大

ターゲット

高機能バイオ素材

課題目標 (2027) (10年目)

パイロット事業化
コスト削減 (化学企業)

ターゲット

バイオ生産システム

課題目標 (2027) (10年目)

パイロット事業化
生産性の改良
(発酵・化学企業)

3Bコンソ
持続的な
「食」関連
資源・環境
バイオフィースト
高機能材料

高機能バイオ芳香族と開発戦略の有効性を証明

本コンソーシアム内での目標
(2022)(5年目)

バイオフィースト材料で電気部材を！
このために、最先端のバイオ・化学・電気の融合技術が導出

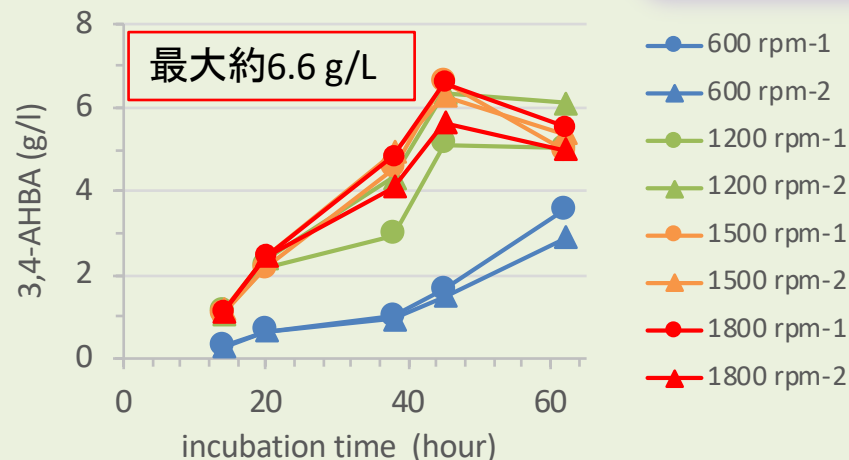
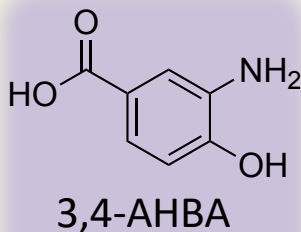
中課題1

バイオPBI生産系と電気材料開発～電池部材、モーターコイル

モノマーのバイオ合成・材料開発

PBIの生産技術

PBI中間原料3,4-AHBAの発酵生産条件を検討し、6.6 g/Lの生産を達成。



新経路での生産に必要な酵素の発掘・創製にも取り組む

中長期目標 (2020)(3年目)

バイオ合成・材料開発ともに、ほぼ計画を達成

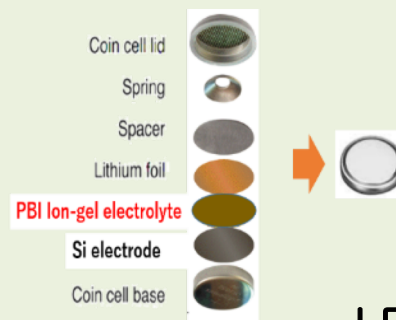
中長期目標 (2022)(5年目)

生産効率の向上、ラボレベルでのプロト材料の作製
コリネ型細菌を利用し、数10g/Lでの微生物生産を達成
性能・純度の評価 (バイオ) 部材組み立て、性能の評価 (化学)
企業への技術トランスファー

二次電池固体電解質・電極活物質

ホウ素化PBI+ImTFSI系がLiイオン電池として有望であることを発見 ($7.2 \times 10^{-3} \text{ Scm}^{-1}$)。半電池を作製し、LEDを点灯させるデモンストレーションモデルを試作。PBI焼成活物質では高速充放電能(特許出願済)が見出され、フルセルも良好に機能している。EV自動車

PBI系イオンゲル電解質を用いた半電池の構成 (アノード型ハーフセル)

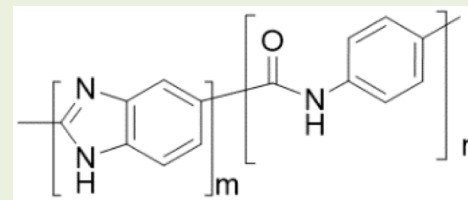


LED点灯デモンストレーション

電線被覆

PBI/PA 共重合体を成膜し、史上最高耐熱の超高性能プラスチックの開発に成功。

高効率軽量モーター



最新の成果

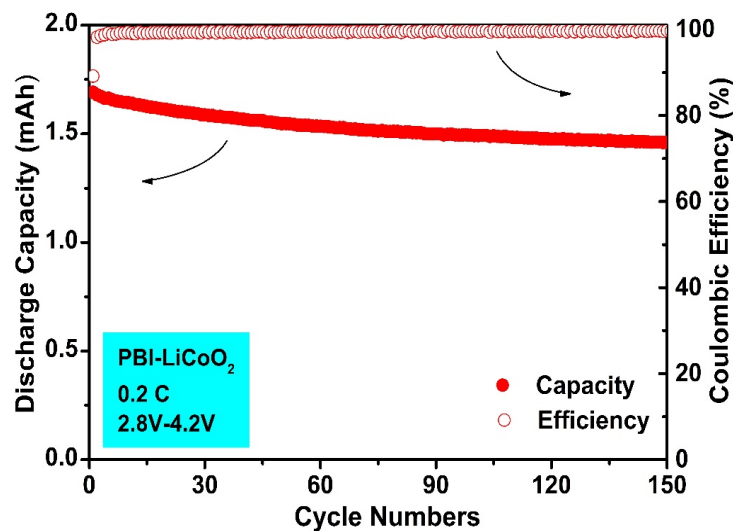
PBIの焼成により、高濃度のNをドーピングしたハードカーボン材料の作製に成功



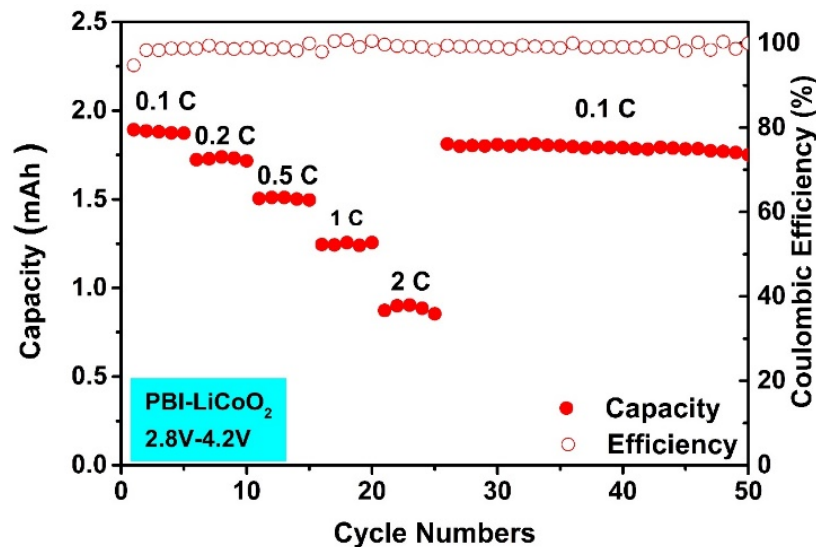
従来法 : 8-9 atom%のN
PBI焼成 : 18 atom%のNを達成 !

これが負極活物質として極めて優れた性質を有することを示した
(特許出願済)

高速充放電が可能に !



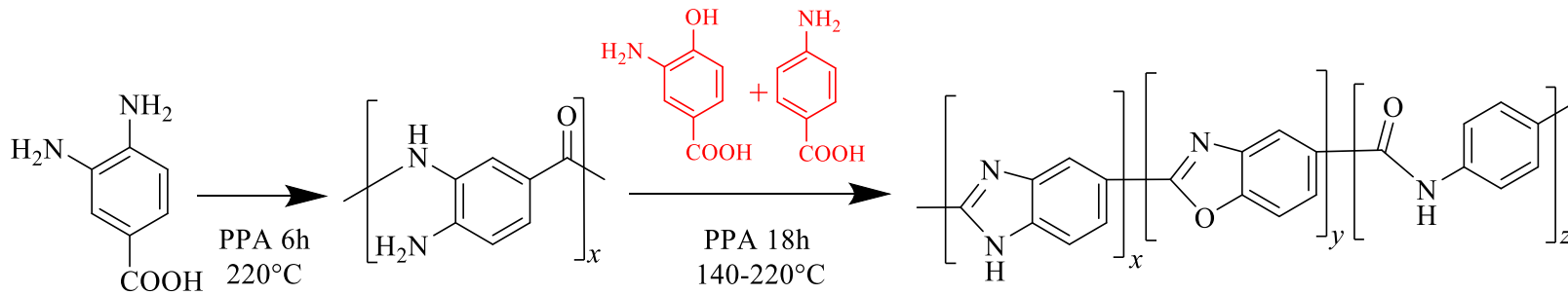
フルセルの充放電
サイクル特性



フルセルの充放電
レート特性

最新の成果

3つのモノマーの共重合により「柔らかい」超高耐熱・絶縁フィルムの作製に成功

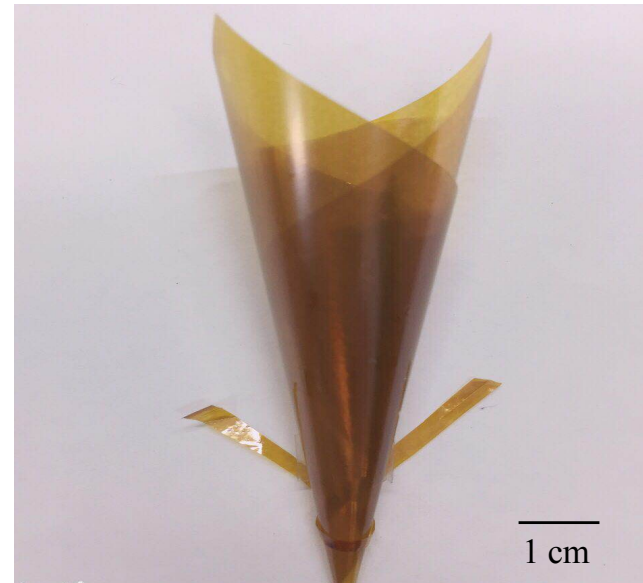


absorption peaks at 620 and 650 nm are observed with an observable color change from colorless to pink. The proposed mechanism for this process, F⁻ recognition, involves the formation of a complex between the sensor and the fluoride ion. The F⁻ recognition mechanism is assumed to involve the formation of a complex between the sensor and the fluoride ion. The F⁻ recognition mechanism is assumed to involve the formation of a complex between the sensor and the fluoride ion.

PBI-co-PBO-co-PA

the hydrazine moiety. three new diketopyrrolopyrrole (DPP) units were incorporated into the polymer backbone. The F⁻ recognition mechanism is assumed to involve intermolecular hydrogen bonding in the DPP moiety to form a complex between the sensor and the fluoride ion. The F⁻ recognition mechanism is assumed to involve intermolecular hydrogen bonding in the DPP moiety to form a complex between the sensor and the fluoride ion.

Durable film



Durable film

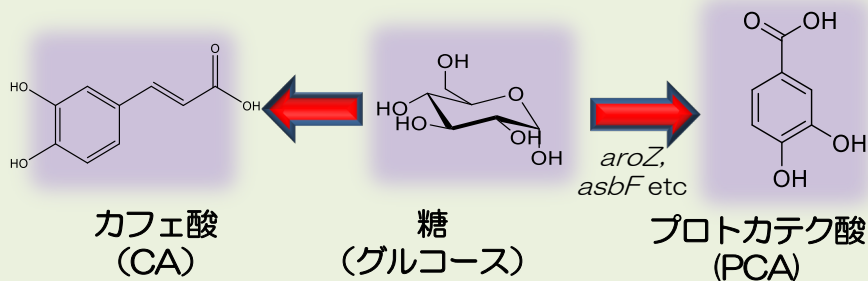
中課題2

バイオPPMの生産と電気材料開発～導電性接着剤、電池部材

モノマーのバイオ合成・材料開発

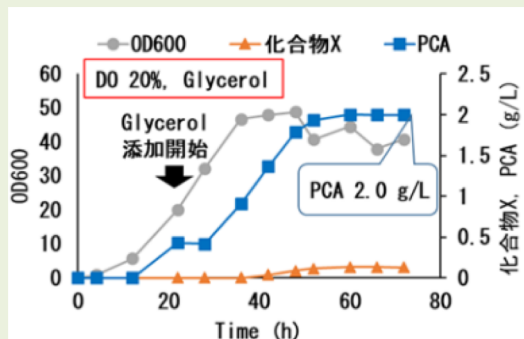
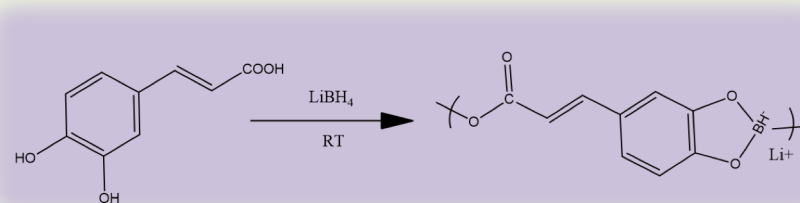
PPMの生産技術

PPMであるプロトカテク酸(PCA)とカフェ酸(CA)の生産濃度を研究開始当初の5～10倍に向上。



Liイオン電池用負極バインダー

カフェ酸由来のLiボレート構造を持つオリゴマーをグラファイト負極のバインダーを開発
従来のPVDFバインダーに負けない充放電特性が観測された。

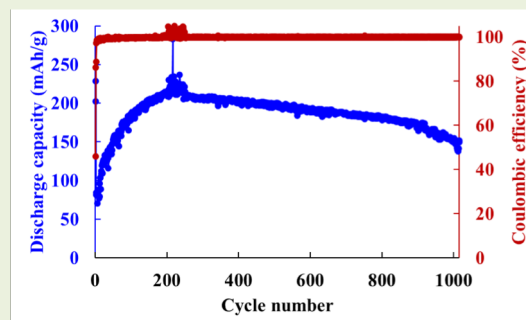


PCAとCAを生産する大腸菌を創製

培養条件および生産酵素遺伝子を検討

1000サイクルにわたり高耐久性充放電を示した。さらにSiとも相性良好である。

PVDFに置き換わる
バイオベース型
バインダー

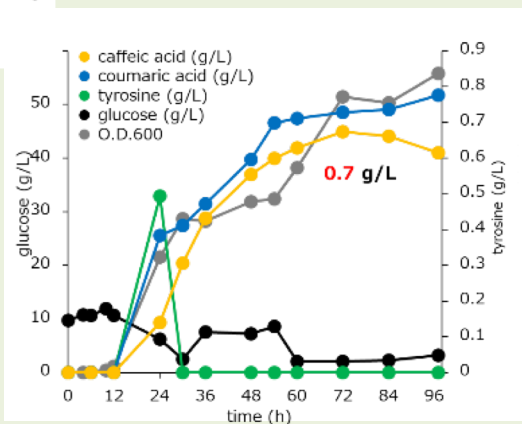


中長期目標 (2020)(3年目)

バイオ合成・材料開発ともに、計画を達成

中長期目標 (2022)(5年目)

生産効率の向上、ラボレベルでのプロト材料の作成
性能・純度の評価 (バイオ) 部材組み立て、性能の評価 (化学)
企業への技術トランスファー



このままあるいは
既存技術で
化合物Xへ変換して、
導電接着材料へ

高機能バイオ芳香族の開発フロンティアとインパクト



最先端のバイオ・化学の融合技術が導出するバイオファースト材料で電気素材を！

- ・低燃費モーター
- ・次世代のリチウムイオン電池
- ・微細加工・半導体素材

持続的な「食」関連資源・環境
バイオファースト高機能材料

ターゲット

高機能バイオ素材

ターゲット

バイオ生産システム

材料チーム

課題目標 (2027) (10年目)

パイロット事業化 (企業)
コスト削減 (企業)

課題目標 (2027) (10年目)

パイロット事業化
生産性の改良 (企業)

高機能バイオ芳香族と開発戦略の有効性を証明

中長期目標 (2022)(5年目)

ラボレベルでのプロト材料の作成
部材組み立て、性能の評価
企業への技術トランスファー

中長期目標 (2022)(5年目)

ラボレベルでのプロト材料の作成
性能・純度の評価
企業への技術トランスファー

現在、順調に
進行中

中間目標1 (2020)(3年目)

芳香族材料の性能評価・改良
(力学・電気化学的性質)

中間目標1 (2020)(3年目)

PBI, PPM微生物生産技術の改良 (収量・純度・回収法)

中間目標1 (2018)(1年目)

芳香族ポリマー化
・材料化基盤の構築

中間目標1 (2018)(1年目)

PBI、PPM微生物生産技術の確立

バイオチーム

バイオPBI、バイオPPM開発チーム
(大西、高谷、松見、金子)

鍵となる要素技術

- ・芳香族バイオマス (PBI, PPM) 生産技術
- ・バイオポリマー合成・評価技術
- ・高機能性 (電池等) 評価技術

中課題1

中課題2

連携体制