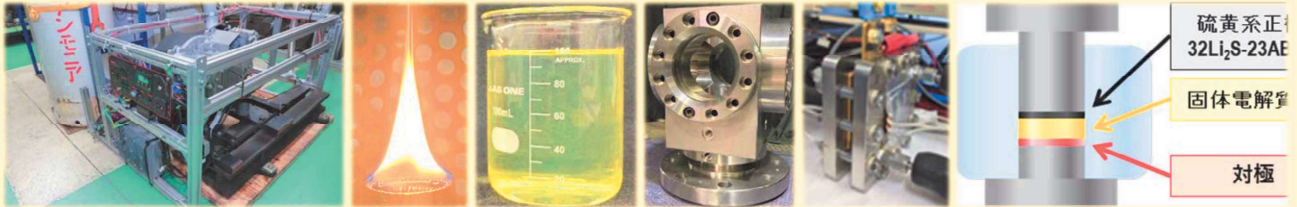




再生可能エネルギー・脱炭素化研究開発等助成金事業 令和6年度成果報告会
2025年5月2日

群馬県のGXを加速する 地域資源活用新産業創出プラットフォームの整備



タスクフォース3「使う」

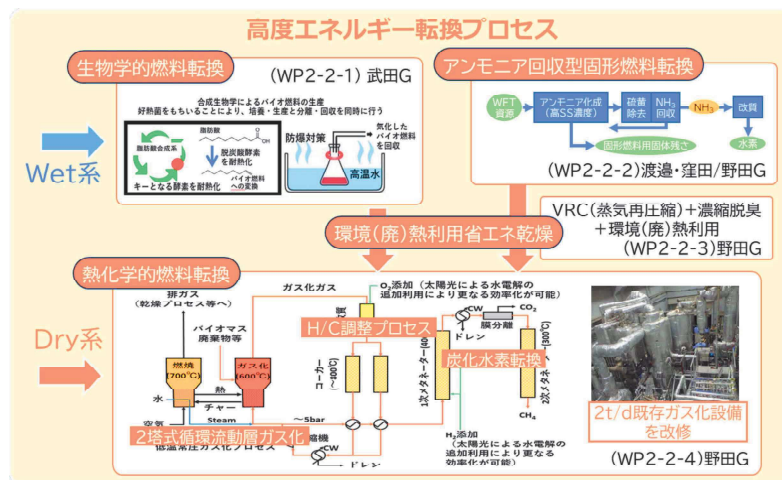
群馬大学大学院理工学府

荒木 幹也 ゴンザレス ファン 古畑 朋彦 座間 淑夫
小林 里江子 尾崎 純一 中川 紳好 森本 英行



群馬県のGXを加速する地域資源活用新産業創出プラットフォームの整備

TF2 から受け取る貴重なリソース



化石燃料と同じ炭化水素

CH₄
LPG(C3-4)
合成ガソリン(C8-9)
合成軽油(C16-20)

アルコール・エーテルなど含酸素

MeOH, DME, OME

副生成物として得られる

NH₃, H₂

化学物質以外のリソース

電力



TF3 では最適な「使い方」を検討

化石燃料と同じ炭化水素

CH₄
LPG(C3-4)
合成ガソリン(C8-9)
合成軽油(C16-20)

燃料としてエンジン・燃焼で「使う」

アルコール・エーテルなど含酸素

MeOH, DME, OME

燃料としてエンジン・燃焼で「使う」

性状変動に対応した燃料電池システムで「使う」

副生成物として得られる

NH₃, H₂

燃料としてエンジン・燃焼で「使う」

性状変動に対応した燃料電池システムで「使う」

化学物質以外のリソース

電力

超大容量の全固体電池に「貯め」, 効率的に「使う」

荒木・ゴンザレスG

古畑G

座間G

【アウトカム1】 燃料としてエンジン・燃焼で「使う」

- 既存インフラへのドロップイン燃料としての可能性検討(燃えづらい, 蒸発しづらい)
- 未精製超劣質バイオガス燃料でのエンジン発電に挑む(燃焼不安定だが不純物もOK)



群馬県GXを加速する地域資源活用新産業創出プラットフォームの整備

【アウトカム1】燃料としてエンジン・燃焼で「使う」

既存インフラへのドロップイン燃料*としての可能性検討

液体

合成燃料

含酸素
燃料バイオ
燃料

① 既存ガソリン+合成ガソリン (C8~C9) or メタノール



② 既存軽油+合成軽油 (C16~C20) or OME (オキシメチレンエーテル) or Bio Diesel or HVO



③ 既存灯油+合成灯油 (C11~C13) or HVO(HEFA) or FAME



*従来燃料に混合し特別な設備や運用を必要とせずに問題なく使用できる燃料

精製によるエネルギー損を避け、超劣質燃料での直接発電検討

気体

副生成物

④ 未精製バイオガス燃料 (アンモニア+水素+大量水蒸気)



群馬県GXを加速する地域資源活用新産業創出プラットフォームの整備

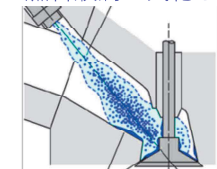
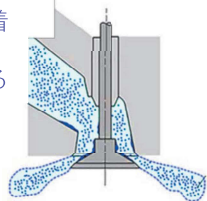
【アウトカム1】燃料としてエンジン・燃焼で「使う」

荒木・ゴンザレスG

課題： 既存ガソリン+エタノール ➡ 蒸発が遅くエンジン冷始動性悪化

① 噴射燃料の一部は壁面に付着し筒内に入らない

噴射弁から高圧噴射された燃料液滴と気化した蒸気

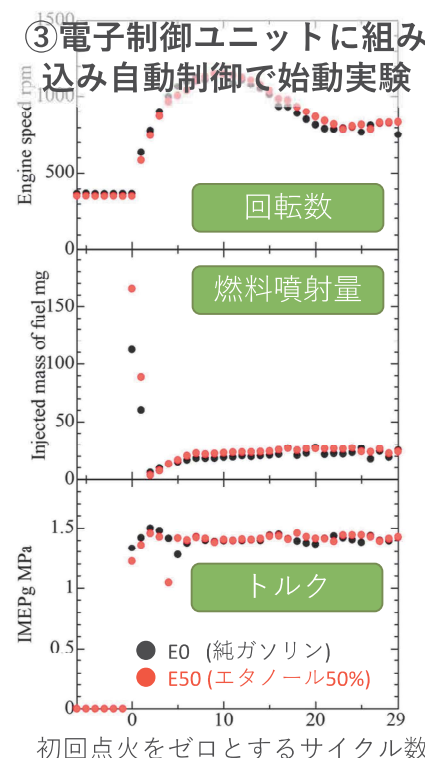
一部壁面に付着
E50ではE0より
蒸発が遅くなるバルブが開いて筒内へ
筒内実効燃料量の予測が必要② 筒内実効燃料量を予測する
極限簡単化モデルを構築 α : 筒内直接流入割合
噴射弁のみで決まる β : 液膜蒸発割合
蒸気圧のみで決まる

筒内実効燃料量を与える式

$$m_f = \alpha \cdot m_{f,inj} + \beta \cdot (1 - \alpha) \cdot m_{f,inj}$$

噴射弁が同じゆえ β のみ調整すれば適合できるはず

③ 電子制御ユニットに組み込み自動制御で始動実験



E50(エタノール50%)でE0(純ガソリン)と同等の冷始動特性を得ることに成功。さらに高濃度のE85で試験を開始。



群馬県のGXを加速する地域資源活用新産業創出プラットフォームの整備

【アウトカム1】燃料としてエンジン・燃焼で「使う」

座間G

【目的】群馬県未利用資源（G3リソース）から作られた合成軽油を既存インフラや設備を変更することなく軽油に少量添加して利用する「ドロップイン手法」を検討する。

【進捗①】TF2から供給される想定燃料（炭化水素燃料：1-Nonene）と既存の化石燃料（軽油）との混合を確認

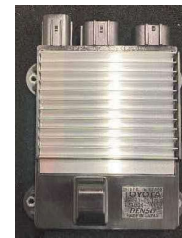


1-Nonene (C_9H_{18}) + 軽油
混合軽油
(1-Nonene 20%混合)

【進捗②】混合軽油の燃焼特性を評価する実験装置の整備



← 作成した燃焼可視化容器



↑ 商用車用燃料噴射装置



【進捗③】噴霧火炎からの微弱な化学発光(OHラジカル)を捉えるための光学系の選定



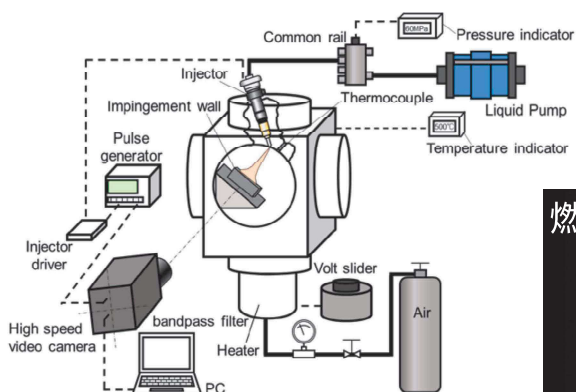
群馬県のGXを加速する地域資源活用新産業創出プラットフォームの整備

【アウトカム1】燃料としてエンジン・燃焼で「使う」

座間G

【目的】群馬県未利用資源（G3リソース）から作られた合成軽油を既存インフラや設備を変更することなく軽油に少量添加して利用する「ドロップイン手法」を検討する。

【進捗④】高温高压可視化容器による噴霧燃焼の確認

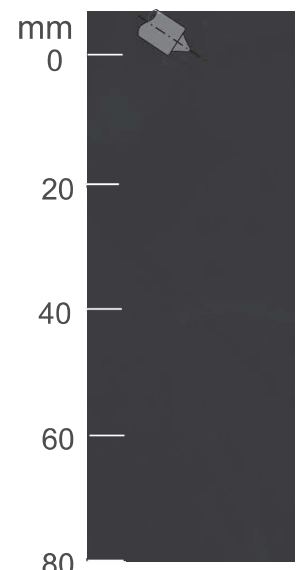


※白黒の高速度カメラで撮影
→火炎は白く映る

Nozzle

燃料: 軽油

ピストンを模した壁面に衝突する
噴霧火炎(可視光)の様子



酸素を含んだ燃料による
噴霧火炎の様子

【今後の予定(FY25)】

- 噴霧燃焼の挙動の可視化計測(可視光, OHラジカル)
- 噴霧燃焼特性に及ぼすG3リソース添加割合の影響

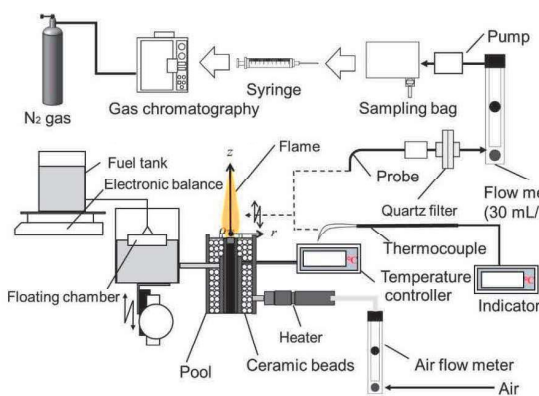


群馬県のGXを加速する地域資源活用新産業創出プラットフォームの整備

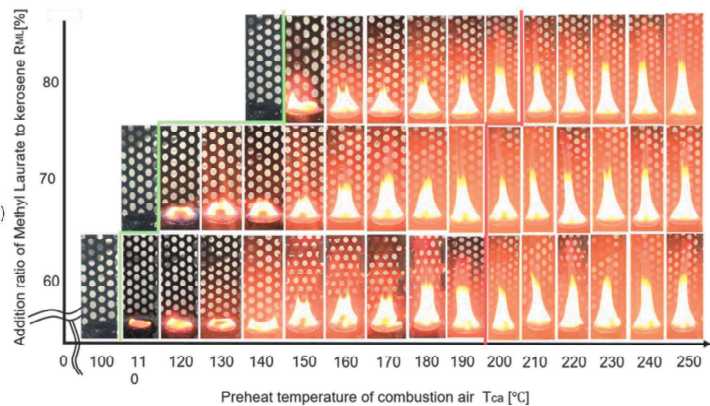
【アウトカム1】燃料としてエンジン・燃焼で「使う」

古畑G

層流拡散火炎を用いた各種燃料（灯油ベース）の燃焼性評価



層流拡散火炎の実験装置概要



灯油とラウリン酸メチル(FAMEの一種)を混合した燃料の層流拡散火炎

上段：ラウリン酸メチル80%,

中段：ラウリン酸メチル70%

下段：ラウリン酸メチル60%

横軸：燃焼用空気の予熱温度

ラウリン酸メチル（植物由来バイオマス燃料）の混合割合が高くなるほど燃焼用空気の予熱温度を高くしないと火炎が安定しない。



群馬県のGXを加速する地域資源活用新産業創出プラットフォームの整備

【アウトカム1】燃料としてエンジン・燃焼で「使う」

荒木・ゴンザレスG

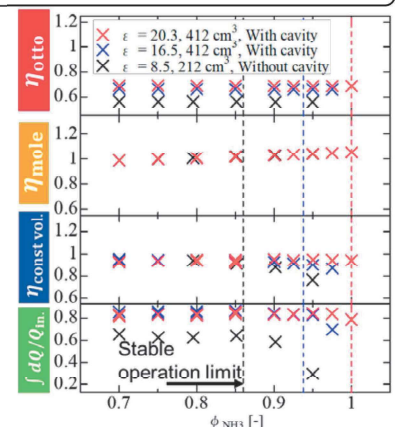
課題：アンモニア + 水素 + 大量水蒸気 ➡ 燃焼が不安定化し効率予測が困難



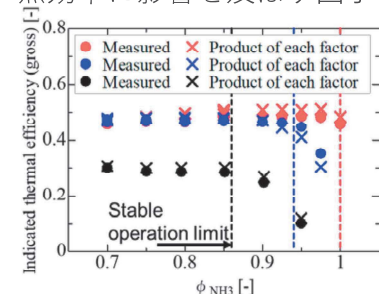
アンモニアエンジン外観

□ アンモニア／水素の比率を変化させ、水蒸気投入の前段階まで試験完了。

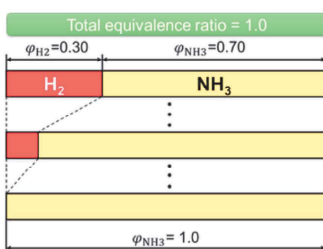
□ 熱効率を実用的な精度で予測できることが示唆された。



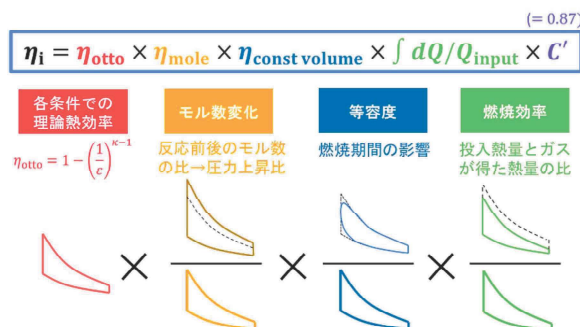
熱効率に影響を及ぼす因子



熱効率予測精度検証



アンモニアによる燃焼不安定化を水素で補う



各因子の効率の積で最終的な熱効率を表す

尾崎・小林G

中川G

【アウトカム2】性状変動に対応した燃料電池システムで「使う」

- 最大の壁は不純物による「触媒被毒」.
- 組成変動するバイオマス燃料に対応する燃料電池発電システム開発に着手.



群馬県のGXを加速する地域資源活用新産業創出プラットフォームの整備

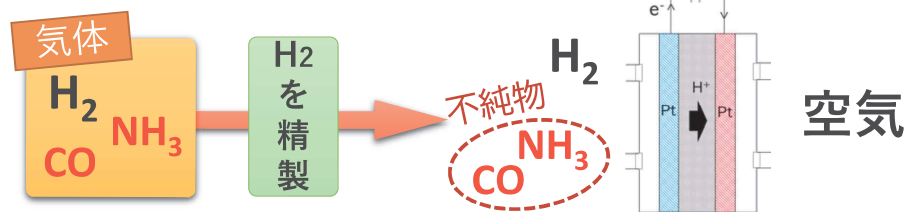
【アウトカム2】性状変動に対応した燃料電池システムで「使う」 尾崎・小林G

課題：不純物による燃料電池スタックの性能低下

検討項目1:水素燃料電池へ模擬不純物ガスを流通させる検証試験

○不純物が燃料電池セル出力へ及ぼす影響検討

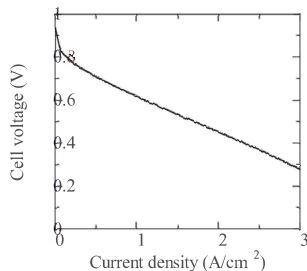
→不純物は NH_3 と CO



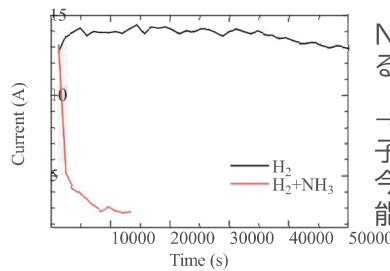
①ラボ用の燃料電池評価セルを準備
Pt触媒を搭載し、性能評価を行った



*JARI標準セル

図 単セル発電結果 (高純度 H_2 使用)

②ラボ用の燃料電池評価セルへ NH_3 を導入した場合の出力挙動を検討した

図2 定電位保持時の NH_3 の影響

NH_3 1%混合 H_2 燃料を使用するとセルの出力は即座に低下

→プロトン伝導を担う固体高分子膜へ影響した可能性
今後、インピーダンス測定で性能低下の原因を特定する

単セル性能評価条件
セル温度: 75°C
背圧: 50kPaG
相対湿度: RH100%

妥当な発電試験結果



「不純物の影響の検討」

「前処理プロセス開発に着手(検討項目2)」の予定



群馬県のGXを加速する地域資源活用新産業創出プラットフォームの整備

【アウトカム2】性状変動に対応した燃料電池システムで「使う」

中川G

液体

バイオ
メタノール

直接メタノール燃料電池 DMFC

特徴：小型軽量システム、長時間発電



課題：不純物成分（原料, プロセスに依存）の影響と対応

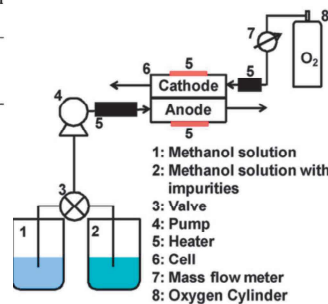
DMFCの例, SFC社 EFOY 2800

検討1：不純物成分が発電特性に及ぼす影響（TF2の結果に対応すべく準備中）

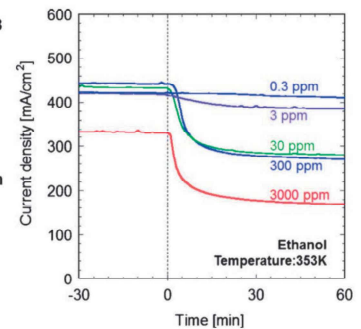
Table 1 合成メタノール組成の例

Typical composition of crude methanols as prepared with syngas from gasified woods, A and B, and from natural gas, C [5].

Component	Woody biomass (wt%)		Natural gas (wt%)
	A	B	C
Methanol	91.3	93-95	96.8
Ethanol	-	0.3-0.5	0.29
1-Buthanol	1.5	0	-
Methyl formate	6.0	<0.001	0.92
Methyl acetate	-	-	0.09
Dimethyl carbonate	-	-	0.06
Dimethyl ether	-	-	0.19
Diisopropyl ether	0.7	-	-
Water	0.5	4-5	1.64
Other	-	<0.1	<0.03



実験装置

エタノールの影響
著者ら先行研究

検討2：バイオメタノール用電極触媒の開発

従来触媒: PtRu/C → PtRh/C, PtCo/C 等の調製、TiO₂等助触媒の効果の調査

森本・谷口G

【アウトカム3】超大容量の全固体電池に「貯め」、効率的に「使う」

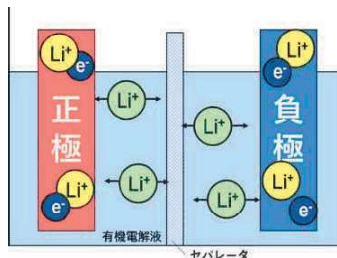
- リチウムイオン電池をはるかにしのぐ高効率・大容量全固体電池を開発。
- TF1, TF2, TF3で得られる電力を蓄えるバッファとなり、全体システム設計の可能性を拡げる。



群馬県のGXを加速する地域資源活用新産業創出プラットフォームの整備

【アウトカム3】超大容量の全固体電池に「貯め」、効率的に「使う」 森本・谷口G

有機電解液を用いたリチウムイオン二次電池



リチウムイオンとアニオンが移動
= Liイオン輸率: 0.1~0.3

- Li^+ : 溶媒和状態の Li^+ イオン
- Li : 脱溶媒和した Li^+ イオン
- e^- : 電子

特徴

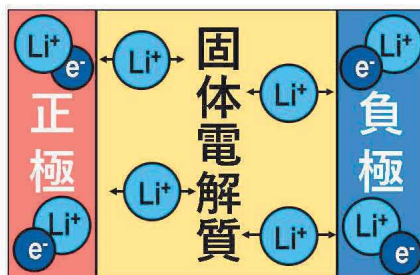
- ・高電圧作動
- ・小型・軽量化可能
- ・繰り返し充放電可能

課題

- ・液漏れ
- ・発火の可能性
- ・狭い動作温度範囲

全固体化

無機固体電解質を用いた全固体リチウム二次電池



リチウムイオンのみが移動
= Liイオン輸率: 1

- Li^+ : Li^+ イオン
- e^- : 電子

固体中をすばやくイオンが動く固体電解質

【メリット】

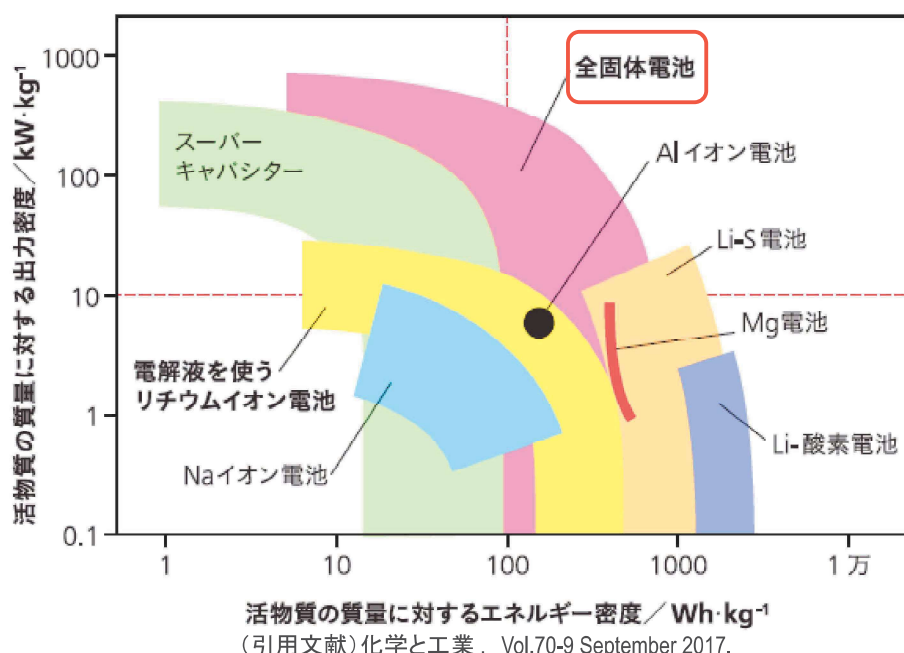
- 液漏れなし
- 大容量化
- 急速充放電化
- 難燃化
- 長寿命化
- 使用温度範囲拡張



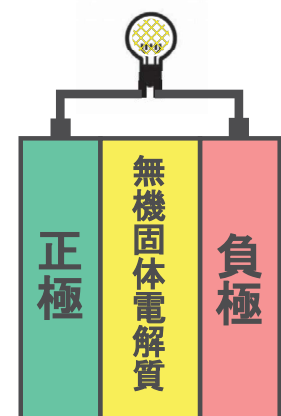
群馬県のGXを加速する地域資源活用新産業創出プラットフォームの整備

【アウトカム3】超大容量の全固体電池に「貯め」、効率的に「使う」 森本・谷口G

二次電池のエネルギー密度と出力密度の関係



全固体電池

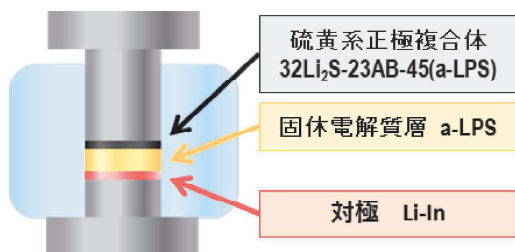


高エネルギー密度・高出力密度であり、性能バランスが良い



群馬県のGXを加速する地域資源活用新産業創出プラットフォームの整備

【アウトカム3】超大容量の全固体電池に「貯め」、効率的に「使う」 森本・谷口G

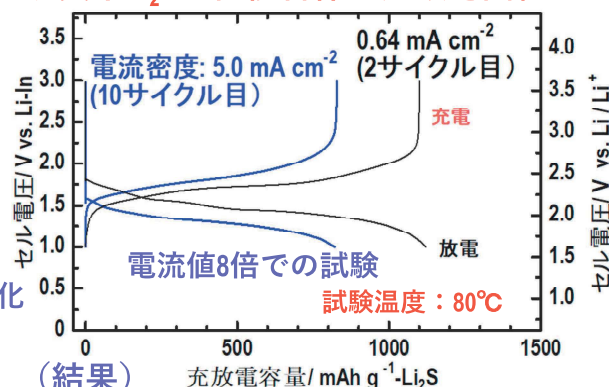
圧粉体成形型全固体電池
～評価セルの断面図～

充放電試験

電流値を変化

(検討内容)

硫化リチウムをベースとする硫黄系正極材料粉末, リチウムイオンが伝導する固体電解質粉末, 対極に合金電極シートを用いて全固体電池特性を調査する評価セルを作製し、異なる電流値で充電放電した性能を比較検討した。

硫黄系 Li_2S 正極複合体の充放電曲線

(結果)

電流値8倍の充放電試験（電流密度： 5.0 mA cm^{-2} 相当）でも比較的高容量（ 800 mAh g^{-1} ）を保持していることから、大容量で急速充放電を可能とする正極材料として期待される。

来年度

ゴール

① **正極**に硫黄系材料を適用し良好な結果を得つつある

② **負極**材料の検討に移行し大容量全固体電池の検討に目途を付ける

③ **フルセル**構築し性能評価、全体システム設計の可能性を拡げる



群馬県のGXを加速する地域資源活用新産業創出プラットフォームの整備

【アウトカム1】燃料としてエンジン・燃焼で「使う」

ドロップイン燃料の可能性検討, 未精製劣質燃料による直接発電のいずれも, 試験環境の構築が進みデータ取得が始まりつつある。

【アウトカム2】性状変動に対応した燃料電池システムで「使う」

水素燃料電池では模擬不純物ガスによる性能低下の検証試験が, メタノール燃料電池では想定不純物の成分検討を開始。不純物の実用上の上限や, 性能低下を回避する手法の検討を開始。

【アウトカム3】超大容量の全固体電池に「貯め」、効率的に「使う」

正極に硫黄系材料を適用し良好な結果を得つつある。こののち, 負極材料検討, フルセル構築へと進んでいき, 全体システム設計の可能性を拡げることを目論む。