

燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業
燃料電池の多用途活用実現技術開発
高性能SOFCスタックおよびエネルギーマネジメント連携によるドローン等実用化技術開発

発表者名 日産自動車株式会社
団体名 日産自動車株式会社
株式会社アツミテック
株式会社プロドローン
インテグレーションテクノロジー株式会社
国立大学法人九州大学（委託）
国立研究開発法人産業技術研究所（委託）
発表日 2022年7月28日

連絡先：	
日産自動車株式会社	https://www.nissan.co.jp/
株式会社アツミテック	https://www.atsumitec.co.jp/
株式会社プロドローン	https://www.prodrone.com/jp/
インテグレーションテクノロジー株式会社	https://www.int-tech.co.jp/

1. 期間

- 開始年月日 2021年8月1日、 終了(予定)年月日 2023年3月31日

2. 最終目標

- 長時間・高ペイロード飛行を実現するSOFCドローンの実用化に向けた基盤技術を構築する。
- 本事業により、SOFCスタックの共通基盤技術が構築でき、ドローン用途をはじめとするSOFC多用途展開のための実用化に資する判断を可能とする。

3. 成果・進捗概要

- セル/スタック、エネルギーマネジメントモデル双方において、FY21計画を達成した。

1. 事業の位置付け・必要性

- ドローン市場は、2022年に様々な標準化や法規制の改革が行われ、実用化元年と言われており、2020～25年の年間平均成長率は8.3%、このうち、民需のドローン/ドローンサービスが28%と見込まれる
- 本事業では、下記取組みにより、長時間・高ペイロード飛行を実現するSOFCドローンの実用化に向けた基盤技術を構築する
 - ① 起動停止が容易、かつ高出力密度なSOFCセル・スタック技術（特にメタルサポートセルスタック）
 - ② ドローン実飛行データをもとにしたエネルギーマネジメントモデルの構築

ドローン市場規模資料（国内および海外）

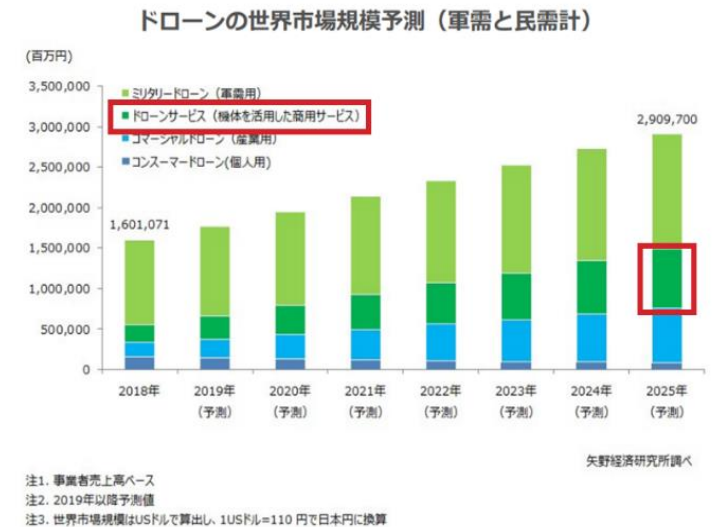


NEDO HPより



[*] 下記資料に追記

[『ドローンビジネス調査報告書2021』
(<https://research.impress.co.jp/report/list/drone/501125>)]

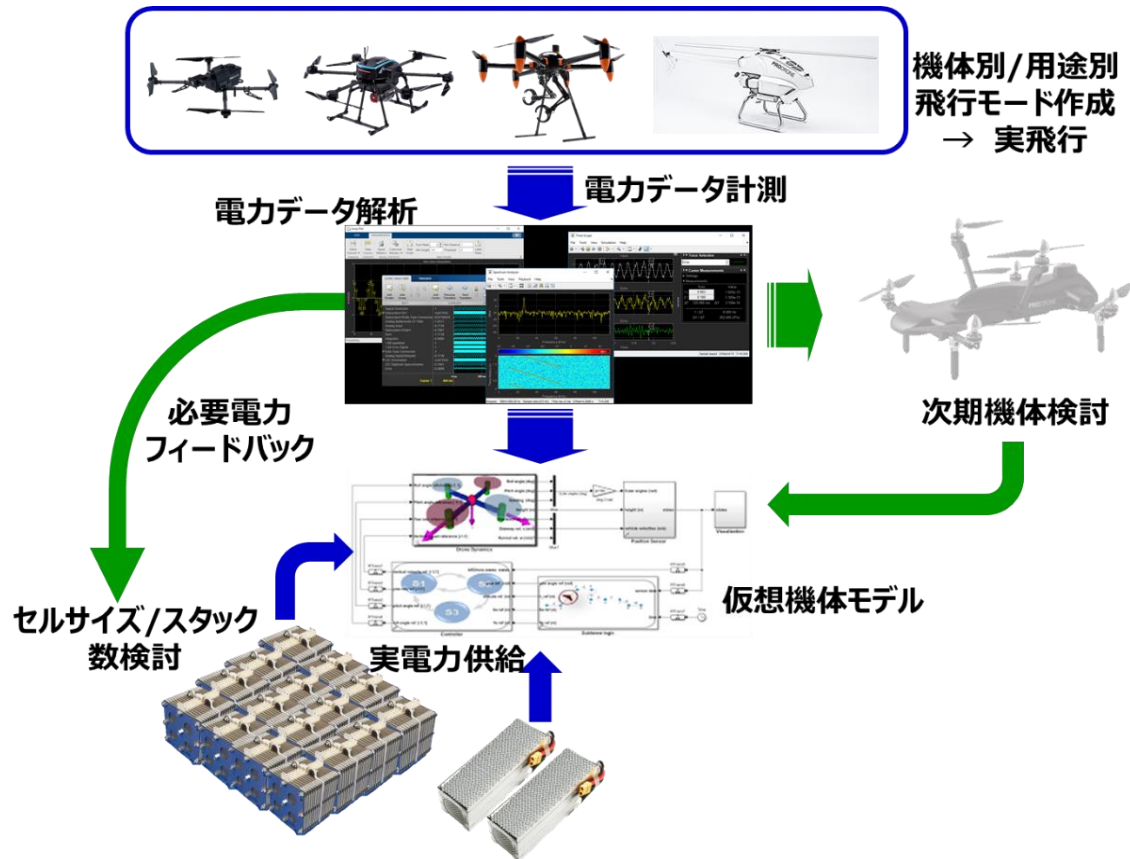


[*] 下記資料に追記

[『ドローンの世界市場規模予測』出典：矢野経済研究所]

- 研究開発方針 : 基盤となるメタルサポートセルスタックの開発および性能実証、ドローン実飛行データをもとにしたエネルギー管理モデリングの構築、高性能ドローン実用に向けた搭載性検討
- スケジュール : 前半2年間でスタック化技術開発およびモデル構築を完了する

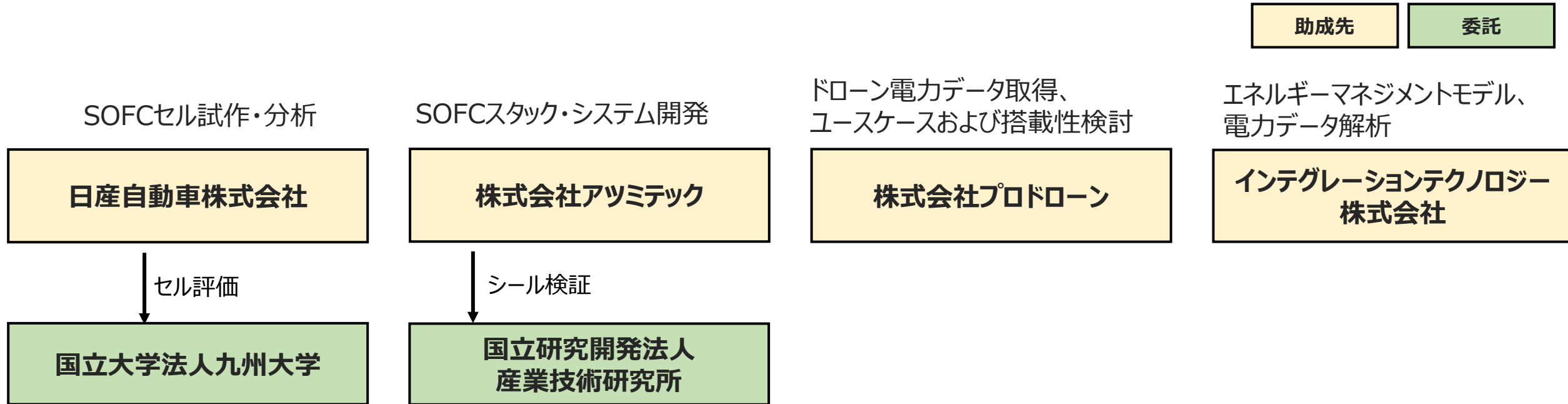
研究開発方針



スケジュール

事業項目	21年度				22年度			
	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期
① メタルサポートセルの試作・供給・分析		基準サイズセルの試作			性能改良セルの試作、分析、評価			中間目標
② メタルサポートセルを用いたスタック化、及び性能評価		100Wモジュールの試作、評			500級スタックの試作、評価			
③ ドローン飛行データ取得およびSOFC搭載性検討		実データ取得計測環境構築 フライトモード別エネルギーデータ取得			ドローン性能評価基準作成 ドローン課題抽出			
④ エネルギー管理モデル開発		ドローンおよびSOFC スタックモデル構築			エネルギー管理 モデルのロジック構築			

- 研究開発の実施体制：
前プロジェクト(*)の体制をベースに、メタルサポートセル・エネルギーマネジメントモデルのための体制を整えた



*)

プロジェクト名：ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト

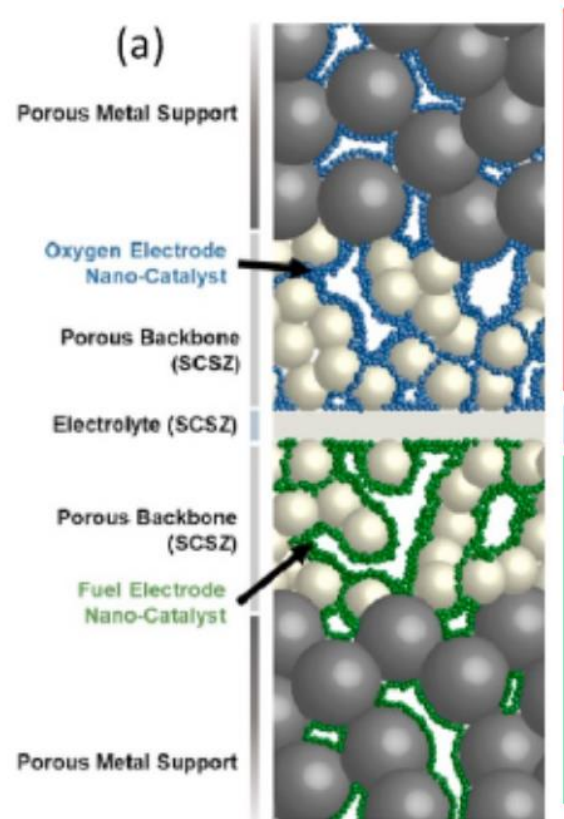
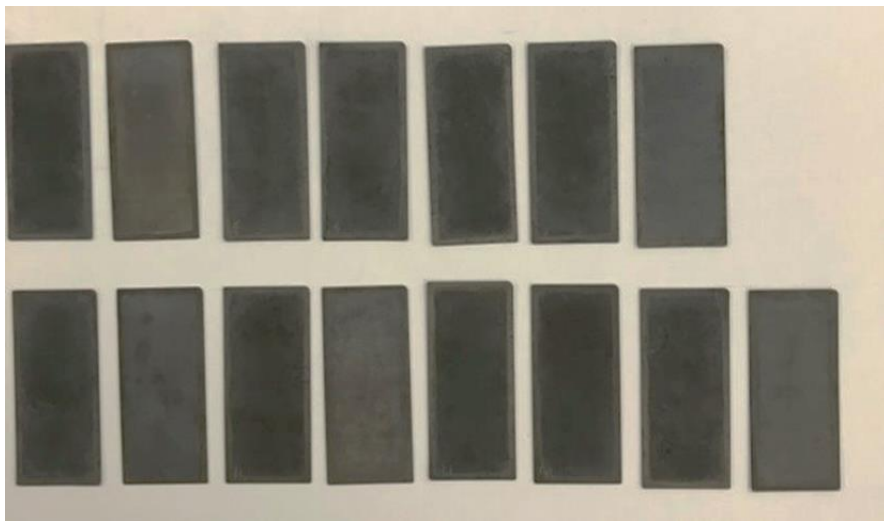
テーマ名：省エネルギー性能等向上のための研究開発／長時間作業を実現する燃料電池ドローンの研究開発

期間：2017年6月23日～2020年2月28日

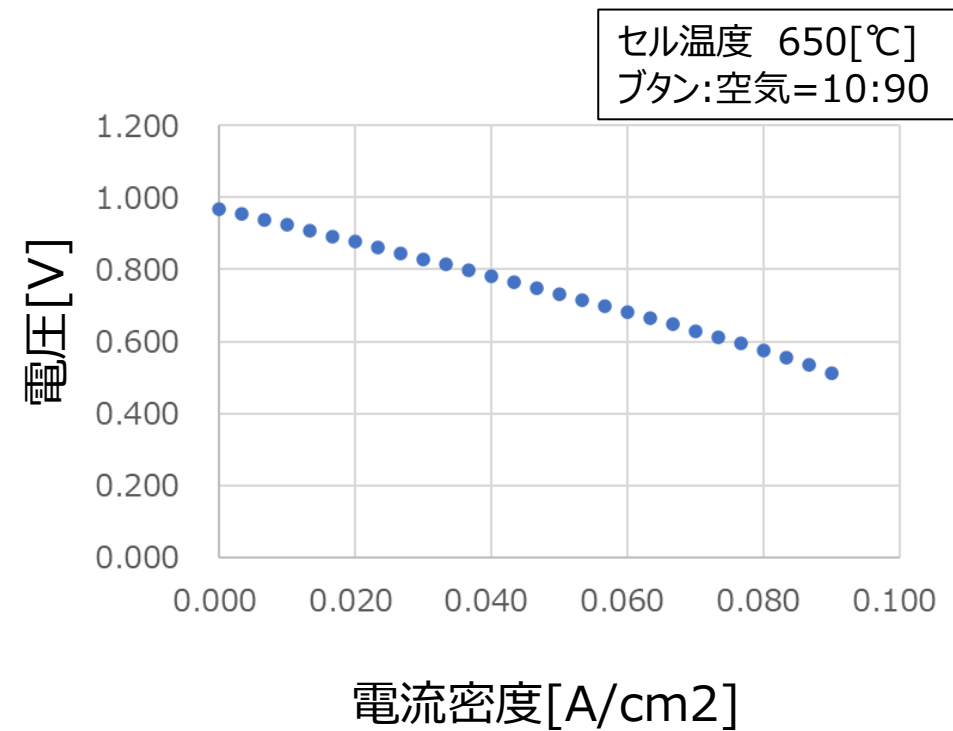
助成先：株式会社プロドローン（共同研究：株式会社アツミテック、国立研究開発法人産業技術研究所）

- 基準セルの供給：アツミテックのスタックモジュール設計に適合する発電部10cm²サイズのセルを供給した
- 基準セルの評価：九州大学にてブタン直接改質発電評価が可能であることを実証した

アツミテックスタック開発向けへの基準セル提供



基準セルでのブタン直接改質発電



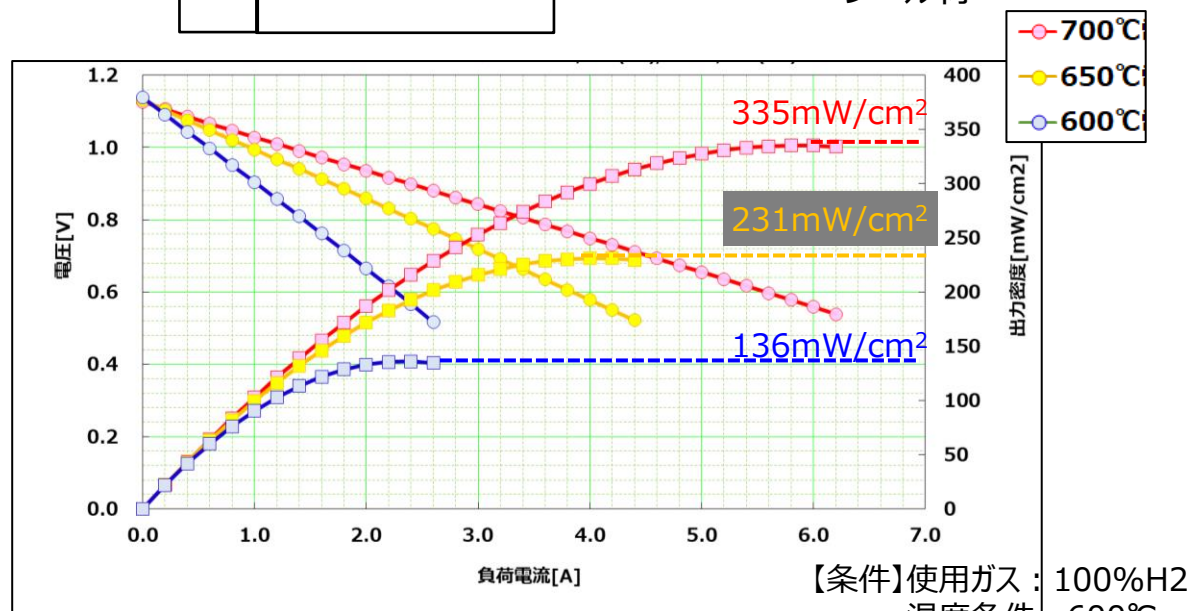
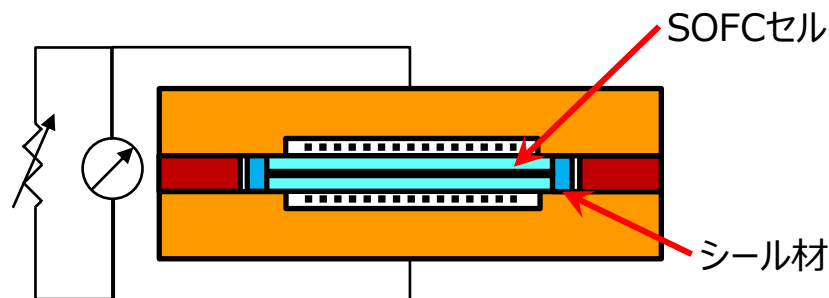
3. 研究開発成果について_スタック

【目的】 メタルサポートセルをモジュールに適用するための課題を洗い出し、メタルサポートセルの特性を活かしたモジュール設計に反映させる。

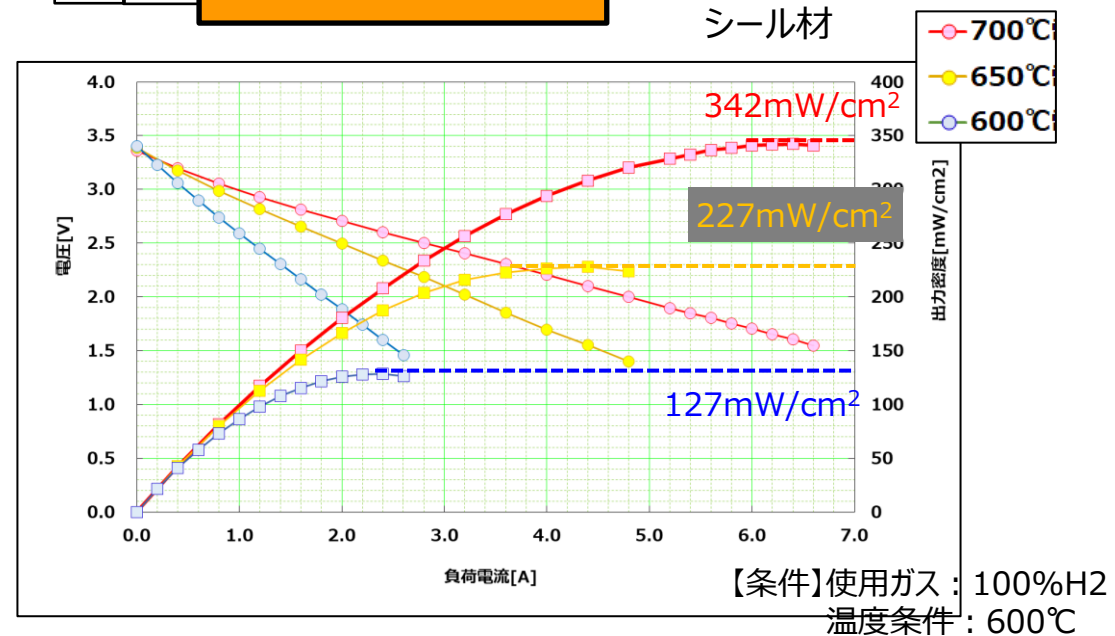
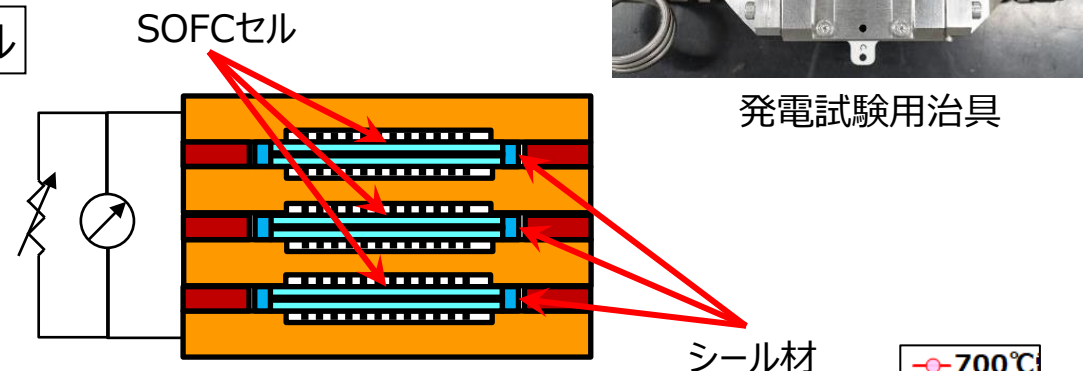
【目標】 単セル：出力密度312.5mW/cm²以上

【方法】 100%H₂ガスにて、単セル、3段セルの発電試験を実施する。

単セル



3段セル

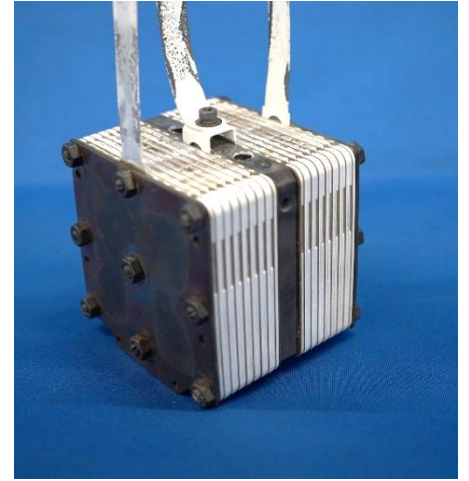


【結果】 単セル、3段セルでの発電を確認し、目標を達成した。

3. 研究開発成果について_スタック

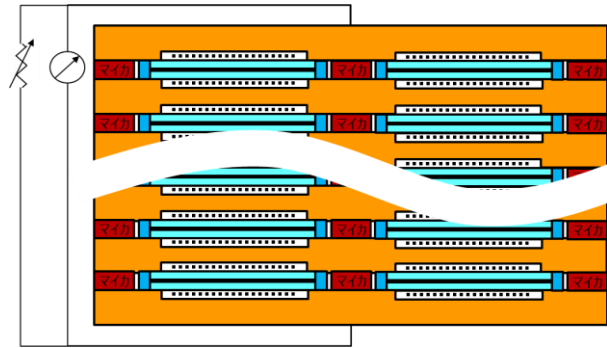
【目標】 モジュール 100W(出力密度312.5mW/cm²)以上

【方法】 100%H₂ガスにて、モジュールの発電試験を実施し、100Wの発電を確認する。

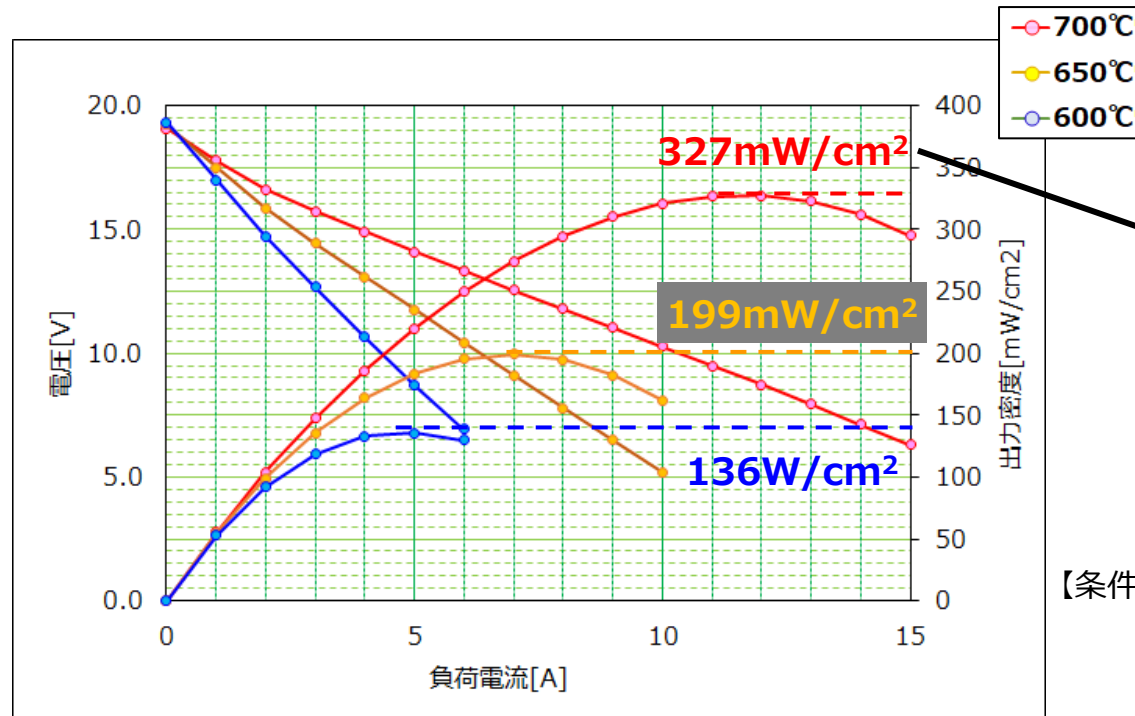


発電試験用モジュール

モジュール



16段×2枚
スタック



【条件】使用ガス：100%H₂
温度条件：600°C
650°C
700°C

$$327\text{mW/cm}^2 \times 10\text{cm}^2 \times 32\text{枚} = 104\text{W}$$

【結果】 100%H₂ガスにて、目標(100W)に対し、104W@700°C(出力密度327mW/cm²)の発電を確認した。

【今後の展開】 2022年度の目標に向け、ブタンガスでの発電試験を実施していく。

3. 研究開発成果について_ドローン

2021目標

- 1) SOFC をパワーソースとするドローンの最終形態(離陸重量、構造、用途など)を想定し、**電力消費をモデル化**する。
- 2) 車両の燃費基準として規定されている JC08 や WLTC など参考とし、計測モード(物流、点検、警備モードなど)ごとの**フライトパターンを規定**する。
ここで規定した計測モードは今後 SOFC スタックの性能を動的にかつ定量的に評価する基準となるだけでなく、ドローン自体の電力消費性能についての評価基準ともなる。

標準的な機体タイプ

機体タイプ	機体概要
小型機：対象外	燃料電池スタックとして2kg、500W程度を想定した場合、プロペラが小径化して効率が低下すること、およびタンクと補機の重量が燃料重量に比例して軽くならないため飛行が困難となることが想定される。
撮影用長時間運行機体（中型機）	ペイロードとしては最大でも2kg程度、通常1kg程度のカメラのみを想定し、長時間運用のために燃料電池スタックを搭載するドローン 燃料電池スタック：5kg 1300W ペイロード：1kg 巡航可能離陸重量：11.5kg（うち、タンクと補機1.5kg）
物流用機体（大型機）	ペイロード8kg程度を想定し、長距離の物流用途を想定するドローン 燃料電池スタック：12kg 3300W ペイロード：8kg ドローン離陸重量：30kg（うち、タンクと補機2.5kg）
超大型：対象外	実装は適切ではないと判断した

フライトパターン（計測モード）

		計測モード案				
		経過時間	高度	水平速度	垂直速度	補足
基本1：ホバリング	地上（離陸）		0	0	任意	
	上空静止開始	0	15	0	0	
	上空静止終了	30	15	0	0	
基本2：定速移動	地上（着陸）		0	0	任意	
	上空静止		15	0	0	
	加速開始		15	0>8	0	
	定速到達	0	15	8	0	
	減速開始	15	15	8>0	0	
	上空静止		15	0	0	
MODE 点検	地上（着陸）		0	0	任意	
	上空静止	15	15	0	0	
	移動開始	15	15	8	0	
	計測点到達	30	15	8	0	
	静止	60	15	0	0	
	微速移動（往路）	90	15	3	0	
	微速移動（復路）	120	15	3	0	
	移動開始	150	15	8	0	
	離陸地点到達	165	15	8	0	
	地上（着陸）	180	0	0	任意	
MODE 運搬 ペイロードは50%と100%	地上（離陸）		0	0	任意	
	上空静止	15	15	0	0	
	移動開始	15	15	0	0	
	中間点到達	45	50	0	任意	
	静止	75	50	0	0	
	移動開始	75	50	0	任意	
	着陸地点到達	105	15	0	0	
	地上（着陸）	120	0	0	任意	
MODE 物流 ペイロードは50%と100%	地上（離陸）		0	0	任意	
	上空静止	20	30	0	0	
	移動開始	20	30	0>15	0	
	中間点1到達	50	30	15	0	
	中間点2到達	80	50	15	任意	離陸地点、中間点1、中間点2、中間点3、着陸地点の配置についてはT.B.D.
	中間点3到達	110	50	15	0	
	着陸地点到達	140	30	15>0	任意	
	地上（着陸）	160	0	0	任意	
MODE 監視	地上（離陸）		0	0	任意	
	上空静止	15	30	0	0	
	移動開始	15	30	0>8	0	
	中間点1到達	45	30	8	0	
	中間点2到達	75	30	8	0	
	中間点3到達	105	30	8	0	
	着陸地点到達	135	30	8>0	0	減速の定義は必要？
	地上（着陸）	150	0	0	任意	
MODE 高速監視	地上（離陸）		0	0	任意	
	上空静止	15	30	0	0	
	移動開始	15	30	0>20~50	0	
	監視地点到達	75	30	?	0	
	静止	105	30	0	0	
	移動開始	75	30	0>20~50	0	
	着陸地点到達	135	30	0	0	<減速が課題
	地上（着陸）	150	0	0	任意	

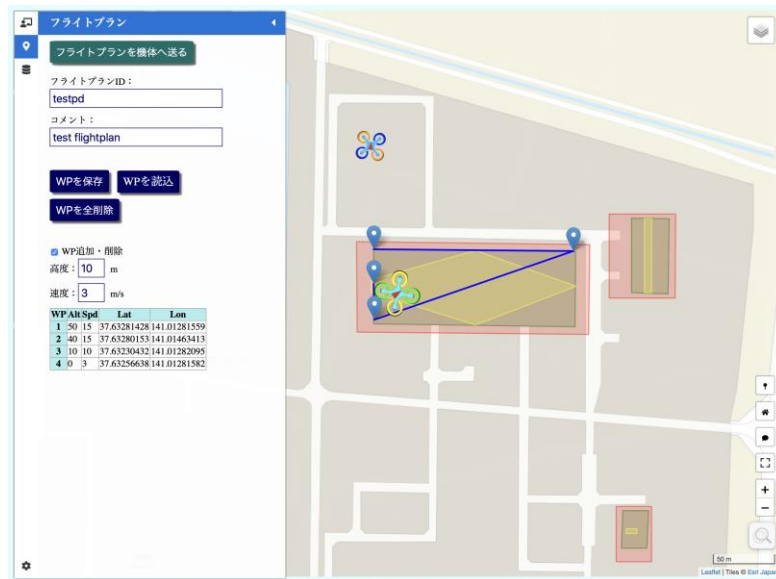
2021目標

1) SOFC をパワーソースとするドローンの最終形態(離陸重量、構造、用途など)を想定し、**電力消費をモデル化**する。

2) 車両の燃費基準として規定されている JC08 や WLTC などを参考とし、計測モード(物流、点検、警備モードなど)ごとの**フライトパターンを規定**する。

ここで規定した計測モードは今後 SOFC スタックの性能を動的にかつ定量的に評価する基準となるだけでなく、ドローン自体の電力消費性能についての評価基準ともなる。

製作した検証用アプリケーション



計測試験の様子



FY21目標： 1. エネルギーマネジメントロジックの要件定義

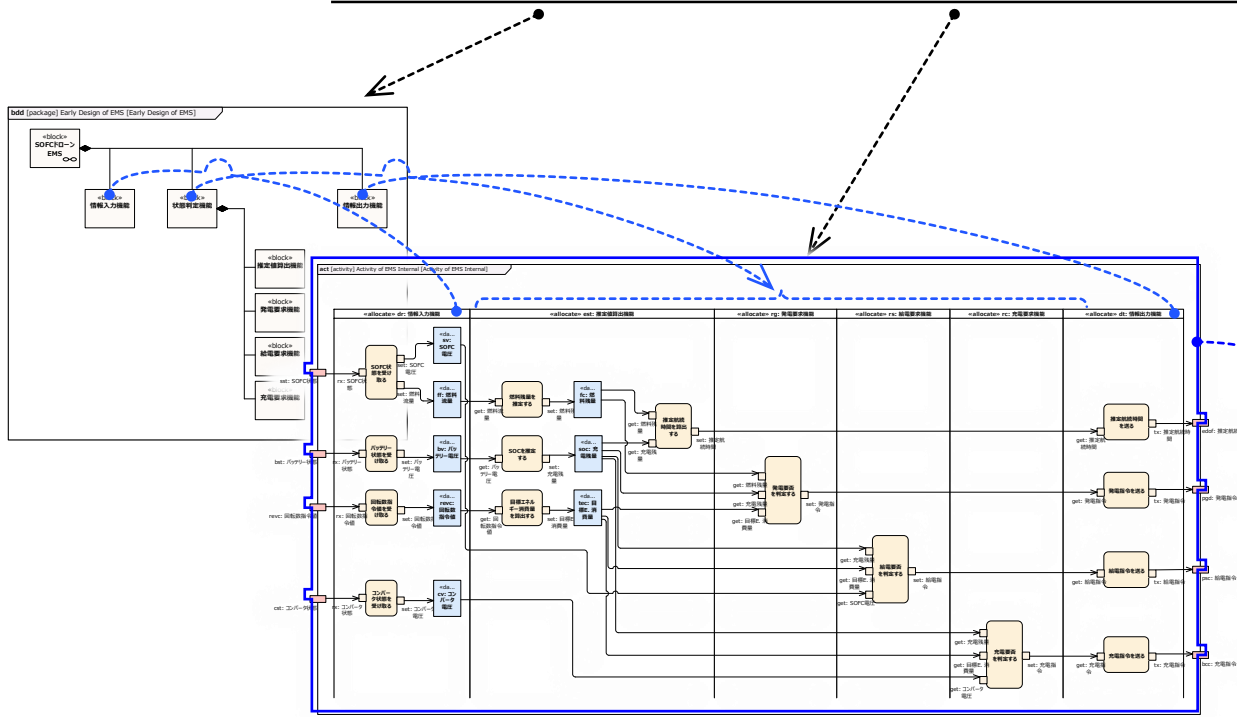
進捗状況： SysML による要求 ~ 振る舞いの取りまとめ

⇒ 要件~機能抽出~ロジック構造検討完了 (下図)

2. シミュレーションモデル構造検討

SysML による構造設計を実施

⇒ シミュレーション用モデルの構造検討完了 (下図)

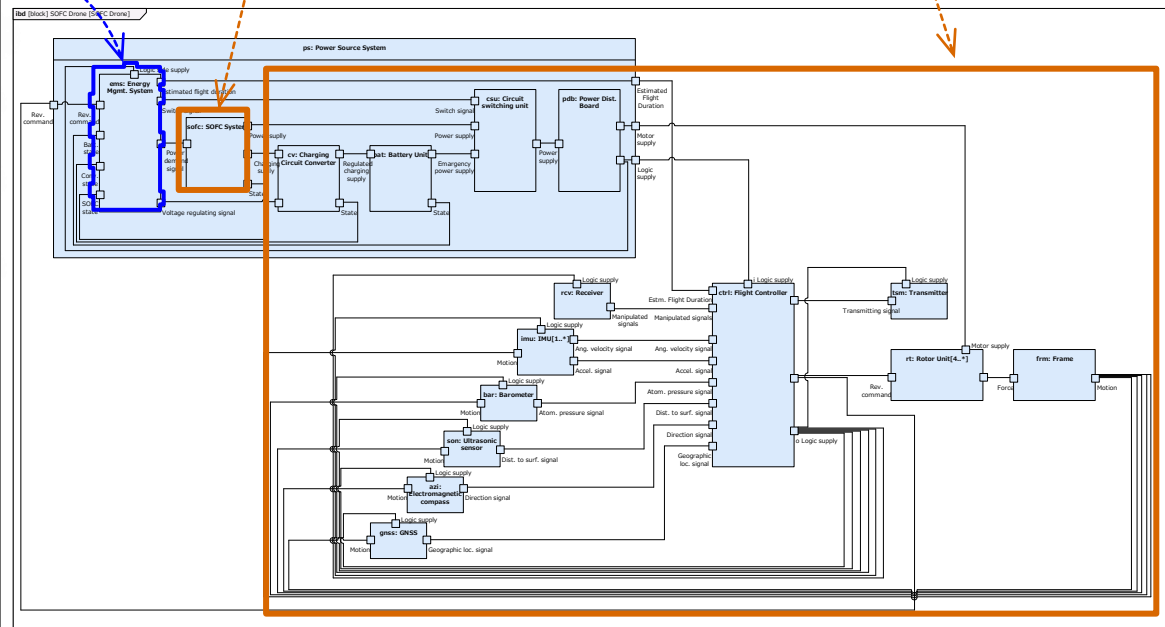


ロジック内部の詳細化とモデリング
↑ FY22 進捗中

日産自動車⇔アツミテックで開発を進める
システムの特徴データを反映したSOFC物理モデルを結合

プロドローン様に実測頂いた機体のデータを
反映したドローン物理モデルとして構築

↓
詳細モデルの作成や結合 ← FY22 進捗中



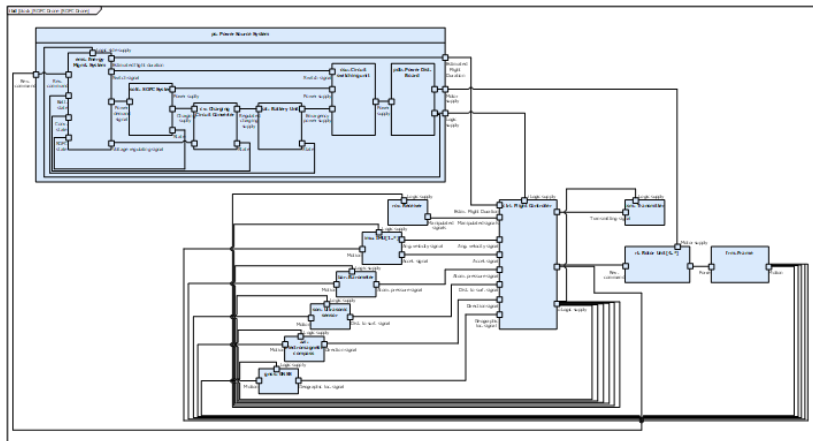
※コメントは今後 (FY22) の作業内容

青字：インテグレーションテクノロジー担当領域

橙字：コラボレーション領域

- FY21, 22の成果を組み合わせて、後半2年で実施予定のドローン搭載性検討につなげる

FY21, 22



FY23, 24

