

NEDO水素・燃料電池成果報告会2022

発表No.A-29

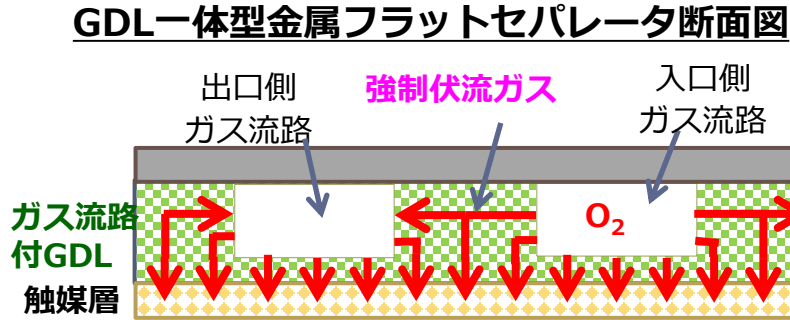
燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業
／共通課題解決基盤技術開発
／高効率・高出力・低コストを実現するGDL一体型フラットセパレータの研究開発
(ECCEED_GDLプロジェクト)

発表者名	国立大学法人山梨大学	内田誠
団体名	国立大学法人山梨大学 株式会社エノモト 国立大学法人大阪大学	
発表日	2022.7.28	

連絡先：
国立大学法人山梨大学
水素・燃料電池ナノ材料研究センター
fcnano-as@yamanashi.ac.jp

事業概要

【研究開発の概要】



- **流路付きGDL**
⇒ リブ下のガス供給&排水の改善、有効反応面積の飛躍的増大
- **導電性耐食金属フラットセパレータ**
⇒ 安価な金属&炭素/樹脂複合コーティングによる高い導電性&耐食性
- **ガス流路付きGDLとの組み合わせ**
⇒ セパレータへの流路プレス加工が不要、画期的製造コスト削減



1. 期間 開始 : 2021年6月 ~ 終了 (予定) : 2023年3月

2. 最終目標

【研究開発の目標】

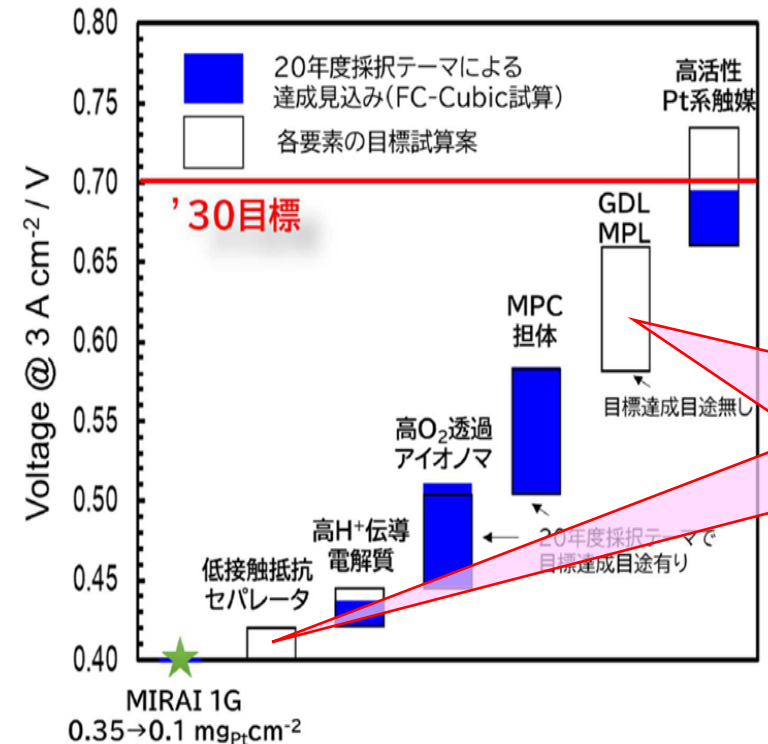
- ・燃料電池実用化推進評議会 (FCCJ) より報告された「2030/2040年に向けたチャレンジ~課題と対応~」のGDL/MPL/セパレータにかかわる2030年目標を達成する。
- ・本デバイスにかかわる**過電圧100mV@3Acm⁻²の低減を検証しGDL/MPL/セパレータ(表面処理)の産業界のニーズに対応する。**

【事業目標】

- ①中間目標 I : 2022年6月
目標物性に寄与する主要メカニズムを明らかにする。各開発材料の**最終目標値30%を達成**する。
 - ②中間目標 II : 2023年3月
目標物性に寄与するメカニズムの全体像を把握し、各開発材料の**最終目標値の60%を達成**する。
- 上記各目標のGDL一体型フラットセパレータは、中間目標時期等の開発途中においても必要に応じてPEFC評価解析プラットフォームおよびユーザー企業等へ提供する。

【最終目標 (参考) (2024年度末)】

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ GDL 水素拡散抵抗 : 0.875 sec/m 酸素拡散抵抗 : 14 sec/m ばね特性(アノード) : 140~175 GPa/m (参考値) ばね特性(カソード) : 112~175 GPa/m (参考値) 電気抵抗 (貫層方向) : 1.5~2.5 mΩcm² 熱抵抗 (貫層方向) : 0.5~1.5 kcm²/W | <ul style="list-style-type: none"> ・ セパレータ 抵抗 : 10 mΩcm² 以下 耐久性 : 5000 h以上 (0.1 M H₂SO₄ 90 °C 浸漬試験による) ※別途公表される条件があれば再考する |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

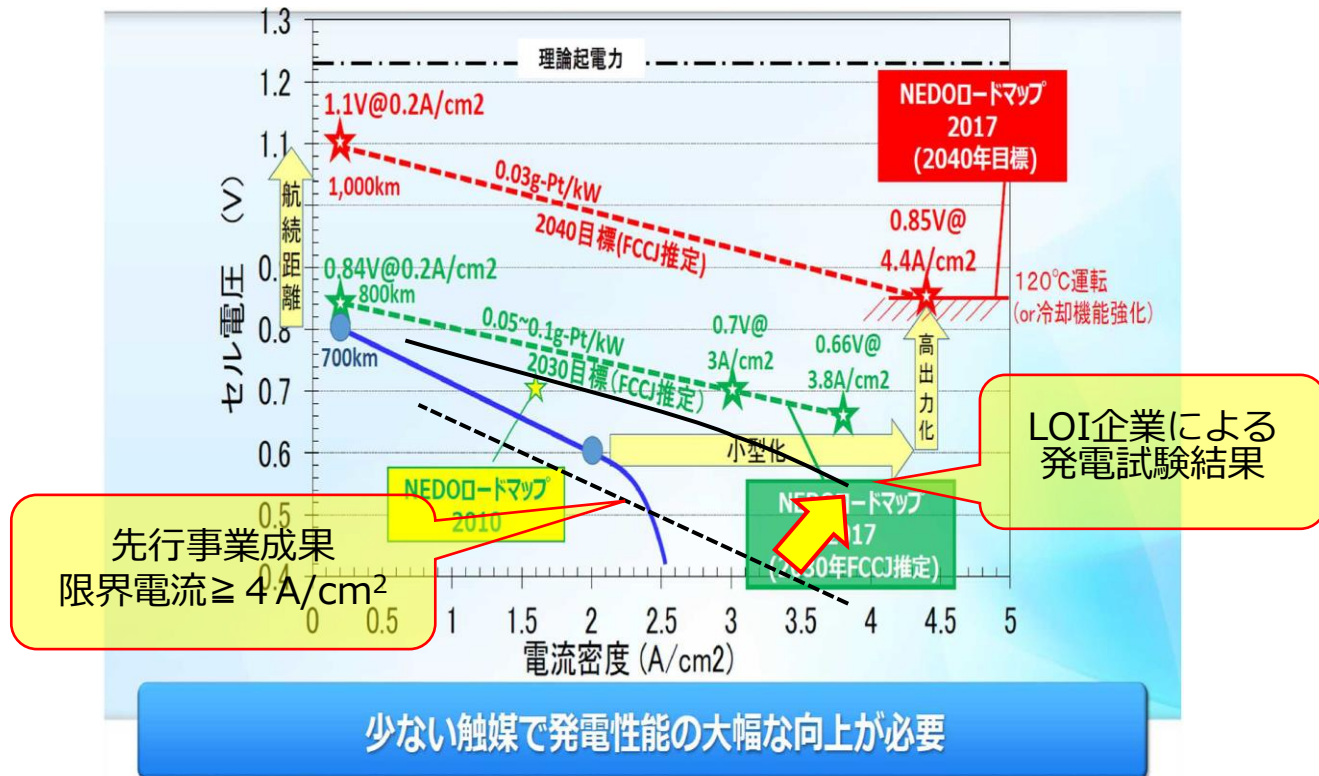


事業概要

3.成果・進捗概要

- GDLに流路を形成することによる触媒利用率の向上を目指し開発した流路付きGDLをLOI企業への提供し、LOI企業にて、提供サンプルの発電評価を実施。この流路付きGDLではセル温105℃の高温条件で0.55 V @3.8 Acm⁻²を達成し、**NEDO2030年目標0.7 V @3 Acm⁻²に対し、0.63 V @3 Acm⁻²のきわめて高い性能を示した。**
⇒ **中間目標以上を達成！**

最終目標に対する進捗



(出典) FCCJ資料に一部追加

- セパレータ基材の表面洗浄方法について検証実施。
- 導電性コート層のバインダー樹脂最適化により **耐食性5000hを達成。⇒ 最終目標達成！**


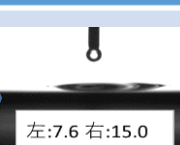

セパレータ

● 抵抗： 10 mΩcm² 以下

● 耐久性： 5000 h以上 (0.1M H₂SO₄ 90℃ 浸漬試験による)

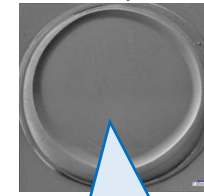
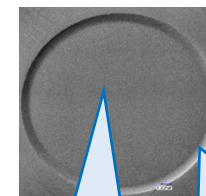
今後条件見直しを進める (Cl⁻, F⁻など)

セパレータ基材表面処理後の接触角測定結果

	処理前	処理後 5分後	処理後 60分後
写真 (接触角°)	 左:62.2 右:60.7	 左:7.6 右:15.0	 左:21.0 右:19.8

セパレータ耐食性試験サンプル表面写真

0h → 5000h経過



ふっ素ゴムシートによる
マスキング部

導電性コート層表面
Φ2cmのエリアを評価

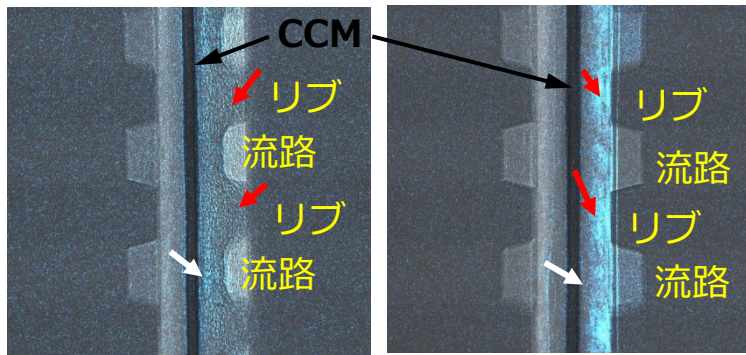
フクレ剥がれ無し

事業概要

3. 成果・進捗概要

・ X線イメージングによりガス流路付きGDLの発電時液水分布可視化を実施。

実験系と可視化セル（フラットセパレータ用に設計を変更し、フラットセパレータ部材を特注）



開発流路付きGDL

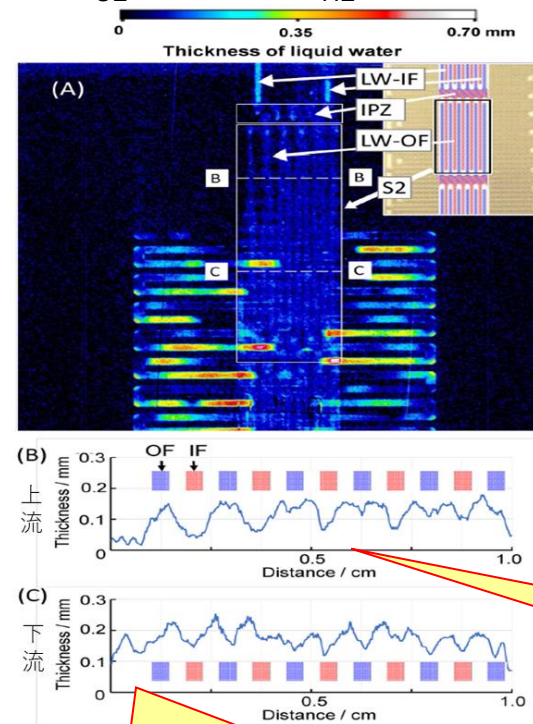
従来型GDL

軟X線イメージングでGDL一体型フラットセパレータのPEFC発電中のセル内部の液水観察に成功！

・ 中性子線イメージングにより、実サイズに近いガス流路付きGDLを用いたPEFC内部の、発電中液水分布可視化を実施。

(a) 背圧なしの液水像(H₂/Air)
73% RH and 3.0 A cm⁻².
U_{O₂} = 40%, U_{H₂} = 60%

(b) 背圧をかけた液水像(H₂/Air) (解析中)
40% RH and 2.0 A cm⁻².
U_{Air} = 40%, U_{H₂} = 60%



50 kPaG	0.365 V、120.1 mΩcm ² 背圧をかけると、2.0 A cm ⁻² まで掃引可能
100 kPaG	0.417V、94.3 mΩcm ² 液水が観察され始め、抵抗値は減少、電圧は向上
150 kPaG	0.453V、80.7 mΩcm ² 液水はより多く、抵抗値は減少、電圧は向上 液水による高分子膜の低抵抗化が高特性に寄与

上流：液水観察は先ずガス排出路、次いで導入路

下流：リブ中の液水も増加(なお空孔残る)

J. Power Sources, 530, 231251 (2022).

中性子線イメージングによる発電中の液水分布観察に成功！

主要メカニズム解析に寄与する可視化技術が着実に構築できている。⇒ 目標達成見込み

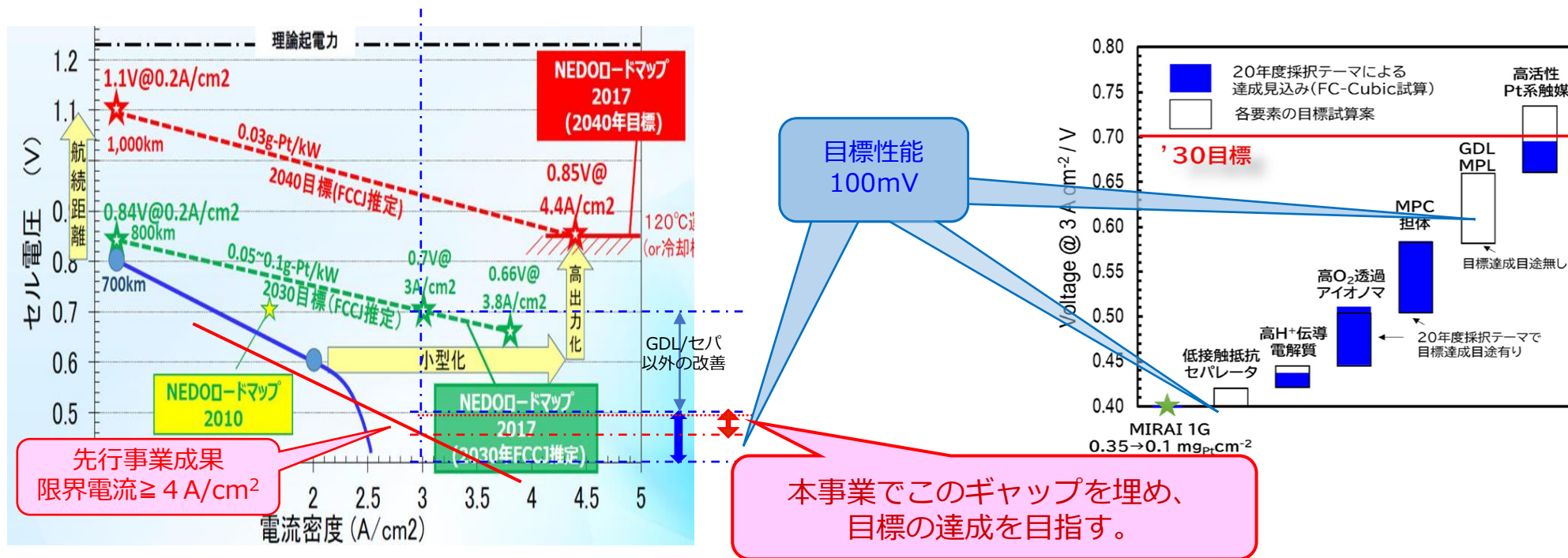
1. 事業の位置付け・必要性

・ 本事業を実施する背景や目的

NEDOの公募基準で示された2030年以降のFC技術では、セパレータ+GDLの寄与により、**初代ミライ技術から100 mV@3 Acm⁻²の電池性能向上が求められている。**

・ 本事業の位置づけや意義、必要性

本事業では各種セル性能、中性子線や軟X線のイメージング、酸素分圧可視化、実構造GDL内気液二相流動の時空間変動解析等の評価解析技術でGDL内部の酸素や水の動的变化を多角的に解析し、導電性・ガス拡散性、水マネジメント機能の性能発現/劣化メカニズムを解明したうえで、新材料設計を推進する。以上により、本事業で求められるGDL、セパレータにかかわる**2030年以降に目指すべき目標性能を達成するための過電圧低減と耐久性向上を達成**させ、産業界の持つ共通課題を解決する高効率・高出力・高耐久を両立した新たな材料・デバイスを産業界と共に**実用化につなげる**。また、このデバイスを産業界やPEFC評価解析プラットフォーム等へ供試して評価を受けることにより、その有用性の検証と材料設計へのフィードバックを行う。



2. 研究開発マネジメントについて

- 研究開発の目標と目標設定の考え方（根拠）

- 燃料電池実用化推進評議会（FCCJ）より報告された「2030/2040年に向けたチャレンジ～課題と対応～」のGDL/MPL/セパレータにかかわる2030年目標を達成する。
- 本デバイスにかかわる過電圧100mV@3Acm⁻²の低減を検証しGDL/MPL/セパレータ(表面処理)の産業界のニーズに対応する。

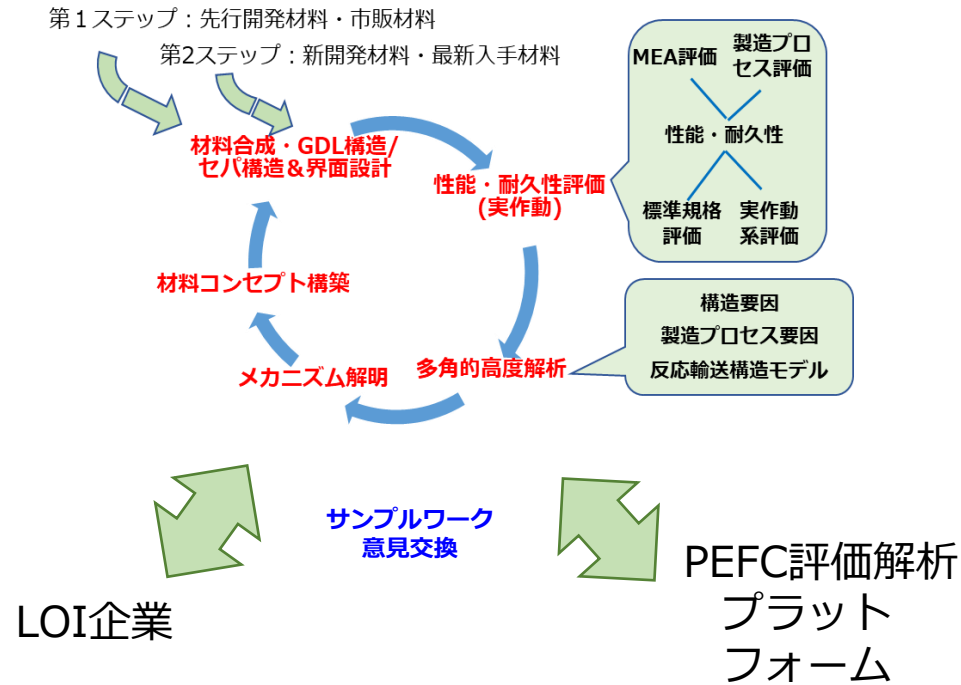
研究開発項目		目標設定の考え方	担当
①	GDLに流路を形成することによる触媒利用率の向上	GDL（多孔体）に流路を形成することで、リブ下に強制伏流ガスを発生させ、触媒利用率を向上させる。	山梨大学 エノモト
②	コスト削減のための簡易・安価な製造方法の実証	セパレータのガス流路成型を不要とすることで、平板として使用することにより大幅なコスト削減を図る。更には高温焼結を用いない簡易・安価な製造方法を実証する。	エノモト
③	金属薄板セパレーター表面の耐食コートに関する高導電性、耐食性の研究	セパレータに金属薄板を採用し、表面には炭素／樹脂の混合体による耐食コートを施し高い導電性と耐食性を担保する研究を進める。	山梨大学 エノモト
④	導電性・ガス拡散性、水マネジメント機能の性能発現／劣化メカニズムの解明、新材料技術の導入	導電性・ガス拡散性、水マネジメント機能の性能発現/劣化メカニズムを解明し、新材料技術を導入する。	山梨大学 大阪大学 エノモト

2. 研究開発マネジメントについて：研究開発スケジュール

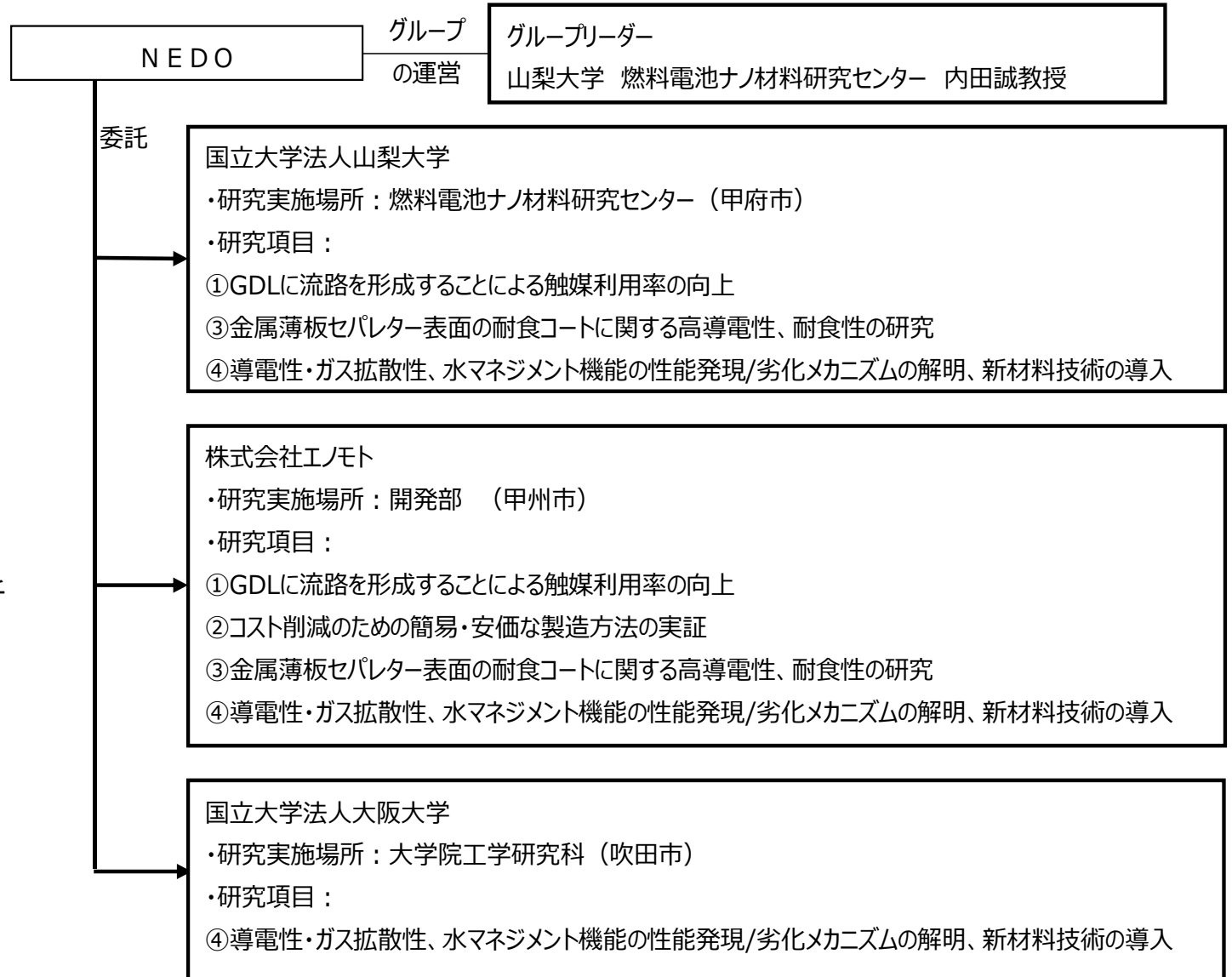
事業項目	委託先	2021年度				2022年度				(参考)		
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	2023年度	2024年度	
研究開発項目① GDLに流路を形成することによる触媒利用率の向上	山梨大学 エノト				MEA発電評価／新規流路構造・新規GDL構造 提案						MEA発電評価／改良流路構造・改良GDL構造 提案 ①④の結果に基づき更なるGDLの改良 ／ シミュレーション	改良流路構造・改良GDL構造のMEA性能検証
研究開発項目② コスト削減のための簡易・安価な製造方法の実証	エノト		現有設備を活用したデバイス作製			①、④から具体化された素材、構造での製造技術開発					コスト削減に向けて開発した製造方法の実証	
研究開発項目③ 金属薄板セパレータ表面の耐食コートに関する高導電性、耐食性の研究	山梨大学 エノト		既存部材での基本物性確認		MEA発電評価／新規GDL・セパレータ構造 提案						MEA発電評価／改良セパレータ構造・改良コート構造 提案 耐食性試験結果に基づき新部材の配合・製造条件の最適化	改良セパレータ&コート構造のMEA性能検証
研究開発項目④ 導電性・ガス拡散性、水マネジメント機能の性能発現/劣化メカニズムの解明、新材料技術の導入	山梨大学 エノト 大阪大学		高電流密度下イメージング装置の設計と作製			セル内水分分布の中性子イメージング/ X線CT測定によるGDL構造決定 性能発現/劣化メカニズム提案					改良GDL構造での中性子イメージング& X線CT解析と新提案 性能発現/劣化メカニズムの改善提案 ①④の結果に基づくデバイスを提供し共同評価	提案GDL構造でのイメージング&解析検証 性能発現/劣化メカニズムの改善提案の検証
			流路付きGDLに対応した軟X線可視化・統合解析系の構築			可視化・統合解析のもとで新規GDL・セパレータ構造設計手法の構築					新規GDL・セパレータ構造最適化設計手法の構築	新規GDL・セパレータ構造最適化設計手法の評価改善

2. 研究開発マネジメントについて：実施体制、進捗管理

アジャイル開発（山梨大、大阪大、エノモト）



- ・毎月3機関参加の進捗会議を実施。
- ・LOI企業 & PEFC評価解析プラットフォームとの意見交換やサンプルワークを通して、相手側の要望や課題を具体化し解決に向けた活動の実施。



2. 研究開発マネジメントについて：知的財産戦略

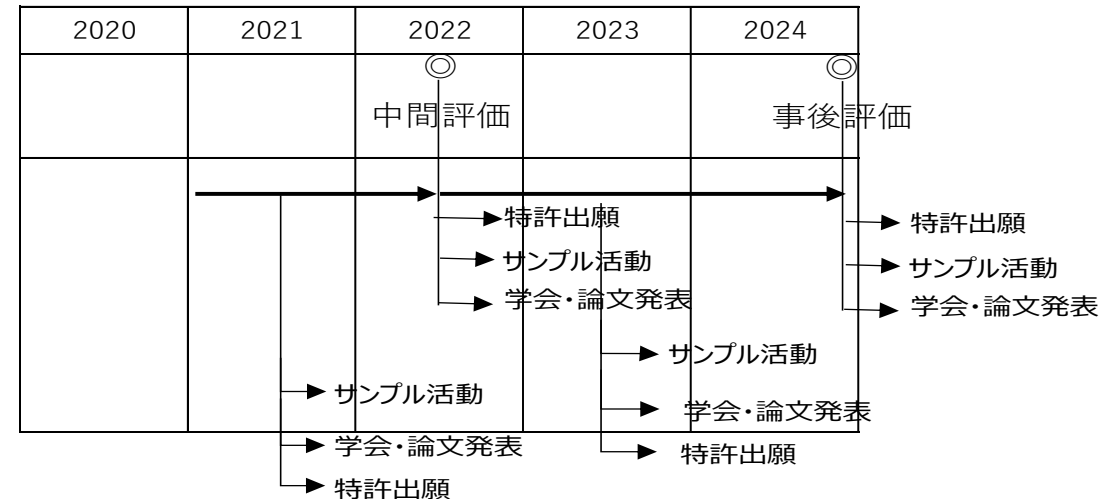
○特許化する場合の出願方針（帰属先、権利移管、出願国等）や計画

戦略的な特許取得：戦略的なオープンクローズ戦略に沿って特許取得を進める。

出願国：特許の権利化にあたっては想定される有望な燃料電池に関連する市場における有効な特許の実施権行使に直結するよう、出願国を選別して出願する。米国、欧州、中国など燃料電池市場として発展が期待される諸国に留意する。

企業との連携：発明者主義を原則として、共同するデバイスメーカーにおける事業化が円滑に有効に行えるよう、特許の公知例調査、出願、権利化の各段階において共同実施するデバイスメーカーなど連携して実施する。

▶ 出願計画



知財運営委員会の整備と運用：

「知財運営委員会（又は同機能）」を共同実施者との間で整備し、「知財の取扱いに関する合意書」をNEDOとの契約締結まで（遅くとも契約締結後、1年以内）にNEDOとも相談のうえ作成提出し、共同実施者との間の知財に関する必要な知財マネジメントを効果的に行えるよう積極的に運用する。

3. 研究開発成果について：

研究発表

発表者	所属	タイトル	発表場所	発表年月日
Naoki Hirayama	ENOMOTO Co. Ltd,	ガス拡散層一体型金属セパレータ	第6回FC-Cubicオープン シンポジウムポスター発表	2021.12.10

4. 今後の見通しについて：実用化・事業化に向けた具体的な取り組み

- ・本プロジェクトで創出されたGDL一体型フラットセパレータを供試した各自動車メーカーや定置用燃料電池会社などからの評価結果を受け、要求される数量を満足すべく量産設備投資を行い対応する。製造拠点としては、エノモト社国内工場が候補として挙げられるが、顧客によっては弊社海外工場も視野に入れる。
- ・事業化が確実に迅速に行えるよう、以下の施策を、プロジェクト期間中およびプロジェクト終了後に実施する。

	2022.6 (中間目標Ⅰ)	2023.3 (中間目標Ⅱ)	2025.3 (最終目標)	2030年頃	203X年
事業目標	30%達成	60%達成	100%達成(2030年実用化レベル)		実用化
	⇒	⇒	2030年目標の発電特性の見通しを得る		
事業化への具体的な取り組み	製品サンプル供給体制構築	小規模量産設備構築	大量生産技術確立 大量生産ライン構想	大量生産ライン確立	