

# 【課題名】業務用・産業用純水素燃料電池(PEFC)の低コスト化及びシステム化開発・実証(委託and補助)

【代表者】東芝エネルギーシステムズ(株) 松田 昌平

【実施予定年度】平成30～令和2年度

## (1)課題概要

### ①【課題の概要・目的】

「水素基本戦略」が政府より発表され、水素社会に向け水素発電への戦略が定義された。2030年には水素コスト30円/m<sup>3</sup>示されている。この燃料単価が実現されれば、CO<sub>2</sub>フリーの分散電源としてPEFCの設備費が低減されれば、本格的な導入が見込まれる。業務・事業用に適したMW級まで拡張できる低コスト燃料電池システムの技術開発および実証運転を行う。

### ②【技術開発の内容】

#### ○重要な開発要素

<40万円/kWのコストにて、MW級まで拡張可能な100kW純水素燃料電池システムを開発し、2021年より提供可能とする(>50台/年製造にて)。

#### A1.【高電流密度小型スタックの実証運転】

定置用高効率/高耐久電池は出力密度が低く、低コスト化のためには出力密度の向上が必要。定置用システムは定格で連続運転されることから出力密度の向上と高耐久性の両立が必要。現状比30%電流密度を向上し、6万～8万時間の耐久性を両立させる。

#### A2.【マルチモジュール制御開発】

100kW級を複数台設置しMW級のシステムとする。運転、停止含め個々のモジュールに個別かつ最適な運転指令を出すことにより、広い出力範囲で高い発電効率を実現する。また停電時に自立運転が可能な制御技術を開発し事業所のBCPに寄与するシステムを実現する。

#### A3.【システム実証試験】

事業所における燃料電池システム排熱活用実証

固体高分子形燃料電池システムの排熱は60℃程度であり、事業所で活用するには温度レベルが低い。本事業では高温HPとの連携による乾燥炉等での活用実証、吸着式冷凍機との連携による空調活用実証を行う。

#### B. 開発要素のシステム統合と、C. その実証

要素技術を用いたシステムのコストポテンシャルと機能、性能の検証には実機規模での実証試験が必要である。

低コスト型100kWユニットを3台試作し、工場の実負荷に対し、連携運転にて電力と熱を供給するし、そのCO<sub>2</sub>削減効果、省エネ効果を実証する。

事業所のエネルギー原として、まとまった量の水素供給が必要であり、本事業にて水素供給の実証も行う。

### ③【システム構成】

#### ・実証試験

3台の100kWユニットを設置し、各機器間を制御信号で接続します。  
1台をマスターユニットとして2台をスレーブユニットとして、マスターユニットは開発したマルチモジュール制御で、全3台の出力を制御します。

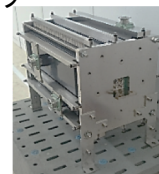


・システム構成

・要素開発



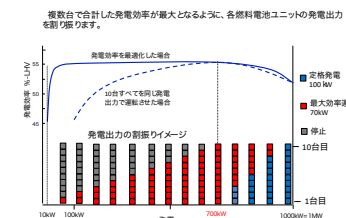
大電流密度小型燃料電池スタック



MW級水素燃料電池システム



マルチモジュール制御技術



### ④【技術開発の目標・リスク】

○目標仕様: 100kW級 純水素燃料電池システム

発電効率 50% LHV 以上、排熱回収効率 45% LHV 以上

耐久性 60,000時間 以上、(Daily Start Stop)

MW級 燃料電池システムへの対応

○想定ユーザ・利用価値: 副生水素を有する事業者→エネルギーの有効活用

2030年～ 水素流通が進むと事業所のCO<sub>2</sub>削減、省エネ設備として有効

○リスク: 技術開発完了、R3より事業化開始

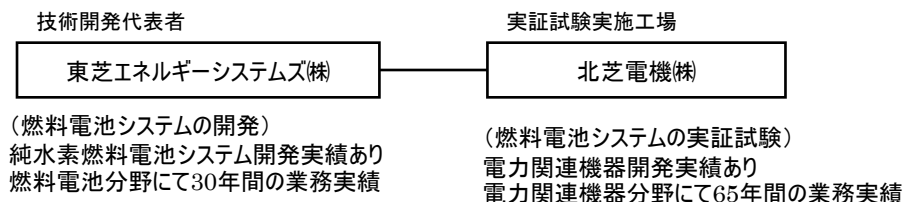
水素の流通、価格低減の遅れリスクがあるが、立ち上げ時期は副生水素を有する事業所等を対象として事業計画を立てて対応している。

## (2)実施計画等

### ①【実施体制】

燃料電池システムの開発実績のある、東芝エネルギーシステムズ(株)が要素技術開発、実証試験を実施する。

実証試験は、北芝電機(株)を予定している。北芝電機は現行の100kW水素燃料電池システムの組立を担当しており、運転評価ノウハウを有している。水素供給設備を東芝エネルギーシステムズ社の自社設備として設置し、計3台の100kW燃料電池システムによる実証運転に必要な水素供給が可能である。また、電力関連機器の製造工場であり乾燥炉を複数有しており事業所の熱需要の試験も可能である。



### ②【実施スケジュール】

|                              | 2018年度     | 2019年度     | 2020年度     |
|------------------------------|------------|------------|------------|
| セルスタックの高電流密度化<br>小型化実証試験     | 1Q 540千円   | 47, 291千円  | 3Q 845千円   |
| MM級FCシステムの開発<br>マルチモジュール連携制御 | 1Q 635千円   | 5Q 092千円   | 14, 819千円  |
| 実証試験                         |            |            |            |
| 燃料電池／排熱利用                    | 102, 541千円 | 600千円      |            |
| 実証試験 開発機)                    |            |            |            |
| 低コスト燃料電池 3台                  |            | 94, 439千円  | 123, 794千円 |
| 安全／信頼性検証 破壊試験)               |            |            | 16, 320千円  |
| その他経費                        | 179千円      | 533千円      | 1476千円     |
| 委託：一般管理費、消費税地方税              | 7, 741千円   | 29, 785千円  | 25, 658千円  |
| 合計                           | 131, 636千円 | 222, 740千円 | 212, 912千円 |
| 費用は実績を記入 補助枠分は総発生費用を算入       |            |            |            |

### ③【事業化・普及の見込み】

#### ○事業化計画

| 事業化を担う主たる事業者                                                                                                                                       | 東芝エネルギーシステムズ(株) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| ・2021年までに、販売開始<br>・2030年までに、生産数拡大により更なる低コスト化                                                                                                       |                 |
| ○事業展開における普及の見込み 2021～2025年                                                                                                                         |                 |
| ・対象市場 副生水素を有する事業所への適用<br>・運用コスト目標(年間): 4. 8万円/kW(導入前: 11.5万円/kW)<br>・製品単純回収年数: 6年程度(導入コスト差額÷年間運用コスト差額)                                             |                 |
| ○事業展開における普及の見込み 2025年～(水素価格 30円/Nm3)                                                                                                               |                 |
| ・CO2削減要請のある事業所でのコージェネ活用)<br>・運用コスト目標(年間): 13万円/kW 水素<br>(導入前: 電力 6.4万円/kW、都市ガス 4.9万円)                                                              |                 |
| ・CO2削減コスト: 設備償却(10年) 1万円/kW<br>CO2削減量 4.7t/kW年(3.5t/kW年水素輸送起因CO2係数 0.3kg/Nm3を仮定)<br>年間コスト 4.7万円/kW<br>年間CO2 削減コスト 0.6万円/t-CO2 (輸送の有る場合0.8万円/t-CO2) |                 |
| 【提案時当初計画】                                                                                                                                          |                 |

| 年度          | 販売開始年度を記載 | 2025 | 2030 |
|-------------|-----------|------|------|
| 目標販売台数(台)   | 2021年     | 200  | 800  |
| 目標累積販売台数(台) |           | 700  | 2600 |

#### 【現時点見込み】

| 年度           | 2022 | 2023 | 2030 | 2050  |
|--------------|------|------|------|-------|
| 目標単年度販売台数(台) | 20   | 150  | 800  | 1000  |
| 目標累積販売台数(台)  |      | 170  | 2600 | 10000 |

#### ○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・水素価格低減の実現
- ・水素輸送のインフラ整備が必要

### (3)技術開発成果

#### ①【これまでの成果】

- ・HPと組み合わせ、PEFC排熱の高温活用実証行った。工場へ85℃で熱供給した。
- ・燃料電池スタックの高性能化開発し、従来と同一サイズにて30%以上の高出力化を実現した。
- ・高出力スタックをもとに、大幅に小型軽量化した100kW燃料電池システムを開発した。
- ・100kW燃料電池システムをモジュールとし、数MW級まで構成可能な制御技術を開発した。
- ・低温環境試験、安全性試験を実施した。

#### ②【エネルギー起源CO2削減効果】

【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

|                                        |          |
|----------------------------------------|----------|
| 開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年) | 470t-CO2 |
| 開発品(装置/システム)の法定耐用年数                    | 10年      |

| 年度                                                               | 2025         | 2030        |
|------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|
| CO2削減量 万 tCO2/年)                                                 | 12万t-CO2/年   | 71万t-CO2/年  |
| 累積CO2削減量 万t-CO2)                                                 | 28.9万t-CO2/年 | 241万t-CO2/年 |
| CO2削減コスト 円/t-CO2)<br>=環境省から受ける補助総額(円)÷<br>当該年度までの累積CO2削減量 t-CO2) | 1948円/t-CO2  | 233円/t-CO2  |

#### 【現時点見込み】

|                                        |          |
|----------------------------------------|----------|
| 開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年) | 470t-CO2 |
| 開発品(装置/システム)の法定耐用年数                    | 10年      |

現時点見込みの年次は固定

| 年度                                                               | 運用開始 2022 | 2023         | 2025        | 2030        | 2050         |
|------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| 導入台数 副生水素                                                        | 20        | 150          | 200         |             |              |
| 導入台数 コージェネ                                                       |           |              |             | 800         | 1000         |
| 累積台数                                                             |           | 20           | 170         | 2600        | 10000        |
| CO2削減量 万 tCO2/年)                                                 |           | 0.43万t-CO2/年 | 3.7万t-CO2/年 | 71万t-CO2/年  | 284万t-CO2/年  |
| 累積CO2削減量 万t-CO2)                                                 |           | 0.43万t-CO2/年 | 4.1万t-CO2/年 | 241万t-CO2/年 | 2500万t-CO2/年 |
| CO2削減コスト 円/t-CO2)<br>=環境省から受ける補助総額(円)÷<br>当該年度までの累積CO2削減量 t-CO2) |           |              | 1948円/t-CO2 | 233円/t-CO2  | 233円/t-CO2   |

#### ③【成果発表状況】

##### (1)特許出願状況

- ・特願P2020-122273 「分散電源システム」
- ・特願P2020-132665 「燃料電池システム及び電力供給システム」
- ・特願2021-155993 「燃料電池システム及び制御方法」
- ・特願2021-156009 「燃料電池システム及び制御方法」

##### (2)社外発表等

- ・FODIC年報(2020年12月)「純水素燃料電池システムの開発と市場展開」
- ・FC EXPO2020講演(2021年2月)「純水素燃料電池システム開発の最新動向と今後の取り組み」
- ・日本ガスタービン学会誌 第49巻2号(2021年3月)「燃料電池システム開発の最新動向と今後の取り組み」
- ・東芝レビュー(2021年3月/VOL.76 NO.2)「MW級定置用燃料電池の開発」

#### ④【技術開発終了後の事業展開】

##### ○量産化・販売計画

- ・2021年より営業活動開始。(2020年度燃料電池工場移転拡張実施)
- ・2022年 設置、運用開始
- ・2023年 量産目標達成、販売価格1次目標を実現。
- ・2030年 本格量産対応、コスト低減

##### ○事業拡大シナリオ

| 年度         | 2021              | 2023             | 2030<br>(最終目標) |
|------------|-------------------|------------------|----------------|
| 低コスト化技術開発  | 電池量産準備            | 初期量産実現           | 本格量産技術投入       |
| 販売網による販売拡大 | 販売活動              | >50台以上<br>目標150台 |                |
| 海外への事業展開   | 販売提携先調査<br>海外直接販売 | 海外販売提携           | 現地組み立て         |

##### ○シナリオ実現上の課題

- ・2030年には水素流通が拡大していることが必要
- ・水素活用に向けた、法整備、適切な緩和処置
- ・水素導入促進政策



## ○参考資料1 CO2削減効果について

| 年度                                                                | 運用開始 | 2022 | 2023         | 2025        | 2030        | 2050         |
|-------------------------------------------------------------------|------|------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| 導入台数 副生水素                                                         |      | 20   | 150          | 200         |             |              |
| 導入台数 コーージェネ                                                       |      |      |              |             | 800         | 1000         |
| 累積台数                                                              |      |      | 20           | 170         | 2600        | 10000        |
| CO2削減量(万t-CO2/年)                                                  |      |      | 0.43万t-CO2/年 | 3.7万t-CO2/年 | 71万t-CO2/年  | 284万t-CO2/年  |
| 累積CO2削減量(万t-CO2)                                                  |      |      | 0.43万t-CO2/年 | 4.1万t-CO2/年 | 241万t-CO2/年 | 2500万t-CO2/年 |
| CO2削減コスト(円/t-CO2)<br>=環境省から受ける補助総額(円) ÷<br>当該年度までの累積CO2削減量(t-CO2) |      |      |              | 1948円/t-CO2 | 233円/t-CO2  | 233円/t-CO2   |

～2025: 副生水素等を中心とした事業展開

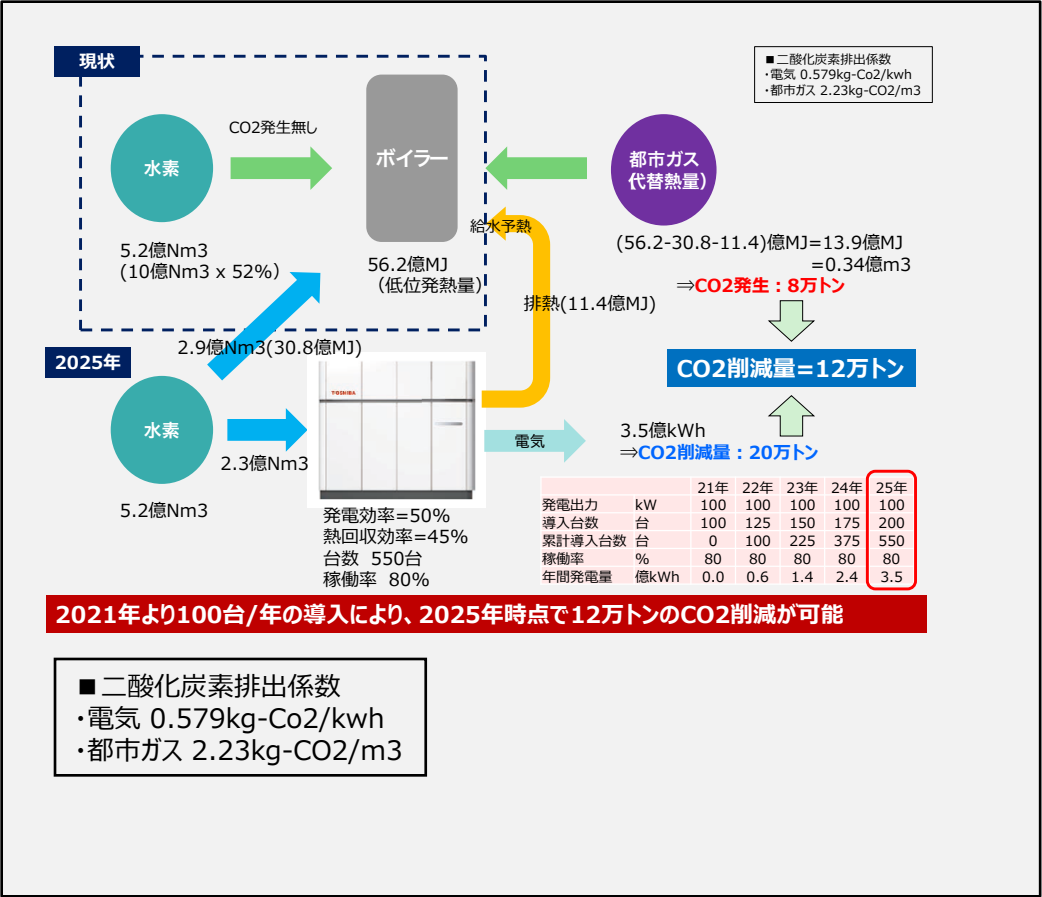
2026～: 水素サプライチェーンを想定したコーージェネレーション市場

|                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| 開発品(装置/システム)1台当たりのCO2削減量(t-CO2/台・年) | 470t-CO2 |
|-------------------------------------|----------|

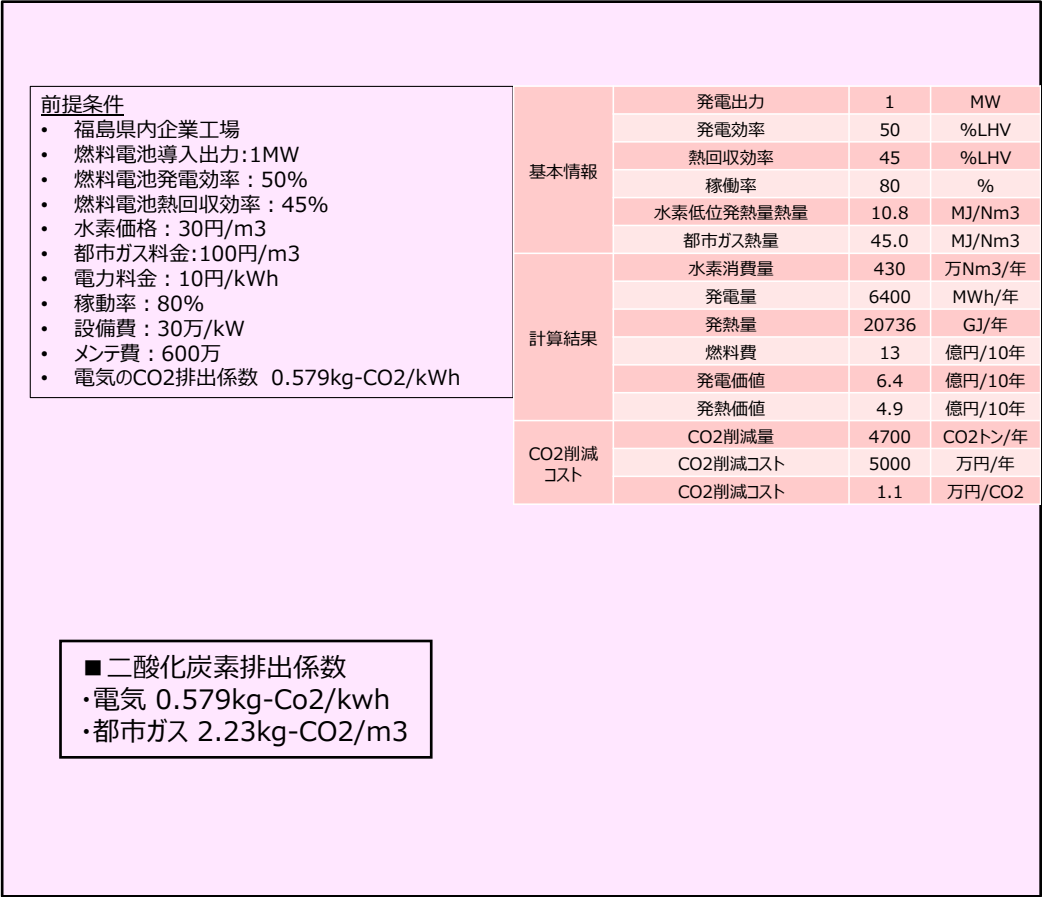
# CO2削減効果試算

二酸化炭素排出係数は  
「地球温暖化対策事業効果算定ガイドブック」H29. 2 環境省地球環境局による

## 2021年ー2025年 副生水素



## 2026年ー コージエネ利用



## ○参考資料2 事業化計画について

### ①: ユーザーニーズ及び市場の現状と想定される今後の動向

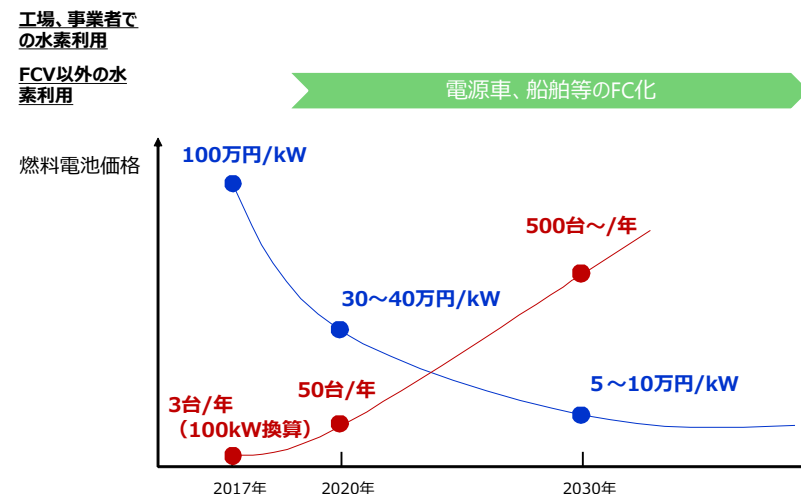
カーボンニュートラルに向け、水素発電需要は急速に立ち上がる。

再生可能エネルギーのさらなる活用には、水素社会が必須であり、水素燃料電池は主要な役割を果たす。

現在水素の流通は限定的であるが、今後グリーン水素が拡大し、水素価格が30円／m<sup>3</sup>程度に低下すると水素を燃料とするコージェネレーション成立する。2025年ころより水素コージェネレーションが立ち上がり、2025年までは、水素が供給できる事業者、例えば副生水素の活用などで、導入が始まる。

### ②: ①を踏まえたコスト目標と事業採算性の見通し

事業採算性を基に計画している販売価格と台数Iを示す。



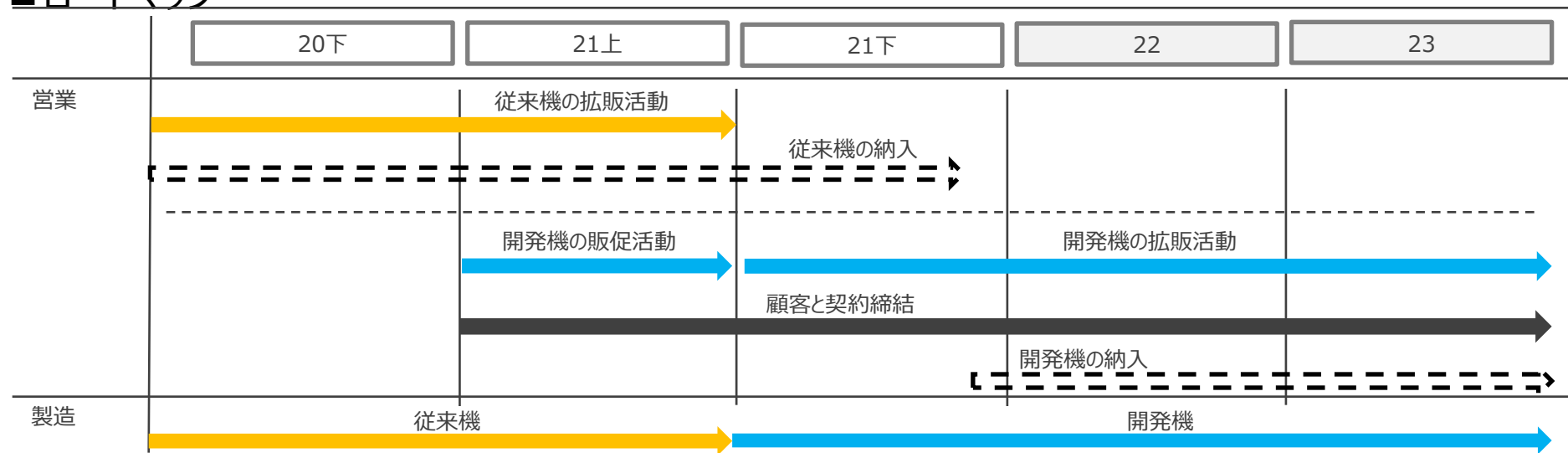


## ○参考資料2 事業化計画について

### ■ 開発製品の販売立ち上げ方針

- ・2021年度は従来機の製造・販売を継続しつつ、今回の開発機の販売促進活動を推進する。
- ・開発機の製造・販売は、以下に示すスケジュールで進めており、生産準備と営業活動中である。
  - 顧客との契約 : 2021年4月～
  - 品質検証 : ～2021年9月末
  - 初号機 製造 : ～2022年2月末
- ・開発機の販売台数規模は、2022年度：20台、2023年度150台、.....。

### ■ ロードマップ



## ○参考資料3 その他

### (1) 特許出願状況

- ・ 特願P2020-122273 「分散電源システム」
- ・ 特願P2020-132665 「燃料電池システム及び電力供給システム」
- ・ 特願2021-155993 「燃料電池システム及び制御方法」
- ・ 特願2021-156009 「燃料電池システム及び制御方法」

### (2) 事業終了後の継続した信頼性評価試験

補助にて制作した開発機を東芝内試験場にて、長期運転評価試験を継続実施中





### (3) 燃料電池スタック 製造体制

2020年11月、燃料電池スタック製造工場を移転  
拡大し操業開始した。

従来の10倍の増産に対応する。



## CO2排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- ・ 評価点 7.6 点 （10点満点中。（10点：特に優れている、8点：優れている、6点：問題ない、4点：多少問題がある、2点：大きな問題がある））
- ・ 評価コメント

### 〔評価された点〕

- 小型スタック、マルチモジュールでの実証試験の実施において設定した開発目標を達成し、MW級までの拡張性を持つ低圧用燃料電池を政府が定めた目標値以上の低コストで提供する目途を立てたことは評価できる。
- 従来の燃料電池スタック製造工場設備を10倍に拡大し、事業拡大の準備を整えていることは評価できる。また、特許出願も4件行われていること等から、開発技術の先進性・革新性が認められる。

### 〔今後の課題〕

- スタックの小型化を可能にするために開発した基礎技術を十分に説明することが、スタックの普及のために必要である。同様に、マルチモジュール制御方法を科学技術として説明する必要がある。
- 期待されるCO2排出削減効果を発揮するためには、目標の販売台数を達成することが必要である。そのため市場調査及び販売活動、特に政府が進める2050年カーボンニュートラルのための政策を背景とした事業化提案などを積極的に行うことで、本事業で開発した燃料電池が有効に活用できる市場を海外を含めて開拓していくことが求められる。
- コスト低減に向けたさらなる改善を進めるとともに、商用機で発電効率を50%になるように引き続き高効率化の努力が必要である。また、産業用に熱と電気を供給することに加えて、民生部門への熱電併給などについても検討してほしい。

### 〔その他特記事項〕

- 低圧用燃料電池及び高圧用電池の販売価格目標の達成、さらにはメンテナンスコストが高額にならないように、事業開始と並行して継続した技術開発を進めてほしい。

### 〔事業の拡大に向けたコメント〕

- 水素利用の推進において、国際的にはグリーン水素、グレー水素等の切り分けが行われている。本事業は後者の利用を念頭においているが、前者を利用したカーボンニュートラルに向けた総合的なシステムとその展開を常に念頭におくことが必要である。
- 開発した技術の省エネルギー性と経済性に加えて、さらに導入者にメリットを与え普及を促進するために、公的な導入支援事業を活用することも一案である。また事例に基づく導入モデルの作成も効果的と思われる。さらには本技術を活用し、地方自治体と連携して、熱導管を敷設した燃料電池コジェネ街区をつくり、脱炭素化の先行区域とすることにチャレンジしてほしい。