

# Meet up Chubu Vol.8 配布用

燃料電池用金属セパレータ量産システムの事業化提案

＜共同開発と技術ライセンス＞

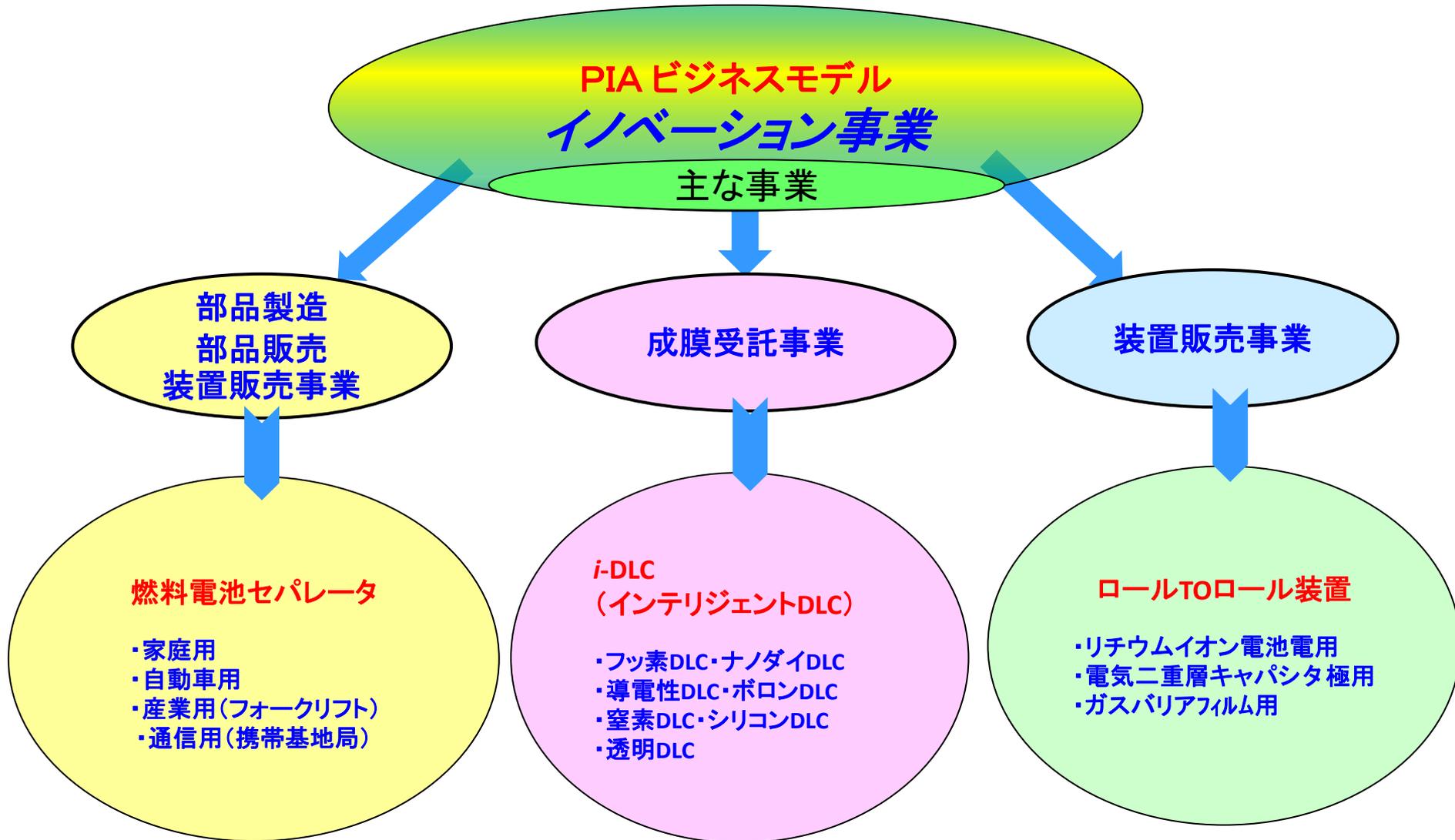
株式会社プラズマイオンアシスト(PIA)

- NEDOの支援を受け、セパレータの低コスト化と量産装置の事業化を推進中。
- 燃料電池用金属セパレータへの最適な低抵抗、耐食性に優れたDLC薄膜のイノベーションの創出。
- 基本的技術開発は終了しており、コラボレーションによる共同開発と事業化を推進。
- 技術ライセンスにより、各社ブランドでの事業化の推進と2050年ネットゼロに向けたビジネス展開を望む。

# I 会社概要

企業名	株式会社プラズマイオンアシスト(PIA)
本社/工場所在	京都府京都市伏見区毛利町117
設立	2002年8月
資本金	1億円
従業員数	13名
年商規模	3億円
主なNEDO事業	<p>平成22年7月</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・NEDO“新エネルギーベンチャー技術革新事業”に採択。(A、Bフェーズ)</li></ul> <p>テーマ: 高速成膜による高導電性DLCセパレーターの技術開発</p> <p>平成24年7月</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・NEDO“新エネルギーベンチャー技術革新事業”に継続案件として認定。(Cフェーズ)</li></ul> <p>令和2年9月</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・NEDO“新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術研究開発事業”に採択。(Dフェーズ)</li></ul> <p>テーマ: 燃料電池基板を低コスト化する連続DLC成膜装置の実証研究開発</p>
コア技術	プラズマイオン注入技術: PIAD (Plasma Ion Assisted Deposition: プラズマイオンによる成膜)を用いた、各種材料表面の高機能化。

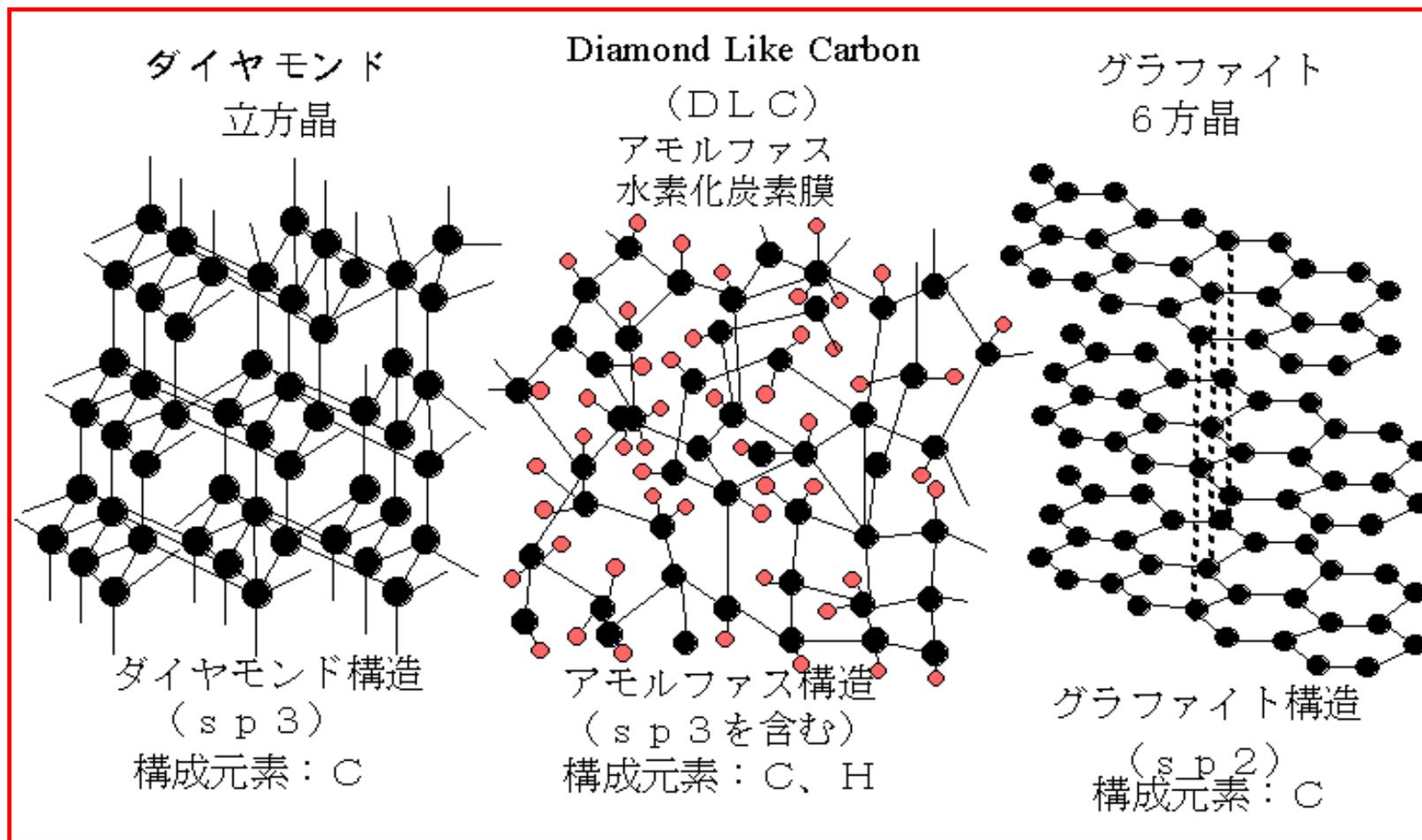
## II 事業概要



# III 金属セパレーターへのDLC薄膜の適用とDLC加工技術について

## 1) DLCとは

- DLCはDiamond like Carbonの略称である。
- ダイヤモンド構造の $sp^3$ とグラファイト構造の $sp^2$ が約50%で構成され、ダイヤモンドに類似し絶縁性で、高硬度で耐食性に優れる。



# Ⅲ 金属セパレーターへのDLC薄膜の適用とDLC加工技術について

## 2) 技術的課題

- 耐食性に弱いステンレス、アルミ基材を、導電性とポーラスフリー（欠陥フリー）の耐食性に優れた、低コストDLC表面加工技術が必須。

### <オンリーワンの技術提案>

#### 1. PIAD技術 (特許番号: 4704453)

高密度プラズマと高エネルギーイオン注入技術を組み合わせた革新的な日本初の基盤技術

\* PIAD: Plasma Ion Assisted Deposition

#### 2. リニアアンテナ型ICPプラズマ源技術 (特許番号: 4704453)

高密度プラズマによる、高速成膜

\* ICP: Inductively Coupled Plasma

#### 3. 導電性DLC膜技術 (特許番号: 6014807)

金メッキに代わる、低抵抗と耐食性に優れた膜

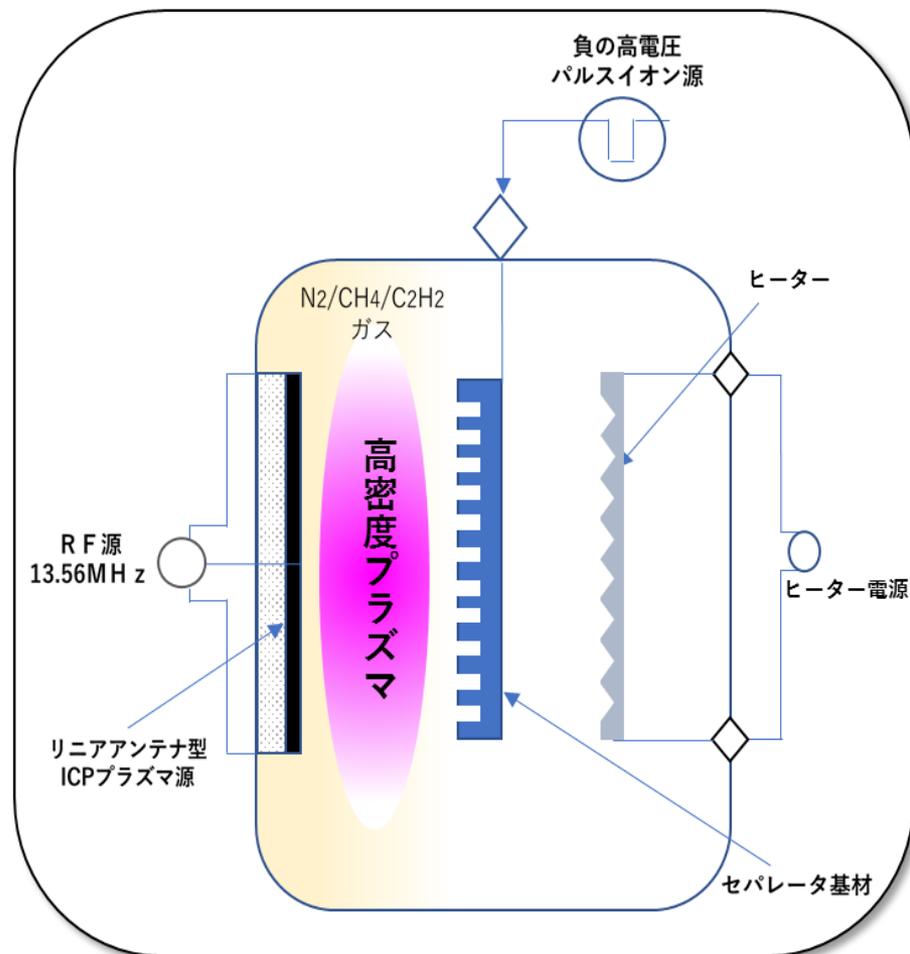
導電性(接触抵抗):  $2\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下

耐食性(漏れ電流):  $1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 以下

#### 4. L to L方式連続量産装置 (特許番号: 6814998)

差動排気方式による連続量産装置によるセパレーターの低コスト成膜(50円/A4サイズ以下)

\* L to L: Lift to Lift



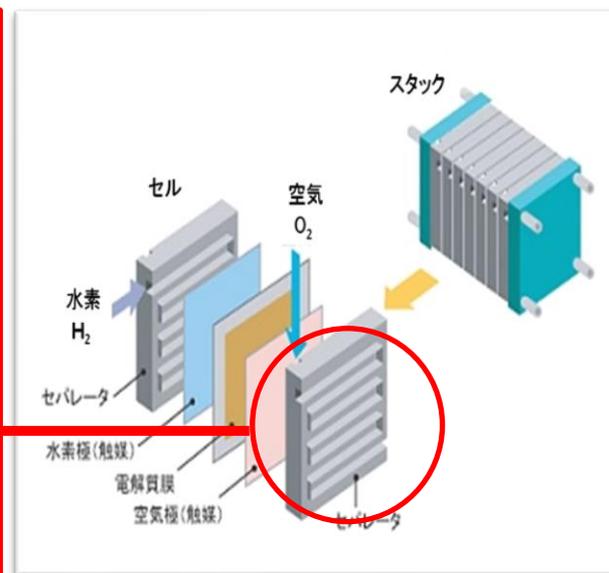
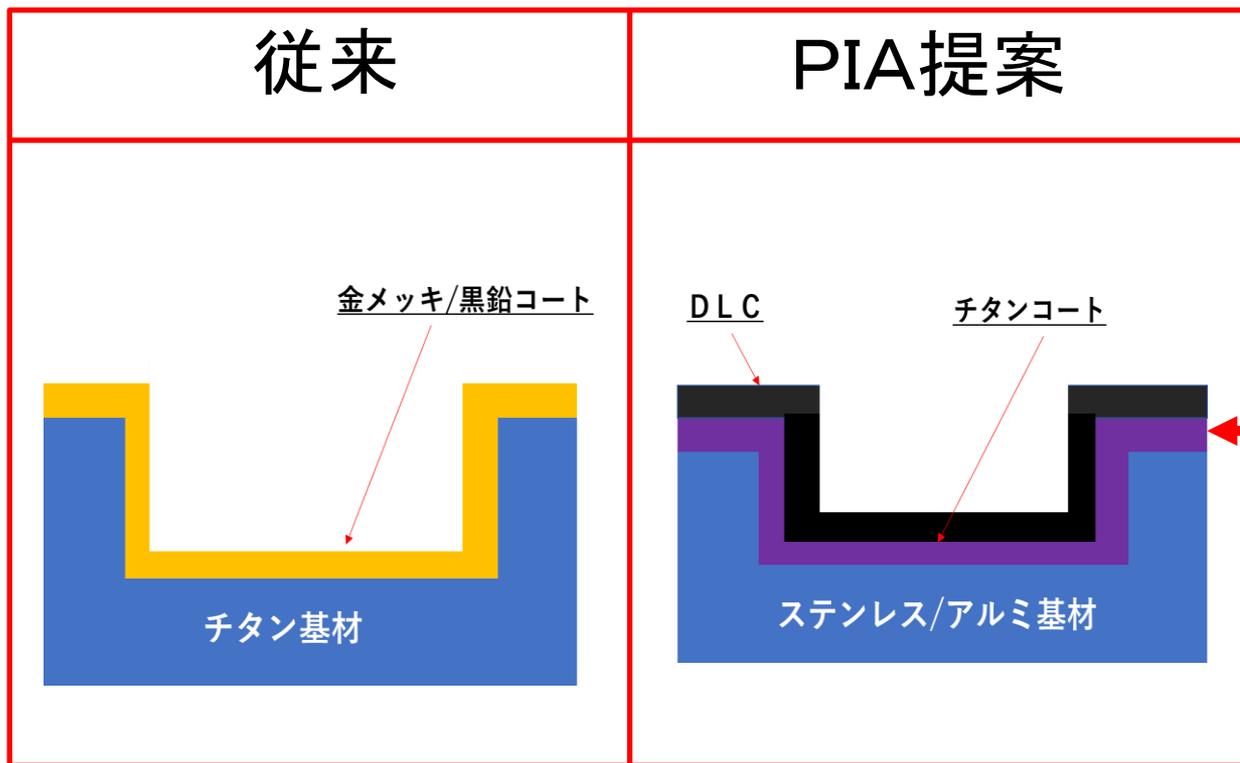
<PIAD法の原理図>

# Ⅲ 金属セパレーターへのDLC薄膜の適用とDLC加工技術について

## 3) 金属セパレーターへの表面処理

- 燃料電池の駆動内部環境は強酸性 ⇒ 金属セパレーターは現状チタンを採用しかし、チタンは、希少・高価で成型困難な金属  
⇒ 2030年の大衆車(250万円程度)へのFC採用には...

**“安価なステンレス鋼やアルミ基材による金属セパレータの実現“が必須。**

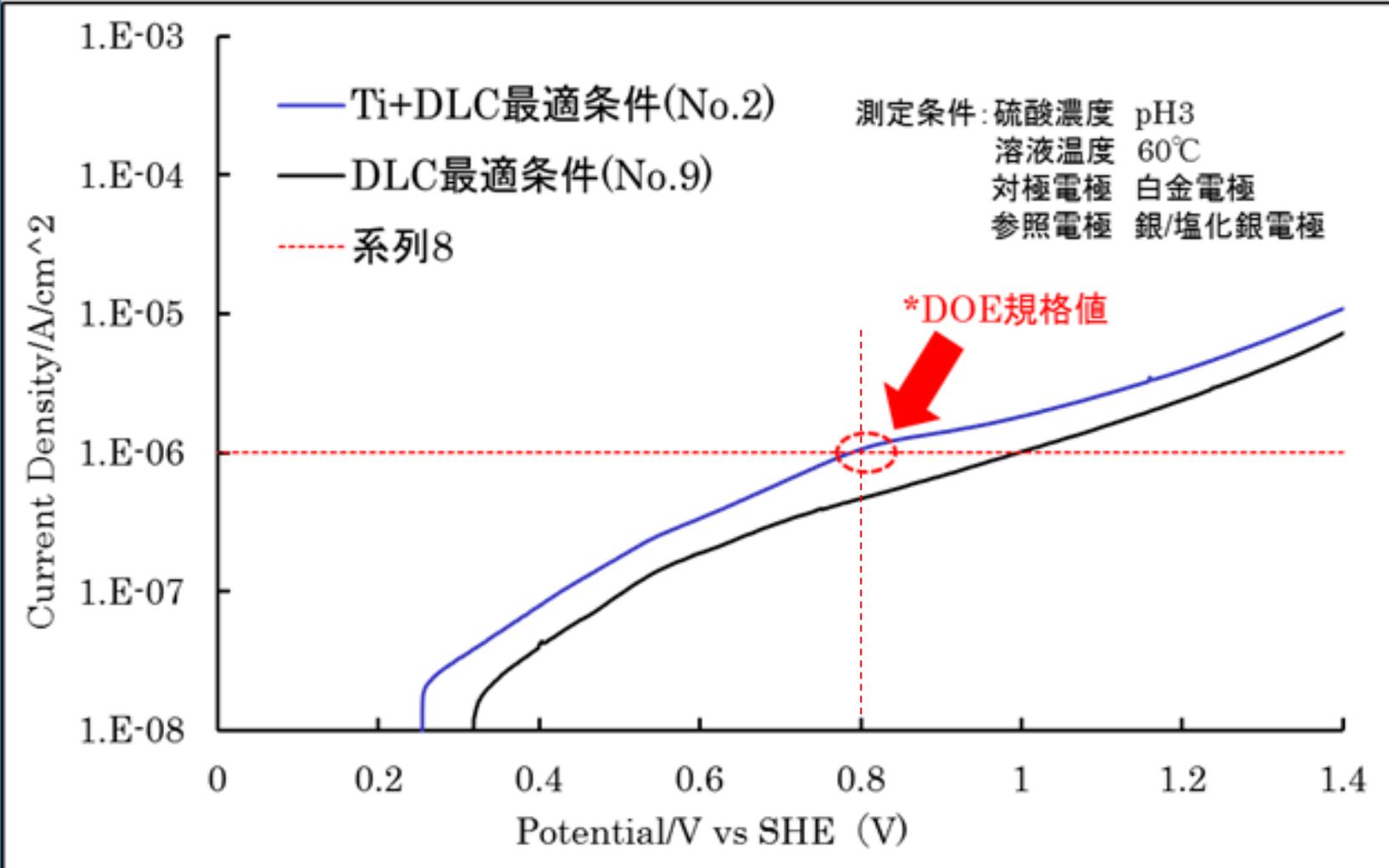


セパレーターへの表面処理

# III 金属セパレーターへのDLC薄膜の適用とDLC加工技術について

## 4) セパレータの性能

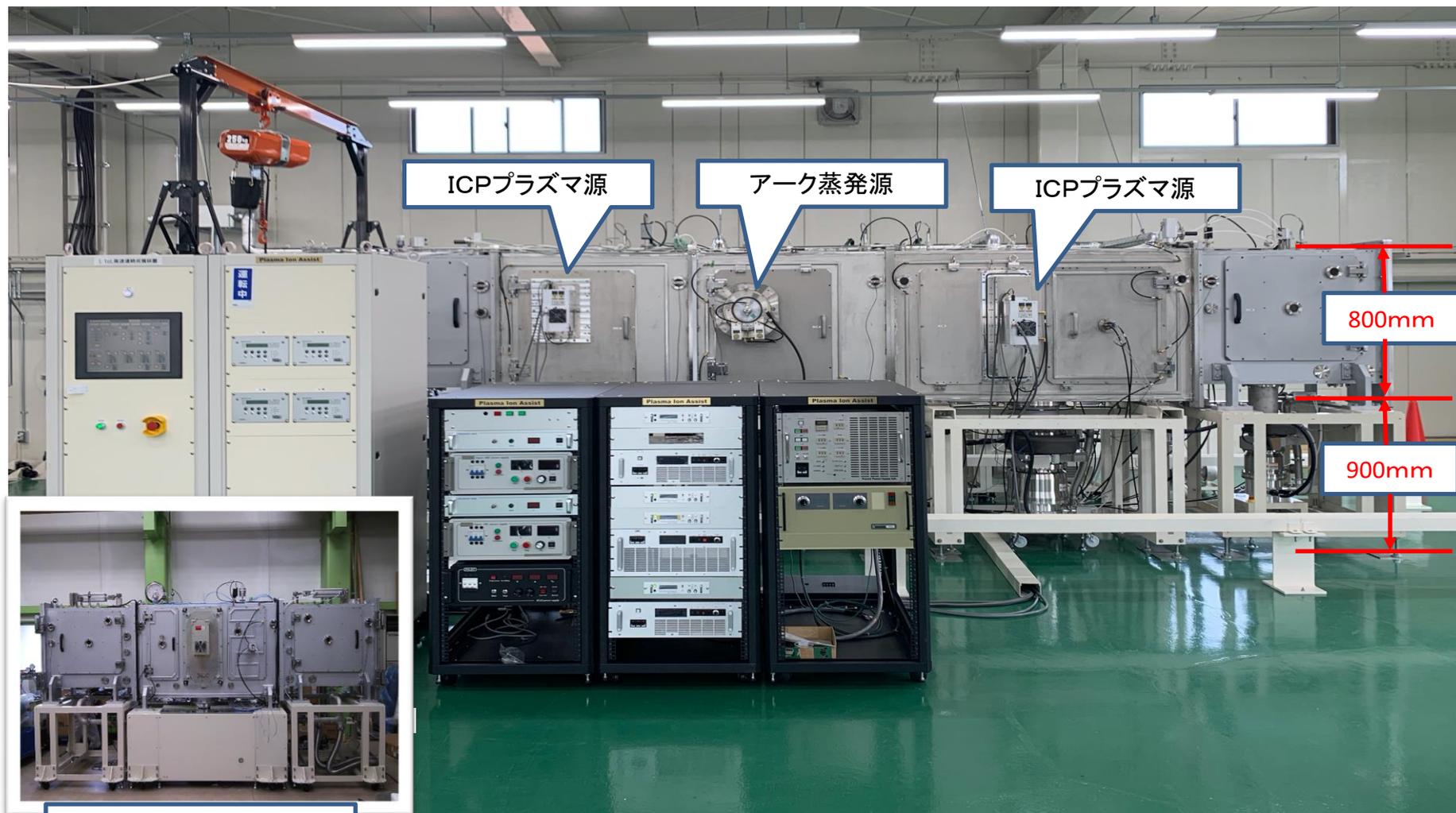
- 接触抵抗:  $2\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下
- 耐食性 :  $1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 以下



# Ⅲ 金属セパレーターへのDLC薄膜の適用とDLC加工技術について

## 5) NEDO開発装置(L to L方式高速連続成膜装置)

➤ **差動排気方式**を用いた連続成膜装置による**低加工コスト**の実現。(A4版:480枚/hr)



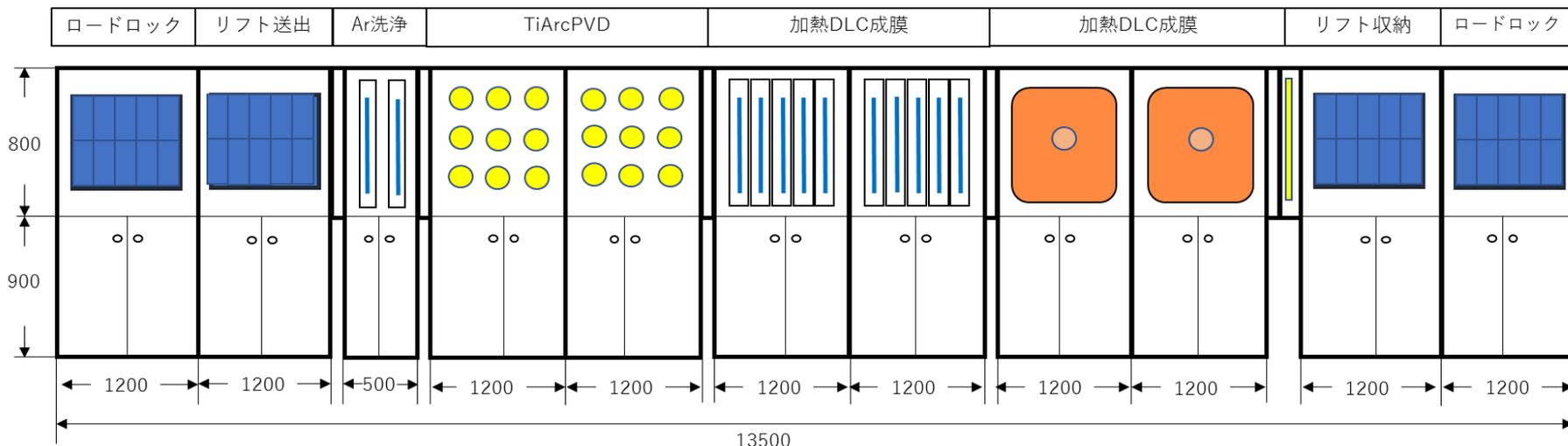
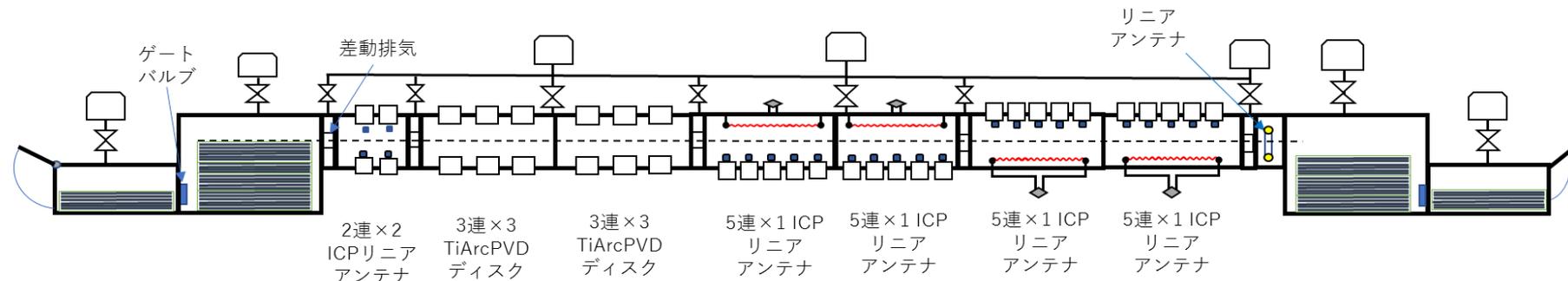
従来:C to C 装置

\* C to C:カセット・ツー・カセット(断続成膜)

# Ⅲ 金属セパレーターへのDLC薄膜の適用とDLC加工技術について

## 6) 量産装置概念図

➤ 将来の量産装置構想(ユニット式による設備増設可能)



- ◆ ロードロック方式にて A4セパレーター8枚セット \*リフトにて順次成膜室に搬送(Lift to Lift)
- ◆ クリーニング室にてArによる基材表面クリーニング \* 基材の酸化物除去
- ◆ Ti成膜室にて、アーク源によりTi膜成膜
- ◆ DLC成膜室にて、Ti膜の上に導電性DLC50nm成膜 \* ICP源5台にて**高速成膜(9μm/hr)**
- ◆ 搬出 **144万枚/月搬出** \* 燃料電池自動車4万台分

# IV 既存製品／技術に対する優位性(PIAD法によるDLC膜の優位性)

## 1) 基材＋成膜コスト比較

- 表面処理コストは、黒鉛が最安価だが、膜密度に劣り、チタン以外は使用不可。
- 金メッキは、高価であり、また、相場による価格変動が大きい。

基材	チタン		ステンレス	アルミ
利用状況	～2020年	～2022年	～2022年～	～2022年～
表面処理	金メッキ	黒鉛	導電DLC	導電DLC
重さ(比較)	中程度(4.5)		重い(7.8)	軽い(2.8)
接触抵抗	2mΩ・cm <sup>2</sup> 以下		2mΩ・cm <sup>2</sup> 以下	2mΩ・cm <sup>2</sup> 以下
耐食性	腐食せず		1μA/cm <sup>2</sup> 以下	1μA/cm <sup>2</sup> 以下
基材価格	100円～		～30円	～15円
成膜コスト (～2022年)	50円～100円 at60nm	10円 at60nm	50円 atDLC(150nm) atTi(100nm)+DLC50nm)	50円 atDLC(150nm) atTi(100nm)+DLC50nm)
成膜コスト (～2025年) 新型ICP			20円 atDLC(150nm) atTi(100nm)+DLC50nm)	20円 atDLC(150nm) atTi(100nm)+DLC50nm)
トータルコスト	200円～150円	110円	80円(2025年⇒50円)	65円(2025年⇒35円)

# IV 既存製品／技術に対する優位性 (PIAD法によるDLC膜の優位性)

## 2) 成膜技術比較

- 高速成膜による低コスト加工
- 複合膜の連続成膜が可能
- イオン注入技術による、基板と強固な密着力を有する高密度(ポーラスフリー)薄膜の合成が可能
- 耐食性／導電性の両特性を有するDLC薄膜の合成が可能

方法	マグネトロンスパッタ	PIAD
媒体	固体カーボン	有機ガス(CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )
成膜方法	スパッタ	プラズマイオン注入
接触抵抗	数 mΩ・cm <sup>2</sup>	数 mΩ・cm <sup>2</sup>
膜	グラファイト ポーラス有り 不均一	DLC <b>ポーラスフリー</b> <b>均一</b>
成膜速度	～1μm/hr	<b>9μm/hr</b>
コスト	高価	<b>安価</b>

# V 市場予測／取り組み

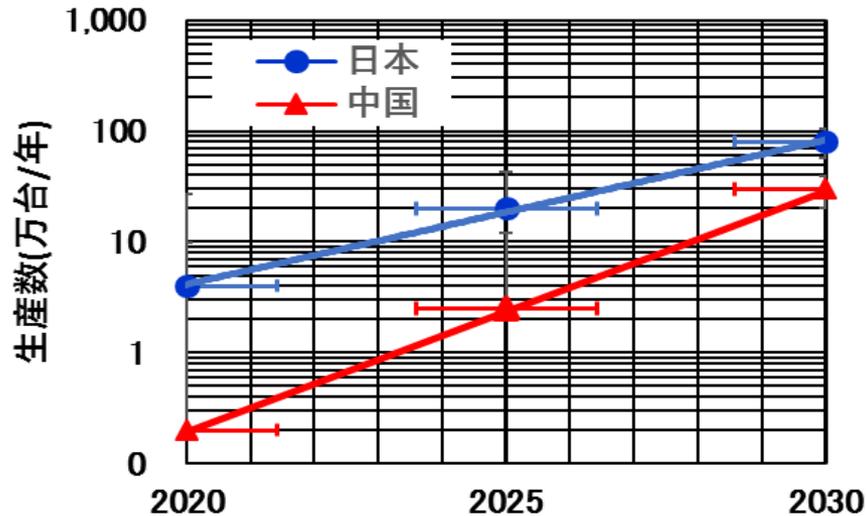
## 1)セパレータ量産装置市場予測

＜大市場への事業参入のチャンス＞

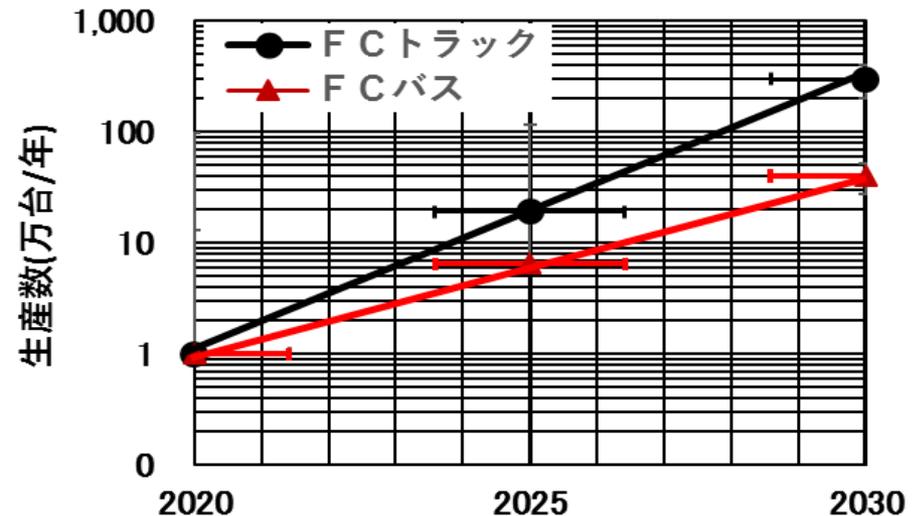
- 国内市場 - 普通乗用車・・・搭載FC:100Kw／台  
 2025年・・・FCV 20万台／年 → 装置市場:7億円／台 × 5台／年 = 35億円／年  
 2030年・・・FCV 80万台／年 → 装置市場:7億円／台 × 20台／年 = 140億円／年
- 海外／中国市場 -トラック、大型バスへの搭載・・・搭載FC:600Kw／台  
 2030年・・・FCVトラック 300万台、・・・  
 装置市場 7億円 × (600Kw／100Kw) × (300/20) × 5台 = **3,150億円**

## 2)燃料電池自動車市場予測

世界FCV生産計画



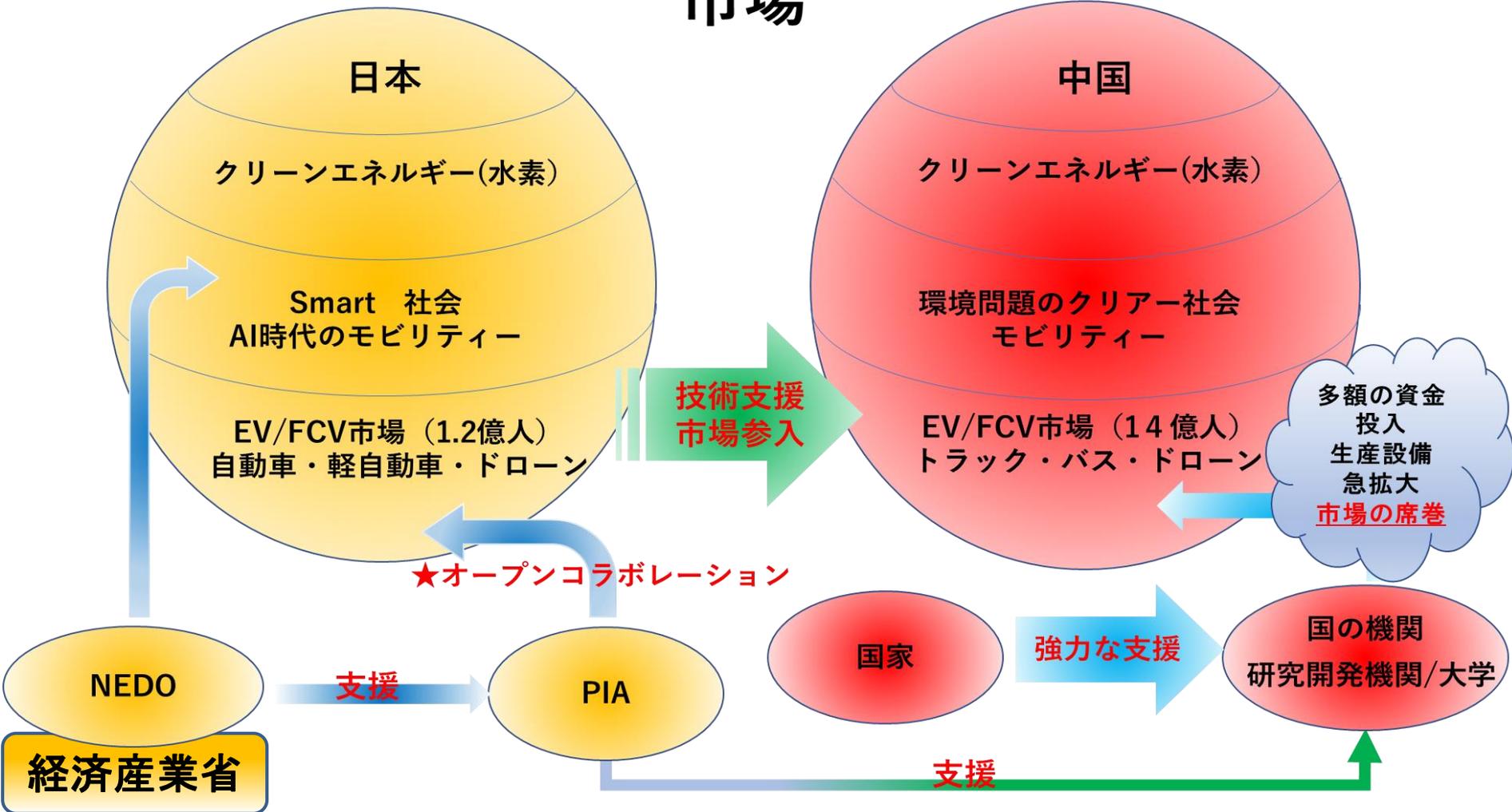
中国FCT／FCB生産計画



# V 市場予測／取り組み

## 3) 水素社会実現の取組 日本／中国

### 市場

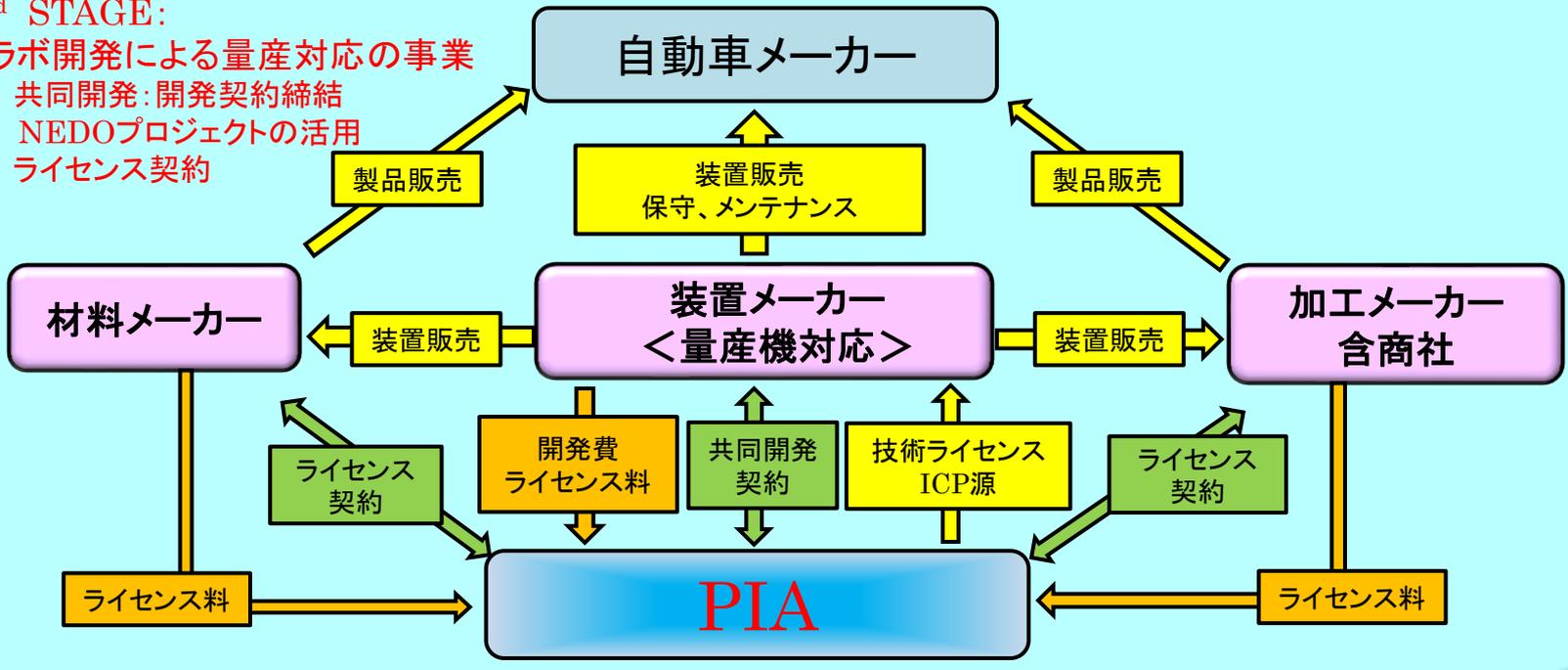


# VI 共同開発／事業化に向けたスキーム

## 2nd STAGE:

コラボ開発による量産対応の事業

- ✓ 共同開発: 開発契約締結  
NEDOプロジェクトの活用
- ✓ ライセンス契約



### 性能達成

- ユーザー様の生産情報の開示
- 仕様
  - 生産計画、スケジュール

## 1st STAGE: 開発成果に基づくユーザー性能評価

### PIA 社内開発による性能達成

- 成膜速度  $\geq 6 \mu\text{m}/\text{hour}$
- 接触抵抗  $\leq 5\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$
- 耐食性漏洩電流  $\leq 10\text{A}^{-6}/\text{cm}^2$
- 生産コスト  $\leq 50\text{円}/\text{A4} \cdot \text{SUS}$ 、AI
- 長期発電試験  $\geq 2000\text{hour}$

### サンプル性能評価

### 開発装置 対応

- ◆ 国内自動車メーカー  
トヨタ、ホンダ、日産、etc.
- ◆ 海外自動車メーカー  
GM、TESLA、etc.  
中国市場  
(公的機関)

## VII 弊社技術を導入した際の各社様 メリット

- ◆ **開発費（初期投資）の、大幅低減！（実証研究推進中）**
- ◆ **自社ブランドとして、製品販売が可能となります！**
- ◆ **自社のものづくり技術を活用出来ます！**

	希望する業種／業界	弊社と連携する事によるメリット
1	装置メーカー	✓ 自動車市場での装置導入がはかれると同時に、セパレータ供給メーカーとして、新たな事業展開も可能となる。
2	自動車メーカー (含自動車部品・電装メーカー)	✓ 高級自動車以外の車種への燃料電池搭載が可能となり燃料電池自動車の市場拡大が加速できる。 ✓ 今後の電動化に伴う自動車業界で、従来のガソリンエンジン用部品から燃料電池自動車部品への事業転換が、はかれる。
3	材料メーカー	✓ 今後終息方向になる、ガソリンエンジン周辺鋼板ビジネスから、セパレーター用鋼板ビジネスに転換でき、かつ、付加価値をつけたビジネス展開が可能となる。
4	成形・金型・加工メーカー	✓ 単なる、成形受託ではなく、付加価値を付けた、成形＋成膜ビジネス展開が可能となる。
5	商社	✓ 商社機能を活用し、材料から製品までのサプライチェーンの構築が可能で、新たなビジネスチャンスを生む。

# VIII 燃料電池金属セパレータの実用化に向けた革新的生産技術の開発

## 革新的生産技術の早期実現に向けた課題の解決

### 1. 量産性と低コスト化

#### ■ 超高速ICPプラズマ源の開発

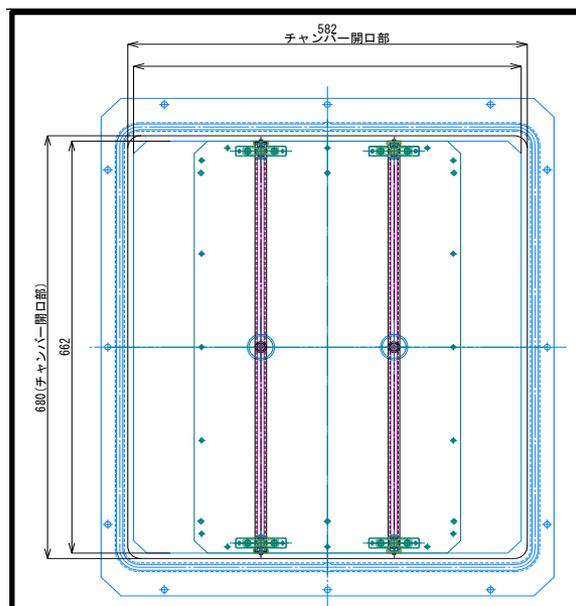
成膜速度:  $18 \mu\text{m}/\text{h}$  at RF3kW

### 2. 膜質の安定性

#### ■ 温度制御付きICPプラズマ源の開発

基材の表面温度を制御

ヒーター加熱後のRFプラズマイオンによる温度上昇を制御

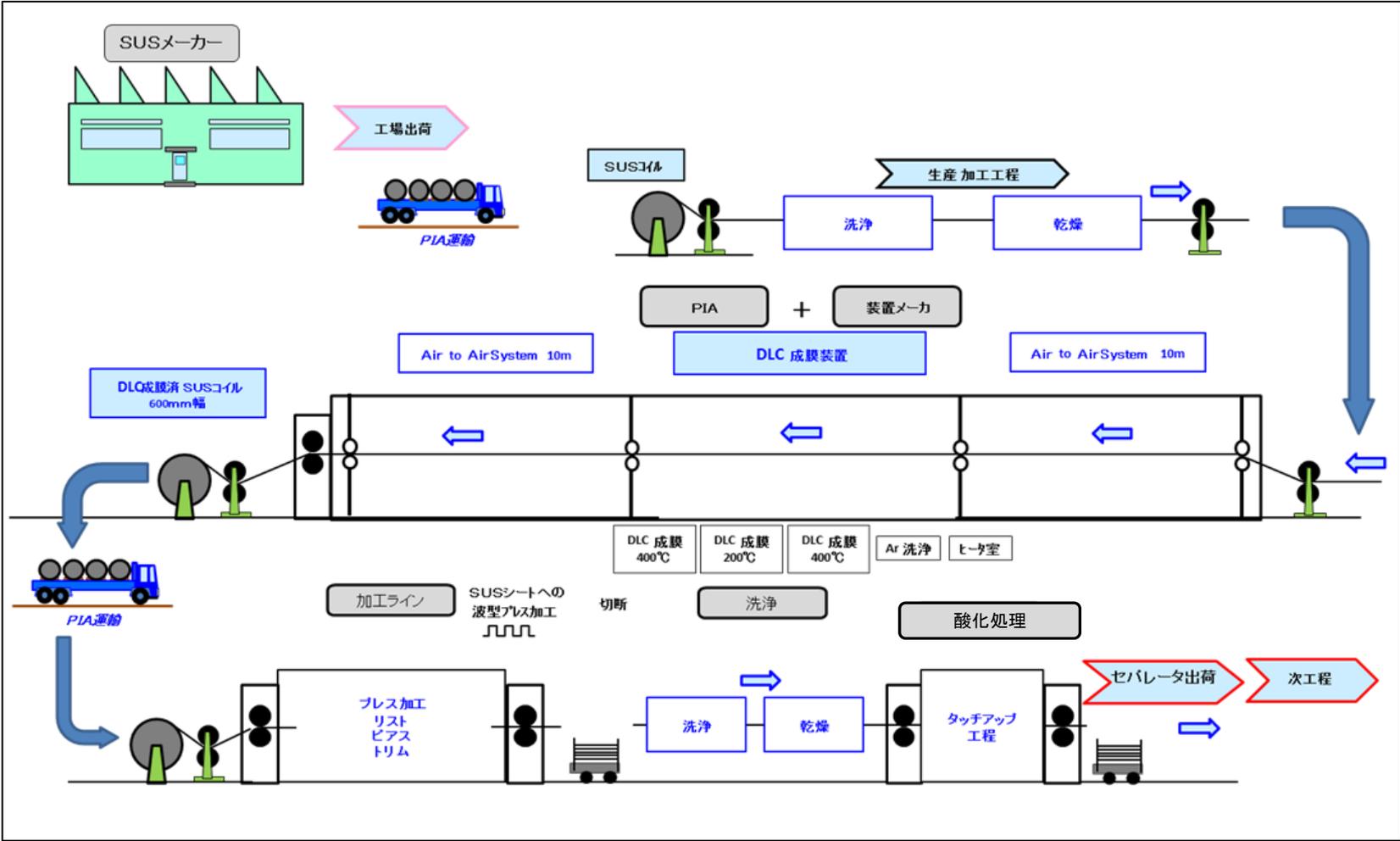


突き出し型600mmツインアンテナICPプラズマ源

# VIII 燃料電池金属セパレータの実用化に向けた革新的生産技術の開発

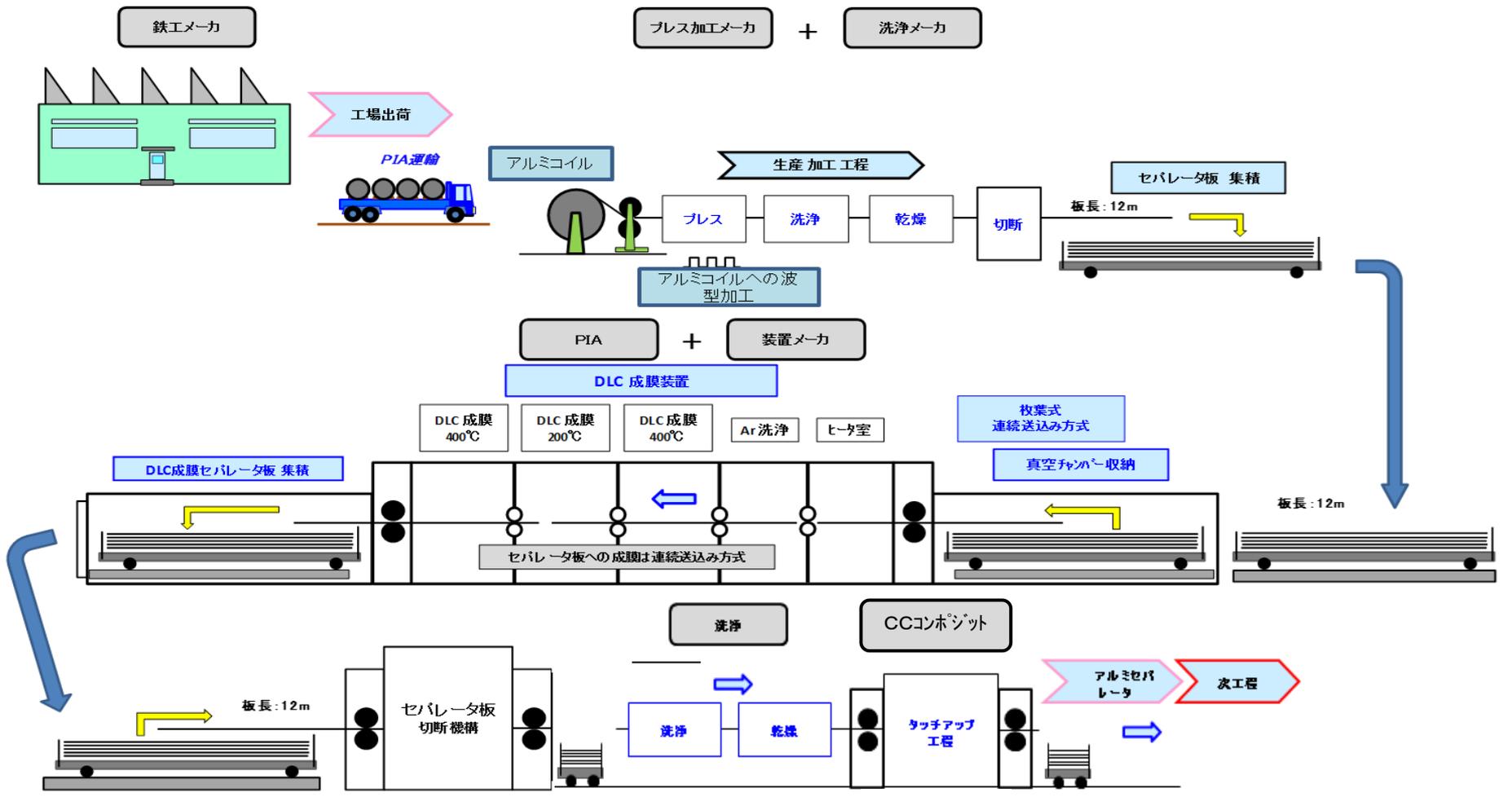
## 3. RtoR方式量産装置開発：SUS(0.1mmtシート) DLC成膜後に凹溝加工

成膜コスト目標：20円／1枚(A4)



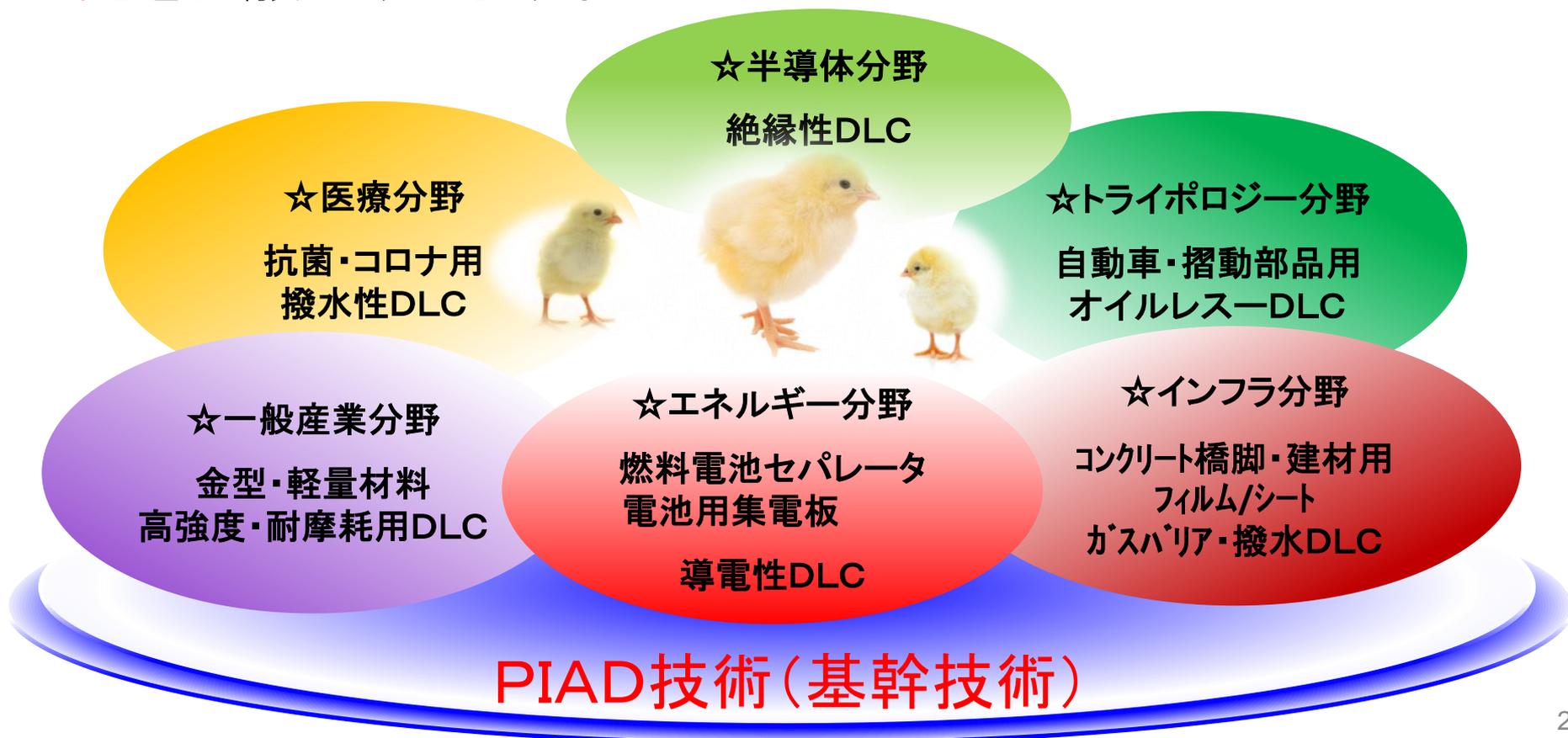
# VIII 燃料電池金属セパレータの実用化に向けた革新的生産技術の開発

## 4. LtoL方式量産装置開発: アルミ(1~2mmt) 凹溝加工後にDLC成膜



## Ⅸ さいごに

- 弊社は、クリーンエネルギー社会に向け、NEDO支援で開発された日本発の革新的な**PIAD技術**を基盤として、**機能性材料の創出と事業化開発**を行っております。
- 技術ライセンスによる、**オープンコラボレーションでの共同開発**をお願い致します。



ご清聴有難うございました。

2022年12月22日  
株式会社プラズマイオンアシスト  
取締役会長 鈴木泰雄

お問い合わせ： 管理部 藤田 泰弘  
[TEL:075-693-8125](tel:075-693-8125)  
Emil:[y.fujita@plasma-ion.co.jp](mailto:y.fujita@plasma-ion.co.jp)