

2030/2040年に向けたチャレンジ ～課題と対応～

2019年1月22日

燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)

要素・基盤技術WG
PEFC技術SWG 主査

鈴木 稔幸

1. はじめに
2. 主な目標値
(NEDO技術開発ロードマップ FCV・移動体)
3. 目標達成に向けたアプローチ案
4. 取り組むべきテーマ案
5. まとめ

1. はじめに

2. 主な目標値

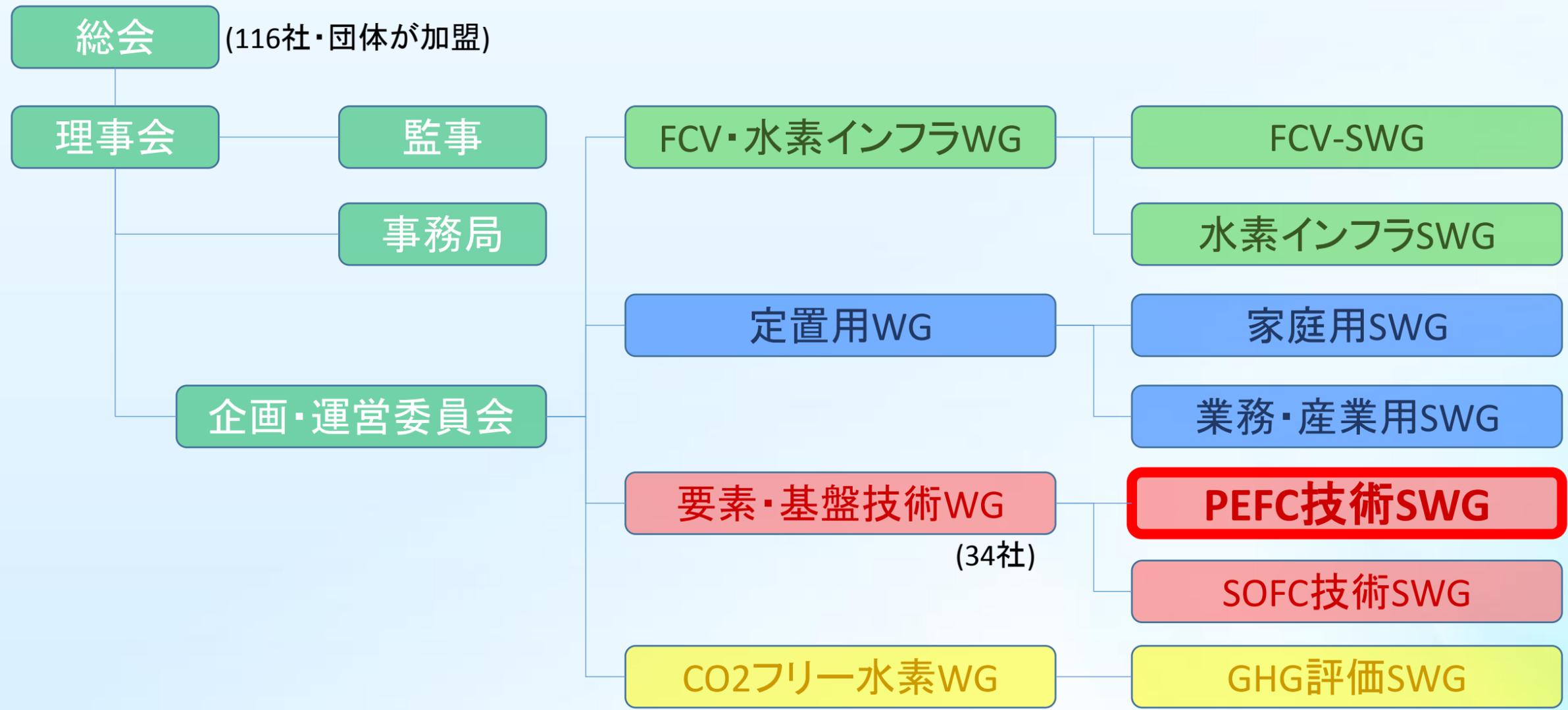
(NEDO技術開発ロードマップ FCV・移動体)

3. 目標達成に向けたアプローチ案

4. 取り組むべきテーマ案

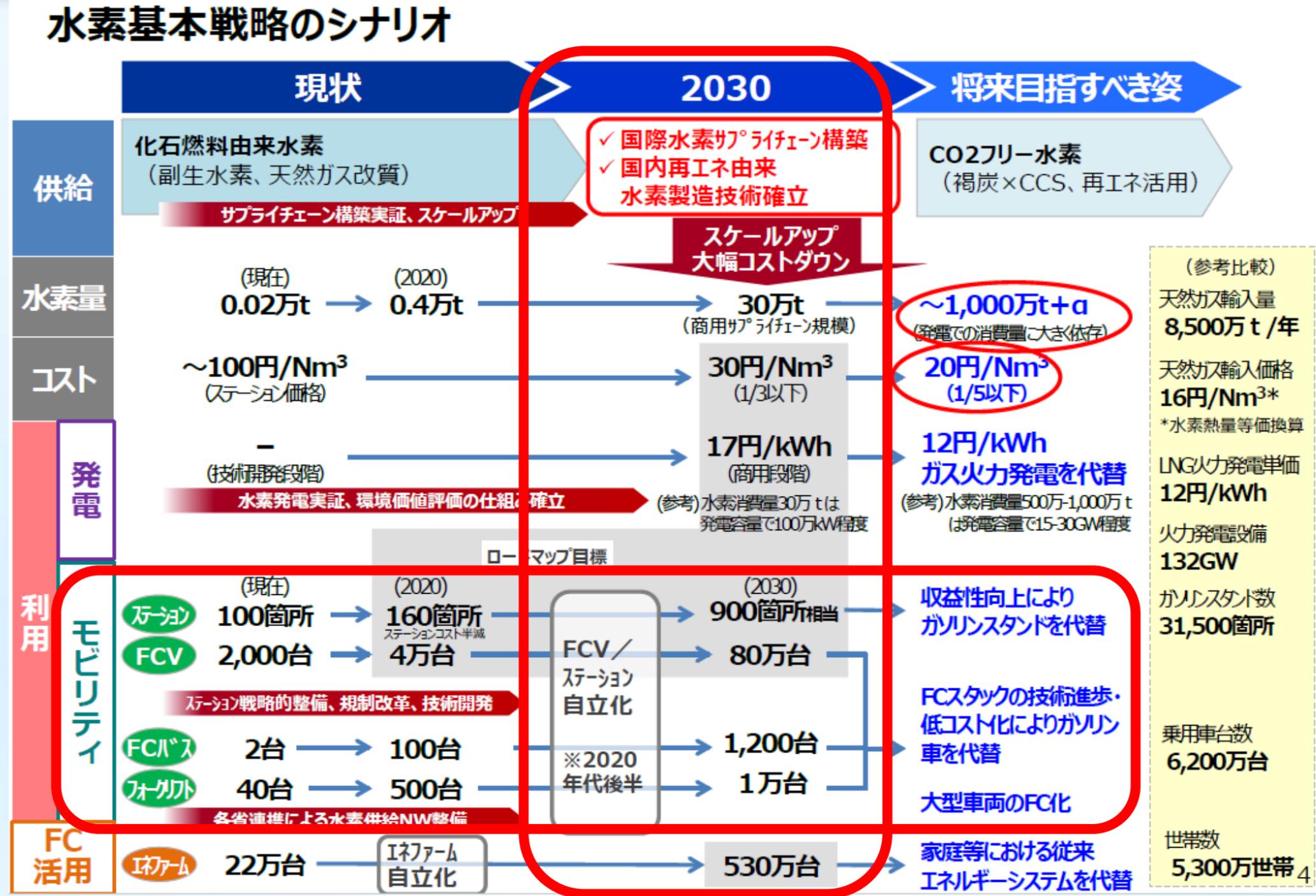
5. まとめ

1. はじめに FCCJ要素・基盤技術WG PEFC技術SWGとは？



**PEFCの研究課題や方向性等を検討・提言
 →NEDOロードマップに対する業界としての課題認識と
 対応案の議論を実施**

1. はじめに 「FCV・移動体」の位置付け



モビリティは、水素社会構築をけん引する先導的役割

1. はじめに
2. **主な目標値**
(NEDO技術開発ロードマップ FCV・移動体)
3. 目標達成に向けたアプローチ案
4. 取り組むべきテーマ案
5. まとめ

2. 主な目標値 目標値の国際比較(PEFC技術SWG調べ)

		2014	2020	2023	2025	2028	2030	2040~	
各世代TOP	FCV台数	Japan	~ 1600	40k		200k		800k	3M-6M
		USA						5000k(ZEV)	
各世代2nd	FCV台数	EU			5000(LCV)+200(HV)			20k~50k(LCV)+800~2k(HV)	
		China		5k		50k		1000k	
水素ステーション	Japan		160		320				
	USA				200				
	EU			100		400~1000			
	China		100		350		1000		
航続距離	Japan(H2 5kg JC08 mode)	650 km					800 km	> 1000 km	
	China	300km	500km		>500km		>500km		
出力密度	Japan	3.0 kW/L	4.0 kW/L		5.0 kW/L		6.0 kW/L	9.0 kW/L	
	USA	2000W/kg			2700W/kg				
	EU	4kw/L @2017							
	China	2.0 kW/L	2.5 kW/L		2.5 kW/L				
最低電圧	Japan	0.6 V						0.85 V	
	USA	306mW/cm2@0.8V			300mW/cm2@0.8V				
Pt使用量	Japan					0.05~0.1g/kW		0.03g/kW	
	USA	0.125g/kW			=<0.1g/kW				
	EU							<0.1mg/cm2	
耐久性	Japan	PV(15 yrs.)	PV (>15 yrs.)		CV(15 yrs.)		CV (>15 yrs.)		
	USA	4130h	5000h		8000h				
	EU	>2000h@2017						>5000h	
	China	≥2000h	≥3000h		≥5000h		≥8000h		
システムコスト(スタック含む)	Japan	-	< \$75/kW		< \$47/kW		< \$38/kW	\$19/kW	
	USA	\$45/kw	\$40/kw		<\$35/kw				
	China	\$800/kw	\$240/kw		\$128/kw		\$32/kw		
スタックコスト	Japan	-	< \$47/kW		< \$28/kW		< \$19/kW	\$9.4/kW	
	USA	\$19.1/kw	-		\$17.5/kw				
	EU	\$44k/kw @2017							

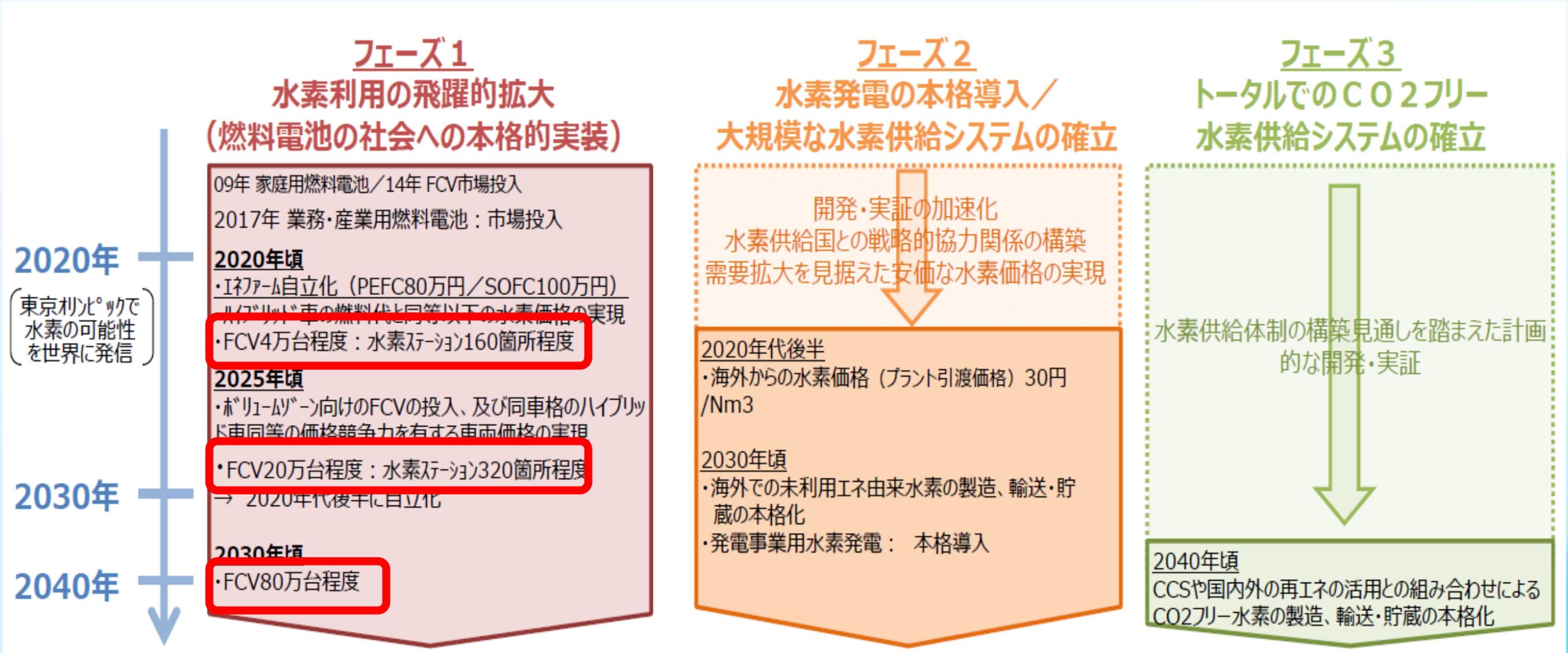
日本：世界のFC研究をけん引するチャレンジングなレベル

2. 主な目標値 目標値の国際比較(PEFC技術SWG調べ)

		2014	2020	2023	2025	2028	2030	2040~
各世代TOP	FCV台数	Japan	~ 1600	40k		200k	800k	3M-6M
		USA					5000k(ZEV)	
		EU			5000(LCV)+200(HV)		20k~50k(LCV)+800~2k(HV)	
		China		5k		50k	1000k	
各世代2nd	水素ステーション	Japan		160		320		
		USA				200		
		EU	2030		2040			
		China						
システムコスト(含スタック)			< \$38/kW		\$19/kW			> 1000 km
スタックコスト			< \$19/kW		\$9.4/kW			9.0 kW/L
出力密度	EU							
	China	2.0 kW/L	2.5 kW/L		2.5 kW/L			
最低電圧	Japan	0.6 V						0.85 V
	USA	306mW/cm2@0.8V			300mW/cm2@0.8V			
Pt使用量	Japan					0.05~0.1g/kW		0.03g/kW
	USA	0.125g/kW			=<0.1g/kW			
	EU							<0.1mg/cm2
耐久性	Japan	PV(15 yrs.)	PV (>15 yrs.)		CV(15 yrs.)		CV (>15 yrs.)	
	USA	4130h	5000h		8000h			
	EU	>2000h@2017						>5000h
	China	≥2000h	≥3000h		≥5000h		≥8000h	
システムコスト(スタック含む)	Japan	-	< \$75/kW		< \$47/kW		< \$38/kW	\$19/kW
	USA	\$45/kw	\$40/kw		<\$35/kw			
	China	\$800/kw	\$240/kw		\$128/kw		\$32/kw	
スタックコスト	Japan	-	< \$47/kW		< \$28/kW		< \$19/kW	\$9.4/kW
	USA	\$19.1/kw	-		\$17.5/kw			
	EU	\$44k/kw @2017						

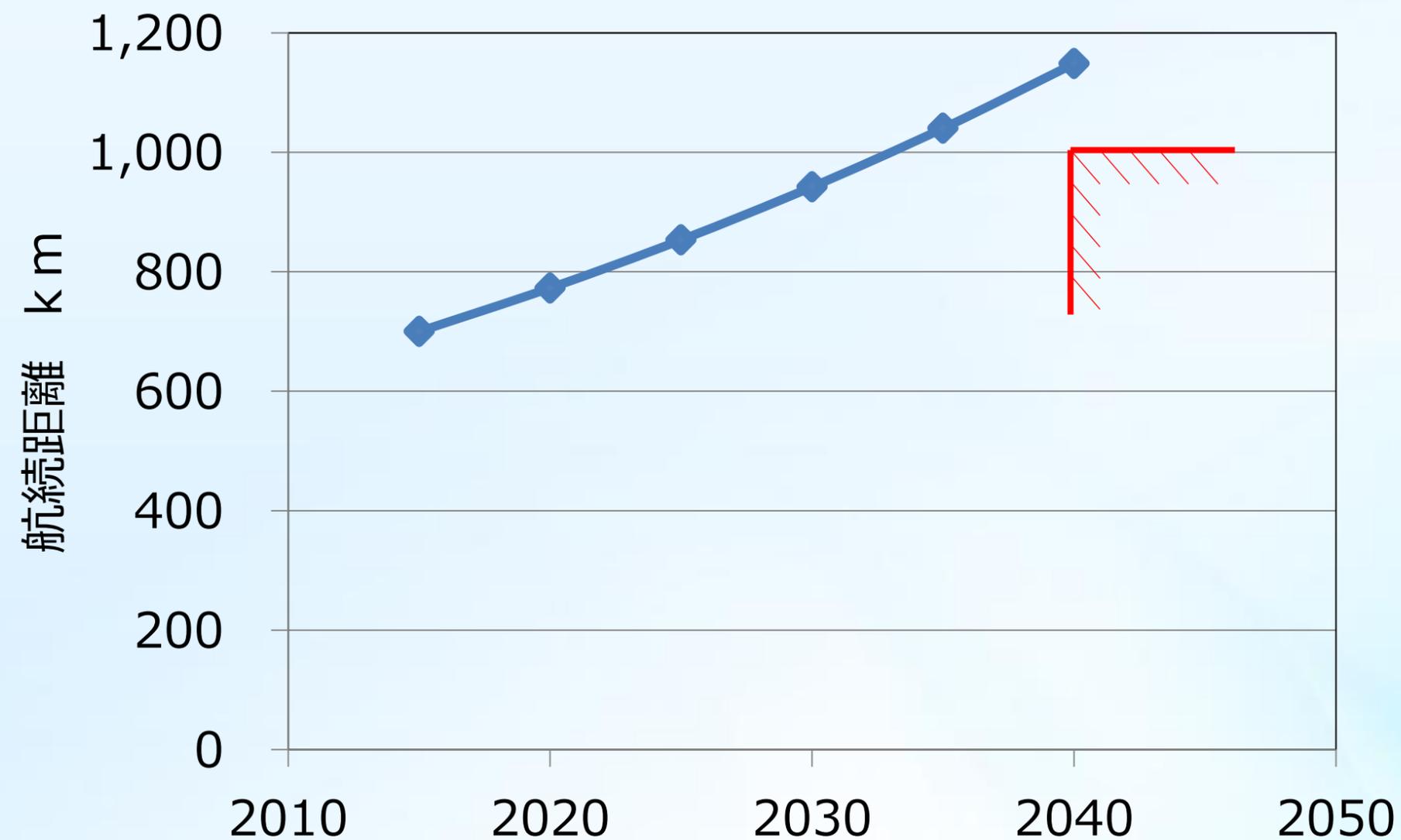
普及に必須なコスト低減を実現する研究開発が課題

2. 主な目標値 普及台数・ステーション数



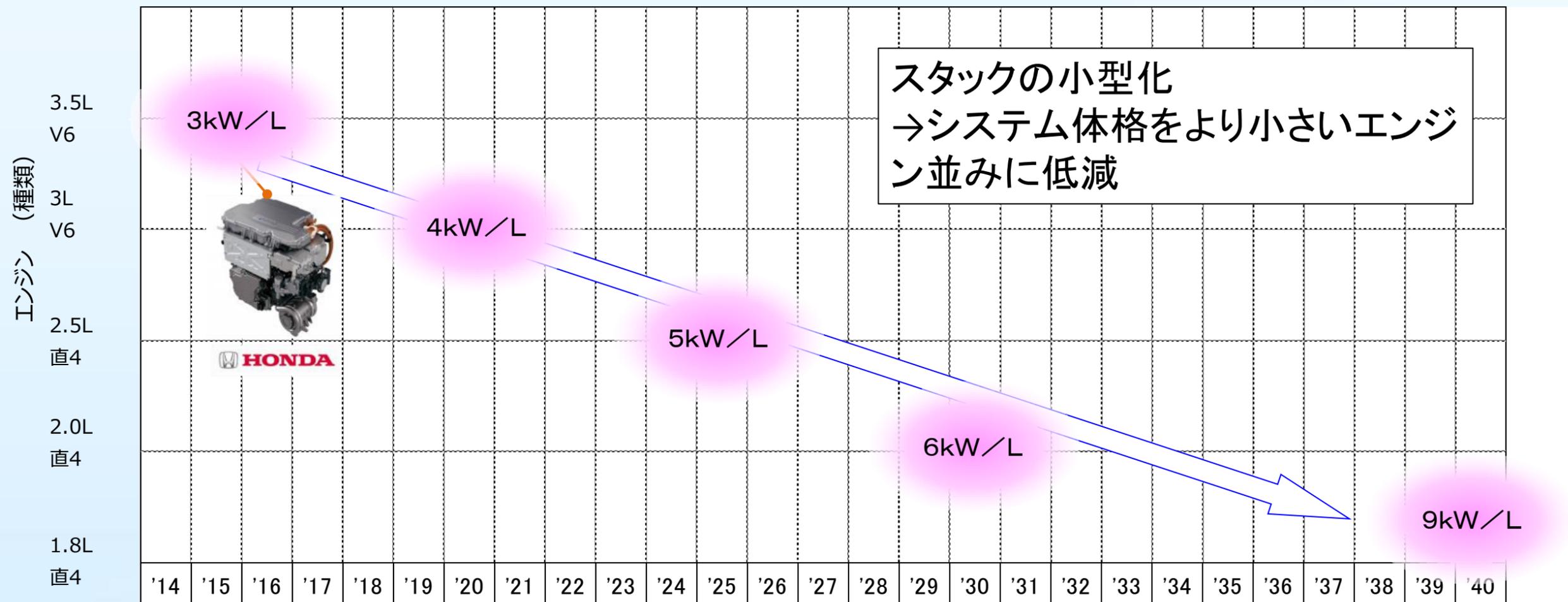
水素基本戦略を踏襲。研究開発の前提として認識

2. 主な目標値 航続距離



2014年を起点として年率約2%の向上

2. 主な目標値 スタック性能 ～最大出力密度～



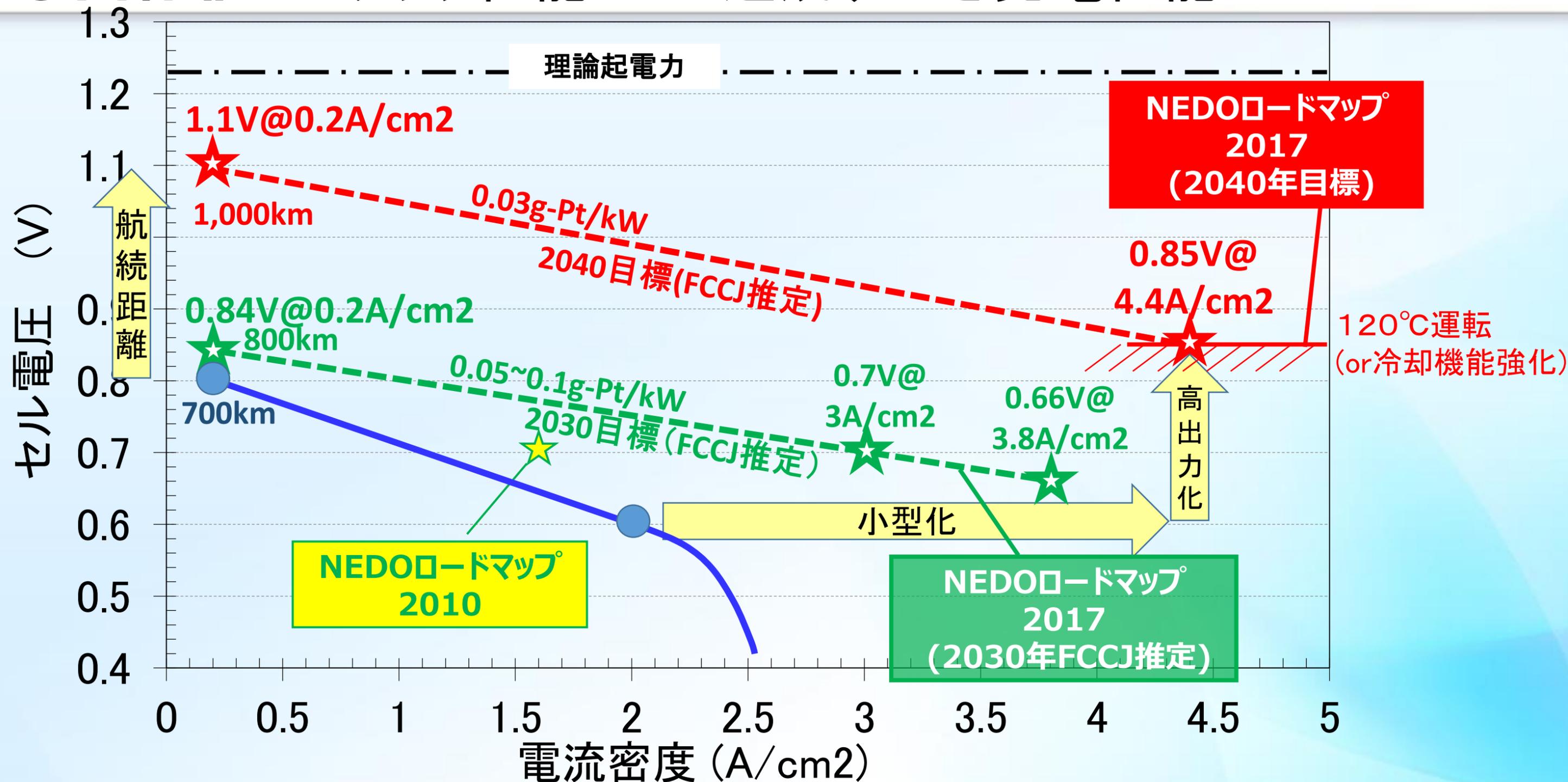
限られた車両スペースへの搭載 (エンジンシル内) を目指す

2. 主な目標値 スタック性能 ～最高作動温度～



総熱負荷増加に対する
システム対応 (高効率化・冷却強化)、高温材料開発が必要

2. 主な目標値 スタック性能 ~達成すべき発電性能~



少ない触媒で発電性能の大幅な向上が必要

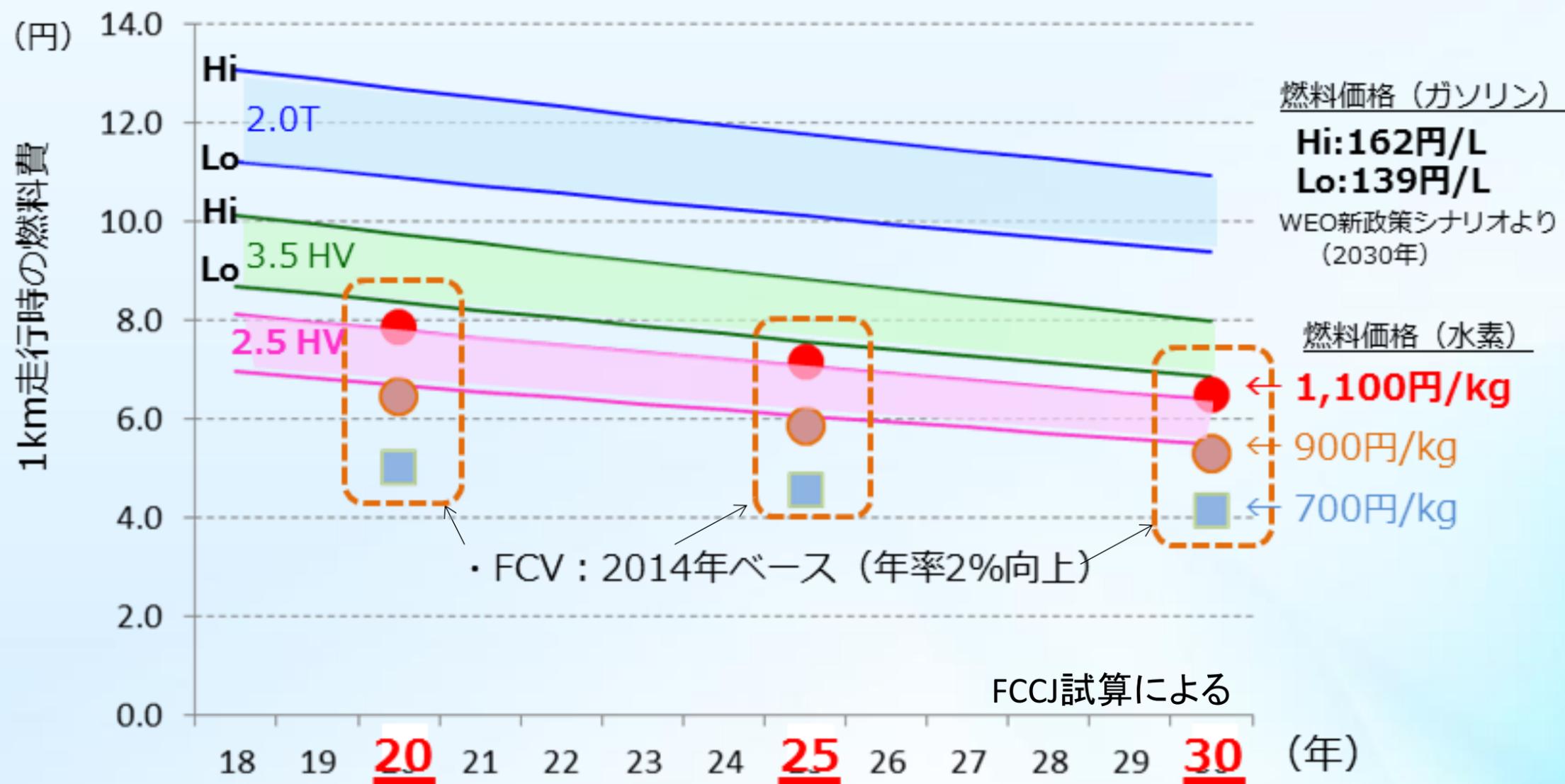
2. 主な目標値 スタック性能 ～耐久性～

	寿命 (年数)	寿命 (走行距離)
乗用車	10~15年	10~20万km
商用車	10~15年	50~180万km (高速連続走行含む)

走行距離は5~9倍だが
使用時間は最大6倍程度と推定

耐久時間としておよそ6倍程度（～6万時間）を想定

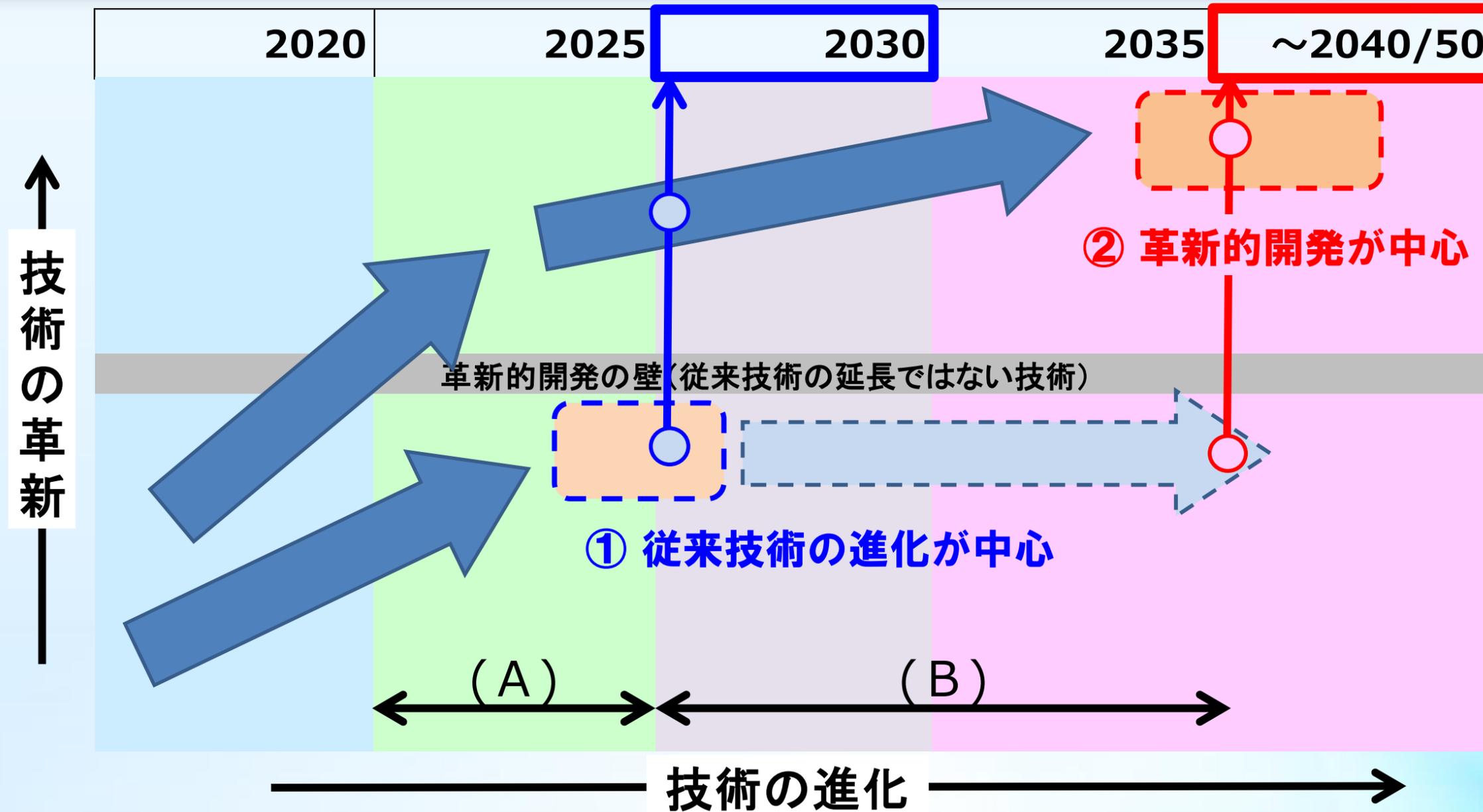
2. 主な目標値 コスト ～ランニングコスト～



燃費目標達成によりHV同等の経済性を確保

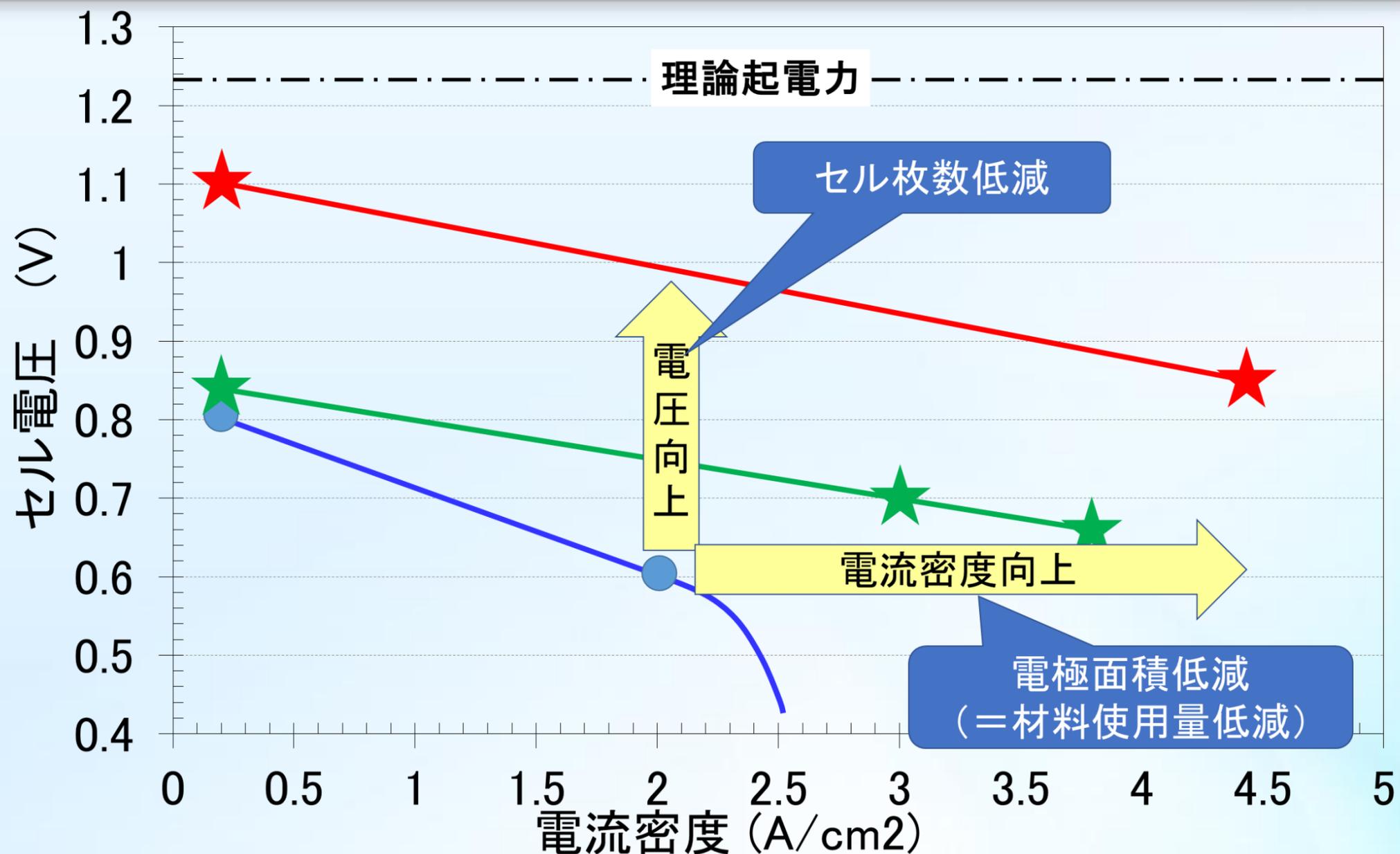
1. はじめに
2. 主な目標値
(NEDO技術開発ロードマップ FCV・移動体)
3. **目標達成に向けたアプローチ案**
4. 取り組むべきテーマ案
5. まとめ

3. 目標達成に向けたアプローチ案 基本的な考え方



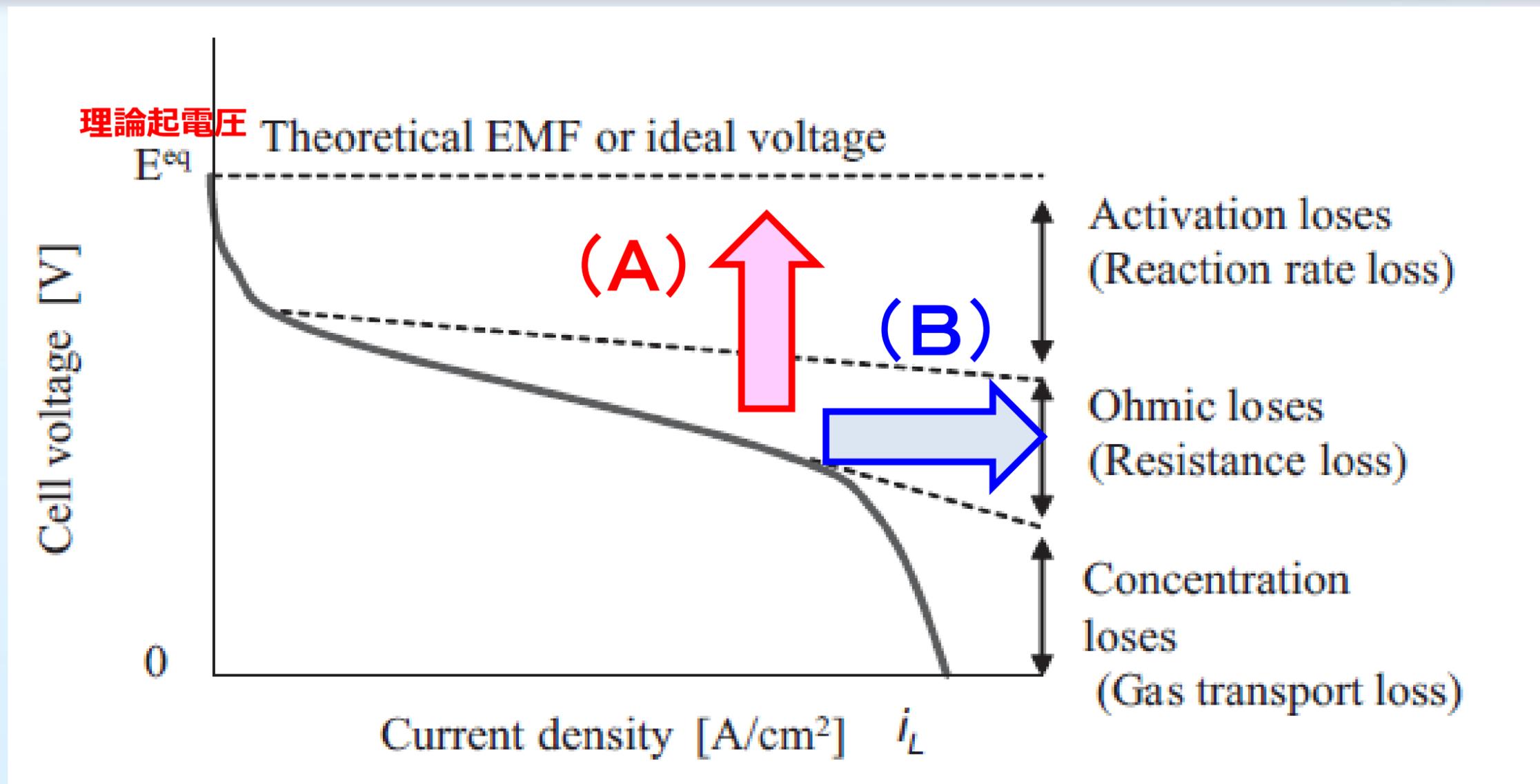
従来技術の進化と革新的開発の両輪で
将来目標の達成を目指す

3. 目標達成に向けたアプローチ案 セルの開発



性能進化による機能向上とコスト低減(*)を目指す
 (*)セル枚数・材料使用量・体格の低減

3. 目標達成に向けたアプローチ案 IV特性向上・劣化抑制



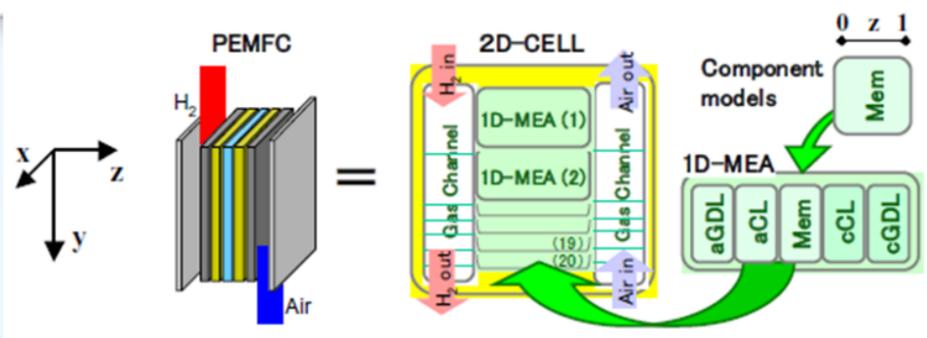
各過電圧の初期値低減と劣化による悪化の抑制を
材料・構造両面で確保

3. 目標達成に向けたアプローチ案 IV特性向上への試算例

TOYOTA CRDL, INC.

Masao Shibata, Toyota 2018 Fuel Cell Research Workshop (10/9/2018)

Research Workshop (10/9/2018)



$$U_{ORR} = 1.23 - 0.0009(T - 298.15)$$

$$A_{Pt}i_o = i_o^{ref} \exp\left(\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T}\right)\right)$$

$$i_{ORR} = (1 - \theta_{PtO})A_{Pt}i_o \left(\left(\frac{P_{O_2}}{P_{O_2}^{ref}}\right)^m \exp\left(-\frac{\alpha_c F}{RT}(-\Phi_c + \Phi_{ion} + U_{ORR})\right) - a_w \exp\left(\frac{(1 - \alpha_c)F}{RT}(-\Phi_c + \Phi_{ion} + U_{ORR})\right) \right)$$

$$\frac{d\theta_{PtO}}{dt} = k \left((1 - \theta_{PtO}) \exp\left(-\frac{(1 - \alpha_{PtO})F}{RT}(\phi_m + U_{PtO} - \phi_c)\right) - \theta_{PtO} \exp\left(\frac{\alpha_{PtO}F}{RT}(\phi_m + U_{PtO} - \phi_c)\right) \right) = 0$$

N. Nonoyama, et al., ECS trans., 16 (2) 13-21 (2008)

Model

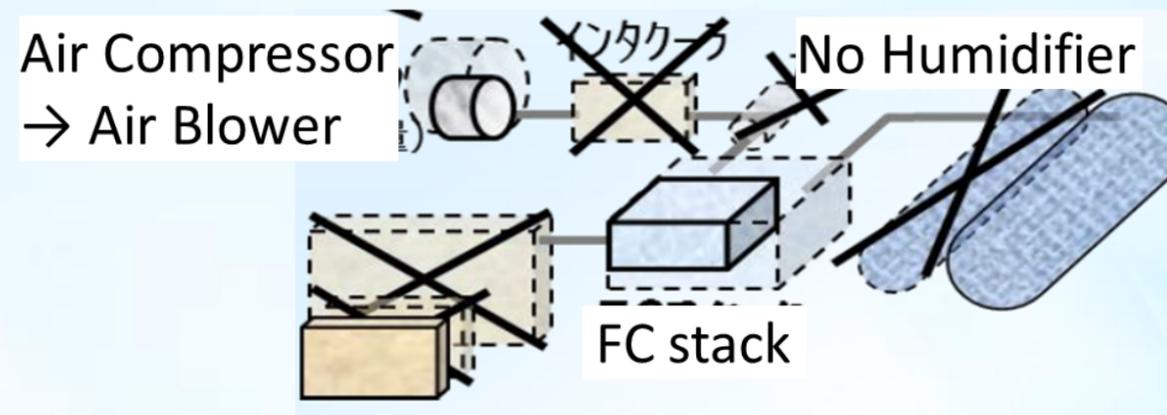
- A simple 1+1D model, fitted to Toyota's exp. data (1cm² and 250cm²)

Assumptions

- ORR rate: above equations
- Simplified system (no back pressure, no humidifier)
- cST and Operating temperature can be optimized
- Pt loading is fixed at 0.1 mg/cm²
- $R_{local-O_2} = R_{non-Fickian} - R_{kundu}$
- $R_{local-H_2O} = R_{local-O_2} * (\text{Molecular Weight of H}_2\text{O} / \text{Molecular Weight of O}_2)$

Assumed Materials

- Estimated the performance of 2 sets of materials.
- "Early-Stage Materials" and "Logically Max. Materials" (Shown in next slide)

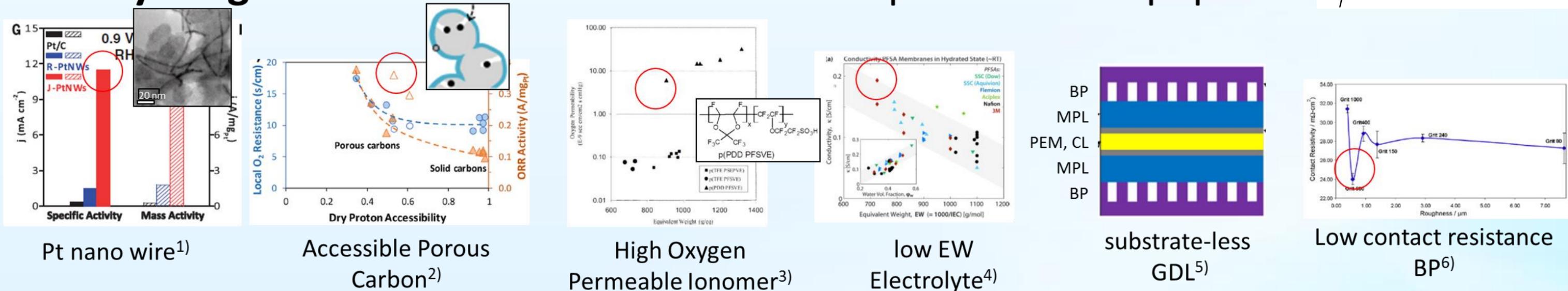


単純なモデルを使用し材料性能・発電条件を変化させて試算

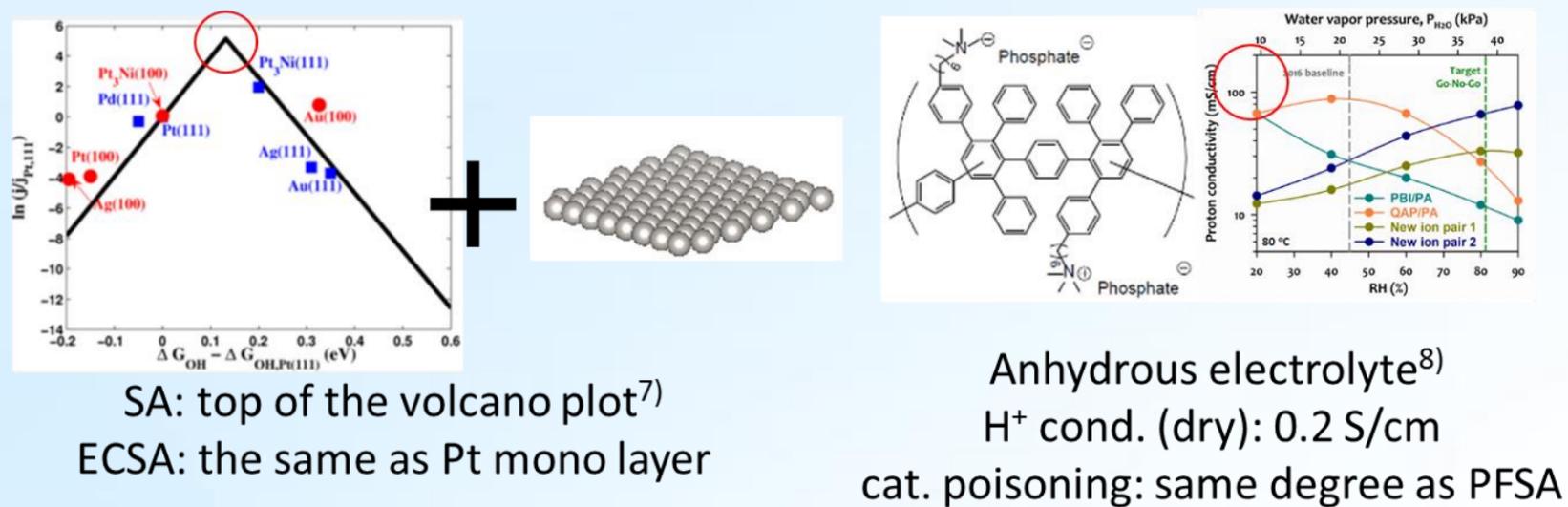
3. 目標達成に向けたアプローチ案 IV特性向上への試算例



• "Early-Stage Materials" includes materials reported in the papers.



• "Logically Max. Materials" includes the best materials we can imagine.

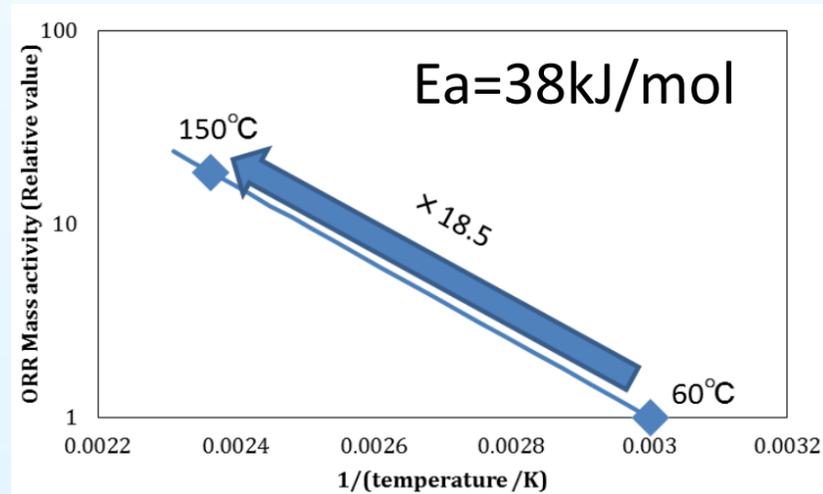


- 1) Li, M., et al. (2016). Science 354 (6318), 1414.
- 2) V. Yarlagadda, et al. ACS Energy Lett. 2018, 3, 618-621
- 3) R. L. Perry, US Patent 20130245219, A12013
- 4) A. Kusoglu and A. Z. Weber, Chem. Rev. 2017, 117, 987-1104
- 5) J. Park et al. ECS transactions, 64 (3) 353-359 (2014)
- 6) B. Avasarala et al. J. Power Sources 188, 1, 1, 2009, 225-229
- 7) V. Viswanathan, et al. ACS catal., 2012, 2, 1654-1660
- 8) Y. S. Kim, DOE AMR 2018

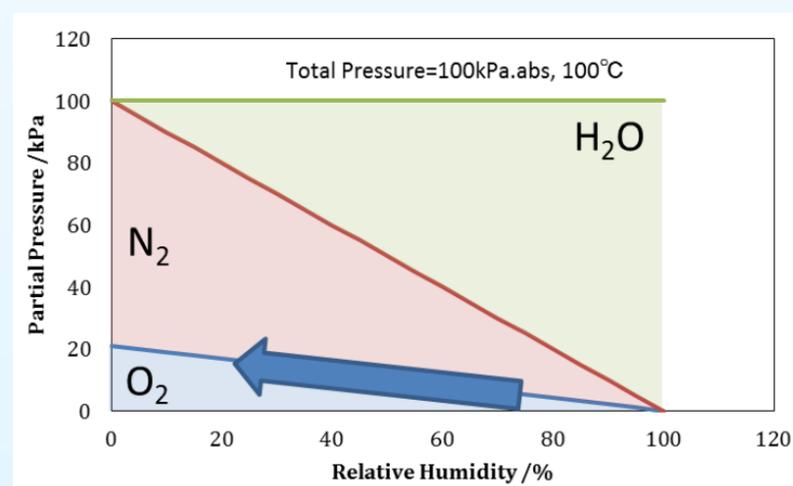
材料：報告例のトップと理想状態の特性で試算

3. 目標達成に向けたアプローチ案 IV特性向上への試算例

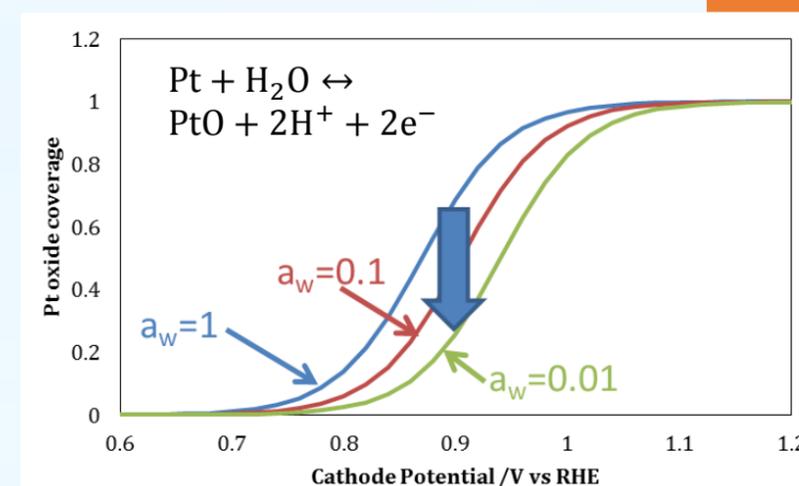
- Removal of water will reduce reaction resistance under high potential



Dry proton conduction will enable high temp. operation



Removal of water Improves oxygen partial pressure



Removal of water will reduce Pt oxide formation

- Removal of water may also **improve stability** →

- Pt dissolution and Carbon corrosion will be reduced⁹⁾

9) R. L. Borup, et al. J. Power Sources, 163 (2006) 76-81

- **Some candidates**, but still remain some issues.

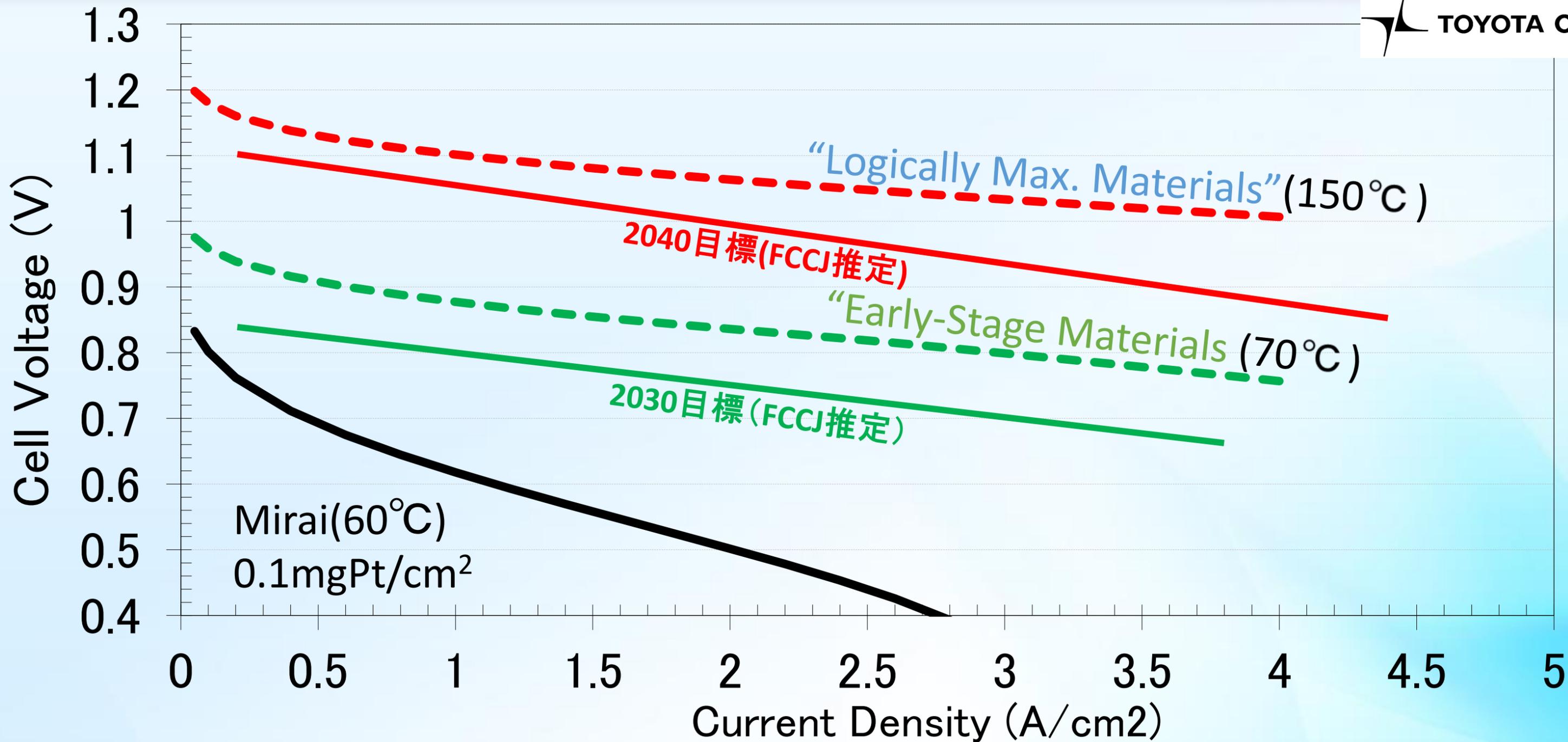
- Candidates: Phosphoric acid group, Ionic liquids, MOFs, ...

- Issues: conductivity, catalyst poisoning, stability, startup from low temp.

水の影響を排除すること
= 高効率発電実現のための
のキー技術候補

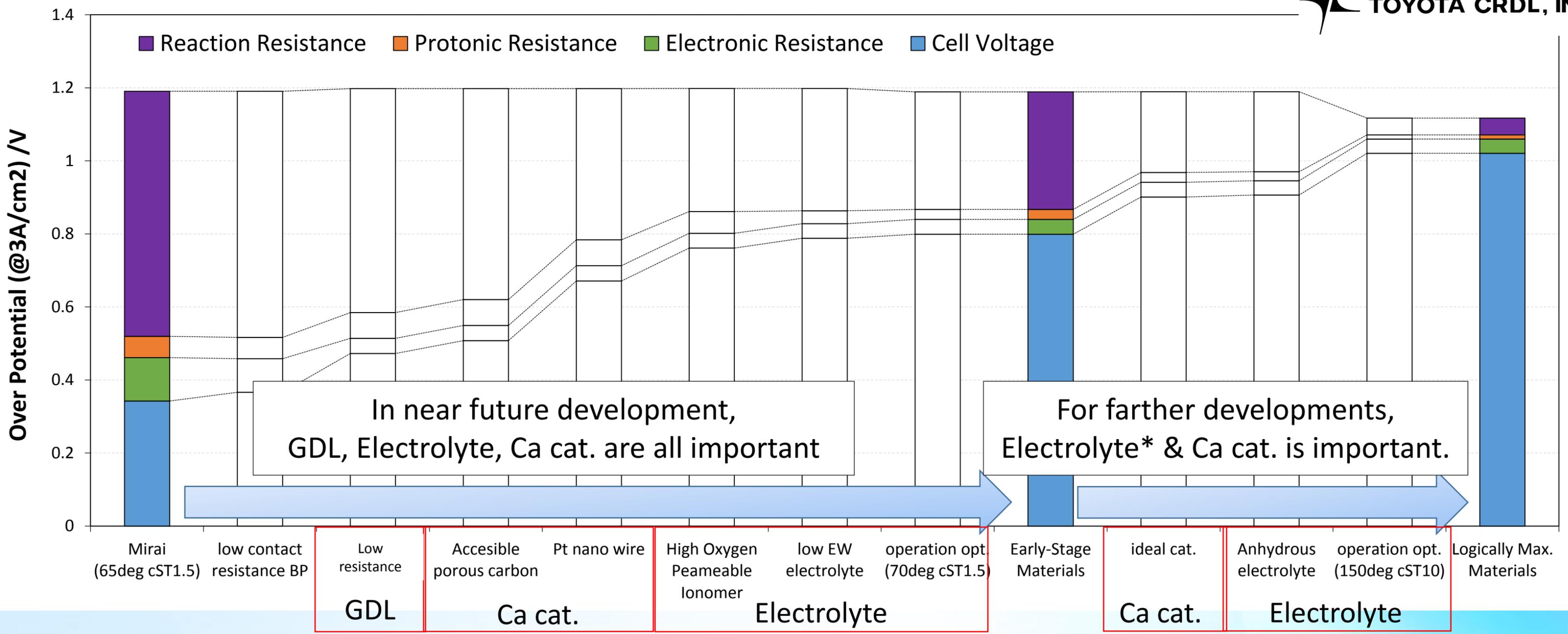
発電条件：より高温（～150°C）までを試算

3. 目標達成に向けたアプローチ案 IV特性向上への試算例



2030・2040年目標実現の可能性を示唆

3. 目標達成に向けたアプローチ案 IV特性向上への試算例



In near future development, GDL, Electrolyte, Ca cat. are all important

For farther developments, Electrolyte* & Ca cat. is important.

Low resistance Accesible porous carbon Pt nano wire High Oxygen Peameable Ionomer low EW electrolyte operation opt. (70deg cST1.5) ideal cat. Anhydrous electrolyte operation opt. (150deg cST10)

GDL Ca cat. Electrolyte Ca cat. Electrolyte

* Improvement by operating condition optimization is assumed to be enabled by improvement of Electrolyte

高温化や各要素のブレークスルーが必要

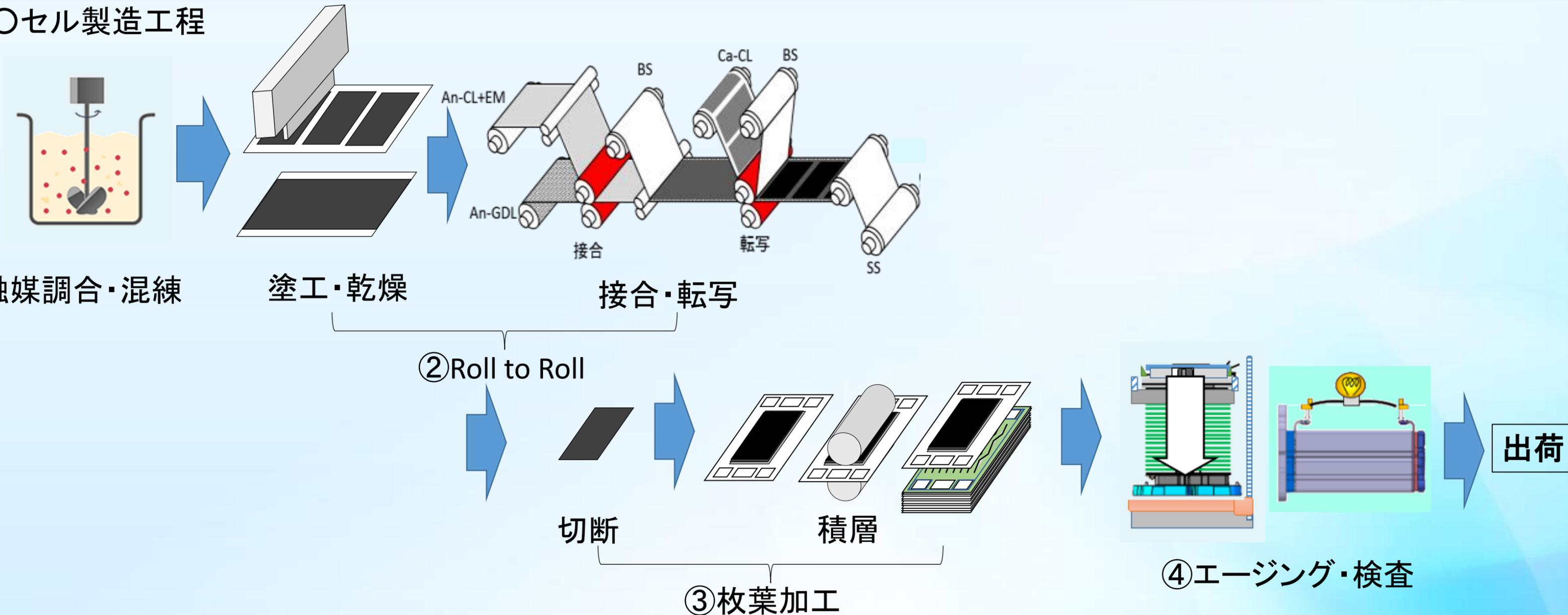
3. 目標達成に向けたアプローチ案 試算による物性値案

要素	項目	条件		単位	現状	2030 (Early Stage)	2040 (Logically Max.)
触媒 (層)	Act. @0.9V [A/cm ²] (MEA)			A/cm ²	0.003 (300A/g相当)	0.02~0.04 (600~1200A/g相当)	24.1 (72x10 ⁴ A/g相当)
	酸素拡散抵抗			sec/m	10~20	2.7	2.7
電解 質膜	プロトン 輸送抵抗	@70°C	RH100	mΩ・cm ²	7.1	3.6	--
			RH30		55~100	50	--
		@150°C	RH30		--	--	5
			(≒RH0)		--	--	5
	ガス透過性	酸素		cm ³ /(cm ² ・s・kPa)		(1-9)*10 ⁻⁹ 以下	
	@80-120°C, 95%RH	水素			(参考:90°C) 2.28*10 ⁻⁶	1*10 ⁻⁷ 以下	
拡散 層	アノード	水素拡散抵抗		sec/m	3	0.875	0.875
		ばね特性(参考値)		Gpa/m	140~175	--	--
	カソード	酸素拡散抵抗		sec/m	43	14	14
		ばね特性(参考値)		Gpa/m	112~175	--	--
	共通	電気抵抗(貫層方向)		mΩ cm ²	5~10	1.5~2.5	1.5~2.5
		熱抵抗(貫層方向)		K cm ² /W	5~6	0.5~1.5	0.5~1.5

特に触媒の活性・プロトン輸送抵抗の革新が必要

3. 目標達成に向けたアプローチ案 量産性向上

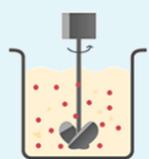
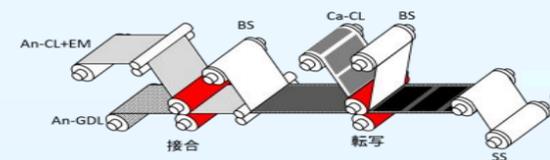
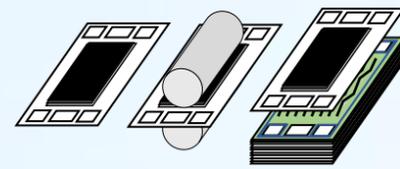
○セル製造工程



1セル当りの生産性向上が必要→高速加工技術開発

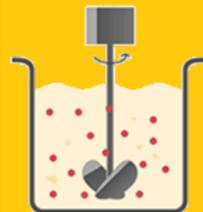
3. 目標達成に向けたアプローチ案 量産性向上

生産技術ロードマップ

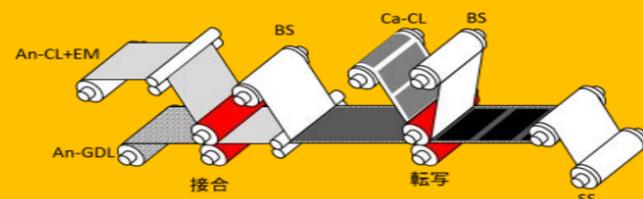
工程 年代	①触媒調合・混練 	②Roll to Roll 	③枚葉加工 	④エージング・検査 
~'20	連続生産 160g/Hr	触媒: 5~9m/min GDL: 6.5m/min	セル接着・硬化・搬送 各工程 4sec/cell	エージング 40min インライン全数検査
~'25	連続生産 240g/Hr	触媒: 10m/min GDL: 15m/min	セル接着・硬化・搬送 各工程 2sec/cell	エージング 20min インライン全数検査 検査項目 1/2
~'30	連続生産 360g/Hr	触媒: 20m/min GDL: 25m/min	セル接着・硬化・搬送 各工程 1sec/cell	エージング 10min インライン全数検査 検査項目 1/4
~'35	連続生産 480g/Hr	触媒: 50m/min GDL: 50m/min	セル接着・硬化・搬送 各工程 0.5sec/cell	エージング 0min インライン検査レス

3. 目標達成に向けたアプローチ案 量産性向上

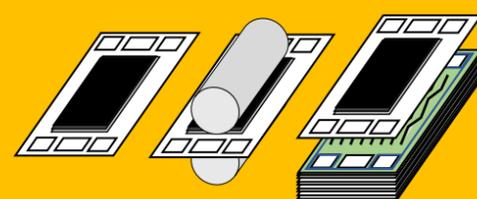
① 触媒調合・混練



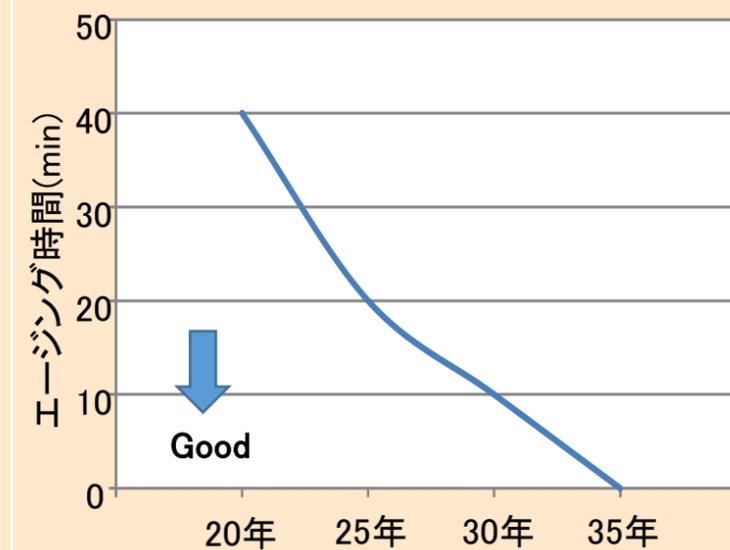
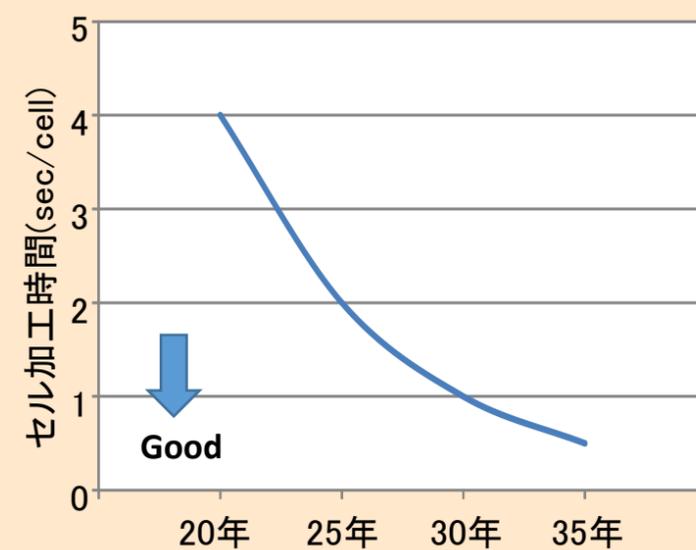
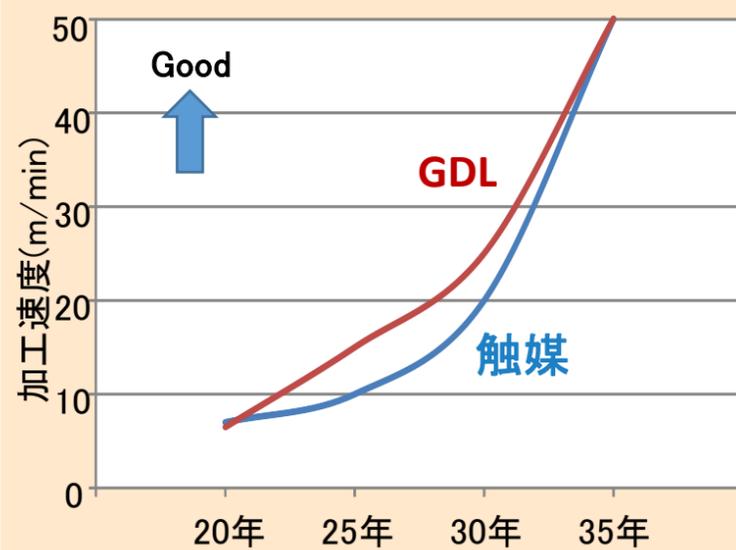
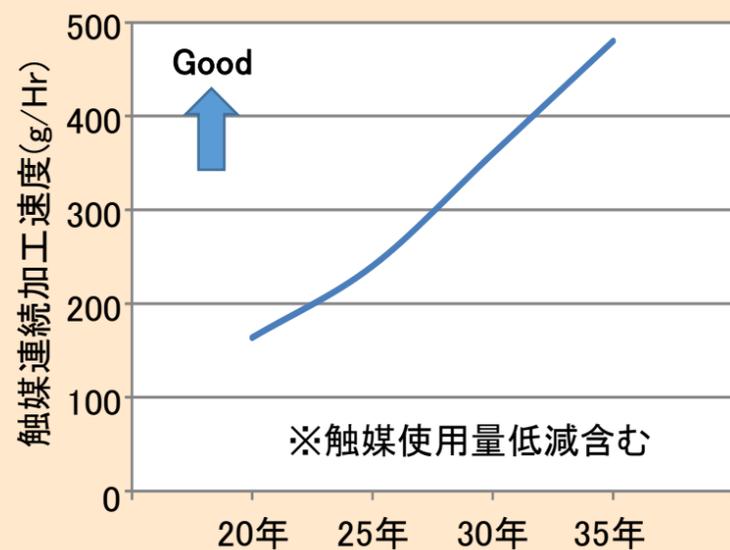
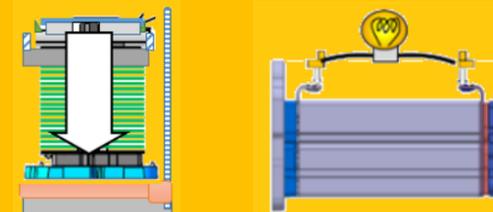
② Roll to Roll



③ 枚葉加工



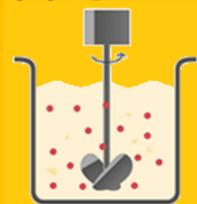
④ エージング・検査



各工程約 10 倍の高速化が必要

3. 目標達成に向けたアプローチ案 量産性向上

①触媒調合・混練



- ▽大バッチ生産から連続生産への転換・・・B
- ・粗材かみ不良撲滅
- ・材料比率再現性の確保

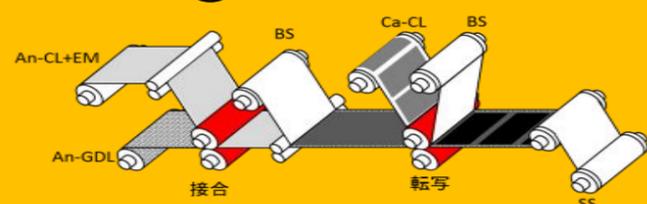
生産能力向上の切口

A:加工点速度を上げる

B:無駄な時間をなくす

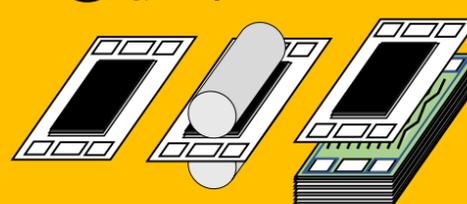
C:捨てるものを少なくする

②Roll to Roll



- ▽薄物高速搬送と高速塗工加工・・・A
- ・塗工位置制御精度向上
- ・塗工厚さ精度向上
- ▽材料歩留まり向上・・・C
- ・塗工面／非塗工面比率最大化
- ・副資材リサイクル使用

③枚葉加工



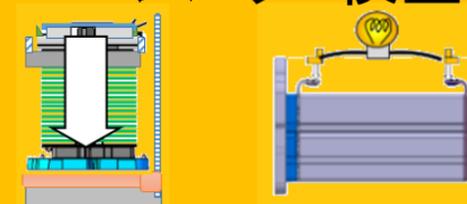
- ▽薄物高速搬送・・・A
- ・搬送位置精度向上
- ・Roll to Roll工程への移行

枚葉加工縮小



Roll to Roll加工拡大

④エージング・検査

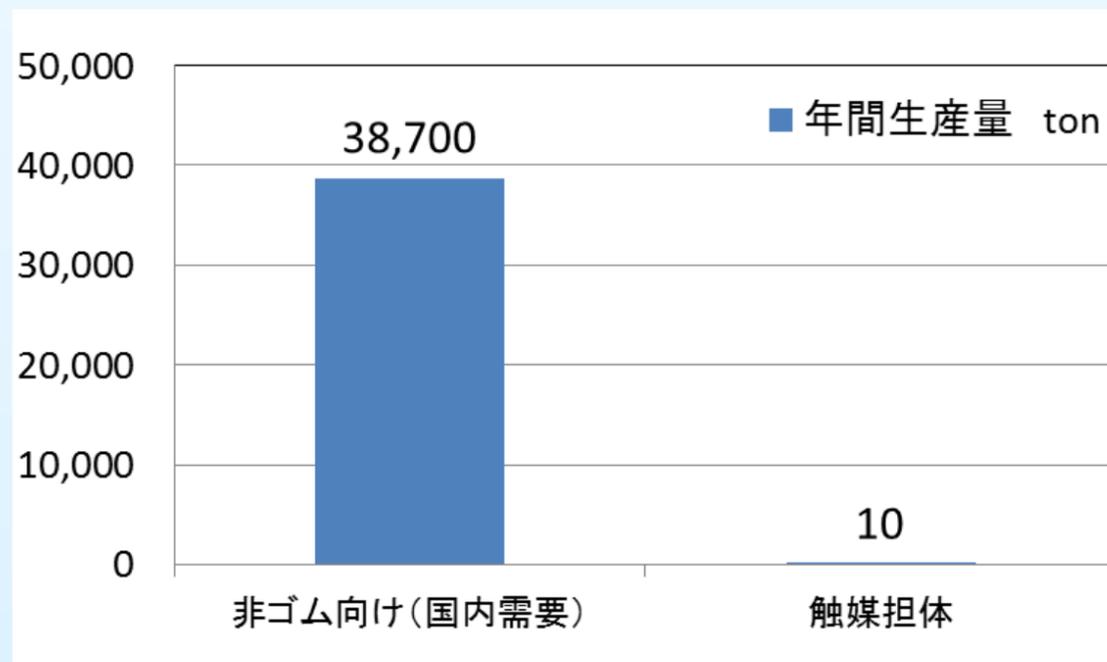


- ▽エージング時間短縮・・・A
- ・エージングメカニズムの解明
- ▽検査工程の集約・廃止・・・A
- ・機能保証パラメータの絞込み
- ・検査時間短縮
- ・オフライン抜き取り検査での保証→全数検査廃止

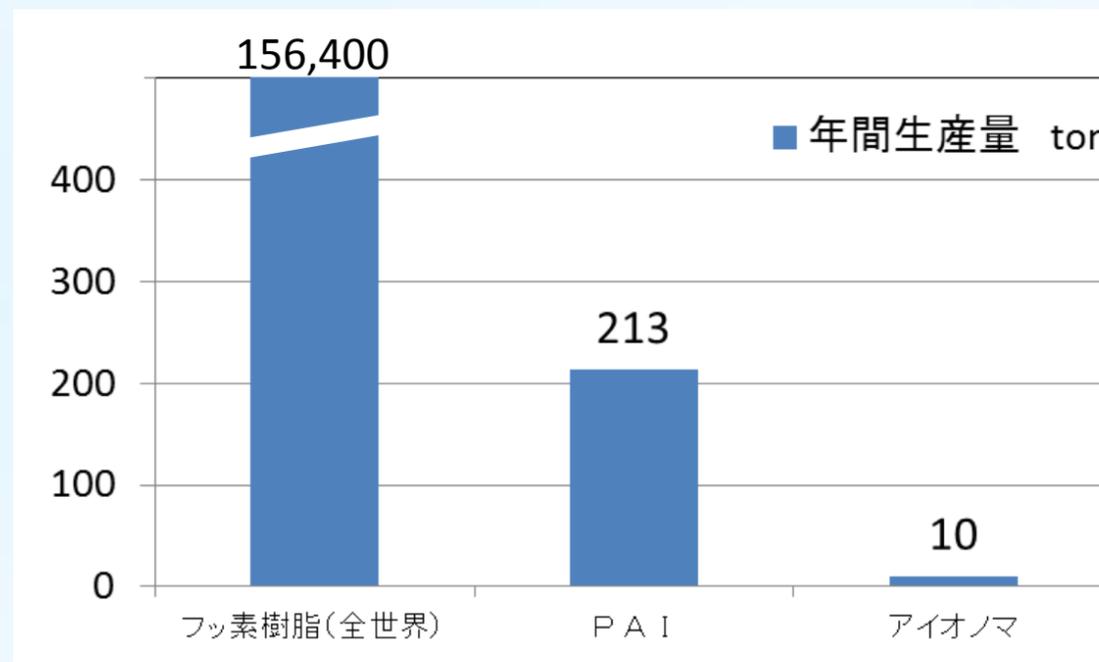
Roll to Rollへの集約とエージング・検査簡素化を目指す

3. 目標達成に向けたアプローチ案 量産性向上(特殊材料)

20万台/年生産時の推定使用量と一般材を比較



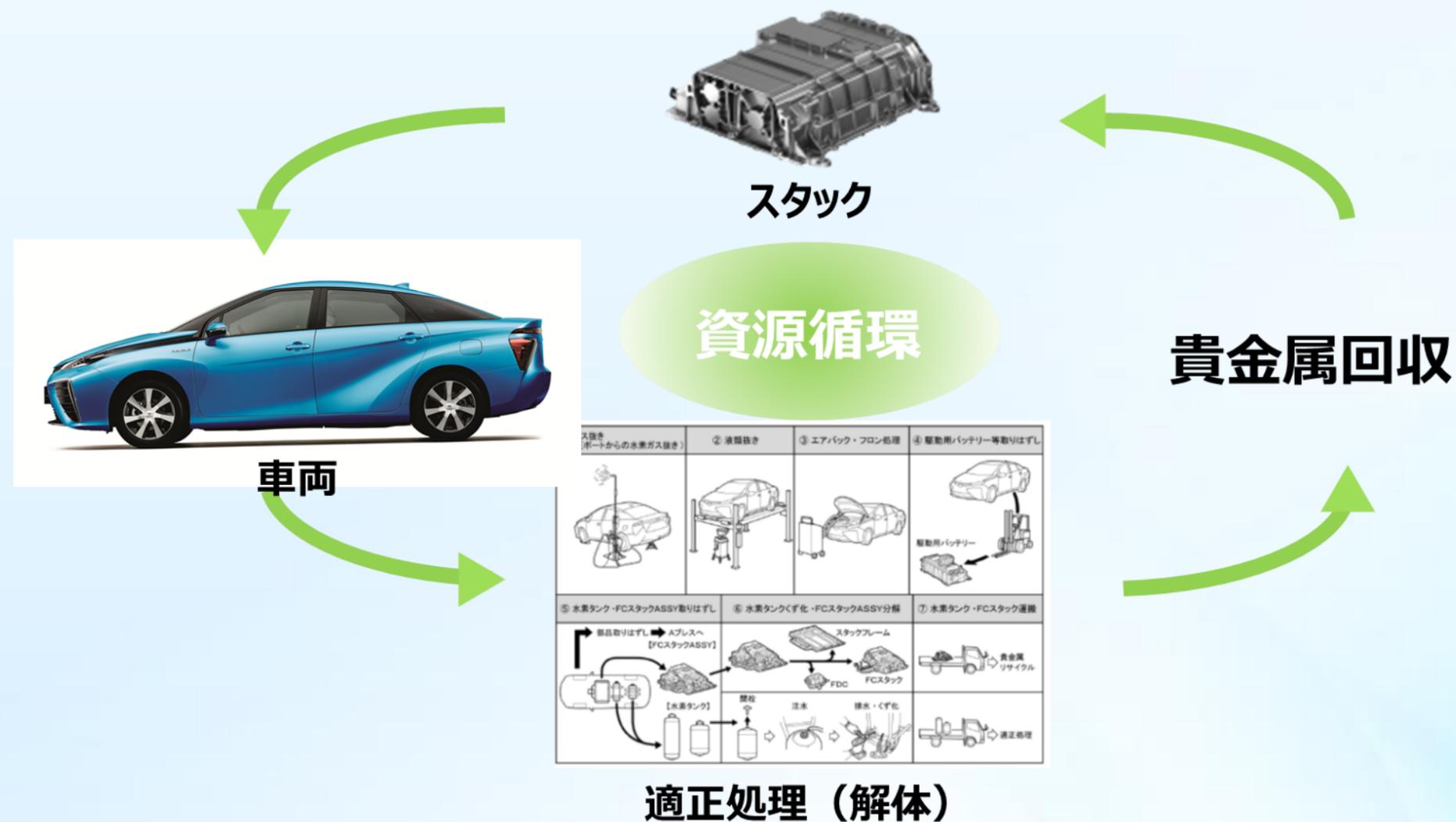
カーボン



スーパーエンプラ

少ない生産量でも低コストを実現する加工費の低減 (1/2~1/3)

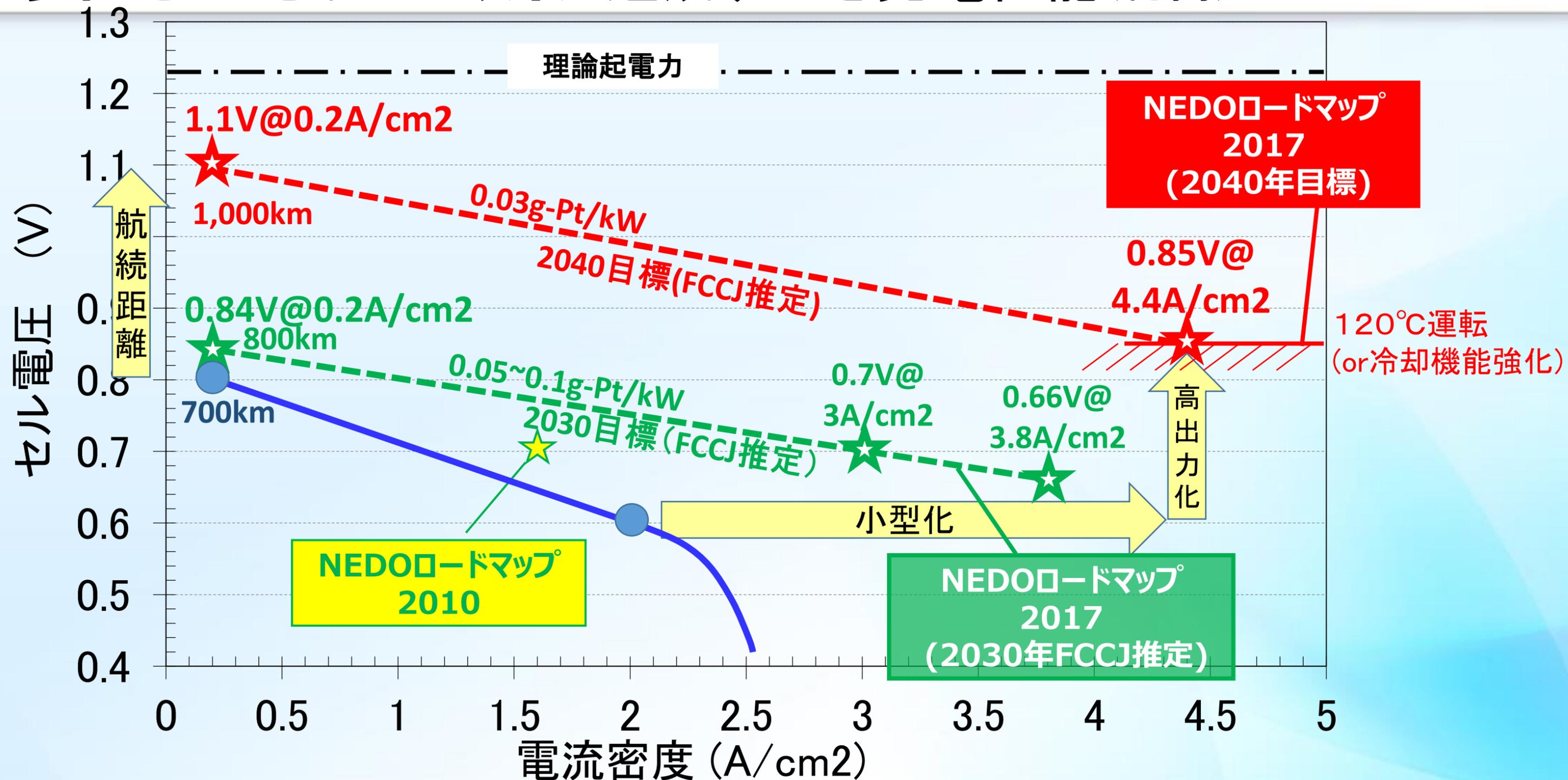
3. 目標達成に向けたアプローチ案 貴金属と資源循環



性能と量産性を向上しつつ貴金属使用量を低減
 →資源循環（生産～再利用）を成立させるリサイクル技術の確立

1. はじめに
2. 主な目標値
(NEDO技術開発ロードマップ FCV・移動体)
3. 目標達成に向けたアプローチ案
4. **取り組むべきテーマ案**
5. まとめ

4. 取り組むべきテーマ案 達成すべき発電性能(再掲)



中期的：高電流密度化 長期的：発電効率向上 が必要

4. 取り組むべきテーマ案 電解質・アイオノマ

技術開発 ステージ	(A) 2020-2025	(B) 2025-2035
1) 実用技術開発	①ラジカルクエンチ技術(材料、固定化)	①プロトン伝導度、機械・化学耐久性、ガスバリア性を両立する材料
2) 実用化に向けた開発・技術実証	①化学劣化抑制技術 ②プロトン輸送能力向上技術(低EW) ③酸素透過向上技術(アイオノマ) ④機械的要因による劣化抑制技術(膜) ⑤ガス透過抑制技術(膜) ⑥HC膜技術(機械耐久向上、水素バリア性向上技術含む)	①高温対応技術(120°C) ②機械的要因による劣化抑制技術(膜) ③プロトン導電性向上技術(現行の2~4倍)
3) 要素技術開発	①高温対応技術(120°C) ・ガス透過抑制技術 ・高温劣化抑制技術 ・酸素透過向上技術(アイオノマ) ②機械的要因による劣化抑制技術(膜) ③プロトン伝導性向上技術(現行の2~4倍)	①新プロトン輸送機構(無水伝導)材料 ②触媒被毒抑制材料
4) シーズ探索・基盤研究	①新プロトン輸送機構(無水伝導)材料 ②触媒被毒抑制材料	

プロトン伝導度・耐久性の向上、ガス透過性制御、高温化が課題

4. 取り組むべきテーマ案 触媒(アノード・電極)

技術開発 ステージ	(A) 2020-2025	(B) 2025-2035
1) 実用技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ① 廃棄製品からの貴金属リサイクル技術確立 ② 大型車両用超高耐久電極の開発(100万キロ以上見通し) ③ -40°C低温起動技術開発 ④ 水素品質対応触媒・電極(ソーク時、アノード耐被毒) 	<ul style="list-style-type: none"> ① 電極の高温(120°C)・高電位(0.70~0.85V)対応技術
2) 実用化に向けた開発・技術実証	<ul style="list-style-type: none"> ① 電極の高温(120°C)・高電位(0.70~0.85V)対応技術 <ul style="list-style-type: none"> ・低ストイキ(高電位)耐性向上触媒・電極 ・触媒劣化抑制(Pt粒径溶解・凝集) ・触媒利用率向上電極技術 ・ラジカル低減触媒・電極 	<ul style="list-style-type: none"> ① 高温対応アノード要素技術(120°C)
3) 要素技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ① 高温対応アノード要素技術(120°C) <ul style="list-style-type: none"> ・非炭素耐高電位高酸化・腐食耐性アノード担体 ・アノード触媒活性向上(高HOR) ・低ORR・高水電解アノード触媒材料 	<ul style="list-style-type: none"> ① 非金属触媒(Ptレス) ② 水素不純物耐性への対応技術
4) シーズ探索・基盤研究	<ul style="list-style-type: none"> ① 非金属触媒(Ptレス) ② 水素不純物耐性への対応基盤技術 	

中期的：耐久性と水素品質対応、長期的：高温・高電位対応

4. 取り組むべきテーマ案 触媒(カソード)

技術開発 ステージ	(A) 2020-2025	(B) 2025-2035
1) 実用技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ① 廃棄製品からの貴金属リサイクル技術確立 ② 空気品質対応触媒・電極(ソーク時) ③ 大型車両用カソード触媒高耐久化(担体腐食、貴金属溶解・凝集抑制) 	<ul style="list-style-type: none"> ① 廃棄製品からの貴金属リサイクル技術の低コスト化と普及
2) 実用化に向けた開発・技術実証	<ul style="list-style-type: none"> ① 貴金属使用量大幅低減カソード触媒技術(0.05-0.1gPt/kW、0.7V@3Acm⁻²、触媒活性・利用率の向上、低拡散性、非貴金属コア材料の適用、等) 	<ul style="list-style-type: none"> ① 高温化対応高耐久高活性カソード触媒(120°C) ② ラジカル発生の無い触媒
3) 要素技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ① 高温化対応高耐久高活性カソード触媒(120°C) <ul style="list-style-type: none"> ・高電位環境下での触媒活性・利用率向上 ⇒0.85V@4.4Acm⁻² w/0.03gPt/kW ・高電位/電位変動耐久性向上(逆電位劣化抑制、高耐食性カーボン/非カーボン担体、貴金属溶解大幅抑制 等) ・高電流密度対応カソード触媒層(高酸素透過性) ② ラジカル発生の無い触媒 	<ul style="list-style-type: none"> ① 非貴金属触媒(革新的高電位高活性触媒)
4) シーズ探索・基盤研究	<ul style="list-style-type: none"> ① 非貴金属触媒の探索(革新的高電位高活性触媒) <ul style="list-style-type: none"> ・カソード非貴金属触媒(Ptレス)のラジカル発生抑制 ② Pt系触媒の超高活性化 	<ul style="list-style-type: none"> ① Pt系触媒の超高活性化

中期的：耐久性と空気品質対応、長期的：高温・高電位対応

4. 取り組むべきテーマ案 GDL/MPL

技術開発 ステージ	(A) 2020-2025	(B) 2025-2035
1) 実用技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ① 低コストGDL基材の適用 ② 高ガス透過性材料(濃度分極 & 圧損ばらつき低減) 	<ul style="list-style-type: none"> ① 低電気抵抗材料(接触抵抗低減) ② 電解質膜保護とガス拡散性の両立した高ガス透過性材料
2) 実用化に向けた開発・技術実証	<ul style="list-style-type: none"> ① 低電気抵抗材料(接触抵抗低減) ② 電解質膜保護とガス拡散性の両立した高ガス透過性材料 	<ul style="list-style-type: none"> ① 超低抵抗シート材料 ② 高温運転対応(120°C)材料
3) 要素技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ① 超低抵抗シート材料 ② 高温運転対応(120°C)材料 	<ul style="list-style-type: none"> ① 高電位化対応(0.85V)材料 ② 革新物性シート(平滑度、熱伝導率、透水性、高電位耐性、濡れ性)
4) シーズ探索・基盤研究	<ul style="list-style-type: none"> ① 高電位化対応(0.85V)材料 ② 革新物性シート(平滑度、熱伝導率、透水性、高電位耐性、濡れ性) 	

中期的：高性能、低コスト 長期的：高温、高電位対応 が必要

4. 取り組むべきテーマ案 シール(セル内/セル間ガスケット)

技術開発 ステージ	(A) 2020-2025	(B) 2025-2035
1) 実用技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ① 低コストシール材料の成形性(短時間接着含む)向上 ② 低コストシール材料の適用 	<ul style="list-style-type: none"> ① 高温化対応(120°C)シール・ガスケット材料の開発 ② サブガスケット材料の低コスト化 ③ 低コストシール材料の成形性向上技術(1枚/秒以上) ④ 含有成分の超低溶出化(反応触媒・残留モノマーなど)
2) 実用化に向けた開発・技術実証	<ul style="list-style-type: none"> ① 高温化対応(120°C)シール・ガスケット材料の開発 ② サブガスケット材料の低コスト化 ③ 低コストシール材料の成形性向上技術(1枚/秒以上) ④ 含有成分の超低溶出化(反応触媒・残留モノマーなど) 	<ul style="list-style-type: none"> ① 高温化対応(120°C)シール材料の高耐久化 ② 高性能化、高温化、高電位化対応技術(成形性、高速生産性との両立含む)
3) 要素技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ① 高温化対応(120°C)シール材料の高耐久化 ② 高性能化、高温化、高電位化対応技術(成形性、高速生産性との両立含む) 	
4) シーズ探索・基盤研究		

中期的：低コスト、成形性向上 長期的：高温化対応 が必要

4. 取り組むべきテーマ案 セパレータ・表面処理

技術開発 ステージ	(A) 2020-2025	(B) 2025-2035
1) 実用技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ①セパレータ低抵抗材料の適用 ②低コストセパレータ大量生産技術および品質担保手法の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ①良プレス成形性材料及び表面処理技術 ②低溶出性材料及び表面処理技術 ③低接触抵抗材料及び表面処理技術 ④低コスト高温・高電位耐性材料及び表面処理技術 ⑤高排水性・低接触流路構造
2) 実用化に向けた開発・技術実証	<ul style="list-style-type: none"> ①良プレス成形性材料及び表面処理技術 ②低溶出性材料及び表面処理技術 ③低接触抵抗材料及び表面処理技術 ④低コスト高温・高電位耐性材料及び表面処理技術 ⑤高排水性・低接触流路構造 	
3) 要素技術開発		
4) シーズ探索・基盤研究	①Ti精錬プロセス革新による低コスト化	

中期的：高性能、低コスト 長期的：高温、高耐久対応が必要

4. 取り組むべきテーマ案 量産技術開発

技術開発 ステージ	(A) 2020-2025	(B) 2025-2035
1) 実用技術開発	① 高速生産技術の確立(1秒/枚) ・電極高速塗工技術の確立 ・セパレータ高速生産技術の確立 ・高速積層技術の確立(MEA化、セル化、セル積層) ② 高速生産に対応した技術開発 ・シール/ガスケット材の高速積層対応技術の確立 ③ 低コスト・高ロバストなMEA要素の量産技術開発 ・電解質膜量産技術の確立 ・担体量産技術の確立 ・触媒量産技術の確立	① 超高速化生産技術の確立(10倍以上) ② エージングレスの実用化開発 ③ 電解質膜、電極触媒材料、製造技術の共通化によるビジネス化の推進
2) 実用化に向けた開発・技術実証		
3) 要素技術開発	① 超高速化生産技術コンセプト・要素開発(10倍以上) ② エージングレス化に向けた技術開発 ③ 生産装置の共通化(寸法・仕様に対する許容度拡大)	
4) シーズ探索・基盤研究		

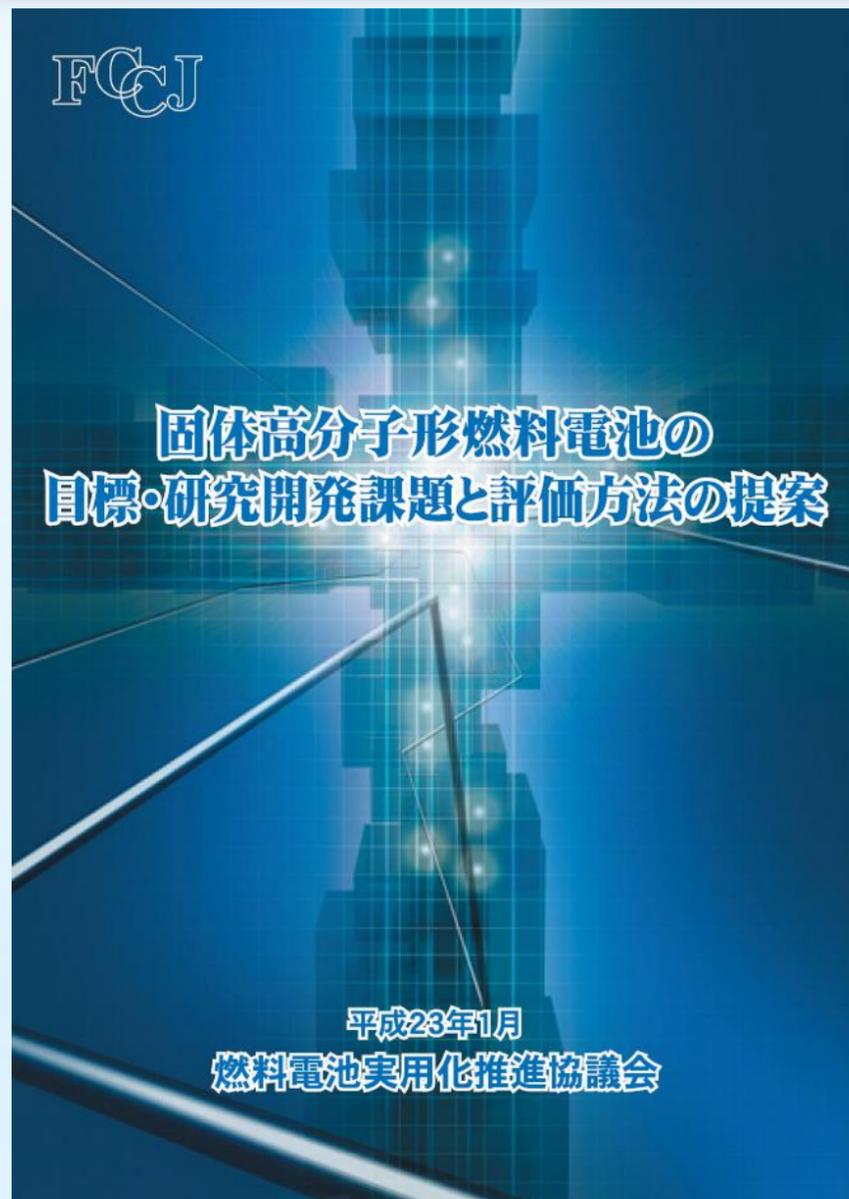
各生産技術の高度化や設備仕様の共通化が課題

4. 取り組むべきテーマ案 解析・評価技術開発

技術開発 ステージ	(A) 2020-2025	(B) 2025-2035
1) 実用技術開発	①高耐久化 ・電解質膜劣化機構のモデル化 ・電極触媒劣化機構のモデル化 ②性能向上 ・損失内容予測	①高耐久化 ・高精度劣化予測(材料特性、構造、運転環境) ②性能向上 ・高精度性能設計(材料特性、構造、運転環境) ・設計構造形成技術実証
2) 実用化に向けた開発・技術実証	①性能向上 ・構造/要素特性に基づく性能モデルの技術実証	③高耐久化 ・MEA劣化モデリング技術(触媒、電解質、GDL)実証 ④性能向上 ・量子化学・電気化学・流体力学に基づいた計算の技術実証 ・電極構造制御技術実証
3) 要素技術開発	①性能向上に向けたプロセス解析 ・電極形成時の現象と機構解明 ・エージング現象の解明と機構解析	
4) シーズ探索・基盤研究	①高耐久化 ・MEA劣化解析技術(高精度部位特定) ・電解質膜劣化機構の解明 ・電極触媒劣化機構の解明 ②高電流密度化 ・MEA中の水・ガス・プロトン・電子輸送現象解明 ・MPL/CL界面の液水・電子・熱移動解析 ・GDL基材/セパレータ界面の電子・熱移動解析 ③活性向上 ・触媒ORR活性発現メカニズム解明&支配因子/阻害因子(被毒を含む)の明確化 ④零下起動 ・零下起動時のMEA中の水・ガス・プロトン輸送現象解明(want) ⑤高精度計測 ・高温下までのMEAセル・部材構造・特性評価手法(100~120℃) ⇒長期(120℃) ・高精度計量観察技術(触媒表面積、担持量、酸化物被覆率、プロトン伝導度、ガス透過性) ・触媒活性高精度評価技術 ⑥シミュレーション ・量子化学・分子度応力学・電気化学・流体力学等に基づいた計算手法の開発 ・究極の電極構造、材料物性のSimlによる提示 ・原子、分子レベルでの燃料電池材料設計手法および新規材料探索の手法確立	

解析・評価技術の深化で将来の目標達成に貢献

4. 取り組むべきテーマ案 試験・評価方法



2011年に策定



その後の技術の進捗や目標の変化
(NEDOロードマップ改定など)
は未対応

将来課題に対応した見直しが課題

1. はじめに
2. 主な目標値
(NEDO技術開発ロードマップ FCV・移動体)
3. 目標達成に向けたアプローチ案
4. 取り組むべきテーマ案
5. まとめ

まとめ

1. NEDO技術ロードマップで設定された目標が
将来のFC開発をリードしうる内容であることを確認
2. 目標達成に向けたアプローチ案を整理
3. 今後取り組むべきテーマ案を作成