

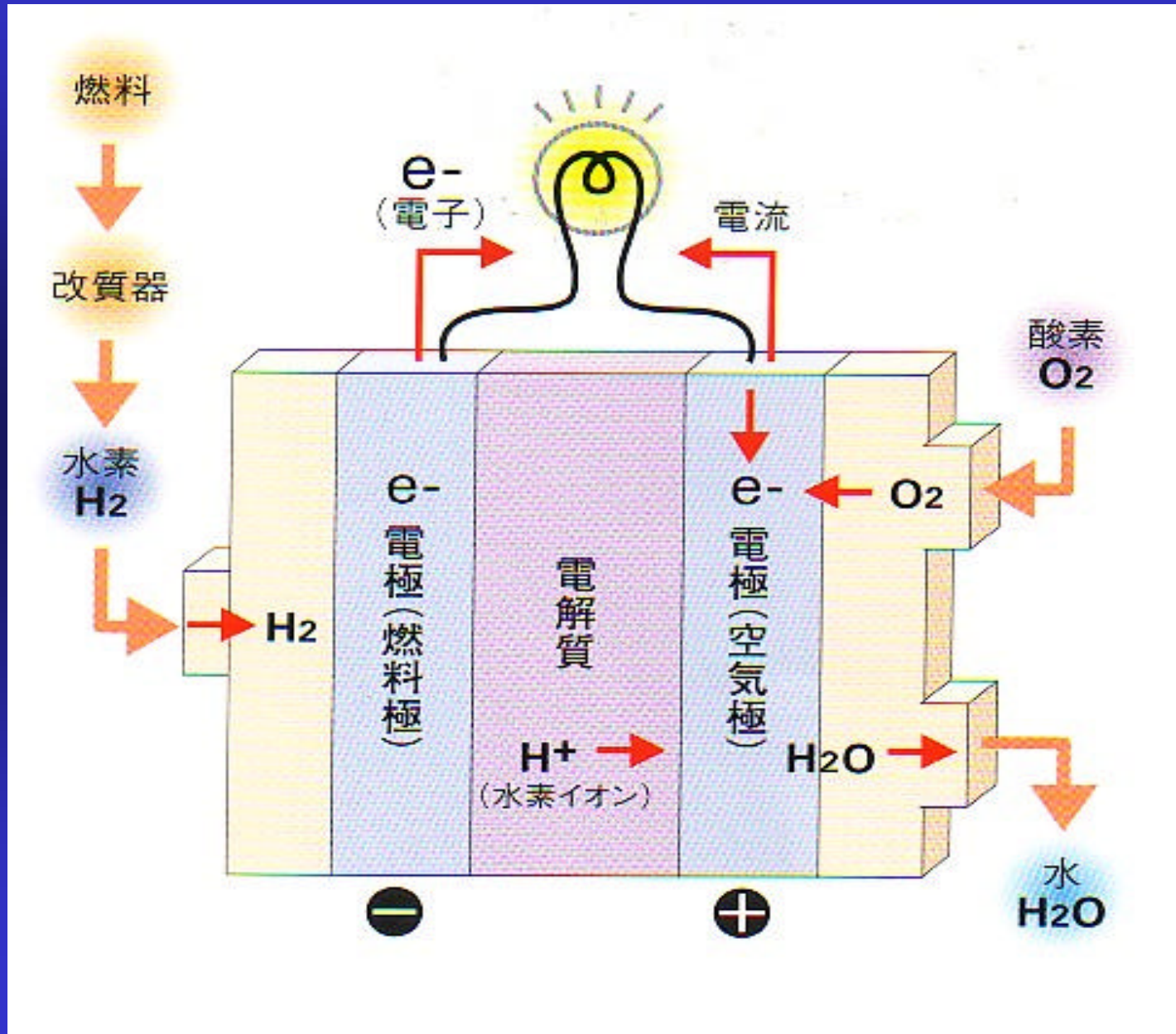
燃料電池の将来展望

(日本技術士会機械部会講演)

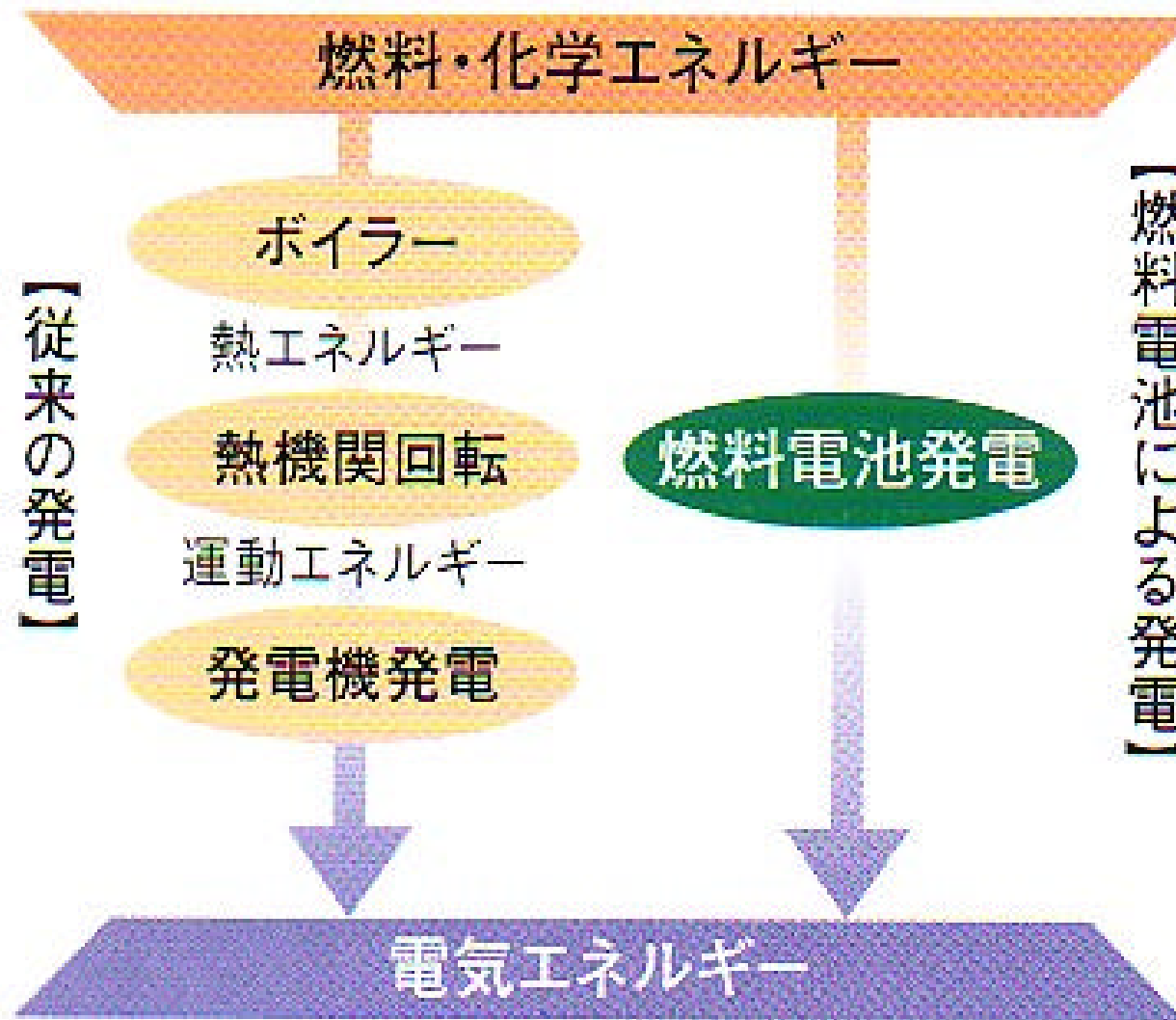
燃料電池開発情報センター

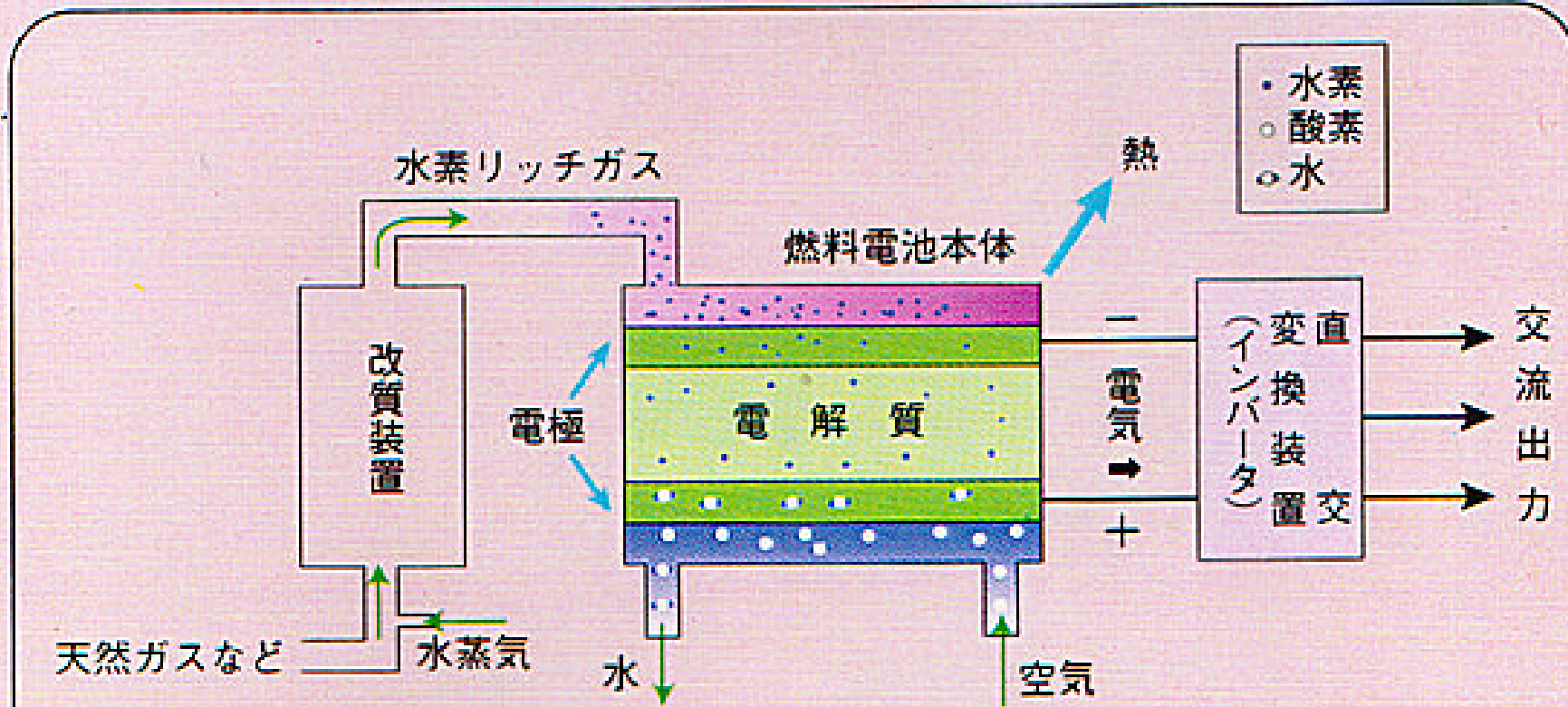
本間 琢也

燃料電池の原理



燃料電池と従来発電プロセスの比較

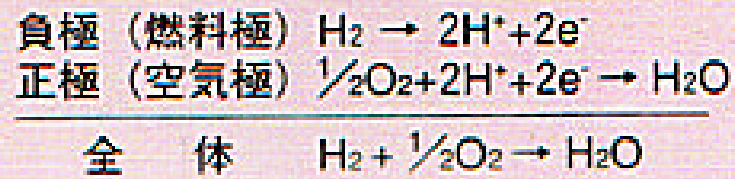




改質装置での水蒸気改質反応
(天然ガス燃料の場合)

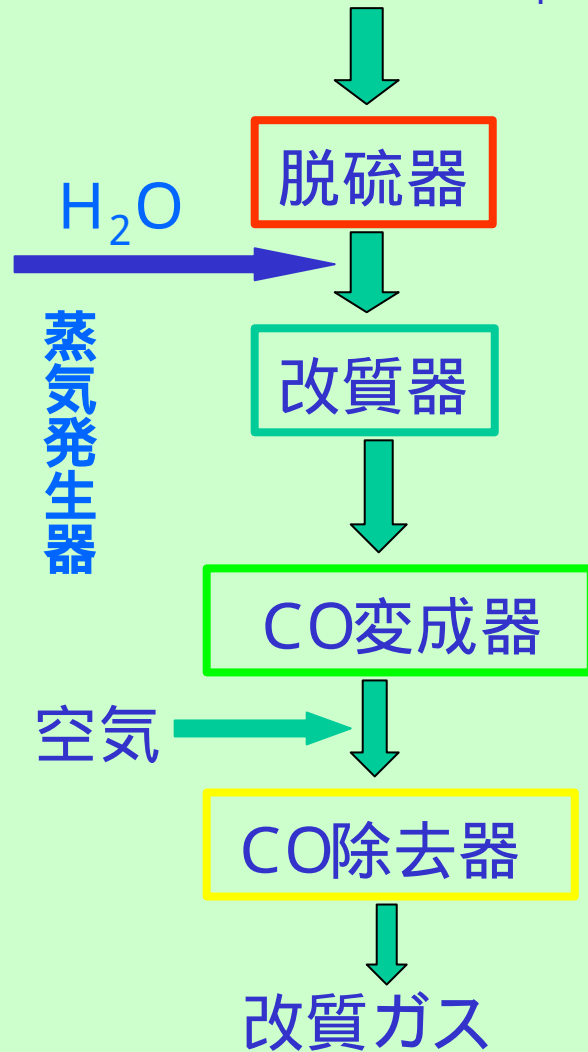


電池本体での電気化学反応
(リン酸型の場合)

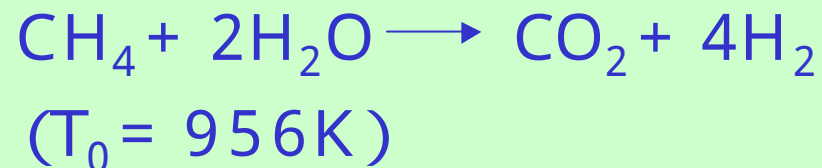
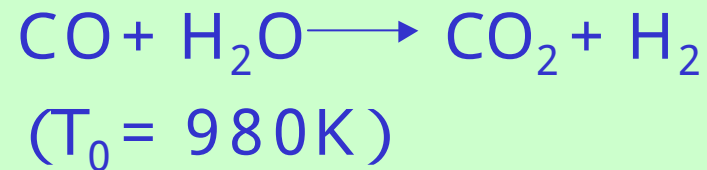
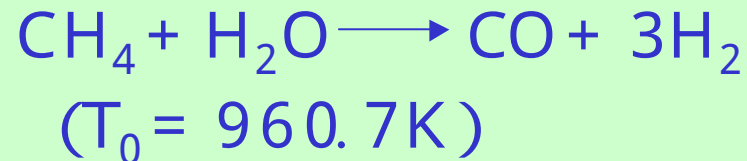


水蒸気改質プロセス

都市ガス (CH₄ 88%、C₂H₆ 6%、C₃H₈ 3% , C₄H₁₀ 3%)



腐臭剤中の硫黄化合物除去



CO濃度

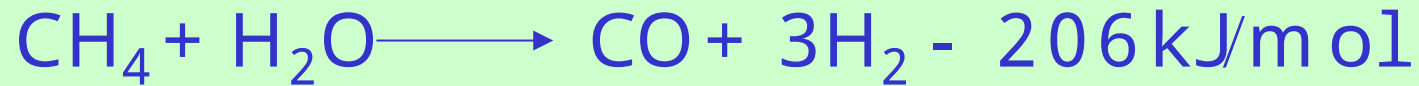
↓
約 10%

約 5000ppm

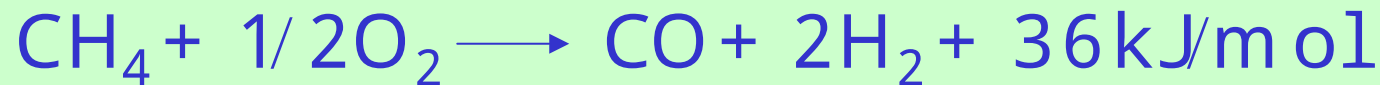
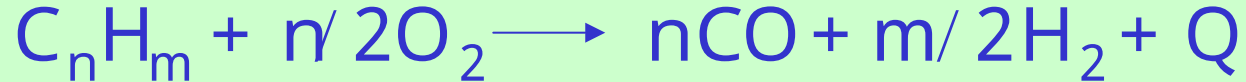
約 10ppm以下

各種改質方式

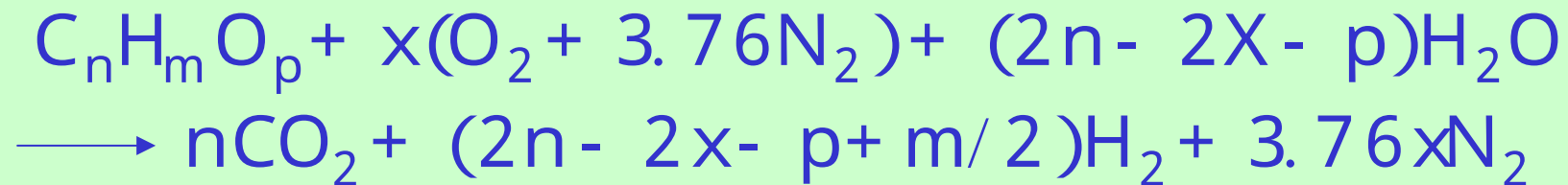
水蒸氣改質



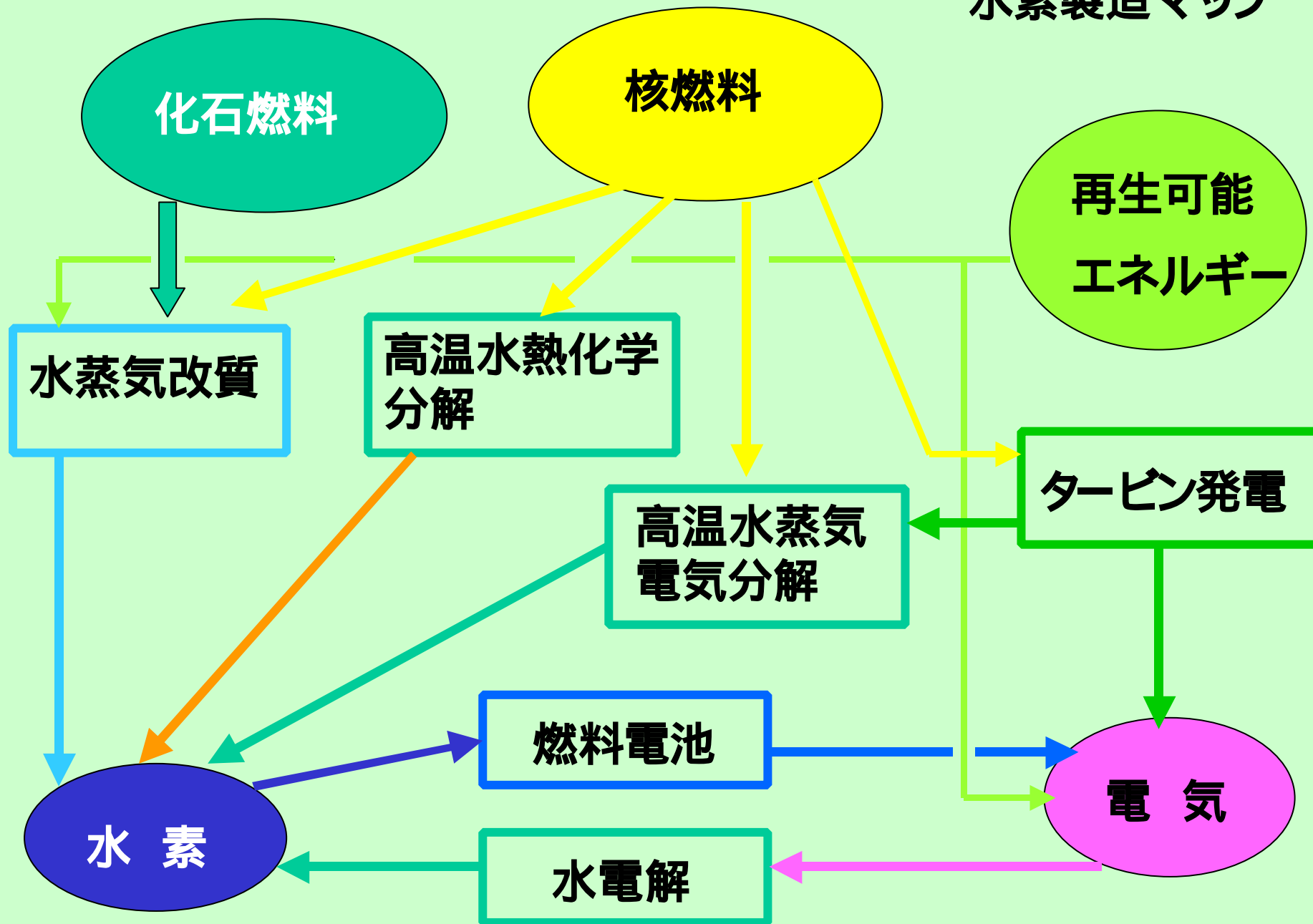
部分酸化改質



Auto-thermal改質 (x= 0 ;水蒸氣改質)



水素製造マップ



燃料電池の特徴

電気化学的反応のため熱機関に比べて低温で高効率

電力と熱を利用できるので総合効率が高い

反応生成物は水で、騒音の発生は無く環境に優しい

発電スケールに対して制約が無く分散型電源に最適

定格以下(部分負荷)運転で効率は下がらない

燃料を改質するので、多種類の燃料が使用可能

改質過程で発生するCO₂が、電池内で濃縮される

セル構造が微細、化学反応、熱、電気、流体现象が共存

信頼性、耐久性、コスト、安全性に課題

各種燃料電池の比較

	PAFC	MCFC	SOFC	PEFC	AFC
電解質	H ₃ PO ₄	熔融炭酸塩	セラミックス	高分子膜	KOH/H ₂ O
作動温度 ()	200	650	800 - 1000	80	60 - 80
燃料	H ₂ / 改質ガス	H ₂ /CO/ 改質ガス	H ₂ /CO/CH ₄ 改質ガス	H ₂ / 改質ガス	H ₂
改質方式	外部	外部/内部	外部/内部	外部	
酸化剤	O ₂ /空気	CO ₂ /O ₂ / 空気	O ₂ /空気	O ₂ /空気	O ₂ /空気
発電効率 (% LHV)	36~45	45~55	45~50	32~40	50~60

Anode and Cathode Reaction

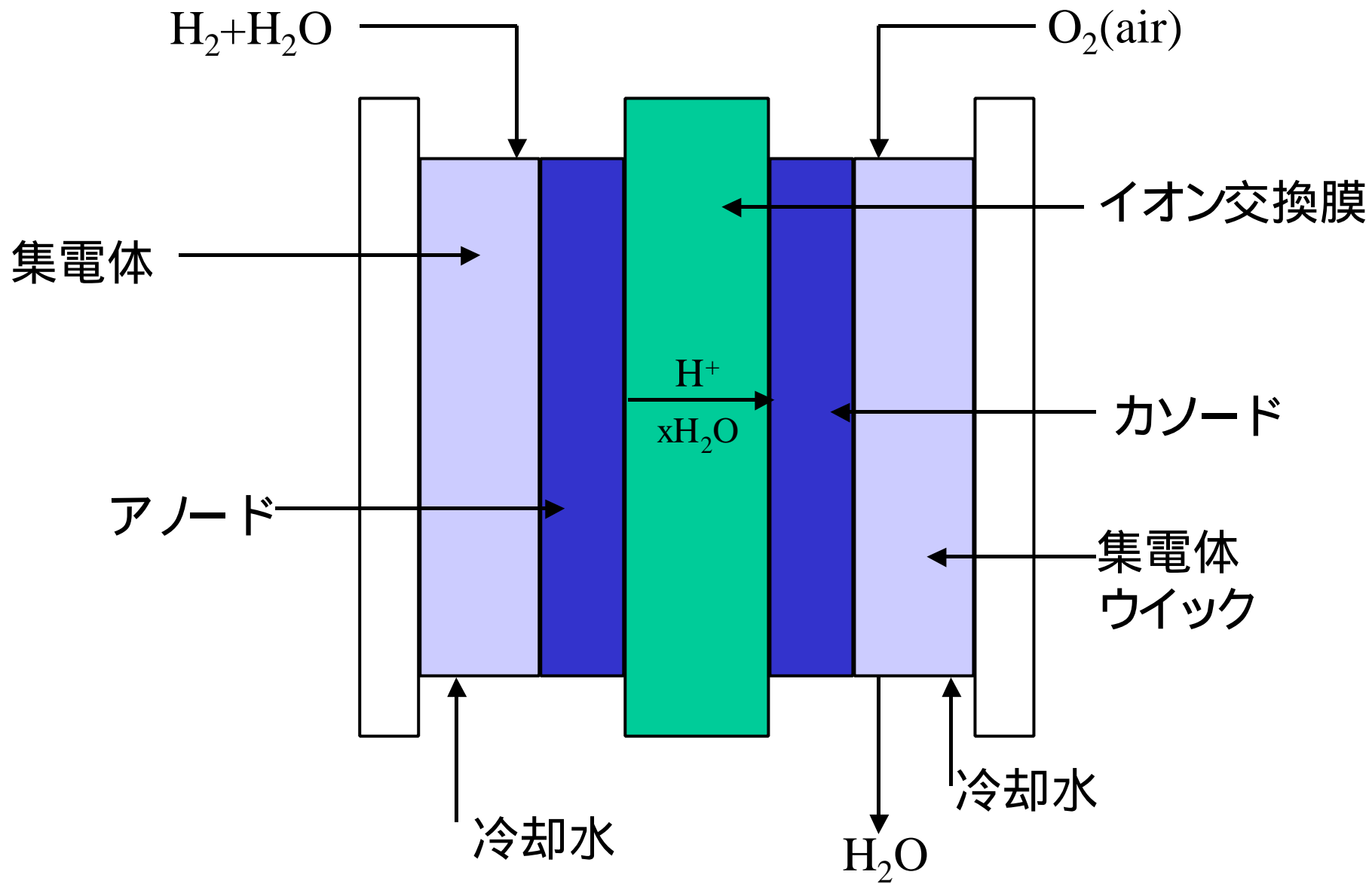
Fuel Cell	Anode Half Reactions	Cathode Half Reaction
Proton Exchange	$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
Alkaline	$\text{H}_2 + 2(\text{OH})^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2(\text{OH})^-$
Phosphoric Acid	$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
Molten Carbonate	$\text{H}_2 + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 2\text{e}^-$ $\text{CO} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{e}^-$	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-}$
Solid Oxide	$\text{H}_2 + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$ $\text{CO} + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{e}^-$ $\text{CH}_4 + 4\text{O}^{2-} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 8\text{e}^-$	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{O}^{2-}$

低温型各種燃料電池の特徴

種類	DMFC	PEFC	PAFC
電解質の材料	スルホン酸膜	スルホン酸膜	SiC/リン酸
電荷担体	H ⁺	H ⁺	H ⁺
作動温度	80	80	200
アノード触媒	多孔質炭素 Pt/Ru	多孔質炭素 Pt/Ru	多孔質炭素 Pt
カソード触媒	多孔質炭素 Pt	多孔質炭素 Pt	多孔質炭素 Pt

高温型各種燃料電池の特徴

種 類	MCFC	SOFC
電解質の材料	$\text{LiAlO}_2/\text{LiNaO}_3$	$\text{ZrO}_2 (\text{Y}_2\text{O}_3)$
電荷担体	CO_3^{2-}	O^{2-}
作動温度	650	1,000
アノード触媒	多孔質Ni板	Ni/YSZサーメット
カソード触媒	多孔質NiO板	多孔質LSM板



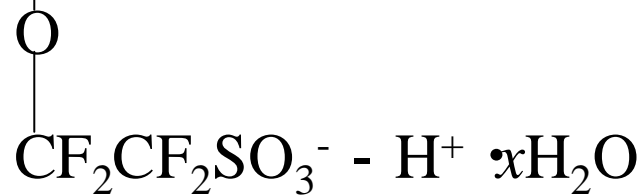
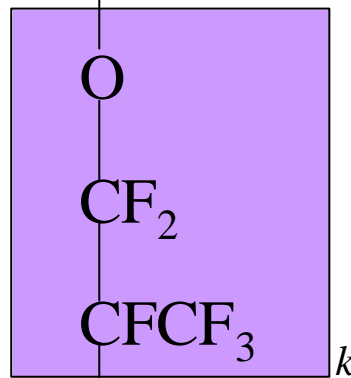
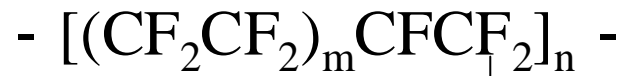
PEFCの原理

E.T. Dupont De Nemours and Co. Inc.

Nafion 膜

ペルフルオロスルホン酸ポリマー膜

Perfluorosulphonic acid polymer Membrane



水和プロトン

スルホン酸基

燃料電池自動車の実用化に於ける問題点

PEFCの高出力密度化による小型軽量化の実現

起動時間が短く負荷変動に対する応答性が速い

高い信頼性と適当な耐久性

コストの削減 (目標値 \$ 50/kW)

燃料の選択と燃料供給インフラの整備

1)純水素、2)メタノール、3)ガソリン

自動車の大きさの種類による燃料の選択

1)路線バス、2)普通自動車、3)特殊自動車

車載可能なコンパクトな改質器の開発

ハイブリット型燃料電池動力システムの設計

実用化のための実証期間と普及の時期

自動車会社による世界的連合の形成と開発戦略

60Lの各種燃料から得られる水素の量

燃 料	重 量 (kg)	発熱量 LHV (10 ³ kcal)	最大H ₂ 量 (kg)
軽 油	50	520	22
ガソリン	45	470	20
LPG	30	360	13
LNG	27	320	14
メタノール	47	230	9
液体水素	4.3	120	4
圧縮水素ガス (20MPa)	1.1	31	1

出展 日石三菱

1次エネルギーからの変換効率

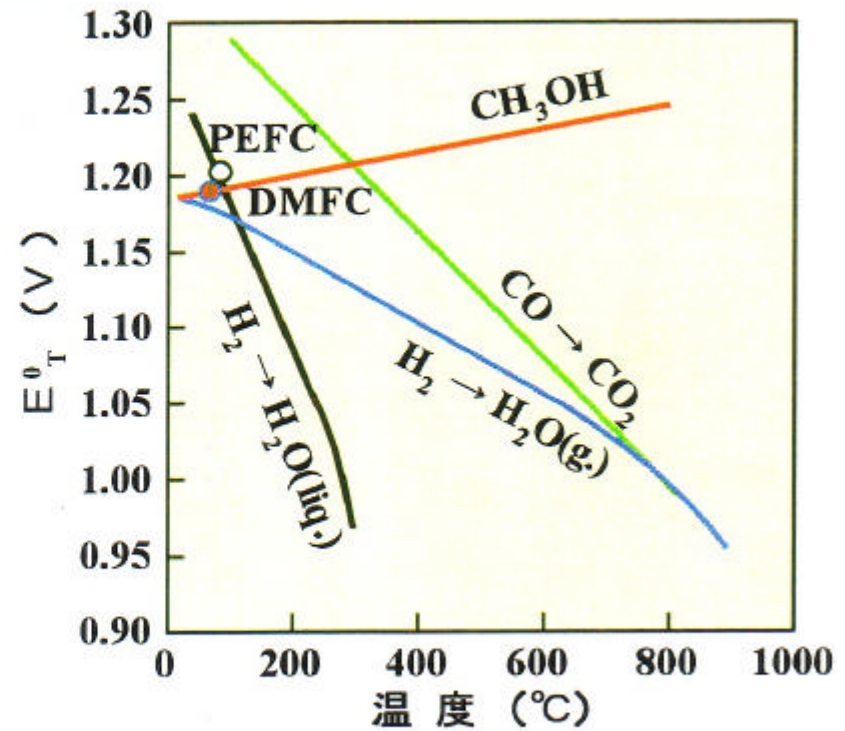
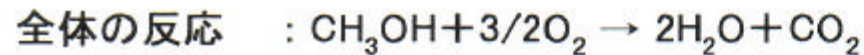
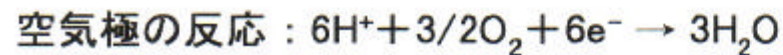
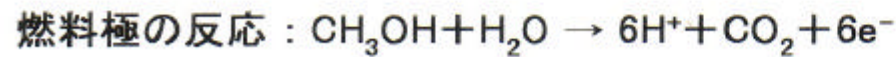
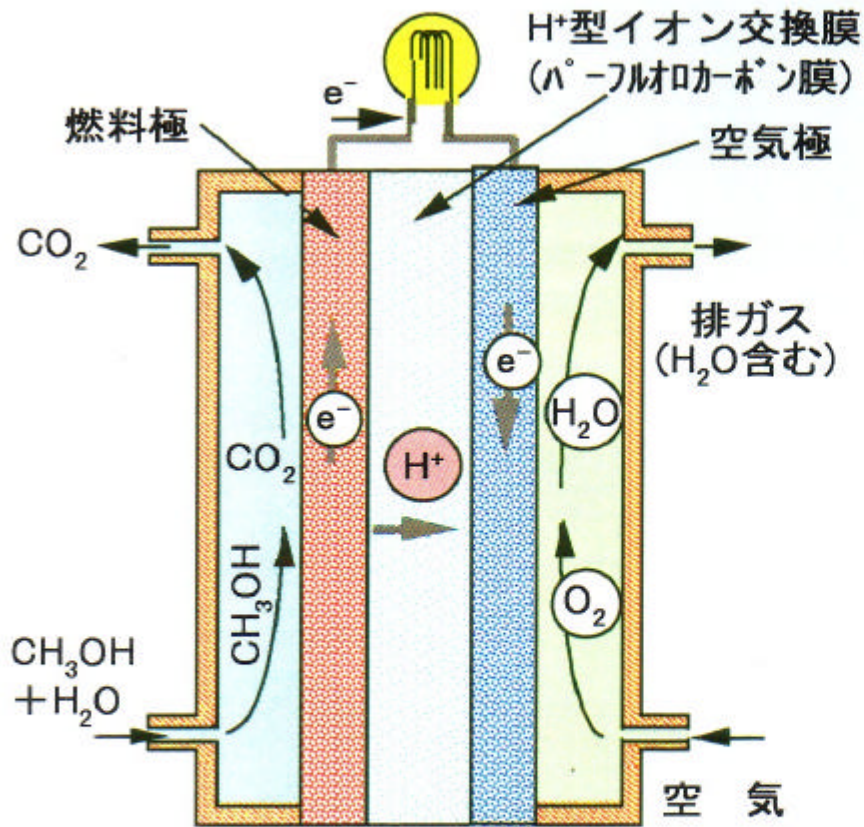
プロセス	変換効率
天然ガスから水素	84.4%
天然ガスからメタノール	67.4%
原油からガソリン	95%
水素ガスの圧縮	15%
(5,000psi;340atm)	(of H ₂ energy)
トラック輸送のエネルギー	1%

総合効率(Well-To-Wheel)

自動車の種類	燃料効率 Well to Tank (%)	車両効率 Tank to Wheel (%)	総合効率 Well to Wheel (%)
現状のICE ガソリン	88	16	14
ICE・蓄電池 ハイブリッド	88	30	26
FC 高圧水素ガス	58	38	22
FC・蓄電池 ハイブリッド 高圧水素ガス	58	50	29
FC・蓄電池 ハイブリッド 高圧水素ガス (将来の目標)	68*	60*	40*

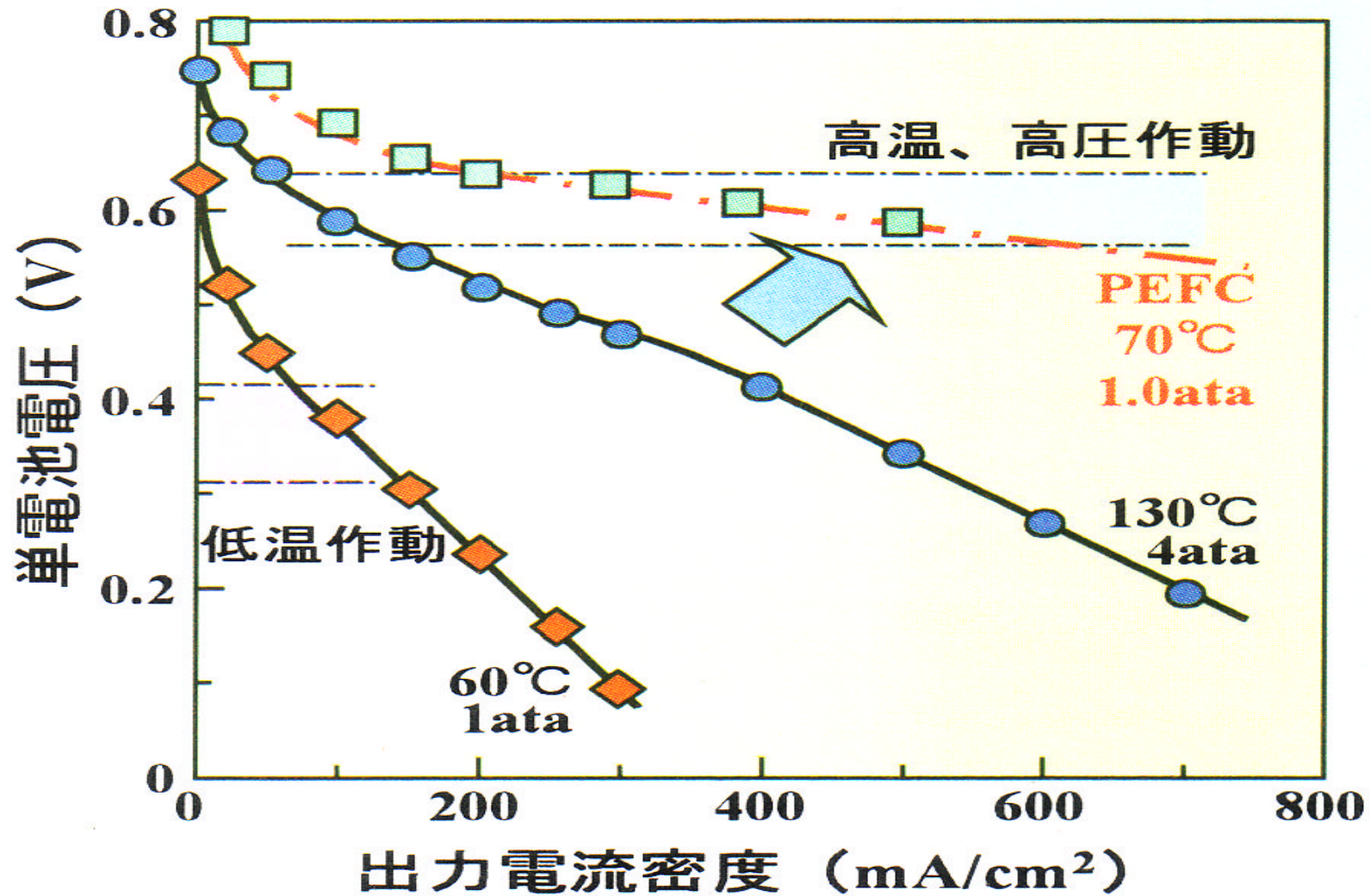
出展；渡辺（トヨタ自動車）JEVA FORUM 2001

DMFCの動作原理



各種燃料電池の起電力温度依存性

DMFCのVI特性



メタノール燃料電池のV-I特性