

2016.6.27

東京都

水素社会の実現に向けた東京推進会議

水素エネルギーと自動車

(エネルギー密度の視点とメタノールという選択肢について)

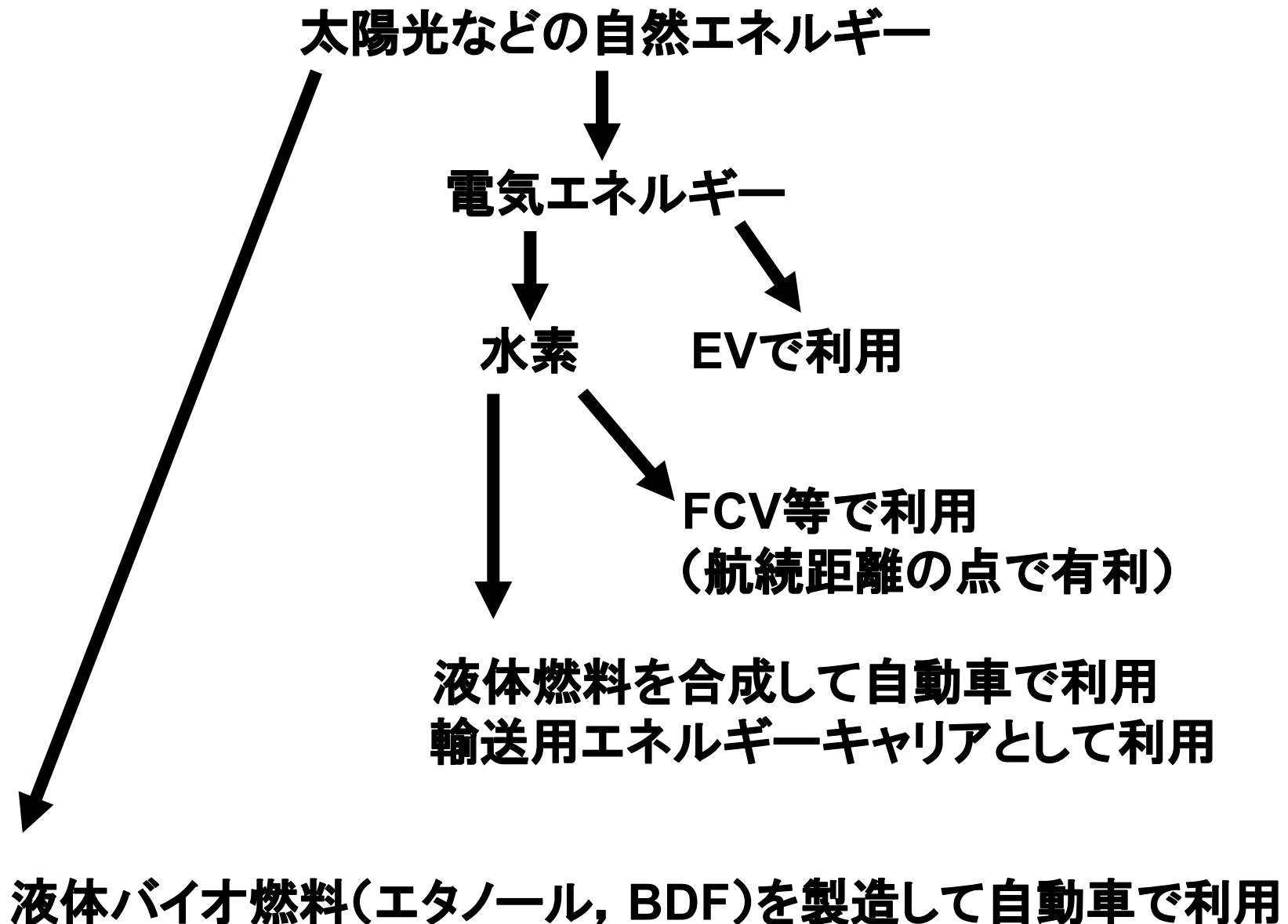
首都大学東京

大学院 理工学研究科 機械工学専攻

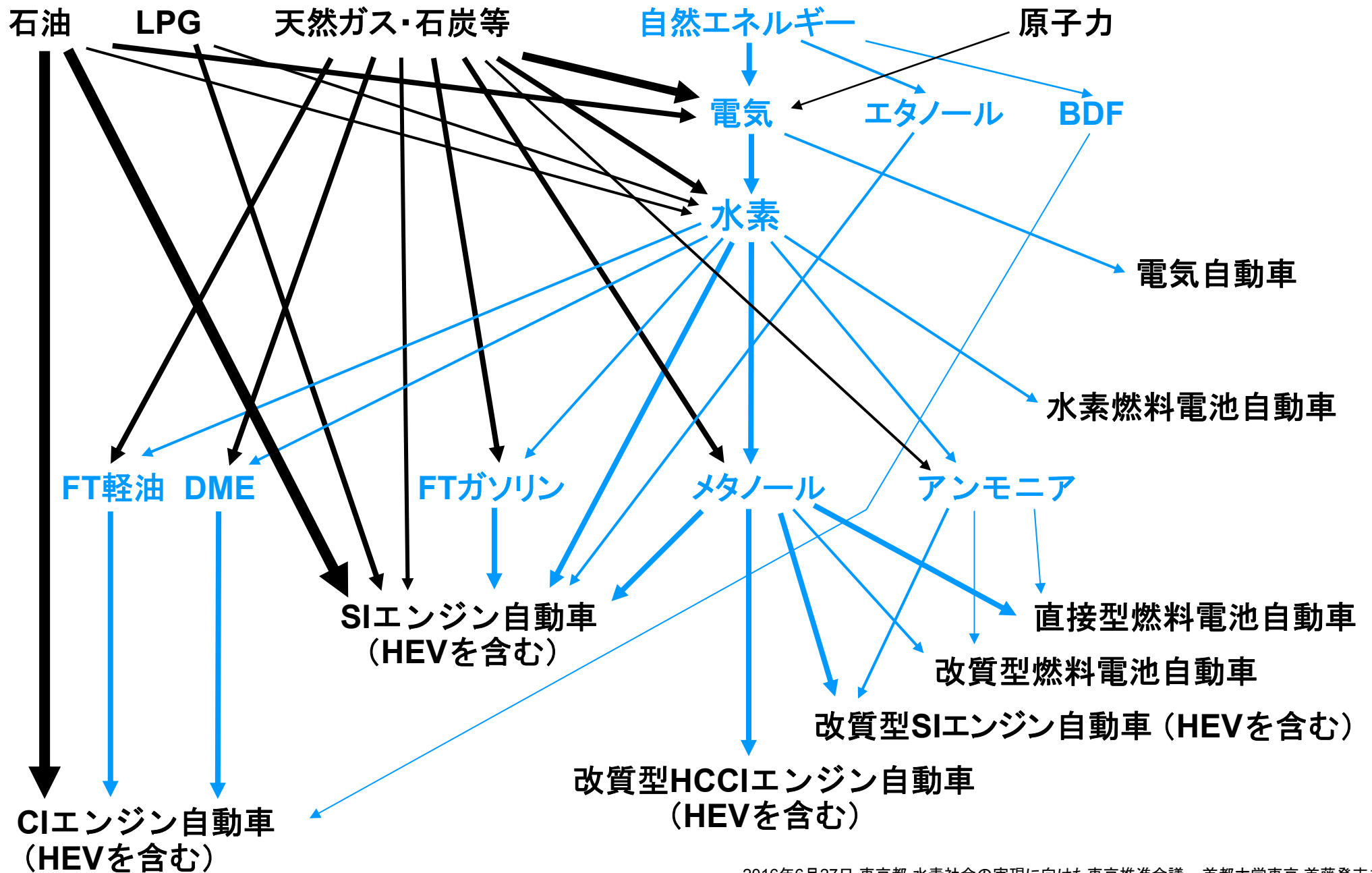
エネルギー環境システム研究室

教授 首藤 登志夫

自動車における自然エネルギー利用(簡略版)



自動車におけるエネルギー利用の選択肢



主なエネルギーキャリアのエネルギー密度と自動車用途の例

エネルギーキャリア	体積エネルギー密度	自動車用途
気体水素	11 MJ/m ³ (293K, 0.1MPa)	
鉛バッテリー	288 MJ/m ³ (80Wh/L)	小型EV
Liイオンバッテリー	1800 MJ/m ³ (500Wh/L)	EV
圧縮水素	5077 MJ/m ³ (293K, 70MPa)	FCV
CNG (CH ₄)	8120 MJ/m ³ (293K, 20MPa)	(トラック等)
液体水素	8517 MJ/m ³ (20K, 0.1MPa)	(FCV等)
メタノール	15759 MJ/m ³	(乗用車等)
DME	19230 MJ/m ³ (293K, 0.6MPa)	(トラック等)
エタノール	20200 MJ/m ³	(乗用車等)
LPG (C ₃ H ₈ +C ₄ H ₁₀)	24400 MJ/m ³ (293K, 0.8MPa)	タクシー
BDF (FAME)	32400 MJ/m ³	(トラック等)
ガソリン	34500 MJ/m ³	乗用車
軽油	36300 MJ/m ³	トラック・バス

メタノール利用の利点・特徴と課題

利点・特徴

- ・海外の再エネを日本に輸入する際、液体水素の約2倍のエネルギー密度で輸送できる。
- ・自動車エネルギーキャリアとして見ると、エネルギー密度の高さは航続距離の点で有利。
- ・非常時の燃料として見ると、高いエネルギー密度で安定して備蓄できることは利点。
- ・メタノールからの水素生成も容易。その際に未利用の低温排熱の有効利用が可能。
- ・燃料電池やエンジンでの直接利用の他、車上で水素を生成して利用することも可能。

課題

- ・直接メタノール燃料電池(DMFC)は水素燃料電池よりも出力が低い。
 - DMFCの出力向上が求められる。
- ・メタノールの利用時にCO₂が生成する(ただし、石油系燃料と比べると少ない)。
 - 例えば再エネ水素と大気中CO₂を利用したメタノール合成は理想的。
- ・メタノールの毒性。
 - 一般ユーザーが安全に取扱える体制が必要。

メタノール利用システムの例

・水素の製造

- 化学反応によるメタノールからの水素生成
- 電気分解によるメタノールからの水素生成

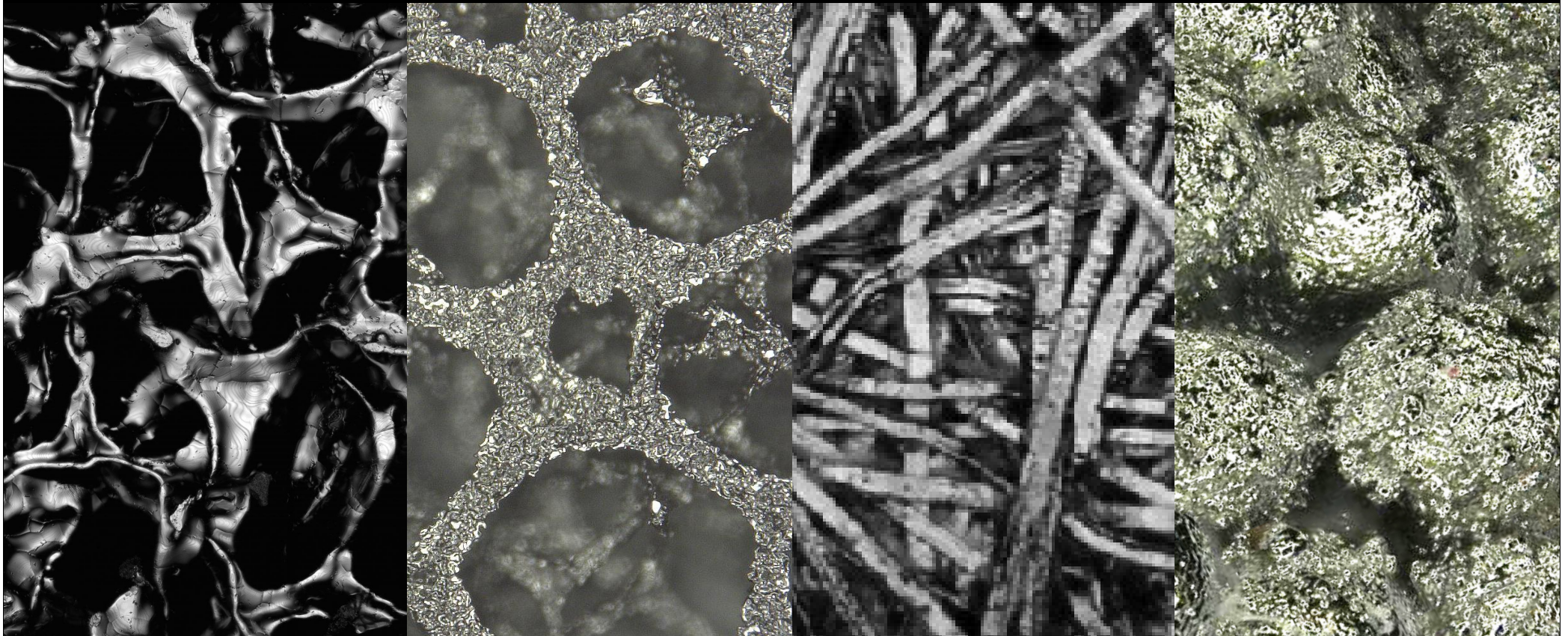
・車上での化学反応でメタノールを改質して利用するシステム

- 車上でメタノールから水素を生成して利用する水素燃料電池
- 車上でメタノールから水素を生成して利用する水素エンジン
- 排熱回収メタノール改質式HCCI燃焼エンジン

・メタノールを直接利用するシステム

- メタノールをガソリンのように直接利用するエンジン
- メタノールを直接燃料とする燃料電池(DMFC)
- (水素燃料電池と比べて劣る発電出力の向上が課題)

金属多孔体を用いた全面供給型の反応物流路の例



T. Shudo, K. Suzuki, *Int. J. of Hydrogen Energy*, Vol.33, No.11, (2008).

T. Shudo, *Fuel Cell*, Vol.7, No.3, pp.139-142, (2008).

T. Shudo, S. Naganuma, Proc. 28th Hydrogen Energy System Society, B20, (2008).

S. Naganuma, T. Shudo, Proc. 47th Combustion Symposium, (2009).

T. Shudo, *Fuel Cell*, Vol.9, No.2, pp.8-10, (2009).

T. Shudo, S. Naganuma, Proc. JSME Power and Energy Symp., (2009).

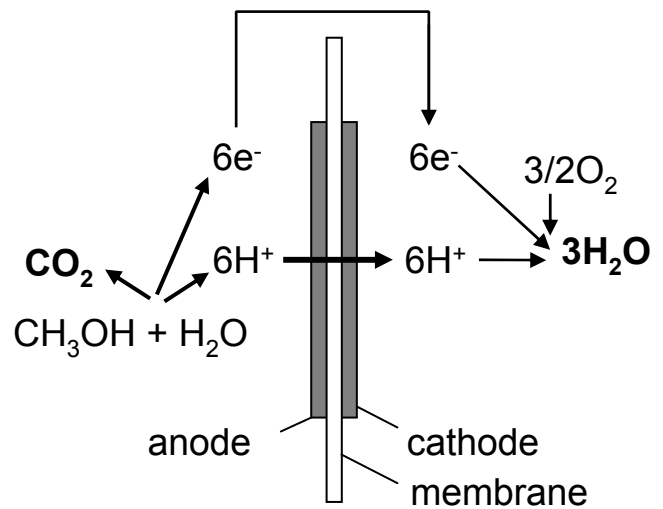
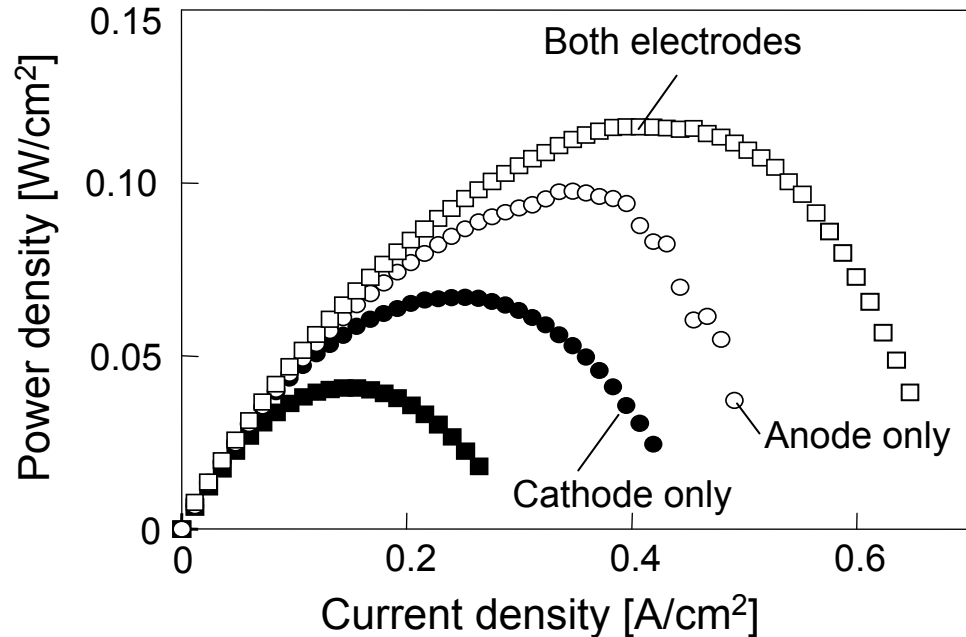
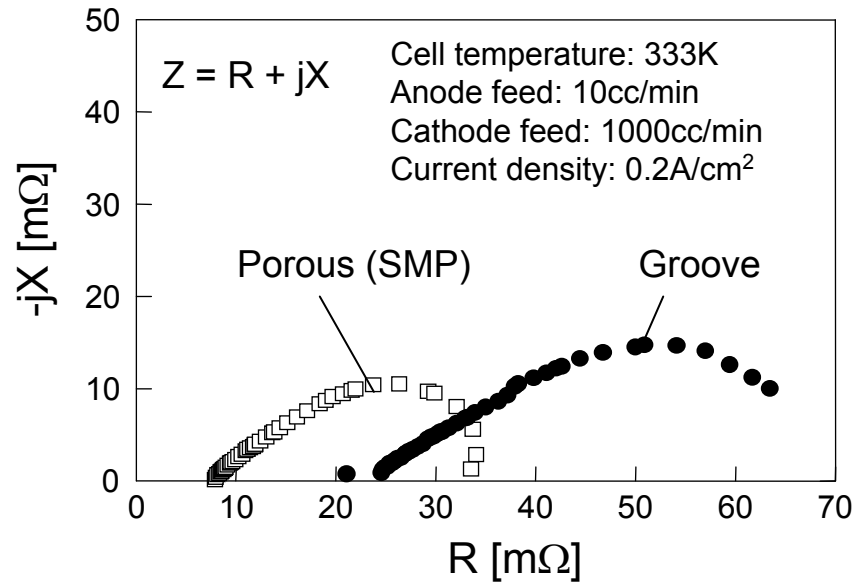
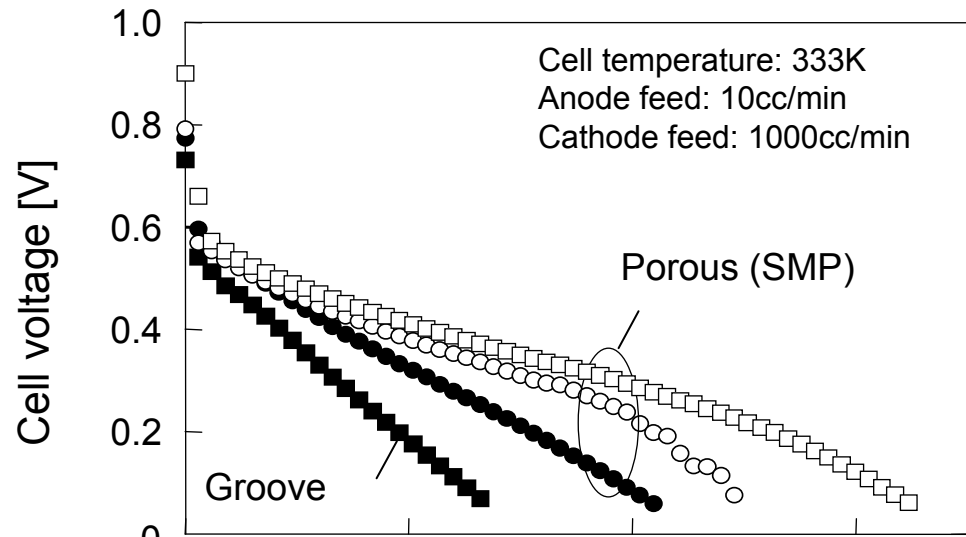
T. Shudo, *Fuel Cell*, Vol.8, No.4, pp.61-65, (2009).

T. Shudo, S. Naganuma, K. Oyabu, Proc. JSME Power and Energy Symp., D205, pp.389-390, (2010).

T. Shudo, Y. Takahashi, Proc. Japan Society of Automotive Engineers, No.111-10, pp.1-4, (2010).

Y. Takahashi, T. Shudo, Proc. 30th Hydrogen Energy System Society, , A10, pp.37-40, (2010).

金属多孔体球を用いた全面供給型流路によるDMFCの発電出力向上



メタノール利用システムの例

・水素の製造

化学反応によるメタノールからの水素生成

電気分解によるメタノールからの水素生成

(理論電解電圧が低く, 高効率の水素生成が可能)

・車上での化学反応でメタノールを改質して利用するシステム

車上でメタノールから水素を生成して利用する水素燃料電池

車上でメタノールから水素を生成して利用する水素エンジン

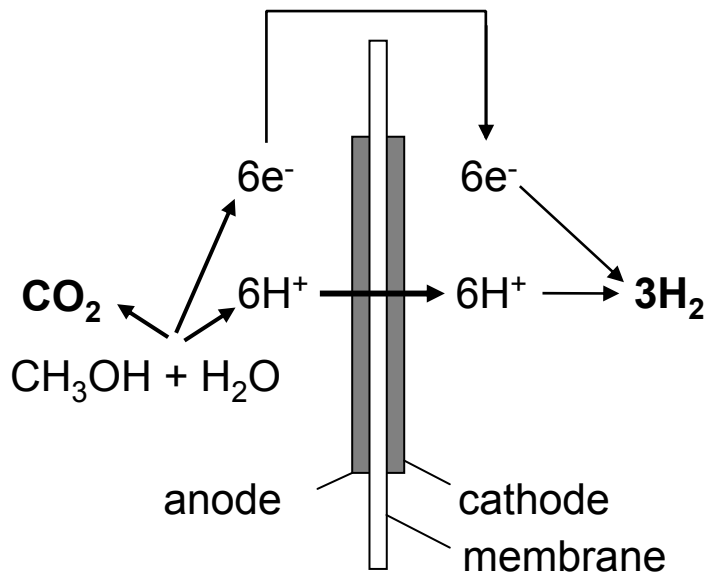
排熱回収メタノール改質式HCCI燃焼エンジン

・メタノールを直接利用するシステム

メタノールをガソリンのように直接利用するエンジン

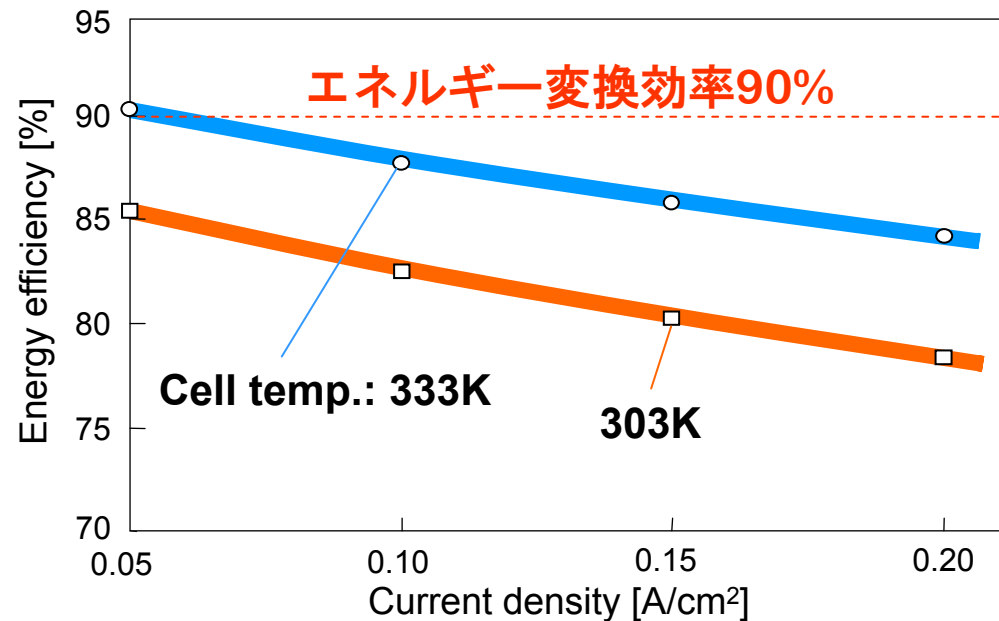
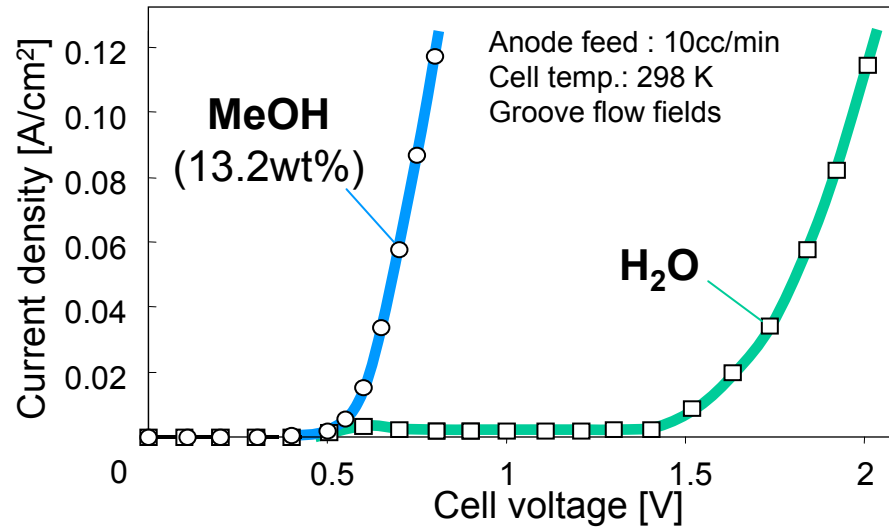
メタノールを直接燃料とする燃料電池(DMFC)

メタノールの電気分解による水素生成



Theoretical electrolysis voltage	
Water	1.235V
Ethanol (aq. solution)	0.084V
Methanol (aq. solution)	0.016V

メタノールは水に比べて大幅に低い電圧で電気分解可能。
高効率の水素生成が可能。



メタノール利用システムの例

・水素の製造

化学反応によるメタノールからの水素生成
電気分解によるメタノールからの水素生成

・車上での化学反応でメタノールを改質して利用するシステム

車上でメタノールから水素を生成して利用する水素燃料電池

車上でメタノールから水素を生成して利用する水素エンジン

(燃料電池と比べて劣るエネルギー効率の向上が課題)

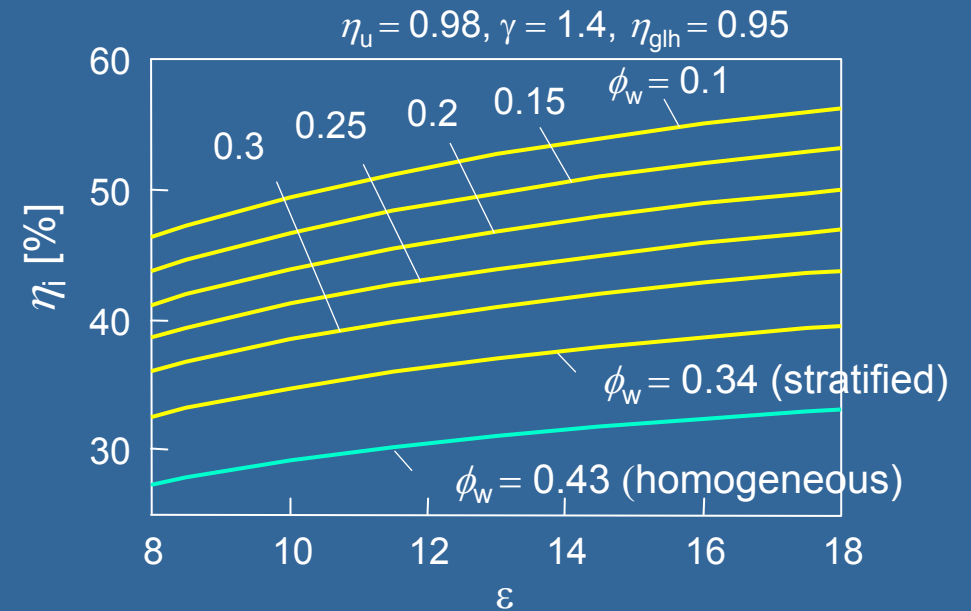
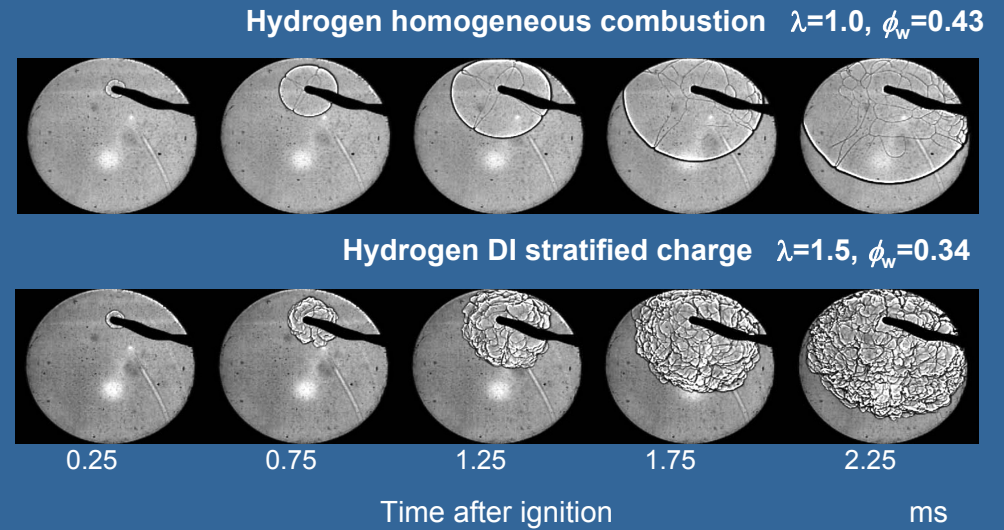
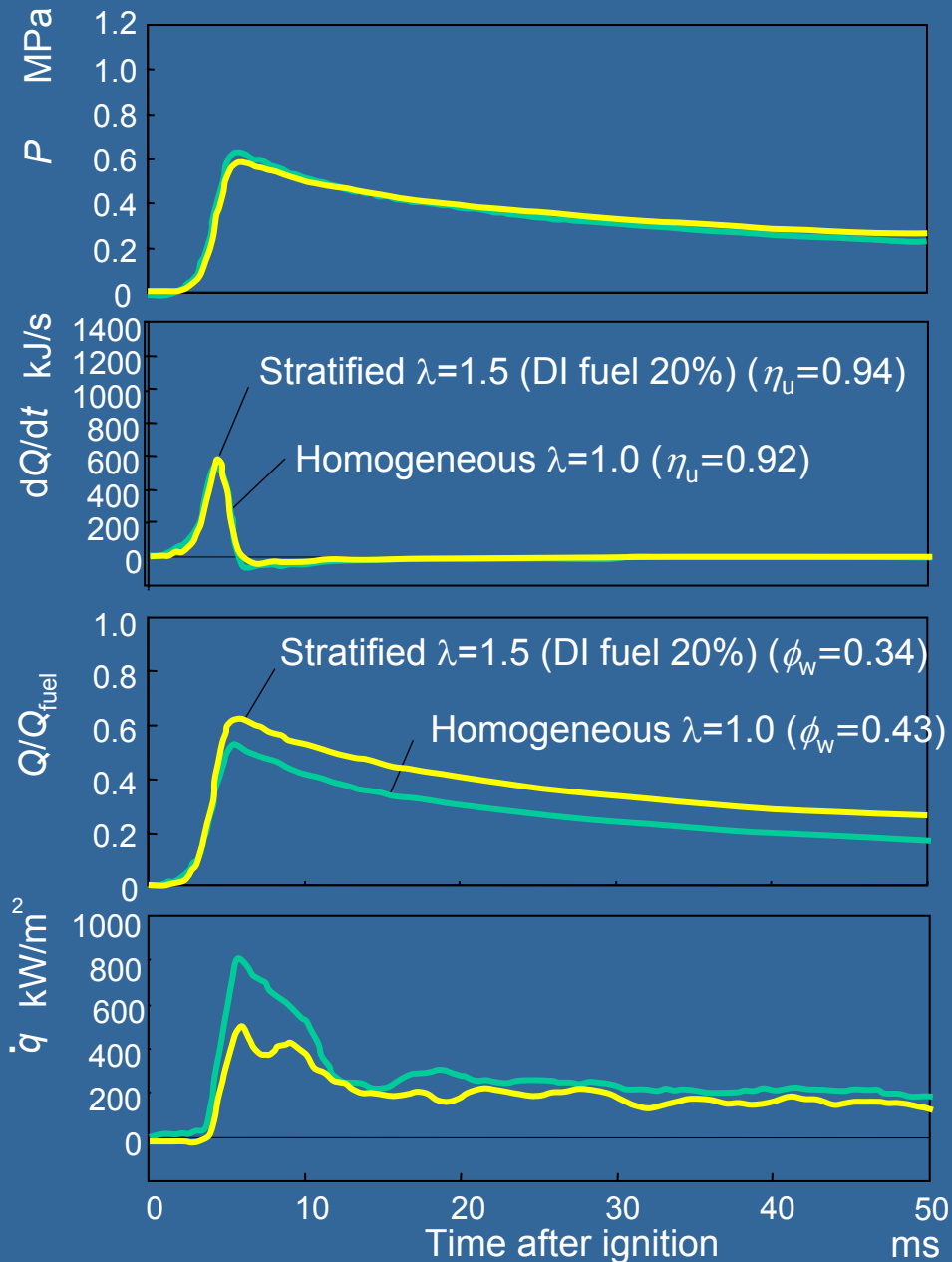
排熱回収メタノール改質式HCCI燃焼エンジン

・メタノールを直接利用するシステム

メタノールをガソリンのように直接利用するエンジン

メタノールを直接燃料とする燃料電池(DMFC)

直接噴射層状給気による水素燃焼の冷却損失低減と効率向上



メタノール利用システムの例

・水素の製造

化学反応によるメタノールからの水素生成
電気分解によるメタノールからの水素生成

・車上的での化学反応でメタノールを改質して利用するシステム

車上でメタノールから水素を生成して利用する水素燃料電池

車上でメタノールから水素を生成して利用する水素エンジン

排熱回収メタノール改質式HCCI燃焼エンジン

(高効率の新規燃焼と排熱回収の組合せて高い総合効率)

・メタノールを直接利用するシステム

メタノールをガソリンのように直接利用するエンジン

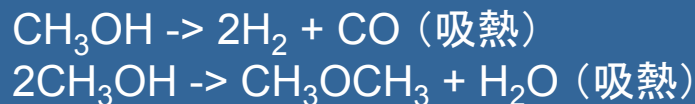
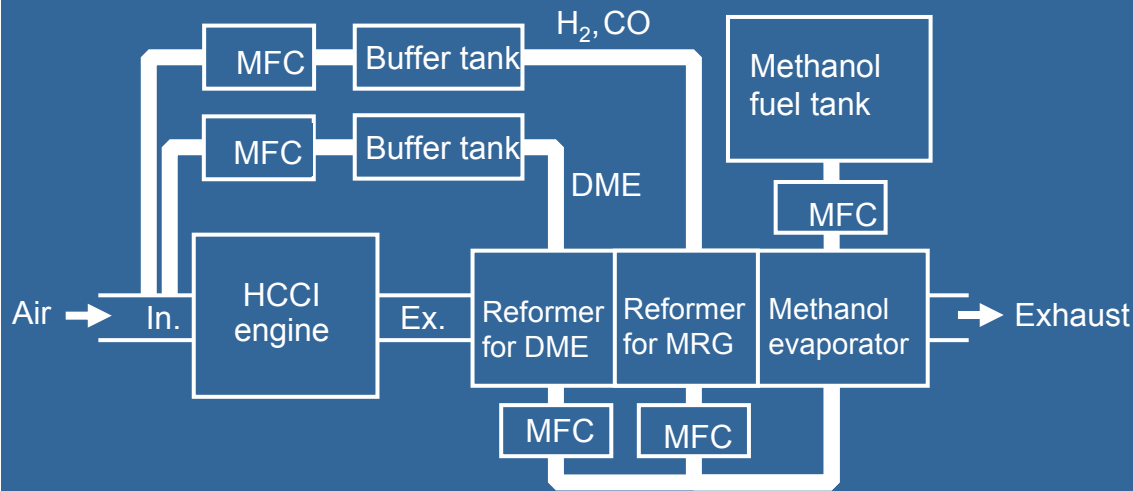
メタノールを直接燃料とする燃料電池(DMFC)

排熱回収メタノール改質式HCCIエンジン

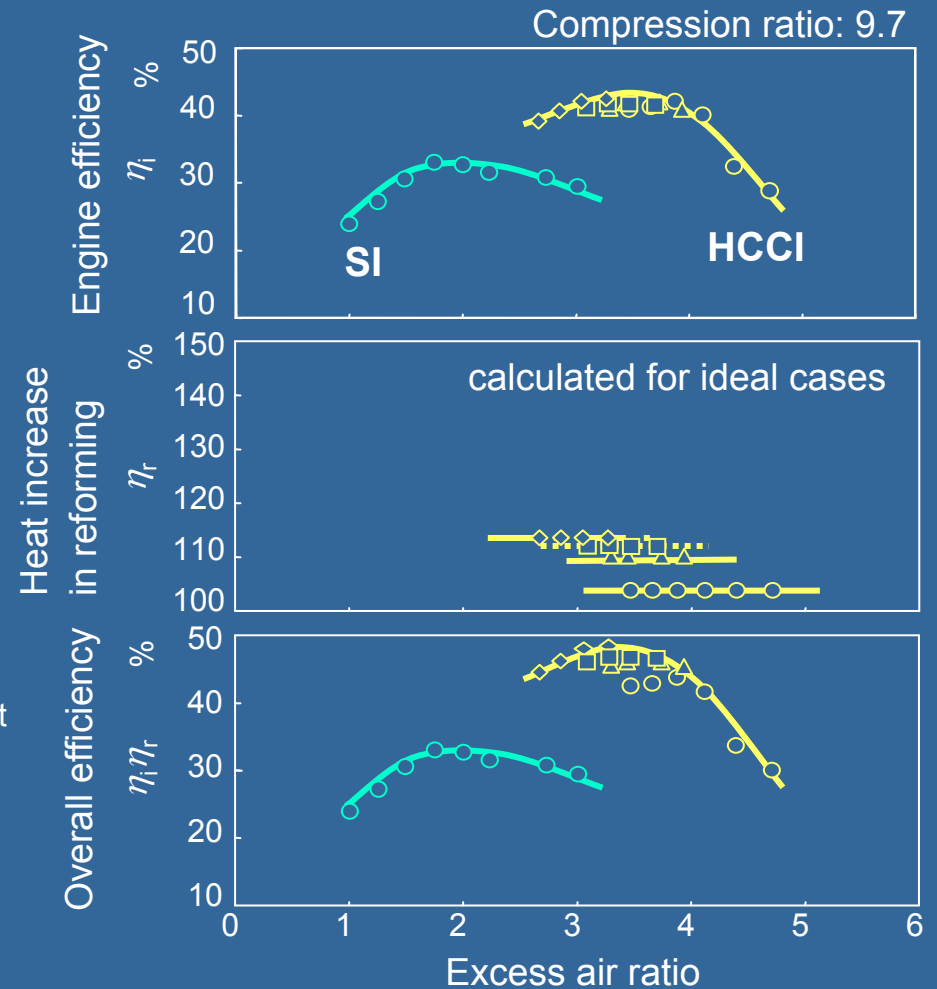
HCCI燃焼:

ガソリンエンジンのような予混合気をディーゼルエンジンのように圧縮着火させる新たな燃焼方式。高い効率を実現するが、着火時期制御が困難なため実用化に至っていない。

排熱回収メタノール改質式HCCIエンジン



着火性の異なる水素とDMEをメタノール改質で生成し、両者の比率で着火時期を制御。吸熱反応を利用して排気熱の一部を回収し、高い総合効率を実現。



2016.6.27

東京都

水素社会の実現に向けた東京推進会議

水素エネルギー社会構築推進研究センターの紹介

首都大学東京

大学院 理工学研究科 機械工学専攻

エネルギー環境システム研究室

教授 首藤 登志夫

首都大学東京 水素エネルギー社会構築推進研究センター

都市環境科学研究科附属の研究センターとして平成28年4月設立

構成員	部局・職	現在の専門・役割分担
金村 聖志	都市環境科学研究科 教授	電池、エネルギー化学、研究総括
川上 浩良	都市環境科学研究科 教授	燃料電池、高分子化学、研究の実施
宍戸 哲也	都市環境科学研究科 教授	触媒化学、表面化学、研究の実施
内山 一美	都市環境科学研究科 教授	分析化学、マイクロ化学、研究の実施
久保 由治	都市環境科学研究科 教授	超分子化学、研究の実施
Yan Mulyana	都市環境科学研究科 准教授	錯体化学、研究の実施
宇治 公隆	都市環境科学研究科 教授	コンクリート工学、研究の実施
須永 修通	都市環境科学研究科 教授	環境建築学、研究の実施
首藤 登志夫	理工学研究科 教授	水素エネルギー、自動車、研究の実施
楊 明	システムデザイン研究科 教授	マイクロデバイス、研究の実施

水素エネルギー社会構築推進研究センターのビジョン

