

(財)高度技術社会推進協会(TEPIA)B1会議室A  
ITカーズ(株)「ガソリン混合水素エンジン車」記者発表用  
配布資料

# 水素をエンジンの燃料とする魅力

2012. 09. 25

東京都市大学  
水素エネルギー研究センター  
准教授 山根 公高



# 水素をエンジンの燃料とする魅力

## 記者会見《資料》

2012年9月25日

東京都市大学工学部エネルギー化学科 兼  
総合研究所水素エネルギー研究センター 准教授

博士(工学) 山根 公高



## Musashi-8(1990)

4サイクルエンジン、筒内高圧噴射、火花点火、液体水素、第8回国際水素エネルギー学会出展



## Musashi-11(2009) 東京都市大学水素シャトルバス

4サイクルターボエンジン、外部混合、火花点火、日野自動車リエッセ改造車、白ナンバー日本で初バス

# 化石燃料を使用すると

## 1. 地球環境問題

NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub>、浮遊粒子状物質等大気汚染の原因物質が発生



酸性雨, 地球温暖化



森林破壊, 海面上昇, 気候変動



食糧危機

## 2. 化石燃料枯渇問題

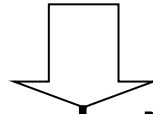
化石燃料は安い, 液体で使いやすい, 体積エネルギー密度が

3 燃料の中で最も大きい, しかし、有限として永く使われてきた。

## 各種燃料の燃焼で発生する二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)

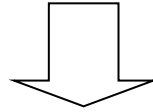
燃 料	代表化学式	低発熱量 (MJ/kg)	CO <sub>2</sub> (kg/MJ)	ガソリン対比 (-)
石炭	C	33.9	0.108	1.55
ディーゼル軽油	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	43.5	0.072	1.04
ガソリン	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	44.4	0.070	1.00
メタノール	CH <sub>3</sub> OH	20.0	0.069	0.99
天然ガス	CH <sub>4</sub>	49.8	0.055	0.79
水素	H <sub>2</sub>	120.	0.	0.

化石燃料の抱える枯渇問題と環境問題を  
同時に解決してくれるエネルギー

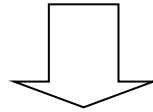


自然エネルギー

太陽エネルギー, 地熱, 潮力, バイオマス  
(水力, 太陽光, 太陽熱, 風力, 波力)



自然エネルギーは無限にある, かつ偏在しない  
しかし  
低エネルギー密度かつ変動する  
貯蔵が必要



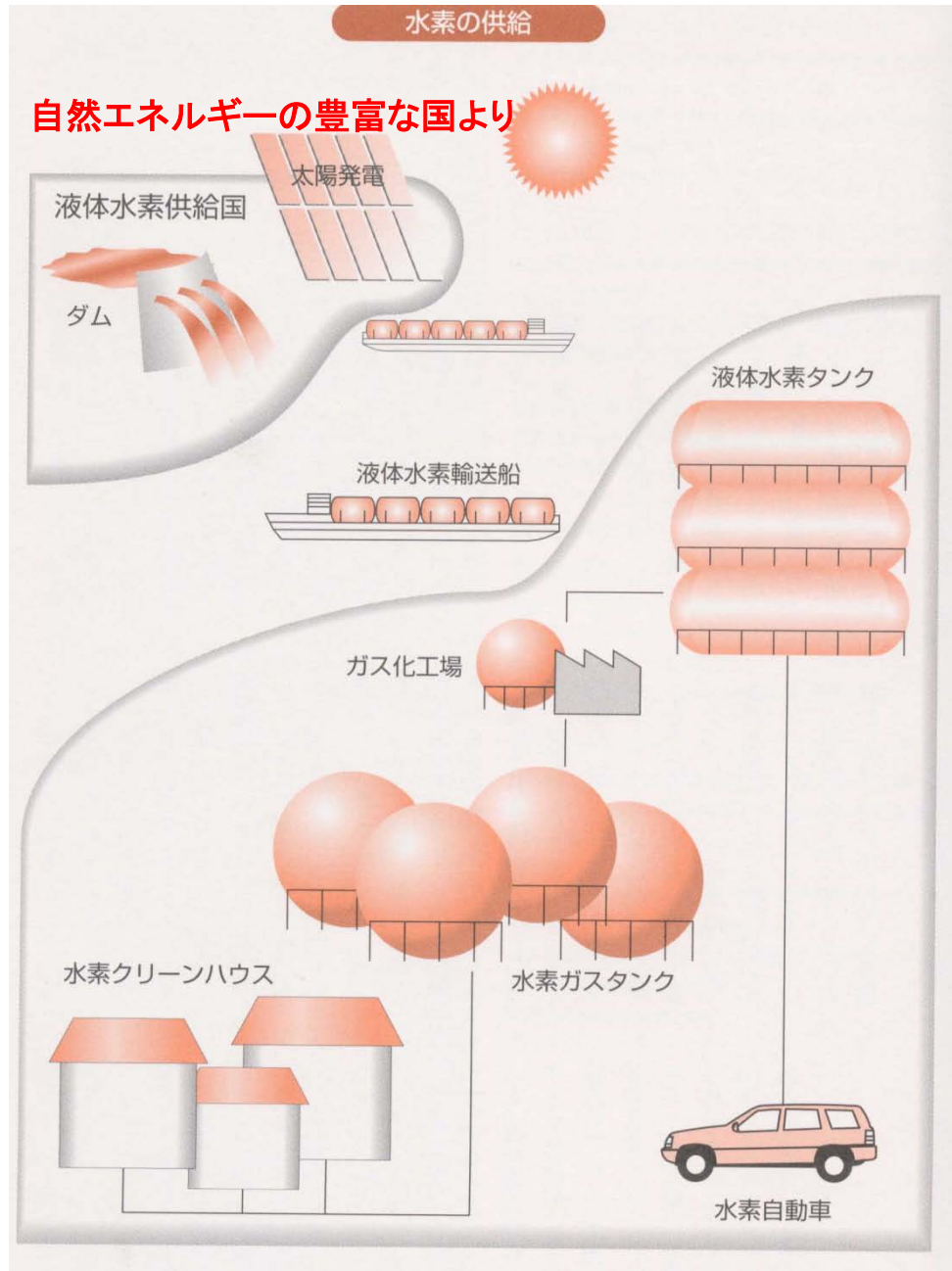
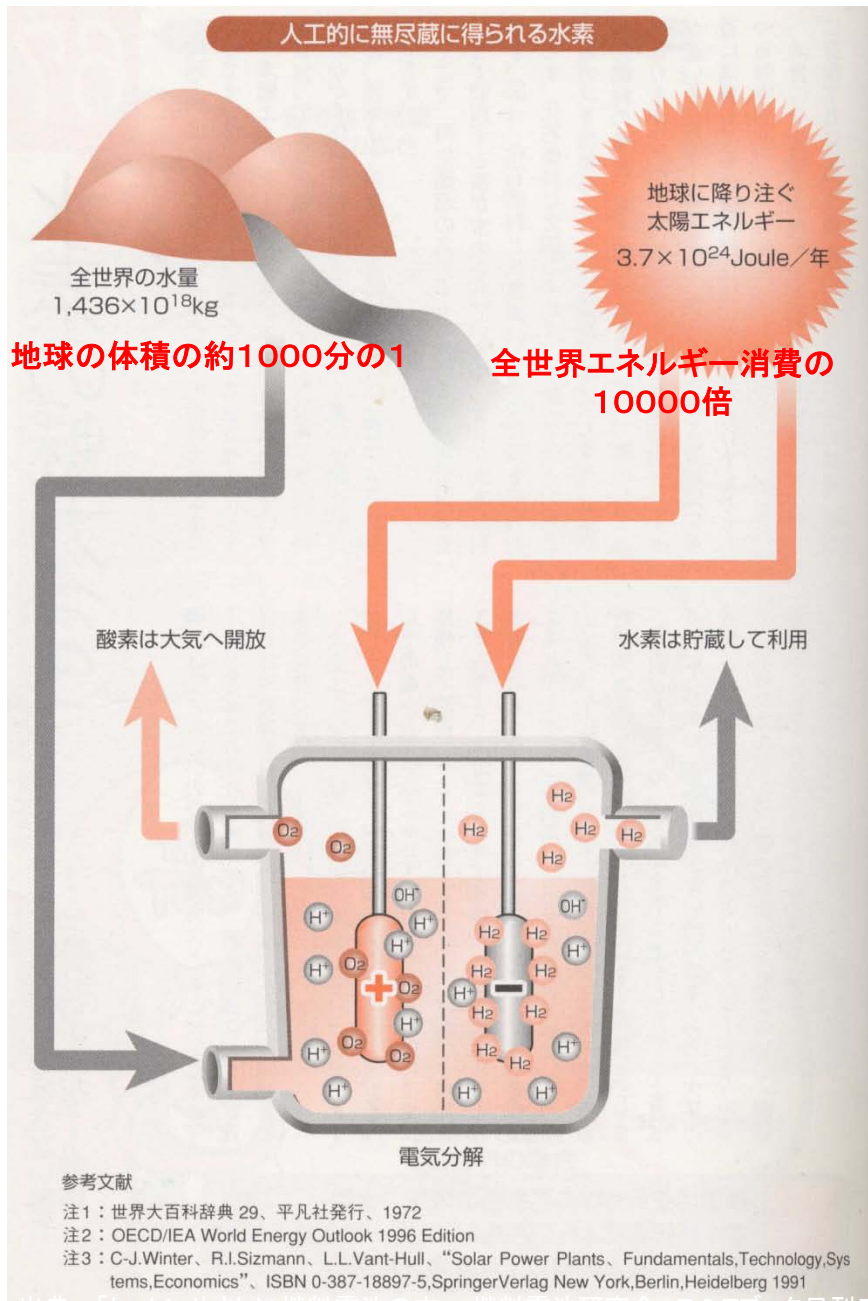
電気エネルギーで多量にエネルギーを貯蔵できない  
無害で無限に製造できる化学エネルギーの水素として貯蔵

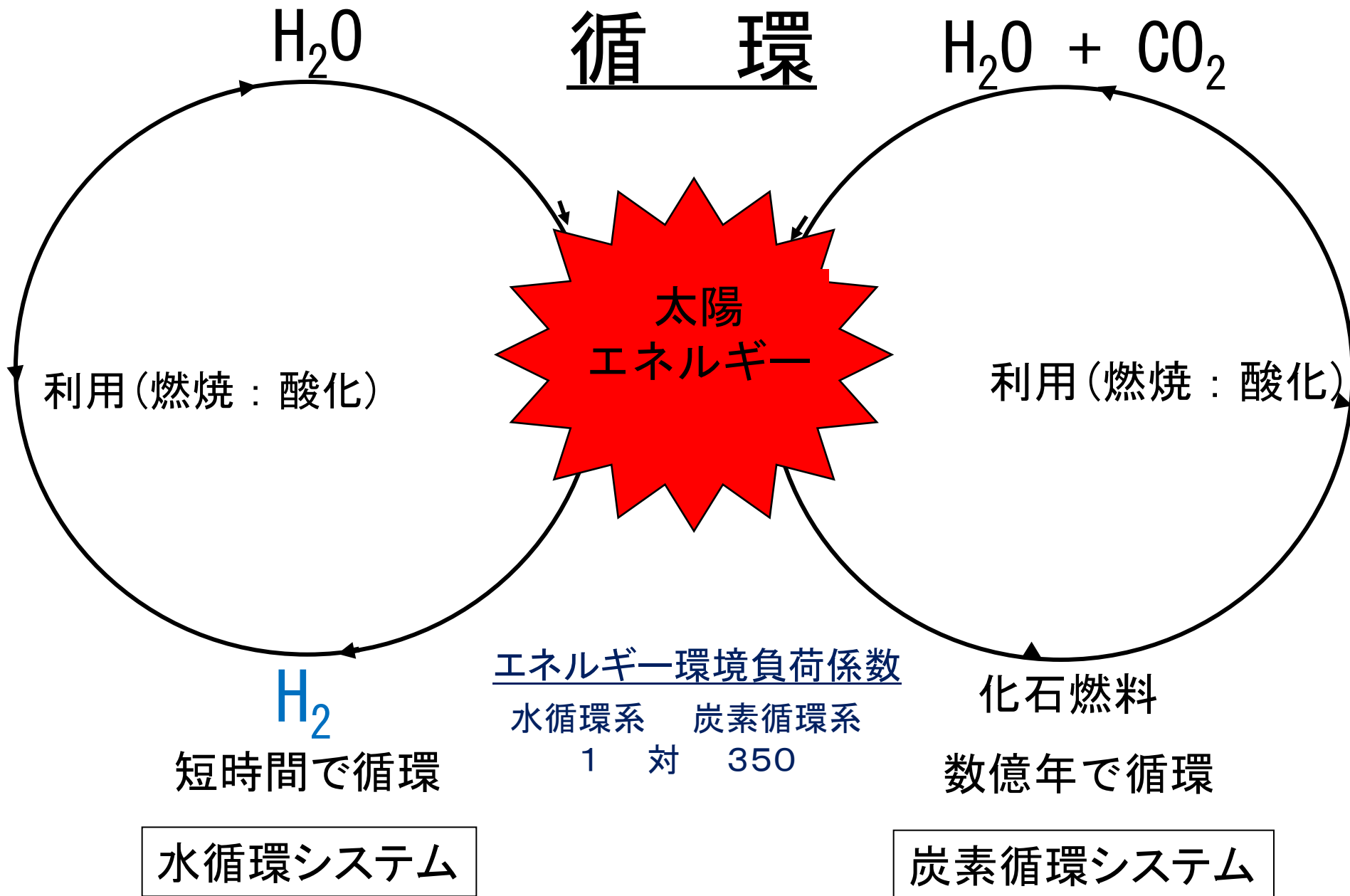
水素エネルギー

# 水素エネルギーとは

1. 地球環境問題とエネルギー枯渇問題を同時に解決
2. 容易に熱エネルギー及び電気エネルギーとして利用
  - ・自動車のエンジンでは, 水素エネルギーを熱エネルギーから動力に変換
  - ・燃料電池を利用して, 水素エネルギーを電気エネルギーに変換
  - ・都市ガスのように直接燃焼させ熱エネルギーに変換し暖房, 冷房, 料理の熱に利用
3. 太陽エネルギーを使って地球上の無限にある水から製造
4. 水素エネルギーの利用後は水になる

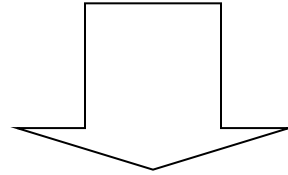




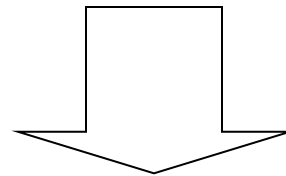


**環境負荷が小さくて、短時間に再循環可能**

なぜ電気自動車でなくて燃料電池自動車でなくて  
エンジン自動車なのか

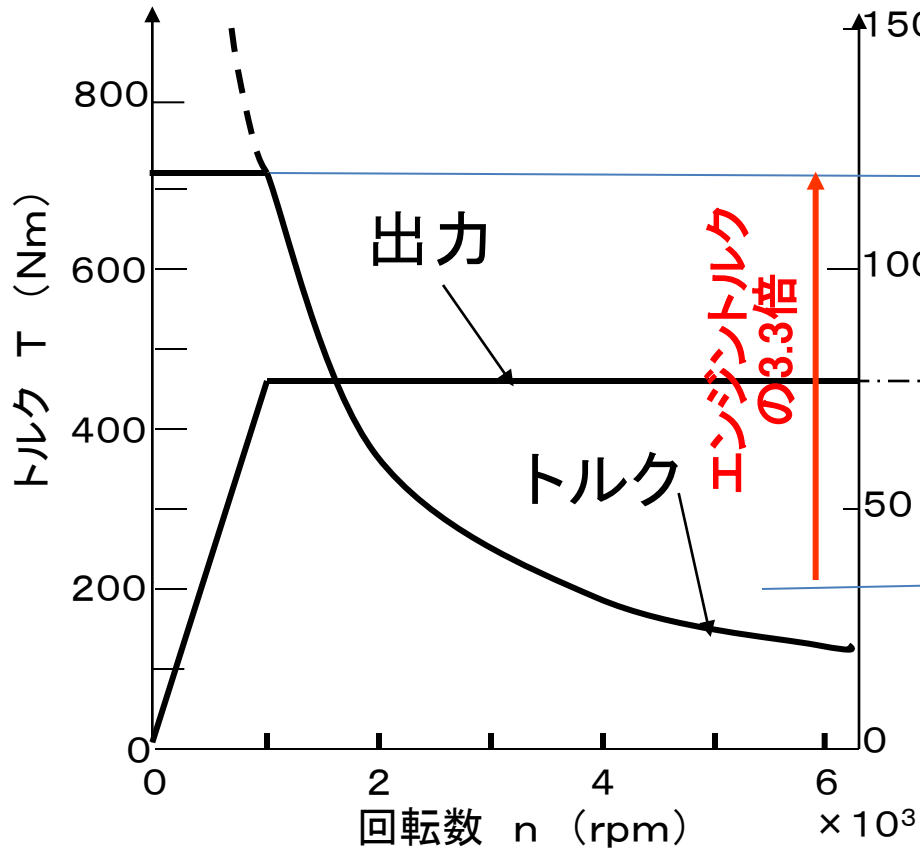


電気自動車、燃料電池自動車は、電気モータで動く  
エンジン自動車はエンジンで動く

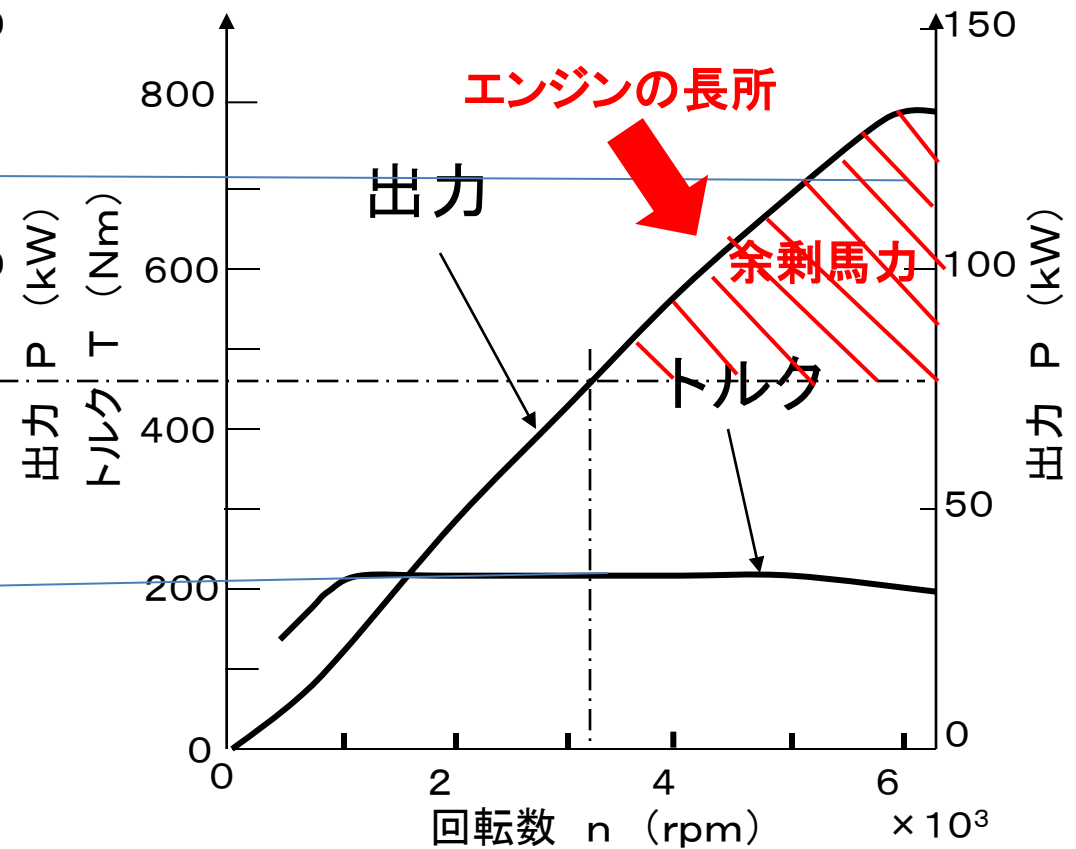


電気モータの動力特性よりエンジン動力特性が  
自動車及要求する特性に合っている。

$$\text{出力}(P) = \text{トルク}(T) \times \text{回転速度}(\omega) = \text{トルク}(T) \times 2\pi \times \text{回転数}(n)/60$$



(a) 電気モータ特性



(b) エンジン特性

モータまたはエンジンの回転数 $n$ とトルク $T$ と出力 $P$ の関係

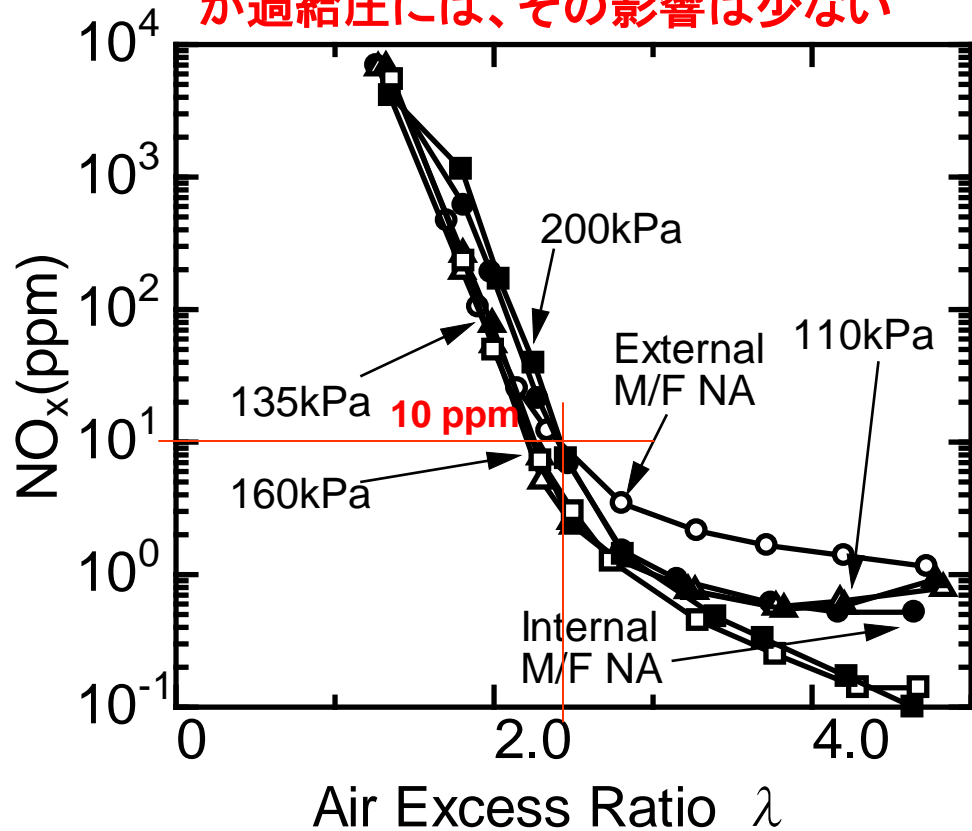
今回のエンジンと同じエンジンで燃料は  
水素のみのターボ過給運転

Engine Operating Condition:

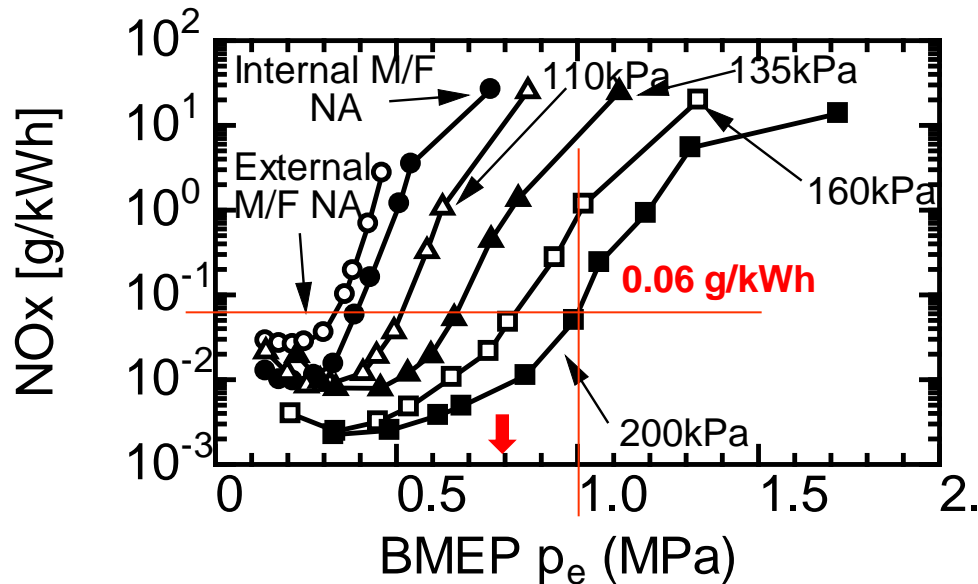
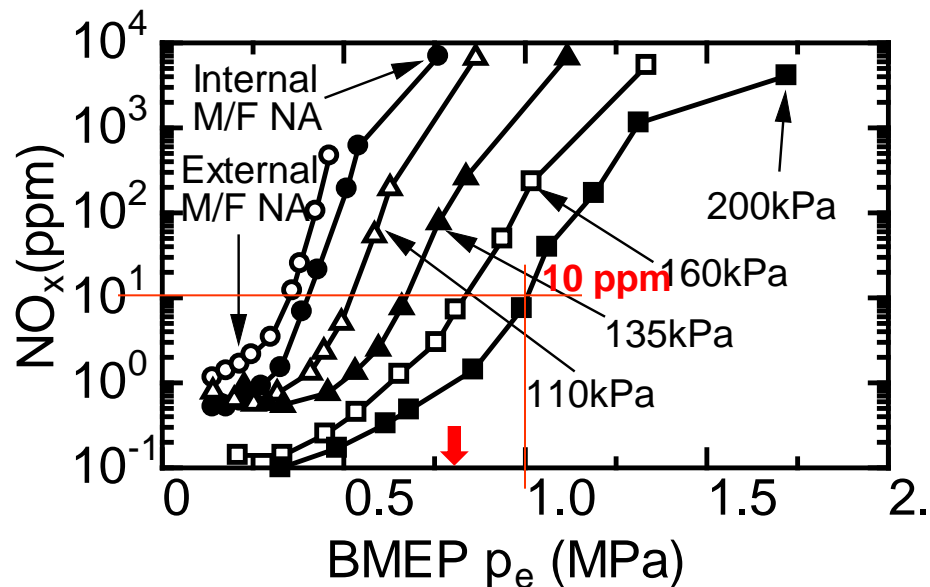
$n=2000$  rpm, MBT, WOT

$p_{eGasoline} \downarrow$

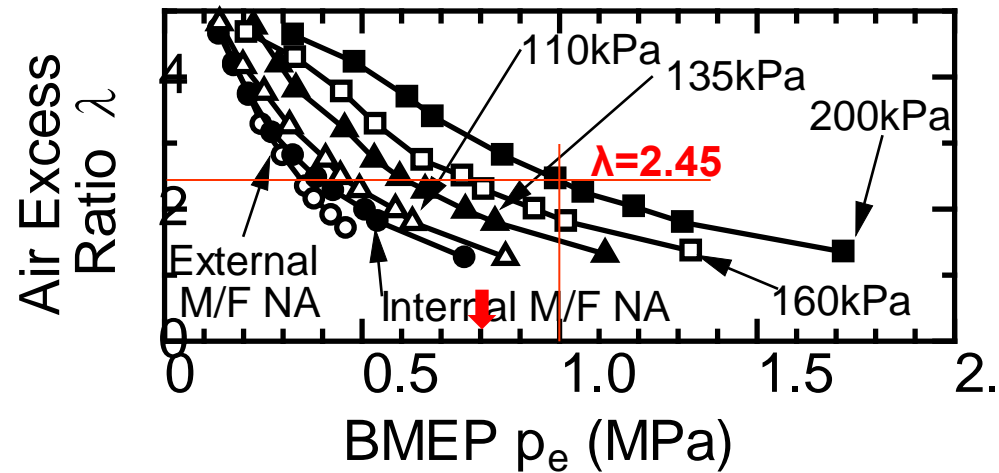
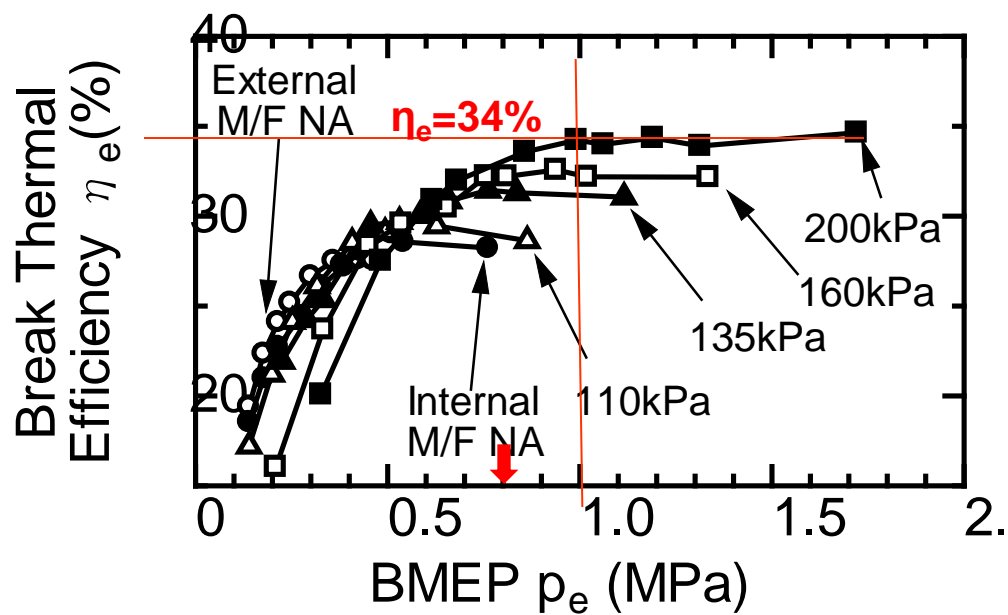
NOxは、空気過剰率に大きく影響を受ける  
が過給圧には、その影響は少ない



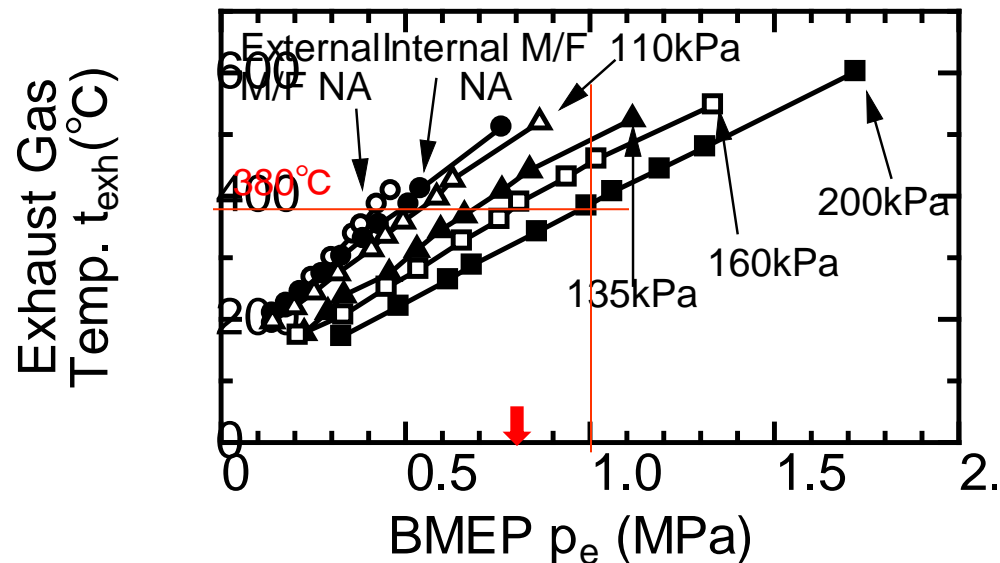
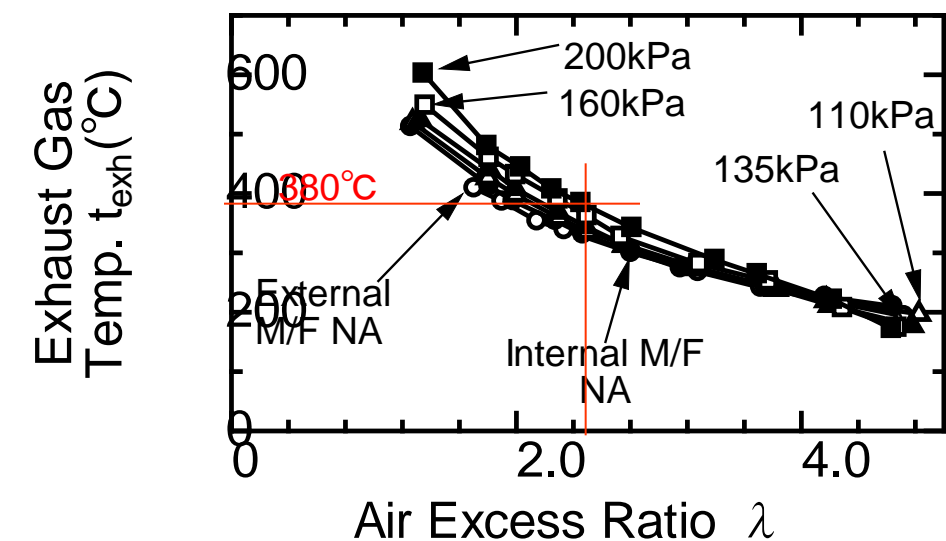
(a) NOx Emission vs. Air Excess Ratio and BMEP



出力とNOx排出量(エンジン出口:排気触媒なし)



(b) Brake Thermal Efficiency and Air Excess Ratio vs. BMEP



(c) Exhaust Gas Temperature vs. Air Excess Ratio and BMEP

**連絡先: 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1  
東京都市大学 水素エネルギー研究センター  
准教授 山根 公高  
電話:03-5707-0104、内線:3509  
FAX:03-5707-2127  
E-mail: [kyamane@tcu.ac.jp](mailto:kyamane@tcu.ac.jp)**

# 1. 現状のステーションの一覧



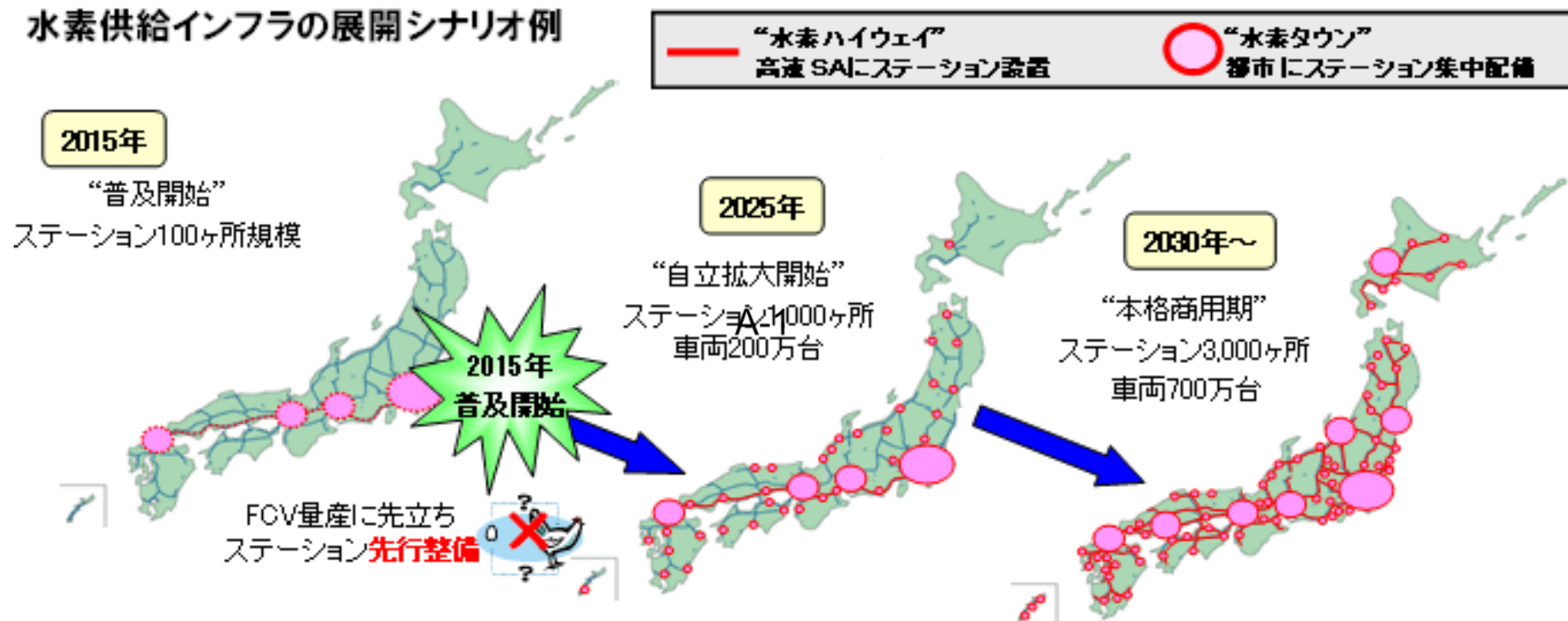
NO. 水素ステーション名	場所	充填圧	方式
1. 有明水素ステーション	東京都江東区有明1-5-8	35MPa	液体水素、オフサイト型
2. 大阪水素ステーション	大阪市此花区酉島5-11-61	35MPa	都市ガス、オンサイト型
3. 霞ヶ関水素ステーション(移動式)	東京都千代田区霞ヶ関1-3-1	35MPa, 70MPa	高圧水素、オフサイト型
4. 関西空港水素ステーション	大阪府泉佐野市泉州空港北1-6	35MPa	液体水素、オフサイト型
5. 千住水素ステーション	東京都荒川区南千住3-28	35MPa, 70MPa	都市ガス、オンサイト型
6. セントレア水素ステーション	愛知県常滑市セントレア3-8-19	35MPa, 70MPa	都市ガス、オンサイト型
7. 東京・杉並水素ステーション	東京都杉並区宮前1-17-10	35MPa	高圧水素、オフサイト型
8. 成田水素ステーション	千葉県成田市成田国際空港内 第一ターミナル前	35MPa	高圧水素、オフサイト型
9. 羽田水素ステーション	東京都大田区京浜島3-7-1	35MPa	都市ガス、オンサイト型
10. 横浜・旭水素ステーション	横浜市旭区上白根町1151-5	35MPa・70MPa	ナフサ、オンサイト型
11. 横浜・大黒水素ステーション	横浜市鶴見区大黒町9-1	35MPa・70MPa	高圧水素、オフサイト型
12. 日光水素ステーション	栃木県日光市芹沼1989-1	35MPa	高圧水素、オフサイト型
13. 北九州水素ステーション	九州市八幡東区東田	35MPa	水素パイプライン、オフサイト型
14. 九州大学水素ステーション	福岡県福岡市	35MPa	PM電解、オンサイト型
15. 鳥栖水素ステーション	佐賀県鳥栖市轟木町929-2	35MPa	木質バイオマス、オンサイト型
16. 山梨水素ステーション	山梨市県昭和町	35MPa	高圧水素、オフサイト型

<http://hysut.or.jp/business/2011/station/index.html>、<http://www.iwatani.co.jp/jpn/h2/battery/government.html>



## 2. 水素インフラの展開

### 水素供給インフラの展開シナリオ例



引用：[http://www.noe.jx-group.co.jp/company/rd/h\\_station/approach.html](http://www.noe.jx-group.co.jp/company/rd/h_station/approach.html)

### 3. 日本の水素供給余力(夢物語でない)

#### (1) 日本国内での水素の供給余力

##### 余力のある場所

##### その量

石油系

47億Nm<sup>3</sup>/年<sup>Ref.1</sup>

製鉄系

62億Nm<sup>3</sup>/年<sup>Ref.2</sup>

ソーダー工業系

4.8億Nm<sup>3</sup>/年<sup>Ref.3</sup>

合計

113.8億Nm<sup>3</sup>/年=11.38 × 10<sup>9</sup> Nm<sup>3</sup>/年

$$=(11.38 \times 10^9 (\text{Nm}^3/\text{年}) / 22.4 (\text{Nm}^3/\text{kmol})) \times 2 (\text{kg}/\text{kmol})$$

$$=1.016 \times 10^9 (\text{kg}/\text{年})$$

Ref.1: 新妻拓弥、「製油所での水素の製造と利用」、水素エネルギーシステム Vol.33, No.2, p.26-29, 2008

Ref.2: COGを原料とする液体水素製造:

Ref.3: 7AB. 水素供給ステーションの開発

Ref.4: <http://www.tepco.co.jp/nu/qa/qa01-j.html>

(2) 水素の供給余力を100万kWを発電する原子力発電所何基<sup>Ref.4</sup>になるか計算をする。

1年間に水素の供給余力は、1.016 × 10<sup>9</sup> (kg/年)ある。水素の低発熱量LHV=120 (MJ/kg)

であるので、1年間の水素の供給余力のエネルギーをE<sub>H<sub>2</sub></sub>とすると、

$$E_{\text{H}_2}=1.016 \times 10^9 (\text{kg}/\text{年}) \times 120 (\text{MJ}/\text{kg}) = 1.22 \times 10^{17} (\text{J}/\text{年}) = 3.87 \times 10^6 (\text{kW})$$

$$E_{\text{H}_2}/(1 \times 10^6 (\text{kW}/\text{基}))=3.87 (\text{基})$$

(3) 今回のガソリン混合水素エンジン車のタンク1本には約2 kg (150km/本)を充填できるので、日本の水素供給余力1.016 × 10<sup>9</sup> (kg/年)で何本のタンクに充填可能かを計算する。

可能充填本数=1.016 × 10<sup>9</sup> (kg/年)/2 (kg/本)=5(億台/年)となる。1カ月に2本消費すると、

1年で2100万台の車に供給できる。

## 4. 水素の価格

### 各国の水素価格

### 価格

日本の水素価格目標値	40円/Nm <sup>3</sup>
ガソリン140円/ℓ(税込)等価 エネルギー相当価格	46円/Nm <sup>3</sup>
税無の場合	28円/Nm <sup>3</sup>
米国DOEの水素価格目標値	14-21円/Nm <sup>3</sup>
EU水素価格目標	54円/Nm <sup>3</sup>
アルゼンチンパタゴニア風力	38円/Nm <sup>3</sup>
カナダの水力による水素価格	54円/Nm <sup>3</sup>

## 5. 漏らして着火させた場合の水素自動車とガソリン自動車の比較



写真1 - Time: 0 min, 0 sec - 水素燃料自動車が左  
ガソリン燃料自動車は、右



写真3 - Time: 1 min, 0 sec - 水素は、勢いが弱まっている,  
ガソリン車は、勢いが大きくなり始めた



写真2 - Time 0 min, 3 seconds - 燃料に点火開始  
水素燃料流量52Nm<sup>3</sup>/min. ガソリン燃料流量680cc/min.



写真4 - Time: 1 min, 30 sec - 水素の放出は、ほぼ完了.  
ガソリン車のほうは、最も激しく燃焼している。

A-5 放出熱量比較では、水素がガソリンの25倍である。

引用: Michael R. Swain, "Fuel Leak Simulation", Proceedings of 2000 DOE H2 Program



写真 5 - Time: 2 min, 20 sec – 火炎が中に侵入する前



写真7 - Time: 2 min, 40 sec – 運転席後部のタイヤがはじける前



写真 6 - Time: 2 min, 20 sec – 内部に延焼,トランクの蓋の  
周囲に火炎が届いた。



写真8 - Time: 2 min, 40 sec –運転席後部タイヤがはじけて  
破片がとんでいる。