

平成20年11月22日 第4回メディア情報検証学術研究会（八潮メセナ）

# エコとされるエネルギー技術の本質

筑波大学大学院システム情報工学研究科  
構造エネルギー工学専攻

石田政義

# 自己紹介

- 所属 構造エネルギー工学専攻
- E-mail: ishida@kz.tsukuba.ac.jp
- 略歴 筑波大学理工学研究科修了  
(財)電力中央研究所勤務  
Connecticut大学客員研究員
- 研究 分散型エネルギー技術,  
水素プロセス,電気材料
- 担当講義 電力工学,  
化学エネルギー工学,  
エネルギーシステム原論,  
エネルギー・電力機器工学
- 著書 家庭用燃料電池の開発と課題  
水素 燃料電池ハンドブック  
エネルギー用語辞典



〔石田政義〕

# 講演内容

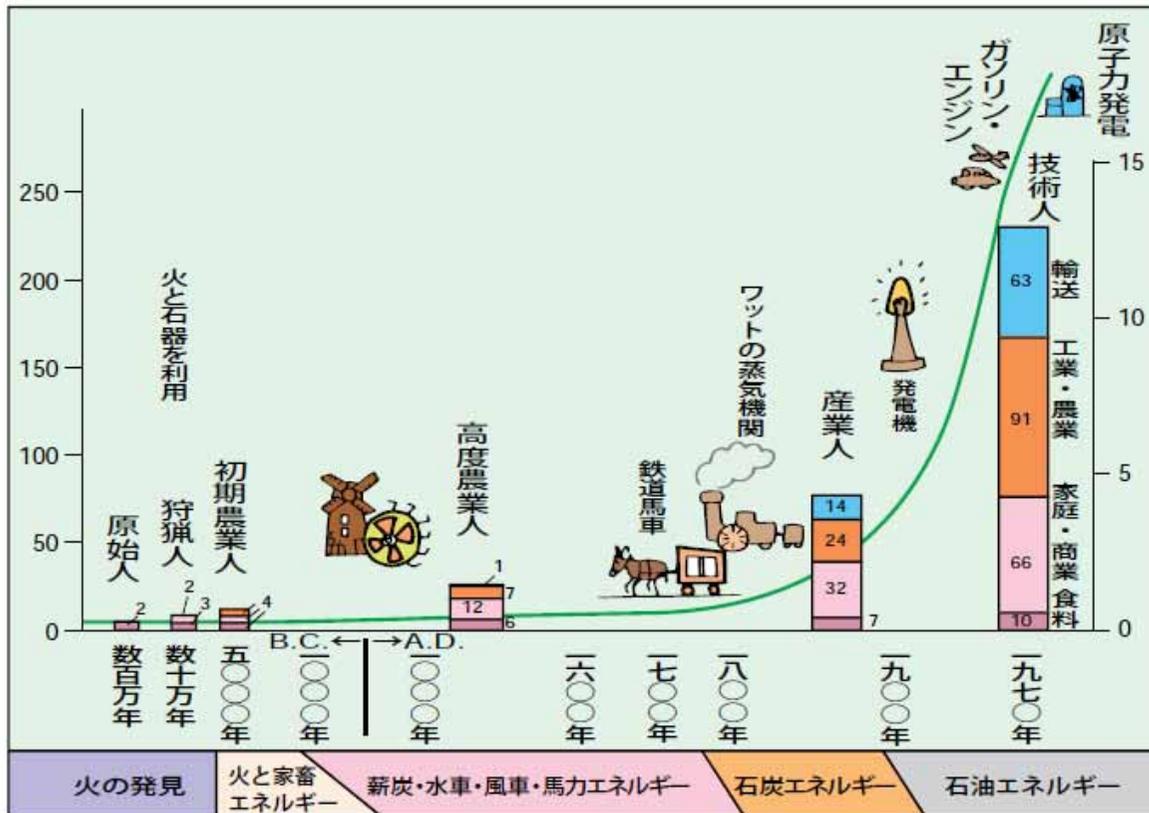
- 地球環境と人間
- 燃料電池技術の可能性と期待
- 再生可能エネルギーの課題と展望
- 温暖化抑止行動への活動と提言



# 1.地球環境と人間

# 人類とエネルギーのかかわり

一人当たり消費量(二〇〇〇キロカロリー/日)棒グラフ



石油換算消費量(二〇〇万キロリットル/日)曲線グラフ

原始人  
狩猟人  
初期農業人

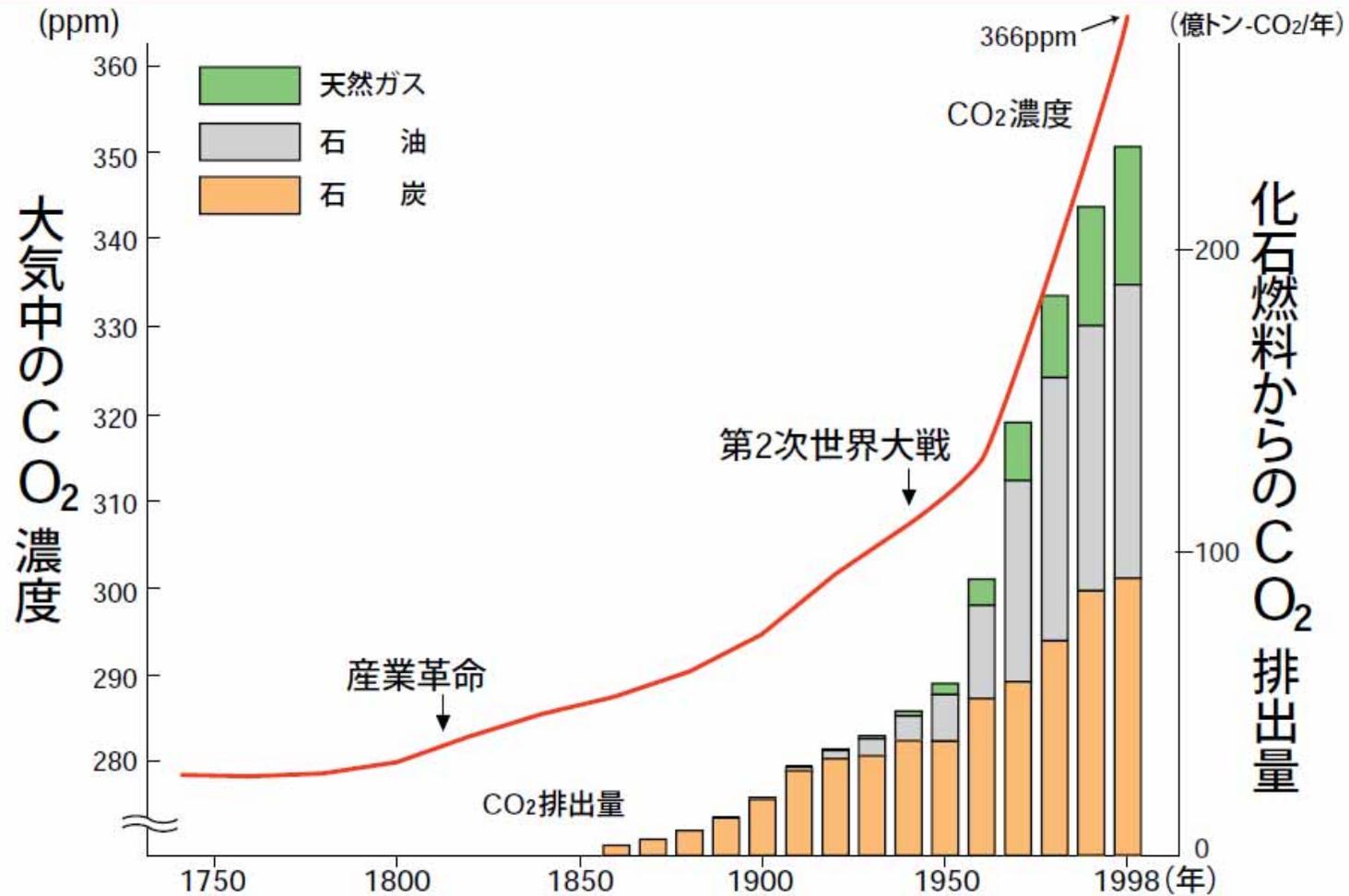
百万年前の東アフリカ、食料のみ。  
十万年前のヨーロッパ、暖房と料理に薪を燃やした。  
B.C.5000年の肥沃三角州地帯、穀物を栽培し家畜のエネルギーを使った。

高度農業人  
産業人  
技術人

1400年の北西ヨーロッパ、暖房用石炭・水力・風力を使い、家畜を輸送に利用した。  
1875年のイギリス、蒸気機関を使用していた。  
1970年のアメリカ、電力を使用、食料は家畜用を含む。

出典：総合研究開発機構「エネルギーを考える」

# 化石燃料からのCO<sub>2</sub>排出量と大気中のCO<sub>2</sub>濃度の変化



(注) 1850年以前の化石燃料からのCO<sub>2</sub>排出量のデータは無いため記載していない。  
 出典：環境省資料、気象庁資料、エネルギー・経済統計要覧 2002年版

## CO<sub>2</sub>増加による気温上昇の実績と予測

実績	世界	100年で約0.7℃の割合で上昇(気象庁)(注1)
	日本	100年で約1.0℃の割合で上昇(気象庁)(注2)
予測	世界	1990年から2100年までの全球平均地上気温は、1.4℃～5.8℃上昇(IPCC)
	日本	2050年頃に1.0℃～2.5℃上昇(気象庁)(注3)

(注1) 1880年～2001年の平均気温をもとにしたデータ

(注2) 1898年～2001年の平均気温をもとにしたデータ

(注3) 温室効果ガスが産業革命のレベルに比べ倍増(2050年頃に相当)した場合

# 温暖化による影響

- 海面水位の上昇 (国土の浸食)
- 異常気象 (水資源と自然災害)
- 生態系への影響 (生帯分布の北上)
- 農作物への影響
- 健康被害 (猛暑と新たな病原性生物の進出)
- 都市部でのヒートアイランド加速

# 人間行動学

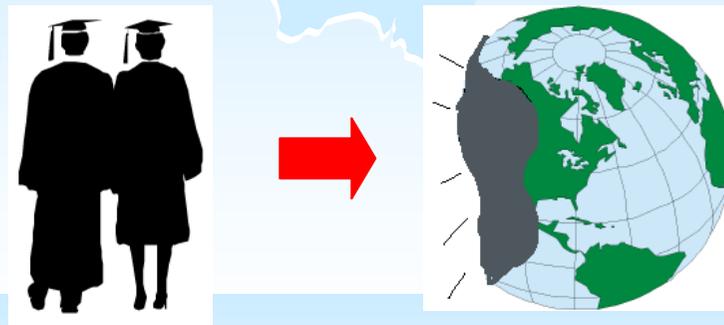
冷蔵庫で頭を冷やす



人生の楽しみと老後



科学は人間を救わない



# トリレンマ (tri-lemma) とは？

- エネルギー供給 (Energy Security)
- 環境保全 (Environmental Protection)
- 経済成長 (Economic Growth)



# Can Technology Spare the Earth?

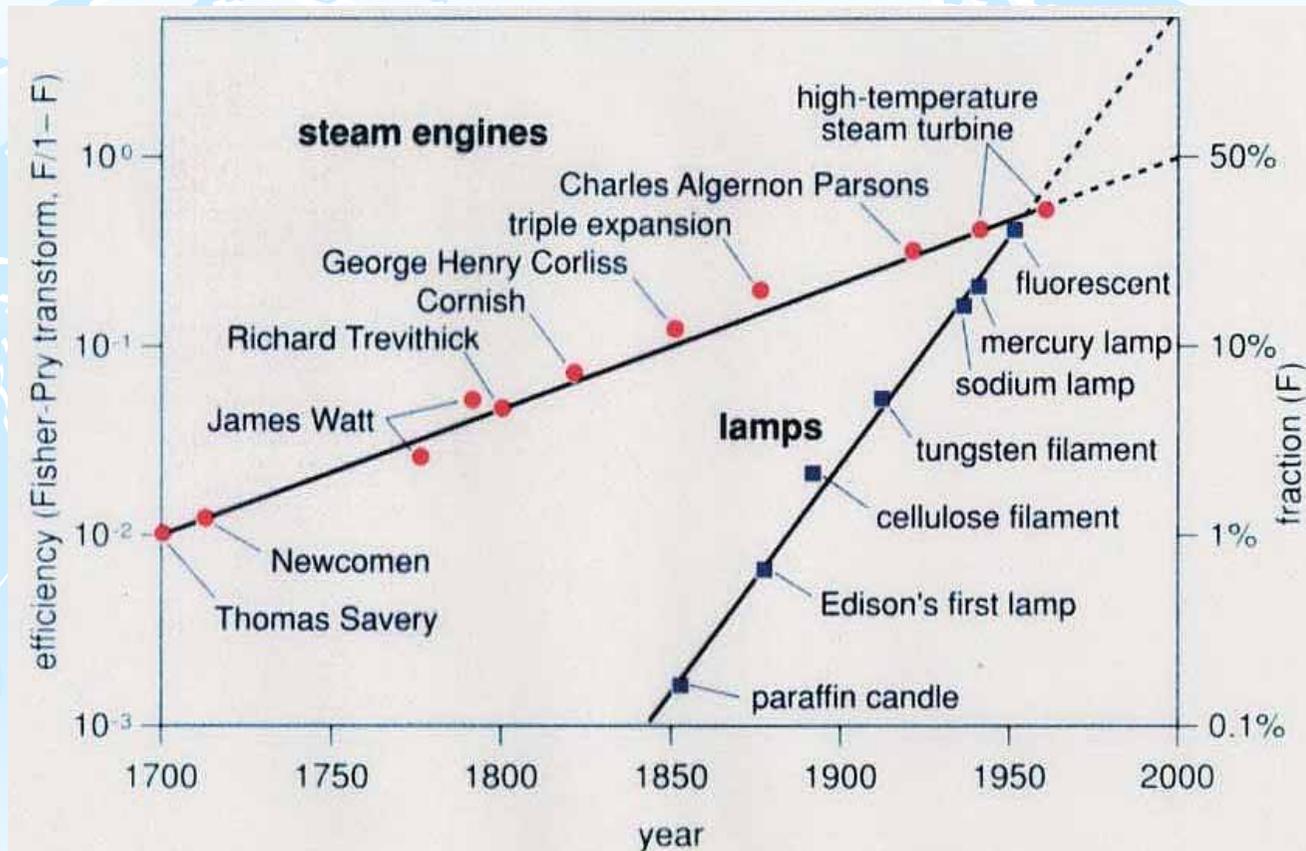


Figure 2. Energy efficiency is a term of modern invention, but the efficiency of energy-conversion technologies has been increasing for hundreds and probably thousands of years. Improvements in motors and lamps are analyzed here as a logistic (sigmoid) growth process with a linear transform that normalizes the data to ease comparison. (From Ausubel and Marchetti, in press.)

持続可能な発展を目指そう！！

・世界は一家、人類は兄弟



・自然を友達に



・循環型社会を創る





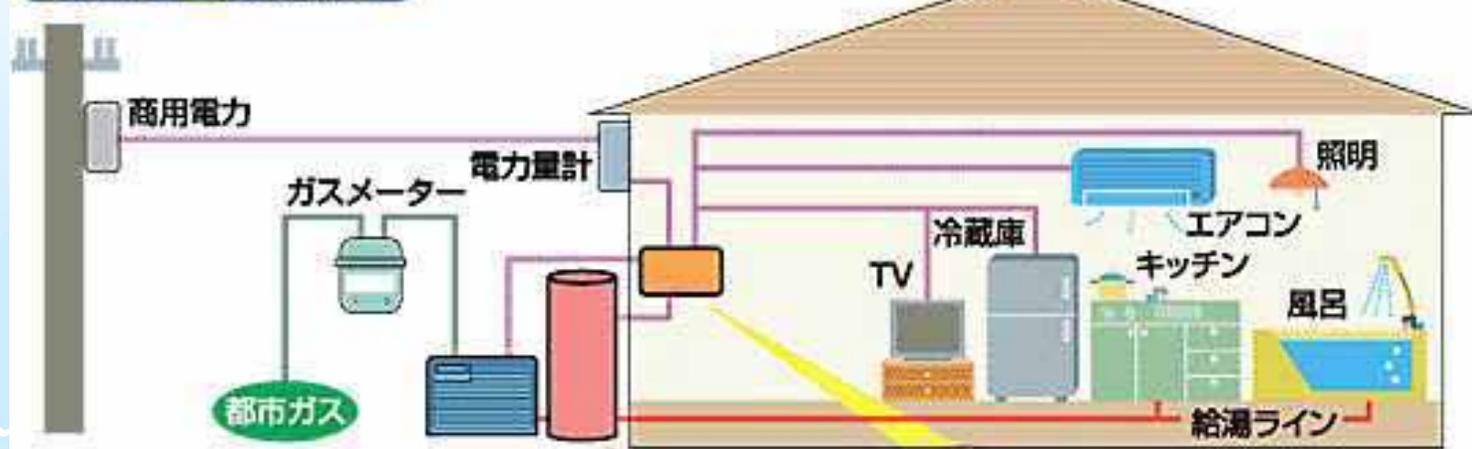
## **2.燃料電池技術の可能性と期待**

# 開発が進む燃料電池

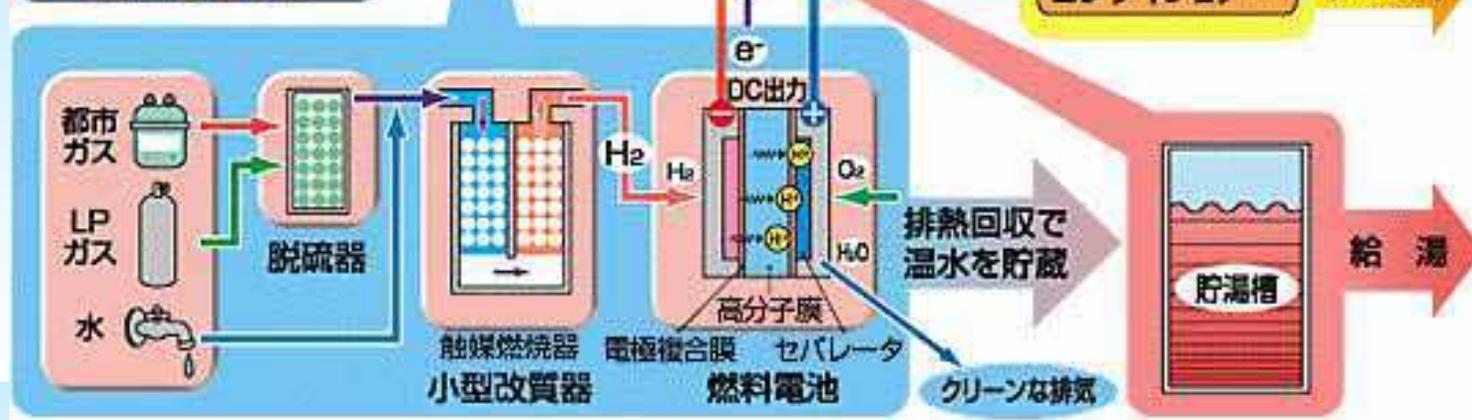


# 家庭用燃料電池コージェネレーション

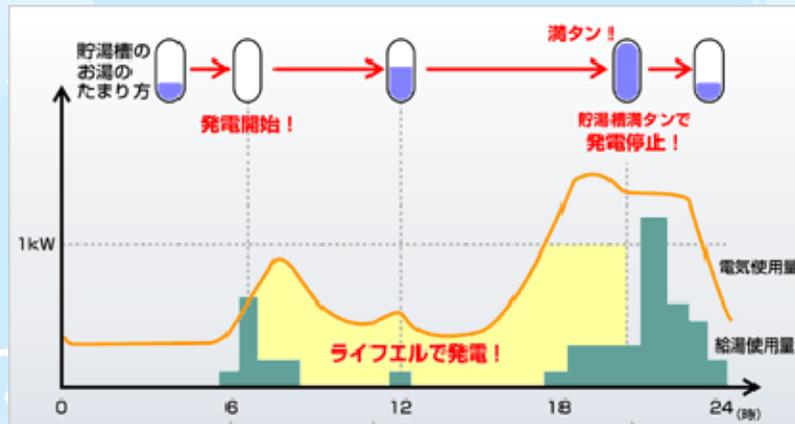
## システムの概念図



## 発電のしくみ



# 燃料電池の運転と環境性能



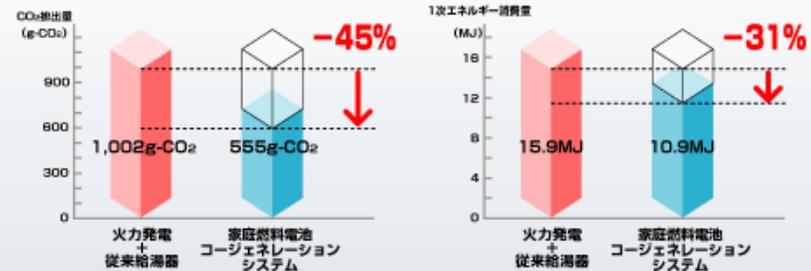
ライフセル併用給湯システム

一番お湯を使うのは夕方だ...。使いたいときにお湯がたまっているように、自動的に発電を開始します。

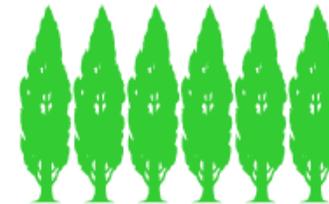
昼食の準備・後片付けなどにも、ライフセルのお湯が利用できます。ご家庭の消費電力が1kW以下の時はライフセルがすべての電気をカバー。

貯湯槽が満タンになると発電を停止します。お湯を余らせない省エネ運転です。

ライフセル発電時の発電量(1kwh)と熱回収量(1.4kwh)を従来システムでまかなった場合と比較すると、



森林の吸収量に置き換えると



約1,300m<sup>2</sup>  
の森林が1年間に吸収する量を削減!

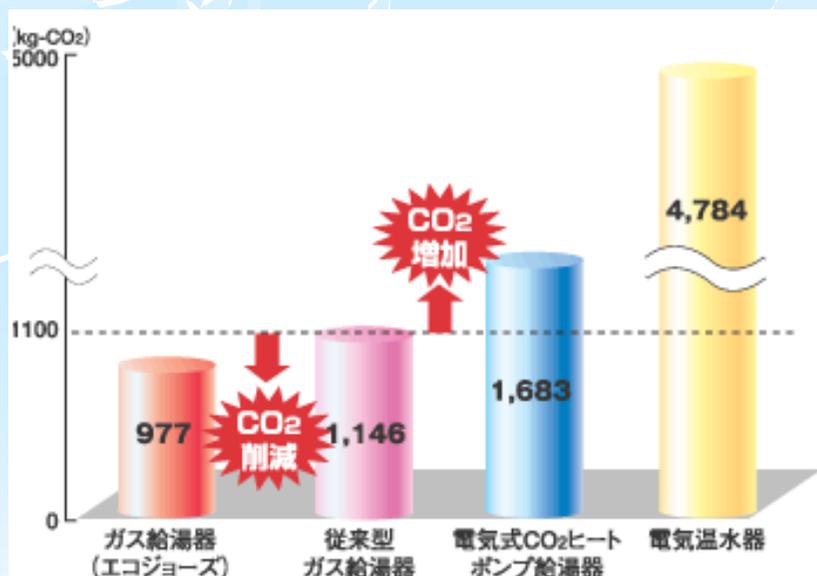
東京ガスホームページより)

# 競合機器 (エコキュート) と環境性能

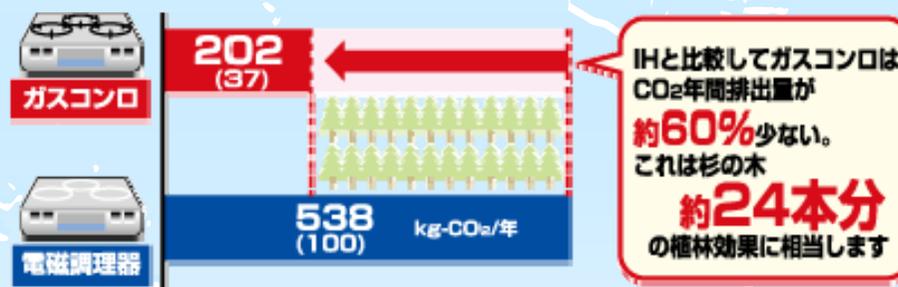


東京電力ホームページより

# オール電化に対するガス会社の見解



エコキュートの環境性能評価

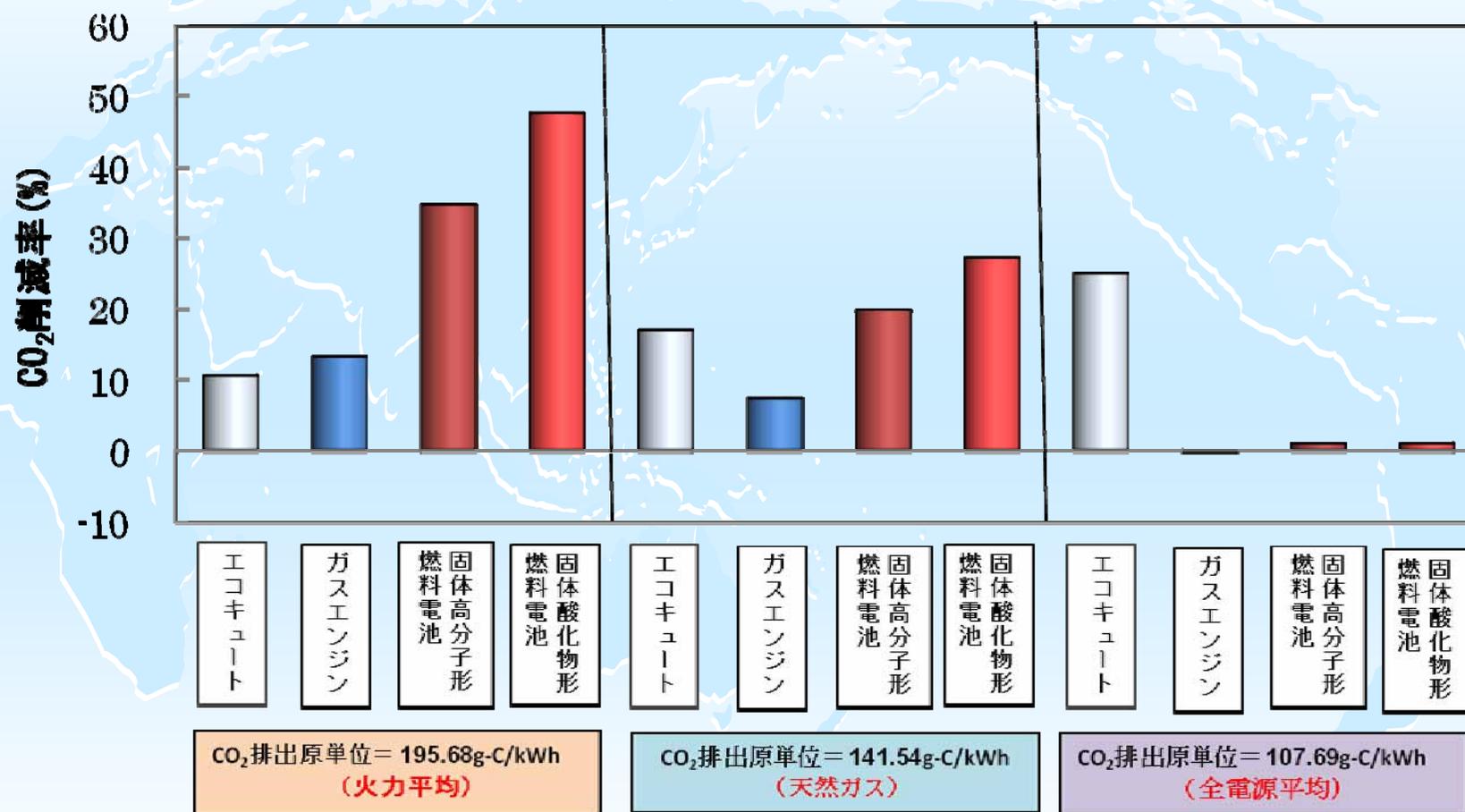


IHクッキングヒーターの環境性能評価

東京ガスホームページより

# 環境性能評価の指標を変えてみると

建築環境 省エネルギー機構 (BEC) の負荷統計データに基づく(単純仮定での評価)



エコキュート COP: 3  
 ガスエンジン  $\eta_e=30\%$ ,  $\eta_t=65\%$   
 固体高分子形燃料電池  $\eta_e=36\%$ ,  $\eta_t=44\%$   
 固体酸化物形燃料電池  $\eta_e=45\%$ ,  $\eta_t=35\%$   
 $\eta_e$ : 発電効率(LHV)  
 $\eta_t$ : 熱回収率(LHV)  
 COP: Coefficient of Performance

# なぜ正反対の結果が出るか？

- **ビジネス上の思惑**
- 系統電力の環境負荷の解釈  
(火力平均と全電源平均)
- 異質なエネルギーの取り扱い  
(電気エネルギーと熱エネルギー)

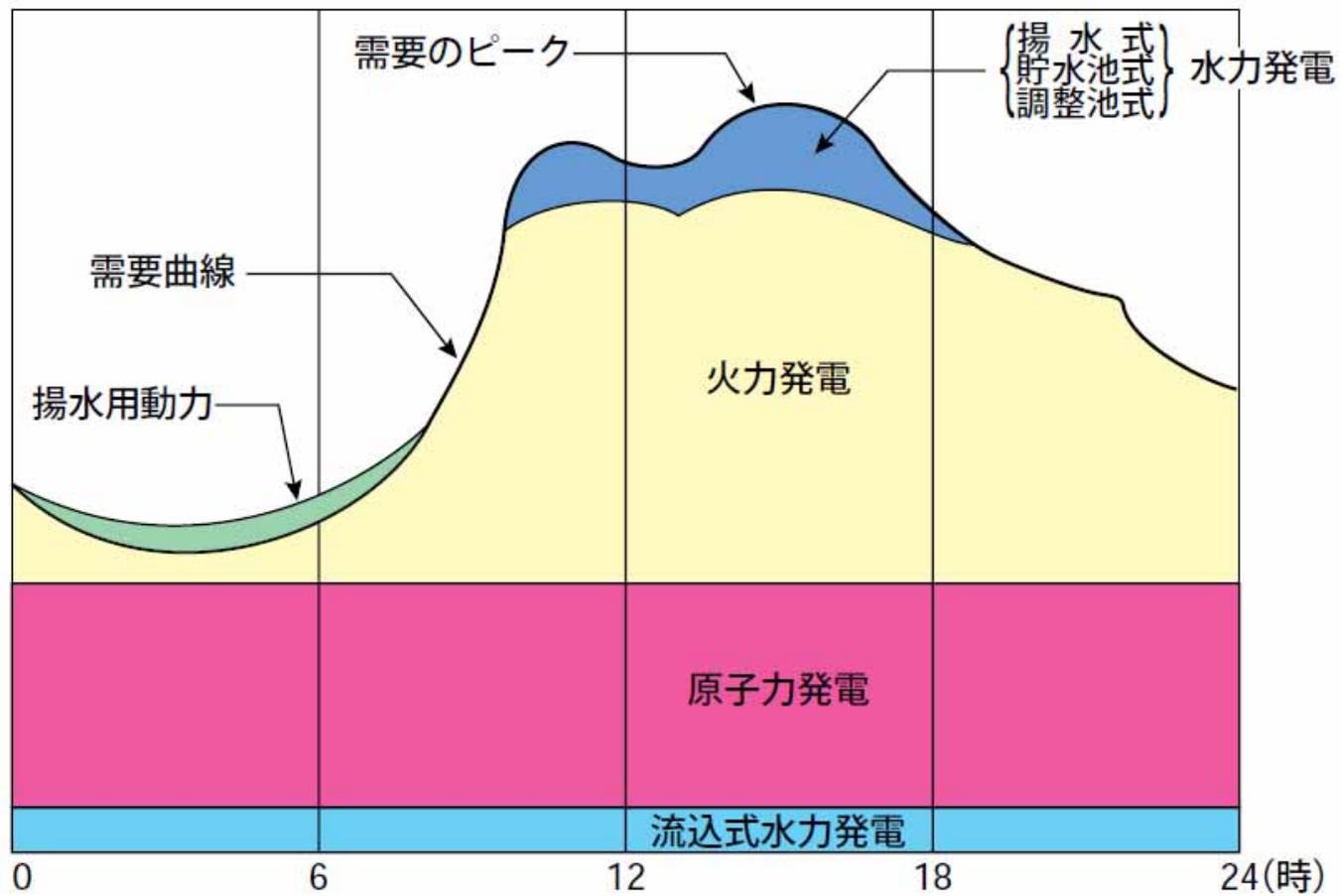
# 燃料電池で環境負荷低減は可能か？

- 発電効率は最新の複合火力発電より低い
- 系統には化石燃料以外のエネルギー起源を含む
- ベースロードでの利用
  - 大規模普及で原子力不要
  - ピーク負荷は火力発電所に対応？
- 稀少金属の利用
  - 1kWスタック触媒での関与物質総量 :5.6t
- 局所排熱による地域環境問題

# 環境性能を考えると

- 系統安定地域      CO<sub>2</sub>ヒートポンプ  
電磁調理器は必ずしも好ましくない  
原子力発電に対して理解を示す姿勢
- 電気を必要とする箇所      燃料電池  
高い発電効率の高温型燃料電池  
需給調整が可能な低温型燃料電池

# 需要の変化に対応した電源の組み合わせ(ベストミックス)



出典：資源エネルギー庁「原子力2002」

# 燃料電池の将来的役割

- 再生可能エネルギー (太陽光発電、風力発電) の補完  
    バイオエネルギーとの融合が最適
- 燃料電池でしか達成できないことの活用

高付加価値を有する電源



### **3.再生可能エネルギーの課題と展望**

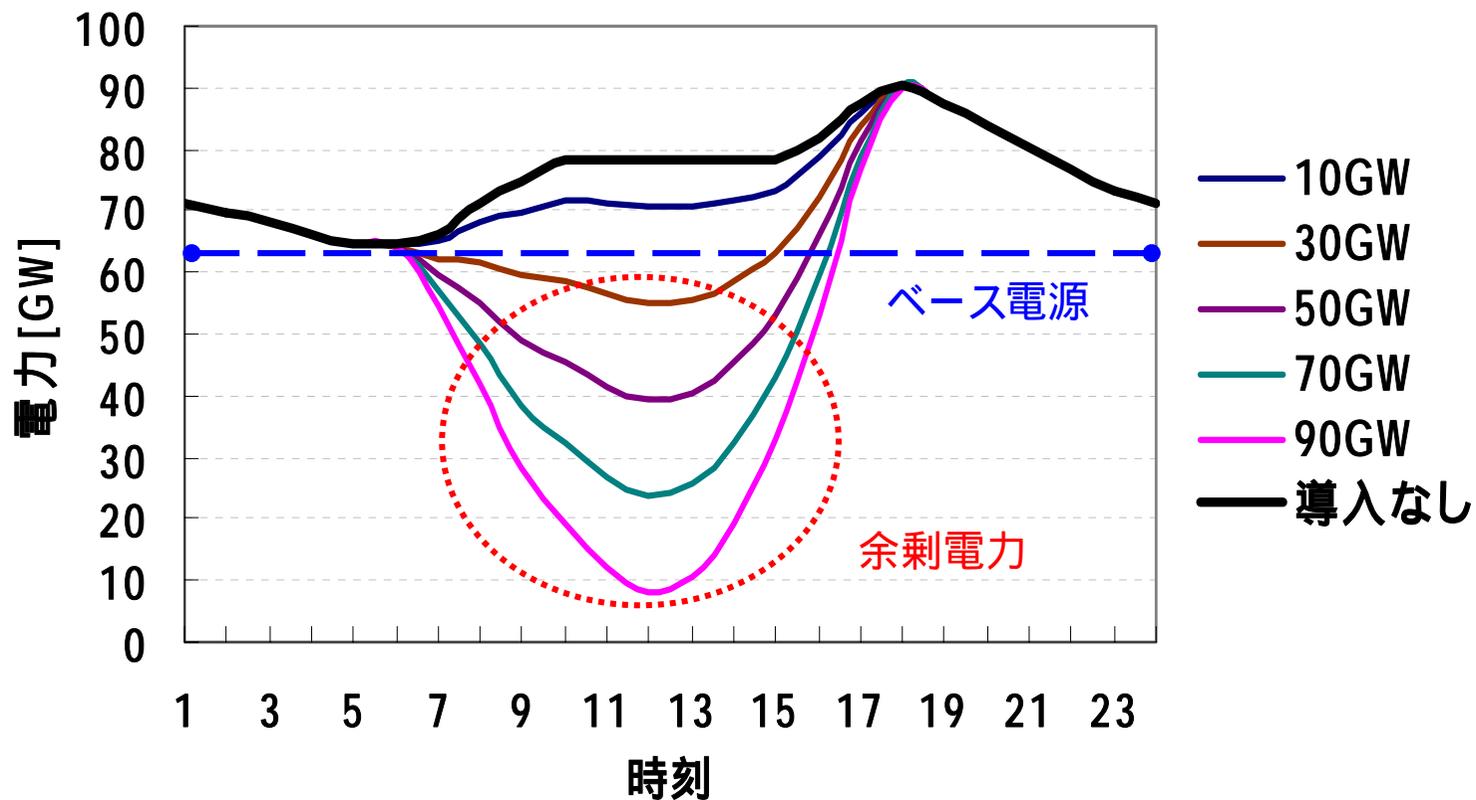
# 太陽光発電



- S社：日本中の屋根を太陽光発電に
- お天気任せの太陽光発電は家庭の需要と不一致
- 系統に依存せざるをえない
- 蓄電池を付けたとしても買えない
- 発電容量として計画に組み入れられない



# 太陽光発電導入による日負荷曲線の変化 (中間期休日の場合)



変電所下流の配電網内では電圧不安定への影響大

# 風力発電

- 系統への影響は太陽光発電と同等
- そもそも居住地域では風況が悪い
- 騒音が出る
- 巨大（スケールメリットによる低コスト化）
- 自然保護団体等から目の敵にされる



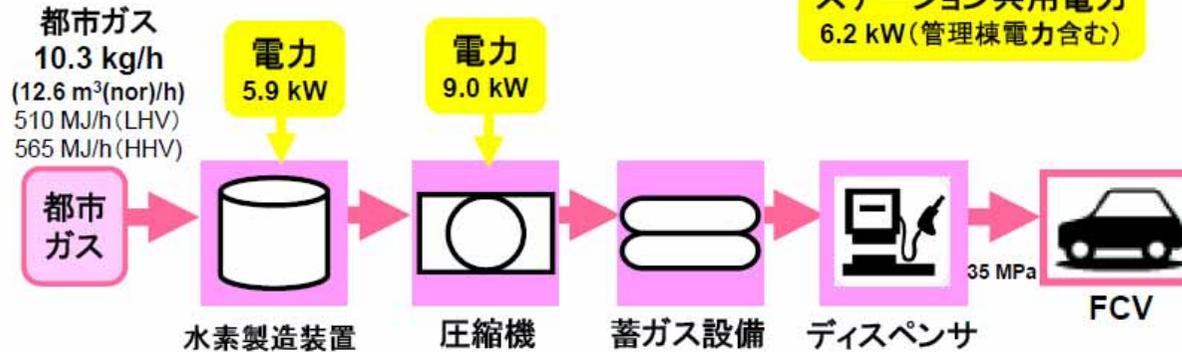
つくば市 vs 早稲田大の風車



波崎ウインドファーム事業より

# 水素エネルギー (水素ステーション評価例)

## 都市ガス改質方式



## 水素1kgあたりのステーション投入エネルギー (HFC試算)

投入エネルギー	投入エネルギー別原単位	投入エネルギー別原単位	
		LHV	HHV
都市ガス	3.71kg	183MJ	203MJ
	4.52m <sup>3</sup>		
電力	7.61kWh	27.4MJ	



電力を火力発電 (発電効率40%) から得たエネルギーと考えたとき

投入エネルギー	投入エネルギー別原単位	投入エネルギー別原単位	
		LHV	HHV
都市ガス	3.71kg	183MJ	203MJ
	4.52m <sup>3</sup>		
電力	7.61kWh	68.5MJ	

電力エネルギー 1kWh=3.6MJ  
水素保有エネルギー  
LHV 127MJ  
HHV 149MJ

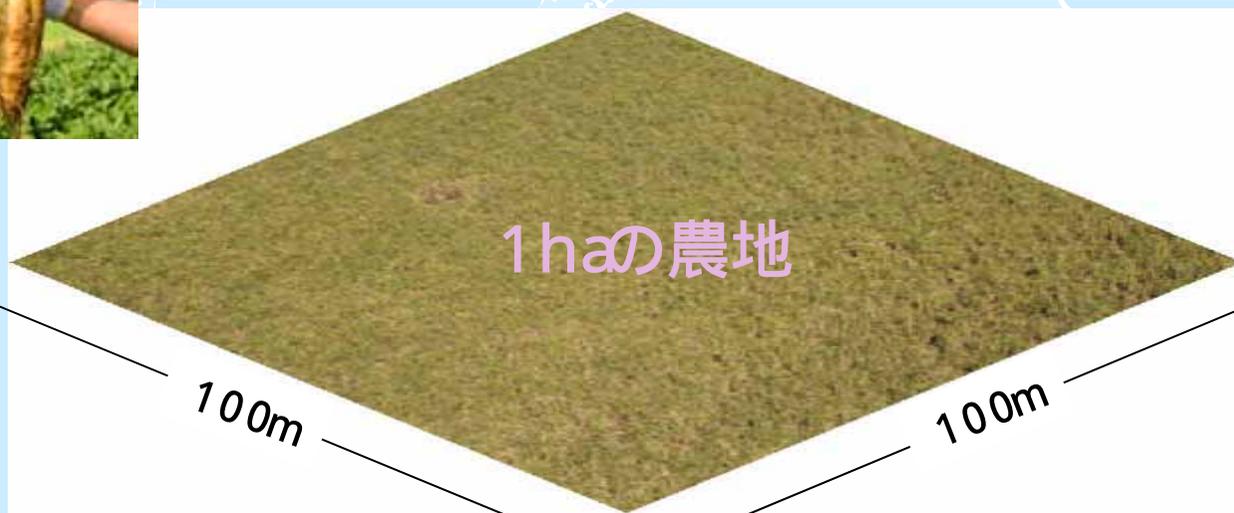
**エネルギー効率 = 60.4% (LHV)  
64.7% (HHV)**

電力エネルギー 1kWh=9MJ (1次エネルギー換算時)  
水素保有エネルギー  
LHV 127MJ  
HHV 149MJ

**エネルギー効率 = 50.5% (LHV)  
54.9% (HHV)**

# バイオマスエネルギー

甜菜 (59t)      エタノール (5.9k ℓ)  
ガソリン (3.54k 相当)      46万円 [¥130/換算]



米 (5t)      250万円 [¥500/kg換算]



太陽光発電 (10W/m<sup>2</sup>)      8,760MWh  
1,752万円 [¥20/kWh換算]

## その他

- 原子力発電  $\text{CO}_2$ ではなく放射性廃棄物発生
- 水力発電 ダム建設と水没による自然破壊
- 夢の発電 (核融合や宇宙太陽光) 正に夢

# 未来に幻想を抱かせる原因

- 研究者：予算が欲しい
- 役 所：とにかく目立ちたい
- 企 業：消費者の味方を演出したい
- 消費者：欲望を求めたい

体質的ジレンマ]

長期社会的 ↔ 短期利己的

# 明白な関係

- 安定性 , コンパクト性  
化石燃料 > 再生可能エネルギー
- 効率 , 経済性  
大規模集中方式 > 小規模分散方式

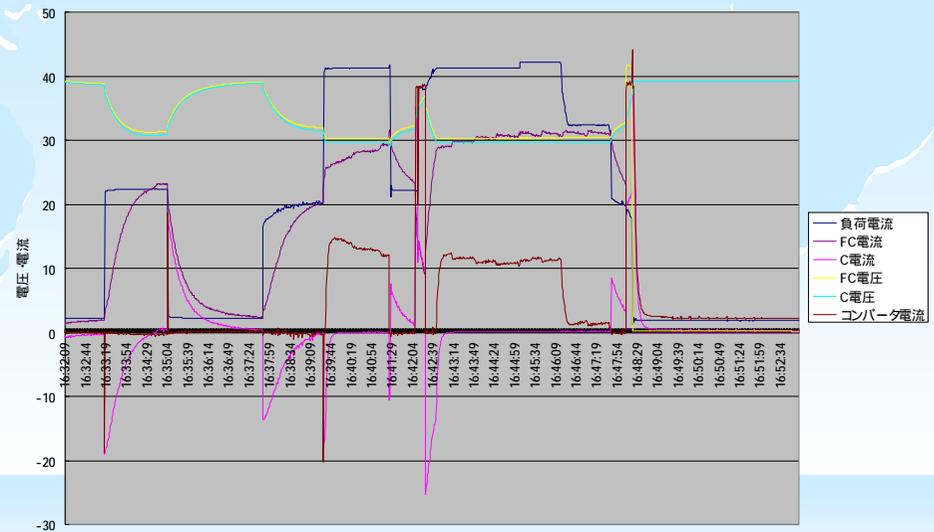
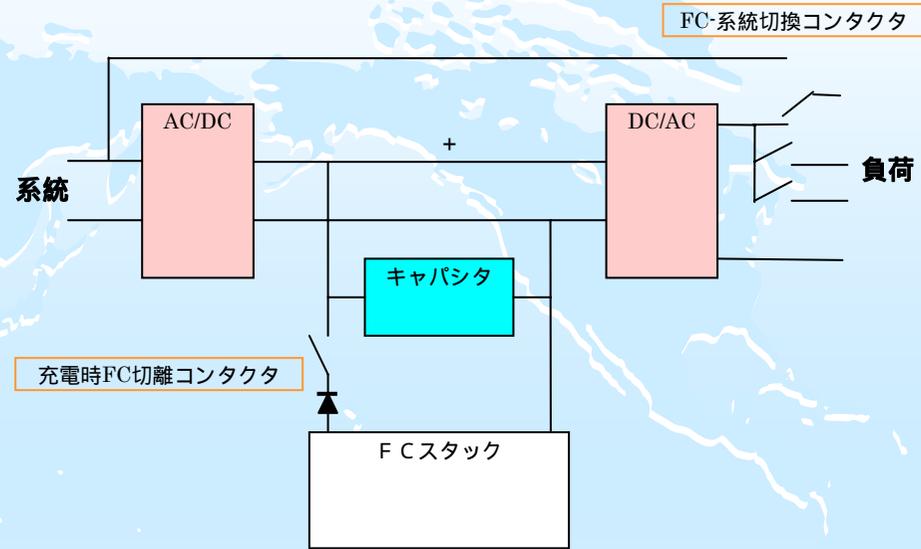
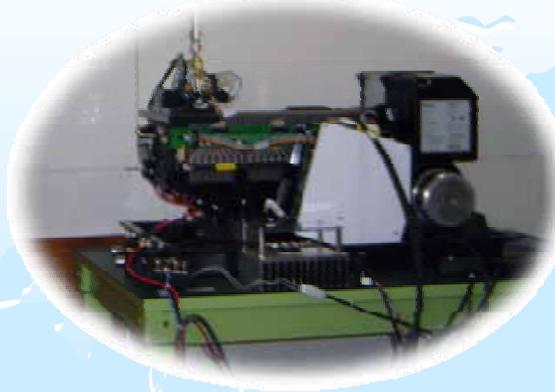
3Eを満足する解は存在しない

不便 , 高コストを受け入れる覚悟



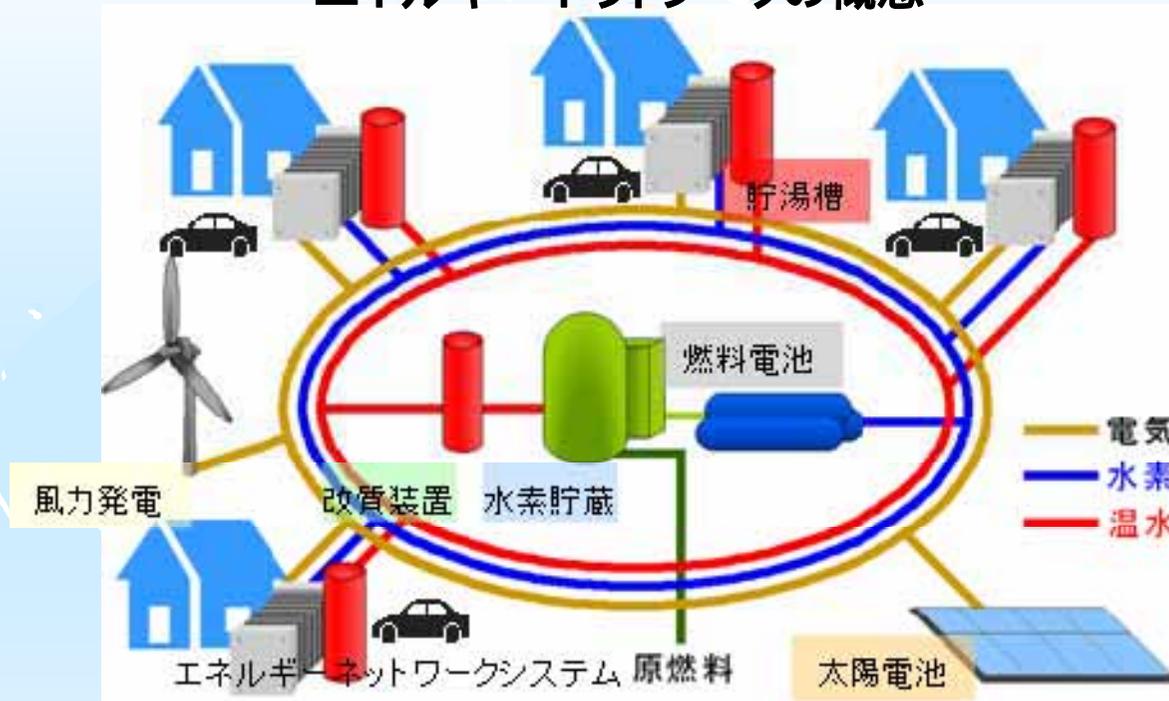
## 4. 温暖化抑止行動への活動と提言

# 研究開発例 1 (防災対応コージェネ)

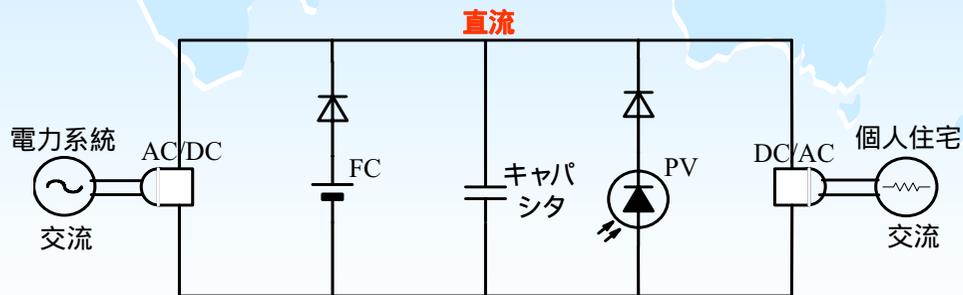


# 研究開発例 2 (エネルギーネットワーク)

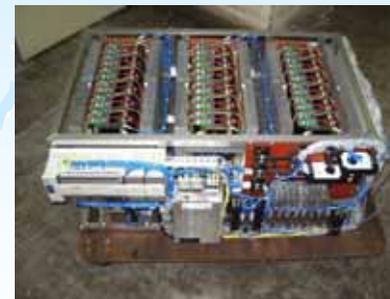
## エネルギーネットワークの概念



〔水素供給平準化プロセス〕



〔直流連系〕



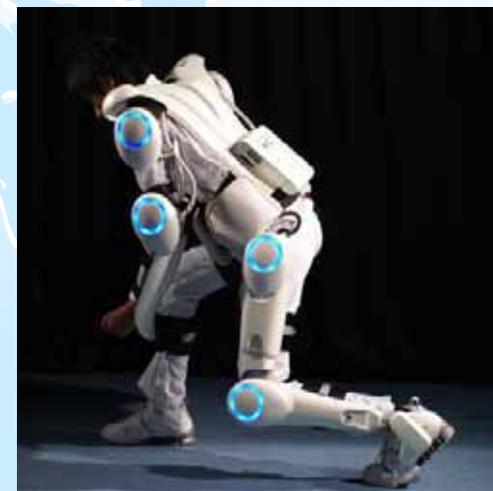
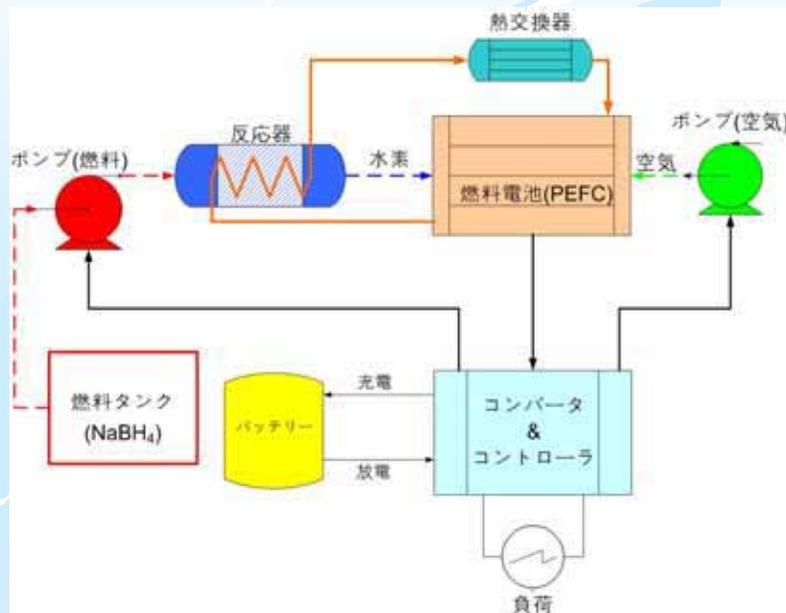
〔電力平準化キャパシタ〕



〔環境対応小型車両〕

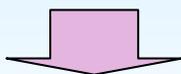
# 研究開発例 3 (福祉目的ロボット用等電源)

燃料電池利用高密度電源

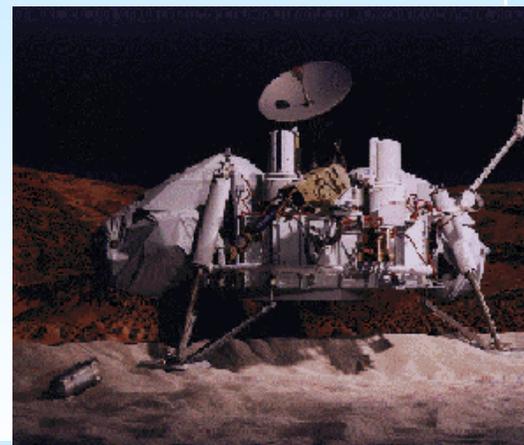


〔ロボットスーツHAL〕

Li<sub>ion</sub>電池 :180Wh/kg, 400Wh/L

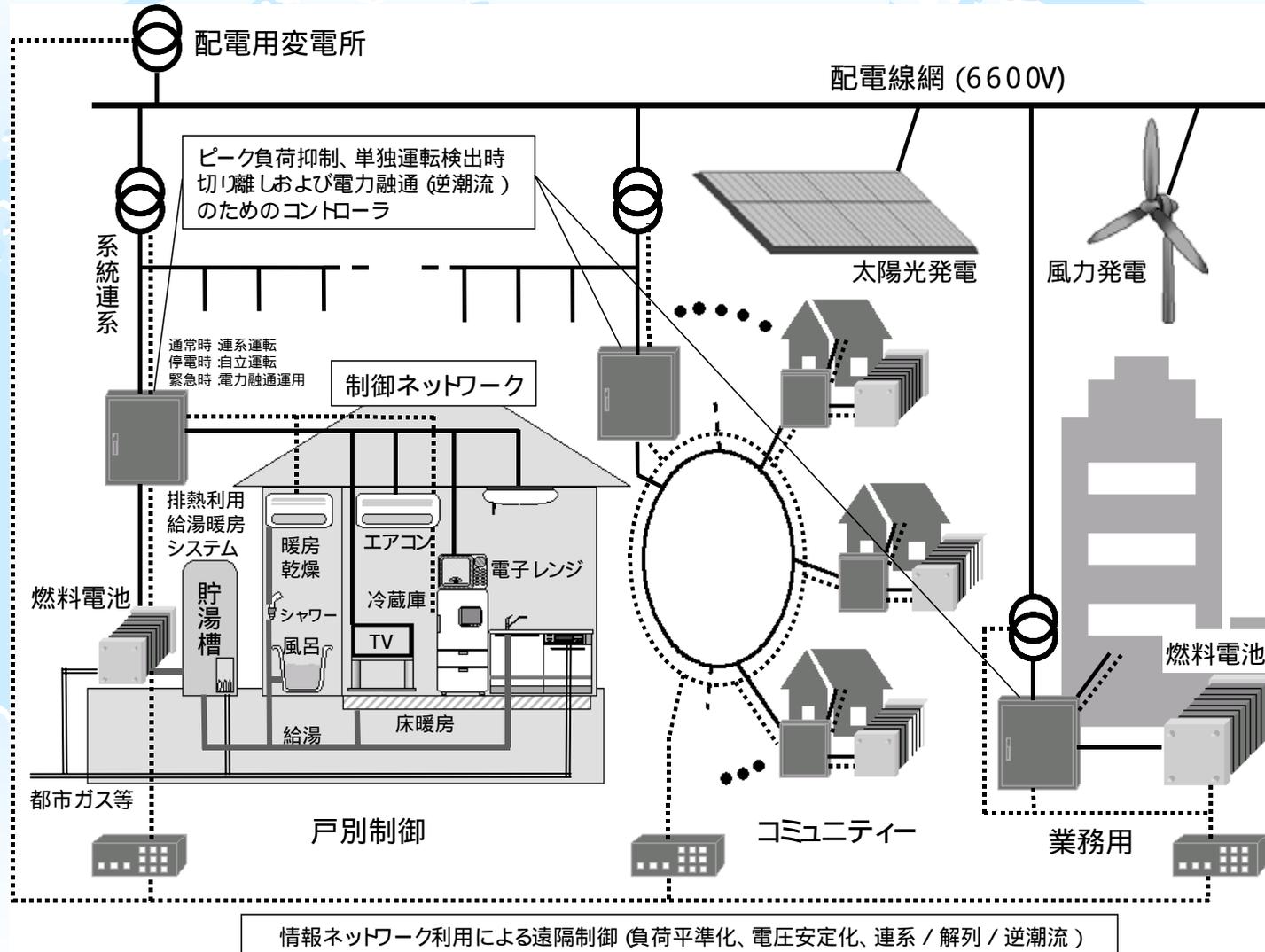


**NaBH<sub>4</sub> :7100Wh/kg, 7300Wh/L**



〔深宇宙探査〕

# 我が国での新エネルギー導入例



# 科学技術とは何だろう

- 文明は長続きしない  
発展をもたらしたものが破滅の原因
- やっと制約に気付いた  
資源、環境、経済
- 人類だけが地球の癌細胞  
しかし叡智はあるかもしれない

# 温暖化抑止対策のために

- 技術に全てを依存することは不適切  
(例：環境対応機器導入によるリバウンド効果)
- 経済活動の延長線上では無理がある  
(大量生産、大量消費からの方向転換)

ひとりひとりの心がけが最も効果的  
日頃の

# 地域としての温暖化抑止行動

- 強力なリーダーシップ
- 僅かなことの積み重ねと継続
- 情報の集約と発信による共有化
- 自立 (地産地消) 度向上
- 民生部門と運輸部門で削減余地が大きい
- 他 (国、技術、楽観論) に期待しない

# 環境対策への役割

社会政策 国,自治体

**環境負荷**  
(排気, 廃熱,  
廃棄物)

=

**環境負荷**  
エネルギー

×

**エネルギー**  
活動量

×

**活動量**  
人口

×人口

**エネルギー原単位改善**  
- 省エネ推進, 循環構造構築 -  
**社会全体**

**活動量原単位改善**  
- 豊かさの価値転換 -

**個人, 組織**

**環境負荷原単位改善**  
- 性能向上, 回収処理 -  
**研究開発者**

# 2007年の漢字 “偽”

清水寺 森清範 貫主

己の利ばかりを望むのではなく、分を知り、自分の心を律する気持ちを取り戻してほしい。」



ご静聴、有難うございました。