

# エネルギー資源の 持続的有効利用に向けて

産業技術総合研究所  
つくばセンター次長

角口勝彦

[k.kadoguchi@aist.go.jp](mailto:k.kadoguchi@aist.go.jp)

## ◆要点

### ✓ エネルギー資源輸入額が増加

原発代替： 火力発電比率は全体の94%(2014)←60%(2010)  
特にLNG火力が49% → 貿易赤字化

### ✓ 電力需要、エネルギー資源需要の低減が必要

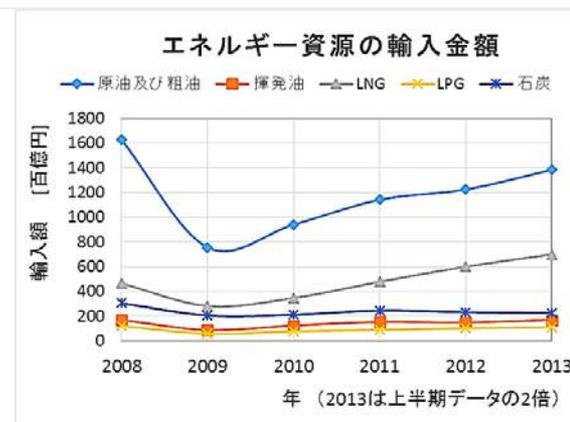
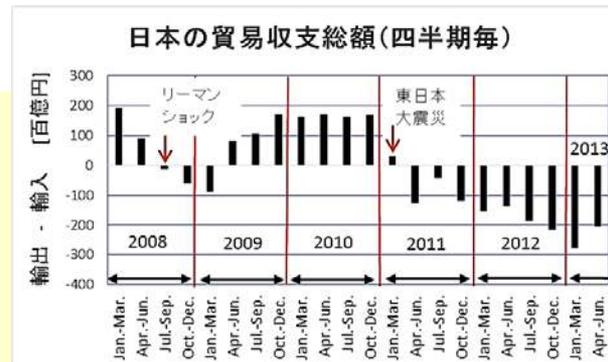
→ 省エネルギー： 消費総量だけでなく**ピーク値対策**も  
→ **高度な排熱有効利用技術開発**： **更に進める意義**

### ✓ 利用率の低いエネルギー資源の新規開拓

→ 安価な低品位炭や重質油等の利用： 既存資源の代替

### ✓ 国産エネルギーの導入普及

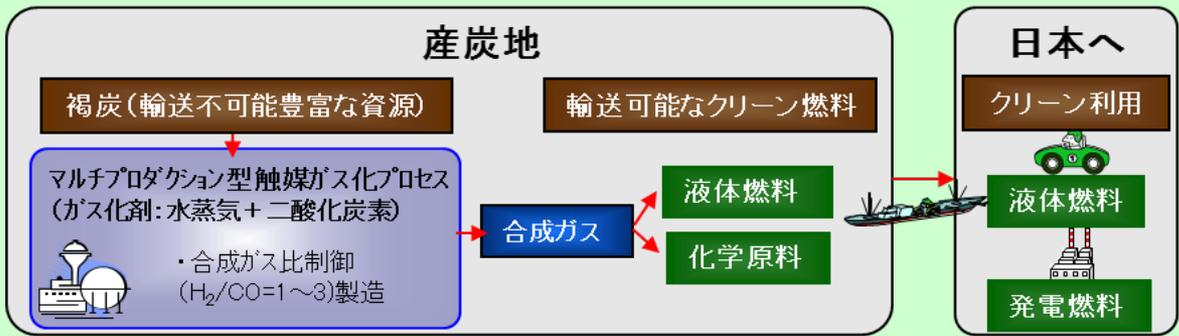
→ 再生可能エネルギー導入、メタンハイドレート開発など



## ◆本日の発表： 産総研のエネルギー研究を中心に

- ① 化石エネルギー資源からのクリーン省エネルギー・チェーン
- ② メタンハイドレート開発
- ③ 再生可能エネルギーから水素へ

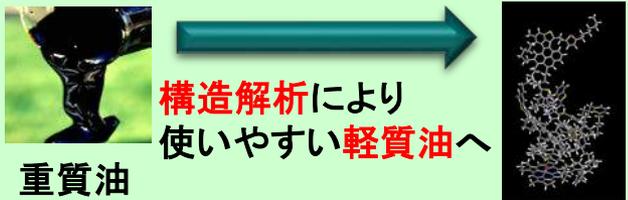
◆エネルギー安定供給の確保： 低利用率化石資源、廃棄物等の高効率・クリーン利用



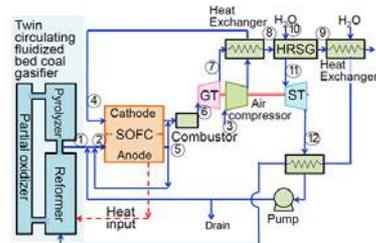
◆次世代エンジン・システム



運輸



◆IGFC, A-IGCC等の高効率発電



◆各種排熱の有効利用



スタック型  
熱電発電ユニット

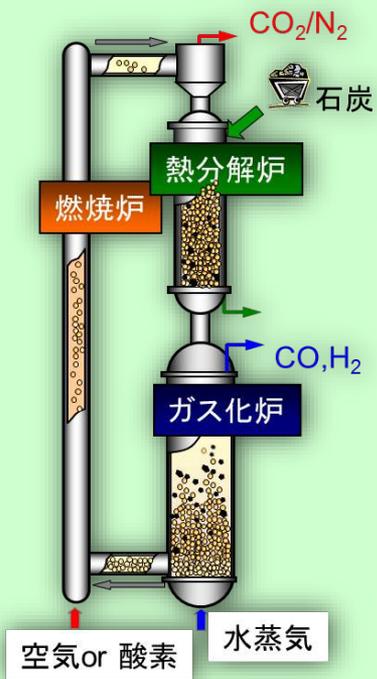
産業

◆高効率な燃料電池

家庭・業務、運輸



分散型電源 FCV



循環流動層で石炭を効率よくクリーンなガスに



過冷却蓄熱材

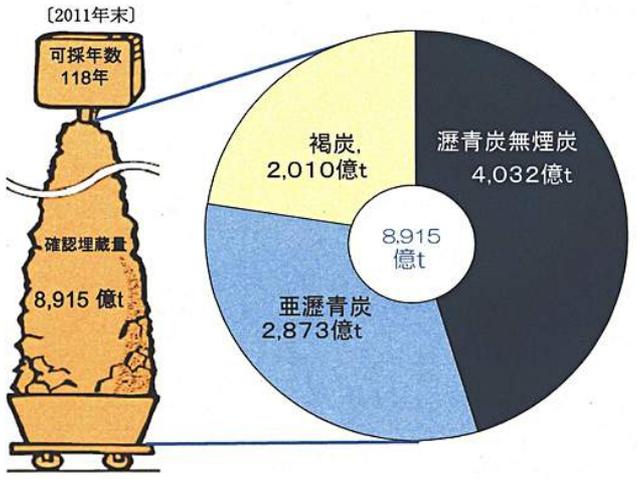


図 世界の石炭埋蔵量  
出典：WEC、"Survey of Energy Resources 2013"

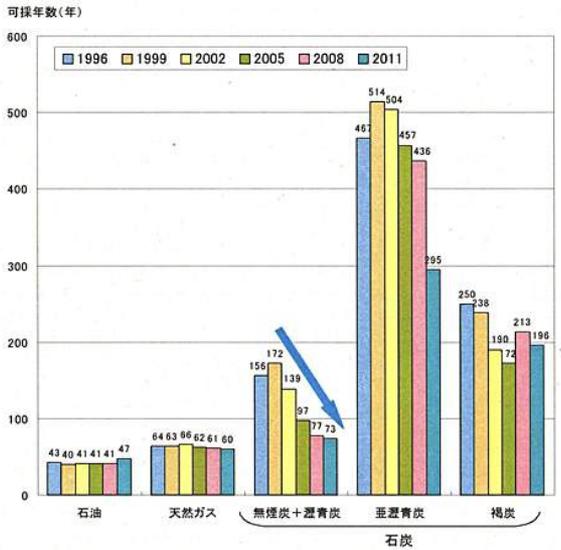
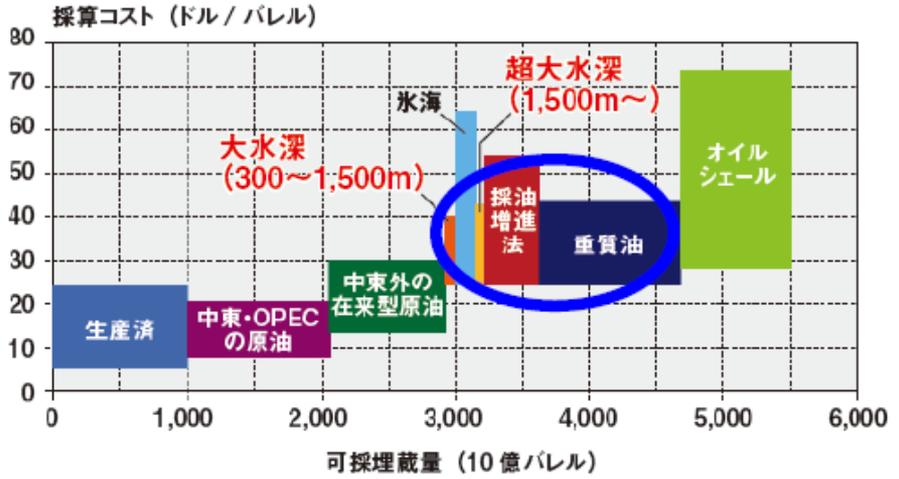


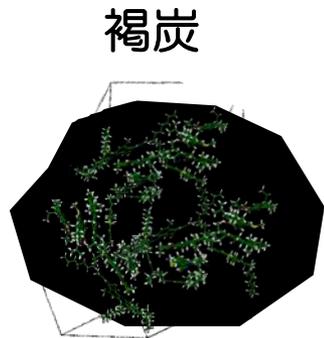
図 世界のエネルギー資源可採年数の推移  
出典：WEC、"Survey of Energy Resources 2013"

石炭資源の中で、褐炭は水分含有率が40～60%であることに加えて、自然発火性の問題から輸送が困難(非在来型資源)

- 中東に残された原油  
⇒ その多くが重質油
- カナダ、ベネズエラ等の超重質油  
⇒ 中東を上回る膨大な資源量
- 回収：SAGD法(回収率約70%)  
(Steam-Assisted Gravity Drainage)

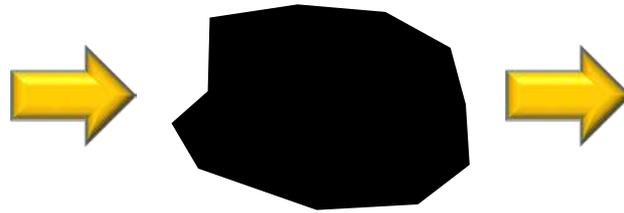


出所：IEA, SPE 資料より JOGMEC 石油調査部作成



無灰化  
(ハイパーコール製造技術)

低温触媒ガス化技術：  
1200℃ → 700℃



合成ガス  
(H<sub>2</sub>, CO)

灰による触媒の失活 を抑制

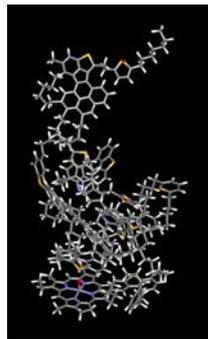
## 重質油、超重質油

(粘度: ケチャップ、ピーナツバター)



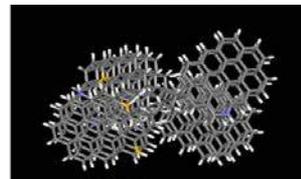
## 凝集緩和による重質油の軽質化

アスファルテン  
(重質成分)



アスファルテン成分は  
凝集して存在

コーキング(熱分解)等



- ✓ 触媒劣化、環境汚染
- ✓ 回収、処理コスト

従来のルート  
(炭素除去)

凝集したまま熱履歴

凝集緩和

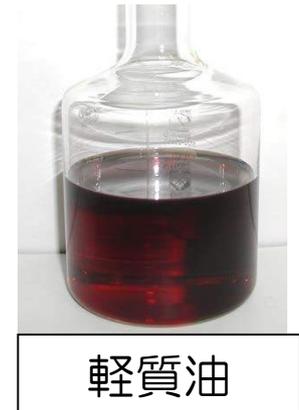
複雑系混合物の反応を分子レベルで制御

遊離した分子

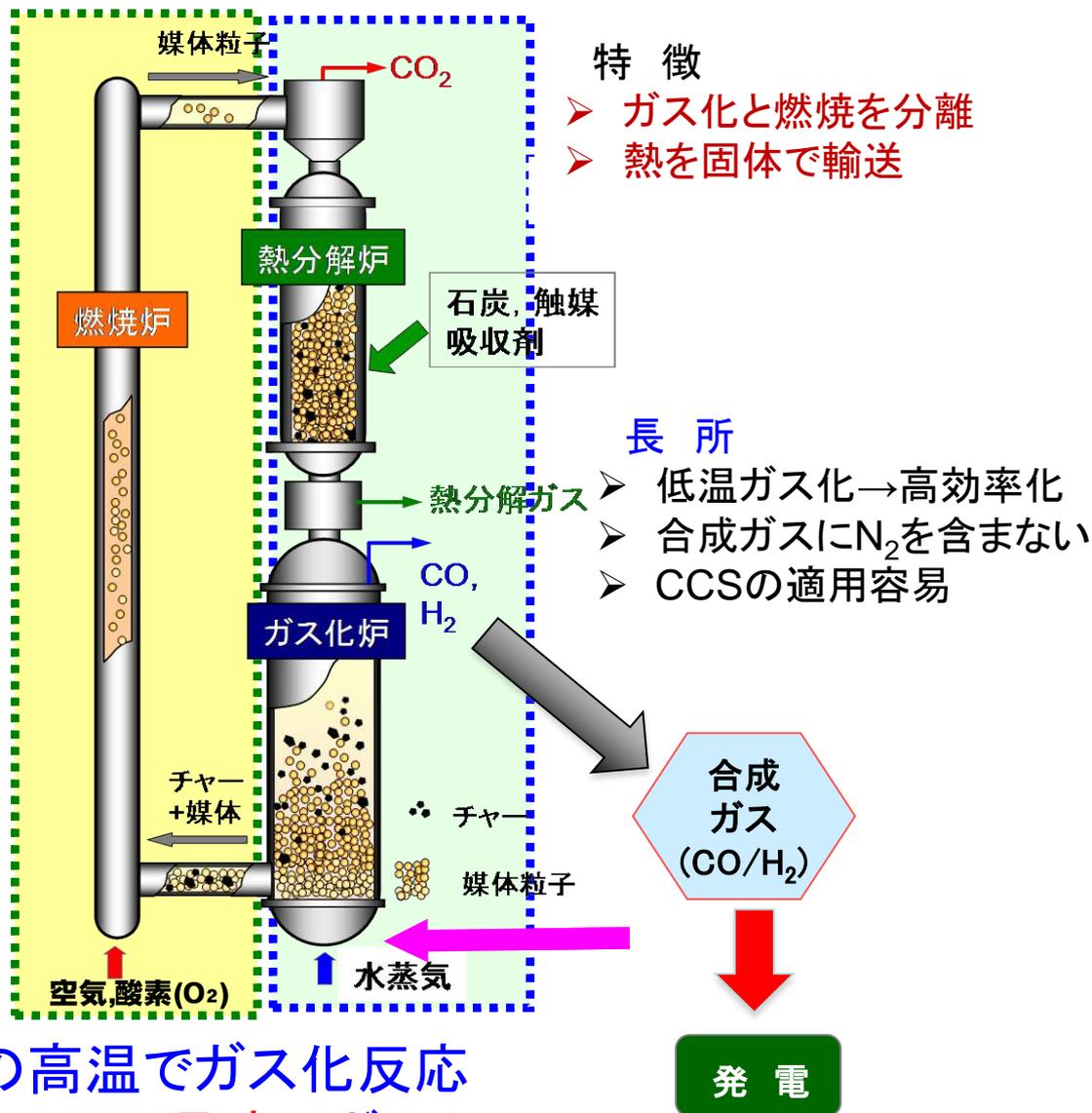


20~50 °Cの分解温度の減少  
水素の高効率添加

30~50%のコーク低減  
脱硫、脱金属生成物



## ガス化反応装置



従来： 1200 °C以上の高温でガス化反応  
 → 低温 (<900 °C) で**迅速**にガス化  
 → タールトラブル回避

微粉炭燃焼  
流動層燃焼

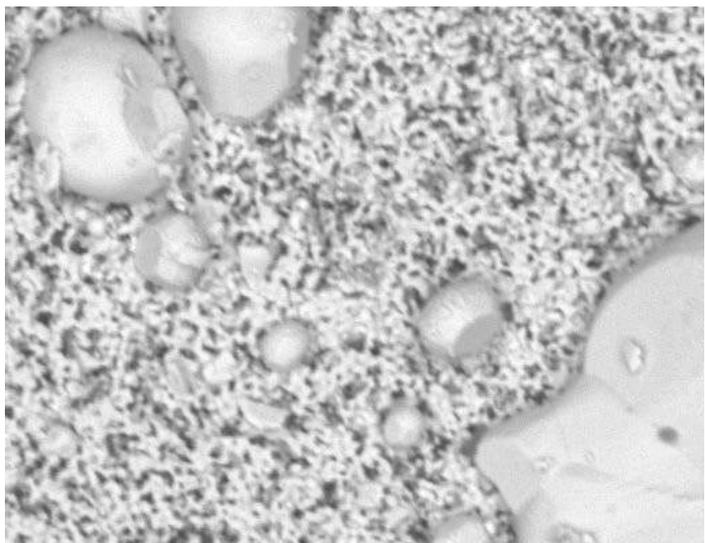
熱効率 35~42%

石炭利用発電  
技術の高度化



ガス化複合発電 (IGCC)  
ガス化燃料電池複合発電 (IGFC)

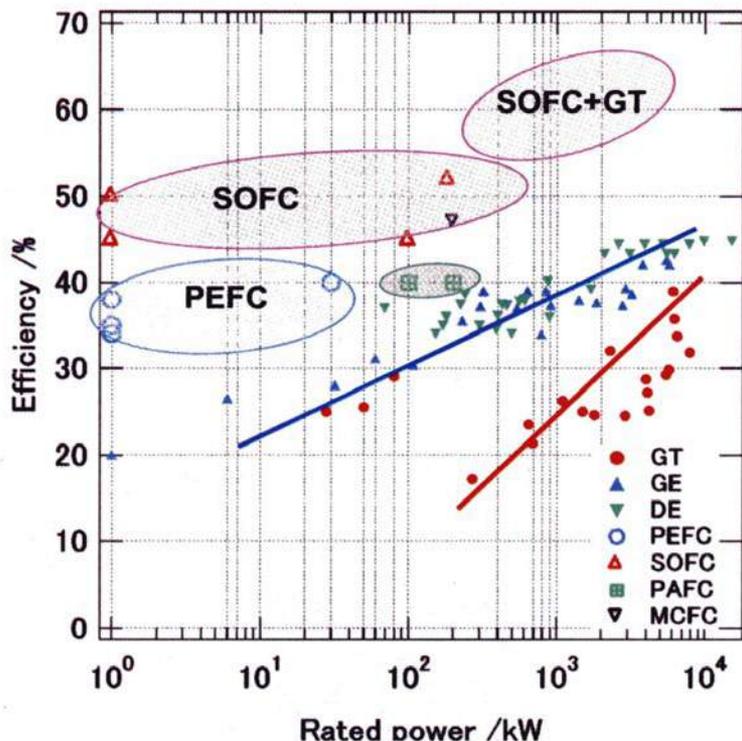
熱効率 45~60%



■ 石炭中の微量元素（硫黄、塩素、シリコン、ボロンなど）が燃料電池 (SOFC) に及ぼす影響が未解明

■ 砒素等をドーブした模擬ガスでの試験では、アノードの劣化が進行

重金属蒸気 (3ppmのAs) をドーブした模擬石炭  
ガス化ガスを用いた発電後のアノード表面



- 700-1000°Cで作動
- O<sup>2-</sup>-伝導性セラミック電解質
- 発電効率が最も高い (1-1000 kW)
- 都市ガス、灯油などマルチフューエルが利用可能

## 家庭用燃料電池コージェネレーション

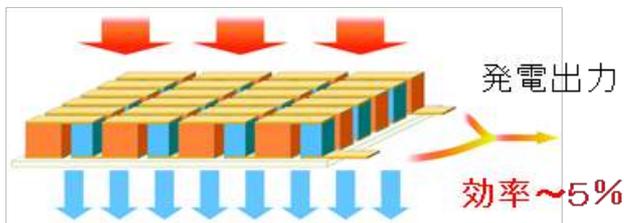
- 燃料: 都市ガス, LPG, 灯油
- 発電定格 700W
- 発電効率 45%(LHV)
- 固体酸化物形燃料電池
- 総合効率: 80%超

## 産総研における技術開発

- ppmレベルの**不純物による劣化現象及び機構の解明と対策技術**の開発
- 燃料多様化、高効率・低コスト化のための新規材料、評価技術の開発
- 50%を超える発電効率を目指し、90%以上まで**燃料利用率を向上させる**技術、熱電変換等による排熱有効利用技術等の要素技術の開発

## 熱電発電の原理

未利用熱エネルギー(廃熱)



冷却(熱放散)

## 研究開発課題

### 経済性の改善

- 材料高性能化
- 高信頼長寿命化
- システム化技術

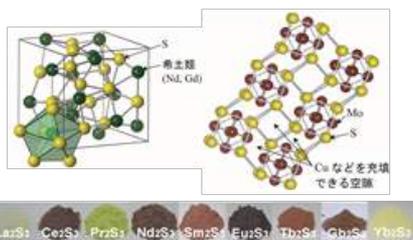
### 社会受容性の改善

- LCA, ETP評価
- 適用事例の拡充

## 熱電発電の中長期的応用展開



## 新材料合成技術開発



環境負荷の低い硫化物熱電材料等

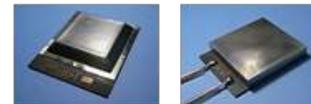
## 熱電発電モジュール設計・試作・技術開発



低環境負荷新材料モジュール



高効率セグメント型モジュール  
高効率カスケード型モジュール



パッケージ型モジュール

## 発電性能評価技術開発



標準的発電特性評価システム

- ✓ メタンハイドレート資源は、大陸縁辺部の海域、凍土地帯に賦存が認められている
- ✓ 東部南海トラフの原始資源量は、1兆1,415億立法メートル(算定値)。

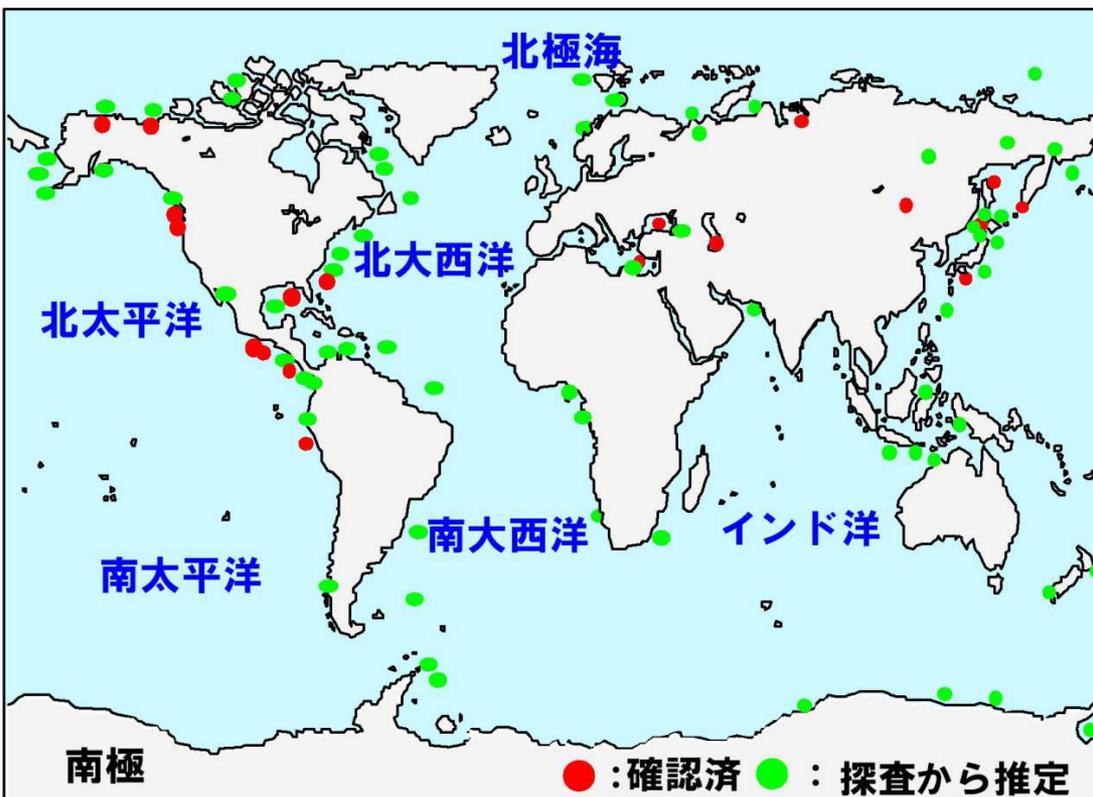
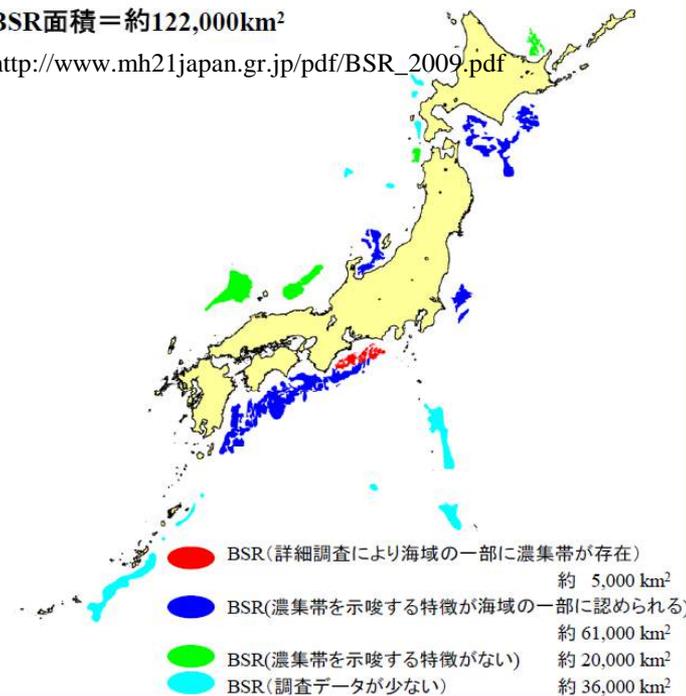
メタンハイドレート堆積物  
(再現試料)の燃焼



最新のBSR分布図(2009年)

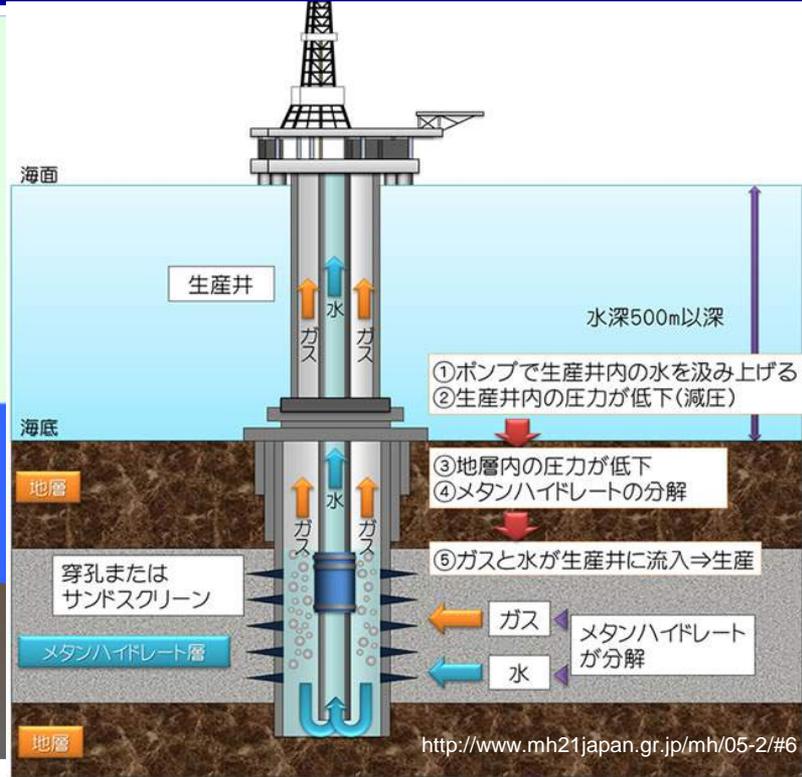
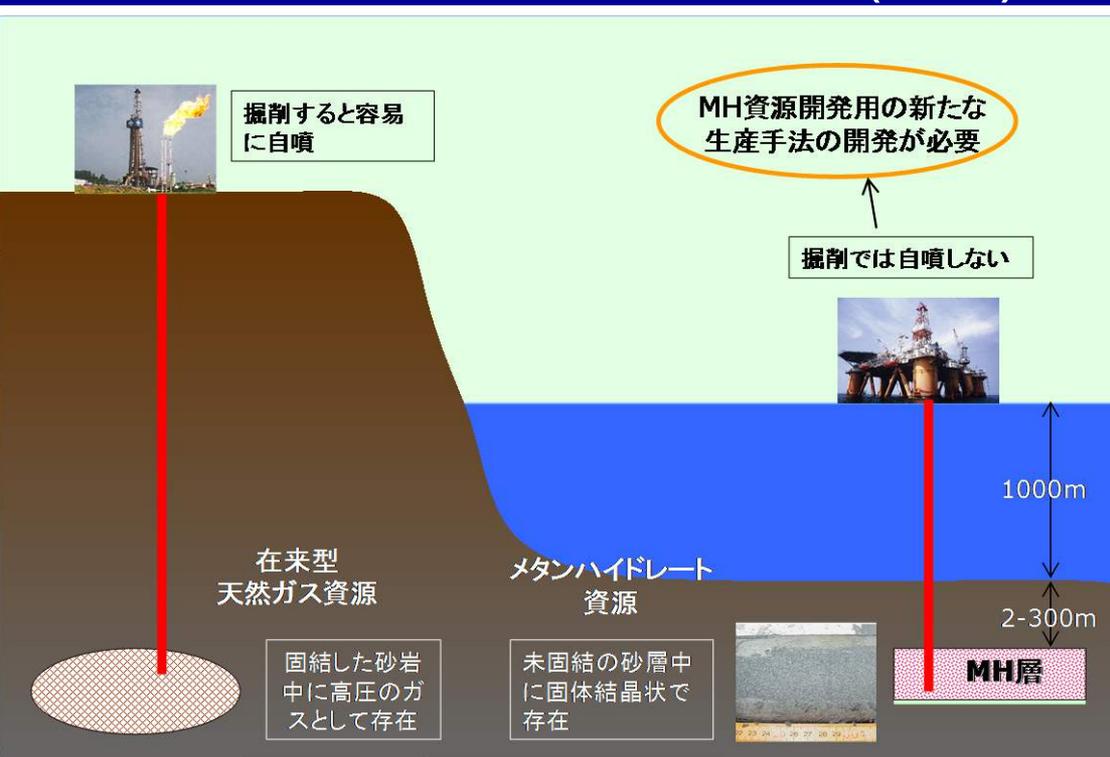
BSR面積=約122,000km<sup>2</sup>

[http://www.mh21japan.gr.jp/pdf/BSR\\_2009.pdf](http://www.mh21japan.gr.jp/pdf/BSR_2009.pdf)



世界のメタンハイドレート資源分布

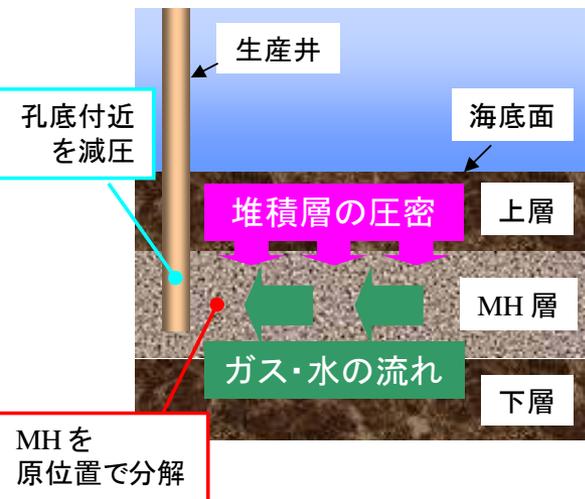
日本周辺の分布



## 在来型の天然ガス資源とMH資源の開発上の違い

## 減圧法の原理

- メタンハイドレートは、砂層中に固体として存在するため、掘削しただけでは在来型の天然ガス資源のように自噴しない。
- 原位置でMH分解をして、ガスとして回収する生産手法を開発⇒**減圧法**
- MHが分解すると地層内で固体として存在していたMHが水とガスに変わるため、地層内の物理的条件が変化する。その条件を把握し、最適な生産手法の開発が重要。



MHの分解やMH層に加わる圧力の変動などにより、MH層の圧密や変形が生じると予想される



MH貯留層の基礎特性及び力学特性を評価し、長期的に安定・安全な生産を可能とするための技術開発が必要

⇒ **数値シミュレータ(COTHMA)の開発**

Coupled thermo-hydro-mechanical analysis with dissociation and formation of methane hydrate in deformation of multiphase porous media

<第1回海洋産出試験の様子>



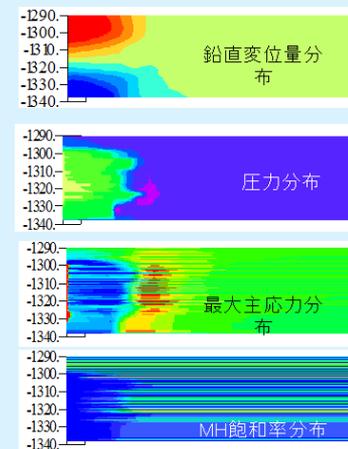
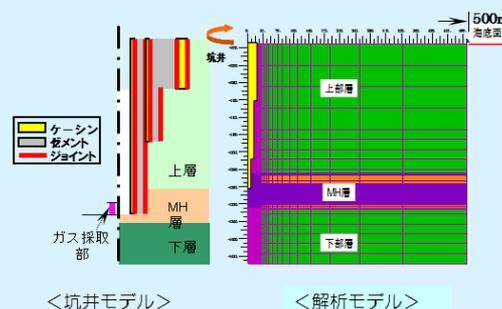
使用船舶:「ちきゅう」



燃焼処理(フレア)

- ✓ 渥美半島から志摩半島の沖合50~80kmの海域で実施。
- ✓ 約6日間で累積生産量は約12万m<sup>3</sup>、平均生産量は約2万m<sup>3</sup>/日(平成25年)。

## ■地層変形に関する解析(計算例)

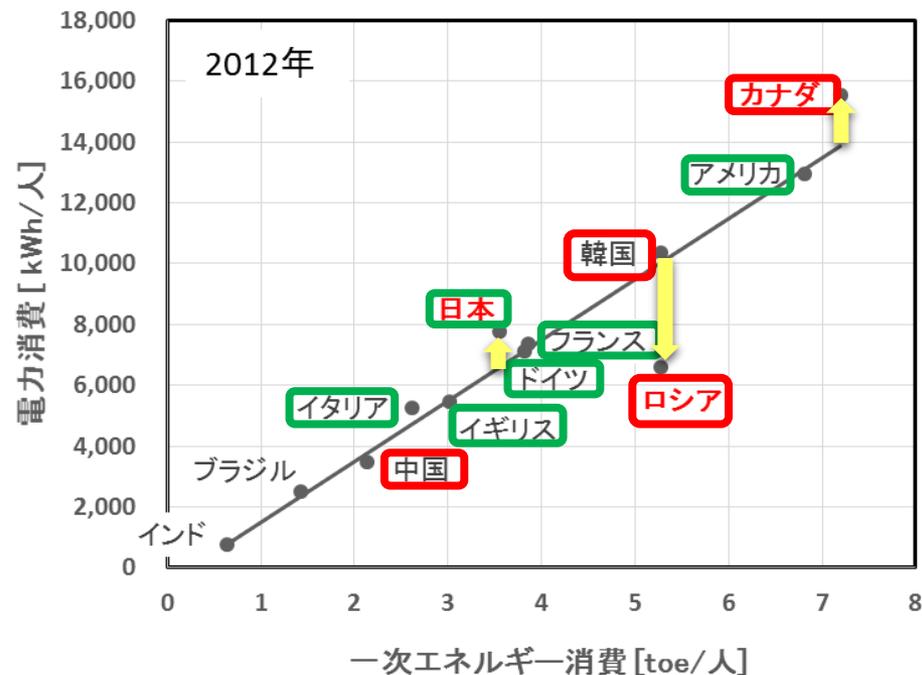
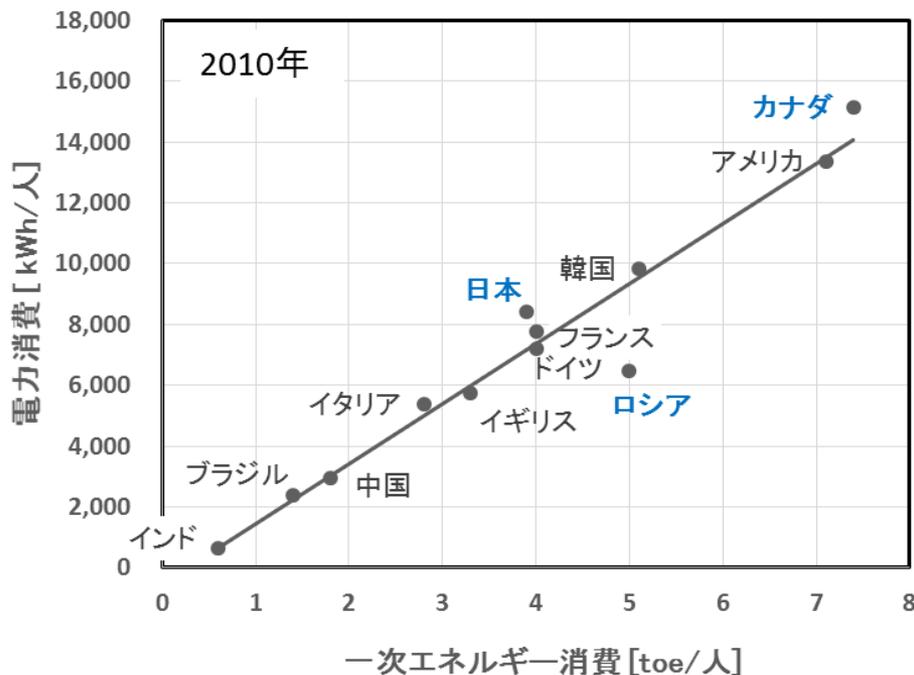


<計算結果例>

MHの生産に伴う地層の応力分布や変形・圧密挙動を坑井周辺や広域に亘り解析することができます。

etc...

- 電力系統の課題
- 多様なエネルギー源から作り出せる水素  
(エネルギーセキュリティ上重要)
  - ◆ エネルギーキャリア
- 製造・貯蔵関連技術開発
  - ◆ ソーラー水素
  - ◆ 水素材料評価



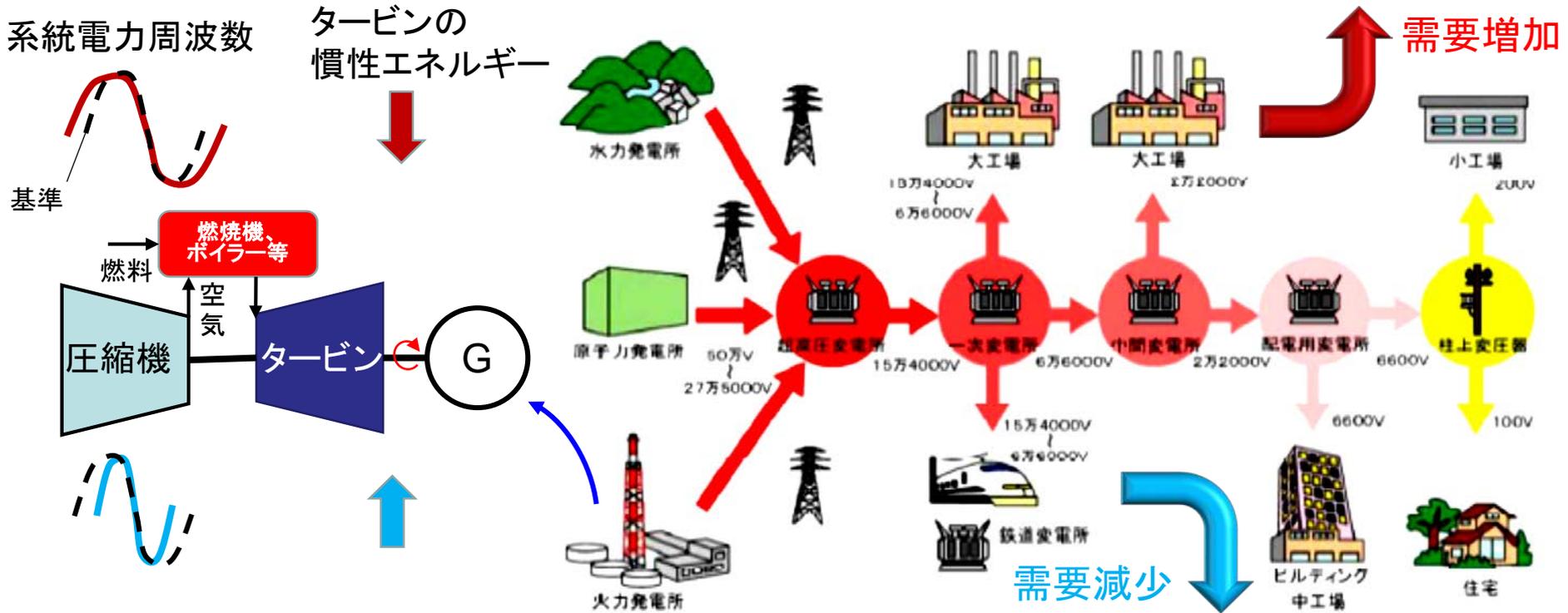
## 先進国と新興国(BRICS)

2010→2012 エネルギー消費

減少

増加

(出典：電気事業連合会ホームページ資料ほか)



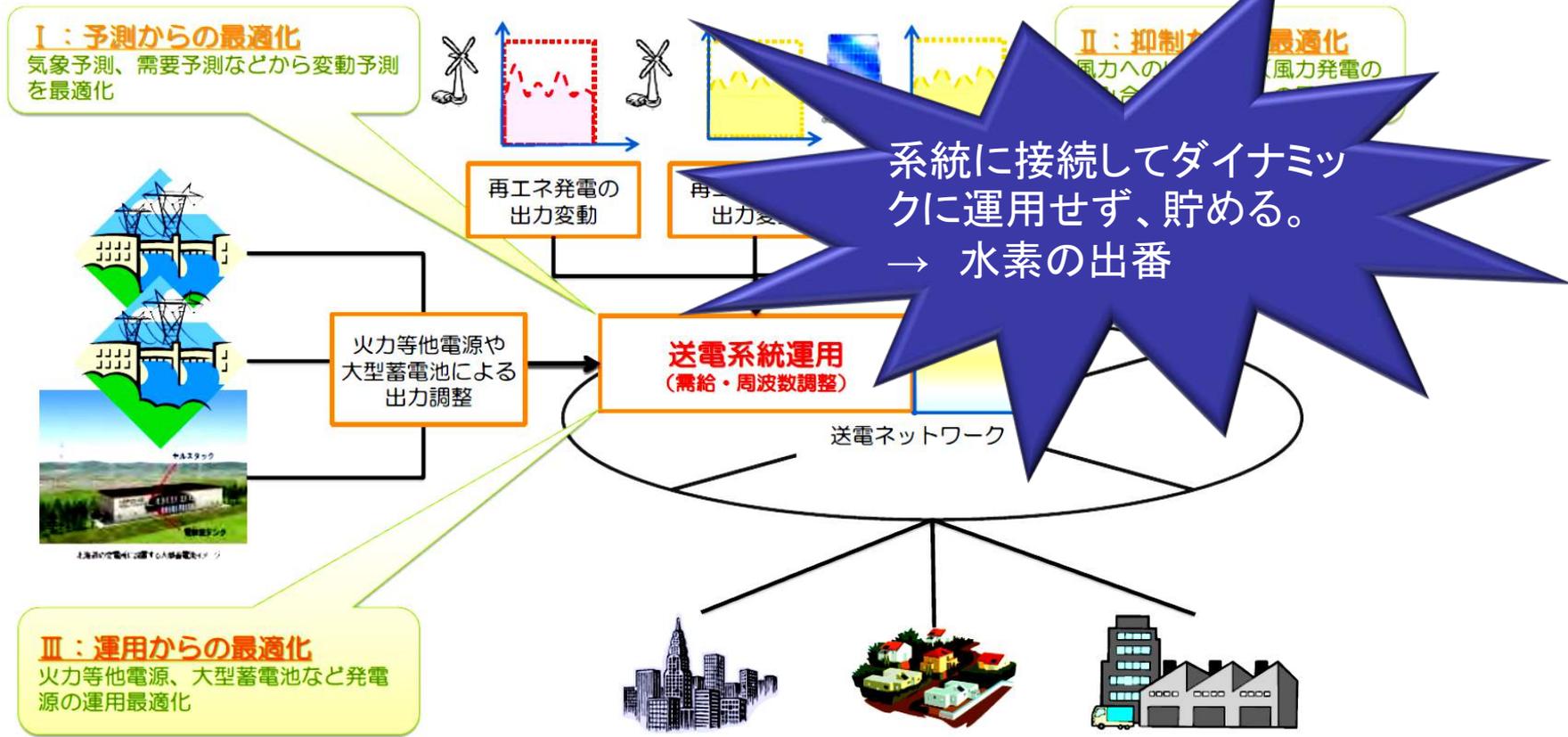
(図出典：電気事業連合会HP)

➤ 30分同時同量：周波数制御

周波数変動を最小限に留めて基準周波数(例：東京は50Hz)に維持  
 系統に並列している発電機の予備力として調整力を常時確保

➤ 電圧制御：無効電力(SVC等)

➤ 送電線、変圧器等の熱容量(許容電流が送電電力を制限)

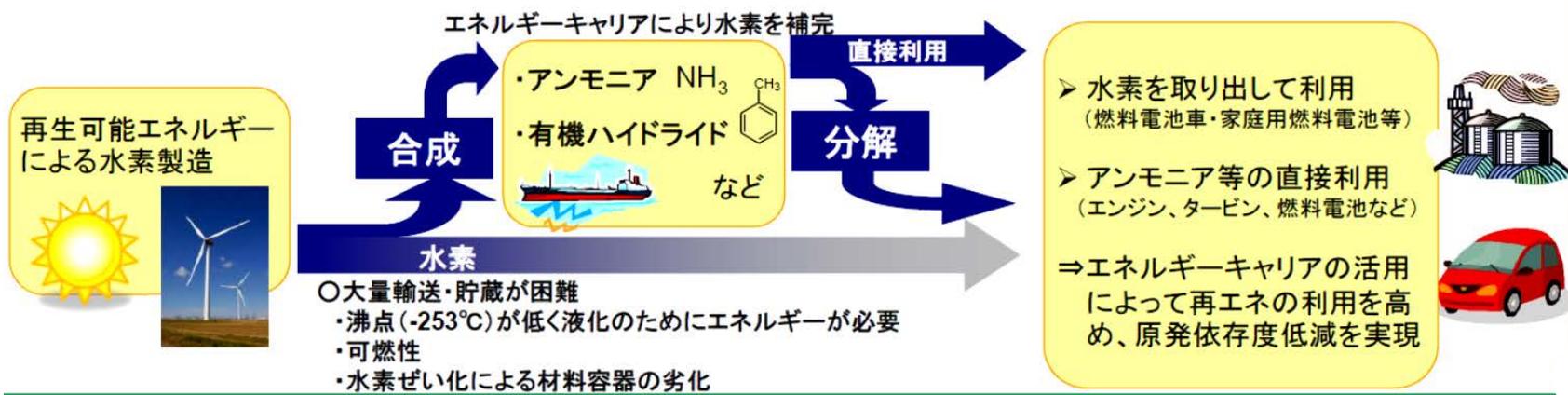


- **不安定な出力への対応:** (出典:「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」説明資料)
  - バックアップ電源(火力等)→低利用率化
  - 蓄電池の利用→長時間の運転条件維持に多大なエネルギー消費、高コスト
- **パワーコンディショナー:**
  - 蓄積エネルギー小→周波数低下時にエネルギー放出がない
  - パワエレ素子は過電圧・過電流に弱い→系統擾乱時(瞬低等)停止の可能性

## CO2フリー水素製造 産出地でCCS

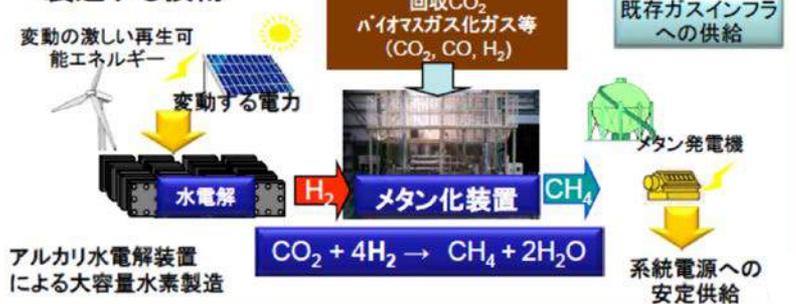
メチルシクロヘキサン(MCH):  
トルエン+H2から  
(千代田化工建設など)

液体水素(< -253°C):  
褐炭(化石資源)から  
(川崎重工業など)



### [技術開発例]

◆ 水蒸気と二酸化炭素から有用キャリア(メタン)を高効率に製造する技術



文部科学省事業「先端的低炭素化技術開発(ALCA)」

## 再生可能エネルギーから 水素製造

経済産業省事業「再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発」

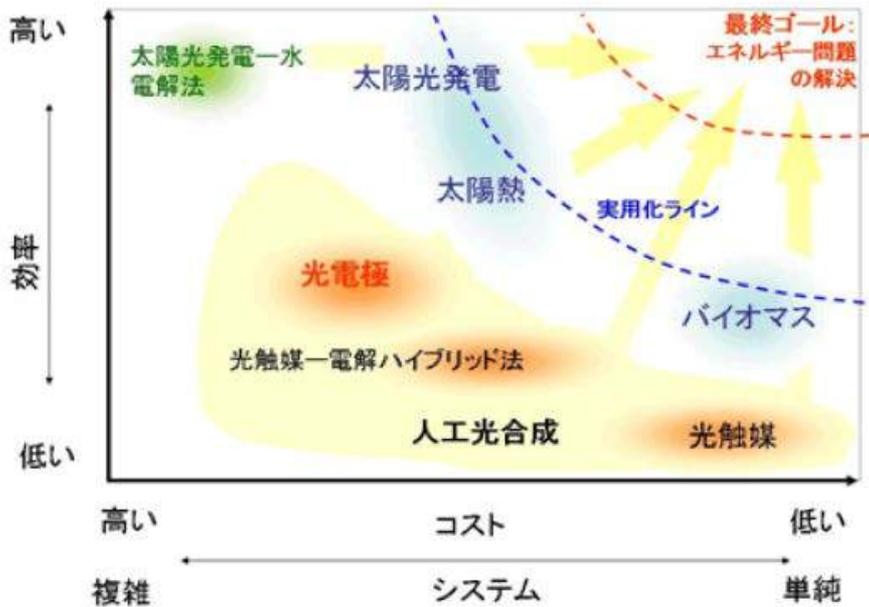


図1 さまざまな太陽エネルギー変換利用の技術マップ

- ◆ 通常の電解による水の分解反応  
→ 理論上1.23 V以上、実際には過電圧の影響で1.6 V以上の電解電圧が必要
- ◆ 水分解用の酸化物光電極中で最も高い太陽エネルギー変換効率(1.35%)を達成  
→ 低い補助電源電圧(0.7 V程度)で水を分解して水素を生成できる  
→ 水素製造の低コスト化

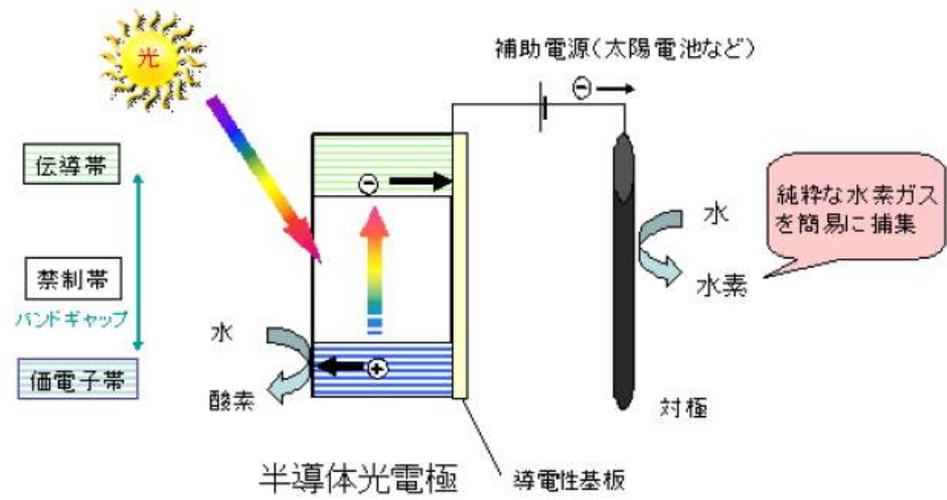
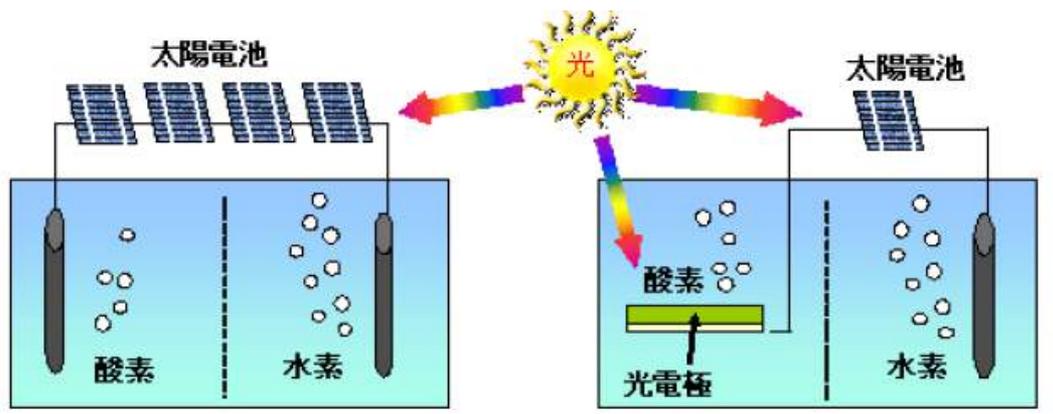


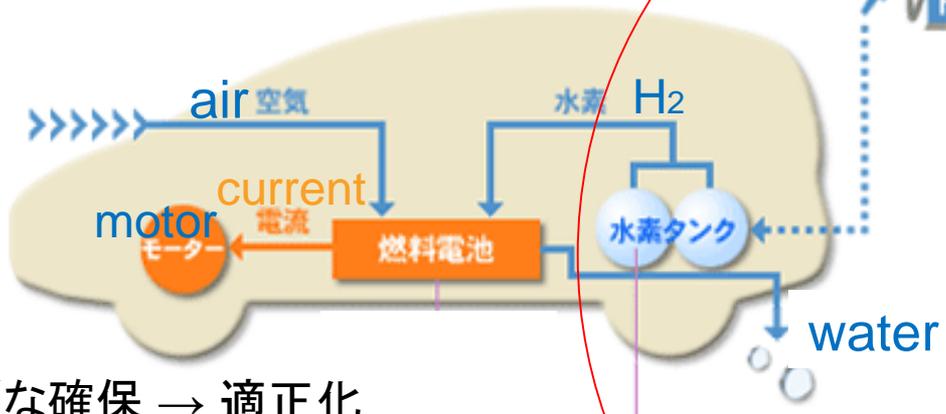
図2 半導体光電極による水分解水素製造の仕組み



太陽電池を用いた通常の電解水素製造  
過電圧を含めてセル4つ分の直列電圧 (>1.6V) 必要。

光電極による水素製造  
補助電源電圧を低くできるので太陽電池を少なくできる。

水素貯蔵等に用いられる金属材料の脆性評価  
(70MPa以上の高圧下)



水素ステーション



蓄圧器



配管類

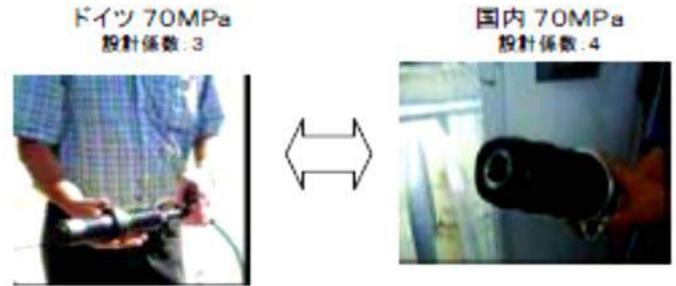
バルブ類

高圧水素容器



高圧水素ガス系統

- ✓ 安全性の過剰な確保 → 適正化
- ✓ 使用可能な鋼材の拡大(現状 70MPaスタンドではSUS316Lのみ)



水素スタンドの低コスト化(海外製品が使用可、等)

エネルギー資源の持続的有効利用に関連して、産総研で実施しているエネルギー研究開発を中心に述べた。

### ①化石エネルギー資源からのクリーン省エネルギー・チェーン

化石エネルギーの徹底利用について、上流(非在来型資源)から下流(未利用排熱)までに渡り、クリーン化、省エネルギー化の視点からとらえた研究開発を紹介した。

### ②メタンハイドレート開発

国産エネルギーとして有望なメタンハイドレートの研究開発手法および採掘の現状について示した。

### ③再生可能エネルギーから水素へ

系統電力網と再生可能エネルギーとの協調における課題、エネルギーセキュリティ上の水素の重要性、産総研水素関連技術と福島再生可能エネルギー研究所について概説した。

# ご清聴ありがとうございました

## 技術を社会へ

### Integration for Innovation



技術社会へ Integration for Innovation  
**産総研**  
独立行政法人産業技術総合研究所

