

# 水素エネルギー利用の現状と展望

---

2015年2月19日

東京ガス(株) 技術戦略部 水素ステーションG

石倉威文

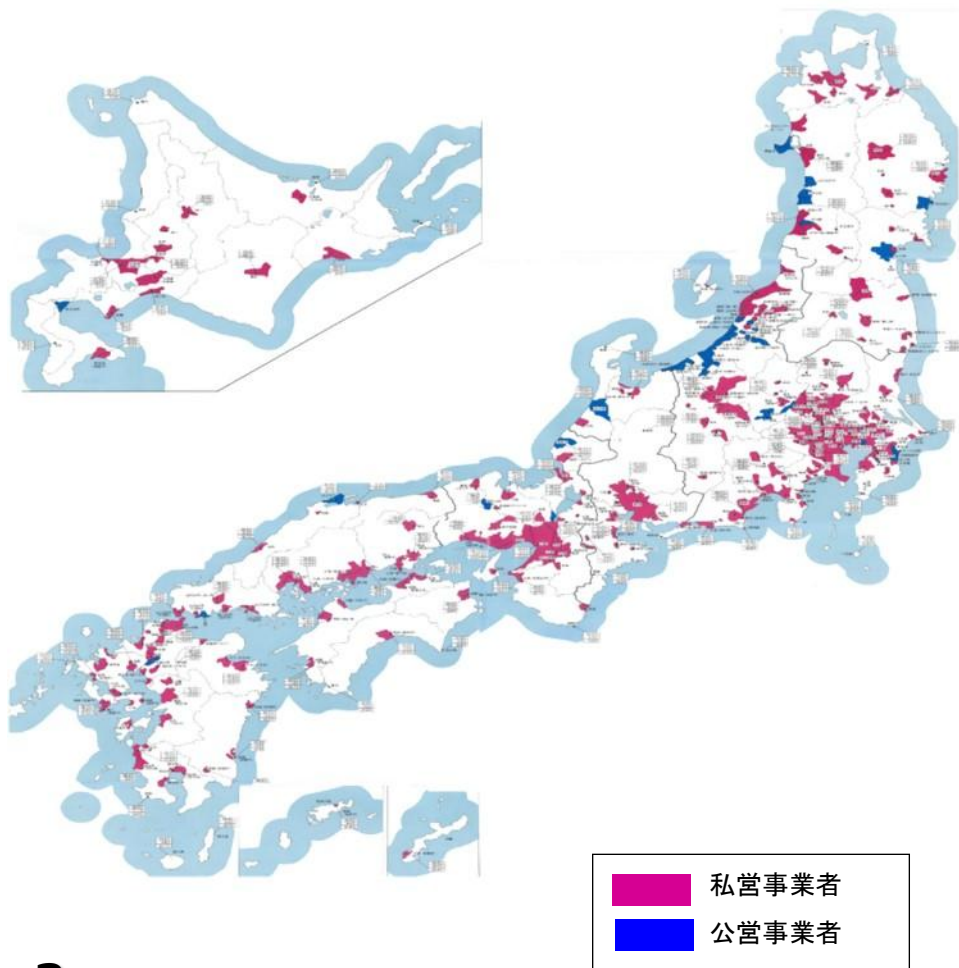
# 本日の講演のアウトライン

---

- 1. 天然ガス(LNG)利用の現状**
2. エネルギーとしての水素
3. FCVと水素ステーション
4. 東京ガスの取り組み

# 日本の都市ガス事業者

## ■都市ガス事業者の供給区域

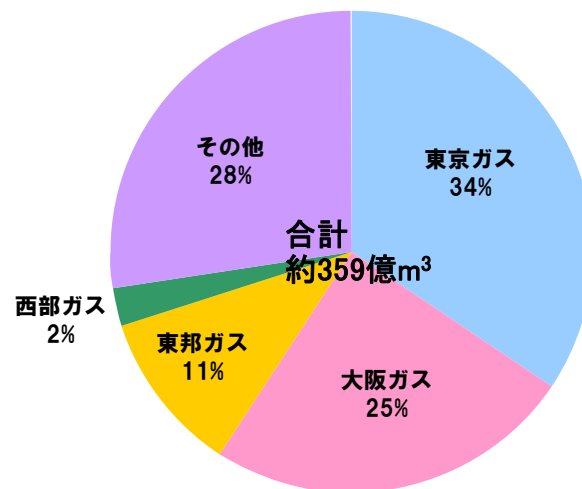


## ■お客さま件数(2013年3月末)

事業名	お客さま件数	供給事業者数
一般ガス事業	2,900万件 (メーター取付数)	209事業者*
一般電気事業	8,389万件 (契約口数)	10事業者
(参考) LPG販売事業	約2,400万件	21,693事業者

\*うち公営事業者は29事業者

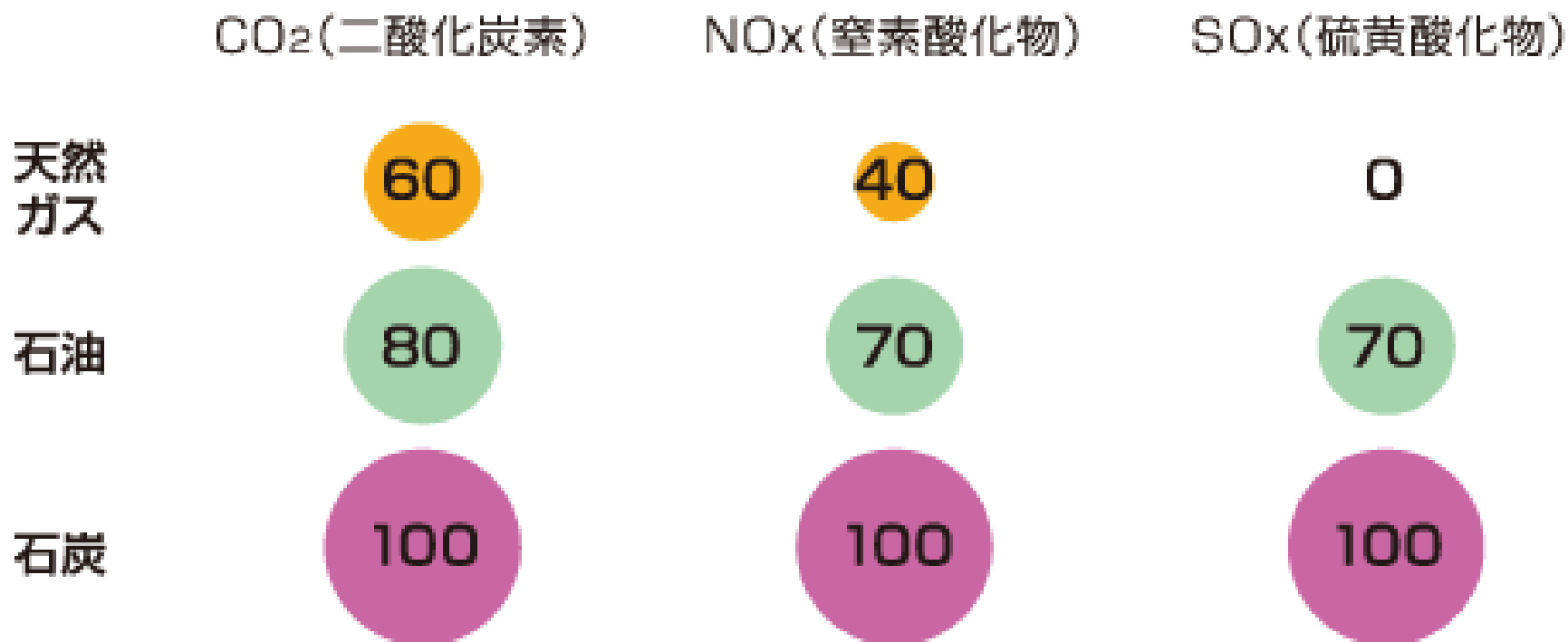
## ■都市ガス販売量の事業者別内訳(2011年度)



出典:日本ガス協会「都市ガス事業の概要」

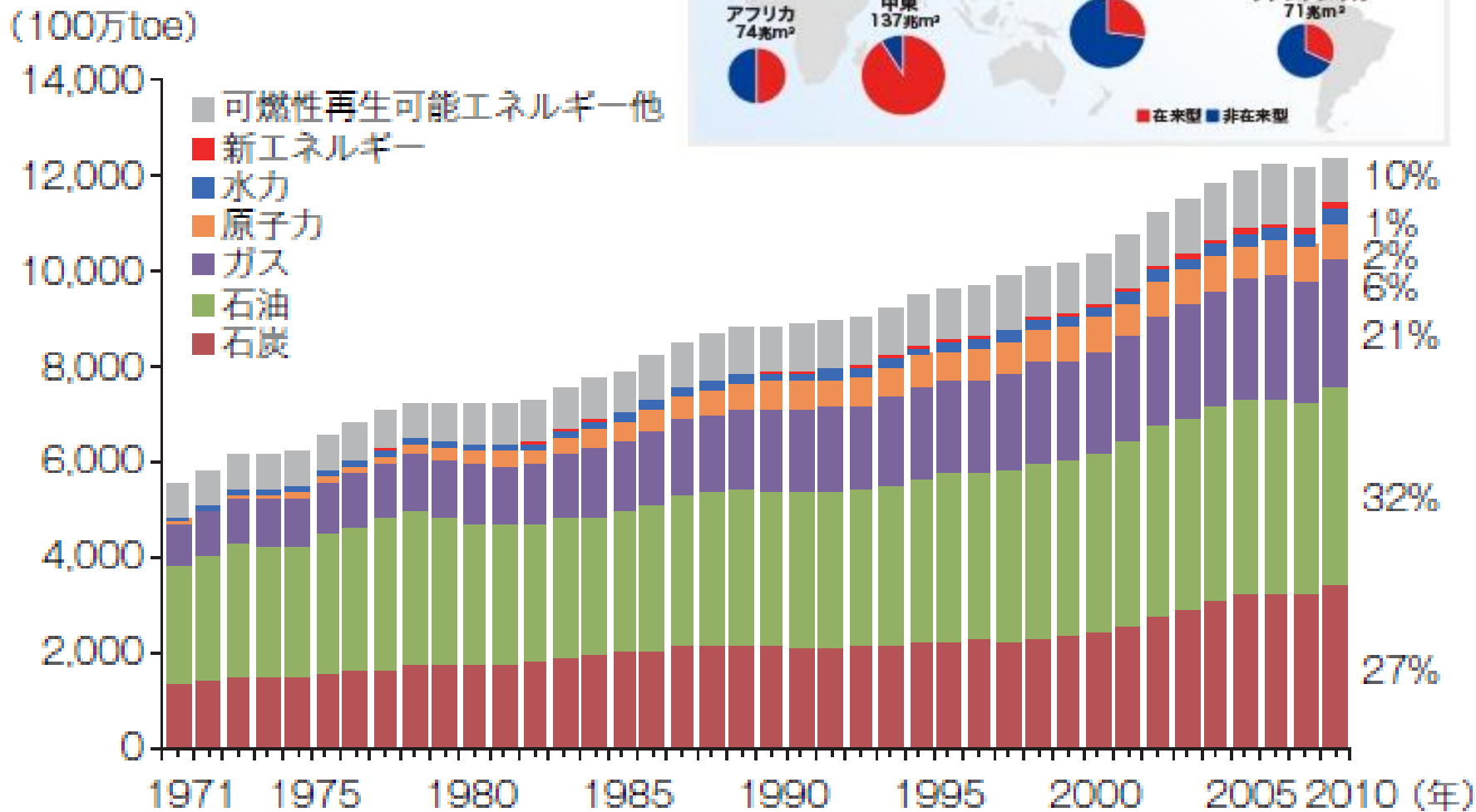
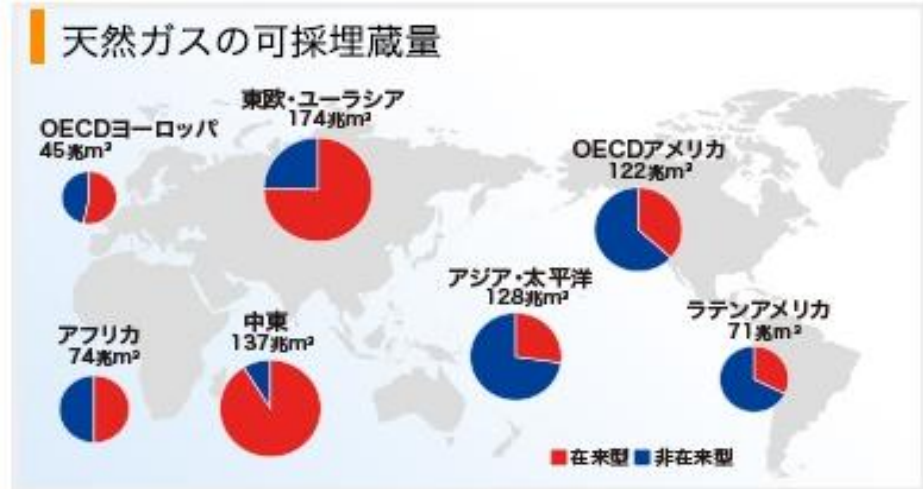
# 天然ガスの優れた環境性

## 【石炭を100とした場合の排出量比較(燃焼時)】



出典:IEA編『Natural Gas Prospects to 2010』より作成

# 天然ガスの役割

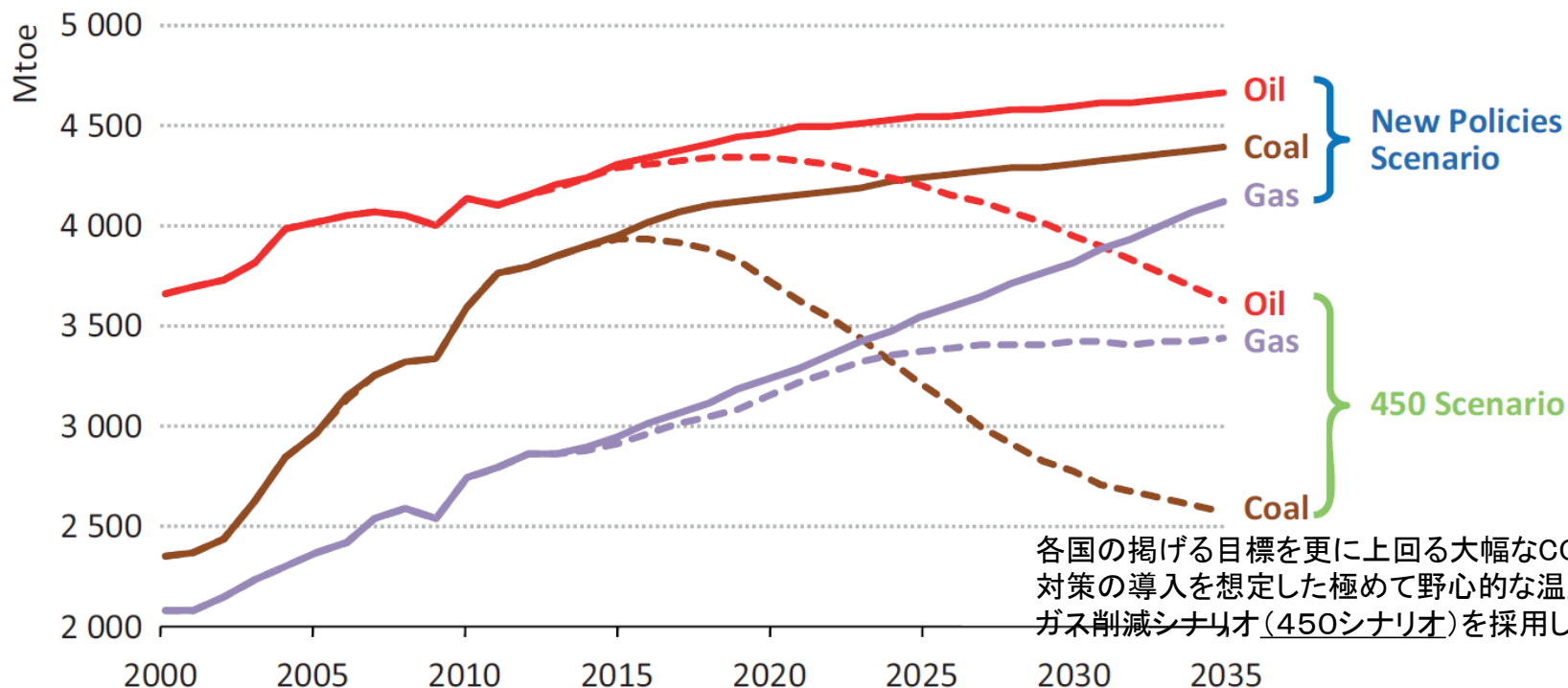


▶ 5 環境負荷が低い天然ガスは、これからの社会を支えるエネルギーとして期待

# 世界のエネルギー需要見通し

**Figure 2.22** ▶ Fossil fuel demand in the 450 Scenario relative to the New Policies Scenario

石油換算百万トン



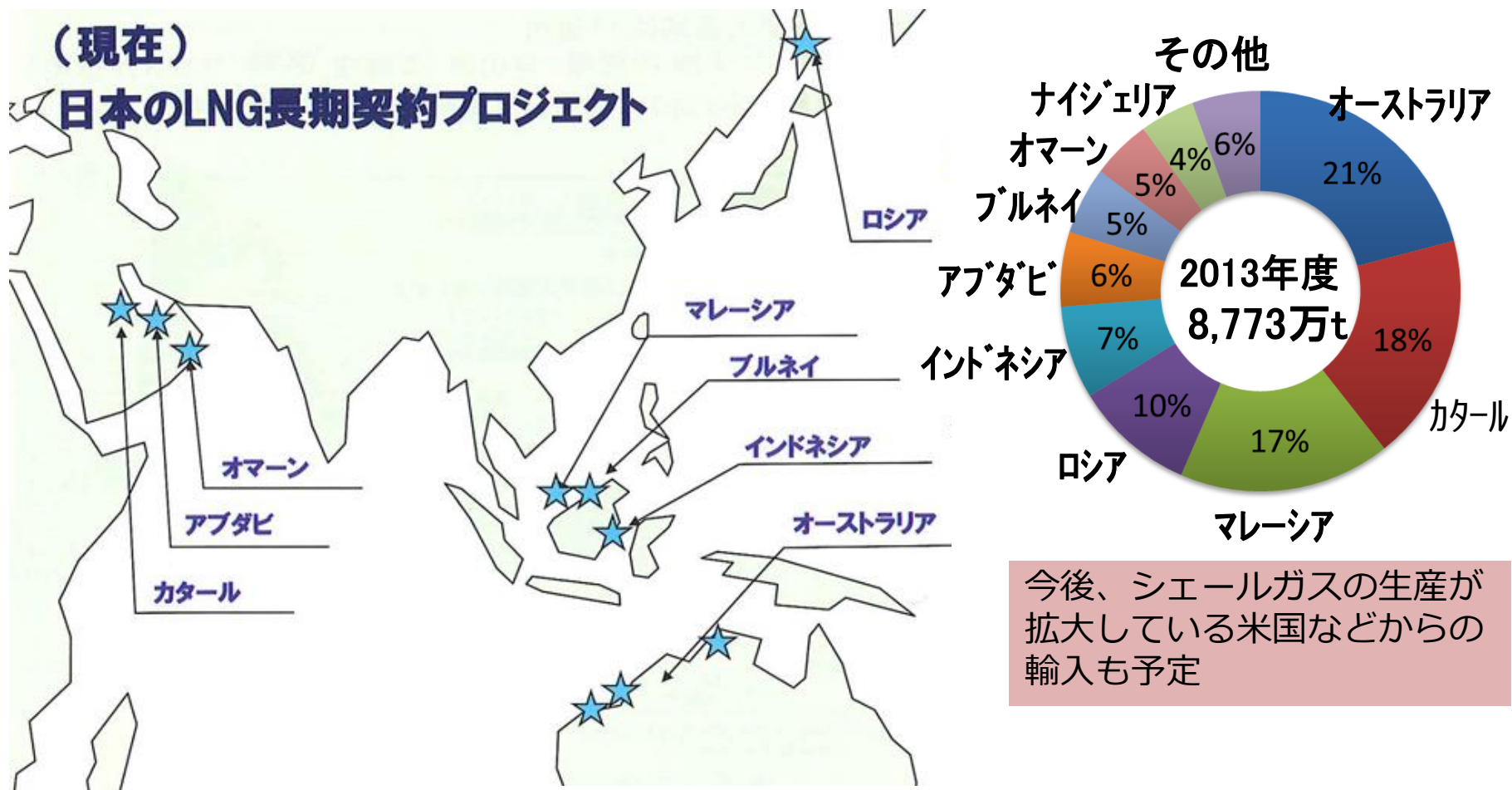
各国の掲げる目標を更に上回る大幅なCO2削減対策の導入を想定した極めて野心的な温室効果ガス削減シナリオ(450シナリオ)を採用した場合

**450シナリオ**: 2100年における気温上昇を産業革命前と比較し2°C以内に抑えるもの。大気中の温室効果ガスの濃度を450ppm以下に抑えるシナリオ

**新政策シナリオ**: 各国の自主的排出規制により気温上昇を3.5°C以内に抑えるシナリオ

出典: IEA World Energy Investment Outlook 2014 p85

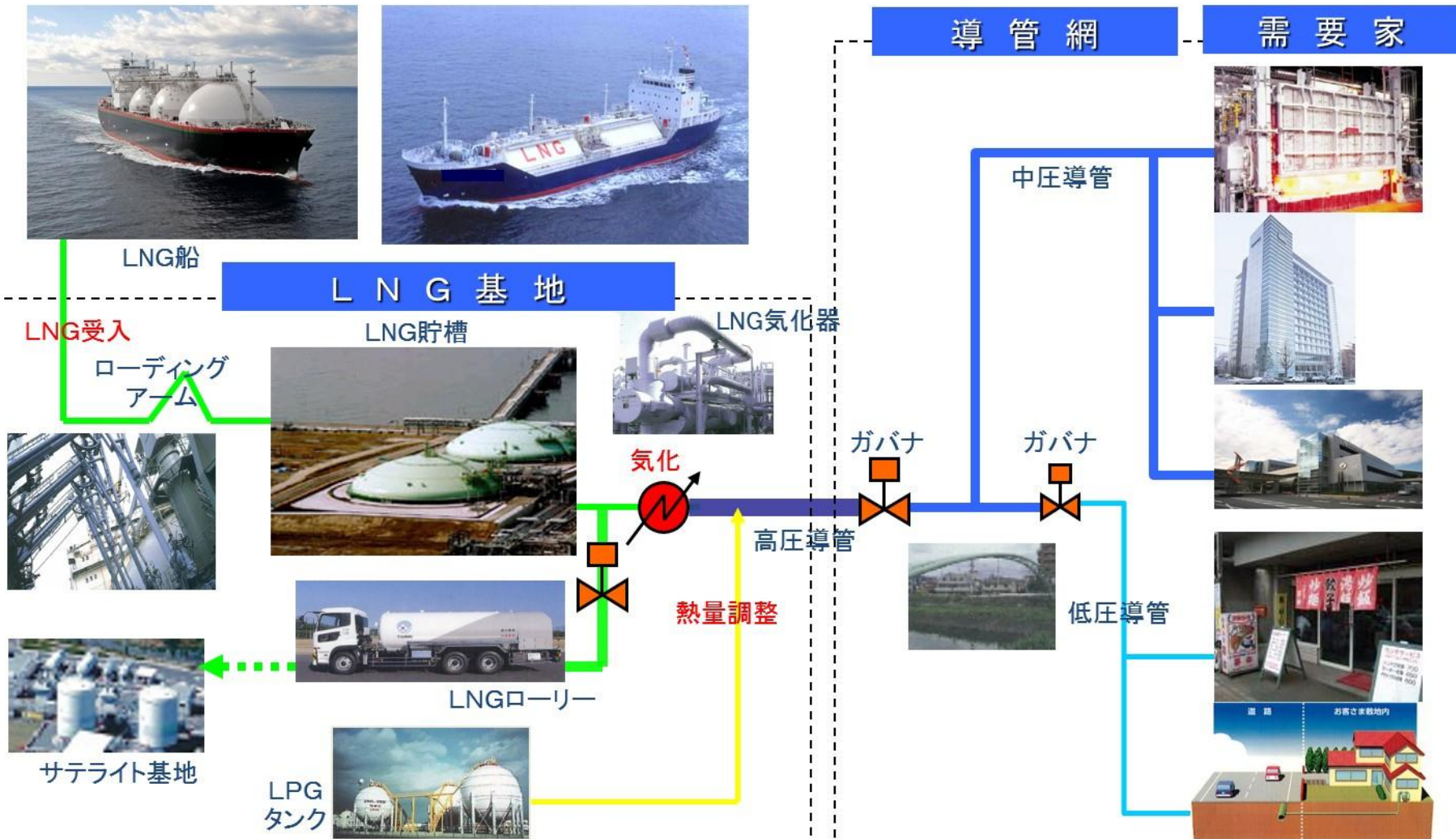
# 日本のLNG調達



安定調達のため、多様な調達ルートを確保

# LNG調達からお客様への供給

- ・LNG貯槽に受け入れられたLNGを気化させ、組成や熱量を調整して都市ガスを製造。
- ・高圧ガスを輸送導管を通して送出し、ガバナ(整圧器)で中圧、低圧に減圧して需要家に供給





# エネルギー基本計画（2014年6月発表）

---

- ◆ 東日本大震災、原発事故による大きな環境変化に対応「温暖化対策（CO2削減）」から「3E+S」のバランスへ
- ◆ 様々なエネルギーの特徴を踏まえ、供給源の多様化などが強調
  - 原子力：安全性確保を大前提、重要なベースロード電源、準国産
  - 天然ガス：化石燃料の中で最もCO2排出が少ないミドル電源
  - 石炭：単価が最も安い化石燃料、重要な燃料として再評価
  - 再生可能エネルギー：重要な低炭素の国産エネルギー源
  - 水素：将来の二次エネルギーでは電気・熱に加えて中心的役割

## <天然ガスの利用に関して>

コージェネレーションなど地域における電源の分散化や  
**水素源としての利用など**、利用形態の多様化により、  
天然ガスシフトを着実に促進

# 本日の講演のアウトライン

---

1. 天然ガス(LNG)利用の現状
- 2. エネルギーとしての水素**
3. FCVと水素ステーション
4. 東京ガスの取り組み

# 水素の物性

## 既存燃料と比較して

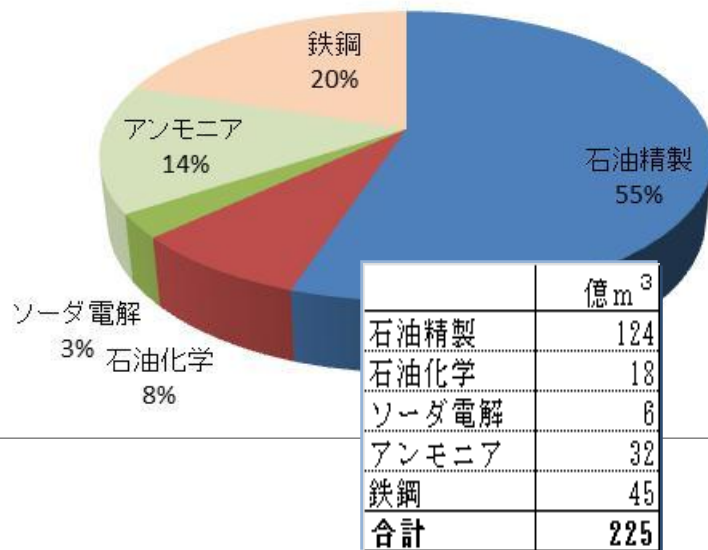
- ① 燃焼範囲が広くて燃えやすい。
- ② 金属脆化には注意が必要。
- ③ 拡散が早く滞留しにくい。
  - ・・・外部に漏れた場合はすぐに燃焼範囲より希薄になる

	水素	既存燃料			空気
		天然ガス	LPG	ガソリン	
重さ（相対値）	1	8	22	50	15
拡散速度（相対値）	100	25	20	8	—
燃焼範囲 （空气中濃度 vol%）	4%~75%	5%~15%	2%~10%	1%~7%	—
最小着火エネルギー	0.02mJ	0.29mJ	0.26mJ	0.24mJ	—
自然発火温度	570℃	580℃	450℃	300℃	—
金属の脆化（高圧下）	有り	無し	無し	無し	—

# 現状の水素製造と用途

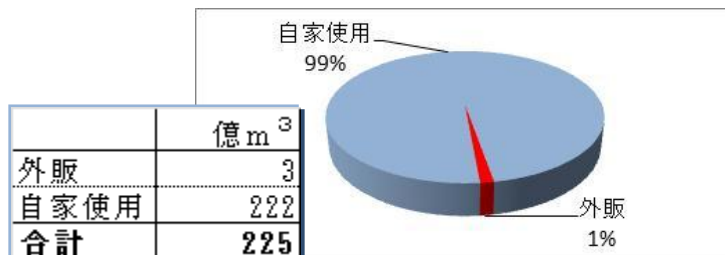
(出典 (株)ガスレビュー調べ 2013年度データ)

## 工業用途の水素発生推計量

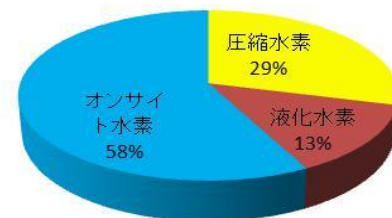


水素の用途 主なもの

- 石油精製(脱硫、改質)
- 化学(アンモニア合成、メタノール合成等)
- 半導体製造(半導体、液晶、太陽電池、LED等)
- 金属加工(ステンレス表面処理、溶接等)
- 電力・原子力(発電機冷却等)
- ガラス(板ガラス製板、光ファイバー製造等)
- 超伝導(冷却材)
- 分析・試験(試料キャリア等)
- その他(気象観測等)



## 外販の内訳



## エネルギー源としての水素利用

- ・定置用燃料電池
- ・燃料電池自動車
- ・航空・宇宙 ロケット燃料等

# 水素製造方法

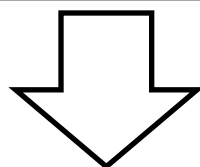
	実用化段階	安定性	環境性(CO2排出)	経済性
副生水素	種類によるが既に導入されているものが多い。	本来の目的となる製品の生産量に左右される。	CO2は排出されるが追加的な環境負荷は無い。	副次的に生産されるものを活用するため経済的。
化石燃料改質	既に導入されており実用化段階	安定的かつ大規模に生産が可能。	CCS等を用いない限り、CO2が排出される。	技術的に確立しており、比較的安価に製造が可能。
水電解(火力)	既に導入されており実用化段階	安定的かつ大規模に生産が可能。	CCS等を用いない限り、発電時にCO2が排出される。	改質に比べると高コストだが比較的安価。
水電解(再エネ)	技術的には確立。再エネ発電の低コスト化が課題。	再エネの種類によっては出力変動が存在。	CO2は排出されない。	再エネ電力を活用するため一般的にコストは高い。
バイオマス	技術的には確立しているが低コスト化が課題。	供給地が分散している。	CO2排出量はゼロとみなすことができる。	現段階ではコストは高い。
熱分解	研究開発段階(一部実証研究も実施)	安定的な供給が可能。	利用する熱を何から取るかによって異なる。	N.A.
光触媒	基礎研究段階(現在の変換効率率は0.5%程度)	気象条件に左右される。	CO2は排出されない。	N.A.

※ 上表は、現段階での技術レベルや有識者へのヒアリング等をもとに作成したおおよその比較イメージ

出典: 経済産業省 水素・燃料電池戦略協議会 第一回会合資料  
「水素・燃料電池について」

# 天然ガスからの水素製造

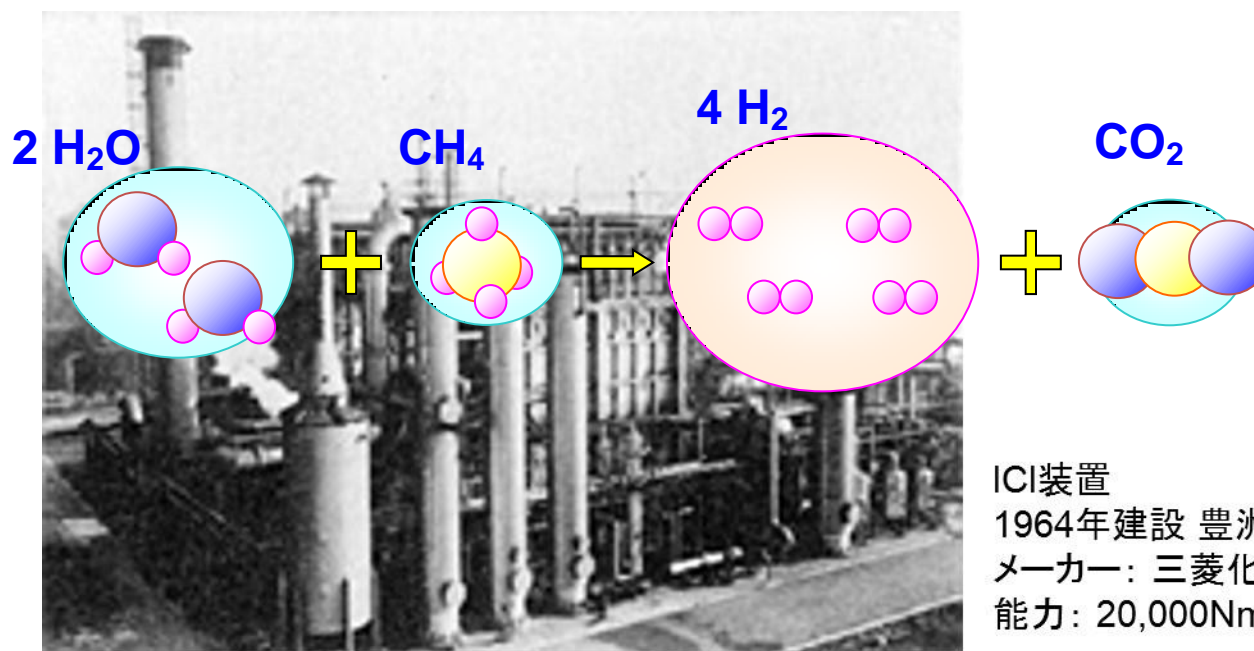
- ・水素は様々な方法で製造できるが、現時点で技術的に成熟しコストを見通せるのは化石燃料(天然ガス、LPG、ナフサ)の水蒸気改質である
- ・原料となる化石燃料の中で天然ガス(メタン)が最もC/Hが小さく、水素製造時のCO<sub>2</sub>排出原単位が最も小さい



- ・ CO<sub>2</sub>削減の必要度合いに応じて将来的にはCO<sub>2</sub>フリー水素へ転換
  - 再生可能エネルギーからの水素製造(太陽光・風力+水電解)
  - 海外からのCO<sub>2</sub>フリー水素の導入
  - 化石燃料改質+CCS

# 水素製造方法－水蒸気改質

- ・1990年代まで、ナフサ等の水蒸気改質により水素を主体とした低熱量の都市ガスを製造していた
- ・その技術をベースに、ガラス産業・半導体産業向けのオンサイト型水素製造装置パッケージとプラントを開発し販売している
- ・さらに大幅に小型化し、家庭用燃料電池コージェネレーションシステム「エネファーム」の燃料処理装置として組み込んでいる



ICI装置  
1964年建設 豊洲工場  
メーカー: 三菱化工機(株)  
能力: 20,000Nm<sup>3</sup>/h

# 水素エネルギーの意義

- 将来的に化石燃料が枯渇する危険性、近年の地球温暖化等のエネルギーを巡る問題が深刻化する中で、将来的なエネルギーとして水素の利活用が注目されている。
- 国内に資源が乏しく、エネルギーの大部分を海外の化石燃料に依存している日本にとって、水素は、「エネルギーの有効活用」や「エネルギー効率の向上」を通じて「エネルギー供給源の多様化」や「環境負荷の低減」に資すると考えられる。また、利用用途によっては「非常時対応」の観点からも有益。

## エネルギー供給源の多様化

- 水素は、自然には単独では存在しないが、水素源の一つである水は地球上に無尽蔵に存在。
- 化石燃料だけでなく、太陽光、バイオマス等の再生可能エネルギーからの製造も可能。

## 環境負荷の低減

- 利用段階でCO<sub>2</sub>を排出しない。燃料電池の場合はエネルギー効率が高く、省エネ・省CO<sub>2</sub>に寄与。
- 再生可能エネルギーから製造された水素であれば、製造から利用までの全過程でCO<sub>2</sub>フリー。

## 水素エネルギー利活用の意義

### エネルギーの有効活用

- 地域的な偏りや時間による変動等の問題を抱える再生可能エネルギーを含む、様々なエネルギーを大量に貯蔵・輸送することが可能。
- 送電線のような大規模なインフラによらず、トレーラーや船舶での輸送が可能。

### エネルギー効率の向上

- 定置用燃料電池の発電効率は35～60%。電気と熱を併せた総合エネルギー効率は80%超。
- 燃料電池自動車のエネルギー効率は、35%程度。

### 非常時対応

- 分散型エネルギーである定置用燃料電池や、非常時の電力供給も可能な燃料電池自動車はレジリエンスの観点から重要。



# 本日の講演のアウトライン

---

1. 天然ガス(LNG)利用の現状
2. エネルギーとしての水素
- 3. FCVと水素ステーション**
4. 東京ガスの取り組み

# FCVの発売に向けた状況

## ● トヨタ

- 2014年12月15日に一般販売開始
- 価格は約723万円（補助金；  
国：約200万円、東京都：約100万円）
- 2015年に400台～導入予定
- 開発期間の短縮とコスト引き下げを目指して  
BMWと提携



トヨタHPより転載

## ● ホンダ

- 2015年度に一般販売開始予定
- 価格未定（トヨタと競合するレベル）
- GMと、次世代型燃料電池システムと  
水素貯蔵システムの共同開発



ホンダHPより転載

## ● ニッサン

- 2017年ごろに量産型FCEVを発売予定
- ルノー、ダイムラー、フォードと  
燃料電池システムを共同開発



18ニッサンHPより転載

# FCV(燃料電池自動車)の位置づけ



外部電源供給ポテンシャル(非常時想定)

車種	EV	FCV	FCバス
燃料満タンでの 体育館給電時間	5時間 (16~24kWh)	1日 (120kWh)	4~5日 (460kWh)

水素・燃料電池戦略協議会  
(第1回)資料4 p11を引用  
(総合資源エネルギー調査会  
基本政分科会 第8回会合資料)

# FCV国内市場導入と水素供給インフラ整備に関する共同声明 (民間事業者13社により2011年1月13日公表)

自動車会社 : トヨタ, 日産, ホンダ

石油会社 : JX日鉱日石エネルギー, 出光興産, 昭和シェル石油, コスモ石油

都市ガス会社: 東京ガス, 大阪ガス, 東邦ガス, 西部ガス

産業ガス会社: 岩谷産業, 大陽日酸

1. 自動車メーカーは、技術開発の進展により燃料電池システムの大幅なコストダウンを進めつつあり、FCV量産車を2015年に4大都市圏を中心とした国内市場への導入と一般ユーザーへの販売開始を目指し、開発を進めている。導入以降、エネルギー・環境問題に対応するため、更なる普及拡大を目指す。

2. 水素供給事業者は、FCV量産車の初期市場創出のため、2015年までにFCV量産車の販売台数の見通しに応じて100箇所程度の水素供給インフラの先行整備を目指す。

3. 自動車メーカーと水素供給事業者は、運輸部門の大幅なCO<sub>2</sub>排出量削減に資するため、全国的なFCVの導入拡大と水素供給インフラ網の整備に共同で取り組む。これら実現に向け、普及支援策や社会受容性向上策等を含む普及戦略について官民共同で構築することを、政府に対して要望する。



# HySUT 研究開発ステーション

(12水素ステーション)



神の倉 [名古屋市]  
(LPガスオンサイト, 70MPa)



とよたエコフルタウン [豊田市]  
(都市ガスオンサイト,  
70/35MPa)



千住 (都市ガスオンサイト, 70/35MPa)



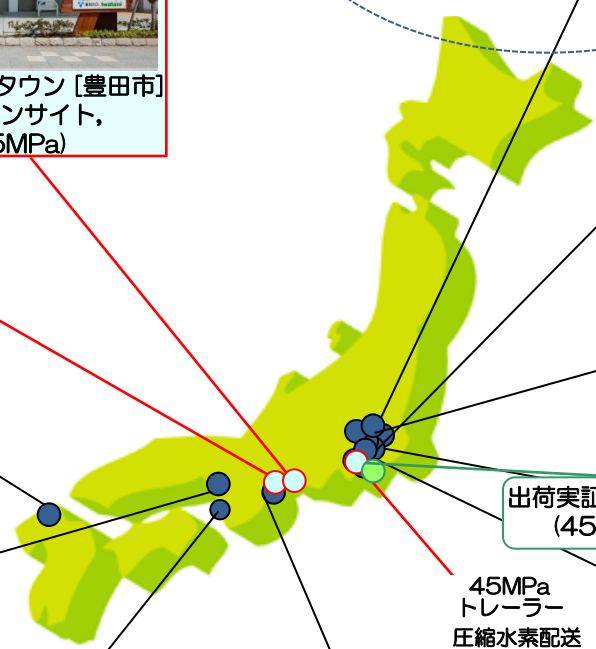
成田 (オフサイト, 35MPa)



北九州 (オフサイト, 35MPa)



霞ヶ関 (移動式, 70/35MPa)



出荷実証設備 [横浜市]  
(45MPa出荷)

45MPa  
トレーラー  
圧縮水素配送



有明 (液水オフサイト, 35MPa)



大阪 (都市ガスオンサイト, 35MPa)



海老名中央 [海老名市]  
(オフサイト, 70MPa)



羽田 (都市ガスオンサイト, 35MPa)



関西空港 (簡易式オフサイト, 35MPa)



セントリア  
(都市ガスオンサイト, 35MPa)

- ○ 技術・社会実証研究ステーション (HySUT/組員企業)
- 関連設備 (HySUT/組員企業)
- 商用モデル総合実証ステーション

# 東京ガス HySUT実証水素ステーション

## 千住水素ステーション

- ・都市ガスオンサイト型ステーションとして各種試験を実施
- ・70MPa充填装置で充填試験を実施



## 羽田水素ステーション

- ・CNGスタンド併設型ステーション
- ・水素製造時に発生するCO<sub>2</sub>の分離・回収・有効利用の実証を終了



# 本日の講演のアウトライン

---

1. 天然ガス(LNG)利用の現状
2. エネルギーとしての水素
3. FCVと水素ステーション
4. 東京ガスの取り組み

# 家庭用燃料電池エネファームの普及拡大

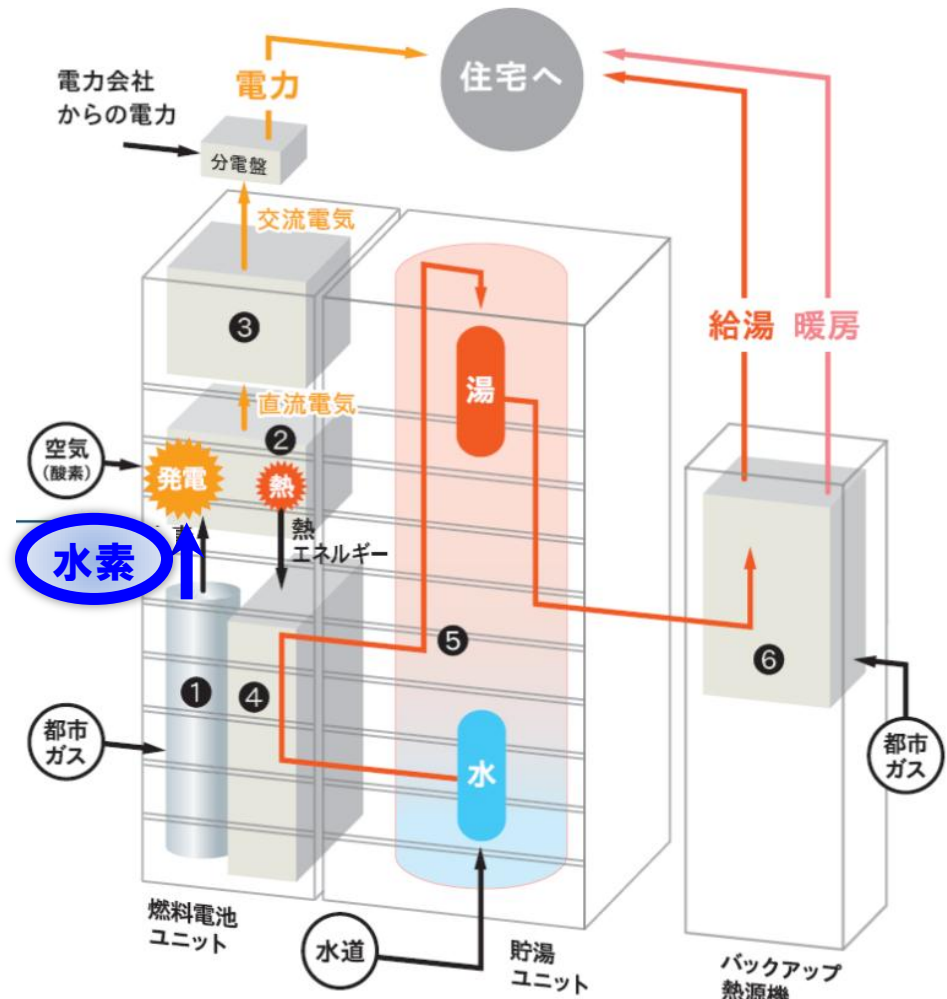
- エネファームは、省エネ・節電、系統電力の負荷低減に貢献する家庭の分散型発電所。
- 家庭の電力需要の約5割を供給(当社モデルケースでの試算)、系統電力の負荷低減に寄与。



2013年4月1日に  
新型機('13機)の販売開始

- ・部品点数 従来比20%削減
- ・貯湯タンクの小型化

▶ 24・大幅なコスト低減



都市ガスから水素を作って発電

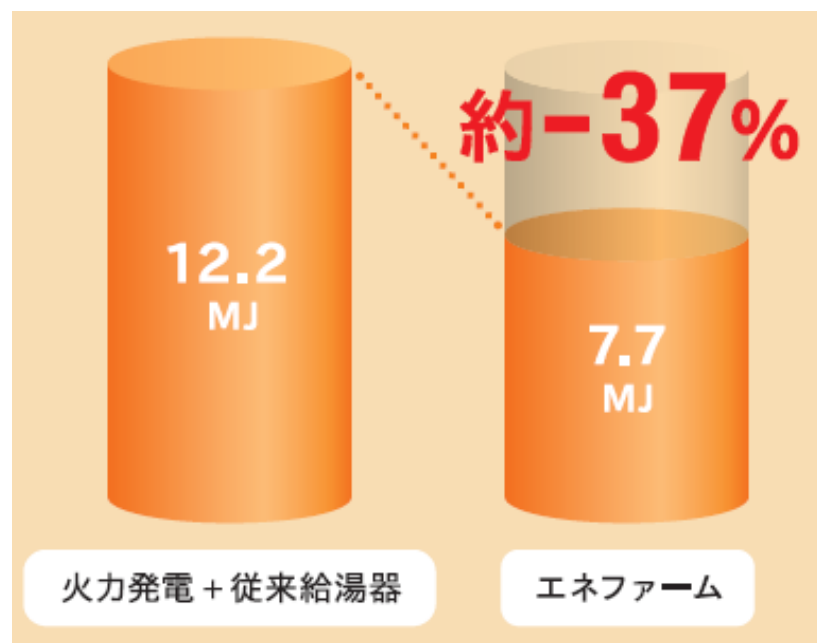


# 家庭用コージェネ導入の効果

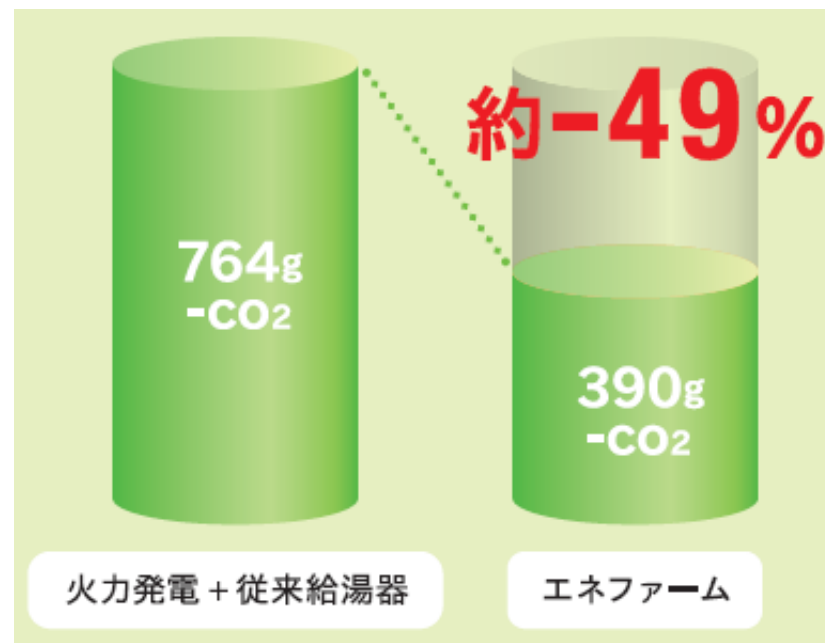
## 家庭用燃料電池システムの省エネ性とCO<sub>2</sub>削減効果 (理想的な場合)

燃料電池1時間定格運転時の発電量(0.75kWh)と熱回収量(1.08kWh)を従来システムでまかなった場合と比較

省エネ性



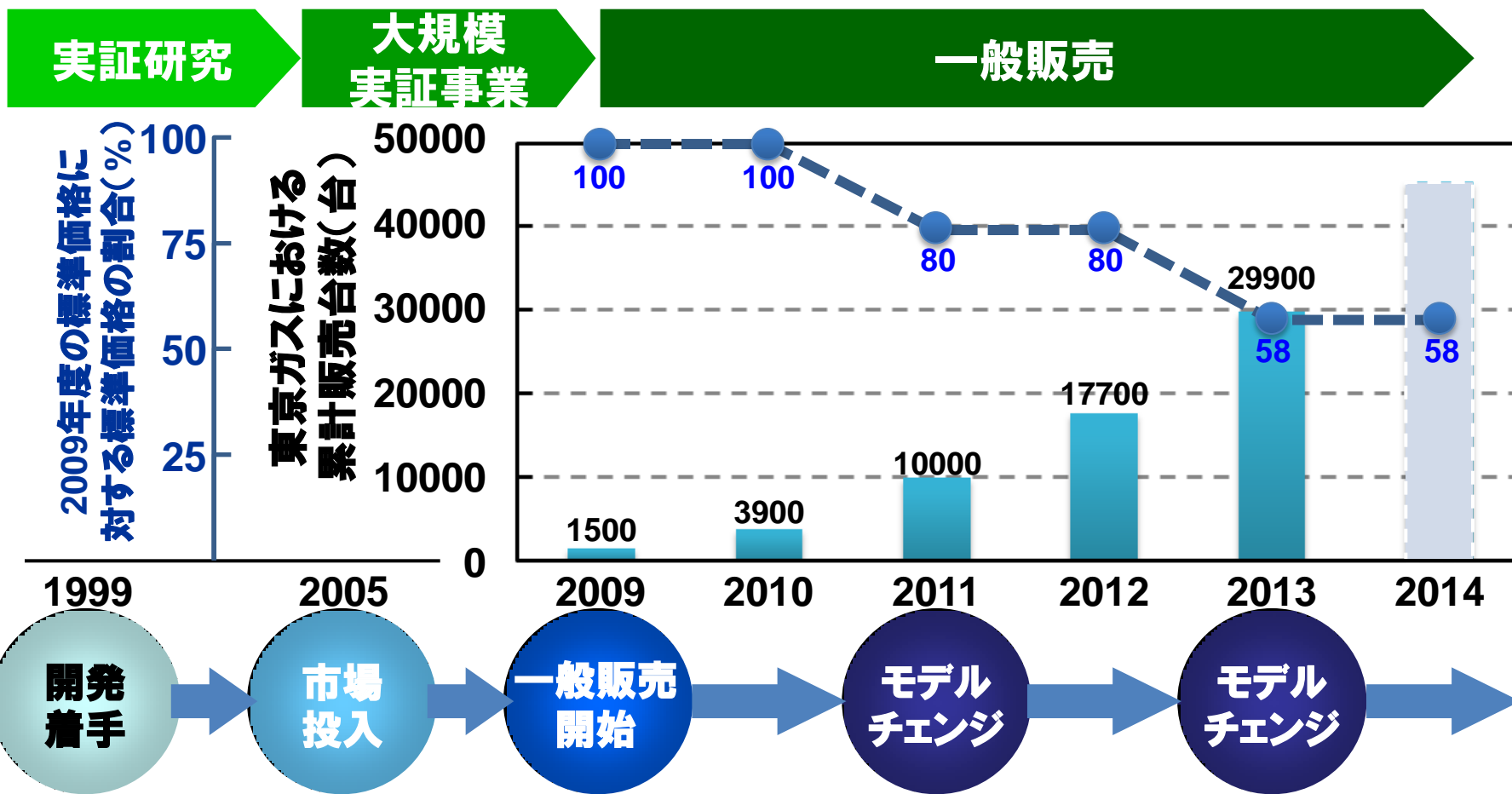
CO<sub>2</sub>削減



換算値 ガス:45MJ/m<sup>3</sup> 電気:9.76MJ/kWh

換算値 ガス:2.29kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> 電気:0.69kg-CO<sub>2</sub>/kWh

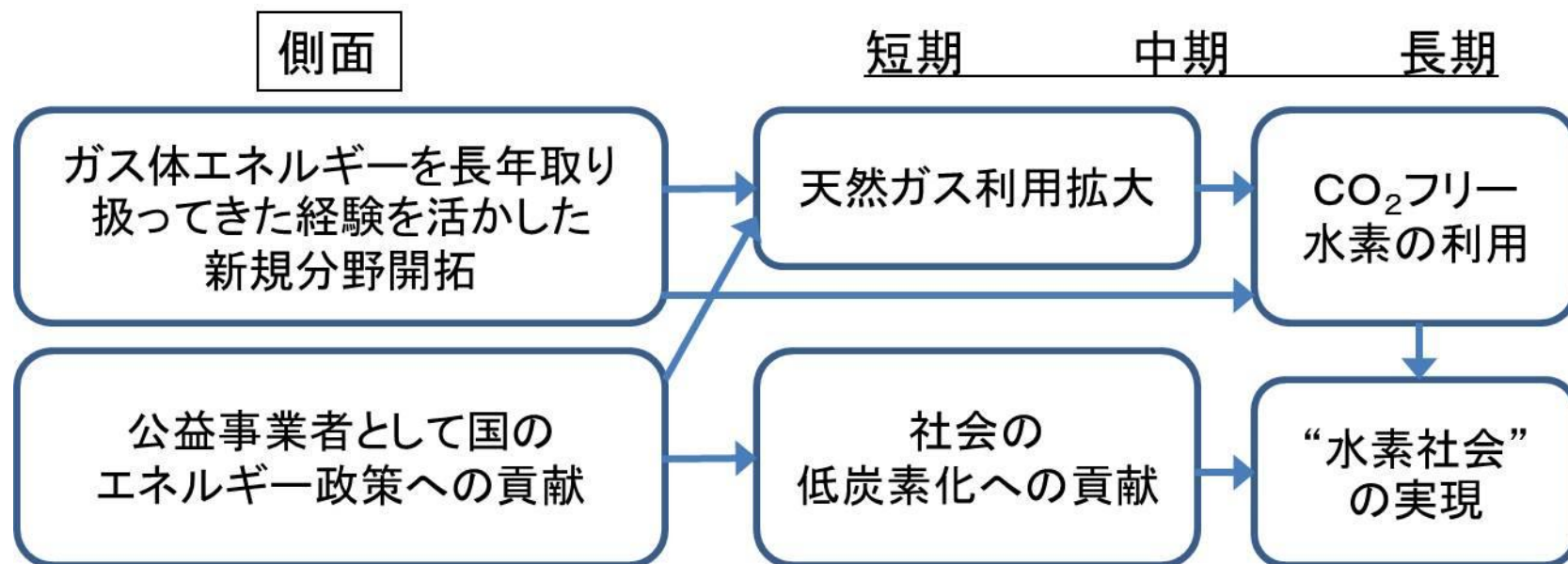
# エネファーム導入実績



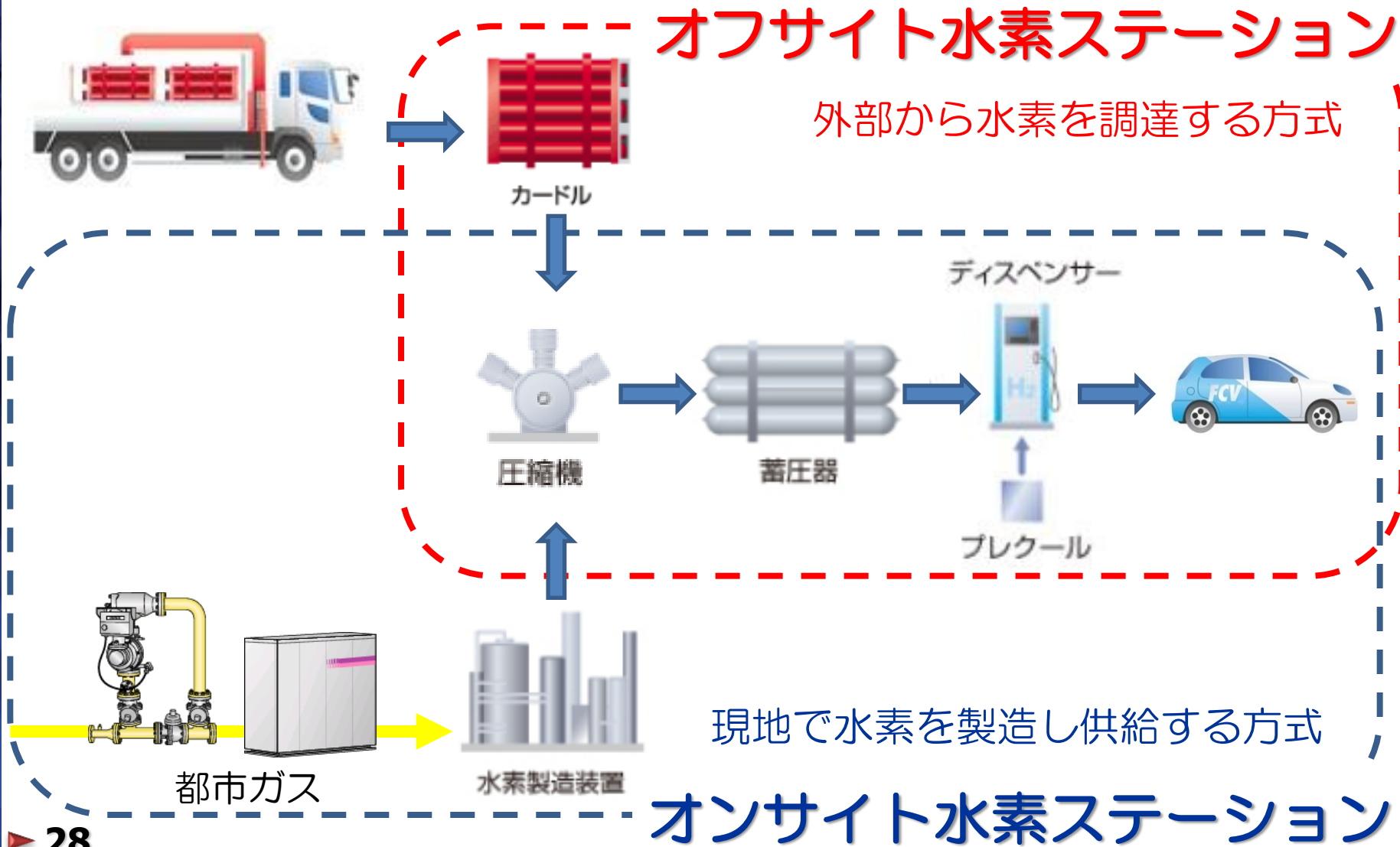
年々着実に実績を積み重ねてきたエネファーム  
⇒ 東京ガスで累積約40,000台の販売台数に

# 水素ステーションへ取り組む意義

都市ガス事業者が水素ステーションへ取り組む意義:



# 水素ステーションの方式について



# オンサイト型水素製造装置



提供:三菱化工機(株)



大阪ガスHPより転載

## 三菱化工機「HyGeia-A」仕様

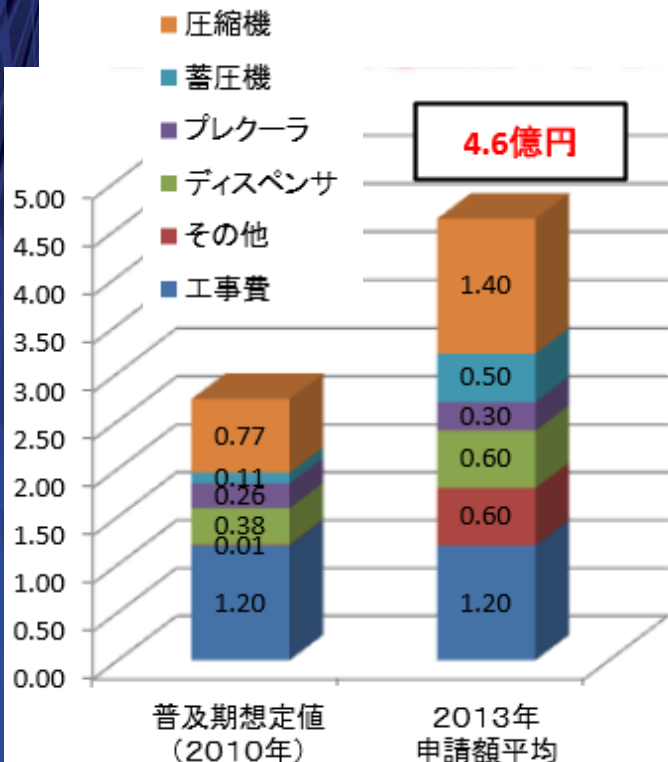
水素発生能力	300Nm <sup>3</sup> /h
原料	13A都市ガス LPG(プロパン)
水素純度	99.999vol%以上
露点	-70°C(大気圧下)
製品水素圧力	0.7MPaG(最大)
負荷変動幅	30%~100%
設置面積	3.2mW × 7.5mL

## 大阪ガス「HYSERVE-300(P)」仕様

水素製造能力	300Nm <sup>3</sup> /h
原料	13A都市ガス LPG(プロパン)
水素純度	99.999vol%以上
改質効率	79%
製品水素圧力	0.7MPaG(最大)
設置面積	3.0mW × 7.5mL

# 水素ステーション：整備コストと補助金

- 水素STの整備費用は、中規模(300Nm<sup>3</sup>/h)オフサイトで、4.6億円程度(実際には5~6億円)であり、当初想定よりもコストダウンが進んでいない。
- 国は、平成26年度の水素供給設備整備事業費補助金について、前年度よりも充実させた内容を用意(パッケージ型・移動式への補助新設、補助上限額の引き上げ)。平成27年度は、整備費の補助に加え、運営費の補助も検討。



水素供給設備の規模	水素供給能力 (Nm <sup>3</sup> /h)	供給方式	補助率	補助上限額 (百万円)
中規模	300以上	オンサイト方式 (パッケージを含むもの)	定額	280
		オンサイト方式 (上記に該当しないもの)	1/2	280
		オフサイト方式 (パッケージを含むもの)	定額	220
		オフサイト方式 (上記に該当しないもの)	1/2	220
		移動式	定額	250
		小規模	100以上 300未満	オンサイト方式 (パッケージを含むもの)
オンサイト方式 (上記に該当しないもの)	1/2			180
オフサイト方式 (パッケージを含むもの)	定額			150
オフサイト方式 (上記に該当しないもの)	1/2			150
移動式	定額			180

# 水素ステーション先行整備

## 2013/2014年度予算「燃料電池自動車用水素供給設備設置補助事業」の概要

次世代自動車振興センターHPより



### 供給能力

300Nm <sup>3</sup> /h以上	28
100Nm <sup>3</sup> /h以上 300Nm <sup>3</sup> /h未満	13
水素集中製造設備	1
合計	42

### 事業者

JX日鉱日石エネルギー	20
岩谷産業	10
豊田通商/三井住友ファイナンス&リース	5
豊通エア・リキードハイドロジェンエナジー	2
東京ガス	2
東邦ガス	1
大阪ガス	1
岩谷ガス	1
合計	42

### 供給方式

オンサイト方式	4
オフサイト方式	25
移動式	12
水素集中製造設備	1
合計	42

# 東京ガスの商用水素ステーション建設

複数候補の中から、立地のよい練馬、浦和の2カ所を選定、天然ガススタンド併設

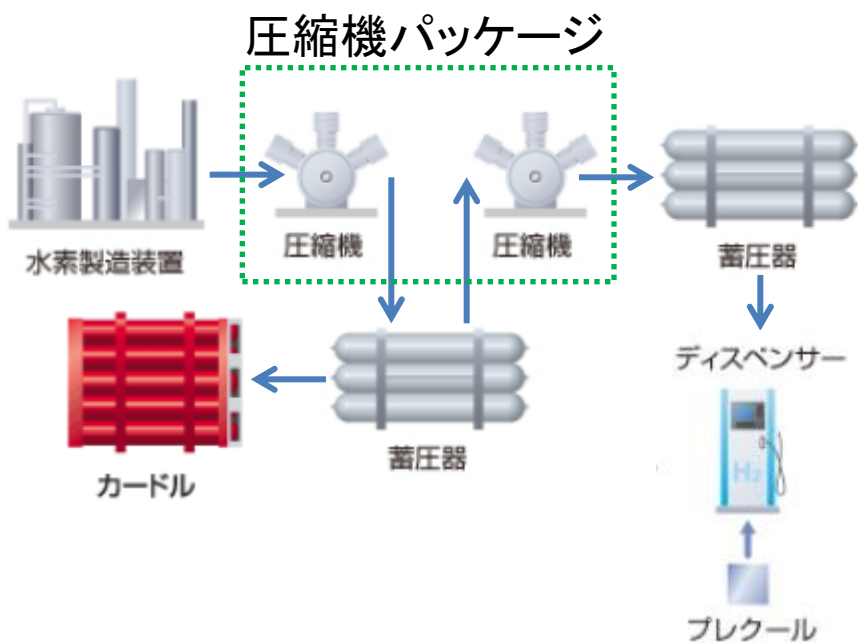




# 浦和水素ステーション

方式	都市ガスオンサイト
水素製造方式	水蒸気改質+PSA精製
水素製造能力	300Nm <sup>3</sup> /h
圧縮設備	340Nm <sup>3</sup> /h(82MPa)

蓄ガス設備	300L×9本(40MPa) 300L×3本(82MPa)
充填圧力	70MPa
プレクール	-40°C
出荷設備	カードル×3基



# 浦和水素ステーション予定地

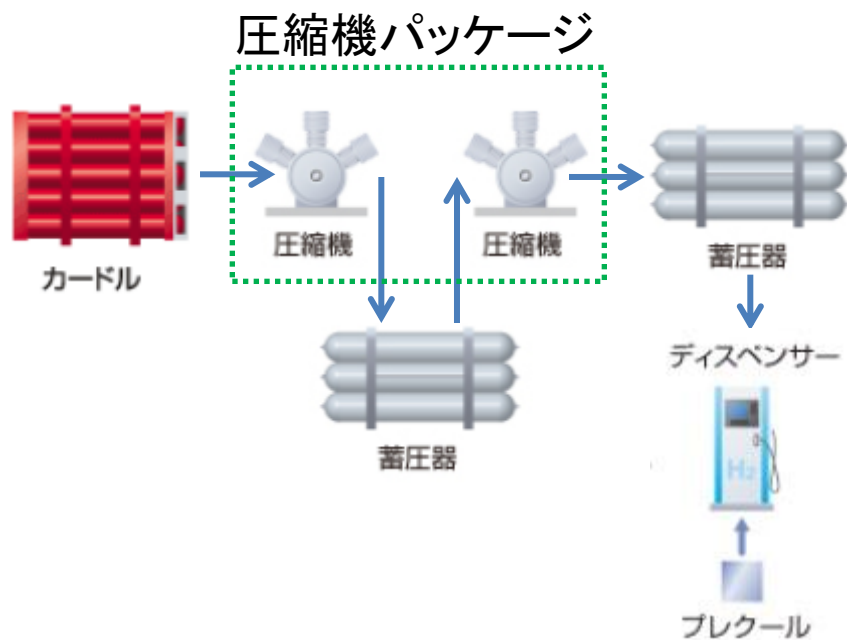
既設の天然ガススタンド  
に水素ステーションを  
併設する。



# 練馬水素ステーション

方式	オフサイト
水素供給方法	水素カードル×2
圧縮設備	340Nm <sup>3</sup> /h(40MPa) 1200Nm <sup>3</sup> /h(82MPa)

蓄ガス設備	300L×5本(40MPa) 300L×2本(82MPa)
充填圧力	70MPa
プレクール	-40℃



# 関東初の商用ステーション「練馬水素ステーション」

## 練馬水素ステーションの概要



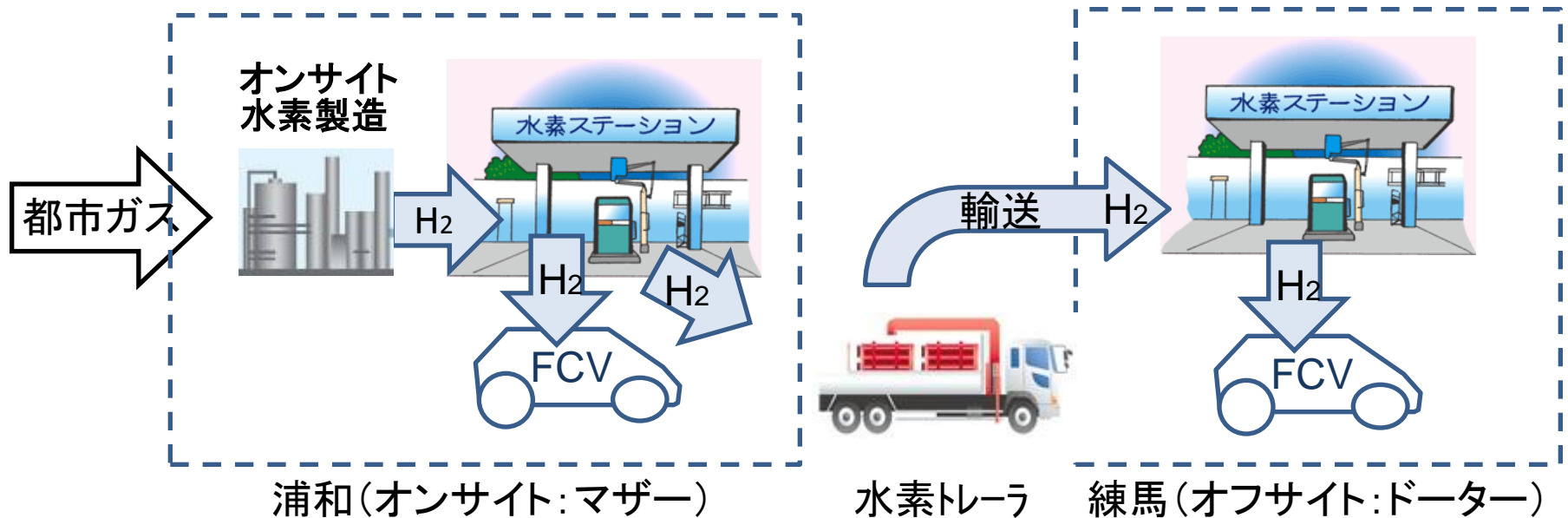
所在地	東京都練馬区谷原1-1-34
敷地面積	2104.35m <sup>2</sup>
水素供給方式	オフサイト方式
充填能力	300Nm <sup>3</sup> /h
充填圧力	70MPa
充填速度	3分間程度/台
主要構成機器	水素圧縮機、蓄ガス設備(蓄圧器)、ディスプレイ、水素プレクール設備

### 2014/12 開所

- 天然ガススタンド併設の商用水素ステーションとしても日本初
- 併設することで、維持管理コストの低減、敷地の有効利用などのメリットあり



# 東京ガスの水素ステーション建設と運用 (マザー&ドーター)



- 当社の強み導管網を活用した都市ガス → 水素製造
- 2つのステーションで1つの水素製造装置  
(普及初期の水素製造装置稼働率向上)
- 既存CNGエコ・ステーションと併設

# 安全対策について

## 安全に対するの基本的な考え方

### ステップ1:漏洩防止

ガス漏えい検知器により、水素漏れを検知するとともに、検知した場合には、設備を自動停止

### ステップ2:滞留防止

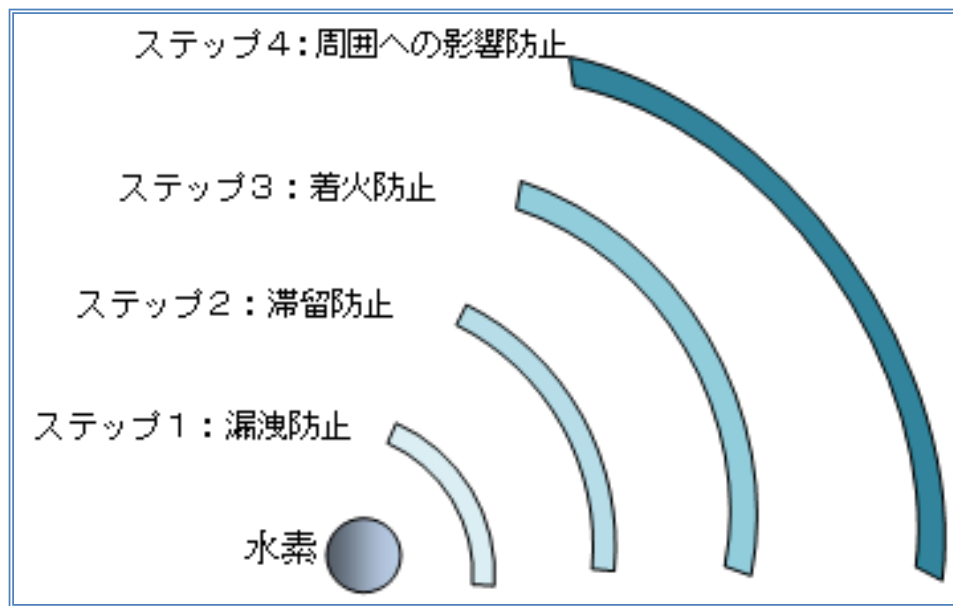
建屋の換気やキャノピーに傾斜をつける等、水素が拡散しやすい構造

### ステップ3:着火防止

静電気防止、引火の火種となる機器の採用、危険物との法定離隔距離の確保による着火の防止

### ステップ4:周囲への影響防止

高圧ガス設備から敷地境界までの法定離隔距離の確保や、障壁の設置による周囲への影響防止



4重の安全バリアを構築

出典:「燃料電池自動車について」  
資源エネルギー庁  
燃料電池推進室 2014年3月4日

# 水素社会に向けて(1)

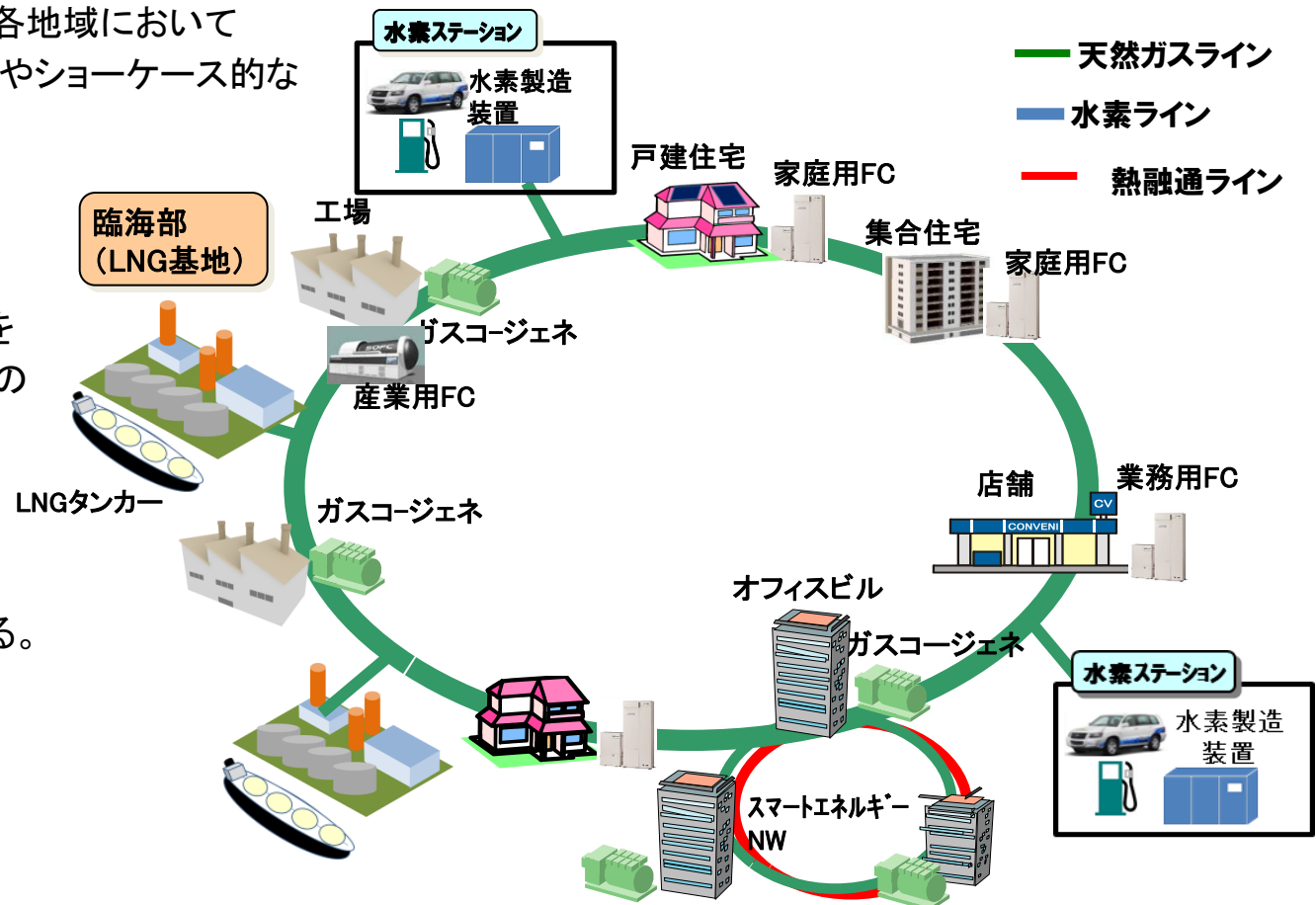
—FCVと水素STの普及開始(2015年頃の姿)—

## 社会の姿

- ・エネルギー効率の高い定置用燃料電池(家庭用・業務用・産業用)の導入と水素ステーションが整備が進められる。
- ・2020年東京オリ・パラなど各地域において限定的に様々な実証試験やショーケース的な取り組みが行われる。

## ガス業界の貢献

- ・天然ガスからの改質水素を利用した定置用燃料電池の普及と水素ステーションの整備を推進する。
- ・将来の安全安心な水素の導管供給に貢献するため技術調査を継続して進める。



# 水素社会に向けて(2)

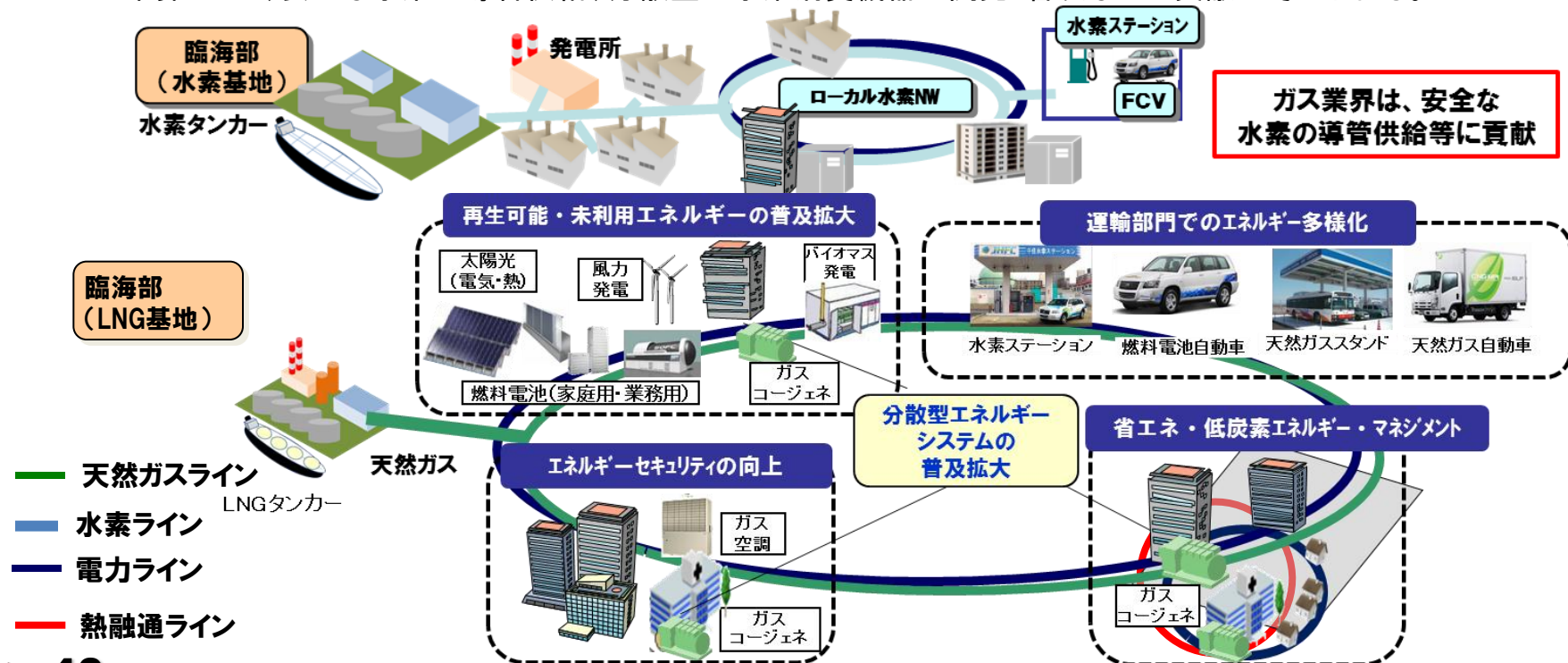
—CO2フリー水素の供給開始(2050年に向けて)—

## 社会の姿

- ・天然ガスエリアでは2030年ビジョンが実現し、スマートエネルギーNWの構築により再生可能・未利用エネルギーの普及拡大、エネルギーセキュリティの向上、運輸部門でのエネルギー多様化、省エネ・低炭素エネルギーマネジメントが展開されている。
- ・国の施策などによる大幅なCO<sub>2</sub>削減の求めに対し、臨海部では、安定・安価なCO<sub>2</sub>フリー海外水素が輸入され、水素基地から近隣の発電所や工場(原料として水素を利用)に対して、導管により水素が供給される。
- ・都市部では、エネルギー密度の高いエリアでローカル水素NWが構築され、オフィスビル、業務用店舗、集合住宅などへ水素が供給される。なお、当初は水素基地から近い都市部から出現する。

## ガス業界の貢献

ガス業界として、安全な水素の導管供給、分散型の水素消費機器の開発・普及などの貢献が考えられる。





# 水素社会に向けて(3)

— 大幅なCO2削減に貢献する社会(2050年頃の姿) —

- ・各臨海部の水素NWは、パイプラインなどにより連結され、より大きな水素NWへと発展していく。
- ・水素NWは、都市部へも延伸し、さらに業務用分野から家庭用分野へと供給範囲が拡大していく。
- ・再生可能エネルギー由来の余剰電力は、水素に変換・貯蔵され、電力システムの安定にも貢献している。
- ・天然ガスエリアにおいても、スマートエネルギーNWの拡大発展の中で、高度に高効率化された機器やシステムの普及により、低炭素化への貢献が継続されている。

