

# 低炭素・水素エネルギー活用社会に向けた都市システム技術の開発

- 研究代表者 : 住宅研究部長 福山 洋  
関係研究部 : 住宅研究部、建築研究部  
研究期間 : 平成21年度～平成24年度  
研究費総額 : 約400百万円

# 1. 水素エネルギー活用社会とは？

都市のエネルギー問題に係わる様々な要因

二酸化炭素削減

エネルギー供給

日本のキーテクノロジー創出

- 太陽光発電、風力発電、バイオマス等の再生可能エネルギーで製造した水素や発電所工場等からの副生水素をエネルギー媒体として活用する技術が定着した社会。
- 原子力発電、火力発電、水力発電、天然ガス供給、ガソリン等石油製品、といったエネルギー源と共存する姿で始まり、段階的に水素と燃料電池による発電や熱供給へのウェイトが高まることが想定される。

## 2. なぜ水素か？

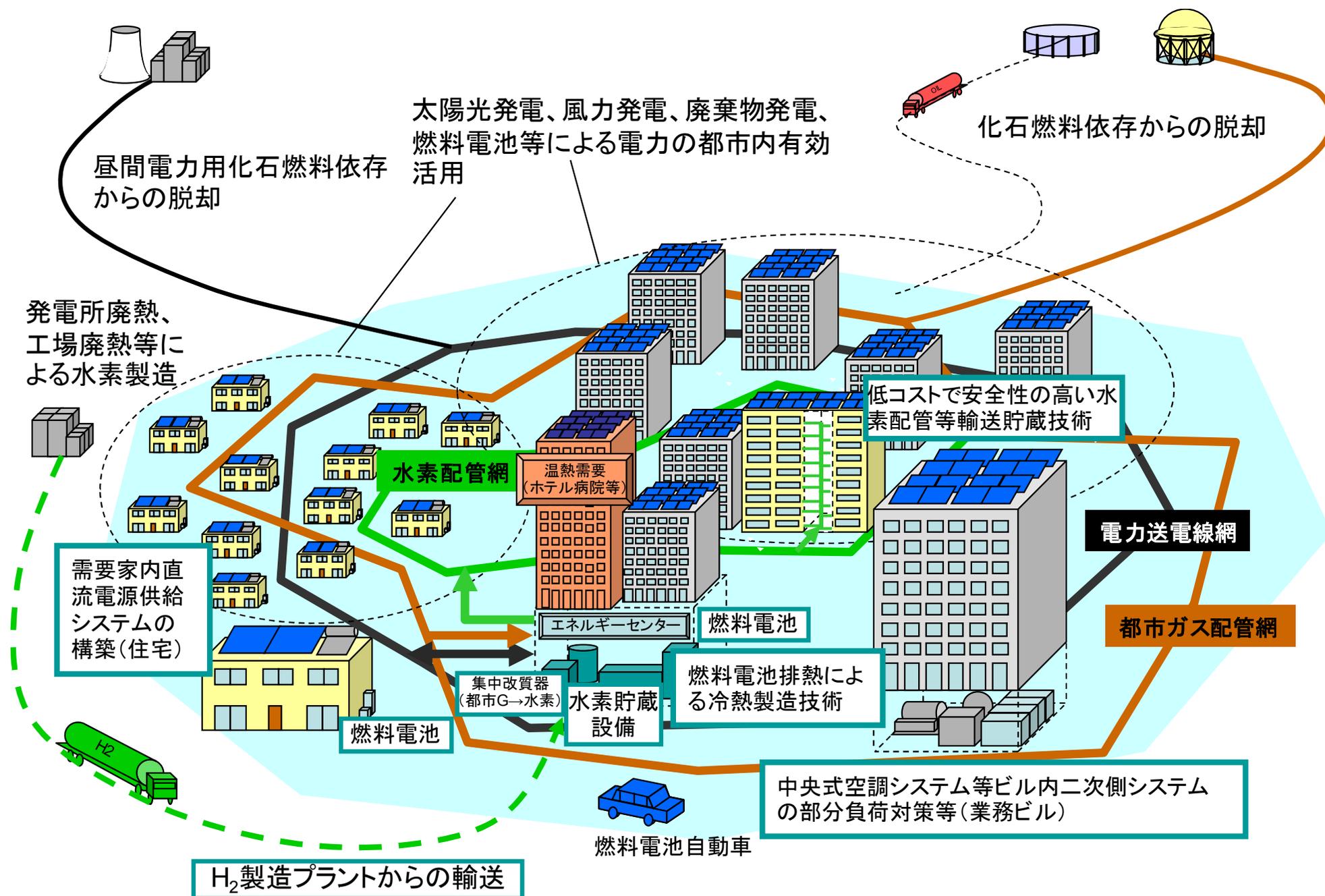
### 水素の性質

- ✓ **軽い**  
元素およびガス状分子の中で最も軽い
- ✓ **燃えやすい**  
4.1 %～74.2 %で着火(空気との混合時)
- ✓ **クリーン**  
燃焼時に大気汚染物質が発生しない

### エネルギー媒体

- ✓ **貯蔵性**  
電池は放電ロスを伴うが、蓄水素ならエネルギー損失が少ない
- ✓ **総合効率**  
発電所の廃熱利用はできないが、燃料電池なら熱利用可能
- ✓ **間口が広い**  
化石燃料、再生可能エネルギーから水素を生成可能

# 3.水素エネルギー活用社会のイメージ



# 4. 研究体制

## 国土交通省

防火基準研究室

環境・設備基準研究室

【テーマ1】地域内や建物内における水素配管敷設等建設技術に関する開発

評価に必要となるパラメータの整理

環境・設備基準研究室

環境計画研究室

【テーマ2】都市エネルギーセンターを中心とする業務建築用水素活用トータルエネルギーシステム技術の開発

評価に必要となるパラメータの整理  
機器性能・エネルギー使用量に関するモデルデータの提供

環境・設備基準研究室

都市開発研究室

【テーマ3】水素エネルギーシステムに係る化石燃料依存度の評価手法の開発

配管等に要求される安全性に見合ったコスト等のデータの提供

## 有識者委員会

### 検討委員会(全体会)

顧問: 村上周三 独立行政法人建築研究所理事長  
委員長: 柏木孝夫 東京工業大学教授

### 水素配管部会

主査: 大谷英雄 横浜国立大学大学院教授

### 業務用建築省エネルギー部会

主査: 坂本雄三 独法建築研究所理事長

### 都市エネルギーシステム部会

主査: 秋澤淳 東京農工大学大学院教授

助言



連携

経済産業省

建築研究所

つくば市

大阪府

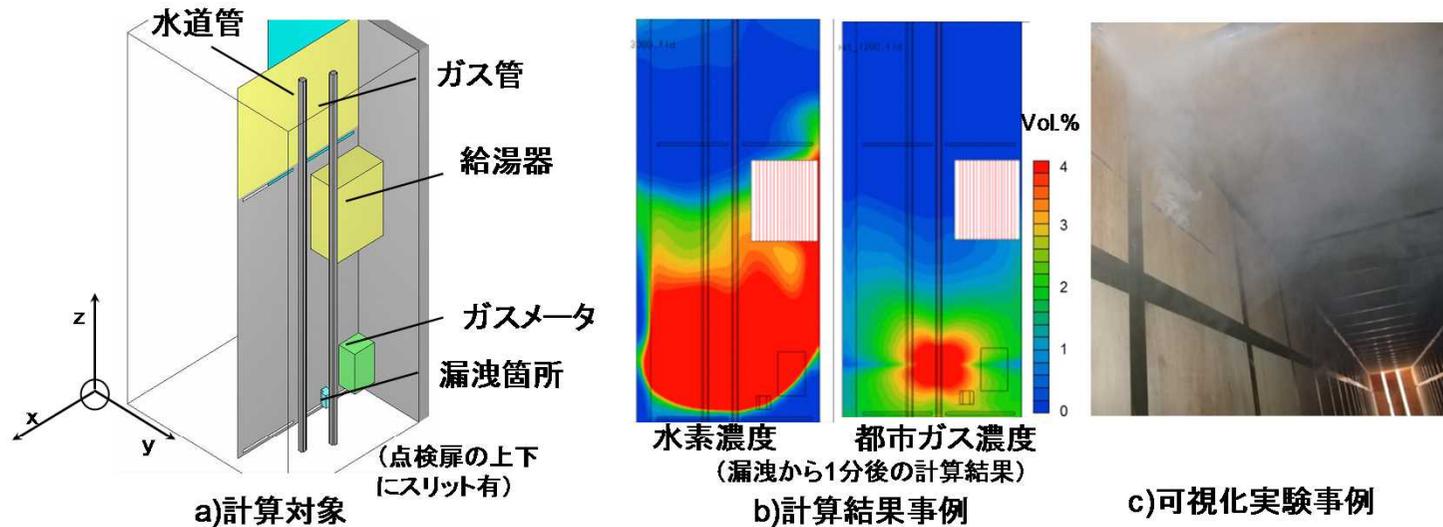
大学

日本ガス協会

石油連盟

電中研

# 5. 【テーマ1】の研究成果

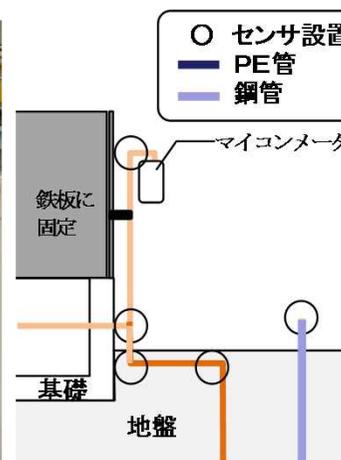


## 水素ガスの拡散性評価

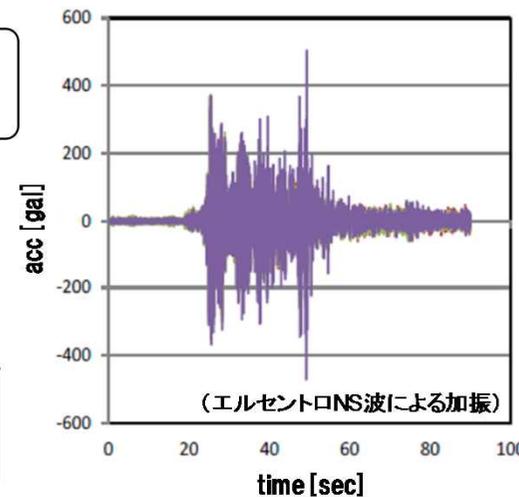
→建物内のガス検知設置に関する規定(建築基準法)と関連



a) 住宅の基礎模型の外観



b) 断面構成



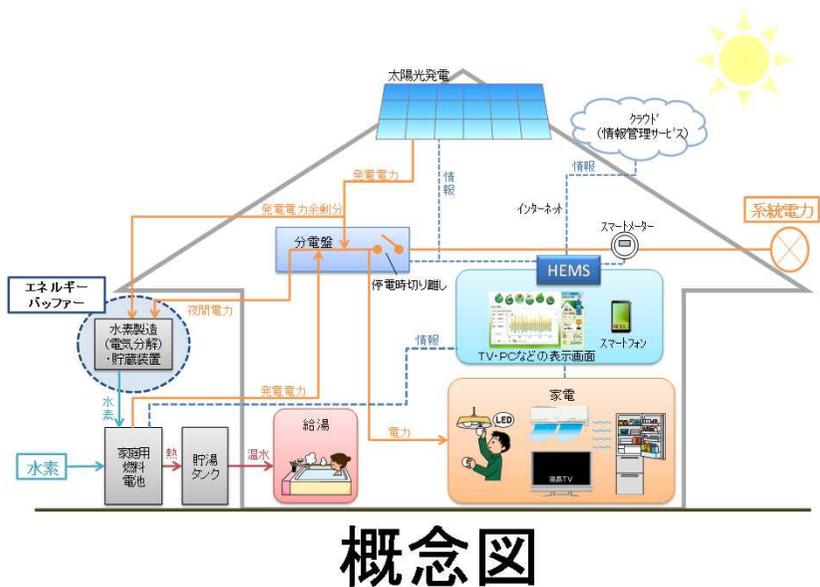
c) 配管加速度計測事例

## 水素配管の耐震性評価

→建物の壁貫通配管の材質等に関する規定(建築基準法)と関連

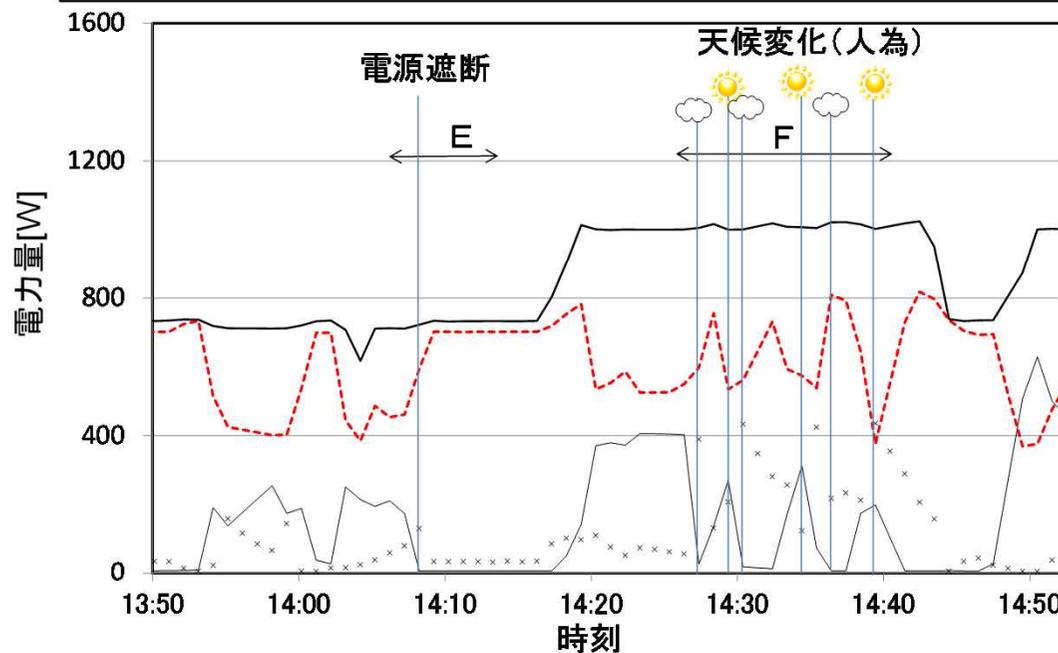
# 6. 【テーマ2】の研究成果

つくば市中央公園においてスマート水素ハウスのモデル実験を実施



モデル実験の様子(公開)

— 太陽電池+蓄電池    - - - 燃料電池    × 系統電力    — 室内電力負荷



- ・太陽光発電との連携
- ・直流機器の活用

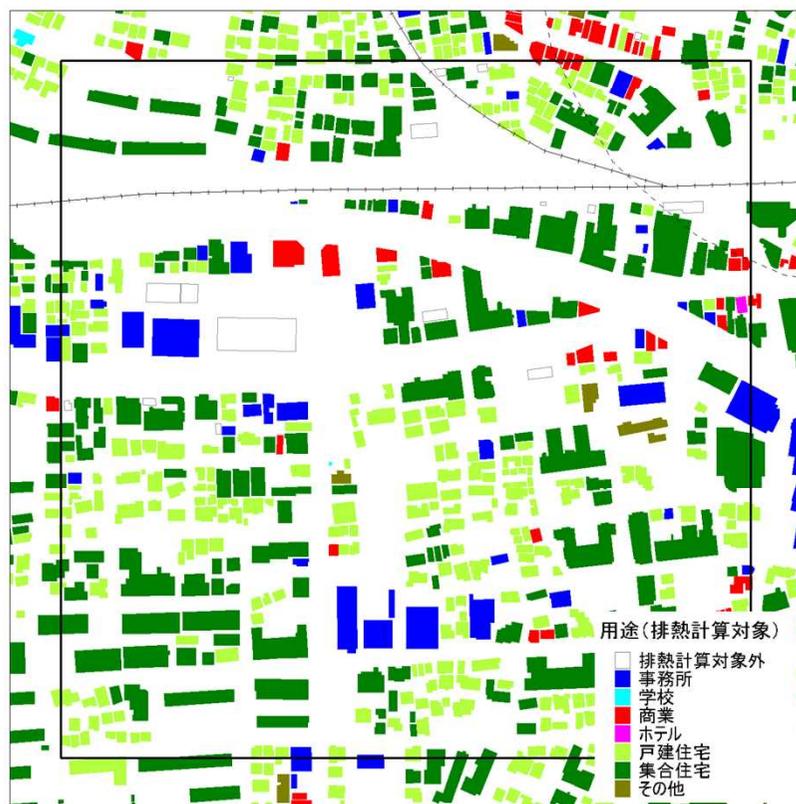
スマート水素ハウスの提案

# 7. 【テーマ3】の研究成果

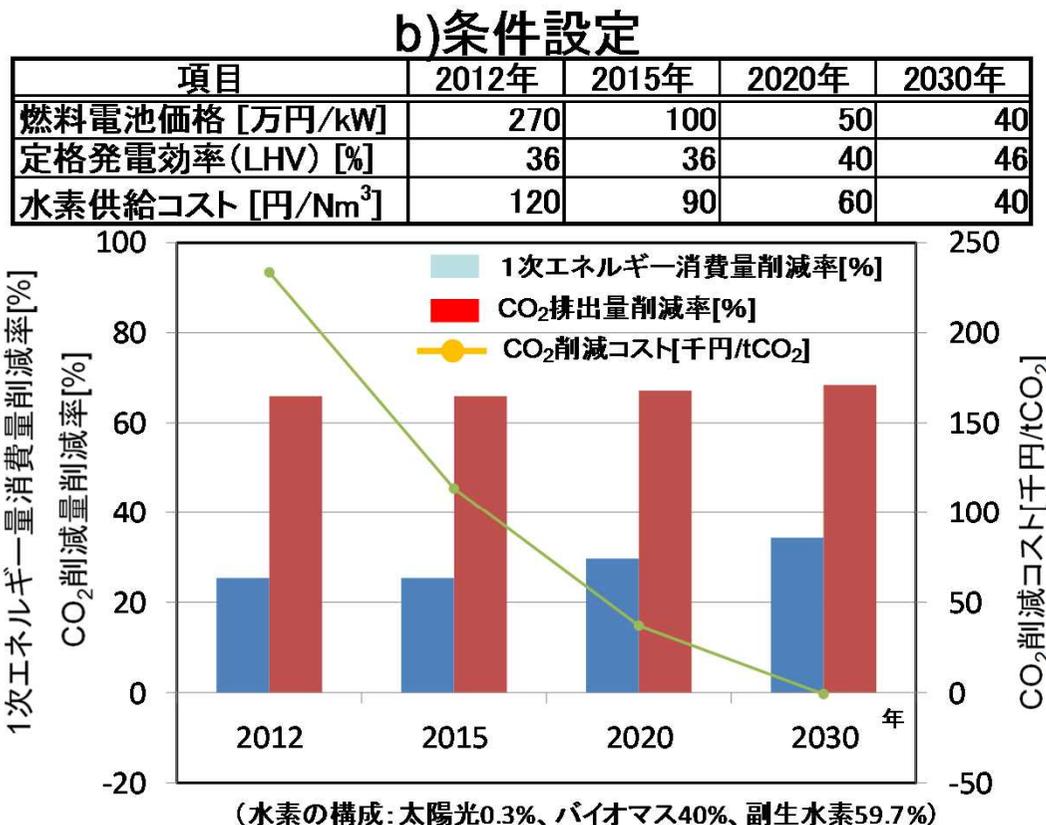
■住宅、業務地において水素を供給した場合を想定して、様々な都市システムの試設計を実施



水素導入による大幅な二酸化炭素削減が可能であり、2030年のコスト見通しではガス給湯器並の負担で実施可能



a)解析対象



c)解析結果

## 住宅地への水素導入によるCO<sub>2</sub>削減コストの将来予測

## 8. 結論と課題

### 【結論】

本研究は、都市域の二酸化炭素発生量削減に有効と思われる水素に着目し、現状に比して二酸化炭素排出量50%削減を可能とする都市システム技術を開発するため、水素配管を敷設した建物等空間の安全性の検討、燃料電池等による建物の低炭素化技術、低炭素都市評価技術の開発に取り組んだ。得られた結論を以下に述べる。

1) 建物内の水素拡散性状について数値計算や実験による検討を行い、配管内圧力、廊下での換気量によるパイプシャフト内及び廊下での水素拡散性状の特徴を明らかにした。

2) 低層及び中層建物を想定した基礎及びガス配管を対象として、各種地震波を人工的に加震した結果、地盤の隆起・陥没、液状化等では損傷の恐れはあるものの、一般的な宅地地盤のガス配管は揺れだけでは損傷しないことが解った。

3) 燃料電池を業務用建築が使用する場合を想定して、様々な建物用途、燃料電池の種類や使用用途(暖冷房、給湯)を設定し、燃料電池の建物利用における適材適所の組み合わせ関係を整理した。

## 8-2. 結論と課題（続き）

4) 水素パイプラインが都市内に構築された近未来を想定し、水素駆動の燃料電池を家庭で使用する「スマート水素ハウス」を提案し、その特徴や効果について整理した。

5) 都市域の水素導入シナリオの将来的見通しを行い、今回の試算条件において2030年には現状の都市ガスを購入する場合と同等の費用負担で、都市域の水素導入により大幅なCO<sub>2</sub>削減が可能であることを明らかにした。

6) 自治体、都市開発事業者等が都市域の水素導入シナリオを検討するためのツールとして、太陽光、風力などのカラー表示やデータ・ダウンロードを行う「自然エネルギー賦存量データベース」、都市域の建物、設備を入力するとエネルギー消費やコストなどを計算出力する「都市CO<sub>2</sub>計量ツール」を開発した。

---

### 【課題】

- ・各種法令への反映（建築基準法、省エネ法、低炭素都市法、CASBEE等）
- ・水素事業者への情報提供や他省庁との連携
- ・自治体の各種施策における技術提供など

# 9. 水素関連の社会動向

水素スタンドにおける圧縮水素の貯蔵又は処理に対する建築基準法第48条の規定に基づく許可の運用について（技術的助言）（平成23年3月25日）

→第2種中高層住居専用地域など市街地における水素スタンドの設置許可に関する技術的助言

「水素・燃料電池戦略ロードマップ改訂版」（水素・燃料電池戦略協議会）（平成28年3月）

→水素ステーションの整備について、2025年度までに2015年度末の80カ所（実績）の4倍となる320カ所程度を目標



（NPO持続可能な社会をつくる元気ネット 崎田氏資料）

# 10.水素配管に関する研究成果の活用状況について

## つくば市共同溝内における水素供給実験 (水素総プロ)



- ・水素配管の耐久性評価
- ・水素漏洩時のセキュリティ対策
- ・水素配管敷設の合理化、低コスト化

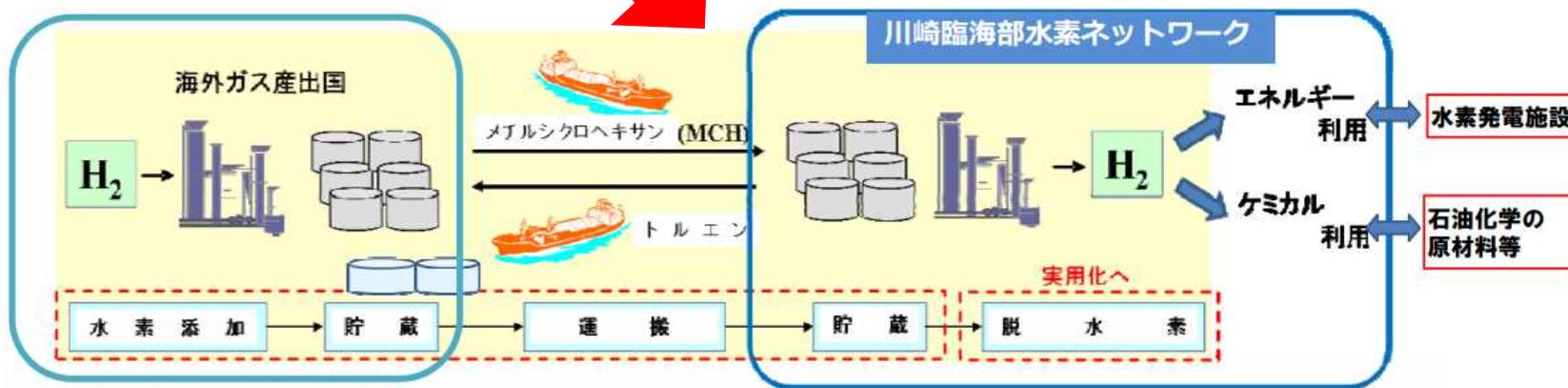
共同溝内に水素管(250m)を設置

地域における水素配管の  
設計施工事例の技術資料

川崎市(総合企画局 スマートシティ戦略室)からの要請を受けて、下記対応

- ・水素配管の設計施工事例の技術資料の提供
- ・水素エネルギーの専門家の推薦(水素総プロ都市部会座長の秋澤教授)

提供



水素サプライチェーン構想と水素ネットワーク(川崎市)

## 11. スマート水素ハウスに関する研究成果の活用状況について

スマート水素ハウス及び水素配管の研究  
成果(水素総プロ)



株式会社東京臨海ホールディングスの要請を受けて、総プロの技術資料提供(特に水素駆動燃料電池について)



敷地内には燃料電池車用の水素ステーションを整備。パイプラインを引いて、スーパーや医療モールが入る4階建ての商業施設や、マンション共用部の電力にあてる。分譲住宅の各戸には、都市ガスから水素を生み出す家庭用燃料電池(エネファーム)を設置する。

2020年東京五輪・パラリンピックで使われる選手村(晴海地区)の大会後のイメージ(東京都提供)

## つくば市との連携

次世代エネルギーシステムタスクフォースへの参画

→つくば3Eフォーラム(産官学)の一環として、つくば地域における水素エネルギーの事業化を検討。



**第8回 つくば3E (環境・エネルギー・経済) フォーラム会議**  
**水素社会の実現に向けて**  
2015年 1月25日(日) 申込不要 参加費無料  
13:30-16:30  
会場: つくば市役所 2階 201会議室  
茨城県つくば市研究学園1丁目1番地1

- 茨城県のエネルギー施策について  
根崎 良文氏 (茨城県企画部科学技術振興課 新エネルギー対策室長)
- 次世代自動車と水素エネルギーの活用  
三石 洋之氏 ((一財)日本自動車研究所 FC-EV部 次長)
- エネルギー資源の持続的有効利用に向けて  
角口 勝彦氏 ((独)産業技術総合研究所 つくばセンター次長)
- パネルディスカッション  
テーマ: 「未来を先取りするまちづくり」

1/24(土)午前 お楽しみイベント!!  
サイエンスツアー  
「実現する街つくば」を見よう!

「低公害車実験施設」(国立環境研究所)と「カーシェアリング対応エネルギーシステム開発実験-実証設備」(筑波大学)を見学します。

参加費:無料 要予約(先着30名)  
申し込み:つくばサイエンスアワーオフィス  
(一財)茨城県科学技術振興財団

## 会議チラシ



燃料電池車試乗 座長の石田教授



パネルディスカッションの様子(平成27年1月25日)

# 13.その他の活動（プロジェクト終了後）

## その他講演等

水素技術資料（他省庁、企業）の収集・整理も実施

### 所内研究会で水素の話題提供

環境研究推進本部、国総研（平成27年2月5日）

### 建築学会で水素利用の講演

シンポジウム ～東京オリンピックを契機とした都市環境デザインの実践～

建築学会、建築学会ホール（平成28年10月16日）

### 水素利用のフォーラムで講演

天然ガス高度利用研究会、工学院大学（平成28年7月13日）

## 依頼原稿

- ・生活と環境（日本環境衛生センター）
- ・ベース設計資料（建設工業調査会）
- ・都市環境エネルギー（都市環境エネルギー協会）
- ・燃料電池（燃料電池開発情報センター）
- ・住宅（日本住宅協会）

## 新聞

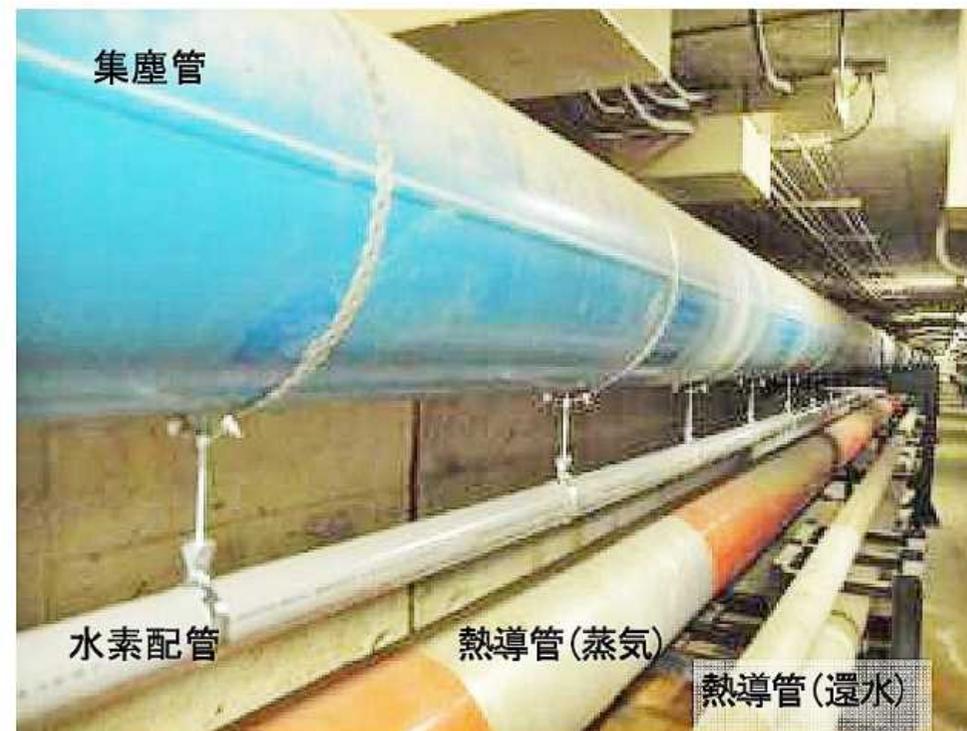
新エネルギー新聞  
New Energy News

天然ガス高度利用研究会・第21回フォーラム 「都市部での水素利用」可能性と課題

2016/9/2

水素

新エネルギー新聞2016年（平成28年）08月22日付



[画像・上：実証で敷設された、つくば市内共同溝内の水素導管（資料：国交省）]

# 14. 前回指摘

事後評価時の意見	対応状況
<p>電力変動のバッファとして水素を活用するという点について、揚水発電等の自然エネルギーのシフト技術と比較してスケールメリットは得られそうか。海外の事情など知りたい。</p>	<p>海外における「HYDROGEN HOUSE（米国）」、「風力エネルギー蓄水素（ドイツ）」などの先行事例を調査した。その結果、水素の生成・利用の過程で3分の1の損失が発生するものの、自然エネルギーの普及に伴う量的な変動も大きくなり、バッファ効果が優先される趨勢であることなどが分かった。</p>
<p>水素の活用面だけではなく、生成段階において化石燃料の使用が全体の二酸化炭素排出に及ぼす影響にも配慮すべき。</p>	<p>水素の生成や供給については、経産省と関連企業が新規開発に日々取り組んでいる。国総研ではこれらに対して技術資料を収集し、総プロの成果との関係について検証を行った。水素サプライチェーン構想や水素ステーションの将来計画は、総プロの成果普及とともに国全体の低炭素化に寄与するものであることを確認した。</p>

追跡調査結果

研究開発課題名	低炭素・水素エネルギー活用社会に向けた都市システム技術の開発
研究開発の概要	<p>本技術開発は、化石燃料に代わるエネルギー媒体と考えられている水素及び燃料電池技術を活用した都市エネルギーシステムの確立を目指すものである。具体的には、地域内や建物内における水素配管敷設等の建設技術、都市エネルギーセンターを中心とする業務建築用水素活用トータルエネルギーシステム技術や水素エネルギーシステムに係る化石燃料依存度の評価手法の開発を行うものである。</p> <p>【研究期間：平成21～24年度 研究費総額：約400百万円】</p>
研究開発の目的 (アウトプット指標、アウトカム指標)	<p>化石燃料に依存しないエネルギー媒体である水素を用いた都市エネルギーシステムの実現に向け、水素配管を安全に、かつ二酸化炭素排出量の最小化を実現するための建設技術を開発整備し、建築側での負荷削減や、高効率設備機器の活用、再生エネルギー設備の活用等の様々なエネルギー源を合わせて、都市の化石燃料依存度を極小化する手法を確立する。</p>
波及効果や副次的効果等	<p>【波及効果や副次的効果等】</p> <p>1. 水素配管の安全利用に関する研究成果の利活用          本技術開発で実施した水素供給実験は、「水素を都市ガスのように供給する技術」と新聞で報道されるなど社会的注目を集めており、実用化に向けた自治体の取り組みも見られるようになってきている。例えば、川崎臨海部地区においては、水素パイプラインの設置計画に本技術開発の技術資料が活用されている。また、東京五輪・パラリンピックの選手村（東京都晴海地区）において水素パイプラインの導入が新たに検討されるなど波及効果が見られる。</p> <p>2. スマート水素ハウスに関する研究成果の利活用          本技術開発で検討したスマート水素ハウスは、人々の暮らしで水素を利用する消費者サイドの技術であり、住民や自治体にとって重大な関心事となりつつある。例えば、東京五輪・パラリンピックの選手村では、商業施設等に水素駆動燃料電池を使用する、高効率の低炭素タウン構想が見られる。また、つくば市では産官学の3Eフォーラム「次世代エネルギーシステムタスクフォース」を設置して水素事業の検討を実施しているところである（国総研も参画）。</p>
外部評価の結果	<p>脱炭素社会を目指すパリ協定の発効などを背景に水素社会実現に向けた機運が高まる中、先行研究としての意義は大きく、技術基準の整備が進められたことで、確実に社会へ還元されており、大きな成果が出ている。特に、水素パイプラインについては、各地で導入が計画され、本技術開発の成果が浸透し始めている。水素の製造過程におけるエネルギー消費やCO2発生についても正確に考慮する必要はあるが、オリンピック等の国内外におけるイベントを上手く活用しながら、さらなる社会運動へ進展するための政策立案について期待したい。</p> <p>&lt;外部評価委員会委員一覧&gt;（平成29年3月3日、建設技術研究開発評価委員会）</p> <p>委員長 道奥 康治（法政大学 デザイン工学部 都市環境デザイン工学科 教授）          副委員長 野城 智也（東京大学 生産技術研究所 教授）          委員 加藤 信介（東京大学 生産技術研究所 第5部 教授）          “ 清水 英範（東京大学 大学院 工学系研究科 教授）          “ 田中 哮義（京都大学 名誉教授）          “ 二羽 淳一郎（東京工業大学 環境・社会理工学院 土木・環境工学系 教授）          “ 平田 京子（日本女子大学 家政学部 住居学科 教授）          “ 本橋 健司（芝浦工業大学 工学部 建築工学科 教授）          “ 安田 進（東京電機大学 理工学部 建築/都市環境学系 教授）          “ 山口 栄輝（九州工業大学 大学院 工学研究院 建設社会工学研究系 教授）</p>
新規課題に向けた改善等	<p>まずは、自動車における普及状況を見てから、その他の分野への展開を検討するものとし、利用者の意見や利用形態を十分に把握たうえで、さらなる工夫を検討されることが望ましい。</p>