

平成 26 年度 水素ネットワーク構築
導管保安技術調査
(総合調査)

報 告 書

平成 27 年 3 月

一般社団法人 日本ガス協会

目 次

I. 調査概要

1. 背景と目的	1
2. 調査実施概要	1
3. 調査実施体制	2
4. 調査内容	7
4. 1 他調査の実施者に対する助言等	7
4. 2 委員会の設置、運営	7
4. 3 水素パイプライン供給に関する事例調査及び保安規制実態調査	7
4. 4 水素パイプライン等に係る法令面・技術面の課題等の抽出と、技術基準の整備に向けた事前検討	8
5. 概略スケジュール	8

II. 調査結果

1. 他調査の実施者に対する助言等	9
1. 1 水素拡散挙動調査	9
1. 2 配管における水素置換挙動調査	10
1. 3 配管材料の水素適用性評価	11
2. 委員会の設置、運営	12
2. 1 特別専門委員会	12
2. 2 推進ワーキンググループ	13
3. 水素パイプライン供給に関する事例調査及び保安規制実態調査	16
3. 1 国内事例調査の目的	16
3. 2 国内事例調査結果の概要	16
3. 3 国内事例調査結果の詳細	16
3. 3. 1 調査実績	16
3. 3. 2 神奈川県川崎市	17
3. 3. 3 山口県周南市	20
3. 3. 4 青森県弘前市	23
3. 4 海外事例調査の目的	27
3. 5 海外事例調査結果の概要	27
3. 6 海外事例調査結果の詳細	30
3. 6. 1 調査実績	30
3. 6. 2 米国運輸省（DOT）	31
3. 6. 3 テキサス州鉄道委員会（TRRC）	32
3. 6. 4 米国機械学会（ASME）	34

3. 6. 5 Air Products 社	35
4. 水素パイプライン等に係る法令面・技術面の課題等の抽出と、技術基準の整備に向けた 事前検討	40
4. 1 水素パイプライン等に係る法令面・技術面の課題等の抽出	40
4. 1. 1 事業スキームの想定	40
4. 1. 2 法令面・技術面の課題整理	40
4. 2 技術基準の整備に向けた事前検討	44
5. 謝辞	48

I. 調査概要

1. 背景と目的

平成 26 年 4 月に閣議決定されたエネルギー基本計画にて、水素は電気や熱と並ぶ重要な二次エネルギーとして位置づけられた。平成 26 年 6 月に資源エネルギー庁より発表された水素・燃料電池戦略ロードマップでは、2030 年頃から純水素型燃料電池が普及し、そこへ供給するための水素パイプラインが地域限定であるが出現すると記載された。

また、平成 23 年 1 月に国内の自動車メーカー及びエネルギー供給事業者 13 社が水素を燃料とする燃料電池自動車（FCV）の平成 26 年国内市場導入と、これを可能とする水素供給ステーションの先行整備について共同声明を発出し、現在、その取り組みが進められている。

しかしながら、水素のパイプライン供給に関する取り組みは、過去に水素供給に関連する調査事業として、地方都市ガス事業天然ガス化促進対策調査「水素供給システム安全性技術調査事業」（平成 17 年度～平成 19 年度）及び「水素漏えい検知技術調査事業」（平成 18 年度～平成 20 年度）等が実施されてきたが、保安の確保に関して系統的な整理・検討はなされていない。

そこで、水素のパイプライン供給の保安確保に向けた系統的な整理・検討のため、「水素ネットワーク構築導管保安技術調査」（以下、「本調査」という。）を実施している。

昨年度までの 3 年間で外管に関する調査が完了し、今年からの 2 年間、内管を対象とした保安技術調査となり、一通りの調査が終了する予定である。

2. 調査実施概要

経済産業省では、平成 23 年度より水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業を開始され、平成 25 年度に外管に関する調査が完了した。平成 26 年度からは、内管に関する水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業が開始され、各調査に対して一般競争入札が実施された。一般社団法人日本ガス協会（以下、「日本ガス協会」とする）は、そのうち「平成 23 年度・平成 24 年度・平成 25 年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（総合調査）」に引き続き、「平成 26 年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（総合調査）」を受託した。

本調査事業は、パイプライン供給時に必要となるガス工作物を抽出・整理し、現行の水素への適用技術レベルを明確にすること、将来的なガス工作物の技術基準等の見直しに反映させる際に有益な知見となる基盤技術を調査・整理することを主目的としており、総合調査では下記の（１）～（４）の項目を実施した。

（１）他調査の実施者に対する助言等

平成 26 年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（水素拡散挙動調査）、平成 26 年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（配管における水素置換挙動調査）及び平成 26 年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（配管材料の水素適用性評価）（以下「他調査」という。）の実施者に必要な助言等を行った。

（２）委員会の設置、運営

上記（１）を効率的かつ円滑に実施するため、都市ガスの保安技術並びに水素のエネルギー利用等に係る学術的及び実務的に精通した専門家からなる委員会を設置し、他調査を含めた本調査事業全体の計画、進捗及び成果について評価等を実施した。

(3) 水素パイプライン供給に関する事例調査及び保安規制実態調査

水素社会の構築に向けた水素パイプライン供給の保安確保に関し、国内外における水素パイプライン供給に係る事業者及び諸外国の規制当局に対してヒアリング調査等を実施し、諸外国における技術基準等による規制対応の実態、諸外国及び国内の関係法令における技術基準等の整備、運用状況等を調査した。

(4) 水素パイプライン等に係る法令面・技術面の課題等の抽出と、技術基準の整備に向けた事前検討

上記(1)～(3)及び過去事業の調査結果を踏まえ、国内で水素パイプライン供給の運用を図る際、現行ガス事業法の技術基準等に照らした場合の技術面及び法令面の課題等を抽出し、将来的な技術基準等の整備に伴う影響や制約を受ける関連法規について整理した。

3. 調査実施体制

本調査実施にあたっては、日本ガス協会内に設置した事務局組織（技術開発部燃料電池・水素グループ）を中心に、都市ガス事業で培われたガス導管供給に関する専門的な知見を生かし、水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業全体（他調査を含む）を運営した。また、事業運営に関しては、円滑な進捗のため、適宜、各調査の進捗状況の確認を行いつつ、調査計画策定から最終的な取りまとめの方向性に対する助言を行った。

調査事業の成果に関しては、「水素ネットワーク構築導管保安技術調査特別専門委員会」（以下、委員会とする）を設置し（委員の選任を含む）、学識経験者、各調査分野の専門家、ガス事業者等との協議を経た取りまとめを行った。

また、上記委員会の下部組織として「推進ワーキンググループ」を設け、委員会が効率的に運営できるよう、各調査の計画及び進捗状況等について、適宜確認を行った。

図3. 1に事業全体の調査実施体制、図3. 2に日本ガス協会内の調査実施体制を示し、表3. 1～3. 3には委員会等の名簿を示す。

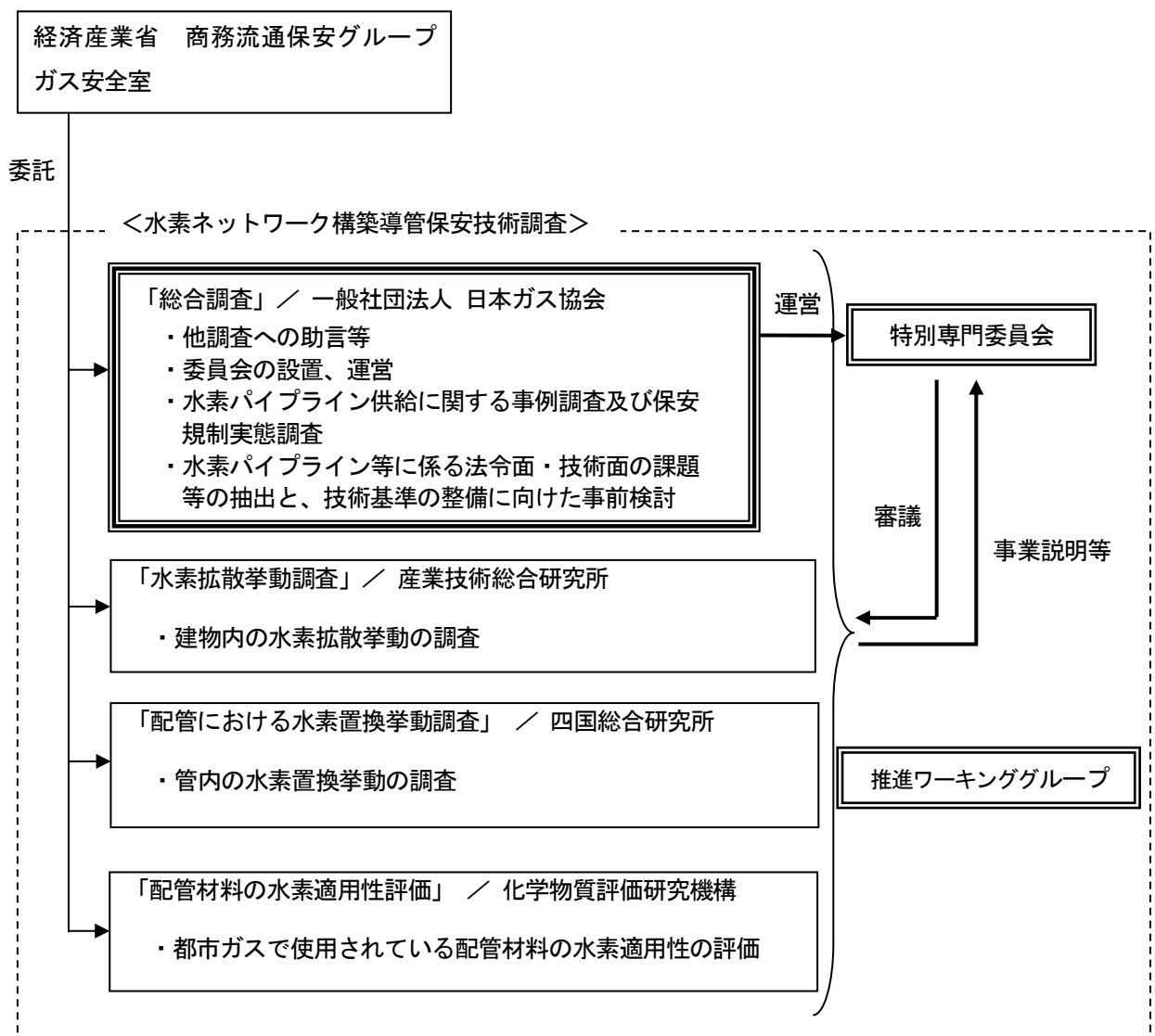


図3. 1 調査実施体制（全体関連図）

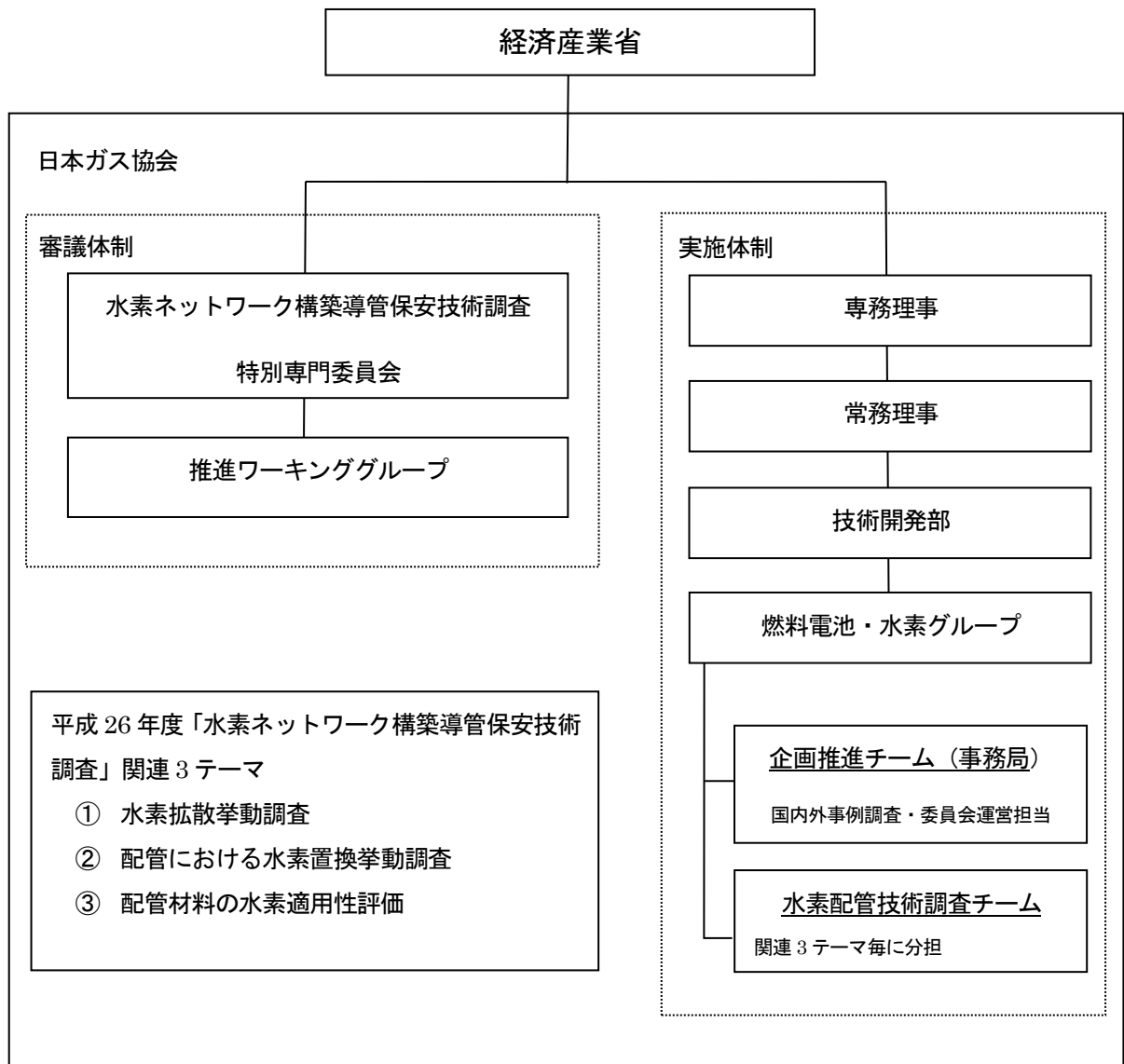


図 3. 2 調査実施体制（日本ガス協会）

表3. 1 水素ネットワーク構築導管保安技術調査特別専門委員会名簿

委員長	倉淵 隆	東京理科大学工学部建築学科 教授
委員	西村 寛之	京都工芸繊維大学大学院 工芸科学研究科 先端ファイブロ科学部門 教授
	甲谷 寿史	大阪大学 建築環境工学 准教授
	岩本 薫	東京農工大学 工学部 機械システム工学専攻 准教授
	田辺 修	東京ガス株式会社 技術開発本部 基盤技術部長
	西川 秀昭	大阪ガス株式会社 導管事業部 導管部長
関係者	大本 治康	経済産業省 商務流通保安グループ ガス安全室 ガス安全室長
	根岸 寿実	経済産業省 商務流通保安グループ ガス安全室 ガス・熱供給保安担当補佐
	萩野 智美	経済産業省 商務流通保安グループ ガス安全室 技術係長
事務局	日本ガス協会	技術開発部 燃料電池・水素グループ

表3. 2 推進ワーキンググループ名簿

リーダー	山口 祐一郎	日本ガス協会 技術開発部 燃料電池・水素グループ マネジャー
メンバー	和田 有司	独立行政法人産業技術総合研究所 安全科学研究部門 爆発利用・産業保安研究グループ 研究グループ長
	白方 博教	株式会社四国総合研究所 電子技術部長
	大武 義人	一般財団法人化学物質評価研究機構 高分子技術センター長
	鍵屋 慎一	日本ガス協会 技術開発部 燃料電池・水素グループ
	阪 正憲	同 上
	宮木 誠二	同 上
	安河内 勇人	同 上
	沼田 香織	同 上
	小澤 由規	同 上
事務局 日本ガス協会 技術開発部 燃料電池・水素グループ		

表3. 3 日本ガス協会 技術開発部 燃料電池・水素グループ名簿（事務局）

常務理事	富田 鏡二
技術開発部長	団栗 知男
技術開発部マネジャー	山口 祐一郎
企画推進チーム	北岡 利道、中山 歩、原 裕司、島村 誠、鈴木 雅之
水素配管技術調査チーム	鍵屋 慎一、阪 正憲、宮木 誠二、安河内 勇人、 沼田 香織、小澤 由規

4. 調査内容

4. 1 他調査の実施者に対する助言等

平成 26 年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（水素拡散挙動調査）、平成 26 年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（配管における水素置換挙動調査）及び平成 26 年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（配管材料の水素適用性評価）（以下「他調査」という。）の実施者に対し必要な助言等を行った。

日本ガス協会内に、検討のための組織（技術開発部燃料電池・水素グループ企画推進チーム及び水素配管技術調査チーム）を設置し、調査テーマ毎に配置された、各分野に精通したメンバーが、他調査の実施者と必要に応じ協議、助言等の連携を図りながら、本事業を実施・推進した。この際、他調査の実施者との協議・連携を効率的・効果的に推進するために「事業者連携会議」を設け、適宜開催し業務を遂行した。

4. 2 委員会の設置、運営

水素ネットワーク構築導管保安技術調査を効率的かつ円滑に実施するため、水素の拡散・置換、材料等に係る学術的及び実務的に精通した専門家を選任、委嘱し、その専門家から構成される水素ネットワーク構築導管保安技術調査特別専門委員会（以下、本委員会という。）を設置した。

なお、本委員会においては、他調査を含めた事業全体を対象とした調査計画・進捗についての助言、そして、その調査結果に対する評価を実施した。

本委員会の運営については、日本ガス協会内に設置する「技術開発部 燃料電池・水素グループ 企画推進チーム」において専門的に実施した。また、本委員会の下部組織として「推進ワーキンググループ」を設置し、各調査の進捗および結果など情報の共有化することでの事業者間の連携強化、各調査の取りまとめに関する方向性の調整等を実施した。

4. 3 水素パイプライン供給に関する事例調査及び保安規制実態調査

国内において、近い将来地域的な水素インフラ社会の構築を検討している自治体を 3 か所選定し、国内の技術基準等に対するニーズや課題を把握するためのヒアリング調査を実施した。

また、水素パイプライン供給に関して先進的な諸外国（米国）における規制当局 3 か所選定し、現地国の法律、技術基準等に基づく水素に関する保安規制の実態と課題及び水素を起因とする事故の実態等について現地調査等を実施した。さらに、同国において既にパイプラインによる水素供給事業を実施している事業者を 1 か所選定し、水素のパイプライン供給に関する技術基準等の保安規制対応の実態と課題について現地調査等を実施した。

4. 4 水素パイプライン等に係る法令面・技術面の課題等の抽出と、技術基準の整備に向けた事前検討

平成 23 年度から平成 25 年度に実施された中低圧導管に関する水素ネットワーク構築導管保安技術調査と、本年度実施する他調査の結果を踏まえ、国内で水素パイプライン供給の運用を図る際、現行ガス事業法の技術基準に照らした場合の技術面及び法令面の課題を抽出するとともに、将来的な技術基準等の整備に伴う影響度や、水素のパイプライン供給に際してガス事業法以外に制約を受ける関連法規を調査した。

5. 概略スケジュール

上記、4. 1 から 4. 4 に示す事業内容に関する概略スケジュールを表 5. 1 に示す。

表 5. 1 概略スケジュール

	平成 26 年						平成 27 年		
	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
他調査の実施者に対する 助言等									
委員会の設置、運営									
水素パイプライン供給に関する 事例調査及び保安規制実態 調査									
水素パイプライン供給に係る 法令面・技術面の課題等の抽 出と、技術基準の整備に向け た事前検討									

Ⅱ. 調査結果

1. 他調査の実施者に対する助言等

「事業者連携会議」、「推進ワーキンググループ」、等を通じて他調査の実施者との連携を図りながら、必要な協議、助言等を実施した。他調査の調査目的と調査結果に対する考察を以下に示す。

1. 1 水素拡散挙動調査

本調査に関しては、集合住宅でのガス漏れを想定し、パイプシャフト・換気開口部の寸法、漏れ量、漏れ位置等について、現場の設置状況等を交えつつ助言を行った。

(1) 調査目的

一般集合建物内への水素配管供給を行った際の、パイプシャフト内における配管継手部からの水素漏えいを想定し、模擬空間内への水素の流入が可能な環境を構築した上で、模擬空間内における水素の拡散挙動を確認する。また、実験で得られた水素の濃度変化をシミュレーションにより再現し、実験結果との比較検証を実施する。

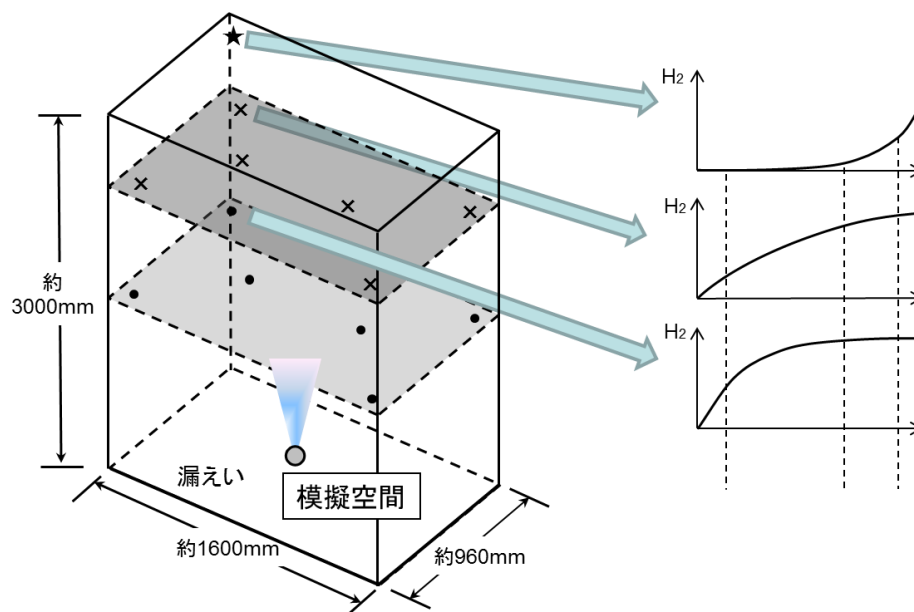


図 1. 1 水素拡散状況イメージ

(2) 実施した助言等

- ①集合住宅におけるパイプシャフトスペース、開口部の大きさの提案
- ②模擬空間内の漏えい位置、漏えい量の提案
- ③シミュレーションの境界条件取得位置の提案

等、上記助言を行い、模擬空間内において水素を漏えいさせる際の条件設定に反映させた。

(3) 結果および考察

密閉条件（開口なし）において水素の漏えい時間とともに滞留する現象を再現し、模擬空間の設定

やセンサーの選定など測定方法の妥当性が示された。シミュレーションによって密閉状態での水素拡散挙動は良く再現できることを確認した。

半密閉条件（開口あり）においては、換気により水素濃度が平衡に至る現象を再現したが、いくつかの測定で平衡に至らない現象を観測した。原因として、防護室の内容積の限界、測定時間の限界、並びに温度ムラなど擾乱要因によるものと考えられる。

1. 2 配管における水素置換挙動調査

本調査に関しては、ガス開通時等に、安全かつ効率的に管内ガスを置換するための基礎データとなるよう、実施工条件・現場の状況説明を交えつつ助言を行った。

（1）調査目的

試験用模擬配管を用いて、不活性な窒素ガスを介して空気から水素へ、あるいは水素から空気へ置換する際の管内ガスの挙動（ガス境界面の濃度分布変化）について調査を実施する。

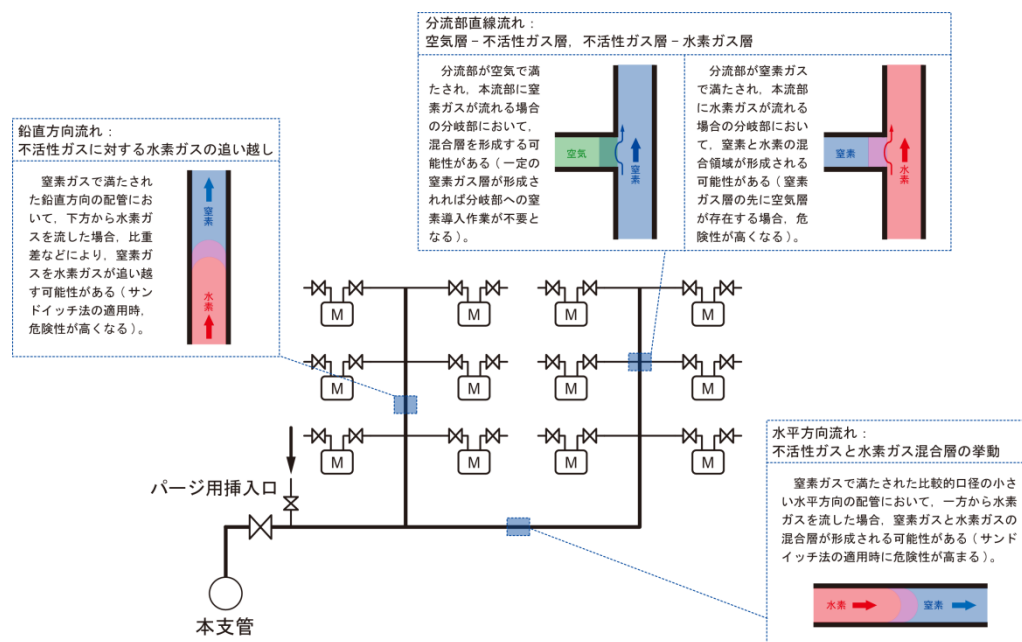


図1. 2 配管内の置換挙動イメージ

（2）実施した助言等

- ①集合住宅におけるパイプの形態、口径の提案
- ②都市ガス事業で実施しているガス置換作業方法およびその手順の提案
- ③ガス置換作業時に必要となる流速等の条件の提案

等、上記助言を行い、管内のガスを置換する際の条件設定に反映させた。

（3）結果および考察

不活性な窒素ガスを介して空気から水素へ置換する際の管内ガスの挙動について調査した結果、水平方向では管上方の水素が先行して進み、下方が遅れて追従することがわかった。同じ流速条件でも、鉛直管の水素の進行が速いことがわかった。これは、水素の拡散に加え水素分子と窒素分子の比重差

による浮力も関係するものと考えられる。

T字分岐管では、いずれの条件においても窒素-水素境界面の形成に伴い、流れ方向以外の分岐方向へ水素の移動が生じ、分岐部の窒素層が水素-窒素混合層へ置き換わることが確認された。

1. 3 配管材料の水素適用性評価

本調査に関しては、都市ガス供給で使用されている配管材料の種類・サイズの選定について、現場の使用状況を示すなどの助言を行った。

(1) 調査目的

一般集合建物内への水素配管供給を想定し、現行の都市ガス供給で使用されている配管部品の水素への適用可否について、気密性試験を実施する。長期水素暴露中でのシール部材への影響を調査するため、水素による暴露試験方法の検討と暴露後の劣化評価手法の検討を実施する。

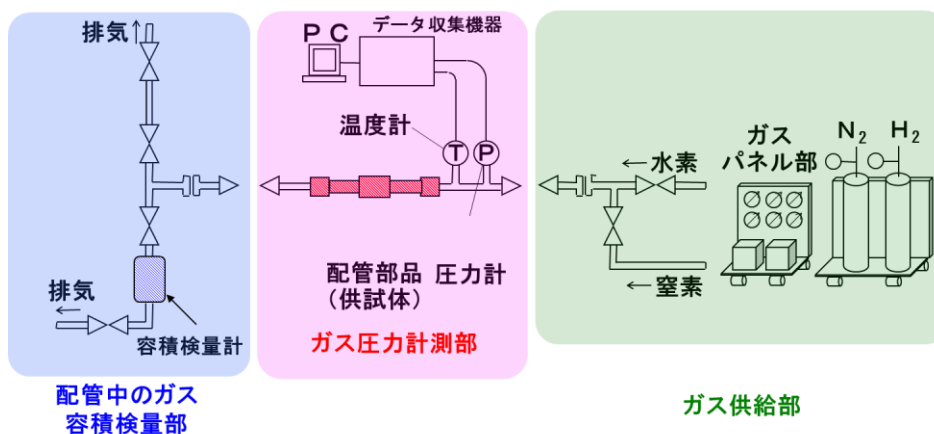


図 1. 3 配管部材の水素気密性試験

(2) 実施した助言等

- ①配管部材の種類・サイズの提案
- ②水素気密性試験に使用する圧力計（精度等）の提案
- ③シール部材の長期水素暴露方法後の調査内容について提案

等、上記助言を行い、配管部材の水素気密試験、シール部材の長期水素暴露による影響評価手法を検討する際の条件設定に反映させた。

(3) 結果および考察

配管部材の水素気密性試験の結果、ボールスライドジョイント、鋼管用サドル、緊急遮断バルブ（バネ式）（ボールバルブ型）で圧力降下があることがわかった。

長期水素暴露影響評価手法の検討では、80℃で水素暴露試験を行い、劣化現象から適切な劣化パラメータ（評価手法）として、シリコン系シール材は引張永久ひずみ測定、グリースは粘度測定、NBRパッキンは永久ひずみ測定を抽出した。エポキシ樹脂、PTFEに関しては、水素による明瞭な劣化は認められなかった。

2. 委員会の設置、運営

2. 1 特別専門委員会

平成 26 年度は、全 3 回の特別専門委員会を開催した。第 1 回（平成 26 年 7 月 31 日開催）は、特別専門委員会の立ち上げ及び事業計画の審議、第 2 回（平成 26 年 11 月 21 日開催）は、中間進捗状況報告、第 3 回（平成 27 年 2 月 23 日開催）は、事業成果の審議という位置付けのもとに実施した。

以下に、全 3 回の委員会の開催内容について記す。

（1）第 1 回特別専門委員会

日時： 平成 26 年 7 月 31 日（木） 15:00～17:20

場所： 日本ガス協会 7 階 701 会議室
東京都港区虎ノ門 1-15-12

議題： ① 委員長挨拶、委員並びに関係者の紹介
② 平成 26 年度「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」各事業計画の審議
③ その他

（2）第 2 回特別専門委員会

日時： 平成 26 年 11 月 21 日（金） 10:00～12:00

場所： 日本ガス協会 7 階 701 会議室
東京都港区虎ノ門 1-15-12

議題： ① 平成 26 年度「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」各事業進捗状況の審議
② その他

（3）第 3 回特別専門委員会

日時： 平成 27 年 2 月 23 日（月） 10:00～12:15

場所： 日本ガス協会 7 階 701 会議室
東京都港区虎ノ門 1-15-12

議題： ① 平成 26 年度「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」各事業成果の審議
② その他

2. 2 推進ワーキンググループ

平成 26 年度は、全 5 回の推進ワーキンググループを開催した。第 1 回（平成 26 年 8 月 22 日開催）は、第 1 回特別専門委員会における意見への対応協議及びスケジュールと進め方の確認、第 2 回（平成 26 年 11 月 10 日開催）は、第 2 回特別専門委員会に向けた報告内容及びスケジュールと進め方の確認、第 3 回（平成 26 年 12 月 10 日開催）は、第 2 回特別専門委員会における意見への対応協議及びスケジュールと進め方の確認、第 4 回（平成 27 年 1 月 19 日開催）は、各調査事業の進捗状況の確認と今後の進め方の協議、第 5 回（平成 27 年 2 月 9 日開催）は、第 3 回特別専門委員会に向けた進捗状況の確認および最終的な方向性の整理、という位置付けのもとに実施した。

以下に、全 5 回の推進ワーキンググループの開催内容について記す。

（1） 第 1 回推進ワーキンググループ

日時： 平成 26 年 8 月 22 日（金） 15:00～17:20

場所： 日本ガス協会 7 階 702 会議室
東京都港区虎ノ門 1-15-12

議題： ① 第 1 回特別専門委員会における意見への対応協議及びスケジュールと進め方の確認
② その他

（2） 第 2 回推進ワーキンググループ

日時： 平成 26 年 11 月 10 日（月） 14:00～17:00

場所： 日本ガス協会 7 階 707 会議室
東京都港区虎ノ門 1-15-12

議題： ① 第 2 回特別専門委員会に向けた報告内容及びスケジュールと進め方の確認
② その他

（3） 第 3 回推進ワーキンググループ

日時： 平成 26 年 12 月 10 日（水） 10:30～14:00

場所： 日本ガス協会 7 階 706 会議室
東京都港区虎ノ門 1-15-12

議題： ① 第 2 回特別専門委員会における意見への対応協議及びスケジュールと進め方の確認
② その他

（4） 第 4 回推進ワーキンググループ

日時： 平成 27 年 1 月 19 日（月） 15:00～17:00

場所： リファレンス大博多貸会議室 1104 会議室
福岡市博多区博多駅前 2 丁目 20-1 大博多ビル 11F

議題： ① 各調査事業の進捗状況の確認と今後の進め方の協議
② その他

(5) 第5回推進ワーキンググループ

日時： 平成27年2月9日(月) 13:30～17:00

場所： 日本ガス協会 7階 707・708会議室

東京都港区虎ノ門1-15-12

議題： ① 第3回特別専門委員会に向けた事業まとめおよび最終的な方向性の整理
② その他

表 2. 1 平成 26 年度 水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業活動実績

主要スケジュール		7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
平成 26 年度契約関係		◎ 7/7 委託契約締結								◎3/16 報告提出
特別専門委員会		◎ 7/31 第 1 回委員会 ・事業基本計画 【審議】				◎ 11/21 第 2 回委員会 ・事業進捗状況（中間） 【審議】			◎ 2/23 第 3 回委員会 ・事業進捗状況（最終） ・事業成果まとめ方向性 【審議】	
推進ワーキンググループ			◎ 8/22 第 1 回WG ・事業進捗状況 【確認・協議】			◎11/10 第 2 回WG ・事業進捗状況 【確認・協議】	◎ 12/10 第 3 回WG ・事業進捗状況 【確認・協議】	◎ 1/19 第 4 回WG ・事業進捗状況 【確認・協議】	◎ 2/9 第 5 回WG ・事業まとめ・方向性 【確認・協議】	
事業者 連携会議	水素拡散挙動調査 産業技術総合研究所					◎11/7 第 1 回連携会議 ・試験内容の詳細計画 ・進捗状況 【確認・協議】	◎12/17 第 2 回連携会議 ・進捗状況 【確認・協議】		◎2/3 第 3 回連携会議 ・事業成果まとめ方向性 【確認・協議】	
	配管における水素置換挙動調査 四国総合研究所	◎ 7/11 第 1 回連携会議 ・試験内容の詳細計画 【確認・協議】			◎10/1 第 2 回連携会議 ・進捗状況 【確認・協議】 ◎10/31 第 3 回連携会議 ・進捗状況 【確認・協議】			◎1/8 第 4 回連携会議 ・進捗状況 ・試験設備 【確認・協議】	◎2/5 第 5 回連携会議 ・事業成果まとめ方向性 【確認・協議】	
	配管材料の水素適用性評価 化学物質評価研究機構				◎10/29 第 1 回連携会議 ・試験内容の詳細計画 ・進捗状況 【確認・協議】		◎12/16 第 2 回連携会議 ・進捗状況 【確認・協議】		◎2/5 第 3 回連携会議 ・事業成果まとめ方向性 【確認・協議】	
国内事例調査							◎12/25 国内事例調査 ・調査先：弘前市	◎1/15 国内事例調査 ・調査先：川崎市 ◎1/22 国内事例調査 ・調査先：周南市		
海外事例調査					◎ 10/13～10/17 米国事例調査 ・調査先：アメリカ （規制省庁・水素供給事業者等）					

3. 水素パイプライン供給に関する事例調査及び保安規制実態調査

3. 1 国内事例調査の目的

水素社会の構築に向けた水素パイプライン供給に関し、国内において近い将来地域的に水素インフラ社会の構築を検討している自治体を訪問し、水素パイプラインに関する技術基準等に対するニーズや課題を把握するため、ヒアリング調査を実施した。

3. 2 国内事例調査結果の概要

水素パイプライン構想を中心に水素パイプラインに関する技術基準等に対するニーズや課題についてヒアリング調査を実施した。

〈ヒアリング項目〉

(1) 検討、もしくは実施している水素事業の概要について

- ・各自治体が検討、もしくは実施している水素に関する事業内容について確認した。

(2) 水素パイプラインの可能性について

- ・時期は未定だが、各自治体とも、将来水素パイプライン供給の可能性あることを確認した。

(3) 水素パイプラインの技術基準等に対する要望、課題について

- ・水素パイプライン供給が開始されるまでに技術基準を整備して欲しいと要望があった。

3. 3 国内事例調査結果の詳細

3. 3. 1 調査実績

平成 26 年度実施した国内事例調査は、近い将来地域的な水素インフラ社会の構築を検討している自治体を対象とし、水素パイプライン構想等に関するヒアリングを実施した。訪問先と構想概要について表 3. 1 に示す。

表 3. 1 訪問先と構想概要

訪問先	構想概要	構想期間
川崎市	【海外から水素を輸入】 新たな水素の大量貯蔵・輸送技術を活用し、常温常圧で川崎臨海部に輸送するとともに、臨海部『水素供給グリッド』を整備し、コンビナートにおける水素の産業利用推進。	ステップ① ～平成 32 年度 ステップ② ～平成 52 年度
周南市	【液化水素工場で水素製造】 将来のエネルギーである水素が大量に製造されている優位性を活かし、水素による持続可能なまちづくりを推進する。	平成 26 年度 ～ 平成 42 年度
弘前市	【水素の地産地消】 豊富な自然エネルギーで水素製造を行い、弘前市まで輸送し、貯蔵・利用する広域でのエネルギー供給体制を実現。	平成 25 年度 ～ 平成 45 年度

3. 3. 2 神奈川県川崎市

日時 : 平成 27 年 1 月 15 日 (木) 13 : 15 ~ 15 : 00

場所 : 川崎市役所 第 3 庁舎

ヒアリング部署 : 川崎市総合企画局 スマートシティ戦略室

構想内容 : (出典 : 「川崎臨海部における水素ネットワークの構築」、「水素社会の実現に向けた川崎市水素戦略 (案)」より抜粋)

- ・平成 25 年 8 月に「川崎臨海部水素ネットワーク協議会」を設立。
- ・水素エネルギーの積極的な導入と利活用による「未来型環境・産業都市」を実現する。

【実現に向けた 5 つの方向性】

- ① 水素エネルギー利用の推進と高度化・高付加価値化
 - ・臨海部水素供給ネットワーク(図 3. 1)を構築し、臨海部産業地帯に低廉な水素を供給することでコンビナートの競争力を強化する。
- ② 水素の導入による温室効果ガスの削減などの環境負荷の低減
 - ・臨海部での水素混焼発電の整備や燃料電池の導入促進などにより環境負荷を低減する。
- ③ 水素を起点とする技術の開発や新たな産業創出
 - ・主な取組例として、純水素型燃料電池や産業用大型燃料電池の技術開発や燃料電池フォークリフトや燃料電池バス等の導入を検討している。
- ④ 水素の利活用による防災機能強化、安全安心の向上
 - ・再生可能エネルギーから水電解で水素を製造、貯蔵して、平時や災害発生時に燃料電池で発電し、最適制御により活用する自立型システムの構築を検討している。
- ⑤ 市民生活への水素の普及拡大、社会受容性の向上
 - ・水素関連イベント、シンポジウム等の開催や小学校における環境学習を実施している。

【基本戦略】

- ① 水素供給システムの構築
 - ・水素関連企業の集積など本市の強みと特徴を活かしながら、産官学の連携のもと、水素供給体制の構築に向けた取組を推進するとともに、新たな水素関連技術等の創出に向けた支援を行う。
- ② 多分野にわたる水素利用の拡大
 - ・水素に関連する各主体との役割分担のもと、産業部門における大量の水素需要の創出を図るとともに、市民生活への水素利活用拡大についての支援を行う。

③ 社会認知度の向上

- ・水素の社会認知度の向上に向けて、市民や企業を対象とした普及啓発活動に関係自治体等と連携しながら推進し、川崎における水素ブランド力の向上を図る。



図3. 1 臨海部水素供給ネットワークのイメージ

ヒアリング結果：

（１）検討、もしくは実施している水素事業の概要について

①水素供給基地・水素発電実証設備の建設

内 容：川崎市の臨海部で水素燃料の供給基地と水素発電設備の実証プラントを建設し、発電に関わる技術実証などを行う。

期 間：2017年めどに建設

事業者：千代田化工建設、川崎市

（その他情報）

- ・川崎市は実証試験の環境を提供し、千代田化工建設は技術開発を担当する。
- ・「大型脱水素プラント」と「水素混焼プラント」は近い位置での建設を考えている。
- ・水素混焼プラントに関して、水素を5～8割混ぜて発電することを考えている。
- ・改質から水素を作る場合コストが高くなるため、海外から安い水素を輸入することを考えている。

②再生可能エネルギーと水素を用いた自立型エネルギー供給システムの実証

内 容：太陽光発電設備で発電した電気を用い、水を電気分解することで発生させた水素をタンクに貯蔵し、電気と温水を供給する燃料電池の燃料として活用する本システムを用いて実証試験を実施する。

期 間：2015 年 4 月 ～ 2020 年度末

事業者：東芝、川崎市

(その他情報)

- ・川崎市は実証試験の環境を提供し、東芝は、設備の設計、建設、保守を担当する。
- ・川崎市の公共施設「川崎マリエン」にシステムを平成27年3月末までに設置し、2020 年度末まで実証試験を実施する予定である。

(2) 水素パイプラインによる供給の可能性について

- ・産業利用として水素パイプラインによる供給を考えている。圧力は高圧を考えている。
- ・既存の海底パイプライン（未使用管、休止管等）の使用も考えられている。

(3) 水素パイプラインの維持管理のスキームについて（管理者、維持管理体制等）

- ・公道に水素パイプラインがあり、民間企業が管理している。（占用許可あり）

(4) 水素パイプラインの技術基準等に対する要望について

- ・中低パイプラインに関しては、安全・安価で簡便なパイプラインの要望あり。
- ・産業用のため、高圧パイプラインに関する要望あり。
○高圧ガス管と危険物の離隔距離を開けることが難しく、規制緩和を要望している。

(5) その他

- ・川崎市臨海部には発電施設等が集積しており、CO₂削減が大きな課題である。川崎市で発生するCO₂の7～8割が産業で発生している。現在は、90 年比で 13%削減した。今後、更なる削減が求められ、水素エネルギーに着目している。
- ・将来的には輸入水素を川崎臨海部の産業で大量に使用し、コストダウンすることを考えている。
- ・2020 年以降、産業での水素使用の次は水素ステーションを考えており、水素ステーションに小型脱水素プラントを建設することを検討している。（水素ステーションで脱水素を実施。）千代田化工建設様で小型脱水素プラントの開発を行っている。その場合の輸送にトラックを考えており、トラックの半分にトルエンが保管できないか検討している。

3. 3. 3 山口県周南市

日時 : 平成 27 年 1 月 22 日 (木) 14:15~15:30

場所 : 周南市役所 徳山港町庁舎

ヒアリング部署 : 周南市経済産業部、山口県 商工労働部 新産業振興課

構想内容 : (出典:「周南市水素利活用構想」より抜粋)

- ・平成 25 年 8 月に「周南市水素利用協議会」を設置。
- ・全国でもいち早く水素を利活用したまちづくりを推進していくため、取組目標や具体的な施策の展開方法等を示した「周南市水素利活用構想」を策定。

【構想の基本目標】

- ① 水素の利活用促進に向けた環境の整備
 - ・水素需要の拡大を図ることで、水素の製造から貯蔵・輸送・利用に至る本市における水素利活用の促進に向けた環境整備を目指す。
- ② 水素の利活用による低炭素・省エネ・災害に強いまちづくりの推進
 - ・定置用燃料電池等の普及を促進することで、資源やエネルギーを多量消費しない低炭素・省エネルギー社会の構築を目指す。
- ③ 水素関連ビジネスの創出と市内企業の連携・競争力の強化
 - ・大企業や中小企業等がいち早く参入できるよう、市内企業における新たな水素関連ビジネスの創出や市内企業の競争力の強化を目指す。

【施策】

- ① 水素サプライチェーンの構築
 - ・本市において水素の利活用を促進していくためには、水素の製造から貯蔵、輸送、利用に至る「水素サプライチェーン」(イメージを図 3. 2 に示す。)の構築が必要。本市には、水素を製造及び貯蔵するインフラが整っていることから、今後は安全性、安定性、利便性、経済性等を考慮しながら、市民や企業といった個別の需要者の元へ水素エネルギーを届ける仕組みの整備を目指す。
- ② 水素ステーションを核とした地域づくりモデルの構築
 - ・水素ステーションを核として、燃料電池自動車、水素自動車、燃料電池バス、燃料電池タクシー、燃料電池フォークリフトや定置用燃料電池等を家庭や市内企業のエネルギーとして利用する新たな地域づくりモデルの構築に取り組む。
- ③ 水素関連産業等に関する人材育成・事業所支援の充実
 - ・周南市地域地場産業振興センターを核とした水素関連産業に関する人材育成や山口産業技術センターが取り組んでいる水素関連技術の開発事業の紹介などを通じて、市内企業等の水素関連ビジネスへの導入支援を行い、水素関連市場での競争力の強化を目指す。

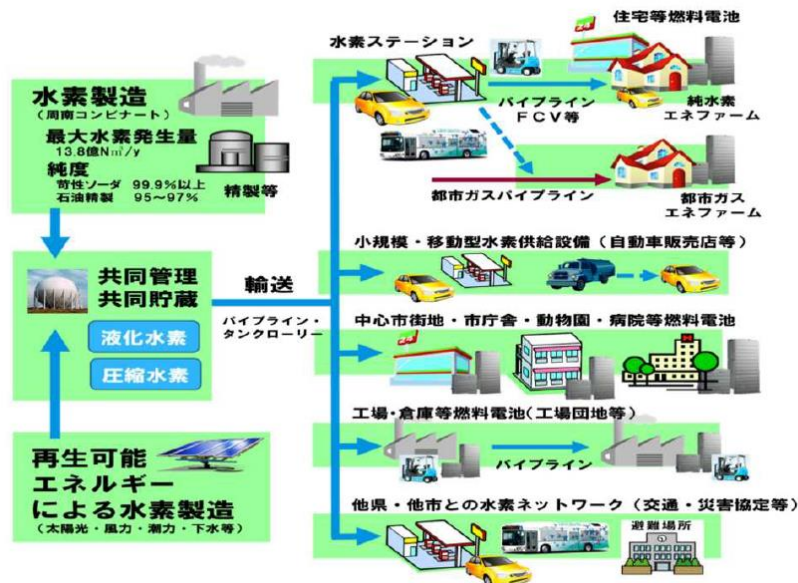


図3. 2 水素サプライチェーンのイメージ

ヒアリング結果：

(1) 検討、もしくは実施している水素事業の概要について

①純水素型燃料電池システムの研究開発・実証事業

内 容：世界初、純水素型燃料電池コジェレネーションシステムの開発及び水素需要の拡大

期 間：2017 年度までの 4 年間

事業者：山口リキッドハイドロジェン（全体の取りまとめ及び実証試験の実施）、東芝燃料電池システム（純水素型燃料電池の開発）、長府工業（純水素ボイラー型貯湯ユニットの開発）、岩谷産業（水素バーナーの開発）

（その他情報）

- ・平成 27 年 3 月から山口県の研究開発費「平成 26 年度 やまぐち産業戦略研究開発等補助金」で実証開始予定。
- ・圧縮ガスボンベで水素を供給。

(2) 水素パイプラインによる供給の可能性について

- ・工場間での水素パイプラインを考えている。
- ・水素利活用構想として、水素ステーションからの水素パイプラインを考えている。

(3) 水素パイプラインの技術基準等に対する要望について

- ・技術基準の整備をして欲しい。
- ・ガス事業法でガス事業者以外に参入できない規制がある。参入できるようにして欲しい。

(4) その他

- ・平成 16 年に徳山で 2 重管の水素パイプラインの実証事業（図 3. 3 に示す。）を行った。
- ・水素ガスのパイプライン供給に関して、民間企業からの動きがあればよいが、現在のところない。
- ・地域卸売市場に水素ステーションを建設し、フォークリフトへの水素充填を考えている。水素ステーションから純水素定置用燃料電池までは水素パイプライン（100m ぐらい）を検討している。
- ・岩谷産業とトクヤマとの合併会社 山口リキッドハイドロジェンを設立し、水素の製造を平成 25 年 6 月から開始している。1 日、5t の水素を製造。（FCV 1000 台分の水素を製造）
- ・水素需要の掘り起こしを検討している。

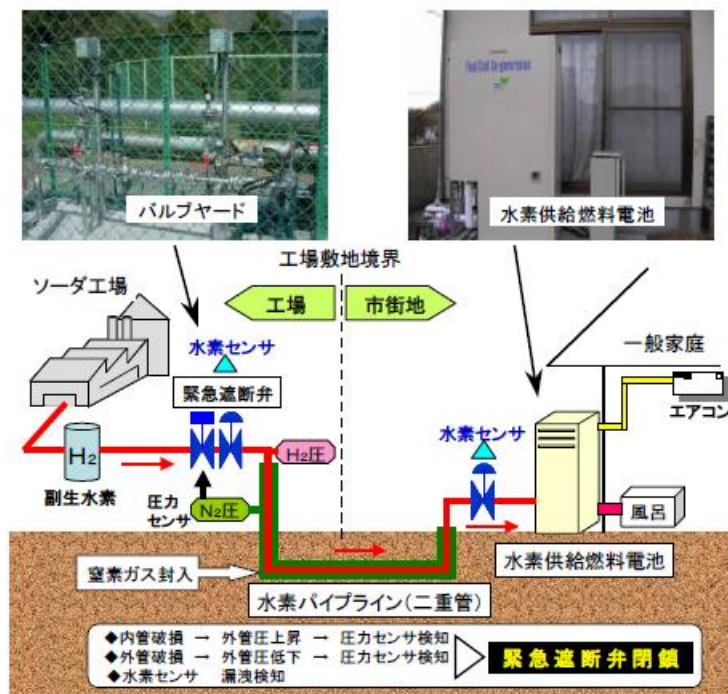


図 3. 3 二重管の水素パイプラインの実証事業

(出典：「山口県の『水素エネルギー社会』構築に向けた取組」から抜粋)

3. 3. 4 青森県弘前市

日時 : 平成 26 年 12 月 25 日 (木) 13:00~14:30

場所 : 弘前市役所

ヒアリング部署 : 弘前市 都市環境部 スマートシティ推進室

構想内容 : (出典:「弘前型スマートシティ構想」「弘前地域の資源を活用したエネルギー地産地消まちづくり構想」より抜粋)

- ・平成 25 年 3 月に「弘前型スマートシティ構想」を策定。
- ・「災害に強く、市民が暮らしやすい魅力ある低炭素・循環型のまち」を実現し、「将来の世代にそのインフラを残していく」ために「スマートシティ」の実現を目指す。

【構想の基本方針】

① 雪との共生

- ・雪対策の充実により積雪による障害の無い生活の実現と雪を地域の資源と捉え有効活用を目指す。雪対策の充実により、冬季に外出し、活気あふれるまちを実現する。

② 地域資源の活用

- ・豊かな地域資源（自然資源、産業資源、文化資源、観光資源等）など先人から受け継いだ貴重な財産を守り、積極的に活用を目指す。

③ エネルギーの自律

- ・地域自身で最適なエネルギー供給体制を考え、地域でエネルギー供給をコントロールすることができるエネルギーの自律を目指す。

④ 市民生活の向上

- ・人の集まり、住み続けたいと思うまちをつくるため、実際にまちに住む市民の目線で、市民生活の利便性と質の向上を目指す。

⑤ 地元産業との共栄

- ・地元事業者の積極活用、参画しやすい開かれた調達環境の整備、ビジネスチャンスの創出により、地元事業者と行政、住民がパートナーとなって共にスマートシティの実現を目指す。

【構想の実現に向けたリーディングプロジェクトの内容】

① 下水汚泥を活用下水素製造実証

- ・下水汚泥からの水素製造技術について検証を行う。従来の水素製造技術よりも低コストで簡易に製造可能な水素製造技術の実証を行う。実証場所を図 3. 4 に示す。



図3. 4 下水汚泥を活用した水素製造実証

② 燃料電池バスの運行による寒冷地での燃料電池の運転実証

- ・循環バスのうち1台を燃料電池バスに転換し、積雪寒冷地での3年間の長期運転実証を実施する。

ヒアリング結果：

(1) 検討、もしくは実施している水素事業の概要について

① 下水道汚泥からの高純度水素直接製造プロセスの研究開発 (NEDO 事業)

内 容：下水道汚泥から高純度直接水素製造の連続式プロセスの設計・製作を行い、水素製造に及ぼす混合物量ならびに操作因子の影響を明確化し、実用プラントの設計に対する研究開発を行っている。

期 間：平成25年度～平成26年度

事業者：国立大学法人東北大学、(株)大和三光製作所

(その他情報)

- ・汚泥からの水素製造は、一般的に「汚泥→メタン→水素」と製造するが、今回の事業では、汚泥から水素を直接製造するプロセスの研究を行っている。直接水素を製造することにより、水素製造時の温度が低く(600℃)で済み、重油の使用量が抑えられる。(汚泥処理コスト削減につながる。)
- ・今回の事業で製造できる水素純度は90%であるため、工業用に向いている。(下水処理場から南に300m離れたところに工業団地があり、将来的には工業団地への供給も可能性がある。)
- ・汚泥施設は弘前市にあり、プラント(研究施設)は福島県にある。汚泥を福島まで運搬し、研究開発を実施している。

②バイオマス発電を利用した水電解による水素利活用調査

内 容：バイオマス発電を活用した FCV 向けの水素ステーションの調査・検討

期 間：平成 27 年 3 月 25 日まで

事業者：カーボンフリーネットワーク(株)

(その他情報)

- ・バイオマス発電を利用した水電解による水素利活用調査は、弘前市の予算で調査を実施している。
- ・バイオマス発電とは、生ごみを燃焼させて発電している。

③再エネ等を活用した水素社会推進事業（検討中）

内 容：近隣自治体に設置している風力発電を活用した水素社会形成調査

期 間：未定

(その他情報)

- ・鱒ヶ沢町（弘前市の左隣の町）の海岸近くに風車が 30 基（民間）あり、余剰分の電力で水素の製造を考えている。（広域の連携 8 市町村で検討）
- ・20km 離れているため、タンクローリーでの輸送を考えている。

(2) 水素パイプラインによる供給の可能性について

- ・弘前市下水処理場と青森県岩木川浄化センターが統合予定。統合後の設備更新にあわせて下水汚泥を活用した水素製造を検討しており、将来、下水処理場から約 300m 離れた工業団地への水素パイプライン供給の可能性はある。

(3) 水素パイプラインの技術基準等に対する要望について

- ・工業団地への供給ができるように技術基準の整備をお願いしたい。
(新設 200～300m、供給圧 0.1MPa を考えている)

(4) その他

- ・弘前市に新たに新管を入れるとなるとコストがかかる。
- ・水素専用パイプラインにおいては、インフラ整備の時間とコストが課題となると考えられる。地方としては、既存の都市ガス配管を活用し、都市ガスに水素を混ぜて需要家（出口）で都市ガスと水素ガスを分離（セパレート）し、家庭用燃料電池へ水素を供給することが望ましいと考えている。水素の特徴は無臭であることから、都市ガスの匂いを利用することでパイプラインの維持管理は解決できると考えている。ドイツではすでにセパレートの実績があるので、出口側の技術開発に期待している。

- ・ 安価な水素が製造できれば普及させたい。
- ・ 将来的には、環境を考えてお客様がエネルギーの選択ができるようにしたいと考えている。(現時点ではコストのことは考えていない。)

3. 4 海外事例調査の目的

将来の水素社会の構築に向けた水素パイプライン供給の保安確保に関し、水素パイプライン供給に関して先進的な諸外国における水素パイプライン供給に係る事業者及び諸外国の規制当局に対してヒアリング調査等を実施し、諸外国における技術基準等による規制対応の実態、諸外国及び国内の関係法令（ガス事業法以外）における技術基準等の整備、運用状況等について調査を行った。

今回は、水素導管供給事業が行われており、技術基準の整備の進んでいる国の一つとして米国を訪問対象国とした。各調査先、主な調査目的を含む調査先の概要を表3. 2に示す。

表3. 2 調査先の概要一覧

訪問先	場 所	概 要	目 的
米国運輸省 パイプライン・有害物質 安全局 パイプライン安全課 (DOT PHAMSA OPS)	ワシントン DC	連邦規制庁	水素パイプライン供給の 保安に関する規制の実施 実態を調査
テキサス州鉄道委員会 パイプライン安全部 (TRRC)	オースティン	州規制庁	水素パイプライン供給の 保安に関する規制の実施 実態を調査
米国機械学会 (ASME)	ニューヨーク	技術基準作成機関	水素パイプライン供給の 保安に関する技術基準整 備の状況を調査
Air Product 社	ヒューストン	水素供給事業者	水素パイプライン供給の 事業運営実態を調査

3. 5 海外事例調査の概要

(1) 米国における水素パイプラインの概要

水素パイプライン延長は米国全土で約 2,600km である。10 年前までの総延長は、現在の半分以上程度であったことから、近年延長が延びている。パイプラインは主に、テキサス州、ルイジアナ州、カリフォルニア州に集中しており、特にテキサス州では、米国全土の 2/3 を占める。その要因としては、テキサス州の湾岸部に化学プラントが集中していることが挙げられる。図3. 5に米国の各州における水素パイプライン延長を示す。

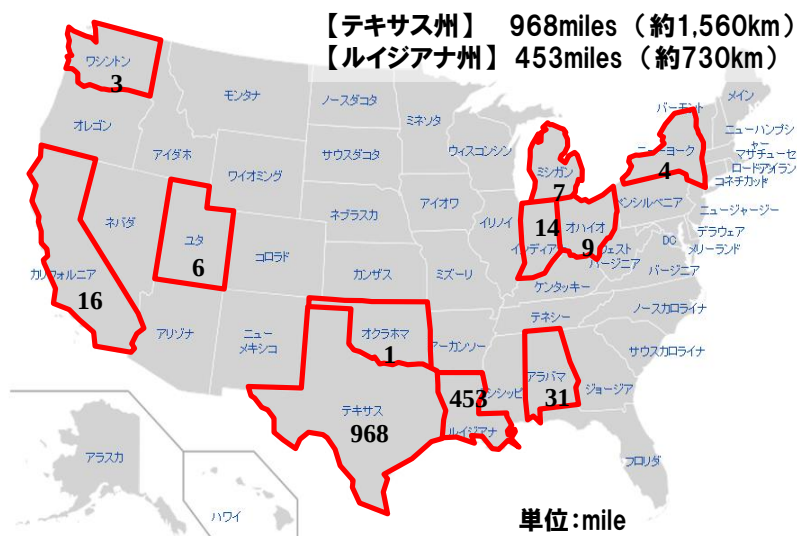


図3. 5 各州における水素パイプライン延長

1970年代より水素パイプライン事業が開始されており、それは州内および州間パイプラインにて供給されている。主な事業者としては、Air Products 社、Praxair 社、Air Liquid 社等がある。

水素の利用用途については、エネルギーとしての利用ではなく、プラント等の原料ガスとして利用されており、ほとんどがプラント間のパイプラインである。

(2) 米国におけるパイプライン事業の枠組み

図3. 6に米国におけるパイプライン事業の枠組みを示す。米国では、パイプラインの保安を目的としたパイプライン安全法（Pipeline Safety Act）が制定されており、これに基づき、運輸省（DOT：Department of Transportation）パイプライン安全課が連邦規則（Code of Federal Regulation Part 192）を策定している。連邦規則は、主に天然ガスパイプラインに関する材料、設計、建設、保守および運転に関する規定が定められており、現状、水素パイプラインも同様の規則で規制されている。

連邦規則の適用範囲は、すべてのパイプラインであるが、州間パイプラインについては連邦政府が直接管轄している。一方、州内パイプラインについては、州政府によって管轄されており、州政府は連邦規則に独自で追加規制を設けることができる。その他にも、DOE、地区規制（市、郡など）の規制があり、それらに則って事業運営を行っている。

連邦規則において、民間の技術規格が引用・補足されており、代表として ASME や API などがある。

さらに、実際の運用では、パイプライン供給事業者は、これらの規則・規格を満足するとともに、自社独自で安全規則・技術基準を定めており、それに則って運用を行っている。

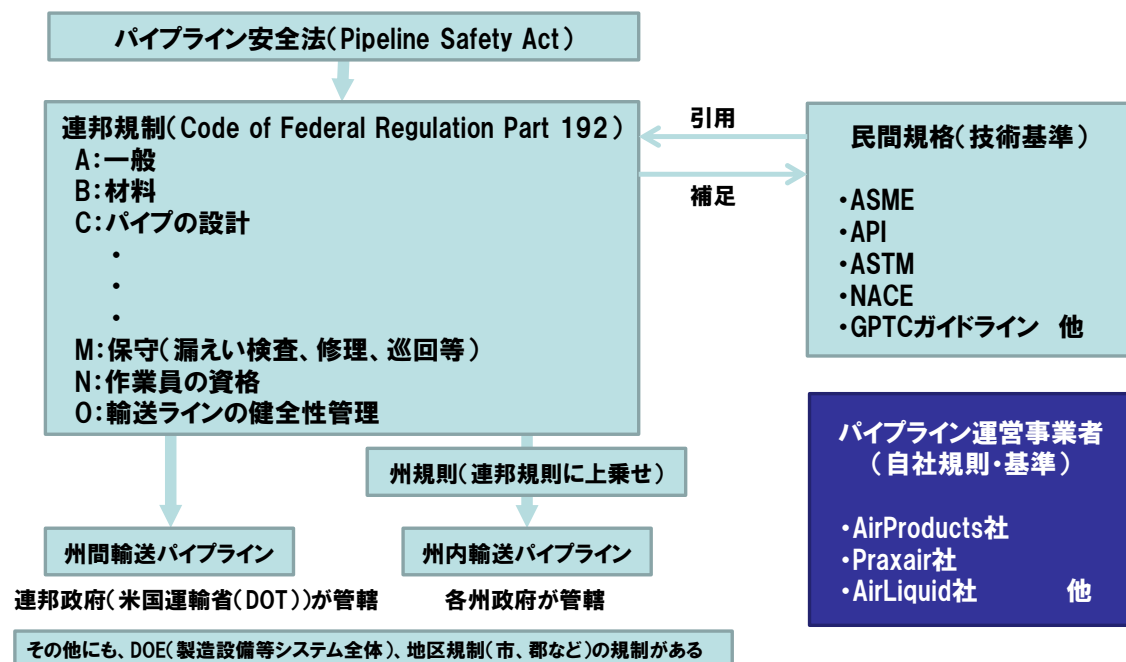


図 3. 6 米国におけるパイプライン事業の枠組み

(3) 調査結果の概要

米国においては、前節に示すような枠組みのもと、パイプライン事業が運営されている。現状では、水素独自の規則はなく、天然ガスやその他ガスと同様の規則で規制がされている。一方、機械学会(ASME: American Society of Mechanical Engineers)等においては、水素独自の技術基準が定められるなど、水素特有の課題を認識しており、将来的に水素独自の規則が策定される可能性は十分あるとのことであった。

3. 6 海外事例調査の詳細

3. 6. 1 調査実績

調査日程と調査概要について表 3. 3 に、調査団メンバーを表 3. 4 に示す。

表 3. 3 調査日程と調査概要

日 程	工 程	概 要
10 月 13 日	【移動】 出国	
10 月 14 日	【調査】 ASME	水素パイプライン供給に関する技術基準整備状況について調査
10 月 15 日	【調査】 DOT	連邦における水素パイプライン供給の保安に関する規制状況について調査
10 月 16 日	【調査】 TRRC	テキサス州における水素パイプライン供給の保安に関する規制状況について調査
10 月 17 日	【調査】 AirProducts 社	水素パイプライン供給の事業運営実態について調査
10 月 18 日	【移動】 帰国	

表 3. 4 調査団メンバー

特別専門委員	倉 渕 隆	東京理科大学 工学部 建築学科 教授
	田 辺 修	東京ガス株式会社 技術開発本部 基盤技術部長
	西 川 秀昭	大阪ガス株式会社 執行役員 導管事業部 導管部長
事務局	山 口 祐一郎	日本ガス協会 技術開発部 燃料電池・水素グループ マネジャー
	鈴 木 雅之	日本ガス協会 技術開発部 燃料電池・水素グループ
	中 山 歩	日本ガス協会 技術開発部 燃料電池・水素グループ

3. 6. 2 米国運輸省 (DOT)

日時 : 平成 26 年 10 月 15 日 (水) 13:00-14:30

場所 : DOT (1200 New Jersey Avenue, SE, Washington, DC)

面会者 : MIKE ISRANI (Senior Technical Advisor/Office of Pipeline Safety)

KENNETH Y.LEE (Director/Engineering & Research Division)

STANLEY STANISZEWSKI, JR. (General Engineer/Office of Hazardous
Materials Technology)

調査結果 :

(1) 組織概要

- ・パイプライン・有害物質安全局 (PHMSA) にて米国内のパイプラインの材料、設計、保守および運転等に関する連邦規則を策定している。
- ・州間パイプラインについては PHMSA が直接管轄しており、全国に部局 (5 エリア) がある。
- ・PHMSA の主なミッションは、安全に関わるもの以外にもコミュニティ援助やテクニカルサービス、予防保全などの啓蒙活動も実施している。
- ・PHMSA は、各州予算のうちの 50% 分の予算を負担している。

(2) 水素パイプラインに関する安全規制について

- ・パイプラインの安全規制は CFR Part 190-199 にて規定されている。
- ・水素パイプラインに関する安全規制は Part192 (天然ガスとその他ガス) の中で規定されており、水素パイプライン限定の規制はない。
- ・各州政府は追加あるいはより厳しいパイプライン安全規制を設定することが許されている。

(3) CFR Part 192 について

- ・パイプラインの安全規制に関して、設計、工事、維持管理全般を網羅している。(図 3.7)
- ・Part192 は「ASME B31.8 (天然ガス)」をベースに規定しており、引用箇所も多数ある。
- ・「ASME B31.12 (水素)」については、改訂を続けており、現時点では規制に取り入れていない。

Subpart A - 一般
Subpart B - 材料
Subpart C - 管設計
Subpart D - パイプライン構成要素の設計
Subpart E - 鋼材の溶接
Subpart F - 溶接以外による材料の接合
Subpart G - 一般建設要求条件
Subpart H - 顧客メーター、サービスレギュレーター、供給管路
Subpart I - 腐食管理に関する要求事項
Subpart J - 試験要求事項
Subpart K - 昇圧
Subpart L - 運用
Subpart M - 維持管理
Subpart N - 認証・認可
Subpart O - 輸送管路の保全管理
Subpart P - 配給管路の保全管理

図 3. 7 CFR Part 192 の構成

(4) その他

- ・水素パイプラインの技術的な課題については、付臭、引火性、水素脆性（環境・材料・ストレス）、疲労欠陥成長、水素靱性、外部腐食、他工事事故、自然災害などがあると考えている。
- ・PHMSA の調査プロジェクトとしては、水素の脆性、溶接部の熱影響、金属疲労などがある。
- ・水素パイプラインには事故の報告義務はないが、それでも報告があった事故は 2 件である。（死亡事故は 0 件）
- ・将来的に CFR の中で水素パイプライン供給専用の規定を取り込む可能性はある。

3. 6. 3 テキサス州鉄道委員会 (TRRC)

日時 : 平成 26 年 10 月 16 日 (木) 10:00-11:30

場所 : RAILROAD COMMISSION OF TEXAS 会議室

(1701 N.Congress Ave. Austin, Texas)

面会者 : Gaye Greever Mcelwain (Public Outreach Information Officer)

Mary "POLLY" Ross McDonald (Director)

Samuel Copeland (Pipeline inspector (Houston Region))

調査結果 :

(1) パイプラインに関する安全規制について

- ・州規則として、1971 年に作成し運用し、連邦政府の法律を元に作成したものをベースに RRC 自身で規則を付加したものを用いて、規制を行っている。
- ・主要なパイプラインの安全規制は、主に下記の 3 点が挙げられる。

- ①パイプラインの安全性
 - ②パイプラインの許可とマッピング（どのような地区にどのようなパイプを通すか）
 - ③事故対応と予防保全
- ・パイプライン安全規制は、連邦政府から法律上の認証（認可）を受けている。主な権限としては、下記の3点がある。
 - ① パイプラインの規則を制定することができる権限。
 - ② 寄付金の応募によりこの規制を運用する権限。
 - ③ 全調査をする調査官をトレーニングし認可する権限
 - ・テキサス州を7つの地区に分けて管轄し、各地区に複数名の調査官を配置している。（図3. 8）
 - ・パイプラインの総延長は、毎年増加傾向にある。
 - ・パイプラインの安全性に関して実際に行っていることは、安全性の評価、特殊な検査、事故究明、クレーム対応、運用補佐、一般広報があげられる。
 - ・上記以外の活動として、パイプライン輸送についての内容や事故予防保全がある。特に事故予防保全には力を入れている。

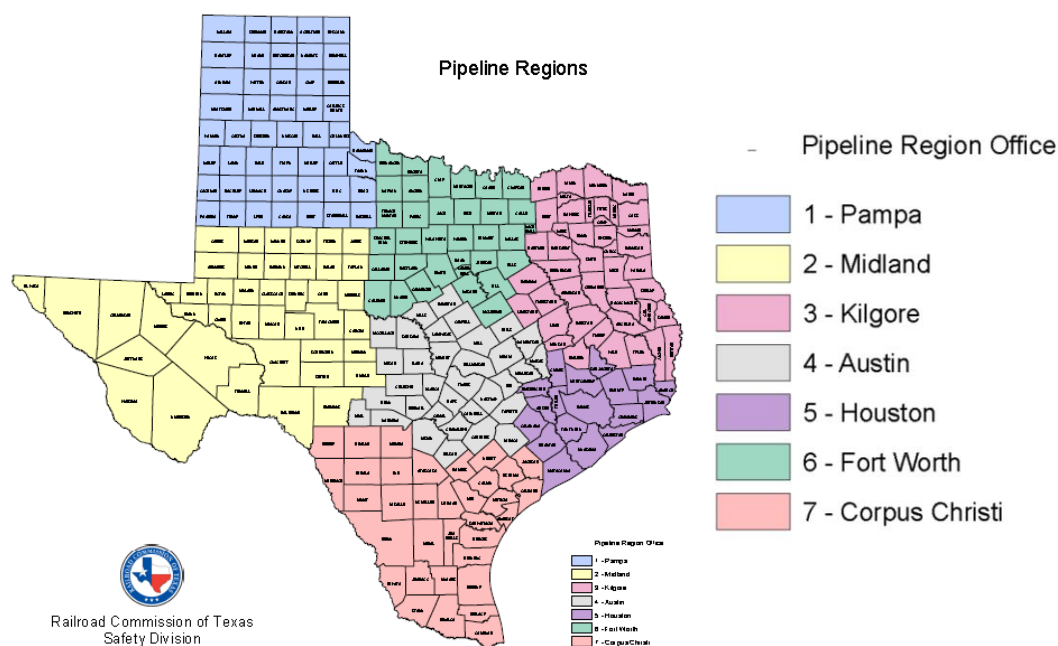


図3. 8 テキサス州における管理区分

（2）水素パイプラインに関する安全規制について

- ・水素と天然ガスの規制において差はない。連邦政府及び州が規制しているのは、基本的な事項のみになる。より具体的な規制については、事業者ごとに独自に作成されており、事業者ごとにガスの種類の違いに準じた規制を持っている場合がある。

- ・水素パイプラインの懸念事項としては、第3者事故（他工事事故・災害）や外部腐食が挙げられる。特に他工事事故を無くすためのプログラムを作成し、有効に作用している。
- ・州政府としての今後の目標は、①掘削工事連絡の頻度を上げていくこと、水素への付臭措置の検討（ただし、食品加工などに用いる場合など付臭できないという課題がある）などが挙げられる。
- ・天然ガスパイプラインと水素パイプラインは並行して埋設されているが、視覚的な識別はできない。掘削の事前連絡により、それぞれ関係事業者（通信・電話・ガスなど）が立ち会うことで事業者が判断している。

3. 6. 4 米国機械学会（ASME）

日時：平成26年10月14日（火） 13:00-14:30

場所：ASME（Two Park Avenue New York, NY）

面会者：JOHN J. KOEHR（Managing Director/ASME）

MARK E. SHEEHAN（Managing Director/ASME）

PAUL D. CLERI, PE（Director/ASME）

JOHN GRIMES（Project Manager/ASME STANDARDS TECHNOLOGY, LLC）

調査結果：

（1）組織概要

- ・米国機械学会（ASME）において、水素を含め、パイプラインに関する技術基準を策定している。（表3. 5）
- ・水素パイプラインに関する技術基準として「ASME B31.12」がある。

表3. 5 輸送・配給パイプラインに関連する主な基準

No.	基準名	概要
B31.12	Hydrogen Piping and Pipelines	水素パイプラインの設計、運転、維持管理全般に関する基準
B31.8	Gas Transmission and Distribution Piping Systems	パイプラインの設計、運転、維持管理全般に関する基準。（連邦規則に引用）
B31.8S	Supplement to B31.8 on Managing System Integrity of Gas Pipelines	陸上輸送パイプラインの健全性評価に関するガイドライン（連邦規則に引用）

(2) 「ASME B31.12」について

- ・ 2004 年より水素に関する技術基準検討を開始し、2008 年に「B31.12」を策定。2011 年に一度、改訂を行っており、今後の改訂を見据え、現在も技術調査（PHAMSA プロジェクト等）を継続している。（表 3. 6）
- ・ 「B31.1（動力）」、「B31.3（化学・石油精製）」、「B31.8（天然ガス）」の適用できるセクションをベースに検討している。
- ・ 検討にあたっては、ASME 担当者の他、パイプライン事業者（AirProducts 社、Praxair 社など）やコンサルタント会社の有識者による委員会を組織している。

表 3. 6 ASME B31.12 の作成経緯

2004 年～	水素パイプラインに関する技術基準の検討開始（外部有識者による委員会を組織）
2008 年	「ASME B31.12」（Hydrogen Piping and Pipelines）を策定
2011 年	「ASME B31.12」を改訂
現在	技術調査（DOT プロジェクト等にて）を継続中

3. 6. 5 Air Products 社

日時 : 平成 26 年 10 月 17 日（金） 8:30-10:30

場所 : Air Products 社 会議室（12600 Northborough Dr. Ste. 196 Houston, TX）

面会者 : Ronald L. Jordan（Marketing Manager/Tonnage Gases, Equipment and Energy）

調査結果 :

(1) 会社概要

- ・ 主に以下の 6 つの地域で水素パイプラインを運営している。（図 3. 9）
 - ーカナダ アルバータ州 エドモントン
 - ーカナダ オンタリオ州 サルニア（五大湖周辺）
 - ーオランダ ロッテルダム
 - ータイ マプタプット（小規模のパイプラインシステム）
 - ーアメリカ カリフォルニア州 ロサンジェルス
 - ーアメリカ テキサス州～ルイジアナ州（最大のパイプラインシステム）
- ・ 水素パイプラインの他にも、酸素ガスパイプラインや CO ガスパイプラインなどの事業も運営をしている。
- ・ 水素を利用する顧客としては、石油精製や化学製品製造等を行うプラントが中心。

Strong Hydrogen Pipeline Positions



図 3. 9 AirProducts 社の主な水素パイプライン

(2) 米国での水素パイプライン供給における主な課題

- ・ 水素パイプライン事業を行う上では、以下の 2 つが主な課題である。
 - ー 私有地や公共地をパイプラインが通る場合や高速道路、鉄道、上下水道ラインをパイプラインが交差する場合への対応
 - ー 米国では 5 つの規制 (DOE (パイプラインや製造設備を含むシステム全体を規制)、テキサス州、地区規制 (市や郡などの独自のもの)、API (アメリカ石油協会)、DOT) を受け、事業運営を行うこと
- ・ その他にも、自社で定めた規則があり、それらに従って事業を運営している。
 - ー 例えば、EF バルブ設置、露出配管をなくす、他工事対策、遠隔集中監視システムでの管理等がある。(図 3. 10)



図 3. 10 遠隔集中監視システム コントロールセンター

- ・ EF バルブは流量のみに対して自動制御するものだが、遠隔集中監視システムでは圧力や流量の管理も行っているため、必要に応じてそのシステムによってバルブの開閉も行うことができる。
- －EF バルブステーションは必ず地上に露出させなければならないため、周囲はフェンス等の防護壁を有する。(図3. 11)
- －メンテナンス用のバイパス配管を有する。
- －必ずサインプレートを設置し、連絡先等を表記することが義務付けられている。



図3. 11 EV バルブステーション

- ・ 地区規制はテキサス州内にもある。典型的な地区規制の例は、どこに（どのルートで）敷設できるか（公共施設からの離隔距離）、EF バルブの設置間隔、工事現場関連の規制（どの時間帯に工事可能か等）がある。
 - ・ 遠隔集中監視センターは、24 時間稼働で、経験豊富なオペレータによる監視を行っている。最低でも2名、日中は4～5名の体制で管理。
- (3) メキシコ湾周辺の水素パイプラインの概要
- ・ 世界最長の水素パイプラインであり、総延長は675mile（約1,100km）。
 - ・ 25の水素供給関連施設を有し、メタン水蒸気改質装置が10箇所（特に大規模なものが4箇所）、部分酸化施設が2箇所ある。
 - ・ 50以上の顧客に対し、長期契約により、水素供給を行っている。
 - ・ パイプラインの総容量は、14億立方フィート（約4,000万m³）。約150万m³/hrの供給能力を有する。
 - ・ 圧力調整弁は、製造プラント、EFバルブ、供給先顧客に設置されている。
 - ・ 供給圧力は、650～700psi（約4～5MPa）。

- ・ 現在、建設中のプラントやパイプラインが存在する。
- ・ その他にも、O₂ パイプラインや CO パイプラインがあり、CO パイプラインは世界最長のものである（約 60mile（約 100km））。安全性を考慮して、これ以上の延長のパイプラインは敷設されない。
- ・ 口径は 4～18inch（10～46cm）程度。
- ・ 水素純度は 99.99%以上。ほとんどが、99.999%以上の純度である。

（４）AirProducts 社での事故事例

- ・ 水素パイプラインの事故は、他工事による損傷による漏えい事例がある。
 - －EF バルブの稼動により、大きな事故になるほどの漏えいにならなかった。
 - －EF バルブの設置間隔は 30mile（約 48km）程度。微少漏えいでは EF バルブは作動しないが、目視検査や 10 年に 1 度の検査（区間を遮断し、耐圧・気密性を確認）により、漏えいの調査をしている。

（５）その他

- ・ 水素パイプライン運営における技術基準については、ASME の他、社内基準によって運営している。
 - －ASME は最低限の技術基準であるため、実際の運営では安全性を加味し社内基準を設けている。
 - －1 つの例としては、パイプの肉厚であり、ASME の基準を大きく上回る基準を社内では有している。
 - －EF バルブの設置間隔についても、敷設ロケーションにより基準値を定めている。
- ・ 水素ガスへのパージ方法は、不活性ガス（N₂ ガス）により置換した後に、水素ガスへ置換している。
- ・ 水素純度の管理は、始点と終点にて濃度測定している。分岐がある場合もそれぞれの終点で測定している。
- ・ 漏えい検査の方法は、地表面の目視検査、始点と終点の流量バランスで確認している。
- ・ 耐圧試験の試験圧力は、運用圧力の 1.1 倍にて行う。
- ・ 供給圧力の管理は行っておらず、製造時の圧力で供給している。顧客（利用者）が必要に応じて減圧等により圧力調整を行い、使用している。
- ・ 水素専用のガバナを用いている。天然ガス用のガバナとは異なる。
- ・ 水素供給事業者と顧客における資産区分は以下の通り。デリバリーステーションを出たところから顧客の資産となる。デリバリーステーション内の FI（Flow Indicator）で水素ガス使用量を計量している。（図 3. 1 2）

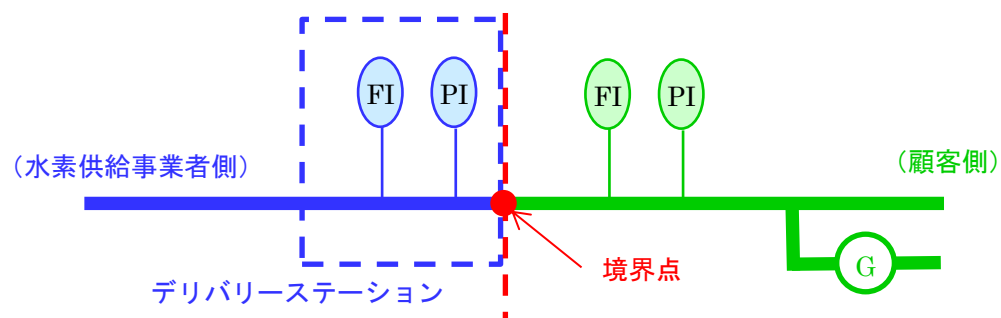


図3. 1 2 試算区分の考え方

4. 水素パイプライン等に係る法令面・技術面の課題等の抽出と、技術基準の整備に向けた事前検討

4. 1 水素パイプライン等に係る法令面・技術面の課題等の抽出

平成 23 年度から平成 25 年度において実施した中低圧導管に関する水素ネットワーク構築導管保安技術調査と、26 年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査の他事業及び水素パイプライン供給に関する事例・保安規制実態調査の結果を踏まえ、国内で水素パイプライン供給の運用を図る際、現行ガス事業法の技術基準等に照らした場合の技術面及び法令面の課題を抽出しとりまとめた。

4. 1. 1 事業スキームの想定

技術面及び法令面の課題抽出するため、水素パイプライン供給の事業スキームを想定した。想定した事業スキームを以下に示す。

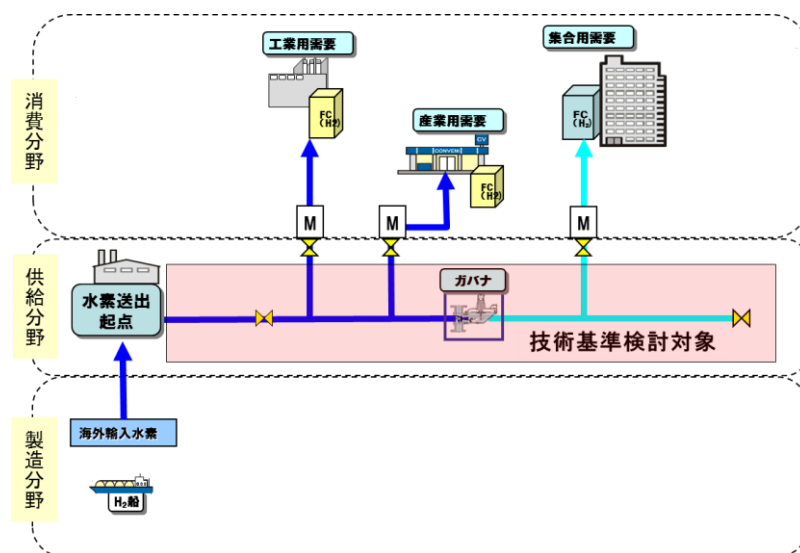


図 4. 1 事業スキーム

事業スキームに示す都市ガス事業における外管部分（中・低圧）を対象に課題整理を実施した。

4. 1. 2 法令面・技術面の課題整理

ガス工作物の技術基準に関する解釈例をベースとして、該当／関連する条項に対して、懸念となる対象及び水素供給における懸念課題等を示し、将来的な技術基準の見直しに活用可能なデータとなるように整理を実施した。

導管材料に関する懸念課題については、使用する材料を限定すれば将来的な技術基準等の整備に伴う影響度は小さいと考える。防護措置に関する懸念課題については、実現場での水素のリスク評価が未実施のため、今後、検討が必要である。

表 4. 1 抽出した懸念課題について

解釈例条項		想定スキームにて 懸案となる対象	水素国プロでの調査状況	水素供給における懸念課題等
第 1 条	立ち入りの 防止等	整圧器の設置場所	<H23～H25 事業> NBR 製ダイヤフラムからの微量な水素透過は確認されたが、整圧器全体やシール部分からの漏れは確認されず。 整圧器室への設置が可能であることを確認。 <H26～H27 事業> 閉空間での水素拡散挙動を調査中。	整圧器にあつては、次に掲げるいずれかの措置を実施。 ・ 整圧器を室（箱等を含む）に設置する措置 ・ 整圧器を地下のマンホール及びピット等の内に設置する措置 上記場所に設置し、水素が漏えいした場合の安全性が懸念課題である。
第 14 条	導管等の材 料	導管等の材料	<H17～H19 事業> ①SGP および STPG の水素脆化影響を確認。 ②PE 管および PE 管接合部（バット・EF）の水素影響を確認。 <H23～H25 事業> SGP および STPG への水素供給用付臭剤による影響を確認。	主要な導管材料（SGP、STPG 及び PE 管）に対して水素への適用性を調査し、問題ないことを確認している。 解釈例に記載されている導管等の材料で水素への適用性について調査していない材料がある。もし、水素供給で使用する場合は、調査が必要である。
第 41 条	導管の構造	導管の接合方法	<H17～H19 事業> 継手について耐久加速を実施した上で水素気密性を確認。 <H26～H27 事業> 集合住宅を想定した場合の内管継手について水素気密性およびシール部材の長期水素暴露影響を調査中。	主要な接合方法に対して水素への適用性を調査し、問題ないことを確認している。 解釈例に記載されている導管接合方法で水素への適用性について調査していない接合方法がある。もし、水素供給で使用する場合は、調査が必要である。

解釈例条項		想定スキームにて 懸案となる対象	水素国プロでの調査状況	水素供給における懸念課題等
第 44 条	伸縮吸収措置	埋設されている導 管以外の導管（伸 縮継手を用いる方 法）		伸縮継手（ペローズ型、ド レッサー型）の水素への適用 性について調査していない。 水素供給で使用する場 合は、調査が必要である。
第 54 条	溶接施工法	溶接部	＜H17～H19 事業＞ SGP および STPG370 の 開先溶接部（溶接方法：被覆 アーク溶接、TIG 溶接）の水 素脆化影響を確認。	解釈例に記載されている一 部の溶接方法の溶接部に対し てのみ水素への適用性を調査 し、問題ないことを確認して いる。 残りの溶接方法の溶接部を 水素供給で使用する場合は、 調査が必要である。
第 57 条	溶接部の継 手の形式	溶接部	＜H17～H19 事業＞ SGP および STPG370 の 開先溶接部（溶接方法：被覆 アーク溶接、TIG 溶接）の水 素脆化影響を確認。	解釈例に記載されている一 部の溶接継手の形式に対して のみ水素への適用性を調査 し、問題ないことを確認して いる。 残りの溶接継手の形式を水 素供給で使用する場合は、調 査が必要である。
第 62 条	非破壊試験 の再試験	再溶接		再溶接部の水素脆化影響に ついて調査していない。 再溶接を認める場合、調査 が必要である。
第 77 条	臭気の確認	「容易に臭気によ るガスの感知がで きる」の確認方法	＜H18～H20 事業＞ 水素の地盤中での拡散挙 動を確認。	都市ガスとの区別方法につ いて検討する必要がある。
第 102 条	水取り器	水取り器		水取り器の水素への適用性 について調査していない。 水素供給で使用する場 合は、調査が必要である。

解釈例条項		想定スキームにて 懸案となる対象	水素国プロでの調査状況	水素供給における懸念課題等
第 104 条	道路面に露出している 導管の防護 措置	道路面に露出して いる導管		都市ガスで採用している防護方法が水素供給でも妥当であるか確認する必要がある。
第 105 条	導管の防護 措置	導管		防護方法（標識シート、プレート、防護シート等）の妥当性について確認する必要がある。 本支管を地盤面下 0.6m 以上埋設する措置についての妥当性について確認する必要がある。 都市ガスと平行に敷設されたときの区別方法について検討する必要がある。
第 106 条	本支管に設けるガス遮断装置	危急時にガスの遮断操作ができる装置	<H26～H27 事業> 中圧用ボールバルブの水素適用性について調査中。	現在の事業で、バルブの水素への適用性について調査中である。
第 110 条	緊急ガス遮断装置	緊急ガス遮断装置	<H26～H27 事業> 緊急ガス遮断装置の水素適用性について調査中。	緊急ガス遮断装置の水素への適用性について調査中である。
第 122 条	ガス遮断措置の基準	ガス事業者の掘削により周囲が露出することになった導管（100m以上）へのガス遮断措置	<H23～H25 事業> ガスバックおよびスクイズオフの遮断性能を確認。スクイズオフにて若干の越しあり。	ポリエチレン管を採用した場合、スクイズオフ以外の遮断措置について検討する必要がある。

4. 2 技術基準の整備に向けた事前検討

技術基準の整備に向けた事前検討として、将来、水素パイプラインの工事・維持管理・運用に際してガス事業法以外に制約を受けると考えられる関連法規の法令名称と関連事項を示し、将来的な技術基準の整備に活用可能なデータとなるように整理を実施した。

表 4. 2 関連法規

法令名称	関連事項
道路法	道路の占用並びに掘削、埋め戻し、復旧に関する基準及び規制事項
同 施工令	
同 施工規則	
道路橋示方書	高速自動車国道、一般国道、県道及び市町村道における重要な橋の設計及び施工に適用する
都市計画法	土地の開発行為の許可並びに建築に関する規制事項
同 施工令	
土地区画整理法	指定区域内での土地の形質の変更、建築等に関する規制事項
同 施工令	
都市公園法	公園又は緑地における占用並びに掘削に関する基準及び規制に関する事項
同 施工令	
河川法	河川、準用河川の流水敷、堤防敷並びに付近地の占用及び掘削の規制に関する事項
同 施工令	
同 施工規則	
河川管理施設等構造令	
海岸法	海岸、防潮堤等海岸保全区域の占用並びに掘削に関する基準及び規制に関する事項
同 施工令	
港湾法	漁港、港湾施設等港湾区域内の占有に関する基準及び規制に関する事項
同 施工令	
下水道法	公共下水道及び都市下水道の占用行為の規制に関する事項
同 施工令	
建築基準法	建築物の敷地・構造・設備の基準及び規制に関する事項、整圧器室等の建築確認申請に関する事項、3 階以上の新設共同住宅のガス設備に関する事項
同 施工令	
同 施工規則	
同 告示	

法令名称	関連事項
共同溝の整備等に関する特別措置法	共同溝に関する占用許可及び埋設物の構造等の基準に関する事項
同 施工令	
同 施工規則	
急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法令	指定区域内における占用並びに掘削に関する基準及び規制に関する事項
同 施工令	
地すべり等防止法	
宅地造成等規制法	
砂防法	
自然公園法	
都市緑地保全法	
文化財保護法	埋設文化財を有する土地を掘削する場合及び掘削により遺跡等を発見した場合の届出等に関する事項
建設工事公衆災害防止対策要綱	建設工事の施工に当たって当該工事の関係者以外の第三者に対する生命、身体及び財産に関する危害並びに迷惑を防止するために必要な計画、設計及び施工の基準に関する事項
建設副産物適正処理推進要綱	建設副産物（建設発生土と建設廃棄物）を発生者及び施工者が適正に処理するために必要な基準に関する事項
廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃掃法）	事業活動に伴って生じた廃棄物の排出の抑制と分別、保管、収集、運搬、再生、処分等についての規制に関する事項
資源の有効な利用の促進に関する法律	副産物や廃製品を開発、設計、使用の段階から再生資源として利用できるように努めることに関する事項
建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（建設リサイクル法）	特定の建設資材について、建設工事に係る資材の再資源化に関する事項
同 施工令	発注者及び受注者が、コンクリート、アスコン等の建設資材を適正に分別解体することに関する事項

法令名称	関連事項
土壌汚染対策法	土壌の特定有害物質による汚染の状況の把握に関する措置及びその汚染による人の健康に係る被害の防止に関する措置に関する事項
道路交通法	道路掘削及び道路上工事に係る交通上の規制事項
労働基準法	工事についての安全基準及び衛生基準並びにガス工事現場の責任者、掘削作業土止め支保工作業の主任者、アーク溶接作業の従事者、放射線業務の従事者、酸素欠乏危険場所での作業の従事者等に関する事項、石綿を扱う作業の従事者に関する事項
労働安全衛生法	
同 施工令	
労働安全衛生規則	
電離放射線障害防止規則	
酸素欠乏症等防止規則	
石綿障害予防規則	
電気事業法	電気設備の防爆、電気防食施設の設置基準に関する事項、電気設備がガス管等に接近する場合の制限、防護措置に関する事項
同 施工令	
同 施工規則	
電気設備に関する技術基準を定める省令	
建設業法	建設業を営む者の施工技術の確保、請負工事を施工するときの主任技術者の設置に関する事項
環境基本法	建設作業に伴って発生する悪臭、騒音、振動等の規制に関する事項
騒音（振動）規制法	
同 施工令	
同 施工規則	
同 告示	
悪臭防止法	
同 施工令	
同 施工規則	
同 告示	
大規模地震対策特別措置法	警戒宣言が発せられた場合の工事の中断等に関する事項
災害対策基本法	防災に関する計画の作成、組織の整備、行政機関への協力等に関する事項

法令名称	関連事項
特定ガス消費機器の設置工事の監督に関する法律	特定ガス消費機器の設置又は変更工事の事業を行う者の工事の監督に関する事項
同 施工令	
同 施工規則	
消防法	消費機器設置に関する事項、ガス漏れ警報設備に関する事項、漏れたガスが滞留するおそれのある場所でのガス設備の設置制限、規制措置に関する事項
同 施工令	
同 施工規則	
火災予防条例（例）	
計量法	自記圧力計の検定等に関する事項 ガスメーターの検定、検査に関する事項
同 施工令	
同 施工規則	
特定計量器検定検査規則	
基準器検査規則	
電波法	無線設備の操作を行う無線従事者の資格に関する事項
無線従事者操作範囲令	
電気工事士法	外部電源装置等の配線及び電線の接続等の作業の従事者に関する事項
同 施工令	
同 施工規則	
住宅の品質確保の促進等に関する法律	ガス配管の経路、工法等及び都市ガス警報器の設置に関する事項
個人情報保護に関する法律	個人情報の利用、取得、保管等に関する事項

5. 謝辞

本調査事業の遂行にあたり、ご指導いただいた特別専門委員会の倉渕委員長ならびに委員の皆さま、調査の実施や内容のまとめでお世話になった推進ワーキンググループの皆さま、また、国内外の事例調査で多大なるご協力をいただいた自治体、規制当局、海外メーカー様の皆さまに厚く感謝の意を表します。

また、本調査事業の実施により、水素ガス導管供給における基本的な保安の確保に関する重要な知見を得ることができ、事業を立案・実施いただいた経済産業省 商務流通保安グループ ガス安全室殿に深く感謝の意を表します。