

平成 2 4 年度水素ネットワーク構築
導管保安技術調査事業
(総合調査)

調 査 報 告 書

平成 2 5 年 3 月

一般社団法人 日本ガス協会

目 次

I. 調査の概要

1. 背景と目的	1
2. 調査実施体制	1
3. 調査内容	6
3. 1 他調査の実施者に対する助言等	6
3. 2 委員会の設置、運営	6
3. 3 水素パイプラインの利用と保安に関する事例調査	6
3. 4 概略スケジュール	7

II. 調査の実施結果

1. 他調査の実施者に対する助言等	8
1. 1 水素拡散挙動調査	8
1. 2 付臭剤添加による金属系材料の水素脆化影響調査	8
1. 3 施工方法及び供給設備の安全性評価調査	9
1. 4 水素導管圧力解析調査	10
2. 委員会の設置、運営	11
2. 1 特別専門委員会	11
2. 2 推進ワーキンググループ	12
3. 水素パイプラインの利用と保安に関する事例調査	15
3. 1 目的	15
3. 2 調査結果の概要	15
3. 3 調査結果の詳細	17
3. 3. 1 調査実績	17
3. 3. 2 Air Liquide 社	19
3. 3. 3 Toyota 社	24
3. 3. 4 Emerson 社	28
3. 3. 5 Elster 社	32

I. 調査の概要

1. 背景と目的

平成 21 年 7 月の総合資源エネルギー調査会都市熱エネルギー部会において「低炭素社会におけるガス事業のあり方」についての政策提言がなされ、「省 CO2 を図りつつ安定的なエネルギーの供給を確保するためには（中略）二次エネルギーとして将来的に水素を活用することが重要」であり、「水素ステーションを起点に水素パイプラインを通じて水素を供給できるようなネットワーク（ローカル水素ネットワーク）を構築していくことが重要な課題」と提起されている。

また、平成 23 年 1 月に国内の自動車メーカー及び水素供給事業者 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しては、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）等がなされてきたが、保安の確保に関して系統的な検討はなされていない。

そこで、一般需要家向けの水素のパイプライン供給に際して、保安確保のために必要となる導管等のガス工作物について、そのネットワークとしての運用にかかる安全基準や工法等の具体的措置を明確化し、また、これに有用な基盤技術、知見を整理し、ガス事業法の技術基準等の見直しに反映させることを目的とし、「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」（以下、「本事業」とする）を実施する。

2. 事業実施体制

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し、調査事業全体が 5 事業に分割され、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 24 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。

本事業にあたっては、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）にて、水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業全体を専門的に運営するとともに、学識経験者、専門家、ガス事業者を代表する団体等から構成される「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、委員会という。）を設置し（委員の選任を含め）、事業の計画及び進捗状況等について、総合的に検討・評価を行いつつ事業を推進し、成果をとりまとめた。

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テーマ毎の計画及び進捗状況等について確認を行った。

図 2. 1 に調査実施体制（全体関連図）、図 2. 2 に調査実施体制（日本ガス協会）を示す。また、表 2. 1～2. 3 に委員会等の名簿を示す。

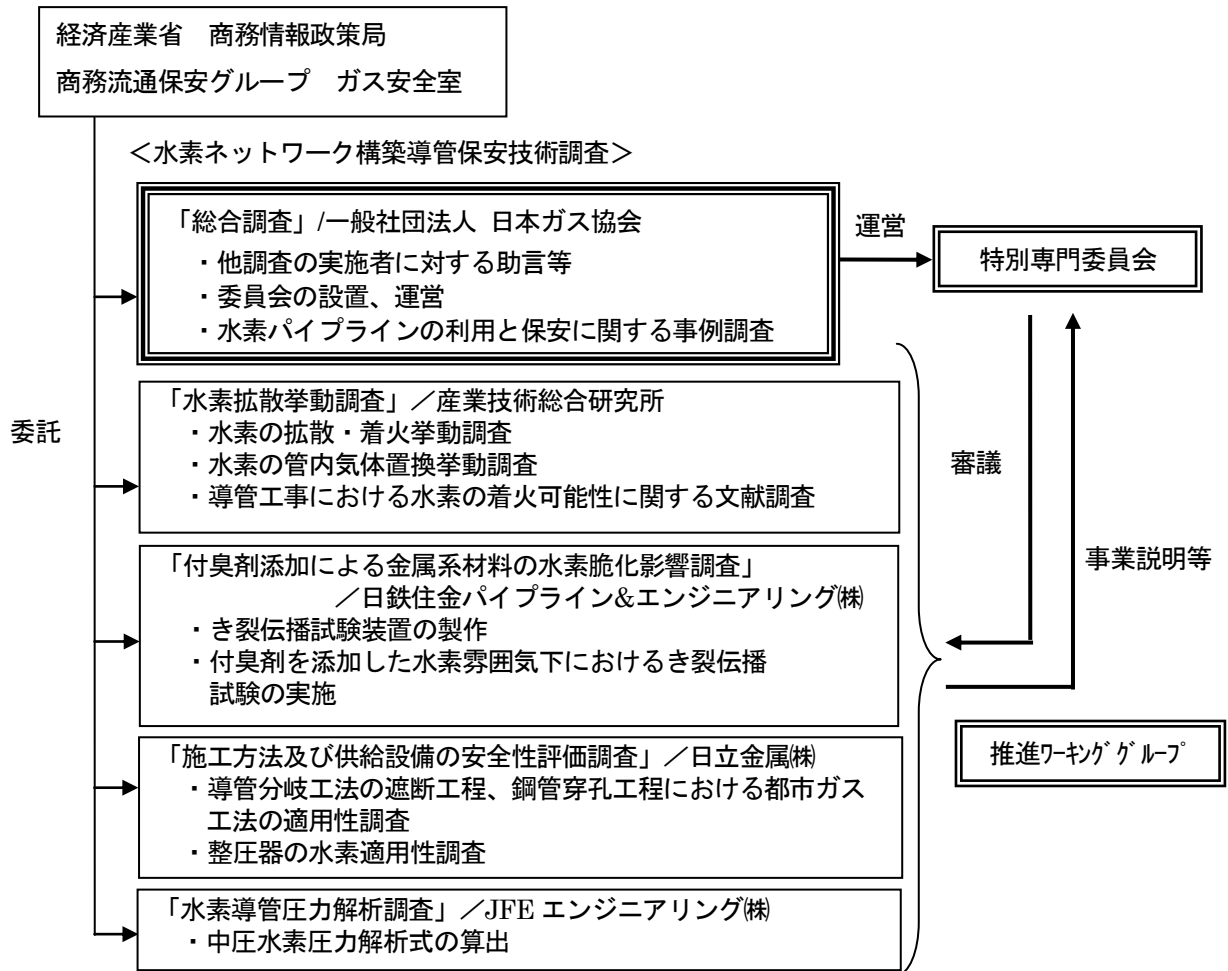


図2. 1 調査実施体制（全体関連図）

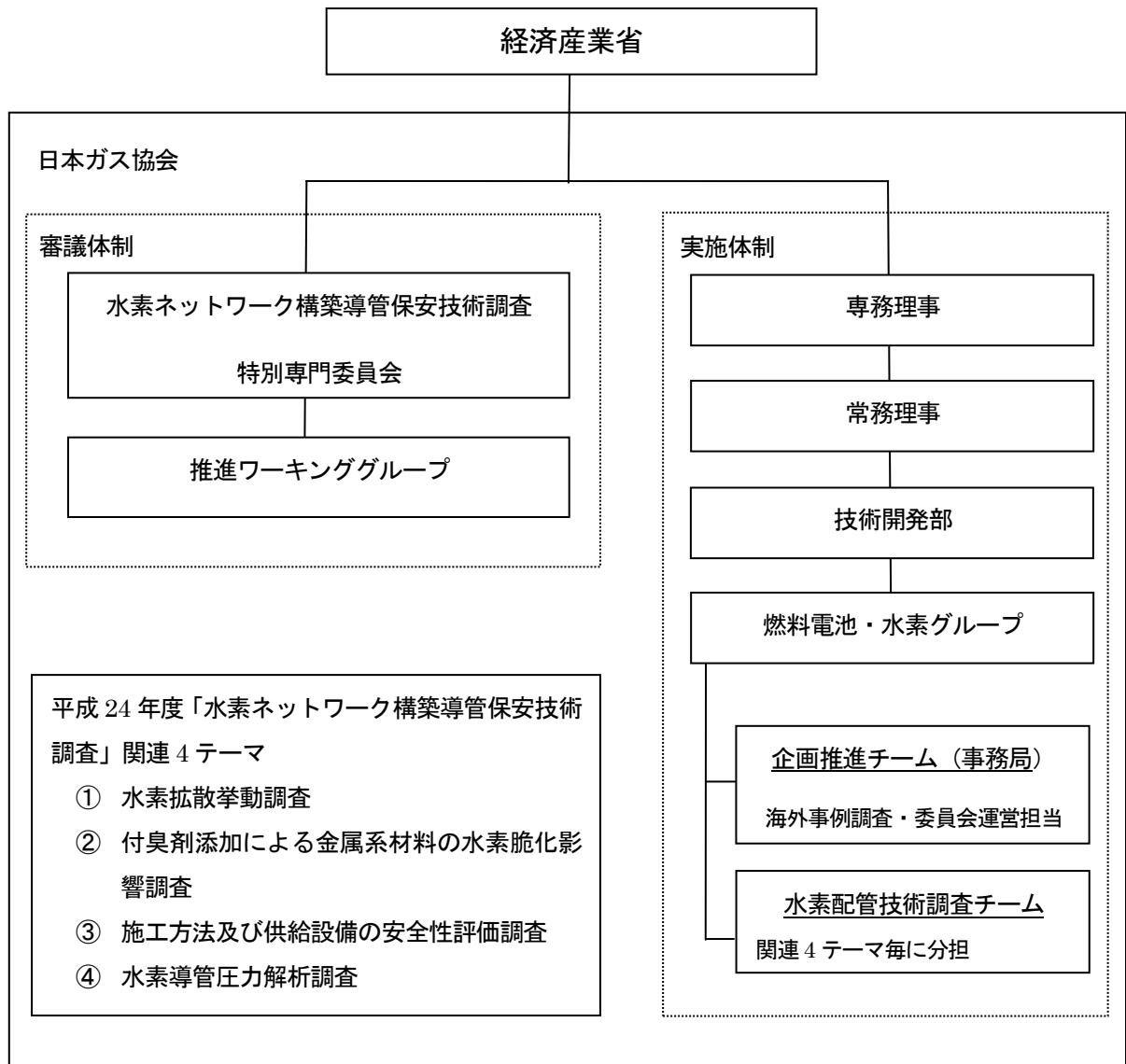


図 2. 2 調査実施体制（日本ガス協会）

表2. 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	岡崎 健	東京工業大学大学院 理工学研究科大学院理工学研究科教授
委員	栗飯原 周二	東京大学 工学系研究科システム創成学専攻教授
	吉川 暢宏	東京大学 生産技術研究所革新的シミュレーション研究センター教授
	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
	井上 雅弘	九州大学大学院 工学研究院地球資源システム工学部門 水素エネルギー国際研究センター准教授
	菱沼 祐一	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 理事 導管事業部 導管部長
関係者	堀越 裕太郎	経済産業省 商務情報政策局 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
	川原 佑介	経済産業省商務情報政策局 商務流通保安グループ ガス安全室 ガス・熱供給保安係長
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 2. 2 推進ワーキンググループ名簿

リーダー	速水 征志	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	産業総合技術研究所 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
	櫻井 彰一郎	日鉄住金パイプライン&エンジニアリング株式会社 技術・品質本部 技術部長
	徳 多加志	日立金属株式会社 桑名工場 技術部長
	卯西 裕之	JFE エンジニアリング株式会社 パイプライン本部 ソリューションチームリーダー
	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
	伊藤 久敏	同 上
	樋口 裕思	同 上
	鈴木 清	同 上
	川口 忍	同 上
	後藤 忠広	同 上
	吾郷 哲郎	同 上
	中山 歩	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 2. 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	和田 洋幸
技術開発部長	団栗 知男
グループマネジャー	速水 征志
企画推進チーム	近藤 諭、安河内 勇人、岸 雅文 島村 誠、富田 秀之 (鴫矢 直紀)
水素配管技術調査チーム	鍵屋 慎一、伊藤 久敏、樋口 裕思、鈴木 清、 川口 忍、後藤 忠広、吾郷 哲郎、中山 歩
* () 内は旧メンバー	

3. 事業内容

3. 1 他調査の実施者に対する助言等

平成 24 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 24 年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（付臭剤添加による金属系材料の水素脆化影響調査）、平成 24 年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（施工方法及び供給設備の安全性評価調査）及び平成 24 年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（水素導管圧力解析調査）（以下「他調査」という。）の実施者に対し必要な助言等を行う。

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、本事業の実施・推進に当たると共に、各メンバーを、他調査のテーマ毎に専門的に担当配置し、他調査の実施者との連携を図りながら必要な協議、助言を行う。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、各実施者との個別テーマ毎の連携のための会議体として「事業者連携会議」を設定し、必要に応じ適時開催の上、業務に当たる。

3. 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・燃焼、材料、都市ガスのガス導管施工方法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、その専門家からな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を設置する。当委員会において他調査を含めた調査事業全体を対象とし、事業の計画、進捗及び成果について助言、審議等を実施する。

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する。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」を設置し、関連する他調査の実施者間の調整、事業全体の進捗管理、成果の確認を実施する。

3. 3 水素パイプラインの利用と保安に関する事例調査

北米において、事業として水素インフラを運営する事業者及びガス供給設備製造事業者に対する現地調査及びヒアリング等を実施し、水素パイプラインによる水素供給に関する安全性確保の動向及び技術課題の収集・整理を行う。

＜主な調査項目＞

- ・水素パイプラインの設計思想（運用基準・自主基準等）及び仕様
- ・水素パイプラインの施工手法（分岐取り出し、管内ガス置換等）
- ・水素パイプラインの維持管理手法（緊急漏えい対応、設備の維持管理等）
- ・水素パイプラインネットワークを構成する供給設備（整圧器・計量器等）の仕様及び特性
- ・水素利用機器の仕様、使用状況

3. 4 概略スケジュール

上記、3. 1から3. 3に示す事業内容に関する概略スケジュールを表3. 1に示す。

表3. 1 概略スケジュール

	平成 24 年						平成 25 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									
水素パイプラインの利用 と保安に関する事例調査					—				

Ⅱ. 調査の実施結果

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

(1) 水素漏えい拡散・着火影響調査

本調査に関しては、水素漏えい発生時の安全を確保するための基礎データとなるよう、ガス供給設備を維持管理するという視点から助言を行った。

① 調査目的

- ・ 中低圧の水素パイプライン供給を想定した場合に考え得る水素の拡散挙動、水素の着火影響を調査する。

② 考察

- ・ 今年度と昨年度の調査結果により腐食孔を想定した水素漏えい時の水素拡散・着火影響等が明確となり、水素漏えいが発生した際の安全確保対策検討に有益なデータが蓄積された。

(2) 管内ガス置換調査

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、実施工条件に沿った調査ができるような助言を行った。

① 調査目的

- ・ 新設パイプラインのガス開通時等で管内のガスを置換（空気から水素等へ）する際の水素の挙動について調査を実施する。

② 考察

- ・ 今年度は水素と空気の間部分的に挿入する窒素（不活性ガス）の層が放散側まで保持される条件があることが確認でき、窒素部分挿入による効率的かつ安全な置換作業の可能性を見出すことができた。
- ・ 今後は、口径や延長の変化に対する、水素と空気の混合気を形成しない窒素量の条件等を調査する必要があると考えられる。

1. 2 付臭剤添加による金属系材料の水素脆化影響調査

本調査に関しては、都市ガス事業者として知見を有する付臭剤の成分や性状について、評価用付臭剤として最適な選択ができるよう助言を行った。

(1) 調査目的

- ・ 漏えい検知用のために使用する付臭剤を添加した水素による配管材料への水素脆化挙動に係る調査を実施する。

(2) 考察

- ・平成 24 年度は試験材料 SGP を対象として付臭剤影響確認試験を実施したが、今後は SGP と並んでガス事業で一般的に広く使用されている STPG を用いた同様の試験を実施する必要があると考えられる。(STPG は、平成 24 年度に SGP と共に材料基本特性調査を既に実施済であること、また、過去の調査事業においても多くのデータを取得済みであることから、それらのデータを活用することにより、効率的に評価を行うことができると考えられる。)

1. 3 施工方法及び供給設備の安全性評価調査

本調査に関しては、ガス遮断、穿孔時の実作業状況や自主的に定めている作業上の基準を示すなど、助言を行った。

(1) ガス遮断安全性調査

① 調査目的

- ・水素のパイプライン供給に対して、現行の都市ガス工法が安全に使用できるかの安全性評価調査を実施する。

② 考察

- ・水素に対する遮断性評価結果に関しては、すべての条件で着火可能性が否定できるものではなかったが、都市ガス導管工事同様に、切断した導管先端の保護・閉塞といった措置を講ずることで、十分に水素への適用は可能と考えられる。

(2) 鋼管穿孔安全性調査

① 調査目的

- ・水素のパイプライン供給に対して、現行の都市ガス工法及び供給設備が安全に使用できるかの安全性評価調査を実施する。

② 考察

- ・水素に対する遮断性評価結果同様、すべての条件で着火可能性が否定できるものではなかった。しかし、穿孔容器内へ噴出する圧力（導管内圧力）を減じることにより、穿孔時の穿孔容器内の水素濃度が着火下限に達しないことが確認できた。
- ・この成果は、実運用時に水素着火可能性を抑制できる、水素供給圧力の設定に活用できるものとする。

(3) 整圧器水素適用性調査

① 調査目的

- ・水素のパイプライン供給に対して、現行の都市ガス供給設備が安全に使用できるかの安全性評価調査を実施する。

② 考察

- ・都市ガスで使用している整圧器が水素への適用可能性が高いことを確認できた。

1. 4 水素導管圧力解析調査

本調査に関しては、水素の導管圧力解析に活用できる流量－圧力式を導出するとの視点から、データ解析に対する助言を行った。

(1) 調査目的

水素ネットワークの効率的な導管網形成が実現できるように、中圧水素パイプライン供給に適合した暫定圧力解析式を導き出すための調査を実施する。

(2) 考察

- ・ 平成 23 年度は低圧域、平成 24 年度は中圧域の圧力解析式を導出したことで、暫定的ではあるが、中低圧の水素導管の圧力解析が可能となった。
- ・ 但し、圧力解析式の導出手法が平成 24 年度（汎用式ベース）と平成 23 年度（データの回帰式ベース）で異なった手法となっているため、今後、中低圧域で統括した手法で取り扱えるような整理が必要と考えられる。

【参考：作業実施フロー】



2 委員会の設置、運営

2. 1 特別専門委員会

平成 24 年度は、全 3 回の特別専門委員会を開催した。第 1 回（平成 24 年 7 月 10 日開催）は、特別専門委員会の立ち上げ及び今年度事業計画の審議、第 2 回（平成 24 年 12 月 11 日開催）は、中間進捗状況報告・審議、第 3 回（平成 25 年 2 月 19 日開催）は、今年度事業成果まとめの審議、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)

2. 2 推進ワーキンググループ

平成 24 年度は、全 6 回の推進ワーキンググループを開催した。第 1 回（平成 24 年 7 月 3 日開催）は各調査事業の実施計画確認、第 2 回（平成 24 年 8 月 9 日開催）は各調査事業に対する第 1 回特別専門委員会における意見への対応協議及び進捗・予定の確認、第 3 回（平成 24 年 10 月 19 日開催）は各調査事業の進捗・予定の確認及び海外事例調査における調査内容の協議、第 4 回（平成 24 年 11 月 28 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 25 年 2 月 4 日開催）は各調査事業の進捗状況の確認と事業報告まとめ方の協議、第 6 回（平成 25 年 2 月 28 日開催）は各調査事業の事業報告まとめ方の協議、という位置付けのもとに実施した。

以下に、全 6 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 24 年 7 月 3 日（火） 14:30～17:30

場所： 日本ガス協会 7 階 704 会議室

東京都港区西新橋 1-1-3 東京桜田ビル

議題： ① リーダー挨拶、メンバー紹介

② 平成 24 年度「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」の実施計画の確認

③ その他

（2） 第 2 回推進ワーキンググループ

日時： 平成 24 年 8 月 9 日（水） 13:30～17:30

場所： 大阪ガス株式会社 本社 2 階北 C-6 会議室

大阪府大阪市中央区平野町 4-1-2

議題： ① 平成 24 年度「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」第 1 回特別専門委員会における意見への対応協議

② 平成 24 年度「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」の進捗状況及び予定の確認

③ その他

（3） 第 3 回推進ワーキンググループ

日時： 平成 24 年 10 月 19 日（金） 9:00～12:30

場所： 金沢勤労者プラザ 301 会議室

石川県金沢市北安江 3-2-30

議題： ① 平成 24 年度「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」の進捗状況及び予定の確認

② 海外事例調査における調査内容の協議

③ その他

(4) 第4回推進ワーキンググループ

日時： 平成24年11月28日(水) 12:30～17:30

場所： JFEテクノス株式会社 会議室

三重県津市雲出鋼管町1

議題： ① 平成24年度「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」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25年2月4日(月) 11:00～16:00

場所： 株式会社四国総合研究所 会議室

香川県高松市屋島西町2109-8

議題： ① 平成24年度「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」の進捗状況の確認と成果まとめ方向性の協議

② その他

(6) 第6回推進ワーキンググループ

日時： 平成25年2月28日(木) 13:30～17:30

場所： 日本ガス協会 704 会議室

東京都港区虎ノ門1-15-12

議題： ① 平成24年度「水素ネットワーク構築導管保安技術調査事業」の成果まとめ方向性の協議

② その他

表2. 1 平成24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		6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
平成24年度契約関係			◎ 6/29 委託契約							報告書提出 ◎	
特別専門委員会			◎ 7/10 第1回委員会 ・事業基本計画 【審議】					◎ 12/11 第2回委員会 ・事業進捗状況（中間） 【審議】		◎ 2/19 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			◎ 7/3 第1回WG ・事業基本計画 【確認・協議】	◎ 8/9 第2回WG ・事業進捗状況 【確認・協議】		◎ 10/19 第3回WG ・事業進捗状況 ・海外事例調査 【確認・協議】	◎ 11/28 第4回WG ・事業進捗状況 【確認・協議】			◎ 2/4 第5回WG ・事業まとめ方向性 【確認・協議】 ◎ 2/28 第6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				◎ 9/11 第1回連携会議 ・試験内容の詳細計画 【確認・協議】	◎ 10/9 第2回連携会議 ・試験内容の詳細計画 【確認・協議】	◎ 11/12 第3回連携会議 ・進捗状況 【確認・協議】			◎ 2/1 第4回連携会議 ・事業成果まとめ方向性 【確認・協議】	
	付臭剤添加による金属系材料 の水素脆化影響調査 日鉄住金パイプライン&エン 지니어リング株式会社						◎ 11/22 第1回連携会議 ・進捗状況 【確認・協議】			◎ 1/31 第2回連携会議 ・事業成果まとめ方向性 ・試験設備 【確認・協議】	
	施工方法及び供給設備の安全 性評価調査 日立金属株式会社				◎ 8/31 第1回連携会議 ・試験内容の詳細計画 【確認・協議】	◎ 10/3 第2回連携会議 ・試験内容の詳細計画 ・試験設備 【確認・協議】	◎ 11/22 第3回連携会議 ・進捗状況 ・試験設備 【確認・協議】			◎ 1/25 第4回連携会議 ・事業成果まとめ方向性 【確認・協議】	
	水素導管圧力解析調査 JFE エン지니어リング株式会 社				◎ 8/28 第1回連携会議 ・試験内容の詳細計画 【確認・協議】	◎ 10/2 第2回連携会議 ・試験内容の詳細計画 【確認・協議】	◎ 11/27 第3回連携会議 ・進捗状況 ・試験設備 【確認・協議】			◎ 1/29 第4回連携会議 ・事業成果まとめ方向性 【確認・協議】	
海外事例調査							◎ 11/4～11/11 北米事例調査 ・調査先：アメリカ （水素供給事業者・供給設備製造事業者等）				

3. 水素パイプラインの利用と保安に関する事例調査の実施結果

3. 1 目的

水素パイプラインにより水素の供給を実施している欧米の水素供給事業者、水素利用機器関連事業者等を訪問し、本事業の調査結果に反映させるべく、設計面、施工面、維持管理面からの視点で、各事業者の運営方法及び技術内容の調査を実施する。

また、将来の水素供給実証事業を視野に入れ、水素パイプラインに関する情報はもとより、水素ネットワークを構成する、水素供給設備に関する情報（機器仕様、維持管理方法など）収集を行う。

各調査先、主な調査目的を含む調査概要を表3. 1. 1に示す。

表3. 1. 1 調査概要一覧

訪問先／場所	会社概要	訪問目的
Air Liquide 社／ テキサス州 ヒューストン	・産業用としてパイプラインにより水素を供給している産業ガス事業者（世界のリーディングカンパニー）	・施工手法（分岐取り出し、管内ガス置換）及び維持管理手法（水素漏えい発生時緊急対応）等に関する情報収集
Toyota 社／ カリフォルニア州 ロサンゼルス	・水素パイプラインから水素を供給する水素ステーションを運営	・導管を用いて水素を供給する際の水素供給側及び水素需要側における対応・対策に関する情報収集
Emeron 社／ テキサス州 ダラス	・整圧器を製造している世界有数のメーカー ・水素用整圧器も製造、販売している	・水素用整圧器の特徴（材質、整圧特性、品質管理方法等）に関する情報収集
Elster 社／ ネブラスカ州 ネブラスカシティ	・流量計、整圧器を製造している世界有数のメーカー	・水素用流量計の特徴（材質等）に関する情報収集

3. 2 調査結果の概要

- ・設計、施工、維持管理のそれぞれの視点から、以下の項目を中心にヒアリング調査を実施した。

〈調査項目〉

- ・水素パイプラインの設計思想（運用基準・自主基準等）及び仕様
- ・水素パイプラインの施工手法（分岐取り出し、管内ガス置換等）
- ・水素パイプラインの維持管理手法（緊急漏えい対応、設備の維持管理等）
- ・水素パイプラインネットワークを構成する供給設備（整圧器・計量器等）の仕様及び特性
- ・水素利用機器の仕様、使用状況

(1) 水素パイプラインの設計思想（運用基準・自主基準等）

- ・水素パイプライン供給事業者である Air Liquide では、適用基準として、アメリカ機械エンジニアリング協会（ASME）と圧縮ガス協会（CGA）の基準を基本とし、それらを補完するものとして Air Liquide 社の自主基準を作成し、運用していた。

(2) 水素パイプラインの施工手法（分岐取り出し、管内ガス置換等）

- ・分岐取り出し手法は、あらかじめ将来需要を想定して設置された分岐管からパイプラインを延伸していくものであった。そのため、現状では、活管から分岐取出しを行う手法は使用されていなかったが、将来に向けて活管から分岐取出しを行う手法も検討していた。
- ・管内ガス置換手法は、酸素含有率に着目し、自主的な基準値を設定し運用していた。

(3) 水素パイプラインの維持管理手法（緊急漏えい対応、設備の維持管理等）

- ・維持管理に関しては、水素漏えい発生時の修繕までの対応手順、圧力・流量のモニタリングによる漏えい管理手法を確認することができた。

(4) 水素パイプラインネットワークを構成する供給設備（整圧器・計量器等）の仕様及び特性

①整圧器について

- ・都市ガス用整圧器の水素への適用性について確認を行ったが、圧力が 1MPa 未満の範囲であれば、水素へ適用できる可能性が高いとの見解が得られた。

②ガスメーターについて

- ・ガスメーターに関しては、水素用として料金取引に使用できるレベルのものではなかったが、現在、家庭用の都市ガスメーターとして広く使用されている膜式メーターが、水素用にも適用できる可能性が高いという見解が得られた。

(5) 水素利用機器の仕様、使用状況

- ・今回調査した水素利用機器は、水素パイプラインから直接水素が供給されている水素ステーションと純水素用固体高分子型燃料電池（PEFC）であり、いずれも Toyota 社が所有していた。
- ・水素ステーションに供給される水素の純度管理はステーション側で実施しており、需要者側と供給者側で明確な責任分解点（バルブ）が設けられ管理されていた。

3. 3 調査結果の詳細

3. 3. 1 調査実績

今回実施した調査は、パイプラインにより実際に水素を供給している企業や水素を供給され使用している企業、また、その水素供給を行うための設備を製造している企業を訪問し、水素パイプライン及び供給設備の仕様、そして、その利用状況や保安管理状況に関する情報収集・意見交換を実施した。

調査日程と調査概要について表3. 3. 1. 1に、今年度訪問した調査先の位置関係を図3. 3. 1. 1に示す。また、調査団メンバーを表3. 3. 1. 2に示す。

表3. 3. 1. 1 調査日程と調査概要

日程	スケジュール	調査内容	宿泊地
11/ 4(日)	移動	—	ロサンゼルス
11/ 5(月)	Toyota 社訪問	・水素利用機器仕様及び管理方法	ロサンゼルス
11/ 6(火)	Elster 社訪問	・水素適用ガスメーター（機構、材料）	ネブラスカ
11/ 7(水)	移動及び資料整理		ダラス
11/8(木)	Emerson 社訪問	・水素適用整圧器（機構、材料）	ヒューストン
11/9(金)	Air Liquide 社訪問	・水素パイプライン仕様 ・水素パイプライン施工手法、維持管理手法	ヒューストン
11/10(土)	移動（11/11(日) 日本着）	—	機内

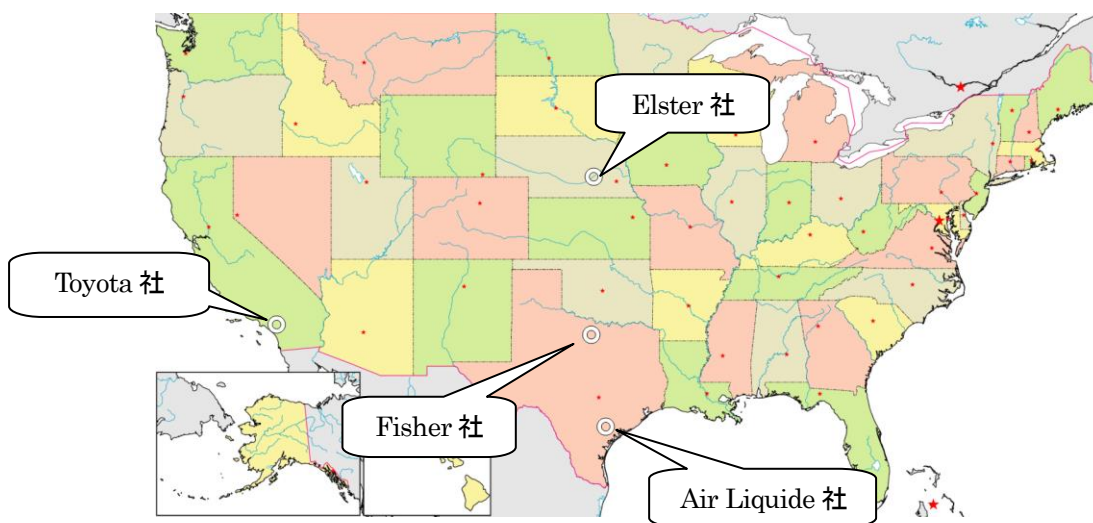


図3. 3. 1. 1 海外調査訪問先位置図

表 3. 3. 1. 2 調査団メンバー

特別専門委員	岡崎 健	東京工業大学大学院 理工学研究科 教授
	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ibro科学部門 教授
	菱沼 祐一	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 理事 導管事業部 導管部長
事務局	団栗 知男	日本ガス協会 技術開発部 部長
	近藤 諭	日本ガス協会 技術開発部 燃料電池・水素グループ
	安河内 勇人	日本ガス協会 技術開発部 燃料電池・水素グループ

3. 3. 2 Air Liquide 社

- ・ 日 時 : 平成 24 年 11 月 9 日 (金) 9:30~14:30
- ・ 場 所 : 11450 W. Fairmont Parkway, La Porte, TX 77571
- ・ 面会者 : Mr. Rene Lopez(水素プラントマネジャー)
- ・ 調査目的 : アメリカ国内における水素パイプライン供給事例(水素需要)を確認。
水素パイプライン供給の実施において、水素に特化した供給技術の有無確認。
需要の増加に伴う、水素パイプライン及び供給設備の増設に対する考え方を確認。
(水素パイプラインの延伸、分岐取り出し手法、管内ガス置換手法など)
水素パイプライン供給実施における保安管理の考え方を確認。
(埋設場所・深度、保安管理体制、修理工法など)
- ・ 調査概要 : Air Liquide 社は産業用ガスを製造し、製造したガスを広範囲に渡るパイプライン網にて産業需要家向けに供給している企業である。水素のパイプライン供給については、約 40 年に及ぶ歴史がある。今回の調査では、同社が保有している水素パイプラインの供給仕様、保安・維持管理に関する状況、課題等を中心に情報収集・意見交換を実施した。

(1) Air Liquide 社概要

- ・ 1902年にフランスで創業した産業・医療ガス分野におけるガス製造・供給サービスのリーディングカンパニーである。世界80カ国で事業を実施しており従業員は約43,000人。
- ・ 1908年には日本でも酸素ガス製造事業を開始し、現在ではジャパン・エア・ガシズ社が事業を継続して実施。
- ・ 水素以外の供給ガスとしては、窒素、酸素、アルゴン、一酸化炭素等を製造し、パイプラインによる供給を実施。
- ・ ガス供給用パイプラインの延長は全世界トータルで約8,600kmに及ぶ。
- ・ 水素パイプライン延長は約1,700km、その内、アメリカは500km(メキシコ湾岸部)を占める。
- ・ 水素関連の技術開発の取り組みとしては、水素の製造、貯蔵、供給(水素ステーション設備含む)、応用技術に至るまで幅広く取り組んでいる。



(2) 水素パイプラインに関する調査状況

①設計（水素パイプライン仕様・供給圧力等）

1) 法令・基準

- ・適用基準は、アメリカ機械エンジニアリング協会（ASME）の「ASME B31.8 - 2010（Gas Transmission and Distribution）」及び「ASME B31.12（part PL）Hydrogen Piping and Pipelines」、圧縮ガス協会（CGA）の「CGA G-5.6 Hydrogen Pipeline Systems」、そして、Air Liquide 社の自主基準「Air Liquide Design Standards」がある。

2) パイプライン材料

- ・水素パイプラインの材料は、API（America Petroleum Institute）規格のX60を使用しており、当該材料を使用するにあたり水素脆化は生じないとしている。当該材料は、グレードの違いはあるものの、日本における高圧の都市ガス輸送用パイプラインとして一般的に使用されているものである。

3) パイプライン送出圧力

- ・水素パイプラインの送出圧力は、5MPaラインと3MPaラインがメインではあるが、顧客のニーズに応じて決定されている。

4) パイプライン接合

- ・配管接合は溶接が主であるが、ガスケット（水素用として特殊なものではない高圧用膨張黒鉛仕様）によるフランジ接合も使用している。

5) パイプライン埋設位置

- ・水素パイプラインは、基本的には一般公道には敷設せず、土地を購入して作った専用道路(コリドー)に敷設する。

<専用道路に関する補足事項>

- ・専用道路は一般車両の通行はできない。
- ・専用道路には他のパイプラインが敷設されることもある。
- ・専用道路の占有権を売買することができる。
- ・パイプライン埋設箇所には一定間隔で他工事対策用の標識を設置している。

6) パイプライン仕様

- ・水素パイプライン仕様に関して、表3. 3. 2. 1に、水素パイプライン網図を図3. 3. 2. 1に示す。

表3. 3. 2. 1 水素パイプライン仕様

項目	仕様
パイプライン材料	API X60
管径	10 インチ
埋設深さ	通常 1.2m
パイプライン延長	約 500km
供給圧力（例）	5MPa、3MPa



図3. 3. 2. 1 Air Liquide 社の水素パイプライン網図

② 施工

1) 分岐取り出し手法

- ・水素パイプライン供給の新規顧客向けへの取り出し方法については、産業用途で顧客が限定されるため、潜在需要向けに分岐バルブをあらかじめ設置しておくことで対応する。
(顧客の利用機器設置位置が既存分岐バルブから離れている場合であっても、既存分岐バルブから延伸して対応する。)
- ・ガスの供給を停止せずにパイプラインへ穿孔する活管穿孔手法（ホットタップ）は、現時点では実施していないが、将来の実用化へ向けて基準を作成中である。
- ・水素パイプラインの資産区分に関しては、日本とは異なる運用も見られたため、顧客敷地内の配管イメージを図3. 3. 2. 2に示す。

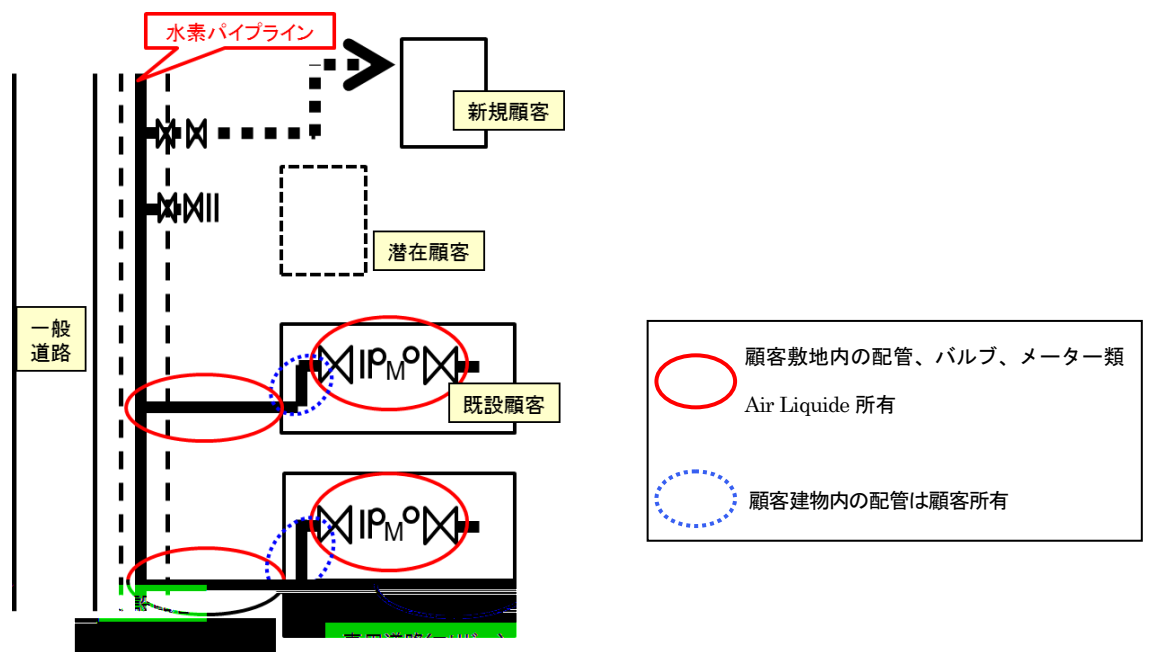


図3. 3. 2. 2 顧客敷地内の配管資産区分イメージ

2) 管内ガス置換（パージ）手法

- ・管内パージは、水素と空気の混合気体が形成されないように、あらかじめ管内をすべて窒素（不活性ガス）に置換し、その後、窒素を水素へ置換するという一般的な手法で実施している。
- ・パイプラインへガスを開通する際の管内パージ手順を以下に示す。
 - i パイプライン内をピグにて清掃
 - ii パイプライン内を、一旦、空気から窒素へ置換
 - iii パイプライン内を窒素から水素へ置換
- ・パージの完了目安としては、酸素含有量が0.4%以下になるようにパージする。
- ・パージ範囲としては顧客の消費機器の手前までパージする。
- ・パージの途中でパイプライン内に残存してしまう酸素をできる限り減少させるため、2～3回昇圧と減圧を繰り返すパージ手法を推奨している。
- ・パージの際、水素はベントにて大気放散している。ベントの高さは周辺の居住状況により異なるが、一般的なベントの高さは10～12mである。ベント管の材質については、特に取り決めはない。
- ・大気放散時の水素の圧力は低く設定（具体的な数値は開示されず）されており、パージ完了後にパイプライン内の水素圧力を供給圧力まで昇圧する。

③ 維持管理

1) 水素漏えい時対応

- ・水素漏えいが発生した場合の対応手順を以下に示す。
 - i 漏えい箇所から一番近い両端のバルブを閉止（水素供給を停止）
 - ii 減圧後、管内をパージ（水素⇒窒素）
 - iii 修繕作業実施

なお、各顧客においては、水素供給のバックアップ（ボンベ供給あるいは競合他社パイプラインによる供給）を確保しており、供給停止に対するリスク軽減策を需要側で実施している。

- ・緊急減圧用に管内の水素を大気放散できるステーションを設置している。
- ・水素漏えい対応を含め、水素パイプラインに関連する作業を行う作業員の服装及び道工具については、水素用として特に区別はされておらず、他のガス工事（都市ガス、LPガス等）と同様のものを使用している。

2) 水素漏えい管理手法

- ・付臭剤を活用した漏えい検知は実施していない。
- ・水素漏えい管理として、パイプラインの水素供給量（消費）、水素供給圧力をコントロールセンターにて常時モニタリングしており、想定外の急激な流量と圧力の低下が発生すると、従業員が出動して設備の点検を実施する。

3) 水素漏えい事例

- ・これまで、大きな災害に繋がるような水素が漏えいした事例はないとのことである。

(3) まとめ

- ・設計に関しては、適用基準として、アメリカ機械エンジニアリング協会（ASME）と圧縮ガス協会（CGA）の基準を基本とし、それらを補完するものとして Air Liquide 社の自主基準を作成し、運用していた。
- ・施工に関して、分岐取り出し手法では、新規顧客の水素利用機器の位置が既存分岐バルブから離れていても延伸して対応するとのことであったが、将来に向けて活管穿孔も検討していることを確認した。また、管内気体置換手法では、「酸素含有率を 0.4%以下にする」という基準値を確認した。
- ・維持管理に関しては、水素漏えい発生時の修繕までの対応手順、また、圧力・流量のモニタリングによる漏えい管理手法を確認することができた。

3. 3. 3 Toyota 社

・日時：平成 24 年 11 月 5 日（月） 10：00～12：00

・場所：2051 W. 190th St, Torrance CA 90501

・面会者：Mr. Ghassan Sleiman (Hydrogenics USA)

真鍋晃太 (Toyota Motor Engineering & Manufacturing North America Inc.

燃料電池ハイブリッドグループ、上級エンジニア)

・調査目的：水素供給を成立させるための水素供給者側と利用者側における課題とその対応を確認。

水素パイプラインの仕様を確認。

水素利用機器の仕様、使用状況を確認。

・調査概要：道路に埋設されている水素パイプラインから水素を供給している水素ステーションを訪問し、水素パイプライン・水素利用機器の仕様、管理責任分解点等に関する情報収集・意見交換を実施した。

(1) Toyota 社概要

- ・「カリフォルニア燃料電池パートナーシップ」（産官学によるパートナーシップ）により、燃料電池自動車の普及をサポートするための水素ステーションの設置計画が立案された（平成 24 年 7 月時点で 19 ステーションが運用中あるいは計画中）。その一つとして、平成 23 年 5 月にトヨタ自動車のアメリカ法人である Toyota Motor Sales がカリフォルニア州トーランス市の Toyota 社所有敷地内に水素ステーションを開設している。
- ・水素ステーションは、Toyota 社と Shell 社、SCAQMD、DOE が共同で建設し、オペレーションは Shell、メンテナンス・エンジニアリングサービスは Hydrogenics が行っている。Air Products 所有の水素パイプラインにより水素の供給を受けており、連続かつ安定的に十分な水素を入手できるようになっている。このような水素パイプラインから水素ステーションへの水素直接供給は、アメリカ国内でも初めての取組みである。



(2) 水素パイプラインに関する調査状況

①水素パイプライン仕様

供給圧力：6MPa

導管延長：約 11km (7mile)

導管口径：50~80A

導管材質：API X52

接合方法：溶接

埋設深度：1.2m

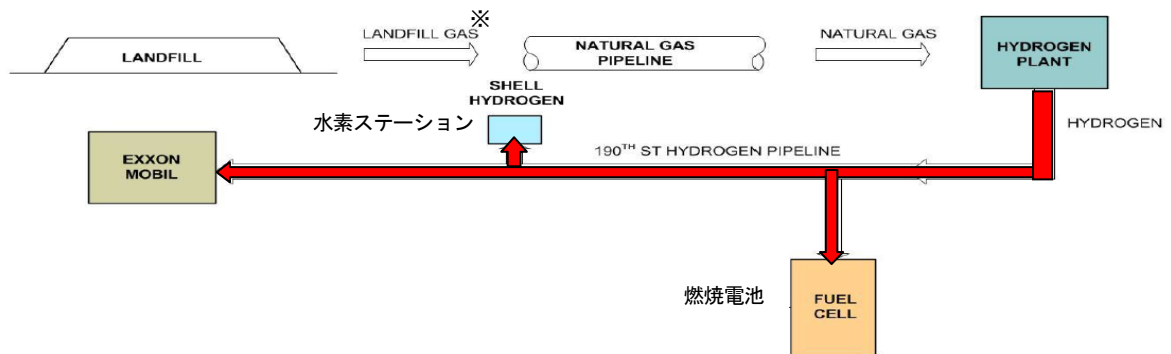


図 3. 3. 3. 1 水素パイプライン概略図

②引き込み

- ・水素パイプラインから水素ステーションへのパイプ引き込み位置に標識シートが道路面に貼付されている（図 3. 3. 3. 2）。

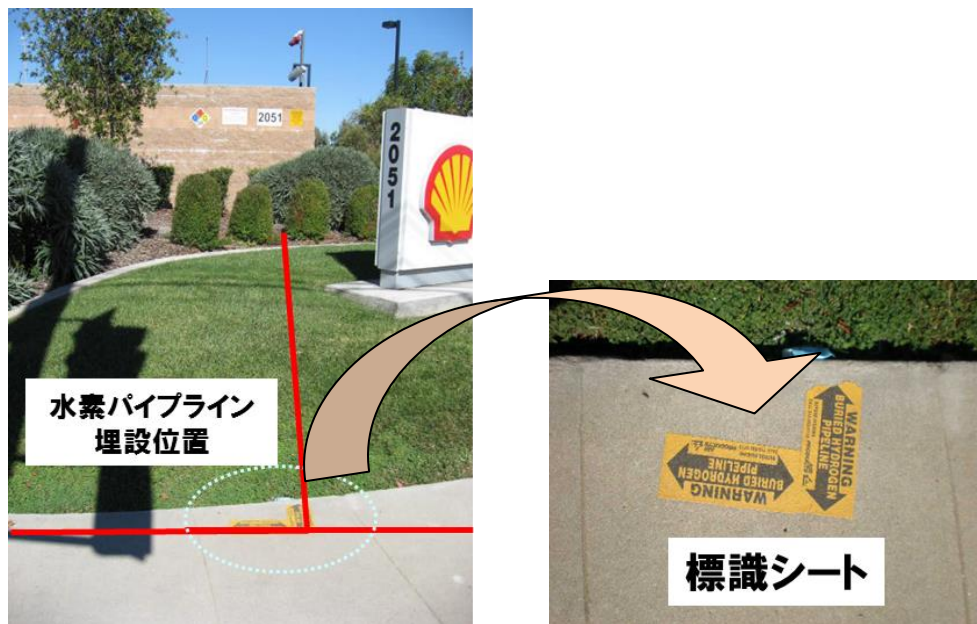


図 3. 3. 3. 2 水素パイプライン標識シート

②維持管理区分

- ・ 水素供給事業者（Air Products 社）と Toyota 社の維持管理責任区分は、水素ステーション内の分岐バルブ前後で区分されている（水素ステーションの水素供給フロー 図3. 3. 3. 3）。

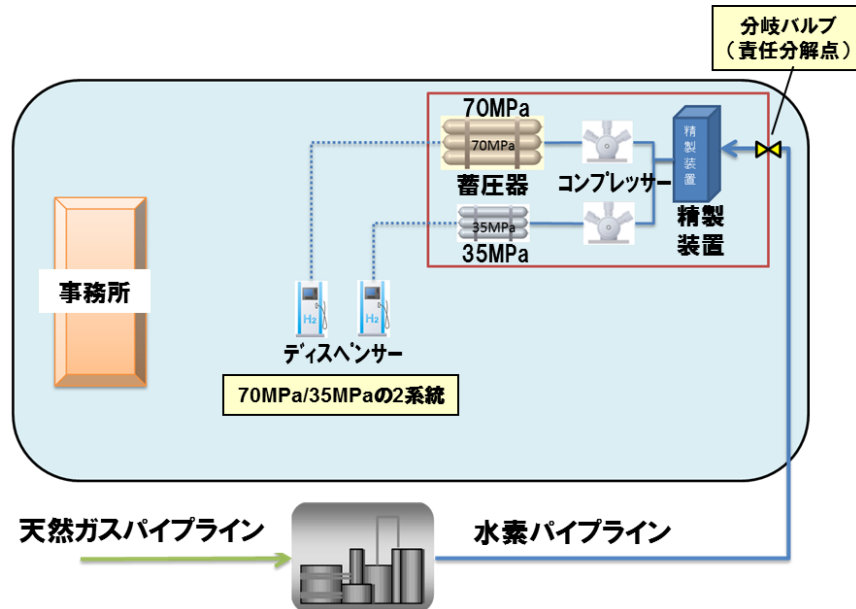


図3. 3. 3. 3 水素ステーション水素供給フロー

（3）水素利用設備（水素ステーション、燃料電池等）に関する調査状況

①水素ステーション設備

1）水素ステーション仕様

- 要求圧力：70MPa、 35MPa
- 供給能力：96kg/day、48kg/day
- 供給方式：差圧充填方式
- 蓄圧能力：120 kg (46.9MPa)、 32 kg (93.1MPa)
- コンプレッサー能力：70MPa、 35MPa
- ディスペンサー能力：100kg/day

2）水素ステーション付帯設備（水素精製装置）

- ・ 一般的に供給される水素純度については、水素供給事業者と水素利用者との契約内容にて規定されるが、当該ステーションではステーション内に水素精製装置を設置し、最終的な水素の純度管理を実施している。（水素ボンベが運搬され供給される水素ステーションにおいては、水素製造者が純度管理を実施）
- ・ 水素精製装置は、水素に含まれている CO、CO₂、炭化水素等を膜分離により 1ppm 以下に精製することができる。

3）水素ステーション利用状況

- ・ 水素供給能力としては、上記仕様に示すとおりであるが、現在は 13 台/day 程度の燃料電池自動車の水素充填に訪れている。
- ・ 燃料電池自動車はリース（政府からの一部補助あり）で、充填する水素料金は全額無料（政府

による全額補助)である。

- ・水素パイプラインから受け入れた水素圧力は、水素精製装置手前で 6MPa から 2MPa まで減圧され、精製装置通過後 1MPa まで降圧、その後、コンプレッサーを用いて 35MPa と 70MPa まで昇圧し、それぞれ蓄圧器で貯蔵される(図3. 3. 3. 3 水素ステーション水素供給フロー参照)。
- ・水素パイプラインから供給される水素供給設備の安全管理対策として、ディスペンサーの屋根に炎検知センサーが設置されている。

②純水素用固体高分子型燃料電池(PEFC)設備

- ・水素ステーションへ水素を供給しているのと同じパイプラインから別途 Toyota 社の敷地内に設置している燃料電池へ水素を供給している(図3. 3. 3. 1 参照)。その燃料電池の仕様等を以下に示す。(なお、当該燃料電池に関しては、現地調査は実施できなかったが、帰国後、Toyota 社より情報提供を受けたため、本調査報告に記載する。)



図3. 3. 3. 4 PEFC 外観

1) 燃料電池(PEFC)の仕様

供給メーカー：バラードパワーシステムズ

発電量：1.1MW

発電効率：40%

排熱温度：60～65℃

排熱用途：暖房用

本体重量：95,000kg(セルモジュール 40,000kg×2 基)

2) 燃料電池の利用状況

- ・燃料電池で発生した電力は、Toyota 社屋で使用する電力のピークカットに利用し、発生した熱は、社屋内で使用する暖房や温水プールに利用している。

(5) まとめ

- ・維持管理分解点を明確にし、水素供給側と利用者側における維持管理を明確に区分していた。
- ・当該ステーションでは、水素の最終純度管理をステーション側で実施していた。ステーション内に設置した水素精製装置にて水素の不純物を除去していた。
- ・ステーション内に水素製造装置を設置する必要がないため、メンテナンスや突発故障リスクが低減され、安定した水素供給が行われていた。

3. 3. 4 Emerson 社

- ・日時：平成 24 年 11 月 8 日（木） 8：30～13：30
- ・場所：310 E. University Drive, McKinney, Texas 75069-1872
- ・面会者：Mr. Curtis bagby(天然ガス技術分掌副社長)
 Mr. Tom fredricks(エンジニアリング分掌副社長)
 Ms. Stephanie Law(天然ガスマーケット分掌副社長)
 Mr. Thomas Weyer(工業用途の製品マネジャー)
 Mr. Todd Larson(Tescom 社、高圧用途の製品エンジニア)
 松野博紀(日本 Fisher(株)レギュレーター部課長)同席
- ・調査目的：都市ガス用として使用されている整圧器の機構を確認し、水素へ適用可能かどうか、開発要素があれば、その部位及び技術課題について確認。
 水素用整圧器の事例と特徴を確認
- ・調査概要：世界有数の整圧器製造・販売メーカーであり、水素用整圧器の販売実績もある Fisher 社に対して、都市ガス用として使用している整圧器の水素適用に関する情報収集、意見交換を実施した。

(1) Emerson 社概要

- ・Emerson 社は、アメリカのミズーリ州セントルイスに本拠を置く、世界有数の事業規模を誇る企業。1890 年に交流モーターの製造会社として発足、以来 100 年の間に地方の一製造業から世界的な大手電気電子機器メーカーへと、驚異的な成長を遂げた。現在では、産業用から一般消費者用に至るまでの、広範な電気・電子機械機器等の設計・開発・製造及び販売を行っている。

<Emerson 社の主な事業>

- ・電源供給（無停電電源装置 UPS 等）を中心とした製品、サービスの提供
- ・温度、圧力、流量、液位及び化学成分等の計測、測定分野で世界屈指の技術を誇る
- ・冷凍空調制御技術分野でのリーディングカンパニー
- ・Emerson 社の Regulator 部門の組織図を図 3. 3. 4. 1 に示す。Fisher 社が主軸を担っているが、TESCOM 社にて燃料電池自動車等の水素用整圧器の製造・販売を実施している。

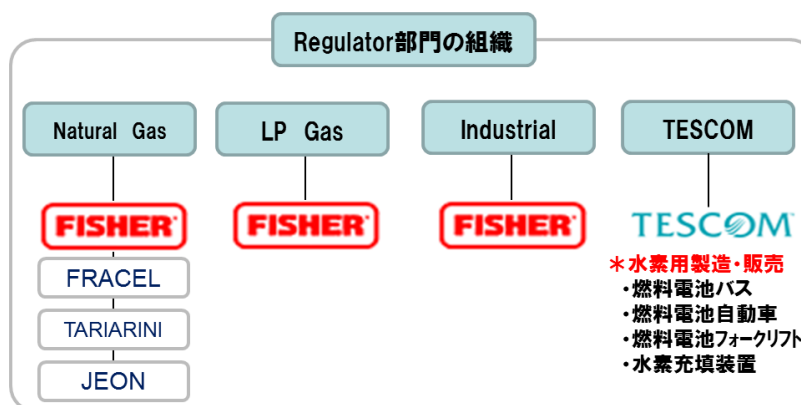
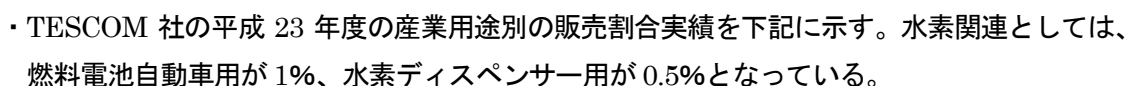


図 3. 3. 4. 1 Regulator 部門組織図

- ＜Fisher 社の取扱い製品＞



(2) 水素供給設備（整圧器）に関する調査状況

① 水素用整圧器事例

- ・ 水素用として販売している整圧器は存在するが、小流量・高圧仕様のみである。

具体的な用途としては、以下の通り。

<水素用整圧器用途例>

- ・ 燃料電池バス用
 - ・ 燃料電池自動車用
 - ・ 水素ステーション用
 - ・ 燃料電池フォークリフト用 等
- ・ 上記用途の整圧器はいずれも最高使用圧力が数十 MPa と超高圧仕様となっており、超高圧水素用の対応として、特殊材料の使用や特殊構造が施されている。

<特殊材料例>

- ・ 金属ダイヤフラム用材料として、ハステロイ、インコネル、SUS316 等を使用。

<特殊構造例>

- ・ O リングの補助として、「バックアップリング」を設置。



図 3. 3. 4. 3 水素整圧器事例イメージ

② 都市ガス用整圧器（中低圧域）の水素適用性について

- ・ 都市ガス用として一般的に使用されている整圧器の水素への適用性について 詳細の確認は必要であるが、以下の見解をもっている。
 - 使用する圧力が 1MPa 未満であれば、都市ガス用整圧器は、水素透過性はほとんどなく、本体の気密性能は確保できる可能性が高い。
 - 流量に対する開度調整等を実施し、都市ガス用整圧器を水素用にカスタマイズすることで都市ガス用整圧器同等の圧力制御性を持たせることができる可能性が高い。

③ 部材の研究開発と評価

- ・ 部材評価のために所有している設備として、機械的試験室（引張試験機、硬度計）、化学実験室、分析室（SEM、マイクロビッカーズ硬度計等）がある。
- ・ 部材の評価対象は、不具合品の原因究明と仕様変更等による部材の評価であり、具体的な部材としては主にゴム製の O リング及びダイヤフラムである。・ 上記不具合には、ダイヤフラム等のゴム製品の内部が膨らむブリスターという現象が多く見られ、その原因としては、急激な圧力の減圧時、化学的な薬品の接触が想定されている。

（４）まとめ

- ・ 水素用の整圧器製品としては、小流量・高圧力タイプの製品のみであった。数十 MPa の高圧域における整圧器については、水素特有の対応策が必要となることがわかった。
- ・ 都市ガスで使用している整圧器の水素適用性について、圧力が 1MPa 未満であれば、部材や、構造等を変更せず、水素へ適用できる可能性が高いとの見解が得られた。

3. 3. 5 Elster 社

- ・ 日時：平成 24 年 11 月 6 日（火） 15：00～17：00
- ・ 場所：2221 Industrial Road ,Nebraska City, NE 68410
- ・ 面会者：Mr. Dennis W.Bintner(エンジニアリング分掌常務)
Mr. Darin L. Moore(製品マネジャー(Raleigh,(NC)より))
Mr. Tim Stewart(整圧器担当マネジャー)
Mr. Phil Silvius(整圧器パイロット担当マネジャー)
Mr. Brian W.Kochanowicz(膜式メーター担当マネジャー)
Ms. Hong (Helen) Shen(新製品開発マネジャー)
鹿嶋直貴(アズビル金門(株)国際事業部課長代理) 同席
- ・ 調査目的：ガスメーターを使用した水素供給事例の確認。
家庭用ガスメーターとして水素への適用性に関する、過去の国プロ調査との整合性及びその調査結果に対する見解の確認。
製造しているガスメーターの構造を確認し、水素へ適用可能かどうか、開発要素があれば、その部位について確認。
- ・ 調査概要： 業界最大手としてガスメーター、整圧器の製造・販売をしており、技術的ノウハウを兼ね備えた Elster 社に対して、ガスメーター（各方式）の水素への適用性等について、意見交換・情報収集を実施した。

（１）Elster 社の概要

- ・ Elster 社は天然ガスの活用が始まって以来、業界最大手として、ガスメーター、整圧器の製造、販売に携わっている。
- ・ 全米 5 か所に工場を有するガスメーター（天然ガス用）供給メーカー。家庭用の主力製品である膜式ガスメーターは 150 万個／年を製造している。
- ・ 今回訪問した Gas NA American Meter 社は、従業員数 655 名、工場 90 名事務、合計 745 名で、1953 年より創業を開始している。

(2) 水素供給設備（流量計）に関する調査状況

① ガスメーターを使用した水素供給事例について

- ・過去に将来の水素需要増加を想定して、流量計に関して水素への適用性を検討した実績はあるが、実際に水素用としてガスメーターを出荷した事例はないとのこと。

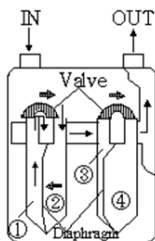
＜水素適用性検討ガスメーター＞

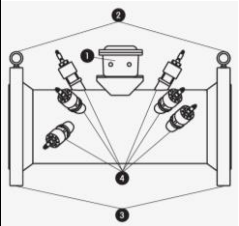
膜式メーター	ロータリーメーター	超音波メーター
		

③ ガスメーターの特徴と水素適用性について

- ・Elster 社では膜式、ロータリー式、超音波式のガスメーターを主に取り扱っており、各方式の特徴と水素 適用性（家庭用ガスメーター向け）について、意見交換した結果を表3. 3. 5. 1 に示す。

表3. 3. 5. 1 各方式の特徴と水素適用性（家庭用）

方式	構造	特徴			水素適用性（家庭用）	
		計測精度	流量 (ℓ/h)	価格	適用可能性	
膜式		○	10~1600	○	高	・ダイヤフラムとガスケット（シール部材）に懸念はあるが、水素の計測に関しては問題なく、家庭用としては最適
ロータリー式		×	75~1200	△	低	・ローターからの漏えいが懸念され、また、小流量計測も不向きであることから家庭用としては不向き

超音波式		×	10~1600	×	低	・パイプラインに設置しての流量計測には適しているが、高価であるため、経済性を考慮すると家庭用としては不向き
------	---	---	---------	---	---	---

(3) その他流量計に関する調査状況

- ・ガスメーターの品質確認試験は、空気による試験で実施されている。
- ・付臭剤によるガスメーターへの影響はなしとの見解である。
- ・ガスメーターの検定頻度は、アメリカ国内の州毎で違いはあるが、平均 12 年あるいはそれ以上である。

(4) まとめ

- ・今回、既存の都市ガスメーターを対象に水素適用性（家庭用ガスメーター向け）について、意見交換を実施したところ、過去の調査事業で実施した調査結果（文献調査による各流量計の水素適用性評価結果）と同様の見解を得ることができた。（なお、Elster 社製の膜式メーターは、日本において家庭用ガスメーターとして広く使用されている N 型メーターと同様の構造であるため、日本のガスメーターも同様に水素への適用性が高いと考えられる。）